

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ
ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ

Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
« Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας»

Διδακτορική διατριβή:

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ-17ος ΑΙΩΝΑΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ
ROBERT BOYLE ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΨΥΧΟΣ**

Υποψήφια Διδάκτωρ: Χριστιάνα Χριστοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής: Κώστας Γαβρόγλου

Μέλη τριμελούς επιτροπής: Αριστείδης Μπαλτάς, Θεόδωρος Αραμπατζής

Ιούνιος 2008

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής μετά από μία μακρόχρονη και δύσκολη για εμένα περίοδο θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν. Ο επιβλέπων καθηγητής της διατριβής μου Κώστας Γαβρόγλου έχει συμβάλει σημαντικά από τα πρώτα φοιτητικά μου χρόνια στο προπτυχιακό πρόγραμμα του ΜΙΘΕ στις σπουδές μου στην Ιστορία της Επιστήμης και στη διαμόρφωση των ερευνητικών ενδιαφερόντων μου, ένα από τα οποία αποτελεί το θέμα της διδακτορικής διατριβής. Τον ευχαριστώ για την πολύτιμη καθοδήγησή του, τα κριτικά του σχόλια και τις συμβουλές του καθώς και τη σημαντική συμπαράστασή του στην εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής. Ευχαριστώ τον Αριστείδη Μπαλά για την υποστήριξή του στη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Θεόδωρο Αραμπατζή για την υποστήριξη, τις συζητήσεις που είχαμε, τα σχόλια και τις διορθώσεις του κειμένου τα οποία αποτελέσαν σημαντικά εργαλεία και βοηθήματα για την ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας μου.

Για τη σημαντική βοήθεια στη χρήση των πρωτευουσών πηγών του έργου του Boyle καθώς και τις γενικές συζητήσεις για το έργο του ευχαριστώ τον Michael Hunter (Birkbeck College). Επίσης με βοήθησαν ιδιαίτερα οι συζητήσεις που είχα πάνω σε θέματα της διατριβής με τον Antonio Clericuzio (Università di Cassino), τον Hasok Chang (University College London) και τον Μανώλη Πατινιώτη καθώς και οι συζητήσεις με τους καθηγητές και τους συμφοιτητές που συμμετέχουν τα τελευταία χρόνια στο ερευνητικό σεμινάριο του ΜΙΘΕ.

Ευχαριστώ το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών για την υποστήριξη του στην εκπόνηση της διατριβής μέσα από την απονομή Υποτροφίας Μεταπτυχιακών Σπουδών (Εσωτερικού).

Για την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής ήταν απαραίτητη η χρήση βιβλιοθηκών και αρχείων. Ευχαριστώ την Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου για τη χρήση των αρχείων της Εταιρείας και των χειρογράφων του Boyle καθώς και τις βιβλιοθήκες

Βιβλιοθήκη ΜΙΘΕ, Imperial College Library, British Library και Cambridge University Library.

Ιδιαίτερα σημαντική καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής ήταν η βοήθεια της Φαίδρας Παπανελοπούλου. Την ευχαριστώ για την έμπρακτη βοήθεια μέσα από το κριτικό διάβασμα και τις διορθώσεις των κειμένων μου, τις συζητήσεις μας σε θέματα Ιστορίας της Επιστήμης καθώς και την ακούραστη συμπαράστασή της την οποία μου πρόσφερε απλόχερα. Επίσης ευχαριστώ την Μαρίνα Δριμυλή για τη φιλοξενία της και την συμπαράστασή της καθώς και τη Γεωργία Πέτρου για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια των ερευνών μου στις βιβλιοθήκες και τα αρχεία του Λονδίνου. Η Ελένη Χατζησπύρου αποτέλεσε ιδιαίτερο στήριγμα σε δύσκολες εποχές. Ευχαριστώ επίσης την Λουίζα και τον Δημήτρη Λουκόπουλο για την ηθική συμπαράστασή τους. Ευχαριστώ όλους μου τους φίλους που στάθηκαν πλάι μου σε αυτή την προσπάθεια.

Ευχαριστώ επίσης τους συνεργάτες Παναγιώτη Τζαβέλα, Λεωνίδα Ζαχαράκη, Ιάσωνα και Θεόδωρο Σκουζό για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξή τους. Ευχαριστώ τη Γεωργία Μοσχοβάκου, τη Μαρία Κούρση για την επιμέλεια του κειμένου και για τη βοήθειά της και την Ανέτ Φωσβίνκελ για την καίρια βοήθειά της μεταφράζοντας ορισμένα κείμενα από τη γερμανική γλώσσα.

Τέλος, η υποστήριξη που έλαβα από τον αείμνηστο πατέρα μου Γιώργο, σε όλους τους τομείς της ζωής μου είναι ανεκτίμητη, συνέβαλε σημαντικά στην εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής και σε ό,τι προσπαθώ να δημιουργήσω. Η εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής, όπως και κάθε στόχος που έχω πετύχει μέχρι σήμερα, δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη της μητέρας μου Ζέττας. Την ευχαριστώ για τη δύναμη που μου έδωσε και της αφιερώνω τη διατριβή.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	i
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Αφιέρωση	vii

Κεφάλαιο Πρώτο: Εισαγωγή

1.1: Η πειραματική φιλοσοφία στον 17ο αιώνα και το έργο του Robert Boyle.

1.1.1 Βασικές ιστοριογραφικές τάσεις της ιστορίας της επιστήμης του 17ου αιώνα.	1
1.1.2. Η πειραματική πρακτική τον 17ο αιώνα.	2
1.1.3 Το πειραματικό και συγγραφικό έργο του Boyle.	6
1.1.4 Η πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος.	11
1.1.5 Βασικά ερωτήματα για τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος.	14

1.2: Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής στα ερωτήματα και τις ερμηνείες που έχουν τεθεί για το έργο του Boyle.

1.2.1 Οι ιστοριογραφικές προσεγγίσεις στο έργο του Boyle και τα ερευνητικά ερωτήματα που θα καθοδηγήσουν την ερμηνεία της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος.	21
1.2.2 Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής.	33
1.2.3 Πηγές.	35

Κεφάλαιο Δεύτερο: Η βασική πραγματεία για το ψύχος: *New Experiments and Observations Touching Cold or an Experimental History of Cold, Begun (1665)* (σύντομος τίτλος *Cold*)

*2.1. Το ιστορικό πλαίσιο της πραγματείας *Cold* και της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος.*

2.1.1 Θεωρίες και παραδόσεις για τη σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων της από τα τέλη του 16ου μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα.	39
---	----

*2.2: Το Ιστορικό και ο χαρακτήρας του *Cold*.*

2.2.1 Εισαγωγή.	66
2.2.2. Πηγές.	71

2.2.3 Η αρχή της πειραματικής έρευνας για το ψύχος.	75
2.2.4 Η περίοδος του Stalbridge 1645-55.	79
2.2.5 Η περίοδος της Οξφόρδης 1655 ή 1656-1668.	87
2.2.6. Η συγγραφή και η προετοιμασία για δημοσίευση του <i>Cold</i> .	114
2.2.7. Ο Βακωνικός χαρακτήρας της πραγματείας <i>Cold</i> .	138
2.3. <i>Τα θερμοσκόπια και η μέτρηση του ψύχους στο Cold.</i>	
2.3.1 Εισαγωγή.	142
2.3.2 Παρουσίαση των τύπων των θερμοσκοπίων που χρησιμοποιούνται στο <i>Cold</i> και των βασικών θεμάτων που τίγονται στα τρία υποκεφάλαια του «New Thermometrical Experiments and Thoughts».	142
2.3.3 Ο προσδιορισμός των θερμοκρασιακών συνθηκών και οι τρόποι θερμομέτρησης στο <i>Cold</i> . Ο νέος ρόλος του θερμοσκοπίου.	192
2.3.4. Το ιστορικό πλαίσιο της θερμομέτρησης στην Ευρώπη και στην Αγγλία του 17ου αιώνα και η θερμομέτρηση στο <i>Cold</i> .	253
2.4. <i>Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος στο Cold: ερευνητικά ερωτήματα, πειραματικές διατάξεις και πειραματικά αποτελέσματα.</i>	
2.4.1. Εισαγωγή.	287
2.4.2 Τα εικοσιένα κεφάλαια της «Ιστορίας του Ψύχους»: Τα ερευνητικά ερωτήματα, η προέλευσή τους και τα πειραματικά αποτελέσματα.	292
2.4.3 Η αντίκρουση της θεωρίας του Hobbes για το ψύχος και του αριστοτελικού δόγματος της «αντιπερίστασης».	401
Κεφάλαιο Τρίτο: Το <i>Cold</i> και η δραστηριότητα για το ψύχος σε δύο σημαντικά ιδρύματα του 17ου αιώνα	
3.1 <i>Εισαγωγή.</i>	413
3.2 <i>Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.</i>	
3.2.1 Η ίδρυση, ο σκοπός, τα αρχεία και η σχέση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου με τον Boyle.	414
3.2.2. Τα πειραματικά ενδιαφέροντα, οι πειραματικές δοκιμές και τα αποτελέσματα των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.	420
3.3 <i>Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος της Accademia Del Cimento (1657-1667).</i>	
3.3.1 Η ίδρυση, η σύσταση και η λειτουργία της Ακαδημίας-Πηγές.	470
3.3.2 Τα πειραματικά ενδιαφέροντα, οι πειραματικές δοκιμές και τα αποτελέσματα των μελών της Ακαδημίας.	474

3.4. Τα πειραματικά φαινόμενα για το ψύχος που αποτέλεσαν θέματα διαμάχης.	490
3.5. Συμπεράσματα.	
3.5.1 Συμπεράσματα με βάση τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.	500
3.5.2 Συμπεράσματα με βάση την πειραματική δραστηριότητα της Ακαδημίας Del Cimento.	511

Κεφάλαιο Τέταρτο: Η εξήγηση των φαινομένων και της φύσης του ψύχους- Η σωματιδιακή θεωρία του Boyle ως εξηγητική υπόθεση

4.1: Εισαγωγή: Η σωματιδιακή θεωρία και η έρευνα των ιδιοτήτων των σωμάτων στο έργο του Boyle.	523
4.2: Η Σωματιδιακή υπόθεση του Boyle για την εξήγηση της φύσης του ψύχους.	
4.2.1 Χρονολόγηση και συγγραφή των εργασιών για το ψύχος που δημοσιεύθηκαν ως μέρος του <i>Saltness of the Sea</i> (1673).	537
4.2.2 Το περιεχόμενο των εργασιών του <i>Saltness of the Sea</i> (1673). Η διαμάχη μεταξύ θετικής και ελλειπτικής έννοιας του ψύχους.	543
4.2.3 Συμπεράσματα και αξιολόγηση του διαλόγου και των εργασιών.	573
4.2.4 Η Χρονολόγηση της συγγραφής του κεφαλαίου «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» της πραγματείας <i>Mechanical Origin of Qualities</i> .	580
4.2.5 Η μηχανιστική εξήγηση του ψύχους μέσα από το <i>Mechanical Origin of Qualities</i> (1675-6).	582
4.2.6 Συμπεράσματα για τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους.	595

Κεφάλαιο Πέμπτο: Συμπεράσματα

5.1 Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος τον 17ου αιώνα. Η ανάπτυξη ενός νέου ερευνητικού πεδίου.	605
5.2: Η πειραματική πρακτική του Boyle μέσα από την περίπτωση της πειραματικής έρευνας του ψύχους.	613
5.3 Νέα ερωτήματα.	621

Παραρτήματα

Παράρτημα 1

624

Παράρτημα 2

635

Βιβλιογραφία

643

Στη μητέρα μου

Κεφάλαιο Πρώτο

Εισαγωγή

1.1. Η πειραματική φιλοσοφία στον 17ο αιώνα και το έργο του Robert Boyle

Η έρευνα της διδακτορικής διατριβής αφορά την πειραματική φιλοσοφία του 17ου αιώνα και επικεντρώνεται στο πρόσωπο του Άγγλου πειραματιστή Robert Boyle (1627-1691), που υπήρξε ένας από τους πιο σημαντικούς πειραματιστές αυτού του αιώνα. Τη βάση για την έρευνά μας αποτελούν τα πειράματά του για το ψύχος που παρουσιάζονται στην πραγματεία του *New Experiments and Observations Touching Cold, or an Experimental History of Cold, Begun* (1665)¹, καθώς και οι συζητήσεις του για τη θεωρητική υπόθεση της φύσης του ψύχους που παρουσιάζονται στο *Saltness of the Sea* (1673) και το *Mechanical Origin of Qualities* (1675-1676). Με βάση τα παραπάνω κείμενα, θα εξετάσουμε την ανάπτυξη μίας νέας ερευνητικής θεματικής, εκείνης του ψύχους και θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε την πειραματική πρακτική του.

1.1.1. Βασικές ιστοριογραφικές τάσεις της ιστορίας της επιστήμης του 17ου αιώνα

Ο 17ος αιώνας αποτελεί για την Ιστορία της Επιστήμης μία ξεχωριστή περίοδο κατά την οποία η γνώση για τη φύση και η μέθοδος απόκτησής της υφίστανται σημαντικές αλλαγές. Δύο σημαντικά χαρακτηριστικά της περιόδου αποτελούν η απόρριψη των αριστοτελικών ιδεών και του αριστοτελικού τρόπου προσέγγισης της φύσης σε πολλούς τομείς της φυσικής φιλοσοφίας και η δημιουργία μίας μηχανιστικής θεώρησης για τη λειτουργία της φύσης. Από τις πρώτες μελέτες που δημοσιεύονται τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα μέχρι και σήμερα η περίοδος της Επιστημονικής Επανάστασης παραμένει ένα θέμα που απασχολεί την ιστοριογραφία. Οι πρώτες μελέτες από τους Koyre και Butterfield επικεντρώθηκαν στις αλλαγές που έγιναν στο θεωρητικό επίπεδο, τις οποίες εντόπιζαν σε ορισμένους τομείς της γνώσης². Από τότε η εύρεση νέων ιστορικών στοιχείων καθώς και τα εκάστοτε ενδιαφέροντα των ιστορικών οδήγησαν στη διαμόρφωση νέων ιστοριογραφικών

¹ Σύντομος τίτλος *Cold*.

² Butterfield [1994].

προσεγγίσεων. Οι νέες μελέτες στράφηκαν σε κατηγορίες της γνώσης και σε πτυχές της δραστηριότητας του 17ου αιώνα που δεν είχαν ερευνηθεί από την προηγούμενη βιβλιογραφία. Ανάμεσα στα θέματα που ήρθαν στο προσκήνιο μετά τη δεκαετία του 1970 ήταν η πειραματική φιλοσοφία. Για αρκετό καιρό, κύριος σκοπός των μελετών ήταν να αποκαλύψουν τις αλλαγές που είχαν γίνει στο θεωρητικό επίπεδο στις διάφορες κατηγορίες της γνώσης. Με τη στροφή στην πειραματική φιλοσοφία, και πιο συγκεκριμένα στην πειραματική πρακτική, έγινε σαφές ότι μία από τις «επαναστατικές» αλλαγές στη φυσική φιλοσοφία του 17ου αιώνα αποτελούσε και η μέθοδος απόκτησης της γνώσης. Η ιστοριογραφική τάση της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης, δίνοντας έμφαση στη μελέτη της πειραματικής πρακτικής, οδήγησε το ενδιαφέρον των ιστορικών της επιστήμης σε θέματα, όπως η επιστημονική δραστηριότητα μέσα στο εργαστήριο, η χρήση των επιστημονικών οργάνων και οι κοινωνικές διαδικασίες παραγωγής πειραματικών γεγονότων³. Η επικέντρωση των μελετών στη χρήση του πειράματος για την ανάγνωση της φύσης έδειξε ότι η αλλαγή στον τρόπο γνώσης της φύσης επηρέαζε τη διαμόρφωση των νέων ιδεών. Σε ορισμένες κατηγορίες της γνώσης η εξάσκηση του πειράματος και η παραγωγή της πειραματικής γνώσης αποτελούσε αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας διαμόρφωσης των θεωρητικών πεποιθήσεων.

1.1.2. Η πειραματική πρακτική τον 17ου αιώνα

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της Επιστημονικής Επανάστασης αποτελεί η συστηματική χρήση της πειραματικής μεθόδου στην παραγωγή γνώσης για τη φύση και στη διαδικασία επίτευξης συναίνεσης για αυτήν. Στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα αναπτύχθηκαν οι πρώιμες αλλά καθοριστικές μορφές πειραματικών δραστηριοτήτων, οι οποίες οδήγησαν στην καθιέρωση του πειράματος ως μέσου γνώσης της φύσης, της χρήσης οργάνων ως βασικού μέρους της πειραματικής διαδικασίας, της πρώιμης μορφής των εργαστηρίων, δηλαδή των χώρων, όπου υπό περιορισμένες συνθήκες λάμβανε χώρα η πειραματική διαδικασία, καθώς και της μαθηματοποίησης της πειραματικής διαδικασίας και της γνώσης για τη φύση⁴. Το πείραμα προϋπήρχε ως πρακτική ελέγχου και διερεύνησης στην αλχημική και χημική πρακτική όπου χρησιμοποιούνταν ως μέσο για την ανάλυση των μετάλλων και τη

³ Bloor [1976], Pickering [1992], Latour - Woolgar [1986].

⁴ Βλ. Shapin [1988], Γαβρόγλου [2004], σσ. 100-113.

σύνθεση της φιλοσοφικής λίθου, στην παρασκευή φαρμάκων και στη φυσική μαγεία⁵. Επίσης το πείραμα είχε αρχίσει να ενσωματώνεται στις σχολαστικές πραγματείες ως μέσο ελέγχου των αριστοτελικών δογμάτων που ετίθεντο υπό αμφισβήτηση⁶. Το πείραμα αποτελούσε την πρακτική εκδήλωση της γενικότερης στροφής στη χρήση της εμπειρίας για τη διερεύνηση της φύσης και την επιβεβαίωση της θεωρητικής γνώσης. Οι μαθηματικές επιστήμες και η εφαρμογή τους από ομάδες, όπως οι Ιησουίτες, αποτέλεσαν γόνιμα πεδία για την ανάπτυξη και αναθεώρηση εννοιών, όπως η εμπειρία, οι οποίες αποτέλεσαν αναπόσπαστο μέρος της πειραματικής πρακτικής⁷.

Στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα ο νέος τρόπος προσέγγισης της εμπειρίας και η χρήση του πειράματος συνδιαμόρφωσαν τα νέα ερευνητικά πεδία, όπως ήταν η πνευματική, η έρευνα των ιδιοτήτων των σωμάτων, η χημεία, η κινηματική και έπαιξαν σημαντικό ρόλο στις εξελίξεις που διατελέστηκαν σε ήδη διαμορφωμένες κατηγορίες της γνώσης. Η χρήση και η νομιμοποίηση του πειράματος στην έρευνα της φύσης οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων για την επιβεβαίωση της πειραματικής γνώσης και την επίτευξη συναίνεσης σε μία ευρύτερη κοινότητα. Στη διαμόρφωση αυτών των πειραματικών μεθόδων, σημαντικό ρόλο έπαιξαν οι κοινωνικοί κανόνες που καθόριζαν την κοινωνική ζωή, οι προσωπικές ιδιοσυγκρασίες των πειραματιστών, οι κοινωνικοπολιτικές και θρησκευτικές συνθήκες στις οποίες διαμορφώνονταν οι πειραματικές πρακτικές, καθώς και οι ιδιαιτερότητες των θεματικών που ερευνώνταν κάθε φορά. Ο ρόλος του πειράματος στην έρευνα της φύσης και η σχέση του με τα καθοδηγητικά θεωρητικά σχήματα δεν αποτέλεσαν κοινές σταθερές για όλους τους πειραματιστές και τις πειραματικές δραστηριότητες. Οι πειραματικές μέθοδοι που αναπτύχθηκαν ήταν ποικίλες. Το πείραμα χρησιμοποιήθηκε άλλοτε για τον έλεγχο μίας θεωρητικής υπόθεσης, όπως στην περίπτωση των πειραμάτων του Νεύτωνα για το φως, άλλοτε για την ανάδειξη ή παρουσίαση μίας διαδικασίας, όπως ήταν τα πειράματα του Γαλιλαίου για την κίνηση των σωμάτων και άλλοτε για τη διερεύνηση ορισμένων φαινομένων, όπως ήταν ορισμένα πειράματα του Boyle για τις ιδιότητες των σωμάτων και την πνευματική. Τα όργανα, τα οποία εξ αρχής έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην πειραματική πρακτική, ήταν επίσης σημεία εκκίνησης της πειραματικής πρακτικής υπό την έννοια ότι η

⁵ Sargent [1995], σελ.1.

⁶ Dear [1987], σελ. 1. Στο έργο του για το ψύχος *Cold* ο Boyle αναφέρεται συχνά σε έργα σχολαστικών όπου χρησιμοποιούνται πειραματικές διατάξεις.

⁷ Dear [1987], σσ. 133-135.

προσπάθεια κατασκευής, χρήσης και βελτίωσης των οργάνων αποτελούσε μία πειραματική διαδικασία από μόνη της. Για παράδειγμα, η προσπάθεια θερμομέτρησης, η οποία χρησιμοποιούνταν από φυσικούς φιλοσόφους, γιατρούς, χημικούς και αλχημιστές αναπτύχθηκε αρχικά διακριτά από την έρευνα για τις ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας με επίκεντρο την κατασκευή ενός οργάνου που θα αναδείκνυε τις θερμοκρασιακές αλλαγές.

Καθοριστικό ρόλο για την ανάπτυξη των επιμέρους πειραματικών δραστηριοτήτων στην Αγγλία στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα έπαιξαν οι ιδέες του Francis Bacon (1561-1626). Μέσα από το εκτενές έργο του Bacon, το οποίο είχε ως γενικό σκοπό την αναθεώρηση των μεθόδων συναγωγής γνώσης για τη φύση καθώς και τη θεσμοθέτησή τους, παρουσιάστηκε μία πειραματική μέθοδος για τη φύση, η οποία, όπως θα υποστηριχθεί στη διδακτορική διατριβή, βρήκε μεγάλη απήχηση στις ομάδες που είχαν αρχίσει να δραστηριοποιούνται στη φυσική φιλοσοφία. Η βακωνική μέθοδος προσδιόριζε τις μεθόδους για τη συναγωγή αξιόπιστης γνώσης από την εμπειρία καθώς και τις μεθόδους επεξεργασίας της προκειμένου να αναδειχθούν τα αίτια των φαινομένων. Βασικός κανόνας της ήταν η συλλογή «φυσικών ιστοριών», δηλαδή η συλλογή πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων για ένα μεγάλο σύνολο των φαινομένων που αφορούσαν μία ιδιότητα και στη συνέχεια, μέσω μίας ιδιόμορφης επαγωγικής διαδικασίας, η συναγωγή των αιτίων των φαινομένων. Χρησιμοποιώντας τις αριστοτελικές έννοιες και κατηγορίες, ο Bacon διαμόρφωσε τη νέα μέθοδο γνώσης της φύσης ως αντίκρουση στον αριστοτελικό παραγωγικό συλλογισμό. Η βακωνική αναθεώρηση της μεθόδου γνώσης της φύσης βρήκε απήχηση στις πειραματικές ομάδες που δραστηριοποιούνταν στον αγγλικό χώρο, όπως ήταν η ομάδα του Hartlib και η πειραματική ομάδα της Οξφόρδης που είχε διαμορφωθεί γύρω από τον John Wilkins, οι οποίες λειτούργησαν ως προστάδια της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου⁸. Οι πειραματιστές ιδιοποιήθηκαν τους βακωνικούς κανόνες πειραματισμού μέσα από την προσωπική τους ιδιοσυγκρασία, και το κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον δράσης τους, διαμορφώνοντας διαφορετικές πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες όμως συμμετείχαν σε ένα κοινό πλαίσιο δραστηριοποίησης για τη γνώση στη φύση το οποίο αναγνωριζόταν από όλους. Μέσω των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, το πείραμα άρχισε να παίζει σημαντικό ρόλο στις δραστηριότητες που αναπτύσσονταν στα πλαίσια της άσκησης της φυσικής

⁸ Lynch [2001], σσ. 12-19.

φιλοσοφίας στην Αγγλία. Σημαντικό βήμα όμως νομιμοποίησης του πειράματος αποτέλεσε η θεσμοθέτηση της πειραματικής πρακτικής μέσα από την ίδρυση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου το 1660. Η Εταιρεία με κύριο σκοπό την «προώθηση της Φυσικομαθηματικής πειραματικής γνώσης», ανέπτυξε μέσω των επιμέρους δραστηριοτήτων των μελών της, όπως ήταν ο Robert Boyle, ο Robert Hooke, ο Christopher Merret και άλλοι, κανόνες δημοσιοποίησης και επιβεβαίωσης της πειραματικής γνώσης, καθιερώνοντας με αυτό τον τρόπο ένα πρότυπο για τη διεξαγωγή της πειραματικής φιλοσοφίας⁹. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο ρόλος που έπαιξε η δραστηριότητα της Εταιρείας στη δημοσιοποίηση της πειραματικής δραστηριότητας μέσα από την εκτέλεση πειραμάτων στις συνεδριάσεις της, την παρουσίαση και τον εσωτερικό κανονισμό ελέγχου πειραματικών εργασιών καθώς και τη δημοσίευσή τους στο περιοδικό της *Philosophical Transactions*.

Ο Boyle ως ιδρυτικό μέλος της Εταιρείας συμμετείχε στην ανάπτυξη της πειραματικής της πρακτικής· ωστόσο το πειραματικό του έργο αναπτύχθηκε αυτόνομα και ο ίδιος διαμόρφωσε την προσωπική του πειραματική μέθοδο, η οποία μοιραζόταν ορισμένα χαρακτηριστικά με τη δραστηριότητα της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου. Η στροφή του Boyle στην πειραματική πρακτική το 1649/50 συνδυάστηκε με τη λειτουργία του πρώτου εργαστηρίου του στην έπαυλή του στο Stalbridge και χαρακτηρίστηκε από την έντονη δραστηριοποίηση στη χημεία και στη φαρμακευτική. Τα επόμενα χρόνια, και ιδιαίτερα μετά τη μετακόμισή του το 1655 στην Οξφόρδη, ο Boyle ανέπτυξε ενεργό συμμετοχή στις πειραματικές ομάδες του Harlib, της Οξφόρδης και του «αόρατου κολεγίου» καθώς και επικοινωνία με πειραματιστές της εποχής του¹⁰. Η συμβολή του στην αναπτυσσόμενη πειραματική δραστηριότητα της εποχής του συνίσταται στη συστηματική χρήση του πειράματος ως μέθοδο γνώσης της φύσης, στην απόδοση ενεργού ρόλου στην πειραματική μέθοδο στην παραγωγή γνώσης για τα φυσικά φαινόμενα, στο εκτενές πειραματικό του έργο καθώς και στη συγγραφική παρουσίαση των πειραματικών ερευνών. Μέσα από την ιδιοποίηση της βακωνικής μεθόδου σε μία πληθώρα πειραματικών θεμάτων, ο Boyle διαμόρφωσε διαφορετικές πειραματικές μεθόδους, οι οποίες μπορούν να έχουν διδακτική σημασία για τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι πειραματιστές στην καθιέρωση του πειράματος, στην επιβεβαίωση των πειραματικών τους

⁹ Boas-Hall [1991], σελ.9.

¹⁰ Ομάδα πειραματιστών που είχε διαμορφωθεί γύρω από τον Benjamin Worsley και την αδελφή του Boyle Lady Ranelagh βλ. κεφ. 3.2.1 σελ. 416.

αποτελεσμάτων και στη συναγωγή γνώσης για τις μη παρατηρήσιμες διεργασίες της ύλης. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της πειραματικής πρακτικής του αποτέλεσε η χρήση οργάνων, όπως ήταν η αντλία κενού, η δημοσιοποίηση της πειραματικής γνώσης καθώς και οι κοινωνικές συμβάσεις που χρησιμοποίησε για την επίτευξη συναίνεσης για τα πειραματικά του αποτελέσματα. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή θα δείξουμε ότι η περίπτωση της έρευνας του ψύχους αποτελεί μία παραδειγματική μορφή ιδιοποίησης της βακωνικής πειραματικής πρακτικής η οποία έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της θεματικής για την έρευνα του ψύχους.

1.1.3. Το πειραματικό και συγγραφικό έργο του Boyle

Το πειραματικό και συγγραφικό έργο του Boyle αφορούσε μία πληθώρα φαινομένων της φυσικής φιλοσοφίας, όπως είναι οι ιδιότητες του αέρα, οι φυσικές ιδιότητες του ψύχους, της θερμότητας, της ρευστότητας, και της στερεότητας (*firmness*), οι χημικές ιδιότητες και η σύσταση των σωμάτων¹¹. Επίσης περιλάμβανε την έρευνα υδροστατικών φαινομένων και (χημικών) ουσιών όπως είναι ο φώσφορος, καθώς και την παρασκευή φαρμάκων και τη διερεύνηση ιατρικών φαινομένων¹². Μέχρι το 1649/50 η συγγραφική δραστηριότητα του Boyle αφορούσε κυρίως ηθικά θέματα¹³. Μετά την εγκατάσταση του εργαστηρίου του το 1650 στο Stalbridge, ο Boyle στράφηκε στην πειραματική έρευνα της χημείας, της φαρμακευτικής, των ιδιοτήτων της ψυχρότητας, της θερμότητας, της ρευστότητας, της στερεότητας. Στο δεύτερο μισό της δεκαετίας 1650-60 και μετά τη μετακόμισή του στην Οξφόρδη, ο Boyle διεξήγαγε τα περίφημα πειράματα με την αντλία κενού πάνω στην πνευματική. Από τις αρχές του 1660 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας, ο Boyle δημοσίευσε τα πειραματικά και θεωρητικά έργα στα οποία παρουσιαζόταν το πειραματικό και διανοητικό έργο που είχε παράγει αυτή την περίοδο του έντονου πειραματισμού. Το πρώτο επιστημονικό έργο του Boyle εκδόθηκε το 1661 και αφορούσε τις ιδιότητες του αέρα¹⁴. Στο έργο του για την ελαστικότητα του αέρα, *Spring of the Air*, ο Boyle

¹¹ Βλ. *Spring of the Air*, Boyle [1660], *Cold*, Boyle [1665α], «History of Fluidity and Firmness», Boyle [1661ζ], *Sceptical Chymist*, Boyle [1661η].

¹² Βλ. *Hydrostatical Paradoxes*, Boyle [1666α], *Arial Noctiluca* [1680β], *Icy Noctiluca*, Boyle [1681α], *Natural History of Human Blood*, Boyle [1684α], *Specifick Medicines*, Boyle [1685β], *Some Receipts of Medicines*, Boyle (1688β), *Medicina Hydrostatica*, Boyle [1690α].

¹³ Από τις ηθικές εργασίες μόνο η εργασία *Free Discourse against Customary Swearing*, Boyle [1695] εκδόθηκε μεταγενέστερα. Για μία συλλογή των ηθικών έργων του Boyle βλ. Harwood [1991].

¹⁴ *Spring of the Air*, Boyle [1660].

παρουσίασε τα πειράματα που είχε εκτελέσει με τη βοήθεια του Hooke στην αντλία κενού (air-pump) για την εξέταση των φαινομένων που σχετίζονταν με την ελαστικότητα και την πίεση του αέρα. Την πραγματεία *Spring of the Air*, ακολούθησαν δύο σημαντικές δημοσιεύσεις με τις οποίες ο Boyle απαντούσε στις κριτικές που άσκησαν στα πειράματα πνευματικής του ο Thomas Hobbes και ο Ιησούιτης Fransiscus Linus¹⁵.

Τα έργα του Boyle για την ελαστικότητα του αέρα αποτέλεσαν το αντικείμενο σημαντικών μελετών που σκόπευαν στην ανάλυση της πειραματικής πρακτικής του. Η χρησιμοποίηση του καινούργιου οργάνου για τη δημιουργία κενού καθώς και η προσπάθεια νομιμοποίησης του οργάνου και των φαινομένων που αυτό παρήγαγε, αποτελούσαν εργαλεία που μπορούσαν οι ιστορικοί να χρησιμοποιήσουν για την ανασυγκρότηση της πειραματικής πρακτικής του Boyle. Το *Leviathan and the Air-Pump* των Shapin και Schaffer αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη έργα στην ιστορία της πειραματικής φιλοσοφίας στο οποίο οι συγγραφείς επιχείρησαν να παρουσιάσουν, μέσα από τη διαμάχη του Boyle με τον Hobbes για τις ιδιότητες του αέρα, την πειραματική μέθοδο του Boyle και τον τρόπο ορισμού των πειραματικών γεγονότων (matters of fact)¹⁶. Ο Boyle δεν εξάντλησε την έρευνα των φαινομένων του αέρα στα έργα του για την ελαστικότητα αλλά συνέχισε με τη συγγραφή των *Rarefaction of the Air* (1670), *Hidden Qualities of the Air* (1674), και *General History of the Air* (1692)¹⁷. Στο τελευταίο έδινε τη δική του άποψη για τη σύσταση του αέρα.

Ένα σημαντικό έργο όπου παρουσιαζόταν η εκτενής πειραματική δραστηριότητά του στη χημεία και τη σύσταση των σωμάτων ήταν το *Sceptical Chymist* (1662). Μέσα από ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων και πειραματικών αποτελεσμάτων ο Boyle προσπαθούσε να αντικρούσει τη θεωρία των αριστοτελικών για την ανάλυση της ύλης στα τέσσερα στοιχεία (νερό, αέρας, γη, φωτιά) και την αντίστοιχη θεωρία των «χημικών», οι οποίοι θεωρούσαν ως δομικά στοιχεία της ύλης τις τρεις «χημικές» αρχές, τον υδράργυρο, το θείο και το αλάτι¹⁸. Η προσπάθεια

¹⁵ *Defence* και *Examen*, Boyle [1662a] και [1662β]. Οι πλήρεις τίτλοι των δύο έργων είναι *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air* και *An Examen of Mr T. Hobbes his Dialogus Physicus De Natura Aeris*.

¹⁶ Shapin, Schaffer [1985].

¹⁷ Boyle [1670β], [1674β], [1692].

¹⁸ Για την ανάλυση του περιεχομένου του *Sceptical Chymist* βλ. Boas-Hall [1952], [1954], [1958], Kuhn [1952], Principe [1998]. Με τον όρο «χημικοί» σε παρένθεση παραπέμπουμε στη χρήση του όρου «chymists» την οποία αναλύει ο Principe. Σύμφωνα με τον Principe ο όρος «chymists» χρησιμοποιούνταν από τον Boyle για να χαρακτηρίσει μία ευρεία κατηγορία αλχημιστών οι οποίοι υποστήριζαν την παρακελσιανή θεωρία της ανάλυσης της ύλης στις τρεις «χημικές» αρχές, το άλας,

αντίκρουσης των αριστοτελικών και «χημικών» αρχών μπορεί να συσχετισθεί με την παράλληλη ανάπτυξη των ιδεών του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Σύμφωνα με τη σωματιδιακή θεωρία που παρουσίασε αργότερα ο Boyle, όλα τα φυσικά φαινόμενα στη φύση μπορούσαν να εξηγηθούν με βάση την κίνηση, το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνταν η ύλη. Οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας έχουν επικεντρωθεί στην ανάλυση της θεωρίας για την ύλη που προβάλλει ο Boyle μέσα από την κριτική των αριστοτελικών και ορισμένων «χημικών» δογμάτων¹⁹. Το *Sceptical Chymist* έχει επίσης αποτελέσει σημείο αναφοράς για μελέτες με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης του Boyle στην οριοθέτηση των προβλημάτων της σύγχρονης χημείας και στη δόμηση των εννοιών της²⁰. Η ενασχόληση του Boyle με τα θέματα του *Sceptical Chymist* συνεχίστηκε με την έκδοση των μεταγενέστερων έργων *Producibleness of Chymical Principles* (1680) και *Degradation of Gold* (1678)²¹. Το πρώτο αποτελούσε συνέχεια του *Sceptical Chymist* και συνόδευε τη δεύτερη έκδοσή του. Το δεύτερο εντασσόταν στην προσπάθεια του Boyle να εξηγήσει τη μεταστοιχείωση των σωμάτων σε χρυσό βάσει της σωματιδιακής του θεωρίας για τη δημιουργία χημικών ιδιοτήτων.

Παράλληλα με τη δραστηριότητά του στη χημεία και την πνευματική, τη δεκαετία 1650-1660 ο Boyle εκτέλεσε εκτενείς πειραματικές έρευνες για τις ιδιότητες των σωμάτων, και συγκεκριμένα εκείνες του ψύχους, της θερμότητας, της ρευστότητας, της στερεότητας και των χρωμάτων. Ο τρόπος που διεξήγαγε ο Boyle τις συγκεκριμένες έρευνες και παρουσίασε τα πειράματα στις αντίστοιχες πραγματείες ήταν χαρακτηριστικός της μεθόδου της «ιστορικής» εξέτασης των ιδιοτήτων. Με τον όρο «ιστορία», ο οποίος είχε βακωνική προέλευση, ο Boyle εννοούσε τη συλλογή πειραματικών αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων για ένα μεγάλο αριθμό φαινομένων που αφορούσαν μία ιδιότητα, χωρίς να καθοδηγείται η έρευνα από κάποιο θεωρητικό σχήμα. Στην κατηγορία των «ιστοριών» των ιδιοτήτων ο Boyle κατέτασσε την πραγματεία για τις ιδιότητες της ρευστότητας και της στερεότητας «The History of Fluidity and Firmness», την πραγματεία για τα χρώματα

τον υδράργυρο και το θείο και τις μετέπειτα μορφές της (θεωρία των πέντε αρχών). Ο Principe χρησιμοποιεί τον όρο και για τους υποστηριχτές των πρώιμων μορφών της θεωρίας των τριών αρχών. Βλ. θεωρία ανάλυσης των μετάλλων σε δύο στοιχεία, τον υδράργυρο και το θείο. Principe [1998], σσ. 36-42.

¹⁹ Boas-Hall [1954], [1987].

²⁰ Παράδειγμα μίας τέτοιας μελέτης αποτελεί το άρθρο του Kuhn [1952].

²¹ Boyle [1680a] και [1678].

Colours (1664) και την πραγματεία για τα φαινόμενα του ψύχους *Cold*²². Το έργο για το ψύχος αποτέλεσε το έναυσμα για να γραφτεί μία σειρά από εργασίες με σκοπό την προσπάθεια του Boyle να προωθήσει τη σωματιδιακή του θεωρία για τη φύση του²³. Για την ιδιότητα της θερμότητας ο Boyle έγραψε το 1657-58 την πραγματεία *Dialogue on Heat and Flame* την οποία όμως δεν δημοσίευσε²⁴. Το τέταρτο πειραματικό έργο του που χαρακτήριζε ως «Ιστορία» ήταν το *Mechanical Origin of Qualities* (1675), όπου με την παράθεση πειραμάτων προσπαθούσε να αναδείξει τη μηχανιστική προέλευση των ιδιοτήτων του ψύχους, της θερμότητας, της γεύσης, της μυρωδιάς, της στερεότητας, της διαβρωτικότητας (οξείδωση), του μαγνητισμού, του ηλεκτρισμού και άλλων ιδιοτήτων²⁵.

Οι πειραματικές έρευνες που εκτελέστηκαν τη δεκαετία 1650-1660 σχετίζονταν άμεσα με την παράλληλη ανάπτυξη των πρώιμων ιδεών του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων. Οι πληροφορίες που συγκέντρωσε ο Boyle από την πειραματική του έρευνα για τις ιδιότητες των σωμάτων καθώς και η θεωρητική πραγμάτευση και η πειραματική εξέταση των σωματιδιακών θεωριών που κυριαρχούσαν την εποχή του, τον οδήγησαν στη συγγραφή της πραγματείας *Origins of Forms and Qualities* (1666-67), ένα έργο που έχει χαρακτηριστεί ως «η πιο συστηματική ανάπτυξη της σωματιδιακής του φιλοσοφίας»²⁶. Ένα σημαντικό μέρος του *Origin of Forms and Qualities* προερχόταν από τον σχολιασμό της εργασίας του *Essay on Nitre* (1661) που είχε δημοσιεύσει πέντε χρόνια νωρίτερα ως μέρος του *Certain Physiological Essays* (1661)²⁷. Στη συγκεκριμένη εργασία ο Boyle περιέγραφε ένα πείραμα όπου μέσω της απόσταξης ανέλυε το νάτριο στα συστατικά του μέρη, σε νιτρικό οξύ και «fixed» νάτριο και στη

²² Boyle [1661ζ], [1664], και [1665α]. Στην πραγματεία *Colours* ο Boyle εξηγούσε την παραγωγή των χρωμάτων στα σώματα ως αποτέλεσμα της επαφής του φωτός με τα σωματίδια που τα αποτελούσαν. Για την κατηγοριοποίηση των πραγματειών ως «Ιστοριών» βλ. *Mechanical Origin of Qualities* στο Boyle [1675-1676β], σελ. 321.

²³ Το «Of the Positive or Privative Nature of Cold», «Two Problems about Cold», «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies» είναι οι εργασίες που περιλαμβάνονται στην πραγματεία *Saltiness of the Sea* (1673). Βλ. Boyle [1673α], [1673β], [1673γ], [1673δ]. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι το εκδοτικό έργο του Boyle από το 1670 και πέρα διακρίνεται από την έκδοση πραγματειών που περιέχουν διάφορες εργασίες με ποικίλη θεματολογία. Αυτή την περίοδο ο Boyle απέφυγε την έκδοση μεγάλων έργων με κοινό θέμα.

²⁴ Σήμερα σώζεται μόνο ένα μέρος της πραγματείας το οποίο για πρώτη φορά εκδίδεται στην καινούρια έκδοση των έργων του Boyle. Boyle [τέλη 1650].

²⁵ Ο πλήρης τίτλος αυτού του έργου ήταν *Experiments, Notes, c. about the Mechanical Origine or Production of Divers particular Qualities*

²⁶ Boas-Hall [1987]. Για το *Origin of Forms and Qualities* βλ. Boyle [1666-7β].

²⁷ Boyle [1661στ].

συνέχεια συνδυάζοντας πάλι τα δύο συστατικά αναπαρήγαγε το νάτριο με μία ελάχιστη απώλεια βάρους. Μέσω του πειράματος ο Boyle έδειχνε ότι το νάτριο αποτελούνταν από συγκεκριμένα σωματίδια με χημικές ιδιότητες, κάνοντας ένα πρώτο βήμα προς τη διαμόρφωση μίας σωματιδιακής υπόθεσης για τη σύσταση της ύλης. Το έργο *Origin of Forms and Qualities* αποτελεί μία λεπτομερή παρουσίαση των απόψεων του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης και την εξήγηση της φύσης των ιδιοτήτων, όπως είχε διαμορφωθεί μετά τη συγγραφή των χημικών του έργων και των πειραματικών πραγματειών για τις ιδιότητες των σωμάτων, του ψύχους, της θερμότητας, της ρευστότητας και στερεότητας και των χρωμάτων²⁸. Επίσης το *Origin of Forms and Qualities* αποτελεί το κύριο έργο του Boyle ενάντια στις αριστοτελικές και σχολαστικές θεωρίες για τη σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων. Στα πλαίσια της προώθησης της σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη ο Boyle δημοσίευσε επίσης το *Of Absolute Rest in Bodies* (1669) όπου εξέταζε τη σχετική ή απόλυτη ακινησία των σωματιδίων και το *Languid and Unheeded Motion* (1685) όπου έδειχνε πώς οι μη αντιληπτές κινήσεις των σωματιδίων μπορούσαν να προκαλέσουν φυσικά φαινόμενα²⁹. Σύμφωνα με τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία ορισμένα έργα του Boyle με θέμα τις ιδιότητες δεν έδιναν μία καθαρά μηχανιστική εξήγηση των φαινομένων³⁰. Ένα τέτοιο έργο αποτελεί το *Cosmical Qualities* (1670)³¹.

Ο Boyle δεν περιόρισε τη δραστηριότητά του στη συγγραφή πειραματικών και θεωρητικών έργων για τα φαινόμενα της φυσικής φιλοσοφίας. Μέρος του συγγραφικού του έργου αποτελούν φιλοσοφικές, ηθικές και θεολογικές πραγματείες. Τα ηθικά έργα του Boyle αντιπροσωπεύουν την πρώιμη συγγραφική του περίοδο (1644-50), πριν δηλαδή αρχίσει την ενασχόλησή του με τη φυσική φιλοσοφία, και καταλαμβάνουν το μικρότερο μέρος του συγγραφικού του έργου. Μία σημαντική κατηγορία έργων του Boyle είχε ως σκοπό τη φιλοσοφική ανάλυση της λειτουργίας και χρήσης της πειραματικής πρακτικής. Οι τρεις πρώτες εργασίες του *Certain Physiological Essays* (1661)³² και το *Usefulness of Natural Philosophy*, το οποίο είχε γραφτεί σε δύο μέρη, το πρώτο με ημερομηνία έκδοσης 1661 και το δεύτερο το 1671, έχουν αποτελέσει σημαντικές πηγές για το πώς ο ίδιος θεωρούσε την πειραματική του

²⁸ Boyle [1665α], [τέλη 1650], [1661ζ], [1664].

²⁹ Boyle [1669β], [1685α].

³⁰ Hunter, Davies [1999-2000], σελ. Xlv.

³¹ Boyle [1670α].

³² «Proemial Essay», «Of the Unsuccessfulness of Experiments», «Of Unsucceeding Experiments». Βλ. Boyle [1661β], [1661γ], [1661δ].

πρακτική. Στην περίπτωση των τριών κειμένων στο *Certain Physiological Essays* πραγματευόταν την πρακτική και μεθοδολογία του πειράματος. Στο πρώτο μέρος του *Usefulness of Natural Philosophy* ανέλυε τη θεολογική αξία της μελέτης της φύσης και αναφερόταν στη χρησιμότητα των πειραματικών μεθόδων και τεχνικών στην ιατρική. Στο δεύτερο μέρος της πραγματείας (1671) ο Boyle εξέταζε τη δυνατότητα να τελειοποιηθεί η ανθρώπινη γνώση και την πιθανή χρησιμότητά της στην ανθρώπινη ζωή.

Η παρουσία πολυάριθμων έργων με σκοπό την ανάλυση θεολογικών θεμάτων μαρτυρεί τη βαθιά θρησκευτικότητα του Boyle την οποία ήθελε να συνδυάσει με την αφοσίωσή του στην πειραματική πρακτική. Η ανάλυση της σχέσης του θείου με την πειραματική φιλοσοφία και την έρευνα των φυσικών φαινομένων αποτελούσε κοινό θέμα σε πολλές από τις θεολογικές πραγματείες του³³. Για παράδειγμα, στο *Christian Virtuoso*, ο Boyle προσπαθούσε να δείξει ότι ένας άνθρωπος που ασκούσε την πειραματική φιλοσοφία εξασκούσαν και στο να γίνει καλός χριστιανός. Υπήρχαν όμως και κάποια θεολογικά έργα στα οποία ο Boyle ανέλυε αποκλειστικά θεολογικά θέματα³⁴. Η ενασχόλησή του με τη συγγραφή των θεολογικών κειμένων έγινε πιο έντονη μετά το 1670, την εποχή που τα θεολογικά του έργα αποκτούσαν μεγαλύτερη σημασία στο πλαίσιο του συνολικού συγγραφικού του έργου. Με μόνη εξαίρεση την έκδοση των ηθικών έργων του Boyle, μέχρι πρόσφατα υπήρχαν λίγες μελέτες πάνω στις ηθικές, φιλοσοφικές και θεολογικές πραγματείες του³⁵. Η έκδοση νέων μελετών που έχουν αντικείμενο αυτά τα έργα, αναδεικνύει την ιδιαίτερη σημασία που έχουν όχι μόνο επειδή αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της συγγραφικής δραστηριότητάς του αλλά και επειδή δίνουν υλικό για μία νέα ερμηνεία των πειραματικών έργων του.

1.1.4 Η πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος

Τα κείμενα που αποτελούν τη βάση της περιπτωσιολογικής μελέτης της διδακτορικής διατριβής για τα πειράματα του Boyle για το ψύχος είναι η πειραματική πραγματεία *Cold* (1665), οι εργασίες «Of the Positive or Privative Nature of Cold. A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus», «Two Problems

³³ *Style of the Scriptures*, Boyle [1661θ], *Excellency Of Theology*, Boyle [1674α], *Reason and Religion* Boyle [1675α], *Things above Reason*, Boyle [1681β], *High Veneration to God*, Boyle [1684-85β], *Vulgarly Receiv'd Notion of Nature*, Boyle [1686], *Final Causes*, Boyle (1688α), *The Christian Virtuoso* (1690-91β).

³⁴ *Seraphic Love*, Boyle [1659], *Martyrdom of Theodora*, Boyle [1687].

³⁵ Harwood [1991].

about Cold, Grounded on New Experiments, and Proposed in a Letter to a Friend», «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition», οι οποίες εκδόθηκαν ως μέρος του *Saltness of the Sea* (1673) και το κεφάλαιο «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» το οποίο συμπεριλαμβάνεται στην πραγματεία *Mechanical Origin of Qualities* (1675-1676).³⁶ Το ψύχος αποτελεί ένα από τα ελάχιστα πειραματικά θέματα που σχετίζονται με τις ιδιότητες των σωμάτων, το οποίο ο Boyle επιδίωκε να εξετάσει από την περίοδο της στροφής του στην πειραματική φιλοσοφία το 1649/50. Η εμφάνιση μίας εργασίας με τον τίτλο «of cold» στις πρώτες λίστες με τα αδημοσίευτα έργα του καθώς και οι αναφορές του ίδιου στην ύπαρξη αρχικών σχεδιαγραμμάτων των πειραματικών κατηγοριών του έργου επιβεβαιώνουν ότι αποτελούσε ένα από τα πρώτα πειραματικά του ενδιαφέροντα³⁷. Μετά από μία μακρά περίοδο πειραματισμού (1650-1665) η πραγματεία με πλήρη τίτλο *New Experiments and Observations Touching Cold, or an Experimental History of Cold, Begun*. Η χρονική περίοδος προετοιμασίας και συγγραφής του έργου δείχνει ότι η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος αναπτύχθηκε παράλληλα με τις πειραματικές δραστηριότητες για τη χημεία, την πνευματική, και τις ιδιότητες της ρευστότητας και στερεότητας, καθώς και την προετοιμασία του Boyle για τα έργα στα οποία εξέφρασε τις ιδέες του για τη σωματιδιακή του θεωρία, το *Essay on Nitre* και το *Origins of Forms and Qualities*.

Το *Cold* ήταν χωρισμένο σε πέντε μεγάλες ενότητες. Στην πρώτη, το «New Thermometrical Experiments and Thoughts», ο Boyle συζητούσε τις μεθόδους θερμομέτρησης εισάγοντας στην πειραματική πρακτική του *Cold* τη χρήση του θερμοσκοπίου και συζητώντας τα πλεονεκτήματα και τα προβλήματα στη χρήση του. Η δεύτερη ενότητα με τίτλο «The Experimental History of Cold Begun» αποτελούσε το κυρίως μέρος της πραγματείας· αποτελούνταν από εικοσιένα κεφάλαια στο καθένα από τα οποία περιγραφόταν μία κατηγορία φαινομένων του ψύχους η οποία προλογιζόταν στον τίτλο του κεφαλαίου. Στην τρίτη και τέταρτη ενότητα ο Boyle εξέταζε δύο σημαντικές θεωρητικές υποθέσεις για το ψύχος: το αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης, σύμφωνα με το οποίο μία ιδιότητα αυξανόταν όταν ερχόταν σε επαφή με την αντίθετή της και την εξηγητική υπόθεση του Hobbes για τη φύση του

³⁶ Boyle [1673α], [1673β], [1673γ], [1673δ], [1675-6β] σσ. 315-342.

³⁷ «Materialls & Addenda Desing'd towards the Structure & compleating of Treatises already begun or written. January the 25th 1649/1650», Boyle Robert [1649-50], και Boyle [1665α], σελ. 294.

ψύχους, έτσι όπως παρουσιαζόταν στα επτά άρθρα του 28ου κεφαλαίου του βιβλίου του *Elements of Philosophy, the first part concerning body* (1656)³⁸. Στην πέμπτη και τελευταία ενότητα ο Boyle ενσωμάτωνε την πειραματική εργασία για το ψύχος του Christopher Merrett, ο οποίος ήταν μέλος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου³⁹. Στη δεύτερη έκδοση του έργου (1683) το κείμενο τυπώθηκε χωρίς αλλαγές και προστέθηκε ένα παράρτημα με πειράματα και δύο τίτλοι επιπλέον στη λίστα των ανέκδοτων έργων που ενσωματώνονταν στην πρώτη έκδοση⁴⁰. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της πραγματείας αποτελούσε η εκτενής χρήση παρατηρήσεων φαινομένων του ψύχους που δεν προέκυπταν από τις πειραματικές δοκιμές, αλλά αφορούσαν κυρίως τις ψυχρές περιοχές προς την περιοχή της Γροιλανδίας.

Ενώ στο *Cold* ο Boyle έδειχνε ότι ήθελε να κρατήσει τον «ιστορικό» χαρακτήρα της πραγματείας, δηλώνοντας ότι δεν θα υποστήριζε μία θεωρητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους, στις εργασίες του *Saltness of the Sea* και στο *Mechanical Origin of Qualities* άνοιγε τη συζήτηση για την εξήγηση της φύσης του ψύχους, προωθώντας με τρόπους που θα ερευνήσουμε στα κεφάλαια της διατριβής, τη σωματιδιακή του υπόθεση για το ψύχος. Με την εργασία «Of the Positive or Privative Nature of Cold» του *Saltness of the Sea*, μέσα από το συγγραφικό ύφος ενός διαλόγου, ο Boyle έφερνε στο προσκήνιο τη διαμάχη για τη θετική ή ελλειπτική φύση του ψύχους, παρουσιάζοντας ως υποστηρικτή της πρώτης άποψης τον Pierre Gassendi (1592-1655) και ως υποστηρικτή της δεύτερης τον εαυτό του. Μέσα από τα αντεπιχειρήματα στην εξηγητική υπόθεση του Gassendi, σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελούνταν από ψυχρά σωματίδια που εισχωρούσαν στα σώματα, ο Boyle προσπαθούσε να προωθήσει την εξηγητική υπόθεση της φύσης του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων, δηλαδή ως μίας έλλειψης. Ο διάλογος κατέληγε με την παραδοχή του Boyle ότι υπήρχαν ορισμένα πειραματικά γεγονότα που τον απέτρεπαν από το να υποστηρίζει πλήρως την εξηγητική του υπόθεση. Στις εργασίες «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition» ο Boyle περιέγραφε τις δύο περιπτώσεις.

³⁸ Τίτλος τρίτης ενότητας «An Examen of Antiperistasis, As it is wont to be Taught and Prov'd» και τίτλος τέταρτης ενότητας «An Examen of Mr. Hobs's Doctrine about Cold».

³⁹ «An Account of Freezing made in *December* and *January*, 1662 by Christopher Merrett»

⁴⁰ Το παράρτημα αυτό βρίσκεται στο τέλος του *Cold* με τον τίτλο «An Appendix, containing some promiscuous Experiments and Observations relating to the precedent History of Cold».

Η εργασία *Mechanical Origin of Qualities* αποτελούσε ένα είδος «ιστορικής» εξέτασης των φαινομένων του ψύχους διακριτό, σύμφωνα με τον Boyle, από το *Cold*. Για τον Boyle, το *Cold* αποτελούσε ένα παραδειγματικό έργο για την «ιστορική εξέταση» του ψύχους με την έννοια της συλλογής πειραματικών αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων για τα περισσότερα φαινόμενα που σχετίζονταν με τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Αντιθέτως, το *Mechanical Origin of Qualities* αποτελούσε μία «ιστορική» εξέταση του ψύχους με την έννοια της συλλογής πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων για τρία μόνο φαινόμενα, την παραγωγή, την καταστροφή και τη μεταβολή της ιδιότητας. Η συλλογή των συγκεκριμένων εμπειρικών δεδομένων είχε σκοπό την απόδειξη της μηχανιστικής προέλευσης της ιδιότητας. Στα πειράματα που αφορούσαν το ψύχος, ο Boyle αναδείκνυε την παραγωγή, την καταστροφή και τη μεταβολή του ψύχους αναμειγνύοντας διαφορετικές ουσίες, οι οποίες, πολλές φορές, βρισκόνταν σε διαφορετική θερμοκρασία πριν, την πειραματική διάταξη. Πέρα λοιπόν από τον περιορισμό σε τρία συγκεκριμένα φαινόμενα, η πραγματεία διέφερε από το *Cold* όσον αφορά στην υποστήριξη μίας θεωρητικής υπόθεσης. Ο Boyle θεωρούσε ότι με τα πειραματικά αποτελέσματα μπορούσε να αποδείξει τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους η οποία βασιζόταν στη σωματιδιακή του θεωρία για τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων της μη παρατηρήσιμης ύλης.

1.1.5. Βασικά ερωτήματα για τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος

Η έρευνα του *Cold*, των εργασιών του *Saltness of the Sea* και του *Mechanical Origin of Qualities*, επιτρέπει τη μελέτη των δύο βασικών μερών της διαδικασίας συναγωγής γνώσης για τα φυσικά φαινόμενα, δηλαδή των πειραματικών και παρατηρησιακών γεγονότων και των θεωρητικών ή εξηγητικών υποθέσεων καθώς και της σχέσης τους όπως διαμορφωνόταν από την πειραματική πρακτική του Boyle. Η επιλογή της εξέτασης του διερευνητικού μέρους της πειραματικής πρακτικής σε μία πραγματεία (*Cold*) διακριτή από την πραγμάτευση της εξηγητικής υπόθεσης (εργασίες *Saltness of the Sea* και *Mechanical Origin of Qualities*) αναδεικνύει την επιδίωξη του Boyle να δημιουργήσει διαφορετικούς τρόπους συζήτησης, διαφορετικές «διαλογικές πρακτικές» («discursive practices»), των πειραματικών γεγονότων και των θεωρητικών υποθέσεων. Η έρευνα της δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος μέσα

από τα κείμενα που περιγράψαμε κατευθύνεται από δύο γενικά ερωτήματα. Το πρώτο αφορά την εξέταση της πειραματικής έρευνας για το ψύχος ως μίας νέας ερευνητικής θεματικής στη φυσική φιλοσοφία, τη συμβολή του Boyle στην οριοθέτησή της και στον προσδιορισμό των πειραματικών διατάξεων με τις οποίες θα ερευνώνταν τα φαινόμενα του ψύχους. Επίσης, ερευνάται το πλαίσιο διαμόρφωσης της νέας προβληματικής για το ψύχος, με την εξέταση της ύπαρξης αντίστοιχης πειραματικής δραστηριότητας στα δύο ιδρύματα της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ιταλικής Ακαδημίας Del Cimento, τα οποία αποτελούσαν σημαντικούς χώρους εξάσκησης και δημοσιοποίησης της πειραματικής πρακτικής στην Αγγλία και στην Ιταλία αντίστοιχα. Το δεύτερο γενικό ερώτημα που καθοδηγεί την έρευνά μας αφορά την εξέταση της πειραματικής πρακτικής του Boyle χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη πειραματική δραστηριότητα ως περιπτώσιολογική μελέτη. Οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, όπως το *Leviathan and the Air-Pump* των Shapin και Schaffer καθώς και το *The Aspiring Adept* του Lawrence Principe, χρησιμοποιώντας την πειραματική δραστηριότητα στην πνευματική και στη χημεία και χρυσοποιία αντίστοιχα, αποτέλεσαν πρωτότυπες ερμηνείες του έργου του Boyle που συνήγαγαν σημαντικά συμπεράσματα για τη διεξαγωγή της πειραματικής πρακτικής του και έθεσαν νέα ερωτήματα για το πειραματικό έργο του⁴¹. Επίσης η μελέτη της Rose-Mary Sargent στο *The Diffident Naturalist*, αναδεικνύει μέσα από αναφορές στα πειραματικά αλλά και θεωρητικά έργα του Boyle, τον τρόπο που μπορεί να ερμηνευτεί η πειραματική του πρακτική έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η σχέση μεταξύ των εμπειρικών γεγονότων και της χρήσης θεωρητικών υποθέσεων⁴². Η περίπτωση των πειραμάτων του ψύχους αποτελεί το ιδανικό έδαφος για την εξέταση των απόψεων που έθεσαν οι παραπάνω μελέτες για την πειραματική πρακτική του Boyle στο πλαίσιο μίας πειραματικής έρευνας που δομήθηκε με βάση τα βακωνικά πρότυπα της «ιστορικής» εξέτασης μίας ιδιότητας. Σε αυτή τη διατριβή θα εξετασθεί με ποιους όρους μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο που αντιμετώπισε ο Boyle τις βακωνικές ιδέες καθώς και το κατά πόσο ο τρόπος αντιμετώπισης καθόρισε την πειραματική του πρακτική. Η συγκριτική μελέτη των πειραματικών δραστηριοτήτων για το ψύχος των δύο ιδρυμάτων, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento, θα χρησιμοποιηθεί εδώ για

⁴¹ Shapin, Schaffer [1985]. Για τη χρήση του όρου χρυσοποιία βλ. Principe [1998], σελ. 9.

⁴² Sargent [1995].

τη συζήτηση των θεμάτων αναπαραγωγής των πειραμάτων και διαμόρφωσης διαφορετικών πειραματικών πρακτικών.

Με γνώμονα τα δύο γενικά ερωτήματα, στο δεύτερο κεφάλαιο της διατριβής εξετάζουμε την πειραματική δραστηριότητα του Boyle στο *Cold*, στο τρίτο κεφάλαιο τις δραστηριότητες για το ψύχος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento και στο τέταρτο τη συζήτηση για τη σωματιδιακή φύση του ψύχους του Boyle μέσα από τις εργασίες του *Saltness of the Sea* και το κεφάλαιο για το ψύχος του *Mechanical Origin of Qualities*. Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρούμε την ερμηνευτική παρουσίαση της πραγματείας *Cold*, θέτοντας, καταρχάς, στο 2.1 τη δραστηριότητα του Boyle στο πλαίσιο των θεωριών για την ύλη και τις ιδιότητες των σωμάτων της εποχής του. Στο κεφάλαιο 2.2. δίνουμε μία λεπτομερή απάντηση στο ερώτημα για τη χρονολόγηση της διεξαγωγής της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος και της συγγραφής του *Cold*. Με βάση αρχαικό υλικό καθώς και τις αναφορές στα πειράματα του ψύχους στις πραγματείες που δημοσιεύτηκαν νωρίτερα ή την ίδια περίοδο με το *Cold*, εξετάζουμε την ύπαρξη πρώιμων μορφών της πραγματείας, οι οποίες να χρονολογούνται την περίοδο της στροφής του Boyle στην πειραματική δραστηριότητα, την εξέλιξη της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος σε σχέση με τις μετακινήσεις και τους διαφορετικούς χώρους πειραματισμού του Boyle καθώς και τη σχέση με τα πειραματικά του ενδιαφέροντα στις άλλες θεματικές της φυσικής φιλοσοφίας. Η αναλυτική παρουσίαση της χρονολογίας συγγραφής και συλλογής των δεδομένων έχει πολλαπλό σκοπό. Καταρχήν είναι σημαντικό να καθοριστεί η χρονική περίοδος συγγραφής του *Cold* σε σχέση με τα υπόλοιπα έργα του για τις ιδιότητες των σωμάτων. Μία καλύτερη χρονική τοποθέτηση των σταδίων συλλογής υλικού και συγγραφής του έργου μπορεί να βοηθήσει να καθοριστεί αν το *Cold*, πέρα από τη συμμετοχή του στο γενικότερο σχέδιο του Boyle να εξηγήσει τις ιδιότητες των σωμάτων με τη σωματιδιακή του υπόθεση, επιτελούσε και κάποιον ανεξάρτητο σκοπό. Η πρόωρη εμφάνιση του *Cold* στις λίστες με τα ανέκδοτα έργα του Boyle είναι ένα στοιχείο που ευνοεί αυτή την υπόθεση. Επίσης, η εξέλιξη της συγγραφής του έργου δίνει στοιχεία για τον χρονολογικό προσδιορισμό της ανάπτυξης της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle και για την πορεία που αυτός ακολούθησε όσον αφορά τη χρησιμοποίηση αυτής της θεωρίας για την εξήγηση της ιδιότητας του κρύου. Επίσης, η χρονολόγηση απαντά σε δύο σημαντικά ερωτήματα: το πρώτο αφορά τον ρόλο που έπαιξε η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου στις αποφάσεις του Boyle για τη δημοσίευση της πραγματείας

Cold και το δεύτερο αφορά τους παράγοντες που επηρέασαν τη συλλογή και οργάνωση του υλικού σε μία πραγματεία και επομένως συνδιαμόρφωσαν τη διαδικασία δημοσιοποίησης της πειραματικής δραστηριότητας.

Ακολουθώντας την ταξινόμηση των κεφαλαίων στο *Cold*, ξεκινάμε την ανάλυση στο κεφάλαιο 2.3 με την εξέταση των μεθόδων θερμομέτρησης χρησιμοποιώντας ως βάση το εισαγωγικό κεφάλαιο της πραγματείας, όπου ο Boyle συζητούσε την εγκυρότητα τριών μεθόδων θερμομέτρησης: των ανθρώπινων αισθήσεων, του θερμοσκοπίου και των ψυκτικών φαινομένων⁴³. Τρεις είναι οι βασικοί στόχοι της συγκεκριμένης ανάλυσης: η ανάδειξη των προβληματισμών του Boyle γύρω από τη θερμομέτρηση, ο τρόπος εισαγωγής του θερμοσκοπίου ως έγκυρης μεθόδου παραγωγής θερμομετρικών εκτιμήσεων στην πειραματική πρακτική και ο καθορισμός των εννοιών της θερμομέτρησης και των βαθμών ψύχους που διαμορφώνονταν. Η νομιμοποίηση της χρήσης του θερμοσκοπίου για τον καθορισμό πειραματικών δεδομένων αποκτά ενδιαφέρον όταν κατανοήσουμε ότι την περίοδο αυτή το μέτρο, το μέγεθος και η κατασκευή του θερμοσκοπίου δεν αποτελούν σταθερές. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό γίνεται πιο επιτακτική εφόσον σε ορισμένα πειράματα του Boyle το θερμοσκόπιο αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την παραγωγή των πειραματικών δεδομένων και την υποστήριξη μίας θεωρητικής υπόθεσης έναντι μίας άλλης. Στην προσπάθεια να κατασκευάσει ένα θερμοσκόπιο το οποίο θα έδινε μία ακριβή και αντικειμενική ένδειξη για τον βαθμό του ψύχους, ο Boyle θεωρούσε πώς οι αισθήσεις και τα ελαττωματικά θερμοσκόπια δεν μπορούσαν να δώσουν έγκυρες ενδείξεις για τους βαθμούς του ψύχους και άρα δεν μπορούσαν να αποτελέσουν κριτήρια για το ψύχος. Σκοπός μας είναι να ανασυσταθεί η ανάλυση του Boyle για τα κριτήρια του ψύχους και για τον έγκυρο τρόπο καταγραφής των βαθμών του ψύχους. Σημαντικό μέσο για την επίτευξη των τριών στόχων είναι η εξέταση της χρήσης των μεθόδων θερμομέτρησης στο κυρίως μέρος της πραγματείας, δηλαδή στην πρακτική των πειραμάτων (βλ. 2.3.3). Στο τελευταίο μέρος της ενότητας (2.3.4), μέσα από την ιστορική αναδρομή της χρήσης του θερμοσκοπίου από τα τέλη του 16ου μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα, εξετάζουμε τη συμβολή του Boyle στα ζητήματα που αφορούσαν την κατασκευή του και τη διαμόρφωση μίας σταθερής κλίμακας που να επιτρέπει συγκριτικές μετρήσεις. Μέρος της ανάλυσης του ιστορικού πλαισίου της χρήσης των θερμομέτρων θα αποτελέσει ο προσδιορισμός

⁴³ «New Thermometrical Experiments and Thoughts»

του χώρου της φυσικής φιλοσοφίας, όπου νομιμοποιούνταν η χρήση τους και η απάντηση στο ερώτημα αν τα πειράματα για το ψύχος συμπεριλαμβάνονταν σε αυτόν.

Το κεντρικό θέμα της ενότητας 2.4 συνίσταται στην ερμηνευτική παρουσίαση των πειραματικών κεφαλαίων του *Cold*. Εδώ επιλέγουμε να εξετάσουμε διακριτά τα εικοσιένα κεφάλαια του «History of Cold Begun» από τις δύο ενότητες που πραγματεύονται το δόγμα της αντιπερίστασης και τη θεωρητική υπόθεση του Hobbes για το ψύχος (2.4.2. και 2.4.3). Καταρχάς, εξετάζεται αν η σειρά αυτών των κεφαλαίων υποδηλώνει κάποια κατηγοριοποίηση των πειραμάτων από τον ίδιο τον Boyle και εάν θα μπορούσε αυτή να μεταβληθεί με την αλλαγή των κριτηρίων ταξινόμησης. Στο πλαίσιο της ερμηνευτικής παρουσίασης των πειραμάτων ακολουθούμε δύο ερευνητικές οδούς. Καταρχάς, εξετάζουμε την ιστορική προέλευση των πειραματικών ερωτημάτων που θέτει ο Boyle για το ψύχος με σκοπό να προσδιορίσουμε τα ερωτήματα, τις θεωρίες ή τις πρακτικές τις οποίες χρησιμοποίησε για τη διαμόρφωση της πειραματικής προβληματικής για το ψύχος. Δεύτερον, εξετάζουμε τα πειραματικά γεγονότα και τα συμπεράσματα του Boyle για κάθε ένα πειραματικό ερώτημα καθώς και τη σχέση των πειραματικών γεγονότων μεταξύ τους. Παράλληλα αναδεικνύουμε εκείνες τις περιπτώσεις οι οποίες θα βοηθήσουν να εξετάσουμε τον ρόλο των θεωρητικών υποθέσεων στον σχεδιασμό και στην ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων. Τα επιμέρους ερωτήματα που διατρέχουν την έρευνα, δηλαδή η εξέταση της χρήσης ποιοτικών και ποσοτικών πειραμάτων, η εκτέλεση των πειραμάτων σε φυσικές ή τεχνητές συνθήκες ψύχους, δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη στήριξη των επιχειρημάτων που περιγράφουμε στο πέμπτο κεφάλαιο ως συμπεράσματα για την πειραματική πρακτική του. Το τελευταίο κεφάλαιο της πραγματείας *Cold*, όπου περιγράφονται τα πειράματα του Christopher Merret, αναλύεται στο κεφάλαιο 3 ως μέρος της παρουσίασης της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.

Έχοντας μία σαφή εικόνα των ερωτημάτων και των πειραματικών αποτελεσμάτων που συνέθεταν τη δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος, στο τρίτο κεφάλαιο της διατριβής εξετάζουμε τις αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου (3.2) και των μελών της Φλωρεντινής Ακαδημίας Del Cimento (3.3). Καταρχήν σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να εξετάσει αν η πειραματική έρευνα του Boyle για το ψύχος αποτελούσε μέρος ενός γενικότερου ερευνητικού ενδιαφέροντος για την ιδιότητα του ψύχους. Η επιλογή των

δύο ιδρυμάτων βασίζεται στον ρόλο που έπαιξαν στην πειραματική πρακτική της χώρας ή του κρατιδίου όπου θεσμοθετήθηκαν ως προς τη νομιμοποίηση της πειραματικής πρακτικής, η άμεση σχέση των μελών τους με τη δραστηριότητα του Boyle, όπως ήταν η περίπτωση της Βασιλικής Εταιρείας στην οποία ο Boyle είχε ενεργό δράση, καθώς και οι αναφορές του Boyle στα κείμενά του στο πειραματικό έργο για το ψύχος των μελών των ιδρυμάτων. Για την έρευνα της δραστηριότητας των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου χρησιμοποιούνται τα αρχεία της Εταιρείας, όπου φυλάσσονταν τα πρακτικά των συνεδριάσεων, οι πειραματικές εργασίες και η αλληλογραφία, καθώς και το περιοδικό της Εταιρείας *Philosophical Transactions*. Επίσης, όπου αυτό είναι δυνατόν, εξετάζονται οι δημοσιευμένες εργασίες των μελών της, όπως για παράδειγμα το κεφάλαιο με τα πειράματα του Merret στο *Cold* και τα έργα του Robert Hooke *Micrographia* (1665) και *Philosophical Experiments and Observations* (1726). Η χρονική έκταση της έρευνας ξεκινά με την ίδρυση της Εταιρείας το 1662 και τερματίζει στο 1694, λίγο μετά από το θάνατο του Boyle. Στην περίπτωση της Ακαδημίας Del Cimento ως μέσο εξέτασης της δραστηριότητας των μελών της χρησιμοποιούμε την πραγματεία *Saggi di naturali Experience fatte nell'Accademia del Cimento sotto la protezione del Serenissimo Principe Leopoldo di Tosacana e descritte dal segretario di essa Accademia* (1667), τη μοναδική δημοσιευμένη πραγματεία που εξέδωσαν τα μέλη της Ακαδημίας για τα πειράματά τους στο σύντομο χρονικό διάστημα της λειτουργίας της (1657-1667).

Δεύτερον, μετά τον προσδιορισμό της ύπαρξης πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος από τα μέλη των δύο ιδρυμάτων, εξετάζονται οι γραπτές πηγές με σκοπό να διαπιστωθεί αν υπήρχαν κοινά ερωτήματα και προβληματισμοί καθώς και διαφορές στις θεματικές που εξετάστηκαν ανάμεσα στις τρεις δραστηριότητες, εκείνης του Boyle, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento. Στις περιπτώσεις όπου τα πειραματικά ερωτήματα ταυτίζονται, εξετάζονται και συγκρίνονται τα πειραματικά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα στα οποία οδηγήθηκαν οι πειραματιστές. Τρίτον, η συγκριτική μελέτη των τριών πειραματικών ερευνών για το ψύχος επιτρέπει τη συγκριτική εξέταση των πειραματικών πρακτικών που διαμορφώθηκαν. Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικά συμπεράσματα για την ανάπτυξη της ίδιας ερευνητικής θεματικής σε διαφορετικές κοινότητες πειραματιστών και να οδηγήσει σε νέα ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν την ύπαρξη δικτύων επικοινωνίας της πειραματικής γνώσης ανάμεσα στους Φλωρεντίνους και τους Άγγλους πειραματιστές

καθώς και την έρευνα εκείνων των παραγόντων που προσδιορίζουν τις πειραματικές μεθόδους που αναπτύσσονται σε μία συγκεκριμένη κοινότητα πειραματιστών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο όπου εξετάζονται σε διακριτές ενότητες οι εργασίες για το ψύχος του *Saltness of the Sea* και το *Mechanical Origin of Qualities*, το βασικό ερώτημα που διατρέχει την έρευνα είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο Boyle προωθούσε την εξηγητική του υπόθεση για το ψύχος που βασιζόταν στην αναπτυσσόμενη σωματιδιακή θεωρία του. Και στις δύο περιπτώσεις εξετάζεται καταρχήν η χρονολόγηση της διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής των κειμένων προκειμένου να καθοριστεί η σχέση τους με την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος (4.2.1. και 4.2.4). Στην ανάλυση των εργασιών του *Saltness of the Sea*, θέτουμε τη διαμάχη μεταξύ θετικής και ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους στο ιστορικό πλαίσιο της εποχής (4.2.2, 4.2.3). Δίνουμε βάρος στην ανάλυση του διαλόγου «of the Positive or Privative Nature of Cold» όπου θεωρούμε ότι η προσπάθεια του Boyle να προωθήσει τη θεωρητική του υπόθεση για το ψύχος μέσω της αντιπαράθεσης επιχειρημάτων στην αντίστοιχη θεωρία του Gassendi μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για τις μεθόδους υποστήριξης θεωρητικών υποθέσεων και τη σχέση τους με την πρακτική της «ιστορικής» έρευνας του ψύχους στο *Cold*. Ένα καίριο ερώτημα που ζητούμε να ανιχνεύσουμε, γιατί η απάντησή του είναι δύσκολη, αφορά τους λόγους για τους οποίους ο Boyle αποφεύγει την πλήρη υποστήριξη της θεωρητικής του υπόθεσης καθώς και τη διερεύνηση του ρόλου της ρητορικής σε αυτή την περίπτωση. Η πραγμάτευση του ψύχους μέσα από τα πειράματα για την παραγωγή του και την καταστροφή του στο κεφάλαιο «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» του *Mechanical Origin of Qualities* δίνει την ευκαιρία να εξετάσουμε κατά πόσο ο Boyle κατάφερε να αποδείξει μέσω των πειραμάτων τη μηχανιστική προέλευση του ψύχους καθώς και να ερευνήσουμε την έννοια του «μηχανιστικού» που χρησιμοποιούσε και τη σχέση της με την σωματιδιακή του υπόθεση για τη φύση του ψύχους (4.2.5, 4.2.6). Και στις δύο περιπτώσεις, εξετάζεται η σχέση των πειραματικών γεγονότων που χρησιμοποιούνται, των επιχειρημάτων στήριξης της εξηγητικής υπόθεσης για το ψύχος και του μηχανιστικού της χαρακτήρα με την πειραματική γνώση που είχε παράγει ο Boyle μέσω των πειραμάτων του *Cold*.

1.2. Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής στα ερωτήματα και τις ερμηνείες που έχουν τεθεί για το έργο του Boyle

1.2.1. Οι ιστοριογραφικές προσεγγίσεις στο έργο του Boyle και τα ερευνητικά ερωτήματα που θα καθοδηγήσουν την ερμηνεία της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος

Μετά την παρουσίαση των ερωτημάτων που καθοδηγούν την ερμηνεία των κειμένων της περιπτωσιολογικής μελέτης της διατριβής, παραθέτουμε τις ερμηνείες και τα ερωτήματα της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας που λειτουργούν ως σημεία αναφοράς της μελέτης των πειραμάτων του Boyle για το ψύχος. Η ενασχόληση του Boyle με ποικίλους τομείς της φυσικής φιλοσοφίας, όπως ήταν η χημεία, η αλχημεία, η πνευματική, οι ιδιότητες των σωμάτων, οι θεωρίες της ύλης, η υδροστατική καθώς και η συγγραφή έργων για τη σχέση της πειραματικής μεθόδου γνώσης της φύσης με τις θεολογικές του απόψεις αποτέλεσε πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη πολλών και διαφορετικών ερμηνειών του έργου του. Το έργο του Boyle εντάχθηκε στην ιστοριογραφία της ιστορίας της επιστήμης που σημάδεψε τη θεσμοθέτηση του κλάδου ως μία από τις σημαντικότερες συνεισφορές στη φυσική φιλοσοφία την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης. Σύμφωνα με τον Principe, από τα μέσα του 18ου αιώνα μέχρι και τον 20ο οι αναφορές στο έργο του ενσωματώνονταν στις Ιστορίες της χημείας όπου τονιζόταν ο επαναστατικός χαρακτήρας του έργου⁴⁴. Οι πρώτες ερμηνείες του έργου του Boyle που γράφτηκαν στα μέσα του 20ου αιώνα επικεντρώνονταν στα χημικά του πειράματα και στην επιχειρηματολογία γύρω από αυτά, όπως εκφραζόταν στο *Sceptical Chymist*, καθώς και στην ανάπτυξη της σωματιδιακής φιλοσοφίας του. Οι μελέτες της Marie Boas Hall με επίκεντρο τις δύο θεματικές συνέβαλαν στην ιστοριογραφία της Ιστορίας της Επιστήμης αναδεικνύοντας τη σημασία των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων του Boyle και παράγοντας ένα μεγάλο όγκο πληροφοριών που αποτέλεσαν γερή βάση για την ανάπτυξη περαιτέρω μελετών στο έργο του Boyle⁴⁵. Μέσα από τις μελέτες της Boas Hall τονιζόταν η παρουσίαση από τον Boyle των πειραματικών αποτελεσμάτων του ως αντίκρουση της αριστοτελικής θεωρίας των τεσσάρων στοιχείων· επίσης εκφραζόταν η ερμηνεία της χημικής πειραματικής δραστηριότητας του Boyle στο

⁴⁴ Principe [1998], σελ. 17.

⁴⁵ Boas Hall [1952], [1954], [1958], [1965].

Sceptical Chymist ως προσπάθειας καθορισμού του «στοιχείου» («element») με τη σύγχρονη έννοια⁴⁶. Ωστόσο, η ιντερναλιστική προσέγγιση της Boas Hall έχει δεχθεί κριτική για την αναχρονιστική ερμηνεία της συμβολής του Boyle στη χημεία χρησιμοποιώντας ως κριτήριο την ανάπτυξη της χημείας τον 18ο αιώνα καθώς και για την κριτική στάση που κράτησε απέναντι στα αλχημικά ενδιαφέροντα του Boyle ερμηνεύοντας την επιχειρηματολογία του στο *Sceptical Chymist* ως αντίκρουση στους αλχημιστές⁴⁷. Σημαντικές μελέτες του τέλους του 20ου αιώνα στα αλχημικά έργα του Boyle ανέδειξαν τη σημασία της αλχημιστικής δραστηριότητας του Boyle στο πειραματικό του έργο, αποκαθιστώντας τη θέση της ως μίας νομιμοποιημένης πειραματικής δραστηριότητας. Η μελέτη του Principe στα πειράματα χρυσοποιίας του Boyle πρόσφερε μία επανερμηνεία του *Sceptical Chymist* ταυτοποιώντας τους υποστηριχτές των θεωριών στις οποίες αντιτασσόταν ο Boyle με μία συγκεκριμένη κατηγορία αλχημιστών και όχι με το σύνολο εκείνων που ασκούσαν την αλχημιστική πρακτική⁴⁸. Ο Principe ανέδειξε τη σημασία της χρυσοποιίας στο έργο του Boyle ως μίας νομιμοποιημένης δραστηριότητας και τη συνέδεσε με τις θεολογικές αντιλήψεις του Boyle. Σημαντική επίσης ήταν η συμβολή του Newman, ο οποίος ανέδειξε τη σχέση συγκεκριμένων αλχημιστικών έργων με τις πρώιμες ιδέες που ανέπτυξε ο Boyle στα πλαίσια των χημικών του πειραμάτων για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης⁴⁹.

Η σωματιδιακή φιλοσοφία του Boyle αποτελεί τη δεύτερη θεματική για την οποία υπήρχε ιστοριογραφική εξέλιξη στις ερμηνείες των ιστορικών της επιστήμης. Η Boas Hall παρουσίαζε τη σωματιδιακή θεωρία του Boyle, δηλαδή τη θεωρία σύμφωνα με την οποία η ύλη αποτελούνταν από μη παρατηρήσιμα σωματίδια, νοητά διαιρετά, τα οποία χαρακτηρίζονταν από κίνηση, όγκο, σχήμα και μέγεθος, ως το απαύγασμα των πειραματικών ερευνών⁵⁰. Αναγνώριζε μόνο την υιοθέτηση βακωνικών ιδεών κατά τη διαμόρφωσή της, θέτοντας την ανάπτυξη της θεωρίας ανεξάρτητα από το πλαίσιο των αριστοτελικών και των νέων σωματιδιακών θεωριών της εποχής. Επίσης απέδιδε χωρίς ενδοιασμό μηχανιστικό χαρακτήρα στη θεωρία και την παρουσίαζε ως το βασικό όπλο του Boyle στην απόρριψη των αριστοτελικών «ουσιωδών μορφών». Οι πιο πρόσφατες μελέτες του πειραματικού έργου του Boyle

⁴⁶ Για αυτή την άποψη βλ. επίσης Kuhn [1677].

⁴⁷ Principe [1998], σσ. 11-25.

⁴⁸ Principe [1998].

⁴⁹ Newman [1996].

⁵⁰ Boas-Hall [1952], σσ. 461-505.

και των πραγματειών του για τη σωματιδιακή θεωρία αναθεώρησαν την ερμηνεία της Boas Hall, αναδεικνύοντας καταρχήν τον σημαντικό ρόλο των νέων σωματιδιακών θεωριών για την ύλη στη διαμόρφωση των ιδεών του Boyle, εξετάζοντας την υποστήριξη της θεωρίας μέσα από τα πειραματικά του έργα και αμφισβητώντας τον μηχανιστικό χαρακτήρα της και την υποστήριξή του από τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle. Χαρακτηριστική των νέων ιστοριογραφικών προσεγγίσεων είναι η μελέτη των πρώιμων έργων του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης και η μελέτη για τη χημεία από τον Antonio Clericuzio⁵¹. Σύμφωνα με τον Clericuzio, τα χημικά πειράματα του Boyle δεν υποστήριζαν μία μηχανιστική ερμηνεία της σωματιδιακής του θεωρίας· τα πειραματικά αποτελέσματά του απέδιδαν ποιοτικά και όχι μηχανιστικά χαρακτηριστικά στα σωματίδια της ύλης. Η μελέτη του Clericuzio σκιαγραφούσε ένα στάδιο στην πειραματική δραστηριότητα του Boyle κατά το οποίο αποδεχόταν ορισμένες έννοιες της αριστοτελικής θεωρίας. Έχοντας υπόψη τη νέα ματιά που δίνει ο Clericuzio στην ανάπτυξη της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle, στη μελέτη μας για το ψύχος θα υποστηρίξουμε ότι η έντονη προσπάθεια του Boyle να αντικρούσει τις αριστοτελικές θέσεις για την εξήγηση των ιδιοτήτων ως ποιοτήτων συνδυαζόταν με την ιδιοποίηση ορισμένων αριστοτελικών ιδεών που οδηγούσαν τον Boyle στη διατήρηση της διάκρισης των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους καθώς και των βαθμών τους.

Σημαντικές για την κατανόηση της δομής της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle είναι οι μελέτες που επικεντρώθηκαν στην ανάλυση της θεωρίας με βάση τα έργα στα οποία περιγραφόταν και οι οποίες επιχείρησαν διαφορετικές αλλά εξίσου χρήσιμες φιλοσοφικές αναλύσεις των εννοιών που αυτός χρησιμοποιούσε⁵². Ο ρόλος της σωματιδιακής θεωρίας του στην εξήγηση των ιδιοτήτων των σωμάτων, όπως το ψύχος, η θερμότητα, η ρευστότητα, η διαβρωτικότητα, τα χρώματα, οι οσμές, οι γεύσεις, συγκέντρωσε αρχικά το ενδιαφέρον των ιστορικών ως προς τη σημασία που είχε η θεωρία του Boyle στη διαμόρφωση της διάκρισης μεταξύ πρωτευουσών και δευτερευουσών ιδιοτήτων στο έργο του John Locke [1632-1704]⁵³. Βασικό επιχείρημα ορισμένων μελετών της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας είναι η άποψη ότι ο Locke υιοθετούσε στοιχεία της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle στη διάκρισή του

⁵¹ Clericuzio [1990].

⁵² Anstey [2000], O Toole [1974], Alexander [1985].

⁵³ Curley [1672], Alexander [1974] και [1685], Keating [1993], Palmer [1976]

μεταξύ πρωτευουσών και δευτερευουσών ιδιοτήτων⁵⁴. Ο Boyle εξηγούσε την παραγωγή των ιδιοτήτων των σωμάτων με βάση την κίνηση, το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων. Η Keating αναφέρει ότι ο Boyle ονόμαζε τις ιδιότητες που παράγονταν και γίνονταν αντιληπτές από τις αισθήσεις μας (οσμή, θερμότητα, ήχος, χρώμα και άλλες) δευτερεύουσες⁵⁵. Η σχέση μεταξύ των σωματιδίων και των πρωτευόντων χαρακτηριστικών τους (κίνηση, μέγεθος, σχήμα) με την παραγωγή αυτών των ιδιοτήτων θεωρούνταν ότι αντανάκλούσε τη σχέση μεταξύ των Λοκιανών πρωτευουσών και δευτερευουσών ιδιοτήτων. Οι αντίθετες απόψεις αναθεωρούν τη σχέση μεταξύ των φιλοσοφικών ιδεών του Locke και εκείνων του Boyle υποστηρίζοντας ότι οι ιδέες του Locke έχουν παρερμηνευτεί⁵⁶. Με την παρούσα μελέτη της σχέσης της σωματιδιακής υπόθεσης του Boyle με την εξήγηση της φύσης του ψύχους ερευνούμε τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονταν οι ιδιότητες των μη παρατηρήσιμων σωματιδίων, όπως η κίνηση, το σχήμα και το μέγεθος, με τις μακροσκοπικές ιδιότητες χωρίς να εμπλέκουμε τους όρους «πρωτεύουσες» και «δευτερεύουσες», με την εννοιολογική σημασία που τους αποδίδεται παραπάνω. Ωστόσο, θεωρούμε ότι η επικέντρωση της μελέτης μας στην πειραματική πρακτική και στις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται στην απόδειξη μη παρατηρήσιμων διαδικασιών μπορεί να βοηθήσει εκείνους που αναζητούν να ερμηνεύσουν τη σωματιδιακή θεωρία του Boyle μέσα από αυτό το δίπολο.

Επίσης, σε αντίθεση με την εικόνα της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle που έδινε η Boas Hall, πρόσφατες μελέτες έχουν θέσει σε αμφισβήτηση δύο θέσεις της. Καταρχήν, μέσω μελετών έχουν διεξαχθεί γόνιμες συζητήσεις για την έννοια «μηχανιστική» την οποία προσέδιδε ο Boyle στη σωματιδιακή του θεωρία. Σημαντικό χαρακτηριστικό των μελετών είναι η έρευνα της πειραματικής πρακτικής προκειμένου να δείξουν ότι η μηχανιστική ερμηνεία της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle δεν υποστηριζόταν από τα πειραματικά αποτελέσματα. Ο Chalmers υποστηρίζει ότι η μηχανιστική θεωρία του Boyle αναπτύχθηκε ανεξάρτητα από την πειραματική φιλοσοφία του και ότι ο Boyle, τουλάχιστον μέσα από τα πειράματά του, δεν έδωσε ποτέ μία πλήρη μηχανιστική εξήγηση της θεωρίας της ύλης⁵⁷. Επίσης ο Yung Sik Kim στο άρθρο του «Another look at Robert Boyle's acceptance of the Mechanical Philosophy» ισχυρίζεται ότι ο ίδιος ο Boyle αποδεχόταν εν μέρει τη

⁵⁴ Alexander [1974], Curley [1972].

⁵⁵ Keating [1993].

⁵⁶ Palmer [1976], Keating [1993].

⁵⁷ Chalmers [1993].

μηχανιστική του θεωρία⁵⁸. Οι κριτικές στη θέση του Chalmers και οι προσπάθειες να «σωθεί» ο μηχανιστικός χαρακτήρας των εξηγήσεων που έδινε ο Boyle για ορισμένα φαινόμενα αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της ερμηνείας του συγκεκριμένου μέρους του έργου και της σκέψης του⁵⁹. Η προσπάθειά του να αποδείξει τη μηχανιστική εξήγηση του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities* καθώς και η συσχέτιση του έργου με την πειραματική πραγματεία *Cold* αποτελεί το κατάλληλο περιβάλλον για να εξεταστεί η έννοια «μηχανιστικό» κατά τον Boyle. Η επικέντρωση στην ιδιοποίηση της βακωνικής μεθόδου καθώς και στην άμεση εξέταση της σύνδεσης των πειραματικών αποτελεσμάτων με τη σωματιδιακή θεωρία του Boyle, αναδεικνύει τα προβλήματα της εξάσκησης της πειραματικής πρακτικής και της συναγωγής συμπερασμάτων, τα οποία είναι απαραίτητα για την πληρέστερη κατανόηση της χρήσης του όρου από τον Boyle.

Μία σημαντική για την κατανόηση της ανάπτυξης της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle εξέλιξη στις ιστοριογραφικές προσεγγίσεις στο έργο του, που αναπτύχθηκαν μετά την Boas Hall, αποτελεί η αναγνώριση του ρόλου που έπαιξαν οι νέες σωματιδιακές θεωρίες για την ύλη και η μελέτη του τρόπου με τον οποίο ο Boyle ιδιοποιήθηκε χαρακτηριστικά θεωριών, όπως ήταν η θεωρία του Descartes και του Gassendi⁶⁰. Κύριο όμως σημείο αναφοράς για την παρούσα μελέτη αποτελεί η σχέση ανάμεσα στην πειραματική πρακτική του Boyle και στη μέθοδο εξέτασης της φύσης που είχε διαμορφώσει ο Bacon. Η συμβολή του Bacon στην ανάπτυξη των πειραματικών δραστηριοτήτων στην Αγγλία του 17ου αιώνα καθώς και στη διαμόρφωση των πειραματικών πρακτικών έχει επισημανθεί από εκτενείς μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας⁶¹. Στην περίπτωση του πειραματικού έργου του Boyle, η βακωνική μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί ως μεθοδολογικό εργαλείο από τους μελετητές για την κατανόηση της διαμόρφωσης των ερευνητικών θεματικών του και της πειραματικής πρακτικής του. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη του *Cold* παρουσιάζει η μελέτη του Hunter στη βακωνική προέλευση της μεθόδου του Boyle να οργανώνει σε κατηγορίες τα πειραματικά του αποτελέσματα σε έργα, όπως το *Cold*. Ο Hunter στηρίζει τα συμπεράσματά του σε συγκρίσεις των καταλόγων των πειραμάτων του Boyle καθώς και της ονοματολογίας που χρησιμοποιούσε για τις

⁵⁸ Kim [1991].

⁵⁹ Anstey [2002], Pyle [2002], Chalmers [2002].

⁶⁰ Kargon [1964], [1966]. Ο Kargon αναλύει την ανάπτυξη των σωματιδιακών θεωριών στην Αγγλία επισημαίνοντας τον ρόλο που έπαιξαν οι θεωρίες του Καρτέσιου και του Gassendi. Για την υιοθέτηση Καρτεσιανών ιδεών από τον Boyle βλ. Laudan [1981].

⁶¹ Lynch [2001], Wood [1980], Webster [1976], Dear [1985]. Hunter [1981].

κατηγοριοποιήσεις με τις αντίστοιχες που πρότεινε ο Bacon σε μέρος του έργου του που αφορούσε τις πειραματικές και φυσικές «ιστορίες»⁶². Επίσης οι μελέτες της Sargent στο πειραματικό έργο του Boyle με σκοπό την κατανόηση της πειραματικής πρακτικής και συγκεκριμένα του ρόλου της θέσης θεωρητικών υποθέσεων στο έργο του Boyle έχουν στηριχθεί στη μελέτη του τρόπου που ιδιοποιήθηκε ο Boyle τις βακωνικές ιδέες⁶³. Καταρχάς, η Sargent υποστηρίζει ότι η χρήση των θεωρητικών υποθέσεων ως ενδιάμεσων σταδίων στην πειραματική πρακτική του Boyle αντιστοιχεί στο περιθώριο που άφησε ο Bacon στη χρήση θεωρητικών υποθέσεων στην επαγωγική μέθοδο⁶⁴. Δεύτερον, με βάση την ανάλυση των μεθόδων που χρησιμοποιούνταν στη νομική για τη συναγωγή δικαστικών αποφάσεων από τις μαρτυρίες και τις αποδείξεις, η Sargent προσπαθεί να εξηγήσει την ανάπτυξη μεθόδων από τον Bacon και τον Boyle για την επιβεβαίωση της πειραματικής γνώσης και την ερμηνεία μέσω αυτής των μη παρατηρήσιμων αιτιών των πειραματικών γεγονότων.⁶⁵ Η Sargent υποστηρίζει ότι η ανάγνωση της πειραματικής μεθόδου του Boyle ως μίας παραδοσιακά εμπειριστικής μεθόδου δεν συμβαδίζει με την υποστήριξη της σωματιδιακής θεωρίας του για την ύλη. Αυτό συμβαίνει γιατί οι εξηγήσεις που δίνονται, σύμφωνα με τη σωματιδιακή υπόθεση, αφορούν μη παρατηρήσιμα σωματίδια και καταστάσεις. Η Sargent αναφέρει επίσης ότι γι' αυτό το λόγο πολλοί ιστορικοί έχουν ισχυριστεί ότι η σωματιδιακή υπόθεση του Boyle δεν βασίζεται σε βακωνικές ιδέες. Η ίδια προσπαθεί να δείξει ότι η χρήση νομικών αναλόγων στο έργο του Boyle μαρτυρεί την ύπαρξη και εμπειρικών και ρασιοναλιστικών στοιχείων στο έργο του και επομένως δείχνει ότι αν το πειραματικό του έργο δεν θεωρηθεί καθαρά εμπειριστικό τότε δεν έρχεται σε αντιπαράθεση με την υποστήριξη της σωματιδιακής θεωρίας⁶⁶. Η ανάδειξη από τη Sargent μίας ελαστικής ερμηνείας του εμπειρισμού του Boyle με σκοπό την εξήγηση της χρήσης θεωρητικών υποθέσεων στην πειραματική πρακτική, λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη μας προκειμένου να εξετάσουμε αν η ελαστικότητα προέκυπτε από τα προβλήματα πρακτικής εφαρμογής της βακωνικής μεθόδου. Επίσης, στην περίπτωση του ψύχους η συγγραφή των εργασιών του *Saltness of the Sea*, όπου ο Boyle πραγματευόταν το ζήτημα της εξηγητικής υπόθεσης του ψύχους, και η συγκριτική μελέτη της χρήσης

⁶² Hunter [2001β], σελ. 1.

⁶³ Sargent [1986], [1989], [1995].

⁶⁴ Sargent [1986], σελ. 473.

⁶⁵ Sargent [1986], σελ. 485, Sargent [1989], σελ. 40.

⁶⁶ Sargent [1989]. Επίσης για τη χρήση νομικών αναλόγων βλ. Shapiro [1983], [1999].

της θεωρητικής υπόθεσης στο συγκεκριμένο έργο σε σχέση με τη χρήση της στο *Cold*, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για το επιχείρημα της Sargent. Στη μελέτη της *The Diffident Naturalist*, η ίδια η Sargent υποστηρίζει μέσα από μία σύντομη αναφορά στο *Cold* και στις εργασίες του *Saltness of the Sea*, ότι τα συγκεκριμένα έργα μπορούν να αναδείξουν τον τρόπο που συνδυάζονταν στην πειραματική πρακτική του Boyle η χρήση εμπειρικών δεδομένων και θεωρητικών υποθέσεων⁶⁷. Ένα βασικό συμπέρασμα του πέμπτου κεφαλαίου αποτελεί ο συνδυασμός της «ιστορικής» συλλογής πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων με τη χρήση θεωρητικών υποθέσεων στο *Cold* μέσα από την ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου. Πρέπει, τέλος, να επισημάνουμε ότι η έντονη αντίκρουση που παραθέτει η Sargent στις απόψεις του Laudan για τον ρόλο της καρτεσιανής θεωρίας της ύλης και της καρτεσιανής ερμηνείας της «μηχανιστικής εξήγησης» στο έργο του Boyle, δεν αποτελεί μέρος της προσέγγισης που θα ακολουθήσουμε⁶⁸. Βασικός άξονας της προσέγγισής μας στην ερμηνεία της πειραματικής πρακτικής του Boyle είναι η εξέταση του τρόπου με τον οποίο ιδιοποιήθηκε ο Boyle το γενικότερο πλαίσιο των σωματιδιακών και μηχανιστικών θεωριών της εποχής του.

Οι μελέτες της πλαισιοκρατικής προσέγγισης έδωσαν νέες ερμηνείες της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle και έστρεψαν το ενδιαφέρον στη διεξαγωγή της πειραματικής του πρακτικής. Οι πρώτες μελέτες στο έργο του Boyle που προέρχονται από την πλαισιοκρατική προσέγγιση αποτελούν προσπάθειες ερμηνείας της πειραματικής πρακτικής του Boyle με βάση το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο της Αγγλίας του 17ου αιώνα και δείχνουν πώς οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τη διαμόρφωσή της. Ένα από τα ερμηνευτικά σχήματα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούσε τη σύνδεση της θρησκευτικής διαμάχης στην Αγγλία με τις θεολογικές και επιστημονικές πεποιθήσεις του Boyle. Η Sargent αναφέρει στην ιστοριογραφική της αναδρομή της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας για τον Boyle, μία σειρά από έργα με κοινό στοιχείο την προσπάθεια ερμηνείας της οντολογίας του μέσα από τη μελέτη των θεολογικών του πεποιθήσεων⁶⁹. Μελετητές, όπως ο Jacob, προσπάθησαν να δείξουν τη σχέση ανάμεσα στη σωματιδιακή θεωρία του Boyle και τη συμμετοχή του στις θρησκευτικές διαμάχες της εποχής του. Για παράδειγμα, ο Jacob, μέσα από μία σειρά μελετών, προσπαθεί να δείξει ότι η σωματιδιακή θεωρία του Boyle και οι

⁶⁷ Sargent [1995], σσ. 193-204.

⁶⁸ Βλ. Laudan [1981], Sargent [1986].

⁶⁹ Sargent [1995], σελ.3.

θεολογικές πεποιθήσεις που ήταν στενά συνδεδεμένες με αυτή αποτελούσαν μέρος της αγγλικανικής πολεμικής του ενάντια στους καθολικούς και τους ντεϊστές⁷⁰. Ορισμένες μελέτες ενέτασαν το έργο του Boyle στο γενικότερο πλαίσιο εξήγησης της ανάπτυξης της σωματιδιακής θεωρίας τον 17ο αιώνα και της σχέσης της με τα κοινωνικά και πολιτικά τεκταινόμενα της εποχής.⁷¹ Ο Bloor, για παράδειγμα, υποστήριξε ότι η επικράτηση της σωματιδιακής θεωρίας έναντι άλλων θεωριών της ύλης της εποχής οφείλεται στο ότι η σωματιδιακή θεωρία έδειχνε την κυρίαρχη θέση που έπρεπε να έχει η Αγγλικανική Εκκλησία για τη διασφάλιση της κοινωνικής ευταξίας⁷².

Η έμφαση που έδωσαν οι μελέτες της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης στην πειραματική πρακτική και τη διαμόρφωσή της μέσα από κοινωνικούς και πολιτικούς παράγοντες οδήγησαν σε γόνιμες μελέτες της πειραματικής πρακτικής του Boyle. Ορισμένες από αυτές αποτελούν παραδείγματα της στροφής στην έρευνα του εργαστηρίου και των κοινωνικών παραγόντων που επηρεάζουν την επιστημονική δραστηριότητα μέσα σε αυτό. Στο άρθρο του «The House of Experiment in Seventeenth Century England», ο Shapin περιέγραφε τη λειτουργία του εργαστηρίου και των μεθόδων παραγωγής συναίνεσης για τα πειραματικά γεγονότα στην Αγγλία του 17ου αιώνα, εστιάζοντας στα εργαστήρια του Boyle, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και του Robert Hooke⁷³. Μέσα από λεπτομερείς περιγραφές των χώρων που χρησιμοποιούνταν ως εργαστήρια, των συνθηκών που όριζαν τη δυνατότητα εισόδου, της συμπεριφοράς μέσα σε αυτά και των μεθόδων επιλογής του πειραματικού κοινού για την επικύρωση των πειραματικών γεγονότων, ο Shapin υποστήριξε ότι η συμπεριφορά μέσα στο εργαστήριο και το ακροατήριο που επιβεβαίωνε την πειραματική γνώση προσδιορίζονταν από κοινωνικές συμβάσεις. Ο Shapin επεξέτεινε το επιχείρημά του στη μελέτη των πειραμάτων του Boyle με την αντλία κενού με τίτλο *Leviathan and the Air-Pump* που δημοσίευσε από κοινού με τον Simon Schaffer⁷⁴. Η μελέτη των Shapin και Schaffer έδωσε μία νέα ερμηνεία της πειραματικής πρακτικής του Boyle, η οποία έθεσε νέα ερωτήματα και νέα εργαλεία έρευνας του πειραματικού έργου του. Στο *Leviathan and the Air-Pump* οι Shapin και

⁷⁰ Για τις μελέτες του Jacob που αφορούν τη σχέση της πειραματικής και φυσικής φιλοσοφίας του Boyle με τις θεολογικές του απόψεις και την πορεία της αγγλικανικής θρησκείας βλ. Jacob [1972], [1977], [1978].

⁷¹ Webster [1975].

⁷² Bloor [1976].

⁷³ Shapin [1988].

⁷⁴ Shapin, Schaffer [1985].

Schaffer επιχείρησαν την ανάλυση της πειραματικής πρακτικής του Boyle με βάση τα πειράματά του με την αντλία κενού. Η ερμηνεία τους υιοθετούσε ερωτήματα και έννοιες της πλαισιοκρατικής προσέγγισης και συγκεκριμένα της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης. Το βασικό θέμα της μελέτης τους αποτελούσε η διαμάχη μεταξύ του Boyle και του Hobbes για την ερμηνεία των πειραμάτων της πνευματικής του Boyle και για την εξήγηση των ιδιοτήτων του αέρα. Η έρευνα του τρόπου παραγωγής των πειραματικών γεγονότων μέσω της αντλίας κενού ανέδειξε σημαντικά συμπεράσματα για τη μέθοδο επιβεβαίωσης της πειραματικής γνώσης. Σύμφωνα με την ανάλυσή των Shapin και Schaffer, κυρίαρχο ρόλο στην επιβεβαίωση των πειραματικών γεγονότων έπαιζαν οι μέθοδοι του Boyle με σκοπό την επίτευξη συναίνεσης για τα πειραματικά αποτελέσματα. Κυρίαρχο ρόλο στην επίτευξη συναίνεσης λοιπόν έπαιζε η λειτουργία και η δημόσια επίδειξη της αντλίας κενού και των αντίστοιχων πειραμάτων, η γραπτή δημοσιοποίηση των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων τους και οι κοινωνικές συμβάσεις που όριζαν τις διαδικασίες επικύρωσης των πειραματικών γεγονότων. Πιο συγκεκριμένα, οι Shapin και Schaffer έδειξαν ότι για την επίτευξη συναίνεσης ο Boyle εξασφάλιζε τρόπους πειθούς για τη λειτουργία της αντλίας κενού, για τα πειραματικά αποτελέσματα και για την εγκυρότητα των μαρτυριών του κοινού. Με την αναλυτική περιγραφή των πειραμάτων του στα γραπτά του εξασφάλιζε είτε τη σωστή αναπαραγωγή των πειραμάτων είτε την εικονική αναπαραγωγή τους, έτσι ώστε οι αναγνώστες να συμφωνούν με τα πειραματικά αποτελέσματα. Επίσης οι Shapin και Schaffer έδειξαν εκείνα τα χαρακτηριστικά του συγγραφικού του ύφους τα οποία χρησιμοποιούσε για να κερδίσει την εμπιστοσύνη του κοινού του. Τονίζοντας την κοινωνική προέλευση των κριτηρίων με τα οποία ο Boyle προσπαθούσε να επιτύχει συναίνεση για τα πειραματικά του γεγονότα, οι συγγραφείς ήθελαν να δείξουν ότι η επιστημονική μέθοδος ήταν σύμφυτη με τους τρόπους κοινωνικής οργάνωσης και ρύθμιζε την κοινωνική συμπεριφορά μέσα στην επιστημονική κοινότητα. Το βασικό επιχείρημά τους, που χαρακτηρίζει την ανάλυση της αντιπαράθεσης της φυσικής φιλοσοφίας του Boyle και του Hobbes, αποτελεί η σύνδεση της επιστημονικής μεθόδου που χρησιμοποιούσαν για να κατακτήσουν τη γνώση με τον τρόπο συμπεριφοράς που θεωρούσαν αναγκαίο για την επίτευξη της κοινωνικής τάξης (social order). Η φράση «Solutions to the problem of knowledge are solutions to the problem of social order» συνοψίζει τη βασική τους θέση. Μία ακόμη σημαντική συμβολή της μελέτης τους συνίσταται στη συμμετρική προσέγγιση του έργου του Boyle και του αντίστοιχου του

Hobbes για την πνευματική. Οι Shapin και Schaffer κατέγραψαν τα έργα των δύο φυσικών φιλοσόφων ως εξίσου σημαντικά για την κατανόηση της μεθόδου άσκησης της φυσικής φιλοσοφίας στον 17ο αιώνα.

Τα ζητήματα που τίγονται στη μελέτη των Shapin και Schaffer αποτελούν σημεία αναφοράς για την έρευνα συγκεκριμένων ερωτημάτων με βάση την περιπτωσιολογική μελέτη του ψύχους. Καταρχήν, ερευνούμε κατά πόσο το ψύχος και η εξάρτησή του από τις καιρικές συνθήκες δημιούργησε διαφορετικές συνθήκες ως προς τη διεξαγωγή των πειραμάτων σε ένα εργαστήριο και κατά πόσο αυτό επηρέασε την πειραματική μέθοδο του Boyle. Δεύτερον, ερευνάται ο ρόλος του θερμοσκοπίου στις πειραματικές δοκιμές και κατά πόσο ήταν καθοριστικός για την παραγωγή των πειραματικών γεγονότων. Επίσης, εξετάζεται η δημόσια διεξαγωγή των πειραμάτων για το ψύχος καθώς και οι μέθοδοι συγγραφής των πειραματικών διαδικασιών προκειμένου να επιτευχθεί συναίνεση για τα πειραματικά γεγονότα του ψύχους. Το γενικό ερώτημα που διατρέχει την έρευνα για την πειραματική πρακτική του Boyle σχετικά με το ψύχος αφορά την εξέταση του ρόλου που έπαιξε το εξεταζόμενο φαινόμενο και η ιδιοποίηση της βακωνικής μεθόδου «ιστορικής» εξέτασης της συγκεκριμένης ιδιότητας στη διαφοροποίηση της πειραματικής πρακτικής από αυτή που περιγράφεται μέσα από τη μελέτη των Shapin και Schaffer.

Με βάση την ερμηνεία της πειραματικής πρακτικής του Boyle, οι Shapin και Schaffer υποστήριζαν ότι ο Boyle διέκρινε τα πειραματικά γεγονότα από τις θεωρητικές υποθέσεις με βάση τη βεβαιότητα που μπορούσε να επιτευχθεί για τα πρώτα και την αδυναμία επίτευξής της για τις θεωρητικές υποθέσεις. Η περίπτωση των πειραμάτων του ψύχους προσφέρεται για την εξέταση της ισχύος αυτού του διαχωρισμού και για την έρευνα του τρόπου με τον οποίο ο Boyle προσπαθούσε να καταργήσει τη διάκριση επιτυγχάνοντας την επιβεβαίωση των θεωρητικών υποθέσεων.

Η έρευνα των πειραμάτων του Boyle για το ψύχος έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως αποσπασματικά από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία για την υποστήριξη συγκεκριμένων θέσεων. Αναφέραμε παραπάνω τη σύντομη αναφορά της Sargent στα χαρακτηριστικά του *Cold* και των εργασιών του *Saltness of the Sea* για να αναδείξει το επιχείρημά της για τη σχέση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων και της υποστήριξης θεωρητικών υποθέσεων στην πειραματική πρακτική του Boyle. Στο βιβλίο *A Social History of Truth*, ο Shapin, μέσα από μία επιλεκτική παρουσίαση των πηγών και των μαρτυριών που χρησιμοποιούσε ο Boyle για να συλλέξει πληροφορίες

για τα φαινόμενα του ψύχους στα ψυχρά κλίματα, προσπάθησε να υποστηρίξει ότι τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία συλλέγονταν οι μαρτυρίες και επιτυγχανόταν συναίνεση για τα πειραματικά και παρατηρησιακά δεδομένα ήταν κοινωνικά προσδιορισμένα⁷⁵. Επίσης, το *Cold* αποτελούσε σημείο αναφοράς για τις μελέτες που αναφέρονταν στη συμβολή του Boyle στη θερμομέτρηση στο πλαίσιο της παρουσίασης της ιστορίας του θερμόμετρου⁷⁶. Επιπλέον, επιλεγμένα μέρη του πειραματικού και συγγραφικού έργου του για το ψύχος έχουν ερμηνευτεί σε μελέτες με θέμα τη συνεισφορά του Boyle στην ανάπτυξη της πειραματικής έρευνας και των ιδεών της θερμότητας και του ψύχους⁷⁷. Ανάμεσα σε αυτά ξεχωρίζει το άρθρο του Williams το οποίο αναφερόταν σε μία συγκεκριμένη πειραματική θεματική που παρουσιαζόταν στο *Cold*. Στις παραπάνω μελέτες λοιπόν είτε γίνονταν αναφορές σε επιλεγμένες θεματικές της πραγματείας *Cold*, είτε γίνονταν συνοπτικές αναφορές για την ανάδειξη κάποιων γενικών χαρακτηριστικών της πειραματικής πρακτικής του Boyle, τα οποία λόγω της περιεκτικότητας της πραγματείας σε φαινόμενα παρουσιάζονταν εκεί καλύτερα από ό,τι σε άλλες πειραματικές έρευνες⁷⁸, είτε γίνονταν σύντομες παρουσιάσεις των βασικών πειραματικών θεματικών της πραγματείας προκειμένου να αναδειχθεί η θεώρηση του Boyle και τα πειραματικά του αποτελέσματα για την ιδιότητα του ψύχους ως μέρος μίας γενικότερης παρουσίασης της ανάπτυξης των ιδεών για το ψύχος και τη θερμότητα στον 17ο αιώνα. Η επικέντρωση λοιπόν της έρευνας της διδακτορικής διατριβής στην αναλυτική παρουσίαση του συνόλου του συγγραφικού έργου του Boyle για το ψύχος, αποτελεί μία προσπάθεια να αναδειχθεί η σημασία της συγκεκριμένης έρευνας όχι μόνο στη στήριξη επιμέρους επιχειρημάτων αλλά και στην ερμηνεία του συνόλου των θεμάτων που αφορούν την πειραματική πρακτική του Boyle.

Ως συμπλήρωμα της αναδρομής στις ιστοριογραφικές προσεγγίσεις στο έργο του Boyle επισημαίνουμε τη σημασία της πρόσφατης τάσης της ιστοριογραφίας στην ανάλυση του χαρακτήρα, του ψυχολογικού προφίλ και της ηθικής στάσης του σε σχέση με το έργο του στη φυσική και πειραματική φιλοσοφία⁷⁹.

Η νομιμοποίηση της χρήσης του πειράματος στην παραγωγή της επιστημονικής γνώσης και οι μέθοδοι πιστοποίησης της εγκυρότητας των πειραματικών

⁷⁵ Shapin [1994], σσ. 238-266.

⁷⁶ Βλ. Barnett [1956].

⁷⁷ Bentham [1937], Grilli, Sebastiani [1982], Williams [1954].

⁷⁸ Sargent [1995].

⁷⁹ Ορισμένες παραδειγματικές μελέτες του Michael Hunter Βλ. Hunter [2000α], [2000β]. [2000γ].

αποτελεσμάτων έχουν αποτελέσει βασικά ζητήματα στη σύγχρονη φιλοσοφία της επιστήμης. Στο μεγαλύτερο μέρος του 20ου αιώνα η φιλοσοφία και η ιστοριογραφία της επιστήμης είχαν επικεντρωθεί στη σχέση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τη θεωρία και κυρίως στο ρόλο της δεύτερης στην επιστημονική πρακτική. Οι μελέτες του Pierre Duhem, του Karl Popper και των φιλοσόφων της «ιστορικιστικής» στροφής στη Φιλοσοφία της Επιστήμης ανέδειξαν τη στενή σχέση των πειραματικών αποτελεσμάτων και των θεωριών. Υποστηρίχθηκε ότι η ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων είναι αλληλένδετη με τις θεωρίες, σε σημείο που τα πειράματα δεν μπορούν να αποτελέσουν κριτές των θεωρητικών υποθέσεων. Επίσης, οι συγκεκριμένες μελέτες έστρεψαν την προσοχή των ιστορικών και φιλοσόφων της επιστήμης στην ανάλυση των θεωριών, παραμερίζοντας τον πειραματισμό ως βασικό μέρος της επιστημονικής δραστηριότητας⁸⁰.

Σε αντίθεση με αυτή τη θεωρητικά προσανατολισμένη ιστοριογραφία και φιλοσοφία της επιστήμης, το έργο του Ian Hacking, και κυρίως το βιβλίο του *Representing and Intervening*, σηματοδότησε μία σημαντική στροφή της φιλοσοφίας της επιστήμης προς την πειραματική πρακτική⁸¹. Οι μελέτες του Hacking, του Galison, του Franklin και του Steinle, μεταξύ άλλων, επικεντρώθηκαν στις μεθόδους με τις οποίες επιτυγχάνεται η εγκυρότητα των πειραματικών αποτελεσμάτων καθώς και στη γνωσιολογική σημασία της χρήσης των επιστημονικών οργάνων⁸². Οι μελέτες αυτές ανέδειξαν τρία βασικά χαρακτηριστικά της πειραματικής πρακτικής: Πρώτον, τις μεθόδους με τις οποίες σχεδιάζονται οι πειραματικές διατάξεις έτσι ώστε να οδηγήσουν σε αξιόπιστα αποτελέσματα. Δεύτερον, τον διερευνητικό χαρακτήρα των πειραμάτων, ασκώντας κριτική στη θεώρηση του πειράματος αποκλειστικά ως μέσου επιβεβαίωσης θεωρητικών υποθέσεων. Συχνά, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση ενός πειράματος δεν έχουν ως στόχο τον έλεγχο μίας θεωρίας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι θεωρητικές γνώσεις, διαφόρων ειδών, δεν χρησιμοποιούνται στην πειραματική πρακτική. Τρίτον, τη σημασία του πειράματος ως προς τον έλεγχο μίας θεωρίας, παρά τη θεωρητική φόρτιση (theory-ladenness) της πειραματικής διαδικασίας. Το πείραμα μπορεί να παίζει αυτόν τον σημαντικό ρόλο, διότι η θεωρία που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των οργάνων, στον σχεδιασμό της πειραματικής διάταξης και στην ερμηνεία των φαινομένων δεν ταυτίζεται με εκείνη που τίθεται υπό εξέταση.

⁸⁰ Arabatzis [2008].

⁸¹ Hacking [2002].

⁸² Arabatzis [2008] σελ. 162. Επίσης βλ. Hacking [2002], Franklin [1986], [2002], Galison [1987], Steinle [2002].

Η αναθεώρηση του ρόλου του πειράματος στην πειραματική πρακτική οδήγησε στην εξέταση των πολλαπλών του ρόλων, ως προς τη διερεύνηση και ποσοτικοποίηση νέων φαινομένων, τη μέτρηση φυσικών σταθερών καθώς και τον προσδιορισμό νέων οντοτήτων. Επίσης η επικέντρωση στην πειραματική πρακτική και στις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι πειραματιστές για την παραγωγή αξιόπιστων πειραματικών αποτελεσμάτων ανέδειξε τους παράγοντες που παίζουν ρόλο στη διαδικασία της αναπαραγωγής των πειραμάτων ως μέσο επιβεβαίωσης της πειραματικής γνώσης⁸³. Οι Sharin και Schaffer έχουν αναδείξει τη σημασία της συγκεκριμένης διαδικασίας στην επιβεβαίωση των πειραματικών γεγονότων που παρήγαγε ο Boyle μέσω της ανλίας κενού καθώς και τα προβλήματα που προέκυψαν στην προσπάθεια αναπαραγωγής των πειραμάτων από άλλους πειραματιστές.

Αν και η παρούσα διδακτορική διατριβή δεν πραγματεύεται ρητά τα προβλήματα που έθεσε η φιλοσοφία του πειράματος, η έρευνα που παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια έχει εμπλουτισθεί από τους παραπάνω προβληματισμούς.

1.2.2. Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής

Στην ενότητα 1.1.5 περιγράψαμε τα ερωτήματα που καθοδηγούν την επιμέρους μελέτη των γραπτών πηγών για τη πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος του Boyle και των ιδρυμάτων της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento. Η αναλυτική, ερμηνευτική και συγκριτική μελέτη που διεξάγεται στα κεφάλαια δύο, τρία και τέσσερα δίνει το απαραίτητο πληροφοριακό υλικό για να πραγματευτούμε τα θέματα που αφορούν στα δύο γενικά ερωτήματα που καθοδηγούν τη μελέτη μας: πρώτον, τη διαμόρφωση ενός νέου ερευνητικού πεδίου για το ψύχος στη φυσική φιλοσοφία και την αναθεώρηση της έννοιας του ψύχους μέσα από αυτή τη διαδικασία και δεύτερον, την ερμηνεία της πειραματικής πρακτικής του Boyle με βάση την περιπτωσιολογική μελέτη για το ψύχος.

Στις ενότητες 5.1. και 5.2 μελετάται η συμβολή του Boyle και των δύο ιδρυμάτων στην οριοθέτηση των ερωτημάτων και στον προσδιορισμό των πειραματικών διατάξεων της νέας ερευνητικής θεματικής για το ψύχος καθώς και το βασικό επιχείρημά μας για την ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου «ιστορικής» εξέτασης των ιδιοτήτων μέσα από την πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το

⁸³ Collins [1992].

ψύχος. Όπως περιγράφεται στο 2.1, η ιδιότητα του ψύχους και της θερμότητας κατά το πρώτο μισό του 17ου αιώνα αποτελούσαν έννοιες που συζητούνταν στα πλαίσια των αριστοτελικών, των σχολαστικών και των νέων σωματιδιακών θεωριών για την ύλη. Η συστηματοποιημένη μελέτη του φαινομένου του ψύχους από τον Boyle και την Ακαδημία Del Cimento καθώς και η λιγότερο οργανωμένη πειραματική δραστηριότητα που έδειξαν ορισμένα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, αναδεικνύουν την αναγωγή της ιδιότητας του ψύχους σε ένα σημαντικό ερευνητικό ζήτημα της πειραματικής φιλοσοφίας. Πρώτον, με βάση τη μελέτη των έργων του Boyle για το ψύχος παρουσιάζουμε τα συμπεράσματά μας για τα ερωτήματα και τα πειραματικά αποτελέσματα που οριοθέτησαν το νέο ερευνητικό πεδίο για το ψύχος και εξετάζουμε τη σχέση της ανάπτυξης της πειραματικής έρευνας για το ψύχος με το θεωρητικό πλαίσιο για τις ιδιότητες των σωμάτων και την παράλληλη προσπάθεια του Boyle να διαμορφώσει μία σωματιδιακή θεωρία για την ύλη. Επίσης, εξετάζουμε τον ρόλο που έπαιξε η πειραματική δραστηριότητα του Boyle και κυρίως οι μέθοδοι θερμομέτρησης στην αναθεώρηση της έννοιας του ψύχους. Εδώ αναφέρουμε επίσης τα συμπεράσματά μας για τη νομιμοποίηση της χρήσης του θερμοσκοπίου ως οργάνου που μπορεί να παράξει αξιόπιστες θερμοκρασιακές εκτιμήσεις στην πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος. Με τη συγκριτική έρευνα της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Φλωρεντινής Ακαδημίας Del Cimento, εξετάζουμε τη συμβολή των δύο δραστηριοτήτων στη διαμόρφωση του νέου ερευνητικού πεδίου για τα φαινόμενα του ψύχους, αναδεικνύοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε πειραματικής δραστηριότητας.

Δεύτερον, παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά της πειραματικής πρακτικής του Boyle που μπορούν να υποστηρίξουν το επιχειρήματά μας για την ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου της «ιστορικής» εξέτασης των ιδιοτήτων μέσα από την πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος. Αναδεικνύουμε σημαντικά χαρακτηριστικά της πειραματικής πρακτικής των πειραμάτων για το ψύχος τα οποία μας επιτρέπουν μία ερμηνεία η οποία διαφοροποιείται σε ορισμένα σημεία από την αντίστοιχη των Sharin και Schaffer. Επίσης, εστιάζουμε στο θέμα της εφαρμογής της Βακωνικής μεθόδου, με σκοπό να δείξουμε ότι η ιδιοποίηση της συλλογής «ιστοριών» πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων προσδιόρισε την εξέλιξη της πειραματικής έρευνας του Boyle και τη σχέση μεταξύ πειραματικών γεγονότων και θεωρητικών υποθέσεων. Όσον αφορά τον ρόλο των εξηγητικών υποθέσεων στην

πειραματική πρακτική, με βάση την έρευνά μας, υποστηρίζουμε, πρώτον, ότι στο *Cold* ο Boyle συνδύαζε τη διεξαγωγή διερευνητικών πειραμάτων με την αντίστοιχη διεξαγωγή πειραμάτων, τα οποία ήλεγχαν ένα συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο ή τα αποτελέσματα των οποίων μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να στηρίξουν μία θεωρητική υπόθεση. Δεύτερον, ότι το *Cold*, οι εργασίες στο *Saltness of the Sea*, και το *Mechanical Origin of Qualities*, αποτελούσαν διαφορετικούς τρόπους συζήτησης (διαλογικές πρακτικές) για τα πειραματικά γεγονότα και τις θεωρητικές υποθέσεις, οι οποίοι προσδιορίζονταν από την ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου γνώσης της φύσης. Τρίτον, ότι η ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου οδήγησε στη διαφοροποίηση της πειραματικής μεθόδου του Boyle και σε ένα μεταβαλλόμενο ρόλο των θεωρητικών υποθέσεων. Θεωρούμε ότι η έμφαση που δίνει η συγκεκριμένη έρευνα στην ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου αναδεικνύει ότι τα χαρακτηριστικά της πειραματικής πρακτικής του Boyle, που προβάλλονται από τη συγκεκριμένη μελέτη, δεν αποτελούν απλώς χαρακτηριστικό της πρώιμης χρήσης του πειράματος σε μια αναπτυσσόμενη πειραματική πρακτική. Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζει η πειραματική μέθοδος του Boyle είναι συνάρτηση μίας σειράς από παράγοντες ορισμένοι από τους οποίους έχουν συζητηθεί σε μελέτες όπως των Sharin και Schaffer, και ορισμένοι από τους οποίους χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Θεωρούμε ότι με τη συγκεκριμένη μελέτη αναδεικνύουμε την ιδιαιτερότητα του ψύχους ως έννοιας της φυσικής φιλοσοφίας και τον αντίκτυπο που είχε στην πρακτική του πειράματος. Επίσης θεωρούμε ότι προβάλλουμε μία ερμηνεία της ιδιοποίησης της Βακωνικής μεθόδου από τον Boyle που προσθέτει άλλη μία χρήσιμη ματιά στην ερμηνεία της πειραματικής πρακτικής του. Στην ενότητα 5.3 παραθέτουμε τα νέα θέματα και ερωτήματα που προέκυψαν από την έρευνά μας και τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω έρευνας.

1.2.3. Πηγές

Τα δημοσιευμένα έργα για το ψύχος του Boyle που αποτελούν το επίκεντρο της έρευνάς μας είναι το *New Experiments and Observations Touching Cold, or an Experimental History of Cold, Begun* (1665), οι εργασίες «of the Positive or Privative Nature of Cold. A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus», «Two Problems about Cold, Grounded on New Experiments, and Proposed in a Letter to a Friend», «An Attempt

to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition», οι οποίες εκδόθηκαν ως μέρος του *Saltness of the Sea* (1673) και το κεφάλαιο «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» το οποίο συμπεριλαμβάνεται στην πραγματεία *Mechanical Origin of Qualities* (1675-1676)⁸⁴. Άλλα δημοσιευμένα έργα του Boyle που χρησιμοποιούνται είναι το *Sceptical Chymist* (1661), το *Sprung of the Air* (1660), το *Defence* (1662) και το *Examen* (1662), το «History of Fluidity and Firmness» (1661) το *Essay on Nitre* (1661), το «The Second Essay, of Un-succeeding of Experiments» (1661), *Colours* (1664), το *Origin of Forms and Qualities* (1666-7)⁸⁵. Τα αδημοσίευτα έργα του Boyle που χρησιμοποιούνται είναι οι εργασίες «of the Study of the Booke of Nature», «of the Atomicall Philosophy», «of Natural Philosophy», «Essay of the Holy Scriptures», «Dialogues Concerning Heat and Flame», και οι λίστες με τα αδημοσίευτα έργα του Boyle⁸⁶. Τα δημοσιευμένα και αδημοσίευτα έργα του Boyle μελετώνται από τη νέα δεκατετράτομη έκδοση που επιμελήθηκαν οι Michael Hunter και Edward Davies, *The Works of Robert Boyle*, η οποία ξεπερνά σε ποιότητα και πληροφοριακό υλικό τη μοναδική έκδοση όλων των έργων του Boyle που υπήρχε ως τώρα και είχε εκδοθεί από τον Birch το 1772⁸⁷. Η νέα έκδοση περιέχει όλα τα έργα που είχε εκδώσει ο Boyle όσο ζούσε, καθώς και κάποια που είχαν παραμείνει μέχρι πρόσφατα ανέκδοτα. Κάθε έργο του Boyle προλογίζεται από μία εισαγωγή που δίνει πληροφορίες για τη χρονολόγηση της συγγραφής και της έκδοσης του έργου καθώς και για τις λατινικές εκδόσεις και τις επανεκδόσεις του. Επίσης η έκδοση συμπληρώνεται από τις μεταφράσεις των λατινικών κειμένων, τα σχόλια των επιμελητών και από ένα γλωσσάρι ανά τόμο. Για τις συντομογραφίες των τίτλων των έργων του Boyle ακολουθούμε αυτές που προτείνονται από τη νέα έκδοση⁸⁸. Για τη μελέτη της αλληλογραφίας του Boyle θα χρησιμοποιηθεί η νέα έκδοσή της *The Correspondence of Robert Boyle (1636-91)*, την οποία έχουν επιμεληθεί οι Michael Hunter, Antonio Clericuzio και Lawrence Principe⁸⁹.

⁸⁴ Boyle [1665α], [1673α], [1673β], [1673γ], [1673δ], [1675-76β], σσ. 329-362.

⁸⁵ Το «History of Fluidity and Firmness», το «Essay on Niter» και το «The Second Essay, of Un-succeeding of Experiments» εκδίδονται ως μέρος της πραγματείας *Certain Physiological Essays* (1661).

⁸⁶ Boyle [1649-1654α], [1649-1654γ], [1649-1654β], [τέλη 1650].

⁸⁷ Boyle [1772], [1999] και [2000].

⁸⁸ Hunter, Davies [1999-2000a], σσ. Xvi-xx.

⁸⁹ Boyle [2001].

Επίσης χρησιμοποιείται η νέα πηγή αδημοσίευτων κειμένων του Boyle, μία σειρά από γραπτά του Boyle τα οποία έχουν ομαδοποιηθεί και βαφτιστεί από τον Michael Hunter και τον Charles Littleton ημερολόγια εργασίας, «work-diaries». Αυτά είναι μία σειρά από χειρόγραφα όπου κατέγραφε συνήθως αριθμημένες σημειώσεις που κατά την περίοδο 1640-1650 αφορούσαν λογοτεχνικά θέματα, την περίοδο 1650-1662 ιατρικές, χημικές και αλχημιστικές συνταγές και από το 1662 και ύστερα καταγραφές πειραμάτων και συνεντεύξεων που έπαιρνε από τρίτους και χωρία από ταξιδιωτικά και φυσικο-φιλοσοφικά βιβλία που είχε διαβάσει⁹⁰. Τα ημερολόγια εργασίας έχουν συλλεγεί και καταλογογραφηθεί και είναι διαθέσιμα σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο.

Για τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου εξετάζονται τα εξής αρχεία της Εταιρείας: το «Journal Book» αποτελούσε τα πρακτικά των συνεδριάσεων της Εταιρείας και χρονολογείται από τη σύστασή της εταιρείας το 1660. Το «Register Book» αποτελούσε μία σειρά τόμων όπου καταγράφονταν τα κείμενα που παρουσιάζονταν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας και θεωρούνταν σημαντικά. Η καταγραφή στο «Register Book» εξυπηρετούσε την ανάγκη να πιστοποιηθεί η προτεραιότητα μίας ιδέας. Το «Guard Book» ή «Classified Papers» περιείχε τα χειρόγραφα των κειμένων που είτε παρουσιάστηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, είτε απεστάλησαν στην Εταιρεία διά αλληλογραφίας, είτε γράφτηκαν μετά από εντολή της Εταιρείας την περίοδο 1660-1741. Το «Guard Book» περιέχει κείμενα τα οποία καταχωρούνταν στο «Register Book» αλλά και κείμενα τα οποία δεν εγκρίνονταν για καταχώρηση σε αυτό. Το «Letter Book» περιλάμβανε αντίγραφα της αλληλογραφίας που στάλθηκε στη Βασιλική Εταιρεία την περίοδο 1660-1741, παρουσιάστηκε στις συνεδριάσεις της και τα μέλη της ζήτησαν να καταχωρηθεί. Το *Philosophical Transactions* αποτελούσε το περιοδικό της Εταιρείας του οποίου η έκδοση ξεκίνησε το 1665. Στο *Philosophical Transactions* δημοσιεύονταν ορισμένες από τις εργασίες και τα γράμματα που είχαν προηγουμένως παρουσιαστεί στις συνεδριάσεις και καταχωρηθεί στο «Register Book» καθώς και ορισμένες που δεν είχαν καταχωρηθεί σε αυτό. Η δημοσίευση μίας εργασίας στα *Philosophical Transactions* έχει σημασία γιατί το περιοδικό

⁹⁰ Hunter, Littleton [2001α].

αποτελούσε το μέσο διάδοσης των ιδεών της Εταιρείας στην Αγγλία και στις άλλες χώρες.

Για τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας των μελών της Φλωρεντινής Ακαδημίας Del Cimento χρησιμοποιείται η μοναδική έκδοση των έργων της *Essayes of Natural Experiments made in the Academie del Cimento*, στην αγγλική μετάφραση του Richard Waller μέλους της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου που εκδόθηκε το 1684. Για τη μελέτη των απόψεων του Pierre Gassendi χρησιμοποιείται η πραγματεία του Walter Charleton *Physiologia-Epicuro-Gassendo-Charltoniana: or a Fabrick of Science Natural, Upon the Hypothesis of Atoms, Founded, Repaired and Augmented by Epicurus, Petrus Gassendus, Walter Charleton* (1654), στην οποία ο Charleton παρουσιάζει τη σωματιδιακή θεωρία του Gassendi. Τα βασικά έργα του Bacon που χρησιμοποιούνται είναι τα *Novum Organum* (1620), *Historia Densi et Rari* (1623) και *Sylva Sylvarum* (1626) στην αγγλική μετάφραση της έκδοσης των J. Spedding, R.L. Ellis, D. D. Heath⁹¹. Για τις απόψεις του Renee Descartes χρησιμοποιούνται τα έργα *Principles of Philosophy* (1644) και *Meditations on First Philosophy*(1642)⁹². Επίσης για τις απόψεις του Αριστοτέλη για τη σύσταση της ύλης και για το ψύχος χρησιμοποιούνται τα *Μετεωρολογικά*, το *Περί Γενέσεως και Φθοράς*, και τα *Φυσικά*⁹³.

⁹¹ Bacon [1620], [1623], [1626].

⁹² Descartes [1644], [1642].

⁹³ Aristotle [1952], Αριστοτέλης [1994], [1963].

Κεφάλαιο Δεύτερο

Η βασική πραγματεία για το Ψύχος: *New Experiments and Observations Touching Cold or an Experimental History of Cold, Begun (1665)* (σύντομος τίτλος *Cold*)

2.1. Το ιστορικό πλαίσιο της πραγματείας *Cold* και της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος

2.1.1. Θεωρίες και παραδόσεις για τη σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων της από τα τέλη του 16ου μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα

Η ανάπτυξη σωματιδιακών και ατομιστικών θεωριών για την περιγραφή της σύστασης της ύλης και της εξήγησης των ιδιοτήτων της αποτελεί μία από τις σημαντικές εξελίξεις στη φυσική φιλοσοφία που έλαβαν χώρα την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης στον χώρο της ηπειρωτικής Ευρώπης και της Αγγλίας. Ορισμένες από τις σημαντικότερες που προβάλλονται από τα συγγράμματα για την Επιστημονική Επανάσταση ήταν οι θεωρίες του Francis Bacon, του Καρτέσιου, του Marin Mersenne, του Pierre Gassendi και του Robert Boyle. Πολλές από τις θεωρίες παρουσιάζονται από μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας ως μέρος της μηχανιστικής φιλοσοφίας¹. Η μηχανιστική φιλοσοφία αποτέλεσε μία νέα προσέγγιση και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων και χαρακτηριζόταν από τις παρακάτω ιδέες. Οι μηχανιστικές θεωρίες βασίζονταν σε ιδέες που είχαν αναπτυχθεί στη μαθηματική κατηγορία της γνώσης, εκείνη της μηχανικής². Ήταν σωματιδιακές με βάση το γεγονός ότι αναγνώριζαν ως δομικά στοιχεία της ύλης σωματίδια τα οποία αποτελούνταν από την ίδια ύλη αλλά διέφεραν ως προς τα εξής χαρακτηριστικά: το μέγεθος, το σχήμα, τον όγκο και την κίνηση. Ο χαρακτηρισμός τους ως ατομιστικές θεωρίες εξαρτώνταν από τη θεώρηση της κάθε θεωρίας για τη δυνατότητα διαιρετότητας των σωματιδίων. Οι ερμηνείες των φυσικών φαινομένων βασίζονταν στην αλληλεπίδραση των σωματιδίων και στη συσχέτιση των χαρακτηριστικών τους. Οι ερμηνείες ακολουθούσαν το παράδειγμα της

¹ Βλ. Shapin [1996], Henry [2002], σσ. 68-97, Westfall [1993], σσ. 60-90, Boas-Hall, [1952].

² Henry [2002], σελ. 69.

λειτουργίας μίας μηχανής. Ένα δημοφιλές παράδειγμα ήταν ο μηχανισμός του ρολογιού, ο οποίος παρέπεμπε σε τρεις σημαντικές ιδέες³: στη θεώρηση ότι αυτό που παρατηρείται παράγεται από ένα, συχνά μή παρατηρήσιμο, μηχανισμό, δεύτερον στην απόδοση στην ύλη μηχανισμού χωρίς την παράλληλη απόδοση σε αυτήν της κατασκευής του σε κάποιο σκοπό⁴. τρίτον, το ρολόι αποτελούσε ένα παράδειγμα της μηχανιστικής παραγωγής κανονικοτήτων που μπορούσε να αντιστοιχηθεί με παρατηρούμενες κανονικότητες στη φύση. Ως βασικές μηχανιστικές θεωρίες που επηρέασαν την ανάπτυξη των επιμέρους μηχανιστικών θεωριών, οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας αναδεικνύουν τις θεωρίες του Καρτέσιου και του Gassendi.

Οι ατομιστικές και σωματιδιακές θεωρίες έδιναν ολοκληρωμένες εξηγήσεις όλων των φυσικών φαινομένων. Εμείς εδώ θα εστιάσουμε στην παρουσίασή τους ως ερμηνείες της σύστασης και δομής της ύλης και των ιδιοτήτων των σωμάτων, στην προσπάθειά μας να χαρτογραφήσουμε και να παρουσιάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των θεωριών που αποτέλεσαν το πλαίσιο στο οποίο ο Boyle διαμόρφωσε την πειραματική του έρευνα για το ψύχος ως βασική ιδιότητα των σωμάτων και επιχείρησε την εξήγησή του μέσω της αναπτυσσόμενης σωματιδιακής θεωρίας του⁵. Καταρχάς, θα παρουσιάσουμε τις βασικές αρχές των αριστοτελικών και σχολαστικών θεωριών για την ύλη και τις ιδιότητες των σωμάτων, οι οποίες αποτέλεσαν το πλαίσιο και το βασικό σύστημα θεωρητικών υποθέσεων και εξηγήσεων στις οποίες αντιτάχθηκαν οι νέες σωματιδιακές θεωρίες. Δεύτερον, θα εστιάσουμε σε εκείνες τις θεωρίες οι οποίες έχουν αναδειχθεί από τον ίδιο τον Boyle αλλά και τους ερμηνευτές του έργου του, ως το πλαίσιο που επηρέασε, είτε μέσω αντίκρουσης είτε μέσω ιδιοποίησης ιδεών, τα πειραματικά ενδιαφέροντά του και την ανάπτυξη της δικής του εκδοχής της σωματιδιακής θεωρίας⁶. Στις περιγραφές των

³ βλ. Shapin [1996], σσ. 34-36

⁴ Το παράδειγμα παρέπεμπε στην ύπαρξη ενός ωρολογιοποιού ο οποίος έφτιαχνε το μηχανισμό· ένας ρόλος που αποδόθηκε στο Θεό όταν το ρολόι αντιστοιχούνταν στη φύση.

⁵ Ο Shapin αναφέρει ότι ο Καρτέσιος προσπαθούσε να εξηγήσει τη βαρύτητα των σωμάτων, τη συμπεριφορά των ρευστών και των μαγνητών, την προέλευση των σεισμών, τη χημική αντίδραση, τις ανθρώπινες κινήσεις και την προέλευση της ανθρώπινης αίσθησης μέσω της μηχανιστικής του θεωρίας. Shapin [1996], σελ. 56. Επίσης βλ. Henry [2002], σελ. 69.

⁶ Στην παρουσίασή μας θα εστιάσουμε στις σωματιδιακές θεωρίες ως προσπάθειες αντίκρουσης της αριστοτελικής θεωρίας των «μορφών» και ως εργαλεία εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων και όχι στον μηχανιστικό τους χαρακτήρα. Ο χαρακτηρισμός τους ως μηχανιστικές θεωρίες να μην αναγνωρίζεται από πολλές μελέτες της συγκεκριμένης περιόδου, όμως εξειδικευμένες μελέτες ορισμένων θεωριών έχουν αμφισβητήσει τον «μηχανιστικό» τους χαρακτήρα. Ως παράδειγμα αναφέρω τη μελέτη του Clericuzio για το μηχανιστικό χαρακτήρα της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle. Βλ. Clericuzio [1990].

θεωριών που αποτέλεσαν το πλαίσιο στο οποίο ανέπτυξε ο Boyle τη δραστηριότητά του για το ψύχος θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε συγκεκριμένα τον τρόπο που αντιμετωπίζονταν οι ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους.

Η Αριστοτελική Θεωρία και οι Σχολαστικές εκδοχές της

Οι σωματιδιακές και ατομιστικές θεωρίες του 17ου αιώνα αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της προσπάθειας αντίκρουσης της αριστοτελικής θεωρίας της ύλης και των σχολαστικών ερμηνειών της⁷. Σύμφωνα με την ερμηνεία της αριστοτελικής θεωρίας της φυσικής του υποσελήνιου κόσμου του Lindberg, ο Αριστοτέλης μιλούσε για τα υλικά σώματα και τις ιδιότητές τους θεωρώντας τα σύνθετα «ύλης» και «μορφής»⁸. Η «ύλη» νοείται ως υπόστρωμα της «μορφής» και δεν φέρει ιδιότητες οι οποίες παίζουν ρόλο στον καθορισμό της δεύτερης· η «μορφή» νοείται ως οποιαδήποτε ιδιότητα κάνει την «ύλη» να είναι αυτό που είναι. Ο Αριστοτέλης υποστήριζε ότι αντιλαμβανόμαστε τη «μορφή» και την «ύλη» ως «όλον» και όχι ξεχωριστά. Με βάση αυτή τη σχέση «μορφής» και «ύλης», οι ιδιότητες όπως η θερμότητα, το ψύχος και τα χρώματα, αποτελούσαν «μορφές» που δεν μπορούσαν να υπάρχουν ανεξάρτητα από τα υλικά υποκείμενα που τις έφεραν.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του υποσελήνιου χώρου σε αντίθεση με τον ουράνιο ήταν, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, η ύπαρξη μεταβολών, γένεσης και φθοράς. Ως δομικά και έσχατα στοιχεία των υλικών σωμάτων που προέκυπταν από τις παρατηρούμενες μεταβολές ο Αριστοτέλης θεωρούσε τη φωτιά, τη γη, το νερό και τον αέρα, τα οποία παράγονταν από τον συνδυασμό δύο ζευγών ιδιοτήτων: της θερμότητας και του ψύχους, και της ξηρότητας και της υγρότητας⁹. Οι τέσσερις ιδιότητες δεν έπαιζαν

⁷ Βλ. Henry [2002], σσ. 68-69.

⁸ Εδώ επιλέγουμε να παρουσιάσουμε βασικές αρχές της αριστοτελικής θεωρίας με βάση τα πρωτότυπα κείμενα και τις σχολαστικές εκδοχές της, υποστηρίζοντας ότι οι ιδέες, όπως διαμορφώνονταν στο πρωτότυπο μαζί με τις σχολαστικές ερμηνείες της θεωρίας συνδιαμόρφωσαν το πλαίσιο στο οποίο αναπτύχθηκαν οι απόψεις του Boyle και η επιχειρηματολογία του εναντίον της αριστοτελικής θεωρίας. Στο *Cold* ο Boyle αναφέρεται συχνά σε αριστοτελικές θέσεις παραπέμποντας στα πρωτότυπα αριστοτελικά έργα, όπως είναι τα *Μετεωρολογικά*. Για την αριστοτελική διάκριση μεταξύ της ουράνιας περιοχής, της περιοχής του σύμπαντος που εκτεινόταν πέρα από τη σφαίρα της σελήνης και την υποσελήνια περιοχή η οποία εκτεινόταν κάτω από τη σφαίρα της σελήνης και περιλάμβανε τη γη βλ. Lindberg [1997], σσ. 68-83.

⁹ Σύμφωνα με τον Lindberg ο Αριστοτέλης συμφωνούσε στον ορισμό των στοιχείων με τους αρχαίους φιλοσόφους Εμπεδοκλή και Πλάτωνα. Ο συνδυασμός θερμού και ξηρού γεννούσε τη φωτιά, του θερμού και του υγρού τον αέρα, του ψυχρού και του ξηρού τη γη και του ψυχρού και του υγρού το νερό. ο.π. σελ. 79.

ρόλο μόνο στη σύσταση των τεσσάρων στοιχείων αλλά και στη μεταβολή τους. Για παράδειγμα, όταν το νερό θερμαίνεται, η ιδιότητα του ψύχους μετατρέπεται σε θερμότητα και το νερό σε αέρα. Οι τέσσερις λοιπόν ιδιότητες αποτελούσαν έναν τρόπο κατανόησης της μεταβολής στη φύση, ένα θέμα για το οποίο είχε προβληματιστεί έντονα ο Αριστοτέλης. Ένα σημαντικό σημείο της θεώρησης των αντίθετων ζευγών ιδιοτήτων που επισημαίνει ο Lindberg είναι ότι η μία ιδιότητα των ζευγών, η ψυχρότητα και η ξηρότητα, θεωρούνταν έλλειψη «μορφής» ενώ η αντίθετή τους ιδιότητα, η θερμότητα και η υγρότητα θεωρούνταν ως οι επιδιωκόμενες «μορφές». Ο Ross επισημαίνει επίσης ότι μία από τις τέσσερις ιδιότητες υπερίσχυε σε κάθε στοιχείο: το ξηρό στη γη, το ψυχρό στο νερό, το υγρό στον αέρα και το θερμό στη φωτιά¹⁰.

Η παραγωγή των ιδιοτήτων στα σύνθετα σώματα αποτελεί ένα πιο σύνθετο μέρος της θεωρίας του Αριστοτέλη. Ένας τρόπος απόκτησης των τεσσάρων στοιχειωδών ιδιοτήτων από τα σώματα καθοριζόταν από τον Αριστοτέλη μέσω της συμμετοχής σε αυτά των στοιχείων που τα έφεραν. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούσε η εξήγηση που έδινε για τη «μείξη» των στοιχείων¹¹. Σύμφωνα με τον Lindberg, ο Αριστοτέλης θεωρούσε ότι κατά τη «μείξη», η φύση κάθε στοιχείου αντικαθίσταντο από τη νέα φύση του μίγματος και ότι οι ιδιότητες προέκυπταν από το μέσο όρο των ιδιοτήτων των συστατικών¹². Για τα συστατικά θεωρούσε ότι ενώ δεν διατηρούνταν εν ενεργεία στο μείγμα, διατηρούσαν όμως τη δύναμή τους και με αυτό τον τρόπο μπορούσαν να επιδρούν στο μείγμα¹³. Στην ίδια ιδέα της συμμετοχής μίας ιδιότητας σε ένα σύνθετο σώμα μέσω του συστατικού στοιχείου που τη φέρει, παρέπεμπαν οι ιδέες που ανέπτυξε ο Αριστοτέλης στο τέταρτο κεφάλαιο του έργου *Μετεωρολογικά*¹⁴. Εκεί ο Αριστοτέλης εξέταζε τη δράση του ζεύγους θερμό και ψυχρό στα σύνθετα σώματα καθώς και τις επιδράσεις του ξηρού και του υγρού. Επίσης εξέταζε την υπεροχή των ιδιοτήτων στα

¹⁰ Ross [1993], σελ. 155.

¹¹ Ο Lindberg αναφέρει ότι ο Αριστοτέλης διέκρινε μεταξύ δύο ειδών αναμειξεων: της σύνθεσης όπου τα σωματίδια των ουσιών συνυπήρχαν και της αληθινής ανάμειξης, της «κράσης», όπου τα συστατικά έφτιαχναν μία ομοιογενή ουσία στην οποία οι φύσεις τους χάνονταν. Ο Lindberg αναφέρεται στη δεύτερη κατηγορία ως «μείξη». Lindberg [1997], σελ. 405.

¹² Ο.π. σσ. 404-405. Για τη μείξη βλ. επίσης Ross [1993], σελ. 153-154.

¹³ Η συγκεκριμένη αριστοτελική ιδέα ίσως είχε σχέση με την ενασχόληση του Boyle με τον ορισμό κάποιων ουσιών ως «εν δυνάμει ψυχρών».

¹⁴ Το συγκεκριμένο έργο του Αριστοτέλη αποτέλεσε γενικότερα μία χρήσιμη πηγή για τον Boyle. Τα καιρικά φαινόμενα που εξηγούνταν στο βιβλίο, όπως ήταν το χιόνι, η βροχή, το χαλάζι, οι θερμές και ψυχρές αναθυμιάσεις στη γη, αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για πολλά παρόμοια φαινόμενα που επέλεξε ο Boyle να εξετάσει στο *Cold* κάτω από το πρίσμα της εξέτασης της ιδιότητας του ψύχους.

σύνθετα σώματα ανάλογα με τη συμμετοχή των στοιχείων σε αυτά¹⁵. Οι απόψεις του οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι ένας τρόπος ορισμού της θερμοκρασίας ορισμένων σύνθετων σωμάτων ήταν η εύρεση της συμμετοχής του στοιχείου το οποίο έφερε την αντίστοιχη ιδιότητα. Στο πρώτο κεφάλαιο του ίδιου έργου ο Αριστοτέλης έδινε ένα παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο αλληλεπιδρούσαν οι ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους στα σύνθετα σώματα, χωρίς να μεταβάλλεται η συμμετοχή των στοιχείων που τις έφεραν. Μέσα από το παράδειγμα της εξήγησης της δημιουργίας του χαλαζιού στο θερμό στρώμα του αέρα, καθώς και των φαινομένων, όπως ήταν η γρήγορη ψύξη του θερμού νερού, ο Αριστοτέλης υποστήριζε ότι η ένταση της μίας ιδιότητας αυξανόταν όταν περιβαλλόταν από την αντίθετή της¹⁶. Τη συγκεκριμένη εξήγηση αποκαλούσε «αντιπερίσταση». Το δόγμα της αντιπερίστασης εξηγούσε τα φαινόμενα της μεταβολής ως προς την ένταση των ιδιοτήτων στις περιπτώσεις όπου δεν υπήρχε μεταβολή της σύνθεσης των σωμάτων.

Ο Αριστοτέλης προσπαθούσε επίσης να εξηγήσει τη δράση που είχαν οι συγκεκριμένες ιδιότητες στα σώματα. Η ερμηνεία της αριστοτελικής θεωρίας από τον Ross αναδεικνύει τον τρόπο που δρούσαν τα δύο ζεύγη των ιδιοτήτων στα σύνθετα σώματα¹⁷. Τα δύο ζεύγη που είχε επιλέξει ο Αριστοτέλης ως ιδιότητες συστατικές των στοιχείων αφορούσαν απτές ιδιότητες, οι οποίες όμως σε αντίθεση με άλλα ζεύγη, όπως η βαρύτητα-ελαφρύτητα και η σκληρότητα-μαλακότητα, ήταν το ένα ενεργητικό (η θερμότητα και το ψύχος) και το δεύτερο παθητικό (η ξηρότητα και η υγρότητα). Το γεγονός ότι τα τέσσερα στοιχεία επιδρούσαν και δέχονταν επιδράσεις μέσω της ανάμειξής τους και της μεταστοιχείωσής τους, καθόριζε τον ενεργητικό και παθητικό ρόλο που αποδιδόταν στα δύο ζεύγη. Η δράση της θερμότητας οριζόταν από τον Αριστοτέλη ως η δυνατότητά της να συνδέει ομοιογενή σώματα και να αποσυνδέει τα ετερογενή ενώ το ψύχος δρούσε ενώνοντας και τα ομοιογενή και τα ετερογενή σώματα.

Η παρουσίαση των αριστοτελικών ιδεών για τη σύσταση της ύλης και την προέλευση των ιδιοτήτων της οδηγεί σε δύο σημαντικά συμπεράσματα. Πρώτον, στο πλαίσιο της αριστοτελικής θεωρίας οι στοιχειώδεις ιδιότητες είχαν ενεργό ρόλο στη δομή της ύλης και στη δράση των στοιχείων στη δημιουργία των σύνθετων σωμάτων.

¹⁵ Ross [1993], σελ. 159.

¹⁶ Aristotle [1952], σσ. 83-87.

¹⁷ Ross [1993], σς. 154-156.

Δεύτερον, οι ιδιότητες των σωμάτων ως «μορφές» συνδέονταν και δεν μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές ανεξάρτητα από τα συγκεκριμένα υλικά σώματα στα οποία ανήκαν. Μετά την «πρόσληψη και αφομοίωση» της αριστοτελικής θεωρίας τον 12ο και 13ο αιώνα, οι σχολαστικές θεωρίες διατήρησαν αρκετές από τις βασικές αρχές της, όπως ήταν ο διαχωρισμός «ύλης» και «μορφής», η ιδέα της μεταστοιχείωσης των τεσσάρων στοιχείων μέσω των τεσσάρων στοιχειωδών ιδιοτήτων και η αριστοτελική εξήγηση της σύνθεσης και μίξης των τεσσάρων αριστοτελικών στοιχείων¹⁸. Ο Lindberg επισημαίνει ότι οι μεσαιωνικοί υποστηρικτές του Αριστοτέλη διέκριναν μεταξύ των «μορφών» που καθιστούσαν ένα σώμα αυτό που είναι, τις οποίες αποκαλούσαν ουσιώδεις μορφές («*forma substantialis*»), και των μορφών που ήταν περιστασιακές ή τυχαίες και σχετίζονταν με την «κατά συμβεβηκός μορφή» («*forma accidentalis*»)¹⁹. Ο διαχωρισμός αυτός μας βοηθάει στην κατανόηση της χρήσης του όρου «ουσιώδεις μορφές» για τις τέσσερις στοιχειώδεις ιδιότητες, αν λάβουμε υπόψη ότι οι ιδιότητες ορίζουν κάθε φορά με τον συνδυασμό τους το στοιχείο που θα παραχθεί. Οι μεσαιωνικοί φιλόσοφοι προβληματίστηκαν επίσης αρκετά πάνω στην ιδέα της επιβολής της «μορφής» σε μία αδιαμόρφωτη ύλη και στην αδυναμία θεώρησης της ύλης χωρίς τις «ουσιώδεις μορφές» της θερμότητας, του ψύχους, της ξηρότητας και της υγρότητας. Προσπαθώντας να εξηγήσουν την πρόκληση των «κατά συμβεβηκός μορφών» σε μία ήδη διαμορφωμένη ύλη που είχε αρκετές ιδιότητες (όπως μέγεθος, σχήμα, χρώμα κτλ) οδηγήθηκαν σε μία πιο καθαρή διάκριση της ύλης των στοιχείων και της δευτερογενούς ύλης που δεχόταν κατά συμβεβηκός μορφές²⁰. Ο όρος «ουσιώδεις μορφές» («*substantial forms*») αποτέλεσε κοινό τόπο για τις επιθέσεις που δέχθηκε η αριστοτελική εξήγηση των ιδιοτήτων από τον Boyle, τον Gassendi και άλλους υποστηρικτές σωματιδιακών θεωριών που αναπτύχθηκαν τον 17ο αιώνα. Η έντονη αποδοκιμασία που δέχτηκε η θεώρηση των ιδιοτήτων των σωμάτων ως «ουσιωδών μορφών» από τον Boyle και άλλους υποστηρικτές σωματιδιακών θεωριών, δείχνει ότι αποτελούσε ένα σημείο της

¹⁸ Lindberg [1997], σελ. 400.

¹⁹ Βλ. Lindberg [1997], σσ. 400-402. Η διαφορά ουσιωδών και κατά συμβεβηκός «μορφών» εξηγείται μέσα από το παράδειγμα μίας «ουσίας» όπως ο σκύλος. Οι «ουσιώδεις μορφές» είναι τα χαρακτηριστικά που τον κάνουν να τον αναγνωρίζουμε ως σκύλο και οι «κατά συμβεβηκός μορφή» συντελείται από ιδιότητες, όπως τα μακριά ή κοντά πόδια του, το αν είναι αδύνατος ή παχύς.

²⁰ Lindberg [1997], σελ. 403. Η παρουσίαση από τον Kargon των Αριστοτελικών θέσεων μέσα από διδακτικά εγχειρίδια των αρχών του 17ου αιώνα επιβεβαιώνει τα όσα υποστηρίζει ο Lindberg για την αποδοχή των Αριστοτελικών θέσεων μετά τον 13ο αιώνα. Kargon [1966], σσ. 1-4.

αριστοτελικής θεωρίας που είχε διατηρηθεί στις σχολαστικές εκδοχές της και ήταν πια βασικό σημείο αντίκρουσης της θεωρίας. Με τον ίδιο τρόπο αναδεικνύεται ότι το δόγμα της αντιπερίστασης αποτελούσε μία δεύτερη σημαντική εξήγηση που χρησιμοποιούνταν ευρέως από τις σχολαστικές θεωρίες της εποχής για να εξηγηθούν πολλά φαινόμενα εντατικοποίησης της μίας ιδιότητας όταν ερχόταν σε επαφή με την αντίθετή της.

Η στενή σχέση της αριστοτελικής θεώρησης της σύστασης της ύλης και της προέλευσης των στοιχειωδών και σύνθετων σωμάτων με τις ιδιότητες, στοιχειώδεις και μη, έφερνε αναγκαστικά στο προσκήνιο το ζήτημα της εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων σε εκείνους που σκόπευαν την αναθεώρηση των αριστοτελικών και σχολαστικών θέσεων για τη σύσταση της ύλης. Επιπλέον οι χημικές και αλχημιστικές δραστηριότητες, ο πειραματισμός στην ιατρική και στην πνευματική αποτελούν σημαντικά πεδία έρευνας του πρώτου μισού του 17ου αιώνα που δημιούργησαν την ανάγκη για μία νέα εξήγηση της δομής της ύλης και των ιδιοτήτων της και επηρέασαν σημαντικά τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν²¹. Τον 16ο και 17ο αιώνα αναπτύχθηκαν θεωρίες για την ύλη στο πλαίσιο της ιατροχημικής και αλχημιστικής παράδοσης που πρόβαλλαν, ορισμένες ως συστατικά στοιχεία των μετάλλων και των ορυκτών και άλλες ως έσχατα δομικά στοιχεία όλων των σωμάτων, τρεις ουσίες, τον υδράργυρο, το θείο και το άλας, οι οποίες ονομάστηκαν χημικές αρχές. Σύμφωνα με την ανάλυση των θεωριών από τον Principe, ο Παράκελσος (Theophrastus von Hohenheim 1493-1541) ανέπτυξε τη θεωρία των τριών αρχών πάνω στη μεσαιωνική θεώρηση της σύστασης των μετάλλων από υδράργυρο και θείο και στη συνέχεια υποστηριχτές της θεωρίας του επέκτειναν τον αριθμό των αρχών σε πέντε, προσθέτοντας το φλέγμα και τη γη²². Σύμφωνα με τις

²¹ Ο Clericuzio και ο Newman έχουν αναδείξει τη συμβολή των χημικών και αλχημιστικών δραστηριοτήτων του τέλους του 16ου και των αρχών του 17ου αιώνα στην ανάπτυξη σωματιδιακών ιδεών για την ύλη και ιδιαίτερα στην ανάπτυξη των πρώιμων ιδεών του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Βλ. Clericuzio [1990], Newman [1996]. Επίσης βλ. Principe [1998], σελ. 48. Τον ρόλο της αντίκρουσης της Αριστοτελικής θεωρίας της ύλης και των πειραματικών δραστηριοτήτων στην ανάπτυξη των σωματιδιακών θεωριών στην Αγγλία αναδεικνύει και ο Clucas «English natural philosophers at this time were becoming increasingly critical of Aristotelian physics as a tool for understanding the structure, qualities, and motions of the material universe. The increased interest in experimentalism and observation, and exposure to an array of alternative explanations for physical phenomena—from alchemy, medicine, neoplatonism, atomism, to the new critical philosophies of nature put forward by continental philosophers such as Telesio, Patrizi, Doni, Campanella and Bruno—led to a willingness to formulate new conceptions of physical phenomena which diverged from the Aristotelian traditions». Clucas [1997], σσ. 252-253.

²² Ο Principe υποστηρίζει ότι ο Παράκελσος επεξέτεινε τη θεώρηση ότι τα ορυκτά και τα μέταλλα μπορούν να αναλυθούν σε ορισμένες χημικές ουσίες, όπως ο υδράργυρος, το θείο και το αλάτι, έτσι ώστε να ισχύει για όλα τα σώματα. Principe [1998], σσ. 36-48.

αναφορές του Boyle στο *Sceptical Chymist*, οι υποστηρικτές των παρακελσιανών θεωριών επιχειρούσαν να εξηγήσουν ορισμένες ιδιότητες, όπως ήταν η μυρωδιά και τα χρώματα, με βάση τις τρεις αρχές²³. Η Boas Hall εξηγεί ότι η «αναβίωση» του δόγματος των ιδιοτήτων ως ποιοτήτων συγκεκριμένων σωμάτων ήταν αποτέλεσμα της προσπάθειας εξήγησης των νέων ιδιοτήτων που παρουσιάζονταν στο προϊόν μίας χημικής αντίδρασης σε σύγκριση με τις ιδιότητες των συστατικών της²⁴. Σύμφωνα με τις περιγραφές του Boyle οι παρακελσιανοί φαίνονταν να ακολουθούν τους αριστοτελικούς στην απόδοση της προέλευσης των ιδιοτήτων των σύνθετων σωμάτων στις ουσίες που θεωρούσαν εκείνοι ως στοιχειώδεις. Η διαμάχη μαζί τους επικεντρωνόταν στον προσδιορισμό των στοιχείων ή χημικών αρχών στις οποίες αποδίδονταν οι ιδιότητες. Με βάση τα παραπάνω, το ζήτημα της εξήγησης της φύσης των ιδιοτήτων παρέμενε μία από τις βασικές παραμέτρους εκείνων των πρακτικών και θεωριών του πρώτου μισού του 17ου αιώνα που ερευνούσαν και εξηγούσαν αντίστοιχα τη σύσταση της ύλης. Μέσα από μελέτες, όπως αυτή του Newman, αναδεικνύεται επίσης ότι ορισμένες αλχημικές θεωρίες οδήγησαν στη διατύπωση ιδεών που παρέπεμπαν σε μία σωματιδιακή σύσταση της ύλης²⁵. Επιπλέον μελέτες, όπως του Clericuzio, έδειξαν ότι πειραματικές δραστηριότητες στη χημεία συνέβαλαν στη διαμόρφωση των πρώτων απόψεων του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα είχε δημιουργηθεί ένα πλαίσιο αμφισβήτησης της θεωρίας της ύλης του Αριστοτέλη στο οποίο, μέσω των πειραματικών πρακτικών της εποχής σε βασικούς τομείς της φυσικής φιλοσοφίας, όπως η χημεία και η αλχημεία, δημιουργήθηκε η ανάγκη αναθεώρησης των θεωριών για τη σύσταση της ύλης και εξήγησης των ιδιοτήτων της.

Μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας έχουν αναγνωρίσει ότι σε αυτό το πρώτο στάδιο της ανάπτυξης των σωματιδιακών θεωριών κατά το πρώτο μισό του 17ου αιώνα, οι θεωρίες αποτελούσαν συνθέσεις αριστοτελικών και σχολαστικών αρχών με

²³ Boyle [1661η], σσ. 335-338. Από τις περιγραφές του Boyle συμπεραίνουμε ότι το ζήτημα της αναγωγής των ιδιοτήτων στις τρεις χημικές αρχές προέκυπτε από την προσπάθεια ταυτοποίησης των τριών ουσιών μετά από χημικές αναλύσεις σύνθετων ουσιών και των συγκεκριμένων ιδιοτήτων τους.

²⁴ Boas-Hall [1952], σσ. 416-417.

²⁵ Σύμφωνα με τον Newman τα δομικά σωματίδια της ύλης ορίζονταν με βάση τις τρεις χημικές αρχές· παράλληλα όμως αναπτύσσονταν ιδέες για τη σύστασή τους από στοιχεία στα οποία δεν μπορούσαν να αναλυθούν καθώς και για τη δράση τους στις χημικές διαδικασίες οι οποίες αναδείκνυαν χαρακτηριστικά που αργότερα υιοθετήθηκαν από τις σωματιδιακές θεωρίες. Newman [1996].

νέες ιδέες για τη σωματιδιακή δομή της ύλης²⁶. Στην ανάπτυξη των ιδεών που σχετίζονταν με τη σωματιδιακή και ατομική σύσταση της ύλης και με την εξήγηση των ιδιοτήτων της, σημαντικό ρόλο έπαιξε η αναβίωση των ατομιστικών θεωριών των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων, Δημόκριτου, Λεύκιππου και Επικούρου²⁷. Από τον 16ο αιώνα, στο πλαίσιο αντίκρουσης των αριστοτελικών ιδεών από τους ουμανιστές της αναγέννησης, έως τον 17ο αιώνα οι ιδέες των αρχαίων ατομιστών ιδιοποιήθηκαν διαφορετικά από φυσικούς φιλοσόφους και χημικούς, πολλοί από τους οποίους είχαν ανάγκη ερμηνείας πειραματικών φαινομένων²⁸. Η διαφορετική αφομοίωση των ατομιστικών ιδεών σε συνδυασμό με τη διαφορετική στάση που κρατούσε ο καθένας στις αριστοτελικές ιδέες οδήγησε στη διαμόρφωση θεωριών που διέφεραν κυρίως στη θεώρηση των ατόμων ως εσχάτων δομικών στοιχείων της ύλης και στον τρόπο εξήγησης των ιδιοτήτων. Η ιδιόμορφη αντιμετώπιση της αριστοτελικής θεωρίας, η οποία συνίστατο στην προσπάθεια αντίκρουσης ορισμένων δογμάτων και υιοθέτησης ή διατήρησης ορισμένων εννοιών, σε συνδυασμό με την αναβίωση των αρχαίων ατομιστικών εννοιών και τις νέες ιδέες για την ύλη που προέκυπταν από την πειραματική δραστηριότητα σε τομείς όπως η χημεία, οδήγησε στη διαμόρφωση θεωριών οι οποίες έθεταν τις βάσεις για μία νέα θεώρηση της ύλης και των ιδιοτήτων της μέσα από την αναθεώρηση κυρίαρχων αριστοτελικών εννοιών²⁹.

²⁶ Στη μελέτη της ανάπτυξης των πρώιμων σωματιδιακών θεωριών στην Αγγλία, ο Clucas υποστηρίζει ότι οι θεωρίες αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα από τις επιρροές της ηπειρωτικής Ευρώπης, όπως ήταν η σωματιδιακή θεωρία του Gassendi, και ότι κύριο χαρακτηριστικό τους ήταν η σύνθεση αριστοτελικών και σχολαστικών στοιχείων με σωματιδιακές έννοιες της ύλης. Επίσης αναφέρει ότι σύμφωνα με τη μελέτη του Ιταλού Baldini το ίδιο μπορεί να υποστηριχθεί για τις πρώτες σωματιδιακές θεωρίες που αναπτύχθηκαν στην Ιταλία. Clucas [1997], σσ. 251-252.

²⁷ Βλ. Kargon [1964] και [1966]

²⁸ Στη διαδικασία της ιδιοποίησης ρόλο έπαιξαν οι πηγές από τις οποίες οι φυσικοί φιλόσοφοι πληροφορούνταν για τις ιδέες των αρχαίων ατομιστών και η συγκεκριμένη θεωρία που επέλεξαν ως βάση για τη διαμόρφωση της δικής τους θεωρίας της ύλης. Για μία παρουσίαση της πορείας αναβίωσης των ιδεών των αρχαίων ατομιστών από τους κόλπους των ουμανιστών της Αναγέννησης μέχρι την υιοθέτησή τους από τους φυσικούς φιλοσόφους του 17ου αιώνα, με αναφορές σε συγκεκριμένα έργα τα οποία έπαιξαν ρόλο στην αναβίωση βλ. Boas-Hall [1952], σσ. 422-433.

²⁹ Στη μελέτη του ο Clucas δίνει παραδείγματα θεωριών για την ύλη, τις ιδιότητές της και τις μεταβολές στη φύση που αναπτύχθηκαν στην Αγγλία, όπως του Francis Bacon, του Walter Warner (1562-1643), και του Nicolas Hill (1571-c1621), τις οποίες χαρακτηρίζει ως «κριτική σύνθεση» των αριστοτελικών εννοιών και των νέων εξηγητικών αρχών που βασίζονται στις ατομιστικές θεωρίες των αρχαίων ατομιστών. Ο Clucas υποστηρίζει ότι οι θεωρίες αυτές αντανακλούν μία μεταβατική περίοδο ανάμεσα στις παραδοσιακές αριστοτελικές υλομορφικές θεωρίες και τις νέες μηχανιστικές σωματιδιακές θεωρίες εξήγησης των φαινομένων. Clucas [1997], σσ. 251-253. Η Boas Hall αναφέρει ως διαμορφωτές ανάλογων θεωριών, για τη Γαλλία τον Sebastian Basso, για την Ιταλία τον Claude Berigard και τον Magnen, για τη Γερμανία τον Daniel Sennert, Hall, Boas [1952], σσ. 422-429

Francis Bacon

Μία σημαντική περίπτωση αναθεώρησης των αριστοτελικών αρχών, χαρακτηριστική αυτού του μεταβατικού σταδίου προς την ανάπτυξη σωματιδιακών και ατομιστικών θεωριών για την ύλη, αποτελεί το έργο του Francis Bacon. Οι μελέτες της περιόδου της Επιστημονικής Επανάστασης³⁰ προβάλλουν ως βασικά χαρακτηριστικά της δραστηριότητας και συμβολής του Bacon την ανάπτυξη μία νέας μεθόδου γνώσης της φύσης προς αντικατάσταση της αριστοτελικής μεθόδου και φιλοσοφίας την οποία πρόβαλε ως εργαλείο για στην κοινωνική διάρθρωση και λειτουργία του κράτους³¹. Η νέα μέθοδος του Bacon βασιζόταν στην ιδέα ότι η γνώση των αιτιών της φύσης σχετιζόταν με την παραγωγή αποτελεσμάτων, δηλαδή η γνώση των χαρακτηριστικών του υλικού κόσμου και των κανόνων της λειτουργίας του μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αναπαραγωγή των φυσικών φαινομένων. Το πείραμα, στο πλαίσιο ενός οργανωμένου σχεδίου πειραματισμού, και η αναπαραγωγή αποτελεσμάτων ανάγονταν σε βασικό εργαλείο έρευνας των φυσικών φαινομένων³². Τα πειραματικά αποτελέσματα και οι παρατηρήσεις αποτελούσαν τα δομικά στοιχεία ενός επαγωγικού συλλογισμού μέσω του οποίου ο Bacon κατέληγε σε γενικά συμπεράσματα για τα φαινόμενα³³.

Ως βάση της επαγωγικής μεθόδου ο Bacon όριζε την συλλογή φυσικών ιστοριών³⁴. Η «φυσική ιστορία» αποτελεί τη συλλογή πειραματικών αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων, τεχνητών και φυσικών, που έχουν υποστεί τριών ειδών επεξεργασίες: καταρχήν η μέθοδος πρόσληψης εμπειριών μέσω των αισθήσεων μεθοδεύεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η επίδραση των ίδιων των αισθήσεων σε αυτό που προσλαμβάνεται, να παρατηρούνται γεγονότα που διαφεύγουν των αισθήσεων και να υποβάλλεται η φύση σε πειραματικές εξετάσεις που δεν έχουν ξαναγίνει. Δεύτερον, οι παρατηρήσεις και τα

³⁰ Dear [2001], σσ. 57-64, 138-145. Westfall [1993], σσ. 168-169, Henry [2002], σσ. 65-66, Butterfield [1994], 97-110, Shapin [1994], σσ. 90-95, 127-131.

³¹ Για την ανάπτυξη μίας νέας μεθόδου γνώσης της φύσης βλ. το *Advancement of Learning* (1605) και το *Novum Organum* (1620). Το πρώτο είναι από τα λίγα έργα που δημοσιεύτηκαν στα αγγλικά, γι' αυτό και τα έργα στα λατινικά αναφέρονται με τον τίτλο στη λατινική. Η κοινωνική και διοικητική διάρθρωση μίας κοινωνίας με βάση τους ρόλους που αναλαμβάνουν οι άνθρωποι ως προς την εφαρμογή της νέας μεθόδου γνώσης της φύσης εκφράζεται στο έργο *New Atlantis* (1626).

³² Ο Butterfield τονίζει τη σημασία που έδινε ο Bacon σε ένα οργανωμένο πρόγραμμα πειραματισμού. Βλ. Butterfield [1994], σελ. 102.

³³ Για μία λεπτομερή παρουσίαση της επαγωγικής μεθόδου του Bacon βλ. Malherbe [1996].

³⁴ Η παρουσίαση της έννοιας της «ιστορίας» στον Bacon και του ρόλου της στη μέθοδο γνώσης της φύσης βασίζεται στη μελέτη του *Novum Organum* του Malherbe. Βλ. Malherbe [1996].

πειραματικά γεγονότα επιλέγονται με κριτήρια τις πληροφορίες που δίνουν τα πειραματικά αποτελέσματα, τη δυνατότητά τους να εκπαιδεύσουν τον ανθρώπινο νου στις «λεπτότητες» («subtlety») της φύσης και με στόχο την απόρριψη των λανθασμένων και φανταστικών παρατηρήσεων. Σκοπός είναι οι πληροφορίες που συλλέγονται να είναι σωστές και αξιόπιστες³⁵. Τρίτον, τα δεδομένα, είτε πειραματικά είτε παρατηρησιακά, οργανώνονται σε κατηγορίες. Οι παρατηρήσεις ταξινομούνται σε τρεις βασικούς πίνακες: στον πρώτο («πίνακας παρουσίας», «Table of presence») καταχωρούνται οι παρατηρήσεις στις οποίες η ιδιότητα που μελετάται είναι παρούσα, στον δεύτερο καταχωρούνται παρατηρήσεις όπου η ιδιότητα δεν είναι παρούσα («πίνακας απουσίας», «table of absence») και στον τρίτο καταχωρούνται οι παρατηρήσεις που αφορούν τις διαβαθμίσεις της παρουσίας και της απουσίας της ιδιότητας («Πίνακας βαθμών ή σύγκρισης», «Table of Degrees or Comparison»). Η αναφορά όμως του Malherbe στη συλλογή των παρατηρήσεων του πρώτου πίνακα ως μία «ιστορία», δηλαδή χωρίς θεωρητικές προκειμένες, η οποία βασίζεται σε ένα αντίστοιχο χωρίο στο *Novum Organum*, δημιουργεί μία σύγχυση για το πώς θεωρούσε ο Bacon τους άλλους δύο πίνακες, οι οποίοι περιείχαν πειραματικά και παρατηρησιακά αποτελέσματα³⁶. Σε κάθε περίπτωση το παρακάτω χωρίο δείχνει ότι όταν ο Bacon αναφερόταν στην οργάνωση της φυσικής και πειραματικής ιστορίας σε πίνακες εννοούσε και τους τρεις:

«But natural and experimental history is so various and diffuse, that it confounds and distracts the understanding, unless it be ranged and presented to view in a suitable order. We must therefore form *Tables and Arrangements of Instances*, in such a method and order that the understanding may be able to deal with them» (Bacon [1620], σελ. 127)

Δύο βασικά χαρακτηριστικά του σταδίου συλλογής των πειραματικών και παρατηρησιακών γεγονότων ήταν η έλλειψη χρήσης υποθέσεων στις μεθόδους πειραματισμού και στις επιλογές των φαινομένων και δεύτερον, η προσπάθεια έρευνας του συνόλου των φαινομένων που αφορούσαν στην ιδιότητα που εξετάζοταν. Σύμφωνα με τον Malherbe, ο Bacon θεωρούσε τη διαμόρφωση «φυσικών ιστοριών» μία

³⁵ «certain and reliable», Malherbe [1996], σελ. 85.

³⁶ «And such collection must be made in the manner of a history, without premature speculation, ar any great amount of subtlety», Bacon [1870], σελ. 127.

δημιουργική διαδικασία, όπου αυτό που αποκαλούσε «learned experience» οδηγούσε τον φυσικό φιλόσοφο από τα γνωστά παρατηρησιακά δεδομένα σε άγνωστα χωρίς την αναδρομή στις αιτίες των φαινομένων. Τα πειραματικά αποτελέσματα μπορούσαν να οδηγήσουν στον σχεδιασμό νέων πειραματικών διατάξεων και στην εξέταση νέων ερευνητικών πειδίων. Η απλή αντιπαράθεση των δεδομένων των τριών πινάκων, πριν προχωρήσει ο φυσικός φιλόσοφος στην επαγωγή, μπορούσε να παράξει μία «ανιχνευτική» γνώση της φύσης ή της αιτίας της ιδιότητας ή του φαινομένου υπό εξέταση³⁷.

Η διαδικασία της επαγωγής, το βασικό μέσο παραγωγής αξιωμάτων και ανάδειξης των αιτιών, ξεκινά με τη σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων και παρατηρησιακών δεδομένων του «πίνακα της παρουσίας» με εκείνα του «πίνακα της απουσίας». Μέσα από τη σύγκριση συνάγονται συμπεράσματα για μία δεύτερη ιδιότητα η οποία είναι παρούσα ή απύσα ανάλογα με την παρουσία ή απουσία της πρώτης, της εμπειρικής. Καθώς προχωρά η συγκριτική διαδικασία, η δεύτερη ιδιότητα αναλύεται περισσότερο μέχρι να αποτελέσει την αιτία ή τη φύση της υπό εξέταση ιδιότητας. Ο Malherbe ονομάζει τη δεύτερη ιδιότητα «εφευρισκόμενη μορφή» και θεωρεί ότι είναι η αιτία μίας φύσης, η οποία αποτελεί μέρος μίας γενικότερης φύσης³⁸. Η διαδικασία της επαγωγής μπορεί να εφαρμόζεται μέχρι ο φυσικός φιλόσοφος να οδηγηθεί σε μία «απλή μορφή». Ένα επίσης σημαντικό εργαλείο αποτελεί η «αρχή του αποκλεισμού» («principle of exclusion»). Ο Bacon ξεκινά με μία μικρή εμπειρική βάση η οποία οδηγεί σε ορισμένους παράγοντες που προκαλούν μία ιδιότητα. Καθώς η εμπειρική βάση μεγαλώνει, ορισμένοι παράγοντες αποκλείονται γιατί δεν μπορούν να εξηγήσουν όλα τα εμπειρικά φαινόμενα· συνάγονται άλλοι παράγοντες οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη εξηγητική ισχύ και είναι πιο αφαιρετικοί, δηλαδή λιγότερο εμπειρικοί³⁹. Με αυτό τον τρόπο αιτιακοί σύνδεσμοι ανάμεσα σε υλικά σώματα μετατρέπονται σε αιτιακούς συνδέσμους ανάμεσα σε φύσεις, δηλαδή σε ένα νόμο. Το τελευταίο βήμα της μεθόδου του Bacon είναι η παραγωγή. Με βάση τη γνώση των αιτιών, ο Bacon πιστεύει ότι μπορούν να παραχθούν τα αποτελέσματα στα σώματα. Στη διαδικασία της παραγωγής,

³⁷ «first tentative knowledge», Malherbe [1996], σελ. 90.

³⁸ «invented form», Malherbe [1996], σελ. 95.

³⁹ Ο Malherbe αναφέρει ως χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης της «αρχής του αποκλεισμού» την εξέταση της ιδιότητας της λευκότητας Malherbe [1996], σσ. 92-93.

όπως και σε εκείνη της επαγωγής, υπάρχει πρόοδος από αίτια με λιγότερη σε αίτια με περισσότερη λειτουργική δύναμη («operative power»). Ο Malherbe επισημαίνει ότι αν γνωρίσουμε τα πρώτα μορφικά αίτια («first formal causes») θα μπορέσουμε να προκαλούμε συγκεκριμένα αποτελέσματα σε κάθε μορφή ύλης⁴⁰. Η γενική λοιπόν δομή της βακωνικής μεθόδου γνώσης της φύσης ξεκινάει από τις φυσικές ιστορίες και τους τρεις πίνακες δεδομένων, συνεχίζει στην παραγωγή αξιωμάτων και γενικεύσεων τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε νόμους της φύσης, δηλαδή στα αίτια, και ύστερα μέσω παραγωγικού συλλογισμού οδηγεί σε νέα πειράματα.

Οι τομείς της φυσικής φιλοσοφίας στους οποίους εφήρμοσε τη μέθοδό του ο Bacon αναφέρονται κυρίως στις ιδιότητες των σωμάτων, όπως η θερμότητα, η πυκνότητα και η αραιότητα. Η μελέτη του Perez Ramos αναδεικνύει μία σημαντική πτυχή της στροφής του ενδιαφέροντος του Bacon στις ιδιότητες μέσα από μία ενδιαφέρουσα ανάλυση της έννοιας της «μορφής» («form»). Ο Perez Ramos υποστηρίζει ότι η αναθεώρηση της συγκεκριμένης έννοιας αποτελεί μία σημαντική συμβολή του Bacon στην ανάπτυξη των σωματιδιακών θεωριών για την ύλη⁴¹. Η νέα μέθοδος έρευνας της φύσης που πρότεινε ο Bacon οδηγούσε στη διατύπωση μίας νέας έννοιας της «μορφής» («form»)⁴². Ενώ ο Bacon άντλησε ορισμένες έννοιες μέσα από την αριστοτελική παράδοση, ο Perez Ramos υποστηρίζει ότι αναθεώρησε την αριστοτελική έννοια της «μορφής», μέσα από την υποστήριξη ενός επιστημονικού παραδείγματος που βασιζόταν στην ιδέα της «scientia operativa», δηλαδή της επιστήμης που υποτάσσει τη φύση και δεν συλλογίζεται πάνω σε αυτή⁴³. Σε αντίθεση με τους σχολαστικούς φιλοσόφους, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν την έννοια της «μορφής» αδιακρίτως, αναφερόμενοι παράλληλα και στα ουσιώδη χαρακτηριστικά που όριζαν ένα «είδος» ή «ουσία» (όπως για παράδειγμα μία βελανιδιά) και στα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς ενός σώματος (όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του), ο Bacon απέρριπτε ως άχρηστη την ύπαρξη μίας «μορφής» που να αντιστοιχεί στις «ουσίες» και δεχόταν την ύπαρξη επιμέρους «μορφών» που αφορούσαν τις ιδιότητες των σωμάτων, όπως ήταν η θερμότητα, το ψύχος, το χρώμα, η πυκνότητα κ.ά. Ο Bacon θεωρούσε ότι οι ιδιότητες που αποδίδονταν στα υλικά σώματα

⁴⁰ Malherbe [1996], σς. 97-98.

⁴¹ Βλ. μελέτη Perez Ramos [1996], σσ. 99-120.

⁴² Ο Perez Ramos επισημαίνει ότι η νέα έννοια της «μορφής» που προτείνει ο Bacon δεν έχει τύχει προσοχής από τους μελετητές του έργου του. Ο.π., σς. 99-100.

⁴³ Ο.π., σελ. 101.

αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους και προκαλούσαν την αισθητηριακή εμπειρία. Η «μορφή» λοιπόν μίας «ουσίας» ή ενός «είδους» αποτελούσε μία έννοια η οποία συναγόταν από τις επιμέρους «μορφές», τις ιδιότητες του σώματος, τις οποίες ο φυσικός φιλόσοφος καλούνταν να γνωρίσει. Ο Perez Ramos υποστηρίζει ότι ο χαρακτηρισμός του σκοπού της φυσικής φιλοσοφίας, όχι μόνο ως έρευνα των αιτιών των φαινομένων αλλά και ως αναπαραγωγή τους, αποτέλεσε το ουσιαστικό εργαλείο με το οποίο ο Bacon μπόρεσε να αναδιατυπώσει την έννοια της «μορφής»⁴⁴. Η έννοια της χρησιμότητας ή λειτουργικότητας της γνώσης των «μορφών» δεν μπορούσε να ταιριάζει με την έννοια των «μορφών» στην αριστοτελική και σχολαστική θεωρία. Ο Perez Ramos αναδεικνύει δύο τρόπους με τους οποίους η λειτουργική θεώρηση της γνώσης της φύσης επηρέασε τη διαμόρφωση της έννοιας της «μορφής» στο πλαίσιο της Βακωνικής θεωρίας. Ο πρώτος αφορά την ανάδειξη της σημασίας των ιδιοτήτων των υλικών σωμάτων στη διαμόρφωση της ταυτότητάς τους και της «μορφής» που τα χαρακτηρίζει (χρυσός, βελανιδιά)⁴⁵. Για τον Bacon η γνώση της «μορφής» του χρυσού με την αριστοτελική έννοια δεν ήταν χρήσιμη, σε αντίθεση με τη γνώση των επιμέρους «μορφών» των ιδιοτήτων του η οποία μπορούσε να οδηγήσει στην αναπαραγωγή του. Ο Bacon υποστήριξε ότι η τελική «μορφή» («*ulterior notion of form*») των σωμάτων που επιδίωκε να γνωρίσει ο φυσικός φιλόσοφος αποτελούσε εκείνη τη μη παρατηρήσιμη δομή η οποία μπορούσε να ερμηνεύσει την παραγωγή των επιμέρους ιδιοτήτων⁴⁶. Ο δεύτερος τρόπος αφορά τη διαμόρφωση μίας έννοιας της «μορφής», που αντιστοιχεί στις ιδιότητες των σωμάτων, η οποία παραπέμπει στην έννοια ενός νόμου της φύσης ή μίας διαδικασίας. Ο Perez Ramos θεωρεί το παράδειγμα της θερμότητας που έδινε ο Bacon στο *Novum Organum* ως χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης θεώρησης της «μορφής». Σύμφωνα με τον Perez Ramos, η έρευνα των απλών φύσεων, όπως η θερμότητα, μπορούσε να οδηγήσει στη γνώση των «μορφών» που αντιστοιχούσαν σε αυτές. Ο Bacon συμπέρανε τα χαρακτηριστικά της θερμότητας αναλογικά από τα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά των

⁴⁴ «Bacon defines natural philosophy as ‘the inquiry of Causes and the Production of Effects’», ο.π., σελ. 104.

⁴⁵ Εδώ αναφέρει το παράδειγμα του Bacon με το χρυσό, σύμφωνα με το οποίο η γνώση ότι το συγκεκριμένο μέταλλο είναι χρυσός προέρχεται από τη γνώση των διαφόρων φύσεών του, του κίτρινου χρώματος, του βάρους, της μαλακότητάς του, της δυνατότητάς του να χάνει κάποια ουσία με τη φωτιά. Με βάση τη γνώση των συγκεκριμένων ιδιοτήτων, της παραγωγής τους και της διαβάθμισής τους μπορεί να αναπαραχθεί ο χρυσός.

⁴⁶ Perez Ramos [1996], σελ. 105.

μακροσκοπικών φαινομένων της· η χρήση της αναλογίας συνίστατο στη θεώρηση ότι τα ίδια χαρακτηριστικά ή διαδικασίες, όπως για παράδειγμα η κίνηση και η αύξηση όγκου, συνέβαιναν σε μικροσκοπικό επίπεδο και παρήγαγαν τη θερμότητα. Παράλληλα θεωρούσε τη θερμότητα ως τη δυνατότητα εφαρμογής των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών και διαδικασιών στην ύλη προκειμένου να παραχθεί η ιδιότητα. Με βάση αυτό τον τρόπο γνώσης της «μορφής» της θερμότητας, ο Perez Ramos συμπεραίνει ότι για τον Bacon η θερμότητα ως «μορφή» συνίστατο σε ένα σύστημα χαρακτηριστικών και κανόνων που αν εφαρμόζονταν από τον άνθρωπο θα αναπαρήγαγαν την ιδιότητα⁴⁷.

Η έννοια της μορφής στον Bacon, έτσι όπως παρουσιάζεται μέσα από τη μελέτη του Perez Ramos, δίνει μία ερμηνεία για τη στροφή του Bacon στην πειραματική εξέταση των ιδιοτήτων. Ο κεντρικός ρόλος της «μορφής» ως μεσολαβητή στη γνώση των φυσικών φαινομένων, καθώς και η θεώρηση ότι με την πειραματική εξέταση των «μορφών» θα καθίστατο δυνατή η ερμηνεία των μη παρατηρήσιμων διαδικασιών που παράγουν τις αιτίες της αισθητηριακής μας εμπειρίας, καθιστούσαν την εξέτάσή τους βασικό μέλημα της φυσικής φιλοσοφίας. Ο ίδιος ο Bacon, μέσα από τη χρήση της θερμότητας στο *Novum Organum* ως παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου του, μέσα από τα παραδείγματα της συλλογής πειραματικών δεδομένων και παρατηρήσεων για τις ιδιότητες των σωμάτων που παρουσίασε στο έργο *Sylva Sylvarum*, καθώς και μέσα από έργα όπου εξετάζονταν ιδιότητες όπως το *Historia Densi et Rari*, έδειχνε ότι η εξέταση των ιδιοτήτων των σωμάτων είχε εξέχουσα θέση στην πρακτική εφαρμογή της μεθόδου του για την έρευνα της φύσης⁴⁸. Τα παραδείγματα των ιδιοτήτων της θερμότητας στο *Novum Organum* και της πυκνότητας και αραιότητας στο *Historia Densi Et Rari* έδειχναν ότι η διερεύνηση των ιδιοτήτων υπό το πρίσμα πειραματικών διατάξεων και συγκριτικών παρατηρήσεων, έθετε υπό εξέταση, και επομένως υπό αίρεση, μία σειρά από αριστοτελικές απόψεις που θεωρούνταν δεδομένες για τις συγκεκριμένες ιδιότητες

⁴⁷ Ο.π., σσ. 108-109, 114-115.

⁴⁸ Το *Sylva Sylvarum* δημοσιεύτηκε μετά τον θάνατο του Bacon από τον Rawley και περιέχει παρατηρήσεις και πειραματικά αποτελέσματα σε διάφορους τομείς της φυσικής φιλοσοφίας. Η απαρίθμηση σε τίτλους των παρατηρήσεων και αποτελεσμάτων που περιέχονται στο τέλος του βιβλίου δείχνει ότι ένα μεγάλο μέρος αφορά τη δράση ιδιοτήτων, όπως η θερμότητα, το ψύχος, η πυκνότητα, το βάρος, στα υλικά σώματα καθώς και την εξέταση διαφόρων καταστάσεων της ύλης, όπως η σήψη, και φαινομένων που σχετίζονται με τα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία, τη φωτιά, τον αέρα, το νερό και τη γη. Bacon [1626], σς. 673-679.

αλλά και για τη σύσταση της ύλης⁴⁹. Η νέα λοιπόν μέθοδος έρευνας της φύσης του Bacon μαζί με τη νέα έννοια της «μορφής» οδηγούσαν στην αναθεώρηση των φαινομένων που σχετίζονταν με τις ιδιότητες καθώς και στη θέση νέων ερωτημάτων για τη φύση των ιδιοτήτων. Επιπλέον, η χρήση της θερμότητας ως παραδείγματος για την παρουσίαση του τρόπου συλλογής πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων για την εφαρμογή της επαγωγής αναδεικνύει το ιδιαίτερο ενδιαφέρον του Bacon για τη συγκεκριμένη ιδιότητα το οποίο ίσως μπορεί να αποδοθεί στην κεντρική θέση που είχε, μαζί με το ψύχος, στην αριστοτελική θεωρία της ύλης. Η σύνδεση της φύσης της θερμότητας με την κίνηση και την αύξηση του όγκου των σωμάτων δείχνει ότι η νέα μέθοδος του Bacon καθώς και η αναθεωρημένη έννοια της «μορφής» οδηγούσαν σε έναν επαναπροσδιορισμό της οντολογίας των ιδιοτήτων.

Οι ιδέες του Bacon για την οντολογία των ιδιοτήτων συνδέονταν με τη θεωρία του για τη σύσταση και τη δομή της ύλης («latent configuration»⁵⁰), η γνώση για την οποία αποτελούσε εξίσου σημαντικό μέρος της φυσικής φιλοσοφίας με τη γνώση των ιδιοτήτων των σωμάτων. Ο Bacon προϋπέθετε την ύπαρξη μίας μη παρατηρήσιμης δομής της ύλης μέσω των ενεργειών της οποίας παράγονταν οι παρατηρήσιμες ιδιότητες των σωμάτων. Όπως προκύπτει από το *Novum Organum* για τον Bacon η δομή της ύλης αποτελούνταν από την απτή ύλη («tangible matter») και ένα υλικό «ρευστό» («spirit») το οποίο, σύμφωνα με τις περιγραφές, ήταν αραιωμένο όπως ο αέρας, γέμιζε το κενό ανάμεσα στα μέρη της απτής ύλης και είχε συγκεκριμένη θέση και διάσταση⁵¹. Τα «ρευστά» («spirits»), τα οποία διακρίνονταν σε έμψυχα «vital spirits» και άψυχα («inanimate spirits»), θεωρούνταν η αιτία των φυσικών διεργασιών, των ιδιοτήτων των σωμάτων και των «μορφών». Η συγκράτηση του «ρευστού» ανάμεσα στην απτή ύλη εξηγούσε ιδιότητες, όπως τη μαλακότητα ενός σώματος και τη συρρίκνωσή του. Επίσης, φαινόμενα της δράσης της θερμότητας, όπως ήταν η μαλάκυνση του σίδηρου, εξηγούνταν μέσα από την αύξηση του όγκου του «ρευστού». Ένα σημαντικό και

⁴⁹ Συγκεκριμένα στο *Historia Densi Et Rari* ο Bacon δείχνει πώς οι παρατηρήσεις που αφορούν τη συγκριτική πυκνότητα και αραιότητα ορισμένων σωμάτων υπονόμειαν την αριστοτελική ιδέα της προέλευσης των σύνθετων σωμάτων από τα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία. Bacon [1623], *Historia Densi et Rari*, σς. 344-345.

⁵⁰ Ο όρος «latent configuration» χρησιμοποιείται στο *Novum Organum*, Bacon [1620], σς. 124-127.

⁵¹ Μία περιγραφή του διαχωρισμού σε απτή ύλη και ρευστό («spirit») συμπεριλαμβάνεται στον αφορισμό VII. *Novum Organum* [1620], σς. 124-127. Για τη θεωρία του Bacon για την ύλη βλ. Kargon [1966], σς. 47-53.

πολύπλοκο ζήτημα που έχει δημιουργήσει προβληματισμό στους ερμηνευτές του έργου του Bacon αποτελεί η εκτίμηση για το κατά πόσο ο Bacon εξηγούσε τις ιδιότητες και τα φαινόμενα με βάση τη μηχανιστική αλληλεπίδραση των δομικών συστατικών της ύλης⁵². Οι εξηγήσεις ορισμένων ιδιοτήτων που παρατίθενται από τον Kargon, δείχνουν ότι για πολλά φαινόμενα δεν χρησιμοποιούνταν η αριστοτελική ιδέα των ιδιοτήτων ως ποιοτήτων· ωστόσο ο τρόπος πρόκλησης των ιδιοτήτων και των φυσικών φαινομένων απείχε από μία εξήγηση απόλυτα βασισμένη σε μηχανιστικά χαρακτηριστικά που αποδίδονταν στην ύλη, όπως η κίνηση, το σχήμα και το μέγεθος των μερών της. Τα παραπάνω δείχνουν ότι, παράλληλα με τις νέες ιδέες για την οντολογία των ιδιοτήτων, ο Bacon είχε διατυπώσει μία θεωρία για την ύλη, η οποία διεπόταν από τα ίδια χαρακτηριστικά ιδιοποίησης ορισμένων αριστοτελικών εννοιών, που υποστηρίζονταν από την αριστοτελική και τις σχολαστικές θεωρίες. Κατά πόσο οι απόψεις του Bacon για τη σύσταση της ύλης και την παραγωγή των ιδιοτήτων μέσα από την αλληλεπίδραση των συγκεκριμένων δομικών της στοιχείων προέρχονταν από την εφαρμογή της μεθόδου του στην εξέταση ορισμένων ιδιοτήτων είναι ένα σημαντικό θέμα που παραμένει προς διερεύνηση. Τα παραπάνω στοιχεία που παραθέσαμε δείχνουν ότι η αναθεώρηση της έννοιας της «μορφής», ο ρόλος που αποδίδεται στον πειραματισμό για τις ιδιότητες των σωμάτων, καθώς και οι αναθεωρήσεις εννοιών και τα νέα ερωτήματα στα οποία οδήγησε η συγκεκριμένη πρακτική του Bacon αποτελούν ένα σημαντικό βήμα απομάκρυνσης από τις αριστοτελικές και σχολαστικές εξηγήσεις καθώς και ένα πλαίσιο επιρροής το οποίο, μαζί με τις διαφοροποιημένες ατομιστικές θεωρίες του Descartes και του Gassendi, αποτέλεσε το κατάλληλο υπόβαθρο για την έμφαση που έδωσε ο Boyle στο πλαίσιο της πειραματικής του δραστηριότητας στις ιδιότητες των σωμάτων και τον συσχετισμό αυτής της δραστηριότητας με την προσπάθεια διατύπωσης μίας σωματιδιακής θεωρίας που να ερμηνεύει τα πειραματικά αποτελέσματα.

Pierre Gassendi, Thomas Hobbes και Renee Descartes

⁵² Ο Kargon προσπαθεί να δείξει μέσω του παραδείγματος της θερμότητας και του ψύχους ότι παρόλο που ο Bacon συνέδεε τη θερμότητα με την κίνηση, δεν έδινε μία μηχανιστική εξήγηση της ιδιότητας. Υποστηρίζει ότι με βάση όσα γράφει ο Bacon μπορούμε να ερμηνεύσουμε τη θερμότητα ως κίνηση με την οποία αυξάνεται ο όγκος ενός σώματος με κατεύθυνση προς τα πάνω ενώ το ψύχος ως κίνηση με την οποία συρρικνώνεται ένα σώμα με κατεύθυνση προς τα κάτω. Ο.π. σσ. 52-53. (Εδώ μπορεί να ασκηθεί κριτική στον Kargon ανάλογα με τη χρήση του όρου «μηχανιστικό».)

Με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά των σωματιδιακών θεωριών που αναπτύχθηκαν στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα, μπορούμε να τις κατηγοριοποιήσουμε σε τρεις ομάδες: σε εκείνες που διατηρούσαν την ποιοτική θεώρηση των ιδιοτήτων και απέδιδαν τις ιδιότητες σε σωματίδια συγκεκριμένου είδους ύλης, σε εκείνες που απέδιδαν τις ιδιότητες σε σωματίδια με συγκεκριμένο μέγεθος και σχήμα, και σε εκείνες που απέρριπταν το δόγμα των ποιοτήτων και εξηγούσαν την προέλευση των ιδιοτήτων αποκλειστικά με βάση τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων, δηλαδή το μέγεθος, το σχήμα και την κίνηση, και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, χωρίς να αποδίδουν τις ιδιότητες σε συγκεκριμένα σωματίδια. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο τελευταίες συνίστατο στο ότι στην περίπτωση της πρώτης, τα σωματίδια που είχαν ένα συγκεκριμένο σχήμα, όγκο και κίνηση έφεραν τις ιδιότητες σαν ποιότητες. Μέσα στο πλαίσιο που έχουμε περιγράψει παραπάνω, δύο Γάλλοι φυσικοί φιλόσοφοι, ο Renee Descartes (1596-1650) και ο Pierre Gassendi (1592-1655) ανέπτυξαν δύο διαφορετικές σωματιδιακές θεωρίες για την ύλη που άσκησαν ευρύτερη επιρροή στην Ευρώπη και κυρίως στην Αγγλία. Η θεωρία του Gassendi αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της δεύτερης κατηγορίας θεωριών, του συνδυασμού της αριστοτελικής θεώρησης των ιδιοτήτων και της αναγωγής τους σε μηχανιστικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων των σωμάτων⁵³. Η επιρροή που είχε στις σωματιδιακές θεωρίες που αναπτύχθηκαν κυρίως στην Αγγλία στα μέσα και κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 17ου αιώνα, καθώς και η συχνή αναφορά του Boyle, στο συγγραφικό του έργο για το ψύχος, σε προκείμενες της θεωρίας που προσπαθούσε να αντικρούσει, την ανάγουν σε σημαντικό παράγοντα διαμόρφωσης του πλαισίου μέσα στο οποίο ο Boyle σχεδίασε την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος και διαμόρφωσε τις εξηγητικές του υποθέσεις⁵⁴.

⁵³ Ο Westfall αναφέρει ως βασικό χαρακτηριστικό του Gassendi και του έργου του *Syntagma Philosophicum* τον συνδυασμό των παραδόσεων και των απόψεων της εποχής του. Westfall [1993], σελ. 55.

⁵⁴ Ο Kargon παρουσιάζει την ιδιοποίηση και τη διάδοση της θεωρίας του Gassendi στην Αγγλία μέσα από τον κύκλο του Newcastle του οποίου βασικά μέλη υπήρξαν ο Thomas Hobbes, ο Kenelm Digby, η Margaret Cavendish, ο William Petty και το έργο του Walter Charleton. Ο κύκλος του Newcastle δραστηριοποιήθηκε τις δεκαετίες 1630 και 1640, όπου και μεταφέρθηκε στο Παρίσι και τα μέλη του ήρθαν σε στενή επαφή με τους πατέρες Marin Mersenne και Pierre Gassendi. Ο Walter Charleton εξέδωσε το 1654 το έργο *Physiologia Epicuro Gassendo Charletoniana* όπου παρουσίαζε, στο δεύτερο και τρίτο βιβλίο, τη θεωρία του Gassendi για την ύλη και την εξήγηση των ιδιοτήτων, όπως για παράδειγμα της θερμότητας, του ψύχους, των χρωμάτων, του φωτός, του ήχου, της μυρωδιάς, της ρευστότητας, της στερεότητας, της αραιότητας και της πυκνότητας. Kargon, [1966] σς. 63-76, 77-92. Επίσης για τη σημασία του έργου του Charleton στην αποδοχή της μηχανιστικής φιλοσοφίας στην Αγγλία βλ. Charleton [1966], σσ. Xiii-xxv.

Η διαμόρφωση μίας θεωρίας για την ύλη και η εξήγηση των ιδιοτήτων της αποτέλεσε σημαντικό μέρος της ενασχόλησης του Gassendi με τη φυσική φιλοσοφία⁵⁵. Οι αρχές της θεωρίας του, που παρουσιάστηκαν σε δύο έργα, στο *Animadversiones in decimum Librum Diogeniis Laertiis* (1649) και στο *Syntagma Philosophicum*, το οποίο εκδόθηκε ως μέρος του συνόλου των έργων του *Opera Omnia* το 1658, βασίστηκαν στην υιοθέτηση των αρχών της ατομιστικής θεωρίας του Επίκουρου και του Διογένη του Λαέρτιου⁵⁶. Ο Gassendi υιοθέτησε βασικές αρχές της επικούριας ατομιστικής φιλοσοφίας, όπως ήταν το κενό και η ύπαρξη αδιαίρετων ατόμων⁵⁷. Στην γκασεντιανή θεωρία τα άτομα, τα δομικά στοιχεία της ύλης, ήταν αδιαίρετα, αδιαπέραστα, συμπαγή, σκληρά και χαρακτηρίζονταν από το μέγεθος, το σχήμα και την κίνηση⁵⁸. Με βάση αυτά τα τρία ουσιώδη χαρακτηριστικά, καθώς και την αλληλεπίδραση των ατόμων, ο Gassendi προσπαθούσε να εξηγήσει τις ιδιότητες των σωμάτων, όπως ήταν η θερμότητα, το ψύχος, η ρευστότητα, η στερεότητα, και άλλες, με σκοπό την απόρριψη των αριστοτελικών «μορφών». Στη θεωρία του Gassendi το σχήμα, το μέγεθος και η κίνηση, η οποία αποδιδόταν στην ύλη από το Θεό κατά τη δημιουργία του κόσμου, έπαιζαν εξίσου σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των ιδιοτήτων⁵⁹. Τα άτομα προκαλούσαν τις ιδιότητες είτε άμεσα είτε έμμεσα, δηλαδή μέσα από το σχηματισμό συνάξεων, μορίων, τα οποία επίσης χαρακτηρίζονταν από το μέγεθος, το σχήμα και την κίνηση⁶⁰. Με βάση τις εξηγήσεις των ιδιοτήτων της θερμότητας, του ψύχους, της ρευστότητας και της στερεότητας, μπορούμε να διακρίνουμε δύο τρόπους εξήγησης των ιδιοτήτων. Σύμφωνα με τον πρώτο, οι ιδιότητες αποδίδονταν σε άτομα με βάση το συγκεκριμένο σχήμα, το μέγεθος και την ταχύτητα της κίνησής τους. Για παράδειγμα, η θερμότητα αποτελούνταν

⁵⁵ Ο Gassendi ασχολήθηκε επίσης με τους τομείς της αστρονομίας και των μαθηματικών. Kargon [1966], σελ., 65, Brundell [1987], σελ. 8.

⁵⁶ Ο Gassendi επιχείρησε την αναβίωση της επικούριας φιλοσοφίας συνολικά.

⁵⁷ Ο Gassendi θεωρούσε ότι υπήρχε κενό πέρα από τον κόσμο καθώς και διασπαρμένο κενό («vacuum coaeratum») μέσα στον κόσμο. Kargon [1966], σελ. 67.

⁵⁸ Για τη θεωρία της ύλης και της εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων του Gassendi βλ. Kargon [1966], 63-68, Boas Hall [1952], σσ. 429-431. Βλ. επίσης Charleton [1966].

⁵⁹ Η Boas Hall δίνει μία ερμηνεία των εξηγήσεων του Gassendi σύμφωνα με την οποία η κίνηση δεν παίζει βασικό ρόλο στην παραγωγή των ιδιοτήτων. Παρ' όλα αυτά ορισμένες από τις εξηγήσεις ιδιοτήτων που αναφέρει εμπεριέχουν αναφορές στον ρόλο της κίνησης. Boas Hall, [1952], σσ. 430-431.

⁶⁰ Kargon [1966], σελ. 67.

από άτομα⁶¹ τα οποία ήταν μικρά, στρογγυλά, ελαφριά και γρήγορα στην κίνηση⁶², ενώ το ψύχος αποτελούνταν από σωματίδια τα οποία είχαν πυραμιδοειδές σχήμα (τετράεδρο), αιχμηρές άκρες, και ήταν βαριά και αργά στην κίνησή τους⁶³. Σύμφωνα με τον δεύτερο τρόπο, οι ιδιότητες εξηγούνταν μέσω των τριών χαρακτηριστικών που αναφέραμε και της θέσης και αλληλεπίδρασης των σωματιδίων μεταξύ τους. Η ρευστότητα για παράδειγμα, προκαλούνταν από σωματίδια που είχαν κανονικά σχήματα, ήταν ελαφριά και κινούνταν εύκολα, ενώ η στερεότητα αποτελούνταν από σωματίδια που ήταν μεγαλύτερα, είχαν πολύπλοκα σχήματα και βρίσκονταν μπλεγμένα μεταξύ τους. Ο πρώτος τρόπος εξήγησης των ιδιοτήτων, αν και χρησιμοποιούσε τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των ατόμων, κατέληγε σε μία θεώρηση των ιδιοτήτων που έμοιαζε με τις αριστοτελικές ποιότητες ως προς το ότι το υλικό σώμα έφερε και μετέδιδε την ιδιότητα⁶⁴. Η συγκεκριμένη θεώρηση των ιδιοτήτων οδήγησε τον Gassendi στην εξήγηση της φύσης του ψύχους ως μίας θετικής ιδιότητας, δηλαδή ιδιότητας που προσετίθετο στα σώματα και όχι ως έλλειψη της θερμότητας. Η συγκεκριμένη άποψη η οποία, όπως θα δούμε, ερχόταν σε αντίθεση με την έννοια του ψύχους στην καρτεσιανή θεωρία ως έλλειψη θερμότητας, αποτέλεσε ένα από τα σημεία της γκασεντιανής θεωρίας με τα οποία ασχολήθηκε έντονα ο Boyle⁶⁵.

Οι μελέτες της θεωρίας της ύλης του Gassendi και της εξήγησης των ιδιοτήτων έχουν αναδείξει σημαντικές πληροφορίες για το πλαίσιο διάδοσης της θεωρίας του στην Αγγλία τον 17ου αιώνα. Η γκασεντιανή ιδιοποίηση των ιδεών του Επίκουρου για την ύλη παρουσιάζεται στη δευτερεύουσα βιβλιογραφία ως μία προσπάθεια διαμόρφωσης ενός συστήματος το οποίο υποστήριζε την ύπαρξη του Θεού και του ρόλου του στη λειτουργία της φύσης, αντίθετα με τις αθεϊστικές συνέπειες που είχαν οι ιδέες του Επίκουρου και των άλλων ατομιστών της αρχαιότητας⁶⁶. Δύο σημαντικές προεκτάσεις

⁶¹ Για τη χρήση του όρου «calorifick corpuscles» ή «calorifick atoms» και την περιγραφή των θερμών σωματιδίων, βλ. Kargon [1966], σελ. 67, Boas Hall [1952], σελ. 430 και πρώτες πηγές όπως Charleton [1966], σσ. 294-295.

⁶² Σύμφωνα με την Boas Hall όταν ένα σώμα είναι θερμό εκπέμπει θερμικά άτομα, είτε επειδή κάποια άλλα λαμβάνουν τη θέση τους είτε επειδή τα ίδια τα θερμικά άτομα διεγείρονται.

⁶³ Για τη χρήση του όρου «frigorick corpuscles» και την περιγραφή του βλ. Kargon [1966], σελ. 67, Charleton [1966], σσ. 307-308, Boas Hall [1952], σελ. 430.

⁶⁴ Ο Westfall υποστηρίζει ότι με αυτό τον τρόπο εμφανιζόταν συγκεκριμένη η ποιοτική φιλοσοφία του Αριστοτέλη. Westfall [1993], σελ. 58.

⁶⁵ Βλ. τέταρτο κεφάλαιο.

⁶⁶ Kargon [1966], σσ. 77-92, Kargon [1964].

των αρχαίων ατομιστικών θεωριών αποτελούσαν η υλιστική θεώρηση της ψυχής και των πνευμάτων καθώς και η απόδοση της κίνησης εγγενώς στην ύλη χωρίς την προϋπόθεση της συνδρομής του Θεού⁶⁷. Η προσπάθεια του Gassendi να ανασκευάσει τη θεωρία έτσι ώστε να αντικρούονται τέτοιου είδους κριτικές ενισχύθηκε από τον Walter Charleton μέσα από την παρουσίαση της σωματιδιακής θεωρίας του Gassendi στο έργο του *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*. Η διάδοση της «εξαγνισμένης από αθεϊστικές ιδέες» θεωρίας του Gassendi έγινε σε ένα δύσκολο για τη θεωρία πλαίσιο το οποίο συνδιαμόρφωναν, μαζί με τους υποστηρικτές της θεωρίας, όπως ήταν ο Charleton και ο κύκλος του Newcastle, οι έντονες αντικρούσεις και τα επικριτικά έργα με στόχο τις αθεϊστικές προεκτάσεις των αρχαίων ατομιστικών θεωριών⁶⁸. Τα παραπάνω δείχνουν ότι την δεκαετία 1650-1660 που ανέπτυξε ο Boyle την πειραματική του δραστηριότητα για το ψύχος, στην Αγγλία υπήρχε μία τεταμένη συζήτηση γύρω από το θέμα του ατομισμού και των θεολογικών του προεκτάσεων. Σε αυτό το πλαίσιο ο Boyle φαίνεται να συμμετείχε μέσα από την επιλογή του να εξετάσει πειραματικά το ζήτημα των ιδιοτήτων, καθώς και την έντονη προσπάθειά του να αντικρούσει τις γκασεντιανές απόψεις για το ψύχος στο *Cold*. Επίσης η διατήρηση της έννοιας των ποιοτήτων στη σωματιδιακή θεωρία του Gassendi δείχνει ότι η αριστοτελική θεωρία των «μορφών» έβρισκε διάφορους τρόπους επιβίωσης μέσα από τις νέες ατομιστικές θεωρίες, ένα γεγονός που έκανε ακόμη πιο επιτακτική τη χρήση του πειράματος, της βασικής μεθόδου που χρησιμοποίησε ο Boyle για την παραγωγή πειραματικών γεγονότων, προκειμένου να αντικρουστεί το αριστοτελικό δόγμα.

Παραπάνω αναφέραμε ότι ο Άγγλος φιλόσοφος Thomas Hobbes [1588-1679] έπαιξε σημαντικό ρόλο μέσω της δράσης του ως μέλος του κύκλου του Newcastle και του προσωπικού έργου του στη διάδοση της θεωρίας του Gassendi στην Αγγλία. Η θεωρία που ανέπτυξε για την ύλη και τις ιδιότητές της αποτελεί μία ιδιόμορφη μηχανιστική θεώρηση της λειτουργίας της φύσης η οποία μοιραζόταν με τις αντίστοιχες θεωρίες της εποχής της την υιοθέτηση των αρχών των αρχαίων ατομιστών, κυρίως του Επίκουρου, αλλά κατέληγε σε μία ιδιοποίησή τους πολύ διαφορετική από την αντίστοιχη

⁶⁷ Λεπτομέρειες για τις αθεϊστικές ιδέες τις οποίες αντέκρουσε ο Gassendi βλ. ο.π., και Charleton [1966], σσ. xiii-xiv.

⁶⁸ Το έργο του Gassendi υπέστη ισχυρή κριτική από Άγγλους πλατωνιστές όπως ήταν ο Henry More και ο John Smith. Charleton [1966], σελ. Xiv, Kargon [1966], σσ. 82- 83.

των συγχρόνων του. Η θεωρία του Hobbes αποτελεί άλλο ένα συνθετικό του πλαισίου των θεωριών για την ύλη και τις ιδιότητες στο οποίο δραστηριοποιήθηκε ο Boyle⁶⁹. Η θεωρία της ύλης του Hobbes προϋπέθετε την ύπαρξη σωματιδίων των οποίων η περαιτέρω διαίρεση δεν ήταν φυσικά δυνατή, μόνο θεωρητικά ή με τη συνδρομή του Θεού⁷⁰. Τα σωματίδια διακρίνονταν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη σκληρότητά τους. Βασικό ρόλο έπαιζε η ύπαρξη του αιθέρα ο οποίος γέμιζε τον χώρο, μεταξύ των σωματιδίων και των συναθροίσεών τους σε σώματα, καθιστώντας την ύπαρξη κενού αδύνατη. Κύριο χαρακτηριστικό των σωματιδίων και των συναθροίσεών τους, ήταν η κίνηση η οποία, σύμφωνα με τη θεωρία του Hobbes, προκαλούνταν μόνο από ένα άλλο σώμα που βρισκόταν σε κίνηση. Η εξήγηση των ιδιοτήτων από τον Hobbes αποτελούσε μία περίπλοκη διαδικασία στην οποία κεντρικό ρόλο έπαιζε ο αιθέρας και η κίνησή του. Πολλές από τις ιδιότητες των σωμάτων, όπως ήταν η θερμότητα, το ψύχος, οι μυρωδιές και οι οσμές, εξηγούνταν μέσα από την κίνηση του αιθέρα⁷¹. Για παράδειγμα οι μυρωδιές και οι οσμές προκαλούνταν από τη μετάδοση της κίνησης, μέσω του αιθέρα, στα σωματίδια που αποτελούσαν τα αντίστοιχα όργανα. Το ψύχος προκαλούνταν μέσα από τη βίαιη κίνηση του ανέμου ο οποίος πίαζε και συρρίκνωνε τα σώματα προκαλώντας με αυτό τον τρόπο τα φαινόμενα ψύξης. Η θερμότητα προκαλούνταν από τη διόγκωση των σωμάτων πάλι μέσα από την κίνηση του αιθέρα ανάμεσα στα σωματίδια που τα αποτελούσαν. Η συμμετοχή του Hobbes στις θεολογικές διαμάχες με την υποστήριξη αθεϊστικών για την εποχή θέσεων, όπως ήταν η υλιστική θεώρηση των πνευμάτων και της ψυχής, συνέβαλε στον χαρακτηρισμό του ως κεντρικής φιγούρας στην ανάπτυξη των ατομιστικών και μηχανιστικών θεωριών της εποχής του⁷².

Η Boas Hall αναφέρει ως βασικό χαρακτηριστικό ορισμένων θεωριών που αναπτύχθηκαν τον 17ο αιώνα τη θεώρηση της κίνησης ως ενεργό παράγοντα στην

⁶⁹ Η σχέση των έργων του Boyle και του Hobbes έχει αποτελέσει το θέμα του έργου *Leviathan and the Air-Pump* όπου οι Sharin και Schaffer περιγράφουν τη διαμάχη των δύο πάνω στα ζητήματα που τέθηκαν με τα πειράματα πνευματικής του Boyle και αναλύουν τις κοινωνικές και πολιτικές της καταβολές και προεκτάσεις. Sharin, Schaffer [1985]. Επίσης η συμπερίληψη ενός κεφαλαίου στο *Cold* όπου ασκείται κριτική στη θεωρία του Hobbes για το ψύχος δείχνει ότι η θεωρία του Hobbes αποτελούσε σημείο αναφοράς για τον Boyle και στο συγκεκριμένο θέμα. Boyle [1665a], σσ. 503-516.

⁷⁰ Η θεωρία της ύλης του Hobbes περιγράφεται στο έργο του *Elements of Philosophy, The First Section Concerning Body* (1656) (*De Corpore* (1655)). Για μία σύντομη παρουσίαση της θεωρίας του για την ύλη βλ. Kargon [1966], σσ. 54-62.

⁷¹ Ο.π., σελ. 59.

⁷² Ο.π., σελ. 62.

παραγωγή των ιδιοτήτων σε αντίθεση με τα μοντέλα εξηγήσεων που πρότειναν οι αρχαίοι φιλόσοφοι Επίκουρος και Δημόκριτος, τα οποία όριζαν ως παράγοντες το μέγεθος και το σχήμα⁷³. Η θεωρία του Descartes για την ύλη άσκησε σημαντική επιρροή στην ανάπτυξη των συγκεκριμένων θεωριών. Ο Descartes προβάλλεται από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία για την Επιστημονική Επανάσταση ως ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς φιλοσόφους που ανέπτυξαν τη μηχανοκρατία, δηλαδή, τη θεωρία, σύμφωνα με την οποία, τα φυσικά φαινόμενα μπορούν να αναχθούν σε μηχανιστικά χαρακτηριστικά της ύλης και κυρίως στο μέγεθος, το σχήμα και την κίνησή της⁷⁴. Η θεωρία που ανέπτυξε αποτέλεσε ένα ευρύ σύστημα με το οποίο προσπάθησε να εξηγήσει τα μακροσκοπικά και σημαντικά, για την εποχή, φαινόμενα της φύσης, όπως ήταν η κίνηση των ουρανίων σωμάτων, το φως, ο μαγνητισμός καθώς και η λειτουργία του ανθρώπινου σώματος. Επίσης συμπεριλάμβανε μία θεωρία για την ύλη στο μικροσκοπικό επίπεδο με την οποία ερμήνευε την προέλευση των ιδιοτήτων των σωμάτων. Η θεωρία της ύλης σε συνδυασμό με βασικές προκείμενες της θεωρίας του Descartes για τη γνώση του εξωτερικού κόσμου, τον οδήγησαν στην αντίκρουση της αριστοτελικής έννοιας της «μορφής» και στην ερμηνεία των ιδιοτήτων των σωμάτων με βάση τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά της ύλης, το σχήμα, τη μορφή και κυρίως την κίνηση.

Ο Westfall ερμηνεύει τον διαχωρισμό ύλης και πνεύματος στην καρτεσιανή θεωρία ως προκείμενη η οποία, μέσα από την απογύμνωση της ύλης από κάθε χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη δράση του πνεύματος αντέκρουε την ύπαρξη «μορφών», με την αριστοτελική έννοια, στην ύλη⁷⁵. Επίσης υποστηρίζει ότι η θεώρηση της έκτασης ως ουσιώδους χαρακτηριστικού της ύλης, και η επιλογή της συγκεκριμένης λέξης σκόπευαν στον χαρακτηρισμό της ως παθητικού δέκτη σε σχέση με την ενεργητικότητα του

⁷³ Boas Hall [1952], σελ. 434

⁷⁴ Ο Westfall διακρίνει τον Descartes από τους Mersenne, Gassendi και Hobbes υποστηρίζοντας ότι με την επιρροή του επιτεύχθηκε μία ουσιαστική στροφή προς τη μηχανοκρατική εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Westfall, [1993], σσ. 43-55. Επίσης βλ. Boas Hall [1952], σσ. 442-460, Sharin [1996], σελ. 56. Ο Sharin επιχειρεί μία κριτική παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών της καρτεσιανής θεωρίας για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Βλ. Sharin [1996], σσ. 158-161.

⁷⁵ Ως χαρακτηριστικά του πνεύματος ο Garber αναφέρει την αίσθηση, τη σκέψη και τη θέληση. Garber [1992], σελ. 298. Ο.π., σελ., 44. Επίσης υποστηρίζει ότι οι ιδέες που είχαν σχηματιστεί για τις «ουσιώδεις μορφές» των σωμάτων δεν αντιστοιχούσαν σε αυτά, εφόσον τα υλικά σώματα χαρακτηρίζονταν μόνο από την έκταση, αλλά προέρχονταν από τις ιδέες που είχε ο άνθρωπος για το νου του.

πνεύματος⁷⁶. Καταλυτική για την αντίκρουση της αριστοτελικής έννοιας της «μορφής» στο πλαίσιο της καρτεσιανής θεωρίας υπήρξε επίσης η απόρριψη των πληροφοριών που δίνουν οι ανθρώπινες αισθήσεις για τα φαινόμενα και ειδικότερα για τις ιδιότητες των σωμάτων. Η παραπληροφόρηση για τον εξωτερικό κόσμο, στην οποία οδηγούσαν οι ανθρώπινες αισθήσεις, αποτέλεσε βασικό λόγο αμφισβήτησης της εξωτερικής πραγματικότητας στη θεωρία του Descartes για τη γνώση. Η αμφισβήτηση της αισθητηριακής εμπειρίας οδηγούσε στην αμφισβήτηση της αριστοτελικής ερμηνείας των ιδιοτήτων ως «ουσιωδών μορφών» η οποία ήταν βασισμένη στις πληροφορίες της πρώτης⁷⁷. Ο Descartes αντιτασσόταν στην αντιστοίχιση της εντύπωσης που δίνουν οι ανθρώπινες αισθήσεις με μία ιδιότητα υπαρκτή στο υλικό σώμα και αντιπρότεινε μία θεωρία της ύλης σύμφωνα με την οποία οι εντυπώσεις των αισθήσεων προκαλούνταν μέσα από την πρόσκρουση των κινούμενων σωματιδίων της ύλης στα ανθρώπινα νεύρα.

Η θεωρία της ύλης του Descartes ήταν δομημένη με τέτοιο τρόπο που ο κυρίαρχος μηχανισμός για την παραγωγή των ιδιοτήτων στα σώματα και των εντυπώσεων των ιδιοτήτων στον ανθρώπινο νου ήταν η κίνηση⁷⁸. Για τον Descartes βασικό και αδιαχώριστο χαρακτηριστικό της ύλης ήταν η έκτασή της, δηλαδή το μήκος, το φάρδος και το πλάτος της⁷⁹. Ως γεωμετρικές ιδιότητες, όχι όμως αναγκαίες, της ύλης αναγνώριζε το μέγεθος, το σχήμα και την κίνηση⁸⁰. Ο Descartes απέκλειε από τη θεώρησή του δύο βασικές ιδέες των αρχαίων ατομιστών: την ύπαρξη του κενού και την ύπαρξη των ατόμων. Επειδή ο χώρος και η ύλη θεωρούνταν ότι έχουν έκταση, αποκλειόταν η ύπαρξη του κενού. Παρόλο που θεωρούσε την ύλη απείρως διαιρέσιμη, ο Descartes υποστήριζε ότι στη φύση η εκτεταμένη ύλη αποτελείται από σωματίδια τα οποία δεν είναι δυνατό να

⁷⁶ Ο.π., σελ. 44.

⁷⁷ Ο Westfall αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ της αμφισβήτησης των πληροφοριών των ανθρώπινων αισθήσεων με την εξήγηση των ιδιοτήτων και την αντίκρουση της αριστοτελικής έννοιας της «μορφής». Westfall [1993], σελ. 46.

⁷⁸ Ο Descartes εκφράζει τις βασικές ιδέες του για τη δομή της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων της στα έργα του *Dioptrics* (1637), *Meteorology* (1637), και *Principles of Philosophy* (1644). Τα δύο πρώτα δημοσιεύθηκαν το 1637 μαζί με μία εισαγωγή, την πραγματεία *Discourse on Method*. Για τη θεωρία της ύλης του Descartes βλ. Kargon [1966], σσ. 63-65, Boas Hall [1952], σσ. 442-460, Shapin [1996], σσ. 47-49, Garber [1992], σσ. 286-324.

⁷⁹ Ενώ η ύλη μπορούσε να υπάρχει χωρίς τον χαρακτηρισμό της από άλλες ιδιότητες, δεν μπορούσε να υπάρχει χωρίς να χαρακτηρίζεται από την έκταση. Garber [1992], σελ. 295.

⁸⁰ Ο.π., σελ. 298.

διαιρεθούν περαιτέρω⁸¹. Η ύλη διαφοροποιούνταν σε τρία είδη μέσω της κίνησης και του μεγέθους των σωματιδίων. Το πρώτο είδος αποτελούνταν από σωματίδια τα οποία, λόγω της γρήγορης κίνησης και ελαστικότητας, δεν είχαν συγκεκριμένο σχήμα και τα οποία κινούνταν ανάμεσα στα σωματίδια της δεύτερης ύλης⁸². Η δεύτερη ύλη αποτελούνταν από μεγαλύτερα σωματίδια, στρογγυλού σχήματος τα οποία κινούνταν πολύ γρήγορα και ήταν λεπτά⁸³. Τα σωματίδια της δεύτερης ύλης πληρούσαν τον χώρο ανάμεσα στα σωματίδια της τρίτης ύλης, τα οποία ήταν μεγαλύτερα σε μέγεθος και είχαν διάφορα σχήματα. Τα σωματίδια της τρίτης ύλης αποτελούσαν το κυρίως μέρος της παρατηρήσιμης ύλης⁸⁴. Η δομή της ύλης ήταν τέτοια που η κίνηση, ο βασικός παράγοντας διαφοροποίησής της και πρόκλησης των φυσικών φαινομένων, μεταδιδόταν άμεσα από το ένα είδος στο άλλο⁸⁵. Το ένα είδος ύλης μπορούσε να μετατραπεί στο άλλο. Οι ιδιότητες των σωμάτων, όπως η ρευστότητα και η στερεότητα, προκαλούνταν από την κίνηση και ακινησία αντίστοιχα των σωματιδίων. Η ελαστικότητα των σωμάτων εξηγούνταν με βάση την ποσότητα της «λεπτής ύλης» («matiere subtile») στο σώμα και η αραιότητα με βάση τον διαχωρισμό των σωματιδίων του τρίτου είδους ύλης από τη «λεπτή ύλη»⁸⁶. Το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων έπαιζαν επίσης ρόλο, όπως για παράδειγμα στον χαρακτηρισμό των αριστοτελικών στοιχείων, δηλαδή του αέρα, του νερού, της γης και της φωτιάς⁸⁷. Η θεωρία της ύλης του Descartes ήταν από τις πρώτες

⁸¹ Η θεώρηση της ύλης ως αδιαχώριστης από τη γεωμετρική της έκταση οδηγούσε στην ιδέα ότι κάθε μέρος της, εφόσον έχει έκταση, μπορούσε να διαιρευθεί περαιτέρω. Αυτή η ιδέα μαζί με τη θέωση της θεϊκής παντοδυναμίας απέκλειε την ύπαρξη μη διαιρέσιμων μερών της ύλης, δηλαδή ατόμων. Βλ. Garber [1992], σελ. 301.

⁸² Η Boas Hall εξηγεί ότι τα σωματίδια της πρώτης ύλης λάμβαναν το σχήμα και το μέγεθος του χώρου ανάμεσα στα σωματίδια της δεύτερης ύλης και λόγω της κίνησης και της ελαστικότητάς τους δεν άφηναν κενό ανάμεσα. Boas Hall [1952], σελ. 444.

⁸³ Σύμφωνα με τον Kargon, ο Descartes αποκαλούσε την δεύτερη ύλη «matiere subtile», Kargon [1966], σελ. 64.

⁸⁴ Η θεωρία της ύλης του Descartes στο μικροσκοπικό επίπεδο είχε κοινά σημεία με τη θεωρία στο μακροσκοπικό επίπεδο. Στο μακροσκοπικό επίπεδο, ο Descartes προϋπέθετε την εισαγωγή της κίνησης στην ύλη μέσω της ύπαρξης στροβίλων οι οποίοι αποτελούνταν από σφαιρίδια που μετατρέπονταν σε τέλειες σφαίρες με την πρόσκρουση και ονομάζονταν από τον Descartes δεύτερο στοιχείο. Το πρώτο στοιχείο αποτελούνταν από τον αιθέρα ο οποίος απαρτιζόταν από μικρότερα σωματίδια που γεμίζουν τον χώρο ανάμεσα στα σωματίδια του δεύτερου στοιχείου. Το τρίτο είδος ύλης αποτελούνταν από σώματα τα οποία ταύτιζε με τους πλανήτες. Για την παρουσίαση της δομής της ύλης στο μακροσκοπικό επίπεδο βλ. Westfall [1993], σελ. 49.

⁸⁵ Ο Descartes υποστήριζε ότι ο Θεός εισήγαγε την κίνηση στην ύλη. Ο Westfall τονίζει τη λειτουργική σημασία που έχει ο νόμος της αδράνειας, τον οποίο χρησιμοποίησε ο Descartes, στη διατήρηση της κίνησης της ύλης. Westfall [1993], σσ. 47-48.

⁸⁶ Θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο «λεπτή ύλη» για να αναφερθούμε στο δεύτερο είδος ύλης.

⁸⁷ Kargon [1966], σσ. 64-65.

θεωρίες που απέδιδαν την ιδιότητα της θερμότητας στη γρήγορη κίνηση των σωματιδίων της ύλης και το ψύχος στην απλή έλλειψη αυτής της κίνησης. Η Boas Hall στη δική της ερμηνεία επισημαίνει ότι η λεπτή ύλη είχε τον κύριο ρόλο στη μετάδοση της κίνησης στα σωματίδια των άλλων ειδών ύλης και επομένως στην παραγωγή των ιδιοτήτων⁸⁸.

Ο διαχωρισμός της ύλης από το πνεύμα, η θεώρηση της ύλης ως έκταση, καθώς και η θεωρία της ύλης του Descartes όπου η κίνηση, το σχήμα και το μέγεθος των μερών της χρησιμοποιούνταν για την εξήγηση της παραγωγής των ιδιοτήτων, οδηγούσαν σε σημαντικά αντεπιχειρήματα της θεωρίας των αριστοτελικών «μορφών» και ενίσχυαν τη νέα τάση των σωματιδιακών θεωριών της εποχής για την εξήγηση των ιδιοτήτων των σωμάτων μέσω των μηχανιστικών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων της. Ανάμεσα στις αδυναμίες των μηχανιστικών θεωριών ο Shapin επισημαίνει την αποτυχία των θεωριών να βρουν λογικές εξηγήσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο με βάση ανάλογες μακροσκοπικές διαδικασίες για όλα τα φαινόμενα που επιχειρούσαν να εξηγήσουν⁸⁹. Ο Garber υποστηρίζει επίσης ότι ο Descartes δεν κατάφερε η θεωρία του για την ύλη να έχει την ευρεία εξηγητική ισχύ που θα ήθελε⁹⁰. Ο Shapin αναφέρει ότι λόγω της συγκεκριμένης έλλειψης εξήγησης ορισμένων φαινομένων από τις προτεινόμενες μηχανιστικές θεωρίες, ορισμένοι ιστορικοί της επιστήμης έχουν αμφισβητήσει τη διαφοροποίησή τους από την αριστοτελική θεωρία των ιδιοτήτων ως «μορφών». Η ευρύτερη διάδοση και κυρίως ιδιοποίηση, όπως δείχνει η Boas Hall, των ιδεών του Descartes σε θεωρίες σύγχρονων και μεταγενέστερων φυσικών φιλοσόφων, μεταξύ των οποίων και ο Boyle, καθώς και η πειραματική εξέταση της εξηγητικής υπόθεσής του για τις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους από τον Boyle, μπορεί να αποτελέσει ένα επιχείρημα για την ανάδειξη της σημασίας της καρτεσιανής θεωρίας και της συμβολής της στην απόρριψη των αριστοτελικών εξηγήσεων για την ύλη και τις ιδιότητες ως «μορφές»⁹¹. Η θεωρία της ύλης του Descartes συνέβαλε στη μηχανιστική εξήγηση και στην πειραματική εξέταση των ιδιοτήτων της ύλης. Όπως θα δούμε μέσα από την ανάλυση του έργου του Boyle, η συγκεκριμένη πειραματική δραστηριότητα συνέβαλε

⁸⁸ Ενώ η Boas Hall υποστηρίζει ότι πρώτα αυξάνεται η κίνηση των σωματιδίων της λεπτής ύλης και στη συνέχεια μεταδίδεται στα σωματίδια του τρίτου είδους ύλης, ο Kargon υποστηρίζει ότι η κίνηση μεταδίδεται από τα σωματίδια του πρώτου είδους ύλης. Boas Hall, [1952], σελ. 449, Kargon [1966], σελ. 64. Βλ. επίσης Boas Hall [1952], σελ. 445.

⁸⁹ Shapin [1996], σελ. 57.

⁹⁰ Garber [1992], σς. 302-303.

⁹¹ Boas Hall [1952], σς. 452-460.

στην αντίκρουση των αριστοτελικών «μορφών» με πειραματικές αποδείξεις που απέρριπταν πειραματικά γεγονότα που υποστηρίζονταν από την αριστοτελική θεωρία. Μπορεί ο ίδιος ο Descartes να μην οδηγήθηκε στις ιδέες του ούτε να χρησιμοποιήσει το πείραμα ως βασικό καθοδηγητή στη διαμόρφωση της θεωρίας του για την ύλη, συνέβαλε όμως στη διαμόρφωση της ανάγκης εξέτασης της προέλευσης των ιδιοτήτων και της αριστοτελικής θεωρίας των «μορφών» πειραματικά⁹².

Παραπάνω περιγράψαμε το πλαίσιο των θεωριών της ύλης στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα, στο οποίο συζητούνταν οι ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας και διατυπώνονταν οι εξηγητικές υποθέσεις για την ερμηνεία τους. Παρουσιάσαμε τους διαφορετικούς τρόπους αντίκρουσης και αντικατάστασης της αριστοτελικής έννοιας της «μορφής», υποστηρίζοντας ότι το ζήτημα της εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων έπαιξε, μαζί με άλλους τομείς της φυσικής φιλοσοφίας, κεντρικό ρόλο στην προσπάθεια αντίκρουσης της αριστοτελικής φιλοσοφίας. Δείξαμε επίσης ότι η νέα θεώρηση του Bacon για την εξέταση της φύσης και η αναδιατύπωση της έννοιας της «μορφής» έστρεψε την προσοχή στην πειραματική εξέταση των ιδιοτήτων. Ο Gassendi χρησιμοποίησε περιορισμένα πειράματα και παρατηρήσεις στην προσπάθεια απόδειξης των θεωρητικών υποθέσεών του για το ψύχος, δείχνοντας ότι μαζί με την προσπάθεια διαμόρφωσης της νέας οντολογίας για τις ιδιότητες είχε αναπτυχθεί ενδιαφέρον για την εμπειρική επιβεβαίωση των συγκεκριμένων προτάσεων. Ωστόσο είναι εμφανές ότι η χρήση του πειράματος στην εξέταση των ιδιοτήτων δεν αποτελούσε ακόμα συστηματικό μέρος της νέας σωματιδιακής θεώρησης της ύλης. Με την έρευνα που ακολουθεί πάνω στην πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος διερευνάται η δημιουργία μίας πειραματικής προβληματικής για την ιδιότητα του ψύχους και η σχέση της με τη διαμόρφωση της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle. Η θέση των ιδιοτήτων στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος αποτελούσε μέρος της προσπάθειας διαμόρφωσης μίας σωματιδιακής θεωρίας. Η εισαγωγή του πειράματος στην εξέταση της φύσης στη συγκεκριμένη περίοδο δεν δίνει επαρκή ερμηνεία για την πειραματική εξέταση των ιδιοτήτων. Η στροφή προς τον πειραματισμό υπήρξε επίσης αποτέλεσμα της ύπαρξης μία πληθώρας θεωρητικών υποθέσεων για τη φύση των ιδιοτήτων που έπρεπε να τεθούν υπό εξέταση.

⁹² Shapin [1996], σσ. 109-110.

2.2 Το ιστορικό και ο χαρακτήρας του *Cold*

2.2.1. Εισαγωγή

Η πραγματεία *New Experiments and Observations Touching Cold or An Experimental History of Cold, Begun* είναι η μόνη ολοκληρωμένη πραγματεία που έγραψε και εξέδωσε ο Boyle με αντικείμενο εξέτασης τα φαινόμενα του ψύχους⁹³. Στην πραγματεία αυτή παρουσιάζεται για πρώτη φορά η πειραματική έρευνα που είχε διεξαγάγει ο Boyle για τα φαινόμενα του ψύχους από το 1650 μέχρι την ημερομηνία έκδοσης του έργου, το 1665. Η πραγματεία *Cold*, οι δύο μεταγενέστερες εργασίες «Of the Positive or Privative Nature of Cold» και «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold», οι οποίες παρουσιάζονται ως κεφάλαια μεγαλύτερων πραγματειών, και οι εργασίες του Boyle που δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό *Philosophical Transactions* αποτελούν τα μόνα γραπτά κείμενά του με θέμα το ψύχος που εκδόθηκαν⁹⁴. Το *Cold* συγκαταλέγεται στις πραγματείες που έγραψε ο Boyle για τις ιδιότητες των σωμάτων, φαίνεται όμως να έχει ξεχωριστή θέση ανάμεσά τους. Στην εισαγωγή της εργασίας «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold» ο Boyle δηλώνει ότι το *Cold* μαζί με την εργασία για την ιδιότητα της ρευστότητας και της στερεότητας, «Fluidity and Firmness», αποτελούν τις μόνες πραγματείες όπου κατέγραψε τις πειραματικές έρευνες που αφορούν μεγάλο αριθμό των φαινομένων του ψύχους και της ρευστότητας και στερεότητας αντίστοιχα⁹⁵. Με αυτή την παρουσίαση της έρευνας για αυτές τις ιδιότητες πίστευε ότι έκανε το ξεκίνημα για την πλήρη και μεθοδική «ιστορία» των ιδιοτήτων αυτών⁹⁶.

Στην πρώτη έκδοση της πραγματείας *Cold* τον Απρίλιο του 1665 ο κεντρικός άξονας αποτελείται από μία ενότητα με τίτλο «Η αρχή της πειραματικής Ιστορίας του Ψύχους» («The Experimental History of Cold Begun») όπου ο Boyle παρουσιάζει

⁹³ Για συντομογραφία του τίτλου της πραγματείας θα χρησιμοποιείται ο τίτλος «*Cold*». Βλ. πίνακα με συντομογραφίες των έργων του Boyle, Hunter, Davies [1999-2000α], σσ. xvi-xx.

⁹⁴ Η πρώτη συμπεριλαμβάνεται στην πραγματεία *Saltness of the Sea* (1673) και η δεύτερη στην εργασία *Mechanical Origin of Qualities*.

⁹⁵ Η εργασία εκδόθηκε ως μέρος της πραγματείας *Certain Physiological Essays* (1661)

⁹⁶ «...full and Methodical History...», Boyle [1675-76β], σελ. 321.

εικοσιένα κεφάλαια με περιγραφές των πειραματικών έρευνών του για τα φαινόμενα που σχετίζονται με το ψύχος. Τα κεφάλαια αυτά ονομάζονται «τίτλοι» («Titles»), και το καθένα περιλαμβάνει πειράματα και παρατηρήσεις που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο φαινόμενο, όπως για παράδειγμα, τη δυνατότητα κάποιων σωμάτων να ψυχράνουν κάποια άλλα, τη δυνατότητα κάποιων σωμάτων και ρευστών να μετατραπούν σε πάγο ή όχι, την αύξηση του όγκου του νερού καθώς ψύχεται. Το εισαγωγικό κεφάλαιο της πραγματείας που προηγείται αυτής της ενότητας έχει τίτλο «New Thermometrical Experiments and Thoughts». Σε αυτό ο Boyle περιγράφει σε τρία υποκεφάλαια τα προβλήματα θερμομέτρησης που προκύπτουν από τη χρήση των κοινών θερμοσκοπίων της εποχής του και τις λύσεις που προτείνει με τη χρήση βελτιωμένων θερμοσκοπίων τα οποία φτιάχνει και χρησιμοποιεί ο ίδιος στα πειράματα που περιγράφονται στην πραγματεία. Τη λειτουργία αυτού του κεφαλαίου ως εισαγωγικού επιβεβαιώνει ο εκδότης του Boyle, Oldenburg, στον πρόλογό του στην έκδοση⁹⁷. Όπως φαίνεται από τον τίτλο της έκδοσης καθώς και τις εισαγωγές του Boyle και του εκδότη του, η ενότητα με τα εικοσιένα κεφάλαια, η «Πειραματική Ιστορία του Ψύχους» («The Experimental History of Cold»), αποτελούσε το βασικό μέρος της πραγματείας⁹⁸. Η ενότητα αυτή ήταν η μόνη που εμφανιζόταν στην σελίδα με τα περιεχόμενα. Σε αυτήν ο Boyle προσέθεσε ακόμη δύο κεφάλαια και ένα παράρτημα. Στο κεφάλαιο «An Examen of Antiperistasis» εξετάζεται το φαινόμενο της αντιπερίστασης όπως διδασκόταν από τους Αριστοτελικούς και στο «An Examen of Mr. Hobs's Doctrine about Cold» ο Boyle συζητά και επιχειρηματολογεί εναντίον της θεωρίας του φιλόσοφου Thomas Hobbes για το ψύχος. Στο παράρτημα παρουσιάζεται μία εργασία με πειράματα για το ψύχος του Christopher Merret, ο οποίος ήταν μέλος μαζί με τον Boyle της Royal Society. Την πραγματεία προλογίζουν ο Henry Oldenburg ως εκδότης του Boyle και ο ίδιος ο Boyle με ένα κείμενο στο οποίο αναλύει τους λόγους που τον οδήγησαν να γράψει την πραγματεία⁹⁹.

⁹⁷ «This is the Body of the Book, but it comes accompanied with some *Preliminaries*, and an *Appendix*, whereof the former contains *New Thermometrical Experiments and Thoughts*.», Boyle [1665α], σελ. 205.

⁹⁸ «NEW EXPERIMENTS AND OBSERVATIONS TOUCHING COLD, OR AN EXPERIMENTAL HISTORY OF COLD, BEGUN, To which are added *An Examen of Antiperistasis*, And *An Examen of Mr. Hobs's Doctrine about Cold*. By the Honourable Robert Boyle, Fellow of the ROYAL SOCIETY. Whereunto is annexed *An Account of Freezing*, brought in to the *Royal Society*, by the learned Dr. C. Merret, a *Fellow* of it. *Non fungendum, aut excogitandum, sed inveniendum, quid natura faciat, aut ferat*, Bacon.», Boyle[1665α], σελ. 203.

⁹⁹ Τα περιεχόμενα της πραγματείας *Cold* παρουσιάζονται σε ένα λεπτομερές διάγραμμα στο παράρτημα 1.

Στη δεύτερη έκδοση του *Cold* το 1683 ο Boyle προσέθεσε ένα παράρτημα με δεκατρία κεφάλαια στα οποία παρουσίαζε πρόσθετες παρατηρήσεις και πειράματα που παρουσιάζονταν ως συμπληρώσεις σε ορισμένα από τα εικοσιένα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold». Η πραγματεία συμπεριλάμβανε επίσης μία λίστα με δημοσιευμένες και αδημοσίευτες πραγματείες του συγγραφέα. Η λίστα αυτή εμφανίστηκε για πρώτη φορά σε δημοσιευμένη πραγματεία στο *Cold*, και συμπεριλαμβανόταν ανανεωμένη σε ορισμένες από τις εκδόσεις άλλων έργων που ακολούθησαν.

Από τη σύντομη αναφορά στα περιεχόμενα της πραγματείας φαίνεται ότι το βασικό σώμα του *Cold* αποτελούνταν από τα εικοσιένα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» και ότι τα υπόλοιπα κεφάλαια αποτελούσαν προσθήσεις στην πραγματεία. Οι ενότητες και τα κεφάλαια της πραγματείας, τα οποία βλέπουμε να παρουσιάζονται ως ένα σύνολο, καταγράφουν μία πειραματική δραστηριότητα που φαίνεται να εκτελείται διάσπαρτα σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα το οποίο έχει ως σημείο εκκίνησης την αρχή της δεκαετίας του 1650. Σε αυτό το κεφάλαιο ανασυγκροτούμε με βάση τις πρωτογενείς πηγές και τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία, το ιστορικό της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος και τη γραπτή παρουσίασή της στο *Cold* προσπαθώντας να χρονολογήσουμε τη διεξαγωγή των πειραμάτων και τη συγγραφή των αντίστοιχων κειμένων. Μέρος της ιστορικής καταγραφής θα αποτελέσουν οι παρουσιάσεις εργασιών και οι αναφορές σχετικά με το *Cold* στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου («Royal Society»), καθώς και οι εκδόσεις εργασιών που σχετίζονται με την πραγματεία στο περιοδικό της Εταιρείας *Philosophical Transactions*. Η πειραματική δραστηριότητα του Boyle ήταν στενά συνδεδεμένη με τη δραστηριότητά του στην Εταιρεία και, όπως θα δείξουμε, η Εταιρεία έπαιξε ρόλο στην έκδοση της συγκεκριμένης πραγματείας.

Παρ'όλη τη δυσκολία ακριβούς χρονολόγησης πολλών πειραμάτων και γραπτών του *Cold* η έρευνα αυτή μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένα συμπεράσματα που θα ήταν χρήσιμα στα εξής θέματα. Το θέμα της σύνθεσης και συγγραφής των πραγματειών του Boyle έχει απασχολήσει τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία, η οποία έχει αναδείξει κάποια χαρακτηριστικά της διαδικασίας που ακολουθούσε ο Boyle, όπως είναι η μακρόχρονη προετοιμασία των πραγματειών του Boyle. Σύμφωνα με τον Principe, σε ορισμένες

πραγματείες προηγούνταν ένα μακρόχρονο στάδιο στο οποίο ο Boyle έγραφε μέρος τους και εξέλιξε τις ιδέες του. Το στάδιο αυτό τελείωνε κάπως απότομα με την απόφαση της δημοσίευσης και τον τελικό σχηματισμό της πραγματείας με τη συλλογή όλων των επιμέρους κειμένων.¹⁰⁰ Και οι Hunter και Davies έχουν αναφερθεί όπως θα δούμε παρακάτω στη μακρόχρονη προετοιμασία των πραγματειών *The Sceptical Chymist*¹⁰¹ και *Usefulness of Experimental Philosophy*. Σε μία τέτοια κατηγορία πραγματειών ανήκει και το *Cold*. Όπως θα δείξουμε, υπάρχουν δείγματα ότι η πραγματεία *Cold* αποτελεί το αποτέλεσμα μίας μακρόχρονης έρευνας που ξεκινά με τη στροφή του Boyle στην πειραματική φιλοσοφία. Το *Cold* αποτελεί επίσης δείγμα του τρόπου με τον οποίο ο Boyle δημιουργούσε πραγματείες από τη συρραφή ή σύνθεση κάποιων κειμένων στα οποία εμφανώς προσέθετε κάποιες συμπληρώσεις. Ο Principe έχει αναφερθεί σε αυτόν τον τρόπο συγγραφής της πραγματείας *Sceptical Chymist* υποστηρίζοντας ότι ο Boyle είχε χρησιμοποιήσει κατά τη σύνθεση της πραγματείας διάφορα στοιχεία από δύο κείμενα που προϋπήρχαν του δημοσιευμένου στα οποία προσέθεσε συμπληρώματα¹⁰². Αναφέρεται σε αυτόν τον τρόπο γραφής ως «patchwork» και μάλιστα σχολιάζει ότι το έργο ήταν «άτσαλα» συνθεμένο¹⁰³. Με την ακόλουθη έρευνα θα δούμε πώς συντέθηκε η πραγματεία *Cold* και θα δείξουμε τους λόγους που μπορεί να βρίσκονταν πίσω από τις αποφάσεις του Boyle για τη σύνθεση των κειμένων καθώς και τις αποφάσεις που πήρε για τη συμμετοχή ή όχι ορισμένων γραπτών του στην πραγματεία. Επίσης θα προσπαθήσουμε να συνδέσουμε ορισμένα χαρακτηριστικά της συγγραφής του *Cold*, όπως ήταν η μακρόχρονη προετοιμασία και ο ιδιαίτερος τρόπος σύνθεσης των κειμένων και των πειραμάτων με την προσπάθεια να δημιουργηθεί μία «ιστορική» πραγματεία όπου εξετάζονται όσο περισσότερα φαινόμενα και συλλέγονται όσες περισσότερες πληροφορίες και πειραματικά δεδομένα είναι δυνατόν.

Πέρα όμως από την ανάδειξη του τρόπου συγγραφής των πραγματειών του Boyle, η προσπάθεια χρονολόγησης και οριοθέτησης της πειραματικής δραστηριότητας και συγγραφής παρέχει πληροφορίες για δύο σημαντικά θέματα. Το πρώτο αφορά την

¹⁰⁰ Principe [1998], σελ. 223-224.

¹⁰¹ Σύντομος τίτλος της πραγματείας *The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Touching the Spagyrist's Principles Commonly call'd Hypostatical, As they are wont to be Propos'd and Defended by the Geberality of Alchymists. Whereunto is praemis'd Part of another Discourse relating to the same Subject. By the Honorable Robert Boyle, Esq;*

¹⁰² Principe [1998], σελ. 28.

εξέταση του ρόλου που έπαιζαν οι δημοσιευμένες πραγματείες του Boyle στην πειραματική του πρακτική. Σημαντικές μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας έχουν αναφερθεί σε αυτό το στάδιο της πειραματικής πρακτικής του, το οποίο ξεχωρίζουν από το πειραματικό. Οι Shapin και Schaffer έχουν δώσει έμφαση στο συγγραφικό ύφος και συγκεκριμένα στα συγγραφικά τεχνάσματα που χρησιμοποιούσε ο Boyle για να δημιουργήσει προϋποθέσεις αναπαραγωγής των πειραμάτων του προκειμένου να αποκτήσει περισσότερους υποστηρικτές των πειραματικών αποτελεσμάτων¹⁰⁴. Η Sargent αναδεικνύει διάφορα χαρακτηριστικά του συγγραφικού του ύφους όπως η οργάνωση των πειραμάτων σε κατηγορίες, οι μακροσκελείς περιγραφές, οι ημιτελείς έρευνες και οι αναφορές στα αποτυχημένα πειράματα τονίζοντας ιδιαίτερα την προσπάθεια του Boyle όχι μόνο για την αναπαραγωγή των πειραμάτων του αλλά και για την εισαγωγή των αναγνωστών στον τρόπο άσκησης της πειραματικής πρακτικής¹⁰⁵. Και οι δύο μελέτες αναδεικνύουν τη σημασία του συγγραφικού ύφους του Boyle στην κατανόηση της πειραματικής του πρακτικής. Η αναδρομή όχι μόνο στο συγγραφικό ύφος, όπως έχει γίνει στις δύο αυτές μελέτες, αλλά και στον τρόπο που συντέθηκαν τα κείμενα και στη σχέση που έχουν με την ίδια την πειραματική έρευνα μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του ρόλου που έπαιζε η συγγραφή, και κυρίως η συγγραφή προς δημοσίευση των κειμένων του Boyle. Η ιστορική αναδρομή που ακολουθεί μπορεί να δώσει ως προς αυτό το σκοπό σημαντικές πληροφορίες.

Το δεύτερο θέμα αφορά την ίδια την εξέλιξη της έρευνας των φαινομένων του ψύχους. Όπως θα δούμε παρακάτω, με τη χρονολόγηση της έρευνας για το ψύχος αποκαλύπτεται η σχέση της με τις έρευνες άλλων φαινομένων και ιδιοτήτων. Αναδεικνύεται ότι οι πειραματικές έρευνες του ψύχους λάμβαναν ενεργό μέρος στη γενικότερη έρευνα του Boyle για τις ιδιότητες των σωμάτων άλλες φορές τροφοδοτώντας τις άλλες έρευνες με πληροφορίες και άλλες φορές χρησιμοποιώντας πληροφορίες από αυτές.

¹⁰³ «it is a patchwork text sloppily stitched together», Principe [1998], σελ. 28.

¹⁰⁴ Shapin, Schaffer [1985], σς. 55-60.

2.2.2. Πηγές

- *The Works of Robert Boyle*, 14 τόμοι
- *Correspondence of Robert Boyle*, 6 τόμοι
- *Boyle Papers*
- *Work-diaries*
- *Journal Book, Royal Society*
- *Register Book, Royal Society*
- *Guard Book, Royal Society*
- *Philosophical Transactions*

Βασική πηγή για τη χρονολόγηση της συγγραφής των έργων του Boyle αποτελεί σήμερα η νέα έκδοση των έργων του, δημοσιευμένων και αδημοσίευστων, με επιμελητές τους Michael Hunter και Edward Davies¹⁰⁶. Επίσης πληροφορίες μπορεί να πάρει ο ερευνητής από μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας συγκεκριμένων έργων του Boyle, καθώς και από μελέτες για τον τρόπο συγγραφής των πραγματειών του και την εξέλιξη της σκέψης του¹⁰⁷. Συγκεκριμένα για το *Cold*, οι πληροφορίες που παίρνουμε από τους Hunter και Davies στις εισαγωγικές σημειώσεις τους στην πραγματεία, περιορίζονται στη χρονολόγηση της συγγραφής της πραγματείας χωρίς όμως να διαχωρίζεται η χρονολόγηση των πειραμάτων και να δεικνύεται η σχέση της πειραματικής δραστηριότητας με τη συγγραφή. Εδώ θα γίνει μία προσπάθεια να χρονολογηθεί η πειραματική δραστηριότητα καθώς και να οριστεί το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε για τη συγγραφή. Οι παρακάτω πηγές αποτελούν τη βάση για την προσπάθεια χρονολόγησης των πειραμάτων για το ψύχος αλλά και για μία νέα χρονολόγηση της συγγραφής της πραγματείας η οποία διαφέρει σε κάποια σημεία από αυτή που δίνουν οι Hunter και Davies.

¹⁰⁵Sargent [1995], σσ. 181-204

¹⁰⁶ Boyle [1999], [2000].

¹⁰⁷ Βλ. Principe [1998] για τα έργα *Sceptical Chymist* (1661) και *Dialogue on the Transmutation of Metals*, Shapin, Schaffer [1985] για το *Spring of the Air* (1661), το *Examen* (1662) και το *Defence* (1662). Βλ. επίσης Hunter [1995], Hunter, Davies [1999-2000β] σσ. xxi-cv.

Βασικές πρωτογενείς πηγές για την προσπάθεια χρονολόγησης της διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της πραγματείας αποτελούν τα κείμενα του *Cold*, τα σωζόμενα χειρόγραφα που σχετίζονται με αυτό, η αλληλογραφία του της περιόδου 1647-1665, οι αδημοσίευτες εργασίες και οι δημοσιευμένες πραγματείες του που προηγήθηκαν χρονολογικά του *Cold*¹⁰⁸. Οι τελευταίες αποτελούν μία ιδιαίτερα σημαντική πηγή γιατί με βάση τη χρονολογία συγγραφής και έκδοσής τους μπορούν να χρονολογηθούν και οι αναφορές σε πειράματα για φαινόμενα του ψύχους που περιέχουν. Εξίσου σημαντική πηγή αποτελεί μία σειρά από γραπτά του Boyle τα οποία έχουν ομαδοποιηθεί και βαφτιστεί από τον Michael Hunter και τον Charles Littleton ημερολόγια εργασίας, «work-diaries». Τα ημερολόγια εργασίας του Boyle αποτελούν μία σειρά από χειρόγραφα στα οποία κατέγραφε συνήθως αριθμημένες σημειώσεις που κατά την περίοδο 1640-1650 αφορούσαν λογοτεχνικά θέματα, την περίοδο 1650-1662 ιατρικές, χημικές και αλχημικές συνταγές και από το 1662 και ύστερα καταγραφές πειραμάτων, συνεντεύξεων που έπαιρνε από τρίτους και χωρία από ταξιδιωτικά και φυσικο-φιλοσοφικά βιβλία που είχε διαβάσει¹⁰⁹. Φαίνεται ότι ο Boyle κατέγραφε τα πειράματά του σε αυτά τα ημερολόγια και πολύ συχνά έφτιαχνε αντίγραφα των ημερολογίων και νέες σημειώσεις στις οποίες ομαδοποιούσε καταχωρήσεις από άλλα ημερολόγια. Σύμφωνα με τους Hunter και Littleton, ο Boyle αντλούσε από τα ημερολόγια εργασίας τις πειραματικές πληροφορίες για τη συγγραφή των εκάστοτε έργων του. Αυτό φαίνεται από τη συχνή αναφορά του πριν την περιγραφή των πειραμάτων του στη χρήση των «notes», «papers», «collections», «memorandum».

«Among the several notes, I find among my loose papers, and in a Diary I kept for a while of these observations, I shall content my self to transcribe the following two, because though divers others were made by my Amanuensis, whose care is not to be

¹⁰⁸ Βλ. αδημοσίευτες πραγματείες «of the Study of the Booke of Nature», Boyle [1649-1654α], «of the Atomicall Philosophy», Boyle [1649-1654γ], «of Natural Philosophy», «Essay of the Holy Scriptures», Boyle [1649-1654β] και δημοσιευμένες πραγματείες *Spring of the Air*, Boyle [1660], *Sceptical Chymist*, Boyle [1661η], *Defence*, Boyle [1662α], *Examen*, Boyle [1662β], «History of Fluidity and Firmness», Boyle [1661ζ], «The Second Essay, of Un-succeeding of Experiments», Boyle [1661δ].

¹⁰⁹ Hunter, Littleton [2001α], σελ. 373.

distrusted, yet by reason of by absence I could not take notice of them my self. The first of these *Memorandums* runs thus:» (Boyle [1665α]¹¹⁰)

«Having observed, that the Liquors and other bodies, that assisted the snow to freez, were generally such as hastned its dissolution, we thought it not altogether unworthy the trial, to examine, what would be the Event of procuring a speedy dissolution of the snow, by substituting bodies actually warm, instead of potential hot ones: Of this sort of trials, I find among my *Notes* these two registred» (Boyle [1665α]¹¹¹)

Οι Hunter και Littleton θεωρούν ότι με αυτές τις λέξεις αναφερόταν στα ημερολόγια εργασίας. Επίσης οι λέξεις που χρησιμοποιούσε όπως «transcribe» και «subjoin» παραπέμπουν σε μία διαδικασία αντιγραφής των καταχωρήσεων από τα ημερολόγια εργασίας. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα όπου μεταφέρονται αυτούσιες οι καταχωρήσεις των ημερολογίων στα δημοσιευμένα κείμενα.

Η χρονολόγηση από τον ίδιο τον Boyle κάποιων ημερολογίων και καταχωρήσεων καθώς και η συμπλήρωση χρονολογίων από τους Hunter και Littleton επιτρέπει τον χρονικό προσδιορισμό της συγγραφής ή και εκτέλεσης των πειραμάτων που καταγράφονταν¹¹². Αν και δεν υπάρχει ιστορικά σαφής τρόπος να αποδειχθεί ότι η ημερομηνία δίπλα στις καταχωρήσεις αποτελεί την ημερομηνία εκτέλεσης των πειραμάτων, με βάση τα παρακάτω στοιχεία μπορούμε να υποθέσουμε ότι ήταν είτε η ημερομηνία εκτέλεσης είτε μία ύστερη ημερομηνία αλλά κοντινή σε εκείνη της εκτέλεσης, στην οποία ο εκάστοτε γραμματέας του Boyle κατέγραφε τις πειραματικές διεργασίες. Στο κείμενο όπου αναπτύσσουν το περιεχόμενο και τη χρήση της πηγής των work-diaries οι Hunter και Littleton επιβεβαιώνουν μία τέτοια υπόθεση εκφράζοντας την άποψη ότι η συγκεκριμένη πηγή μπορεί να φωτίσει την δραστηριότητα του Boyle στο εργαστήριο¹¹³. Θεωρούν επίσης ότι τα ημερολόγια εργασίας αντικατοπτρίζουν τα

¹¹⁰ Boyle [1665α], σελ 237.

¹¹¹ Boyle [1665α], σελ. 270.

¹¹² Οι Hunter και Littleton στην ηλεκτρονική έκδοση των ημερολογίων εργασίας του Boyle έχουν διαχωρήσει τα ημερολόγια σε χρονολογικές περιόδους και έχουν προσπαθήσει να χρονολογήσουν ημερολόγια και καταχωρήσεις που δεν φέρουν ημερομηνία.

¹¹³ Hunter, Littleton [2001α].

ενδιαφέροντα του Boyle σε μία χρονική περίοδο¹¹⁴. Με βάση αυτές τις απόψεις τους, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι καταχωρήσεις των ημερολογίων σχετίζονται με τη χρονική στιγμή εκτέλεσης των πειραμάτων. Επίσης η μελέτη του ημερολογίου 19 στο οποίο φαίνεται ότι ο Boyle αντέγραψε καταχωρήσεις από άλλα ημερολόγια, δίνει στοιχεία με βάση τα οποία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ημερομηνία κάθε καταχώρησης δεικνύει τη χρονική στιγμή της πρώτης καταγραφής του πειράματος που πρέπει να είναι η ημερομηνία εκτέλεσής του¹¹⁵.

Τα ημερολόγια εργασίας σε συνδυασμό με τη χρήση τους στις πραγματείες αναδεικνύουν το στάδιο που μεσολάβησε μεταξύ της πειραματικής δραστηριότητας και της συγγραφής μίας πραγματείας. Για το *Cold* γνωρίζουμε ότι υπήρχε αυτό το στάδιο, δηλαδή ημερολόγια εργασίας με καταχωρήσεις για το ψύχος, από τις πολλαπλές σε κάθε κεφάλαιο αναφορές του Boyle σε καταχωρήσεις που αντλούσε από τα «notes» και «memorandums»¹¹⁶. Παρόλο που, όπως αναφέρουν οι Hunter και Littleton, έχουν χαθεί τα ημερολόγια της περιόδου 1657-1662, μίας περιόδου σημαντικής για τον πειραματισμό στο ψύχος, όπως θα δούμε παρακάτω, τα σωζόμενα ημερολόγια μπορούν να αποκαλύψουν αρκετά χρήσιμες πληροφορίες για την περίοδο 1649-1655, όπου έχουμε τα πρώτα δείγματα ενασχόλησης του Boyle με την ιδιότητα του ψύχους, καθώς και για την ύστερη περίοδο, μετά το 1662, κατά την οποία προετοιμαζόταν η δημοσίευση του *Cold*.

Επίσης για την περίοδο μετά το 1660, όπου η πραγματεία μπήκε στα στάδια της διαμόρφωσής της προς δημοσίευση χρησιμοποιούνται ως πηγές τα αρχεία της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, δηλαδή το Journal Book, το Register Book, το Guard Book και το περιοδικό *Philosophical Transactions* για να αναδειχθεί ο ρόλος που έπαιξε η ανακοίνωση κάποιων μερών της πραγματείας στην Εταιρεία καθώς και η δραστηριότητα των μελών της για την έρευνα των φαινομένων του ψύχους που είχε αναπτυχθεί την ίδια εποχή¹¹⁷. Τέλος, θα χρησιμοποιηθούν πολλές μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας,

¹¹⁴ «...but also the appearance of experiments in clumps, reflecting Boyle's particular interests at any one time, whether it be in respiration or in the chemical analysis of salts. Detailed analysis this material will reveal the development of Boyle's thinking concerning the processes involved, and of his agenda for experimentation...», Hunter, Littleton [2001α], σσ. 377-378.

¹¹⁵ «WD no 19, 'Philosophicall Entrys & Memorials (Of all sorts,) Here confusedly throwne together; to be Hence transferr'd to the Severall Treatises whereto they belong», Work-Diaries, 19.

¹¹⁶ Ενδεικτικά κάποιες από αυτές μπορούν να βρεθούν Boyle [1665α], σσ. 268, 272, 280, 285.

¹¹⁷ Το Journal Book περιέχει τα πρακτικά των συνεδριάσεων της εταιρείας, το Register Book τις εργασίες που διαβάζονταν στις συνεδριάσεις της εταιρείας και κρίνονταν σημαντικές και το Guard Book τις

και ειδικά εκείνες που δίνουν στοιχεία για τα μέρη όπου ο Boyle λειτουργούσε εργαστήρια.

2.2.3. Η αρχή της πειραματικής έρευνας για το ψύχος

Η πραγματεία *Cold* εκδόθηκε τον Απρίλιο του 1665 στην αγγλική γλώσσα. Τυπώθηκε σε οχτασέλιδα «in octavo» στο εκτυπωτήριο του John Crook «at the Sign of the Ship in Saint-Paul's Church-yard»¹¹⁸. Όπως περιγράφεται πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο η έκδοση του *Cold* εντάσσεται στην πρώτη περίοδο δημοσίευσης πραγματειών του Boyle που ξεκίνησε στις αρχές του 1660 και διήρκεσε μέχρι το 1666. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου δημοσίευσε μεγάλες αυτοτελείς πραγματείες, σε κάθε μία από τις οποίες πραγματευόταν ένα συγκεκριμένο θέμα. Τέτοιες πραγματείες ήταν το *Sceptical Chymist*, το *Spring of the Air*, το *Usefulness of Natural Philosophy*, το *Colours* και το *Cold*¹¹⁹. Η έντονη εκδοτική παραγωγή του Boyle που εκδηλώθηκε εκείνη την περίοδο, αποτελούσε το τελικό στάδιο μίας διανοητικής και πειραματικής δραστηριότητας που είχε ξεκινήσει για τις ηθικές και θεολογικές πραγματείες από την δεκαετία του 1640 και για τις πειραματικές από το 1649/50. Σύμφωνα με τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία, τη δεκαετία του 1640 τα ενδιαφέροντα και η συγγραφική δραστηριότητα του Boyle περιοριζόνταν σε ηθικά και θεολογικά θέματα. Με την είσοδο της νέας δεκαετίας, το 1650, διαπιστώνεται μία μεταστροφή του Boyle σε θέματα της φυσικής φιλοσοφίας και στη διεξαγωγή πειραμάτων¹²⁰. Σύμφωνα με τον Hunter, η στροφή αυτή γίνεται αντιληπτή μέσα από μία σειρά αδημοσίευτων γραπτών της εποχής¹²¹. Καταρχάς καταγράφεται η αλλαγή του περιεχομένου των ημερολογίων εργασίας του. Το περιεχόμενο των ημερολογίων, το οποίο μέχρι το 1649 ήταν αποκλειστικά λογοτεχνικό, αλλάζει και αποτελείται πια από χημικές και ιατρικές συνταγές και παρατηρήσεις. Ο Hunter επισημαίνει επίσης τέσσερα κείμενα το «of the Study of the Booke of Nature», «of the Atomicall Philosophy», «of

εργασίες του Register Book, αλλά και άλλες εργασίες και γράμματα που παρουσιάζονταν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας και δεν καταχωρούνταν στο Register Book.

¹¹⁸ Boyle [1665a], σελ. 202.

¹¹⁹ Σύντομος τίτλος της πραγματείας *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air and its Effects*.

¹²⁰ Για τη μεταστροφή του Boyle βλ. Hunter [1995], την εισαγωγή των Hunter και Davies στο Hunter, Davies [1999-2000β], σσ. xxi-xxix.

¹²¹ Hunter [1995].

Natural Philosophy», και το «Essay of the Holy Scriptures» όπου φαίνεται αυτή η μεταστροφή και στα οποία αναφερόμαστε παρακάτω.

Τα ενδιαφέροντα του Boyle την περίοδο αυτής της μεταστροφής αναδεικνύονται μέσα από μία λίστα με αδημοσίευτα έργα που διασώζεται στα χειρόγραφα του. Η λίστα αυτή αποτελεί την πρώτη χρονολογικά σωζόμενη λίστα μίας σειράς χειρογράφων όπου ο Boyle καταγράφει τα αδημοσίευτα έργα του¹²². Η χρονολογία της λίστας και ο σκοπός της αποδίδονται στον μακρύ τίτλο ο οποίος γράφει «Materialls & Addenda Desing'd towards the Structure & compleating of Treatises already begun or written. January the 25th 1649/1650»¹²³. Από τον τίτλο της λίστας συμπεραίνουμε ότι οι τίτλοι που περιέχονται σε αυτήν αφορούν έργα που γράφονταν ή συνθέτονταν εκείνη την εποχή. Στο πρώτο μέρος της λίστας καταγράφονται δέκα τίτλοι πραγματειών που αφορούν σε θεολογικά και ηθικά θέματα. Τέσσερις από αυτούς αναφέρονται σε πραγματείες που θα δημοσιευτούν αρκετά αργότερα. Υπάρχουν επίσης τίτλοι που αναφέρονται σε γραπτά που σώθηκαν σε χειρόγραφο μορφή, γραπτά που χάθηκαν και σε πραγματείες που δεν υλοποιήθηκαν ποτέ. Στο δεύτερο μέρος της λίστας καταγράφονται είκοσι έξι εργασίες τις οποίες προλογίζει ο Boyle ως «Εργασίες οι οποίες ακολουθούν και οι οποίες δεικνύονται από τον αριθμό που προηγείται»¹²⁴. Οι Hunter και Davies πιστεύουν ότι οι εργασίες αυτές αποτελούν σκέψεις σε σχέση με μεγαλύτερα έργα που επρόκειτο να γράψει ο Boyle¹²⁵. Τα περισσότερα θέματα στα οποία αναφέρονται οι τίτλοι των εργασιών συνεχίζουν να είναι ηθικά και θεολογικά με εξαίρεση πέντε τίτλους που αφορούν καθαρά θέματα της φυσικής φιλοσοφίας. Ο ένας από αυτούς τιτλοφορείται «of Cold». Οι άλλοι τέσσερις τίτλοι είναι το «of Chymistry and Chymists», το «of Atoms», το «Of Mechanicks» και το «of Naturall Philosophy and Filsofers». Σύμφωνα με τους Hunter και Davies οι εργασίες που αναφέρονται στο ψύχος, στη χημεία και στα άτομα είτε εντάχθηκαν στις μεγαλύτερες πραγματείες που εκδόθηκαν αργότερα για αυτά τα θέματα είτε αντικαταστάθηκαν από αυτές.

¹²² Hunter, Davies [1999-2000a]. σελ. Xxxi, και Boyle [1649/50], [1654], [1665β], [1665γ]. Οι Hunter και Davies δημοσιεύουν τις λίστες με εισαγωγικά κείμενα μέσα από τα οποία αναδεικνύουν τη σημασία τους για την καταγραφή των ενδιαφερόντων του Boyle και την εξήγηση των αλλαγών στο συγγραφικό του ύφος.

¹²³ Boyle [1649/50], σελ. 329. Για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και μέχρι Μάρτιο οι ημερομηνίες γράφονται με δύο χρονολογίες γιατί σύμφωνα με το ημερολόγιο ο χρόνος άλλαζε τον Μάρτιο.

¹²⁴ «Essays: which follow, & are signify'd by their preceding Number: viz», Boyle [1649/50], σελ. 329.

¹²⁵ Hunter, Davies, [1999-2000a], σελ. xxxi.

Ο τίτλος που αναφέρεται στο ψύχος αποτελεί την πιο πρώιμη αναφορά στην αντίστοιχη δραστηριότητα του Boyle. Περιπτώσεις όπως η αναφορά του Boyle στο *Cold* σε πειράματα που έκανε σε παιδική ηλικία δεν μπορεί να αποτελέσει ένδειξη της οργανωμένης πειραματικής δραστηριότητας που φαίνεται να είχε αρχίσει να αναπτύσσει από το 1650 και έπειτα¹²⁶. Με βάση την αναφορά της εργασίας στη λίστα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το πρώτο στάδιο της δραστηριότητας που θα κατέληγε στη δημιουργία της πραγματείας *Cold* φαίνεται να αρχίζει το 1649/50 ή και νωρίτερα, αν υποθέσουμε ότι η εργασία είχε ήδη γραφτεί όταν μνημονεύτηκε στη λίστα¹²⁷. Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι το «of Cold» αποτελεί τη μόνη εργασία της λίστας που αναφέρεται σε ιδιότητα της ύλης. Η εμφάνιση της εργασίας «of Atoms» στην ίδια λίστα δείχνει ότι την ίδια εποχή ο Boyle ασχολούνταν με το θέμα του ατομισμού, το οποίο, όπως φαίνεται και από τα μεταγενέστερα έργα του, σχετιζόταν άμεσα με το θέμα των ιδιοτήτων των σωμάτων¹²⁸.

Η επόμενη χρονολογικά σωζόμενη λίστα τίτλων αδημοσίευτων έργων του Boyle επιβεβαιώνει ότι στις αρχές του 1650 υπήρχε μία έρευνα για το ψύχος σε εξέλιξη¹²⁹. Στην περίπτωση αυτής της λίστας δεν αναγράφεται ημερομηνία στο χειρόγραφο. Οι Hunter και Davies τοποθετούν τη συγγραφή της περίπου στο 1654, μετά τη στροφή του Boyle στα θέματα της φυσικής φιλοσοφίας, στο τέλος του ταξιδιού του στο Δουβλίνο (1652-1654) και πριν από τη μετακόμισή του στην Οξφόρδη (1655-56) όπου και εντάθηκε η πειραματική και συγγραφική του δραστηριότητα. Η λίστα του 1654 αποτελείται από δύο μέρη που τιτλοφορούνται «Φιλοσοφικές εργασίες» και «Ανέκδοτα πειράματα» αντίστοιχα¹³⁰. Οι «Φιλοσοφικές εργασίες» έχουν πρώτα δέκα αριθμημένους τίτλους και στη συνέχεια με νέα αρίθμηση άλλους εννέα. Τα ανέκδοτα πειράματα αποτελούνται από δέκα αριθμημένους τίτλους πειραμάτων. Μία πρώτη και σημαντική διαφορά αυτής της

¹²⁶ «...of what I had tried to this purpose, when I was scarce more than a Boy», Boyle [1665a], σελ. 301.

¹²⁷ Σύμφωνα με τους Hunter και Davies στη λίστα αναφέρονται κείμενα που είχαν γραφτεί και κείμενα που δεν υλοποιήθηκαν ποτέ, οπότε δεν μπορούμε να ξέρουμε ότι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή υπήρχαν γραπτά για το ψύχος. Αν υποθέταμε ότι η εργασία για το ψύχος που μνημονεύεται στη λίστα είχε γραφτεί, θα έπρεπε να θέσουμε την αρχή της ενασχόλησης του Boyle με το ψύχος στα τέλη της δεκαετίας 1640 μία υπόθεση που δεν συνάδει με την άποψη της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας ότι η ενασχόληση του Boyle με τη φυσική φιλοσοφία και τον πειραματισμό ξεκίνησε από το 1649/50 και έπειτα.

¹²⁸ Η εμφάνιση όμως αυτών των εργασιών στη λίστα δεν αποκλείει την περίπτωση ο Boyle να ερευνούσε και άλλες ιδιότητες των σωμάτων εφόσον τα συμπεράσματά μας βασίζονται σε σωζόμενο υλικό και τίποτα δεν αποκλείει την ύπαρξη περισσότερων λιστών από αυτές που έχουν σωθεί σήμερα.

¹²⁹ Boyle [1654].

λίστας με εκείνη του 1649/50 είναι ότι υπερτερούν οι εργασίες με θέματα από τη φυσική φιλοσοφία. Η εργασία «Of Cold» είναι ένας από τους επτά τίτλους που εμφανίζονται και στις δύο λίστες. Η δυσκολία της ερμηνείας της δεύτερης εμφάνισης του «of Cold» έγκειται στο ότι δεν είναι σαφές το κριτήριο με το οποίο εισάγεται, αφαιρείται ή παραμένει ένας τίτλος στις λίστες του Boyle. Για παράδειγμα, η λίστα του 1649/50 περιείχε τέσσερις τίτλους πραγματειών που τελικά εκδόθηκαν και μάλιστα ορισμένοι πολύ αργότερα αλλά οι οποίοι δεν αναφέρονται στη δεύτερη λίστα του 1654¹³¹. Με βάση αυτή την περίπτωση μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο Boyle έγραφε στη λίστα τα ενδιαφέροντα της εκάστοτε χρονικής περιόδου και άρα μπορεί το 1654 να είχε διακόψει τη συγγραφή στις συγκεκριμένες εργασίες, την οποία συνέχισε αργότερα. Άρα η δεύτερη εμφάνιση της εργασίας για το ψύχος μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμη στοιχείο που δείχνει ότι το ενδιαφέρον του Boyle για τα φαινόμενα του ψύχους συνεχιζόταν.

Οι Hunter και Davies χρησιμοποιούν την εμφάνιση των τίτλων εργασιών στις δύο λίστες για να δείξουν ότι η δραστηριότητα του Boyle για τις πραγματείες *Sceptical Chymist* και *Usefulness of Natural Philosophy* είχε ξεκινήσει πολύ πριν ο Boyle μετακομίσει στην Οξφόρδη και ότι τα έργα αυτά βρίσκονταν υπό διαμόρφωση για μεγαλύτερο διάστημα από άλλες πραγματείες που εκδόθηκαν στις αρχές του 1660. Για παράδειγμα χρησιμοποιούν ως στοιχεία την εμφάνιση του τίτλου «of Chymistry and Chymists» στην πρώτη λίστα και την εμφάνιση πολλαπλών τίτλων που πραγματεύονται διάφορα θέματα για τη χημεία στη δεύτερη λίστα. Θεωρούν ότι η εμφάνιση των συγκεκριμένων τίτλων μαρτυρεί την εξέλιξη της έρευνας του Boyle που θα κατέληγε στη δημοσίευση του *Sceptical Chymist* το 1661. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν για το *Usefulness of Natural Philosophy* (1663) με βάση τέσσερις τίτλους εργασιών που εμφανίζονται στη λίστα του 1654. Θεωρώ ότι η διπλή εμφάνιση της εργασίας «of Cold» στις λίστες μπορεί να οδηγήσει στο ίδιο συμπέρασμα και για την πραγματεία *Cold*. Επιπλέον το γεγονός ότι ακόμη και στη λίστα του 1654 το «of Cold» συνεχίζει να είναι η μόνη εργασία με θέμα μία ιδιότητα των σωμάτων αποτελεί μία ένδειξη ότι ο Boyle είχε αρχίσει την έρευνα για τη συγκεκριμένη ιδιότητα νωρίτερα από την αντίστοιχη έρευνα για άλλες ιδιότητες.

¹³⁰ Ο.π.

2.2.4. Η περίοδος του Stalbridge 1645-55

Στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στη λίστα του 1649 όπου αναφέρεται για πρώτη φορά η αδημοσίευτη εργασία για το ψύχος «of Cold» και την έκδοση της πραγματείας *Cold* το 1665, βασικοί τόποι διαμονής και λειτουργίας εργαστηρίων του Boyle ήταν για την περίοδο 1645-1655 η έπαυλή του στο Stalbridge του Dorset και για την περίοδο από το 1655-6 μέχρι το 1668 η Οξφόρδη. Τη χρονιά που καταγράφεται η πρώτη λίστα, το 1649/50, μετά από αρκετές δυσκολίες που αντιμετώπιζε στη προμήθεια ενός κλιβάνου («furnace») ο Boyle κατάφερε να λειτουργήσει το πρώτο του χημικό εργαστήριο στην έπαυλη του στο Stalbridge¹³². Στην αλληλογραφία, τα ημερολόγια εργασίας και τα γραπτά της εποχής καταγράφεται ότι στο νεοσύστατο εργαστήριο του ο Boyle διεξήγαγε κυρίως χημικά, αλχημικά και φαρμακευτικά πειράματα καθώς και έρευνες για τα «effluvia» των σωμάτων. Αυτές οι πειραματικές έρευνες ήταν οι πρώτες απόπειρες του Boyle στον πειραματισμό οι οποίες αρκετά αργότερα οδήγησαν το 1661 στις πρώτες δημοσιεύσεις, στο *Sceptical Chymist* και το *Certain Physiological Essays*.

Από τα σωζόμενα ημερολόγια εργασίας καθώς και από την αλληλογραφία δεν προκύπτουν στοιχεία για τη διεξαγωγή πειραμάτων για το ψύχος κατά την περίοδο της διαμονής του Boyle στο Stalbridge. Στα ημερολόγια αυτής της περιόδου η θερμότητα και το ψύχος αναφέρονται μόνο ως διεργασίες που παίζουν ρόλο στη χημική επεξεργασία διαφόρων ουσιών¹³³. Στη σωζόμενη αλληλογραφία της περιόδου 1645-1655 δεν υπάρχει αναφορά σε πειραματική δραστηριότητα ή παρατηρήσεις σε σχέση με τα φαινόμενα του ψύχους. Αυτή η ανεπάρκεια των στοιχείων καθώς και η έλλειψη σωζόμενου χειρογράφου της εργασίας «of Cold» δημιουργούν ερωτήματα για την ύπαρξη και το περιεχόμενο της εργασίας που αναφέρεται στις παραπάνω λίστες. Σε αυτά απαντούν ορισμένα δημοσιευμένα και αδημοσίευτα έργα που αποτελούν αποκυήματα αυτής της περιόδου και περιέχουν πληροφορίες που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη της εργασίας «Of

¹³¹ Αυτές είναι το *Seraphic Love*, Boyle [1659], *Occasional Reflexions*, Boyle [1665δ], το *Theodora*, Boyle [1687], και το *Customary Swearing*, Boyle [1695].

¹³² Ο Shapin αναφέρει το 1647 ως ημερομηνία λειτουργίας του εργαστηρίου. Βλ. Shapin [1988], σσ. 379-380 ενώ οι Hunter και Davies το 1649. Βλ. Hunter, Davies [1999-2000α], σελ. xxiii.

Cold», που μνημονεύεται στις λίστες του 1649/50 και 1654, και μας ενημερώνουν για το περιεχόμενό της. Επίσης δίνουν στοιχεία για την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος που ανέπτυξε ο Boyle την περίοδο του Stalbridge.

Τα κείμενα αυτά αποτελούν καταρχήν μία σειρά αδημοσίευτων και ημιτελών γραπτών, στα οποία αντικατοπτρίζεται σύμφωνα με τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία η μεταστροφή του Boyle από τα ηθικά και λογοτεχνίζοντα έργα στον πειραματισμό καθώς και η εξέλιξή της σκέψης του¹³⁴. Τα κείμενα είναι το «of the Study of the Book of Nature», το «Of the Atomicall Philosophy» που σχετίζεται με τις εργασίες «of Atoms» και «of the Effluvia & Pores of Bodys» που εμφανίζονται στις λίστες του 1649 και 1654 αντίστοιχα, το «Essay of the Holy Scriptures» το οποίο σχετίζεται με την εργασία με τίτλο «of the Holy Scriptures» της λίστας του 1649 και τέλος ένα σωζόμενο διάγραμμα της εργασίας «of Natural Philosophy» που ίσως σχετίζεται με την εργασία «of Natural Philosophy and Filoosofers» της λίστας του 1649¹³⁵. Σε αυτά τα γραπτά ο Boyle παρουσιάζει τις απόψεις του για τον ρόλο που παίζει η έρευνα της φύσης στην αποκάλυψη του μεγαλείου του Θεού («Of the Study of the Book of Nature»), για τον ρόλο που μπορεί να παίζει η μελέτη των Αγίων Γραφών στη διευθέτηση κάποιων δύσκολων θρησκευτικών ζητημάτων («Of Holy Scriptures»), και για τις ατομιστικές θεωρίες της αρχαιότητας και της εποχής του και το συναφές θέμα της ύπαρξης των «effluvia» («of Atomicall Philosophy»). Την ίδια περίοδο και συγκεκριμένα το 1655-56 είναι γραμμένη και η εργασία «The Second Essay, of Un-succeeding Experiments» που δημοσιεύτηκε στην πραγματεία *Certain Physiological Essays* και πραγματεύεται το θέμα των αποτυχημένων πειραμάτων και του ρόλου τους στην πειραματική πρακτική¹³⁶.

Σε ένα σημείο της εργασίας «Of Holy Scriptures» ο Boyle προσπαθεί με την αναφορά ορισμένων πειραμάτων και των αποτελεσμάτων τους να επιβεβαιώσει κάποια σημεία της αποκάλυψης της Αγίας Γραφής, όπως είναι η Ανάσταση. Προσπαθεί να δείξει ότι παρόλο που κάποια σώματα ή ουσίες μετά από χημική επεξεργασία φαίνεται να

¹³³ Work-diaries νούμερα 6-14.

¹³⁴ Hunter [1995], Clericuzio [1990].

¹³⁵ Boyle [1649-1654α], [1649-1654γ], [1649-1654β], Hunter [1995], σελ.70. Στα εισαγωγικά σχόλιά τους στα συγκεκριμένα κείμενα, οι Hunter και Davies θεωρούν ότι οι εργασίες «of Atomicall Philosophy» και «of the Holy Scriptures» ίσως να ταυτίζονται ή να αποτελούν μέρη των εργασιών που εμφανίστηκαν με παρόμοια θεματολογία στις λίστες του 1649 και 1654 που συζητήθηκαν παραπάνω. Boyle [1649-1654α], τόμος 13, σσ. Xxxvii-xlii.

¹³⁶ Boyle [1661δ], σσ. 57-82.

έχουν καταστραφεί εντελώς, τελικά μπορούν με κάποιες άλλες χημικές διεργασίες να ανασυσταθούν. Ανάμεσα στα πειράματα με μέταλλα, υδράργυρο και άμμο, αναφέρει τις πληροφορίες τρίτων ότι όταν οι στάχτες των φυτών διαλυθούν σε κάποιο ρευστό και ψυχθούν, μέσα στον πάγο του διαλύματος θα εμφανισθεί το σχήμα του φυτού. Ο Boyle αν και πιστεύει ότι το «seminal essence» του φυτού μπορεί να διατηρηθεί στα απομεινάρια της καύσης, φαίνεται να μη συμφωνεί με την παραπάνω άποψη για την εμφάνιση του σχήματος του φυτού στον πάγο¹³⁷. Σε συγκεκριμένο σημείο του κειμένου αναφέρει ότι για το θέμα των φυτών ο αναγνώστης μπορεί να βρει κάποια νέα στοιχεία «στην συζήτησή μου για το ψύχος» («discourse of cold»)¹³⁸. Εδώ ο Boyle φαίνεται να κάνει μία αναφορά σε κάποιο κείμενο για το ψύχος το οποίο πιθανόν να είναι η εργασία για το ψύχος «of cold». Με αυτό τον τρόπο δείχνει ότι όταν έγραφε το «of Holy Scriptures», δηλαδή γύρω στο 1655, μάλλον, είχε γράψει την εργασία του για το ψύχος στην οποία, σύμφωνα με όσα λέει, έδινε νέες πληροφορίες για τη δημιουργία πάγων που περιείχαν στάχτες φυτών. Η αναφορά αυτή αποτελεί το πρώτο στοιχείο για την καταγραφή πειραμάτων για το ψύχος στην εργασία «of Cold» και για την διεξαγωγή πειραμάτων για το ψύχος την περίοδο της διαμονής του Boyle στο Stalbridge.

Μία δεύτερη ένδειξη για την ύπαρξη της εργασίας «of Cold» αλλά και της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος την περίοδο αυτή αποτελεί η αναφορά του ίδιου φαινομένου, της ψύξης¹³⁹ μιγμάτων με στάχτες φυτών, στην εργασία «The Second Essay, of Un-succeeding Experiments» της πραγματείας *Certain Physiological Essays* (1661). Εκεί ο Boyle αναφέρεται στα πειράματα της μίξης των υγρών με στάχτες φυτών με σκοπό την μετατροπή σε πάγο και την παρατήρηση της εμφάνισης του σχήματος του φυτού στον πάγο ως ένα είδος αποτυχημένων ή αμφίβολων («contingent») πειραμάτων. Σε ένα σημείο αναφέρει ότι «I purposely made Lixivium of fair Water and Salt of Wormwood, and having frozen it with Snow and Salt after the manner of Congelation else-where declar'd, I could not discern in the Ice any thing more

¹³⁷ Boyle [1649-1654β], τόμος 13, σελ., 205.

¹³⁸ «witness that the Dissolv'd Ashes of some of them will in Conglaciations (about which my Reader may find some Noveltys in my Discourse of Cold) represent the Forme or Likeness of the pristine Plant», ο.π.

¹³⁹ Με τη χρήση του όρου «ψύξη» στη διδακτορική διατριβή αναφερόμαστε συχνά, ακολουθώντας τον Boyle, στο φαινόμενο της μετατροπής σε πάγο και σε ορισμένες περιπτώσεις στην ψύχρανση ενός σώματος χωρίς απαραίτητα αυτό να σημαίνει τη μετατροπή του σε πάγο. Η χρήση του όρου με τον ένα ή άλλο τρόπο θα γίνεται κατανοητή από τα συμφραζόμενα.

like to Wormwood than to several other Plants»¹⁴⁰. Εδώ ο Boyle μας παραπέμπει σε ένα άλλο έργο του όπου έχει μιλήσει για κάποιο τρόπο ψύξης. Με δεδομένο ότι το *Certain Physiological Essays* είναι το δεύτερο έργο του Boyle που δημοσιεύεται μετά το *Spring of the Air* (1661) οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι στο σημείο αυτό μάλλον αναφέρεται σε κάποιο γραπτό προγενέστερο των δύο δημοσιευμένων πραγματειών. Αν λάβουμε επίσης υπόψη ότι η συγκεκριμένη εργασία του *Certain Physiological Essays* σύμφωνα με τους Hunter και Davies γράφτηκε γύρω στο 1655-56, τότε ο Boyle πρέπει να μιλάει για κάποιο γραπτό εκείνης της περιόδου και πιθανότατα για την εργασία «of Cold»¹⁴¹. Το συγκεκριμένο χωρίο στην εργασία του *Certain Physiological Essays* αποτελεί τη δεύτερη αναφορά στο φαινόμενο των σχηματισμών σε πάγο από στάχτες φυτών μετά το «of Holy Scriptures» καθώς και τη δεύτερη αναφορά σε μία προϋπάρχουσα εργασία για το ψύχος. Μία τρίτη αναφορά σε μία τέτοια εργασία γίνεται στο *Spring of the Air*, που είχε εκδοθεί νωρίτερα από το *Certain Physiological Essays*, και όπου ο Boyle παραπέμπει σε μία άλλη πραγματεία όπου συζητείται η χρήση του μίγματος χιονιού και αλατιού¹⁴². Αυτά τα στοιχεία επιβεβαιώνουν το συμπέρασμα ότι η εργασία «of Cold» περιείχε πειράματα που αφορούσαν αυτό το φαινόμενο της ψύξης μιγμάτων με στάχτες φυτών. Επίσης η αναφορά σε προϋπάρχουσα εργασία για το ψύχος μαζί με την παραπομπή σε έναν τρόπο ψύξης με χιόνι και αλάτι, μία μέθοδο ψύξης που χρησιμοποιείται κατ' επανάληψη στο *Cold*, επιβεβαιώνει το στοιχείο που δίνει η εργασία «of Holy Scriptures» ότι δηλαδή την περίοδο της παραμονής στο Stalbridge ο Boyle πρέπει να είχε εκτελέσει πειράματα για διάφορα φαινόμενα του ψύχους, τα οποία και συμπεριέλαβε στην εργασία «of Cold».

Ο Boyle τελικά συμπεριέλαβε το φαινόμενο της ψύξης των μιγμάτων με στάχτες φυτών στο «Postscript» του εικοστούπρώτου κεφαλαίου του *Cold*¹⁴³. Εκεί αναφέρει τις πληροφορίες τρίτων για το φαινόμενο μνημονεύοντας τους ίδιους πληροφοριοδότες που είχε αναφέρει στην εργασία «of Holy Scriptures». Η άποψη που εκφράζει στο *Cold* για το γεγονός ότι ο ίδιος δεν έχει επιβεβαιώσει το φαινόμενο είναι η ίδια με εκείνη που εκφράζει στο «of Holy Scriptures» και στο *Certain Physiological Essays*, όπου αναφέρεται στο πείραμα ως αμφίβολο («contingent») ακριβώς επειδή δεν το έχει

¹⁴⁰ Boyle [1661δ], σελ. 61.

¹⁴¹ Boyle Robert [1661δ], σελ., xi.

¹⁴² «...we put a mixture of Snow and common Salt (such a mixture as we have in another Treatise largely discourse of», Boyle [1660], σελ. 270.

επιβεβαιώσει με δικές του δοκιμές. Η διαφορά του *Cold* με τις δύο εργασίες είναι ότι στο πρώτο ο Boyle αναφέρει κάποια πειράματα με φυτά που δεν αναφέρονται ούτε στο «of Holy Scriptures» ούτε στην εργασία του *Certain Physiological Essays*. Επομένως θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι στο *Cold* ίσως να χρησιμοποιήθηκε η έρευνα που είχε διεξαχθεί για αυτό το φαινόμενο την εποχή του Stalbridge και να εμπλουτίστηκε με περισσότερα πειράματα.

Η εργασία «The Second Essay, of Un-succeeding Experiments» του *Certain Physiological Essays* μας δίνει επιπλέον στοιχεία που δείχνουν ότι μέχρι το 1655-56 ο πειραματισμός σε φαινόμενα του ψύχους είχε πάρει τη μορφή μίας οργανωμένης έρευνας. Στη φράση που παρατίθεται παραπάνω ο Boyle αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τρόπο ψύξης, χωρίς να εξηγεί ποιος είναι αυτός. Στην πραγματεία *Cold* και στο πέμπτο κεφάλαιο της ενότητας «The Experimental History of Cold» («Title V») γίνεται αναφορά σε έναν νέο τρόπο μετατροπής των υγρών σε πάγο που δεν επιτρέπει στη φιάλη που περιέχει το υγρό να σπάσει¹⁴⁴. Αν υποθέταμε ότι ο Boyle μιλάει στο *Certain Physiological Essays* για αυτό το νέο τρόπο ψύξης, τότε θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι ερευνούσε συστηματικά τα φαινόμενα του ψύχους γιατί έψαχνε τρόπους να ξεπεράσει τα προβλήματα που αντιμετώπιζε κατά τον πειραματισμό. Ένα δεύτερο σημαντικό στοιχείο της εργασίας είναι η αναφορά σε πειράματα όπου ψύχθηκαν διάφορα υγρά, όπως υδατικά διαλύματα αλατιού, ζάχαρης και salt-peter, σκέτο νερό, διάλυμα «verdegrease», κρασί και ξύδι και ο σχολιασμός τους ως προς την παρατήρηση σχηματισμών στον πάγο των υγρών¹⁴⁵. Πειράματα με τα ίδια υγρά καθώς και με αναφορά στον σχηματισμό ή όχι σχεδίων στον πάγο τους συμπεριλαμβάνονται στον δεύτερο και στον τρίτο κεφάλαιο της ενότητας «Experimental History of Cold» («Title II, III»), όπου εξετάζεται η δυνατότητα υγρών και σωμάτων να παγώσουν. Με εξαίρεση την ψύξη του διαλύματος του «verdegrease» όπου στο *Certain Physiological Essays* ο Boyle αναφέρει ότι παρατηρήθηκαν σχηματισμοί στον πάγο του ενώ στο *Cold* το αντίθετο, σε όλα τα άλλα οι παρατηρήσεις του Boyle που αναφέρονται στην πρώτη πραγματεία συμφωνούν με αυτές που αναφέρονται στη δεύτερη.

¹⁴³ Boyle [1665α], σσ. 447-448.

¹⁴⁴ Boyle [1665α], σσ. 287-288.

¹⁴⁵ Boyle [1661δ], σελ. 61-62.

Με βάση αυτά τα στοιχεία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα πειράματα που είχαν διεξαχθεί μέχρι την περίοδο 1655-1656, που γράφτηκε η εργασία του *Certain Physiological Essays*, σχετίζονται με την έρευνα που παρουσιάζεται στο *Cold* και μπορεί να είναι τα ίδια που συμπεριλήφθηκαν σε αυτήν. Επίσης η αναφορά όλων αυτών των πειραμάτων στο *Certain Physiological Essays* μπορεί να αποτελέσει ένδειξη ότι το «of Cold» περιείχε πειράματα για το φαινόμενο της ψύξης των ρευστών. Τα παραπάνω επιβεβαιώνουν ότι στο πρώτο μισό της δεκαετίας 1651-1660 ο Boyle είχε ξεκινήσει μία οργανωμένη έρευνα για το ψύχος, αποκαλύπτουν ότι μία θεματική που ερευνούσε ήταν η ψύξη κάποιων υγρών και διαλυμάτων και δίνουν στοιχεία για να συμπεράνουμε ότι η εργασία «of Cold» η οποία εμφανίζεται στις λίστες του 1649/50 και 1654 είχε γραφτεί και περιείχε κάποια από τα πειράματα που είχε διεξαγάγει αυτή την περίοδο. Μία εξήγηση για την έλλειψη αναφοράς στα πειράματα για το ψύχος στις σωζόμενες πηγές των ημερολογίων εργασίας και της αλληλογραφίας είναι το περιορισμένο σωζόμενο υλικό το οποίο αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο να υπήρχαν στα χαμένα ημερολόγια και στη μη σωζόμενη αλληλογραφία αναφορές στις έρευνες του Boyle για το ψύχος.

Η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος του Boyle για την ιδιότητα του ψύχους κατά το πρώτο μισό της δεκαετίας 1650 μπορεί να συσχετιστεί με το παράλληλο ενδιαφέρον που ανέπτυξε για τις ατομικές θεωρίες της ύλης. Τα κείμενα της περιόδου σχετικά με αυτό το θέμα είναι το «of the Atomicall Philosophy», το *Usefulness of Experimental Philosophy Part I* (1663)¹⁴⁶, και κάποια μέρη της πειραματικής εργασίας «Essay on Nitre»¹⁴⁷(1661). Τα πρώτα δύο κείμενα δείχνουν τη γνώση και τις απόψεις του Boyle για τις ατομικές θεωρίες των αρχαίων φιλοσόφων και των ατομιστών της εποχής του. Αναδεικνύουν τις απαρχές των ιδεών του σε σχέση με τις ατομικές θεωρίες για τη σύσταση της ύλης, η εξέλιξη των οποίων θα οδηγούσε στη διαμόρφωση της δικής του σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη και στην παρουσίασή της στην πραγματεία *Origin of Forms and Qualities* (1666). Στο κείμενο «Essay on Nitre» παρουσιάζονται κάποια χημικά πειράματα των οποίων τα αποτελέσματα φαίνεται να διαμορφώνουν τις απόψεις του Boyle για την σύσταση της ύλης. Το σύντομο ιστορικό του ατομισμού που δίνει ο Boyle στο

¹⁴⁶ Boyle [1663], σσ.189-286.

¹⁴⁷ Ο πλήρης τίτλος της εργασίας είναι «A Physicomechanical Essay, containing an experiment with some Considerations touching the differing Parts and Redintegration of Salt-Petre» και δημοσιεύθηκε στην πραγματεία *Certain Physiological Essays*, Boyle [1661στ], τόμος 2, σσ. 93-149.

αδημοσίευτο κείμενο «of the Atomicall Philosophy» μας πληροφορεί ότι ο Boyle είχε διαβάσει τα έργα των αρχαίων Λεύκιππου, Δημόκριτου και Επίκουρου καθώς και εκείνο των ατομιστών της εποχής του όπως ήταν ο Gassendi, ο Descartes και ο Magnenus¹⁴⁸. Το *Usefulness of Experimental Philosophy Part I*, του οποίου βασικό μέρος γράφτηκε αυτή την εποχή, περιέχει τις απόψεις του Boyle για τις ατομικές θεωρίες του Επίκουρου και του Δημόκριτου¹⁴⁹. Σύμφωνα με τον Clericuzio στο συγκεκριμένο έργο μπορούμε να δούμε την εξέλιξη των ιδεών του Boyle για τον επικούρειο ατομισμό, καθώς στις δύο πρώτες εργασίες που γράφτηκαν γύρω στο 1649 ο Boyle εμφανίζεται ως υποστηρικτής αυτών των θεωριών ενώ σε μέρος της τρίτης, και σε ολόκληρη την τέταρτη και πέμπτη εργασία που πιθανότατα να γράφτηκαν το 1653 προσπαθεί να αντικρούσει τις θέσεις του Επίκουρου¹⁵⁰.

Με βάση τα παραπάνω καθώς και το γεγονός ότι οι θεωρίες του Descartes και του Gassendi είχαν ήδη διαδοθεί στην Αγγλία, συμπεραίνουμε ότι κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που ο Boyle διεξήγαγε τα πρώτα πειράματά του για το ψύχος και έγραφε την πρώτη του εργασία, είχε μελετήσει το έργο των παραπάνω φιλοσόφων και είχε αναπτύξει κάποιες δικές του σκέψεις για τον ατομισμό ως θεωρία της ύλης. Με βάση την αλληλογραφία του Boyle στοχαιοθετείται ότι από το 1647 είχε έρθει σε επαφή με το έργο του Gassendi για την αστρονομία και τα μαθηματικά και ότι το 1648 είχε αναπτύξει ενδιαφέρον για τις απόψεις του για τον επικούρειο ατομισμό¹⁵¹. Τα έργα με τα οποία είχε έρθει σε επαφή ο Boyle, όπως του Gassendi, συμπεριλάμβαναν συζητήσεις για το ψύχος στα πλαίσια της προσπάθειας εξήγησης της φύσης των ιδιοτήτων με βάση την ατομική θεωρία. Επίσης το 1654, περίοδο που ο Boyle φαίνεται να είχε γράψει την εργασία «of Cold», χρονολογείται η δημοσίευση της πραγματείας του Walter Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*, με την οποία ο θερμός υποστηρικτής των απόψεων του Gassendi για τον ατομισμό εισήγαγε τη θεωρία του στην Αγγλία¹⁵². Το έργο αυτό περιείχε ένα κεφάλαιο για την ιδιότητα του ψύχους όπου παρουσιάζονταν φαινόμενα τα οποία ο Boyle θα έθετα υπό εξέταση στο *Cold*. Το ότι προϋπήρχαν κάποια

¹⁴⁸ Boyle [1649-1654γ] σσ. 227-228.

¹⁴⁹ Η πραγματεία αποτελούνταν από πέντε εργασίες.

¹⁵⁰ Clericuzio [1990], σελ. 571.

¹⁵¹ Boyle προς Hartlib, 8 Μαΐου 1647, Boyle [2001], τόμος 1, σελ.59. Στο γράμμα του προς τον Boyle με ημερομηνία 8 Μαΐου 1648 ο Hartlib τον ενημερώνει για την προετοιμασία της έκδοσης ενός έργου του Gassendi για τον επικούρειο ατομισμό. Hartlib προς Boyle, Μαΐου 1648, Boyle [2001], τόμος 1, σελ. 65.

έργα που έθεταν το ψύχος στα πλαίσια της εξήγησης που μπορούσαν να δώσουν οι ατομικές θεωρίες της εποχής αποτελεί ένα περιβάλλον που θα μπορούσε να είχε επηρεάσει τον Boyle στο ξεκίνημα της έρευνάς του στην ιδιότητα του ψύχους και τα φαινόμενά της.

Στα πρώιμα έργα του για τον ατομισμό, ο Boyle στρέφεται αρχικά στη συζήτηση των βασικών προτάσεων των ατομιστικών θεωριών των αρχαίων και των συγχρόνων του. Στο «of the Atomicall Philosophy» το ενδιαφέρον του Boyle επικεντρωνόταν στη συζήτηση των θεμάτων της ύπαρξης των ατόμων, του μεγέθους τους και της ύπαρξης των «effluvia» ή «ατμών από άτομα» που εκλύονται από τα σώματα, όπως οι οσμές που εκλύονται από κάποια σώματα και ζώα, η ηλεκτρική έλξη που αποκτούν ορισμένα σώματα μετά την τριβή και οι εμετικές ιδιότητες κάποιων ουσιών που μεταφέρονται σε μίγματα στα οποία συμμετέχουν¹⁵³. Ο Clericuzio στην ερμηνεία του κειμένου τονίζει τη σημασία των απόψεων του Boyle για την απόδοση χημικών ιδιοτήτων στα «*minima naturalia*», τα σωματίδια που ταυτίζει με τα άτομα¹⁵⁴. Βασίζεται σε αυτή την άποψη για να δείξει τη σχέση που είχαν οι σκέψεις του Boyle για τη χημεία με εκείνες για τις ατομικές θεωρίες της ύλης. Η ίδια στενή σχέση θεωρεί ότι αναδεικνύεται και στην εργασία «*Essay on Nitre*». Στην εργασία αυτή ο Boyle παρουσίαζε μία σειρά από πειράματα που αφορούσαν την ανάλυση του νίτρου στα συστατικά του μέρη και την αναγωγή των μερών πάλι σε νίτρο. Ο ίδιος ο Boyle έχει τονίσει τον ρόλο που έπαιξε αυτή η εργασία στη συγγραφή της πραγματείας *Origin of Forms and Qualities*, δείχνοντας με αυτό τον τρόπο τη σχέση των χημικών του πειραμάτων με την ανάπτυξη της σωματιδιακής του θεωρίας¹⁵⁵. Την περίοδο λοιπόν μεταξύ 1645-55 βλέπουμε ότι ο Boyle ανέπτυξε έντονη πειραματική δραστηριότητα στη χημεία, την αλχημεία και στην παρασκευή ιατρικών συνταγών, μία δραστηριότητα που θεωρούνταν μέρος της χημείας· έδειξε επίσης ενδιαφέρον για τον ατομισμό ο οποίος σχετίζεται με τη δραστηριότητά του στον χώρο της χημείας. Σε αυτό το πλαίσιο ενδιαφερόντων και δραστηριοτήτων ο Boyle ανέπτυξε μία πειραματική έρευνα για το ψύχος. Η ανάπτυξη της έρευνας για το ψύχος σχετίζεται με την παράλληλη ανάπτυξη ιδεών για την ατομική θεωρία της ύλης, ειδικά σε

¹⁵² Charleton [1966].

¹⁵³ «...that there are Effluvia or steemes of Atomes issuing out of all bodyes», Boyle [1649-1654γ],σελ.229.

¹⁵⁴ Clericuzio [1990], σσ. 568-579.

¹⁵⁵ Βλ. εισαγωγή Boyle στο *Origin of Forms and Qualities*, Boyle [1666-7β], σελ. 287-288.

μία περίοδο που ο Boyle είχε διαβάσει τα έργα ατομιστών οι οποίοι ενέτασσαν τις απόψεις τους για το φαινόμενα του ψύχους στις ατομικές τους θεωρίες για την ύλη. Επίσης η άποψη ότι μπορεί την ίδια περίοδο να είχε αρχίσει να ερευνά τις ιδιότητες της ρευστότητας και στερεότητας, η εργασία για τις οποίες γράφτηκε το 1659 και δημοσιεύτηκε ως «History of Fluidity and Firmness» το 1661, δίνει ένα πρόσθετο στοιχείο για τη σχέση που μπορεί να είχε το ενδιαφέρον του Boyle με τις ιδιότητες αυτές με εκείνο για τις ατομικές θεωρίες¹⁵⁶. Και αυτό γιατί η ρευστότητα και η στερεότητα αποτελούν δύο ιδιότητες που μαζί με την ιδιότητα για το ψύχος συζητούνταν στα έργα των ατομιστών της εποχής. Αυτό όμως που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι από την πρώτη στιγμή που εμφανίζονται στοιχεία για την έρευνα του Boyle για το ψύχος, η έρευνα αυτή είναι αυτόνομη και δεν παρουσιάζεται ως μέρος κάποιου άλλου έργου. Πέρα λοιπόν από τη σχέση του ψύχους με τη θεματική για την ατομική εξήγηση των ιδιοτήτων της ύλης, φαίνεται ότι υπήρχε μία αυτόνομη προβληματική για το ψύχος και τα φαινόμενά του που απασχολούσε τον Boyle από την αρχή των ερευνών του στη φυσική φιλοσοφία.

2.2.5. Η περίοδος της Οξφόρδης 1655 ή 1656-1668

Στην Οξφόρδη η κύρια κατοικία του Boyle αποτελούνταν από δύο δωμάτια στο σπίτι του φαρμακοπιού (apothecary) John Crosse, στο Deep Hall στο High Street. Εκεί ο Boyle, σύμφωνα με τον Shapin, μπορούσε να χρησιμοποιεί τα χημικά μέσα του Crosse ενώ στα δωμάτιά του είχε εγκαταστήσει ένα «pneumatic» εργαστήριο για τη διεξαγωγή πειραμάτων σχετικά με τις ιδιότητες του αέρα¹⁵⁷. Εκεί κατασκεύασε το 1658-1659 την πρώτη μορφή της αντλίας κενού (air-pump) με την οποία εκτέλεσε τα πειράματα που δημοσιεύτηκαν στην πρώτη πειραματική του πραγματεία *Spring of the Air*. Ο Boyle χρησιμοποιούσε την κατοικία του στην Οξφόρδη ως βάση από την οποία έφευγε συχνά, όπως φαίνεται μέσα από τις διαφορετικές διευθύνσεις που εμφανίζονται στην αλληλογραφία του. Ο Shapin αναφέρει συγκεκριμένα ότι την περίοδο που κύρια κατοικία του ήταν η Οξφόρδη, διέμενε για κάποιες περιόδους σε άλλα μέρη όπως το

¹⁵⁶ Boye [1661ζ], τόμος 2, σελ. xii.

¹⁵⁷ Shapin [1988], σσ. 379-380.

κοντινό χωριό Stanton St. John, το Chelsea, το σπίτι της αδερφής του, Lady Ranelagh, στο Λονδίνο, το σπίτι της δεύτερης αδερφής του στο Essex και στο Beaconsfield στο Buckinghamshire. Σε αυτές όμως τις τοποθεσίες δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι είχε εγκαταστήσει εργαστήριο.

Η περίοδος κατά την οποία χρησιμοποιούσε την Οξφόρδη ως τόπο διαμονής είναι από τις πιο γόνιμες περιόδους πειραματικά και συγγραφικά καθώς προετοιμάστηκαν, συγγράφηκαν και τελειοποιήθηκαν οι πραγματείες που δημοσίευσε στο πρώτο μισό της δεκαετίας 1660, ανάμεσα στις οποίες ήταν και το *Cold*. Η χρονολόγηση της πραγματείας από τους Hunter και Davies τοποθετεί τη συγγραφή της εξολοκλήρου την περίοδο αυτή, από τα τέλη του 1650 μέχρι τις αρχές του 1660. Θεωρούν ότι η πραγματεία είχε ολοκληρωθεί κατά ένα μεγάλο μέρος μέχρι το 1662, χαρακτηρίζοντας τα πειράματα που εμφανίζονται με ημερομηνία 1662 ως «late additions»¹⁵⁸. Στη χρονολόγησή τους όμως δεν αναφέρονται στη διεξαγωγή πειραμάτων αλλά μόνο στη συγγραφή της πραγματείας με αποτέλεσμα να μη δίνουν στοιχεία για τη χρονολόγηση των πρώτων. Ως τώρα έχουμε δείξει ότι την περίοδο του Stalbridge είχαν γίνει κάποια πειράματα και μάλιστα ότι είχε συγγραφεί η πρώιμη εργασία «of Cold». Τα πειράματα όμως που από τα στοιχεία φαίνεται να διεξήχθησαν την περίοδο του Stalbridge είναι λίγα σε σχέση με τον όγκο των πειραμάτων που συμπεριλαμβάνονται στην πραγματεία. Η έντονη πειραματική δραστηριότητα του Boyle την περίοδο της διαμονής του στην Οξφόρδη καθώς και ο όγκος των πειραμάτων της πραγματείας *Cold* αποτελούν ενδείξεις ότι αυτή την περίοδο όπου ο Boyle διεξήγαγε πολλά από τα πειράματα που συμπεριέλαβε στις πραγματείες των αρχών του 1660, πρέπει να εκτέλεσε έναν μεγάλο αριθμό των πειραμάτων για το ψύχος. Τα στοιχεία που παρατίθενται στη συνέχεια αρκούν για να οριοθετήσουν χρονολογικά μόνο ένα μέρος των πειραμάτων που εικάζουμε ότι διεξήχθησε αυτή την περίοδο. Παρ' όλα αυτά δίνουν μία πιο σαφή εικόνα σε σχέση με την υπάρχουσα δευτερεύουσα βιβλιογραφία για το ποιες απόψεις είχε διαμορφώσει ο Boyle σε ορισμένες χρονικές περιόδους καθώς και σημαντικά συμπεράσματα για τον ρόλο της έρευνάς του στις ιδιότητες του αέρα και τις ιδιότητες της ρευστότητας και στερεότητας στην έρευνα που διεξήχθησε για το ψύχος.

¹⁵⁸ Boyle [1665α], σελ. 200.

Στην πραγματεία *Cold* ελάχιστα πειράματα φέρουν χρονολογία έτους. Δύο από αυτά φέρουν τις χρονολογίες 4 Φεβρουαρίου 1661 και Νοέμβριος του 1662¹⁵⁹. Το δεύτερο πείραμα γίνεται με τη συνδρομή της αντλίας κενού και μαρτυρεί ότι τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο πρέπει να είχαν γίνει και άλλα πειράματα που αφορούσαν το ίδιο φαινόμενο και άρα έχουν συμπεριληφθεί στο ίδιο κεφάλαιο 18 της ενότητας ««The Experimental History of Cold» («Title XVIII»)). Μία έμμεση ένδειξη για τη διεξαγωγή πειραμάτων κατά τη διάρκεια παραμονής του Boyle στην Οξφόρδη είναι οι αναφορές του σε πειράματα που διεξάγονται σε κάποιο χωριό και σε συνθήκες έλλειψης οργάνων. Στην εισαγωγή του στο *Cold* ο Boyle αναφέρεται συχνά στην διεξαγωγή πειραμάτων σε κάποιο χωριό το οποίο δεν ονομάζει¹⁶⁰. Οι Hunter και Davies στις υποσημειώσεις τους ταυτίζουν το χωριό αυτό με το Stanton St. John, το οποίο βρισκόταν κάποια μίλια έξω από την Οξφόρδη. Ο Shapin αναφέρει ότι εκεί ο Boyle έκανε μετεωρολογικές παρατηρήσεις¹⁶¹. Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις που αναφέρει ο Shapin θα μπορούσαν να αποτελούν τα πειράματα που έκανε με ένα «hygroscope» και τα οποία δημοσιεύτηκαν στην εργασία «A Statical Hygroscope Proposed to be farther tried, in a Letter to H. Oldenburg Esq; Secretary to the Royal Society» η οποία αποτελούσε μέρος της πραγματείας *Saltness of the Sea* (1673)¹⁶². Θα μπορούσαν όμως να έχουν και σχέση με πειράματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάποια κεφάλαια του *Cold*. Άλλη μία ένδειξη για τη διεξαγωγή πειραμάτων στο χωριό Stanton St. John δίνεται στο 13ο κεφάλαιο της ενότητας «Experimental History of Cold» («Title XIII») όπου ο Boyle εξετάζει την περιοχή δράσης του ψύχους. Προσπαθώντας να εξετάσει σε ποιο βάθος παγώνει το έδαφος, εκτελεί κάποια πειράματα σε ένα κήπο και σε περιοχή όπου υπάρχουν μηλιές. Αναφέρει ότι οι παρατηρήσεις που μεταφέρει από τα ημερολόγιά του είχαν γίνει σε ένα χωριό δύο μίλια απόσταση από μία σημαντική πόλη. Σε αυτή την απόσταση από την Οξφόρδη βρίσκεται το χωριό Stanton St. John. Η διεξαγωγή πειραμάτων σε αυτή την τοποθεσία έχει ιδιαίτερη σημασία εφόσον δεν μαρτυρείται

¹⁵⁹ Boyle [1665α], σελ. 315 και σσ. 383.

¹⁶⁰ «But I was reduc'd to make many of those Experiments in a Village, and whilst I was writing them, was obliged to make frequent Removes, by which means I seldom had the liberty to make my Trials after such manner, as I could contrive them, if I could have Instruments and other assistances to my wish», Boyle [1665α], σελ. 213.

¹⁶¹ Shapin [1988], σσ. 379-380.

¹⁶² Boyle [1673ε], σσ.427-442.

πουθενά ότι διατηρούσε εργαστήριο σε αυτή την τοποθεσία όπως στα διαμερίσματά του στην Οξφόρδη.

Στην εισαγωγή στο *Cold* ο Boyle εστιάζει στις δυσκολίες που αντιμετώπισε λόγω της παραμονής του στο χωριό (που ταυτίζουν οι Hunter και Davies με τον Stanton St. John) όπως είναι η έλλειψη οργάνων και ουσιών καθώς και άλλων συνθηκών πειραματισμού¹⁶³. Ο Boyle χρησιμοποιεί αυτή τη δικαιολογία για να εξηγήσει στον αναγνώστη ότι στην περίπτωση ορισμένων πειράματων που δεν μπορούσαν να διεξαχθούν στις κατάλληλες συνθήκες, προσπάθησε με επινοήσεις να τα προσαρμόσει στις συνθήκες που υπήρχαν. Επομένως ορισμένα πειράματα έγιναν με λιγότερη ακρίβεια και σε ατελείς συνθήκες σε σχέση με κάποια άλλα. Σε αρκετά σημεία της πραγματείας *Cold* γίνονται αναφορές σε ελλείψεις οργάνων και κατάλληλων συνθηκών καθώς και στην εκτέλεση πειραμάτων σε «χωριό» ή «στην εξοχή». Με βάση τα παραπάνω, οι αναφορές αυτές θα μπορούσαν να τοποθετηθούν χρονολογικά την περίοδο της διαμονής στην Οξφόρδη και πιθανότατα τις περιόδους που διέμενε στο Stanton St. John, χωρίς βέβαια αυτό να αποκλείει ότι έλλειψη οργάνων θα μπορούσε να υπάρχει και κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο Stalbridge και άρα ορισμένα από αυτά τα πειράματα να είχαν γίνει εκεί.

Στα σωζόμενα ημερολόγια της περιόδου 1656-1668 δεν έχει βρεθεί καμία καταχώρηση για το ψύχος που να έχει μετεγγραφεί αυτούσια στο *Cold* και να μπορεί να μας δώσει μία καθαρή ένδειξη για το πότε έγιναν κάποια πειράματα για το ψύχος κατά τη διάρκεια που ο Boyle χρησιμοποιούσε ως βασική διαμονή την Οξφόρδη¹⁶⁴. Υπάρχουν τρεις καταχωρήσεις παρατηρήσεων και πειραμάτων στις οποίες ερευνώνται φαινόμενα που αποτελούν και το αντικείμενο πειραμάτων του *Cold*¹⁶⁵. Στις περιπτώσεις των καταχωρήσεων ακολουθείται η ίδια πειραματική διαδικασία με εκείνη των πειραμάτων του *Cold* αλλά υπάρχουν αρκετά σημεία διαφοροποίησης, όπως για παράδειγμα στις μετρήσεις. Εικάζουμε ότι τα πειράματα των καταχωρήσεων αποτελούν υλικό που δεν επιλέχθηκε για να συμπεριληφθεί στην πραγματεία. Η έλλειψη καταχωρήσεων για το ψύχος στα ημερολόγια μπορεί να εξηγηθεί με το κενό στη σειρά των ημερολογίων που

¹⁶³ Boyle [1665a], σσ. 213-214.

¹⁶⁴ Work-Diaries, νούμερα 14,15,16,17,18,19,20.

¹⁶⁵ Πρόκειται για τις καταχωρήσεις με αριθμό 3, 34,50 από το ημερολόγιο εργασίας νούμερο 19 το οποίο τοποθετείται χρονολογικά από τον Αύγουστο του 1663 μέχρι τον Σεπτέμβριο του 1664. Work-Diaries, 19.

υπάρχει την περίοδο 1657-1662, μία περίοδο που, όπως θα δούμε παρακάτω, πρέπει να έγιναν πειράματα για το ψύχος.

Δεδομένης της έλλειψης στοιχείων από τα ημερολόγια εργασίας, μία πηγή που αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντική για την πειραματική έρευνα του ψύχους και το πλαίσιο στο οποίο διεξήχθη κατά την περίοδο παραμονής του Boyle στην Οξφόρδη, είναι οι δημοσιευμένες και αδημοσίευτες πραγματείες που προηγήθηκαν της έκδοσης του *Cold*. Η αδημοσίευτη πραγματεία *Dialogues Concerning Heat and Flame* αποτελεί πηγή για την έρευνα του Boyle στη θερμότητα. Στις δημοσιευμένες πραγματείες *Spring of the Air* (1660), *Certain Physiological Essays* (1661), *Sceptical Chymist* (1661), *Defence* και *Examen* (1662) υπάρχουν αναφορές στα φαινόμενα που προκαλούνται από τη δράση του ψύχους καθώς και σε σχετικά πειράματα¹⁶⁶. Οι αναφορές αυτές μαζί με την πληροφόρηση που έχουμε για τη χρονολογία συγγραφής και έκδοσης κάθε κειμένου δίνουν μία εικόνα για τις χρονικές περιόδους στις οποίες ο Boyle είχε ήδη διεξαγάγει κάποια πειράματα που συμπεριλήφθηκαν στο *Cold* και είχε διατυπώσει κάποια συμπεράσματα σε σχέση με ορισμένα φαινόμενα της δράσης του ψύχους. Επίσης περιπτώσεις όπως οι πραγματείες με θέμα την ανάπτυξη συγκεκριμένων ερευνών του Boyle, όπως αυτή για τις ιδιότητες του αέρα και για τις ιδιότητες της ρευστότητας και της στερεότητας δείχνουν ότι πολλές από τις έρευνες που παρουσιάζονται σε αυτά τα έργα είχαν καταλυτική σημασία για τις έρευνες ορισμένων φαινομένων του ψύχους.

Η αδημοσίευτη πραγματεία *Dialogues Concerning Heat and Flame*, σύμφωνα με τους Hunter και Davies, γράφτηκε στα τέλη του 1650¹⁶⁷. Σήμερα σώζεται ένα μικρό τμήμα της, το οποίο δεν είναι αρκετό για να μας δείξει το εύρος των φαινομένων με τα οποία ασχολήθηκε ο Boyle σε σχέση με την ιδιότητα της θερμότητας. Η συγγραφή της πραγματείας όμως μπορεί να συσχετιστεί με τους προβληματισμούς του Boyle αυτή την περίοδο για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων της. Επίσης η ύπαρξη αυτής της πραγματείας επιβεβαιώνει την πρόθεσή του να ερευνήσει και να παρουσιάσει ξεχωριστά τις ιδιότητες και τα φαινόμενα της θερμότητας και του ψύχους δίνοντας στην κάθε έρευνα μία αυτονομία μέσω μίας διακριτής γραπτής

¹⁶⁶ *Defence* και *Examen*, σύντομοι τίτλοι των πραγματειών *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air* και *An Examen fo Mr. T. Hobbes his Dialogue Physicus De Natura Aeris*.

¹⁶⁷ Boyle [τέλη 1650], σσ. 261-269.

πραγματείας. Εγείρει όμως και μία απορία για το λόγο για τον οποίο η έρευνα για το ψύχος δημοσιεύτηκε ενώ εκείνη για τη θερμότητα όχι.

Η συγγραφή της εργασίας «Fluidity and Firmness» φαίνεται να είχε άμεση σχέση με την έρευνα του Boyle στα φαινόμενα του ψύχους. Οι Hunter και Davies τοποθετούν την αρχή προετοιμασίας της εργασίας το 1656 και τη συγγραφή της το 1659. Η εργασία εκδόθηκε το 1661 ως μέρος της πραγματείας *Certain Physiological Essays*¹⁶⁸. Στην εργασία ο Boyle αναφέρεται συχνά στη δράση του ψύχους ως μία από τις αιτίες για να χαθεί η ρευστότητα των σωμάτων. Ως αιτία της ρευστότητας θεωρεί την διέγερση των σωματιδίων που αποτελούν τα σώματα και ως αιτία της στερεοποίησης ενός σώματος την έλλειψή της. Το ψύχος και η θερμότητα παρουσιάζονται ως παράγοντες που προκαλούν την ελάττωση και αύξηση της κίνησης ή διέγερσης των σωματιδίων των σωμάτων αντίστοιχα. Η έρευνα της ρευστοποίησης και στερεοποίησης των σωμάτων είχε μία αμφίδρομη σχέση με αυτή του ψύχους. Έρευνες για το ψύχος έδιναν πληροφορίες για τη δράση του ως αιτία της στερεοποίησης καθώς και έρευνες για τη ρευστότητα και στερεότητα έδιναν πληροφορίες για συγκεκριμένα φαινόμενα του ψύχους.

Ένα γενικό συμπέρασμα που μπορεί να βγει από τις αναφορές στα φαινόμενα του ψύχους στο «Fluidity and Firmness» είναι ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε πειράματα και αποτελέσματα που στη συνέχεια συμπεριλήφθηκαν στα κεφάλαια ένα και τέσσερα της ενότητας «The Experimental History of Cold Cold» («Title I» και «Title IV»). Στα κεφάλαια αυτά εξετάζονταν η δυνατότητα κάποιων σωμάτων να παγώσουν κάποια άλλα και οι βαθμοί ψύχους ορισμένων σωμάτων¹⁶⁹. Αυτό αποτελεί μία ένδειξη ότι το 1659 που γράφτηκε η εργασία «Fluidity and Firmness» ορισμένα πειράματα που σχετίζονταν με τα συγκεκριμένα κεφάλαια είχαν ήδη εκτελεσθεί. Ένα από αυτά αφορούσε το φαινόμενο της μετατροπής σε πάγο των υδάτινων σωματιδίων του αέρα στο εξωτερικό μέρος μιάς φιάλης όταν μέσα της βρίσκεται ένα ψυχρό σώμα¹⁷⁰. Ο Boyle αναφερόταν στο ζήτημα της εμφάνισης των υδρατμών μέχρι τη στάθμη που βρίσκεται το εσωτερικό υγρό, στην

¹⁶⁸ Το «Fluidity and Firmness» αποτελούσε μία από τις πέντε μικρές πραγματείες που αποτελούσαν το *Certain Physiological Essays*. Οι άλλες τέσσερις ήταν το «A Proemial Essay», «of the Unsuccessfulness of Experiments», «Of Unsucceeding Experiments», «A Physico-Mechanical Essay, containing an Experiment with some Considerations touching the differing Parts of Redintegration of Salt-petre».

¹⁶⁹ «Title I, 'Experiments touching bodies capable of freezing others'», Boyle Robert [1665a], σελ. 265. «Title III, 'Experiments and Observations touching the Degrees of Cold in several Bodies'», Boyle [1665a], σελ. 278.

¹⁷⁰ Boyle Robert [1661ζ], σελ. 139.

μετατροπή σε πάγο των υδάτινων σωματιδίων του αέρα ως αιτία του φαινομένου, και επιχειρηματολόγησε εναντίον της άποψης ότι το φαινόμενο δημιουργείται από τη διεύδυση του εσωτερικού υγρού στο εξωτερικό μέρος της φιάλης μέσω του γυαλιού. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα παρουσιάζονταν στο *Cold* σε πιο μεγάλη έκταση στα κεφάλαια ένα και τέσσερα.

Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα, που αργότερα συμπεριλήφθηκε στον τέταρτο τίτλο του *Cold*, αφορούσε τον συσχετισμό της δυνατότητας των υγρών να στερεοποιηθούν με τη διαφορετική ποσότητα της διέγερσης που χρειάζονται τα μέρη τους για να παραμείνουν ρευστά. Ιδέες όπως ότι το νερό μετατρέπεται σε πάγο σε θερμοκρασία του αέρα στην οποία το κρασί παραμένει ρευστό εκφράστηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο του *Cold*. Μία τρίτη αναφορά του Boyle στο ψύχος στο «Fluidity and Firmness» αποτελεί η προσπάθειά του, στην περίπτωση της ψύξης του νερού μέσα σε μία κλειστή φιάλη από τον εξωτερικό αέρα, να αποδείξει ότι δεν προκαλείται από την εισχώρηση μέσα από το γυαλί άλατος ή αποσταγμάτων του. Ο Boyle αντιτασσόταν στην άποψη των «chymists» της εποχής του υποστηρίζοντας ότι αυτό που διαπερνά το γυαλί είναι το ψύχος και όχι το άλας. Το θέμα της διαπερατότητας του γυαλιού εξέταζε με μία σειρά πειραμάτων στο πρώτο κεφάλαιο («Title I»)¹⁷¹ καταλήγοντας στο ίδιο συμπέρασμα. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι από το 1659 ο Boyle είχε διαμορφώσει μία άποψη για την ψύξη των ρευστών μέσα σε ένα κλειστό δοχείο, η οποία αντιτασσόταν σε απόψεις της εποχής του, όπως ήταν αυτή των «chymists» που θεωρούσαν το άλας ως αίτιο της ψύξης.

Μία παράλληλη πορεία προετοιμασίας με το *Cold* είχε το *Sceptical Chymist*, το οποίο όμως δημοσιεύτηκε τέσσερα χρόνια νωρίτερα. Ο Boyle είχε αρχίσει να ερευνά το θέμα του συγκεκριμένου έργου, όπως έχουμε ήδη αναφέρει παραπάνω, από το 1649 την ίδια εποχή με το *Cold*. Η μακρά πορεία προετοιμασίας εντάθηκε την περίοδο που ο Boyle διέμενε στην Οξφόρδη. Και για το *Sceptical Chymist*, όπως και για το *Cold*, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ακριβώς πότε γράφτηκε το κείμενο μέσα στην εντεκαετή του προετοιμασία δεδομένου ότι αποτελείται από συγκόλληση ενοτήτων από διαφορετικά

¹⁷¹ Από εδώ και πέρα όταν αναφερόμαστε σε αριθμό κεφαλαίου και το συνοδεύουμε από τον αγγλικό τίτλο «Title I», «Title II» κτλ. αναφερόμαστε σε κεφάλαιο της ενότητας «The Experimental History of Cold, begun» του *Cold*. Βλ. Παράρτημα 1.

χειρόγραφα που ίσως να συγγράφηκαν σε διαφορετικές περιόδους¹⁷². Η ύπαρξη ενός πρώιμου χειρογράφου το οποίο γράφτηκε το αργότερο μέχρι το 1657 καθώς και η άποψη του Clericuzio, που υποστηρίζουν οι Hunter και Davies, για διαμόρφωση μέρους του έργου στα τέλη του 1650 μας οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι τα πειράματα του ψύχους που συμπεριλαμβάνει θα μπορούσαν να ανήκουν και στην περίοδο του Stalbridge και σε εκείνη της Οξφόρδης¹⁷³.

Το έργο καταπιάνεται με ένα βασικό ενδιαφέρον του Boyle από την περίοδο της στροφής του προς τον πειραματισμό. Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 1, ο Boyle παρουσιάζει μία σειρά χημικών πειραμάτων για να υποστηρίξει συγκεκριμένα επιχειρήματα που προβάλλει εναντίον της θεωρίας των τριών πρώτων στοιχείων των «χημικών» της εποχής, καθώς και της αριστοτελικής θεωρίας των τεσσάρων στοιχείων¹⁷⁴. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι ότι σε αυτό ο Boyle αναφέρει ορισμένες απόψεις για τη σωματιδιακή δομή της ύλης και για την παραγωγή των χημικών ιδιοτήτων με βάση τις πρωτεύουσες ιδιότητες των μερών της ύλης. Είναι από τα πρώτα έργα στα οποία ο Boyle κάνει αναφορές στη σωματιδιακή θεωρία του για την ύλη, την οποία αναπτύσσει σε μεταγενέστερα έργα.

Ένα γενικό συμπέρασμα από τη φειδωλή, σε σχέση με τον όγκο της πραγματείας, αναφορά σε πειράματα για το ψύχος, είναι ότι αναφέρονται συμπεράσματα πειραμάτων που χρησιμοποιούνται στα κεφάλαια δύο, τρία και έξι (Title II, III, VI) του *Cold*¹⁷⁵. Στα δύο πρώτα εξετάζεται η δυνατότητα ορισμένων υγρών να παγώσουν και στο τελευταίο ερευνάται η δυνατότητα του ψύχους να διατηρήσει αλλά και να καταστρέψει ορισμένα σώματα. Στην προσπάθειά του ο Boyle, στο *Sceptical Chymist*, να απορρίψει την αριστοτελική ερμηνεία της θερμότητας σύμφωνα με την οποία η ιδιότητά της είναι να ενώνει τα ομοιογενή και να διαχωρίζει τα ετερογενή μέρη των σωμάτων, επιχειρηματολόγησε εναντίον της αριστοτελικής ερμηνείας του ψύχους σύμφωνα με την οποία το ψύχος έχει την ιδιότητα να ενώνει και τα ομοιογενή και τα ετερογενή μέρη των σωμάτων¹⁷⁶. Ο Boyle λοιπόν ανέφερε τις περιπτώσεις υγρών και στερεών που έχουν μετατραπεί σε πάγο για να δείξει ότι καταρχήν στην περίπτωση των σωμάτων και των

¹⁷² Για τον τρόπο συγγραφής του *Sceptical Chymist* βλ. Principe Lawrence [1998], σελ.27-28.

¹⁷³ Boas Hall, [1954] και Boyle [1661η], σελ. xix-xx.

¹⁷⁴ Τα τρία πρώτα στοιχεία σύμφωνα με τους «χημικούς» ήταν ο υδράργυρος, το θείο και το άλας.

¹⁷⁵ Για το περιεχόμενο των κεφαλαίων βλ. Παράρτημα 1

υγρών που γίνονται συμπαγή με την ψύξη τα μέρη τους δεν ενώνονται· κατά δεύτερον για να δείξει ότι υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ψύξη οδηγεί στον διαχωρισμό των μερών ενός υγρού, όπως γίνεται στις περιπτώσεις διαχωρισμού των υδατικών μερών ενός υγρού από τα άλλα μέρη του. Οι αναφορές στην ψύξη υγρών στο *Sceptical Chymist* συμφωνούν με αυτές που αναφέρονται στα κεφάλαια δύο και τρία («Title II» και «Title III») του *Cold*. Επίσης στο *Sceptical Chymist* χρησιμοποιήθηκε η περιγραφή ενός περιστατικού από ένα βιβλίο με θέμα το ταξίδι των Ολλανδών στην Nova Zembla από το οποίο ο Boyle χρησιμοποίησε εκτενώς χωρία στο *Cold*. Το συγκεκριμένο χωρίο, σε λιγότερο λεπτομερή απόδοση, ανέφερε ο Boyle στο κεφάλαιο έξι του *Cold* («Title VI»)¹⁷⁷. Η αναφορά του Boyle στο *Sceptical Chymist* σε ένα δεύτερο σημείο στα ταξίδια των Άγγλων και των Ολλανδών σε ψυχρά κλίματα επιβεβαιώνει ότι τουλάχιστον μέχρι το 1661 ή και νωρίτερα, ο Boyle είχε διαβάσει σημαντικά έργα ταξιδιωτών τα οποία στη συνέχεια αποτέλεσαν σημαντική πηγή πληροφοριών για το *Cold* και χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς σε αυτό. Με βάση τα όσα αναφέρει ο Boyle, ένα μεγάλο μέρος των πληροφοριών των ταξιδιωτών αφορούσαν παρατηρήσεις των παγόβουνων που συναντούσαν και γενικότερα των συνθηκών ψύχους που αντιμετώπιζαν στις ψυχρές περιοχές, δίνοντας λεπτομερές περιγραφές για την επίδραση του ψύχους στα πόσιμα υγρά, στα τρόφιμα και σε άλλα αντικείμενα που έφεραν μαζί τους.

Ένα ακόμη συμπέρασμα με βάση τις αναφορές για το ψύχος στο *Sceptical Chymist*, είναι ότι ο Boyle την περίοδο που έγραφε το *Cold* είχε συμπεράνει ότι τα υγρά, καθώς και τα συμπαγή σώματα που ενέχουν υδατικά μέρη μπορούν να μετατραπούν σε πάγο, ενώ αν διαχωριστούν τα υδατικά μέρη από τα υγρά, τότε αυτά ακόμη και σε έντονες συνθήκες ψύχους δεν μπορούν να στερεοποιηθούν. Υπάρχει η ένδειξη επίσης ότι ο Boyle γνώριζε και ίσως είχε διεξαγάγει και τα αντίστοιχα πειράματα για τις επιπτώσεις που έχει το έντονο ψύχος στην αλλαγή και καταστροφή της υφής των σωμάτων, επεμβαίνοντας στην κίνηση των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται καθώς και τη δράση του ψύχους στα μέταλλα προκαλώντας σκλήρυνση και ευθραυστότητα. Αυτά τα φαινόμενα εξετάζονταν εκτενώς στο κεφάλαιο έξι («Title VI») του *Cold*.

¹⁷⁶ Boyle [1661η], σσ. 247-253.

¹⁷⁷ Βλ., για το χωρίο στο *Sceptical Chymist* Boyle [1661η], σελ. 252 και το χωρίο στο *Cold* Boyle [1665α], σελ.,

Ορισμένες σκέψεις για τη χρονολόγηση των πειραμάτων του ψύχους με βάση το *Sceptical Chymist* προέρχονται από τη σύγκριση του κειμένου του *Sceptical Chymist* με ένα χειρόγραφο του διαλόγου που παρουσιάζει η Marie Boas Hall στο άρθρο της «An Early Version of Boyle's *Sceptical Chymist*»¹⁷⁸. Το χειρόγραφο αφορά μέρος του *Sceptical Chymist* και περιέχει μερικά σημεία τα οποία ταυτίζονται απολύτως με χωρία του τελευταίου. Η Hall αναφέρει ως περίοδο συγγραφής του χειρογράφου το 1651 με 1657, σημειώνοντας ότι δεν θα μπορούσε να έχει γραφτεί μετά το 1657. Ένα από τα σημαντικά σημεία διαφοράς του χειρογράφου με το *Sceptical Chymist*, που τονίζει η ίδια, είναι η προβολή στο δεύτερο μίας σωματιδιακής εξήγησης της σύστασης της ύλης και των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των σωμάτων. Ένα σημείο που αναδεικνύει το επιχείρημά της είναι ότι στο χειρόγραφο, ο Boyle γράφει ότι η αληθινή ιδιότητα της θερμότητας είναι να διαχωρίζει τα μέρη των σωμάτων και να τα χωρίζει σε μικρά σωματίδια, ενώ στο *Sceptical Chymist* γράφει ότι είναι να θέτει σε κίνηση τα μέρη των σωμάτων και με αυτό τον τρόπο να τα διαχωρίζει και να τα χωρίζει σε μικρότερα σωματίδια.

Στη διαφορά των δύο γραπτών που επισημαίνει η Boas Hall προσθέτουμε άλλη μία διαφορά. Αυτή έγκειται στο ότι ενώ η συζήτηση για τη θερμότητα συμπεριλαμβάνεται στο *Sceptical Chymist* και τίθεται όπως ακριβώς και στο χειρόγραφο, για να απορριφθεί η αριστοτελική έννοια της θερμότητας, στο χειρόγραφο δεν υπάρχει η κριτική της αντίστοιχης αριστοτελικής έννοιας του ψύχους η οποία συζητείται στο *Sceptical Chymist*. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονολόγηση της Boas Hall, η αναφορά στην έννοια του ψύχους αποτελεί μία πρόσθεση μετά το 1657. Η μεταγενέστερη πρόσθεση του χωρίου για το ψύχος δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα πειράματα του ψύχους που αναφέρονται στο συγκεκριμένο σημείο στο *Sceptical Chymist* δεν είχαν γίνει το 1657. Και αυτό γιατί αυτά αποτελούν πειράματα που συμπεριλήφθηκαν αργότερα στα κεφάλαια δύο και τρία («Title II», «Title III») του *Cold*, τα οποία, όπως έχουμε δείξει παραπάνω πρέπει να είχαν διεξαχθεί από την εποχή του Stalbridge. Ίσως ο Boyle την εποχή που έγραφε το χειρόγραφο να μην ήταν σίγουρος για τη στήριξη της απόρριψης της αριστοτελικής έννοιας του ψύχους στα συμπεράσματα της πειραματικής του έρευνας. Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα από την έλλειψη της

¹⁷⁸ Boas Hall [1954].

αναφοράς στο χειρόγραφο της σχέσης της θερμότητας με την κίνηση των σωματιδίων των σωμάτων, είναι ότι ο Boyle μπορεί να μην ήταν ακόμη σίγουρος για την υποστήριξη μίας τέτοιας άποψης όταν έγραφε το χειρόγραφο. Η προσθήκη αυτής της σχέσης μετά το 1657 συνάδει με παρόμοιες απόψεις που παρουσίαζε στα έργα που συνέγραφε αυτή την εποχή. Στο *Fluidity and Firmness*, το οποίο γράφτηκε μετά το 1656, συσχέτιζε τη θερμότητα και το ψύχος με την κίνηση των σωματιδίων και κατ'επέκταση με την ρευστότητα και στερεότητα των σωμάτων. Την ίδια εποχή χρονολογείται η συγγραφή της ανέκδοτης πραγματείας *Dialogues on Flame and Heat*, κάτι που δείχνει ότι ο Boyle ερευνούσε την ιδιότητα της θερμότητας και θα μπορούσε να είχε καταλήξει σε ένα τέτοιο συμπέρασμα. Η σύνδεση της θερμότητας και του ψύχους με την κίνηση των σωματιδίων των σωμάτων αποτελεί ένα σημαντικό σημείο στη θεώρηση του Boyle για τις δύο ιδιότητες. Τα παραπάνω αποτελούν ενδείξεις ότι ανέπτυξε αυτή την ιδέα μετά το 1657.

Το *Spring of the Air* καθώς και οι απαντήσεις του Boyle στις κριτικές που δέχτηκε σε αυτό το έργο, *Defence* και *Examen*, αποτελούν σημαντικές πηγές για τη χρονολόγηση καταρχήν του εισαγωγικού κεφαλαίου του *Cold* «New Thermometrical Experiments and Thoughts» και κατά δεύτερον μίας σειράς πειραμάτων κάποιων κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold» που φαίνεται να είχε διεξάγει ο Boyle μέχρι τη συγγραφή των έργων αυτών. Το *Spring of the Air* αποτελούσε την πρώτη πειραματική πραγματεία του Boyle όπου παρουσίαζε τα πειράματα που είχε διενεργήσει με την αντλία κενού («air pump») για την έρευνα των ιδιοτήτων του αέρα και κυρίως αυτού που ονόμαζε ο Boyle «spring» («ελαστικότητας») του αέρα. Το *Defence* αποτελούσε την απάντηση του Boyle στις κριτικές που είχε δεχθεί για τις απόψεις του στο *Spring of the Air* από τον Ιησουίτη Francis Linus ενώ το *Examen* αποτελούσε την απάντησή του στην κριτική που του είχε ασκηθεί στην ίδια πραγματεία από τον Άγγλο φιλόσοφο Thomas Hobbes μέσω του βιβλίου του *Dialogus Phisicus De Natura Aeris*¹⁷⁹.

Ως προς τη χρονολόγηση των παραπάνω έργων του Boyle, σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνει η δευτερεύουσα βιβλιογραφία, ορισμένα πειράματα του *Spring of Air* πρέπει να είχαν γίνει το 1657¹⁸⁰, το μεγαλύτερο μέρος όμως των πειραμάτων που είχαν εκτελεστεί

¹⁷⁹ Hobbes [1661].

¹⁸⁰ Βλ. Hunter, Davies [1999-2000α] σελ. cxxix. και Frank [1980], σελ. 128.

με την αντλία κενού πρέπει να έγιναν την περίοδο 1658-1659¹⁸¹. Η συγγραφή ενός μεγάλου μέρους του έργου και η τελειοποίησή του έγινε το 1659 και το έργο εκδόθηκε το καλοκαίρι του 1660. Οι πραγματείες *Defence* και *Examen* άρχισαν να γράφονται μετά την έκδοση το 1661 των πραγματειών του Linus και του Hobbes, στις οποίες ο Boyle απαντούσε με αυτά τα έργα¹⁸². Μάλιστα για την πραγματεία του Hobbes υπάρχει η πληροφόρηση ότι είχε εκδοθεί τον Αύγουστο του 1661. Ο Boyle έσπευσε να γράψει τις απαντήσεις του με αποτέλεσμα να τις δημοσιεύσει την άνοιξη του 1662, την ίδια περίοδο με τη δεύτερη έκδοση του *Spring of the Air*¹⁸³. Το *Defence* και το *Examen* πωλούνταν μαζί με τη δεύτερη έκδοση του *Spring of the Air* ως συμπληρώματα.

Η εμφάνιση και η χρήση των θερμοσκοπίων που περιγράφονται στο *Cold* στα παραπάνω έργα καθώς και οι έρευνες που διεξήχθησαν εκεί για τις ιδιότητες του ατμοσφαιρικού αέρα δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη χρονολόγηση των πειραμάτων που συμπεριλαμβάνονται στο εισαγωγικό κεφάλαιο του *Cold*, «New Thermometrical Experiments and Thoughts» καθώς και για τη συγγραφή του. Οι δύο τύποι θερμοσκοπίου που περιγράφονται στο *Cold* και αναφέρονται στο *Spring of the Air* και στα *Defence* και *Examen*, αποτελούν το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος που εσωκλείει τον αέρα στο κάτω μέρος και το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού¹⁸⁴. Σύμφωνα με τις έρευνες που έχουν γίνει στα πλαίσια αυτής της διδακτορικής διατριβής μπορεί να στοιχειοθετηθεί

¹⁸¹ Οι Shapin και Schaffer υποστηρίζουν ότι την περίοδο αυτή ο Boyle κατασκεύασε με την βοήθεια του κατασκευαστή οργάνων Greatorex και του Hooke την αντλία κενού. Shapin, Schaffer [1985], σελ. 26.

¹⁸² Οι πραγματείες αυτές ήταν το *Tractatus de corporum inseparabilitate; in quo experimenta de vacuo, tam Torricelliana, quam Magdeburgica, & Boyleiana, examinatur, vera que eorum causa detecta, ostenditur, Vacuum Naturaliter dari non posse* του Ιησούτη Fransiscus Linus και το *Dialogus Phisicus, sive de natura aeris conjectura sumpta ab experimentis nyper Londini habitis in Collegio Greshamensi* του Thommas Hobbes. Βλ., Linus [1661] και Hobbes [1661].

¹⁸³ Αυτή η χρονολόγηση δίνεται από τη λίστα με τα δημοσιευμένα κείμενα του Boyle που συμπεριλαμβάνεται στο *Cold*. Boyle [1665a], σελ. 517.

¹⁸⁴ Όπως εξηγείται πιο λεπτομερώς στο κεφάλαιο 2.3 το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος του Boyle αποτελούνταν από ένα στρογγυλό γυάλινο δοχείο το οποίο ήταν μερικώς γεμάτο με νερό. Μέσα από το στόμιο του δοχείου περνούσε ένας σωλήνας ο οποίος ήταν και από τα δύο άκρα ανοιχτός. Το στόμιο του δοχείου σφραγιζόταν έτσι ώστε να μην περνάει αέρας από το διάστημα που υπήρχε μεταξύ του σωλήνα και του στομίου. Το νερό του δοχείου εισερχόταν μέσα στο σωλήνα σε μία στάθμη πάνω από το στόμιο. Μέσω αυτής της κατασκευής παγιδευόταν αέρας στο εσωτερικό της φιάλης και το νερό βρισκόταν ανάμεσα στον εσωτερικό αέρα και την εξωτερική ατμόσφαιρα. Ο εσωτερικός αέρας αποτελούσε και τη θερμομετρική ουσία, δηλαδή με το ψύχος συστελλόταν οπότε η στάθμη του νερού στον σωλήνα κατέβαινε και με την θερμότητα διαστελλόταν με αποτέλεσμα την άνοδο του νερού στο σωλήνα. Το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, όπως θα εξηγηθεί στο κεφάλαιο 2.3, αποτελούνταν από μία στρογγυλή γυάλινη φιάλη της οποίας το στόμιο κατέληγε σε έναν μακρύ σωλήνα, ο οποίος στο τέλος του ήταν ερμητικά κλειστός. Το δοχείο περιείχε κόκκινο κρασί το οποίο ανέβαινε μέχρι κάποια στάθμη στον σωλήνα. Το κρασί αποτελούσε την

ότι οι εργασίες του Boyle πάνω στα θερμοσκόπια αέρος και στη συνέχεια στα κλειστά θερμοσκόπια υγρών πρέπει να έγιναν μετά το 1657. Η αναφορά του Boyle στο ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος στο πείραμα 39 του *Spring of the Air* αποτελεί την πρώτη αναφορά σε θερμοσκόπιο σε πειραματική πραγματεία του Boyle¹⁸⁵. Το γεγονός ότι το θερμοσκόπιο χρησιμοποιούνταν σε πείραμα μαζί με την αντλία κενού αποτελεί ένδειξη ότι από το 1658 ή 1659 ο Boyle το χρησιμοποιούσε. Η αναφορά του όμως στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» στο ότι το θερμοσκόπιο αυτό είχε φτιαχτεί με σκοπό να είναι πιο εύχρηστο από το κοινό θερμοσκόπιο, μας δείχνει ότι όχι μόνο χρησιμοποιούσε θερμοσκόπια αέρος εκείνη την εποχή αλλά είχε σκεφτεί και τρόπους για την εξέλιξή τους¹⁸⁶.

Ανάμεσα στα πολλά πειράματα του *Spring of the Air* που εξέταζαν την «ελαστικότητα» («spring») (ή «πίεση» ή «βάρος») του αέρα, υπήρχαν ορισμένα στα οποία ο Boyle προσπαθούσε να ερευνήσει τις αλλαγές που συνέβαιναν στον ατμοσφαιρικό αέρα¹⁸⁷. Με το πείραμα 17 προσπαθούσε να ελέγξει αν κατά τη διενέργεια του πειράματος του Torricelli, η άνοδος του υδράργυρου στους 29,5 βαθμούς σε δεδομένο υψόμετρο, σήμαινε ότι στο σημείο αυτό το βάρος της στήλης του υδραργύρου αντιστεκόταν στην περαιτέρω άνοδο του υδράργυρου στο σωλήνα από την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα¹⁸⁸. Στο πείραμα 18 προσπαθούσε να ερευνήσει ποιες αλλαγές στον εξωτερικό αέρα, εκτός των αλλαγών στη θερμοκρασία του, μπορούν να μεταβάλλουν το ύψος του υδράργυρου και να αποσαφηνίσει αυτές τις αλλαγές¹⁸⁹. Το πείραμα αυτό είναι ενδεικτικό της συμμετοχής του Boyle στην προβληματική των συγχρόνων του για τις

θερμομετρική ουσία, δηλαδή συστελλόταν με το ψύχος και επομένως η στάθμη του έπεφτε μέσα στο σωλήνα και διαστελλόταν με τη θερμότητα με αποτέλεσμα να ανεβαίνει η στάθμη του μέσα στο σωλήνα.

¹⁸⁵ Boyle [1660], σσ. 272-273.

¹⁸⁶ Η διαφορά αυτού του θερμοσκοπίου από το κοινό θερμοσκόπιο συντελούνταν στο ότι σε αυτό ο αέρας ήταν κλεισμένος στο κάτω μέρος της φιάλης ενώ στο κοινό θερμοσκόπιο ο αέρας βρισκόταν κλεισμένος στο πάνω μέρος της φιάλης όπως συμβαίνει στο όργανο που χρησιμοποιείται στο πείραμα του Torricelli. Το κοινό θερμοσκόπιο δηλαδή αποτελούνταν από έναν σωλήνα με στρογγυλή την μία άκρη μέσα στον οποίο χυνόταν νερό. Στη συνέχεια αφήνοντας να περάσει αέρας μέσα στο σωλήνα, ο σωλήνας αναποδογυριζόταν σε ένα πλατύ δοχείο με νερό. Η στήλη νερού μέσα στο σωλήνα έπεφτε μέχρι ένα σημείο αφήνοντας το πάνω μέρος έλευθερο με αέρα. Ο εγκλωβισμένος αυτός αέρας στο πάνω μέρος του σωλήνα θεωρούνταν ότι συστελλόταν με το ψύχος ή διαστελλόταν με τη θερμότητα. Θα αποκαλώ το θερμοσκόπιο που εσωκλείει τον αέρα στο κάτω μέρος «νέο θερμοσκόπιο αέρος» για να το ξεχωρίζω από το κοινό.

¹⁸⁷ Οι Shapin και Schaffer θεωρούν ότι οι τρεις λέξεις χρησιμοποιούνται στο *Spring of the Air* για να δηλώσουν το ίδιο πράγμα. Shapin, Schaffer [1985], σελ. 49-55.

¹⁸⁸ Boyle [1660], σσ. 192-201.

¹⁸⁹ Boyle [1660], σσ. 201-205.

αλλαγές που συμβαίνουν στον ατμοσφαιρικό αέρα και της έρευνας που διεξήγαγε ο ίδιος για την επιρροή αυτών των αλλαγών πάνω στις ενδείξεις του οργάνου του Torricelli¹⁹⁰. Ο Boyle συμπέρανε ότι υπήρχαν κάποιες αλλαγές στον αέρα που επηρέαζαν το βάρος του και κατά συνέπεια τις ενδείξεις του οργάνου. Με τα δύο αυτά πειράματα εξέταξε τον ρόλο που έπαιζε ο ατμοσφαιρικός αέρας και το βάρος τους στην αντιστάθμιση του βάρους της στήλης του υδραργύρου στο πείραμα του Torricelli καθώς και τις επιπτώσεις που είχε η αλλαγή του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα στην μεταβολή του ύψους του υδράργυρου.

Με μία σειρά πειραμάτων που συμπεριέλαβε στο *Defence*, ο Boyle συνέχιζε την έρευνα στις αλλαγές του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα αυτή τη φορά εξετάζοντας τι αποτελέσματα θα είχε η αλλαγή τοποθεσίας του οργάνου. Στο τέταρτο κεφάλαιο της πολεμικής του εναντίον του Ιησουίτη Linus, ο Boyle παρουσίαζε τα πειράματα που είχε εκτελέσει στο Αββαείο του Westminster για να ελέγξει τα αποτελέσματα των πειραμάτων του Γάλλου Blaise Pascal (1623-1662). Ο Pascal, διενεργώντας το γνωστό ως «Puy de Dome» πείραμα, όπου συνέκρινε τη στάθμη του υδράργυρου στο όργανο του Torricelli όταν βρισκόταν στην κορυφή και στους πρόποδες ενός βουνού, είχε παρατηρήσει ότι ο αέρας είχε μεγαλύτερο βάρος πιο κοντά στην επιφάνεια της γης, παρά σε κάποιο ύψος. Ο Boyle επιχείρησε την αναπαραγωγή των πειραμάτων του Pascal πιστεύοντας ότι στην περίπτωση που είχε τα ίδια αποτελέσματα, θα μπορούσε να επιβεβαιώσει την εξήγηση του πειράματος με βάση την υπόθεση της αύξησης του βάρους του αέρα κοντά στη γη και με αυτό τον τρόπο θα απέρριπτε την εξήγηση του Linus. Στις δικές του εκτελέσεις ο Boyle χρησιμοποίησε το νέο θερμοσκόπιο αέρος, αντικαθιστώντας δηλαδή με αυτό το όργανο του Torricelli και επιβεβαίωσε τα συμπεράσματα του Pascal. Μία πιθανή χρονολόγηση των πειραμάτων στο Αββαείο του

¹⁹⁰ Ο Boyle αναπαρήγαγε το πείραμα του Torricelli αναποδογυρίζοντας ένα σωλήνα με υδράργυρο μέσα σε ένα πιάτο με το ίδιο υγρό, αφήνοντας να περάσει αέρας μέσα στο σωλήνα. Ανέμενε ότι ο αέρας που ήταν εγκλωβισμένος στο πάνω μέρος του σωλήνα θα δέχεται τις επιδράσεις της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και ανάλογα με τη συστολή ή την διαστολή του θα προκαλείται η άνοδος ή κάθοδος του υγρού. Παρατήρησε ότι ο υδράργυρος δεν συμπεριφερόταν ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας και ότι πρέπει να έπαιζε ρόλο ο ατμοσφαιρικός αέρας που πίεζε τον υδράργυρο που βρισκόταν στο πιάτο και ήταν εκτεθειμένος σε αυτόν.

Westminster θα μπορούσε να είναι από τον Φεβρουάριο του 1661 και πριν τον Οκτώβριο της ίδια χρονιάς¹⁹¹.

Η έρευνα που διενεργήθηκε στο *Spring of the Air* και στο *Defence* σχετικά με το θέμα των αλλαγών του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα ήταν απαραίτητη για τη συγγραφή και των τριών υποκεφαλαίων του «New Thermometrical Experiments and Thoughts»¹⁹². Βασικό θέμα του πρώτου υποκεφαλαίου, στο οποίο όμως αναφέρονταν και τα άλλα δύο, αποτελούσε το θέμα της επιρροής που μπορεί να έχει ο εξωτερικός αέρας και οι μεταβολές στο βάρος του στις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος. Ο Boyle, όπως δείξαμε πιο πάνω, είχε οδηγηθεί σε αυτό το συμπέρασμα από τις έρευνες του *Spring of the Air* και του *Defence*. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι ενεργό ρόλο σε αυτές είχε παίξει η χρήση του νέου θερμοσκοπίου αέρος όπου ο Boyle είχε παρατηρήσει τις αλλαγές που επέφερε η μεταβολή στο βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα στις ενδείξεις του θερμοσκοπίου. Η συνειδητοποίηση του ρόλου του ατμοσφαιρικού αέρα στις ενδείξεις των θερμοσκοπίων οδήγησε στην παρουσίαση των θερμοσκοπίων αέρος στο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» ως ελαττωματικών. Αν θεωρήσουμε ότι η προβληματική του Boyle για τις αλλαγές που συμβαίνουν στον αέρα αναπτύχθηκε ερευνητικά την περίοδο των πειραμάτων του *Spring*, και μάλιστα του πειράματος 18 το οποίο διεξήχθη μέσα στους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 1657, η ανάπτυξη της προβληματικής για την επιρροή του βάρους του αέρα στις ενδείξεις των θερμοσκοπίων μπορεί να τοποθετηθεί χρονικά την ίδια εποχή. Η διεξαγωγή ενός μεγάλου μέρους των πειραμάτων με τη χρήση θερμοσκοπίων καθώς και η συγγραφή των τριών υποκεφαλαίων για τα θερμοσκόπια μπορεί να χρονολογηθεί το 1662, εφόσον μετά την δημοσίευση των έργων για τις ιδιότητες του αέρα φαίνεται να είχαν ωριμάσει οι ιδέες για την επιρροή των ενδείξεων του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος από τις εναλλαγές του βάρους του αέρα.

¹⁹¹ Από την αλληλογραφία του Boyle γνωρίζουμε ότι από τον Φεβρουάριο του 1661 μέχρι το τέλος εκείνης της χρονιάς διέμενε στο Pall Mall στο Westminster, Boyle [2001], τόμος 1, σσ. 443-476. Οπότε αν υποθέσουμε ότι ο Boyle εκτέλεσε τα συγκεκριμένα πειράματα μετά τη συγγραφή του *Spring of the Air*, τότε θα του ήταν βολικό αυτή την εποχή να τα διεξάγει κοντά στον τόπο όπου διέμενε. Ο Οκτώβριος του 1661 τίθεται ως ημερομηνία πριν από την οποία θα έπρεπε να είχαν εκτελεστεί τα πειράματα γιατί αποτελεί την ημερομηνία του γράμματος του Henry Power προς τον William Croone, στο οποίο ο πρώτος αναφέρει τις δοκιμές αναπαραγωγής των πειραμάτων που είχε κάνει ο Boyle στο Αββαείο του Westminster. Το γράμμα αυτό μνημονεύει ο Boyle στο *Defence*, Boyle [1662^a,] σσ. 55-56.

¹⁹² Για τα τρία υποκεφάλαια και τους τίτλους τους βλ. παράρτημα 1.

Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από ένα ακόμη θέμα που είχε αναπτυχθεί στο *Defence* και χρησιμοποιήθηκε στο δεύτερο υποκεφάλαιο που αφορά τα θερμοσκόπια. Στην προσπάθειά του να αντιστοιχήσει τους βαθμούς του ψύχους με τη μέτρηση της συστολής ή συμπύκνωσης του αέρα στα κοινά θερμοσκόπια, ο Boyle χρειάστηκε να χρησιμοποιήσει τα συμπεράσματα στα οποία είχε καταλήξει στο πέμπτο κεφάλαιο του *Defence* για τη σχέση που υπάρχει μεταξύ της συμπίεσης του αέρα και του χώρου που καταλαμβάνει¹⁹³. Ο Boyle θεωρούσε ότι η συστολή του αέρα και η άνοδος του νερού στα κοινά θερμοσκόπια δεν προκαλούνται μόνο από το ψύχος αλλά και από την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα ο οποίος πιέζει το νερό που βρίσκεται στο δοχείο. Χρησιμοποιώντας το συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει στο *Defence*, ότι οι δυνάμεις που χρειάζονται για να συμπιεστεί ο αέρας είναι αντιστρόφως ανάλογες του χώρου που περιέχει την ίδια ποσότητα αέρα, ο Boyle υποστήριξε στο *Cold* ότι για τη μέτρηση της συστολής του αέρα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αναλογία του χώρου που εγκαταλείφθηκε από τον αέρα προς τον χώρο τον οποίο καταλάμβανε πριν και η πυκνότητα στην οποία είχε μειωθεί ο αέρας πριν την συστολή του. Μία περαιτέρω απόδειξη της συγγραφής των συζητήσεων για τα θερμοσκόπια μετά τις εκδόσεις του *Spring of the Air* και του *Defence* αποτελούν οι αναφορές του Boyle στο κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» σε αυτά τα έργα ως δημοσιευμένα¹⁹⁴.

Υπάρχουν όμως και επιπλέον πληροφορίες στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια που μας βοηθούν να συγκεκριμενοποιήσουμε τη χρονολόγηση των πειραμάτων αυτής της ενότητας του *Cold*. Και στα τρία υποκεφάλαια ο Boyle αναφέρει τη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου. Πιο συγκεκριμένα στο δεύτερο μιλάει για την προέλευσή του, εξηγώντας ότι αποτελεί ένα όργανο το οποίο έχουν κατασκευάσει Ιταλοί πειραματιστές και το οποίο παρέλαβε από έναν ταξιδιώτη στη Φλωρεντία¹⁹⁵. Ισχυρίζεται ότι είναι ο πρώτος που έδωσε οδηγίες για τη δημιουργία ενός κλειστού θερμοσκοπίου στην Αγγλία και ότι ο ίδιος έχει κάνει κάποιες αλλαγές με βάση το ιταλικό μοντέλο. Το βασικό προτέρημα του κλειστού θερμοσκοπίου, που τονίζει ο Boyle, είναι η χρήση του χωρίς να υπάρχει επιρροή των ενδείξεών του από τον ατμοσφαιρικό αέρα λόγω του ερμητικά κλειστού σωλήνα του. Με βάση τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία ο ταξιδιώτης

¹⁹³ Boyle [1665α], σσ. 243-244, Boyle [1662α], σσ. 57-65.

¹⁹⁴ Boyle [1665α], σσ. 235, 243.

που έφερε στον Boyle το κλειστό θερμοσκόπιο θεωρείται ότι ήταν ο Robert Southwell (1607-1677), στρατιωτικός, που είχε ταξιδέψει στην Ευρώπη και βρισκόταν στην Ιταλία από τον Ιούνιο του 1660 έως και μετά τον Απρίλιο του 1661¹⁹⁶. Με βάση την αλληλογραφία του Robert Southwell προς τον Boyle, καθώς και τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία μπορεί να υπολογιστεί ότι το κλειστό θερμοσκόπιο των Φλωρεντινών έφτασε στα χέρια του Boyle στο διάστημα μεταξύ των μηνών Απριλίου και Σεπτεμβρίου 1661¹⁹⁷. Η έλλειψη αναφοράς στο κλειστό θερμοσκόπιο στο *Spring of the Air* συμφωνεί με την ημερομηνία της γνωριμίας του Boyle με αυτό, εφόσον η πραγματεία είχε γραφτεί και δημοσιευτεί νωρίτερα. Επίσης η αναφορά σε αυτό στο *Defence* συμφωνεί και αυτή με την παραπάνω χρονολόγηση εφόσον δημοσιεύτηκε ένα χρόνο σχεδόν μετά την άφιξη του κλειστού θερμοσκοπίου στην Αγγλία¹⁹⁸. Σύμφωνα με τα λόγια του Boyle, το θερμοσκόπιο που παρέλαβε ήταν και το πρώτο κλειστό θερμοσκόπιο που έφτασε στην Αγγλία.

¹⁹⁵ Boyle [1665a], σελ. 246.

¹⁹⁶ Το τελευταίο γράμμα του Southwell από την Ιταλία χρονολογείται στις 30 Μαρτίου 1661, Southwell προς Boyle, 30 Μαρτίου 1661, Boyle [2001], τόμος 1, σσ. 451-453. Το επόμενο γράμμα, που χρονολογείται πριν από τον Σεπτέμβριο του 1661, γράφεται από το Kinsale της Ιρλανδίας, Southwell προς Boyle, πριν από τον Σεπτέμβριο του 1661, Boyle [2001], τόμος 1, σσ. 457-460. Ο Middleton με βάση το σημειωματάριο του Southwell μας πληροφορεί ότι ο τελευταίος βρισκόταν στη Φλωρεντία τον Απρίλιο του 1661. Βλ. Middleton [1966], σελ. 38.

¹⁹⁷ Οι πηγές της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας που αναφέρουν την επαφή του Boyle με το κλειστό θερμοσκόπιο μέσω του Southwell είναι οι Hunter και Davies στα εισαγωγικά τους σχόλια στο *Cold*. Βλ. Boyle [1665a], σελ. 199. Ο Middleton έχοντας κάνει έρευνα σε πρωτότυπες πηγές γράφει ότι «The Florentine thermometer reached England in 1661, when one was shown to Robert Boyle by a young man called Robert Southwell, just back from the Grand Tour». Ο Middleton συμπληρώνει ότι με βάση την προεδρία του Southwell στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου μεταξύ 1690-1695 γνωρίζουμε ότι ήταν αυτός που έδειξε στον Boyle το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού. Ο Middleton αναφέρει στις πηγές του ότι την πληροφορία απεκάλυψε ο Hooke σε μία ομιλία του στις 12 Δεκεμβρίου 1694, η οποία τυπώθηκε στο *The Posthumous Works*, ed. Richard Waller (London 1705), σελ. 556. Επίσης η πληροφορία επιβεβαιώνεται από τον Halley στα *Philosophical Transactions* vol. 22, (1701), σσ. 791-794. βλ., Middleton [1966], σελ. 38. Στα παραπάνω προσθέτουμε ένα στοιχείο από την πρωτεύουσα βιβλιογραφία. Στα πρακτικά της συνεδρίασης της 14ης Οκτωβρίου 1663 της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, σε ερώτηση του Wilkins για την προέλευση των κλειστών θερμομέτρων με κρασί ο Boyle απάντησε ότι ήρθαν από την Ιταλία και ότι θεωρεί ότι είχε παραλάβει το πρώτο που είχε έρθει στην Αγγλία. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. Ο λόγος που παραθέτω όλες αυτές τις πηγές είναι γιατί δεδομένης της πρακτικής εκείνης της εποχής, της ανταλλαγής πληροφοριών μέσω αλληλογραφίας και εφόσον οι Φλωρεντινοί πειραματιστές είχαν φτιάξει το κλειστό θερμοσκόπιο, φαίνεται περιεργό ότι οι πληροφορίες για την κατασκευή του δεν είχαν φτάσει στον Boyle νωρίτερα από την ημερομηνία που του το γνωστοποίησε ο Southwell. Οι παραπάνω πηγές επιβεβαιώνουν ότι ο Boyle γνώρισε το συγκεκριμένο όργανο όταν του το έφερε ο Southwell.

¹⁹⁸ «...what would happen as well in a Weather-glass, so contriv'd that the weight or pressure of the *Atmosphere* should make no change in it, as in another whose included Air was at the top», Boyle [1662a], σελ. 53. Παρόλο που δεν ονομάζει το θερμοσκόπιο που αναφέρει ως «κλειστό θερμοσκόπιο», θεωρώ ότι μόνο αυτό μπορεί να εννοεί λέγοντας ότι δεν επηρεάζεται από την πίεση ή το βάρος της ατμόσφαιρας.

Η χρονολόγηση της άφιξης του κλειστού θερμοσκοπίου και της χρήσης του από τον Boyle είναι σημαντική γιατί θέτει όλα τα πειράματα που έχουν γίνει με αυτό μετά τον Σεπτέμβριο του 1661. Οπότε το πείραμα της σύγκρισης των ενδείξεων του κλειστού και ανοιχτού θερμοσκοπίου με την παράλληλη χρήση βαρόμετρου που συμπεριλαμβάνεται στο πρώτο υποκεφάλαιο της συζήτησης των θερμοσκοπίων, καθώς και τα πειράματα με κλειστά θερμοσκόπια που συμπεριλαμβάνονται στα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» τέσσερα, δεκαεπτά, δεκαοχτώ, εικοσιένα («Title IV», «Title XVII», «Title XVIII», «Title XXI») καθώς και στο *Postscript* του κεφαλαίου όπου εξετάζεται το Αριστοτελικό δόγμα της «Antiperistasis» και το κεφάλαιο όπου εξετάζεται η θεωρία του Hobbes για το ψύχος, μπορούν να χρονολογηθούν μετά τον Σεπτέμβριο του 1661¹⁹⁹. Η περίοδος λοιπόν της έρευνας του Boyle στο θέμα της κατασκευής και εξέλιξης των θερμοσκοπίων συμπεραίνουμε ότι αρχίζει το 1657 και εντείνεται μετά την επαφή του με το κλειστό θερμοσκόπιο και την ολοκλήρωση των ερευνών του στις αλλαγές του ατμοσφαιρικού αέρα στο *Spring of the Air* και στο *Defence*. Στις έρευνες στα θερμοσκόπια καθώς και στην κατασκευή τους πρέπει να συμμετείχε ο Robert Hooke ο οποίος εργαζόταν ως βοηθός του Boyle στα πειράματα με την αντλία κενού και ο οποίος όπως φαίνεται από τα πρακτικά της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και την προσπάθειά του να φτιάξει ένα «standard thermometer» ανέπτυξε στις αρχές του 1660 ένα έντονο ενδιαφέρον για τα θερμοσκόπια και τη λειτουργία τους. Μία επιπλέον επιβεβαίωση για τη διεξαγωγή πειραμάτων με θερμοσκόπια τις χρονιές 1661 και 1662 αποτελεί η αναφορά του Hooke στο γράμμα της 10ης Νοεμβρίου 1664 στην εκτέλεση πειραμάτων για θερμοσκόπια τον Νοέμβριο του 1660 ή του 1661²⁰⁰.

Η συγγραφή ενός μεγάλου μέρους του κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts» καθώς και η τελειοποίησή του πρέπει να έγινε από το 1662 μέχρι και τον Φεβρουάριο του 1663/4, μία περίοδο όπου είχαν ωριμάσει τα συμπεράσματα σε σχέση με τις αλλαγές της βαρύτητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Η χρησιμοποίηση στο πρώτο υποκεφάλαιο, των απαντήσεων που έδωσαν τα μέλη της

¹⁹⁹ Boyle [1665a], σσ. 237-239. Η χρήση σε αυτά τα πειράματα ενός οργάνου που ονομάζεται βαρόμετρο αποτελεί μία ακόμη ένδειξη ότι αυτά τα πειράματα έγιναν μετά το 1662. Εφόσον οι έρευνες για τις αλλαγές στο βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα είχαν ξεκινήσει με το *Spring of the Air* και είχαν ενταθεί με το *Defence*, η αναφορά στη χρήση ενός οργάνου μέτρησης των μεταβολών αυτών που αποτελούσαν αντικείμενο μελέτης στα προηγούμενα έργα σημαίνει ότι οι ιδέες αυτές είχαν αναπτυχθεί περισσότερο από τον Boyle.

Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα το οποίο τους είχε θέσει ο Boyle στην συνάντηση της 2ης Δεκεμβρίου 1663, δείχνει ότι η συγγραφή ήταν σε εξέλιξη εκείνη την περίοδο²⁰¹. Ως προς τη χρονολόγηση της συγγραφής του τρίτου υποκεφαλαίου από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία νωρίτερα από τα άλλα δύο, τα παραπάνω στοιχεία που παραθέσαμε δεν το επιβεβαιώνουν. Ο ίδιος ο Boyle στην αρχή του τρίτου υποκεφαλαίου αναφέρει ότι έχει γραφτεί σε διαφορετικό χρονικό διάστημα από τα άλλα και ότι στην αρχή δεν είχε υπολογίσει να το συμπεριλάβει στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια²⁰². Οι Hunter και Davies βασισμένοι σε αυτή την έκφραση υποστηρίζουν την προετοιμασία αυτού του κεφαλαίου σε μία πρότερη στιγμή από τα άλλα δύο²⁰³. Η χρήση όμως του κλειστού θερμοσκοπίου στα πειράματα που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό καθώς και η στήριξη κάποιων επιχειρημάτων στη χρήση του δείχνουν ότι η συγγραφή του δεν μπορεί να απέχει πολύ από τα άλλα δύο υποκεφάλαια, δεδομένου ότι όλα πρέπει να γράφτηκαν αφού παρέλαβε ο Boyle το κλειστό θερμοσκόπιο από τον Southwell²⁰⁴. Ένα δεύτερο στοιχείο χρονολόγησης του τρίτου υποκεφαλαίου μας δείχνει ότι, όπως και για τα άλλα υποκεφάλαια έτσι και για αυτό, η προβληματική πρέπει να είχε ξεκινήσει μετά το 1657. Και αυτό γιατί στο τρίτο υποκεφάλαιο ο Boyle αντιτάσσεται στην εξήγηση που δίνει ο Hobbes για τη λειτουργία των κοινών θερμοσκοπίων, μία εξήγηση που ο Hobbes είχε εκφράσει στο έργο του *De Corpore*, το οποίο είχε εκδοθεί το 1655 και είχε δημοσιευτεί μεταφρασμένο στα αγγλικά ως *Elements of Philosophy, concerning Body* το 1656.

Γνωρίζουμε ότι τα τρία υποκεφάλαια του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» είχαν ολοκληρωθεί μέχρι την 3η Φεβρουαρίου 1663/4 οπότε έγινε και η παρουσίασή τους στη συνεδρίαση των μελών της Βασιλικής Εταιρείας²⁰⁵. Στα πρακτικά

²⁰⁰ Hooke προς Boyle, 10 Νοεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σσ. 398-400.

²⁰¹ Ο Boyle ρώτησε τα μέλη της Εταιρείας αν ορισμένες φορές ο καιρός εκτιμώνταν από το θερμοσκόπιο ψυχρότερος από ότι αντιλαμβανόταν ένας άνθρωπος μέσω των αισθήσεών του. Τα μέλη που παρευρίσκονταν στη συνεδρίαση υποστήριξαν ότι σε κρύο και ξηρό καιρό το θερμοσκόπιο επηρεαζόταν περισσότερο από το ψύχος από ότι οι ανθρώπινες αισθήσεις. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ.

²⁰² Boyle [1665a], σελ. 253.

²⁰³ Boyle [1665a], σελ. 200.

²⁰⁴ Boyle [1665a], σελ. 254.

²⁰⁵ Τα πρακτικά της Εταιρείας γράφουν «Mr Boyle's discourse concerning weather-glasses was read in great part wherein he considers 1. That not only our senses, but common weatherglasses may misinforme us about cold; and that though sealed weatherglasses are so far preferrable to the common ones, as (they not being obnoxious to the various pressure of the external Air) that there seems no need to in most cases to

αναφέρεται ότι ο Boyle διάβασε τα γραπτά του για τα τρία υποκεφάλαια και ενημέρωσε τα μέλη ότι θα τα δημοσίευε σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια αποτελούσε το πρώτο γραπτό κείμενο του *Cold* το οποίο παρουσιάστηκε σε συνάντηση της Εταιρείας. Την περίοδο της παρουσιάσής του, υπάρχει καταγεγραμμένο στα πρακτικά των συνεδριάσεων της Εταιρείας έντονο ενδιαφέρον των μελών της για πειράματα με την χρήση θερμοσκοπίων. Η χρονολόγηση της συγγραφής των τριών υποκεφαλαίων του «New Thermometrical Thoughts and Experiments» μπορεί να βοηθήσει στη χρονολόγηση της συγγραφής εκείνων των μερών του *Cold* όπου ο Boyle αναφέρεται σε αυτά. Ένα παράδειγμα αποτελεί το δέκατο-ογδοο κεφάλαιο («Title XVIII», πειράματα για την ψυχρότητα και τη θερμοκρασία του αέρα), όπου ο Boyle αναφέρει ότι στο τρίτο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Thoughts and Experiments» έχει δείξει ότι η συρρίκνωση του αέρα από το ψύχος σε ένα κοινό θερμοσκόπιο δεν μπορεί να επιτευχθεί αν το νερό δεν εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα²⁰⁶. Στα πειράματα του δέκατουογδού κεφαλαίου (Title XVIII) ο Boyle προχωρούσε ένα βήμα πιο πέρα και έδειχνε ότι η συρρίκνωση του αέρα από το ψύχος, σε ένα κλίμα όπως αυτό της Αγγλίας, δεν είναι τόσο μεγάλη όσο οι άνθρωποι νομίζουν. Επομένως τα συγκεκριμένα πειράματα καθώς και η συγγραφή αυτού του μέρους του δέκατουογδού κεφαλαίου (Title XVIII) πρέπει να έγινε μετά την συγγραφή των πειραμάτων του τρίτου υποκεφαλαίου για τα θερμοσκόπια, δηλαδή μετά τη χρονική περίοδο κατά την οποία ο Boyle παρέλαβε το κλειστό θερμοσκόπιο.

Μέχρι τώρα είδαμε τα στοιχεία που μας δίνουν το *Spring of the Air*, το *Defence* και το *Examen* για τη χρονολόγηση των πειραμάτων στα οποία χρησιμοποιούνται θερμοσκόπια και τη συγγραφή του εισαγωγικού κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts». Τώρα θα εξετάσουμε τα στοιχεία που μας δίνουν τα συγκεκριμένα έργα για τη χρονολόγηση ορισμένων πειραμάτων που

decline their Reports, or postpone them to those of any other Instruments; in some nice cases, it may be prudent to make use also of other ways of examining the Coldness of Boides 2. What may be the cause of the Condensation of Air, and ascent of water by cold in common weatherglasses, examining these opinions concerning the same. As 1 of the Schools 2. Of Mr Hobbs, and 3 of some ingenuous and modern Naturalists. He received the Thanks of the Company, and the Communication of this discourse being derived, it was answered by him that he intended shortly to publish it in print.», Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 34. Στα πρακτικά αναφέρονται και τα τρία θέματα των τριών υποκεφαλαίων τα οποία καταγράφονται και στους τίτλους που πήραν στο *Cold*.

²⁰⁶ Boyle [1665a], σσ. 384-385.

συμπεριλαμβάνονται στα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» της πραγματείας *Cold*. Στο 38ο πείραμα του *Spring of the Air* τίθεται ένα κυλινδρικό δοχείο με νερό, κλειστό στη μία άκρη με γύψο και ανοιχτό στην άλλη, να ψυχθεί μέσα στην αντλία κενού μέσα σε μίγμα από χιόνι και αλάτι²⁰⁷. Καθώς αντλείται ο αέρας έξω από τον υποδοχέα, το μίγμα χιονιού και αλατιού λιώνει με αποτέλεσμα τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Οι παρατηρήσεις που γίνονται αφορούν την κοιλότητα που εμφανίζεται στο πάνω μέρος του πάγου καθώς και την παρουσία φυσαλίδων μέσα στον πάγο. Μετά την περιγραφή του πειράματος ο Boyle αναφέρεται στις περιπτώσεις όπου το νερό καθώς μετατρέπεται σε πάγο μέσα σε γυάλινες φιάλες, τις σπάει. Σε αυτό το σημείο ο Boyle αναφέρεται σε κάποια κείμενα στα οποία έχει συμπεριλάβει πειράματα που αποδεικνύουν την αύξηση του όγκου του νερού με την μετατροπή του σε πάγο²⁰⁸. Εδώ θα μπορούσε να εννοεί είτε την εργασία «of Cold» είτε κάποιο πρόχειρο χειρόγραφο μέρος του δημοσιευμένου *Cold* που μπορεί να είχε ετοιμάσει τότε. Στη συνέχεια θέτει το εξής ερώτημα. Πώς το ψύχος, το οποίο στο θερμοσκόπιο συμπυκνώνει τον αέρα, αυξάνει τον όγκο του νερού ή του παρεμβαλλόμενου αέρα με τόση δύναμη ώστε να δημιουργούνται φαινόμενα όπως η θραύση των φιαλών που εσωκλείουν το νερό που παγώνει. Από το χωρίο αυτό συμπεραίνουμε ότι όταν ο Boyle εκτελούσε και κατέγραφε το συγκεκριμένο πείραμα πρέπει να είχε παρατηρήσει την αύξηση του όγκου του νερού κατά την ψύξη και τη δύναμη που παρουσιάζει το νερό όταν συμβαίνει αυτό, με αποτέλεσμα τη θραύση των φιαλών που το περιβάλλουν. Όμως αναρωτιόταν ακόμη για την προέλευση αυτής της δύναμης.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υποθέσουμε ότι μέχρι το 1660 ο Boyle είχε διεξαγάγει τα πειράματα των κεφαλαίων επτά και δέκα («Title VII», «Title X») για την αύξηση του όγκου του νερού και άλλων υδάτινων υγρών κατά την ψύξη και τη μέτρηση αυτής της αύξησης όγκου²⁰⁹. Τα πειράματα του ενδέκατου κεφαλαίου («Title XI») όπου ο Boyle παρατηρούσε και μετρούσε τη δύναμη που αναπτυσσόταν με την αύξηση του όγκου του νερού όταν μετατρεπόταν σε πάγο, δεν πρέπει να είχαν εκτελεσθεί²¹⁰. Στο

²⁰⁷ Boyle [1660], σσ. 270-272.

²⁰⁸ «And I have elsewhere prov'd by particular experiments, That whether or no Ice may be truly said to be Water rarefi'd (for that seems questionable) it may be said to take up more room then the Water did before Glaciation», Robert Boyle, [1660], σσ. 271-272

²⁰⁹ Boyle [1665α], σσ. 301-305, 319-324.

²¹⁰ Boyle [1665α], σσ. 324-330.

πείραμα 38 ο Boyle εξέφραζε μία απορία για την προέλευση αυτής της δύναμης ενώ στο ενδέκατο κεφάλαιο («Title XI») του *Cold* παρουσίαζε όχι μόνο τα πειράματα που δείχνουν αυτή τη δύναμη αλλά και πειράματα που είχαν σχεδιαστεί ειδικά για τη μέτρησή της. Επίσης στο ενδέκατο κεφάλαιο αναφερόταν στο θέμα της προέλευσης της δύναμης αναφέροντας κάποιες σκέψεις πάνω στις πιθανές απαντήσεις του ερωτήματος με βάση την καρτεσιανή και την επικούρια θεωρία για τη φύση του ψύχους ενώ στο 38ο πείραμα του *Spring of the Air* άφηνε το ερώτημα αναπάντητο²¹¹.

Άλλη μία ένδειξη χρονολόγησης πειραμάτων με βάση τα πειράματα που συμπεριλήφθηκαν στο *Spring of the Air* αποτελούν τα πειράματα του *Cold* στα οποία χρησιμοποιείται η αντλία κενού. Στα πειράματα του κεφαλαίου εννέα («Title IX»), που αφορούν τις φυσαλίδες που δημιουργούνται στον πάγο και οι οποίες θεωρείται ότι ευθύνονται για την επίπλευση του στο νερό, γίνεται χρήση της αντλίας κενού²¹². Αυτό θέτει τη χρονολόγησή τους μετά το 1658-59, οπότε ξέρουμε ότι είχε κατασκευαστεί και χρησιμοποιούνταν η αντλία. Το γεγονός ότι ορισμένα πειράματα προορίζονται ως αντεπιχείρημα στην άποψη του Hobbes για το περιεχόμενο των φυσαλίδων επιβεβαιώνει την εκτέλεση των πειραμάτων μετά το 1656 που δημοσιεύτηκε το αγγλικό κείμενο *Elements of Philosophy, the First Concerning Body* όπου ο Hobbes έγραφε την άποψή του²¹³. Το ερώτημα που ερευνάται στο κεφάλαιο εννέα αφορά το περιεχόμενο των φυσαλίδων που παρατηρούνται στον πάγο και πιο ειδικά το αν αποτελούνται από «κοινό» αέρα ή όχι. Το ερώτημα αυτό εντάσσει τα πειράματα του κεφαλαίου στην προβληματική για τις ιδιότητες του αέρα και για την ύπαρξη ή όχι κενού.

Το *Defence* μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη χρονολόγηση των πειραμάτων του δωδέκατου κεφαλαίου («Title XII») όπου ο Boyle παρουσιάζει ένα νέο τρόπο για την υψηλή συμπίεση του αέρα χωρίς τη χρήση μηχανών²¹⁴. Στην αρχή του τίτλου αναφέρει ότι η μεγαλύτερη συμπίεση του αέρα που έχει καταφέρει να πετύχει μέχρι εκείνη τη

²¹¹ Ο Boyle ανέφερε ότι σύμφωνα με την καρτεσιανή θεωρία η υποχώρηση της αιθέριας ουσίας από τα σώματα σήμαινε την παύση της διέγερσης των σωματιδίων των σωμάτων και επομένως την ακινησία τους και τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Δεν καταλάβαινε όμως πώς αυτή η διαδικασία θα μπορούσε να δικαιολογήσει τη δύναμη που παρουσίαζε το νερό κατά την αύξηση του όγκου του με την ψύξη. Σύμφωνα με τον Boyle η επικούρια θεωρία μπορούσε να εξηγήσει την αύξηση του όγκου του νερού μέσα από την εισχώρηση μέσα στα σώματα ψυχρών σωματιδίων· όμως δεν μπορούσε κατά αυτό τον τρόπο να εξηγήσει τη δύναμη που ασκούσε ο πάγος στα πλάγια του δοχείου. Βλ. Boyle [1665α], σελ. 329

²¹² Boyle [1665α], σσ. 308-319.

²¹³ Hobbes [1656].

²¹⁴ Boyle [1665α], σσ. 330-335.

στιγμή είναι αυτή που περιγράφεται στο πέμπτο κεφάλαιο του *Defence*, όπου μία ποσότητα αέρα ικανή να αντισταθμίσει μία στήλη υδραργύρου μήκους εκατό ιντσών, συμπίεστηκε στο ένα τέταρτο του χώρου που καταλάμβανε προηγουμένως. Υποστηρίζει όμως ότι στο δωδέκατο κεφάλαιο θα παρουσιάσει με πειράματα ένα νέο τρόπο συμπίεσης του αέρα με τον οποίο θα δείξει πόσο περισσότερο μπορεί να συμπιεστεί ο αέρας από το σημείο που είχε παρουσιάσει στο πέμπτο κεφάλαιο του *Defence*²¹⁵. Στα πειράματα που παραθέτει, ο Boyle δείχνει ότι καταφέρνει να συμπιέσει το νερό στο 1/10 και στο 1/20 του χώρου που διατηρούσε προηγουμένως. Στο *Defence* ο Boyle υπέθετε ότι ο αέρας μπορεί να συμπιεστεί περισσότερο από το σημείο που έδειχναν τα πειράματά του αλλά δεν ανέφερε τα πειράματα με την ψύξη νερού που συμπεριέλαβε αργότερα στο *Cold*²¹⁶. Επομένως η αναφορά στο *Cold*, στο πέμπτο κεφάλαιο («Title V») του *Defence*, καθώς και σε έναν «νέο» τρόπο συμπίεσης του αέρα τον οποίο δεν αναφέρει στο *Defence* αποτελούν ενδείξεις ότι τα συγκεκριμένα πειράματα του δωδέκατου κεφαλαίου έγιναν σε μεταγενέστερο χρόνο από τα πειράματα του *Defence*, τα οποία πρέπει να έγιναν το φθινόπωρο του 1661.

Μέχρι τώρα είδαμε τα στοιχεία που μας έδωσαν οι δημοσιευμένες πραγματείες του Boyle πριν από το *Cold* για τη χρονολόγηση πειραμάτων και τη συγγραφή του εισαγωγικού κεφαλαίου με θέμα τα θερμοσκόπια. Εδώ θα παραθέσουμε τα συμπεράσματα για τη χρονολόγηση της προετοιμασίας των δύο κεφαλαίων «Examen of Mr Hobs's Doctrine Concerning Cold» και «An Examen of Antiperistasis, As It is wont to be Taught and Prov'd», τα οποία όπως αναφέραμε συμπεριλαμβάνουν πειράματα αυτής της περιόδου και, με βάση τις εισαγωγές που έγραψε ο Boyle στα κεφάλαια αυτά, προετοιμάστηκαν κατά την περίοδο της παραμονής του Boyle στην Οξφόρδη.

Το κεφάλαιο του *Cold* «Examen of Mr Hobs's Doctrine Concerning Cold» αποτελεί και αυτό ένα από τα μέρη του που γράφτηκε μετά το 1656 και περιέχει πειράματα που είχαν γίνει από το φθινόπωρο του 1661 και μετά. Σε αυτό ο Boyle ασκούσε κριτική στο έργο του Hobbes *De Corpore (Elements of Philosophy, concerning Body)*, το οποίο είχε εκδοθεί στα λατινικά το 1655 και στα αγγλικά το 1656. Με βάση το

²¹⁵ «...so that the greatest unquestionable Compression of the Air seems to have been that, recorded in the Fifth Chapter of our *Defence* against the learned *Linus* ...but how much further the Air may be compressed by our new purposed way, it is now time to shew by the ensuing notes». Boyle [1665a], σελ. 331.

ότι ο Boyle είχε ασχοληθεί με την κριτική της θεωρίας του Hobbes για τις ιδιότητες του αέρα και τις ιδιότητες της ρευστότητας και στερεότητας το 1661 γράφοντας το *Examen*, θα μπορούσε την ίδια εποχή να είχε αρχίσει και τη συγγραφή της συγκεκριμένης πολεμικής. Από την αναφορά του Boyle, στο εισαγωγικό σημείωμα του κεφαλαίου στο *Cold*, στην ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου «the former part of the year, that preceded the last», πρέπει να είχε ολοκληρωθεί, στις αρχές του 1663²¹⁷.

Σύμφωνα με το εισαγωγικό σημείωμα του Boyle στο κεφάλαιο για το αριστοτελικό δόγμα της «antiperistasis», «An Examen of Antiperistasis, As It is wont to be Taught and Prov'd», το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο μέρη, έναν διάλογο με τον ίδιο τίτλο και ένα «Postscript» με τίτλο «Postscript: A Sceptical Consideration of the Heat of Cellars in Winter, and their Coldness in Summer»²¹⁸. Ο Boyle εξηγεί ότι είχε γράψει το πρώτο μέρος πριν στείλει τα εικοσιένα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» στο τυπογραφείο, δηλαδή πριν τον Σεπτέμβριο του 1664. Επίσης εξηγεί ότι προόριζε το μέρος του διαλόγου να προστεθεί ως κεφάλαιο στην ενότητα αυτή αλλά λόγω της συνεχούς πρόσθεσης παρατηρήσεων αναγκάστηκε να το προσθέσει ως ξεχωριστό κεφάλαιο και διακριτό από την ενότητα «The Experimental History of Cold». Από την εξήγηση αυτή καταλαβαίνουμε ότι ο Boyle συνέχιζε να συλλέγει παρατηρήσεις για το φαινόμενο και μετά τον Σεπτέμβριο του 1664 καθώς και ότι το «Postscript» συγγράφηκε μετά τον Σεπτέμβριο του 1664. Το ενδιαφέρον του Boyle σε αυτό το θέμα έτσι ώστε να του αφιερώσει ξεχωριστό κεφάλαιο μπορεί να είχαν διεγείρει οι συζητήσεις μετά τον Δεκέμβριο του 1662 για το θέμα της «antiperistasis» και το θέμα που συζητούσε ο Boyle στο «Postscript» στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου.

Η παραπάνω προσπάθεια χρονολόγησης πειραμάτων και συγγραφής κεφαλαίων οδήγησε σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα. Καταρχήν ότι ορισμένα πειράματα που αφορούν τα κεφάλαια δύο, τρία και τέσσερα («Title II», «Title III», «Title III») είχαν εκτελεστεί από την περίοδο του Stalbridge και ίσως αποτελούσαν το περιεχόμενο της πρώιμης εργασίας «of Cold». Επίσης έχει σημειωθεί ότι μέχρι το 1660 πρέπει να είχαν εκτελεστεί τα πειράματα των κεφαλαίων επτά και δέκα («Title VII», «Title X») και μέχρι

²¹⁶ «For no man perhaps yet knows how near to an infinite compression the Air may be capable of, if the compressing force be competently increased». Boyle [1662a], σελ. 60.

²¹⁷ Boyle [1665a], σελ. 501.

²¹⁸ Boyle [1665a], σσ. 459- 498.

το 1661 ορισμένα πειράματα που χρησιμοποιήθηκαν στα κεφάλαια ένα, δύο, τρία και έξι («Title I», «Title II», «Title III», «Title VI»). Πειράματα του κεφαλαίου εννέα («Title IX») φαίνεται να είχαν εκτελεσθεί μετά το 1658-59 και μάλιστα γύρω στο 1661 όπως φαίνεται από ένα από αυτά που χρονολογεί ο Boyle τον Φεβρουάριο του 1661²¹⁹. Δηλαδή πειράματα που σχετίζονταν με τα φαινόμενα των κεφαλαίων ένα μέχρι εννέα («Title I», «Title IX») είχαν εκτελεστεί μέχρι και το 1661. Για τα περισσότερα πειράματα που χρησιμοποιήθηκαν στο εισαγωγικό κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» καθώς και ορισμένα πειράματα που συμπεριλήφθηκαν στα κεφάλαια τέσσερα, ένδεκα, δώδεκα, δεκαεπτά, δεκαοχτώ και εικοσιένα («Title III», «Title XI», «Title XII», «Title XVII», «Title XVIII», «Title XXI») υπάρχουν στοιχεία ότι εκτελέστηκαν μετά το 1661. Για τα πειράματα των κεφαλαίων πέντε, οχτώ, δεκατρία, δεκατέσσερα, δεκαπέντε, δεκαέξι, δεκαεννέα και είκοσι («Title V», «Title XVIII», «Title XIII», «Title XIV», «Title XV», «Title XVI», «Title XIX», «Title XX») δεν φαίνεται να υπάρχουν στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να τα χρονολογήσουμε.

Η εικόνα που είχε δοθεί μέχρι τώρα από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία για την εκτέλεση πειραμάτων σε ένα μικρό χρονικό διάστημα μετά το 1660 δεν φαίνεται να ταιριάζει στα στοιχεία που βρέθηκαν. Οι πειραματικές έρευνες για το ψύχος εκτελέστηκαν σε διάφορα στάδια από τις αρχές του 1650 και έπειτα. Σε ορισμένες περιόδους η πειραματική έρευνα φαίνεται να ήταν πιο έντονη και μεθοδική, όπως για παράδειγμα από το 1658-59 μέχρι την προετοιμασία, το 1664, της πραγματείας για δημοσίευση. Πιο συγκεκριμένα το γεγονός ότι ένας αριθμός πειραμάτων εκτελέστηκε μετά τον Σεπτέμβριο του 1661 οδηγεί στην ανατροπή της θεώρησης των Hunter and Davies ότι η παραγματεία κατά ένα μεγάλο μέρος είχε ολοκληρωθεί το 1662²²⁰. Επίσης απόψεις όπως του Madisson ότι πολλά πειράματα για το ψύχος είχαν γίνει το 1662 μπορούν να θεωρηθούν σωστές μόνο στην περίπτωση που αφορούν ένα μέρος μόνο και όχι το μεγαλύτερο μέρος των πειραμάτων²²¹. Τα στοιχεία που παραθέσαμε για τα πειράματα που είχαν διεξαχθεί από την περίοδο του Stalbridge μέχρι το 1661 ανατρέπουν επίσης την άποψη που εκφράζει ο Frank ότι οι έρευνες για το ψύχος προέκυψαν από τις

²¹⁹ Boyle [1665α], σελ. 315.

²²⁰ Boyle [1665α], σελ. 200.

²²¹ «The main part of the book is devoted to numerous experiments on cold, many of them having been performed during the very frosty winter of 1662», Maddison [1969], σελ. 119.

έρευνες για τη συγγραφή του αδημοσίευτου διαλόγου *Dialogues on Heat and Flame* και ότι τα περισσότερα πειράματα έγιναν από τα μέσα του 1660 μέχρι τον χειμώνα του 1663²²². Όπως έχουμε δείξει οι έρευνες για το ψύχος είχαν ξεκινήσει αρκετά νωρίτερα από την ανάπτυξη του ενδιαφέροντος του Boyle για τη συγγραφή της πραγματείας του της θερμότητας στο δεύτερο μισό του 1650. Όσο για τα πειράματα που διεξήχθησαν μετά το 1660 υπάρχουν ενδείξεις ότι αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του *Cold* αλλά αμφισβητείται αν αυτό αποτελούσε και το μεγαλύτερο μέρος των πειραμάτων.

Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι εφόσον τα περισσότερα πειράματα όπου χρησιμοποιούνταν θερμοσκόπια τοποθετούνται χρονολογικά μετά τον Σεπτέμβριο του 1661, πολλά πειράματα της πραγματείας *Cold*, που διενεργήθηκαν πριν από την ημερομηνία αυτή, έγιναν χωρίς τη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου το οποίο θα βοηθούσε στον καθορισμό της θερμοκρασίας στην οποία διενεργούνταν. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό συμπέρασμα για τις συνθήκες στις οποίες διενεργούνταν τα πειράματα. Ότι δεν ήταν δυνατό να τα ποσοτικοποιήσει.

Ένα ακόμη συμπέρασμα αφορά τη διερεύνηση της ύπαρξης σχεδιασμού της πραγματείας ή της πειραματικής έρευνας για το ψύχος. Από τα στοιχεία που υπάρχουν για την εκτέλεση πειραμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι από την αρχή της πειραματικής έρευνας για το ψύχος, την οποία θέσαμε στις αρχές του 1650 ο Boyle φαίνεται να είχε ένα σχέδιο τουλάχιστον για τη διενέργεια πειραμάτων που αφορούσαν συγκεκριμένα φαινόμενα. Ο τρόπος που είναι γραμμένο το δημοσιευμένο κείμενο όπου παρουσιάζονται τα πειράματα σε κατηγορίες φαινομένων υποστηρίζει τουλάχιστον την άποψη ότι εκτελούνταν συγκεκριμένα πειράματα για συγκεκριμένα φαινόμενα και άρα πρέπει να υπήρχε μία πρότερη κατηγοριοποίηση των φαινομένων και των ερωτημάτων που θα τίθονταν προς εξέταση. Η ύπαρξη της πρώιμης εργασίας για το ψύχος επιβεβαιώνει ότι από το 1649/50 πρέπει να υπήρχε κάποιος σχεδιασμός των φαινομένων που θα ερευνώνταν εφόσον κάποιες έρευνες είχαν καταγραφεί σε αυτή την εργασία. Για την ύπαρξη ενός αρχικού σχεδιασμού της πειραματικής έρευνας για το ψύχος μιλάει ο ίδιος ο Boyle στην εισαγωγή του στο *Cold*. Αναφέρει ότι είχε αρχικά σχεδιάσει ερευνητικά ερωτήματα και στην πορεία συνειδητοποίησε πόσο περιεκτικά πρέπει να ήταν ή μπορούσαν να γίνουν με την πρόσθεση πειραμάτων από τρίτους ανθρώπους. Γι'

²²² Frank [1980], σελ. 125.

αυτό αργότερα κατέληξε σε ένα διαφορετικό σχεδιάγραμμα με γενικά ερευνητικά θέματα (τα «Titles») στο οποίο θα μπορούσε να διανείμει τα πειράματα που είχε κάνει²²³. Σκοπός του επίσης ήταν το τελικό σχεδιάγραμμα να μην είναι δεσμευτικό για κάποιον τρίτο αλλά και να του έδινε τη δυνατότητα να προσθέσει είτε άλλα πειράματα στα υπάρχοντα ερευνητικά κεφάλαια είτε άλλα εξολοκλήρου καινούργια.

Στην εισαγωγή του εικοστούπρώτου κεφαλαίου («Title XXI») ο Boyle επιβεβαιώνει την ύπαρξη ενός πρώτου πλάνου με ερωτήματα για το ψύχος και διευκρινίζει ότι το είχε δημιουργήσει για να καθοδηγήσει τις έρευνες και τα πειράματά του²²⁴. Ο Boyle αναφέρει συγκεκριμένα ότι ελπίζει ο αναγνώστης να μη θεωρήσει ότι εξαντλεί όλα τα φαινόμενα του ψύχους στα λίγα κεφάλαια που περιέχονται στην πραγματεία. Στην περίπτωση που μπορούσε να δείξει στον αναγνώστη το αρχικό του σχεδιάγραμμα με τα ερωτήματα που τον οδήγησαν στις έρευνές του, ο αναγνώστης δεν θα έκανε μία τέτοια σκέψη. Επομένως εδώ επιβεβαιώνεται αυτό που αναφέρει στην εισαγωγή ότι το αρχικό σχεδιάγραμμα των ερωτημάτων ήταν πιο εκτενές από τις κατηγορίες φαινομένων που τελικά συμπεριλήφθηκαν. Στην εισαγωγή του εξηγεί ότι η πρώτη λίστα ερευνητικών ερωτημάτων είχε σχεδιαστεί στο ξεκινήμα των ερευνών του για το ψύχος και ότι αργότερα ο ίδιος συνειδητοποίησε ότι δεν είχε πολύ χρόνο ούτε ευκαιρία να εκτελέσει όλα τα πειράματα που είχε σχεδιάσει να κάνει.

Διαβάζοντας τα λόγια του Boyle και ειδικά τα σχόλιά του στην εισαγωγή του *Cold*, πρέπει να λαβουμε υπόψη ότι χρησιμοποιούσε ένα είδος ρητορικής που εξυπηρετούσε ορισμένους σκοπούς. Οι Hunter και Davies έχουν δείξει ότι ο Boyle είχε υιοθετήσει τη συγγραφή απολογητικών εισαγωγών στα έργα του, πράγμα το οποίο πέρα από συνήθεια της εποχής αποτελούσε και ένα από τα βασικά του συγγραφικά χαρακτηριστικά²²⁵. Θεωρούν ότι η γραφή του Boyle, κυρίως στις απολογητικές εισαγωγές, αποκαλύπτει εν μέρει αλήθειες και εν μέρει εξυπηρετεί κάποιους σκοπούς όπως την αποφυγή κριτικής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο Boyle αναφέρει ότι προσπαθεί να δικαιολογήσει την ανακρίβεια της μεθόδου της πραγματείας του οπότε μπορεί σκοπός του να είναι να μην του ασκηθεί κριτική για την έλλειψη αναφοράς σε ορισμένα φαινόμενα του ψύχους. Όμως μπορούμε να θεωρήσουμε τουλάχιστον ως αληθές το γεγονός ότι υπήρχε ένας

²²³ Boyle [1665a], σελ. 210.

²²⁴ «I hope it will ... Experiments to make», Boyle [1665a], σελ. 418.

αρχικός σχεδιασμός των πειραμάτων σε κατηγορίες φαινομένων για την καθοδήγηση της έρευνας, ο οποίος άλλαξε όταν αποφάσισε να μετατρέψει το υλικό που είχε συλλέξει σε μία πραγματεία προς δημοσίευση. Αυτό που δεν είναι σαφές από την έρευνα που έχουμε παρουσιάσει μέχρι τώρα είναι αν από την αρχή των ερευνών του είχε κάποιον σχεδιασμό για τη συγγραφή της συγκεκριμένης πραγματείας ή αν η μετατροπή αυτής της έρευνας στη δημοσιευμένη πραγματεία ήταν κάτι που έγινε αρκετά αργότερα. Στην περίπτωση που αυτή η μετατροπή έγινε αργότερα, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ήταν η αναδιαμόρφωση των κατηγοριών των φαινομένων που θα συμπεριλαμβάνονταν στη δημοσιευμένη πραγματεία.

2.2.6. Η συγγραφή και η προετοιμασία για δημοσίευση του *Cold*

Μαρτυρίες (τεκμήρια) για την προετοιμασία της ερευνητικής εργασίας του Boyle για το ψύχος προς δημοσίευση έχουμε από το 1662 και μετά. Πριν όμως προχωρήσουμε σε αυτές, πρέπει να εξετάσουμε κατά πόσο υπήρχε συγγραφή τμημάτων της πραγματείας πριν από αυτή την ημερομηνία δεδομένου του αρκετά μεγάλου χρονικού διαστήματος του σταδίου του πειραματισμού. Παρόλο που έχουμε δείξει ότι πειράματα που θα μπορούσε να περιέχει η εργασία «Of Cold» χρησιμοποιήθηκαν αργότερα στη δημοσιευμένη πραγματεία *Cold*, η έλλειψη σωζόμενου χειρογράφου της πρώτης μας αφήνει ερωτήματα για το κατά πόσο ενσωματώθηκε στο δημοσιευμένο έργο. Γνωρίζουμε ότι καθ'όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης πειραμάτων ο Boyle κατέγραφε τα πειράματα για το ψύχος στα ημερολόγια εργασίας. Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, το βασικό χαρακτηριστικό του *Cold* που διατρέχει όλο το έργο αποτελεί τη συνεχή αναφορά σε σημειώσεις και ημερολόγια από όπου αντλεί καταχωρήσεις τις οποίες μετεγγράφει («transcribe») στη δημοσιευμένη πραγματεία. Σύμφωνα με τον τρόπο που είναι δομημένοι οι τίτλοι, η γραφή του ακολουθεί την εξής σειρά: πρώτα ξεκινά με την περιγραφή του φαινομένου που θα ερευνηθεί, άλλοτε κάνοντας αναφορές στη σημασία του για την «Ιστορία του ψύχους» και άλλοτε σε κάποια εξήγηση του φαινομένου από

²²⁵ Hunter, Davies [1999-2000α], σσ. Xxv-xxix

τρίτο πρόσωπο την οποία σκοπεύει να απορρίψει. Στη συνέχεια παραθέτει τις καταχωρήσεις που αφορούν το συγκεκριμένο φαινόμενο από τα ημερολόγια του ή άλλες σημειώσεις του. Το ερώτημα που μένει ανοιχτό αφορά τη χρονική περίοδο που ο Boyle γράφει τα κείμενα τα οποία πλαισιώνουν τα πειράματα που αντιγράφονται από τις σημειώσεις του.

Μία πηγή που μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για αυτό το στάδιο αποτελούν τα χειρόγραφα της πραγματείας. Με βάση τη χρονολόγησή τους από τους Hunter και Davies, τα λίγα σωζόμενα χειρόγραφα του *Cold* τοποθετούνται στις αρχές του 1660, παρόλο που είναι γραμμένα από χέρια γραμματέων του Boyle στη δεκαετία 1550²²⁶. Τα πιο σημαντικά από αυτά και τα οποία δείχνουν ότι ο Boyle είχε καταλήξει στον σχεδιασμό της ενότητας των εικοσιενός τίτλων αποτελούν δύο λίστες των εικοσιενός κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold» δημοσιεύονται ως περιεχόμενα στις σελίδες 226-227 του *Cold* καθώς και ένα χειρόγραφο της πρώτης παραγράφου του πρώτου κεφαλαίου «Title I»²²⁷. Η πρώτη λίστα των κεφαλαίων είναι ακριβώς ίδια με εκείνη που τυπώθηκε στο *Cold* ενώ η δεύτερη έχει τη σημαντική διαφορά ότι κάτω από τα κεφάλαια δύο, επτά, είκοσι και εικοσιένα («Title II», «Title VII», «Title XX», «Title XXI») σημειώνονται τα παραρτήματα τους²²⁸. Εφόσον τα παραρτήματα λογικά προστέθηκαν κεφάλαια αφού τα είχε γράψει ο Boyle τότε η πρώτη λίστα πρέπει να είναι προγενέστερη της δεύτερης. Οι Hunter και Davies χρονολογούν τις λίστες στις αρχές του 1660 με την υπόδειξη ενός ερωτηματικού, δείχνοντας ότι δεν είναι βέβαιοι για τη χρονολόγηση. Αν υπήρχε πιο οριστική χρονολόγηση, οι λίστες, παρουσιάζοντας τα περιεχόμενα της βασικής ενότητας της πραγματείας, θα μπορούσαν να μας δείξουν ότι στο χρονικό σημείο στο οποίο γράφτηκαν ο Boyle είχε συγγράψει ή σχεδιάσει τη δομή της πραγματείας. Στο χειρόγραφο της εισαγωγικής παραγράφου του πρώτου κεφαλαίου «Title I» ο Boyle αναφέρεται στο φαινόμενο το οποίο θα εξετασθεί

²²⁶ Ένας τρόπος χρονολόγησης των χειρογράφων του Boyle από το 1550, όπως αναφέρουν οι Hunter και Davies, αποτελεί το γραφικό χαρακτήρα των χειρογράφων του. Μετά από μία περιπέτεια υγείας ο Boyle δεν είχε καλή όραση και χρησιμοποιούσε γραμματείς («amanuensis») για τη συγγραφή των έργων του. Η εξήγησή που δίνεται από τους Hunter και Davies για τη χρονολόγηση χειρογράφων σε μεταγενέστερη ημερομηνία από αυτή που χρονολογείται το χέρι στο οποίο συγγράφηκε είναι ότι ο Boyle συνέχιζε να χρησιμοποιεί κάποιους από τους γραμματείς του της περιόδου 1650 και στις αρχές του 1660. Για τη χρονολόγηση των χειρογράφων του Boyle βλ. Robert [1665α], σσ. 201-202. Για τη χρονολόγηση γενικότερα των χειρογράφων βλ. Boyle [1999-2000β], σς. lxxxix-cv και , Hunter [1992].

²²⁷ «To go Methodically to work ... of our History», Boyle [1665α], σσ. 265-266.

²²⁸ Royal Society Archive, Boyle Papers, τόμος 10, fol. 89v, τόμος 36, fol. 94.

κεφάλαιο καθώς και στο σκοπό των φαινομένων που θα εξετασθούν στην πραγματεία²²⁹. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι γράφεται σε μία περίοδο που ο Boyle τουλάχιστον γνώριζε τα θέματα κεφαλαίων που θα συμπεριλάμβανε στην πραγματεία του. Οι Hunter και Davies δεν δίνουν σαφή χρονολογία του χειρογράφου αφήνοντας ανοιχτό το ενδεχόμενο να είναι γραμμένο είτε στη δεκαετία 1650 ή στις αρχές του 1660. Στην περίπτωση που μπορούσαμε να βεβαιώσουμε ότι και τα τρία χειρόγραφα ήταν γραμμένα στις αρχές του 1660, τότε αυτό θα συμφωνούσε και με τη χρονολόγηση των πειραμάτων που αναφέραμε παραπάνω και με τα όσα θα αναφερθούν για τα στοιχεία που υπάρχουν για την προετοιμασία της πραγματείας προς δημοσίευση μετά το 1662. Όμως στην περίπτωση που και οι δύο λίστες αλλά και η εισαγωγική παράγραφος στο πρώτο κεφάλαιο γράφτηκαν μέσα στην δεκαετία 1550, τότε αυτό θα μας έδινε μία διαφορετική εικόνα για το πότε η πειραματική έρευνα του Boyle πήρε τη μορφή της δημοσιευμένης πραγματείας.

Η συμμετοχή του Boyle στις συνεδριάσεις της νεοιδρυθείσας, το 1660, Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, οι παρουσιάσεις ενοτήτων του *Cold* στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, η αλληλογραφία με τον Oldenburg, ο οποίος επέβλεψε την έκδοση του *Cold* καθώς και η εισαγωγή του Boyle, του Oldenburg και ένα σημειώμά του προς τον πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, Lord Viscount Brounker, που δημοσιεύονται στην πραγματεία δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την προετοιμασία της ερευνητικής εργασίας του Boyle προς δημοσίευση από το 1662 και μετά. Τον Δεκέμβριο του 1662 καταγράφεται για πρώτη φορά στα πρακτικά της Εταιρείας της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου έντονο ενδιαφέρον για τα φαινόμενα του ψύχους²³⁰. Από αυτό το μήνα και πέρα υπάρχει μία τακτική αναφορά σε φαινόμενα, πειράματα και εργασίες για το ψύχος στις συνεδριάσεις της Εταιρείας καθώς και εντολές στα μέλη της για εκτέλεση πειραμάτων σε σχέση με τα συγκεκριμένα φαινόμενα. Μέσα σε αυτό το κλίμα, στη συνεδρίαση της 31ης Δεκεμβρίου 1662, η Εταιρεία ζήτησε από τον Boyle να παρουσιάσει τα πειράματά του για το ψύχος, και εκείνος υποσχέθηκε να το κάνει με την

²²⁹ Royal Society Archive, Boyle Papers, τόμος 26, fol. 204.

²³⁰ Η πρώτη εργασία που παρουσιάστηκε για το ψύχος ήταν τον Ιανουάριο του 1661/2 και ανήκε στο μέλος της εταιρείας Henshaw. Όμως επειδή μετά από αυτή δεν γίνεται καμία συζήτηση σε τακτικά χρονικά διαστήματα για το ψύχος, γι' αυτό θέτω την αρχή της έντονης ενασχόλησης της Εταιρείας με τα φαινόμενα του ψύχους τον Δεκέμβριο του 1662. Η δραστηριότητα της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου σε σχέση με τα φαινόμενα του ψύχους θα εξεταστεί σε ξεχωριστό κεφάλαιο.

πρώτη ευκαιρία²³¹. Την πρώτη εντολή ακολούθησε μία υπενθύμιση στη συνεδρίαση της 23ης Δεκεμβρίου 1663 προς όλα τα μέλη, στα οποία είχε δοθεί εντολή να εκτελέσουν πειράματα και παρατηρήσεις και δεν είχαν ακόμη φέρει αναφορές των θεμάτων για τα οποία τους είχε ζητηθεί να παρουσιάσουν την δραστηριότητα τους²³².

Στην εισαγωγή του στο *Cold* ο Boyle αναφερόταν στη σημασία της συγκεκριμένης εντολής. Ανέφερε τους λόγους που τον παρακίνησαν στη δημοσίευση των ερευνών του. Ο πρώτος πήγαζε από την έλλειψη παρουσίασης της σημασίας της ιδιότητας του ψύχους στα γραπτά των αρχαίων συγγραφέων και των μοντέρνων φυσικών φιλοσόφων, ο δεύτερος από το γεγονός ότι έξι ή επτά χρόνια νωρίτερα είχε γράψει κάποια μέρη της πραγματείας *Dialogues concerning Heat and Flame* και θεώρησε ότι έπρεπε να γράψει για την αντίθετη ιδιότητα, αυτήν του ψύχους, έτσι ώστε να δοθεί μία ολοκληρωμένη παρουσίαση των δύο ιδιοτήτων· και ο τρίτος ότι εφόσον με τις εκδόσεις του *Spring of the Air* και του *Defence*, στις αρχές του 1660, είχε ασχοληθεί με το βάρος και την ελαστικότητα του αέρα και είχε σκοπό να ασχοληθεί και με άλλες ιδιότητές του, δεν έπρεπε να παραμελήσει την ιδιότητα του ψύχους, η οποία αποτελεί την πιο σημαντική και διαδεδομένη από τις ιδιότητές του. Τη μεγαλύτερη όμως ισχύ έδινε στην εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου με αυτά τα λόγια, «But though neither any, nor all these inducements had been sufficient to ingage me to draw together, and recruite my Observations concerning Cold, there was another, that could not miss of prevailing, *The Command of the Royal Society*, impos'd on me in such a way that I thought, it would less misbecome me to obey it unskilfully, then not at all»²³³. Κατά πόσο πρέπει να λάβουμε υπόψη μας το γεγονός ότι ο Boyle θεωρεί το πιο σημαντικό κίνητρο για τη συγγραφή της πειραματικής του έρευνας για το ψύχος την εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου είναι θέμα ερμηνείας των κειμένων του και της ρητορικής που χρησιμοποιεί. Όσο για την αναφορά του στο κίνητρο που του έδωσε η έρευνα της ιδιότητας της

²³¹ «Mr Boyle was also desired to communicate his experiments of Frost, which he promised to do at his first convenience», Royal Society Archives, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 125.

²³² Royal Society Archives, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 23.

²³³ Boyle [1665a], σελ. 210. Στις υποσημειώσεις τους στην έκδοση οι Hunter and Davies σημειώνουν ότι η συγκεκριμένη εντολή δεν υπάρχει στα πρακτικά που δημοσιεύει ο Birch στο έργο *Royal Society*. Παραπέμπουν όμως σε μία δεύτερη αναφορά του Boyle σε αυτή την εντολή στο σημειώμά του προς τον πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου που δημοσιεύεται στις σελίδες 263-264 του *Cold*. Τα πρακτικά που αναφέρει ο Birch στην έκδοσή του αποτελούν συντομεύσεις των πρακτικών της Εταιρείας, γι' αυτό και λείπει το συγκεκριμένο χωρίο όπου δίνεται η εντολή στον Boyle από αυτή την έκδοση.

θερμότητας θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι εφόσον η έρευνα για το ψύχος είχε αρχίσει πολύ νωρίτερα από την προετοιμασία της πραγματείας για τη θερμότητα, ο Boyle μάλλον δεν εννοεί ότι οι έρευνες για το ψύχος ξεκίνησαν με αφορμή αυτές για τη θερμότητα. Στο συγκεκριμένο σημείο απλώς θέλει να προβάλλει τη σύνδεση ανάμεσα στις δύο ιδιότητες. Βέβαια το αν η συγγραφή της πραγματείας για τη θερμότητα έδωσε κάποιο κίνητρο στην συγγραφή της ήδη εν εξελίξει έρευνας για το ψύχος είναι μία υπόθεση που ευσταθεί.

Η αναφορά στην εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και στο γράμμα του Boyle προς τον πρόεδρο της, Brounker, δείχνει την ανάγκη του Boyle να εξάρει τη σημασία της, προσπαθώντας παράλληλα να τη χρησιμοποιήσει και ως δικαιολογία για το μικρό χρονικό διάστημα στο οποίο προετοίμασε το υλικό του για το ψύχος προς δημοσίευση. Το γράμμα αυτό αποτελεί ένα κείμενο μίας σελίδας που όπως αναφέρεται και στον τίτλο του, είχε επισυναφθεί στα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» και παραδόθηκε μαζί με αυτά στον πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας στη συνεδρίαση της 11ης Ιανουαρίου 1664/5, οπότε ο Boyle παρουσίασε τα δεκαεννέα ή είκοσι κεφάλαια της ενότητας στα μέλη της Εταιρείας²³⁴. Γι' αυτό το λόγο στη δημοσιευμένη πραγματεία τυπώνεται ακριβώς πριν από τον πρώτο τίτλο. Το σημείωμα απευθύνεται στον πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και έχει ημερομηνία την 14η Φεβρουαρίου 1662/63, ενάμιση μήνα μετά την εντολή που είχε δώσει η Royal Society στον Boyle²³⁵. Καταρχάς φαίνεται να αποτελεί την απάντηση του Boyle στην

²³⁴ «The Paper that was prefixed (by way of a short Prefatory Address) to the ensuing History of Cold, when being to be brought in, and presented to the *Royal Society*, it was put into the hands of (its most worthy President) the Lord Viscount *Brounker*, was as followeth», Boyle [1665a], σελ. 263.

²³⁵ Η χρονολογία που γράφει ο Boyle στο σημείωμα είναι «Little –Chelsey, Feb. 14, 1662. S.A.», Boyle [1665a], σελ. 263. Με βάση τα ακόλουθα στοιχεία επιβεβαιώσαμε ότι πρόκειται για τον Φεβρουάριο του 1662/3. Οι Hunter και Davies επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι εννοεί 1662/3 λέγοντας ότι «the letter introducing the main section of the work is dated 14 February 1663», βλ. Boyle [1665a], σελ., 200. Στην αλληλογραφία δεν υπάρχει γράμμα του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου 1662/3 που να πιστοποιεί ότι ο Boyle βρισκόταν στο Little Chelsey. Στο γράμμα όμως του Boyle προς τον Richard ο Boyle καθώς και στα γράμματα της εποχής για τις ημερομηνίες των μηνών Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και Μαρτίου πριν τον νέο χρόνο, που ξεκινούσε τον Μάρτιο, έβαζαν και τις δύο χρονιές. Βλ. Boyle προς Richard Boyle, 20 Ιανουαρίου 1662/3, Robert Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 60-61. Επίσης σε ένα γράμμα του στον Mallet, τον Ιανουάριο του 1652/3, ο Boyle χρησιμοποιεί την ημερομηνία «Ireland. January 1662», δηλαδή χρησιμοποιεί μόνο τη χρονολογία του έτους που τελείωνε τον Μάρτιο. Boyle προς Mallet, Ιανουάριος 1652/3, Boyle Robert [2001], τόμος 1, σσ. 139-140. Οπότε το πιθανότερο είναι στο γράμμα προς τον Brounker ο Boyle να εννοεί 14 Φεβρουαρίου 1662/3. Άλλη μία επιβεβαίωση της ημερομηνίας αυτής αποτελεί η αναφορά του Boyle στην εισαγωγή του στη συγγραφή του γράμματός μετά την εντολή της Royal Society, δηλαδή μετά τον Δεκέμβριο του 1662. Boyle Robert [1999], τόμος 4, σελ. 223.

εντολή της να παρουσιάσει τις έρευνές του για το ψύχος. Ο Boyle τονίζει το μικρό χρονικό διάστημα που του έχει δώσει η Εταιρεία για να παρουσιάσει τα πειράματά του για το ψύχος, λέγοντας ότι τα πειράματα που έχει κάνει αρκετά χρόνια πριν δεν φτάνουν για να καλύψουν μία σελίδα. Αναφέρεται στη συνέχεια στα πειράματα που εκτέλεσε κατά τη διάρκεια του τελευταίου παγετού κατά τον οποίο λόγω του έντονου ψύχους αδυνατούσε να αντέξει αρκετή ώρα στο κρύο για να εκτελέσει πειράματα και είχε προβλήματα μεταφοράς οργάνων από το Λονδίνο²³⁶. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να παραλείψει κάποια πειράματα. Στη συνέχεια όμως αναφέρει ότι θα προσπαθήσει στο σύντομο χρονικό διάστημα που του δίνει η Εταιρεία να αντιγράψει από τα σημειωματάριά του τα πειράματα που έχει καταγράψει σε αυτά.

Είναι σαφές από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω για την εκτέλεση πειραμάτων μέχρι το 1661 καθώς και για εκείνα που έγιναν μετά τον Σεπτέμβριο του 1661 ότι η προσπάθεια του Boyle να δείξει ότι δεν είχε κάνει αρκετά πειράματα μέχρι τη συγγραφή του γράμματος αποτελεί ένα μέρος της ρητορικής που χρησιμοποιεί για να μην του ασκηθεί κριτική στην περίπτωση που έχει παραλείψει κάποια πειράματα ή φαινόμενα. Η φράση του Boyle ότι από τα πειράματα που είχε κάνει πολλά χρόνια πριν δεν βρίσκει αρκετά για να καλύψει μία σελίδα φαίνεται να αποτελεί μία υπερβολή. Σε πολλά σημεία του *Cold* ο Boyle αναφέρεται συχνά στην έλλειψη πειραμάτων για να συνεχίσει δηλώνοντας ότι θα αναφέρει κάποια λίγα πειράματα που βρήκε στις σημειώσεις του. Όμως η αναφορά του σε πειράματα που είχε κάνει πολλά χρόνια πριν αποτελεί επιβεβαίωση της εκτέλεσης πειραμάτων για το ψύχος πριν το 1660.

Ένα σημαντικό σημείο του σημειώματος αποτελεί η δήλωση του Boyle ότι θα άρχιζε να αντιγράφει τις καταχωρήσεις για το ψύχος στην «Ιστορική Συλλογή» του, όπως αποκαλεί την πραγματεία, έτσι όπως ακριβώς τις έβρισκε στα σημειωματάριά του²³⁷.

²³⁶ Δεν είναι σαφές αν εννοεί τον παγετό του 1661-2, ή εκείνον του 1662-3. Για να εντοπισθεί ποιο χειμώνα εννοεί, έγινε έρευνα στην αλληλογραφία των αντίστοιχων περιόδων για να επιβεβαιωθούν τα σχόλιά του για την παραμονή του σε χώρο εκτός Λονδίνου. Όμως κατά τη διάρκεια των μηνών του χειμώνα (δηλαδή Οκτώβριο με Φεβρουάριο) της χρονιάς 1661-2 καταγράφεται μία κινητικότητα του Boyle μεταξύ Λονδίνου και Οξφόρδης που δεν επιβεβαιώνει τα σχόλιά του για το κλείσιμο των δρόμων προς το Λονδίνο από τον παγετό. Όσο για τους ίδιους μήνες της χρονιάς 1662/3 δεν υπάρχουν πολλά γράμματα που να μας δείχνουν πού διέμενε ο Boyle. Τα δύο που έχουν τη διεύθυνσή του επιβεβαιώνουν την παραμονή του στο Pall Mall του Λονδίνου.

²³⁷ «...I shall without further Apology apply my self to do what the shortness of the time will allow me, which is little more then to transcribe into this Historical Collection, most of the Particulars, which Your Lordships Commands exact, though haste will make me do it in the very words, for the most part, that I can

Αυτό δείχνει ότι την ημερομηνία του σημειώματος είχε τελειώσει ένα μεγάλο μέρος των πειραμάτων και ότι η διαδικασία αντιγραφής των καταχωρήσεων των πειραμάτων από τα σημειωματάρια ή ημερολόγια εργασίας του στην πραγματεία θα άρχιζε εκείνο το χρονικό διάστημα. Η θεώρηση ενός μεγάλου μέρους των πειραμάτων ως ολοκληρωμένα μέχρι τον Φεβρουάριο του 1662/3 είναι λογική γιατί ακόμη και τα πειράματα που έγιναν μετά τον Σεπτέμβριο του 1661 θα μπορούσαν να έχουν εκτελεστεί μέχρι τότε.

Ο Boyle στην εισαγωγή του στο *Cold* μας δίνει περισσότερα στοιχεία για τον σκοπό συγγραφής του σημειώματος καθώς και μία αιτιολογία της χρονολογικής διαφοράς μεταξύ της ημερομηνίας που φέρει και της παράδοσής του με τους είκοσι τίτλους την 11η Ιανουαρίου 1664/5. Στις τελευταίες παραγράφους της εισαγωγής του αναφέρει τους λόγους που τον οδήγησαν να εκδώσει ένα έργο που θεωρεί ότι δεν έχει ολοκληρωθεί σε αυτή τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παραπέμπει στο σημείωμα που έχει γράψει στον πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και εξηγεί ότι τα πειράματά του έπρεπε να είχαν παρουσιασθεί στην Εταιρεία την ημερομηνία του σημειώματος, δηλαδή τον Φεβρουάριο του 1662/3. Μάλιστα αναφέρει χαρακτηριστικά ότι από αυτό το σημείωμα φαίνεται η δύναμη που ασκούν πάνω του οι φίλοι του, εννοώντας την εντολή που είχε πάρει από τη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου. Ο Boyle δήλωνε ότι στον ενάμιση χρόνο που είχε περάσει από τη συγγραφή του σημειώματος, προσπάθησε να κάνει πειράματα αλλά λόγω ατυχημάτων αυτό το διάστημα δεν μπόρεσε. Λόγω λοιπόν των πιέσεων από άλλους πειραματιστές καθώς και επειδή βλέπει ότι η αναμονή δεν του προσδίδει τίποτα, αποφάσισε να προχωρήσει με την παρουσίαση των πειραμάτων του και να μη συμπεριλάβει κάποια από αυτά για τις επιδράσεις του ψύχους στον άερα και τις υποθέσεις εξήγησης της φύσης του ψύχους στην πραγματεία.

Από την αναφορά στο πέραςμα ενάμιση χρόνου από τη συγγραφή του σημειώματος, η συγγραφή της εισαγωγής του Boyle μπορεί να χρονολογηθεί γύρω στον Σεπτέμβριο του 1664. Από τα παραπάνω λόγια του Boyle φαίνεται ότι έγραψε το σημείωμα στον Brounker ενάμιση μήνα μετά την εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου με σκοπό να το παραδώσει με τα κείμενα της πραγματείας, αλλά στη συνέχεια καθυστέρησε την προετοιμασία των γραπτών, γιατί ήθελε να επωφεληθεί από τον

find them, in a kind of Note-book wherein I had thrown them for my own private use», Boyle [1665a], σελ. 263.

επόμενο χειμώνα, δηλαδή αυτόν του 1663/4 και να εκτελέσει κάποια πειράματα με σκοπό να τα ενσωματώσει. Τελικά κάποια από τα γραπτά που προετοίμαζε το χρονικό διάστημα αυτό τα άφησε έξω από την πραγματεία. Είναι εμφανές ότι ο Boyle εκλαμβάνει το διάστημα του ενάμιση χρόνου από τη συγγραφή του σημειώματος ως μία καθυστέρηση για την οποία πρέπει να δικαιολογηθεί. Αυτό μαζί με τις παραπάνω αναφορές στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου μας δείχνει ότι η εντολή της πρέπει να έπαιξε σημαντικό ρόλο καταρχήν για την παρουσίαση των κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold» στη συνεδρίαση του Ιανουαρίου 1664/5 και κατά δεύτερον στη δημοσίευση τον Απρίλιο του 1665 της πραγματείας. Η εντολή αυτή έβαλε τον Boyle σε μία διαδικασία δημοσίευσης, στην οποία, όπως αναφέρει ο ίδιος, ίσως να μην είχε μπει, «And I confess, that if I had not preferred the gratifying the Curious, before the advantages of my own Reputation, I should have kept this Book in my hands some Winters longer, that It might come forth, both more rich, and less upolished.»²³⁸. Από το γεγονός επίσης ότι ένα μεγάλο μέρος της ενότητας «The Experimental History of Cold» παρουσιάστηκε στη συνάντηση της 11ης Ιανουαρίου 1664/5 μόνο όταν είχε εκτυπωθεί φαίνεται ότι η εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου για την παρουσίαση των πειραμάτων του Boyle ισοδυναμούσε, για εκείνον, με εντολή για τη δημοσίευση της πραγματείας. Παράλληλα όμως η πίεση που ασκήθηκε από την Εταιρεία αποτέλεσε για τον Boyle και μία δικαιολογία την οποία προέβαλλε έντονα προκειμένου να αντιμετωπίσει κριτικές για την περιεκτικότητα σε πειράματα και φαινόμενα του βιβλίου του.

Ποιο όμως μέρος της πραγματείας είχε γραφτεί και ποιο όχι, όταν ο Boyle έλαβε την εντολή από τη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου και έγραψε το σημείωμα στον Brounker, δεν είναι σαφές. Από τις δηλώσεις του Boyle στο γράμμα, για την αντιγραφή των καταχωρήσεων σε μία άλλη σειρά κειμένων, καταλαβαίνουμε ότι ένα μεγάλο μέρος της συγγραφής του *Cold* πρέπει να ξεκίνησε μετά τη συγγραφή του γράμματος τον Φεβρουάριο του 1662/3. Περισσότερα στοιχεία για τη συγγραφή της πραγματείας μας δίνει ο Henry Oldenburg στην εισαγωγή του, ως εκδότης του *Cold*²³⁹. Η εισαγωγή του Oldenburg φέρει την ημερομηνία 10 Μαρτίου 1664/5, ένα μήνα δηλαδή νωρίτερα από

²³⁸ Boyle [1665a], σελ. 223.

την παρουσίαση ολόκληρου του δημοσιευμένου έργου στη συνεδρίαση της Royal Society της 12ης Απριλίου 1665. Αυτό σημαίνει ότι ο Oldenburg συνέγραψε τον συγκεκριμένο πρόλογο όταν όλο το υλικό είχε φτάσει στο τυπογραφείο και μάλιστα όταν το μεγαλύτερο μέρος του τυπωνόταν. Γι' αυτό και στην παρουσίαση των περιεχομένων ο Oldenburg αναφέρεται στα τελικά περιεχόμενα δηλαδή στα εικοσιένα κεφάλαια «Titles», στο κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» και στα δύο παραρτήματα «Examen of Antiperistasis» και «Examen of Mr Hobbs's Doctrine of Cold». Το μόνο μέρος της πραγματείας που δεν αναφέρει είναι η εργασία του Merret για το ψύχος, «An Account of Freezing made in December and January, 1662».

Η εισαγωγή του Oldenburg μοιάζει με την εισαγωγή του Boyle στην προσπάθεια δικαιολόγησης της καθυστέρησης της πραγματείας και της παράλειψης κάποιων πειραμάτων. Ο Oldenburg εξηγεί ότι ο Boyle βρισκόταν στην Οξφόρδη ενώ η εκτύπωση γινόταν στο Λονδίνο με αποτέλεσμα πολλά λάθη που μπορεί να βρει ο αναγνώστης να ανήκουν στον τυπογράφο. Όμως για την ύπαρξη κάποιων κενών στην πραγματεία αναφέρει ότι αυτό οφείλεται στο εξής περιστατικό. Μας ενημερώνει ότι περίπου δύο χρόνια πριν, δηλαδή μετά τον Μάρτιο του 1662/3, ο Boyle έδωσε τα χειρόγρατά του να αντιγραφούν σε ένα πρόσωπο το οποίο θεωρούσαν ότι χειρίζεται καλύτερα την αγγλική γλώσσα από ότι τελικά αποδείχθηκε. Ο αντιγραφέας ξαφνικά έφυγε, αφήνοντας μέρος της πρώτης κόπιας του έργου που κρατούσε και χωρίς να έχει ελεγχθεί το αντίγραφο του. Αυτό οδήγησε τον Boyle να συμπληρώσει πολλά κενά του αντιγράφου από μνήμης ή να εκτελέσει ξανά ορισμένα πειράματα που έλειπαν. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις δεν μπόρεσε να συμπληρώσει τα κενά. Επίσης η κακή γραφή του αντιγραφέα τον ανάγκασε να ξαναγράψει πολλά μέρη της πραγματείας, για τα οποία ο Oldenburg αναφέρει χαρακτηριστικά, «by putting him to the trouble of writing almost a New Book»²⁴⁰. Το γεγονός ότι ο Boyle έπρεπε να συμπληρώσει κάποια κενά όχι από έγγραφο αλλά από μνήμης υποδηλώνει ότι το κείμενο που δόθηκε στον αντιγραφέα ήταν το πρωτότυπο και ότι δεν υπήρχαν αντίγραφα.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι κάποια στιγμή μετά τον Μάρτιο του 1662/3 ο Boyle είχε ετοιμάσει κάποια μέρη της πραγματείας τα οποία έδωσε στον ανώνυμο αντιγραφέα

²³⁹ Ο Henry Oldenburg (1615?-1677) ήταν μέλος της Royal Society και γραμματέας της Boyle [1665a], σσ. 205-207.

για να δημιουργήσει ένα αντίγραφο²⁴¹. Θα μπορούσε, από τον Δεκέμβριο που είχε πάρει την εντολή της Εταιρείας, να είχε αρχίσει να διαμορφώνει την πραγματεία και να καταχωρεί τα πειράματα στα κεφάλαια ή, αν είχε γράψει νωρίτερα τα κείμενα κάποιων κεφαλαίων, θα μπορούσε να συνέχιζε να τους συμπληρώσει ώστε τον Μάρτιο να έχει ένα πρώτο αντίγραφο το οποίο και παρέδωσε στον αντιγραφέα. Το αντίγραφο αυτό πρέπει να περιείχε τη βασική ενότητα του βιβλίου των είκοσι κεφαλαίων («Titles») των πειραμάτων για το ψύχος όχι όμως το εικοστόπρωτο. Τα πειράματα του εικοστούπρωτου κεφαλαίου («Title XXI»), το οποίο, όπως δείξαμε παραπάνω, περιείχε πειράματα που είχαν εκτελεσθεί από το 1656 καθώς και άλλα που εκτελέστηκαν μετά το 1661, αφορούσαν φαινόμενα που δεν μπορούσε ο Boyle να κατατάξει στα άλλα κεφάλαια και τα οποία σκέφτηκε αφού τα είχε διαμορφώσει²⁴². Επίσης περιείχε πειράματα των κεφαλαίων ένδεκα και δεκαεπτά («Title XI», «Title XVII») για τα οποία δήλωνε ότι αν τα είχε σκεφτεί νωρίτερα θα τα είχε συμπεριλάβει στα κεφάλαια που ανήκουν ή θα είχε δημιουργήσει ένα νέο κεφάλαιο για αυτά²⁴³. Αυτά τα στοιχεία μας δείχνουν ότι η το εικοστόπρωτο κεφάλαιο («Title XXI») πρέπει να γράφτηκε και να προστέθηκε μετά τη συγγραφή των άλλων είκοσι και άρα δεν συμπεριλαμβανόταν στο πρώτο αντίγραφο. Η καθυστερημένη πρόσθεση αυτού του κεφαλαίου υποστηρίζεται και από τα στοιχεία που θα αναφερθούν παρακάτω για τη διαδικασία εκτύπωσης του έργου.

Τα κείμενα που παραδόθηκαν στον αντιγραφέα δεν πρέπει να περιείχαν ούτε το κεφάλαιο για την αριστοτελική θεωρία του φαινομένου της «antiperistasis» ούτε εκείνο για την θεωρία του Hobbes. Τα κεφάλαια αυτά μπορεί, όπως αναφέραμε παραπάνω, να είχαν γραφτεί νωρίτερα αλλά σύμφωνα με τον Oldenburg η απόφαση για τη συμπερίληψή τους λήφθηκε μετά την παρουσίαση των είκοσι κεφαλαίων («Titles») της ενότητας «The Experimental History of Cold» στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου τον

²⁴⁰ Boyle [1665α], σελ. 206.

²⁴¹ Από την περιγραφή του περιστατικού από τον Oldenburg δεν είναι ξεκάθαρο αν ο αντιγραφέας απλώς αντέγραψε τα έγγραφα ή έγραφε μέρη της πραγματείας. Από την αναφορά στις λέξεις «Copy» και «Copyist» καταλαβαίνουμε ότι πρόκειται για αντιγραφή. Αλλά η αναφορά στην κακή χρήση της αγγλικής γλώσσας καθώς και στο ξαναγράψιμο κάποιων γραπτών που έκανε ο Boyle δημιουργεί την υποψία ότι στον αντιγραφέα μπορεί να είχαν δοθεί φύλλα με τα κείμενα του Boyle στα οποία παρεμβάλλονταν σημειώσεις από τα ημερολόγια με σκοπό ο αντιγραφέας να συνδέσει τα κείμενα. Έκπληξη προκαλεί το γεγονός που αναφέρει ο Oldenburg ότι λόγω της επιστροφής μέρους της πρώτης κόπιας στον Boyle, ο Boyle έπρεπε να προσθέσει κάποια κενά από μνήμης. Δηλαδή ο Boyle δεν είχε κρατήσει πρωτότυπα κείμενα στα χέρια του όπως ήταν οι σημειώσεις στα ημερολόγια του. Boyle [1665α], σσ. 205-206.

²⁴² Boyle [1665α], σελ. 419.

Ιανουάριο του 1664/5. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι σε αυτή την παρουσίαση δεν συμπεριλήφθηκαν τα δύο κεφάλαια για το φαινόμενο της αντιπερίστασης και τη θεωρία του Hobbes. Επίσης τα κείμενα που παραδόθηκαν στον αντιγραφέα δεν πρέπει να περιείχαν ούτε το κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» γιατί δεν φαίνεται να είχε γίνει αντίγραφο πριν παραδοθεί στον τυπογράφο²⁴⁴. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο θα μπορούσε, τον Μάρτιο του 1662/3, να βρίσκεται στη διαδικασία συγγραφής εφόσον η πρώτη ένδειξη ότι είχε ολοκληρωθεί είναι η παρουσίασή του στη συνεδρίαση 3ης Φεβρουαρίου 1663/4.

Τα κείμενα που δόθηκαν στον αντιγραφέα ή όποια άλλα κείμενα είχαν γραφτεί μέχρι τις αρχές του 1663, δεν θα μπορούσαν να αποτελούν το τελικό κείμενο κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold». Και αυτό γιατί υπάρχουν ενδείξεις ότι ο Boyle συνέχιζε να προσθέτει στοιχεία στα είκοσι κεφάλαια μετά τις αρχές του 1663. Ένα από τα στοιχεία αυτά ήταν η ενσωμάτωση πληροφοριών για το ψύχος από τρίτα πρόσωπα όπως ήταν ο Samuel Collins (1619-1670). Ο Collins ήταν γιατρός στον Τσάρο Αλέξιο Ρομανόφ από το 1660 μέχρι το 1669 και μετέφερε στον Boyle πληροφορίες για τα φαινόμενα του ψύχους στη Ρωσία²⁴⁵. Ο Boyle χρησιμοποίησε τις πληροφορίες του Collins στα παραρτήματα που ενσωματώνονται στην πρώτη έκδοση κεφαλαίων δύο και έξι («Title II», «Title VI») καθώς και στα παραρτήματα που προστέθηκαν σε αυτά στη δεύτερη έκδοση. Επίσης πληροφορίες του Collins καταγράφηκαν στις τελευταίες παραγράφους των κεφαλαίων ένδεκα και δεκατρία («Title XI», «Title XIII») στην πρώτη έκδοση. Με βάση τις πληροφορίες που έδινε ο Collins για τα σώματα που μπορούν να μετατραπούν σε πάγο καθώς και για τις επιδράσεις του ψύχους στα σώματα ως προς τη συντήρηση και αλλοίωσή τους, οι περιγραφές του ήταν αρκετά λεπτομερείς. Πολλές πληροφορίες που έδινε αποτελούσαν μέρος της καθημερινής του εμπειρίας και πολλές προέρχονταν από ερωτήσεις που έκανε συγκεκριμένα για τα φαινόμενα του ψύχους.

²⁴³ Boyle [1665a], σελ. 419.

²⁴⁴ Στο γράμμα του στις 29 Σεπτεμβρίου 1664 ο Oldenburg μιλάει για χειρόγραφα και όχι για αντίγραφα του Boyle που αφορούν τα θερμοσκόπια. Oldenburg προς Boyle, 29 Σεπτεμβρίου 1664, Boyle Robert [2001], τόμος 2, σελ. 334.

²⁴⁵ Ο Boyle αναφέρεται σε αυτόν ως «Physician» από την Ρωσία χωρίς να μας δίνει σε κανένα σημείο του *Cold* το όνομά του. Οι Hunter και Davies δηλώνουν στις υποσημειώσεις τους ότι πρόκειται για τον Samuel Collins.

Οι Hunter και Davies δίνουν δύο πιθανές εκδοχές για την πρώτη συνάντηση του Boyle με τον Collins, τον Δεκέμβριο του 1662 ή πριν τον Ιούλιο του 1663²⁴⁶. Με βάση την αλληλογραφία των δύο ανδρών υποστηρίζουν ότι ο Boyle πλησίασε τον Collins για πληροφορίες για το ψύχος το καλοκαίρι του 1663²⁴⁷. Η αλληλογραφία δείχνει ότι τον Σεπτέμβριο του 1663 ο Boyle είχε ζητήσει από τον Collins κάποιες πληροφορίες στις οποίες ο Collins υποσχέθηκε ότι θα απαντούσε όταν θα ερχόταν ο παγετός²⁴⁸. Σε αυτή την εντολή πιθανότατα αναφέρεται και στο πρώτο του γράμμα που χρονολογείται το καλοκαίρι του 1663 πριν φύγει για τη Ρωσία. Υποσχόταν στον Boyle ότι μόλις φτάσει, εκεί θα κάνει, για κάποιο θέμα που του έχει πει ο Boyle, πειράματα στην ύπαιθρο για τα οποία ήλπιζε να του γράψει τον Φεβρουάριο ή τον Μάρτιο²⁴⁹. Στο γράμμα της 1ης Σεπτεμβρίου, ο Collins του εξηγούσε ότι στο μέρος που θα μένει δεν θα έχει καλές συνθήκες για τις παρατηρήσεις του. Από τις αναφορές αυτές γίνεται σαφές ότι ο Boyle είχε ζητήσει εκτός των άλλων και την εκτέλεση πειραμάτων. Στο τρίτο γράμμα της 20ης Νοεμβρίου 1663 ο Collins ενημέρωνε τον Boyle ότι ο παγετός ήταν μέτριος γι' αυτό και δεν είχε ικανοποιηθεί από τις παρατηρήσεις του για το ψύχος²⁵⁰. Του έδινε όμως την υπόσχεση ότι θα προσπαθήσει να κάνει όσο περισσότερες παρατηρήσεις για την ψύξη και τα φαινόμενα του ψύχους μπορούσε εφόσον βρισκόταν σε μία περιοχή βορειότερα της Μόσχας.

Με βάση αυτές τις αναφορές μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο Boyle πήρε τις πληροφορίες από τον Collins μετά το τέλος του χειμώνα 1663/4 και επομένως τις προσέθεσε στα κεφάλαια μέσα στη χρονιά 1664. Η πρόσθεση των πληροφοριών στα κεφάλαια δύο και έξι («Title II», «Title VI») σε μορφή παραρτήματος μαρτυρά ότι τις έλαβε όταν είχε ολοκληρώσει στα συγκεκριμένα κεφάλαια. Η πρόσθεση των

²⁴⁶ Με βάση την αλληλογραφία τους και τη γνωριμία που είχε ο Collins με την αδερφή του Boyle δούκισσα του Warcick οι Hunter και Davies θεωρούν ότι θα μπορούσαν να είχαν πρωτοσυναντηθεί στο σπίτι της δούκισσας στο Leese του Essex πριν τον Ιούλιο του 1663. Στο γράμμα του της 1ης Σεπτεμβρίου 1663, ο Collins υπενθυμίζει στον Boyle μία συζήτηση που είχαν στο Lees. Collins προς Boyle, 1 Σεπτεμβρίου 1663, Boyle Robert [2001], τόμος 2, σελ. 105. Με βάση μία αναφορά του Boyle στο *Occasional Reflexions*, στην επίσκεψη του Ρώσου πρέσβη στον βασιλιά Κάρολο Β΄ την 29η Δεκεμβρίου 1662, οι Hunter και Davies θεωρούν ότι αυτή μπορεί να αποτελεί μία δεύτερη περίπτωση για τη γνωριμία του Boyle με τον Collins. Boyle [1665δ], σελ. 173.

²⁴⁷ Μέχρι το 1665 έχουν σωθεί τρία γράμματα τα οποία είναι γραμμένα από τον Collins στον Boyle. Το πρώτο χρονολογείται από τους Hunter και Davies το καλοκαίρι του 1663, το δεύτερο την 1η Σεπτεμβρίου 1663 και το τρίτο την 20η Νοεμβρίου 1663.

²⁴⁸ Collins προς Boyle, 1 Σεπτεμβρίου 1663, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 105.

²⁴⁹ Collins προς Boyle, καλοκαίρι 1663, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 92.

πληροφοριών στα κεφάλαια ένδεκα και δεκατρία (Title XI», «Title XIII») στην τελευταία παράγραφο μπορεί να σημαίνει ότι ο Boyle ακόμη επεξεργαζόταν τα κεφάλαια ή ότι τα είχε τελειώσει και επειδή οι πληροφορίες που θα προσέθετε ήταν λίγες, τις έθεσε σε μία παράγραφο στο τέλος και όχι σε ξεχωριστό παράρτημα. Οι Hunter και Davies έχουν επισημάνει ότι ο Boyle μπορούσε να κάνει τέτοιες προσθέσεις στα χειρόγρατά του γιατί στα τέλη του 1550 έγραφε σε μή σελιδοποιημένα φύλλα για να μπορεί να προσθέτει και να αλλάζει τη σειρά των γραπτών του²⁵¹. Από την παρουσίαση ορισμένων πληροφοριών του Collins στα παραρτήματα των κεφαλαίων δύο και έξι («Title II», «Title VI») της δεύτερης έκδοσης του *Cold*, το 1683, καταλαβαίνουμε ότι ορισμένες πληροφορίες έφτασαν τόσο καθυστερημένα που ο Boyle δεν πρόλαβε να τις προσθέσει στην πρώτη έκδοση. Μία τέτοια περίπτωση είναι οι πληροφορίες που ανήκουν στο χαμένο γράμμα του Collins της 29ης Αυγούστου 1664 οι οποίες αναφέρονται, με παραπομπή στο συγκεκριμένο γράμμα, στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης του *Cold*²⁵². Εφόσον η εκτύπωση του *Cold* ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 1664/5 φαίνεται περίεργο γιατί ο Boyle δεν ενσωμάτωσε τις παρατηρήσεις αυτές στην πρώτη έκδοση. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η αποστολή από τον Boyle μίας λίστας ερωτημάτων στον Collins δείχνει ότι ο Boyle σκόπευε να εκμεταλλευτεί το χρονικό διάστημα κατά το οποίο, όπως αναφέρει και στο σημείωμα στον Brounker, συνέγραφε την πραγματεία, για να μπορέσει να προσθέσει σε αυτήν του περισσότερες παρατηρήσεις.

Η αναφορά του Boyle στην εισαγωγή του στις προσπάθειες εκτέλεσης πειραμάτων τον χειμώνα 1663/4 καθώς και η σημείωση του Oldenburg των εκτενών διορθώσεων που έκανε ο Boyle στο ημιτελές αντίγραφο που άφησε ο ανώνυμος αντιγραφέας αποτελούν επιπλέον ενδείξεις ότι τα χειρόγραφα που είχε πάρει ο αντιγραφέας δεν αποτελούσαν τα τελικά κείμενα κεφαλαίων («Titles») και ότι ο Boyle δούλευε τα χειρόγρατά του κατά τη διάρκεια της χρονιάς 1663/4 μέχρι την έναρξη της διαδικασίας της εκτύπωσης στα τέλη του Σεπτεμβρίου 1664²⁵³. Τα στάδια της δημοσίευσης του *Cold* καταγράφονται στην αλληλογραφία του Boyle με τον Oldenburg της περιόδου Σεπτεμβρίου 1664-Μαρτίου 1664/5 και την αντίστοιχη του Robert Hooke με τον Boyle και αναδεικνύουν σημαντικές

²⁵⁰ Collins προς Boyle, 20 Νοεμβρίου 1663, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 206.

²⁵¹ Hunter, Davies [1999-2000α], σελ. xxvii.

²⁵² Boyle [1665α], σελ. 568.

²⁵³ Boyle [1665α], σελ. 223.

πτυχές της τελικής διαμόρφωσης της πραγματείας. Ο ρόλος του Oldenburg ως εκδότη του *Cold* συμπεριλάμβανε καταρχάς, όπως φαίνεται από την αλληλογραφία αυτή, την παραλαβή των χειρογράφων ή αντιγράφων από τον Boyle και την παράδοσή τους στον τυπογράφο, την διόρθωση των «προοφ» του τυπογράφου καθώς και των τελικών τυπογραφικών έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένας κατάλογος με λάθη «Errata» ο οποίος θα συνόδευε την έκδοση. Ο Oldenburg είχε επίσης το δικαίωμα επέμβασης στα κείμενα του Boyle ακολουθώντας πάντα τις οδηγίες του, όπως για παράδειγμα τον χωρισμό του κειμένου των τίτλων σε παραγράφους καθώς και τη διόρθωση της εισαγωγής του Boyle στο *Cold* πριν παραδοθεί για εκτύπωση²⁵⁴. Λόγω λοιπόν του ρόλου του Oldenburg, η σωζόμενη αλληλογραφία αποκαλύπτει τη σειρά με την οποία τυπώθηκαν τα διάφορα μέρη του *Cold* καθώς και τις διορθώσεις που έγιναν ένα βήμα πριν το τυπογραφείο. Η αλληλογραφία του Hooke με τον Boyle αποκαλύπτει τον ρόλο που ανέλαβε ο πρώτος να σχεδιάσει τα θερμοσκόπια που απεικονίζονται στο *Cold* καθώς και να επιβλέψει τη χάραξη αυτών και μίας ακόμη εικόνας που περιλαμβάνει η έκδοση σε πλακέτες προκειμένου να εκτυπωθούν²⁵⁵.

Με βάση την αλληλογραφία, στις 22 Σεπτεμβρίου 1664 ο Oldenburg ενημέρωσε τον Boyle ότι ο τυπογράφος της έκδοσης για το ψύχος, ο John Crook, ήταν έτοιμος να ξεκινήσει την εκτύπωση²⁵⁶. Μέχρι εκείνη την στιγμή δεν είχε πάει κανένα έγγραφο στον τυπογράφο και το μόνο γραπτό σε σχέση με την πραγματεία που κρατούσε ο Oldenburg στα χέρια του ήταν το χειρόγραφο του εισαγωγικού κεφαλαίου για τα θερμοσκόπια «New Thermometrical Experiments and Thoughts» το οποίο έπρεπε να διορθωθεί από τον Boyle το συντομότερο και να σταλεί στον τυπογράφο. Στο ίδιο γράμμα ο Oldenburg μετέφερε στον Boyle την επιθυμία του Christopher Merret να προστεθεί στην πραγματεία μία εργασία με πειράματα για το ψύχος του ίδιου. Ο Merret είχε από το 1662 παρουσιάσει αρκετά πειράματα για το ψύχος που είτε είχε εκτελέσει μόνος του είτε κατόπιν εντολής της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, στις συνεδριάσεις της. Η εργασία του, την οποία ζητούσε να επισυναφθεί στην πραγματεία *Cold*, περιείχε τα

²⁵⁴ Oldenburg προς Boyle, 27 Οκτωβρίου, 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 366 και Oldenburg προς Boyle, 26 Νοεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 420.

²⁵⁵ Βλ. Boyle [1665α], σελ. 228. Η εικόνα απεικόνιζε ένα χώρο συντήρησης χιονιού Boyle [1665α], σελ. 362.

²⁵⁶ Oldenburg προς Boyle, 22 Σεπτεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 327.

πειράματα αυτά καθώς και άλλα για το ψύχος που είχε κάνει ιδιωτικώς και είχε παρουσιαστεί στη συνεδρίαση της Εταιρείας της 30ης Δεκεμβρίου 1663²⁵⁷.

Στις αρχές Οκτωβρίου ο Boyle έδωσε την έγκρισή του στην επισύναψη της εργασίας του Merret, διευκρινίζοντας ότι έπρεπε να τυπωθεί σε διαφορετικό αλφάβητο από το δικό του κείμενο προκειμένου να αποφασίσει αργότερα τη σειρά που θα το έθετε στην πραγματεία²⁵⁸. Στο ίδιο γράμμα δήλωνε την απόφασή του να τεθεί το κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια ως εισαγωγικό στην πραγματεία δείχνοντας με αυτό τον τρόπο ότι είχε μόλις αρχίσει να διαμορφώνει τη δομή των κεφαλαίων. Ο Boyle δήλωνε ότι θα έστελνε αμέσως στον Oldenburg τα κεφάλαια για τα θερμοσκόπια, στα οποία είχε αλλάξει μόνο τους τίτλους, και για τα υπόλοιπα κείμενα της πραγματείας προέβλεπε μία ημερομηνία αποστολής το αργότερο μέχρι την 10η Νοεμβρίου²⁵⁹. Στο γράμμα δήλωνε έντονα ότι θα άφηνε άλλες ασχολίες του προκειμένου να μπορέσει να τελειώσει με την προετοιμασία για το τυπογραφείο των κειμένων της «Ιστορίας του ψύχους» που είχε αποφασίσει τότε να δημοσιεύσει.

Στις 7 Οκτωβρίου είχε παραδοθεί το πρώτο υποκεφάλαιο των θερμοσκοπίων στον τυπογράφο, στις 13 του ίδιου μήνα είχαν τυπωθεί οι πρώτες σελίδες και μεταξύ 20 και 22 Οκτωβρίου είχε ολοκληρωθεί η εκτύπωση και των τριών υποκεφαλαίων για τα θερμοσκόπια²⁶⁰. Αμέσως μετά ακολούθησε το παράρτημα με τα πειράματα του Merret, του οποίου η εκτύπωση είχε τελειώσει στις 27 Οκτωβρίου²⁶¹. Από τις εκκλήσεις του Oldenburg για περισσότερο υλικό προς εκτύπωση μετά την 27η Οκτωβρίου καθώς και από τη συνεχή αναφορά στα γραπτά που τελικά άρχισε να στέλνει ο Boyle μετά από αυτή την ημερομηνία ως «Ιστορία του ψύχους», συμπεραίνουμε ότι τα γραπτά που

²⁵⁷ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 23.

²⁵⁸ Boyle προς Oldenburg αρχές Οκτωβρίου, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 339.

²⁵⁹ Για τη σύγκριση των τίτλων των τριών υποκεφαλαίων του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» με αυτούς που προϋπήρχαν βλ. Τους τίτλους που εμφανίζονται στη συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου της 3ης Φεβρουαρίου 1663/4, οπότε και παρουσιάστηκαν στη Βασιλική Εταιρεία. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 39. Την μεγαλύτερη αλλαγή έχει υποστεί ο τίτλος του δεύτερου υποκεφαλαίου.

²⁶⁰ Βλ. Γράμματα Oldenburg προς Boyle, 6 Οκτωβρίου 1664, 13 Οκτωβρίου 1664 και 20 Οκτωβρίου 1664, Boyle [2001], σσ. 345, 350, 356. Στο γράμμα του της 20ης Οκτωβρίου ο Oldenburg αναφέρει ότι είχαν τυπωθεί 3 φύλλα και περίμενε την εκτύπωση του τέταρτου. Κάθε φύλλο πρέπει να περιείχε 24 σελίδες και αυτό το συμπεραίνουμε από την αναφορά στο γράμμα του της 27ης Οκτωβρίου 1664 ότι το παράρτημα του Merret δεν ήταν πάνω από δύο φύλλα. Διαιρώντας τον αριθμό των σελίδων του παραρτήματος του Merret στο πρωτότυπο διά του δύο, τον αριθμό των τυπογραφικών φύλλων, έχει ως αποτέλεσμα το κάθε τυπογραφικό φύλλο να είχε 24 με 25 σελίδες. Αυτό σημαίνει ότι τα 4 φύλλα βγάζουν τόσες σελίδες όσες περίπου είναι οι σελίδες στο πρωτότυπο των τριών υποκεφαλαίων των θερμοσκοπίων.

ζητούσε ο Oldenburg να παραδοθούν προς εκτύπωση μετά την 27η Οκτωβρίου αφορούσαν τα εικοσιένα κεφάλαια με πειράματα για το ψύχος της ενότητας «The Expeirmental History of Cold» οι οποίοι δεν είχαν σταλεί ακόμη²⁶². Το στοιχείο αυτό μαζί με τα γράμματα που αποδεικνύουν τη χρονολογία της εκτύπωσης του κεφαλαίου για τα θερμοσκόπια ανατρέπει την υπόθεση των Hunter και Davies σύμφωνα με την οποία, το εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια αποτέλεσε μία καθυστερημένη πρόσθεση στο *Cold* και έφτασε στα χέρια του Oldenburg μετά το κυρίως μέρος του έργου²⁶³. Τα παραπάνω δείχνουν ότι ήταν το πρώτο γραπτό που είχε παραλάβει ο Oldenburg σε σχέση με το *Cold* και το πρώτο που τυπώθηκε. Η εκτύπωση έπρεπε να αρχίσει με αυτό το κεφάλαιο ώστε η αρίθμηση των σελίδων του πρωτότυπου *Cold* να είναι ενιαία από την αρχή του εισαγωγικού κεφαλαίου για τα θερμοσκόπια μέχρι και το τέλος του εικοστούπρωτου κεφαλαίου («Title XXI»).

Ο Oldenburg παρέλαβε το πρώτο μέρος των αντιγράφων των πρώτων κεφαλαίων της «Ιστορίας του Ψύχους» μεταξύ 1ης και 5ης Νοεμβρίου 1664 και ένα δεύτερο μέρος την 19η Νοεμβρίου 1664²⁶⁴. Υποθέτουμε ότι τα κεφάλαια στέλνονταν με τη σειρά που εμφανίζονται στην πραγματεία εφόσον ο Oldenburg τα έστειλε κατευθείαν για εκτύπωση και η αρίθμησή τους στο πρωτότυπο ήταν συνεχής. Την 3η Δεκεμβρίου ο Oldenburg ενημέρωσε τον Boyle ότι είχαν τυπωθεί 17 τυπογραφικά φύλλα και ότι μέχρι την 4η Δεκεμβρίου ανέμενε να τυπωθεί και το 18ο²⁶⁵. Στο ίδιο γράμμα ζητούσε τη γνώμη του Boyle για ορισμένα λάθη που είχε βρει στα υποκεφάλαια για τα θερμοσκόπια και στα κεφάλαια οχτώ και εννέα («Title XVIII», «Title IX»). Από τον υπολογισμό των σελίδων των τυπογραφικών φύλλων υποθέτουμε ότι η εκτύπωση βρισκόταν κοντά στον δεκατοπέμπτο ή δέκατοέκτο κεφάλαιο («Title XV», «Title XVI»). Την 10η Δεκεμβρίου

²⁶¹ Oldenburg προς Boyle 27 Οκτωβρίου 1664, Boyle Robert [2001], τόμος 2, σελ. 366.

²⁶² Ο Oldenburg έχοντας υποσχεθεί στον τυπογράφο ότι δεν θα σταματήσει η εκτύπωση έπρεπε συνεχώς να τον τροφοδοτεί με υλικό για να τυπώσει. Βλ. Oldenburg προς Boyle, 22 Οκτωβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 364). Γι' αυτό παρακαλούσε τον Boyle συνεχώς να του στέλνει όσο πιο γρήγορα μπορεί τα αντίγραφα που είχε προς εκτύπωση.

²⁶³ « A further late addition was the opening sections 'New Thermometrical Experiments and Thoughts... The lateness of the addition of this section to the book is indicated by its failure to appear in the list of contents, and it apparently reached Oldenburg subsequently to the main body of the book», Boyle [1665a], σελ. 200.

²⁶⁴ Oldenburg προς Boyle 3 Νοεμβρίου, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 390 και Oldenburg προς Boyle 5 Νοεμβρίου, Boyle [2001], τόμος 2, σσ. 391. Oldenburg προς Boyle 19 Νοεμβρίου, Boyle [2001], τόμος 2, σσ. 407-408.

²⁶⁵ Oldenburg προς Boyle 3 Δεκεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σσ. 430-431.

1664 ο Oldenburg επιβεβαίωσε την παραλαβή δύο τελευταίων κεφαλαίων της πραγματείας από τον Boyle. Από την εισαγωγή του στο *Cold* όπου έλεγε ότι την εποχή που ο Boyle θα παρουσίαζε τα πειράματά του στην Royal Society, δηλαδή την 11η Ιανουαρίου 1664, είχε εκτυπωθεί το δεκατοένατο κεφάλαιο («TitleXIX») και εκείνος κρατούσε στα χέρια του το εικοστό, υποθέτουμε ότι αυτά μπορεί να ήταν το δεκατοένατο και το εικοστό. Επομένως παρόλο που ο Boyle δήλωνε, στη συνάντηση των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου της 4ης Ιανουαρίου 1664, ότι τύπωνε την πειραματική του ιστορία για το ψύχος και ότι θα παρουσίαζε στην επόμενη συνάντηση 20 κεφάλαια, το πιθανότερο είναι να είχε προλάβει να παρουσιάσει μέχρι και το δεκατοένατο²⁶⁶.

Στις 15 Δεκεμβρίου 1664 επίσης φαίνεται να είχε ολοκληρωθεί η χάραξη των σχεδίων των θερμοσκοπίων καθώς και της εικόνας που απεικόνιζε έναν χώρο συντήρησης χιονιού πάνω σε πλακέτες προκειμένου να εκτυπωθούν²⁶⁷. Η εντολή για τον σχεδιασμό των θερμοσκοπίων είχε δοθεί στον Hooke από την 17η Νοεμβρίου και από το γράμμα του Hooke στις 24 Νοεμβρίου καταλαβαίνουμε ότι σκόπευε να προσθέσει δίπλα στα σχήματα μία περιγραφή της κατασκευής κάθε θερμοσκοπίου προκειμένου ο αναγνώστης να μπορεί να τα αντιστοιχήσει με εκείνα των κειμένων²⁶⁸. Φαίνεται λοιπόν ότι ο Boyle δεν είχε προνοήσει να σχεδιαστούν τα θερμοσκόπια κατά τη συγγραφή του κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts» έτσι ώστε στο κείμενο να παραπέμπει με νούμερα στην αντίστοιχη εικόνα θερμοσκοπίου. Τα γράμματα του Hooke των αρχών Δεκεμβρίου διευκρινίζουν ότι το σχέδιο για τον χώρο συντήρησης χιονιού είχε γίνει από τον John Evelyn (1620-1706).

Οι πληροφορίες που προέρχονται από την αλληλογραφία σταματούν τον Δεκέμβριο του 1664. Σύμφωνα με την εισαγωγή του Oldenburg στο *Cold* την περίοδο της παρουσίασης των τίτλων στην Εταιρεία, η εκτύπωση καθυστερούσε λόγω στάσης των εργασιών του τυπογραφείου από τον ισχυρό παγετό. Εκείνη την περίοδο ο Boyle παρουσίασε και παρέδωσε στην Εταιρεία μία σειρά απο αντίτυπα δεκαωχτό ή δεκαεννέα

²⁶⁶ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 4, σσ. 170-171. Στην εισαγωγή του στο παράρτημα των πειραμάτων του Merret, ο Boyle αναφέρει ότι στη συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου είχε παρουσιάσει δεκαωχτό με δεκαεννέα κεφάλαια. Boyle [1665a], σελ. 522.

²⁶⁷ Hooke προς Boyle 15 Δεκεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 442.

²⁶⁸ Oldenburg προς Boyle, 17 Νοεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ. 404. Hooke προς Boyle, 24 Νοεμβρίου 1664, Boyle [2001], τόμος 2, σελ., 412.

ή είκοσι κεφαλαίων στη συνεδρίαση της 11ης Ιανουαρίου 1664/5. Τα πρακτικά έγραφαν «Boyle brought in some printed Copies of part of his Experimental History of Cold, with a desire that they might be recommended to the perusal of some of the Societry, to collect thence such Experiments as are there proposed and wished to me made, or such as were by him made but imperfectly. The president took one of them, and delivered the rest to Dr Goddard, Dr Merret, Dr Whistler, Dr Ball, Mr Hook, upon condition to answer the end, for which they are presented by the author.»²⁶⁹. Στα πρακτικά φαίνεται η αναμονή των πειραμάτων από τα μέλη της Εταιρείας για να μπορέσουν να εκτελέσουν πειράματα κατά τη διάρκεια του παγετού. Σύμφωνα με τον Oldenburg μετά την παρουσίαση, ο Boyle νιώθοντας ότι είχε ικανοποιήσει την ανάγκη των μελών για πειραματισμό στα φαινόμενα του ψύχους και θεωρώντας ότι έχει σβήσει την προκατάληψη που είχε δημιουργηθεί με αφορμή την καθυστέρηση του τυπογραφείου, είχε χρόνο να προσθέσει τα κεφάλαια για το αριστοτελικό δόγμα της «Antiperistasis» και τη θεωρία του Hobbes για το ψύχος. Η έλλειψη αναφοράς στα δύο αυτά κεφάλαια στην αλληλογραφία μέχρι τον Δεκέμβριο του 1664, επιβεβαιώνει την τελειοποίηση και εκτύπωση των δύο αυτών κεφαλαίων μετά τον Ιανουάριο του 1664/5. Με βάση το γεγονός ότι τον Ιανουάριο ο Oldenburg είχε στα χέρια του και το εικοστό κεφάλαιο («Title XX») επιβεβαιώνεται η υπόθεση που κάναμε παραπάνω ότι το εικοστόπρώτο κεφάλαιο («Title XXI») τυπώθηκε μετά τον Ιανουάριο του 1664. Ο Boyle είχε τυπώσει τα υπόλοιπα κεφάλαια, επομένως τα πειράματα που ήθελε να προσθέσει σε σχέση με αυτά ή που είχε κάνει τον χειμώνα του 1664 τα συμπεριέλαβε στο εικοστόπρώτο. Η πρώτη αναφορά στο *Cold* στο περιοδικό της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, *Philosophical Transactions*, στο πρώτο τεύχος της 6ης Μαρτίου 1664/5, ανήγγειλε την εκτύπωση της Ιστορίας του Ψύχους, αναφέροντας ως περιεχόμενα τα εικοσιένα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold», το εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια και το κεφάλαιο για το αριστοτελικό δόγμα της «Antiperistasis»²⁷⁰. Αυτό δείχνει ότι το εικοστόπρώτο κεφάλαιο («Title XXI») είχε τελειοποιηθεί τουλάχιστον μέχρι το τέλος Φεβρουαρίου και είχε εκτυπωθεί μέχρι τον Μάρτιο όπως και το κεφάλαιο για το αριστοτελικό δόγμα της «Antiperistasis». Το τελευταίο μέρος που προστέθηκε στην πραγματεία και δεν εμφανίζεται στην παρουσίαση

²⁶⁹ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 170.

²⁷⁰ Royal Society Archives, *Philosophical Transactions*, τόμος 1, σς. 8-9.

του έργου στα *Philosophical Transactions* πρέπει να ήταν το κεφάλαιο για την θεωρία του Hobbes για το ψύχος.

Μία επίσης καθυστερημένη προσθήκη που πρέπει να έγινε την περίοδο Ιανουαρίου- Μαρτίου 1664/5 αποτελούν έξι σελίδες με πειράματα του Merret που εμφανίζονται στο *Cold* αλλά δεν υπάρχουν στο αντίγραφο της εργασίας του που καταχωρήθηκε στο Register Book της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου²⁷¹. Ο Boyle μας ενημερώνει στην εισαγωγή του παραρτήματος με τα πειράματα του Merretότι ο τελευταίος είχε προχωρήσει στην επανεξέταση κάποιων πειραμάτων του με αφορμή τις τα κεφάλαια που είχε παρουσιάσει ο ίδιος ο Boyle τον Ιανουάριο του 1664 και είχε εκτελέσει κάποια επιπλέον πειράματα²⁷². Η παρουσίαση του ολοκληρωμένου δημοσιευμένου αντιτύπου του *Cold* έγινε στη συνεδρίαση της 12ης Απριλίου 1665 της Εταιρείας²⁷³. Οι Hunter και Davies αναφέρουν ότι ο Crook καταχώρησε τον τίτλο του βιβλίου στο *Stationer's Register* την 13η Απριλίου 1665.

Η ιστορική αναδρομή των τελευταίων σταδίων της προετοιμασίας του *Cold* προς εκτύπωση καθώς και η χρονολόγηση της πειραματικής δραστηριότητας οδήγησαν σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα. Καταρχήν όσον αφορά τη συγγραφή των εικοσιενός κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold», μπορεί να είχε γίνει κάποια συγγραφική εργασία πριν από την εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, το 1662, αλλά η οριστικοποίηση του διαγράμματος των κεφαλαίων καθώς και η διαμόρφωσή τους στη δημοσιευμένη μορφή τους πρέπει να έγινε από το 1662 μέχρι τους φθινοπωρινούς μήνες του 1664. Ανάμεσα στον Σεπτέμβριο 1664 και Δεκέμβριο της ίδια χρονιάς ο Boyle συνέχιζε να δουλεύει στα κεφάλαια που κρατούσε στα χέρια του. Τον Νοέμβριο όμως, οπότε άρχισε να στέλνει τα πρώτα προς δημοσίευση, θα πρέπει να είχε καταλήξει στη δομή και τη σειρά με την οποία θα τυπώνονταν.

Στα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω καταγράφεται μία πειραματική έρευνα η οποία διεξάγεται σταδιακά από το 1650 μέχρι και το 1664 και η οποία εντείνεται μετά το 1660-61. Η εντολή της Royal Society για δημοσιοποίηση των ερευνών του Boyle έδωσε

²⁷¹ Οι προσθέσεις αυτές βρίσκονται στις σελίδες 540-542 της έκδοσης των Hunter και Davies. Boyle [1665a]. Royal Society Archives, Register Book Original, τόμος 2, σελ. 336.

²⁷² Boyle [1665a], σελ. 522.

²⁷³ «Mr Boyle's Book of His History of Cold, was presented to the Society, who ordered Thanks and recommended the book to the care of Dr. Goddard», Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 2, σελ.,

την ώθηση για τη δημοσίευση της έρευνας του. Η φανερή καθυστέρηση του Boyle να δημοσιοποιήσει τα πειράματα για το ψύχος μετά την εντολή αυτή, καθώς και ο κύριος λόγος της απολογίας του στην εισαγωγή του στο *Cold* σε σχέση με την περιεκτικότητα σε φαινόμενα και πειράματα του βιβλίου του, δείχνουν την προφανή ανησυχία του για το εγχείρημά του. Ο Boyle σκόπευε με την έρευνά του να αρχίσει μία «Ιστορία του ψύχους», δηλαδή να αρχίσει τη συλλογή παρατηρήσεων και πειραμάτων που αφορούν όλα τα φαινόμενα του ψύχους. Στην εισαγωγή του τόνιζε την ατελή μορφή της πραγματείας και το γεγονός ότι στον τίτλο η λέξη «Begun» παραπέμπει στο ξεκίνημα μίας «Ιστορίας» στην οποία θα μπορούν από εδώ και πέρα τρίτα πρόσωπα να προσθέτουν παρατηρήσεις και πειράματα²⁷⁴. Η προσπάθεια να φανεί αυτό το ξεκίνημα όσο περιεκτικό γίνεται δικαιολογεί το μακρύ χρονικό διάστημα στο οποίο εκτελέστηκαν τα πειράματα. Μία ολοκληρωμένη «ιστορία» μίας ιδιότητας αποτελούσε, σύμφωνα με τον ίδιο τον Boyle, την παρουσίαση όλων των φαινομένων που έχουν σχέση με αυτή. Για τον τρόπο συγγραφής μίας ολοκληρωμένης ιστορίας έγραφε στο *Mechanical Origin of Qualities*:

«There may be three differing ways of treating Historically of Particular Qualities. For either one may in a full and methodical History prosecute the Phaenomena....Of the First of these three ways of treating of a Quality I pretend not to have given any compleat example; but you will find, that I have begun such Histories in my Specimens about *Fluidity and Firmness*, and in the Experiments, Observations, &c. that I have put together about *Cold*» [Boyle [1675-76β]]²⁷⁵.

Επομένως αν ήθελε να ισχυριστεί ότι ξεκινά μία τέτοια «Ιστορία» θα έπρεπε να παρουσιάζει κατάρχη τα πιο σημαντικά φαινόμενα του ψύχους και έναν μεγάλο αριθμό φαινομένων και πειραμάτων που θα αντιστοιχούσαν σε κάθε φαινόμενο. Το πλαίσιο λοιπόν της αρχής μίας «Ιστορίας του Ψύχους» στο οποίο ήθελε να θέσει την έρευνά του ο Boyle, δικαιολογεί και το μακρόχρονο στάδιο προετοιμασίας αλλά και την καθυστέρηση μετά την εντολή της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου προκειμένου να

²⁷⁴ «It remains now, that I give some account, why I suffer so Unfinished a piece, as I acknowleddge this to be, to come forth at this time», Boyle [1665α], σσ. 222, 223.

προσθέσει όσα περισσότερα στοιχεία μπορούσε. Δείχνει επίσης ότι η καθυστέρηση ικανοποίησης της εντολής της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου θα μπορούσε να είναι εσκεμμένη. Η προσπάθεια να συμπεριλάβει πληροφορίες απο πιο κρύες χώρες όπως έκανε με τον Collins, αποτελεί ένδειξη ότι ήθελε να επιβεβαιώσει τα πειραματικά γεγονότα που παρουσιάζε μέσω των πειραμάτων του και στις πιο έντονες συνθήκες ψύχους. Η συμπερίληψη αυτών των πληροφοριών συνέβαλλε στην πληρότητα και την εγκυρότητα της πραγματείας του. Επομένως η αναμονή για να μπορέσει να προσθέσει τέτοιες πληροφορίες ήταν σημαντική για τον σκοπό που θα πληρούσε η πραγματεία για το ψύχος.

Η αποφασιστικότητα όμως που διακρίνει τον τρόπο με τον οποίο ο Boyle δούλεψε στα τελικά στάδια της προετοιμασίας της πραγματείας προς δημοσίευση σε σύγκριση με την καθυστέρηση των προηγούμενων ετών, οδηγεί στις ακόλουθες σκέψεις. Η ύπαρξη ενός χρονοδιαγράμματος για την έκδοση και η προσμονή μίας γρήγορης εκτέλεσης εκφράζονται μέσα από το γράμμα του Oldenburg στις 22ης Σεπτεμβρίου²⁷⁶. Εκεί ο Oldenburg ενημερώνει τον Boyle ότι ο τυπογράφος θα μπορούσε να εκτελέσει την εκτύπωση στον επιθυμητό χρόνο υποδηλώνοντας ότι του είχε δοθεί ημερομηνία παράδοσης του έργου. Η αναφορά του Oldenburg στις καθυστερήσεις του τυπογραφείου λόγω του παγετού στο τέλος του 1664 δείχνουν την αναμονή που υπήρχε για ταχύτερη εξέλιξη των εργασιών²⁷⁷. Στην εισαγωγή του ο Boyle εκφράζει τη θέλησή του για κατοχύρωση προτεραιότητας για την έρευνά του η οποία θα μπορούσε να εξηγήσει την επίσπευση της δημοσίευσης μετά τον Σεπτέμβριο του 1664²⁷⁸. Ο Boyle στην εξήγηση που έδινε για τη χρήση του όρου «New» στον τίτλο της πραγματείας, δήλωνε χαρακτηριστικά ότι τα 9 από τα 10 μέρη των πειραμάτων που παρουσιάζε ήταν καινούργια. Συγκεκριμένα δήλωνε ότι στην πραγματεία του προτείνει ερευνητικά ερωτήματα και νέους τρόπους πειραματισμού οι οποίοι επιτρέπουν σε άλλους ανθρώπους να συμβάλλουν στην «Ιστορία του Ψύχους» τόσο, όσο δεν θα ήταν δυνατό αν εκείνος δεν είχε κάνει αυτή την προεργασία. Εδώ λοιπόν φαίνεται η πρόθεσή του να κατοχυρώσει την προτεραιότητα ως προς τα πειράματα καθώς όμως και να προλάβει

²⁷⁵ Boyle [1675-76β] σελ.321.

²⁷⁶ Oldenburg προς Boyle, 22 Σεπτεμβρίου 1664, Boyle [2001],τόμος 2,σελ., 327.

²⁷⁷ Boyle [1665α], σελ. 206.

²⁷⁸ Boyle [1665α], σσ. 222-223.

πρώτος να θέσει το πλαίσιο του τρόπου με τον οποίο έπρεπε να εκτελούνται πειράματα για τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Με βάση αυτό το πλαίσιο θα εκτελούσαν άλλοι άνθρωποι επιπλέον πειράματα ως συμπληρώσεις της «Ιστορίας του Ψύχους». Αυτό εξηγεί και τη σημασία της παρουσίασης των τίτλων στην συνάντηση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου έτσι ώστε τα μέλη της να καθοδηγηθούν στον πειραματισμό σε φαινόμενα του ψύχους. Ίσως η προσπάθεια του Boyle να τελειώσει με τη δημοσίευση των ερευνών του στο τέλος του 1664, είχαν σχέση με τη θέλησή του να κατοχυρώσει τα νέα του πειράματα για το ψύχος και τις νέες μεθόδους πειραματισμού.

Τα τελευταία στάδια της προετοιμασίας του *Cold* προς δημοσίευση αποκαλύπτουν επίσης το πλαίσιο στο οποίο ο Boyle πήρε τις τελικές αποφάσεις για τα κεφάλαια που θα συμπεριλαμβάνονταν τελικά στην πραγματεία. Οι ενδείξεις που έχουμε από τον ίδιο και τον Oldenburg των κειμένων που τελικά δεν συμπεριλήφθηκαν, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο Boyle είχε την πρόθεση να προσθέσει επιπλέον κείμενα για το ψύχος τα οποία άφησε για αργότερα καθώς και γραπτά που αφορούσαν τη σωματιδιακή του θεωρία για τις ιδιότητες γενικότερα. Έχουμε μιλήσει παραπάνω για την προσπάθεια του Boyle να μας δείξει στην εισαγωγή του ότι η προσπάθειά του να κάνει πειράματα το 1664 δεν είχε μεγάλη επιτυχία και λόγω της πίεσης που είχε από τη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου προχώρησε στη δημοσίευση της πραγματείας για το ψύχος χωρίς να συμπεριλάβει κάποια κείμενα και πειράματα.²⁷⁹ Το ένα από αυτά, σύμφωνα με τον Boyle αφορούσε τις περιοχές του αέρα, το δεύτερο τις αντιμαχόμενες υποθέσεις για τη φύση του ψύχους και το τρίτο αποτελούνταν από σκόρπιες σελίδες που είχαν σχέση με την ιδιότητα του ψύχους²⁸⁰. Το δεύτερο έγγραφο θα μπορούσε να είναι ο διάλογος «Of the Positive or Privative Nature of Cold» ο οποίος δημοσιεύτηκε ως μέρος της πραγματείας *Saltiness of the Sea* το 1673 και στον οποίο ο Boyle ασκούσε κριτική στις υποθέσεις για την φύση του ψύχους του Gassendi²⁸¹. Το τρίτο θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε καταχωρήσεις πειραμάτων που είτε αποτέλεσαν μέρος του παραρτήματος που προστέθηκε στη δεύτερη έκδοση το 1683 είτε καταχωρήθηκαν στο έργο *Mechanical*

²⁷⁹ Boyle [1665α], σελ. 223.

²⁸⁰ «I resolve that I would suspend till another opportunity, the drawing together of what I had Observed or Collected, touching the Regions of the Air, and some of the chief Hypotheses, that are controverted about Cold, with what other loose Papers, thouching that Quality, I not could so readily dispatch to the Press», Boyle [1665α], σελ. 223.

²⁸¹ Boyle [1673α] σς. 341-367.

Origin of Qualities, το οποίο εκδόθηκε το 1675-6 και περιείχε ένα κεφάλαιο με πειράματα του ψύχους με τίτλο «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold»²⁸². Η ύπαρξη κάποιων καταχωρήσεων στα ημερολόγια εργασίας της περιόδου των αρχών του 1660 που συμπεριλήφθηκαν στο *Mechanical Origin of Qualities* καθώς και η χρησιμοποίηση πολλών πληροφοριών του Collins της περιόδου 1664 στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης στο *Cold* αποτελούν επιπλέον στοιχεία που επιβεβαιώνουν ότι ορισμένα πειράματα και παρατηρήσεις που είχαν καταγραφεί την εποχή της έκδοσης του *Cold* φυλάχθηκαν για να παρουσιαστούν είτε ως μέρος του παραρτήματος της δεύτερης έκδοσης είτε ως μέρος του *Mechanical Origin of Qualities*. Επίσης ο Oldenburg στην εισαγωγή του επιβεβαιώνει ότι είχε στα χέρια του υλικό για το ψύχος που δεν συμπεριλήφθηκε στην πραγματεία²⁸³. Ίσως αυτό να αφορούσε αυτά τα πειράματα. Για την συγγραφή της εργασίας «Of the Positive or Privative Nature of Cold» την περίοδο της προετοιμασίας του *Cold* για δημοσίευση υπάρχουν ενδείξεις σε πολλά σημεία στο *Cold* στα οποία ο Boyle αναφέρει ότι δεν θέλει στη συγκεκριμένη πραγματεία να αναφερθεί στην υπόθεση της φύσης του ψύχους αλλά ότι αυτό αποτελεί ένα θέμα για το οποίο έχει κάνει σκέψεις²⁸⁴. Η υπόθεση ότι ο Boyle είχε συγγράψει τη συγκεκριμένη εργασία αυτή την περίοδο, την οποία όμως απέφυγε να εκδώσει αναμένοντας 7 χρόνια για την έκδοσή της, είναι ένα πολύ σημαντικό τεκμήριο για την ανάπτυξη της θεωρίας του για τη φύση του ψύχους και θα συζητηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Οι ενδείξεις για τη συγγραφή του διαλόγου «Of the Positive or Privative Nature of Cold» την εποχή της προετοιμασίας του *Cold* για δημοσίευση, δηλαδή από το 1662 μέχρι το 1665, δημιουργούν την υποψία ότι εκείνη την εποχή ο Boyle είχε προχωρήσει στην ανάπτυξη των σκέψεών του για μία θεωρία που θα εξηγούσε τη φύση του ψύχους. Η αναφορά του Boyle στην εισαγωγή του έργου *Origin of Forms and Qualities* στην πρόθεσή του να προσθέσει αυτή την εργασία στο *Cold* ως εισαγωγική στην έκδοση, επιβεβαιώνει την υποψία δείχνοντας ότι ο Boyle εκείνη την εποχή προετοίμαζε μία γενική θεωρία για την εξήγηση των ιδιοτήτων των σωμάτων²⁸⁵. Το θέμα της πραγματείας *Origin of Forms and Qualities* αφορούσε την παρουσίαση, για πρώτη φορά, της

²⁸² Boyle [1665α], σσ. 551-575, Boyle [1675-76β], σσ. 329-361.

²⁸³ Boyle [1665α], σελ. 206.

²⁸⁴ Ένα από αυτά αποτελούσε η εισαγωγή του, Boyle [1665α], σελ. 221.

²⁸⁵ Boyle [1666-67β], σελ., 288.

σωματιδιακής θεωρίας του Boyle και της εξήγησης με βάση τη θεωρία αυτή της φύσης των ιδιοτήτων των σωμάτων. Η αναφορά του Boyle στην ύπαρξη ενός αντιγράφου της πραγματείας δύο ή τρία χρόνια πριν από την έκδοση του *Cold*, δηλαδή το 1662 ή 1663, δείχνει ότι αυτά τα χρόνια είχε ήδη διαμορφώσει κάποιες ιδέες για τη σωματιδιακή εξήγηση των ιδιοτήτων και ότι τα τέσσερα χρόνια που προηγήθηκαν της έκδοσης του *Cold* ο Boyle δούλευε στο θέμα αυτό²⁸⁶.

Ο Oldenburg, στην εισαγωγή του στο *Cold*, επιβεβαιώνει την πρόθεση του Boyle να παρουσιάσει το *Origin of Forms and Qualities* ως εισαγωγή στο *Cold* καθώς και στα άλλα ιστορικά έργα που είχε εκδώσει όπως τα χρώματα. Η σημαντική πληροφορία όμως που παίρνουμε από τα παραπάνω είναι ότι ο Boyle σκόπευε να προσθέσει την πραγματεία αυτή στο *Cold* και όχι στην «Ιστορία των Χρωμάτων» (*Colours*²⁸⁷). Φαίνεται λοιπόν ότι κατά το χρονικό διάστημα της καθυστέρησης της δημοσίευσης του *Cold*, ο Boyle δούλευε στο θέμα της σωματιδιακής του θεωρίας, το οποίο είχε αναπτύξει σε χειρόγραφα που ήταν ήδη έτοιμα το 1662 ή 1663. Η σύνθεση των κεφαλαίων του *Cold*, μέχρι και την οριστικοποίηση της τον Σεπτέμβριο του 1664, δεν ήταν δεδομένη. Τα στοιχεία δείχνουν ότι με την πρόσθεση της εργασίας *Origin of Forms and Qualities* και ίσως της θεωρητικής εργασίας «of the Positive or Privative Nature of Cold», η πραγματεία θα μεταβαλλόταν σε μία παρουσίαση της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle, μέσα στο πλαίσιο της οποίας θα παρουσιαζόταν η «ιστορία του ψύχους» και η θεωρητική εξήγηση της φύσης του ψύχους. Ο λόγος που προβάλλει ο Boyle για την παράλειψη της εργασίας *Of Origin of Forms and Qualities* είναι ο ίδιος που χρησιμοποιούσε στην εισαγωγή του για τα άλλα έργα, δηλαδή η βιασύνη του να προλάβει τον παγετό για να εκτελέσουν τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και άλλοι άνθρωποι πειράματα. Ίσως όμως ο λόγος να μην ήταν τόσο επιφανειακός. Η πρόσθεση του *Origin of Forms and Qualities* στην πραγματεία *Cold* θα αντιτασσόταν με την πρόθεση του Boyle, σύμφωνα με την εισαγωγή του στο *Cold*, να μη χρησιμοποιήσει καμία υπόθεση για την εξήγηση της αιτίας που προκαλεί το ψύχος. Ο Boyle εξηγούσε ότι ενώ είχε σκέψεις πάνω σε αυτό το θέμα απέφυγε να εκφράσει την γνώμη του μέχρι να ολοκληρωθεί η ιστορία του και να μπορεί με ηρεμία να δει ποια υπόθεση ταιριάζει πιο

²⁸⁶ Boyle[1666-67β], σελ. 288.

²⁸⁷ Boyle [1665α].

πολύ στα φαινόμενα²⁸⁸. Πέρα όμως από το γεγονός ότι δεν ήταν σίγουρος για την εξηγητική υπόθεση της φύσης του ψύχους, ένα δεύτερο σημείο που τόνιζε στο σημείωμα προς τον Brounker ήταν ότι η μετεγγραφή των καταχωρήσεων απευθείας από τις σημειώσεις του στο *Cold* θα βοηθήσει να δείξει ότι στον σχεδιασμό των πειραμάτων του δεν βασίστηκε σε καμία υπόθεση²⁸⁹. Η προώθηση λοιπόν του *Cold* ως έργου που ασχολείται αποκλειστικά με τα πειραματικά γεγονότα «matters of fact» και όπου δεν τίθεται καμία εξηγητική υπόθεση είτε ως συμπέρασμα είτε ως βάση σχεδιασμού πειραμάτων, κάτι που ήταν και το βασικό χαρακτηριστικό μίας «Ιστορίας» για μία ιδιότητα, ίσως αποτελεί έναν βασικό λόγο που ο Boyle δεν προχώρησε στην έκδοση των παραπάνω έργων που είχαν σχέση με την προώθηση μίας εξηγητικής υπόθεσης για την φύση των ιδιοτήτων. Ένα όμως σημαντικό συμπέρασμα από την πρόθεση του Boyle να τα συμπεριλάβει, το οποίο θα εκτιμηθεί σε επόμενο κεφάλαιο, αποτελεί το γεγονός ότι μέχρι και το τελευταίο έτος της προετοιμασίας του *Cold* η δομή της πραγματείας ήταν ρευστή ως προς αυτό το θέμα και σύμφωνα με ένα από τα σχέδιά του, ο Boyle έβλεπε την έρευνά του για το ψύχος ως ένα σύνολο πειραματικών γεγονότων που θα μπορούσε να συνυπάρξει σε μία έκδοση για τη σωματιδιακή του θεωρία με σκοπό την επιβεβαίωσή της.

2.2.7 Ο βακωνικός χαρακτήρας της πραγματείας *Cold*

Το πειραματικό έργο του Boyle έχει αποτελέσει το ιδανικό σημείο αναφοράς για την εξέταση της υιοθέτησης της Βακωνικής μεθόδου. Η βακωνική μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί ως μεθοδολογικό εργαλείο από τους μελετητές του έργου του Boyle για την κατανόηση της διαμόρφωσης των ερευνητικών θεματικών του και της πειραματικής πρακτικής του. Τα βασικά στοιχεία στα οποία στηρίζονται οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας για να δείξουν ότι η Βακωνική μέθοδος αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα διαμόρφωσης της πρακτικής του Boyle είναι οι γραπτές αναφορές του στον Bacon και

²⁸⁸ «I presume 'twill easily taken notice of, That in the following History I have declined the Asserting of any particular Hypothesis, concerning the Adequate cause of Cold», Boyle [1665a], σελ. 221.

ορισμένα χαρακτηριστικά της πειραματικής πρακτικής του, όπως είναι η συλλογή και κατηγοριοποίηση των πειραματικών αποτελεσμάτων, η χρήση νομικών αναλόγων στη μέθοδο επίτευξης συναίνεσης για τα πειραματικά αποτελέσματα καθώς και στη διαδικασία διατύπωσης εξηγητικών υποθέσεων, η χρήση της Βακωνικής έννοιας του «κρίσιμου πειράματος», καθώς και η χρήση των θεωρητικών υποθέσεων²⁹⁰. Συγκεκριμένα ο Hunter έχει υποστηρίξει τη Βακωνική προέλευση της τακτικής του Boyle να οργανώνει τα πειραματικά του αποτελέσματα σε κατηγορίες, σε έργα όπως το *Cold* και το *Memoirs for the Natural History of Human Blood* (1684), στηρίζοντας τα συμπεράσματά του σε συγκρίσεις των καταλόγων των πειραμάτων του Boyle καθώς και της ονοματολογίας που χρησιμοποιούσε για τις κατηγοριοποιήσεις με τις αντίστοιχες που πρότεινε ο Bacon σε μέρος του έργου του που αφορούσε τις πειραματικές και φυσικές «ιστορίες».²⁹¹ Ο Hunter επισημαίνει ότι η κατάρτιση καταλόγων κατηγοριοποίησης των πειραματικών ερωτημάτων και αποτελεσμάτων αποτελούσε και για τους δύο μία μέθοδο οργάνωσης των πειραμάτων καθώς και ένα καθοδηγητικό εργαλείο για τη συλλογή των πειραμάτων και για το περιεχόμενο του κειμένου, στην περίπτωση συγγραφής μίας πειραματικής πραγματείας. Ωστόσο, βασικός σκοπός του στο συγκεκριμένο άρθρο είναι να αναδείξει τον ρόλο της ανάπτυξης της ίδιας πρακτικής από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας ως έναυσμα για την εφαρμογή του συγκεκριμένου βακωνικού κανόνα από τον Boyle.

Στο άρθρο της, όπου αντικρούει τη θέση του Laudan για τη στενή σχέση της καρτεσιανής μεθόδου γνώσης της φύσης με εκείνη που ανέπτυξε ο Boyle, η Rose- Mary Sargent υποστηρίζει ότι το βασικό επιχείρημα του Laudan, η χρήση θεωρητικών υποθέσεων στο έργο του Boyle μπορεί να συσχετισθεί περισσότερο με τη βακωνική μέθοδο παρά με την καρτεσιανή²⁹². Με βάση συγκεκριμένη βιβλιογραφία για τον Bacon, η οποία, αναθεωρώντας τις παραδοσιακές απόψεις για τον Βακωνισμό αναδεικνύει την ελαστικότητα της επαγωγικής μεθόδου του Bacon ως προς τη χρήση θεωρητικών

²⁸⁹ «...to transcribe into this Historical Collection most of the particulars, which Your Lordships Commands exact...but that it may the better appear, how little I had design'd to wrest or byass them to any preconceiv'd Hypothesis», Boyle [1665a], σελ. 263-264.

²⁹⁰ Hunter [2001], σελ. 1.

²⁹¹ Ο Hunter αναφέρει ότι ο Bacon ανακοινώνει την ιδέα της συλλογής των παρατηρήσεων σε λίστες στο έργο του *Parsceve* (έχει επίσης ως τίτλο 'Preparative for a Natural and Experimental History'). Hunter [2007], σελ. 6.

²⁹² Sargent [1985]. Laudan [1981].

υποθέσεων, η Sargent αναγνωρίζει στη χρήση των θεωρητικών υποθέσεων ως ενδιάμεσων σταδίων στην πειραματική πρακτική του Boyle τον αντίστοιχο ρόλο που παίζει η θεωρητική υπόθεση στη Βακωνική μέθοδο²⁹³. Επιπλέον, σε μεταγενέστερο άρθρο της αναπτύσσει ένα ακόμη επιχείρημα για την απόδειξη της ελαστικότητας του εμπειρισμού που εφήρμοσαν οι δύο φυσικοί φιλόσοφοι ως βασικό παράγοντα που αναδεικνύει την σχέση των ιδεών τους²⁹⁴. Υποστηρίζει ότι η χρήση, στο έργο του Boyle, νομικών αναλόγων από το αγγλικό δίκαιο στον καθορισμό της μεθόδου επιβεβαίωσης ενός πειραματικού γεγονότος καθώς και στην ερμηνεία των μη παρατηρήσιμων αιτιών των πειραματικών γεγονότων, αποτελεί ένα ακόμη χαρακτηριστικό της πειραματικής πρακτικής του Boyle που αναδεικνύει την υιοθέτηση Βακωνικών θέσεων²⁹⁵. Και στις δύο αναλύσεις για τη χρήση βακωνικών ιδεών από τον Boyle στη διαμόρφωση της πειραματικής του πρακτικής η Sargent ερμηνεύει τις αποκλίσεις της μεθόδου ή τις αλλαγές, σε σχέση με τη μέθοδο του Bacon, που επέφερε ο Boyle στη μεθόδό του, ως αποτέλεσμα της πρακτικής εφαρμογής της Βακωνικής μεθόδου και των προβλημάτων που αντιμετώπισε.

Η περίπτωση της πειραματικής δραστηριότητας του ψύχους, έτσι όπως παρουσιάζεται μέσα από την πραγματεία *Cold*, αποτελεί το κατάλληλο έδαφος για να εξετασθεί η ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου γνώσης της φύσης²⁹⁶. Με βάση την τιτλοφόρηση της πραγματείας ως «Ιστορίας», τους σκοπούς της, όπως εκφράζονταν από τον Boyle στην εισαγωγή και κατά τόπους στο κυρίως μέρος, τη δομή και την κατηγοριοποίηση των πειραμάτων, συμπεραίνουμε ότι ο Boyle στόχευε στην παρουσίαση των πειραμάτων ως μίας «Ιστορίας» της ιδιότητας ακολουθώντας ως προς αυτό το βακωνικό πρότυπο 'φυσικής ιστορίας'. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάσαμε παραπάνω για την ύπαρξη μίας πρώιμης εργασίας για το ψύχος καθώς και τις αναφορές του Boyle στην καθοδήγηση της πειραματικής έρευνάς του από ένα σχεδιάγραμμα με ερευνητικές θεματικές, καταλήγουμε στην άποψη ότι η έρευνα της ιδιότητας με «ιστορικό» τρόπο έπαιξε καθοδηγητικό ρόλο όχι μόνο στη συγγραφή και

²⁹³ Sargent [1985], σελ. 473.

²⁹⁴ Sargent [1989].

²⁹⁵ Sargent [1986], σελ.,485, Sargent [1989], σελ. 40.

²⁹⁶ Ο Hunter έχει χρησιμοποιήσει την πραγματεία *Cold* ως παραδειγματική περίπτωση της ιδιοποίησης της βακωνικής μεθόδου για την κατηγοριοποίηση και τιτλοφόρηση των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων τους. Hunter [2007], σσ. 5-6,8.

οργάνωση της πραγματείας, όπως ισχυρίζεται ο Hunter, αλλά και στη διεξαγωγή και οργάνωση των πειραμάτων²⁹⁷.

²⁹⁷ Ο Hunter χρησιμοποιεί την αναφορά του Boyle στη συλλογή των πειραματικών δεδομένων μετά από έκκληση των μελών της Εταιρείας για να υποστηρίξει ότι η κατηγοριοποίηση των πειραμάτων και η τιτλοφόρησή τους αποτέλεσε μία τακτική που ξεκίνησε την ίδια εποχή που τα μέλη της Εταιρείας την εφήρμοζαν στις έρευνές τους. Η ύπαρξη όμως της εργασίας *Cold* στις λίστες των αδημοσίευτων έργων του Boyle από το 1649/50, η αναφορά του Boyle στην ύπαρξη ενός σχεδιαγράμματος πειραμάτων καθώς και η ανάδειξη μέσω της έρευνάς μας της σχέσης των πειραματικών θεματικών μεταξύ τους και της αμοιβαίας υποστήριξης των πειραματικών αποτελεσμάτων δείχνει ότι ο Boyle είχε αναπτύξει την τακτική της κατηγοριοποίησης των πειραμάτων σε θεματικές από τα πρώτα στάδια της πειραματικής του πρακτικής. Για τη θέση Hunter βλ. Hunter [2007], σσ. 12,17. Για την αντίκρουση «...if I thought it convenient to insert here the Scheme of Articles of inquiry, that I drew up to direct my self, what inquiries and Experiments to make». Boyle [1665α], σελ. 418

2.3. Τα θερμοσκόπια και μέτρηση του ψύχους στο *Cold*

2.3.1. Εισαγωγή

Στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα έλαβαν χώρα σημαντικές εξελίξεις στην αντίληψη των φυσικών φιλοσόφων για τη φύση των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους που μέχρι τότε εξηγούνταν στα πλαίσια της αριστοτελικής θεωρίας για την ύλη. Άμεση σχέση με αυτές τις εξελίξεις είχε η ανάπτυξη ορισμένων μεθόδων θερμομέτρησης και η κατασκευή των πρώτων θερμοσκοπίων, οργάνων που έδειχναν τις διαβαθμίσεις της έντασης της θερμότητας και του ψύχους²⁹⁸. Το *Cold* αποτελεί ένα από τα λίγα έργα των μέσων του αιώνα που παρουσιάζουν με λεπτομέρεια τα επίμαχα θέματα που αφορούσαν τη θερμομέτρηση καθώς και από τα πρώτα έργα που παρουσιάζουν μία πειραματική πρακτική στην οποία η θερμομέτρηση παίζει αναπόσπαστο και κεντρικό ρόλο. Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μία κριτική συζήτηση των θεμάτων για τη θερμομέτρηση και τη χρήση των θερμοσκοπίων που θίγει ο Boyle στο *Cold* (2.3.2) καθώς και οι μέθοδοι θερμομέτρησης που τελικά χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική του πρακτική έτσι όπως αυτή παρουσιάζεται στην πραγματεία (2.3.3). Θα δοθεί ιδιαίτερη σημασία στον ρόλο του θερμοσκοπίου και θα υποστηριχθεί ότι το *Cold* αποτελούσε ένα νέο περιβάλλον στο οποίο νομιμοποιούνταν η χρήση του θερμοσκοπίου. Το έργο του Boyle για τη θερμομέτρηση θα ενταχθεί, στη συνέχεια, στο πλαίσιο των προσπαθειών των τελών του 16ου και αρχών του 17ου αιώνα για την κατασκευή θερμοσκοπίων και μέτρηση των δύο ιδιοτήτων. Θα παρουσιαστεί μία κριτική ανάλυση του ιστορικού πλαισίου της θερμομέτρησης της εποχής και θα αναδείξουμε τη συμβολή του Boyle σε αυτή (2.3.4).

2.3.2. Παρουσίαση των τύπων των θερμοσκοπίων που χρησιμοποιούνται στο *Cold* και των βασικών θεμάτων που θίγονται στα τρία υποκεφάλαια του «New Thermometrical Experiments and Thoughts»

Οι τρεις τύποι θερμοσκοπίου που χρησιμοποιούνται στο *Cold* καθώς και τα προβλήματα που σχετίζονται με την κατασκευή και τη χρήση τους παρουσιάζονται στα

²⁹⁸ Με τον όρο «θερμοσκόπιο» αναφερόμαστε στο όργανο εκείνο που χρησιμοποιείται για τη θερμομέτρηση αλλά διαφέρει από το θερμόμετρο ως προς το ότι δεν έχει μία τυποποιημένη κλίμακα.

τρία μέρη του εισαγωγικού κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts». Η θερμομέτρηση δεν αποτελούσε ένα ερευνητικό θέμα για τον Boyle στο ξεκίνημα της έρευνάς του για τα φαινόμενα του ψύχους το 1649/50. Παραπάνω δείξαμε ότι η προβληματική του για την κατασκευή και χρήση των θερμοσκοπίων ξεκίνησε το 1657. Η έρευνα που είχε αναπτύξει για τα φαινόμενα της θερμότητας και του ψύχους στο δεύτερο μισό της δεκαετίας 1655 είχε δημιουργήσει την ανάγκη στον Boyle της χρήσης του θερμοσκοπίου. Ο Boyle αρχικά χρησιμοποιούσε τα κοινά θερμοσκόπια που βρίσκονταν σε χρήση στην Αγγλία του μέσου του 17ου αιώνα, τα οποία αποτελούνταν από ανοιχτά θερμοσκόπια αέρος. Το γεγονός ότι η θερμομέτρηση γινόταν με θερμομετρική ουσία τον αέρα, τα συνέδεε άμεσα με τις εξελίξεις των ερευνών που εκτελούνταν εκείνη την εποχή για τις ιδιότητες του αέρα. Έτσι, λοιπόν, οι έρευνες του Boyle για τις ιδιότητες του αέρα στις αρχές της δεκαετίας του 1660 τον οδήγησαν σε σημαντικά συμπεράσματα για τη χρήση των ανοιχτών θερμοσκοπίων αέρος και είχαν ως αποτέλεσμα τη συγγραφή του κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts».

Στο πρώτο υποκεφάλαιο με τίτλο «The I. Discourse, Proposing the I. Paradox, Viz. That not only our Senses, but common Weather-glasses, may mis-inform us about Cold», ο Boyle εξέταζε τη δυνατότητα ακριβούς μέτρησης της θερμοκρασίας και κατέληγε στο εξής συμπέρασμα το οποίο ονόμαζε «παράδοξο»: ότι δεν μπορούμε να βασιστούμε στις αισθήσεις μας για τη μέτρηση των βαθμών του ψύχους, είτε αυτές βοηθούνται από τη χρήση κοινών θερμοσκοπίων είτε όχι²⁹⁹. Ο Boyle ξεκινούσε τονίζοντας την ανάγκη χρήσης των θερμοσκοπίων για τη μέτρηση των βαθμών του ψύχους. Αντιπαρέθετε την άποψή του σε εκείνη των αρχαίων φιλοσόφων όπως ο Δημόκριτος, ο Επίκουρος και ο Αριστοτέλης, και κάποιων μοντέρνων που δεν κατονόμαζε, σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελεί μία απτή ιδιότητα («tactile quality») ιδιότητα που γίνεται αντιληπτή μόνο με τις αισθήσεις και επομένως πληροφορίες για τους βαθμούς του ψύχους μπορούμε να πάρουμε μόνο από αυτές³⁰⁰. Για να αποδείξει τα μειονεκτήματα αυτής της άποψης, έδειχνε, μέσω παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή και πειραμάτων, ότι η αίσθηση της θερμοκρασίας που λαμβάνουμε από τις αισθήσεις μας είναι πάντα σχετική με την

²⁹⁹ Boyle [1665α] σσ. 229-240.

³⁰⁰ Boyle [1665α], σελ. 229.

κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα αισθητήρια όργανά μας. Ο Boyle εξηγούσε ότι το αίσθημα του ψύχους που προκαλείται από ένα ψυχρό σώμα προέρχεται από τη μειωμένη κίνηση των σωματιδίων του ψυχρού σώματος σε σύγκριση με την κίνηση των σωματιδίων του αισθητήριου οργάνου. Θεωρούσε ότι στην περίπτωση που ένα αντικείμενο έμενε στην ίδια θερμοκρασία αλλά μεταβαλλόταν η διέγερση των σωματιδίων του αισθητήριου οργάνου, αυτό θα μπορούσε να φανεί στον αισθανόμενο περισσότερο ή λιγότερο ψυχρό.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας των αισθήσεών μας, σύμφωνα με τον Boyle, προκαλούνταν είτε από παράγοντες που ήταν αντιληπτοί στον αισθανόμενο είτε όχι. Ένα παράδειγμα της πρώτης περίπτωσης αποτελούσε η αίσθηση της θερμοκρασίας που έχουν τα άτομα που εισέρχονται στο θάλαμο χαμηλών βαθμών θερμότητας που χρησίμευε για την προετοιμασία των ατόμων για είσοδο στα λουτρά. Τα άτομα που εξέρχονταν των λουτρών ένιωθαν τον ίδιο αέρα αυτού του θαλάμου πιο ψυχρό, ενώ εκείνοι που εισέρχονταν από τον εξωτερικό αέρα τον ένιωθαν πιο θερμό. Ως περιπτώσεις ανεπαίσθητων αλλαγών ο Boyle θεωρούσε την ύπαρξη ατμών στον αέρα που μπορούν να εισχωρήσουν στα σώματά μας και να προκαλέσουν ψύχρανση, όπως το όπιο, καθώς και την επήρεια των αισθήσεών μας από αρρώστια/αδιαθεσία του σώματός μας. Υποστήριζε επίσης ότι τα αισθητήριά μας επηρεάζονται πιο πολύ από την πυκνότητα και τη διαπερατότητα των σωμάτων από ό,τι το θερμοσκόπιο, με αποτέλεσμα να μας δίνουν διαφορετικές πληροφορίες από αυτό. Ο Boyle ανέφερε δύο πειράματα ως ενδεικτικά αυτής της περίπτωσης. Στο πρώτο εξέταζε το φαινόμενο της ψυχρής αίσθησης που δίνει στα αισθητήρια όργανά μας ο αέρας που εμφυσείται μέσα από ένα φουσερό («pair of bellows») σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα και το συνέκρινε με τις πληροφορίες του θερμοσκοπίου το οποίο δεν έδειχνε διαφορά στη θερμοκρασία των δύο διαφορετικών καταστάσεων του αέρα. Ο Boyle εξηγούσε ότι ο λόγος που τα ανθρώπινα αισθητήρια αντιλαμβάνονταν τον αέρα που φουσεύεται ως ψυχρότερο από τον στάσιμο είναι ότι καθώς φουσεύεται ο αέρας διώχνει τους θερμούς ατμούς που περιβάλλουν το σώμα μας και εισχωρεί πιο βαθιά από τον ήρεμο αέρα στα ενδότερα και πιο θερμά μέρη των αισθήσεών μας, οπότε τα μέρη του αέρα μας φαίνονται λιγότερο διεγερμένα από τα δικά μας. Το πείραμα αυτό αποτελεί και το πρώτο στο οποίο ο Boyle ανέφερε το ρόλο της χρήσης των θερμοσκοπίων ως πιο έγκυρο από αυτόν των ανθρώπινων αισθητηρίων οργάνων.

Το δεύτερο πείραμα αφορούσε την περίπτωση όπου το νερό κρίνεται από τις ανθρώπινες αισθήσεις πιο ψυχρό από ό,τι δείχνει η ένδειξη ενός θερμοσκοπίου ότι είναι σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα. Στο συγκεκριμένο πείραμα το θερμοσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από ένα δοχείο σε σχήμα αυγού και στο μέγεθος ενός καρυδιού, από το οποίο προεκτεινόταν ένας σωλήνας τεσσάρων με πέντε ιντσών. Ο σωλήνας τοποθετούνταν μέσα σε μία λεκάνη με νερό έτσι ώστε να εισέλθει στην κοιλότητά του ένας κύλινδρος νερού μήκους μισής ή και παραπάνω ίντσας. Στη συνέχεια το δοχείο τοποθετούνταν σε όρθια θέση και η στάλα νερού έπεφτε στο ύψος που ξεκινούσε ο σωλήνας από το δοχείο. Ο Boyle εξηγούσε την πτώση της στάλας του νερού είτε μέσω του βάρους του είτε μέσω της διαφοράς της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στο κοίλο μέρος του δοχείου σε σύγκριση με τον εξωτερικό αέρα. Σύμφωνα με την περιγραφή του πειράματος γίνεται σαφές ότι το θερμομετρικό στοιχείο ήταν ο αέρας που βρισκόταν κλεισμένος μέσα στο κοίλο μέρος του δοχείου. Από την περιγραφή της λειτουργίας του στο τρίτο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts», το ψύχος αποδυνάμωνε την ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα, η οποία υπερνικούνταν από την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα που ασκούνταν στην επιφάνεια της στάλας του νερού, και ως αποτέλεσμα η στάλα του νερού κατέβαινε και ο εσώκλειστος αέρας συρρικνωνόταν σε μικρότερο χώρο³⁰¹. Στο τρίτο υποκεφάλαιο ο Boyle επίσης εξηγούσε ότι η ελαφρότητα της στάλας του νερού και η λεπτότητα του εσωτερικού του σωλήνα, η οποία δεν άφηνε τον εσώκλειστο αέρα να εισχωρήσει από τα πλάγια του νερού αλλά τον έκανε να ωθεί προς τα πάνω όλη τη σταγόνα του νερού, συντελούσαν στο να κρατηθεί αιωρούμενη η στάλα του νερού και να ωθείται πάνω και κάτω ανάλογα με τη διαφορά των πιέσεων. Επίσης με αυτές τις κατασκευαστικές προδιαγραφές ο Boyle πίστευε ότι αυτό το θερμοσκόπιο μπορούσε να δείξει πολύ μικρότερες αλλαγές από αυτές που μπορούσαν να δείξουν τα κοινά θερμοσκόπια ως προς την αραιοποίηση («rarefaction») και την συστολή/συμπύκνωση του αέρα πάνω στον οποίο καθόταν. Το θερμοσκόπιο με την αιωρούμενη στάλα νερού αποτελούσε το πρώτο από τα τρία θερμοσκόπια που χρησιμοποιούνται στο *Cold*³⁰².

³⁰¹ Boyle [1665α], σσ. 260-261.

³⁰² Βλ. Παράρτημα 2 εικόνα 1.

Η βασική πειραματική διαδικασία αποτελούνταν από την εισαγωγή του θερμοσκοπίου σε μία λεκάνη με νερό μέτριας θερμοκρασίας («fair») με αποτέλεσμα την άνοδο της στάλας του νερού, ενώ αναμενόταν η πτώση της με βάση την πληροφορία των αισθήσεων ότι το νερό είναι πιο ψυχρό από τον εξωτερικό αέρα. Όταν το θερμοσκόπιο τοποθετούνταν πάλι στον εξωτερικό αέρα, η στάλα του νερού έπεφτε. Μία παραλλαγή της διαδικασίας αποτελούσε η τοποθέτηση του θερμομέτρου, αμέσως μετά τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού, σε μία λεκάνη με υδράργυρο όπου παρατηρούνταν η περαιτέρω άνοδος της στάλας του νερού. Και εδώ όταν το θερμοσκόπιο ξαναεκτίθετο στον εξωτερικό αέρα, η στάλα του νερού έπεφτε. Ο υδράργυρος θεωρούνταν ένα ψυχρό υγρό, οπότε η άνοδος της στάλας έδειχνε ότι ακόμη και αυτός κρινόταν από το θερμόμετρο πιο θερμός από τον εξωτερικό αέρα και το νερό. Τα πειράματα αυτά έδειχναν ότι το νερό που φαινόταν στην αφή πιο κρύο από τον εξωτερικό αέρα, αναδεικνυόταν από το θερμοσκόπιο πιο θερμό. Ο Boyle γενίκευσε αυτό το συμπέρασμα λέγοντας ότι οι πληροφορίες που λαμβάνουμε για τους βαθμούς της θερμότητας και του ψύχους του αέρα είναι διαφορετικοί όταν χρησιμοποιούμε τα όργανα αφής και όταν χρησιμοποιούμε τα θερμοσκόπια.

Αφού ο Boyle έδειξε περιπτώσεις όπου με τη χρησιμοποίηση θερμοσκοπίων ετίθεντο υπό αμφισβήτηση οι πληροφορίες που έδιναν οι αισθήσεις μας για τους βαθμούς του ψύχους, συνέχισε στην απόδειξη του παραδόξου υποστηρίζοντας ότι ακόμη και τα θερμοσκόπια είναι ανεπαρκή να δώσουν ακριβείς πληροφορίες για τους βαθμούς ψύχους των σωμάτων. Ο Boyle είχε παρατηρήσει ότι μερικές φορές ένιωθε τον καιρό πιο ψυχρό από εκείνον της προηγούμενης μέρας ενώ το θερμοσκόπιο έδειχνε το αντίθετο. Έχοντας επιβεβαιώσει τη δική του αίσθηση με μαρτυρίες τρίτων, είχε καταλήξει ότι η αίσθησή του δεν αποτελούσε αποτέλεσμα της ιδιοσυγκρασίας του, οπότε έθετε τις πληροφορίες του θερμοσκοπίου υπό αμφισβήτηση. Ένα παράδειγμα επίσης που ανέφερε, προερχόταν από την περιγραφή ενός Ιησουίτη για το ψύχος που επικρατεί στην Κίνα. Ο Ιησουίτης περιέγραφε ότι το κρύο που είχε ως αποτέλεσμα την ψύξη των ποταμιών και τη δημιουργία πάγου σε αυτή τη χώρα, δεν ήταν αρκετά έντονο ώστε να κάνει έναν Ευρωπαίο να κάνει ένα ζεστό μπάνιο. Τα δύο αυτά παραδείγματα αποτελούσαν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα αποτελέσματα της δράσης του ψύχους, όπως η μετατροπή του νερού σε πάγο και η συστολή του αέρα στα θερμοσκόπια δεν συμφωνούσαν με τις

πληροφορίες που έδιναν οι ανθρώπινες αισθήσεις για τον βαθμό του ψύχους. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο Boyle θεωρούσε πιο έγκυρες τις πληροφορίες που έδιναν οι αισθήσεις από εκείνες που έδιναν τα αποτελέσματα του ψύχους πάνω σε άλλα σώματα.

Στη συνέχεια ο Boyle εξηγούσε ότι η αμφισβήτηση της εγκυρότητας των πληροφοριών των θερμοσκοπίων δεν αντιπαρατίθεται στην άποψη που έθετε στην αρχή του υποκεφαλαίου για την αναγκαιότητα της χρήσης τους. Και αυτό γιατί ο βασικός λόγος που τον οδήγησε να τα αμφισβητήσει αφορούσε την κατασκευή και τη λειτουργία τους, όπου υπήρχαν περιθώρια βελτίωσης. Ο Boyle λοιπόν υποστήριζε ότι τα κοινά θερμοσκόπια είναι ανοιχτά, με αποτέλεσμα ο εξωτερικός αέρας να έρχεται σε επαφή με το ρευστό που περιέχουν. Επομένως η άνοδος ή η κάθοδος του ρευστού επηρεαζόταν όχι μόνο από την αλλαγή θερμοκρασίας του εσώκλειστου αέρα αλλά και από τη βαρύτητα ή ελαφρύτητα του εξωτερικού αέρα που πίεζε το ρευστό. Τα κοινά θερμοσκόπιαστα οποία αναφερόταν αποτελούνταν από ένα σωλήνα ο οποίος συνήθως τελείωνε σε ένα κοίλο δοχείο στο οποίο τοποθετούνταν νερό³⁰³. Στη συνέχεια, αφήνοντας να περάσει αέρας μέσα στο σωλήνα, αναποδογυριζόταν μέσα σε μία λεκάνη με νερό και η στάθμη του νερού μέσα στον σωλήνα έπεφτε σε ένα ορισμένο ύψος. Τα σώματα που προορίζονταν για θερμομέτρηση τοποθετούνταν στο επάνω μέρος του σωλήνα, το κοίλο μέρος, και, ανάλογα με την ψυχρότητα ή θερμότητα του σώματος, ο αέρας που εσωκλειόταν συστελλόταν ή διαστελλόταν αφήνοντας το νερό να ανέβει στο σωλήνα ή πιέζοντάς το να κατέβει. Όπως θα δούμε στην περιγραφή του τρίτου υποκεφαλαίου, σύμφωνα με τον Boyle, ανάλογα με την θερμοκρασία αποδυναμωνόταν ή ενδυναμωνόταν η ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα, ο οποίος συρρικνωνόταν όταν η πίεση του εξωτερικού αέρα ήταν μεγαλύτερη από τη δική του και διαστέλλονταν όταν η πίεση του εξωτερικού αέρα ήταν μικρότερη από τη δική του. Ο Boyle λοιπόν υποστήριζε ότι το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα που πίεζε το νερό της λεκάνης μπορούσε να επηρεάσει τη στάθμη του νερού μέσα στο σωλήνα.

Εδώ λοιπόν ο Boyle έθετε το βασικό πρόβλημα που συζητούνταν και στα τρία υποκεφάλαια του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» τονίζοντας ότι το πρόβλημα δεν είχε τεθεί στη βιβλιογραφία της εποχής του για τα θερμοσκόπια. Πριν προχωρήσει στην περιγραφή του πειραμάτος με το οποίο αποδείκνυε την επιρροή των

³⁰³ Μία εκδοχή του κοινού θερμοσκοπίου αέρος δίνει η εικόνα 8 στο παράρτημα 2.

αλλαγών του βάρους του αέρα στις ενδείξεις των ανοιχτών θερμοσκοπίων, ο Boyle έκανε μία σύντομη αναδρομή στις μελέτες του στο *Spring of the Air* και στο *Defence*, όπου με πειράματα έδειχνε ότι το βάρος ή το ύψος της ατμόσφαιρας μπορεί να μεταβληθεί. Όπως δείξαμε παραπάνω, οι έρευνες που δημοσιεύτηκαν σε αυτά τα έργα έπαιξαν καταλυτικό ρόλο για τη συνειδητοποίηση αυτού του μειονεκτήματος των ανοιχτών θερμοσκοπίων. Εκεί ο Boyle εξέταζε δύο περιπτώσεις μεταβολών που συνέβαιναν στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η πρώτη αφορούσε την αλλαγή στο ύψος και στο βάρος της ατμόσφαιρας που υπήρχε σε διαφορετικά υψόμετρα. Η δεύτερη αφορούσε τη μεταβολή στο βάρος του αέρα που μπορούσε να υπάρχει στην περίπτωση που ένα θερμοσκόπιο παρέμενε στην ίδια θέση και επομένως το μήκος της ατμοσφαιρικής κολώνας («pillar») ήταν σταθερό. Ο Boyle εξηγούσε ότι, σε αυτή την περίπτωση, η αλλαγή του βάρους μπορούσε να προέλθει από τη διασπορά υδρατμών μέσα στην ατμόσφαιρα ή από την απομάκρυνσή τους.

Στο βασικό πείραμα όπου αναδείκνυε το φαινόμενο της επιρροής των αλλαγών του ατμοσφαιρικού αέρα στο ανοιχτό θερμοσκόπιο από τις αλλαγές στον ατμοσφαιρικό αέρα, ο Boyle χρησιμοποιούσε δύο είδη θερμοσκοπίων. Το πρώτο αποτελούσε το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού το οποίο, όπως δείξαμε παραπάνω, είχε κατασκευάσει με βάση το πρωτότυπο που είχε παραλάβει από την Ιταλία. Όπως αναφέραμε, ο Boyle πρέπει να ήταν από τους πρώτους στην Αγγλία που χρησιμοποίησαν αυτό το θερμοσκόπιο και αυτό δικαιολογεί τη δήλωσή του ότι λίγοι θα μπορούσαν να εκτελέσουν παρόμοια πειράματα λόγω έλλειψης του κλειστού θερμοσκοπίου. Σύμφωνα με την περιγραφή που έδινε στο δεύτερο υποκεφάλαιο, το κλειστό θερμοσκόπιο αποτελούνταν από μία στρογγυλή γυάλινη φιάλη, της οποίας το στόμιο κατέληγε σε ένα μακρύ σωλήνα, ο οποίος στο τέλος του ήταν ερμητικά κλειστός³⁰⁴. Η φιάλη και μέρος του σωλήνα ήταν γεμάτη με ένα ραφιναρισμένο («rectified») κρασί χρωματισμένο με κόκκινη βαφή («cochinele») το οποίο αποτελούσε τη θερμομετρική ουσία του θερμοσκοπίου³⁰⁵. Το υγρό ήταν ευδιάκριτο, δεν πάγωνε εύκολα και μπορούσε να λάβει τις πιο λεπτές αλλαγές

³⁰⁴ Βλ. εικόνα 3 του παραρτήματος 2 με τα σχήματα των θερμοσκοπίων.

³⁰⁵ «Cochineal is a powdered coloring matter yielding a brilliant scarlet dye; it consists of the dried bodies of the female *Dactylopius coccus*, an insect of tropical America and of Java. Tons of these insects were once harvested and used in making food colouring. Modern-day red food coloring may be substituted.». Το λεξικό *British Eighteenth-Century Chemical Terms* γράφει «A scarlet dye made from the insect *Coccus cacti*, native to Mexico and Central America».

της θερμοκρασίας των εξωτερικών σωμάτων. Λόγω της κατασκευής του, το κλειστό θερμοσκόπιο δεν μπορούσε να επηρεαστεί από τις μεταβολές του βάρους της ατμόσφαιρας. Το δεύτερο θερμοσκόπιο που χρησιμοποιούνταν στο πείραμα αποτελούσε μία παραλλαγή του κοινού θερμοσκοπίου αέρος που περιγράφηκε πιο πάνω, την οποία κατασκεύασε ο Boyle. Το «νέο θερμοσκόπιο αέρος» του Boyle, σύμφωνα πάλι με τη λεπτομερή περιγραφή που έδινε στο δεύτερο υποκεφάλαιο, αποτελούνταν από ένα στρόγγυλο γυάλινο δοχείο «νιολ» το οποίο ήταν μερικώς γεμάτο με νερό³⁰⁶. Μέσα από το στόμιο του δοχείου περνούσε ένας σωλήνας ο οποίος ήταν και από τα δύο άκρα ανοιχτός. Το στόμιο του δοχείου σφραγιζόταν, με κερί ή πολύ πηχτό τσιμέντο, έτσι ώστε να μην περνάει αέρας από το διάστημα που υπήρχε μεταξύ του σωλήνα και του στομίου. Το νερό του δοχείου εισερχόταν μέσα στο σωλήνα σε μία στάθμη πάνω από το στόμιο. Μέσω αυτής της κατασκευής παγιδευόταν αέρας στο εσωτερικό της φιάλης και το νερό βρισκόταν ανάμεσα στον εσωτερικό αέρα και την εξωτερική ατμόσφαιρα. Ο εσωτερικός αέρας αποτελούσε και τη θερμομετρική ουσία, δηλαδή με το ψύχος συστελλόταν, οπότε η στάθμη του νερού στον σωλήνα κατέβαινε και με τη θερμότητα διαστελλόταν, με αποτέλεσμα την άνοδο του νερού στο σωλήνα. Οι δύο αυτοί τύποι θερμοσκοπίων μαζί με εκείνον που περιγράφηκε πιο πάνω με την αιωρούμενη στάλα νερού αποτελούν τους τρεις τύπους θερμοσκοπίου που χρησιμοποιούνται στο *Cold*.

Ο Boyle τοποθέτησε τα δύο θερμοσκόπια σε ένα δωμάτιο και παρατήρησε τις ενδείξεις τους καθώς άλλαζε η θερμοκρασία του αέρα αλλά και το βάρος/πίεση της ατμόσφαιρας. Για την ένδειξη των αλλαγών της βαρύτητας/πίεσης της ατμόσφαιρας ο Boyle χρησιμοποιούσε ένα βαρόμετρο³⁰⁷. Με τη λέξη «βαρόμετρο» αποκαλούσε το όργανο του Torricelli, στο σωλήνα του οποίου ο υδράργυρος στέκεται στις εικοσιεννέα με τριάντα ίντσες. Όταν δεν υπήρχε αλλαγή στο βάρος της ατμόσφαιρας, η στάθμη των υγρών στα δύο θερμοσκόπια ανέβαινε με τη θερμότητα και έπεφτε με το ψύχος. Όταν όμως υπήρχαν μεταβολές στο βάρος/πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, τα υγρά δεν κινούνταν ομοίμορφα. Για παράδειγμα, σε ζεστό καιρό, και ενώ το βαρόμετρο έδειχνε άνοδο της στάθμης του υδραργύρου, η ένδειξη στο κλειστό θερμοσκόπιο ήταν υψηλή

³⁰⁶ Δεν είναι σίγουρο αν η λέξη «νιολ» παραπέμπει σε ένα στρόγγυλο δοχείο. Όμως, σύμφωνα με την αντίστοιχη εικόνα το δοχείο που χρησιμοποιείται είναι στρόγγυλο. Βλ. εικόνα 2 στο παράρτημα 2 με τα σχήματα των θερμοσκοπίων.

³⁰⁷ Βλ. εικόνα 4 του παραρτήματος 2.

ενώ στο ανοιχτό η στάθμη ήταν χαμηλή. Ο Boyle εξηγούσε αυτή τη διαφορά υποστηρίζοντας ότι το βάρος της ατμόσφαιρας είχε μεγαλύτερη δυνατότητα συμπίεσης του εσώκλειστου αέρα στο ανοιχτό θερμοσκόπιο από τη δυνατότητα της θερμότητας να τον διαστείλει. Επίσης σε τέσσερις μετρήσεις που έγιναν διαδοχικά σε τέσσερις ημέρες, ενώ το κλειστό θερμοσκόπιο έδειχνε συνέχεια περίπου την ίδια ένδειξη, το ανοιχτό θερμοσκόπιο έδειχνε από μέρα σε μέρα όλο και μικρότερη στάθμη³⁰⁸. Το βαρόμετρο επιβεβαίωνε με την άνοδο της στάθμης του τις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου, δείχνοντας ότι κάθε μέρα ο ατμοσφαιρικός αέρας γινόταν βαρύτερος. Οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των ενδείξεων των δύο θερμοσκοπίων αποδείκνυαν στον Boyle τις επιρροές που δεχόταν το ανοιχτό θερμοσκόπιο από τις αλλαγές στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το πρώτο υποκεφάλαιο έκλεινε με το πείραμα που αποδείκνυε τη διαφορά στις ενδείξεις του κλειστού και του ανοιχτού θερμοσκοπίου. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο με τίτλο «The II Discourse, Containing some New Observations about the Deficiencies of Weather-glasses, together with some Considerations touching the New or Hermetical Thermometers», ο Boyle αναδείκνυε κάποια επιπλέον κατασκευαστικά προβλήματα των κοινών θερμοσκοπίων αέρος τα οποία μπορούσαν να οδηγήσουν σε λάθος μετρήσεις³⁰⁹. Στο πρόβλημα που δημιουργούσε η κατασκευή σωλήνων, που ήταν πιο πλατείς στο πάνω μέρος τους κοντά στο στρογγυλό δοχείο, ο Boyle πρότεινε να κατασκευάζονται ίσοι σωλήνες και αρκετά κυλινδρικοί. Επίσης θεωρούσε ότι πρέπει να υπάρχει μία αναλογία ανάμεσα στη διάμετρο του σωλήνα και εκείνη του εσωτερικού της γυάλινης φούσκας. Ο Boyle επισήμανε ότι ακόμη και τα ανοιχτά θερμοσκόπια που είχαν ένα μέρος εκτεθειμένο στον αέρα, μπορούσαν με κάποιες ενέργειες να γίνουν πιο πρακτικά από τα κοινά θερμοσκόπια. Εκείνος πρότεινε την κατασκευή του «νέου θερμοσκοπίου αέρος» την οποία περιέγραφε λεπτομερώς όπως την παραθέτουμε παραπάνω. Θεωρούσε ότι στο συγκεκριμένο θερμοσκόπιο μπορούσε να κατασκευαστεί ένα δοχείο όσο μεγάλο θέλει ο κατασκευαστής. Με αυτό τον τρόπο μπορούσε η αναλογία, μεταξύ του χώρου που καταλαμβάνει ο αέρας μέσα στο δοχείο και του χώρου στον οποίο ανεβοκατεβαίνει το υγρό μέσα στο σωλήνα να γίνει τόσο μεγάλη, ώστε ο ίδιος βαθμός θερμότητας και ψύχους να μπορεί να προκαλέσει μία μετάτοπιση του υγρού πάνω ή κάτω, πέντε φορές

³⁰⁸ Για τις μετρήσεις του πειράματος βλ. τον πίνακα 1 του Παραρτήματος.

³⁰⁹ Boyle [1665α], σσ. 240-252.

και περισσότερο μεγαλύτερη από εκείνη του υγρού του κοινού θερμοσκοπίου, όπου ο χώρος που εσώκλειε τον αέρα ήταν πολύ μικρός σε σχέση με το σωλήνα όπου διαστελλόταν. Αυτό το κατασκευαστικό τέχνασμα επέτρεπε πιο εμφανείς ενδείξεις. Σύμφωνα με τον Boyle, το βασικό πλεονέκτημα αυτών των θερμοσκοπίων συνίστατο στη δυνατότητα να μετρηθούν οι βαθμοί ψύχους υγρών τοποθετώντας, ορισμένες φορές με τη χρήση βάρους, τα θερμοσκόπια μέσα σε αυτά προκειμένου να ψυχθεί ο αέρας που εσωκλειόταν στο κάτω μέρος του θερμοσκοπίου. Το θερμοσκόπιο μπορούσε επίσης να τοποθετηθεί μέσα στη γη, στο χιόνι, σε θρυμματισμένο πάγο και άλλα συμπαγή σώματα τα οποία μπορούσαν να τοποθετηθούν γύρω του. Ορισμένα επιπλέον πλεονεκτήματα που ανέφερε ο Boyle αφορούσαν τη μεγαλύτερη ευαισθησία στις εναλλαγές της θερμοκρασίας από τα κοινά θερμοσκόπια και την έλλειψη ανάγκης τοποθέτησής τους σε ξύλινες βάσεις εφόσον στηρίζονταν στο δοχείο.

Για την κλίμακα που χρησιμοποιούνταν στα ανοιχτά θερμοσκόπια ο Boyle δεν έδινε σαφείς πληροφορίες στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αλλά έθιγε ένα γενικότερο θέμα υπολογισμού των βαθμών ψύχους που αφορούσε την κατασκευή κλίμακας. Ο Boyle εξέφραζε ένα πολύ σοβαρό επιχείρημα εναντίον μίας ευρέως αποδεκτής άποψης για τη σχέση που έχει το αποτέλεσμα της δράσης του ψύχους, δηλαδή η συστολή του αέρα σε μικρότερο χώρο και η άνοδος του υγρού στα κοινά θερμοσκόπια, με τον βαθμό ψύχους στον οποίο μπορεί να αντιστοιχεί. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, όταν σε ένα θερμοσκόπιο την πρώτη μέρα το υγρό ανέβαινε μία ίντσα πιο πάνω από την προηγούμενη και την επόμενη ημέρα ακόμα μία ίντσα παραπάνω, θεωρούνταν ότι υπάρχει μία διπλή αύξηση του βαθμού του ψύχους. Αυτή η άποψη βασιζόταν στην υπόθεση ότι η συμπύκνωση ή συστολή του αέρα και η άνοδος του νερού προκαλούνταν αποκλειστικά από τη δράση του ψύχους. Ο Boyle αμφισβητούσε μία τέτοια θεώρηση γιατί κατ'αρχήν θεωρούσε ότι η άνοδος του νερού επηρεαζόταν από παράγοντες που διέφεραν από θερμοσκόπιο σε θερμοσκόπιο, όπως ήταν η ποσότητα του εσώκλειστου αέρα, το μέγεθος των σωλήνων καθώς και ο όγκος του αέρα τη στιγμή που το νερό αρχίζει να ανεβαίνει. Το βασικό όμως επιχείρημά του εναντίον αυτής της άποψης αφορούσε τον ρόλο που έπαιζε η πίεση του εξωτερικού αέρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο του *Defence* ο Boyle όριζε ότι «οι δυνάμεις που χρειάζονται για να συμπιέσουν τον αέρα είναι σε αντίστροφη αναλογία ή περίπου εκεί με τους χώρους που ενέχουν την ίδια

ποσότητα αέρα»³¹⁰. Με βάση αυτό το συμπέρασμα, ο συσχετισμός της ανόδου του νερού κατά δύο ίντσες με έναν διπλό βαθμό ψύχους ήταν λανθασμένος. Ο Boyle έφερε ως παράδειγμα έναν κύλινδρο τεσσάρων ιντσών που περιείχε αέρα, ο οποίος, όταν του ασκούσαν μία πίεση 10 ουγγιές βάρους, συμπιεζόταν στις δύο ίντσες και όταν προστίθενταν μία ίση δύναμη με αυτή (10 ουγγιές βάρους επιπλέον, δηλαδή σύνολο 20 ουγγιές), συμπιεζόταν στο μισό χώρο από πριν, δηλαδή σε μία ίντσα. Από αυτό ο Boyle συμπέρανε ότι στον υπολογισμό της συστολής ή συμπύκνωσης του αέρα σε ένα θερμοσκόπιο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο ο χώρος τον οποίο εγκαταλείπει ο αέρας αλλά και η αναλογία αυτού του χώρου στο σύνολο του χώρου που καταλάμβανε αρχικά καθώς και η πυκνότητα στην οποία βρισκόταν ο αέρας πριν του ασκηθεί η πίεση ή η δύναμη. Ο Boyle σημείωνε ότι η αντίσταση του εσωτερικού αέρα δεν πρέπει να λαμβάνεται ως αντίσταση ενός βάρους που μένει το ίδιο αλλά ως μία αντίσταση ελατηρίου που κάμπτεται με δύναμη και μεγαλώνει περισσότερο καθώς περιορίζεται σε μικρότερο χώρο.

Τη μεγαλύτερη έκταση στο δεύτερο υποκεφάλαιο καταλάμβαναν η παρουσίαση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της χρήσης του. Ενώ ο Boyle είχε αναφέρει τη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου στα πειράματα που περιγράφονταν στο πρώτο υποκεφάλαιο, εδώ επανερχόταν για να μιλήσει για τον τρόπο που ήρθε σε επαφή με το πρωτότυπο αυτού του οργάνου, τις αλλαγές που έκανε ο ίδιος και τα διάφορα θέματα που αφορούσαν τη χρήση του. Ο Boyle παραδεχόταν ότι στην κατασκευή του κλειστού θερμοσκοπίου τον είχε βοηθήσει ένα πρωτότυπο ερμητικά κλειστό θερμοσκόπιο υγρού που του είχε φέρει ένας ταξιδιώτης, ο Robert Southwell, από τη Φλωρεντία. Απέδιδε την κατασκευή του σε Φλωρεντινούς δεξιοτέχνες οι οποίοι, ανέφερε, είχαν προπορευθεί σε σχέση με τους Άγγλους στη μετατροπή κλειστών δοχείων σε θερμοσκόπια. Ο Boyle αναφερόταν εδώ στα μέλη της ιταλικής ακαδημίας, Accademia del Cimento, η οποία είχε ιδρυθεί το 1657 από τον Δούκα Φερδινάνδο Α΄ και τον αδελφό του Λεοπόλδο στη Φλωρεντία. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της Ακαδημίας και σχεδόν συγχρόνως με τον Boyle, τα μέλη της είχαν επιδοθεί στην κατασκευή θερμοσκοπίων και στη διενέργεια πειραμάτων πάνω σε φαινόμενα ψύξης. Ο Boyle θεωρούσε ότι με τη βοήθεια ενός δεξιότηχην («dexterous

³¹⁰ Ο.π. σελ. 243.

hand») το φλωρεντινό πρωτότυπο είχε βελτιωθεί στην Αγγλία αποκτώντας μία πιο βολική κατασκευή και δίνοντας πιο ακριβείς μετρήσεις³¹¹. Το πρόσωπο, το οποίο δεν ονόμαζε, και στο οποίο απέδιδε τη βελτίωση του θερμοσκοπίου ήταν ο Robert Hooke. Έχουμε ήδη αναφέρει στο κεφάλαιο 2.2.5, ότι την περίοδο που ο Boyle έλαβε το ιταλικό πρωτότυπο, γύρω στον Σεπτέμβριο του 1661, είχε ως βοηθό στα πειράματα για τις ιδιότητες του αέρα και, όπως δείχνουν τα στοιχεία, στην κατασκευή των θερμοσκοπίων τον Hooke. Το γεγονός ότι ο Hooke πρέπει να ασχολούνταν κυρίως με την κατασκευαστική εργασία των θερμοσκοπίων εκδηλώνεται μέσα από την αναφορά του Boyle στη διαδικασία του γεμίσματος των θερμοσκοπίων που έχουν μακρύ σωλήνα, και στην περιγραφή της είτε από τον ίδιο είτε από τον βοηθό του σε κάποιο άλλο γραπτό.

Ένα πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Boyle στην προσπάθειά του να διαδώσει τη χρήση του θερμοσκοπίου ήταν η απόδειξη ότι ένα υγρό, ερμητικά κλειστό σε μία φιάλη, μπορεί να αραιωθεί και να συσταλεί. Ο Boyle καλούνταν να αντικρούσει το δόγμα των Σχολών ενάντια στην ύπαρξη του κενού. Το δόγμα αυτό είχε συζητηθεί στο 33ο πείραμα του *Spring of the Air*. Εκεί ο Boyle παρέθετε την αριστοτελική εξήγηση των φαινομένων της ανόδου του νερού κατά την αναρρόφηση που γίνεται από τον άνθρωπο καθώς και της συγκράτησης του νερού από την πτώση, όταν τίθεται σε έναν μακρύ και καλά κλειστό σωλήνα ο οποίος αναποδογυρίζεται. Στην πρώτη περίπτωση, οι περιπατητικοί εξηγούσαν ότι κατά την αναρρόφηση του αέρα, το νερό ανέβαινε για να καλύψει το χώρο που εγκατέλειπε ο αέρας, ενώ στη δεύτερη το νερό παρέμενε στη θέση του γιατί στην περίπτωση που έπεφτε ο αέρας δεν θα μπορούσε να ακολουθήσει για να γεμίσει τον χώρο που θα έμενε κενός. Σύμφωνα με την εξήγηση που έδιναν στο δεύτερο φαινόμενο, η συστολή του ρευστού στα κλειστά θερμοσκόπια ήταν αδύνατη. Ο Boyle κατέκρινε τη θεώρηση ότι η φύση δρα με σκοπό να αποφεύγει τη δημιουργία κενού και αντέτεινε τη δική του εξήγηση των φαινομένων μέσω της ελαστικότητας του αέρα. Εξηγούσε ότι η συνεχής τάση του αέρα να διασταλεί τον ωθούσε να γεμίζει χώρους ή να σπρώχνει ενδιάμεσα σώματα όταν έβρισκε αντίσταση που μπορούσε να υπερκεράσει³¹². Ο Boyle

³¹¹ Ο.π., σελ., 246.

³¹² «For in the next place, our Experiments seem to teach, that the supposed Aversation of Nature to a *Vacuum* is but accidental, or in consequence partly of the Weight and Fluidity, or, at least, Fluxility of the Bodies here below, and partly, and perhaps principally, of the Spring of the Air, whose restless endeavour to expand it selfe every way, makes it either rush in it self, or compel the interpos'd bodys into all spaces, where it finds no greater resistance than it can surmount.», Boyle [1660], σελ. 245.

θεωρούσε ότι είχε αποδείξει αυτή τη θέση μέσω των πειραμάτων του πάνω στην αναρρόφηση της αντλίας («suction») τα οποία παρουσίαζε στο *Spring of the Air*. Το πείραμα 19 της ίδιας πραγματείας αποτελούσε μία παρόμοια περίπτωση με αυτή της λειτουργίας του θερμοσκοπίου και αποδείκνυε ότι η πτώση του υγρού είναι δυνατή. Ο Boyle εκτελούσε το πείραμα του Torricelli χρησιμοποιώντας νερό και όχι υδράργυρο. Στη συνέχεια το όργανο τοποθετούνταν στην αντλία κενού. Κατά την εξάντληση του αέρα από τον υποδοχέα, το νερό μέσα στον σωλήνα έπεφτε αφήνοντας κενό το μισό μέρος του σωλήνα. Το νερό ξαναγέμιζε αυτό τον χώρο μόνο όταν ο εξωτερικός αέρας εισερχόταν ξανά μέσα στον υποδοχέα, με αποτέλεσμα να πιέζει την επιφάνεια του υποκείμενου νερού. Ο Boyle ανέφερε ότι σύμφωνα με την περιπατητική άποψη, το νερό, κατά την εξάντληση του αέρα, θα έπρεπε να ανέβει μέσα στο σωλήνα για να αποφευχθεί το κενό. Το γεγονός όμως ότι το νερό κάλυπτε γρήγορα και εύκολα το χώρο αυτό με την είσοδο του εξωτερικού αέρα, έδειχνε, κατά τον Boyle, ότι υπήρχε χώρος «κενός αέρος» για να καλυφθεί και ότι το νερό με μία μικρή ή μηδενική αντίσταση είχε ανέβει. Αυτή η εξήγηση που δίνει εδώ ο Boyle θα μπορούσε να ισχύει και στην περίπτωση που ένα υγρό συστελλόταν σε μία κλειστή φιάλη. Εκεί το υγρό υποχωρεί αφήνοντας ένα «κενό αέρος» το οποίο και καλύπτει όταν με τη δράση της θερμότητας αραιωθεί.

Όσον αφορά τη συστολή των ρευστών σε ερμητικά κλειστές φιάλες, ο Boyle έπρεπε να αντικρούσει μία ακόμη άποψη των φιλοσόφων, αρχαίων και νέων, σύμφωνα με την οποία η συστολή του αέρα από το ψύχος ήταν πιο εύκολη σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο ρευστό. Στο *Cold* παρουσίαζε πολλά πειράματα με τα οποία αντέκρουε αυτή την άποψη. Συγκεκριμένα, σε ορισμένα πειράματα που παρουσιάζονταν στο 18ο κεφάλαιο («Title XVIII») της ενότητας «The Experimental History of Cold», έδειχνε ότι ο αέρας σε κλειστά δοχεία δεν συστελλεται αισθητά από το ψύχος³¹³. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια ο Boyle δήλωνε ότι πρώτος αυτός είχε σχεδιάσει πειράματα και είχε δείξει ότι και το νερό και ο αέρας μπορούν να αραιωθούν και να συσταλούν μέσα σε ερμητικά κλειστές φιάλες. Τα χωρία που αναφέρθηκαν παραπάνω από το *Spring Of the Air* καθώς και εκείνα του *Cold*, ίσως να αποτελούν τα πειράματα τα οποία αναφέρει ότι σχεδίασε για αυτό τον σκοπό.

³¹³ Boyle [1665α], σσ. 384-386.

Σύμφωνα με τον Boyle, το βασικό προτέρημα των κλειστών θερμοσκοπίων υγρού αποτελούσε η προφύλαξη των ενδείξεών του από της εναλλαγές του βάρους του αέρα, που επηρεάζαν τις ενδείξεις των ανοιχτών θερμοσκοπίων. Τα κλειστά θερμοσκόπια μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα ψηλότερα και στα βαθύτερα μέρη χωρίς να επηρεάζονται. Ένα δεύτερο προτέρημα αποτελούσε ο αποκλεισμός της εξάτμισης του εσώκλειστου υγρού και των ατυχημάτων που λάμβαναν χώρα κατά τη μεταφορά των θερμοσκοπίων και προκαλούνταν από την έκχυση του υγρού. Το τρίτο προτέρημα που ανέφερε ήταν η δυνατότητα πλήρους βύθισης του κλειστού θερμοσκοπίου στη θάλασσα και σε οποιοδήποτε υγρό ακόμη και στο πιο διαβρωτικό.

Ένα πολύ σημαντικό θέμα που φαίνεται ότι απασχολούσε έντονα τον Boyle ήταν το είδος του υγρού που χρησιμοποιούνταν ως θερμομετρικό ρευστό. Μία μεγάλη διαφορά των θερμοσκοπίων αέρος με το ερμητικά κλειστό θερμοσκόπιο ήταν ότι ο αέρας έπαυε να αποτελεί πια τη θερμομετρική ουσία και τη θέση του έπαιρνε ένα υγρό. Ο Boyle ανέφερε ότι στη θέση των υγρών που χρησιμοποιούνταν στα κοινά θερμοσκόπια, ορισμένα από τα οποία διέτρεχαν τον κίνδυνο να μετατραπούν σε πάγο ή να μην επηρεάζονται από τις λεπτές αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα, καθώς και στη θέση του άχρωμου υγρού, αν ήταν νερό ή όχι δεν ήξερε, που χρησιμοποιούσαν οι Φλωρεντινοί στα δικά τους θερμοσκόπια, εκείνος χρησιμοποιούσε ένα ραφιναρισμένο απόσταγμα κρασιού το οποίο βαφόταν με «cochinele», και ανοιγόταν με ένα απαλό, πτητικό απόσταγμα ούρων («spirit of Urine»). Ο Boyle θεωρούσε ότι λόγω της παρασκευής του, το υγρό αυτό θα ήταν καταρχήν ευδιάκριτο μέσα στο σωλήνα, θα μετατραπόταν σε πάγο αρκετά πιο δύσκολα, και θα επηρεαζόταν από μικρές αλλαγές στις θερμοκρασίες των σωμάτων οι οποίες, όταν χρησιμοποιούνταν ως θερμομετρική ουσία το νερό, διακρίνονταν αχνά. Οι παρατηρήσεις από τους κατασκευαστές οργάνων, θερμοσκοπίων με απόσταγμα κρασιού και νερό, επιβεβαίωναν τα συμπεράσματα του Boyle για το υγρό που είχε επιλέξει να χρησιμοποιεί. Επίσης έδειχναν ότι το κρασί δεν μετατρεπόταν σε πάγο τόσο εύκολα όσο το νερό στο συγκεκριμένο κλίμα της Αγγλίας. Ο Boyle ανέφερε ότι ένας μέτριος («mild») βαθμός ψύχους μπορούσε να προκαλέσει μία άνοδο του αποστάγματος κρασιού πολλών ιντσών. Παρόλο που ο Boyle είχε επιλέξει μία θερμομετρική ουσία για το δικό του κλειστό θερμοσκόπιο, δήλωνε ότι το θέμα της καταλληλότητας των υγρών για χρήση στα θερμοσκόπια θα έπρεπε, λόγω της ιδιαίτερης

φύξης τους, να ερευνάται συνεχώς μέχρι να υπάρχει μία πλέον οριστική θεωρία για τις αιτίες του ψύχους. Οι δοκιμές ψύξης πολλών και διαφορετικών χημικών ουσιών και αποσταγμάτων που παρουσιάζονταν στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο («Title II», «Title III») είχαν οδηγήσει τον Boyle σε συμπεράσματα σε σχέση με τη δυνατότητα ψύξης καθώς και τους βαθμούς στους οποίους τα υγρά μετατρέπονταν σε πάγο. Ο Boyle θεωρούσε ότι η επιλογή υγρού ήταν σημαντική για τη λειτουργία του θερμοσκοπίου. Κι αυτό, γιατί ένα υγρό μπορούσε να επηρεαστεί από έναν έντονο βαθμό ψύχους, ικανό να προκαλέσει ψύξη, ενώ ένα άλλο υγρό δεν επηρεαζόταν.

Ο Boyle απέρριπτε την άποψη των φιλοσόφων και χημικών, οι οποίοι πίστευαν ότι τα «subtile» και «spirituous» υγρά δεν μπορούσαν να μετατραπούν σε συμπαγή³¹⁴. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο ανέφερε περιπτώσεις πειραμάτων όπου κάποια υγρά, τα οποία σύμφωνα με αυτή την άποψη δεν έπρεπε να στερεοποιούνται σε μικρούς βαθμούς ψύχους, μετατρέπονταν σε συμπαγή σώματα. Πιο συγκεκριμένα ανέφερε το χημικό λάδι του Aniseed («γλυκανίσου») το οποίο ήταν διωλισμένο μέσω ενός «limbeck» και λίγες σταγόνες του οποίου μπορούσαν να δυναμώσουν την γεύση ενός ποτηριού μύρας και να την κάνουν πιο ζεστή. Αυτό το υγρό μπορούσε να μετατραπεί σε συμπαγές σώμα με έναν βαθμό ψύχους μικρότερο από αυτόν που παγώνει το κοινό νερό. Στη συνέχεια ανέφερε διωλισμένα υγρά των οποίων τα μέρη ήταν πολύ διαπεραστικά και διεγερμένα, και τα οποία δεν θεωρούσε κατώτερα των χημικών ελαίων και του aquafortis («νιτρικό οξύ»), τα οποία όμως μετατρέπονταν σε συμπαγή υγρά με τη δράση βαθμών ψύχους μικρότερων από αυτούς που μπορούσαν να παγώσουν το σύνολο των χημικών λαδιών ή των αποσταγμάτων των αλάτων («saline spirits»). Με τα παραπάνω παραδείγματα ο Boyle ίσως προσπαθούσε να αποτρέψει τη χρήση παρόμοιων υγρών ως θερμομετρικών ουσιών.

Η ευαισθησία του κάθε υγρού στους βαθμούς του ψύχους αποτελούσε ένα πρόβλημα για την επιλογή του σωστού θερμομετρικού υγρού. Ένα δεύτερο πρόβλημα, σύμφωνα με τον Boyle αποτελούσε η ψύχρανση των υγρών, όχι μέσω του ψύχους, αλλά

³¹⁴ «Besides we cannot always safely conclude (as Philosophers and Chymists generally do) that the more subtile and spirituous Liquors, must be the least capable of being congealed (that is, made to lose its fluidity, as oyl and some other substances are wont to be reduc'd to do by the Action of Cold)...», ο.π. σελ.,244.

μέσω της επαφής με άλλα σώματα. Δήλωνε ότι μέχρι να αποκτήσει μία πιο συγκεκριμένη θεωρία του ψύχους, μπορούσε να υποθέτει ότι πέρα από την ύπαρξη των καθολικών παραγόντων/δρώντων σωμάτων του ψύχους («catholick efficients of cold»), δηλαδή σωμάτων ή σωματιδίων που προκαλούν το ψύχος σε όλα τα σώματα στα οποία εισέρχονται ή ακουμπούν, υπάρχουν κάποια δρώντα σώματα («agents») τα οποία προκαλούν ψύξη σε ορισμένα σώματα και όχι σε όλα³¹⁵. Αυτά τα «δρώντα σώματα» θεωρούσε ότι μπορούν να αποκληθούν ψυκτικά («frigorifick») σε σχέση με τα σώματα που ψυχραίνουν³¹⁶. Ο Boyle επισήμαινε επίσης ότι αυτή η υπόθεση ίσχυε στην περίπτωση που «η ψύχρανση ενός σώματος θεωρούνταν ότι αποτελείται από την ελάττωση της προηγούμενης ή χρειαζόμενης διέγερσης των μερών του (από οποιαδήποτε αιτία και αν προκαλείται η ελάττωση)»³¹⁷. Ως παράδειγμα έφερνε τη μετατροπή του υδραργύρου σε συμπαγές υγρό με τη δράση ατμών μολύβδου, ενώ, όπως είχε δείξει με τα πειράματα του τρίτου κεφαλαίου («Title III»), ο υδράργυρος δεν μπορούσε να ψυχθεί ούτε από εκείνους τους βαθμούς ψύχους που μετατρέπουν το νερό και το κρασί σε πάγο.

Ο Boyle συμπέρανε από τις παρατηρήσεις του ότι, όπως τα υγρά έχουν το καθένα μία ιδιαίτερη δομή («texture»), έτσι και ορισμένα σώματα αποτελούνται από σωματίδια, τα οποία με το ιδιαίτερό τους σχήμα, μέγεθος, και κίνηση μπορούν να εμποδίσουν ή να ελαττώσουν τη διέγερση των σωματιδίων του υγρού στο οποίο εισέρχονται³¹⁸. Με βάση την υπόθεση ότι η ψύχρανση ενός σώματος ανάγεται στην ελάττωση της κίνησης των σωματιδίων που το αποτελούν, υποστήριζε ότι ορισμένα υγρά μπορούσαν να παγώνουν συγκεκριμένα υγρά χωρίς να έχουν το ίδιο αποτέλεσμα σε υγρά των οποίων οι δομές («texture») είναι διαφορετικές. Ο Boyle θεωρούσε ότι το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιωνόταν και από την παρατήρηση περιπτώσεων όπου το κρασί, μπορούσε κατά την ανάμειξή του με έναν αριθμό υγρών να γίνει συμπαγές. Σχετικά με το αν η μετατροπή των υγρών στη συμπαγή κατάσταση, μέσω της εισχώρησης σωματιδίων που

³¹⁵ ο.π. σελ. 245.

³¹⁶ ο.π.

³¹⁷ «yet if the refrigeration of a Body be but the lessening of the wonted or former agitation of its parts (from what cause soever that remisness proceeds)». ο.π.

³¹⁸ Όπως εξηγούμε στο κεφάλαιο 4.1. με τη λέξη «texture» ο Boyle εννοούσε τη χωρική τοποθέτηση των σωματιδίων που απαρτίζουν τα σώματα η οποία όμως προσδιοριζόταν επίσης από τις πρωτεύουσες ιδιότητές τους, δηλαδή το σχήμα, το μέγεθος, την κίνηση, τη στάση τους και την τοποθέτησή τους στο χώρο.

εμπόδιζαν την κίνηση των μερών του, σήμαινε ότι το υγρό αποκτούσε «στην πραγματικότητα μία ψυχρότητα», ο Boyle αμφέβαλλε και θεωρούσε ότι θα έπρεπε να διευκρινιστεί περισσότερο η υπόθεση που είχε κάνει για τη φύση του ψύχους³¹⁹. Ο Boyle προσέθετε το παράδειγμα ενός υγρού το οποίο στην αφή είχε την ίδια θερμοκρασία με το νερό, και το οποίο με την πρόσθεση μίας ουσίας που δεν ονόμαζε αποκτούσε ένα σημαντικό βαθμό ψύχους. Ο Boyle δήλωνε ότι πρόσθετε πειστήρια ως προς την υπόθεσή του αλλά δεν προχωρούσε τόσο ώστε να αντιστοιχήσει τη δράση του ενός υγρού σε ένα άλλο με τη δράση του ψύχους.

Ο Boyle χρησιμοποιούσε το παραπάνω επιχείρημα, για την ύπαρξη υγρών που μπορούν και μετατρέπουν σε συμπαγή άλλα υγρά που έχουν μία συγκεκριμένη «δομή», για να υποστηρίξει μία από τις θέσεις του για τις ατέλειες του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού. Ο Boyle θεωρούσε ότι, παρόλο που τα κλειστά θερμοσκόπια υγρού ήταν πιο αξιόπιστα από αυτά που χρησιμοποιούνταν ευρέως, ένας φιλόσοφος έπρεπε να θεωρεί τα θερμοσκόπια και τις αισθήσεις ως όργανα που χρησιμοποιούνται με λογική στην εκτίμηση των βαθμών του ψύχους. Θεωρούσε ότι ο νατουραλιστής έπρεπε να εξετάσει αν η χρήση των κλειστών θερμοσκοπίων έπρεπε να αποτρέπει τους ανθρώπους από την έρευνα άλλων τρόπων εκτίμησης του ψύχους. Ο Boyle κατέληγε στο ότι τα κλειστά θερμοσκόπια, παρόλο που αποτρέπουν την παραμόρφωση των ενδείξεων από το βάρος του αέρα καθώς και την εξάτμιση του εσώκλειστου υγρού, έχουν μία σειρά από μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα σχετιζόταν με την επιρροή του εσώκλειστου κρασιού από τα «ψυκτικά» σώματα που είχαν την ιδιότητα να μετατρέπουν υγρά συγκεκριμένης υφής σε συμπαγή. Ο Boyle θεωρούσε ότι οι ατμοί τέτοιων υγρών, στην περίπτωση που μπορούν να περάσουν μέσα από το γυαλί, μπορούσαν να δράσουν στο εσώκλειστο υγρό. Επίσης θεωρούσε πιθανό να υπάρχουν στον αέρα ορισμένοι ατμοί, λίγο ή πολύ ψυχροί, οι οποίοι μπορούσαν να προωθούν ή να εμποδίζουν τη διέγερση ανάμεσα στα μικροσκοπικά μέρη του κρασιού ενώ δεν είχαν την ίδια δράση σε άλλα υγρά. Ο Boyle παρέθετε ένα πείραμα για την υποστήριξη αυτής της άποψης. Έπαιρνε ένα κλειστό θερμοσκόπιο και τοποθετούσε το δοχείο και μέρος του σωλήνα μέσα σε ένα μίγμα το οποίο δεν ονόμαζε και ήταν μέτριας θερμοκρασίας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα

³¹⁹ «that the Liquor by being depriv'd of the Kind of Agitation does actually achier a Coldness», Boyle [1665a], σελ. 246.

την άνοδο του αποστάγματος κρασιού στις οχτώ με εννέα ίντσες μέσα σε σωλήνα μήκους ενός ποδιού. Στη συνέχεια ακολούθησαν μία σειρά από παρατηρήσεις που εξέπληξαν τον Boyle. Το θερμοσκόπιο τοποθετήθηκε πρώτα σε ένα ποτήρι κρύο νερό και παρατηρήθηκε η άνοδος του υγρού κατά περίπου μία ίντσα· κατά τη διάρκεια τεσσάρων ή πέντε ωρών που έμεινε στο νερό και επιπλέον ωρών που έμεινε στον αέρα, η στάθμη του υγρού δεν κατέβηκε καθόλου· τέλος, αφού το θερμοσκόπιο αφέθηκε στο παράθυρο κατά τη διάρκεια μίας νύχτας, το υγρό είχε κατέβει στις οχτώ ίντσες, στη στάθμη που ανέβηκε όταν τέθηκε μέσα στο μίγμα. Με το πείραμα αυτό ο Boyle έδειχνε ότι το «μυστηριώδες» υγρό είχε, ίσως μέσω ατμών, αυξήσει την κίνηση των σωματιδίων του εσώκλειστου υγρού με αποτέλεσμα αυτό να αυξήσει τον όγκο του. Ο Boyle δήλωνε ότι αυτό το πείραμα καθώς και άλλες παρατηρήσεις με το συγκεκριμένο μίγμα τον οδηγούσαν στη σκέψη ότι ακόμη και τα κλειστά θερμοσκόπια που περιέχουν υψηλά ραφινάρισμένο κρασί σε ορισμένες σπάνιες συγκυρίες, όταν δρουν ορισμένοι παράγοντες είτε εισχωρώντας μέσα από τους πόρους του γυαλιού είτε για άλλο λόγο, δημιουργούν ορισμένες εντυπώσεις οι οποίες δεν προέρχονται από πραγματικές ή αναμενόμενες δράσεις της θερμότητας και του ψύχους.

Ένας δεύτερος παράγοντας που ανέφερε ο Boyle που μπορούσε να επηρεάσει τη διαστολή ή συστολή του εσώκλειστου υγρού ήταν η δράση που είχε σε αυτό η πανσελήνος και η αρχή της νέας σελήνης καθώς και οι «μυστικές μεταλλάξεις του αέρα», όπως τις αποκαλούσε³²⁰. Για τη δράση της σελήνης ο Boyle ανέφερε ως πηγή τη μαρτυρία του χημικού Orthelius. Στο βιβλίο *Theatrum chemicum*, ο Orthelius ανέφερε ότι το διυλισμένο «oaf of Magnesia» ή «Bismute» αυξάνει αρκετά τον όγκο του στο δοχείο που διατηρείται κατά τη διάρκεια της πανσελήνου και συρρικνώνεται όταν ξεκινά το νέο φεγγάρι³²¹. Ο Boyle δήλωνε ότι δεν έχει καταφέρει να αναπαραγάγει τα πειράματα του Orthelius ούτε να βρει άλλη μαρτυρία που να επιβεβαιώνει την παρατήρηση αυτή. Παρ'όλα αυτά περιέγραφε ένα πείραμα το οποίο θεωρούσε συναφές με τις παρατηρήσεις του Orthelius. Στο πείραμα αυτό ο Boyle παρατήρησε ένα βάμμα κεχριμπαριού («Tincture of Amber») φτιαγμένο σε υψηλά ραφινάρισμένο απόσταγμα κρασιού, κατά τη φύλαξή του για πολλούς μήνες σε ένα σφραγισμένο γυάλινο δοχείο, να

³²⁰ 'secret mutations of the air', Ο.π., σελ. 249.

³²¹ Ο.π., σς, 248-249.

επηρεάζεται από αλλαγές που προέρχονταν από «μυστικές μεταλλάξεις του αέρα»³²². Ο Boyle επισήμανε ότι οι αλλαγές που προκλήθηκαν στο υγρό ήταν πιο αισθητές από εκείνες που συνέβαιναν σε υγρά που είχαν μεγάλη ποσότητα αποστάγματος κρασιού («spirit of wine»). Αν και ο Boyle δεν είχε πολλά πειραματικά γεγονότα για να επιβεβαιώσει αυτά τα φαινόμενα, τα ανέφερε στο συγκεκριμένο σημείο ως ενδεχόμενα χωρίς να τα απορρίπτει τελείως.

Έχοντας παρουσιάσει τα προβλήματα που ανέκυπταν από τη χρήση υγρών ως θερμομετρικών ουσιών καθώς και την επιρροή παραγόντων, εκτός της δράσης των βαθμών του ψύχους, στη διαστολή και τη συστολή τους, ο Boyle κατέληγε στο εξής συμπέρασμα: ότι υπάρχει η περίπτωση σε κλειστά θερμοσκόπια που φτιάχνονται ίδια και φυλάσσονται στο ίδιο μέρος αλλά περιέχουν διαφορετικά υγρά, τα τελευταία να μην επηρεάζονται ομοιόμορφα από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα. Αυτό θεωρούσε ότι οφειλόταν στην ιδιαίτερη φύση τους. Ο Boyle προσέθετε ότι τα υγρά αυτά παρόλο που ήταν διαφορετικά μπορούσαν να βαφτούν στο ίδιο χρώμα μέσω της μίξης τους με χαλκό.

Εκτός από το πρόβλημα που δημιουργούσαν στο αποστάγμα κρασιού που χρησιμοποιούσε ο Boyle στα δικά του κλειστά θερμοσκόπια, υγρά τα οποία είχαν «ψυκτική δράση» πάνω του, ο Boyle ανακάλυψε ένα ακόμη πρόβλημα. Παρόλο που τα κλειστά θερμοσκόπιά του κατασκευάζονταν από τον πιο έμπειρο τεχνίτη, παρατηρούσε τη δημιουργία μίας ποσότητας φυσαλίδων στο εσωτερικό τους, ικανής να δημιουργήσει πρόβλημα στη λειτουργία τους. Το φαινόμενο που παρατηρούσε ο Boyle αφορούσε τη δημιουργία φυσαλίδων στο σημείο που το σφαιρικό μέρος του θερμοσκοπίου συναντούσε το κυλινδρικό. Στο σημείο αυτό οι φυσαλίδες ήταν δύσκολο να γίνουν διακριτές. Ήταν απλωμένες από άκρη σε άκρη με αποτέλεσμα να χωρίζουν το υγρό στο σφαιρικό μέρος από εκείνο στο κυλινδρικό. Οι φυσαλίδες δεν μετακινούνταν με αποτέλεσμα να εμποδίζουν το υγρό στο σφαιρικό μέρος να ανέβει ανάλογα με τη θερμοκρασία. Ο Boyle εξηγούσε ότι όταν ο αέρας δεν πιεζόταν, μία φυσαλίδα του δεν θα περνούσε τόσο εύκολα μέσα από ένα στενό πέρασμα όσο ένα πιο πυκνό υγρό. Με βάση αυτές τις παρατηρήσεις ο Boyle συμπέραινε ότι ακόμη και τα κλειστά θερμοσκόπια που περιείχαν απόσταγμα κρασιού, δεν ήταν τελείως απομονωμένα από την επαφή με τα

³²² «secret mutations of the air», ο.π. σελ. 249.

εξωτερικά σώματα και τη δράση τους. Η περιγραφή του Boyle άφηνε ασάφειες για τον τρόπο δημιουργίας των φουσαλίδων και επομένως για τον τρόπο που το εσωτερικό του θερμοσκοπίου επικοινωνούσε με τους εξωτερικούς παράγοντες. Μία πιθανή ερμηνεία θα μπορούσε να αποτελέσει η ύπαρξη σωματιδίων αέρα στο υγρό. Η επαφή που θεωρούσε ότι υπήρχε στα ερμητικά κλειστά θερμοσκόπια ανάμεσα στο υγρό και σε εξωτερικούς παράγοντες («all commerce with external bodies») μάλλον αφορούσε τη δράση ορισμένων εξωτερικών σωμάτων τα οποία βρίσκονταν εσώκλειστα μέσα στο θερμοσκόπιο και ίσως μέσα στο υγρό αλλά δεν εισέρχονταν μέσα σε αυτό μέσω του γυαλιού³²³.

Ο Boyle δήλωνε ότι μέσω της εξέτασης των παραπάνω προβλημάτων που παρουσιάζε η χρήση των κλειστών θερμοσκοπίων υγρού, ήθελε να οδηγήσει τους ανθρώπους στη σκέψη ότι μαζί με τις αισθήσεις και τα θερμοσκόπια μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλα πειράματα και παρατηρήσεις για τη μέτρηση του ψύχους. Θεωρούσε ότι μέσω της έρευνας θα ανακαλύπτονταν σώματα, φυσικά ή τεχνητά, που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των βαθμών του ψύχους. Υποστήριζε ότι η ψύξη ορισμένων σωμάτων μπορεί να θεωρηθεί ενδεικτική κάποιων βαθμών ψύχους. Δεν διευκρίνιζε όμως αν αυτοί οι βαθμοί μπορούσαν να γίνουν αντιληπτοί και από τα θερμοσκόπια. Ενώ το νερό θεωρούνταν το πιο ευαίσθητο υγρό σε βαθμούς του ψύχους που μπορούν να αλλάξουν τη ρευστή του κατάσταση, ο Boyle θεωρούσε ότι η διωλισμένη ουσία «benzoïn» μπορούσε να μετατραπεί από υγρή σε συμπαγής και στη συνέχεια ξανά σε υγρή κατάσταση με μικρότερες αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα ως προς το ψύχος και τη θερμότητα από αυτές που χρειάζονταν για να παραχθεί ή να τηχθεί πάγος. Επίσης ανέφερε την ψυκτική δράση του ψύχους στο διάλυμα του «amber-greese» μέσα σε υψηλά ραφιναρισμένο απόσταγμα κρασιού, σε διαλύματα θειωδών και ρητσινωδών συμπαγών σωμάτων («Sulphurous or Resinous concretions») στο ίδιο υγρό, καθώς και σε χημικά υγρά παρασκευασμένα από ούρα και «harts horn» στα οποία ανάλογα με τη θερμοκρασία, μετατρέπονταν μία μικρή ή μεγάλη ποσότητα άλατος σε πάγο³²⁴.

³²³ Ο.π.

³²⁴ Ο.π. σσ. 250, 251.

Η μετατροπή του Benzoïn σε πάγο σε μικρότερο βαθμό ψύχους από το νερό έδειχνε μάλλον ότι υπάρχει ένας βαθμός ψύχους μικρότερος από αυτόν που ψύχει το νερό, ο οποίος όμως είναι ικανός να μετατρέψει ένα υγρό σε πάγο. Αυτό αποτελούσε σημαντική πληροφορία, γιατί, ο βαθμός ψύχους που έψυχε το νερό, θεωρούνταν ο πιο χαμηλός βαθμός ψύχους στον οποίο μπορεί να μεταραπεί ένα υγρό σε πάγο³²⁵. Η ψύξη ρητσωδών και θειωδών σωμάτων τα οποία διαλύονταν σε ραφιναρισμένο απόσταγμα κρασιού έδειχνε μάλλον έναν υψηλό βαθμό ψύχους γιατί, σύμφωνα με τα πειράματα που είχε αναφέρει ο Boyle στο τρίτο κεφάλαιο («Title III»), το απόσταγμα κρασιού δεν μπορούσε να ψυχθεί. Άρα ο βαθμός του ψύχους που θα έψυχε διαλύματα σε αυτό το υγρό θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που μετέτρεπε το νερό πάγο.

Η δράση που είχε το ψύχος στην αλλαγή της πυκνότητας του νερού, σύμφωνα με τον Boyle, μπορούσε να δώσει διαφορετικές πληροφορίες για το αυξανόμενο ή ελαττούμενο ψύχος του αέρα από εκείνες που έδινε το νερό μέσω των κοινών θερμοσκοπίων. Ο Boyle είχε συλλέξει πληροφορίες για αυτό το φαινόμενο από θαλασσοπόρους. Στο βιβλίο του Ιησουίτη Fournier είχε διαβάσει ότι στη Γαλλία τα ποτάμια κρατούσαν πιο βαριά φορτωμένα πλοία το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι³²⁶. Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονταν από πληροφορίες που είχε συλλέξει ότι στις ακτές των παγωμένων περιοχών τα πλοία είχαν λιγότερο βύθισμα από ό,τι είχαν στις βρετανικές θάλασσες. Επίσης είχε επινοήσει πειράματα όπου χρησιμοποιούσε την αλλαγή της πυκνότητας του νερού για να παρατηρήσει τις αλλαγές της ψυχρότητας του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Βύθιζε ένα γυάλινο στρογγυλό δοχείο, ερμητικά κλειστό, το οποίο ζύγιζε όσο νερό ίσου όγκου με το δοχείο, στην ίδια ποσότητα νερού το οποίο λαμβανόταν μία συγκεκριμένη στιγμή της ημέρας. Το νερό και το γυάλινο δοχείο είχαν τοποθετηθεί μέσα σε ένα σωλήνα. Το μεσημέρι και ενώ ο ήλιος είχε θερμάνει, αραιώσει, και ελαφρύνει το νερό, το γυάλινο δοχείο βυθιζόταν στον πάτο του σωλήνα. Το βράδυ, όταν η ψυχρότητα του αέρα είχε ξαναπυκνώσει και βαρύνει το νερό, το στρογγυλό δοχείο άρχιζε να αναδύεται σιγά σιγά ώσπου το πρωί βρισκόταν στην επιφάνεια του νερού. Άλλες ώρες της ημέρας αιωρούνταν ανάμεσα στην επιφάνεια και

³²⁵ Στο ίδιο κεφάλαιο ο Boyle υποστήριζε ότι «that there may be sufficiently differing degrees of Cold, whereof the mildest may suffice for the congelation of waters», ο.π., σελ. 241.

³²⁶ *Hydrographie, contenant la theorie et la pratique de toutes les parties de la navigation* του Ιησουίτη P. Fournier, βιβλίο 18, κεφάλαιο 12, 1643.

τον πάτο χωρίς να φτάνει κανένα άκρο. Η σταθεροποίηση του γυάλινου δοχείου σε ένα συγκεκριμένο σημείο ανάμεσα σε αυτά τα άκρα για αρκετή ώρα αποτελούσε έκπληξη σε όσους είχαν παρατηρήσει το πείραμα λόγω της δυσκολίας της ισορρόπησης ενός τέτοιου βάρους. Ο Boyle θεωρούσε ότι πέρα από την άνοδο και κάθοδο του νερού μέσα στο κοινό θερμοσκόπιο, όπου θερμομετρική ουσία ήταν ο αέρας, η πυκνότητα του νερού μπορούσε, μέσω ενός πειράματος παρόμοιου με το παραπάνω, να χρησιμοποιηθεί για να δείξει την αλλαγή της θερμοκρασίας του αέρα. Ενώ είναι κατανοητό ότι η αλλαγή της πυκνότητας του νερού αποτελεί έναν τρόπο μέτρησης βαθμών ψύχους, ο Boyle δεν ξακαθαρίζει ως προς ποιους παράγοντες αυτός ο τρόπος διαφέρει από τον τρόπο μέτρησης μέσω των ανοιχτών θερμοσκοπίων.

Οι δύο τρόποι που πρότεινε ο Boyle για την εκτίμηση των βαθμών ψύχους, χωρίς τη χρήση θερμοσκοπίων, συζητούνταν στο τέταρτο κεφάλαιο («Title IV»). Στο κεφάλαιο αυτό που έφερε τον τίτλο «Experiments and Observations touching the Degrees of Cold» αναφέρονταν κάποιες επιπλέον πληροφορίες για τη χρήση των θερμοσκοπίων που είχαν περιγραφεί στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» και συζητούνταν τρόποι εκτίμησης των βαθμών του ψύχους³²⁷. Οι πληροφορίες του κεφαλαίου λειτουργούσαν ως συμπληρωματικές στα κεφάλαια για τα θερμοσκόπια καθώς και ως συνέχεια σε συζητήσεις που ετίθεντο κυρίως στο δεύτερο από αυτά. Ο Boyle όμως διευκρίνιζε ότι ο λόγος που το κεφάλαιο συμπεριλαμβανόταν στην ενότητα «The Experimental History of Cold» ήταν η ενασχόλησή του με βαθμούς του ψύχους που προκαλούν την ψύξη, δηλαδή την μετατροπή των υγρών σε πάγο, η οποία αποτελούσε το βασικό φαινόμενο που εξέταζε η «Ιστορία του Ψύχους» του Boyle.

Η αναφορά του Boyle σε αυτό το κεφάλαιο στην έρευνα των βαθμών ψύχους που είναι μεγαλύτεροι από αυτόν που παγώνει το νερό, μπορεί να βοηθήσει στην ερμηνεία του νοήματος της πρότασης του Boyle ότι η ψύξη ορισμένων υγρών μπορούσε να δώσει πληροφορίες για τους βαθμούς του ψύχους που δεν έδιναν τα θερμοσκόπια. Στο τέταρτο κεφάλαιο ο Boyle προσπαθούσε να βρει το βαθμό του ψύχους που παράγεται τεχνητά και ξεπερνά το βαθμό ψύχους που μετατρέπει το νερό σε πάγο. Ο Boyle εξηγούσε ότι η αποδοχή της θεώρησης ότι ο ανώτερος βαθμός ψύχους είναι αυτός που προκαλεί την ψύξη, είχε ως αποτέλεσμα να μείνει ανεξερευνήτη η υπόθεση της ύπαρξης μεγαλύτερου

³²⁷ Boyle [1665α], σελ. 278-285.

βαθμού ψύχους. Εκείνος όμως θεωρούσε ότι φαινόμενα όπως οι εναλλαγές των βαθμών ψύχους σε παγερό καιρό έδειχναν ότι υπήρχαν τέτοιοι βαθμοί και έπρεπε να υπολογιστούν. Θεωρούσε ότι τα κοινά θερμοσκόπια ήταν ακατάλληλα για αυτή την έρευνα καταρχάς λόγω της επιρροής του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα στις ενδείξεις τους και κατά δεύτερον επειδή μετρούσαν μόνο τους βαθμούς που δημιουργεί η φύση στον αέρα και δεν μπορούσαν να μετρήσουν τους βαθμούς που δημιουργούνται τεχνητά. Σε αυτό το σημείο ο Boyle αναφερόταν στη διαφορετική δράση του ψύχους σε υγρά διαφορετικού είδους ως παράγοντα που θα βοηθούσε στον υπολογισμό των μεγαλύτερων βαθμών ψύχους από εκείνους που προκαλούν την ψύξη. Έκρινε όμως ότι η διαφορά που δημιουργούνταν ανάμεσα στο νερό και στα υδατικά υγρά που πάγωναν γρήγορα και στα κρασιά που δεν πάγωναν καθόλου, πλην ορισμένων σπάνιων περιπτώσεων, ήταν πολύ μεγάλη και δεν μπορούσε να του χρησιμεύσει στην έρευνά του. Το γεγονός ότι το φαινόμενο της ψύξης των κρασιών ήταν σπάνιο δεν μπορούσε να αποτελέσει ένα φαινόμενο το οποίο να μπορεί να επαναληφθεί συνεχώς και να οδηγήσει σε κάποια ποσοτικοποίηση. Ο Boyle όμως έδειχνε ότι είχε συνειδητοποιήσει ότι υπήρχε μεγάλη διαφορά ανάμεσα στους βαθμούς που χρειάζονταν για να μετατρέψουν το νερό και τα υδατικά υγρά σε πάγο και εκείνους που πάγωναν το κρασί. Ενώ λοιπόν στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» πρότεινε τη διαφορά στους βαθμούς ψύξης των υγρών ως μέθοδο εκτίμησης βαθμών ψύχους, στο τέταρτο κεφάλαιο («Title IV») υποστήριζε ότι η διαφορά αυτή δεν προσφερόταν για ποσοτικοποίηση.

Επίσης τα πειράματα που έκανε στο τέταρτο κεφάλαιο («Title IV») για να ποσοτικοποιήσει τη διαφορά του βαθμού ψύχους στον οποίο μετατρέπεται το νερό σε πάγο και σε αυτόν που προκαλεί το μίγμα χιονιού και αλατιού σχετίζονται με τη δήλωση στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» ότι για την εκτίμηση των βαθμών ψύχους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τεχνητά σώματα. Ο Boyle θεωρούσε ότι η χρήση χιονιού και αλατιού ήταν μία τεχνητή μέθοδος παραγωγής βαθμών ψύχους. Με τα πειράματά του, έδειχνε ότι το μίγμα αυτό παρήγαγε μεγαλύτερο βαθμό ψύχους από αυτόν που αρκούσε για τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Η διαφορά των βαθμών ψύχους αναλογούσε στη συρρίκνωση του εσώκλειστου υγρού. Στα πειράματα αυτά, χρησιμοποιώντας το κλειστό θερμοσκόπιο με ραφινρισμένο

απόσταγμα κρασιού, έδειχνε ότι με τη δράση του βαθμού ψύχους το υγρό έχανε το 1/94 μέρος του όγκου του ενώ με τη δράση του βαθμού ψύχους του χιονιού και αλατιού το 1/470. Ο Boyle θεωρούσε ότι η διαφορά στα ποσοστά συρρίκνωσης δεν έδειχνε μία μεγάλη διαφορά στους δύο βαθμούς ψύχους.

Παραπάνω είδαμε ότι στο δεύτερο υποκεφάλαιο ο Boyle πρότεινε την αλλαγή της πυκνότητας του νερού με την αλλαγή της θερμοκρασίας ως τρόπο προσδιορισμού βαθμών ψύχους. Στο τέταρτο κεφάλαιο («Title IV»), ο Boyle συνέχιζε την εξέταση αυτής της μεθόδου περιγράφοντας ένα πείραμα που στόχευε στον καθορισμό της διαφοράς του βάρους και της πυκνότητας του νερού ανάμεσα στην πιο ζεστή ημέρα του καλοκαιριού, σε βαθμό ψύχους που προκαλεί ψύξη και σε υψηλότερους βαθμούς ψύχους που μπορούσαν να παραχθούν τεχνητά. Ο Boyle τελικά δεν γνωστοποιούσε τα αποτελέσματα του πειράματος λόγω έλλειψης καταγραφής τους από κάποιον γραμματέα του. Το δεύτερο πείραμα που κατέγραφε σε σχέση με την αλλαγή της πυκνότητας του νερού είχε ως σκοπό την εξέταση της θεώρησης ότι τα πλοία μπορούν να μεταφέρουν το χειμώνα μεγαλύτερο βάρος από ό,τι το καλοκαίρι. Σε συνθήκες καιρού που επικρατούσε παγωνιά ο Boyle μέτρησε τη διαφορά ως προς το βάρος που είχε μέσα στο νερό ένα γυάλινο δοχείο βάρους 150 grains και το βάρος που είχε μέσα στην ίδια ποσότητα νερού όταν αυτή άρχιζε να παγώνει με τη δράση του μίγματος χιονιού και αλατιού. Ο Boyle βρήκε ότι το δοχείο ζύγιζε περίπου 1/8 του grain λιγότερο και συμπέρανε ότι τελικά η διαφορά μίας ποσότητας νερού παγωμένης και ενός συνηθισμένου βαθμού ψύχους δεν ήταν μεγάλη. Ο Boyle συνέδεε την αύξηση του βάρους του νερού με τη δράση του βαθμού του ψύχους που προκαλούσε τη μετατροπή του σε πάγο με το φαινόμενο της συρρίκνωσης του νερού πριν ψυχθεί και κατέληγε ότι το νερό είχε συρρικνωθεί κατά το 1/230 του αρχικού όγκου του. Συνδυάζοντας αυτό το αποτέλεσμα με άλλα πειραματικά αποτελέσματα συμπέρανε ότι με τη δράση ενός βαθμού ψύχους ικανού να παγώσει νερό, το νερό συστελλόταν (πριν από την ψύξη) πολύ λιγότερο από ό,τι το απόσταγμα κρασιού που περιείχε το θερμοσκόπιο στον ίδιο βαθμό ψύξης. Ο Boyle υποψιαζόταν ότι τα διυλισμένα υγρά επηρεάζονταν πιο εύκολα από το ψύχος από ό,τι το νερό αλλά θεωρούσε ότι αυτή η υπόθεση έπρεπε να επιβεβαιωθεί από περισσότερα πειράματα.

Στα πλαίσια των θεμάτων που έθιγε ο Boyle στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» για τον προσδιορισμό των βαθμών ψύχους,

συζητούσε το ζήτημα του ορισμού ενός «standard or certain Measure of Cold»³²⁸. Ο Boyle παρομοίαζε την ανάγκη προσδιορισμού μίας σταθεράς του ψύχους με τις σταθερές μονάδες μέτρησης που είχαν ορισθεί για το βάρος, το μέγεθος και το χρόνο και αναδείκνυε τα προβλήματα που προέκυπταν από την έλλειψη ενός παρόμοιου σταθερού μέτρου για το ψύχος. Ένα βασικό πρόβλημα αποτελούσε η αδυναμία προσδιορισμού της θερμοκρασίας του αέρα την ώρα που φτιάχνεται το θερμοσκόπιο και εσωκλείεται ο αέρας που θα χρησιμοποιηθεί ως θερμομετρική ουσία. Ο Boyle εξηγούσε ότι οι ενδείξεις του θερμοσκοπίου κρίνονταν θερμές ή ψυχρές σε σχέση με την ένδειξη που είχε την ώρα που κατασκευαζόταν. Η ένδειξη αυτή δεν μπορούσε να αναπαραχθεί από άλλους κατασκευαστές ή χρήστες του θερμοσκοπίου με αποτέλεσμα την αδυναμία σύγκρισης των ενδείξεων των θερμοσκοπίων του Boyle με τα θερμοσκόπια τρίτων. Συχνά δεν μπορούσε να αναπαραχθεί ούτε από τον ίδιο πειραματιστή κατά την κατασκευή ενός νέου θερμοσκοπίου. Ο Boyle εξηγούσε ότι στην περίπτωση που ένας πειραματιστής είχε κάνει πολλές μετρήσεις με ένα θερμοσκόπιο το οποίο έσπαγε ή του χυνόταν το υγρό, θα έπρεπε να κατασκευάσει ένα νέο θερμοσκόπιο το οποίο θα είχε μία διαφορετική σταθερά (η οποία ήταν η θερμοκρασία του αέρα κατά την κατασκευή του θερμοσκοπίου) για τις μετρήσεις του με αποτέλεσμα οι τελευταίες να μην μπορούν να συγκριθούν με εκείνο που είχε στην αρχή. Το πρόβλημα ανέκυπτε από την αδυναμία του ίδιου του θερμοσκοπίου να προσδιορίσει ποιος ήταν ο βαθμός ψύχους την ώρα που κατασκευαζόταν. Ο Boyle θεωρούσε ότι παρόλο που στη θέση του αέρα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα άλλο ρευστό ως θερμομετρική ουσία, ήταν αδύνατο να βρεθεί ένα σώμα το οποίο την ώρα που κλείνεται μέσα στο θερμοσκόπιο να μη λαμβάνει ή να μην επηρεάζεται από τις αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα. Ένα δεύτερο λόγο που προέβαλλε ο Boyle για την αδυναμία του θερμοσκοπίου να προσδιορίσει μία σταθερά για το ψύχος ήταν οι αλλαγές στις οποίες υπόκεινταν ακόμη κι αν βρισκόταν στο ίδιο μέρος ακόμη και στο διάστημα μίας ημέρας.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που επέβαλε τη δημιουργία μίας σταθεράς για το ψύχος αποτελούσε η ύπαρξη πολλών διαβαθμίσεων του ψύχους, όπως για παράδειγμα ανάμεσα σε μία χλιαρή θερμοκρασία και στο βαθμό του ψύχους που προκαλούσε τη μετατροπή των υγρών σε πάγο. Ο Boyle υποστήριζε ότι υπήρχε ανάγκη να προσδιοριστούν οι

³²⁸ Ο.π., σελ. 240.

ενδιάμεσοι βαθμοί ψύχους και να ονομαστούν. Αναγνώριζε όμως ότι ακόμη και οι δύο αυτοί βαθμοί θερμοκρασίας όπως η χλιαρότητα και ο βαθμός που ψύχει τα σώματα ήταν δύσκολο να προσδιοριστούν. Οι ανθρώπινες αισθήσεις αδυνατούσαν να τις προσδιορίσουν λόγω των σχετικών πληροφοριών που έδιναν. Ο βαθμός στον οποίο τα υγρά μετατρέπονταν σε πάγο δεν μπορούσε να καθοριστεί, γιατί όπως είχε δείξει πιο πάνω υπήρχε διαφορά στην ευκολία ψύξης διαφόρων υγρών όπως το νερό, το κρασί, το λάδι καθώς και υγρών της ίδιας κατηγορίας όπως το ίδιο το νερό. Από αυτό ο Boyle συμπεραίνει ότι υπήρχαν διάφοροι βαθμοί ψύχους από τους οποίους οι πιο ήπιοι αρκούσαν για την ψύξη κάποιων ειδών νερού.

Ο Boyle πρότεινε έναν τρόπο κατασκευής των θερμοσκοπίων που θα έλυνε το πρόβλημα του προσδιορισμού της θερμοκρασίας του αέρα την ώρα της κατασκευής και θα δημιουργούσε τη δυνατότητα κατασκευής θερμοσκοπίων που θα σύγκριναν τις ενδείξεις τους με την ίδια σταθερά. Σύμφωνα με αυτό τον τρόπο, κατά την κατασκευή του θερμοσκοπίου και τη στιγμή που εσωκλειόταν το θερμομετρικό υγρό, το δοχείο βυθιζόταν μέσα σε λάδι του γλυκανίσου («oyl of aniseed») το οποίο είχε προηγουμένως ρευστοποιηθεί από συμπαγή κατάσταση. Στη συνέχεια το υγρό ξαναστερεοποιούνταν και παρατηρούνταν η στάθμη του κρασιού καθώς το υγρό στερεοποιούνταν γύρω του. Αυτή η στάθμη χρησιμοποιούνταν ως σταθερά για τις μετρήσεις. Ο Boyle συνιστούσε τη χρήση του συγκεκριμένου υγρού γιατί είχε την ιδιαιτερότητα να χάνει τη ρευστότητά του το μεγαλύτερο διάστημα του χειμώνα και ένα μεγάλο διάστημα την άνοιξη και το καλοκαίρι όταν ο καιρός ήταν σε κάποια στιγμή της ημέρας πιο κρύος. Το συγκεκριμένο υγρό έπρεπε να αποστάζεται. Ο Boyle υποστήριζε ότι εάν σε δύο θερμοσκόπια, τα οποία φτιάχνονταν ίσα ως προς τις διαστάσεις του δοχείου και του σωλήνα, και στα οποία χρησιμοποιούνταν το ίδιο είδος ραφινρισμένου κρασιού, ασκούσε αυτή τη μέθοδο ορισμού της πρώτης ένδειξης, τότε αυτά θα λειτουργούσαν με την ίδια σταθερά. Θεωρούσε ότι με τον υπολογισμό της ποσότητας του κρασιού που περιέχουν, του ύψους του υγρού μέσα στο σωλήνα και της χωρητικότητας του σωλήνα μπορούσε να υπολογίσει σε ποιο ποσοστό διαστέλλεται ή συστέλλεται ο όγκος του υγρού σε σχέση με τον όγκο που είχε όταν κατασκευάστηκε. Ο Boyle υποστήριζε ότι ακόμη και στην περίπτωση δύο θερμοσκοπίων που δεν είχαν τις ίδιες διαστάσεις, η μέθοδος της χρήσης του λαδιού του γλυκανίσου («Oyl of aniseed») μπορούσε να κάνει τις ενδείξεις τους

συγκρίσιμες. Δεν παρέλειπε να αναφέρει ότι ο βοηθός του στην κατασκευή θερμοσκοπίων, ο Hooke, χρησιμοποιούσε στη θέση του λαδιού του γλυκανίσου («Oyl of aniseed») διυλισμένο νερό και θεωρούσε ως σταθερά την ένδειξη του θερμοσκοπίου κατά το ξεκίνημα της μετατροπής του σε πάγο. Θεωρούσε τον τρόπο αυτό εξίσου αβέβαιο με τον δικό του αλλά προσέθετε ότι η μέθοδος του Hooke δεν μπορούσε να υλοποιηθεί συχνά, ακόμη και το χειμώνα, και ότι ήταν πιο βολική όταν κυριαρχούσε βαθμός ψύχους που ήταν ικανός να παγώσει το νερό. Ο Boyle διευκρίνιζε ότι θεωρούσε τη δική του μέθοδο αβέβαιη για να χρησιμοποιηθεί ως ακριβής μέθοδος δημιουργίας μίας σταθεράς για τα θερμοσκόπια («standard for Weather-glasses»)³²⁹. Όμως πίστευε ότι ακόμη και αν δεν ήταν δυνατό να πετύχει το στόχο του, η προσπάθεια να τον πλησιάσει αποτελούσε πρόοδο.

Μετά το πρώτο παράδοξο που περιγραφόταν στο πρώτο υποκεφάλαιο, ότι δεν πρέπει να εμπιστευόμαστε ούτε τις αισθήσεις ούτε τα θερμοσκόπια για την εκτίμηση των βαθμών ψύχους, στο τρίτο υποκεφάλαιο ο Boyle έθετε ένα δεύτερο παράδοξο, το οποίο αφορούσε την αιτία που προκαλούσε τη συστολή του αέρα με το ψύχος και την άνοδο του νερού στα κοινά θερμοσκόπια καθώς και την κάθοδο του υγρού με τη θέρμανση του εσώκλειστου αέρα³³⁰. Το υποκεφάλαιο είχε ως τίτλο «The III. Discourse, Containing The II. Paradox, Touching the Cause of the Condensation of Air, and Ascent of Water by Cold in Common Weather-Glasses»³³¹. Ο Boyle εξηγούσε ότι το κεφάλαιο αυτό είχε γραφτεί σε πρότερο χρονικό διάστημα από τα άλλα δύο και ότι στην παράθεσή του θα παρέλειπε το αρχικό μέρος του γραπτού του. Θεωρούσε ότι μέσα από την εξέταση αυτού του βασικού φαινομένου των θερμοσκοπίων, θα αποκάλυπτε τις ατέλειες των θεωρήσεων που υπήρχαν για τη φύση του ψύχους δείχνοντας ότι «η πραγματική αιτία ακόμη και του πιο εμφανούς φαινομένου των κοινών θερμοσκοπίων (παρόλο που κάθε άνθρωπος πιστεύει ότι το έχει καταλάβει) δεν έχει ερευνηθεί αρκετά»³³².

Ο Boyle καταρχάς αντέκρουε τρεις υπάρχουσες εξηγήσεις του φαινομένου, την πρώτη των σχολών και των περιπατητικών («Schools and Perpateticks»), τη δεύτερη του

³²⁹ Ο.π., σελ., 242.

³³⁰ Βλ. Παράρτημα 2, εικόνα 8 .

³³¹ Ο.π., 253-262.

³³² Ο.π., σελ. 253.

φιλοσόφου Thomas Hobbes, και την τρίτη των μοντέρνων φιλοσόφων³³³. Στη συνέχεια παρουσίαζε τη δική του εξήγηση και παρέθετε μία σειρά από πειράματα για την απόδειξη της. Σύμφωνα με την εξήγηση των σχολών και των περιπατητικών, το ψύχος συστέλλει τον αέρα, ο οποίος εσωκλείεται στο πάνω μέρος του κοινού θερμοσκοπίου, και στη συνέχεια το νερό ανεβαίνει για να καλύψει τον χώρο που εγκαταλείπει ο αέρας, έτσι ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κενού («vacuum»). Καταρχάς ο Boyle διατηρούσε τις επιφυλάξεις του για το αν οι περιπατητικοί είχαν αποδείξει αδιαφιλονίκητα τη μη ύπαρξη του κενού καθώς και για τη θεώρησή τους ότι άψυχα σώματα όπως το νερό μπορούν να έχουν μία σκόπιμη δράση για την αποφυγή του κενού, η οποία παρέβαινε τη φύση τους. Στα έργα *Spring of the Air* και *Defence* ο Boyle είχε παραθέσει αρκετά επιχειρήματα για να υποστηρίξει την άποψή του εναντίον του επιχειρήματος των περιπατητικών για την αποστροφή που δείχνει η φύση προς το κενό. Στο *Spring of the Air* διευκρίνιζε ότι με τη λέξη κενό εννοούσε το χώρο που δεν περιέχει κάτι ορατό ή αέρα και όχι τον χώρο ο οποίος είναι τελείως κενός από ύλη³³⁴. Σε άλλο σημείο του ίδιου έργου δήλωνε ότι με τη λέξη κενό «καταλαβαίνει όχι το χώρο όπου δεν υπάρχει καθόλου ύλη/ ή σώμα αλλά έναν χώρο ο οποίος είναι είτε στο σύνολό του είτε σχεδόν τελείως κενός αέρος»³³⁵. Τα πειράματα του *Spring of the Air* με την αντλία κενού εξέταζαν φαινόμενα σε ένα χώρο που σύμφωνα με τον Boyle μπορούσε να θεωρηθεί κενός με τις παραπάνω έννοιες. Σύμφωνα με τους Shapin και Schaffer, αυτή η τακτική επέτρεπε στον Boyle να μη χρησιμοποιεί τα πειράματά του για να απαντήσει στα ερωτήματα που υπήρχαν για την ύπαρξη του κενού αλλά να δημιουργήσει έναν πειραματικό χώρο όπου το κενό νομιμοποιούνταν, μέσω της χρήσης του ως αναγκαίας συνθήκης του πειράματος³³⁶. Η εξήγηση πολλών φαινομένων με βάση την περιπατητική άποψη για τη δράση της φύσης ενάντια στη δημιουργία κενού συζητούνταν στα πλαίσια του σχολιασμού του 33ου πείραματος. Εκεί χρησιμοποιούσε τα συμπεράσματα ορισμένων πειραμάτων του *Spring of the Air*, για να αντικρούσει τη θεώρηση των περιπατητικών για την αποστροφή της φύσης προς το κενό και την απόδοση σε άψυχα σώματα, όπως είναι το νερό, μίας ηθελημένης δράσης ενάντια στη φύση τους, η οποία έχει ως σκοπό την αποφυγή της

³³³ Ο.π.

³³⁴ Boyle Robert [1999], τόμος 1, σελ., 245.

³³⁵ Ο.π., σελ., 163.

³³⁶ Shapin Steven & Schaffer Simon, [1985], σς., 45-46.

δημιουργίας κενού³³⁷. Ο Boyle υποστήριζε ότι τα φαινόμενα που ερμηνεύονταν ως προσπάθεια της φύσης να αποφύγει το κενό, προκαλούνταν από τη δράση της ελαστικότητας του αέρα σε συνδυασμό με το βάρος και τη ρευστότητα των σωμάτων. Τα φαινόμενα αυτά αποτελούσαν την αιώρηση του νερού μέσα σε ένα σωλήνα, όταν αυτός αναποδογυρίζεται, την άνοδο του νερού μέσα σε ένα σωλήνα όταν από τη μία άκρη του σωλήνα ρουφάται ο αέρας, καθώς και την πτώση του νερού μέσα σε ένα όργανο του Torricelli, όταν αυτό τίθεται στην αντλία κενού και εξαντλείται ο αέρας από τον υποδοχέα της. Μέσω του τελευταίου φαινομένου, που περιγραφόταν στο πείραμα 19, θα δείξουμε τα επιχειρήματα που προέβαλλε ο Boyle εναντίον της περιπατητικής άποψης³³⁸. Καταρχάς ο Boyle είχε παρατηρήσει ότι καθώς ο αέρας εξαντλούνταν από τον υποδοχέα, το νερό που έπεφτε μέσα στο σωλήνα δεν ανέβαινε για να καλύψει το χώρο, εφόσον ο εσώκλειστος αέρας δεν μπορούσε να τον γεμίσει. Δεύτερον, η εύκολη άνοδος του νερού μετά την επάνοδο του αέρα μέσα στον υποδοχέα, μπορούσε να εκληφθεί, σύμφωνα με τον Boyle, ως τάση να γεμίσει το κενό που είχε δημιουργηθεί και όχι ως τάση να το αποφύγει. Τρίτον, ο Boyle θεωρούσε ότι η τάση ή δύναμη με την οποία η φύση φαινόταν να αντιστέκεται στη δημιουργία κενού σε αυτές τις περιπτώσεις ήταν περιορισμένη και μπορούσε να μετρηθεί. Έφερνε ως παράδειγμα, με βάση το πείραμα 19, την πτώση του νερού στην περίπτωση που η πίεση του αέρα μέσα στον υποδοχέα αποδυναμωνόταν τόσο πολύ, που δεν μπορούσε να συγκρατήσει το βάρος του νερού. Κατά την πτώση του νερού, ο χώρος που εγκατέλειπε το νερό μπορούσε να θεωρηθεί κενός γιατί ο εσώκλειστος αέρας δεν μπορούσε να ακολουθήσει και να τον γεμίσει. Η περιπατητική εξήγηση φαινόταν να μην μπορεί να εξηγήσει αυτή την εξέλιξη. Ο Boyle είχε εκτελέσει και άλλα πειράματα δείχνοντας ότι υπήρχαν συγκεκριμένα όρια που, αν ξεπερνώνταν, τα υγρά δεν μπορούσαν να συγκρατήσουν τα βάρη που ασκούνταν³³⁹. Μέσα από αυτά τα πειράματα θεωρούσε ότι μπορούσε να καθοριστεί το βάρος που μπορούσε να συγκρατήσει ένα άψυχο σώμα προκειμένου, σύμφωνα με τους περιπατητικούς, να αποφύγει τη δημιουργία κενού. Η απόδειξη ότι υπήρχε περιορισμός στη δυνατότητα της φύσης να αποτρέψει το κενό, είχε ως αποτέλεσμα στις περιπτώσεις εκείνες που δεν μπορούσε να το αποτρέψει, να δημιουργείται κενό. Ο Boyle επεσήμαινε ότι το ίδιο το

³³⁷ Robert [1660], σσ. 241-248.

³³⁸ Για την περιγραφή του πειράματος βλ. Ο.π., σσ. 11-12.

³³⁹ Βλ. πειράματα 3 και 13 του *Spring of the Air*, Ο.π., σσ. 172-173, 188-189.

δόγμα των Αριστοτελικών επιβεβαίωνε με αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα ύπαρξης κενού.

Με τη συζήτηση της περιπατητικής εξήγησης της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου στο τρίτο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts», ο Boyle επανερχόταν στην κριτική του στην παραπάνω άποψη. Εδώ χρησιμοποιούσε το πείραμα του Torricelli γιατί, κατά τη γνώμη του, λειτουργούσε όπως το κοινό θερμοσκόπιο με τη διαφορά ότι περιείχε υδράργυρο αντί νερό και είχε πιο μακρύ σωλήνα από το δεύτερο. Σύμφωνα με την εκτέλεση του πειράματος από τον ίδιο τον Torricelli, ένας γυάλινος σωλήνας, ο οποίος κατέληγε σε ένα στρογγυλό δοχείο, γεμιζόταν με υδράργυρο. Στη συνέχεια το στόμιο του σωλήνα ταπωνόταν με το δάχτυλο και ο σωλήνας αναποδογυριζόταν μέσα σε ένα φαρδύτερο δοχείο το οποίο περιείχε υδράργυρο. Το δάχτυλο απομακρυνόταν από το στόμιο του σωλήνα μόνο κάτω από τον υδράργυρο. Ο υδράργυρος υποχωρούσε μέχρι να σταθεροποιηθεί σε ένα σημείο του σωλήνα³⁴⁰. Το πείραμα του Torricelli είχε πυροδοτήσει συζητήσεις και διαμάχες γύρω από το περιεχόμενο του χώρου μέσα στον σωλήνα και πάνω από τον υδράργυρο που έμοιαζε να είναι κενός. Ο Boyle μέσα από τα έργα *Spring of the Air* και *Defence* προσπαθούσε να μην παίρνει θέση υποστηρίζοντας ότι ο χώρος αυτός δεν ήταν γεμάτος με αέρα αλλά ούτε ότι ήταν εντελώς κενός³⁴¹. Με την εκτέλεση του πειράματος ήθελε να υποστηρίξει ότι η στάση του υδράργυρου στις 30 ίντσες και η μη άνοδος του μέσα στον κενό χώρο αντέκρουε το περιπατητικό επιχείρημα, γιατί, σύμφωνα με το τελευταίο, ο υδράργυρος έπρεπε να ανέβει. Εφόσον κατά το γέμισμα του σωλήνα ο υδράργυρος εκτόπιζε τον αέρα από το σωλήνα και ύστερα, κατά το αναποδογύρισμα του σωλήνα, ο υδράργυρος υποχωρούσε, υπήρχε φόβος δημιουργίας κενού, το οποίο θα εμποδιζόταν αν ο υδράργυρος ανέβαινε.

Boyle παρατηρούσε επίσης ότι όταν ένα ψυχρό σώμα τοποθετούνταν στο πάνω μέρος του σωλήνα, ο υδράργυρος δεν ανέβαινε. Και αυτό το πειραματικό αποτέλεσμα αντέκρουε την περιπατητική εξήγηση, σύμφωνα με την οποία, ο εναπομείναντας αέρας

³⁴⁰ Middleton [1964], σσ. 23-24. Ο Middleton παραθέτει την περιγραφή του πειράματος μέσα από το γράμμα του Torricelli προς τον Michelangelo Ricci στις 11 Ιουνίου 1644.

³⁴¹ «yet as the Experiment will not demonstrate that there is nothing of body in any part of the space deserted by the Mercury, so neither will the Argument conclude (as the Proposer of it does twice in this Chapter) that space vera aliqua substantia repleri (be filled with any true substance)», *Defence*, Boyle [1662a] σελ., 32. Την ίδια άποψη εξέφραζε και στον σχολιασμό του πειράματος 17 του *Spring of the Air*. Boyle [1660], σσ. 192-201.

συρρικνωνόταν από το ψύχος, οπότε ο υδράργυρος έπρεπε να ανέβει για να μη δημιουργηθεί κενό. Ο Boyle επεσήμαινε ότι αν το ίδιο πείραμα γινόταν με νερό και ασκούσαν ο ίδιος βαθμός ψύχους, το νερό παρατηρούνταν να ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα. Η επιχειρηματολογία του Boyle εδώ αφήνει να εννοηθεί ότι υπολόγιζε στην ύπαρξη κάποιας ποσότητας αέρα μέσα στο χώρο πάνω από τον υδράργυρο, του οποίου η συρρίκνωση από το ψύχος δεν ήταν αρκετή για την άνοδο του υδραργύρου. Ο Boyle καταλόγιζε στους περιπατητικούς ότι η εξήγησή τους δεν επιβεβαιωνόταν από τα πειραματικά αποτελέσματα του ίδιου πειράματος με διαφορετικά υγρά. Η εξήγηση όμως του φαινομένου από τον Boyle, όπως θα φανεί παρακάτω, μπορούσε να εξηγήσει τη στατικότητα του υδράργυρου στην περίπτωση της ψύξης του ανώτερου τμήματος του σωλήνα, καθώς και την άνοδο του νερού στην περίπτωση που αυτό χρησιμοποιούνταν στη θέση του υδραργύρου.

Η παραπάνω επιχειρηματολογία του Boyle δημιουργούσε μία αντίφαση. Στην πρώτη φάση του πειράματος ο Boyle φαίνεται να πίστευε ότι ο χώρος πάνω από τον υδράργυρο ήταν κενός, γι' αυτό θεωρούσε ότι η μη άνοδος του υδράργυρου αντέβαινε στην περιπατητική άποψη. Στη δεύτερη όμως φάση, που έψυχε το πάνω μέρος του σωλήνα, φαίνεται να θεωρούσε ότι ο χώρος αυτός περιέχει αέρα ο οποίος συρρικνώνεται και θα έπρεπε να προκαλέσει την άνοδο του υδραργύρου. Τελικά ποιο από τα δύο ισχύει; Αν λάβουμε υπόψη την έννοια που αποδίδει ο Boyle στη λέξη κενό, και θεωρήσουμε ότι στον «κενό» αυτός χώρος είχε παραμείνει ελάχιστος αέρας, τότε είναι απορίας άξιο αν η συρρίκνωση αυτού του αέρα θα είχε προκαλέσει την άνοδο του νερού, το οποίο, όπως υποστηρίζει ο Boyle, στο αντίστοιχο πείραμα με το νερό θα είχε ανέλθει.

Το δεύτερο αντεπιχείρημα του Boyle στηριζόταν στη σύγκριση της εξήγησης που έδιναν οι Αριστοτελικοί για την άνοδο του νερού καθώς ψύχεται ο αέρας στα ανοιχτά θερμοσκόπια με εκείνη για τη συστολή του νερού καθώς αυτό ψύχεται στα κλειστά θερμοσκόπια και τη διαστολή του εσώκλειστου σε αυτά αέρα. Ο Boyle θεωρούσε ότι αυτοί που υποστήριζαν ότι στα κλειστά θερμοσκόπια το νερό συστελλόταν και ο αέρας διαστελλόταν για να γεμίσει το χώρο που άφηνε το νερό και να αποφευχθεί η δημιουργία κενού, θα έπρεπε να εξηγήσουν πώς σε αυτά ο αέρας διαστελλόταν, ενώ στα κοινά θερμοσκόπια ο αέρας συστελλόταν και το νερό ανέβαινε για να μη δημιουργηθεί κενό. Ο Boyle τους καλούσε να εξηγήσουν γιατί, εφόσον ο αέρας στα κλειστά και το νερό στα

κοινά (ανοιχτά) θερμοσκόπια δεν συστέλλονταν προκειμένου να μη δημιουργηθεί κενό, στα κοινά (ανοιχτά) θερμοσκόπια, η φύση, προκειμένου να αποτρέψει την δημιουργία κενού, έμπαινε στον κόπο να ωθήσει το νερό που έχει μεγαλύτερο βάρος προς τα πάνω αντί ο εσώκλειστος αέρας να διατηρήσει τον όγκο του. Μία απάντηση στα ερωτήματα του Boyle θα μπορούσε να είναι ότι τα δύο είδη θερμοσκοπίου διέφεραν ως προς τις θερμομετρικές ουσίες: στο ανοιχτό ήταν ο αέρας και στο κλειστό το νερό. Επομένως ο αέρας δεν μπορούσε να διατηρήσει τον όγκο του στο ανοιχτό θερμοσκόπιο γιατί δεχόταν τη δράση του ψύχους που είχε ως αποτέλεσμα τη συρρίκνωσή του.

Ένα ακόμη επιχείρημα του Boyle βασιζόταν στην αντίκρουση της αριστοτελικής έννοιας της διαστολής και της συστολής την οποία είχε συζητήσει εκτενώς στο *Defence*³⁴². Ο Αριστοτέλης και αρκετοί από τους οπαδούς του υποστήριζαν ότι το ίδιο το σώμα όχι μόνο κατέχει μεγαλύτερο χώρο με την αραιώσή του, και λιγότερο χώρο με τη συστολή του, αλλά ότι τον γέμιζε επαρκώς και με ακρίβεια. Αυτό σήμαινε ότι όταν το σώμα αραιωνε, κατείχε μεγαλύτερες διαστάσεις χωρίς είτε να αφήνει κενά σημεία («vacuities») μεταξύ των σωματιδίων που το συνθέτουν, ή να εισχωρεί ανάμεσά τους καμία νέα ή ξένη ουσία. Ο Boyle λοιπόν υποστήριξε ότι εάν υπήρχε μία πραγματική συστολή του νερού σε μικρότερο χώρο και διαστολή του αέρα σε μεγαλύτερο χώρο στα κλειστά θερμοσκόπια, οι αριστοτελικοί δεν μπορούσαν να εξηγήσουν πώς το νερό συστελλόταν σε μικρότερο χώρο χωρίς να ανατρέξουν στη διαφυγή ποσότητας νερού μέσω του γυαλιού, κάτι το οποίο δεν ήταν αποδεκτό. Επίσης έθετε υπό αμφισβήτηση την άποψη ότι η διαστολή του αέρα στα κλειστά θερμοσκόπια απέκλειε τη δημιουργία ενός κενού είτε «coacervatum» είτε «interspersum». Σύμφωνα με τον Boyle, η διαστολή/αραιώση των σωμάτων εξηγούνταν είτε με τη δημιουργία κενών χώρων ανάμεσα στα σωματίδια είτε με την εισχώρηση κάποιας ουσίας ανάμεσα στα σωματίδια των σωμάτων. Για τον Boyle τα σωματίδια αέρα δεν μπορούσαν να μετακινηθούν χωρίς να αφήσουν τους χώρους που κατείχαν πριν με αποτέλεσμα τα σωματίδια να αλλάζουν θέση και να μην κατέχουν στην ουσία περισσότερο χώρο από αυτόν που κατείχαν πριν. Εάν όμως δεχόταν την υπόθεση των περιπατητικών ότι η ίδια ποσότητα αέρα μπορεί τη μία στιγμή να κατέχει περισσότερο χώρο από μία άλλη, τότε δεν θα επέμενε ότι δεν

³⁴² Βλ. Το τρίτο κεφάλαιο με τίτλο «The Aristotelean Rarefaction (proposed by the Adversary) Examin'd». Boyle [1662a], σελ. 41-50.

φαίνεται γιατί δεν ήταν πιο εύκολο για τη φύση να αραιώσει τον αέρα στα κοινά και τα κλειστά θερμοσκόπια από το να προκαλέσει την άνοδο του νερού που ήταν πιο βαρύ. Ο Boyle δήλωνε έντονα ότι δεν γνώριζε πιο ανόητη και πιο απορριπτέα άποψη από εκείνη των περιπατητικών για την αραιώση και τη διαστολή.

Η συζήτηση του Boyle για τις περιπατητικές εξηγήσεις των παραπάνω φαινομένων των κλειστών και ανοιχτών θερμοσκοπίων εγείρει ερωτήματα για τη συνοχή των απόψεών του με εκείνες που εκφράζει στο *Spring of the Air*. Όπως αναφέραμε παραπάνω, στο σχολιασμό του πειράματος 33 υποστήριζε ότι σε περιπτώσεις όπως της μη καθόδου του νερού από έναν αναποδογυρισμένο σωλήνα, οι περιπατητικοί εξηγούσαν ότι το νερό δεν κατεβαίνει, γιατί στην περίπτωση που θα κατέβαινε, ο αέρας που βρισκόταν στο πάνω μέρος του σωλήνα δεν θα μπορούσε να ακολουθήσει και θα δημιουργούνταν κενό. Στην εξήγηση της συστολής του νερού στα κλειστά θερμοσκόπια, ο Boyle ανέφερε ότι οι περιπατητικοί υποστήριζαν ότι με τη διαστολή του αέρα καλυπτόταν ο χώρος που άφηγε το νερό και δεν δημιουργούνταν κενό. Οι δύο απόψεις είναι ασύμβατες, γιατί στην πρώτη ο αέρας δεν μπορεί να κατέβει ή να διασταλεί για να ακολουθήσει το νερό ενώ στη δεύτερη ο αέρας διαστέλλεται για να καλύψει το κενό. Και οι δύο απόψεις αφορούν περιπτώσεις όπου ο αέρας δεν επηρεάζεται από κάποιο δρων σώμα ή κατάσταση όπως ήταν η θερμοκρασία για τη διαστολή του. Ο Boyle φαίνεται να υποστηρίζει τη δεύτερη εκδοχή ως τη θεώρηση των περιπατητικών για τη διαστολή του αέρα. Εάν δεχτούμε ότι οι περιπατητικοί υποστήριζαν τη διαστολή του αέρα στα κλειστά θερμοσκόπια, τότε γιατί αναφέρει ο Boyle στο δεύτερο υποκεφάλαιο ότι έπρεπε να αποδείξει ότι αυτό είναι εφικτό λόγω της ευρείας αποδοχής που είχε η περιπατητική άποψη για τη δημιουργία κενού; Πώς το πείραμα 19 αποτελούσε απόδειξη εναντίον της άποψης των περιπατητικών για την τάση της φύσης να αποφεύγει τη δημιουργία κενού και πως στην περίπτωση της συστολής του νερού στα κλειστά θερμοσκόπια η διαστολή του αέρα απέκλειε τη δημιουργία κενού; Με βάση τη δεύτερη περίπτωση, το πείραμα 19 δεν θα μπορούσε να αποτελέσει βάση για να απορριφθεί η θεώρηση ότι η φύση έχει την τάση να αποφεύγει το κενό. Ο αέρας είτε μπορούσε να ακολουθεί το νερό όταν αυτό υποχωρούσε είτε όχι.

Η δεύτερη εξήγηση της ανόδου του νερού στα ανοχτά (κοινά) θερμοσκόπια που αντέκρουε ο Boyle στο τρίτο υποκεφάλαιο, ανήκε στον φιλόσοφο Thomas Hobbes. Στο

βιβλίο του *Elements of Philosophy, The First concerning Body* (1656), το οποίο αρχικά είχε εκδοθεί στα λατινικά το 1655, ο Hobbes παρέθετε τη θεωρία του για τη φύση του ψύχους καθώς και την εξήγηση που έδινε στη λειτουργία των κοινών θερμοσκοπίων αέρος, ένα χαρακτηριστικό σχήμα των οποίων συμπεριλάμβανε στην πραγματεία του. Σύμφωνα με τη θεωρία του Hobbes, τα υγρά σώματα ψυχραίνονταν μέσω της δράσης ενός ανέμου που ασκούσε πίεση πάνω τους. Με βάση αυτή τη θεωρία, ο Hobbes εξηγούσε την άνοδο του νερού στα κοινά ανοιχτά θερμοσκόπια μέσω της πίεσης που ασκούσε ο άνεμος, στην επιφάνεια του νερού μέσα στο δοχείο. Η δράση του ανέμου αποτελούσε την αιτία του ψύχους. Το νερό μην έχοντας άλλο μέρος να εισέλθει, ανέβαινε μέσα στο σωλήνα. Ο Hobbes εξηγούσε ότι όταν το ψύχος γινόταν πιο άτονο ή η θερμότητα πιο έντονη, τότε το νερό θα έπεφτε περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με το βάρος του που αποτελούσε και το βασικό αίτιο της πτώσης του. Ο Boyle στη συνέχεια παρουσίαζε τέσσερα αντεπιχειρήματα ενάντια σε αυτή την εξήγηση του Hobbes με τα οποία θεωρούσε ότι αποδείκνυε πως η εξήγηση δεν ήταν ικανοποιητική. Καταρχάς ο Boyle χρησιμοποιούσε το γενικότερο αντεπιχείρημα που προέβαλλε εναντίον της άποψης του Hobbes, σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελείται από την δράση ενός ανέμου ο οποίος πιέζει τα υγρά. Ο Boyle συμπεριλάμβανε μία εκτενέστερη κριτική της θεωρίας του Hobbes για την δράση του ψύχους στο κεφάλαιο «An Examen of Mr Hobbes' Doctrine, touching Cold» το οποίο είχε προστεθεί ως παράρτημα στα εικοσιένα κεφάλαια («Titles») του *Cold*³⁴³. Από αυτό το κεφάλαιο δανειζόταν ένα πείραμα όπου ορισμένα δοχεία γεμίζονταν με νερό και τοποθετούνταν μέσα σε άλλα δοχεία τα οποία περιείχαν υγρά που δεν παγώνουν εύκολα. Ο Boyle αποδείκνυε ότι το νερό μπορεί να ψυχθεί έως και να παγώσει παρόλο που ήταν επαρκώς προστατευμένο από την ψυκτική δράση του ανέμου.

Σύμφωνα με το δεύτερο επιχείρημα που προέβαλλε ο Boyle, η δράση του ψύχους, όπως εξηγούνταν από τον Hobbes, δεν μπορούσε να εξηγήσει την άνοδο του νερού σε ορισμένες περιπτώσεις. Ο Boyle ανέφερε την περίπτωση της ανόδου του νερού σε συνθήκες όπου η θερμοκρασία ήταν χαμηλή αλλά επικρατούσε άπνοια. Στην περίπτωση αυτή, ο Boyle υποστήριζε ότι ο Hobbes θα έπρεπε να αποδείξει ότι μία ανεπαίσθητη κίνηση θα μπορούσε να αποτελέσει άνεμο και να προκαλέσει ψύχος. Επίσης καλούσε

³⁴³ Boyle [1665α], σς.499-516.

τον Hobbes να εξηγήσει πώς προκαλούνταν η άνοδος του νερού σε ορισμένα μέρη της επιφάνειάς του και όχι σε όλα. Ελλείπει περαιτέρω εξήγησης, μπορούμε να εικάσουμε ότι εδώ ο Boyle εννοούσε την επιφάνεια μέσα στο σωλήνα που ανέβαινε και την επιφάνεια του νερού έξω από τον σωλήνα που δεν ανέβαινε. Ο Boyle επίσης θεωρούσε ότι η υπόθεση του Hobbes δεν μπορούσε να εξηγήσει την άνοδο του νερού στα κοινά θερμοσκόπια στην περίπτωση που η ψύξη προκαλούνταν από το μίγμα χιονιού και αλατιού. Οι περιπτώσεις αυτές έδειχναν ότι ο άνεμος ως παράγοντας που προκαλεί ψύχος, δεν ήταν απαραίτητη και μοναδική συνθήκη για την ψύξη και την άνοδο του νερού. Ο Boyle παρουσίαζε επίσης μία περίπτωση όπου το ψύχος προκαλούσε την πτώση του νερού. Έψυχε μία φιάλη που κατέληγε σε ένα λεπτό σωλήνα· αυτή περιείχε νερό μέχρι ένα σημείο του σωλήνα, με ένα βαθμό ψύχους ώστε να μη μεταραπεί το νερό σε πάγο· είχε παρατηρήσει ότι το νερό συρρικνώνονταν και δεν ανέβαινε. Ο ίδιος βαθμός ψύξης που προκαλούσε την άνοδο του νερού στα κοινά θερμοσκόπια, σε αυτό το όργανο προκαλούσε την πτώση του.

Και το τρίτο επιχείρημα σχετιζόταν με την αναγκαιότητα που απέδιδε ο Hobbes στην άνοδο του νερού με την πίεση του ανέμου. Μία αναγκαία συνθήκη για την άνοδο του νερού στο κοινό θερμοσκόπιο, σύμφωνα με τον Hobbes, ήταν ότι το νερό δεν είχε άλλο μέρος διαφυγής πέρα από τον χώρο στο σωλήνα. Ο Boyle υποστήριζε ότι η πλήρωση αυτού του χώρου από το νερό ερχόταν σε αντίθεση με την άποψη του ίδιου του Hobbes για την πληρότητα του χώρου. Ο Hobbes απέρριπτε την ύπαρξη του κενού και υποστήριζε ότι ο κόσμος είναι παντού γεμάτος. Δεν μπορούσε όμως να φανταστεί πώς ένας χώρος ο οποίος είναι ήδη γεμάτος μπορεί να περιέχει ορισμένες φορές περισσότερη και ορισμένες φορές λιγότερη ποσότητα ύλης. Ο Boyle επιχειρηματολόγούσε ότι αυτές οι θεωρήσεις δεν υποστήριζαν την αναγκαιότητα του νερού να ανέβει, γιατί, σύμφωνα με αυτές, δεν ήταν αναγκαίο να βρει το νερό περισσότερο χώρο να χωρέσει μέσα στο σωλήνα από ό,τι κάπου αλλού. Επίσης ο Boyle θεωρούσε ότι με βάση αυτές τις απόψεις, ο Hobbes δεν μπορούσε να εξηγήσει την κάθοδο του νερού στα κλειστά θερμοσκόπια καθώς και τη συρρίκνωση του αέρα με το ψύχος στο νέο θερμοσκόπιο αέρος του Boyle, όπου το νερό κατέβαινε με το ψύχος και ανέβαινε με τη θερμότητα.

Το τέταρτο επιχείρημα του Boyle ενάντια στην εξήγηση της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου του Hobbes στρεφόταν ενάντια στην άποψή του ότι με τη

θερμότητα το νερό έπεφτε λόγω του βάρους του. Ο Boyle υποστήριζε ότι η πτώση του νερού σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορούσε να εξηγηθεί μέσω της δράσης του βάρους του. Ως παράδειγμα τέτοιων περιπτώσεων έφερνε ένα πείραμα όπου χρησιμοποιούνταν ένα θερμοσκόπιο του οποίου το δοχείο κατασκευαζόταν μεγάλο σε όγκο και η αρχική στάθμη του νερού βρισκόταν λίγο πιο πάνω από την αρχή του σωλήνα. Όταν το θερμοσκόπιο αυτό τοποθετούνταν στον ήλιο, παρατηρούνταν συχνά ότι η πτώση του νερού έφτανε σε σημείο κατώτερο από τη στάθμη στην οποία βρισκόταν το νερό στο εξωτερικό δοχείο. Ο Boyle υποστήριζε ότι αυτή η κάθοδος του νερού δεν μπορούσε να εξηγηθεί μόνο με τη δράση του βάρους του αλλά με την αύξηση, με τη δράση της θερμότητας, της διογκωτικής κίνησης ή της ελαστικότητας του αέρα («expansive Motion or spring of the Air»)³⁴⁴ που βρισκόταν εσώκλειστος στο πάνω μέρος του σωλήνα. Σύμφωνα με τον Boyle, εάν η κάθοδος του νερού είχε προκληθεί από το βάρος του, τότε το νερό δεν θα έπεφτε πιο χαμηλά από τη στάθμη του νερού που βρισκόταν μέσα στο εξωτερικό νερό. Προς επιβεβαίωση αυτού του συμπεράσματος, ο Boyle ανέφερε ότι αν το ίδιο θερμοσκόπιο παρέμενε για περισσότερη ώρα εκτεθειμένο στον ήλιο, τότε ο αέρας θα διογκώνονταν τόσο πολύ που θα έσπρωχνε το νερό μέσα στο δοχείο και θα έβγαινε από αυτό μέσω φυσαλίδων. Στη συνέχεια αν το θερμοσκόπιο τοποθετούνταν σε ένα πιο ψυχρό μέρος, ο αέρας θα ψυχραινόταν και το νερό θα ανέβαινε στο σωλήνα σε ένα ύψος, μεγαλύτερο από αυτό που θα είχε στην περίπτωση που του ασκούσαν ο ίδιος βαθμός ψύχους πριν χάσει αέρα με τη δημιουργία των φυσαλίδων. Ο Boyle ανέφερε αυτή την επιπλέον παρατήρηση ίσως για να δείξει ότι ο Hobbes δεν θα μπορούσε να εξηγήσει αυτή τη διαφορά στο ύψος της επανόδου του νερού ενώ η υπόθεσή του για την ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα θα μπορούσε.

Ενώ ο Boyle φαινόταν να απορρίπτει τελείως την εξήγηση των Αριστοτελικών και του Hobbes για τη λειτουργία των κοινών θερμοσκοπίων, έδειχνε ωστόσο να ενστερνίζεται μερικώς την άποψη των μοντέρνων φιλοσόφων. Σύμφωνα με την εξήγησή τους, το ψύχος συρρικνώνει με τη δράση του τον εσώκλειστο αέρα σε μικρότερο χώρο με αποτέλεσμα η πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του νερού που βρίσκεται στο εξωτερικό δοχείο από τον ατμοσφαιρικό αέρα να είναι μεγαλύτερη από την πίεση που ασκείται στην επιφάνειά του μέσα στο σωλήνα, και το νερό να ανέρχεται μέσα στο

³⁴⁴ Ο.π., σελ. 257.

σωλήνα στο χώρο που εγκατέλειψε ο εσώκλειστος αέρας. Η περιγραφή της εξήγησης των μοντέρνων φιλοσόφων από τον Boyle έδινε την αίσθηση ότι η άνοδος του νερού προκαλούνταν επειδή ο εξωτερικός αέρας ασκούσε μεγαλύτερη πίεση στο νερό από τον εσωτερικό αέρα, ο οποίος είχε συρρικνωθεί σε μικρότερο χώρο. Ο Boyle επισήμαινε ότι οι μοντέρνοι φιλόσοφοι στήριζαν την εξήγησή τους στο βάρος του αέρα το οποίο αναγνώριζαν ως ιδιότητά του, ενώ ο Hobbes παρόλο που δεχόταν την ύπαρξή της δεν την είχε χρησιμοποιήσει στη δική του εξήγηση. Θεωρούσε επίσης ότι η εξήγησή τους αποτελούσε μία λογική και «αληθή» εξήγηση, αλλά όχι επαρκή για την εξήγηση των φαινομένων και τα δικά του κριτήρια³⁴⁵.

Θεωρούσε ότι η δική του εξήγηση βελτιώνει εκείνη των μοντέρνων και κατέρριπτε την υπόθεση στην οποία στηριζόταν, ότι, δηλαδή, η συρρίκνωση του αέρα και η άνοδος του νερού προέρχονται από δύο διαφορετικές αιτίες. Σύμφωνα με τη δική του εξήγηση, στην περίπτωση που ο ατμοσφαιρικός αέρας ψυχραινόταν στον ίδιο βαθμό με τον εσώκλειστο αέρα, συνέβαινε το εξής: Το ψύχος δρούσε στην ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα την οποία αποδυνάμωνε. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσής του. Ο περιβάλλον αέρας διατηρούσε την πίεσή του λόγω του βάρους του, με αποτέλεσμα η πίεση που ασκούσε στην εξωτερική επιφάνεια του υγρού να είναι μεγαλύτερη από την πίεση που ασκούσε στο υγρό ο εσώκλειστος αέρας. Η πίεση λοιπόν του ατμοσφαιρικού αέρα υπερέβαινε αυτή του εσώκλειστου και το νερό πιεζόταν προς τα πάνω, προκαλώντας με αυτό τον τρόπο τη συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα σε μικρότερο χώρο. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα δεν ήταν το ίδιο ψυχρή με αυτή του εσώκλειστου, τότε ο περιβάλλον αέρας είχε πιο δυνατή ελαστικότητα, και κατά συνέπεια πίεση από τον εσώκλειστο αέρα, ο οποίος πάλι λόγω της πιο αδύναμης πίεσης δεν μπορούσε να αντισταθεί στην άνοδο του νερού και στη συρρίκνωσή του. Σε αντίθεση λοιπόν με τους μοντέρνους φιλοσόφους που θεωρούσαν ότι πρώτα συρρικνωνόταν ο εσώκλειστος αέρας από το ψύχος και στη συνέχεια η μεγαλύτερη πίεση του εξωτερικού αέρα πίεζε το νερό προς τα πάνω, ο Boyle πρόσβευε ότι η δράση του ψύχους δεν είχε ως άμεσο αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του αέρα αλλά τη μείωση της ελαστικότητάς του με αποτέλεσμα όταν ερχόταν σε επαφή με μία πίεση μεγαλύτερη από τη δική του να ενέδιδε και να συρρικνωνόταν σε λιγότερο χώρο.

³⁴⁵ «but as far as it reaches, true,» Ο.π.

Ο Boyle δήλωνε ότι δεν θα έμπαινε σε συζήτηση για το αν η ελαστικότητα του αέρα συνίσταται στην ελαστική δομή των σωματιδίων του ή σε μία διεγερμένη ρευστή ύλη που θέτει τα σωματίδια σε κίνηση γύρω από τον εαυτό τους ή σε άλλο αίτιο. Υποστήριζε όμως ότι, σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, όταν ο αέρας εσωκλείεται μέσα σε ένα δοχείο και θερμαίνεται δεν κατέχει περισσότερο χώρο από πριν αλλά αυξημένη ελαστικότητα. Ως παράδειγμα ανέφερε την περίπτωση όπου η άκρη ενός τέτοιου δοχείου σπαζόταν κάτω από νερό και ο αέρας έφευγε από το δοχείο σε μορφή φυσαλίδων. Ο Boyle ερμήνευε το φαινόμενο ως την τάση του αέρα να αυξήσει τον όγκο του. Εάν λοιπόν ο αέρας που σφραγιζόταν με αυτό τον τρόπο, σε φιάλες, στη συνέχεια ψυχραίνονταν με τη μείωση ή την έλλειψη της θερμότητας, τότε, υποστήριζε ο Boyle, παρόλο που θα έχανε την πρόσθετη ελαστικότητα που του είχε δώσει η θερμότητα, θα του έμενε μία μικρή ποσότητα, η οποία θα ήταν ικανή να τον κρατήσει στη θέση που ήταν και θα συνέχιζε να γεμίζει τη φιάλη. Ο Boyle υποστήριζε γενικότερα ότι το ψύχος που κυριαρχούσε στο κλίμα της Αγγλίας αποδυνάμωνε την ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα σε σχέση με την ελαστικότητα που είχε πριν από την ψύξη, τόσο ώστε τα σωματίδια αέρος να παραμένουν το ίδιο εκτεταμένα και να μην εγκαταλείπουν το χώρο που καταλάμβαναν προηγουμένως, στην περίπτωση που δεν υπήρχε ένα σώμα δίπλα τους το οποίο με την πίεσή του να τα σπρώξει προς τα μέσα και επομένως να τα κάνει να εγκαταλείψουν μέρος του χώρου που καταλάμβαναν. Η συρρίκνωση του αέρα και η άνοδος του νερού που συμβαίνει όταν ψυχρανθεί ο εσώκλειστος αέρας έδειχναν, για τον Boyle, ότι ο εσώκλειστος αέρας δεν μπορούσε να αντισταθεί στην πίεση που άντεχε πριν ψυχθεί. Ο Boyle θεωρούσε ότι αυτή η πίεση ήταν «εκείνη που συνεχώς ασκείται πάνω στην επιφάνεια του νερού, που δεν εσωκλείεται στο σωλήνα, και η οποία προκαλείται “upon the account” από το βάρος τόσης ποσότητας αέρα ή ατμόσφαιρας όσο αυτής που βαραίνει πάνω στο νερό»³⁴⁶.

Ο Boyle παρέθετε μία σειρά πειραματικών αποτελεσμάτων που έδειχναν ότι ο αέρας που εσωκλειόταν σε φιάλες διαφόρων τύπων και ψυχόταν, δεν συρρικνωνόταν αν δεν ασκούνταν πάνω του πίεση ίση με αυτή του αέρα της ατμόσφαιρας. Ο Boyle εκτελούσε πειράματα με τέσσερις διαφορετικές φιάλες, μία που έμοιαζε με το «νέο» ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος, μία που αποτελούνταν από το θερμοσκόπιο με την

³⁴⁶ Ο.π., σελ.259.

αιωρούμενη στάλα νερού καθώς και δύο φιάλες ειδικά κατασκευασμένες για το σκοπό του πειράματός του³⁴⁷. Καταρχήν εκτελούσε ένα πείραμα με μία φιάλη που έμοιαζε με το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος, της οποίας όμως ο σωλήνας ήταν στην αρχή του κλειστός έτσι ώστε το νερό, στην έναρξη του πειράματος, να μην έρχεται σε επαφή με το νερό του δοχείου στο οποίο ασκούσαν την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα³⁴⁸. Ο σωλήνας αυτού του δοχείου ήταν λεπτός στην άκρη ώστε να μπορεί, αφού σφραγιστεί, να σπάσει εύκολα. Αφού το δοχείο γέμιζε με νερό, ο σωλήνας σφραγιζόταν και το όργανο αναποδογυριζόταν, όπως γινόταν στο ανοιχτό θερμοσκόπιο, και το υγρό γέμιζε το κάτω μέρος του σωλήνα μέχρι ένα σημείο. Στη συνέχεια ο Boyle έψυχε το στρογγυλό δοχείο του οργάνου με μίγμα χιονιού και αλατιού αλλά το νερό δεν παρατηρούνταν να ανέρχεται, μέχρι να σπάσει ο Boyle την άκρη του σωλήνα κάτω από νερό στο οποίο ασκούσαν την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα. Τότε ο Boyle διευκρίνιζε ότι το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα προκαλούσε την άνοδο του νερού στο σωλήνα κατά πολλές ίντσες. Εδώ λοιπόν ο Boyle έδειχνε ότι το κλασικό ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος δεν μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς την επαφή του εσώκλειστου αέρα με την πίεση του εξωτερικού αέρα.

Ο Boyle δοκίμαζε επίσης το ίδιο πείραμα με ένα όργανο που έμοιαζε με το «νέο» θερμοσκόπιο αέρος, που είχε κατασκευάσει ο ίδιος³⁴⁹. Με το συγκεκριμένο πείραμα έδειχνε ότι ούτε αυτό το θερμοσκόπιο μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς την άσκηση πίεσης του εξωτερικού αέρα στο νερό του σωλήνα. Το όργανο που χρησιμοποιούσε εδώ αποτελούνταν από ένα δοχείο σε σχήμα ενός «νιολ», το οποίο περιείχε πέντε με έξι ουγγιές νερό, και σ' αυτό αναποδογύριζε ένα σωλήνα γεμάτο με νερό. Ο χώρος ανάμεσα στο στόμιο του δοχείου και στο σωλήνα σφραγιζόταν ώστε να μην υπάρχει επικοινωνία του εξωτερικού αέρα με τον αέρα μέσα στο δοχείο. Αρχικά λοιπόν, το νερό έφτανε μέχρι την κορυφή του σωλήνα, ο οποίος ήταν κλειστός. Το δοχείο τοποθετούνταν σε μίγμα χιονιού και αλατιού, αλλά παρόλο που ψυχόταν τόσο όσο το νερό μέσα στο δοχείο να αρχίσει να παγώνει, το νερό στο σωλήνα δεν παρατηρούνταν να κατεβαίνει. Τότε ο Boyle έσπαγε το πάνω μέρος του σωλήνα και παρατηρούσε το νερό να πέφτει οχτώ με δέκα ίντσες. Στη συνέχεια φυσούσε μέσα στο σωλήνα για να αραιώσει τον αέρα του

³⁴⁷ Βλ. Παράρτημα 2 για το όργανο που μοιάζει στο «νέο» θερμοσκόπιο αέρος βλ. εικόνα 5, για το θερμοσκόπιο με την αιωρούμενη στάλα νερού βλ. εικόνα 1, για τα άλλα δύο όργανα βλ. εικόνες 6 και 7.

³⁴⁸ Βλ. Παράρτημα 2 και εικόνα 6.

³⁴⁹ Βλ. Παράρτημα 2 και εικόνα 5.

δοχείου και ανέβαζε το νερό στο σωλήνα τόσο ώστε να απέχει μισή ίντσα από την κορυφή του σωλήνα. Σφράγιζε το άκρο του σωλήνα και έθετε πάλι τον εσώκλειστο αέρα να ψυχθεί με την ελπίδα ότι η ελαστικότητα της μισής ίντσας αέρα στο πάνω μέρος του σωλήνα θα μπορούσε να συρρικνώσει τον εσώκλειστο αέρα. Ο Boyle απέδωσε την αποτυχία της δοκιμής στο γεγονός ότι η ελαστικότητα του αέρα στο πάνω μέρος του σωλήνα είχε αποδυναμωθεί γιατί είχε μεταδοθεί και σε αυτόν η ψυχρότητα που μεταδίδονταν στον εσώκλειστο αέρα. Στη συνέχεια σπάζοντας πάλι το πάνω άκρο του σωλήνα, η πίεση του εξωτερικού αέρα έσπρωχνε το νερό προς τα κάτω. Την ίδια δοκιμασία επανέλαβε ο Boyle αφήνοντας τρεις ίντσες αέρα στο πάνω μέρος του σωλήνα και είχε τα ίδια αποτελέσματα. Όταν έσπασε το πάνω μέρος του σωλήνα, η πίεση του εξωτερικού αέρα κατέβασε το νερό δύο ίντσες. Στη συνέχεια μετέφερε το όργανο σε ένα πιο θερμό μέρος και παρατήρησε την άνοδο του νερού μία ίντσα πιο πάνω από τη στάθμη που είχε στην αρχή του πειράματος. Αυτό έδειχνε ότι το θερμοσκόπιο λειτουργούσε κανονικά όταν ερχόταν σε επαφή με την πίεση του εξωτερικού αέρα.

Προς επιβεβαίωση των συμπερασμάτων του, ο Boyle δοκίμασε τη δυνατότητα μίας ποσότητας αέρα, στην οποία δεν δρούσε το ψύχος, να συρρικνώσει τον εσώκλειστο αέρα ο οποίος ψυχραινόταν. Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιούσε ένα δοχείο σχήματος αβγού το οποίο κατέληγε σε ένα καμπτόμενο σωλήνα που δημιουργούσε ένα σιφόνι με δύο πόδια³⁵⁰. Το μακρύ πόδι τελείωνε στο δοχείο ενώ στο κοντό πόδι ο σωλήνας ήταν αρκετά λεπτός και στενός ώστε να μπορεί με μία φλόγα να σφραγιστεί. Στη συνέχεια γέμιζε το δοχείο με νερό έτσι ώστε να ανέρχεται σε ορισμένο ύψος και στους δύο σωλήνες και σφράγιζε το κοντό πόδι έτσι ώστε να παραμένει αρκετός αέρας πάνω από το νερό, ο οποίος να μπορεί, όταν ο εσώκλειστος αέρας στο δοχείο του μακρού ποδιού ψυχόταν, λόγω της πιο δυνατής ελαστικότητάς του, να τον πιέσει σε λιγότερο χώρο. Το όργανο τοποθετούνταν σε μία ξύλινη κορνίζα με τρόπο που να μπορεί το οβάλ δοχείο στο μακρύ πόδι να τοποθετηθεί σε μίγμα χιονιού και αλατιού αλλά ο εσώκλειστος αέρας στο άκρο του κοντού ποδιού να μην επηρεαστεί από τον βαθμό ψύχους του ψυκτικού μίγματος· με αυτή την τεχνική ο Boyle προσπαθούσε να διορθώσει το μειονέκτημα του πειράματος με το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος. Με την ψύξη του εσώκλειστου αέρα, ο όγκος του μειώθηκε ελάχιστα («barley corns breadth»), και ο όγκος του αέρα στο κοντό πόδι

³⁵⁰ Βλ. Παράρτημα 2 και εικόνα 7.

αυξήθηκε αντιστοίχως³⁵¹. Ο Boyle σημείωνε ότι αυτή η αύξηση δεν προερχόταν από το βάρος του αέρα στο κοντό πόδι αλλά από την ελαστικότητά του. Ο Boyle εξηγούσε ότι η αύξηση του όγκου του αέρα στο μικρό πόδι καθώς και η αντίστοιχη μείωση του όγκου του αέρα στο δοχείο του μεγάλου ποδιού ήταν μικρή γιατί το ψύχος, όπως θα έδειχνε με μία άλλη σειρά πειραμάτων, δεν αποδυνάμωνε την ελαστικότητα του αέρα όσο θα αναμενόταν με βάση την παραδεδεγμένη άποψη για τη δράση του ψύχους στον αέρα. Επίσης η αποδυνάμωση της ελαστικότητας του αέρα στο μικρό πόδι λόγω της διαστολής του αποτελούσε άλλη μία εξήγηση για τη μικρή συρρίκνωση του αέρα στο μακρύ πόδι. Όταν όμως ο Boyle έσπαγε την άκρη του κοντού ποδιού, τότε ο ατμοσφαιρικός αέρας πίεζε το νερό κατά δύο ίντσες και ένα τέταρτο πιο πάνω στο σωλήνα του μακριού ποδιού και στη συνέχεια πέρασε μέσα από το νερό με τη μορφή φυσαλίδων.

Στο τελευταίο πείραμα που εκτέλεσε ο Boyle για την απόδειξη της άποψής του, χρησιμοποίησε το θερμοσκόπιο με την αιωρούμενη στάλα νερού³⁵². Το όργανο αυτό, όπως είχε υποδείξει ο Boyle κατά την περιγραφή της κατασκευής του, λόγω της ελαφρύτητας της στάλας του νερού και της κατασκευής του σωλήνα, μπορούσε να αναδείξει μικρότερες αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα από αυτές που μπορούσε να καταγράψει το ανοιχτό θερμοσκόπιο. Επομένως μία μικρή αλλαγή στην ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα θα μπορούσε να μετακινήσει την ελαφριά σταγόνα νερού. Ο σωλήνας του οργάνου ήταν λεπτός με πολύ μικρή διάμετρο, έτσι ώστε να μπορεί να σφραγίζεται με τη φλόγα ενός κεριού πολύ γρήγορα. Ο σωλήνας του οργάνου σφραγιζόταν τη στιγμή που η στάλα βρισκόταν κοντά στην κορυφή του σωλήνα. Η ψύξη του εσώκλειστου αέρα, όταν ο σωλήνας ήταν σφραγισμένος, προκαλούσε ελάχιστα την κάθοδο της στάλας του νερού. Όταν όμως το πάνω άκρο του σωλήνα κοβόταν, ο εξωτερικός αέρας πίεζε τη στάλα αρκετές ίντσες πιο κάτω και μερικές φορές την έσπρωχνε μέσα στο δοχείο. Ο Boyle δοκίμασε επίσης να σφραγίσει το πάνω άκρο του σωλήνα ενώ η στάλα έπεφτε· παρατήρησε τότε ότι η στάλα σταματούσε την κάθοδό της και παρέμενε σε αυτό το σημείο μέχρι να ξανασπάσει τον σωλήνα. Όταν ξαναέσπαγε το σωλήνα ο Boyle δήλωνε ότι αν ο ατμοσφαιρικός αέρας ήταν τόσο ψυχρός όσο όταν σφραγίστηκε, η στάλα θα συνέχιζε να κατεβαίνει ανάλογα με το αν η αποδυναμωμένη

³⁵¹ Αποτελεί μία έκφραση ποσότητας που ο Boyle χρησιμοποιεί πολύ συχνά στο *Cold* για να υποδηλώσει μια πολύ μικρή, σχεδόν μηδαμινή ποσότητα.

³⁵² Βλ. Παράρτημα 2 και εικόνα 1.

ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα ήταν περισσότερο η λιγότερο κοντά και όχι ίση με εκείνη του εξωτερικού αέρα.

Με το πείραμα αυτό ο Boyle κατάφερε να δείξει ότι και αυτός ο τύπος θερμοσκοπίου αέρος, δεν μπορούσε να λειτουργήσει, εάν δεν ασκούνταν στον εσώκλειστο αέρα η πίεση του εξωτερικού αέρα. Επίσης σφραγίζοντας τον σωλήνα την ώρα που έπεφτε η στάλα του νερού έδειχνε ότι όταν εξέλιπε η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, το φαινόμενο της συρρίκνωσης του ψυχραμένου αέρα σταματούσε. Ένα ακόμη συμπέρασμα είναι ότι μία ποσότητα αέρα που κλεινόταν μέσα στο σωλήνα και διατηρούσε την ελαστικότητά της, δεν κατόρθωνε να συρρικνώσει τον ψυχραμένο αέρα μέσα στο δοχείο. Ο Boyle έδειχνε ότι ήταν αναγκαία η πίεση του εξωτερικού αέρα για την συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα. Παρόλο όμως που υποστήριζε ότι στην περίπτωση που η θερμοκρασία του εσώκλειστου αέρα ήταν μικρότερη από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα, η δυνατότερη ελαστικότητα του δεύτερου αποτελούσε την αιτία της αυξημένης πίεσής του· με τα παραπάνω πειράματα έδειχνε ότι ενεργό ρόλο έπαιζε και η πίεση του εξωτερικού αέρα που οφειλόταν στο βάρος του. Εάν αυτό δεν ίσχυε, τότε στις περιπτώσεις που εσώκλειε στα όργανα κάποια ποσότητα αέρα που είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία από την ποσότητα του αέρα που ψυχραινόταν, η πιο δυνατή ελαστικότητα της πρώτης θα έπρεπε να δημιουργεί αυξημένη πίεση και κατ' επέκταση να προκαλεί τη συρρίκνωση της δεύτερης.

Η άποψη του Boyle για τη δράση του ψύχους στην ελαστικότητα του αέρα και για τη διατήρηση της έκτασης του αέρα στην περίπτωση έλλειψης μίας μεγαλύτερης πίεσης, διέφερε ως προς την αριστοτελική άποψη και την άποψη των μοντέρνων φιλοσόφων που υποστήριζαν τη συρρίκνωση του αέρα ως άμεσο αποτέλεσμα της δράσης του ψύχους. Ως προς την εξήγηση του Hobbes διέφερε στον τρόπο που δρούσε το ψύχος στο θερμοσκόπιο. Ο Boyle υποστήριζε τη δράση του ψύχους στην ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα, ενώ ο Hobbes την αύξηση της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα μέσω ανέμων που αποτελούσαν και τη δράση του ψύχους. Με την εξήγηση του Hobbes όμως είχε ένα κοινό σημείο· η συρρίκνωση του αέρα προκαλούνταν από τη μεγαλύτερη πίεση που ασκούσε ο ατμοσφαιρικός αέρας στον εσώκλειστο αέρα και όχι από την άμεση δράση του ψύχους. Οι δύο εξηγήσεις διέφεραν ως προς το αίτιο της μεγαλύτερης πίεσης του εξωτερικού αέρα.

Η εξήγηση του Boyle για την άνοδο του νερού στο κοινό θερμοσκόπιο έδειχνε το ρόλο που έπαιζαν οι ιδέες που είχε αναπτύξει για τις τρεις ιδιότητες του αέρα, το βάρος, την ελαστικότητα και την πίεση, στο *Spring of the Air*. Σύμφωνα με τους Shapin και Schaffer, στις αρχές του 1660 και μετά την εκτέλεση των πειραμάτων με την αντλία κενού, ο Boyle θεωρούσε ότι οι τρεις ιδιότητες του αέρα, τις οποίες χρησιμοποιούσε για να εξηγήσει μία σειρά πειραματικών φαινομένων, αποτελούσαν οι ίδιες «πειραματικά γεγονότα» («matters of fact») που είχαν αποδειχθεί από τα πειράματα με την αντλία κενού³⁵³. Οι Shapin και Schaffer τονίζουν όμως ότι οι υποθέσεις που είχαν προταθεί από τους καρτεσιανούς και άλλους για τις αιτίες των τριών ιδιοτήτων, και ιδιαίτερα της ελαστικότητας του αέρα, αντιμετωπίζονταν από τον Boyle με δυσπιστία. Ο ίδιος δεν επιβεβαίωνε καμία υπόθεση και δήλωνε ότι δεν θα ασχοληθεί με την εξήγησή τους. Η προσπάθειά του στο τρίτο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» να αποφύγει τη συζήτηση για τις θεωρίες που είχαν προταθεί για την εξήγηση της ελαστικότητας του αέρα αποτελούσαν μέρος της ίδιας τακτικής. Οι Shapin και Schaffer ασκούν κριτική καταρχήν στον τρόπο με τον οποίο ο Boyle πίστευε ότι είχε θεμελιώσει την ελαστικότητα, το βάρος και την πίεση του αέρα ως πειραματικά γεγονότα. Κατα δεύτερο, κατακρίνουν τη διάκριση που έκανε μεταξύ των τριών ιδιοτήτων ως πειραματικά γεγονότα, για τα οποία ήταν σίγουρος, και των υποθέσεων για τις αιτίες που τις προκαλούσαν, τις οποίες αντιμετώπιζε με δυσπιστία.

Με βάση την ανάλυση των Shapin και Schaffer, στην περίπτωση της εξήγησης της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος, ο Boyle βασιζόταν σε ιδιότητες των οποίων την ύπαρξη είχε ήδη αποδείξει. Όμως η εξήγηση της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου είχε το ίδιο ελάττωμα που αναγνώριζαν οι Shapin και Schaffer στα πειράματα με την αντλία κενού. Ο Boyle αφήνοντας ανεξήγητη την αιτία της ελαστικότητας, δεν μπορούσε να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο το ψύχος δρούσε πάνω στην ελαστικότητα του αέρα. Η δράση της ψύξης στην ελαστικότητα φαίνεται να λαμβάνεται ως πειραματικό δεδομένο με βάση τη θεμελιωμένη κατά τον Boyle ύπαρξη της ελαστικότητας. Όμως αν λάβουμε υπόψη την κριτική των Shapin και Schaffer, όπως η αιτία της ελαστικότητας, έτσι και η δράση του ψύχους πάνω στην ελαστικότητα δεν φαίνεται ακριβώς πώς προκύπτει μέσα από τα πειράματα. Τα πειράματα του τρίτου

³⁵³ Shapin, Schaffer [1985], σελ. 49-52.

υποκεφαλαίου αποδείκνυαν ότι σε ένα κοινό θερμοσκόπιο η ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα αποδυναμώνονταν με το ψύχος αλλά ο αέρας συρρικνωνόταν μόνο όταν ασκούσαν μεγαλύτερη πίεση από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Τα πειραματικά τους αποτελέσματα δεν έδειχναν τον τρόπο με τον οποίο αποδυνάμωνε το ψύχος την ελαστικότητα τόσο ώστε ο αέρας να μη συρρικνώνεται μόνο με τη δράση του ψύχους.

Η έλλειψη ουσιαστικής εξήγησης της δράσης τους ψύχους στην ελαστικότητα του αέρα από τον Boyle προκαλεί ένα δεύτερο σημαντικό πρόβλημα. Δεν μας επιτρέπει να καταλάβουμε ποια είναι η φύση του ψύχους που προϋποθέτει ο Boyle και η οποία δρα στην ελαστικότητα αποδυναμώνοντάς την. Με βάση την υπόθεση για τη φύση του ψύχους, που ο Boyle ανέφερε πιο συχνά στο *Cold*, και σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελεί τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων μπορούμε να καταλήξουμε στην εξής εικασία. Αν ο Boyle χρησιμοποιούσε αυτή την υπόθεση, τότε η αποδυνάμωση της ελαστικότητας του αέρα θα μπορούσε να προκύπτει από τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων του αέρα, εφόσον όμως η αιτία της ίδιας της ελαστικότητας σχετιζόταν με την κίνηση των σωματιδίων του αέρα. Οι παραπάνω σκέψεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αδυναμία του Boyle να προχωρήσει στην εξήγηση της φύσης της ελαστικότητας, δημιουργούσε δυσκολία στη σύνδεση της υπόθεσης για τη φύση του ψύχους με τη δράση της στην ελαστικότητα. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι για να καταλάβει, ο αναγνώστης των πειραμάτων του Boyle, την εξήγηση της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου, έπρεπε να προϋποθέσει, χωρίς απαραίτητα να κατανοεί πώς προκύπτει, τη δράση του ψύχους στην ελαστικότητα του αέρα η οποία κατά συνέπεια μειώνει και την πίεσή του.

Μία επίσης σημαντική παρατήρηση πάνω στην εξήγηση που δίνει ο Boyle της λειτουργίας του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος αφορά τη χρήση των όρων της «πίεσης», της «ελαστικότητας» και του «βάρους» του αέρα. Οι Shapin και Schaffer υποστηρίζουν ότι στα έργα του Boyle για τις ιδιότητες του αέρα, η χρήση των όρων των τριών ιδιοτήτων καθώς και η οντολογική τους σημασία δεν ήταν σαφής³⁵⁴. Υποστηρίζουν ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε τον όρο «πίεση» για να μιλήσει για την ελαστικότητα και το βάρος του αέρα, και διέκρινε την αιτία της πίεσης από ένα από τα δύο μόνο για λόγους

³⁵⁴ Ορισμένα βασικά έργα του Boyle για τις ιδιότητες του αέρα *Spring of the Air*, Boyle [1660], *Defence* Boyle [1662α], *Examen*, Boyle [1662β], *A Continuation of New Experiments* (1669α). Για την άποψη των Shapin και Schaffer βλ. Shapin, Schaffer [1985], σελ. 53-55.

πολεμικής ενός συγκεκριμένου θέματος. Η αμφίσημη χρήση του όρου «πίεση» αποτελούσε, κατά τους Sharin και Schaffer, μία τακτική του Boyle για να μπορεί να συζητά και να υπερασπίζεται τα συμπεράσματά του στα πειράματα με την αντλία κενού. Επίσης υπήρχε μία σύγχυση στον τρόπο χρήσης των όρων του «βάρους» και της «ελαστικότητας» του αέρα, εφόσον παρουσιάζονταν πολλές φορές το ένα να παράγει το άλλο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της εξήγησης της ανόδου του νερού στο κοινό θερμοσκόπιο, ο Boyle φαίνεται να κάνει μία διάκριση ανάμεσα στην ελαστικότητα και το βάρος του αέρα. Στην περίπτωση που ο εσώκλειστος αέρας ψυχραινόταν όσο ο ατμοσφαιρικός αέρας, ο Boyle εξηγούσε ότι η πίεση του εσώκλειστου αέρα μειωνόταν λόγω της αποδυνάμωσης της ελαστικότητάς του από το ψύχος ενώ η πίεση του εξωτερικού αέρα διατηρούνταν λόγω του βάρους του. Στην περίπτωση όμως που ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν ήταν τόσο ψυχρός όσο ο εσώκλειστος, ο Boyle θεωρούσε ότι η αυξημένη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είχε ως αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερη πίεση από τον εσώκλειστο αέρα, του οποίου η ψυχρή θερμοκρασία προκαλούσε την αποδυνάμωση της ελαστικότητάς του, και κατ' επέκταση της πίεσής του. Εδώ ο Boyle φαίνεται να διακρίνει μεταξύ του βάρους και της ελαστικότητας του αέρα με έναν τρόπο που σύμφωνα με τους Sharin και Schaffer διέκρινε τις δύο ιδιότητες στο μεταγενέστερο έργο του *Continuation of New Experiments* (1669)³⁵⁵. Οι Sharin και Schaffer υποστηρίζουν ότι σε αυτό το έργο ο Boyle άρχισε, για πρώτη φορά γραπτώς, να ξεχωρίζει ανάμεσα στις δύο ιδιότητες. Εκεί ο Boyle αναφερόταν στην πίεση ως «the pressure of all the superincumbent atmosphere acting as a weight» και στην πίεση ως «the pressure of a small portion of air included indeed (but without any new compression) acting as spring». Οι δύο έννοιες της πίεσης, όπως περιγράφονται στο *Continuation of New Experiments*, βοηθούν στην κατανόηση της χρήσης τους στην εξήγηση της λειτουργίας του θερμοσκοπίου. Με βάση αυτό το διαχωρισμό, στην περίπτωση που ο εξωτερικός αέρας έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον εσώκλειστο, η εξήγηση του Boyle μας οδηγεί να υποθέσουμε ότι ο λόγος που η πίεση του εξωτερικού αέρα είναι μεγαλύτερη από τον εσώκλειστο δεν είναι η διατήρηση του βάρους της ατμόσφαιρας αλλά η πιο δυνατή ελαστικότητα που διαθέτει λόγω της θερμοκρασίας στην οποία βρίσκεται.

³⁵⁵ Boyle [1669a].

Με βάση την εξήγηση του Boyle, η λειτουργία του θερμοσκοπίου αέρος βασιζόταν στη διαφορά μεταξύ της πίεσης εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Ο Boyle είχε δείξει ότι προκειμένου να επιτευχθεί η συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα, όταν αυτός ψυχραινόταν, έπρεπε απαραίτητα να ασκείται σε αυτόν μία άλλη πίεση, αυτή του εξωτερικού αέρα. Χωρίς αυτή την πίεση, μόνη η δράση του ψύχους δεν προκαλούσε τη συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα. Στις περαιτέρω έρευνες που έκανε ο Boyle για το ψύχος, και τις οποίες συμπεριέλαβε στο 18ο κεφάλαιο («Title XVIII»), φάνηκε να αμφισβητεί το κατά πόσο μπορούσε να συρρικνωθεί με το ψύχος ο αέρας όταν βρισκόταν εκτεθειμένος σε μία άλλη πίεση. Τα πειράματα, όπου χρησιμοποιούσε όργανα που έμοιαζαν, ως προς την κατασκευή, με το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος αλλά περιείχαν υγρά, στη θέση του νερού, που δεν πάγωναν, είχαν μάλλον απογοητευτικά αποτελέσματα. Ο Boyle είχε υπολογίσει ότι με τη δράση του ψύχους του ατμοσφαιρικού αέρα, ο εσώκλειστος αέρας έχανε το 1/22 μέρος του. Με την επιπλέον ψυκτική δράση ενός μίγματος χιονιού και αλατιού ο αέρας συρρικνωνόταν στο 1/10 του συνολικού χώρου που καταλάμβανε προηγουμένως. Το τελευταίο ποσοστό αποτελούσε το μεγαλύτερο ποσοστό συρρίκνωσης που πίστευε ο Boyle ότι μπορούσαν να πετύχουν με τεχνητό τρόπο. Θεωρούσε αυτά τα ποσοστά μικρά και συμπεραίνει ότι τελικά ο αέρας στο κλίμα της Αγγλίας δεν μπορούσε να συρρικνωθεί τόσο πολύ όσο θεωρούσαν οι άνθρωποι³⁵⁶. Παρόλο που δεν κατονομάζε αυτούς που υποστήριζαν τη μεγάλη συρρίκνωση του αέρα από το ψύχος, είναι εμφανές από τη χρήση του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος ότι για να χρησιμοποιείται η συρρίκνωση του αέρα ως ένδειξη, η θεώρηση ότι η συρρίκνωση που παρατηρούνταν ήταν μεγάλη αποτελούσε μία ευρέως παραδεδεγμένη άποψη.

Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληγε ο Boyle με τα πειράματα του κεφαλαίου δέκατου όγδου («Title XVIII») έχει μεγάλη σημασία, εφόσον στην ουσία ο Boyle έθετε, με αυτό τον τρόπο, σε αμφισβήτηση το βασικό φαινόμενο που έδειχνε τις διαβαθμίσεις του ψύχους στο ανοιχτό θερμοσκόπιο. Αν ο αέρας είχε πολύ στενά όρια συρρίκνωσης, τότε δεν αποτελούσε το σωστό μέσο για την ένδειξη των βαθμών του ψύχους. Η πειραματική έρευνα που θέτει εδώ ο Boyle δημιουργεί ένα γενικότερο ερώτημα για τη

³⁵⁶ «...whereby it will appear upon the whole matter, that in the Climate, we live in, the Cold does not so considerably condense the Air, as most men seem to have hitherto imagin'd», Boyle [1665a], σελ. 384.

μέτρηση της συρρίκνωσης του αέρα. Ο Boyle ισχυρίζεται ότι μέχρι να εκτελέσει τα πειράματα αυτού του κεφαλαίου, ούτε ο ίδιος ούτε κανείς άλλος δεν είχε επιχειρήσει να μετρήσει τη συστολή του αέρα από το ψύχος. Τότε μπορούμε να αναρωτηθούμε τι μετρούσε το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος; Εφόσον η άσκηση μίας πίεσης στον εσώκλειστο αέρα ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για τη συρρίκνωσή του, γιατί ο βαθμός συρρίκνωσής του στο ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος δεν αποτελούσε ένα τρόπο μέτρησής της ανάλογα με τις διαβαθμίσεις του ψύχους; Θα μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε τα λόγια του Boyle με τον εξής τρόπο. Στο ανοιχτό θερμοσκόπιο η συρρίκνωση του αέρα δεν εξαρτώνταν μόνο από το βαθμό στον οποίο είχε αποδυναμώσει το ψύχος την ελαστικότητα του εσώκλειστου αέρα αλλά και από την πίεση του εξωτερικού αέρα. Με τα πειράματα που παρουσιάζει ο Boyle στο δεκάτο όγδοο κεφάλαιο («Title XVIII») ίσως να ήθελε να μετρήσει τη μείωση της ελαστικότητας του εσώκλειστου αέρα, ανεξάρτητα από τις διαβαθμίσεις της πιέσεως που του ασκούσε ο εξωτερικός αέρας. Το γεγονός ότι ο Boyle ήθελε, με αυτά τα πειράματα, να μετρήσει την αποδυνάμωση της ελαστικότητας, επιβεβαιώνεται από την αναφορά του, στην περιγραφή του πειράματος με το όργανο που αποτελούνταν από δύο σωλήνες, στο ότι «η ψύξη του αέρα σε τέτοια πειράματα (όπως αυτά που έχει εκ νέου αναφέρει) δεν αποδυναμώνει τόσο την ελαστικότητα του αέρα όσο κάποιος μπορεί να αναμένει»³⁵⁷. Σε μία σειρά πειραμάτων του δεκάτου όγδου κεφαλαίου, ο αέρας παγιδευόταν σε δοχεία τα οποία είχαν μακρούς και λεπτούς σωλήνες και ψυχόταν μέσω του ψυχρού αέρα μίας παγερής νύχτας ή του μίγματος χιονιού και αλατιού. Στη συνέχεια ο Boyle έσπαγε το πάνω μέρος τους μέσα σε νερό και ανάλογα με την άνοδο του νερού στο σωλήνα (το οποίο τώρα πιεζόταν από την πίεση της ατμόσφαιρας) μπορούσε να μετρήσει πόσο ο εσώκλειστος αέρας είχε συρρικνωθεί μέσω του ψύχους. Η άνοδος του νερού μέσα στη φιάλη και η συρρίκνωση του αέρα έδειχνε το ποσοστό αποδυνάμωσης της ελαστικότητας όταν, στιγμιαία ο εσώκλειστος αέρας αντιπαράθετονταν στην πίεση της εξωτερικής ατμόσφαιρας χωρίς να υπολογίζεται πόσο είναι αυτή. Το γεγονός ότι στη δεύτερη σειρά πειραμάτων που παρουσιάζει στο δεκάτο όγδοο κεφάλαιο για να μετρήσει την συρρίκνωση του αέρα, δεν αναφέρει ποιά είναι η πίεση του εξωτερικού αέρα που ασκείται πάνω στον εσώκλειστο αέρα, δείχνει επίσης ότι προσπαθούσε να μετρήσει την αποδυνάμωση της ελαστικότητας του αέρα, χωρίς να

³⁵⁷ Ο.π., σελ. 262.

υπολογίζει την πίεση που ασκείται από τον εξωτερικό αέρα. Βέβαια, αν ήθελε να πετύχει η μέτρησή του, θα έπρεπε να αναφέρει ότι τα πειράματα γίνονταν όταν η πίεση του εξωτερικού αέρα είναι σταθερή. Μήπως λοιπόν το συμπέρασμα στο οποίο ήθελε να καταλήξει με τα συγκεκριμένα πειράματα ήταν ότι η μείωση της ελαστικότητας του αέρα από το ψύχος, που μπορεί να μετρηθεί μόνο μέσω της συρρίκνωσης του αέρα, εάν για την επίτευξη της συρρίκνωσης ασκείται μία πίεση στο εσώκλειστο ρευστό σταθερή, δεν είναι τόσο μεγάλη στο κλίμα της Αγγλίας;

Οι παραπάνω σκέψεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τελικά το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος δεν μπορούσε να μετρήσει τα όρια στα οποία μπορεί να αποδυναμωθεί η ελαστικότητα του αέρα από το ψύχος, γιατί οι ενδείξεις του επηρεάζονταν από τις αλλαγές στην εξωτερική πίεση του αέρα. Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε τώρα να δώσουμε μία καλύτερη ερμηνεία της θέσης του Boyle ότι οι αλλαγές στην πίεση της εξωτερικής ατμόσφαιρας επηρεάζουν τις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου. Με βάση την εξήγηση της λειτουργίας του από τον Boyle, η πίεση του εξωτερικού αέρα ήταν απαραίτητη για τη λειτουργία του. Η πίεση αυτή ήταν το μέσο για να μετρηθεί η αποδυνάμωση της ελαστικότητας του αέρα που αποτελούσε την κύρια δράση του ψύχους στον αέρα. Η πίεση όμως του ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και οι αλλαγές που είχε δείξει ο Boyle ότι μπορούσαν να υπάρχουν σε αυτή, επηρεάζαν τις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου έτσι ώστε να μην προέρχονται μόνο από τις εναλλαγές της θερμοκρασίας. Επομένως για τον Boyle υπήρχαν ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου, οι οποίες μπορούσαν να είναι αξιόπιστες και ενδείξεις οι οποίες δεν ήταν. Το πείραμα που έχουμε ήδη περιγράψει στο πρώτο υποκεφάλαιο, όπου ο Boyle συνέκρινε τις ενδείξεις ενός κλειστού θερμοσκοπίου, ενός νέου θερμοσκοπίου αέρος καθώς και ενός βαρομέτρου μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ένδειξη του βαρομέτρου, στις 29 ίντσες αποτελούσε την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην οποία το ανοιχτό θερμοσκόπιο μπορούσε να δώσει αξιόπιστες ενδείξεις ως προς τις αλλαγές στη θερμοκρασία. Στο πείραμα αυτό ο Boyle διευκρίνιζε ότι οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου, όσο η πίεση του αέρα ήταν σταθερή, απεικόνιζαν σωστά την άνοδο και κάθοδο της θερμοκρασίας. Όταν άλλαζε η πίεση του εξωτερικού αέρα, τότε οι ενδείξεις του δεν συμβάδιζαν με αυτές του κλειστού θερμοσκοπίου και δεν μπορούσαν να δείξουν καθαρά τις εναλλαγές στη θερμοκρασία. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι για τον Boyle

υπήρχε μία συγκεκριμένη πίεση του εξωτερικού αέρα, που όταν παρέμενε σταθερή, οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου έδειχναν σωστά τις αλλαγές στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Μία σειρά ενδείξεων που κατέγραψε ο Boyle από τη δοκιμή αυτού του πειράματος μας δίνει πιο συγκεκριμένες πληροφορίες³⁵⁸. Οι ενδείξεις καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια έξι ημερών. Οι βαθμοί καταγράφονταν σε ίντσες για το βαρόμετρο. Τα θερμοσκόπια ήταν χωρισμένα σε κλίμακες μισών ιντσών, κάθε μισή ίντσα από τις οποίες εκπροσωπούσε ένα βαθμό ψύχους. Οι μετρήσεις ξεκινούσαν με το βαρόμετρο στους 29 βαθμούς και τα δύο θερμοσκόπια να δείχνουν περίπου τις ίδιες ενδείξεις, το κλειστό στους 40 βαθμούς και το ανοιχτό στους 39,5. Καθώς, τις επόμενες νύχτες, το βαρόμετρο ανέβαινε σταδιακά αγγίζοντας τις 30 ίντσες, στο κλειστό θερμοσκόπιο οι ενδείξεις κυμαίνονταν από τους 40 στους 45 βαθμούς, ενώ οι ενδείξεις στο ανοιχτό έπεφταν ραγδαία καταγράφοντας σε τέσσερις μέρες πτώση από τους 39,5 στους 9 βαθμούς. Την έκτη μέρα, κατά την οποία ο Boyle διευκρίνιζε ότι ο καιρός ήταν αισθητά πιο ψυχρός, το κλειστό θερμοσκόπιο είχε πέσει στους 33 βαθμούς και το ανοιχτό στον πιο χαμηλό βαθμό από όλες τις μέρες. Ο Boyle είχε μετρήσει σε μία διαφορετική ημέρα το κλειστό θερμοσκόπιο στους 34 βαθμούς, το ανοιχτό θερμοσκόπιο έδειχνε 41 βαθμούς και το βαρόμετρο μισή ίντσα κάτω από τις 29 ίντσες. Αυτό έδειχνε ότι για δύο ημέρες στις οποίες το κλειστό θερμοσκόπιο έδειχνε ότι υπήρχε η ίδια θερμοκρασία, το ανοιχτό θερμοσκόπιο επηρεαζόταν από την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα και είχε μεγάλη απόκλιση στις ενδείξεις του. Με βάση αυτές τις ενδείξεις μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι 29 ίντσες αποτελούσαν την ένδειξη της ατμοσφαιρικής πίεσης στην οποία οι ενδείξεις που λαμβάνονταν από το ανοιχτό θερμοσκόπιο θεωρούνταν από τον Boyle ότι απεικόνιζαν τις εναλλαγές της θερμοκρασίας και συμφωνούσαν με τις ενδείξεις του κλειστού θερμοσκοπίου. Η άνοδος ή η κάθοδος της ένδειξης του βαρόμετρου από τις 29 ίντσες σήμαινε ότι οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου επηρεάζονταν από τις αλλαγές της πίεσης και όχι μόνο από τις αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα. Ο Boyle επισήμαινε με βάση τις μετρήσεις του ότι η μικρή άνοδος στο βαρόμετρο είχε πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο ανοιχτό θερμοσκόπιο. Στο *Spring of the Air* είχε δείξει το ρόλο που παίζει η διαφορά του βάρους του υδράργυρου, ο οποίος χρησιμοποιούνταν στο

³⁵⁸ Ο.π., σσ. 237-239. Βλ. Παράρτημα 1, πίνακα 1.

βαρόμετρο και ήταν πιο βαρύς από το νερό, δείχνοντας ότι για να πετύχει το πείραμα του Torricelli με νερό έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη ποσότητα. Επομένως, μία μικρή αλλαγή στην ένδειξη του βαρόμετρου, θα σήμαινε μεγαλύτερη αλλαγή για την ένδειξη του νερού στο κοινό θερμοσκόπιο. Ο ρόλος της πίεσης της ατμόσφαιρας αναδεικνυόταν από τον Boyle ως απαραίτητη συνθήκη για τη λειτουργία του ανοιχτού θερμοσκοπίου αλλά και ως βασικό του ελάττωμα.

Μία πτυχή του παραπάνω πειράματος παρέμενε ανεξήγητη. Το πείραμα έδειχνε ότι όταν το βαρόμετρο έμενε στους 29 βαθμούς, τότε οι μετρήσεις του ανοιχτού και του κλειστού θερμοσκοπίου συμφωνούσαν μεταξύ τους. Αυτό σήμαινε ότι για τη συγκεκριμένη ένδειξη πίεσης του εξωτερικού αέρα, ο ίδιος βαθμός ψύχους επηρέαζε το ίδιο ποσοτικά την ελαστικότητα του εσώκλειστου στο ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρα, και τον όγκο του αποστάγματος κρασιού στο κλειστό θερμοσκόπιο. Δηλαδή ο ίδιος βαθμός ψύχους προκαλούσε συστολή του αποστάγματος κρασιού στο κλειστό θερμοσκόπιο ίσης ποσότητας με τη συρρίκνωση του αέρα (η οποία προκαλούνταν από την αποδυνάμωση της ελαστικότητάς του και την πίεση του εξωτερικού αέρα) στο ανοιχτό θερμοσκόπιο. Ο Boyle είχε φτάσει στο συμπέρασμα ότι οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου και του κλειστού θερμοσκοπίου θα έπρεπε να είναι ίδιες όταν η πίεση ήταν στους 29 βαθμούς με βάση τις παρατηρήσεις του. Δεν εξηγούσε όμως πώς προέκυπτε ότι η δράση που έχει το ψύχος σε δύο διαφορετικής φύσης υγρά, όπως είναι το απόσταγμα κρασιού και ο αέρας, ήταν η ίδια.

Ενώ στην αρχή του κεφαλαίου ο Boyle δήλωνε ότι θα εξηγούσε και την κάθοδο του νερού στα κοινά θερμοσκόπια αέρος με τη θέρμανση του εσώκλειστου αέρα, αφιέρωνε το μεγαλύτερο μέρος του κεφαλαίου εξηγώντας την περίπτωση της ανόδου του νερού με το ψύχος. Με βάση την εξήγηση που έδινε για την άνοδο του νερού με το ψύχος, μπορούμε να εικάσουμε ότι για να κατέβει το νερό στο θερμοσκόπιο θα πρέπει ο εσώκλειστος αέρας να είναι πιο θερμός από τον εξωτερικό αέρα, με αποτέλεσμα η ελαστικότητά του να είναι πιο δυνατή και η πίεσή του μεγαλύτερη έτσι ώστε να σπρώξει το νερό προς τα κάτω. Σύμφωνα όμως με όσα είχε πει ο Boyle, η πίεσή του θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερη της πίεσης του εξωτερικού αέρα, είτε αυτή προκαλούνταν από την αποδυναμωμένη λόγω μειωμένης θερμότητας ελαστικότητα, ή το βάρος του αέρα. Ο Boyle δεν διευκρίνιζε από ποια αιτία προκαλούνταν η πίεση του εξωτερικού αέρα

δημιουργώντας πρόβλημα στον υπολογισμό της διαφοράς στη θερμοκρασία που θα έπρεπε να βρίσκεται ο εσώκλειστος αέρας για να μπορέσει η πίεσή του να υπερκεράσει την πίεση του εξωτερικού αέρα.

2.3.3 Ο προσδιορισμός των θερμοκρασιακών συνθηκών και οι τρόποι θερμομέτρησης στο *Cold*. Ο νέος ρόλος του θερμοσκοπίου.

Στο κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts», ο Boyle παρουσίαζε ορισμένες σημαντικές παρατηρήσεις για τα προβλήματα θερμομέτρησης που απασχολούσαν τους κατασκευαστές και τους χρήστες θερμοσκοπίων της εποχής του. Όπως θα δείξουμε παρακάτω, ο Boyle συνέβαλε στα πρώτα βήματα της θερμομέτρησης αναλύοντας τα προβλήματα που αφορούσαν τη χρήση τόσο του θερμοσκοπίου αέρος όσο και του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού καθώς και εκείνα που αφορούσαν τη δημιουργία μίας σταθεράς για το ψύχος. Μέσα από μία ανάλυση των μειονεκτημάτων και πλεονεκτημάτων που παρουσίαζαν οι ανθρώπινες αισθήσεις και το θερμοσκόπιο ως μέθοδοι εκτίμησης των βαθμών ψύχους στο πρώτο υποκεφάλαιο, ο Boyle κατέληγε στο συμπέρασμα ότι είτε οι ανθρώπινες αισθήσεις βοηθούνταν από τα ανοιχτά θερμοσκόπια αέρος είτε όχι, δεν μπορούσαν να δώσουν σωστές πληροφορίες για τους βαθμούς ψύχους. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο ο Boyle παρουσίαζε το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού ως μία πιο έμπιστη μέθοδο εκτίμησης των βαθμών ψύχους από το ανοιχτό θερμοσκόπιο η οποία όμως παρουσίαζε επίσης μειονεκτήματα. Ο Boyle κατέληγε ότι η έρευνα των βαθμών ψύχους δεν θα έπρεπε να εξαντλείται στις ενδείξεις του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού και στη χρήση των αισθήσεων, αλλά ότι θα έπρεπε να λαμβάνονται υπόψη και άλλα φαινόμενα, όπως η μετατροπή σε πάγο των υγρών και η αλλαγή της πυκνότητας του νερού.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετασθούν οι τρόποι που χρησιμοποίησε τελικά ο Boyle στην πειραματική του πρακτική για τον καθορισμό των θερμοκρασιακών συνθηκών των πειραμάτων του και ο ρόλος της θερμομέτρησης στα πειράματά του και τα συμπεράσματα για το ψύχος. Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος, όπως παρουσιάζεται στο *Cold*, αποτελεί μία από τις πρώτες πειραματικές δραστηριότητες, όπου ο καθορισμός των θερμοκρασιακών συνθηκών καθώς και των διαβαθμίσεων της

έντασης του ψύχους αποτελούσαν απαραίτητα εργαλεία. Ο καθορισμός του τρόπου με τον οποίο εκτιμώνταν αυτές οι συνθήκες και συνάγονταν συμπεράσματα που σχετίζονται με την ιδιότητα του ψύχους και τα φαινόμενά της είναι σημαντικός για την κατανόηση αυτού του πρώιμου σταδίου εκτίμησης των διαβαθμίσεων της θερμοκρασίας. Οι πειραματικές έρευνες στα φαινόμενα του ψύχους αποτελούσαν ένα νέο ερευνητικό πεδίο του οποίου το κεντρικό θέμα συζητούνταν μέχρι τότε ως μέρος της αριστοτελικής θεωρίας και των ατομικών θεωριών για την ύλη. Δημιουργούσαν λοιπόν ένα πλαίσιο πειραματισμού όπου καθίστατο αναγκαίος ο καθορισμός των θερμοκρασιακών συνθηκών και κατ'επέκταση ανέκυπτε ένα νέο πεδίο δοκιμών για τη χρήση του θερμοσκοπίου. Με τα πειράματα για το ψύχος και τη συγγραφή της πραγματείας *Cold* ο Boyle δημιουργούσε ένα πλαίσιο στο οποίο οι τρόποι καθορισμού της θερμοκρασίας έπαιζαν κεντρικό ρόλο στη συναγωγή συμπερασμάτων και στη θεμελίωση θεωρητικών υποθέσεων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί ο ρόλος των τριών κριτηριών που χρησιμοποιούσε ο Boyle για τον καθορισμό της έντασης και των βαθμών του ψύχους: τα ψυκτικά φαινόμενα, η ανθρώπινη αίσθηση μέσω της αφής και τα θερμοσκόπια. Με ιδιαίτερη προσοχή θα εξετασθεί η χρήση του θερμοσκοπίου στην πειραματική πρακτική που εφάρμοσε ο Boyle στην έρευνα των φαινομένων του ψύχους. Έχει σημασία να διερευνηθεί πώς το θερμοσκόπιο, ένα όργανο του οποίου η χρήση, ο πειραματικός ρόλος, και το μέγεθος που μετρούσε δεν είχαν καθορισθεί, χρησιμοποιήθηκε για τη συναγωγή των αποτελεσμάτων των πειραμάτων: δηλαδή στη διαμόρφωση των «πειραματικών γεγονότων» τα οποία αποτελούσαν τη βάση για τη διατύπωση και επιβεβαίωση θεωρητικών υποθέσεων για το ψύχος. Επίσης είναι σημαντικό να εξετασθεί αν τελικά το θερμοσκόπιο χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση και μέτρηση της θερμοκρασίας ή για την ποιοτική ανάδειξη φαινομένων.

Τα πειράματα για το ψύχος της πραγματείας *Cold* θα μπορούσαν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες με κριτήριο το σκοπό του πειράματος και το ρόλο που έπαιζαν κάθε φορά οι θερμοκρασιακές συνθήκες ψύχους. Στην πρώτη κατηγορία πειραμάτων ελεγχόταν η εκδήλωση ή όχι κάποιων ψυκτικών φαινομένων σε θερμοκρασιακές συνθήκες ψύχους καθώς και οι επιδράσεις του ψύχους σε ορισμένα υγρά και συμπαγή σώματα. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν τα πειράματα του δεύτερου και τρίτου

κεφαλαίου («Title II», «Title III»), όπου εξεταζόταν η δυνατότητα ορισμένων υγρών να ψυχθούν, το έκτο κεφάλαιο («Title VI») όπου εξεταζόταν η δράση του ψύχους ανάλογα με τον βαθμό σε τροφές και ζώα και το δέκατο όγδοο κεφάλαιο («Title XVIII») όπου εξετάζόταν η δράση του ψύχους στις ιδιότητες του αέρα. Στη δεύτερη κατηγορία πειραμάτων ελεγχόταν η ψυχρότητα ορισμένων σωμάτων και η πρόκληση και διάδοση του ψύχους από στοιχειώδη σώματα όπως ήταν το νερό, ο αέρας καθώς και άλλα υγρά. Εδώ ανήκουν τα πειράματα του δέκατου όγδοου κεφαλαίου («XVIII») για τον βαθμό της ψυχρότητας του αέρα, του δέκατου εβδόμου («Title XVII») για τη ψυχρότητα του νερού, της γης, του αέρα και του νίτρου (nitre) και τη δυνατότητα πρόκλησης ψύχους σε τρίτα σώματα, καθώς και του πρώτου («Title I») για τη δυνατότητα ορισμένων κατηγοριών υγρών να προκαλέσουν ψύχους. Επίσης ανήκαν τα πειράματα για την κατεύθυνση (πέμπτο κεφάλαιο «Title V»), απόσταση (δέκατο τρίτο κεφάλαιο «Title XIII») και μέσα (δέκατο τέταρτο κεφάλαιο «Title XIII») διάδοσης του ψύχους. Στην τρίτη κατηγορία πειραμάτων ο Boyle αναπαρήγαγε ψυκτικά φαινόμενα σε συνθήκες ψύχους και ήλεγχε τα αποτελέσματά τους καθώς και διάφορα χαρακτηριστικά αυτών των φαινομένων. Ορισμένα παραδείγματα αποτελούν τα πειράματα για την αύξηση και συρρίκνωση του όγκου του νερού (έβδομο και όγδοο κεφάλαιο «Title VII», «Title VIII»), για τη μέτρηση της αύξησης του όγκου και της δύναμης που αναπτύσσεται κατά την αύξηση του όγκου του νερού (δέκατο και ενδέκατο κεφάλαιο «Title X», «Title XI»), τα πειράματα για την επίπλευση του πάγου (ένατο κεφάλαιο «Title IX»), τα φαινόμενα του πάγου γενικότερα (δέκατο πέμπτο κεφάλαιο «Title V») καθώς και τα πειράματα για την αύξηση του βάρους των σωμάτων μετά την ψύξη (εικοστό κεφάλαιο «Title XX»).

Στα παραπάνω πειράματα τις περισσότερες φορές η περιγραφή συμπεριλάμβανε τον προσδιορισμό των θερμοκρασιακών συνθηκών στις οποίες γινόταν το πείραμα. Εξαίρεση αποτελούσαν ορισμένες περιπτώσεις πειραμάτων της τρίτης κατηγορίας, όπου τα ψυκτικά φαινόμενα λαμβάνονταν ως δεδομένα και επομένως δεν καθορίζονταν οι συνθήκες στις οποίες επιτυγχανόταν η ψύξη³⁵⁹. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες ψύχους, στις οποίες αναπαράγονταν τα φαινόμενα και από τις οποίες συχνά εξαρτιόταν η επιτυχία τους, δημιουργούνταν είτε από την ψυχρότητα του καιρού, δηλαδή από φυσικές

³⁵⁹ Βλ. την έρευνα της αύξησης του όγκου του νερού στο δέκατο κεφάλαιο και την έρευνα της συνοχής του πάγου στο δέκατο πέμπτο.

συνθήκες, είτε από τη χρήση ενός μίγματος χιονιού ή πάγου με αλάτι, δηλαδή από τεχνητές συνθήκες. Στην περίπτωση των «φυσικών» θερμοκρασιακών συνθηκών, οι διαβαθμίσεις περιγράφονταν κυρίως με επίθετα και περιφράσεις όπως «σφοδρό ψύχος», «παγετός», «κρύος αέρας», «μέτριος βαθμός ψύχους». Περιπτώσεις όπου για να ξεκινήσει το πείραμα ο Boyle ανέφερε ότι επικρατούσε ένας βαθμός ψύχους επαρκής για την πρόκληση ψύξης ή όπου έπρεπε να φέρει τον αέρα μέσα σε ένα δοχείο σε μία βολική θερμοκρασία, δείχνουν ότι ο Boyle είχε βρει έναν τρόπο να ελέγχει τη θερμοκρασία στην οποία θα εκτελούνταν το πείραμα³⁶⁰. Ο Boyle άφηγε αδιευκρίνιστους τους τρόπους με τους οποίους κατέληγε στον προδιορισμό της ψυχρότητας του αέρα, όπως φαίνεται από φράσεις όπως «though the neighbouring Air were, as I found by manifest proofs, so cold»³⁶¹ όπου η φράση ‘manifest proofs» δεν επεξηγούνταν. Παρ’όλα αυτά, με βάση την έλλειψη αναφοράς στην ένδειξη κάποιου θερμοσκοπίου, μπορούμε να εικάσουμε ότι ο προδιορισμός της έντασης γινόταν με κριτήρια τις ανθρώπινες αισθήσεις και την ύπαρξη ορισμένων φυσικών ψυκτικών φαινομένων. Η αναφορά σε παγετό («frosty weather») και σε καιρό όπου συμβαίνει η τήξη («thawing weather»), δείχνει ότι ο χαρακτηρισμός του καιρού προερχόταν από την ύπαρξη ψυκτικών φαινομένων, όπως είναι τα χιόνια, η ψύξη λιμνών και ποταμών τα οποία παρέπεμπαν στην επικράτηση του παγετού και όπως είναι η τήξη των πάγων ή χιονιών που παρέπεμπε σε έναν πιο θερμό καιρό που προκαλούσε την τήξη³⁶².

Οι λεκτικοί χαρακτηρισμοί του καιρού αντιπροσώπευαν κάποιους συγκεκριμένους βαθμούς ψύχους τους οποίους ο Boyle συνέδεε με την ύπαρξη ή όχι κάποιων ψυκτικών φαινομένων. Όταν ο Boyle χρησιμοποιούσε τις φράσεις «frosty night», «hard frost», «in freezing weather» θεωρούσε ότι επικρατεί ένας βαθμός ψύχους αρκετός για να προκαλέσει διάφορα ψυκτικά φαινόμενα, όπως φαίνεται από φράσεις όπως «we expos’d these several solutions to the congealing cold of the Air in frosty weather»³⁶³. Είχε όμως συνειδητοποιήσει ότι στον παγερό καιρό υπήρχαν διαβαθμίσεις στην ένταση του ψύχους. Παρόλο που το ψύχος του αέρα προκαλούνταν από τον παγερό καιρό, δεν συνέβαιναν

³⁶⁰ «we took Eggs, and exposing them to a sufficient Degree of Cold we observ’d’, Boyle [1665a], σελ. 304. «These bubbles, when the Air was at a convenient temper within...», ο.π., σελ. 304.

³⁶¹ Ο.π. σελ. 337.

³⁶² Ο.π. σελ. 478. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο καιρός που είναι τόσο θερμός ώστε να τήκονται οι πάγοι, διαδέχεται τον παγετό στο διάστημα μίας βραδιάς.

³⁶³ Ο.π. σελ. 444.

πάντα τα αναμενόμενα από τον Boyle ψυκτικά φαινόμενα. Υπήρχαν περιπτώσεις όπου ο Boyle έθετε για παράδειγμα υγρά να παγώσουν στον εξωτερικό αέρα σε συνθήκες παγετού χωρίς επιτυχία³⁶⁴. Η μεταχείριση εκφράσεων όπως «bitter frost», «very frosty weather», «extraordinary hard Frost» μπορεί να αποτελούσαν απόπειρες του Boyle να εκφράσει αυτές τις διαβαθμίσεις. Στο μεγαλύτερο όμως μέρος του *Cold*, ενώ είχε ενδείξεις για την εξάρτηση των ψυκτικών φαινομένων από την ένταση της παγωνιάς και των διαφορών στους βαθμούς ψύχους, δεν έδειχνε να μπορεί να προσδιορίσει αυτές τις διαφορές ποσοτικά. Στο τέταρτο κεφάλαιο («Title III» ομολογούσε τη δυσκολία εκτίμησης των διαφορών των βαθμών ψύχους που υπήρχαν σε ένα παγερό καιρό³⁶⁵. Υπάρχουν δύο σημαντικές περιπτώσεις όπου προσπαθούσε με τη χρήση θερμοσκοπίων να αναδείξει αυτές τις διαφορές. Στην πρώτη ο Boyle έδειχνε πειραματικά ότι με το μίγμα χιονιού και αλατιού μπορεί να παραχθεί ένας μεγαλύτερος βαθμός ψύχους από αυτόν που μετατρέπει το νερό σε πάγο. Στη δεύτερη αναδείκνυε, μέσω της χρήσης ενός θερμοσκοπίου, τη διαφορά ανάμεσα στο βαθμό ψύχους μίας παγωνιάς που είχε συνοδευτεί από πτώση χιονιού και είχε μεγάλη διάρκεια και στο βαθμό ψύχους που δημιουργούνταν στην ίδια παγωνιά με την πτώση φρέσκου χιονιού³⁶⁶. Η ένδειξη διαβάθμισης του ψύχους με βάση το θερμοσκόπιο είναι σημαντική, γιατί όπως αναφέρει ο Boyle, μέχρι τότε δεν είχε διερευνηθεί η ύπαρξη βαθμού ψύχους μεγαλύτερου από εκείνον που μετατρέπει το νερό σε πάγο³⁶⁷. Πέρα όμως από αυτές τις δύο προσπάθειες, στην πρακτική των πειραμάτων ο Boyle δεν χρησιμοποιούσε κάποιο τρόπο, όπως ήταν το θερμοσκόπιο, για να ελέγξει τις θερμοκρασιακές συνθήκες του παγετού.

Η φράση «μέτριος βαθμός ψύχους» (moderate degree of cold) χρησιμοποιούνταν συχνά για να χαρακτηρίσει το βαθμό ψύχους που είναι μικρότερος από αυτόν που προκαλεί την ψύξη (μετατροπή σε πάγο) και δεν έχει το αντίστοιχο αποτέλεσμα. Για

³⁶⁴ Δύο τέτοιες περιπτώσεις αναφέρονται στο ενδέκατο κεφάλαιο. Εκεί δύο φιάλες η μία από ορείχαλκο και η άλλη από σίδηρο, οι οποίες περιέχουν νερό, εκτίθενται στον αέρα σε μία νύχτα παγετού («frosty night») αλλά το νερό δεν ψύχεται. ο.π. σσ. 326-328.

³⁶⁵ «And thought the Disparity we find betwixt several Fits of weather all of them frosty, seem to be too manifest and frequent to be probably ascrib'd to nothing, but the Differing Dispositions of our Bodies, yet how to estimate that Difference, it is not so obvious», ο.π., σελ. 279.

³⁶⁶ Ο.π., σελ. 574. Το πείραμα περιγράφεται στο παράρτημα του 20ου κεφαλαίου που προστέθηκε στη δεύτερη έκδοση του 1683.

³⁶⁷ «To make so much as a tolerable Estimate of the Difference betwixt such great Degrees as are not any of them too weak to congeal water, is a thing, which, as we have not yet known to be attempted, so it seem'd not easie to be perform'd. For. *Freezing* having been commonly reputed the ultimate Effect or Production of Cold, men have not been solicitous to look beyond it.», Ο.π., σελ. 279

παράδειγμα, στο έκτο κεφάλαιο («Title VI») ο Boyle διέκρινε μεταξύ ενός βαθμού ψύχους που έψυχε και διατηρούσε τα σώματα και του βαθμού της ψύξης ο οποίος, μετατρέποντας τα υγρά και τα σώματα σε πάγο προκαλούσε ζημιές στην υφή τους³⁶⁸. Στο όγδοο κεφάλαιο («Title XVIII» ανέφερε ότι ένας μέτριος βαθμός ψύχους προκαλούσε τη συρρίκνωση κάποιων χημικών ελαίων αλλά για την ψύξη τους χρειαζόταν μεγαλύτερος βαθμός³⁶⁹. Οι ψυχρές θερμοκρασιακές συνθήκες που περιγράφονταν ότι επικρατούσαν στις ονομαζόμενες από τον Boyle «ψυχρές χώρες» ή και «ψυχρά κλίματα» «gelid climates». όπως ήταν το νησί της Novia Zembla, η ενδοχώρα της Ρωσίας, η Γροιλανδία, η Δανία και ο Καναδάς αντιπροσώπευαν βαθμούς ψύχους μεγαλύτερους από εκείνους που επικρατούσαν στην Αγγλία³⁷⁰. Στο πρώτο κεφάλαιο («Title I»), ο Boyle αναφερόταν σε αυτή τη διαφορά στους βαθμούς ψύχους του αέρα. Είναι αξιοσημείωτο ότι ο Boyle θεωρούσε ότι μπορούσαν να υπάρχουν διαφορές, ανάμεσα στα δύο κλίματα, ακόμη και στους βαθμούς που είχε το χιόνι και ο πάγος. Υποστήριζε επίσης ότι η διαφορά στους βαθμούς του ψύχους οι οποίοι μετέτρεπαν το νερό σε πάγο μπορούσε να προκαλέσει μία διαφορά στην αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη³⁷¹. Οι απόψεις του Boyle δείχνουν ότι για εκείνον δεν ήταν δεδομένο ότι υπήρχε ένας βαθμός που προκαλούσε την ψύξη του νερού, αλλά ότι το ίδιο φαινόμενο μπορούσε να προκληθεί από διαφορετικούς βαθμούς ψύχους, οι οποίοι θα είχαν επίπτωση στον βαθμό που αποκτά ο πάγος ή στον όγκο του παγωμένου νερού. Σύμφωνα με τον Boyle, οι βαθμοί του ψύχους σε αυτές τις περιοχές ήταν τόσο δυνατοί που προκαλούσαν ψυκτικά φαινόμενα τα οποία δεν παρατηρούνταν στο κλίμα που επικρατούσε τότε στην Αγγλία. Ορισμένα από τα πειράματα και τις παρατηρήσεις, που σύμφωνα με τον Boyle, αναδείκνυαν τη διαφορά στις συνθήκες ψύχους ήταν η μετατροπή του νερού σε πάγο όταν αυτό ερχόταν σε επαφή με πάγο, κάτι που ήταν ανέφικτο στην Αγγλία, η μετατροπή του νερού που περιέχεται σε μία φιάλη σε πάγο με μόνη τη δράση του χιονιού, και το φαινόμενο των παγόβουνων που δημιουργούνται μόνο σε αυτές τις περιοχές³⁷². Ορισμένες ιδιότητες του πάγου και φαινόμενα τα οποία

³⁶⁸ Ο.π., σελ. 294.

³⁶⁹ Ο.π., σελ. 307.

³⁷⁰ Ο.π. σελ. 421. «cold countries»

³⁷¹ «But because perhaps the great disparity in the degrees of Cold, whereby water is in this, and in those gelid Climates turn'd into Ice, may breed a difference in the expansion of the frozen water», Ο.π., σελ. 309.

³⁷² Ο.π. σσ. 338, 266, 320-324

ελέγχονταν κυρίως σε αυτά τα κλίματα ήταν το μέγεθος, το βάθος, το ύψος, και το χρώμα ενός κομματιού πάγου καθώς και το μέγεθος μίας σύνθεσης από κομμάτια πάγων, η τήξη των πάγων την άνοιξη και η παραγωγή φρέσκου νερού από παγωμένο νερό θαλάσσης,³⁷³. Ο Boyle χρησιμοποιούσε τις παρατηρήσεις και τα πειράματα που εκτελούνταν σε αυτές τις περιοχές, ώστε να εμπλουτίσει τις παρατηρήσεις του στο κλίμα της Αγγλίας πάνω στα φαινόμενα του ψύχους. Στο *Cold* δεν αναφέρεται καθόλου η χρήση των ενδείξεων θερμοσκοπίων ως μέσο σύγκρισης των βαθμών ψύχους μεταξύ των δύο κλιμάτων ή ποσοτικοποίησής τους, παρόλο που ο Boyle ανέφερε ότι το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, λόγω της κατασκευής του, έδινε τη δυνατότητα στον πειραματιστή να το μεταφέρει σε αυτές τις χώρες και να συγκρίνει τους βαθμούς ψύχους εκεί με εκείνους του καιρού στην Αγγλία³⁷⁴.

Ο τεχνητός τρόπος καθορισμού και εξασφάλισης συνθηκών ψύχους, όπως ήταν το μίγμα χιονιού ή πάγου με αλάτι, αποτελούσε έναν ασφαλή τρόπο πρόκλησης ενός συγκεκριμένου βαθμού ψύχους. Χρησιμοποιούνταν ως μέθοδος ψύξης στη θέση των καιρικών συνθηκών, και σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνταν προκειμένου να προκληθεί ένα ψυκτικό φαινόμενο που οι τελευταίες δεν μπορούσαν να προκαλέσουν. Μία χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση αποτελούσαν τα πειράματα όπου εξεταζόταν η συρρίκνωση που προκαλούσε το ψύχος στα υγρά που ήταν αδύνατο να ψυχθούν όπως το νερό. Λόγω της δυσκολίας μετατροπής σε πάγο αυτών των υγρών ο Boyle χρησιμοποιούσε κατά κύριο λόγο το ψυκτικό μίγμα. Η περίπτωση της διαφοράς στη στερεοποίηση ενός λαδιού όταν ψύχονταν με το μίγμα και με τις θερμοκρασιακές συνθήκες της ατμόσφαιρας, αποτελούσε μία απόδειξη για την ανωτερότητα του βαθμού ψύχους του μίγματος και της δράσης του σε υγρά άλλα από το νερό. Στο πρώτο κεφάλαιο («Title I») ο Boyle έδειχνε ότι το μίγμα είχε μεγαλύτερη ψυκτική δύναμη από το χιόνι μόνο του και στο τέταρτο κεφάλαιο («Title IV») ότι το ψυκτικό μίγμα προκαλούσε ένα βαθμό ψύχους μεγαλύτερο από εκείνον που προκαλούσε ο ψυχρός αέρας ενός παγετού ή ενός πολύ ψυχρού καιρού και ο οποίος ήταν επαρκής για να μετατρέψει το νερό σε πάγο. Αυτή η διαφορά πιστοποιούνταν και μετρώταν μέσα από τη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου. Ο Boyle θεωρούσε ότι οι απόπειρές του για τη

³⁷³ Ο.π. σσ. 350-357.

³⁷⁴ Ο.π., σελ. 284.

μέτρηση αυτής της διαφοράς ήταν από τις πρώτες που είχαν γίνει για αυτό το θέμα. Επίσης υποστήριζε ότι η ψυκτική δράση του μίγματος ξεπερνούσε εκείνη μιγμάτων του χιονιού με άλλα άλατα και ουσίες³⁷⁵. Η χρήση του μίγματος στα πειράματα εγγυόταν την ψύξη των ρευστών ή των σωμάτων με εξαιρέσεις τις κατηγορίες εκείνες που είχε πιστοποιήσει ο Boyle ότι δεν παγώνουν³⁷⁶. Το ψυκτικό μίγμα, ειδικά όταν ανακατευόταν με νερό, προκαλούσε γρηγορότερα τα ψυκτικά φαινόμενα από ό,τι οι καιρικές συνθήκες. Υπήρχαν όμως περιπτώσεις, όπως εκείνη της σύγκρισης της ταχύτητας με την οποία ψύχονται κρύο και ζεστό νερό, όπου το φυσικό ψύχος προτιμούνταν γιατί, λόγω της βραδύτητας της ψύξης, μπορούσε να αναδειχθεί η χρονική διαφορά στην ψύξη των δύο διαφορετικής θερμοκρασίας νερών³⁷⁷. Σύμφωνα με τις περιγραφές του Boyle, γινόταν κατανοητό ότι το ψύχος που επικρατούσε στα ψυχρά κλίματα αποτελούσε ένα βαθμό ψύχους μεγαλύτερο από εκείνον που παρήγαγε το ψυκτικό μίγμα³⁷⁸.

Παραπάνω περιγράψαμε τους τρόπους με τους οποίους ο Boyle καθόριζε τις θερμοκρασιακές συνθήκες των πειραμάτων του καθώς και τις διαβαθμίσεις του ψύχους στις οποίες αντιστοιχούσαν οι περιγραφές του. Η προσπάθειά του να καθορίσει τις διαβαθμίσεις στην ένταση του ψύχους μέσα από τους χαρακτηρισμούς και τα ψυκτικά φαινόμενα στα οποία αντιστοιχούσαν, είχε ορισμένες σημαντικές αδυναμίες, οι οποίες είχαν αρχίσει να αναδεικνύονται από τα πειράματά του. Οι τρεις θερμοκρασιακές συνθήκες που περιέγραφε, ο βαθμός που αδυνατούσε να προκαλέσει ψύξη, ο βαθμός που αρκούσε για τη μετατροπή των υγρών σε πάγο, και ο βαθμός που προκαλούσε τα έντονα ψυκτικά φαινόμενα που παρατηρούνταν στις κρύες χώρες, δεν αντιπροσώπευαν ένα συγκεκριμένο βαθμό ψύχους αλλά μία κατηγορία βαθμών ψύχους. Δηλαδή ο βαθμός που προκαλούσε ψύξη δεν ήταν ένας αλλά, όπως είχε καταλήξει ο ίδιος ο Boyle μέσω πειραμάτων, οι διαφορετικές κατηγορίες υγρών και σωμάτων πάγωναν σε διαφορετικούς βαθμούς ψύχους. Τα ίδια τα πειράματα του Boyle τον οδηγούσαν σε συμπεράσματα που έδειχναν ότι οι τρόποι προσδιορισμού των θερμοκρασιακών συνθηκών ήταν ανεπαρκείς για να περιγράψουν τα ψυκτικά φαινόμενα. Όμως οι θερμοκρασιακές διαφορές που

³⁷⁵ Ο.π., σελ. 266.

³⁷⁶ Ο.π., σσ. 275-278.

³⁷⁷ Ο.π., σελ. 432-433.

³⁷⁸ «I know not why the Northerness of the climate, and perhaps some saline exspirations from the Earth and Sea, may not there diffuse through the air a cold superior to that, which by small Quantities of ice (or snow) and salt, can at a small distance be produc'd here» Ο.π., σελ. 402.

αναδεικνύονταν δεν μπορούσαν να μεταφραστούν σε σταθερούς βαθμούς ψύχους. Στο τέταρτο κεφάλαιο («Title III») ο Boyle ομολογούσε ότι οι διαφορετικοί βαθμοί στους οποίους φαινόταν ότι μετατρέπονταν σε πάγο τα υγρά δεν τον βοηθούσαν να προσδιορίσει τους διαφορετικούς βαθμούς που κυριαρχούσαν σε έναν παγετό³⁷⁹. Η αδυναμία προσδιορισμού των θερμοκρασιών στις οποίες γίνονταν τα πειράματα ψύξης καθιστούσε αμφίβολη την επιτυχία του πειράματος όταν ελεγχόταν ένα ψυκτικό φαινόμενο. Πολλές φορές ο Boyle είχε αποτύχει να ψύξει κάποια υγρά σε θερμοκρασιακές συνθήκες που περιγράφονταν ως επαρκώς ψυχρές για την πρόκληση ψύξης. Επίσης σε αυτές τις περιπτώσεις αποτυχίας ενός πειράματος, δεν ήταν ξεκάθαρο αν ο βαθμός του ψύχους ήταν ανεπαρκής ή έπρεπε να ερευνηθούν άλλοι παράγοντες που μπορεί να έπαιζαν ρόλο στη διαδικασία της ψύξης και οι οποίοι μπορεί να ήταν υπαίτιοι για την αποτυχία του πειράματος. Το πρόβλημα εδώ ήταν ότι τα συμπεράσματα των πειραμάτων, των οποίων οι θερμοκρασιακές συνθήκες ορίζονταν ανεπαρκώς, έδειχναν την ανεπάρκεια των συνθηκών αυτών. Τα πειράματα του *Cold* είχαν δημιουργήσει την ανάγκη προσδιορισμού των διαβαθμίσεων του ψύχους αλλά παράλληλα παρήγαγαν γνώση που έδειχνε την ανεπάρκεια των μεθόδων προσδιορισμού τους. Τα ίδια όμως τα πειράματα παρήγαγαν και πληροφορίες που ήταν χρήσιμες για τον καλύτερο προσδιορισμό των θερμοκρασιακών συνθηκών.

Ορισμένα πειραματικά αποτελέσματα αναδεικνύουν άλλη μία πτυχή της αδυναμίας των μεθόδων προσδιορισμού των θερμοκρασιακών συνθηκών από τον Boyle. Στα κεφάλαια έξι και οχτώ («Title VI», «Title VIII») ο «μέτριος βαθμός ψύχους» χρησιμοποιούνταν για να χαρακτηρίσει δύο διαφορετικές καταστάσεις, το βαθμό ψύχους που διατηρεί αλλά δεν μετατρέπει σε πάγο τα σώματα και το βαθμό ψύχους που συρρικνώνει τα χημικά έλαια χωρίς να τα στερεοποιήσει. Η ίδια περιγραφή όμως δεν εξασφάλιζε ότι τα δύο φαινόμενα προκαλούνταν από τον ίδιο βαθμό ψύχους. Αν στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνταν το θερμοσκόπιο, δεν είναι σίγουρο ότι θα κατέγραφε τον ίδιο βαθμό ψύχους. Εδώ έχουμε ένα παράδειγμα όπου η λεκτική περιγραφή δεν μπορούσε να αναδείξει τη διαφορά των δύο βαθμών. Όταν ο Boyle αναφερόταν στο

³⁷⁹ «And though French wine will sometimes be brought to begin to freez, yet that happens but very seldom, and in many Winters not at all, and leaves too great an Interval, betwixt the degrees necessary to congeal Wine, and sufficient to congeal Water, not to mention the uncertainty proceeding from the differing strengths of Wines», Ο.π., σελ. 280.

δεύτερο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια στην ανάγκη τυποποίησης του θερμοσκοπίου για τον προσδιορισμό των ενδιάμεσων βαθμών ψύχους, έδειχνε να καταλαβαίνει τέτοιου είδους διαφορές αλλά να μην μπορεί να τις αντιστοιχήσει σε βαθμούς ψύχους, όπως αναφέραμε και παραπάνω.

Ο τρόπος προσδιορισμού των θερμοκρασιακών συνθηκών από τον Boyle επηρέαζε τα πειραματικά αποτελέσματα των πειραμάτων. Τα ερωτήματα που καθοδηγούσαν ορισμένες πειραματικές έρευνές του αφορούσαν την εξέταση της δράσης του ψύχους στα σώματα, όπως ήταν η ψύξη των υγρών και των στερεών σωμάτων, η απόσταση στην οποία μεταδίδεται το ψύχος, η συντήρηση ή καταστροφή των τροφίμων και των ανθρώπινων σωμάτων από το ψύχος. Ο Boyle φαινόταν να έχει συνειδητοποιήσει ότι σε αυτές τις έρευνες η διαβάθμιση του ψύχους καθόριζε και τα συμπεράσματά του· μάλιστα στις δύο πρώτες έρευνες ο Boyle δήλωνε ρητά ότι μία από τις σημαντικές συνθήκες των πειραμάτων που έπαιζε ρόλο στα αποτελέσματά τους ήταν ο βαθμός ψύχους. Επίσης ο Boyle είχε συνειδητοποιήσει ότι το κλίμα της Αγγλίας πρόσφερε περιορισμένες συνθήκες ψύχους και ότι το ψύχος που κυριαρχούσε στα ψυχρά κλίματα ήταν μεγαλύτερου βαθμού όχι μόνο από το κλίμα της Αγγλίας αλλά και από το βαθμό ψύχους του ψυκτικού μίγματος χιονιού και αλατιού. Επομένως σημαντικό ρόλο στα συμπεράσματά του έπαιζαν οι παρατηρήσεις και οι μαρτυρίες που ανέφερε από τις ψυχρές χώρες. Οι πληροφορίες από αυτές τις χώρες καθόριζαν συχνά το συμπέρασμα στο οποίο θα κατέληγε για τη διενέργεια ενός ψυκτικού φαινομένου. Το ψύχος που κυριαρχούσε σε αυτές τις χώρες αποτελούσε για τον Boyle το ανώτατο όριο των θερμοκρασιών στις οποίες εξετάζονταν τα ερωτήματα. Οι απαντήσεις λοιπόν των ερωτημάτων του λαμβάνονταν με βάση αυτό το πλαίσιο, οπότε φαινόταν ότι αποκλειόταν η πιθανότητα ορισμένα φαινόμενα ψύχους που δεν συνέβαιναν σε αυτό το πλαίσιο να μπορούσαν να συμβούν σε μεγαλύτερους βαθμούς ψύχους. Ο Boyle, όπως δήλωνε, είχε κάνει ήδη ένα βήμα μπροστά προσπαθώντας να καθορίσει ένα μεγαλύτερο βαθμό ψύχους από εκείνον που αρκεί για τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Δεν είναι όμως ξεκάθαρο αν θεωρούσε ότι υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός ψύχους από αυτόν που εκδηλώνεται στις κρύες περιοχές. Η περιορισμένη έκταση βαθμών ψύχους στην οποία γίνονταν τα πειράματα είχε ως αποτέλεσμα να βγαίνουν συμπεράσματα για ψυκτικά φαινόμενα τα οποία θα ήταν διαφορετικά αν λαμβάνονταν υπόψη η διενέργειά τους σε

ανώτερους βαθμούς ψύχους από τους μέγιστους που θεωρούσε ο Boyle ότι υπήρχαν. Βέβαια ο Boyle ήταν αρκετά προσεχτικός για τα φαινόμενα που δοκίμαζε στις κρύες χώρες και δεν μπορούσε να βγάλει συμπεράσματα, να αφήνει κάποια ενδεχόμενα ανοιχτά.

Εκτός από την ένταση και τη διαβάθμιση του ψύχους, υπήρχαν πειράματα όπου η περιγραφή των θερμοκρασιακών συνθηκών συμπεριλάμβανε και τη διάρκεια της παγωνιάς. Αρκετές είναι η αναφορές του Boyle σε μία δυνατή αλλά και ανθεκτική παγωνιά («durable») προκειμένου να εκτελέσει τα πειράματά του³⁸⁰. Παρόλο που η διάρκεια των βαθμών ψύχους αναφερόταν σε ένα μέρος των πειραμάτων της πραγματείας, τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι ο Boyle είχε αντιληφθεί την επιρροή της διάρκειας ενός βαθμού ψύχους στα ψυκτικά φαινόμενα. Η εξέταση της απόστασης της δράσης του ψύχους αποτελούσε τη μόνη κατηγορία πειραμάτων όπου η διάρκεια της παγωνιάς αναφερόταν μαζί με τη θερμοκρασία του αέρα, την πυκνότητα της σύστασης, τη φύση των χυμών και τη σύνθεση των κατώτερων στρωμάτων της γης³⁸¹ ως παράγοντας που επηρέαζε το βάθος στο οποίο παγώνει το έδαφος. Άλλα πειράματα στα οποία μνημονευόταν η διάρκεια της δράσης του ψύχους, χωρίς να αναφέρεται ρητά ότι θεωρείται αναγκαία συνθήκη του πειράματος, αποτελούν τα πειράματα που έδειχναν τη σταδιακή μετατροπή του νερού σε πάγο και την αύξηση του όγκου του, καθώς περνούσε ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα δράσης του ψύχους³⁸². Στα πειράματα αυτά υπήρχαν περιπτώσεις όπου το ψύχος παραγόταν φυσικά, μέσω δηλαδή του ατμοσφαιρικού αέρα, και περιπτώσεις όπου προκαλούνταν από το ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού. Ένα παράδειγμα πειράματος της δεύτερης περίπτωσης, αποτελεί η προσπάθεια του Boyle με τη χρήση μίγματος χιονιού και αλατιού και τη συνεχή ανανέωση του χιονιού, να παγώσει για πολλές ώρες νερό μέσα σε μία κλειστή φιάλη για να εξετάσει πόσο θα συρρικνωθεί ο

³⁸⁰ «... with a cold not only very intense, but durable enough», Ο.π., σελ. 328.

³⁸¹ «... the deepness of the frost may be much varied by the degree of Coldness in the Air, by which the Glaciation seems to be produc'd, as also by the greater or lesser Duration of the frost...», Ο.π., σελ. 338.

³⁸² Στα πειράματα όπου εξεταζόταν η δημιουργία και το περιεχόμενο των φυσαλίδων στον πάγο, περιγράφονταν τα στάδια της ψύξης του νερού ώστε να παρακολουθείται η δημιουργία φυσαλίδων στο μέρος της ποσότητας που μετατρέπεται σε πάγο και σε εκείνο που παρέμενε υγρό. Βλ. ο.π., σσ. 315-319. Στο ενδέκατο κεφάλαιο («Title XI») όπου εξεταζόταν η δύναμη που δημιουργείται με την αύξηση του όγκου του νερού από την ψύξη, μνημονευόταν η διάρκεια των πειραμάτων η οποία από ό,τι φαίνεται ήταν απαραίτητο να είναι μακροχρόνια για να ψυχθούν τα υγρά τόσο ώστε ο πάγος να σπρώξει τα διάφορα ήδη πομάτων που χρησιμοποιούνταν στα δοχεία προς τα έξω. Όσο περισσότερο σπρώχονταν το πάμα προς τα έξω τόσο μεγαλύτερη δύναμη εικαζόταν ότι έχει αποκτήσει το νερό με την αύξηση του όγκου του. Ο.π., σσ. 326-328.

εσώκλειστος αέρας³⁸³. Εδώ η διάρκεια έπαιζε καθοριστικό παράγοντα για τη συναγωγή συμπερασμάτων.

Η αναφορά της διάρκειας του ψύχους σε αυτά τα πειράματα έδειχνε ότι όταν οι συνθήκες ψύχους προκαλούνταν από τον καιρό, καθώς και σε κάποιες περιπτώσεις που προκαλούνταν από τη χρήση του μίγματος χιονιού και αλατιού, ο βαθμός του ψύχους ήταν τέτοιος που η ποσότητα υγρού που ετίθετο για να παγώσει δεν πάγωνε πλήρως σε μικρό χρονικό διάστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρειάζονταν μέρες. Επομένως όταν εξεταζόταν, για παράδειγμα, η δύναμη που αποκτά το νερό με τη μετατροπή του σε πάγο ή η συρρίκνωση του αέρα ενός κλειστού δοχείου με την ψύξη του εσώκλειστου νερού, τότε η σταδιακή ψύξη του νερού σήμαινε και τη σταδιακή αύξηση της δύναμης της ψύξης του νερού ή της συρρίκνωσης του αέρα μέσα σε ένα δοχείο. Η διάρκεια κατά την οποία γινόταν το πείραμα καθόριζε και το αποτέλεσμα του, εφόσον αν επιλεγόταν ένα μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που χρειαζόταν για να μετατραπεί σε πάγο η συγκεκριμένη ποσότητα νερού, τότε το σημείο στο οποίο είχε εκτιναχθεί το πώμα του δοχείου προς τα έξω (στα πειράματα για την αύξηση της δύναμης του όγκου του νερού) ή η συρρίκνωση στην οποία είχε υποβληθεί ο αέρας εκείνη τη δεδομένη στιγμή (στα πειράματα για την συρρίκνωση του αέρα με την ψύξη υγρού σε κλειστά δοχεία), αποτελούσε το συμπέρασμα του Boyle για τη δύναμη την οποία αποκτά το νερό καθώς ψύχεται και τη δυνατότητα συρρίκνωσης του αέρα.

Η περίπτωση των πειραμάτων όπου ελεγχόταν το βάθος στο οποίο παγώνουν ορισμένα σώματα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στο κεφάλαιο όπου εξεταζόταν η απόσταση διάδοσης του ψύχους, ο Boyle ήλεγχε το βάθος στο οποίο προχωρούσε η ψύξη του εδάφους σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές, μετά από τέσσερις, δέκα και δεκαοχτώ νύχτες³⁸⁴. Το πείραμα έδειχνε ότι καθώς μεγάλωνε η διάρκεια της παγωνιάς, αυξανόταν το βάθος στο οποίο εισχωρούσε η ψύξη στο έδαφος. Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο («Title XXI») ελεγχόταν το βάθος της ψύξης ενός κομματιού ξύλου μετά το τέλος μίας παγωμένης νύχτας και μετά από δεκαπέντε ημέρες παγωνιάς. Ο Boyle παρατηρούσε ότι στη δεύτερη περίπτωση η ψύξη του ξύλου είχε προχωρήσει σε μεγαλύτερο βάθος. Στις παραπάνω περιπτώσεις ο Boyle δεν διευκρίνιζε αν η αυξημένη

³⁸³ Ο.π., σελ. 331.

³⁸⁴ Ο.π., σελ. 339.

δράση του ψύχους που παρατηρούνταν όταν οι βαθμοί ψύχους είχαν διάρκεια, οφειλόταν σε ένα μεγαλύτερο βαθμό ψύχους που μπορεί να επικρατούσε σε ένα μακρύτερο χρονικό διάστημα και όχι στην αντοχή του ίδιου βαθμού ψύχους. Δηλαδή, μετά από ένα χρονικό διάστημα επικρατούσε ένας μεγαλύτερος βαθμός ψύχους ή ο ίδιος βαθμός του οποίου η δράση όσο περισσότερο διαρκούσε προκαλούσε εντονότερα αποτελέσματα; Εάν ίσχυε το δεύτερο και με δεδομένο ότι τα ψυκτικά φαινόμενα καθόριζαν για τον Boyle ορισμένους βαθμούς ψύχους, πώς μπορούσε να διαχωρίσει ανάμεσα στην περίπτωση ένας βαθμός ψύχους να προκαλεί ένα φαινόμενο με την έντασή του και της περίπτωσης το ίδιο φαινόμενο να προκαλείται από ένα μικρότερο βαθμό ψύχους που όμως έχει μεγαλύτερη διάρκεια;

Πέρα από την επιρροή της διάρκειας των βαθμών του ψύχους στην ψύξη ορισμένων υγρών και σωμάτων, ο Boyle έδειχνε την επιρροή που είχε η διάρκεια ενός βαθμού ψύχους στην αποδυνάμωση της ελαστικότητας του αέρα. Στο δέκατο όγδοο κεφάλαιο («Title XVIII») χρησιμοποιούσε ένα δοχείο που έμοιαζε με το κοινό θερμοσκόπιο, δηλαδή αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο με σωλήνα ο οποίος αναποδογυριζόταν σε μία λεκάνη με αλατισμένο νερό. Το ψύχος του εξωτερικού αέρα ψύχρηνε τον εσώκλειστο στο στρογγυλό δοχείο αέρα, αποδυνάμωνε την ελαστικότητά του με αποτέλεσμα ο εξωτερικός αέρας, που είχε μεγαλύτερη πίεση, να σπρώχνει το αλατισμένο νερό προς τα πάνω και να συρρικνώνει τον αέρα. Σκοπός του Boyle σε αυτά τα πειράματα ήταν να εξετάσει πόσο μπορούσε, με αυτή τη μέθοδο, να συρρικνωθεί ο εσώκλειστος αέρας. Συγκεκριμένα σε ένα πείραμα, αφού είχε εκθέσει το δοχείο στον αέρα και είχε πετύχει τη συρρίκνωση του αέρα κατά ένα ποσοστό, συνέχισε να εκθέτει το δοχείο στον εξωτερικό αέρα για να δει αν ο εσώκλειστος αέρας θα συρρικνωνόταν περισσότερο.

Μία ακόμη επίδραση της διάρκειας ενός συγκεκριμένου βαθμού ψύχους η οποία αναφερόταν συχνά σε πολλά κεφάλαια του *Cold* αποτελούσε η διατήρηση των νεκρών ανθρώπινων σωμάτων και των τροφών από τη σήψη. Στην περίπτωση των πρώτων, ο βαθμός του ψύχους που διατηρούνταν ήταν τόσο έντονος ώστε να παγώσει τα σώματα. Στη δεύτερη περίπτωση ο βαθμός του ψύχους ήταν μέτριος, πιο μικρός από αυτόν που είναι απαραίτητος για την ψύξη, και διατηρούσε τα τρόφιμα καθώς και τα υγρά φρέσκα. Σημαντικά ήταν επίσης τα πειράματα όπου εξετάζονταν η περαιτέρω δράση που μπορεί να

έχει η διάρκεια ψυχρών συνθηκών σε ψυκτικά φαινόμενα όπως είναι ο πάγος. Στο εικοστό κεφάλαιο («Title XX»)ο Boyle εκτελούσε πειράματα για να εξετάσει αν ο πάγος που εκθέτονταν για μεγάλη διάρκεια στον ψυχρό αέρα θα έχανε βάρος. Ο Boyle υποστήριζε ότι το νερό και πριν και μετά από τη μετατροπή του σε πάγο έχανε κάποια σωματίδια από την επιφάνειά του. Σε μία άλλη περίπτωση, ο Boyle φαινόταν να υποστηρίζει ότι το νερό που ψύχεται κατά τη διάρκεια μίας νύχτας και με την αύξηση του όγκου του σπρώχνει προς τα έξω το πώμα του δοχείου στο οποίο εσωκλείεται, αν συνεχίζει να εκτίθεται στο ψύχος για μία ακόμα μέρα και νύχτα αυξάνει τον όγκο του περισσότερο, με αποτέλεσμα να σπρώχνει το πώμα περισσότερο προς τα έξω. Εδώ ο Boyle φαίνεται να υποδηλώνει ότι η διάρκεια του ψύχους αυξάνει τον όγκο του νερού που ήδη έχει μετατραπεί σε πάγο, ένα φαινόμενο του οποίου η εξήγηση δεν ήταν προφανής³⁸⁵.

Με δεδομένο ότι πολλά πειράματα του Boyle έδειχναν ότι η διάρκεια του ψύχους εντατικοποιούσε τα αποτελέσματα του ψύχους, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις εξαρτώνταν από τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος. Για παράδειγμα στα πειράματα που είδαμε παραπάνω για την ψύξη του εδάφους, ο χρόνος του πειράματος επηρέαζε τα συμπεράσματα για το βάθος της ψύξης του εδάφους. Τα προβλήματα που μπορούσε να δημιουργήσει ο ρόλος της διάρκειας των θερμοκρασιακών συνθηκών μπορούν να περιγραφούν μέσω της περίπτωσης των πειραμάτων στα οποία ο Boyle δεν ανέφερε καθόλου τη χρονική διάρκεια των ψυκτικών θερμοκρασιών. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν τα πειράματα του δεύτερου και τρίτου κεφαλαίου («Title II», «Title III») όπου εξετάζεται η δυνατότητα ορισμένων κατηγοριών υγρών να ψυχθούν. Ενώ ο Boyle δήλωνε ότι ο βαθμός του ψύχους έπαιζε ρόλο στη δυνατότητα των υγρών να μετατραπούν σε πάγο, δεν ανέφερε το ίδιο και για τη διάρκεια έκθεσης στο βαθμό ψύχους. Πιο συγκεκριμένα στα πειράματα που έδειχναν ποια υγρά δεν μπορούν να παγώσουν, η διάρκεια έκθεσης σε βαθμούς ψύξης αναφερόταν σε τρία μόνο πειράματα με τις ακόλουθες εκφράσεις «we long exposed quicksilver», «during a whole night, that was exceeding sharp» και «expos'd two nights and a day to the Cold»³⁸⁶. Καταρχήν οι αναφορές δείχνουν ότι δεν

³⁸⁵ Ο.π., σελ. 327.

³⁸⁶ Ο.π., σσ. 277, 552.

υπήρχε ορισμένο χρονικό διάστημα στο οποίο εκτελούνταν οι δοκιμές ψύξης· δεύτερον, ότι η εκτέλεση του πειράματος στα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα δεν απέκλειε την ψύξη των υγρών σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Εφόσον ο Boyle είχε πιστοποιήσει μία σχέση ανάμεσα στη διάρκεια ενός βαθμού ψύχους και την ένταση των ψυκτικών φαινομένων, τότε η διάρκεια του βαθμού ψύχους μπορούσε να επηρεάσει το αποτέλεσμα των συγκεκριμένων ψυκτικών αποτελεσμάτων. Αυτό όμως σήμαινε ότι τα πειραματικά συμπεράσματα στα οποία ο Boyle θεωρούσε ότι κατέληγε με αυτά τα πειράματα, δεν μπορούσαν να ισχύουν αν το ψύχος είχε διαφορετική διάρκεια. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή τη σκέψη, τίθεται το ερώτημα, πώς τα πειραματικά αποτελέσματα μπορούσαν να αποτελέσουν επιβεβαιωμένα πειραματικά γεγονότα για την ψυκτική δράση του ψύχους σε ορισμένα υγρά. Το ίδιο ερώτημα μπορούσε να τεθεί και στα πειράματα που εξέταζαν τη συρρίκνωση από το ψύχος των υγρών που συνήθως δεν παγώνουν³⁸⁷. Εφόσον η διάρκεια έπαιζε ρόλο στην ένταση των ψυκτικών φαινομένων, πώς μπορούσε ο Boyle να καταλήξει σε πειραματικά δεδομένα αν δεν περιόριζε ότι αυτά ίσχυαν για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα ψύξης; Αυτό αποτελούσε πρόβλημα τη στιγμή που ο Boyle προσπαθούσε να απαντήσει σε αυτά τα ερωτήματα όχι για συγκεκριμένα κλίματα, γι' αυτό και χρησιμοποιούσε και παρατηρήσεις από πιο ψυχρά κλίματα, αλλά κατά ένα τρόπο «για όλες τις συνθήκες ψύχους».

Παραπάνω αναλύσαμε τους τρόπους με τους οποίους προσδιορίζονταν οι θερμοκρασιακές συνθήκες στις οποίες λάμβαναν χώρα τα πειράματα, οι βαθμοί ψύχους τους οποίους υποδείκνυαν και τις αδυναμίες στη θερμομέτρηση μέσω αυτών των μεθόδων. Εδώ θα εξετασθεί η χρήση των ψυκτικών φαινομένων, της αισθητηριακής εμπειρίας μέσω της αφής και του θερμοσκοπίου ως κριτηρίων με βάση τα οποία κρίνονταν τα συμπεράσματα πειραμάτων που βασίζονταν στις εκτιμήσεις της ψυχρότητας ή θερμότητας των υπό εξέταση σωμάτων.

Στο *Cold* τα ψυκτικά φαινόμενα έπαιζαν πρωτεύοντα ρόλο ως μέθοδοι εκτίμησης της ψυχρότητας κάποιων σωμάτων ή του χώρου στον οποίο μεταδιδόταν το ψύχος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούσαν τα πειράματα του πρώτου κεφαλαίου («Title I») όπου εξεταζόταν η δυνατότητα κάποιων ουσιών να αυξήσουν την ψυχρότητα που

³⁸⁷ Ο.π., σελ., 306-308.

προκαλούσε το χιόνι και να προκαλέσουν ψύξη³⁸⁸. Οι ουσίες αναμειγνύονταν με το χιόνι σε ανοιχτές και κλειστές φιάλες και στη συνέχεια παρατηρούνταν η εμφάνιση δροσιάς ή πάγου στο εξωτερικό μέρος της φιάλης. Ο Boyle εξηγούσε ότι η ψυχρότητα του μίγματος έψυχε τους ατμούς του αέρα που βρίσκονταν στο εξωτερικό μέρος της φιάλης. Ανάλογα με την ένταση της ψύξης, η ατμοί μετατρέπονταν σε δροσιά και στη συνέχεια πάγωναν. Ο Boyle παρατηρούσε ότι η ανάμειξη διαφόρων ουσιών, όπως ήταν το θαλασσινό αλάτι και άλλα άλατα με το χιόνι, δημιουργούσε μεγαλύτερη ψυκτική δράση από ό,τι το χιόνι μόνο του. Η εμφάνιση δροσιάς ή πάγου, το πάχος του πάγου, καθώς και ο χώρος που κάλυπτε ο πάγος κάθε φορά και ο χρόνος αντοχής του αποτελούσαν κριτήρια για τον βαθμό της ψυχρότητας ή ψυκτικής δράσης που είχε κάθε μίγμα. Ο Boyle έδειχνε ότι τον ενδιέφερε να εξετάσει την ψυκτική δράση των ουσιών και όχι τη δυνατότητά τους να μεταδώσουν ένα μικρότερο βαθμό ψυχρότητας. Αυτό όμως δεν αλλάζει το γεγονός ότι η απλή ψύχρανση (μετατροπή των ατμών σε δροσιά), η μετατροπή σε πάγο των ατμών ή της υγρασίας του αέρα, καθώς και οι άλλοι παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτελούσαν ενδείξεις για τους βαθμούς ψύχους που μεταδίδονταν από το εκάστοτε μίγμα.

Τα ψυκτικά φαινόμενα αποτελούσαν βασικά κριτήρια συμπερασμάτων στα κεφάλαια πέντε, δεκατρία και δεκατέσσερα, («Title V», «Title XIII», «Title XIII») στα οποία εξεταζόταν η κατεύθυνση, η απόσταση και τα μέσα διάδοσης του ψύχους αντίστοιχα. Στο πρώτο από τα τρία, ο Boyle ήλεγχε την κατεύθυνση της μετάδοσης του ψύχους μέσα από τη μετατροπή του νερού σε πάγο, όπως για παράδειγμα στο πείραμα όπου έθετε μία γυάλινη φιάλη με νερό να αιωρείται σε λιγότερο από μία ίντσα απόσταση από ένα πλατύ δοχείο με μίγμα χιονιού και αλατιού³⁸⁹. Στις πειραματικές διατάξεις αυτού του κεφαλαίου ο Boyle ξαναχρησιμοποιούσε τη μέθοδο της τοποθέτησης του ψυκτικού μίγματος χιονιού και αλατιού μέσα σε μία φιάλη προκειμένου να δημιουργηθεί δροσιά και πάγος στο εξωτερικό της μέρος. Ο Boyle επισήμαινε εδώ ότι η δροσιά ή ο πάγος κάλυπταν πάντα το μέρος όπου βρισκόταν το μίγμα. Όταν έλιωνε αυτό και συνήθως το ρευστό έπεφτε προς τα κάτω ενώ το μίγμα επέπλεε, ο πάγος στο εξωτερικό τμήμα περιοριζόταν στο χώρο που κάλυπτε το μίγμα, και καθώς αυτό έλιωνε, η λωρίδα του

³⁸⁸ Ο.π., σσ. 265-272.

³⁸⁹ Ο.π., σσ. 285-288.

πάγου μίκραινε μέχρι να εξαφανισθεί. Ο Boyle έχοντας κάνει αυτό το πείραμα πολλές φορές και έχοντας παρατηρήσει ότι το εξωτερικό στρώμα πάγου δεν υπερέβαινε παρά κατά μισό μέγεθος σιταριού το ύψος στο οποίο βρίσκεται το εσωτερικό μίγμα, και ούτε ποτέ βρίσκεται πιο κάτω από το μίγμα, συνήγαγετο συμπέρασμα ότι πιθανά ακόμη και τα πιο κρύα σώματα δεν διαδίδουν το ψύχος τους ούτε προς τα πάνω ούτε προς τα κάτω σε μεγάλη απόσταση, εκτός και αν το μέγεθός τους αλλάξει τα αποτελέσματα³⁹⁰.

Στο κεφάλαιο όπου εξετάζοταν η απόσταση διάδοσης του ψύχους, τα ψυκτικά φαινόμενα αποτελούσαν κριτήρια σε δύο σημαντικές πειραματικές διατάξεις³⁹¹. Στην πρώτη εξετάζοταν αν το χιόνι ή ο πάγος μπορούσε να παγώσει νερό που βρισκόταν σε απόσταση, δηλαδή μέσα σε μία φιάλη και νερό που ερχόταν σε άμεση επαφή μαζί του. Ο Boyle συμπέραινε ότι στο κλίμα της Αγγλίας το χιόνι δεν μπορούσε να μεταδώσει το ψύχος με κανέναν από τους δύο τρόπους. Παρέθετε όμως παραδείγματα της ψύξης νερού στα ψυχρά κλίματα με τον δεύτερο τρόπο και συμπέραινε ότι η επιτυχία του πειράματος εκεί δεν θα έπρεπε να οφείλεται μόνο στη γειτνίαση με τον πάγο αλλά και στον παγωμένο αέρα. Στη δεύτερη πειραματική διάταξη ο Boyle εξέταζε το βάθος στο οποίο προχωρούσε η ψύξη στο έδαφος της γης και μέσω κάποιων πειραματικών αποτελεσμάτων κατέληγε στο ότι το ψύχος προχωρούσε στο έδαφος σε λιγότερη απόσταση από αυτήν που περίμεναν οι άνθρωποι.

Στο τρίτο κεφάλαιο όπου εξετάζονταν τα μέσα διάδοσης του ψύχους, χρησιμοποιούνταν για ακόμη μία φορά η τοποθέτηση ψυκτικού μίγματος μέσα σε φιάλες διαφορετικής σύστασης, έτσι ώστε να ελεγχθεί η διάδοση του ψύχους μέσω της παρατήρησης δροσιάς και πάγου στο εξωτερικό των φιαλών³⁹². Ένα ακόμη σημαντικό πείραμα αποτελούσε η εξέταση της διάδοσης του ψύχους μέσα στον «κενό» χώρο που δημιουργούσε ο Boyle μέσα στην αντλία κενού. Ο Boyle τοποθετούσε μία γυάλινη φιάλη με νερό μέσα στην αντλία, αντλούσε τον αέρα από τον υποδοχέα και στη συνέχεια έθαβε την αντλία μέσα σε μίγμα χιονιού και αλατιού. Το νερό μέσα στον υποδοχέα, αν και με πιο αργό ρυθμό από άλλες περιπτώσεις, πάγωνε. Επίσης φιάλες με νερό τοποθετούνταν μέσα σε υγρά διαφορετικών κατηγοριών και στη συνέχεια εκθέτονταν σε έντονες

³⁹⁰ «...it may be probably conjectured...», σελ. 286.

³⁹¹ Ο.π., σσ. 335-340.

³⁹² Ο.π., σσ. 340-346.

συνθήκες ψύχους (φυσικές συνθήκες) ώστε να διαπιστωθεί αν το ψύχος διαπερνούσε τα υγρά για να μετατρέψει το νερό σε πάγο.

Τα παραπάνω πειράματα δείχνουν ότι πολλά συμπεράσματα που αφορούσαν σημαντικές πτυχές της ιδιότητας του ψύχους, όπως ήταν η διάδοσή του και η δυνατότητα ορισμένων ουσιών να το προκαλέσουν, βασιζόνταν στη διενέργεια κάποιων ψυκτικών φαινομένων. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε σε ποιες περαματικές δοκιμές χρησιμοποιούνταν τα θερμοσκόπια και οι αισθήσεις, καθώς και τους λόγους της έλλειψης χρήσης του θερμοσκοπίου σε περιπτώσεις όπου οι πληροφορίες του θα ήταν χρήσιμες. Ο Boyle χρησιμοποιούσε επίσης τις πληροφορίες που του έδιναν τα ψυκτικά φαινόμενα για την εξέταση μακροσκοπικών φαινομένων, όπως ήταν η ψυχρότητα του αέρα, δηλαδή οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στις χώρες και τις οποίες συνδύαζε με τη θέση τους στη γη. Ο Boyle χρησιμοποιούσε μαρτυρίες ψυκτικών φαινομένων από τρίτους για να υποστηρίξει τρεις προτάσεις: ότι η ένταση του ψύχους σε κάποιες χώρες δεν είναι ανάλογη της απόστασής τους από τους πόλους της γης ή τον ισημερινό (ότι στις βόρειες χώρες το ψύχος δεν είναι ανάλογο της εγγύτητάς τους στους πόλους)· ότι στις κρύες χώρες οι βαθμοί του ψύχους και της θερμότητας μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτεροι στο ίδιο κλίμα, στον ίδιο χώρο, σε διαφορετικές εποχές και σε διαφορετικές στιγμές την ημέρα από αυτούς που πιστεύεται ότι επικρατούν· και ότι σε πολλά μέρη, η θερμοκρασία του αέρα ως προς το ψύχος και τη θερμότητα δεν εξαρτάται τόσο από το υψόμετρο ως προς τον πόλο αλλά από τη φύση και τις συνθήκες των ανέμων που φυσούν στην περιοχή. Εξαίρεση αποτελούσαν περιπτώσεις όπως η εξέταση των εναλλαγών της θερμότητας κατά τη διάρκεια μίας ημέρας όπου χρησιμοποιούνταν ως κριτήριο οι ανθρώπινες αισθήσεις. Στην εξέταση των τριών αυτών προτάσεων, ο Boyle δεν προσδιόριζε ποσοτικά ποιοι είναι οι βαθμοί με τους οποίους σύγκρινε αυτούς που αναδείκνυαν τα ψυκτικά φαινόμενα. (Δηλαδή ποιοι θα ήταν οι βαθμοί του ψύχους που θα έπρεπε να επικρατούν στις χώρες σύμφωνα με την απόστασή τους από τον ισημερινό;) Προφανώς οι προτάσεις ήταν διαμορφωμένες σύμφωνα με κάποιες παραδοχές. Για την πρώτη πρόταση φαίνεται ότι ίσχυε η παραδοχή πως στις χώρες που έχουν την ίδια απόσταση από τους πόλους κυριαρχούν οι ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες και ότι οι βόρειες περιοχές, εκείνες κοντά στους πόλους, έχουν το ψυχρότερο κλίμα. Για τη δεύτερη πρόταση, πρέπει να ίσχυε η παραδοχή ότι στις περιοχές όπου υπάρχει έντονος

χειμώνας δεν θα υπήρχε το ίδιο έντονο καλοκαίρι, και ότι σε περιοχές όπως η Γροιλανδία, όπου κυριαρχούσαν φαινόμενα έντονου ψύχους, δεν θα υπήρχαν εναλλαγές στη θερμοκρασία την ίδια εποχή. Επίσης πρέπει να πιστευόταν ότι η θερμοκρασία μέσα σε μία καλοκαιρινή ή χειμωνιάτικη ημέρα ήταν σταθερή (οι μαρτυρίες είναι από ψυχρά κλίματα όπου δεν προβλέπεται απόκλιση των θερμοκρασιών). Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι μετεωρολογικές, οπότε είναι φυσικό να βασίζονται σε φαινόμενα παρά σε μέτρηση βαθμών ψύχους με κάποιο όργανο. Βέβαια δεν είναι σίγουρο ότι οι μετρήσεις του θερμοσκοπίου όπως στην περίπτωση της εξέτασης της θερμοκρασίας στη διάρκεια της ίδιας ημέρας, θα συμφωνούσαν απόλυτα με τα συμπεράσματα του Boyle που βασίζονταν στα ψυκτικά φαινόμενα.

Στο πρώτο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, ο Boyle παρουσιάζει τους λόγους για τους οποίους οι ανθρώπινες αισθήσεις μπορούν να δώσουν λάθος εκτιμήσεις της θερμοκρασίας ενός σώματος, παράλληλα όμως έδειχνε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις συνέχιζε να τις εμπιστεύεται. Η θεώρηση που φαίνεται να είχε για την ψυχρότητα των σωμάτων καθιστούσε αδύνατη την εξόλοκλήρου απόρριψη των αισθήσεων ως κριτηρίων. Ο Boyle φαινόταν να διακρίνει ανάμεσα στη θερμοκρασία που έχουν τα τέσσερα στοιχεία της φύσης, ο αέρας, η γη, το νερό και η φωτιά στη φυσική τους κατάσταση και σε εκείνη που είναι επίκτητη. Στο *Cold* εξέφραζε την άποψή του για τη θερμοκρασία της φυσικής κατάστασης του νερού, του αέρα και της γης. Ο Boyle συμφωνούσε με την κοινή άποψη, σύμφωνα με την οποία, οι θερμοκρασίες των σωμάτων ορίζονταν με βάση τις ανθρώπινες αισθήσεις. Για τον αέρα υποστήριζε ότι αν ορίσουμε το ψύχος, σύμφωνα με την παραδεδομένη άποψη, ως μία ιδιότητα σχετική ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις, οι οποίες βρίσκονται σε μία μέτρια θερμοκρασία ως προς το ψύχος και τη θερμότητα, τότε ο αέρας πρέπει να είναι περισσότερο ψυχρός παρά θερμός ή ουδέτερος ως προς τη θερμοκρασία³⁹³. Και εξηγεί ότι για να γίνει κάτι ψυχρό ως προς το σώμα μας πρέπει τα αισθητήριά μας να διεγείρονται λιγότερο από ό,τι διεγείρονται από το αίμα μας και από τα άλλα ρευστά του ανθρώπινου σώματος. Οπότε αν θεωρήσουμε ότι ο αέρας δεν έχει τα θερμικά ή ψυκτικά άτομα, στα οποία αποδίδουν ορισμένοι τη θερμότητα και την ψυχρότητά του, τότε αποτελεί ένα ρευστό το οποίο, είτε λόγω του μικρού μεγέθους των σωματιδίων του είτε λόγω της έλλειψης έντονης κίνησης,

³⁹³ Ο.π., σσ. 381-382.

διεγείρει τα αισθητήριά μας λιγότερο από ό,τι τα εσωτερικά υγρά του σώματός μας. Επομένως εδώ, ο Boyle βγάζει συμπεράσματα για το αν ο αέρας είναι ένα ψυχρό σώμα, με κριτήριο τις αισθήσεις. Προωθεί τη θέση ότι το ψύχος αποτελείται από μειωμένη κίνηση σωματιδίων αλλά ορίζει ότι η διέγερση που προκαλεί η κίνηση των σωματιδίων του υπό εξέταση σώματος στα σωματίδια των αισθητηριακών μας οργάνων, θα εξετάζεται πάντα σε σύγκριση με τη διέγερση που προκαλούν σε αυτά τα ρευστά του σώματός μας.

Με το επιχειρήμα ότι η γη λόγω του βάρους, του μεγέθους και της έλλειψης συνεχούς κίνησης των μερών της έχει λιγότερο διεγερμένα τα μέρη της από τις αισθήσεις μας, ο Boyle υποστήριζε ότι και αυτή θα έπρεπε να θεωρείται ψυχρή στη φυσική της κατάσταση³⁹⁴. Παρόμοια επιχειρηματολογία χρησιμοποιούσε και για την υποστήριξη της ψυχρότητας του νερού. Ο Boyle ανέφερε ότι τα μέρη του νερού είναι λιγότερο διεγερμένα από εκείνα των αισθήσεών μας και εξηγούσε ότι παρόλο που ο ίδιος αναγνωρίζει ότι τα μέρη του νερού έχουν κίνηση τόση ώστε να διατηρείται ρευστό, πιστεύει ότι αυτή η κίνηση είναι λιγότερη από την κίνηση που έχουν τα υγρά που βρίσκονται στο ανθρώπινο σώμα, όπως είναι το αίμα. Τα επιχειρήματα του Boyle για την ψυχρότητα των τριών σωμάτων προβάλλονταν ενάντια στην άποψη του Gassendi, σύμφωνα με την οποία τα σώματα αυτά, στη φυσική τους κατάσταση, δεν έπρεπε να είναι ούτε ψυχρά ούτε θερμά. Οι απόψεις λοιπόν του Boyle στο συγκεκριμένο θέμα δείχνουν ότι ο ορισμός της θερμοκρασίας ενός σώματος με βάση τις ανθρώπινες αισθήσεις έπαιξε λειτουργικό ρόλο στη θεώρησή του για τη θερμοκρασία των σωμάτων στην φυσική τους κατάσταση και γενικότερα στη θεώρησή του για τη φύση του ψύχους και της θερμότητας και τους τρόπους με τους οποίους τα σώματα αποκτούσαν αυτές τις ιδιότητες.

Στην πρακτική των πειραμάτων του ο Boyle έδειχνε ότι οι αισθήσεις έπαιζαν ακόμη σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των βαθμών ψύχους. Σε αρκετές περιπτώσεις τις χρησιμοποιούσε ως κριτήρια για την υπό εξέταση ψυχρότητα κάποιου σώματος ή χώρου. Ένα παράδειγμα αποτελεί η δοκιμή της θέρμανσης ενός ψυχρού υγρού με τη μίξη του με πάγο. Στο πείραμα αυτό, ο Boyle έκρινε την αρχική ψυχρότητα του υγρού καθώς και το

³⁹⁴ Εδώ ο Boyle αναφέρεται σε αυτά τα μέρη ως «Insensible parts» Ο.π., σελ. 370. Τον ίδιο όρο χρησιμοποιεί όταν μιλάει και για τη διέγερση των μερών του νερού. Με τον όρο αυτό πρέπει να εννοεί τα σωματίδια των σωμάτων που οι ανθρώπινες αισθήσεις δεν μπορούν να αντιληφθούν. ο.π., σελ. 370.

αποτέλεσμα της μίξης με τις αισθήσεις. Ο Boyle έγραφε χαρακτηριστικά στην περιγραφή του πειράματος ότι το αποτέλεσμα της μίξης ήταν τόσο θερμό ώστε το άτομο που το ακουμπούσε έκαψε το χέρι του³⁹⁵. Ωστόσο, ο Boyle συνέχιζε να είναι συνεπής με την κριτική που είχε ασκήσει στο πρώτο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, ελέγχοντας σε αρκετές περιπτώσεις τις πληροφορίες που έδιναν με τις ενδείξεις των θερμοσκοπίων όπως θα δούμε παρακάτω στη συζήτηση για τη χρήση των θερμοσκοπίων. Στο σύνολο όμως των πειραμάτων της πραγματείας, οι αισθήσεις δεν χρησιμοποιούνταν τόσο όσο τα ψυκτικά φαινόμενα στην εκτίμηση των βαθμών του ψύχους και της θερμότητας.

Η χρήση του θερμοσκοπίου στην πειραματική πρακτική του *Cold* ήταν αρκετά περιορισμένη. Ενώ η επισύναψη στην πραγματεία, υπό τη μορφή εισαγωγικού κεφαλαίου, του «New Thermometrical Thoughts and Experiments», που αναλύσαμε παραπάνω, έδινε την αίσθηση ότι το θερμοσκόπιο θα έπαιζε κεντρικό ρόλο στις πειραματικές διατάξεις, τελικά χρησιμοποιήθηκε σε ένα μικρό αριθμό πειραμάτων. Από τους τρεις τύπους θερμοσκοπίων που περιγράφονταν στο εισαγωγικό κεφάλαιο, ο Boyle χρησιμοποίησε περισσότερο το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, και λιγότερο εκείνο με την αιωρούμενη σταγόνα νερού. Σε τρία πειράματα χρησιμοποιήθηκε το κοινό θερμοσκόπιο αέρος και σε κανένα δεν φαίνεται να χρησιμοποιήθηκε το βελτιωμένο από τον ίδιο «νέο» θερμοσκόπιο αέρα. Με βάση αυτά τα στοιχεία, τα περισσότερα πειράματα όπου χρησιμοποιούνταν θερμοσκόπια πρέπει να είχαν εκτελεστεί μετά το 1662, χρονιά όπου ο Boyle κατασκεύασε τα δικά του κλειστά θερμοσκόπια υγρού.

Από τη μέχρι τώρα συζήτηση των τρόπων με τους οποίους ορίζονταν οι διαβαθμίσεις των θερμοκρασιακών συνθήκων καθώς και από ρητές αναφορές του Boyle στο ρόλο της θερμοκρασίας στη δυνατότητα μετατροπής των υγρών σε πάγο και στη διάδοση του ψύχους, γίνεται σαφές ότι ο Boyle είχε συνειδητοποιήσει τον ρόλο που έπαιζαν οι διαβαθμίσεις του ψύχους στα ψυκτικά φαινόμενα και τη μετάδοση του ψύχους. Στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, ο Boyle έδειχνε πειραματικά ότι και ο τρόπος εκτίμησης του βαθμού ψύχους έπαιζε πρωτεύοντα ρόλο στις πληροφορίες που τελικά λαμβάνονταν για τους βαθμούς ψύχους. Στο δέκατο τρίτο κεφάλαιο («Title XIII»), όπου εξεταζόταν η απόσταση διάδοσης του ψύχους, ο Boyle συμπεριλάμβανε τον τρόπο εκτίμησης του ψύχους ανάμεσα στους πέντε παράγοντες (τον βαθμό του ψύχους,

³⁹⁵ Ο.π. σελ. 360.

το μέσο διάδοσης του ψύχους, την κίνηση ή σταθερότητα του μέσου, την ποσότητα του σώματος που αποτελούσε την πηγή του ψύχους) που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διάδοση του ψύχους. Εδώ αναφερόταν στις διαφορές που μπορούν να προκύψουν από την εκτίμηση του ψύχους μέσω των αισθήσεων και ενός θερμοσκοπίου. Στο πρώτο λοιπόν πείραμα του κεφαλαίου εξέταζε τη διάδοση του ψύχους που εκλυόταν από ένα κομμάτι πάγου πλησιάζοντας δίπλα του το χέρι του και το θερμοσκόπιο με την αιωρούμενη στάλα νερού. Κανένα από τα δύο όργανα δεν κατέγραφε ψυχρότητα όταν βρισκόταν σε απόσταση. Όταν τα δύο όργανα όμως ακουμπούσαν τον πάγο, τότε το χέρι αποκτούσε μία αίσθηση ψυχρότητας και η σταγόνα του θερμοσκοπίου έπεφτε με γρήγορο ρυθμό. Ο Boyle όμως, προκειμένου να επιβεβαιώσει τα πειραματικά αποτελέσματα, εκτελούσε το ίδιο πείραμα προσπαθώντας να εξετάσει μετατροπή μίας ποσότητας νερού σε πάγο πρώτα σε απόσταση και στη συνέχεια σε απευθείας επαφή με τον πάγο. Το παραπάνω παράδειγμα έδειχνε ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε και τους τρεις τρόπους εκτίμησης του ψύχους για να μπορέσει να καταλήξει σε έγκυρα πειραματικά αποτελέσματα.

Μία αντιπροσωπευτική κατηγορία πειραμάτων όπου ο Boyle συνδύαζε τη χρήση των θερμοσκοπίων, των αισθήσεων και των ψυκτικών φαινομένων για να καταλήξει σε συμπεράσματα ήταν εκείνα του δέκατου έβδομου κεφαλαίου («Title XVII»). Με τα πειράματα αυτά ο Boyle διερευνούσε αν ορισμένα σώματα αποτελούν «τα πρώτα ψυχρά σώματα» («the Primum Frigidum»), δηλαδή εκείνα τα σώματα που είναι από τη φύση τους πολύ ψυχρά και προκαλούν στα σώματα στα οποία συμμετέχουν ψυχρότητα³⁹⁶. Τα τέσσερα υπό εξέταση σώματα προτεινόταν από τέσσερις διαφορετικούς φιλοσόφους: η γη από τον Πλούταρχο, το νερό από τους αριστοτελικούς και τους σχολαστικούς φιλοσόφους της εποχής, ο αέρας από τους Στωικούς και το νίτρο «nitre» («νιτρικό νάτριο ή κάλιο») από τον Γάλλο φιλόσοφο Gassendi. Ο Boyle έκρινε το κάθε σώμα με βάση την ψυχρότητα που είχε το ίδιο, τον βαθμό ψυχρότητας που προκαλούσε με τη συμμετοχή του στα άλλα σώματα και τη δυνατότητά του να προκαλέσει ψυκτικά φαινόμενα, δηλαδή έναν από τους υψηλότερους για την εποχή βαθμούς ψύχους. Στην περίπτωση του νερού, ο Boyle χρησιμοποιούσε τα φαινόμενα της ψύξης μέρους της θαλάσσιας και ποτάμιας επιφάνειας καθώς και την μετατροπή του νερού σε πάγο από τον

³⁹⁶ Ο.π. σς. 364-381.

αέρα συνήθως από την επιφάνεια προς τα κάτω, για να δείξει ότι δεν είναι το «Πρώτο ψυχρό» σώμα. Υποστήριζε όμως ότι το νερό δεν είχε ουδέτερη θερμοκρασία ως προς τις αισθήσεις μας, όπως υποστήριζε ο Gassendi, αλλά ότι ήταν ψυχρό. Εξηγούσε ότι τα σωματίδια των αισθητηριακών μας μερών, λόγω της διέγερσης που τους μετέφεραν τα σωματίδια του αίματος, ήταν πιο διεγερμένα από τα σωματίδια του νερού που δεν τα έφτανε ο ήλιος. Ως απόδειξη χρησιμοποιούσε το παράδειγμα της αίσθησης ψύχους που έχει ένας δύτης σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα. Ο Boyle στηριζόταν σε μαρτυρίες δυτών καθώς και στην κοινή πρακτική να φυλάσσονται φλασκιά με νερό στη θάλασσα για να παραμένουν δροσερά. Εδώ ο Boyle ανέφερε ότι θα επιθυμούσε αυτές οι μαρτυρίες να επιβεβαιωθούν από τις ενδείξεις ενός κλειστού θερμοσκοπίου ώστε να αποκλεισθεί η επιρροή των αισθήσεων από την ιδιοσυγκρασία του σώματος του δύτη· δεν είχε όμως αποπειραθεί μία τέτοια δοκιμή. Η επιχειρηματολογία του μας δείχνει ότι καταρχήν ο Boyle έκρινε την ψυχρότητα του νερού ως προς τις αισθήσεις και όχι ως προς ένα πιο αντικειμενικό όργανο, όπως ήταν το θερμοσκόπιο. Κατά δεύτερον, στην εξέταση της ψυχρότητας η επιβεβαίωση δινόταν από την αισθητηριακή εμπειρία παρόλο που κρινόταν αναγκαία και η συνδρομή του θερμοσκοπίου.

Στην εξέταση της γης ως το «πρώτο ψυχρό σώμα» ο Boyle πρόβαλλε ως αντεπιχειρήματα φαινόμενα όπως η αδυναμία ψύξης της γης σε μεγάλο βάθος καθώς και η ύπαρξη θερμών αναθυμιάσεων σε μέρη βαθιά μέσα στη γη, όπως ήταν τα ορυχεία. Για την απόδειξη της ύπαρξης των αναθυμιάσεων, ο Boyle χρησιμοποιούσε μαρτυρίες εργατών στους οποίους η θερμότητα προκαλούσε εφίδρωση. Εδώ ο Boyle επαναλάμβανε την ανάγκη χρήσης ενός θερμοσκοπίου για να εξετασθεί πιο αντικειμενικά η θερμοκρασία του χώρου και να αποκλεισθεί το ενδεχόμενο οι αισθητηριακές εμπειρίες να προέρχονται από την πυκνότητα του αέρα και την ακαταλληλότητά του για την αναπνοή. Τελικά ο Boyle δεν προχωρούσε σε μία τέτοια δοκιμή αλλά αρκούσαν στις μαρτυρίες για την ομαλή εισπνοή του αέρα, οι οποίες έδειχναν ότι τελικά η εφίδρωση προκαλούνταν από τη θερμότητα.

Στην περίπτωση του αέρα, ο Boyle στηριζόταν σε ψυκτικά φαινόμενα για να δείξει ότι ο αέρας δεν αποτελεί την αποκλειστική αιτία του ψύχους. Χρησιμοποιούσε πειραματικά αποτελέσματα που έδειχναν ότι το νερό και άλλα υγρά δεν αρχίζουν να παγώνουν πάντα στα σημεία τα οποία έρχονται σε επαφή με τον αέρα. Επίσης ανέφερε

πειράματα που έδειχναν την ψύξη υγρών όπου ο αέρας δεν αποτελούσε την ψυκτική πηγή και δεν ερχόταν σε επαφή με το υγρό. Ο Boyle χρησιμοποιούσε το ψυκτικό φαινόμενο της συρρίκνωσης του αέρα για να υποστηρίξει ότι ο αέρας δεν αποτελούσε το ψυχρότερο σώμα αλλά ότι υπήρχαν άλλα σώματα που μπορούσαν να προκαλέσουν μία μεγαλύτερη συρρίκνωση του αέρα.

Στην περίπτωση της εξέτασης του νίτρου ως «πρώτο ψυχρό σώμα» ο Boyle επιχειρηματολογούσε πρώτα εναντίον των θέσεων του Gassendi ότι το νίτρο μπορεί να προκαλέσει ψύχος στον αέρα, στη γη και στο νερό. Τα πιο σημαντικά από τα αντεπιχειρήματά του αποτελούν η απόδειξη μέσω της εξάτμισης ότι το θαλασσινό νερό δεν περιέχει ποσότητα «salt petre» (νιτρικό νάτριο ή νιτρικό κάλιο) καθώς και ότι αποστάγματα του νίτρου αντί να προκαλούν την ψύξη, προκαλούν την τήξη του πάγου. Επίσης ο Boyle αρνούνταν τη δυνατότητα μετατροπής του νερού σε πάγο με τη μίξη του με το νίτρο. Εκτός από την αντιμετώπιση των επιχειρημάτων του Gassendi, ο Boyle είχε εκτελέσει δικά του πειράματα για να εξετάσει την ψυχρότητα του ίδιου του νίτρου και των ρευστών που παράγονται από αυτό. Με την αφή είχε συμπεράνει ότι το νίτρο έχει μία «εν δυνάμει» θερμότητα³⁹⁷. Είχε όμως εκτελέσει και πειράματα με το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού για να ελέγξει τη θερμοκρασία των αποσταγματικών μερών του νίτρου, τα οποία έδειχναν ότι δεν είναι πιο ψυχρά από άλλα υγρά. Τις παρατηρήσεις του θερμοσκοπίου επιβεβαίωσε με την παρατήρηση ότι όταν τα αποσταγματικά μέρη ανακατεύονταν με νερό δεν το έψυχαν, όταν όμως τοποθετούνταν σε πάγο, τον έλιωναν γρήγορα. Σε ένα πείραμα συνέκρινε τη θερμοκρασία διαλύματος «rock petre» με εκείνη του αέρα και παρατηρούσε ότι το πρώτο ήταν πιο θερμό από τον αέρα.

Τα επιχειρήματα που προβάλλει ο Boyle εναντίον των απόψεων για τα «πρώτα ψυχρά σώματα» αποτελούν ένα παράδειγμα του συνδυασμού της χρήσης των ψυκτικών φαινομένων, της αισθητηριακής εμπειρίας και των θερμοσκοπίων, που φαίνεται να προτείνει στο πρώτο και δεύτερο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια. Εκεί κατέληγε στο συμπέρασμα ότι για τη σωστότερη κρίση των βαθμών του ψύχους δεν αρκεί μόνο η χρήση των αισθήσεων και των θερμοσκοπίων, αλλά έπρεπε να λαμβάνονται υπόψη και κάποια ψυκτικά φαινόμενα. Στο συγκεκριμένο σημείο ο Boyle εννοούσε ψυκτικά

³⁹⁷ «and the spirit of Nitre...not only does not (that I have observed) appear to the touch to have considerably, if at all, a greater actual cold, then that of divers other Liquors, but seems to have a *potential* heat», ο.π., σελ. 377.

φαινόμενα που μπορούσαν να δείξουν διαβαθμίσεις του ψύχους. Η επιχειρηματολογία του ενάντια στα προτεινόμενα από άλλες θεωρίες «Πρώτα ψυχρά σώματα» δείχνει ότι κυρίως χρησιμοποιούσε τα ψυκτικά φαινόμενα για την απόδειξη της δυνατότητάς τους να ψύχουν. Η ανθρώπινη αισθητηριακή εμπειρία έπαιζε ρόλο στην κρίση της ψυχρότητας των σωμάτων αλλά, όπως δείχνουν οι αναφορές στην ανάγκη χρήσης του θερμοσκοπίου, ο Boyle λάμβανε υπόψη την πιθανότητα να δίνουν λάθος πληροφορίες. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνταν μόνο τα αισθητηριακά δεδομένα, καθώς και σε εκείνες που χρησιμοποιούνταν τα θερμοσκόπια, ο Boyle επιβεβαίωνε τα συμπεράσματά του αναφερόμενος στα ψυκτικά φαινόμενα. Στο παράδειγμα της εξέτασης της θερμοκρασίας που έχει το νίτρο, τα ψυκτικά φαινόμενα φαίνονται να δίνουν την τελική επιβεβαίωση για το αν πρέπει το νίτρο να θεωρείται 'πρώτο ψυχρό σώμα'.

Στα παραπάνω παραδείγματα το θερμοσκόπιο χρησιμοποιούνταν για να κριθεί αν κάποιο σώμα ήταν θερμό ή ψυχρό. Στα πειράματα που ακολουθούν θα παρουσιαστούν οι περιπτώσεις όπου το θερμοσκόπιο χρησιμοποιούνταν για να εξεταστεί η διαφορά ανάμεσα σε δύο βαθμούς ψύχους. Τις περισσότερες φορές η χρήση του θερμοσκοπίου αποσκοπούσε στην απλή εκτίμηση της ύπαρξης μίας διαφοράς ανάμεσα σε δύο βαθμούς ψύχους. Το πρώτο όμως παράδειγμα που παρουσιάζουμε αποτελεί την πρώτη απόπειρα ποσοτικοποίησης αυτής της διαφοράς. Η προσπάθεια του Boyle, στο τέταρτο κεφάλαιο («Title III»), να μετρήσει τη διαφορά του βαθμού στον οποίο το νερό μετατρέπεται σε πάγο με τον βαθμό που προκαλεί το μίγμα χιονιού και αλατιού, αποτελεί μία από τις ελάχιστες περιπτώσεις στο *Cold* όπου ο Boyle επιχειρεί να ποσοτικοποιήσει τη διαφορά ανάμεσα σε δύο βαθμούς ψύχους³⁹⁸. Στο πρώτο κεφάλαιο είχε αποδείξει ότι το μίγμα χιονιού και αλατιού παρήγαγε ένα μεγαλύτερο βαθμό ψύχους από το βαθμό που επαρκούσε για την ψύξη του νερού, μέσω της μεγαλύτερης δράσης που είχε το ψυκτικό μίγμα από εκείνην που είχε το χιόνι, στην ψύξη των ατμών του αέρα στο εξωτερικό μέρος μίας φιάλης. Για την ποσοτικοποίηση αυτής της διαφοράς, ο Boyle χρησιμοποιούσε, στο τέταρτο κεφάλαιο, δύο κλειστά θερμοσκόπια, το πρώτο με απόσταγμα κρασιού και το δεύτερο με τερεβινθέλαιο ('oyl of turpentine'). Και τα δύο υγρά είχαν επιλεγεί, όπως έχει αναφερθεί και στην περιγραφή του κλειστού θερμοσκοπίου, γιατί δεν πάγωναν εύκολα. Στο τρίτο κεφάλαιο είχε δείξει ότι το

³⁹⁸ Ο.π., σσ. 279-282.

τερεβινθέλαιο ανήκε στην κατηγορία των υγρών που είχαν χάσει τα φλεγματικά («phlegmatic») και υδατικά μέρη τους και δεν μπορούσαν να ψυχθούν³⁹⁹. Επιλέγοντας τα θερμοσκόπια, ως όργανο εκτίμησης των βαθμών ψύχους, ο Boyle είχε επιλέξει τη δράση του ψύχους στη συρρίκνωση δύο ειδών υγρών ως το κατάλληλο ψυκτικό φαινόμενο με βάση τα οποία θα επιχειρούσε να μετρήσει τη διαφορά των βαθμών ψύχους. Μάλιστα, αρχικά ο Boyle είχε επιλέξει να δουλέψει μόνο με το απόσταγμα κρασιού αλλά λόγω κάποιου ατυχήματος με το θερμοσκόπιο, είχε αναγκαστεί να φτιάξει ένα δεύτερο θερμοσκόπιο με τερεβινθέλαιο.

Σύμφωνα με την πειραματική διάταξη, το θερμοσκόπιο τοποθετούνταν πρώτα μέσα σε ένα δοχείο με νερό, το οποίο περιβαλλόταν από μίγμα χιονιού και αλατιού. Όταν το νερό άρχιζε να παγώνει στην επιφάνεια, στο βυθό και στα πλάγια του δοχείου καταγραφόταν η στάθμη στην οποία έπεφτε το υγρό στο σωλήνα. Στη συνέχεια το θερμοσκόπιο τοποθετούνταν κατευθείαν μέσα στο μίγμα χιονιού και αλατιού όπου καταγραφόταν για δεύτερη φορά η ένδειξη του. Στα πειράματα που πρόλαβε να κάνει με ένα θερμοσκόπιο ύψους 10 ιντσών, το οποίο περιείχε απόσταγμα κρασιού, χωρίς να διευκρινίζει σε ποιο σημείο της κλίμακας του μισού της ίντσας στεκόταν αρχικά το ρευστό, παρατηρούσε ότι στην πρώτη ένδειξη το υγρό έπεφτε στους 5, 2/3 βαθμούς και στη δεύτερη στους 1 1/2, το οποίο αναλογεί σε πτώση τεσσάρων περίπου ιντσών. Πριν του καταστραφεί το θερμοσκόπιο, ο Boyle δεν είχε προλάβει να συγκρίνει τα ποσοστά των συρρικνώσεων στο συνολικό όγκο του υγρού, γι'αυτό και εκτέλεσε το πείραμα για δεύτερη φορά με το θερμοσκόπιο με το τερεβινθέλαιο. Στο δεύτερο πείραμα κατάφερε να ποσοτικοποιήσει τη διαφορά ανάμεσα στους δύο βαθμούς ψύχους, δείχνοντας σε ποιο ποσοστό συρρικνώνεται η αρχική ποσότητα τερεβινθέλαιου την ώρα της ψύξης του νερού και σε ποιο όταν τίθεται σε μίγμα χιονιού και αλατιού. Ο Boyle είχε κατασκευάσει την κλίμακα του θερμοσκοπίου γεμίζοντας πρώτα το στρογγυλό δοχείο μέχρι την αρχή του σωλήνα με τερεβινθέλαιο και στη συνέχεια σηματοδύοντας το ύψος του υγρού σε κάθε 1/4 του δραμιού υγρό που έχυνε μέσα. Στη συνέχεια ακολούθησε τα βήματα του πειράματος σηματοδύοντας την πτώση του τερεβινθέλαιου στο σωλήνα κατά την ψύξη του νερού και κατά την τοποθέτηση στο μίγμα χιονιού και αλατιού.

³⁹⁹ Ο.π., σελ., 275.

Μετά και τη δεύτερη μέτρηση, μετέφερε το όργανο σε θερμό αέρα ώστε το υγρό να ανακτήσει την αρχική του ένδειξη. Η μέτρηση της διαφοράς των δύο βαθμών γινόταν με τον εξής τρόπο. Ο Boyle έβγαζε από το θερμοσκόπιο και ζύγιζε την ποσότητα υγρού που γέμιζε το σωλήνα από το υψηλότερο σημείο μέχρι το σημείο που είχε πέσει το υγρού κατά την ψύξη του νερού. Στη συνέχεια έκανε το ίδιο για την ποσότητα υγρού που καταλάμβανε το χώρο ανάμεσα στο σημείο της ψύξης του νερού και το σημείο στο οποίο είχε πέσει το υγρό με τη δράση του μίγματος χιονιού και αλατιού. Οι δύο ποσότητες ήταν ίσες σε βάρος. Ο Boyle υπολόγιζε το ποσοστό κάθε ποσότητας τερεβινθελαιίου στο βάρος της αρχικής ποσότητας του υγρού και συμπέρανε ότι με τη μετατροπή του νερού σε πάγο το τερεβινθέλαιο έχανε το $1/92$ μέρος της αρχικής του ποσότητας και με την εισαγωγή στο μίγμα χιονιού και αλατιού έφτανε στο $1/47$.

Στο συγκεκριμένο πείραμα ο Boyle είχε καταφέρει μέσω του οργάνου του κλειστού θερμοσκοπίου να απομονώσει δύο υγρά, το απόσταγμα κρασιού και το τερεβινθέλαιο, από τις εξωτερικές επιρροές, όπως ήταν το βάρος του αέρα, και μέσω της συρρίκνωσής τους να μετρήσει τη διαφορά του βαθμού ψύχους που προκαλεί την ψύξη του νερού και εκείνου που παράγεται από το μίγμα χιονιού και αλατιού. Η έλλειψη τυποποιημένης κλίμακας, όπως καταγράφεται από τον ίδιο τον Boyle στο δεύτερο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, είχε ως αποτέλεσμα οι δύο βαθμοί ψύχους να μην είναι σταθεροί στην κλίμακα του θερμοσκοπίου. Ελλείπει λοιπόν των τυποποιημένων (standards) βαθμών, ο Boyle προσπαθούσε μέσω της μέτρησης της διαφοράς που είχαν οι ενδείξεις στο εκάστοτε θερμοσκόπιο να δει αν η διαφορά τους ήταν σταθερή. Το γεγονός ότι στο πείραμα με το θερμοσκόπιο που περιείχε απόσταγμα κρασιού δεν αναφερόταν η αρχική στάθμη από την οποία ξεκινούσε το πείραμα παρά μόνο οι δύο ενδείξεις της συρρίκνωσης, η πρώτη από το βαθμό που επαρκεί για την ψύξη του νερού και η δεύτερη από το βαθμό που προκαλεί το μίγμα χιονιού και αλατιού, επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι οι ενδείξεις πάνω στην κλίμακα δεν αποτελούσαν σταθερούς βαθμούς ψύχους. Το γεγονός ότι ο Boyle δεν προσπαθούσε να τυποποιήσει τους δύο βαθμούς ψύχους δεν δεικνύει ότι δεν τον ενδιέφερε κάτι τέτοιο. Σύμφωνα με τη συζήτηση που είχε κάνει για την τυποποίηση του θερμοσκοπίου στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, είχε γνώση των προβλημάτων που τον εμπόδιζαν να δημιουργήσει μία

σταθερή κλίμακα. Οπότε προσπαθούσε να μετρήσει αυτό που πίστευε ότι θα ήταν εφικτό με τα θερμοσκόπια που είχε στη διάθεσή του.

Μία δεύτερη παρατήρηση σε αυτό το πείραμα αφορά τη θεώρηση ότι το παγωμένο νερό που ψύχονταν από το μίγμα χιονιού και αλατιού είχε ένα μικρότερο βαθμό ψύχους από το ίδιο το μίγμα χιονιού και αλατιού. Καταρχήν πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η αναφορά στους βαθμούς θερμοκρασίας στα πειράματα του ψύχους «ως βαθμούς ψύχους» γίνεται ακολουθώντας τους όρους που χρησιμοποιεί ο ίδιος ο Boyle. Απο την αρχή της πραγματείας ξεκαθαρίζεται ότι δεν γίνεται λόγος για βαθμούς θερμοκρασίας γενικά αλλά για βαθμούς ψύχους και βαθμούς θερμότητας. Δεύτερον, ο Boyle λάμβανε τον βαθμό που παραγόταν από το μίγμα χιονιού και αλατιού και μεταδιδόταν στο νερό ως διαφορετικό από το βαθμό που προκαλούσε το ίδιο το μίγμα χωρίς αυτός να μετρηθεί την ώρα που πάγωνε το νερό. Επομένως είχε συνειδητοποιήσει ότι η μετάδοση ενός βαθμού ψύχους από ένα σώμα σε ένα άλλο δεν σήμαινε ότι το δεύτερο σώμα αποκτούσε τον ίδιο βαθμό ψύχους με την πηγή του. Αυτό ίσως να είχε την προέκταση ότι μπορεί το σώμα με τη λιγότερη διέγερση των σωματιδίων να μειώνει την κίνηση των σωματιδίων του σώματος στο οποίο μεταδιδόταν αλλά υπήρχαν άλλα χαρακτηριστικά των σωματιδίων που έκαναν κάθε σώμα να αυξάνεται ο βαθμός ψύχους του μέχρι ένα σημείο.

Το επόμενο πείραμα στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού για την εκτίμηση δύο διαφορετικών βαθμών ψύχους περιλαμβάνεται στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο («Title XXI»), ανάμεσα στα πειράματα που είχαν γίνει για την περαιτέρω εξέταση της ψυχρότητας του νίτρου⁴⁰⁰. Εδώ ο Boyle εξετάζε το πείραμα που είχε δοκιμάσει ο σχολαστικός Cabeus διαλύοντας salt-petre και νερό σε μία αναλογία ένα προς τρία και παρατηρώντας ότι το διάλυμα είχε ψυχρανθεί και στη συνέχεια είχε παγώσει. Στο πρώτο πείραμά του, ο Boyle εξέτασε ένα διάλυμα του οποίου η αναλογία ήταν μία λίβρα (pound) salt-petre και τρεις λίβρες νερού και το οποίο ανακάτευε συνεχώς. Ο Boyle δεν παρατηρούσε τα φαινόμενα που είχε αναφέρει ο Cabeus και υποπετυόμενος ότι μπορεί να φταίει η ποσότητα της αναλογίας, δοκίμασε το ίδιο

⁴⁰⁰ Το εικοστό πρώτο κεφάλαιο («Title XXI») περιλάμβανε αρκετά πειράματα που παρουσιάζονταν ως συμπληρώσεις των πειραμάτων των είκοσι προηγούμενων κεφαλαίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το πείραμα αφορούσε την εξέταση της ψυχρότητας του νίτρου, ένα φαινόμενο που εξετάζονταν στο δέκατο έβδομο κεφάλαιο («Title XVII») στα πλαίσια της εξέτασης του νίτρου ως «το πρώτο ψυχρό σώμα».

πείραμα με δύο προς έξι ουγγιές salt-petre και νερού. Ούτε και σε αυτή την περίπτωση παρατηρήθηκε η μετατροπή του νερού σε πάγο. Παρατηρήθηκε όμως ότι καθώς έλιωνε η μεγάλη ποσότητα salt petre, το νερό αποκτούσε μία ψυχρότητα η οποία άρχισε να μειώνεται όταν το νιτρικό άλας είχε λιώσει. Η ανάπτυξη αυτής της ψυχρότητας είχε παρατηρηθεί επίσης στη διάλυση του κοινού αλατιού σε νερό. Η ψυχρότητα που προκαλούσε το νίτρο φαινόταν αρκετά μικρότερη από τον βαθμό που αντιστοιχούσε στην ψύξη του νερού και ο Boyle προσπάθησε να εξετάσει το φαινόμενο με το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού προκειμένου να επιβεβαιώσει ότι οι αισθήσεις του δεν τον παραπληροφορούσαν⁴⁰¹. Το θερμοσκόπιο, το οποίο ήταν σε μάκρος δέκα ή δώδεκα ίντσες, τοποθετήθηκε πρώτα μέσα στο διάλυμα νερού και salt-petre όπου το υγρό του κατέβηκε αρκετά⁴⁰². Όταν είχε τελειώσει η δράση αυτού του βαθμού ψύχους, ο Boyle το έθεσε μέσα σε ένα δοχείο με νερό, το οποίο περιβαλλόταν από μίγμα πάγου και αλατιού. Το ρευστό έπεσε δύο ή τρεις ίντσες πιο κάτω από την προηγούμενη στάθμη του. Όταν τέθηκε ξανά στο διάλυμα ξανανέβηκε, σαν να είχε μεταφερθεί σε κάτι θερμό και στη συνέχεια, όταν μεταφέρθηκε πάλι στο νερό, το υγρό υποχώρησε γρήγορα και μετά από κάποια ώρα έπεσε τελείως μέσα στο στρογγυλό δοχείο.

Στο συγκεκριμένο πείραμα, η χρήση του θερμοσκοπίου δεν πληρούσε μόνο την ανάγκη επιβεβαίωσης της ψυχρότητας που παρουσίαζε το διάλυμα salt-petre και νερού καθώς έλιωνε το πρώτο και της διαφοράς του με το βαθμό που μετατρέπει το νερό σε πάγο. Η διαφορά αυτή ήταν οφθαλμοφανής από τη στιγμή που το διάλυμα δεν πάγωνε καθώς έλιωνε το salt-petre. Το θερμοσκόπιο χρησιμοποιούνταν εδώ για να δείξει ότι η διαφορά αυτή ήταν μεγάλη και να επιβεβαιώσει την ένδειξη της διαφοράς που έδιναν οι αισθήσεις. Η πτώση του υγρού του θερμοσκοπίου, όταν τοποθετούνταν στο νερό που περιβαλλόταν από το μίγμα χιονιού και αλατιού, κατά δύο ή τρεις ίντσες αποτελούσε μία σημαντική πτώση δεδομένου ότι ο σωλήνας είχε μήκος δέκα ή δώδεκα ίντσες. Το θερμοσκόπιο εδώ πληρούσε μία ανάγκη μέτρησης της διαφοράς, την οποία δεν μπορούσαν να ικανοποιήσουν οι αισθήσεις. Μία δεύτερη παρατήρηση αφορά τη σύγκριση της πειραματικής διάταξης του συγκεκριμένου πειράματος με εκείνη του

⁴⁰¹ «this coldness produc'd by the Nitre, was very far short of the degree requisite to congelation: for to satisfie my self, that my sense did not misinform me, I took a good seal'd Weather-glass of about ten or twelve inches long...», Ο.π., σελ. 424.

⁴⁰² «not inconsiderably», Ο.π., σελ. 424.

τετάρτου κεφαλαίου («Title III»). Και στα δύο πειράματα ο Boyle αναγκαζόταν να χρησιμοποιήσει νερό σε δοχείο που περιβαλλόταν από μίγμα χιονιού και αλατιού, προκειμένου να σημειώσει στο θερμοσκόπιο την ένδειξη του βαθμού που ψύχει το νερό. Επειδή δεν υπήρχε μία σταθερή κλίμακα η οποία να δεικνύει το βαθμό ψύχους την ώρα που το νερό μετατρέπεται σε πάγο από μίγμα χιονιού και αλατιού, κάθε φορά που ο Boyle ήθελε να συγκρίνει αυτό τον βαθμό ψύχους με έναν άλλο έβαζε το θερμοσκόπιο να τον ξαναμετρήσει. Η πρακτική αυτή αποδείκνυε την έλλειψη χρήσης μίας τυποποιημένης κλίμακας όπου ο συγκεκριμένος βαθμός έπρεπε να βρίσκεται σημαδεμένος και να χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς. Κάθε πείραμα και κάθε χρήση θερμοσκοπίου σήμαινε και τη χρήση μίας νέας κλίμακας.

Το τρίτο πείραμα όπου φαίνεται η προσπάθεια του Boyle να μετρήσει τη διαφορά μεταξύ βαθμών ψύχους περιλαμβάνεται στο δέκατο όγδοο κεφάλαιο («Title XVIII»), όπου εξετάζονταν η ψυχρότητα του αέρα και τα αποτελέσματά της σε αυτόν. Εκεί ο Boyle έδινε βάρος στο πείραμα που εκτελούσε με ένα φουσερό («pair of bellows») και ένα θερμοσκόπιο για να εξετάσει την προέλευση της ψυχρότητας των βόρειων και ανατολικών ανέμων. Ο Boyle είχε ξεκινήσει το κεφάλαιο ορίζοντας ότι ο αέρας στη φυσική του κατάσταση ήταν ψυχρός ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις. Στη συνέχεια, με μία σειρά ψυκτικών φαινομένων, όπως ήταν το νερό που εκτοξευόταν στην ατμόσφαιρα και πάγωνε πριν πέσει στο έδαφος, ο Boyle θεωρούσε ότι έδειχνε τον έντονο βαθμό ψύχους που προκαλούσαν στον αέρα τα «efficient causes» του ψύχους. Ο Boyle θεωρούσε ότι αυτή η ψυχρότητα ήταν επίκτητη. Το ίδιο πίστευε και για την ψυχρότητα των βόρειων και ανατολικών ανέμων, την προέλευση της οποίας ερευνούσε με το θερμοσκόπιο. Κατά τον Boyle, υπήρχαν απόψεις σύμφωνα με τις οποίες η θερμότητα των νότιων ανέμων προκαλούνταν από αναθυμιάσεις και ατμούς που βρίσκονταν στα μέρη από όπου αυτοί περνούσαν. Το ίδιο υποστηριζόταν ότι ίσχυε και για άλλες ιδιότητες των ανέμων. Για την προέλευση της ψυχρότητας των βόρειων και ανατολικών ανέμων όμως, ο Boyle υποστήριζε ότι είχαν εκφραστεί κάποιες αμφιβολίες από μοντέρνους φιλοσόφους, οι οποίοι μαζί με τους Καρτεσιανούς, δεν αποδέχονταν την ύπαρξη σωματιδίων ψύχους που προκαλούν επίκτητη ψυχρότητα στον αέρα.

Για να διαφωτίσει αυτό το ζήτημα ο Boyle εκτέλεσε δύο πειράματα όπου εξέταζε τον αέρα που φυσούνταν μέσα από ένα φουσερό πάνω σε δύο θερμοσκόπια. Στο πρώτο πείραμα ήλεγχε την ψυχρότητα που αποκτά ο αέρας με την κίνησή του, φυσώντας με το φουσερό πάνω στο θερμοσκόπιο με την αιωρούμενη σταγόνα νερού του οποίου η αρχική ένδειξη κατέγραφε τη θερμοκρασία του αέρα του δωματίου. Στην αρχή το θερμοσκόπιο έδειχνε ότι ο αέρας που ερχόταν από το φουσερό ήταν πιο θερμός, ενώ ο Boyle τον είχε βρει με τις αισθήσεις κρύο. Έχοντας την υποψία ότι η θέρμανση του αέρα προερχόταν από την παραμονή του μέσα στο φουσερό, ο Boyle βελτίωσε την πειραματική διάταξη πλησιάζοντας το φουσερό στο παράθυρο από όπου ερχόταν πιο ψυχρός αέρας και τοποθετώντας το θερμοσκόπιο έτσι ώστε ο αέρας, όταν έβγαινε, έπεφτε κατευθείαν πάνω του. Με αυτή την αλλαγή ο αέρας που προερχόταν από το φουσερό προκαλούσε την πτώση της σταγόνας νερού.

Στο δεύτερο πείραμα, θεωρώντας ότι είχε αποδείξει ότι ο αέρας αποκτά μία ψυχρότητα με την κίνησή του, ο Boyle έδειχνε ότι ο άνεμος μπορεί να αποκτήσει μία μεγαλύτερη ψυχρότητα. Υποστήριζε ότι, είτε το ψύχος προκαλούνταν από την έκκλιση ψυκτικών σωματιδίων από τον πάγο είτε από κάποια άλλη αιτία, τα σωματίδια του ψύχους μεταφέρονταν από τον άνεμο και μπορούσαν να θεωρηθούν από ένα λιγότερο ψυχρό σώμα πιο ψυχρά. Στο δεύτερο πείραμα ο Boyle χρησιμοποιούσε το κοινό θερμοσκόπιο με το οποίο συνέκρινε καταρχήν τη θερμοκρασία του αέρα όταν φυσούνταν από το φουσερό με εκείνη του αέρα που φυσούνταν από το φουσερό όταν το τελευταίο τοποθετούνταν σε μίγμα χιονιού και αλατιού ώστε ο αέρας πριν εξαχθεί από αυτό να ψυχθεί. Αρχικά ο Boyle είχε δοκιμάσει να εκτιμήσει τη διαφορά στη θερμοκρασία με τις αισθήσεις, βρίσκοντας τον αέρα πιο ψυχρό όταν το φουσερό είχε εισαχθεί στο ψυκτικό μίγμα από ό,τι όταν δεν είχε. Όταν χρησιμοποιήθηκε το θερμοσκόπιο και φύσηξε τον αέρα που είχε ψυχθεί από το μίγμα χιονιού και αλατιού που περιέβαλλε το φουσερό, η στάθμη του υγρού ανέβηκε αισθητά με το πρώτο φύσημα και συνέχισε να ανεβαίνει με τα υπόλοιπα. Όταν ο Boyle σταματούσε να φυσάει, το υγρό έπεφτε βαθμιαία μέχρι την επανεκκίνηση του φύσηματος. Αυτό επιβεβαίωνε ότι ο αέρας που προερχόταν από το φουσερό που είχε εισαχθεί σε μίγμα χιονιού και αλατιού ήταν πιο κρύος από αυτόν που φυσούνταν όταν το φουσερό δεν είχε ψυχθεί. Το πείραμα εκτελέστηκε επίσης τοποθετώντας το φουσερό έτσι ώστε ο αέρας πρώτα να περνάει πάνω από το ψυκτικό

μίγμα και μετά να χτυπά το στρογγυλό δοχείο του θερμοσκοπίου. Το θερμοσκόπιο έδειξε ότι ο αέρας ήταν πιο ψυχρός από ό,τι στην περίπτωση που το ψυκτικό μίγμα τοποθετούνταν γύρω από το σωλήνα του φουσερού. Με αυτά τα πειράματα ο Boyle έδειχνε ότι ο αέρας που φυσούνταν, έχοντας έρθει σε άμεση επαφή με το ψυκτικό μίγμα, ήταν ψυχρότερος από εκείνον που είχε ψυχρανθεί μέσα στο σωλήνα του φουσερού. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις ο αέρας ήταν ψυχρότερος από εκείνον που φυσούνταν από το φουσερό όταν δεν υπήρχε ψυκτικό μίγμα να ψυχράνει τον αέρα. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle έδειχνε ότι το ψύχος των βόρειων και ανατολικών ανέμων προερχόταν από σωματίδια ψύχους.

Κλείνοντας τη συζήτηση ο Boyle άφηνε ανοιχτό το ενδεχόμενο η εξήγησή του να μην ήταν η μοναδική για την προέλευση αυτών των ανέμων και ορισμένοι από αυτούς να δημιουργούνται από τον αέρα των υψηλότερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας, όπου ο αέρας λόγω της ηπιότερης ανάκλασης του φωτός είναι πιο κρύος. Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο («Title XXI») ο Boyle επαναλάμβανε το τελευταίο πείραμα σε διαφορετικές θερμοκρασιακές συνθήκες και χρησιμοποιούσε υδράργυρο αντί νερό. Τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια. Η χρήση του υδράργυρου επιβεβαίωνε τα συμπεράσματα του Boyle, γιατί έδειχνε ότι τα ίδια φαινόμενα προέκυπταν και στην περίπτωση της χρήσης ενός υγρού που ήταν βαρύτερο από το νερό. Ο Boyle για να αποκλείσει την περίπτωση της απευθείας δράσης του μίγματος χιονιού και αλατιού στις ενδείξεις του θερμοσκοπίου, σταματούσε το φύσημα και παρατηρούσε ότι η στάθμη του υγρού έπεφτε, κάτι που δεν θα έπρεπε να συμβαίνει αν το θερμοσκόπιο ψυχραινόταν κατευθείαν από το μίγμα χιονιού και αλατιού.

Τα παραπάνω πειράματα με το φουσερό προσφέρουν μία παραδειγματική χρήση του θερμοσκοπίου καταρχήν γιατί ένα μακροσκοπικό φαινόμενο, δηλαδή η ψυχρότητα του βόρειου και ανατολικού ανέμου, ανάγεται σε μία πειραματική διάταξη στο χώρο ενός εργαστηρίου. Με βάση αυτή την πειραματική διάταξη ο Boyle προσπαθεί να βγάλει συμπεράσματα για το μακροσκοπικό φαινόμενο. Οι συνεχείς αλλαγές που γίνονται στην πειραματική διάταξη για να επιβεβαιωθούν τα πειραματικά γεγονότα και να αποκλειστούν παράγοντες που δεν πρέπει να παίζουν ρόλο, δείχνουν ότι τα πειράματα του Boyle ήταν καλά σχεδιασμένα και εκτελούνταν με προσοχή έτσι ώστε να συνάγονται σωστά και πειστικά συμπεράσματα.

Οι παραπάνω περιπτώσεις χρήσης του θερμοσκοπίου στα πλαίσια ενός πειράματος δείχνουν ότι, ενώ ο Boyle θεωρούσε ότι αυτή η μέθοδος έδινε πιο αντικειμενική πληροφόρηση από τις ανθρώπινες αισθήσεις, οι περιπτώσεις στις οποίες βασιζόταν αποκλειστικά στο θερμοσκόπιο για το συμπέρασμα των πειραμάτων του ήταν λίγες. Η περίπτωση της χρήσης του στην ποσοτικοποίηση του βαθμού που παράγεται τεχνητά και είναι μεγαλύτερος από αυτόν που μετατρέπει το νερό σε πάγο, καθώς και εκείνη όπου αποδεικνύει την ψύχρανση των ανέμων από μία πρόσθετη πηγή ψύχους, όπως είναι τα σωματίδια του πάγου, αποτελούν περιπτώσεις όπου ο Boyle βασιζόταν μόνο στις ενδείξεις του θερμοσκοπίου για τη συναγωγή συμπερασμάτων. Επίσης τα δύο πειράματα αποτελούν παραδείγματα όπου καμία από τις άλλες δύο μεθόδους δεν θα μπορούσε να είχε οδηγήσει τον Boyle στα ίδια συμπεράσματα. Η περίπτωση της χρήσης του θερμοσκοπίου στην εξέταση της ψυχρότητας του νίτρου, και ειδικά στην περίπτωση που εξετάζοταν η διαφορά του βαθμού ψύχους του νίτρου από τον βαθμό που ψύχει το νερό, αποτελεί και αυτή μία περίπτωση όπου η μέθοδος της ανθρώπινης αίσθησης δεν χρησίμευε στη συναγωγή σωστών συμπερασμάτων. Όμως σε αυτή την περίπτωση το θερμοσκόπιο δεν έδινε μία τελική απάντηση στο ερώτημα. Παρ'όλα αυτά, είναι σημαντικό ότι σε αυτή την περίπτωση το θερμοσκόπιο χρησιμοποιούνταν για να συναχθούν πειραματικά γεγονότα για ένα ερώτημα που αφορούσε τη φύση του ψύχους και την αντίκρουση μίας θεωρίας με την οποία ο Boyle διαφωνούσε. Μία παρόμοια περίπτωση αποτελεί και η συζήτηση για «το φαινόμενο της αντιπερίστασης» που περιλαμβάνει ο Boyle στο *Cold*⁴⁰³.

Η χρήση του θερμοσκοπίου σε αυτό το κεφάλαιο είναι σημαντική για τρεις λόγους. Καταρχήν ο ρόλος του θερμοσκοπίου προβάλλεται από τον Boyle ως βασικός και καταλυτικός στην επιχειρηματολογία του ενάντια στο αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης. Κατά δεύτερον είναι από τις σπάνιες περιπτώσεις, όσον αφορά την «Ιστορία του Ψύχου», όπου προϋπήρχε μία παράδοση χρήσης του θερμοσκοπίου από τους ίδιους τους σχολαστικούς. Μέσα από το κεφάλαιο που παραθέτει ο Boyle,

⁴⁰³ Στο λεξικό αρχαίας ελληνικής γλώσσας το ρήμα «αντιπερίστημι» εξηγείται ως: περιβάλλω και συμπιέζω προς τα έσω πανταχόθεν, ενίοτε γαρ και κάειν λέγεται και θερμαίνειν το ψυχρόν, ουχ ως το θερμόν, αλλά τω συνάγειν η αντιπεριστάναί το θερμόν. Αριστ. Μεωρ. 2) εν τω παθ. ωσαύτως, αντικαθίσταμαι υπό ετέρας ουσίας, αυτόθι. Το ουσιαστικό ως: 1) συμπίεσης πανταχόθεν, 2) αμοιβαία εναλλαγή δύο ουσιών (Αριστοτέλη Φυσ. Μετεωρολογικά), Liddell, Scott, τόμος 1ος, σελ., 259. «An Examen of Antiperistasis, As It is wont to be Taught and Prov'd», Boyle [1665α], σσ. 459-498.

αναδεικνύεται η βασική επιχειρηματολογία των σχολαστικών για το δόγμα, η οποία βασιζόταν σε ψυκτικά και θερμικά φαινόμενα, στη χρήση των δεδομένων της αισθητηριακής εμπειρίας, αλλά και σε μία πειραματική πρακτική όπου χρησιμοποιούνταν τα θερμοσκόπια για τη συναγωγή συμπερασμάτων. Ο Boyle, προσπαθώντας να αντικρούσει τα αριστοτελικά επιχειρήματα, χρησιμοποιούσε τα ψυκτικά και θερμικά φαινόμενα που παράγει η φύση αλλά έδινε ιδιαίτερη σημασία στα πειράματα που σχεδίαζε με τη χρήση θερμοσκοπίων. Η συζήτηση λοιπόν για το δόγμα της αντιπερίστασης αποτελεί από τις σπάνιες περιπτώσεις όπου το θερμοσκόπιο θεωρείται μία πειστική μέθοδος για να δοθεί λύση σε μία διαμάχη που έπαιζε σημαντικό ρόλο στη συνδιάλεξη που είχαν οι νέες ατομιστικές θεωρίες με το σχολαστικισμό. Τρίτον, η επιχειρηματολογία του Boyle εναντίον του δόγματος ενισχύει την άποψη που έχει εκφραστεί παραπάνω σχετικά με τον ρόλο των αισθήσεων στον καθορισμό από τον Boyle της ιδιότητας που επικρατούσε στα σώματα στην φυσική τους κατάσταση.

Το κεφάλαιο που αφιέρωνε ο Boyle στη συζήτηση του δόγματος της αντιπερίστασης αποτελούνταν από μία κύρια ενότητα γραμμένη στο ύφος διαλόγου μεταξύ τριών προσώπων, του Καρνεάδη, του Themistius, και του Ελευθέριου, όπου συζητούνταν τα επιχειρήματα υπέρ και κατά του δόγματος της αντιπερίστασης⁴⁰⁴. Ο Καρνεάδης φαινόταν να εκφράζει τις απόψεις του Boyle και ο Themistius τις απόψεις των αριστοτελικών. Στην ενότητα αυτή προστίθετο ένα σύντομο κείμενο με τον τίτλο «Postscript», το οποίο γράφτηκε σε ύστερη περίοδο. Στο κείμενο αυτό, όπου ο Boyle εξέφραζε τη γνώμη του χωρίς τη διαμεσολάβηση του Καρνεάδη, δήλωνε την υποστήριξή του στα επιχειρήματα του τελευταίου αλλά και ορισμένες αμφιβολίες. Σύμφωνα με την περιγραφή του δόγματος από τον Themistius στην πρώτη ενότητα, οι αριστοτελικοί δίδασκαν ότι η φύση έχει ορίσει το ψύχος και τη θερμότητα να κατοικούν στα σώματα. Όταν αυτά τα σώματα αναμιγνύονται, υπάρχει ο φόβος οι ιδιότητες αυτές να καταστραφούν στα σώματα στα οποία ενυπάρχουν. Προς αποφυγή αυτής της εξέλιξης, η

⁴⁰⁴ Τα τρία πρόσωπα της συζήτησης είχαν χρησιμοποιηθεί στον διάλογο που αποτελούσε το κείμενο του *Sceptical Chymist* (1662) καθώς και σε εκείνο που αποτελούσε την αδημοσίευτη πραγματεία *Dialogues on Heat and Flame*. Σύμφωνα με την ανάλυση, από τον Principe, των απόψεων που εκπροσωπούσε στο συγκεκριμένο έργο ο κάθε ομιλητής, ο Καρνεάδης ήταν σκεπτικιστής, ο Themistius υποστηρικτής του αριστοτελισμού και ο Ελευθέριος ο αντικειμενικός κριτής, Principe [1998], σελ. 28. Ο Boyle ανέφερε, στην εισαγωγή του στο διάλογο για την αντιπερίσταση, ότι τον είχε γράψει ως συνέχεια ενός άλλου διαλόγου. Εδώ μπορούμε να εικάσουμε, λόγω της συνάφειας του θέματος, ότι τον είχε γράψει ως συνέχεια του διαλόγου της πραγματείας *Dialogues on Heat and Flame*. Boyle [1665a], σελ. 463.

φύση έχει οργανώσει έτσι τη συμπεριφορά τους που όταν σε ένα σώμα ενυπάρχει η μία ιδιότητα από τις δύο, και το σώμα αυτό περιβάλλεται από σώματα στα οποία ενυπάρχει η αντίθετη ιδιότητα, τότε η ιδιότητα του πρώτου σώματος υποχωρεί στα ενδότερα του σώματος, περισυλλέγει τις δυνάμεις της και ανανεώνεται έτσι ώστε να αμυνθεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός αυτής της ιδιότητας και έτσι να αντιστέκεται στην αντίπαλη ιδιότητα που θα την είχε καταστρέψει. Ο Boyle δεν διαφωνούσε στην πιθανότητα παρατήρησης φαινομένων όπου η μία ιδιότητα υπήρχε σε μεγαλύτερο βαθμό από την αντίθετη που την περιέβαλλε, αλλά με την εξήγηση που έδιναν σε αυτά τα φαινόμενα οι αριστοτελικοί.

Τα βασικά φαινόμενα που πρόβαλλαν οι αριστοτελικοί υπέρ του φαινομένου της αντιπερίστασης για τις ιδιότητες της θερμότητας και της ψυχρότητας, ήταν η ψυχρότητα του μεσαίου στρώματος του αέρα όταν στα άλλα δύο επικρατούσε θερμότητα, η εμφάνιση χαλαζιού αποκλειστικά το καλοκαίρι, η θέρμανση του οξειδίου του ασβεστίου (quicklime) όταν διαλυόταν σε κρύο νερό καθώς και το φαινόμενο της μεγαλύτερης θερμότητας που εμφάνιζαν οι υπόγειοι χώροι και τα υπόγεια ύδατα τον χειμώνα, όπως ήταν τα ορυχεία, τα κελάρια, τα πηγάδια συγκριτικά με το καλοκαίρι και της μεγαλύτερης ψυχρότητάς τους το καλοκαίρι σε σύγκριση με εκείνη του χειμώνα. Αυτά αποτελούσαν και τους σημαντικότερους στόχους του Boyle. Για τα πρώτα τρία φαινόμενα, τα αντεπιχειρήματά του βασιζόνταν σε παρατηρήσεις αντίθετων φαινομένων, καθώς και σε πειράματα που εκτελούσε ο ίδιος. Για την αντίκρουση του φαινομένου της θέρμανσης του οξειδίου του ασβεστίου, ο Boyle εκτελούσε πειράματα όπου έδειχνε ότι το ίδιο αποτέλεσμα προκαλείται από τη διάλυση του οξειδίου σε ζεστό νερό καθώς και ότι η διάλυση του οξειδίου του ασβεστίου με άλλα ψυχρά υγρά δεν είχε ως αποτέλεσμα τη θέρμανσή του. Από τις αναφορές του, φαίνεται ότι οι τρόποι με τους οποίους έκρινε τη θερμότητα των διαλυμάτων ήταν η αφή, το σπάσιμο της φιάλης και η ανάδυση ατμών. Σύμφωνα με το αριστοτελικό επιχείρημα που βασιζόταν πάνω στην ψυχρότητα του μεσαίου στρώματος του αέρα, η κυριαρχία, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, της θερμότητας στη χαμηλότερη και στην υψηλότερη περιοχή του αέρα είχε ως αποτέλεσμα την υποχώρηση του ψύχους της γης και του νερού τα οποία θερμαίνονται με τις ακτίδες του ήλιου στη μεσαία περιοχή του αέρα. Εκεί η ψυχρότητα αντιστεκόταν στη θερμότητα των άλλων δύο περιοχών, των οποίων η θερμότητα εντεινόταν, στη μία από την

αντανάκλαση των ακτίνων του ηλίου και στην άλλη από το μέγεθος της περιοχής και την εγγύτητά της στο στοιχείο της φωτιάς. Σε αυτή την περίπτωση ο Boyle δεν εξέταζε την ψυχρότητα του μεσαίου στρώματος. Καταρχήν έβρισκε μια αντίφαση στο ίδιο το αριστοτελικό επιχείρημα. Εφόσον ο αέρας, σύμφωνα με τους αριστοτελικούς, ήταν εκ φύσεως θερμός, τότε το φαινόμενο δεν συμφωνούσε με την εξήγηση της αντιπερίστασης ότι τα σώματα που έχουν την ιδιότητά τους αυξημένη, βάζονται από σώματα στα οποία κυριαρχεί η αντίθετη ιδιότητα από αυτή που είναι φυσική σε αυτά. Ο Boyle αμφισβητούσε επίσης τη θερμότητα της ανώτερης περιοχής υποστηρίζοντας ότι αν ήταν θερμή, δεν θα ήταν δύσκολο η θερμότητα να μεταδοθεί και στη μεσαία περιοχή, εφόσον αυτή ήταν ακριβώς δίπλα της. Επίσης απέρριπτε την ύπαρξη του στοιχείου της φωτιάς, δηλαδή την πηγή της θερμότητάς της. Η εξήγηση που έδινε ο ίδιος στο φαινόμενο βασιζόταν στη θεωρία του για την ψυχρότητα που κυριαρχεί στον αέρα στη φυσική του κατάσταση. Ο Boyle θεωρούσε ότι η θερμότητα της κατώτερης περιοχής του αέρα είναι επίκτητη και δημιουργείται από τις αντανακλώμενες ακτίνες του ήλιου. Όταν οι ακτίνες φτάνουν στη δεύτερη περιοχή, είναι άτονες και διασκορπισμένες και δεν υπερτερούν της ψυχρότητας του αέρα, η οποία ενισχύεται από σωματίδια αέρα που βρίσκουν καταφύγιο εκεί. Με την εξήγηση αυτή έδειχνε ότι δεν υπήρχε ανάγκη να ανατρέξει κανείς στο φαινόμενο της αντιπερίστασης για να εξηγήσει το φαινόμενο.

Το τρίτο φυσικό φαινόμενο που πρόβαλλαν οι αριστοτελικοί ως αποτέλεσμα της αντιπερίστασης ήταν το ψυκτικό φαινόμενο του χαλαζιού. Οι αριστοτελικοί ανήγαγαν τη δημιουργία του χαλαζιού στις σταγόνες της βροχής, των οποίων η ψυχρότητα, καθώς περνούν από το κατώτερο στρώμα του αέρα, που είναι θερμό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, εντείνεται με αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε χαλάζι. Καταρχήν ο Boyle ανέφερε ως αντεπιχειρήματα μαρτυρίες της πτώσης χαλαζιού τους χειμωνιάτικους μήνες καθώς και της μη συχνής εμφάνισης του φαινομένου το καλοκαίρι και μάλιστα στις θερμές χώρες όπως ήταν η Αίγυπτος. Κατά δεύτερον με βάση την παρατήρηση ότι το χαλάζι είχε στο εσωτερικό του ψύχα από χιόνι, αμφισβητούσε την αριστοτελική άποψη ότι το χιόνι δημιουργούνταν στο ανώτερο στρώμα του αέρα και το χαλάζι στο κατώτερο. Επίσης θεωρούσε ότι το πολυγωνικό σχήμα καθώς και το μέγεθος του χαλαζιού δεν συμφωνούσε με τη διακριτή ψύξη των σταγόνων στο κατώτερο στρώμα του αέρα. Ως εδώ η επιχειρηματολογία του Boyle ενάντια στα φαινόμενα που προβάλλονταν από τους

αριστοτελικούς βασιζόταν κυρίως σε ψυκτικά και θερμικά φαινόμενα που είτε αναφέρονταν σε μαρτυρίες είτε προκαλούσε ο ίδιος μέσω πειραμάτων· ελάχιστα όμως βασιζόνταν στην εκτίμηση της ψυχρότητας ή θερμότητας μέσω κάποιου οργάνου.

Εδώ πρέπει να προσθέσουμε και την αντίκρουση δύο πειραμάτων που σύμφωνα με τον Boyle πρόβαλλαν οι μοντέρνοι φιλόσοφοι για την υποστήριξη της εξηγητικής υπόθεσης της αντιπερίστασης⁴⁰⁵. Στο πρώτο πείραμα υποστηριζόταν ότι αν τοποθετηθεί ένα δοχείο με νερό πάνω σε ένα σκαμνί, χυθεί ανάμεσά τους νερό και τεθεί να ψυχθεί μέσα σε μίγμα χιονιού και αλατιού δίπλα στη φωτιά, τότε το νερό που υπάρχει ανάμεσα στο δοχείο και στο σκαμνί θα μετατραπεί σε πάο. Στο δεύτερο πείραμα υποστήριζαν ότι αν τοποθετηθεί ένα ποτήρι με νερό μέσα σε ένα δοχείο που είναι κατά το ήμισυ γεμάτο με χιόνι, και τα δύο μαζί τοποθετηθούν πάνω από τη φωτιά, τότε το νερό θα παγώσει γιατί η ψυχρότητα του νερού θα ενισχυθεί από τη θερμότητα και θα πετάξει μέσα στο νερό μετατρέποντάς το σε πάγο. Ως προς το πρώτο πείραμα ο Boyle αντέκρουε τη χρήση του ως επιβεβαίωση του φαινομένου της αντιπερίστασης, εκτελώντας με επιτυχία το πείραμα μακριά από τη φωτιά. Ως προς το δεύτερο πείραμα ο Boyle αμφισβητούσε το αποτέλεσμα λόγω της αποτυχίας των προσπαθειών του να το αναπαραγάγει. Επειδή όμως δεν μπορούσε να αποκλείσει την επιτυχία του πειράματος, υποστήριζε ότι σε αυτή την περίπτωση η ψύξη του νερού θα μπορούσε να εξηγηθεί από την ψυχρότητα που εκλύεται κατά την τήξη του χιονιού η οποία επιταχύνεται από τη δράση της φωτιάς.

Το επίμαχο όμως φαινόμενο, το οποίο ο Boyle συζήτησε σε μεγαλύτερη έκταση από τα παραπάνω και στο οποίο στηρίχθηκε η απόρριψη του φαινομένου της αντιπερίστασης ήταν η ψυχρότητα των κελαριών και των υπόγειων χώρων το καλοκαίρι και η θερμότητά τους τον χειμώνα. Στη συζήτηση του συγκεκριμένου φαινομένου ο Boyle χρησιμοποίησε στην επιχειρηματολογία του και τις τρεις μεθόδους εκτίμησης της θερμοκρασίας δίνοντας προτεραιότητα στις πληροφορίες του θερμοσκοπίου. Ακολουθούσε δύο τρόπους αντίκρουσης του φαινομένου ως μέσου υποστήριξης της εξηγητικής υπόθεσης της αντιπερίστασης. Με τον πρώτο τρόπο κάλυπτε την περίπτωση κατά την οποία η εκτίμηση της θερμοκρασίας των υπόγειων χώρων θα ήταν αποτέλεσμα

⁴⁰⁵ Ο Boyle διευκρίνιζε ότι τα δύο πειράματα δεν προβάλλονταν ως αποδείξεις ούτε από τον ίδιο τον Αριστοτέλη ούτε από τους αρχαίους σχολιαστές του. Με την λέξη «moderns» πιθανότατα αναφερόταν σε σχολαστικούς της εποχής του που είχαν συλλάβει πέρα από τα φαινόμενα που ορίζονταν από την αριστοτελική παράδοση ως αποδείξεις του δόγματος, ορισμένα πειράματα ως προς τον ίδιο σκοπό. Ο.π., σελ. 471.

της λανθασμένης πληροφόρησης των ανθρώπινων αισθήσεων και με το δεύτερο τρόπο την περίπτωση που η θερμοκρασία θα ήταν στην πραγματικότητα αυτή που περιγραφόταν από τους αριστοτελικούς. Σύμφωνα λοιπόν με τον πρώτο τρόπο αντίκρουσης, ο Boyle εξηγούσε ότι η αίσθηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας των κελαριών το καλοκαίρι θα μπορούσε να προέρχεται από τη σχετικότητα των πληροφοριών των αισθήσεων οι οποίες, επηρεασμένες από τη θερμοκρασία του θερμού αέρα της ατμόσφαιρας, εκτιμούν ότι η θερμοκρασία του αέρα των υπογείων είναι πιο ψυχρή το καλοκαίρι από όσο είναι τον χειμώνα. Η πληροφόρηση της αισθητηριακής εμπειρίας ήταν επίσης αποτέλεσμα της θερμοκρασίας που διατηρούνταν σε αυτούς τους χώρους λόγω της προστασίας τους και απομάκρυνσής τους από την ψυχρότητα του εξωτερικού αέρα. Το αντίστροφο υποστήριζε ότι συνέβαινε όταν τον χειμώνα τα κελάρια εκτιμώνταν πιο θερμά από ό,τι το καλοκαίρι. Οι ανθρώπινες αισθήσεις, επηρεασμένες από το κρύο της ατμόσφαιρας, ένιωθαν το εσωτερικό των κελαριών, το οποίο ήταν προστατευμένο από το ψύχος της ατμόσφαιρας, θερμότερο από ό,τι το αισθάνονταν το καλοκαίρι. Στην εξήγηση αυτή ο Boyle φαίνεται να προϋπέθετε ότι η θερμοκρασία μέσα στα κελάρια δεν άλλαζε από χειμώνα σε καλοκαίρι· αυτό που άλλαζε ήταν η προδιάθεση των αισθητηριακών οργάνων των ανθρώπων.

Η επιχειρηματολογία του Boyle για την εξήγηση του φαινομένου, στην περίπτωση που κρινόταν από ένα θερμοσκόπιο και όχι από τις αισθήσεις ότι η θερμοκρασία των κελαριών είναι στην πραγματικότητα ψυχρότερη το καλοκαίρι από το χειμώνα, στηριζόταν σε ένα φαινόμενο: στην ανάδυση θερμών ατμών από τα βάθη της γης, οι οποίοι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου στην επιφάνεια του εδάφους επικρατεί παγετός και οι πόροι του εδάφους κρατούνται κλειστοί, εγκλωβίζονται στα κελάρια και στους υπόγειους χώρους και θερμαίνουν τον αέρα και τα υπόγεια ύδατα. Με τον ίδιο τρόπο εξηγούσε το φαινόμενο της μεγαλύτερης ψυχρότητας που θα μπορούσε να εκτιμηθεί στα κελάρια το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμώνα. Ο Boyle εξηγούσε ότι η θερμότητα του εξωτερικού αέρα άνοιγε τους πόρους της γης και δημιουργούσε διόδους διαφυγής των θερμών ατμών που αναδύονταν από το βάθος της γης, με αποτέλεσμα ο αέρας και τα ύδατα των υπόγειων χώρων να χάσουν την αιτία που περιόριζε την ενδογενή ψυχρότητά τους και να φαίνονται ψυχρότερα από πριν. Υποστήριζε ότι στην ουσία δεν είχαν γίνει ψυχρότερα από πριν, αλλά είχαν χάσει την αιτία που μετρίαζε την

ψυχρότητά τους. Ο Boyle στήριζε την επιχειρηματολογία του στην υποθετική εκτίμηση του θερμοσκοπίου και αυτό, γιατί ίσως μέχρι τότε δεν είχε επιχειρήσει τη σύγκριση της θερμοκρασίας των κελαριών ανάμεσα στις δύο εποχές. Παρ'όλα αυτά, όμως, η αναφορά του στην υποθετική εκτίμηση του θερμοσκοπίου αποτελούσε, για πρώτη φορά στο *Cold*, μία έκδηλη δήλωση, ότι μόνο οι ενδείξεις του θερμοσκοπίου μπορούσαν να εκτιμήσουν την πραγματική θερμοκρασία ενός σώματος.

Η ύπαρξη υπόγειων θερμών ατμών αποτελούσε βασικό στοιχείο της εξήγησης που έδινε ο Boyle στο πειραματικό γεγονός που χρησιμοποιούσαν οι αριστοτελικοί για να στηρίζουν την υπόθεση της αντιπερίστασης. Αποτελούσε όμως και τη βάση για ένα ακόμη αντεπιχείρημα στις βασικές προκείμενες της αντιπερίστασης. Σύμφωνα με το αριστοτελικό δόγμα, για να ενδυναμωθεί η θερμότητα του αέρα, πρέπει να περιβάλλεται από άλλα ψυχρά σώματα και η θερμότητα να απομακρυνθεί όσο πιο μακριά γίνεται από αυτά. Σύμφωνα με τον Boyle, ενώ πάνω από τα κελάρια, στον εξωτερικό αέρα, κυριαρχούσε το κρύο του χειμώνα, κάτω από τα κελάρια η υπόγεια θερμότητα έκανε τη γη θερμή. Επομένως η θερμότητα των υπόγειων χώρων κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν μπορούσε να αποδοθεί στην αντιπερίσταση.

Τα παραπάνω επιχειρήματα αφορούσαν τις περιπτώσεις που, είτε μέσω των αισθήσεων είτε μέσω των θερμοσκοπίων, τα κελάρια και οι υπόγειοι χώροι κρίνονταν ψυχρότεροι το καλοκαίρι από το χειμώνα και θερμότεροι το χειμώνα από το καλοκαίρι. Ένα όμως επιπλέον αντεπιχείρημα του Boyle στην εξήγηση της αντιπερίστασης ήταν η απόδειξη ότι τα κελάρια, ορισμένες φορές, ήταν ψυχρότερα το χειμώνα, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας γινόταν ψυχρότερος. Σε αυτό το πειραματικό γεγονός είχε οδηγηθεί μέσω ενός πειράματος με δύο κλειστά θερμοσκόπια⁴⁰⁶. Αρχικά έθεσε δύο κλειστά θερμοσκόπια στον κήπο του κατά τη διάρκεια μίας παγερής νύχτας έτσι ώστε η θερμοκρασία τους να εξομειωθεί με αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα. Στη συνέχεια τοποθέτησε το ένα από αυτά σε ένα κελάρι και σημάδεψε τις αλλαγές με το πέρασ της ώρας. Μετά από δύο με τρεις ώρες το υγρό στο θερμοσκόπιο ανέβηκε πέντε με έξι βαθμίδες ενώ η στάθμη εκείνου που βρισκόταν στον κήπο κατέβηκε λίγο. Ο Boyle θεώρησε ότι αυτή η διαφορά προέκυπτε από την προστασία του κελαριού από το ψύχος του εξωτερικού αέρα και όχι επειδή στην πραγματικότητα ήταν θερμότερο από τον

⁴⁰⁶ Ο.π., σς. 478-479.

εξωτερικό αέρα. Το ότι η θερμότητα μέσα στο κελάρι δεν εντεινόταν, όπως πρόσταζε το δόγμα της αντιπερίστασης, αποδεικνυόταν από την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου όταν το εξωτερικό ψύχος γινόταν πιο έντονο. Σε καιρό που κυριαρχούσε έντονη παγωνιά και μεγάλη χιονόπτωση, το υγρό έπεφτε στην τέταρτη βαθμίδα ενώ όταν φυσούσε νότιος άνεμος που προκαλούσε τήξη, ανέβαινε στην όγδοη βαθμίδα. Από αυτό το αποτέλεσμα ο Boyle συμπεραίνει ότι οι εναλλαγές στον εξωτερικό αέρα επηρέαζαν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του κελαιριού, όχι, όπως υποστήριζε η αντιπερίσταση, με την εντατικοποίηση της αντίθετης ιδιότητας αλλά της ίδιας με εκείνη που επικρατούσε στην ατμόσφαιρα. Τα πειραματικά γεγονότα του θερμοσκοπίου ήλεγχε με την επανάληψη της ίδιας πειραματικής διάταξης αντικαθιστώντας το θερμοσκόπιο με ένα δοχείο που περιείχε λάδι. Όταν στον εξωτερικό καιρό επικρατούσε θερμοκρασία που προκαλούσε την τήξη, το λάδι μέσα στο κελάρι παρέμενε υγρό ενώ όταν επικρατούσε έντονο ψύχος, το λάδι στερεοποιούνταν τόσο όσο αν αναποδογύριζε κάποιος το δοχείο να μη στάζει. Ο Boyle ανέφερε επίσης και μαρτυρίες τρίτων που επιβεβαίωναν τα αποτελέσματα του πειράματος που είχε κάνει με το λάδι.

Με τη χρήση λοιπόν του θερμοσκοπίου, ο Boyle θεωρούσε ότι μπορούσε να αποδειχθεί ότι ορισμένες φορές η θερμοκρασία στα κελάρια μπορεί να είναι μεγαλύτερη το χειμώνα από το καλοκαίρι και το αντίστροφο, αλλά όπως έδειχνε και με τα πειράματά του, ορισμένες φορές η θερμοκρασία μέσα στα κελάρια απείχε μεν σε βαθμό από αυτή που κυριαρχούσε στην ατμόσφαιρα αλλά ακολουθούσε τις αλλαγές της. Στην πρώτη περίπτωση η αιτία της αλλαγής της θερμοκρασίας μέσα στα κελάρια αποδιδόταν στην ύπαρξη υπόγειων ατμών και της θερμότητας που κυριαρχούσε στα βάθη της γης. Στη δεύτερη περίπτωση, η αιτία της αλλαγής της θερμοκρασίας εξηγούνταν μέσα από την επιρροή που ασκούσαν οι θερμοκρασιακές αλλαγές του ατμοσφαιρικού αέρα. Για την απόδειξη της ύπαρξης των υπόγειων θερμών ατμών ο Boyle δεν χρησιμοποιούσε το θερμοσκόπιο αλλά βασιζόταν σε μαρτυρίες που στηρίζονταν σε θερμικά φαινόμενα και πληροφορίες που δίνονταν μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων από χώρους όπως ήταν τα ορυχεία. Εδώ ο Boyle χρησιμοποιούσε ως πηγή τις μαρτυρίες του Γάλλου γιατρού και ορυκτολόγου John Baptista Morinus (1583-1656) από την επίσκεψή του στα ορυχεία της Ουγγαρίας, τις οποίες χρησιμοποιούσε στο δέκατο έβδομο κεφάλαιο («XVII») για να

υποστηρίζει την ύπαρξη θερμότητας στα ορυχεία προκειμένου να ανατρέψει την θεώρηση της γης ως το «πρώτο ψυχρό σώμα»⁴⁰⁷.

Την ίδια επιχειρηματολογία που είχε ακολουθήσει για να αντικρούσει τη στήριξη της αντιπερίστασης στο φαινόμενο της μεγαλύτερης ψυχρότητας των υπόγειων χώρων το καλοκαίρι από το χειμώνα, χρησιμοποίησε και στην αντίκρουση του φαινομένου των θερμών και αχνίζοντων υδάτων από πηγές και πηγάδια σε παγερό καιρό. Οι αριστοτελικοί θεωρούσαν ότι αυτό το φαινόμενο αποτελούσε απόδειξη ότι τα υπόγεια νερά ήταν πιο θερμά τον χειμώνα από το καλοκαίρι και επομένως απόδειξη της αντιπερίστασης. Και στην αντίκρουση αυτού του φαινομένου ως αποδεικτικού στοιχείου της αντιπερίστασης, ο Boyle ανέπτυξε δύο σειρές επιχειρηματολογίας: στην πρώτη παρουσίαζε φυσικά φαινόμενα που έδειχναν ότι στην πραγματικότητα τα ύδατα δεν είναι πιο θερμά τον χειμώνα και στη δεύτερη φαινόμενα που εξηγούσαν την αιτία της θερμότητάς τους στην περίπτωση στην οποία τα ύδατα κρίνονταν ότι ήταν πράγματι πιο θερμά το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι. Στην πρώτη περίπτωση, ο Boyle βασιζόταν σε μαρτυρίες για την ύπαρξη πηγών στις οποίες οι δύο ιδιότητες εναλλάσσονταν κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς και πηγών που δεν πάγωναν ούτε το καλοκαίρι (το οποίο ισχυρίζονταν οι αριστοτελικοί) ούτε το χειμώνα. Ο Boyle συμπέρανε ότι οι πηγές αποκτούν ορισμένες ιδιότητες από τη φύση των μερών από τα οποία προέρχονται ή περνούν καθώς και από άλλες αιτίες και όχι από την αιτία της αντιπερίστασης. Επίσης με φαινόμενα όπως ήταν η εξάτμιση των υδάτων το καλοκαίρι καθώς και η παρατήρηση της ανθρώπινης αναπνοής ή των ατμών που αναδύονταν από το ανθρώπινο σώμα σε κρύο καιρό, έδειχνε ότι οι ατμοί που βγαίνουν από τα υπόγεια ύδατα δεν οφείλονται στη θερμότητά τους αλλά στην ψυχρότητα του αέρα που τα περιβάλλει. Σύμφωνα με τον Boyle η ψυχρότητα του ατμοσφαιρικού αέρα συμπυκνώνει τα σωματίδια των ατμών και τα κάνει παρατηρήσιμα ενώ στη θερμότητα του καλοκαιριού τα σωματίδια αυτά διασκορπίζονται στον αέρα και επομένως γίνονται αόρατα.

Στην δεύτερη σειρά επιχειρηματολογίας του, ο Boyle υποστήριζε ότι στην περίπτωση που τα υπόγεια ύδατα που αχνίζουν ήταν πραγματικά πιο θερμά το χειμώνα

⁴⁰⁷ John Baptista Morinus, *Relatio De locis Subterraneis*, (1619) Το κείμενο αυτό είχε επισυναφθεί σε μία πραγματεία του ιδίου για τις τρεις περιοχές του αέρα και της γης, γραμμένο πάνω σε αστρολογικές και αριστοτελικές προκειμένες *Nova mundi sublunaris anatomia* (1619).

από το καλοκαίρι, αυτό μπορούσε να εξηγηθεί πάλι μέσω της κατακράτησης των θερμών αναθυμιάσεων που αναδύονται από τα βάθη της γης στους υπόγειους χώρους, λόγω του παγετού ο οποίος φράζει τις διεξόδους τους προς την ατμόσφαιρα. Ο Boyle, στη συνέχεια, ανέπτυξε μία μακροσκελή επιχειρηματολογία για να αποδείξει την ύπαρξη των άφθονων και θερμών ατμών που αναδύονταν από το εσωτερικό της γης, τη βασική προκείμενη στην οποία στήριζε τις δικές του εξηγήσεις στην περίπτωση που τα υπόγεια ύδατα και οι υπόγειοι χώροι εκτιμώνταν πιο θερμά το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι και το αντίστροφο. Ο Boyle καλούνταν να αποδείξει την άποψή του γιατί ερχόταν σε αντίθεση με την αριστοτελική θέση ότι το στοιχείο της γης είναι εκ φύσεως εξολοκλήρου ψυχρό. Ο Boyle υποστήριζε ότι το χιόνι, η βροχή, οι καταιγίδες και άλλα καιρικά φαινόμενα αποτελούσαν απόδειξη της ύπαρξης των υπόγειων θερμών ατμών. Πίστευε ότι ήταν πιο πιθανό αυτά τα φαινόμενα να εξηγηθούν από την άνοδο των υπόγειων ατμών μέσω της θερμότητάς τους, οι οποίοι διαπερνώντας τους πόρους της γης και τη θάλασσα, έφταναν στον ουρανό παρά από την αριστοτελική εξήγηση, σύμφωνα με την οποία, οι αναθυμιάσεις και οι ατμοί της γης έλκονταν από τον ήλιο. Για την επιβεβαίωση της εξήγησής του ανέφερε μαρτυρίες σύμφωνα με τις οποίες σε μία περιοχή οι ψαράδες παρατηρούσαν το βράδυ το άναμμα φωτιάς στη θάλασσα μετά την οποία ακολουθούσε καταιγίδα. Ο Boyle επίσης ανέφερε περιπτώσεις ανάδυσης θερμών ατμών και αναθυμιάσεων κάτω από ποτάμια και θαλάσσιες εκτάσεις και όχι μόνο υπογείως της γης. Δύο μαρτυρίες από ξένες χώρες επιβεβαίωναν αυτές τις παρατηρήσεις. Στη Ρωσία είχε παρατηρηθεί ότι μέρος ενός ποταμού που είχε παγώσει είχε μείνει ρευστό λόγω αναθυμιάσεων που ανέβαιναν στην επιφάνεια. Επίσης στο Πεκίνο είχε παρατηρηθεί ότι η τήξη μίας λίμνης γινόταν σε μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που είχε περάσει για την ψύξη της· η γρήγορη τήξη της λίμνης αποδιδόταν σε υπόγειους θερμούς ατμούς.

Τα παραπάνω επιχειρήματα που στόχευαν στην απόδειξη της ύπαρξης θερμών αναθυμιάσεων και στην αντίκρουση του φαινομένου των θερμών και αχνιζόντων υδάτων ως απόδειξη της αντιπερίστασης, βασιζόνταν στην ανάπτυξη θερμικών και ψυκτικών φαινομένων και στην εκτίμηση της θερμοκρασίας με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Εδώ ο Boyle δεν χρησιμοποιούσε το θερμοσκόπιο για να ελέγξει τη θερμοκρασία των υδάτων που έπρεπε να καθοριστεί. Έχοντας ολοκληρώσει την ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας του ενάντια στα φαινόμενα που πρόβαλλαν οι αριστοτελικοί για να υποστηρίξουν την

υπόθεση της αντιπερίστασης, δήλωνε ότι είχε δείξει ότι τα φαινόμενα αυτά δεν μπορούσαν να στηρίξουν το δόγμα της αντιπερίστασης. Αποδείξεις εναντίον του δόγματος, θεωρούσε ότι έδιναν δύο πειράματα που είχε σχεδιάσει ειδικά για αυτό το σκοπό. Τα πειράματα ήταν σχεδιασμένα έτσι ώστε να δημιουργούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για να συμβεί το φαινόμενο της αντιπερίστασης, προϋποθέσεις που μέχρι τώρα δημιουργούνταν από την ίδια τη φύση. Ο Boyle δήλωνε ότι παρόλο που τα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold» περιείχαν πειράματα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εναντίον της αντιπερίστασης, εκείνος επέλεξε να αναφέρει τα συγκεκριμένα πειράματα που είχαν σχεδιαστεί για αυτό το σκοπό⁴⁰⁸. Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιούσε τις ανθρώπινες αισθήσεις ως κριτήριο για τη θερμοκρασία και στο δεύτερο το θερμοσκόπιο⁴⁰⁹. Στο πρώτο πείραμα έθετε ένα σκοινί από σίδηρο το οποίο στο ένα άκρο είχε κολλημένο ένα παχύ και πλατύ κομμάτι σίδηρο. Έθεσε το άκρο με το πλατύ κομμάτι στη φωτιά, έτσι ώστε να κοκκινίσει από τη θερμότητα και στη συνέχεια έθεσε το ίδιο άκρο σε κρύο νερό. Το λεπτό άκρο του σκοινιού δεν θερμαινόταν όπως θα έπρεπε (δηλαδή θερμαινόταν ελάχιστα) εάν, σύμφωνα με το φαινόμενο της αντιπερίστασης, τα σωματίδια της θερμότητας από το θερμό μέρος του σιδήρου πετάγονταν στο άλλο άκρο του σιδήρου, προκειμένου να αποφύγουν την ψυχρότητα του παγωμένου νερού. Επανέλαβε το ίδιο πείραμα τοποθετώντας στην αρχή του πειράματος το λεπτό άκρο σε κρύο νερό ώστε να εξαλείψει το ενδεχόμενο η υπάρχουσα θερμότητα να εμποδίσει την αίσθηση εκείνης που θα προκαλούνταν από το φαινόμενο της αντιπερίστασης. Το αποτέλεσμα όμως ήταν το ίδιο με εκείνο της πρώτης δοκιμής.

Στο δεύτερο πείραμα ο Boyle αναφέρει ότι χρησιμοποίησε μία μέθοδο η οποία θα οδηγούσε σε μία πιο σημαντική αντίκρουση της εξήγησης της αντιπερίστασης από τις διάφορες λανθασμένες παρατηρήσεις που έχουν χρησιμοποιήσει οι αριστοτελικοί για να την υποστηρίξουν⁴¹⁰. Χρησιμοποίησε ένα κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, το οποίο είχε δώδεκα με δεκατέσσερις ίντσες ύψος και περιείχε απόσταγμα κρασιού. Πήρε ένα δοχείο

⁴⁰⁸ «For besides that some passages of my late Discourses do really contain Phenomena, that not only do not favour Antiperistasis, but may justly be employ'd as Experiments against it, I shall ex abundanti (as they speak) present you with something, which I necessitated Experience to supply me with, that seems expressly to overthrow it», Boyle [1665a], σσ. 490-491.

⁴⁰⁹ Ο.π., σσ. 492.

⁴¹⁰ Ο.π., σσ. 492-493.

με ανοιχτό στόμιο, κατασκευασμένο σε ορισμένο σχήμα και μέγεθος, και το γέμισε με νερό έτσι ώστε να μην ξεχειλίζει. Στη συνέχεια πέρασε το σωλήνα του θερμοσκοπίου μέσα από ένα φελό που είχε χρησιμοποιήσει για να κλείσει το γυάλινο δοχείο. Με αυτό τον τρόπο, το στρογγυλό μέρος του θερμοσκοπίου αιωρούνταν μέσα στο δοχείο με το νερό έτσι ώστε να μην ακουμπά πουθενά στα τοιχώματά του και να περιβάλλεται ολόγυρα από νερό. Όταν το όργανο προετοιμάστηκε (εδώ ως όργανο εννοεί το δοχείο και το θερμοσκόπιο μαζί) και παρατήρησε την ένδειξη στην οποία είχε σταθεροποιήσει το ψύχος του νερού το εσώκλειστο, στο θερμοσκόπιο, υγρό, έβαλε μία σωστή ποσότητα θερμού νερού μέσα σε ένα δοχείο με ειδικό σχήμα και έθεσε το όργανο (το δοχείο μαζί με το θερμοσκόπιο) μέσα σε αυτό έτσι ώστε το θερμό νερό να φτάνει σε ένα επαρκές ύψος στο εξωτερικό του δοχείου με το ανοιχτό στόμιο⁴¹¹. Στη συνέχεια ο Boyle εξέτασε αν η θερμότητα του εξωτερικού νερού θα προκαλούσε την εντατικοποίηση ή κίνηση προς τα μέσα του ψύχους του νερού το οποίο περιέβαλλε άμεσα το θερμοσκόπιο αλλά δεν παρατήρησε κάτι τέτοιο. Το υγρό μέσα στο λαιμό του θερμοσκοπίου διατήρησε την ένδειξή του και δεν έπεσε, μέχρι να μεταδοθεί βαθμιαία η θερμότητα του εξωτερικού νερού μέσα από το προηγούμενος κρύο νερό, οπότε με τη διαμεσολάβηση του νερού που τώρα είχε θερμανθεί, το υγρό στο θερμοσκόπιο άρχισε να ανεβαίνει⁴¹². Ο Boyle επανέλαβε το πείραμα περιβάλλοντας αυτή τη φορά το θερμοσκόπιο με θερμό νερό. Όταν η θερμότητα είχε ανεβάσει το υγρό του θερμοσκοπίου τόσο που η άνοδος είχε γίνει πολύ αργή, ο Boyle έθεσε το όργανο σε βολικό βάθος μέσα σε ένα δοχείο το οποίο περιείχε υψηλά ψυχραμένο νερό ανακατεμένο με κομμάτια πάγου⁴¹³. Παρόλο που παρατήρησε προσεχτικά το πείραμα, ο Boyle δεν βρήκε τη θερμότητα του νερού, το οποίο περιέβαλλε άμεσα το θερμοσκόπιο, να αυξάνεται ή να εντατικοποιείται από την «πολιορκία» του ψυχραμένου νερού⁴¹⁴. Η ήρεμη άνοδος του νερού του θερμοσκοπίου δεν επιταχύνθηκε αισθητά όπως θα έπρεπε να είχε κάνει σύμφωνα με την εξήγηση της αντιπερίστασης, αν η θερμότητα του εσωτερικού νερού είχε αυξηθεί ή ωθηθεί προς τα μέσα από το ψύχος του εξωτερικού νερού. Συνέβη όμως το αντίθετο, δηλαδή η άνοδος

⁴¹¹ «fit proportion», ο.π., σελ. 492.

⁴¹² «by degrees» Ο.π., σελ. 492.

⁴¹³ «convenient», Ο.π., σελ. 492. «highly refrigerated water», Ο.π., σελ. 492.

⁴¹⁴ ‘...by that Liquors being besieged by water exceeding cold’, ο.π., σελ. 492. Ο Boyle χρησιμοποίησε πολεμικούς όρους για να εκφράσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσε το φαινόμενο της αντιπερίστασης.

του ρευστού περιορίστηκε από την ψυχρότητα του διπλανού νερού και το υγρό πολύ γρήγορα άρχισε να κατεβαίνει. Ο Boyle εκτέλεσε τα πειράματα περισσότερες από μία φορές, ώστε να βεβαιωθεί περισσότερο για τα πιο σημαντικά φαινόμενά τους.

Όσον αφορά την κατάρριψη του επιχειρήματος της αντιπερίστασης, ο Boyle φαίνεται να δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στο τελευταίο πείραμα, γιατί αναφέρει ότι είχε σχεδιαστεί ειδικά για να προσφέρει μία πιο σημαντική αντίκρουση της αντιπερίστασης από τις λανθασμένες παρατηρήσεις που παρουσίαζαν οι αριστοτελικοί. Εδώ ο Boyle φαίνεται να δηλώνει ότι θεωρούσε σημαντικότερο το συγκεκριμένο πείραμα από τις διάφορες παρατηρήσεις των αριστοτελικών, τις οποίες προηγουμένως είχε απορρίψει για την αδυναμία τους να στηρίζουν την αντιπερίσταση. Δεύτερον η άποψή του ότι το πείραμα με το σίδηρο δεν ήταν το βασικό πείραμα που ήθελε να κοινοποιήσει στους συνομιλητές του, δείχνει ότι εξάρει τη σημασία του πειράματος με το θερμοσκόπιο σε σχέση με εκείνο όπου η εκτίμηση της θερμοκρασίας γίνεται με τις αισθήσεις.

«But this is not the main thing (Gentlemen) that I intended to acquaint you with, there being an Expedient, that I purposely devised to make an Experiment, more considerable against *Antiperistasis*, then are the *several* mistaken *observations* of the *Peripateticks* to establish it» (Boyle [1665^a]⁴¹⁵).

Παρόλο όμως που αναφέρει ότι το πείραμα με το θερμοσκόπιο έχει μεγαλύτερη σημασία, το γεγονός ότι στην παρουσίαση της επιχειρηματολογίας του για το φαινόμενο της αντιπερίστασης το μεγαλύτερο μέρος αφιερώνεται στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας του ενάντια στα φαινόμενα στα οποία ανατρέχουν οι αριστοτελικοί για να στηρίξουν το δόγμα τους, δείχνει ότι θεωρούσε την τελευταία επιχειρηματολογία εξίσου σημαντική.

Επίσης η πραγματική συμβολή των δύο τελευταίων πειραμάτων στην αντίκρουση του επιχειρήματος της αντιπερίστασης, την οποία ισχυρίζεται ο Boyle ότι επιτυγχάνει με αυτό τον τρόπο, μπορεί να αμφισβητηθεί. Στο πρώτο πείραμα η πειραματική διάταξη δεν ακολουθεί τις προϋποθέσεις της αντιπερίστασης γιατί η ιδιότητα του σιδήρου που

⁴¹⁵ Ο.π., σελ. 492 .

εξετάζεται αν εντείνεται, όταν περιβάλλεται από κρύο νερό, η θερμότητα δηλαδή, δεν είναι η φυσική ιδιότητα του σιδήρου αλλά είναι επίκτητη. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις προϋποθέσεις της αντιπερίστασης, σύμφωνα με τις οποίες το σώμα του οποίου η ιδιότητα εντείνεται, περιβάλλεται από σώματα που έχουν την αντίθετη ιδιότητα από αυτή που θα έπρεπε να έχει το πρώτο σώμα εκ φύσεως. Επίσης το πείραμα με το θερμοσκόπιο δεν αποτελούσε τίποτα άλλο παρά ένα παράδειγμα μετάδοσης της θερμότητας ή της ψυχρότητας του νερού της εξωτερικής φιάλης στο νερό της εσωτερικής. Πολλά από τα πειράματα που είχε παρουσιάσει ο Boyle στην ενότητα «The Experimental History of Cold» αποτελούσαν τέτοιες περιπτώσεις, ενδεικτικά αναφέρουμε μετατροπή του νερού σε πάγο από το μίγμα χιονιού και αλατιού και την ψύξη των υδρατμών που υπάρχουν στον αέρα από την τοποθέτηση ενός ψυκτικού μίγματος μέσα σε μία φιάλη. Αυτά τα φαινόμενα γιατί δεν χρησιμοποιούνταν ως αντικρούσεις της εξήγησης της αντιπερίστασης; Μπορούμε μόνο να εικάσουμε ότι στο συγκεκριμένο πείραμα ίσως έπαιξε ρόλο το γεγονός ότι οι ιδιότητες που βρίσκονταν στο εξωτερικό δοχείο ήταν σε μεγαλύτερη ένταση από την ιδιότητα του νερού στο εσωτερικό δοχείο. Όμως κάτι τέτοιο δεν διευκρινιζόταν από τον ίδιο τον Boyle.

Ως εδώ, η επιχειρηματολογία του Boyle, εναντίον του δόγματος της αντιπερίστασης, όπως εκφραζόταν μέσα από λόγια του Καρνεάδη, στηριζόταν κυρίως στην αντίκρουση των φαινομένων με τα οποία υποστήριζαν οι αριστοτελικοί το δόγμα τους. Παρόλο που ο Boyle προσπαθούσε να εξάρει τη σημασία των δύο τελευταίων πειραμάτων και ειδικά του πειράματος όπου χρησιμοποιούνταν το θερμοσκόπιο, τα δύο πειράματα χρησίμευαν ως επιπλέον επιβεβαιώσεις των προηγούμενων συμπερασμάτων και όχι ως κρίσιμα πειράματα για την αντίκρουση του δόγματος. Το κείμενο που φαίνεται να πρόσθεσε ο Boyle στο τέλος του διαλόγου, πιθανότατα σε ύστερο χρονικό διάστημα από τη συγγραφή του τελευταίου, αλλάζει αυτή την εικόνα και δείχνει ότι τελικά η πληροφόρηση που έδινε το θερμοσκόπιο έπαιξε ένα κρίσιμο ρόλο στην προσπάθεια απόρριψης του δόγματος της αντιπερίστασης.

Το κείμενο, όπως υποδήλωνε ο τίτλος του, «A Sceptical Consideration of the Heat of Cellars in Winter, and their Coldness in Summer», αφορούσε νέες πληροφορίες που είχε συλλέξει ο Boyle για το φαινόμενο και οι οποίες τον ωθούσαν, παρ'όλο τη θετική γνώμη που είχε για την επαρκή αντίκρουση του φαινομένου από τον Καρνεάδη, να

απέχει από μία τελική εκτίμηση της εγκυρότητας της αντιπερίστασης⁴¹⁶. Ο Boyle υποστήριζε ότι ο Καρνεάδης είχε ανατρέψει την αλήθεια των πειραματικών γεγονότων στα οποία ανέτρεχαν οι αριστοτελικοί για να στηρίξουν την άποψή τους. Στο επισυναπτόμενο κείμενο όμως αναφερόταν σε νέες πληροφορίες που αφορούσαν αυτό το «ιστορικό μέρος», δηλαδή τα πειραματικά γεγονότα που λειτουργούσαν ως απόδειξη της αντιπερίστασης, και πιο συγκεκριμένα το πειραματικό γεγονός της ύπαρξης μεγαλύτερης θερμότητας μέσα στους υπόγειους χώρους το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι⁴¹⁷. Ομολογούσε ότι η επιχειρηματολογία του Καρνεάδη είχε αναδείξει ως πιθανή εξήγηση, στην περίπτωση που αυτό το φαινόμενο επιβεβαιωνόταν από την εμπειρία, την παρακράτηση θερμών και ψυχρών σωματιδίων στο εσωτερικό των υπόγειων χώρων με τη δράση του εξωτερικού ψύχους ή της θερμότητας. Εδώ ο Boyle μάλλον αναφερόταν στην άποψη που είχε εκφράσει μέσω του Καρνεάδη ότι οι θερμές αναθυμιάσεις που αναδύονται από το εσωτερικό της γης κρατούνται στους υπόγειους χώρους μέσω της ψύξης των πόρων της γης και απελευθερώνονται το καλοκαίρι όταν με τη θερμότητα ανοίγουν οι πόροι της γης. Παρ' όλα αυτά υποστήριζε ότι οι νέες πληροφορίες τον είχαν οδηγήσει να αμφισβητήσει την πλήρη απόρριψη των πειραματικών γεγονότων που είχαν παρουσιάσει οι αριστοτελικοί για να στηρίξουν το δόγμα τους.

Ο Boyle εξηγούσε ότι ο λόγος για τον οποίο δεν είχε πειστεί για το αν η θερμοκρασία των υπόγειων χώρων είναι πιο θερμή το χειμώνα από το καλοκαίρι, ήταν οι λανθασμένες πληροφορίες που μπορούσαν να δώσουν οι ανθρώπινες αισθήσεις καθώς και ο περιορισμένος αριθμός των τεχνητών πειραμάτων. Σημείωνε ότι στο θέμα της αντιπερίστασης οι αριστοτελικοί συμβουλευόνταν τη φύση περισσότερο από οτιδήποτε άλλο. Στην έρευνα λοιπόν για κείμενα που θα αντέκρουαν ή θα υποστήριζαν τα όσα είχαν λεχθεί στο διάλογο, ο Boyle είχε βρει πειράματα εκτελεσμένα από αριστοτελικούς σχολιαστές τα οποία έθεταν υπό αμφισβήτηση τα συμπεράσματα στα οποία είχε καταλήξει για αυτό το φαινόμενο. Στο διάλογο ο Boyle είχε δείξει με το πείραμα όπου τοποθετούσε ένα θερμοσκόπιο στον κήπο και ένα στο κελάρι, ότι ο χώρος στα υπόγεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν ήταν τόσο ψυχρός όσο η θερμοκρασία στον

⁴¹⁶ Ο.π., σς. 493-498.

⁴¹⁷ «But though *Carneades* his Adversaries seem not to have well made out the Historical Part of the receiv'd Doctrine concerning Cold, yet upon an impartial survey of what has been alledg'd on both sides, I freely confess, that to me some of the maters of fact themselves seem not yet so clearly determined as I could wish», Ο.π., σελ. 493.

ατμοσφαιρικό αέρα. Δεν είχε συγκρίνει όμως αυτή τη θερμοκρασία με εκείνη που επικρατούσε στους υπόγειους χώρους το καλοκαίρι. Επίσης είχε δείξει ότι το εντονότερο ψύχος της ατμόσφαιρας είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του ψύχους στο εσωτερικό των κελαριών. Η υποχώρηση του Boyle ως προς τη συναγωγή συμπερασμάτων για την αντιπερίσταση με βάση πληροφορίες που έδειχναν ότι το φαινόμενο της μεγαλύτερης θερμότητας των κελαριών το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι μπορούσε να ισχύει, φαίνεται αδικαιολόγητη τη στιγμή που είχε αποδείξει ότι αυτό το φαινόμενο, ακόμη και αν ισχύει, μπορεί να εξηγηθεί με διαφορετικό τρόπο από την αντιπερίσταση. Μία όμως προσεχτικότερη ματιά στην επιχειρηματολογία του διαλόγου μας δείχνει ότι ο Boyle είχε προβάλει ως εξήγηση της αύξησης της θερμότητας των υπόγειων χώρων τον χειμώνα και της αύξησης της ψυχρότητάς τους το καλοκαίρι, την κατακράτηση ή απελευθέρωση υπόγειων θερμών ατμών με βάση την υπόθεση και όχι την πειραματική επιβεβαίωση, από ένα όργανο όπως το θερμοσκόπιο, ότι τέτοια φαινόμενα μπορούσαν να συμβούν. Ο Boyle δεν είχε αναφέρει κανένα πείραμα, ούτε δικό του ούτε τρίτου, όπου να συγκρίνεται η ένδειξη ενός θερμοσκοπίου που να έχει κρατηθεί σε ένα κελάρι ένα ολόκληρο έτος ώστε να συγκριθούν οι ενδείξεις των θερμοσκοπίων ανάμεσα στις δύο εποχές, τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Σε αυτό το πλαίσιο επιχειρηματολογίας και με δεδομένο ότι οι νέες πληροφορίες που προσέθετε ο Boyle στο πρόσθετο κείμενο αφορούσαν πειράματα με θερμοσκόπια που κατέγραφαν τη θερμοκρασία υπόγειων χώρων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ένα χρόνο, άρα πειραματικές αποδείξεις του πειραματικού γεγονότος που δεν υπήρχαν πριν, φαίνεται να δικαιολογείται η σημασία που τους αποδίδει ο Boyle.

Η πρώτη μαρτυρία που ανέτρεψε τη γνώμη του Boyle ανήκε στον Ιησουίτη Nicholaus Zucchius (1586-1670), τον οποίο ο Boyle χαρακτήριζε πιο δραστήριο από τους Αριστοτελικούς και πρόθυμο να αναφέρει στα κείμενά του πειράματα⁴¹⁸. Η αναφορά του Boyle στο έβδομο κεφάλαιο στον Zucchius, ο οποίος μαζί με τον σχολαστικό Cornaeus είχαν αποδείξει ότι ο πάγος δεν είναι νερό συμπυκνωμένο αλλά αραιοποιημένο, δείχνει ότι ο Boyle είχε γνωρίσει το έργο του και τον ξεχώριζε ανάμεσα στους σχολιαστές του Αριστοτέλη⁴¹⁹. Σύμφωνα με τον Boyle, ο Zucchius ανέφερε σε ένα

⁴¹⁸ Nicholaus Zucchius (1586-1670)

⁴¹⁹ Boyle [1665α], σσ.301-302.

γραπτό του ότι είχε τοποθετήσει ένα θερμοσκόπιο σε ένα κελάρι για τρία χρόνια και ότι είχε βρει το νερό του θερμοσκοπίου να ανεβαίνει με την ψυχρότητα του περιβάλλοντος αέρα το καλοκαίρι και να κατεβαίνει με την αραίωσή του τον χειμώνα. Παρόλο που ο Boyle γράφει ότι ο Zucchius χρησιμοποίησε εδώ ένα «καλό κλειστό θερμοσκόπιο», το είδος του υγρού καθώς και η περιγραφή της ανόδου του νερού με το ψύχος και της καθόδου του με την αραιοποίηση του αέρα, δηλαδή το αποτέλεσμα που έχει η θερμότητα στον αέρα, παραπέμπουν στη χρήση του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος⁴²⁰. Αυτό το επιβεβαιώνει ο ίδιος ο Boyle στη συνέχεια, αμφισβητώντας τις ενδείξεις του θερμοσκοπίου του Zucchius επειδή ήταν κοινό, δηλαδή ανοιχτό, και επηρεαζόταν από το βάρος του αέρα⁴²¹. Επομένως, θα πρέπει να θεωρήσουμε τη γραπτή αναφορά στο κλειστό θερμοσκόπιο ένα λάθος στο κείμενο που δεν διορθώθηκε. Με βάση το πείραμα του Zucchius, ο Boyle συνήγαγε ότι η θερμότητα στα υπόγεια μέρη ήταν μεγαλύτερη το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι.

Η δεύτερη μαρτυρία προερχόταν από έναν σχολαστικό που δεν ονομάζει ο Boyle και δεν ταυτοποιούν οι Hunter και Davies. Σε ένα βιβλίο που εξέδωσε με το όνομα ενός από τους μαθητές του, ο ανώνυμος σχολαστικός αναφέρει ότι τοποθέτησε ένα θερμοσκόπιο στο πηγάδι του σπιτιού του το οποίο έδειξε ότι η θερμοκρασία εκεί ήταν πιο ψυχρή το καλοκαίρι και πιο θερμή το χειμώνα. Ο Boyle διευκρινίζει ότι τα δύο πειράματα των σχολαστικών τον οδηγούν από τη μία να μην καταλήξει ακόμη σε ένα συμπέρασμα για την επιχειρηματολογία του Καρνεάδη ενάντια στο φαινόμενο της αντιπερίστασης αλλά από την άλλη δεν τον ωθούν να συνταχθεί με τους αντιπάλους του Καρνεάδη υπέρ της στήριξης του φαινομένου αυτού. Ο Boyle, με βάση την επιχειρηματολογία που είχε ασκήσει μέσω του Καρνεάδη καθώς και πειράματα που είχε εκτελέσει σε κελάρια με ένα κλειστό θερμοσκόπιο, συμπεραίνει ότι το πειραματικό γεγονός της μεγαλύτερης θερμότητας των κελαιριών και των υπόγειων χώρων τον χειμώνα από το καλοκαίρι, δεν μπορεί να γενικευτεί για όλους τους χώρους. Ο Boyle δεν δίνει περισσότερες λεπτομέρειες για τα δικά του πειράματα τα οποία από ό,τι φαίνεται

⁴²⁰ «good seal'd Weather-glass», Ο.π., σελ. 494.

⁴²¹ «...unless I knew, that he had divers times made his observations, with the assistance of a seal'd Weather-glass, it may be suspected, that he might accidentally find the water in his common Weather-glass (for such a one it appears he us'd, as probably knowing no other) to be higher, when he look'd on it in Summer, then when he look'd on it in Winter, not because really the subterranean Air was colder in the former season, then in the latter, but because the Atmosphere chanc'd then to be heavier;», Ο.π., σσ. 495-496.

έδειχναν το αντίθετο από τα πειράματα των σχολαστικών. Από τα όσα έχουμε αναφέρει παραπάνω είναι προφανές ότι ο Boyle δεν είχε εκτελέσει τέτοια πειράματα όταν έγραφε τον διάλογο. Ενδείξεις αυτής της πειραματικής του δραστηριότητας καταγράφονται στα πρακτικά της συνεδρίασης της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου της 9ης Σεπτεμβρίου 1663, όπου ο Boyle πρότεινε στους παρευρισκομένους να φυλαχτεί ένα κλειστό θερμοσκόπιο υγρού με απόσταγμα κρασιού σε ένα κελάρι για ένα χρόνο προκειμένου να παρατηρηθούν οι αλλαγές στις ενδείξεις του⁴²². Η εντολή δόθηκε και στη συνάντηση της 7ης Οκτωβρίου 1663 αναφέρεται ότι ο «operator» των πειραμάτων της Εταιρείας έφερε τέσσερα θερμόμετρα τα δύο από τα οποία πήραν ο Πρόεδρος της Εταιρείας και ο Jonathan Goddard (-1674/5) για να παρατηρήσουν αν τα κελάρια ήταν πιο θερμά το χειμώνα από ό,τι το καλοκαίρι. Σύμφωνα λοιπόν με την προτροπή του Boyle στα πρακτικά, μπορεί να εκτέλεσε τα πειράματά του εκείνη την περίοδο. Επίσης η αναφορά, του Christopher Merret, στη συνάντηση της 14ης Ιανουαρίου 1662/3, στο πείραμα του Zucchius που μνημόνευε ο Boyle στο πρόσθετο κείμενο για την αντιπερίσταση, επιτρέπει την εικασία ότι ο Boyle μπορεί να οδηγήθηκε από αυτή την πρόταση στη μελέτη του πειράματος του Zucchius και στη συγγραφή του συγκεκριμένου κειμένου.

Επειδή λοιπόν τα φαινόμενα των παραπάνω πειραμάτων των σχολαστικών δεν μπορούσαν να γενικευτούν για όλους τους χώρους, ο Boyle διέκρινε μεταξύ τριών κατηγοριών υπόγειων χώρων των ρηχών, που αποτελούνταν από τα κοινά κελάρια, των μεσαίων τα οποία αποκαλούσε ο Boyle «good cellars» και βρίσκονταν σε μεγαλύτερο βάθος και των βαθύτερων, όπως ήταν τα ουγγρικά ορυχεία, τα οποία είχε φέρει ως παράδειγμα για την στήριξη των επιχειρημάτων του. Ο Boyle θεωρεί ότι είχε αποδείξει ότι οι βαθύτεροι υπόγειοι χώροι ήταν συνεχώς θερμοί και ότι η θερμοκρασία τους δεν υπόκεινταν στις αλλαγές του ατμοσφαιρικού αέρα⁴²³. Για τα ρηχά κελάρια, ο Boyle είχε δείξει στην ενότητα του διαλόγου ότι ενώ οι αλλαγές στη θερμοκρασία τους δεν υπόκεινταν τόσο στις αλλαγές του εξωτερικού αέρα, λόγω όμως της εγγύτητάς τους στην επιφάνεια της γης επηρεάζονταν από αυτές. Ενώ το χειμώνα ήταν θερμά ως προς τον ψυχρότερο εξωτερικό αέρα, όταν επικρατούσε πιο έντονο ψύχος στην εξωτερική ατμόσφαιρα, αυξανόταν και η ψυχρότητα του αέρα τους. Ο Boyle είχε προσφέρει ως

⁴²² Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 1, σελ. 221 και σελ.,

⁴²³ «good cellar», Boyle [1665α], σελ. 494.

απόδειξη αυτού, του πειραματικού γεγονότος το πείραμα με τις συγκρίσεις των δύο θερμοσκοπίων υγρού που τοποθετούνταν το ένα στο κελάρι και το άλλο στον κήπο, καθώς και δοκιμές με μετατροπή των υγρών σε πάγο που έχουμε περιγράψει παραπάνω ως μέρος της επιχειρηματολογίας του Καρνεάδη. Εδώ προσέθετε ορισμένες μαρτυρίες ως επιβεβαίωση των συμπερασμάτων στα οποία είχε καταλήξει για τις δύο αυτές κατηγορίες υπόγειων χώρων. Ανέφερε τη μαρτυρία του Morinus ο οποίος είχε παρατηρήσει στην Ουγγαρία, κατά τη διάρκεια πολύ έντονων χειμώνων, την μύρα του να παγώνει σε ρηχά κελάρια και να παραμένει ρευστή σε βαθιά. Επίσης πρόσθετε τη μαρτυρία του ανώνυμου σχολαστικού για την ύπαρξη ρηχών κελαριών στη Φλωρεντία όπου ο αέρας είναι ψυχρότερος το χειμώνα από το καλοκαίρι και την ύπαρξη βαθιών κελαριών στη Ρώμη όπου είχε παρατηρήσει το αντίθετο.

Για τον Boyle έμενε ακόμη αδιευκρίνιστη η πραγματική θερμοκρασία που κυριαρχούσε στους μεσαίους υπόγειους χώρους τους οποίους αποκαλούσε «deeper and better Cellars»⁴²⁴. Το πείραμα του Zucchius του δημιουργούσε αμφιβολίες για τη θερμοκρασία που επικρατεί σε αυτό το είδος των κελαριών. Για την εκτίμηση όμως των πειραματικών γεγονότων του πειράματος του Zucchius, ο Boyle παρέπεμπε τον αναγνώστη στα προβλήματα που είχε επισημάνει στο πρώτο και δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» για τη λειτουργία των ανοιχτών θερμοσκοπίων και την επηρροή των ενδείξεών τους από τις αλλαγές του βάρους της ατμόσφαιρας. Ο Boyle υποστήριζε ότι οι ίδιες αλλαγές μπορούσαν να λάβουν χώρα και στο εσωτερικό των κελαριών όπου ο αέρας ήταν παχύς και είχε βάρος το οποίο επηρεαζόταν από το βάθος κάθε κελαριού και επομένως την αλλαγή του μήκους της ατμοσφαιρικής κολώνας μέσα στο κελάρι⁴²⁵. Το βάρος αυτής της κολώνας θεωρούσε ότι μπορεί να επηρεάζει την ένδειξη του θερμοσκοπίου με αποτέλεσμα αυτό να μην δείχνει αμιγώς τις αλλαγές στη θερμοκρασία. Επίσης θεωρούσε ότι το ίδιο συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει για την εξωτερική ατμόσφαιρα, ότι η μεταβολή του βάρους του αέρα είναι δυνατή ακόμη και στο ίδιο σημείο, χωρίς να αλλάζει το υψόμετρο ή το μέρος γεωγραφικά, ίσχυε και για την ατμόσφαιρα μέσα στα κελάρια. Αυτός ήταν ένας ακόμη λόγος να επηρεαστούν οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου του Zucchius.

⁴²⁴ Ο.π., σελ. 494.

⁴²⁵ «Atmospherical Pillar», Ο.π., σελ. 495.

Με βάση αυτή την επιχειρηματολογία και την υπόθεση ότι ο Zucchius δεν γνώριζε για τις αλλαγές που μπορούσε να υποστεί το βάρος αέρα και δεν είχε εκτελέσει πολλά παρόμοια πειράματα με κλειστά θερμοσκόπια, ο Boyle έθετε υπό αμφισβήτηση τις ενδείξεις του θερμοσκοπίου του το οποίο υπέθετε ότι ήταν κοινό θερμοσκόπιο ρευστού. Ο Boyle γνωρίζοντας ότι μπορεί να υπάρχει μία αντίρρηση στα συμπεράσματα για το κατά πόσο οι παρατηρήτες αλλαγές στο βάρος του αέρα μέσα στα κελάρια μπορούσαν να επηρεάσουν τόσο τις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου ώστε να μην καταγράφονται σωστά οι αλλαγές στην θερμοκρασία, έφερνε τα εξής παραδείγματα για την επιβεβαίωση της άποψής του. Περιέγραφε την περίπτωση που ο υδράργυρος, ένα υγρό βαρύτερο από το νερό, ανέβαινε στο βαρόμετρο ή στο ανοιχτό θερμοσκόπιο μία ίντσα χωρίς να υπάρχει έκδηλη αλλαγή στην ψυχρότητα του αέρα.

Ένας δεύτερος λόγος για την αμφισβήτηση των ενδείξεων του θερμοσκοπίου του Zucchius, δηλαδή της καθόδου του νερού τον χειμώνα, ήταν η εκτέλεση του πειράματος σε ένα μέρος· αυτό σήμαινε για τον Boyle ότι πιθανότατα υπήρχαν στο σημείο αυτό περισσότεροι υπόγειοι θερμοί ατμοί, ένα φαινόμενο που συνέβαινε σε πολλά μέρη, οι οποίοι μπορούσαν να προκαλούν τη θέρμανση του εσώκλειστου, στο θερμοσκόπιο, αέρα. Για το πώς δρούσαν οι υπόγειοι ατμοί στην αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας στα κελάρια είχε μιλήσει ο Boyle στο κυρίως κεφάλαιο για το δόγμα της αντιπερίστασης. Ο Boyle φαινόταν να υπονοεί ότι αν το πείραμα γινόταν σε άλλο χώρο όπου δεν υπήρχαν αυτοί οι ατμοί θα έπρεπε να έχει άλλη έκβαση.

Ο τρίτος λόγος που οδηγούσε τον Boyle να αμφισβητήσει τα αποτελέσματα του Zucchius ήταν τα πειράματα ενός Γάλλου φυσικού φιλοσόφου, του Emmanuel Maignan (1601-1676), ο οποίος ενώ αποδεχόταν την αριστοτελική υπόθεση για τη 'φυγή του αντιθέτου' για τις ιδιότητες των θερμών και ψυχρών ρευστών, απέρριπτε το δόγμα της αντιπερίστασης⁴²⁶. Στο έργο *Perspectiva Oraria sive de horologiographia, tum teorica, tum practica* που είχε εκδόσει το 1648, ο Maignan περιέγραφε ορισμένα πειράματα που είχε εκτελέσει με ένα θερμοσκόπιο και τα οποία παρουσίαζαν διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά του Zucchius. Στο πρώτο πείραμα ο Maignan σύγκρινε τη θερμοκρασία των κελαιριών όπου φυλούσε κρασιά και εκείνη του χώρου του γραφείου

⁴²⁶ Ο Maignan είχε αναπτύξει πολλές απόψεις εναντίον της φυσικής του Αριστοτέλη. Για τις εκφράσεις «flight from a contrary», λατινικά «fuga contrarii» βλ. ο.π., τόμος 4, σσ. 491,496.

του, όπου είχε κλειστά τα πατζούρια που έβλεπαν στο βορρά, σε καιρό όπου ο βόρειος άνεμος έψυχε το νερό στην εξωτερική ατμόσφαιρα. Παρατήρησε ότι ο αέρας στα κελάρια δεν ήταν πιο ψυχρός από τον αέρα στο γραφείο του. Ο Maignan επεσήμαινε ότι τα κελάρια του ήταν τα καλύτερα του είδους τους όπου το καλοκαίρι μπορούσε κάποιος να αισθανθεί έντονο ψύχος. Ο Boyle θεωρούσε ότι αυτή η επισήμανση αρκούσε για να απορριφθεί η αντίρρηση στο πείραμα του Maignan που θα βασιζόταν στη ρηχότητα του κελαριού του. Στο δεύτερο πείραμα ο Maignan μετρούσε τη θερμοκρασία ενός καλού κελαριού στις δύο εποχές του χρόνου με ένα ακριβές θερμόμετρο. Τα αποτελέσματα του έδειξαν ότι ο μεγαλύτερος βαθμός ψύχους που μέτρησε σε ένα πολύ θερμό καλοκαίρι δεν ήταν ίσος με το βαθμό που κυριαρχούσε το χειμώνα. Συγκεκριμένα, στο σωλήνα του θερμοσκοπίου, ο οποίος είχε τέσσερα χέρια μήκος και ήταν χωρισμένος σε οχτώ βαθμίδες και μέρη βαθμίδων, παρατήρησε το νερό να ανεβαίνει στους επτά και μισό βαθμούς τον χειμώνα αλλά το καλοκαίρι να μην ξεπερνά τους έξι βαθμούς, παρόλο που το ψύχος το καλοκαίρι του φαινόταν (ως προς τις αισθήσεις) πιο έντονο. Στο ανοιχτό θερμοσκόπιο οι ενδείξεις σήμαιναν ότι το καλοκαίρι ο αέρας του κελαριού εκτιμώνταν από το θερμοσκόπιο λιγότερο ψυχρός από το χειμώνα.

Ο Boyle δεν καταλήγει σε ένα συμπέρασμα μέσα από την αντιπαράθεση των πειραμάτων των δύο συγγραφέων. Θεωρεί ότι επειδή στα πειράματα αυτά παίζει ρόλο το βάθος και η φύση του εδάφους στο οποίο βρίσκονται, πρέπει να γίνουν δοκιμές για ένα μακρύ χρονικό διάστημα σε πολλά διαφορετικά μέρη. Επίσης πιστεύει ότι επειδή ο Maignan και ο Zucchius αγνοούσαν την πιθανότητα της αλλαγής του βάρους της ατμόσφαιρας στο ίδιο μέρος, κάτι το οποίο ο ίδιος έδειξε για πρώτη φορά με το δέκατο όγδοο πείραμα του *Spring of the Air*, τα πειράματα πρέπει να επαναληφθούν με ένα κλειστό θερμοσκόπιο το οποίο δεν επηρεάζεται από αυτές τις αλλαγές. Αυτή η δήλωση δείχνει ότι ούτε τα πειράματα που είχε εκτελέσει ο ίδιος επαρκούσαν για να οδηγηθεί σε ένα συμπέρασμα. Ο Boyle έκλεινε τη συζήτηση για τα θερμοσκόπια, δηλώνοντας ότι εφόσον με την επιχειρηματολογία του είχε αντικρούσει τα περισσότερα φαινόμενα που υποστηρίζονταν από τους Αριστοτελικούς ότι μπορούν να εξηγηθούν με την υπόθεση της αντιπερίστασης, αν τα αποτελέσματα του Maignan επιβεβαιώνονταν περισσότερο από εκείνα του Zucchius τότε θα επιτυγχανόταν η ολοσχερής απόρριψη του δόγματος.

Στη δεύτερη έκδοση του *Cold* το 1683, ο Boyle είχε ενσωματώσει μία σειρά από πειράματα στο παράρτημα του δεκάτου όγδοου («Title XVIII») τα οποία αποτελούσαν μέρος της προσπάθειάς του να εξετάσει πειραματικά τα φαινόμενα που αποδίδονταν στην αντιπερίσταση και τα οποία είχε συζητήσει στον παραπάνω διάλογο⁴²⁷. Το θέμα του δεκάτου όγδοου αφορούσε την εξέταση της ψυχρότητας του αέρα, οπότε η συγκριτική εξέταση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα σε παγωμένο καιρό με εκείνη του αέρα και του νερού των υπόγειων χώρων μπορούσε να συμπεριληφθεί στα πειράματα που προστίθενταν σε αυτό το κεφάλαιο, παρόλο που στην πρώτη έκδοση του 1665 ο Boyle δεν συμπεριλάμβανε ανάμεσα σε αυτά πειράματα για το φαινόμενο της αντιπερίστασης. Στη νέα σειρά πειραμάτων δεν εξεταζόταν η θερμοκρασία των υπόγειων χώρων στο διάστημα ενός ολόκληρου χρόνου, έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί είτε το πειραματικό αποτέλεσμα του Zucchius είτε εκείνο του Maignan που στηριζόταν σε αυτό το πείραμα. Επομένως δεν δινόταν η οριστική απάντηση στο ερώτημα που ευελπιστούσε ο Boyle, στο κλείσιμο του κεφαλαίου για την αντιπερίσταση, να απαντηθεί μέσα από πολλά και επαναλαμβανόμενα πειράματα που θα αποδείκνυαν ή όχι ότι το φαινόμενο της μεγαλύτερης θερμότητας των κελαριών το χειμώνα από το καλοκαίρι είναι ένα πειραματικό γεγονός (matter of fact). Μέσα από τα νέα πειράματα ο Boyle έδειχνε ότι, παρόλο που ο αέρας των υπόγειων κελαριών και τα νερά των πηγών κρίνονταν από το θερμοσκόπιο θερμότερα του εξωτερικού αέρα όταν επικρατούσαν θερμοκρασίες παγετού, ορισμένα φαινόμενα έδειχναν ότι η θερμοκρασία τους δεν μπορούσε να αποδοθεί στα φαινόμενα της αντιπερίστασης.

Σε ένα από τα πειράματα ο Boyle παρατηρούσε ότι η στάθμη στην οποία ανέβαινε το ρευστό του θερμοσκοπίου κατά τη μεταφορά του τις πρωινές ώρες από τον εξωτερικό ατμοσφαιρικό αέρα, πρώτα σε νερό που αντλούνταν από ένα πηγάδι και στη συνέχεια σε μία φυσική πηγή που είχε παρατηρηθεί να αχνίζει το χειμώνα, παρέμενε ίδια όταν το μεσημέρι το θερμοσκόπιο τοποθετούνταν στο βορινό μέρος του σπιτιού, σε καιρό που επικρατούσε μικρή παγωνιά χωρίς ηλιοφάνεια⁴²⁸. Το αποτέλεσμα αυτό έδειχνε ότι το μεσημέρι ο εξωτερικός αέρας είχε την ίδια θερμοκρασία με τα υπόγεια ύδατα. Ο Boyle ενίσχυε το πειραματικό αποτέλεσμα συγκρίνοντάς το με τη θερμοκρασία του υπόγειου

⁴²⁷ Ο.π., σσ. 564-569.

⁴²⁸ Ο.π. σελ. 566.

νερού που είχε μετρήσει κάποιο καιρό πριν στην Οξφόρδη, το οποίο είχε βρει λιγότερο θερμό από ότι ήταν τώρα ο εξωτερικός αέρας. Η ισοθερμία μεταξύ των υπόγειων υδάτων και του εξωτερικού αέρα την ίδια μέρα καθώς και η μεγαλύτερη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, σε αυτό το πείραμα, έναντι της θερμοκρασίας που είχαν τα υπόγεια ύδατα στην Οξφόρδη σε μία πρότερη χρονική στιγμή, αποτελούσαν πειραματικά αποτελέσματα που αντέκρουαν το φαινόμενο της αντιπερίστασης.

Ένα ακόμη πειραματικό αποτέλεσμα που δεν επιβεβαίωνε το δόγμα των αριστοτελικών ήταν η σταθερότητα της θερμότητας των υπόγειων υδάτων παρά την αλλαγή της έντασης του ψύχους του εξωτερικού αέρα καθώς και η θερμοκρασιακή αλλαγή τους αντίθετα από ό,τι θα ήταν προσδοκώμενο, ως αποτέλεσμα της αλλαγής που συνέβαινε στον εξωτερικό αέρα. Μέσα από τη νέα σειρά πειραμάτων, ορισμένα από τα οποία είχαν διεξαχθεί στις 20 Δεκεμβρίου του 1665 και ορισμένα στις 17,18,19 και 20 Φεβρουαρίου του 1665/6, ο Boyle έδειχνε ότι το νερό που αντλούσε από ένα πηγάδι την 19η Φεβρουαρίου, μία χρονική στιγμή που επικρατούσε μία μέτρια παγωνιά, προκαλούσε την ίδια άνοδο στο υγρό του θερμοσκοπίου με το νερό της ίδιας αντλίας αρκετές βδομάδες πριν, δηλαδή τον Δεκέμβριο⁴²⁹. Με τις συγκριτικές ενδείξεις του θερμοσκοπίου έδειχνε επίσης ότι το νερό μίας φυσικής πηγής την 20η Φεβρουαρίου, όπου επικρατούσε μέτρια παγωνιά και ηλιοφάνεια, ήταν θερμότερο κατά ένα τέταρτο της ίντσας από το νερό της ίδια πηγής κάποιες βδομάδες νωρίτερα οπότε ο χειμώνας ήταν βαρύτερος. Αυτά τα πειραματικά αποτελέσματα αντέκρουαν την εξήγηση της αντιπερίστασης γιατί, σύμφωνα με αυτή, η μεγαλύτερη ένταση του ψύχους στην εξωτερική ατμόσφαιρα θα έπρεπε να σημαίνει την αντίστοιχη άνοδο της έντασης της θερμότητας των υπόγειων υδάτων καθώς και το αντίστροφο.

Ανάμεσα στα παραπάνω πειράματα δεν έλειπε μία περίπτωση όπου στην πειραματική διάταξη χρησιμοποιούνταν το λάδι του γλυκανίσου («oil of aniseed») ως μέσο ένδειξης της έντασης της θερμοκρασίας του αέρα του κελαριού⁴³⁰. Συγκεκριμένα, ο Boyle, πρώτα πιστοποιούσε μέσω της ένδειξης του θερμοσκοπίου, η οποία ήταν κάτω από το σημείο ψύξης, ότι στον εξωτερικό αέρα επικρατούσε ένας βαθμός ψύχους χαμηλότερος από αυτόν που μετέτρεπε το νερό σε πάγο. Στη συνέχεια παρατηρούσε ότι

⁴²⁹ Ο.π. σελ. 566.

⁴³⁰ Ο.π., σελ. 565.

η ένταση του ψύχους δεν προκαλούσε αντίστοιχη αύξηση της έντασης της θερμότητας του αέρα του κελαριού έτσι ώστε να λιώσει το λάδι γλυκανίσου που είχε παραμείνει εκεί σε συμπαγή κατάσταση σε ένα δοχείο για το ίδιο χρονικό διάστημα που είχε τεθεί το θερμοσκόπιο στον εξωτερικό αέρα. Σύμφωνα με τον Boyle, αυτό έδειχνε ότι η θερμότητα του κελαριού ήταν χαμηλότερη εκείνης που είχε ο ατμοσφαιρικός αέρας σε μέτριες εποχές, εφόσον είχε παρατηρηθεί ότι ορισμένες φορές την άνοιξη και το φθινόπωρο η θερμοκρασία του αέρα κρατούσε το συγκεκριμένο χημικό έλαιο ρευστό.

Παρόλο που ο Boyle με τις συγκεκριμένες πειραματικές διατάξεις δεν εξέταζε την αλλαγή της θερμοκρασίας των υπόγειων χώρων και υδάτων καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, το οποίο αποτελούσε το κεντρικό ερώτημα των αντικρουόμενων πειραμάτων του Zucchius και του Maignan, παρήγαγε πειραματικά αποτελέσματα που αφορούσαν τη δεύτερη πειραματική διάταξη που είχε δοκιμάσει ο Maignan. Με αυτή ο Maignan έβρισκε ότι σε κρύο καιρό το κελάρι του δεν ήταν ψυχρότερο από το χώρο του γραφείου του όπου τα πατζούρια παρέμεναν κλειστά. Σε ένα από τα νέα πειράματα του Boyle, η παρατήρηση του Maignan επιβεβαιωνόταν μέσα από τις ενδείξεις του θερμοσκοπίου που έδειχναν ότι σε κλίμα παγετού, η θερμοκρασία μέσα σε ένα κελάρι ήταν μεγαλύτερη κατά δύο βαθμίδες ή ίντσες από εκείνη του εξωτερικού αέρα αλλά ήταν περίπου ίδια με τη θερμοκρασία του αέρα του υπνοδωματίου του Boyle. Δύο όμως άλλα πειράματα έδειχναν ότι ο αέρας του υπνοδωματίου του ήταν ψυχρότερος σε συνθήκες παγετού από το νερό που αντλούνταν από φυσικές πηγές. Ενώ στην περίπτωση του πρώτου πειράματος, η ίδια θερμοκρασία σε υπόγειο και επίγειο, αλλά προστατευμένο από τον εξωτερικό αέρα, χώρο αποτελούσε ένα αντίθετο φαινόμενο από αυτό που θα προκαλούσε η αντιπερίσταση, στην δεύτερη περίπτωση η ανισότητα στις θερμοκρασίες αποτελούσε απόδειξη ότι στον υπόγειο χώρο εντινόταν η αντίθετη ιδιότητα από αυτή που επικρατούσε στην ατμόσφαιρα και στους επίγειους χώρους του σπιτιού.

Παρόλο που ο Boyle απείχε από την ερμηνεία των συγκεκριμένων πειραματικών αποτελεσμάτων, με τον τρόπο που παρουσίαζε τα πειραματικά αποτελέσματα έδειχνε ότι ορισμένα αποτελούσαν επιβεβαιώσεις και ορισμένα αντικρούσεις του δόγματος της αντιπερίστασης. Αν και δεν απαντούσε στο ερώτημα που είχε θέσει κλείνοντας το κεφάλαιο της συζήτησης του δόγματος στην πρώτη έκδοση, με πειράματα όπου συγκρίνονται οι θερμοκρασίες των κελαριών όλη τη διάρκεια του χρόνου, με τα

πρόσθετα πειράματα της δεύτερης έκδοσης, κατάφερε να αναδείξει ως γενικό συμπέρασμα ότι η διαφορά της θερμοκρασίας που υπάρχει ανάμεσα στον αέρα των υπόγειων χώρων και των υπόγειων υδάτων με τον ατμοσφαιρικό αέρα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι προκαλείται από την αντιπερίσταση.

Μία επίσης σημαντική παρατήρηση που ενδιαφέρει την εξέταση του ρόλου του θερμοσκοπίου είναι ότι τα συμπεράσματα αυτής της σειράς των πειραμάτων βασιζόνταν κυρίως στη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου. Τα πειράματα που προστέθηκαν στην δεύτερη έκδοση έχουν ιδιαίτερη σημασία γιατί ο Boyle δήλωνε, για πρώτη φορά στο *Cold*, ότι χρησιμοποιούσε το τυποποιημένο θερμοσκόπιο «standard Thermoscope» της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου⁴³¹. Από το Σεπτέμβριο του 1663 είχαν αρχίσει οι συζητήσεις στις συνεδριάσεις της Εταιρείας για την τυποποίηση του θερμοσκοπίου και της κλίμακάς του. Σύμφωνα με τον Patterson, τον Middleton και άλλες μελέτες, η Εταιρεία υιοθέτησε ως τυποποιημένο θερμοσκόπιο «Standard Weather-Glass», το θερμοσκόπιο που είχε κατασκευάσει ο Robert Hooke και το οποίο ο ίδιος πρότεινε ως τέτοιο⁴³². Η κατασκευή ενός «τυποποιημένου» θερμοσκοπίου αποσκοπούσε στη δημιουργία ενός πρωτοτύπου με βάση το οποίο θα κατασκευάζονταν θερμοσκόπια που μπορούσαν να δώσουν συγκρίσιμες ενδείξεις και το οποίο θα χρησιμοποιούσαν τα μέλη της Εταιρείας για τη διαβάθμιση των ατομικών τους θερμοσκοπίων. Σύμφωνα με την περιγραφή που παρέθετε ο Hooke στην πραγματεία του *Micrographia* (1665)⁴³³, το θερμοσκόπιο αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο το οποίο κατέληγε σε ένα λεπτό σωλήνα ο οποίος σφραγιζόταν στην κορυφή του με τη φλόγα μίας λάμπας. Το υγρό ήταν ίδιο με αυτό που χρησιμοποιούσε ο Boyle στα δικά του θερμοσκόπια με τη διαφορά ότι για τον χρωματισμό του αποστάγματος κρασιού δεν χρησιμοποιούνταν μόνο «cochinelle» αλλά και απόσταγμα ούρων. Η κλίμακα του Hooke είχε ως σταθερό σημείο

⁴³¹ «a trusty sealed *Thermoscope* (that was made by the Standard-weather-glass at *Gresham* College which I therefore call the *Standard-Thermoscope*, having us'd it for some years», Ο.π., σελ. 564. Ο Boyle αναφέρεται εδώ στο τυποποιημένο θερμοσκόπιο της Βασιλικής Εταιρείας η οποία εκείνη την περίοδο χρησιμοποιούσε το κολλέγιο του *Gresham* ως χώρο όπου λάμβαναν χώρα οι συνεδριάσεις της.

⁴³² «He (Hooke) himself may not have realised at first the necessity for a common thermometric standard as a basis for the permanent individual standards which he recommended, but the instrument which he designed came rapidly to be known as 'The Royal Society's standard thermoscope', and was used by members in London for graduation of a number of individual thermometer», Patterson [1953], σελ., 53. «A Thermometer, thus marked and prepared, will be the fittest Instrument to make a Standard of heat and cold that can be imagined», Hooke [1961], σελ. 39. Επίσης Βλ. Middleton [1966], σσ. 41-46.

⁴³³ Ο.π., σσ. 37-39.

τη στάθμη που έδειχνε το εσώκλειστο υγρό, τη στιγμή που άρχιζε να μετατρέπεται σε πάγο διωλισμένο νερό. Το σημείο αυτό οριζόταν σε τέτοιο ύψος στο σωλήνα έτσι ώστε να χωρούν βαθμοί και κάτω και πάνω από αυτό. Ο Hooke καθόριζε τους υπόλοιπους βαθμούς με βάση την διόγκωση ή τη συρρίκνωση του υγρού σε αναλογία με τον όγκο που αυτό διατηρούσε όταν δρούσε πάνω του ο βαθμός ψύχους που έψυχε το διωλισμένο νερό.

Οι προσπάθειες του Hooke να κατασκευάσει ένα θερμοσκόπιο το οποίο να μπορεί να αναπαραχθεί έτσι ώστε το νέο θερμοσκόπιο να δίνει συγκρίσιμες ενδείξεις με το πρωτότυπο είχαν αρχίσει πολύ νωρίτερα από το 1665. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο της συζήτησης «New Thermometrical Experiments and Thoughts», ο Boyle είχε ασκήσει κριτική στην πρόταση του Hooke για τον ορισμό του σημείου ψύξης με βάση τη μετατροπή σε πάγο του διωλισμένου νερού. Επίσης ενώ, ο Hooke δούλευε από το 1661 ως κατασκευαστής των θερμοσκοπίων του Boyle, δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι ο Boyle χρησιμοποίησε το προτεινόμενο τυποποιημένο θερμοσκόπιο του Hooke στα πειράματα που συμπεριέλαβε στην πρώτη έκδοση του *Cold*. Παρ'όλα αυτά με δεδομένο ότι στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης ανέφερε ότι χρησιμοποιούσε το τυποποιημένο θερμοσκόπιο της Royal Society «εδώ και αρκετά χρόνια» καθώς και ότι τα συγκεκριμένα πειράματα χρονολογούνταν τον Δεκέμβριο του 1665, δηλαδή οχτώ μήνες μετά την έκδοση του *Cold*, δεν μπορεί να αποκλεισθεί ότι το είχε χρησιμοποιήσει τουλάχιστον στα πειράματα που είχε διεξάγει το 1664 και το 1665.

Με τη χρήση του τυποποιημένου θερμοσκοπίου και την αναφορά στο σημείο ψύξης της κλίμακάς του στα πειράματα του παραρτήματος, ο Boyle έδειχνε ότι τελικά από το 1665 και έπειτα είχε υιοθετήσει στην πειραματική του πρακτική το θερμοσκόπιο που η ίδια η Εταιρεία προωθούσε ως «τυποποιημένο θερμοσκόπιο». Παρ'όλη την κριτική που είχε ασκήσει στην επιλογή σταθερού σημείου του Hooke, είχε αποδεχθεί τη μετατροπή σε πάγο του διωλισμένου νερού ως σταθερό σημείο στην κλίμακα έναντι της δικής του πρότασης, της στερεοποίησης του λαδιού του γλυκανίσου («oil of aniseed»). Επίσης έδειχνε να αποδέχεται την ύπαρξη ενός σταθερού σημείου ψύξης, με την έννοια ότι δεν χρειαζόταν να ξαναβρεί με το θερμοσκόπιο που παρήγαγε από το πρωτότυπο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου το σημείο ψύξης του νερού. Εχουμε δείξει παραπάνω

ότι στα πειράματα της πρώτης έκδοσης του *Cold* και ειδικότερα στις περιπτώσεις, όπου χρειαζόταν να συγκρίνει τον βαθμό ψύχους που ψύχει το νερό με έναν άλλο βαθμό ψύχους, έπρεπε κάθε φορά να σηματοδύει στο θερμοσκόπιο που χρησιμοποιούσε αυτό το σημείο με την ένδειξη της στάθμης του υγρού την ώρα που το νερό, στο οποίο εισερχόταν το θερμοσκόπιο, πάγωνε. Η αποδοχή του σημείου ψύξης ως σταθερού σημείου σήμαινε ότι είχε πρακτικά πιστοποιήσει ότι τα θερμοσκόπια που παράγονταν με βάση το πρωτότυπο της Βασιλικής Εταιρείας, είχαν συγκρίσιμες ενδείξεις και ότι το σημείο μετατροπής σε πάγο του διυλισμένου νερού ήταν ίδιο σε όλα. Μένει ανοιχτό το ερώτημα αν θεωρούσε ότι το υγρό των θερμοσκοπίων που κατασκευάζονταν με βάση το πρωτότυπο θα ανέβαινε στο σηματοδεδυμένο σημείο ψύξης σε οποιεσδήποτε συνθήκες ψύχους και αν εξέταζε το σημείο ψύξης του διυλισμένου νερού.

Τα επιχειρήματα που χρησιμοποιεί ο Boyle για να αντικρούσει την υποστήριξη της εξήγησης του φαινομένου της αντιπερίστασης από συγκεκριμένα φαινόμενα, επιβεβαιώνουν το συμπέρασμα που αναφέραμε παραπάνω για την πρακτική του Boyle να χρησιμοποιεί τους τρεις τρόπους εκτίμησης της θερμοκρασίας, τα ψυκτικά και θερμικά φαινόμενα, τις ανθρώπινες αισθήσεις και τα θερμοσκόπια για να οδηγηθεί σε συμπεράσματα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως τα πειράματα με το θερμοσκόπιο έπαιζαν ένα σημαντικότερο ρόλο από τις άλλες δύο μεθόδους εκτίμησης. Στο κείμενο «*A Sceptical Consideration of the Heat of Cellars in Winter, and their Coldness in Summer*», που προστέθηκε στη βασική συζήτηση, φάνηκε ότι τελικά οι πληροφορίες του ανοιχτού θερμοσκοπίου έθεταν υπό αμφισβήτηση ένα βασικό, για τη στήριξη του δόγματος, φαινόμενο το οποίο οδήγησε τον Boyle στην προσωρινή αποφυγή της οριστικής απόρριψης του δόγματος. Αυτή η στάση που έχει αναγνωριστεί από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία ως χαρακτηριστικό του Boyle, θα μπορούσε να αποδοθεί εν μέρει στη γενικότερη διστακτικότητά του να επιβεβαιώνει και να οριστικοποιεί ορισμένα συμπεράσματά του. Πολλές φορές ο Boyle ακολουθούσε την τακτική να παρουσιάζει πειραματικά αποτελέσματα, να αφήνει να εννοείται μέσω αυτών το επιχείρημα ή η υπόθεση που υποστήριζε αλλά τελικά να μην καταλήγει στην οριστική υποστήριξη ή επιβεβαίωσή της. Στη συγκεκριμένη όμως περίπτωση φαίνεται ότι τα πειράματα με τα ανοιχτά θερμοσκόπια αποτελούσαν ένα πραγματικό λόγο για την αναζήτηση περαιτέρω πειραματικών αποτελεσμάτων προκειμένου να κριθεί το δόγμα των αριστοτελικών.

Η εκτέλεση πειραμάτων από τους σχολαστικούς όπου τα θερμοσκόπια κρατούνταν σε υπόγειους χώρους για ικανό χρονικό διάστημα ώστε να δείξουν τη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία των δύο εποχών καθώς και η επιβεβαίωση από αυτά τα πειράματα ότι το καλοκαίρι κρίνονταν ψυχρότερα από το χειμώνα είναι κρίσιμη για τον Boyle γιατί, όπως δείξαμε παραπάνω, όταν είχε γράψει το διάλογο δεν είχε εκτελέσει τέτοια πειράματα. Με βάση τα πρακτικά της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, παρόμοια πειράματα αρχίζουν να εκτελούνται στην Εταιρεία το φθινόπωρο του 1663. Στο κείμενο του Boyle δεν αναφέρονται αποτελέσματα από αυτά τα πειράματα. Παρ'όλα αυτά η εντολή που δίνει ο Boyle για πειραματισμό στην Εταιρεία (όπως αναφέραμε παραπάνω) καθώς και η πρότασή του στη συνεδρίαση της 16ης Δεκεμβρίου 1663 να τοποθετηθούν δύο θερμοσκόπια μέσα στα κελάρια το ένα κλειστό και το άλλο ανοιχτό προκειμένου να εξεταστούν οι θερμοκρασιακές αλλαγές καθώς και να διαπιστωθούν οι αλλαγές στο βάρος του αέρα, δείχνει την ενασχόλησή του εκείνη την περίοδο με το συγκεκριμένο πρόβλημα. Πέρα από την αναφορά του σε δικά του πειράματα, όπου σημείωνε ότι τα αποτελέσματά τους δεν αντέκρουαν τα επιχειρήματα του Καρνεάδη, ο Boyle δεν ανέφερε τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πρότεινε στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου. Ο Boyle βάσιζε την επιχειρηματολογία του εναντίον των πειραματικών αποτελεσμάτων του Zucchius στην αποδεδειγμένη από τον ίδιο επιρροή που μπορεί να είχε το βάρος του αέρα στις ενδείξεις του θερμοσκοπίου του τελευταίου καθώς και στην πιθανότητα ύπαρξης θερμών αναθυμιάσεων στο έδαφος· αυτό μπορεί να σημαίνει ότι βασιζόταν, χωρίς να το διευκρινίζει, και στα αποτελέσματα των πειραμάτων που είχαν προταθεί στη συνεδρίαση της 16ης Δεκεμβρίου 1663. Ο Boyle εξέφραζε την ανάγκη για περισσότερα πειράματα με κλειστά θερμοσκόπια έτσι ώστε να αποκλείονται τα προβλήματα που δημιουργούσαν οι αλλαγές στο βάρος του αέρα, καθώς και τη διεξαγωγή πειραμάτων σε διαφορετικά μέρη έτσι ώστε να αποφευχθεί η συναγωγή πειραματικών αποτελεσμάτων από ένα συγκεκριμένο χώρο όπου τυγχάνει να υπήρχαν οι θερμές αναθυμιάσεις. Επίσης ήταν σαφές ότι δεν θεωρούσε ότι οι θερμές αναθυμιάσεις υπήρχαν σε όλες τις περιοχές του εδάφους και ότι αν τα αποτελέσματα μίας τέτοιας σειράς πειραμάτων κατέληγαν στην επιβεβαίωση του φαινομένου της μεγαλύτερης ψυχρότητας των υπόγειων χώρων το καλοκαίρι από το χειμώνα, τότε δεν θα μπορούσε να καταρρίψει το δόγμα της αντιπερίστασης. Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι στην

περίπτωση της συζήτησης του δόγματος της αντιπερίστασης, τα πειράματα με το κλειστό θερμοσκόπιο ανάγονταν σε « αποφασιστικά πειράματα» για τη διεξαγωγή της διαμάχης.

Μία επίσης σημαντική παρατήρηση είναι ότι παρόλο που ο Boyle αμφισβητούσε τα πειραματικά αποτελέσματα του Zucchius λόγω των προβληματικών ενδείξεων του ανοιχτού θερμοσκοπίου, έδειχνε να λαμβάνει υπόψη του τις μετρήσεις του, τόσο ώστε να αναστείλει την τελική συναγωγή συμπεράσματος για το δόγμα της αντιπερίστασης. Ο Boyle είχε λόγο να το κάνει αυτό γιατί, όπως είχε δείξει στην πρώτη συζήτηση για τα θερμοσκόπια του κεφαλαίου «New Thermometrical Experiments and Thoughts», όταν η ένδειξη του βαρόμετρου ήταν σταθερή στις 29 ίντσες οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου ακολουθούσαν αυτές του κλειστού θερμοσκοπίου και άρα μπορούσαν να είναι εμπιστεύσιμες. Η σημασία επίσης που έδειχνε ο Boyle στα πειραματικά αποτελέσματα του Maignan, τα οποία θεωρούσε ότι έθεταν υπό αμφισβήτηση τα αποτελέσματα του Zucchius, επιβεβαιώνουν ακόμη περισσότερο το συμπέρασμα ότι παρ'όλη την αμφισβήτηση των πληροφοριών του ανοιχτού θερμοσκοπίου, στην πειραματική πρακτική οι ενδείξεις του συνέχιζαν να παίζουν σημαντικό ρόλο.

Τα πειράματα που είχαν προστεθεί στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης του *Cold* και εξετάζαν το φαινόμενο της αντιπερίστασης επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα για τον σημαντικό ρόλο του θερμοσκοπίου. Καταρχήν έχει σημασία ότι σε όλα τα πειράματα, πλην ενός, που προστέθηκαν και αφορούσαν αυτό το θέμα οι ενδείξεις των θερμοκρασιών δίνονταν από το κλειστό θερμοσκόπιο. Επίσης η αναφορά του Boyle σε προθύστερο από το δικό του πειραματισμό με ανοιχτά θερμοσκόπια μας δείχνει ότι η χρήση του θερμοσκοπίου στη συζήτηση του φαινομένου της αντιπερίστασης είχε νομιμοποιηθεί πριν από την πειραματική εργασία που παρουσιάστηκε στο *Cold*. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα για το ρόλο της χρήσης του θερμοσκοπίου στο πρώτο μισό του 16ου αιώνα.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στη διαμάχη για το δόγμα της αντιπερίστασης ήταν ότι από την πειραματική επιβεβαίωση του φαινομένου, δηλαδή η επιβεβαίωση ότι η θερμοκρασία ήταν πραγματικά θερμότερη το χειμώνα από το καλοκαίρι σε υπόγειους χώρους, δεν συναγόταν αναγκαστικά ότι το φαινόμενο αυτό προκαλούνταν από την αντιπερίσταση, αλλά υπήρχε το περιθώριο και για άλλες εξηγήσεις, όπως ήταν η ύπαρξη υπόγειων θερμών αναθυμιάσεων. Για να μπορέσει να συναχθεί ένα τελικό συμπέρασμα

έπρεπε τα πειράματα να επαναληφθούν καταρχήν με τα σωστά όργανα και κατά δεύτερον σε πολλές περιοχές. Ο Boyle έδειχνε ότι εφόσον το θερμοσκόπιο δεν τον βοηθούσε να διακρίνει αν στην εκτέλεση του πειράματος σε συγκεκριμένο χώρο η ένδειξη της μεγαλύτερης ψυχρότητας του υπόγειου χώρου το καλοκαίρι από το χειμώνα οφειλόταν στο φαινόμενο της αντιπερίστασης και όχι στην ύπαρξη μίας επίκτητης θερμότητας όπως ήταν αυτή των υπόγειων ατμών, τότε η επανάληψη των πειραμάτων θα μπορούσε να τον βοηθήσει να διακρίνει. Με βάση την παραδοχή ότι υπόγειες αναθυμιάσεις δεν υπήρχαν σε όλη την έκταση των υπόγειων χώρων, η επιβεβαίωση του πρώτου πειραματικού αποτελέσματος ή όχι σε όλους τους χώρους θα αποδείκνυε τελικά ποια αιτία βρίσκεται πίσω από το φαινόμενο.

2.3.4. Το ιστορικό πλαίσιο της θερμομέτρησης στην Ευρώπη και στην Αγγλία του 17ου αιώνα και η θερμομέτρηση στο *Cold*

Στα πρώτα δύο υποκεφάλαια παρουσιάστηκαν οι τρόποι θερμομέτρησης στο *Cold*, τα βασικά θέματα που απασχολούσαν τον Boyle σε σχέση με την κατασκευή και χρήση των θερμοσκοπίων καθώς και τα πειράματα τα οποία αναδεικνύουν τον ρόλο που έπαιξε το θερμοσκόπιο στα λιγιστά, σε σχέση με τον μεγάλο αριθμό πειραμάτων της πραγματείας, πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε. Στο τρίτο υποκεφάλαιο θα συζητηθούν τα συμπεράσματα της μελέτης για τη θερμομέτρηση στο *Cold* και τη χρήση του θερμοσκοπίου στην πειραματική πρακτική του Boyle στο πλαίσιο των εξελίξεων στη θερμομέτρηση και στην κατασκευή και χρήση των θερμοσκοπίων στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα.

Η δευτερεύουσα βιβλιογραφία για την «Ιστορία του Θερμομέτρου» περιλαμβάνει μακροσκελείς και περιεκτικές μελέτες όπου, κατά κύριο λόγο, περιγράφεται η κατασκευαστική εξέλιξη του οργάνου, η ανάπτυξη της κλίμακας μέτρησης της θερμοκρασίας και η εξέλιξή της σε μία «τυποποιημένη» κλίμακα. Οι περισσότερες από αυτές εστιάζουν σε μία ιστορική αναδρομή με επίκεντρο τους κατασκευαστές, τους πειραματιστές, την κατασκευαστική εξέλιξη των οργάνων και τις κλίμακες που χρησιμοποιούνται, ακολουθώντας περίπου την ίδια χρονολογική διαδρομή στην παράθεση των διαφόρων εφευρέσεων. Εξάιρεση αποτελεί η μελέτη του Martin Barnett, ο

οποίος συσχετίζει τις εξελίξεις στην κατασκευή και χρήση του θερμοσκοπίου με τις θεωρίες που επικρατούσαν σε κάθε στάδιο για τη φύση της θερμότητας και του ψύχους. Σε ορισμένες μελέτες οι έννοιες θερμοσκόπιο και θερμόμετρο χρησιμοποιούνται διακριτά πάνω στη βάση ότι με τη λέξη θερμόμετρο εννοείται το ίδιο όργανο κατασκευαστικά με το θερμοσκόπιο, με τη διαφορά ότι συνοδεύεται από μία θερμομετρική κλίμακα. Σε άλλες μελέτες οι δύο όροι χρησιμοποιούνται αδιακρίτως. Στις περισσότερες όμως το κριτήριο για τη συγγραφή της ιστορίας του θερμομέτρου αποτελεί η έρευνα εκείνων των προσπαθειών που γίνονται για να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί ένα όργανο το οποίο μετρά τη θερμοκρασία μέσω μίας κλίμακας και ο χρήστης το χρησιμοποιεί συνειδητά προς αυτό το σκοπό. Στο παρόν κεφάλαιο θα βασιστούμε στα ιστορικά στοιχεία των μελετών καθώς και σε πρωτότυπα κείμενα της εποχής για να εντάξουμε τα θερμοσκόπια του Boyle στην πρακτική παράδοση της εποχής και να κρίνουμε τη συμβολή του στην εξέλιξη και χρήση του θερμοσκοπίου⁴³⁴. Στο ιστορικό αυτό πλαίσιο θα ενσωματώσουμε πληροφορίες για όργανα και πειραματικές έρευνες οι οποίες, παρόλο που δεν ταιριάζουν στο αυστηρό κριτήριο με το οποίο έχουν δομηθεί οι παραπάνω μελέτες, συνέβαλαν σημαντικά στην ανάπτυξη του οργάνου. Όπως θα δείξουμε και παρακάτω, το θερμοσκόπιο μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα δεν εξελίχθηκε τόσο ώστε να ανταποκρίνεται σε αυτή την εικόνα. Ήταν ένα όργανο το οποίο συνοδευόταν από αυθαίρετες συνήθως κλίμακες και χρησιμοποιούνταν συχνά στην πειραματική πρακτική για να δώσει, όχι ποσοτικές, αλλά ποιοτικές πληροφορίες. Παρόλο όμως που τα χαρακτηριστικά του δεν ήταν τα κατάλληλα για να μπορεί να θεωρηθεί όργανο μετρήσεων ακριβείας, στην πρακτική η χρήση του έπαιζε ρόλο στα πειραματικά αποτελέσματα και στη συναγωγή συμπερασμάτων.

Σύμφωνα με τις μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, οι πρώτες προσπάθειες ορισμού μίας κλίμακας έντασης της θερμότητας και του ψύχους έλαβαν μέρος στα πλαίσια της Αριστοτελικής παράδοσης, η οποία ανάλογα με τις εποχές αναδιαμορφωνόταν μέχρι την ανατροπή της τον 17ο αιώνα. Η αριστοτελική θεωρία αναγνώριζε ότι οι ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους είχαν ένταση, δεν υιοθετούσε όμως μία έννοια μέτρησης των δύο ιδιοτήτων. Οι πρώτες απόπειρες προσδιορισμού κάποιας κλίμακας αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της ιατρικής παράδοσης τον 2ο αιώνα μ.Χ.

⁴³⁴ Burckhardt [1867], Barnett [1956], Middleton [1966], Taylor [1942], Bolton y [1900].

Σύμφωνα με την ιατρική παράδοση, η οποία εξακολουθούσε να βασίζεται σε αριστοτελικές αρχές, η υγεία του ασθενούς εξαρτιόταν από το ποσοστό των τεσσάρων αριστοτελικών ιδιοτήτων στο ανθρώπινο σώμα. Ο ρόλος των φαρμάκων σχετιζόταν με τη θέρμανση ή ψύχρανση του ασθενούς, ανάλογα με την ισορροπία που έπρεπε να επιτευχθεί. Ο Γαληνός (130-200 μ.Χ.) σχεδίαζε θεραπείες με βάση τη θεωρία ότι οι ατομικές διαφορές στην αρρώστια και στην υγεία ενός ανθρώπου είναι αποτέλεσμα της αναλογίας με την οποία οι ιδιότητες μετριάζονται στα σώματά μας. Ο Taylor αναφέρει χαρακτηριστικά ότι οι έννοιες «temperament» και «Temperature» που σήμερα αντιστοιχούν σε ένα φυσικό μέγεθος, αυτό της θερμοκρασίας, μέχρι τον 18ο αιώνα σήμαιναν το μετρίασμα των ιδιοτήτων μίας ουσίας⁴³⁵. Με βάση αυτή την έννοια της «temperature» θεωρούσε ότι κάθε άτομο και ζώο έχει μία «equal temperature» η οποία διέφερε από άτομο σε άτομο. Από την κατηγοριοποίηση των φαρμάκων του Γαληνού σε τέσσερις βαθμούς θερμότητας και ψύχους, οι οποίοι ορίζονταν από τον εκάστοτε γιατρό και δεν είχαν φυσική υπόσταση, φαίνεται να προκύπτει η «ιατρική» κλίμακα που έφτασε να χρησιμοποιείται στην ιατρική πρακτική του 16ου αιώνα. Οι αναφορές στο έργο του Johanus Hasler *De Logistica Medica* (1578), ο οποίος ενσωμάτωσε την κλίμακα του Γαληνού στην αντίστοιχη δική του και προσπαθούσε να βρει τον φυσικό βαθμό θερμοκρασίας κάθε ανθρώπου σύμφωνα με την ηλικία του, την περίοδο του χρόνου, το γεωμετρικό πλάτος και άλλες επιρροές, δείχνουν ότι μαζί με την παράδοση του Γαληνού, στον 16^ο αιώνα είχε αρχίσει να χρησιμοποιείται η έννοια της κλίμακας. Το σχόλιο του Middleton ότι «Strange as it may seem, the idea of a scale of temperature was familiar to physicians before they had any instrument to measure it with» είναι σωστό, υπό τον όρο όμως ότι το μέσο της διαβάθμισης υπήρχε αλλά δεν αποτελούσε ένα σώμα έξω από τον άνθρωπο⁴³⁶. Η αίσθηση κάποιας κλίμακας διαβάθμισης των δύο ιδιοτήτων δεν μπορεί να αποκοπεί από το μέσο το οποίο αποκαλύπτει αυτή τη διαβάθμιση. Για αυτές τις περιόδους, και μέχρι να εμφανιστούν τα θερμοσκόπια αέρος, το μέσο αυτό, το όργανο δηλαδή, ήταν οι ανθρώπινες αισθήσεις, οι οποίες, όπως είδαμε και από την ανάλυση της θερμομέτρησης στο *Cold*, χρησιμοποιούνταν ακόμη και στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα ως μέσα ένδειξης των διαβαθμίσεων του ψύχους. Επομένως στην πρακτική της ιατρικής

⁴³⁵ Taylor [1942], σελ. 129.

⁴³⁶ Middleton [1966], σελ. 3.

στον 16ο αιώνα ήταν εξοικειωμένοι με μία έννοια κλίμακας που προερχόταν όμως από πληροφορίες που έδιναν οι ανθρώπινες αισθήσεις.

Μία ακόμη κλίμακα που φαίνεται να χρησιμοποιείται από τον 16ο αιώνα αποκαλείται από τις μελέτες «φιλοσοφική» και αποτελούνταν από οχτώ βαθμούς θερμότητας ή οχτώ βαθμούς ψύχους⁴³⁷. Ο Taylor αναφέρει ότι οι σχολαστικοί φιλόσοφοι την είχαν υιοθετήσει διαμορφώνοντας τους βαθμούς με βάση τη θεωρία των τεσσάρων στοιχείων· η φωτιά με την ιδιότητα της θερμότητας αντιστοιχούσε στον όγδοο βαθμό και με την ιδιότητα της ξηρότητας στον τέταρτο βαθμό⁴³⁸. Η κλίμακα αυτή δείχνει ότι ακόμη και στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα οι δύο ιδιότητες θεωρούνταν ότι είχαν διακριτή υπόσταση. Όπως θα δούμε παρακάτω, η διάκριση των βαθμών των δύο ιδιοτήτων στην κλίμακα παρέμεινε και μετά την ανάπτυξη των ατομιστικών θεωριών για τη φύση της θερμότητας και του ψύχους, οι οποίες διαφοροποιούνταν από την αριστοτελική θεώρηση τους ως δύο διακριτές ποιότητες. Η κλίμακα των οχτώ βαθμών θεωρείται ότι χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τα πρώτα θερμοσκόπια αέρος του πρώτου μισού του 17ου αιώνα.

Ο Barnett επισημαίνει ότι στην αριστοτελική και στη σχολαστική και μεσαιωνική παράδοση δεν ήταν δυνατό να αντικατασταθούν οι έννοιες του ψύχους και της θερμότητας με την έννοια της θερμοκρασίας ως μίας ποσοτικά παρατηρήσιμης ιδιότητας των εξεταζόμενων σωμάτων. Θεωρεί ως βασικό πρόβλημα την αριστοτελική θεώρηση των τεσσάρων ιδιοτήτων της θερμότητας, του ψύχους, της ξηρότητας και της υγρότητας, ως ουσίες/ποιότητες από τις οποίες αποτελούνταν τα σώματα· αυτή η θεώρηση απέκλειε την απόδοση των δύο ιδιοτήτων σε άλλες πρωταρχικές ιδιότητες που μπορούσαν να αναδειχθούν ποσοτικά. Το πρόβλημα όμως δεν δημιουργούνταν αποκλειστικά από την έλλειψη εξήγησης των ιδιοτήτων μέσω άλλων πρωταρχικών ιδιοτήτων. Η έννοια της θερμοκρασίας δεν μπορούσε να διαμορφωθεί αν οι δύο ιδιότητες δεν θεωρούνταν ως μέρος της ίδιας διαδικασίας. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε η έννοια της «έλλειψης». Όταν η μία ιδιότητα, όπως ήταν το ψύχος, άρχισε να θεωρείται ως έλλειψη της θερμότητας, αυτό επέτρεπε την αναγωγή τους στην ίδια διαδικασία. Στον 17ο αιώνα

⁴³⁷ «There was also a ‘philosophical scale’ with eight degrees of heat and eight of cold. As we shall see the first thermometer of which we have a description and illustration has a scale of ‘degrees of cold’ that goes from one to eight», Middleton [1966], σελ. 4.

⁴³⁸ Taylor [1942], σελ. 132. Ο Taylor χρησιμοποιεί επίσης ως μαρτυρία για την προέλευση της κλίμακας των οχτώ βαθμών το κείμενο του Leurechon στο *Les Recreations Mathematiques* (1624).

υπήρχαν παραδείγματα θεωριών, όπως ήταν η θεωρία του Pierre Gassendi για το ψύχος, όπου η ιδιότητα αναγόταν σε άτομα τα οποία έφεραν αυτή την ιδιότητα. Εδώ λοιπόν, παρόλο που το ψύχος αναγόταν σε κάτι πιο θεμελιώδες, τα σωματίδια, η θεώρηση των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους από τον Gassendi ως σωματίδια που φέρουν τις ιδιότητες δεν ευνοούσε την ανάπτυξη μίας έννοιας της θερμοκρασίας. Επομένως σημαντικό βήμα ήταν η θεώρηση ότι η μία ιδιότητα αποτελούσε έλλειψη της άλλης ή έλλειψη της αιτίας που προκαλούσε τη μία από τις δύο. Αυτή φαίνεται να αποτελούσε την πρόταση του Boyle για τη φύση του ψύχους την οποία υποστήριζε στην μεταγενέστερη του *Cold* εργασία «Of the Positive or Privative Nature of Cold, A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus»(1973)⁴³⁹.

Έχοντας ως δεδομένο ότι μέχρι τον 16ο αιώνα η κυρίαρχη θεωρία για τη φύση των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους ήταν η αριστοτελική και αργότερα η σχολαστική και ότι χρησιμοποιούνταν κυρίως οι ανθρώπινες αισθήσεις για την αντίληψη αυτών των ιδιοτήτων, μία από τις μεγάλες αλλαγές και συμβολές στη διαμόρφωση του πρώτου θερμοσκοπίου αέρος ήταν καταρχήν η ανάπτυξη της ιδέας του προσδιορισμού της έντασής τους και κατά δεύτερον η ιδέα ότι για αυτό τον προσδιορισμό θα χρησιμοποιούνταν η δράση τους πάνω σε κάποιο τρίτο σώμα. Οι σχολαστικοί αποδέχονταν στη θεωρία τους ότι οι δύο ιδιότητες είχαν διαβαθμίσεις στην έντασή τους. Μία από τις σημαντικές εξελίξεις στο πέρασμα από τον 16ο αιώνα στον 17ο ήταν η δημιουργία της ανάγκης για μέτρηση αυτής της έντασης και η υιοθέτηση ενός σώματος στο οποίο οι δράσεις των δύο ιδιοτήτων θα ήταν παρατηρήσιμες και μετρήσιμες. Τα πειράματα για τις ιδιότητες του αέρα, όπως υποδεικνύει ο Middleton, είχαν αποτελέσει από την ύστερη αρχαιότητα ένα ερευνητικό πεδίο όπου είχαν αποδειχθεί πειραματικά οι επιδράσεις της θερμότητας και του ψύχους στον αέρα⁴⁴⁰. Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα που αναφέρονται στις μελέτες είναι τα πειράματα του Φίλωνα του Βυζαντίου (2^{ος} αι. π.Χ.) και του Ήρωνα του Αλεξανδρέα (περίπου 62 μ.Χ.), στα οποία καταγράφεται η δράση του ψύχους και της θερμότητας στον αέρα. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνταν πειραματικές διατάξεις όπου, όταν ο αέρας μέσα σε ένα στρογγυλό δοχείο το οποίο ήταν κατά μέρος γεμάτο με νερό θερμαινόταν, έσπρωχνε το

⁴³⁹ Boyle [1673α], σς. 341-367.

⁴⁴⁰ Middleton [1964], σσ. 4-5.

νερό μέσω ενός σωλήνα μέσα σε ένα δεύτερο δοχείο· όταν ψυχόταν όμως, το νερό υποχωρούσε στο πρώτο δοχείο, στο χώρο που προηγουμένως καταλάμβανε ο αέρας.

Παρόλο που τονίζεται το γεγονός ότι σε καμία από τις δύο περιπτώσεις τα όργανα δεν προορίζονταν για την ανάδειξη της θερμοκρασίας του αέρα, και τα δύο αποτέλεσαν πρότυπα για αρκετά όργανα σε μορφή θερμοσκοπίου που κατασκευάστηκαν στην αρχή του 17ου αιώνα από πειραματιστές όπως ήταν ο Άγγλος Robert Fludd (1574-1651), ο Ιταλός Della Porta και ο Ιταλός Santorio. Τον 16ο αιώνα το έργο του Ήρωνα έγινε γνωστό μέσα από μεταφράσεις στα λατινικά (1575) και στα Ιταλικά (1592)· ο Della Porta βασίστηκε στα πειράματα αυτά για τον σχεδιασμό ενός οργάνου που συμπεριέλαβε στο έργο του *Magia naturalis libri XX* (1589) και το οποίο κατασκευαστικά ήταν όμοιο με το θερμοσκόπιο αέρος που έχουμε περιγράψει πιο πάνω. Ο Middleton τονίζει ότι ο Della Porta δεν σκόπευε με το όργανο αυτό να μετρήσει την ένταση των δύο ιδιοτήτων αλλά απλά αναδείκνυε την αύξηση του όγκου του αέρα με τη θερμότητα⁴⁴¹. Επίσης ο Middleton αναφέρει ότι και ο Santorio, ένας από τους βασικούς κατασκευαστές και χρήστες του θερμοσκοπίου των αρχών του 17ου αιώνα, φαίνεται να είχε συμβουλευτεί την έκδοση του Ήρωνα⁴⁴². Ο Taylor έχει δείξει ότι το πείραμα του Φίλωνα είχε αποτελέσει τη βάση για την περιγραφή μίας παρόμοιας συσκευής καθώς και ενός ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος στα τρία έργα που εξέδωσε ο Fludd στις αρχές του 17ου αιώνα⁴⁴³. Στο πρώτο έργο, *Utriusque Cosmo Historia* (1617), ο Taylor επισημαίνει ότι ο Fludd δεν το παρουσίαζε ως όργανο για τη μέτρηση των δύο ιδιοτήτων ενώ στα άλλα δύο, το *Meteorologica Cosmica* (1626) και το *Philosophia Moysaica* (1638) παρουσίαζε αυτό και το εξελιγμένο θερμοσκόπιο που είχε φτιάξει ο ίδιος ως όργανα που χρησιμοποιούνταν στη μέτρησή τους.

Σύμφωνα με τις μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, ο Ολλανδός εφευρέτης Cornelius Drebbel (1572-1633), ο οποίος όπως φαίνεται από την πατέντα που είχε κατοχυρώσει το 1598 για την κατασκευή μίας αντλίας και ενός ρολογιού, επιδιδόταν στις μηχανικές εφευρέσεις, κατασκεύαζε συσκευές που λειτουργούσαν με τις δράσεις της θερμότητας και του ψύχους στον όγκο του αέρα. Στο έργο του *Een kord Tractaet Van die Natuere der Elementen*, (Leyden 1608), στο οποίο αναφερόταν στη φύση των ιδιοτήτων,

⁴⁴¹ Ο.π.

⁴⁴² Ο., σσ. 13-14.

⁴⁴³ Taylor [1942], σσ. 143-149.

περιέγραφε τη δράση που έχει το ψύχος και η θερμότητα στη μεταβολή του όγκου του αέρα και της στάθμης του νερού. Ο Drebbel ήταν ο εφευρέτης μίας συσκευής με την ονομασία στα λατινικά «perpetuum mobile», «αεί κινούμενο», η οποία αποτελούσε σύμφωνα με τον Middleton ένα αστρονομικό ρολόι που έδειχνε την ώρα της ανατολής και της δύσης, το ζώδιο στο οποίο βρισκόταν η σελήνη και άλλα⁴⁴⁴. Ενώ σε μία περιγραφή της μηχανής η κινητήριος δύναμη του ρολογιού αποδίδεται στην παλίρροια και στην άμπωτη, ο Middleton αναφέρει ότι οι σύγχρονοι του Drebbel γνώριζαν ότι προερχόταν από τη συρρίκνωση και διαστολή του αέρα ως αποτέλεσμα της δράσης της θερμότητας και του ψύχους. Ο Drebbel είχε παρουσιάσει το «αεί κινούμενο» ενώπιον του Βασιλιά Καρόλου Α΄ στην Αγγλία το 1606. Η συσκευή του Drebbel έμοιαζε με το θερμοσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην Ολλανδία την περίοδο 1625-1630 και το οποίο διέφερε από το θερμοσκόπιο αέρος που έχουμε περιγράψει μέχρι τώρα στο ότι είχε δύο στρογγυλά δοχεία, το ένα στο πάνω άκρο και το δεύτερο στο κάτω. Σε αρκετές περιπτώσεις είχε μία μικρή οπή στο κάτω άκρο, ενώ το πάνω ήταν κλειστό και εσώκλειε τον αέρα ο οποίος αποτελούσε το θερμομετρικό ρευστό. Η πρώτη γραπτή παρουσίαση του τύπου «των δύο στρογγυλών δοχείων» θερμοσκοπίου αέρος ή Ολλανδικού τύπου ή «J-shaped» έγινε στο έργο του Jean Leurechon *Recreation Mathematique* το οποίο εκδόθηκε το 1626. Οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας αναφέρουν ότι ενώ ο Leurechon δεν ανέφερε τον Drebbel ως εφευρέτη αυτού του θερμοσκοπίου, ο Gaspar Ens of Cologne σε μετάφραση του αντίστοιχου χωρίου στο έργο του *Thaumaturgus Mathematicus* (1628) αποκαλούσε τον τύπο του θερμοσκοπίου «όργανο του Drebbel»⁴⁴⁵.

Με βάση τα παραπάνω, τα πειράματα που έδειχναν την επίδραση του ψύχους και της θερμότητας στον αέρα έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην επιλογή του αέρα ως το θερμομετρικό υγρό των θερμοσκοπίων αέρος των τελών του 16ου και αρχών του 17ου αιώνα. Τα πειράματα αυτά προϋπήρχαν, και μάλιστα όπως μας δείχνει ο Barnett, οι εξηγήσεις των φαινομένων από τους συγγραφείς έδειχναν ότι σκοπός ήταν η ανάδειξη και εξήγηση των φαινομένων και όχι η χρήση τους στη θερμομέτρηση. Ο Barnett αναφέρει ότι ο Φίλωνας, βασιζόμενος στην αριστοτελική θεωρία των τεσσάρων

⁴⁴⁴ Ο Middleton αναφέρει ως πηγές του την παρουσίαση του οργάνου στο έργο του Thomas Thymme, *A Dialogue Philosophicall*, London (1612) και το έργο του G Tierie, *Cornelius Drebbel*, (Amsterdam, 1932). Middleton [1964], σσ. 19-21.

⁴⁴⁵ βλ. Taylor [1942], σσ. 154-156, και Middleton [1964], σελ. 20.

στοιχείων, σύμφωνα με την οποία, η ιδιότητα της θερμότητας συμμετείχε και στον αέρα και στη φωτιά, θεωρούσε ότι το πείραμά του έδειχνε ότι ο αέρας συνδέεται με τη φωτιά γι' αυτό παρασύρεται από αυτή όταν θερμαίνεται ο αέρας και το νερό πέφτει πίσω στο δοχείο. Επίσης αποδεικνύεται πώς αυτά τα πειραματικά φαινόμενα τα οποία αργότερα αποτέλεσαν τη βάση για το πρώτο θερμοσκόπιο αέρος, αναδείκνυαν φαινόμενα που εξηγούνταν από την αριστοτελική θεωρία. Τα ίδια φαινόμενα κάποια χρόνια αργότερα χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό τη θερμομέτρηση από φυσικούς φιλοσόφους που είχαν άλλες θεωρητικές εξηγήσεις για τη φύση του ψύχους και της θερμότητας και για την εξήγηση του μηχανισμού με τον οποίο λειτουργούσε το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος.

Στον 16ο αιώνα λοιπόν συνδυάστηκαν η πειραματική δραστηριότητα στις ιδιότητες του αέρα, η οποία εκδηλώθηκε μέσα από τις αναπαραγωγές των πειραμάτων της αρχαιότητας, η δημιουργία της ανάγκης για μέτρηση της έντασης του ψύχους και της θερμότητας καθώς και η επιλογή του αέρα έναντι των ανθρώπινων αισθήσεων που θα αναδείκνυε αυτές τις αλλαγές, για να οδηγηθούμε στην κατασκευή των πρώτων θερμοσκοπίων αέρος που χρησιμοποιούνταν συνειδητά για να δείχνουν τις αλλαγές στις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους. Στις μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας οι πρώτες προσπάθειες κατασκευής ανοιχτών θερμοσκοπίων αέρα, τα οποία χρησιμοποιούνταν για τη μέτρηση της έντασης των δύο ιδιοτήτων, εντοπίζονται στην Ιταλία, στην Ολλανδία και στην Αγγλία στις αρχές του 17ου αιώνα. Αν αποστασιοποιηθούμε από την προσπάθεια των μελετών να εντοπίσουν έναν εφευρέτη του οργάνου και προσπαθήσουμε να καταλάβουμε από τις ιστορικές πληροφορίες ποιο όργανο χρησιμοποιούνταν, σε ποια πλαίσια και πόσο ευρέως διαδεδομένη ήταν η χρήση του, θα διαπιστώσουμε καταρχήν ότι μόνο με βάση το δεδομένο ότι προτείνονται διάφορα πρόσωπα από διαφορετικές χώρες για την εφεύρεσή του, το κοινό θερμοσκόπιο αέρος με τα γενικά χαρακτηριστικά που έχουμε περιγράψει παραπάνω βρισκόταν ήδη σε χρήση στο ξεκίνημα του 17ου αιώνα και συνοδευόταν από αυτοσχέδιες κλίμακες που ήταν συνήθως αυθαίρετα δομημένες. Η αλληλογραφία του Francesco Sagredo με τον Γαλιλαίο τις χρονιές 1613-1615 δείχνει ότι ο δεύτερος είχε κατασκευάσει την πρώτη δεκαετία του 17ου αιώνα ένα ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος με το οποίο έκανε πειράματα για την αύξηση του όγκου του αέρα με τη θερμότητα. Ο Sagredo χρησιμοποιώντας ένα παρόμοιο θερμοσκόπιο εξέταζε φαινόμενα που βρίσκουμε να εξετάζονται και στο *Cold*,

όπως για παράδειγμα είναι οι συγκρίσεις της ένδειξης του θερμοσκοπίου την πιο ζεστή μέρα του καλοκαιριού, και του ψύχους που προκαλούσε το μίγμα χιονιού και αλατιού, παρόμοιες συγκρίσεις της θερμοκρασίας του χιονισμένου καιρού, του χιονιού και του μίγματος χιονιού και αλατιού, και μετρήσεις της θερμοκρασίας των πηγών και των υπόγειων χώρων ανάμεσα στο χειμώνα και το καλοκαίρι.

Την ίδια εποχή ο καθηγητής φυσιολογίας στην Πάδουα Sanctorio στο βιβλίο *Commentaries on the Medical Art of Galen* (1612) χρησιμοποιούσε τον ίδιο τύπο ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος για να μετρήσει το ψύχος και τη θερμότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και των μερών του ανθρώπινου σώματος. Πιο σημαντικές είναι οι πληροφορίες που συμπεριλάμβανε στο δεύτερο βιβλίο του, *Commentaries on the first section of the first book of Avicenna* (1646), όπου παρουσιάζε μία σειρά από θερμόμετρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της καρδιάς (μέσα από τη μέτρηση της θερμοκρασίας της αναπνοής), καθώς και της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος τοποθετώντας το στρογγυλό μέρος του θερμοσκοπίου μέσα στο στόμα και καταγράφοντας τις ενδείξεις του θερμοσκοπίου στη χρονική διάρκεια δέκα παλμών. Με αυτό τον τρόπο μετρούσε τις αποκλίσεις από αυτό που είχε ορίσει ως φυσιολογική θερμοκρασία. Παρόλο που δεν διευκρινίζεται περισσότερο ο τρόπος με τον οποίο ο Sanctorio είχε συμπεράνει την ύπαρξη μίας «φυσιολογικής» θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος, η ανάδειξη αυτού του συμπεράσματος ενέχει μία διαδικασία συγκριτικών μετρήσεων που μπορεί να έγιναν με το θερμοσκόπιο. Αυτό κατ'επέκταση σημαίνει ότι είχε τη δυνατότητα να κατασκευάζει θερμοσκόπια τα οποία είχαν συγκρίσιμες ενδείξεις. Η έρευνα λοιπόν στα πλαίσια της ιατρικής παράδοσης δημιουργούσε την ανάγκη για τον ορισμό της θερμοκρασίας των ανθρώπινων μερών και αποτελούσε πρόσφορο έδαφος για τη χρήση του θερμοσκοπίου αέρος.

Μία σειρά από αναφορές σε δημοσιευμένα έργα αποδεικνύουν ότι τη δεύτερη δεκαετία του 17ου αιώνα το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος με τον αναποδογυρισμένο σωλήνα με τελείωμα σε στρογγυλό δοχείο χρησιμοποιούνταν ευρέως και στην Αγγλία. Οι μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας προτάσσουν τον Robert Fludd και τις αναφορές του στο μεν *Utriusque Cosmi Historia* (1617), σε ένα όργανο που έμοιαζε με αυτό του Φίλωνα και στο μεταγενέστερο *Meteorologica Cosmica* (1626), σε ένα όργανο που ακολουθούσε κατασκευαστικά τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού θερμοσκοπίου

αέρος που έχουμε περιγράψει παραπάνω και το οποίο είχε σχεδιάσει με βάση το όργανο του Φίλωνα. Ο Taylor υποδεικνύει ότι ανάμεσα στα δύο έργα υπήρχε διαφορά στη χρήση του θερμοσκοπίου, υποστηρίζοντας ότι ο Fludd κατά κύριο λόγο συνέδεε το όργανο με τις κοσμολογικές του αντιλήψεις και δευτερευόντως το χρησιμοποιούσε για την εκτίμηση της θερμοκρασίας όπως ήταν η περίπτωση των καιρικών συνθηκών και το πιο πρακτικό θέμα του καθορισμού της θερμοκρασίας των χημικών κλιβάνων⁴⁴⁶. Η αναφοράς του Fludd στο έργο του *Philosophica Moysaica* (1638) στο ανοιχτό θερμοσκόπιο ως «calendar» και «Weather-glass» δείχνουν ότι χρησιμοποιούσε μία κοινή ορολογία που είχε χρησιμοποιήσει κάποια χρόνια νωρίτερα ο Francis Bacon (1561-1626) στο έργο του *Novum Organum*.

Η αναφοράς του Bacon στο ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος, αν και μνημονεύονται επιγραμματικά στις μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, έχουν εξαιρετικό ενδιαφέρον για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι αποτελούν ενδείξεις της χρήσης του θερμοσκοπίου στην Αγγλία νωρίτερα από τις γραπτές αναφορές του Fludd. Δεύτερον αποτελούν το μοναδικό έργο από όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω, όπου το θερμοσκόπιο παρουσιάζεται ως μέρος μίας έρευνας που πραγματεύεται την ιδιότητα της θερμότητας και των φαινομένων της και ως όργανο που θεωρείται ότι καταγράφει βαθμούς αυτής της ιδιότητας. Μέχρι τώρα τα πλαίσια χρήσης και παρουσίωσης του θερμοσκοπίου ήταν κυρίως η ιατρική πρακτική, οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις, και πρακτικά ζητήματα όπως ο καθορισμός της θερμοκρασίας των κλιβάνων. Αυτό το πλαίσιο χρήσης του θερμοσκοπίου είναι σημαντικό γιατί δείχνει ότι για την εξέλιξη του θερμοσκοπίου και την ανάπτυξη μίας υποτυπώδους έννοιας της κλίμακας έπαιξε ρόλο η ανάγκη καθορισμού της θερμοκρασίας που αναπτύχθηκε στους κόλπους αυτών των πρακτικών. Η ενσωμάτωση όμως της περιγραφής και της χρήσης του θερμοσκοπίου σε ένα έργο το οποίο πραγματευόταν ένα νέο τρόπο κατανόησης των ιδιοτήτων και επικεντρωνόταν στις δύο ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας ως αντικείμενα μελέτης είναι πρωτότυπο. Η σημασία των αναφορών του Bacon γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όταν κατανοήσουμε, όπως θα δείξουμε παρακάτω, ότι αποτέλεσαν το πρότυπο για την έρευνα της ιδιότητας του ψύχους και τη συγγραφή από τον Boyle του *Cold*.

⁴⁴⁶Στο *Utriusque Cosmi Historia* (1617) ο Fludd συνέδεε τη δράση του φωτός καθώς και την έλλειψή του με την επέκταση του αέρα ή την απόσυρση στον εαυτό του. Επίσης βλ. το έργο του *Philosophia Moysaica* (1638).

Ο Bacon περιλάμβανε μία περιγραφή του κοινού θερμοσκοπίου αέρος (του τύπου με τον αναποδογυρισμένο σωλήνα με το στρογγυλό δοχείο στην κορυφή) στον 13ο αφορισμό και παράγραφο 38 του δεύτερου τόμου του *Novum Organum* (1620)⁴⁴⁷. Το *Novum Organum* αποτελούσε το πρώτο μέρος του ημιτελούς έργου *Great Instauration*. Σε αυτό ο Bacon εξηγούσε τους λόγους για τους οποίους η επιστημονική γνώση της εποχής του ήταν ανεπαρκής και περιέγραφε τα αξιώματα με τα οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί μία νέα κατανόηση της φύσης. Στο δεύτερο βιβλίο του *Novum Organum* επικεντρωνόταν στην κατανόηση της φύσης μέσα από την κατανόηση των ιδιοτήτων της. Ο Bacon θεωρούσε μέρος της διαδικασίας της γνώσης την κατηγοριοποίηση των εμπειρικών πληροφοριών για τις ιδιότητες των σωμάτων σε τρεις πίνακες «tables»: «Table of Essence and Presence», «Table of Deviation, or of Absence in Proximity», «Table of Degrees» ή «Table of Comparison»⁴⁴⁸. Για την παρουσίαση του περιεχομένου των πινάκων χρησιμοποιούσε ως παράδειγμα την ιδιότητα της θερμότητας. Ο πρώτος πίνακας «Instances Agreeing in the Nature of Heat» περιείχε τις «περιπτώσεις» φαινομένων στις οποίες ήταν παρούσα η ιδιότητα⁴⁴⁹. Στον δεύτερο πίνακα, «Instances in Proximity where the Nature of Heat is Absent», παρουσιάζονταν οι περιπτώσεις από την εμπειρία όπου ενώ αναμενόταν η ύπαρξη της ιδιότητας, αυτή ήταν απύσχα⁴⁵⁰. Ο τρίτος πίνακας «Table of Degrees or the Table of Comparison» αφορούσε τις περιπτώσεις εκείνες όπου συγκρίνεται η αύξηση ή μείωση της ιδιότητας στο ίδιο σώμα ή σε διαφορετικά σώματα⁴⁵¹. Εδώ ο Bacon περιέγραφε περιπτώσεις σωμάτων που είναι θερμά ή αποκτούν θερμότητα, καθώς και περιπτώσεις όπου κρίνεται, με τρόπο που δεν διευκρίνιζε, η ένταση της θερμότητας ενός σώματος. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις η διαβάθμιση της έντασης κρινόταν μέσα από θερμικά φαινόμενα όπως ήταν το λιώσιμο των σωμάτων. Στα πλαίσια λοιπόν της περιγραφής των περιπτώσεων όπου δεικνύεται η διαβάθμιση της θερμότητας, ο Bacon ανέφερε τον αέρα ως ένα σώμα το οποίο δεχόταν και έχανε θερμότητα πιο εύκολα από άλλα σώματα. Εξηγούσε ότι αυτό

⁴⁴⁷ Bacon Francis [1620], σσ. 143-144.

⁴⁴⁸ Ο.π., σσ. 129,137.

⁴⁴⁹ Ο.π., σσ. 127-129. Ο Malherbe εξηγεί ότι ο Bacon δανείστηκε τον όρο «instance» από τον Αριστοτέλη. Με τον όρο αυτό ο Bacon δεν εννοούσε ένα περιγραφικό παράδειγμα ούτε μία συγκεκριμένη περίπτωση. Η «περίπτωση» αποτελούσε κάθε πληροφορία που είχε επαγωγική δύναμη είτε από τη θέση που καταλάμβανε σε μία λίστα «table» ή από τη μεθοδική αρετή που διέθετε. Malherbe [1966], σσ. 75-98.

⁴⁵⁰ Ο.π., σσ. 129-137.

⁴⁵¹ Ο.π., σελ. 137-145.

το φαινόμενο παρατηρούνταν στα θερμοσκόπια τα οποία αποκαλούσε «calendar glass» και «air thermoscope». Στη συνέχεια παρέθετε την περιγραφή της κατασκευής του, σύμφωνα με την οποία το θερμοσκόπιο αντιστοιχούσε σε εκείνο του Γαλιλαίου, του Santorio και του Fludd. Στη συνέχεια ο Bacon ανέφερε τα άλλα σώματα που θα κατέτασσε ως ευαίσθητα στις δράσεις της ιδιότητας της θερμότητας όπως είναι το χιόνι και ο πάγος, τα οποία θεωρούσε ότι μεταμορφώνονταν και συμπιέζονταν από το ψύχος. Με την περιγραφή του θερμοσκοπίου έδειχνε ότι το συγκεκριμένο όργανο ήταν το καταλληλότερο για να δείξει τις αλλαγές στην ιδιότητα της θερμότητας επειδή χρησιμοποιούσε τις δράσεις της ιδιότητας στον αέρα.

Δύο αναφορές στη χρήση του θερμοσκοπίου στις «περιπτώσεις» που συμπεριλαμβάνονταν στον δεύτερο πίνακα («Table of Degrees or the Table of Comparison») δείχνουν ότι ο Bacon είχε εκτελέσει ή είχε σκεφτεί πειράματα όπου το όργανο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Στην πρώτη περίπτωση πρότεινε τη χρήση ενός βαθμολογημένου γυάλινου δοχείου «graduated glass» ή της αφής για την εκτίμηση του αέρα που είχε μείνει κλεισμένος σε ένα δοχείο το οποίο περιβαλλόταν από δέρμα για τρεις ή τέσσερις μέρες⁴⁵². Στη δεύτερη περίπτωση πρότεινε τη χρήση του θερμοσκοπίου αέρος σε πειράματα για τον έλεγχο της θερμότητας του αποστάγματος κρασιού και της δράσης που είχε μέσω της θερμότητας να λιώνει άλλα σώματα. Από την περιγραφή συνάγεται το συμπέρασμα ότι χρησιμοποιούσε ένα θερμοσκόπιο το οποίο στην κορυφή ήταν κοίλο και μπορούσε να δεχτεί το απόσταγμα κρασιού έτσι ώστε να εξεταστεί η θερμοκρασία του. Τα δύο πειράματα δείχνουν ότι ο Bacon χρησιμοποιούσε το όργανο ως ένδειξη της ιδιότητας την οποία ερευνούσε.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε καταρχήν ότι ο τρόπος που αναφέρεται ο Bacon στο θερμοσκόπιο, δίνοντας απλές οδηγίες και αποδίδοντάς του δύο ονομασίες, σαν να μιλάει για κάτι γνωστό, καθώς και το γεγονός ότι προτείνει τη χρήση του σε κάποια πειράματα, δείχνουν ότι αναφερόταν σε αυτό ως ένα όργανο το οποίο ήδη χρησιμοποιούνταν. Με βάση την ημερομηνία της έκδοσης του έργου, το 1620, και τις αναφορές του Rawley για 12 κόπιες του έργου που ο Bacon διόρθωνε από χρόνο σε χρόνο, μπορούμε να εικάσουμε ότι ο Bacon δούλευε σε αυτό το κείμενο κάποια χρόνια

⁴⁵² Ο.π., σελ. 134.

πριν⁴⁵³. Επομένως το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος πρέπει να χρησιμοποιούνταν στην Αγγλία πριν το 1617, το έτος δημοσίευσης του πρώτου έργου του Fludd και του έργου του Biancani, στο οποίο σύμφωνα με τον Middleton, δημοσιεύεται η πρώτη εικόνα θερμοσκοπίου⁴⁵⁴. Δεύτερον, η ενσωμάτωση του πίνακα των βαθμών της ιδιότητας στη μέθοδο της κατανόησης της φύσης, αποτελεί και το νέο πλαίσιο χρήσης του οργάνου το οποίο την ίδια εποχή χρησιμοποιούνταν σε Ιταλία και Αγγλία σε σχέση με πρακτικές δραστηριότητες, όπως ήταν η μετεωρολογία και η ιατρική πρακτική και του οποίου οι ενδείξεις ερμηνεύονταν ακόμη στα πλαίσια κοσμολογικών αντιλήψεων (βλ. Fludd). Αναμφίβολα οι αναφορές του Sagredo στα πειράματα που αφορούσαν τη μέτρηση της θερμότερης μέρας το καλοκαίρι και της ψυχρότερης το χειμώνα, ή της ψυχρότητας του χιονιού και του μίγματος χιονού και αλατιού, δείχνουν ότι το θερμοσκόπιο είχε αρχίσει να κερδίζει την εμπιστοσύνη των χρηστών ως όργανο που αναδείκνυε τη μεταβολή των ιδιοτήτων στα διάφορα σώματα. Ο Bacon όμως το ενσωμάτωσε σε μία εξέταση που επικεντρωνόταν στην ιδιότητα της θερμότητας και όπου η ανάδειξη των διαβαθμίσεών της έπαιξε σημαντικό ρόλο στη συναγωγή συμπερασμάτων για τη φύση της. Επίκεντρο της έρευνας του Bacon δεν ήταν η ανάδειξη των αλλαγών της ιδιότητας στα σώματα, αλλά η συναγωγή μέσω της μεθόδου της επαγωγής συμπερασμάτων για την ιδιότητα καταγράφοντας τις διάφορες περιπτώσεις διαβαθμίσεών της. Στο *Cold* ο Boyle οικειοποιήθηκε το νέο αυτό πλαίσιο που έθετε ο Bacon για τη θερμομέτρηση και τη χρήση του θερμοσκοπίου, διαμορφώνοντας όμως παράλληλα ένα διαφοροποιημένο περιβάλλον για την πρακτική της θερμομέτρησης.

Μέχρι λοιπόν και το τέλος του 1620 το θερμοσκόπιο αέρος βρισκόταν σε αρκετά ευρεία χρήση και στα επόμενα 20 χρόνια χρησιμοποιήθηκε από αρκετούς φυσικούς φιλοσόφους και χημικούς της εποχής όπως ήταν ο Mersenne, ο Van Helmont, ο Otto von Guericke, ο Ιησουίτης Athanasius Kircher και άλλοι⁴⁵⁵. Αξιοσημείωτα ως προς την κατασκευή τους ήταν το θερμοσκόπιο του Van Helmont, το οποίο αποτελούσε ένα ολλανδικού τύπου θερμοσκόπιο με μία αιωρούμενη σταγόνα νερού στο σωλήνα και

⁴⁵³ «Rawley said that he had seen ‘at least twelve copies’ of the work ‘revised year by year, one after another, and every year altered and amended in the frame thereof, till at last it came to that Model in which it was committed to the press;», Bacon Francis [1960], σελ., xxxiv.

⁴⁵⁴ «...the first published figure of a thermoscope (Fig., 1.2), contained in the *Sphaera Mundi* of Giuseppe Biancani, apparently written by 1617.» Middleton [1966], σελ. 10.

⁴⁵⁵ Βλ. το *Cogitata Physico-mathematica* (1644).

λειτουργούσε όπως το αντίστοιχο του Boyle επίσης το θερμοσκόπιο του Athanasius Kircher⁴⁵⁶, το οποίο κατασκευαζόταν αντιστρέφοντας το κοινό θερμοσκόπιο έτσι ώστε το στρογγυλό δοχείο και ο αέρας να βρίσκονται στο κάτω μέρος, όπως το αντίστοιχο που πρότεινε ο Boyle στη συζήτηση για τα θερμοσκόπια. Την ίδια μορφή θερμοσκοπίου συμπεριλάμβανε ο Berigardi στο έργο του *Circulus Pisanus* (1643) το οποίο είχε συμβουλευτεί ο Boyle όπως φαίνεται από αναφορές στο *Cold*⁴⁵⁷. Οι παραπάνω τύποι θερμοσκοπίου δείχνουν ότι τα αντίστοιχα που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle στο *Cold* και τα οποία περιγράψαμε στο 2.3.2 δεν αποτελούσαν πρωτότυπους τύπους θερμοσκοπίων, όπως ήθελε να τα παρουσιάσει ο ίδιος λέγοντας

«To which may be added that even those, where some part of the Liquor is expos'd to the external air, there may be made Contrivances much more convenient, in order, at least, to some particular purposes, then that of the Vulgar Weather-Glass, some of which we have imploy'd and others have been either skilfully devis'd, or also happily attempted by some eminently ingenious Members of the Royal Society» (Boyle [1665])⁴⁵⁸.

Σε αυτό το χρονικό διάστημα το θερμοσκόπιο συνέχισε να χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται από τις αναφορές του Kircher, για την εκτίμηση του ατμοσφαιρικού αέρα σε διαφορετικά μέρη βουνά, πεδιάδες, καθώς και για την εκτίμηση της θερμοκρασίας των αρρώστων. Η περιγραφή διαφόρων τύπων θερμοσκοπίων στην έκδοση του John Bates *The Mysteryes of Nature, and Art: conteined in foure severall Tretises, the first of Water workes, the second of Fyer workes, the third of Drawing, Colouring, Painting, and Engraving, the fourth of divers Experiments...partly collected, and partly of the Authors peculiar practice, and inventio*, το 1654, έδειχνε ότι το θερμοσκόπιο συγκαταλεγόταν ανάμεσα σε χρηστικές συσκευές και «artefacts» της εποχής (αντλίες νερού, σιντριβάνια, πυροτεχνήματα, συνταγές παρασκευής χρωμάτων, κόλλας και αόρατων μελανιών) τα οποία μέσω εκλαϊκευτικών εγχειριδίων, προωθούνταν για ευρύτερη και πιο κοινότυπη χρήση⁴⁵⁹. Η χρησιμοποίηση στην Αγγλία της λέξης «weather-glass» για το θερμοσκόπιο

⁴⁵⁶ Βλ. το έργο *Magnes, sive de arte magnetica* (1643).

⁴⁵⁷ Boyle [1665α] σελ. 449-450.

⁴⁵⁸ Ο.π,σελ. 242.

⁴⁵⁹ Bate [1654], σσ. 34-48.

υποδηλώνει ότι η εκτίμηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα πιθανότατα ήταν από τους πρώτους τομείς στους οποίους χρησιμοποιήθηκε ευρέως. Πέρα από την εκλαϊκευση της χρήσης του θερμοσκοπίου, την περίοδο 1640-1650 μία σειρά από κείμενα σχολαστικών και οπαδών των αναδυόμενων ατομιστικών θεωριών δείχνουν ότι η χρήση του είχε ενσωματωθεί στη συζήτηση του αριστοτελικού δόγματος της αντιπερίστασης, το οποίο αποτελούσε σημείο διαμάχης ανάμεσα στις δύο παραδόσεις. Παραπάνω δείξαμε ότι οι σχολαστικοί Zucchius και Maignan είχαν εκτελέσει στα έργα τους, *Magno amico nonneno ex Collegio rom. S. J. Experimenta vulgate non vacuum probare, sed plenum, et antiperistasim stabilere* (1648) και *Perspectiva Oraria sive de Horologigraphia, tum teorica, tum practica* (1648) αντίστοιχα, πειράματα για το φαινόμενο της θερμοκρασίας των κελαριών, το οποίο συζητούνταν στα πλαίσια της αντιπερίστασης. Μία ακόμη πηγή σύγχρονη με αυτά τα έργα όπου το θερμοσκόπιο φαίνεται να χρησιμοποιείται για το ίδιο θέμα είναι το έργο *Circulus Pisanus* του Claude Guillermet De Berigard (1578-1663/4). Ο Berigard ήταν Γάλλος φιλόσοφος που είχε διδάξει στην Ιταλία στις αρχές του αιώνα. Αν και υποστήριζε ένα ποιοτικό ατομιστικό σύστημα, έμενε προσκολλημένος σε αρκετές σχολαστικές ιδέες. Από την αντιστοίχιση της απεικόνισης του θερμοσκοπίου στη λατινική έκδοση του έργου με το κεφάλαιο που τιτλοφορείται 'De antiperistasis', συμπεραίνουμε ότι ο Berigardus χρησιμοποιούσε το θερμοσκόπιο στα πλαίσια της συζήτησης του αριστοτελικού δόγματος⁴⁶⁰.

Η περιγραφή παραπάνω των διαφορετικών πρακτικών στις οποίες χρησιμοποιήθηκε το θερμοσκόπιο αέρος δείχνει ότι σε αυτή την πρώιμη φάση της εξέλιξής του, το όργανο χρησιμοποιούνταν μέσα σε πλαίσια όπου οι ενδείξεις του λαμβάνονταν υπόψη και καθοδηγούσαν συμπεράσματα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία τη στιγμή που κυριαρχούσαν δύο δεδομένα. Το πρώτο συνίστατο στο ότι οι κλίμακες που συνόδευαν το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος ήταν διαβαθμισμένες αυθαίρετα. Ο Santorio και ο Sagredo είχαν ορίσει κάποια σταθερά σημεία στην κλίμακα, όπως η θερμοκρασία του χιονιού και της φλόγας για τον πρώτο και η θερμοκρασία της θερμότερης ημέρας του καλοκαιριού, η θερμοκρασία του χιονιού και η θερμοκρασία του μίγματος χιονιού και αλατιού για τον δεύτερο. Αυτά όμως τα σημεία δεν αποτελούσαν σταθερά σημεία μίας κλίμακας η οποία βαθμολογούνταν με βάση μία μονάδα θερμοκρασίας και επίσης δεν

⁴⁶⁰ Berigard [1643], σσ. 88-89.

μπορούσαν να αναπαραχθούν από θερμοσκόπιο σε θερμοσκόπιο. Η διακριτή υπόσταση που αποδιδόταν στις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους συνέχιζε να ορίζει τις κλίμακες που άλλοτε αποτελούνταν από οχτώ βαθμούς ξεκινώντας από τη βάση του οργάνου, και άλλοτε διαχωρίζονταν στη μέση του σωλήνα από ένα σημείο σε βαθμούς θερμότητας και βαθμούς ψύχους.

Σύμφωνα με το δεύτερο δεδομένο, η χρήση του οργάνου και η περιγραφή του στα διάφορα έργα των σχολαστικών και φυσικών φιλοσόφων δεν σήμαινε απαραίτητα ότι υπήρχε συμφωνία στην εξήγηση του τρόπου με τον οποίο αυτό λειτουργούσε. Το πειραματικό γεγονός στο οποίο υπήρχε συμφωνία ήταν ότι ο αέρας ήταν το σώμα που δεχόταν τη δράση των δύο ιδιοτήτων και ότι, ανάλογα με την αύξηση ή μείωση του όγκου του αέρα, η κίνηση μεταδιδόταν μηχανικά στο νερό το οποίο με τη σειρά του κατέβαινε και ανέβαινε αντίστοιχα. Το θέμα της εξήγησης της λειτουργίας του οργάνου φαίνεται όμως ότι αποτελούσε αμφιλεγόμενο ζήτημα και ένα φαινόμενο όπου εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούνται οι αριστοτελικές αρχές. Οι διαφορετικές εξηγήσεις που αφορούσαν το απλό φαινόμενο της ανόδου ή καθόδου του νερού με την αύξηση και μείωση του όγκου του αέρα, τώρα σχετίζονταν με το ίδιο φαινόμενο, με τη σημαντική διαφορά ότι αυτό αποτελούσε ένδειξη αλλαγής θερμοκρασίας. Ο Γαλιλαίος χρησιμοποιούσε την εξήγηση των σχολαστικών που βασιζόταν στην αποφυγή της δημιουργίας κενού. Ενδεικτική επίσης της προσκόλλησης στις αριστοτελικές αρχές είναι η αναφορά του Middleton στην αδυναμία του αριστοτελικού, Bernadino Gaio, να καταλάβει τη λειτουργία του θερμοσκοπίου εφόσον η ελκτική δύναμη της θερμότητας θα έπρεπε να κάνει το νερό να ωθείται προς τα πάνω. Η συζήτηση που συμπεριλάμβανε ο Boyle στο τρίτο υποκεφάλαιο για τα θερμοσκόπια για αυτό το θέμα, είναι χαρακτηριστική της διαφοροποίησης των εξηγήσεων της λειτουργίας του θερμοσκοπίου και δείχνει ότι ακόμη και την εποχή της έκδοσης του *Cold*, το 1665, το ερώτημα ήταν ανοιχτό.

Η προσπάθεια του Boyle να απορρίψει τις επικρατέστερες εξηγήσεις της λειτουργίας του θερμοσκοπίου καθώς και να υποστηρίξει τη δική του πρόταση, οδηγούν σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα για τη σχέση που είχε το αμφιλεγόμενο ζήτημα της εξήγησης της λειτουργίας του θερμοσκοπίου αέρος με τη δημιουργία μίας κλίμακας για τις μετρήσεις του. Από τα αντεπιχειρήματα του Boyle είναι εμφανές ότι οι νέες ιδέες

που είχαν διαμορφωθεί ως αποτέλεσμα των ερευνών για την ύπαρξη και μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης είχαν οδηγήσει όχι μόνο τον Boyle αλλά και τους ατομιστές της εποχής του στην αναγωγή του φαινομένου στη διαφορά μεταξύ των πιέσεων του εξωτερικού και του εσωκλειόμενου αέρα. Οι έρευνες όμως που είχε διεξάγει ο ίδιος ο Boyle και οι οποίες τον είχαν οδηγήσει στη διατύπωση του κανόνα για την πίεση των αερίων στο *Defence*, καθώς και τα νέα πειραματικά δεδομένα στα οποία είχε καταλήξει με τα πειράματα του δεκάτου όγδοου κεφαλαίου του *Cold* («Title XVIII») για τη δυνατότητα συρρίκνωσης του αέρα με τη δράση του ψύχους, τον είχαν οδηγήσει στη διαμόρφωση μίας εξήγησης που διέφερε σημαντικά και από εκείνη των ατομιστών. Όπως δείξαμε παραπάνω, ο Boyle εντόπιζε τη δράση του ψύχους όχι στον αέρα αλλά στην ελαστικότητά του. Με πειράματα έδειχνε ότι η ελαστικότητα του αέρα δεν επηρεάζεται τόσο από τη δράση του ψύχους ώστε ο αέρας να ωθείται να καταλάβει μικρότερο χώρο. Οπότε για τον Boyle το ψύχος δεν είχε ως αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του αέρα. Το αποτέλεσμα αυτό προερχόταν από τη μεγαλύτερη πίεση που ασκούσε ο εξωτερικός αέρας στην περίπτωση που το ψύχος δρούσε στον εσώκλειστο στο θερμοσκόπιο αέρα και αποδυνάμωνε την ελαστικότητά του. Ο Boyle αποδείκνυε πειραματικά ότι τα ανοιχτά θερμοσκόπια αέρος δεν μπορούσαν να λειτουργήσουν χωρίς να ασκείται πάνω στο υγρό τους η πίεση του εξωτερικού αέρα. Επίσης με ορισμένα πειράματα του δεκάτου όγδοου κεφαλαίου έδειχνε ότι η αποδυνάμωση του εσώκλειστου αέρα από βαθμούς ψύχους όπως αυτόν που προκαλούσε το μίγμα χιονιού και αλατιού δεν ήταν τόσο μεγάλη.

Στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» ο Boyle συνέδεε τη θεωρία του για την εξήγηση της λειτουργίας του θερμοσκοπίου με τη μέθοδο που θα πρέπει να ακολουθείται στη διαβάθμιση μίας κλίμακας και στον ορισμό μίας μονάδας ψύχους. Εξηγούσε ότι σε ένα θερμοσκόπιο αέρος, η αντιστοιχία της μεταβολής της στάθμης του νερού με ένα βαθμό ψύχους θα έπρεπε να καθορίζεται με βάση την αρχική πυκνότητα του αέρα και σε σύγκριση με τον χώρο που καταλάμβανε ο αέρας αρχικά όπως όριζε ο κανόνας για την πίεση των αερίων που παρέθετε στο πέμπτο κεφάλαιο του *Defence*. Η έλλειψη χρήσης του θερμοσκοπίου αέρος στο *Cold* δεν μας επιτρέπει να καταλάβουμε αν ο Boyle έφτιαξε κλίμακες με βάση αυτόν τον κανόνα. Στο συγκεκριμένο όμως χωρίο, ο Boyle έδειχνε ότι η θεωρία με την οποία εξηγούσε τη λειτουργία του θερμοσκοπίου επηρέαζε τη μέθοδο βαθμολόγησης «become calibrated»

της κλίμακας των βαθμών ψύχους και κατά συνέπεια τον τρόπο με τον οποίο μπορούσε να οριστεί μία μονάδα ψύχους ή θερμότητας. Ένα δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι πολλά αντεπιχειρήματα που πρόβαλλε ο Boyle ενάντια στις τρεις άλλες εξηγήσεις (των περιπατητικών, του Hobbes, και τον ατομιστών) έδειχναν ότι ήταν ανεπαρκείς για την κατανόηση της συμπεριφοράς του θερμοσκοπίου όταν αυτό υπόκεινταν σε συγκεκριμένους βαθμούς ψύχους και θερμότητας. Δηλαδή υπήρχαν περιπτώσεις ενδείξεων του θερμοσκοπίου που δεν μπορούσαν να εξηγήσουν. Με αυτή την επιχειρηματολογία ο Boyle έδειχνε, εμμέσως, ότι οι εξηγήσεις αυτές δεν θα επέτρεπαν τη μέτρηση κάποιων βαθμών ψύχους και θερμότητας γιατί δεν ήταν ικανές να εξηγήσουν τη συμπεριφορά του θερμοσκοπίου όταν δρούσαν αυτοί οι βαθμοί. Δηλαδή τελικά το τι θα μετρούσε το θερμοσκόπιο αέρος αποτελούσε συνάρτηση της εξήγησης που έδινε ο χρήστης του στις ενδείξεις του. Αυτό αποτελεί άλλο ένα στοιχείο που δείχνει ότι οι εξηγήσεις της λειτουργίας του θερμοσκοπίου αέρος είχαν απόλυτη σχέση με την έρευνα για τις διαβαθμίσεις που υπήρχαν στη θερμότητα και στο ψύχος.

Οι εξελίξεις στη θερμομέτρηση και στην επιλογή θερμομετρικού υγρού από το 1640 και έπειτα καθορίστηκαν από τις έρευνες που βρίσκονταν σε εξέλιξη για τις ιδιότητες του αέρα καθώς και εκείνες που επικεντρώνονταν στις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους και αναπτύσσονταν στα πλαίσια της προσπάθειας των νέων ατομιστικών θεωριών να επαναπροσδιορίσουν τη φύση των ιδιοτήτων των σωμάτων. Η βασική εξέλιξη συνίστατο στην κατασκευή και διάδοση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού καθώς και στις πρώτες προσπάθειες τυποποίησης του οργάνου. Σύμφωνα με τις μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, οι δύο πρώτοι τύποι κλειστού θερμοσκοπίου υγρού κατασκευάστηκαν στη Φλωρεντία της Ιταλίας από τον Δούκα Φερδινάνδο τον Δεύτερο των Μεδίκων (1610-1670). Ο πρώτος τύπος θερμοσκοπίου αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο στο οποίο επικολλούνταν ένας σωλήνας, ο οποίος σφραγιζόταν ερμητικά μετά την εισαγωγή του υγρού. Το δοχείο περιείχε απόσταγμα κρασιού, ο όγκος του οποίου αυξανόταν και μειωνόταν ανάλογα με τη δράση της θερμότητας και του ψύχους. Ο δεύτερος τύπος θερμοσκοπίου αποτελούνταν από μία φιάλη γεμάτη με νερό, η οποία περιείχε μικρότερες γυάλινες στρογγυλές φιάλες γεμάτες αέρα. Ανάλογα με τη δράση της θερμότητας και του ψύχους στην πυκνότητα του νερού, οι φιάλες κατέβαιναν και ανέβαιναν δείχνοντας τις διαβαθμίσεις στη θερμοκρασία.

Οι απόψεις στη δευτερεύουσα βιβλιογραφία δίστανται για τη χρονολόγηση των δύο εφευρέσεων δημιουργώντας ασάφεια γύρω από το αν οι εφευρέσεις προηγήθηκαν της ανάπτυξης των θεωριών για τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης ή αν ήταν μεταγενέστερες και επομένως αποτέλεσμα αυτών των εξελίξεων⁴⁶¹. Μετά την έκδοση του *Discorsi* το 1638 από τον Γαλιλαίο, το ενδιαφέρον των πειραματιστών και φυσικών φιλοσόφων, ιδιαίτερα στην Ιταλία, ήταν στραμμένο στην εξέταση της ύπαρξης του κενού και σε πειράματα που έδιναν ενδείξεις της ύπαρξης του βάρους του αέρα. Σε αυτό το κλίμα, ο Evangelista Torricelli (1608-1647) έδωσε οδηγίες για την εκτέλεση του περίφημου πειράματος με τον υδράργυρο, όπου μία στήλη υδράργυρου, αφού ταπωνόταν με το δάχτυλο, αναποδογυριζόταν σε μία λεκάνη με υδράργυρο. Η στάθμη του υδράργυρου παρατηρούνταν να κατεβαίνει και να σταθεροποιείται σε ένα σημείο. Το πείραμα του Torricelli έδειχνε καταρχήν ότι υπήρχε μία εξωτερική αιτία, το βάρος του αέρα που προκαλούσε τη σταθεροποίηση της στάθμης του υδραργύρου. Το περιεχόμενο του χώρου που άφηνε ο υδράργυρος στο πάνω μέρος της στήλης μετά την υποχώρησή του, αποτέλεσε το κεντρικό θέμα των διαμαχών που διεξήχθησαν ανάμεσα στους υποστηρικτές της ύπαρξης κενού και τους αντιπάλους τους. Το πείραμα του Torricelli αναπαράχθηκε σε διάφορες πειραματικές διατάξεις, μία από τις οποίες ήταν τα πειράματα του Blaise Pascal. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Pascal, το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα μεταβαλλόταν ανάλογα με το υψόμετρο. Οι παραπάνω εξελίξεις έδειχναν, όπως επεσήμαινε και ο Pascal στο έργο του *The Equilibrium of Liquids and the Weight of the mass of the Air* (1663), ότι οι ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος επηρεάζονταν από το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα ο οποίος ακουμπούσε στο μέρος του υγρού που ήταν εκτεθειμένο σε αυτόν⁴⁶². Οι εξελίξεις που έλαβαν χώρα στην Ιταλία και μάλιστα στην αυλή του Δούκα Φερδινάνδου, στον οποίο υπηρετούσε από το 1642 ο Torricelli, πρέπει να είχαν άμεση σχέση με τη δραστηριότητα που ανέπτυξε ο Δούκας εκείνη την εποχή στην κατασκευή των κλειστών θερμοσκοπίων υγρού. Χωρίς όμως να μπορούμε περαιτέρω σε λεπτομέρειες για αυτό το θέμα, το 1654 αποτελεί μία δεδομένη

⁴⁶¹ Ο Barnett τοποθετεί την εφεύρεση του πρώτου τύπου από τον Δούκα Φερδινάνδο ανάμεσα στο 1640-1644, ενώ ο Middleton το τοποθετεί γύρω στο 1657. Ο Middleton υποστηρίζει ότι στις αρχές του 1640 ο Δούκας Φερδινάνδος είχε κατασκευάσει το θερμοσκόπιο με τις αιωρούμενες γυάλινες φιάλες που λειτουργούσε με τη δράση της θερμότητας και του ψύχους στην πυκνότητα του νερού. Βλ. Barnett [1956], σελ. 281 και Middleton [1664], σσ. 28-30.

⁴⁶² Pascal [1973], σσ. 61-62.

ημερομηνία χρήσης των θερμοσκοπίων, γιατί σύμφωνα με τον Middleton, ο Luigi Antinori, ακολουθώντας τις διαταγές του Δούκα Φερδινάνδου, είχε αποστείλει θερμοσκόπια του πρώτου τύπου σε διάφορα μέρη της Ιταλίας, εγκαθιστώντας το πρώτο μετεωρολογικό δίκτυο⁴⁶³.

Τα θερμοσκόπια του Δούκα Φερδινάνδου τελειοποιήθηκαν από την πειραματική ακαδημία *Accademia Del Cimento* που συστάθηκε το 1657 από τον αδελφό του, Λεοπόλδο, και η οποία διήρκεσε μέχρι το 1667. Η πραγματεία *Saggi di Naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*, η μοναδική έκδοση των πειραμάτων της ακαδημίας, περιείχε ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στην περιγραφή των θερμοσκοπίων⁴⁶⁴. Η πραγματεία περιείχε πειράματα φυσικής, μηχανικής, χημείας και φυσιολογίας. Ο μεγάλος αριθμός πειραμάτων για τα φαινόμενα του ψύχους που συμπεριλαμβάνονταν στα πειράματα φυσικής εξάρουν τη σημασία του για την ιστορία της θερμομέτρησης και τον ρόλο του θερμοσκοπίου. Σύμφωνα με τις περιγραφές στο *Saggi*, το βασικό θερμοσκόπιο των Φλωρεντινών αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο από κρύσταλλο το οποίο είχε φουσηθεί σε λάμπα και στο οποίο είχε επικολληθεί ένας σωλήνας. Το δοχείο γέμιζε με απόσταγμα κρασιού και αφού ρυθμιζόταν η κλίμακά του και σημαδεύονταν, σφραγιζόταν η κορυφή του σωλήνα λιώνοντας το άκρο της. Το θερμοσκόπιο αυτό έβγαине σε τρεις κλίμακες των πενήντα, των εκατό και των τριακοσίων βαθμών. Για παράδειγμα, σε αυτό των εκατό βαθμών, η διαβάθμιση γινόταν βάζοντας τόσο υγρό μέσα στο δοχείο όσο επέτρεπε στο υγρό να μην πέφτει κάτω από τον εικοστό βαθμό κατά τη δράση βαθμού ψύχους που εκλύει ο πάγος και να μην ανεβαίνει πάνω από τον ογδοηκοστό, με τη δράση της θερμότητας της πιο ζεστής μέρας του καλοκαιριού. Ο σωλήνας χωριζόταν με διαβήτη σε δέκα ίσα μέρη και μετά κάθε μέρος σε άλλα ίσα μέρη. Ανάλογα με το μέγεθος του σωλήνα διαβαθμιζόταν ο σωλήνας των πενήντα, εκατό και τριακοσίων βαθμών. Το δεύτερο σημαντικό θερμοσκόπιο της Ακαδημίας αποτελούνταν από ένα γυάλινο δοχείο με αποστάγματα κρασιού στο οποίο τοποθετούσαν ένα κλειστό θερμοσκόπιο εκατό βαθμών και φιαλίδια (σαν φούσκες) τα οποία ήταν ερμητικά κλειστά και περιείχαν αέρα. Στη συνέχεια έθεταν το δοχείο σε χιόνι και πάγο για να το ψυχράνουν και μετά σε ένα δωμάτιο όπου υπήρχε φωτιά η οποία θέρμαινε σταδιακά το

⁴⁶³ Middleton [1964], σελ. 32.

⁴⁶⁴ *Accademia Del Cimento* [1964].

δοχείο από όλες τις μεριές. Οι γυάλινες φούσκες είχαν τέτοιο βάρος ώστε, καθώς θερμαινόταν σταδιακά το υγρό της φιάλης, η πρώτη να βουτά στον πάτο, όταν το κλειστό θερμοσκόπιο βρισκόταν στους είκοσι βαθμούς, η δεύτερη όταν αυτό έδειχνε τριάντα βαθμούς, και ούτω καθεξής μέχρι την τελευταία, η οποία, με την αραιώση των αποσταγμάτων κρασιού, έπεφτε στον πάτο με την εβδομηκοστή ένδειξη του θερμοσκοπίου. Όταν χρησιμοποιούνταν τα άλλα δύο θερμοσκόπια, τα φιαλίδια έπεφταν κάθε τέσσερις βαθμούς για το θερμοσκόπιο των πενήντα βαθμών και κάθε πενήντα βαθμούς για το θερμοσκόπιο των τριακοσίων⁴⁶⁵.

Τα θερμοσκόπια της Ακαδημίας del Cimento διαδόθηκαν γρήγορα, όχι μόνο μέσα στα σύνορα της Ιταλίας αλλά και στο Παρίσι και στην Αγγλία. Έχουμε ήδη δείξει στο 2.2.5 ότι ο Boyle έφτιαξε το πρώτο του κλειστό θερμοσκόπιο υγρού πάνω στο πρωτότυπο της Ακαδημίας το οποίο παρέλαβε από τον Άγγλο ταξιδιώτη στη Φλωρεντία Robert Southwell. Οι «βελτιώσεις», όπως τις αποκαλούσε ο Boyle, πάνω στο Φλωρεντινό πρωτότυπο περιορίζονταν στη χρήση ανακαθαρισμένου αποστάγματος κρασιού το οποίο έβαφε με cochinelle και στον τρόπο που πρότεινε για την τυποποίηση του θερμοσκοπίου⁴⁶⁶. Στη συζήτησή του για την εύρεση σταθεράς του ψύχους, ο Boyle χρησιμοποιούσε το σημείο του σωλήνα στο οποίο ανέβαινε το υγρό όταν στερεοποιούνταν το λάδι γλυκανίσου (αφού είχε ρευστοποιηθεί πρώτα) ως σταθερό σημείο της θερμοκρασίας του εσώκλειστου αέρα για την παρασκευή θερμοσκοπίων με τον σκοπό να έχουν συγκρίσιμες ενδείξεις. Αυτή η μέθοδος καθώς και οι κλίμακες που φαίνεται ότι χρησιμοποιούσε, οι οποίες τις περισσότερες φορές ήταν χωρισμένες σε βαθμίδες που είχαν απόσταση μισής ή ολόκληρης ίντσας η μία από την άλλη, δείχνουν ότι ο Boyle δεν είχε αναπαράγει τη μέθοδο κατασκευής της κλίμακας του θερμοσκοπίου των Φλωρεντινών. Από τις περιγραφές των θερμοσκοπίων του, συμπεραίνουμε ότι οι βαθμίδες πάνω στην κλίμακα ορίζονταν είτε σε μισές ή ολόκληρες ίντσες χωρίς κάποια συγκεκριμένη μέθοδο. Τα πειράματα που προστέθηκαν στη δεύτερη έκδοση δείχνουν ότι πιθανότατα μετά το 1664, στα τελευταία στάδια της προετοιμασίας του *Cold*, ο Boyle

⁴⁶⁵ Για την περιγραφή των θερμοσκοπίων της Accademia Del Cimento βλ. Ο.π., σσ. 1-12.

⁴⁶⁶ «I found my work much facilitated by the sight of a small seal'd Weather-glass, newly brought by an Ingenious Traveller from Florence, where it seems some of the Eminent Virtuosi, that enobled that fair City, had got the start of us in reducing seal'd Glasses into a convenient shape for Thermoscopes. But since, that, the Invention has in England by a dexterous hand, that uses to make them for me, been improv'd, and the Glasses we now use are more conveniently shap'd, and more Exact then the Pattern I caused the first to be made by», Boyle [1665a], σελ., 246.

κατασκεύαζε και χρησιμοποιούσε θερμοσκόπια σύμφωνα με την τυποποιημένη κλίμακα του Hooke την οποία είχε υιοθετήσει και η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου. Η χρήση αυτής της κλίμακας από τον Boyle έδειχνε ότι είχε αποδεχθεί ως σταθερό σημείο ψύξης τη στάθμη στην οποία έπεφτε το υγρό όταν το ραφιναρισμένο νερό μετατρεπόταν σε πάγο. Είναι πιθανό λοιπόν όταν μιλούσε για τη βελτίωση του θερμοσκοπίου των Φλωρεντινών «by a dexterous hand» να αναφερόταν στον Hooke⁴⁶⁷. Ενώ λοιπόν ο Boyle πρότεινε έναν τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαν να κατασκευαστούν θερμοσκόπια που να έχουν συγκρίσιμες ενδείξεις, δεν φαινόταν να προχωρά στην κατασκευή μίας τυποποιημένης κλίμακας με σταθερά σημεία. Η μέθοδος των Φλωρεντινών πειραματιστών τους επέτρεπε, χρησιμοποιώντας καλούς τεχνίτες, να κατασκευάζουν θερμοσκόπια τα οποία μπορούσαν να έχουν συγκρίσιμες ενδείξεις και των οποίων η κλίμακα καθοριζόταν μέσω αυτής της μεθόδου από δύο σταθερά σημεία.

Οι κλίμακες και τα πειράματα των Φλωρεντινών Ακαδημαϊκών, καθώς και τα αντίστοιχα του Boyle και του Hooke αντανakλούν το στάδιο της εξέλιξης στη θερμομέτρηση και στην κατασκευή του θερμοσκοπίου στα μέσα του 17ου αιώνα. Μπορεί ο Boyle να μην έπαιξε πρωτεύοντα ρόλο ως εφευρέτης στο πέρασμα από το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος στο κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, αλλά ιδιαίτερα σημαντικός ήταν ο ρόλος του στην αναπτυσσόμενη πρακτική της θερμομέτρησης καθώς και στη διάδοση της χρήσης του θερμοσκοπίου και κυρίως του τύπου του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού στην Αγγλία. Στο κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts», ο Boyle είχε προσπαθήσει να στήσει μία καλά δομημένη επιχειρηματολογία γύρω από τις μεθόδους θερμομέτρησης που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την ένδειξη και ανακάλυψη των βαθμών ψύχους. Τα τρία βασικά επιχειρήματα που πρόβαλλε ο Boyle, ήταν η απόδειξη της ανεπάρκειας της ανθρώπινης αισθητηριακής εμπειρίας στην εκτίμηση της θερμοκρασίας των δύο ιδιοτήτων, η απόδειξη των λανθασμένων εκτιμήσεων που έδινε το ανοιχτό θερμοσκόπιο αέρος σε σχέση με το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, και τέλος η απόδειξη των προβλημάτων που παρουσίαζε η χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου και η υποστήριξη της χρήσης και άλλων μεθόδων θερμομέτρησης. Όταν ο Boyle μιλούσε για «άλλες μεθόδους», εννοούσε τη δράση του ψύχους σε σώματα διαφορετικά από τον αέρα και το απόσταγμα κρασιού,

⁴⁶⁷ Boyle [1665α] σελ. 246.

η οποία μπορούσε να αποτελέσει ένδειξη για τους βαθμούς ψύχους. Μέσω αυτής της επιχειρηματολογίας ο Boyle στήριζε την άποψη ότι για την εκτίμηση των βαθμών ψύχους θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μαζί με τα θερμοσκόπια και την αισθητηριακή εμπειρία, τα ψυκτικά φαινόμενα. Ο Boyle τελικά ακολούθησε στην πρακτική του τις προκείμενες που εξέφραζε στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια με κάποιες διαφοροποιήσεις. Η συγγραφή του εισαγωγικού κεφαλαίου κατά τις τελευταίες χρονιές προετοιμασίας της πραγματείας *Cold* μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με την επιχειρηματολογία αυτή, ο Boyle δεν παρέθετε τις προκείμενες πάνω στις οποίες βασίστηκε για να εκτελέσει την πειραματική πρακτική αλλά τις προκείμενες που αποτέλεσαν απόρροια της πειραματικής πρακτικής και τις οποίες τώρα έθετε στο εισαγωγικό κεφάλαιο για να πείσει τον πειραματιστή για την καταλληλότητα των μεθόδων που ακολουθήθηκαν. Στη συζήτηση κάθε επιχειρημάτος ο Boyle κατέγραφε, ίσως για πρώτη φορά, την προβληματική της εποχής του προσθέτοντας τις δικές του σκέψεις στο θέμα. Τα επιμέρους πειραματικά δεδομένα που παρουσιάζονταν στα κεφάλαια του *Cold* επιβεβαίωναν τα επιχειρήματα και αναδείκνυαν και άλλες παραμέτρους της συγκεκριμένης επιχειρηματολογίας του Boyle.

Τα προβλήματα που δημιουργούσε η ανθρώπινη αισθητηριακή εμπειρία στην εκτίμηση των βαθμών ψύχους και θερμότητας στις αρχές του 17ου αιώνα, αποτέλεσαν έναν από τους βασικούς λόγους στροφής της προσοχής των πειραματιστών στην επίδρασή τους στον αέρα ως μέθοδο εκτίμησης της θερμοκρασίας. Στο *Novum Organum*, ο Bacon είχε θέσει το ζήτημα της σχετικότητας των πληροφοριών των ανθρώπινων αισθήσεων υποστηρίζοντας ότι «Heat, as far as regards the sense and touch of man, is a thing various and relative; insomuch that tepid water feels hot if the hand be cold, but cold if the hand be hot.»⁴⁶⁸. Τα πειράματα που παρέθετε ο Boyle στο «New Thermometrical Experiments and Thoughts», όπου σύγκρινε τις μετρήσεις του θερμοσκοπίου με εκείνες των ανθρώπινων αισθήσεων, καθώς και τα συγκεκριμένα πειραματικά αποτελέσματα πάνω σε ψυκτικά φαινόμενα, χρησιμοποιούνταν ως αποδεικτικά στοιχεία όχι μόνο για την ανάδειξη της διαφοροποίησης της εκτίμησης που μπορούσαν να δώσουν οι αισθήσεις και εκείνης που έδινε το θερμοσκόπιο αλλά και στην ανάδειξη της δεύτερης ως πιο αξιόπιστης. Ο Boyle εξηγούσε την παραπληροφόρηση που

⁴⁶⁸ Bacon [1620], σσ. 144-145.

έδιναν οι ανθρώπινες αισθήσεις μέσω μίας σωματιδιακής εξήγησης της αίσθησης του ψύχους. Δηλαδή, θεωρούσε ότι η αίσθηση του ψύχους προκαλείται από την κίνηση των σωματιδίων του ψυχρού σώματος σε σχέση με την κίνηση των σωματιδίων του αισθητηρίου οργάνου. Παρόλο που απέφευγε στο *Cold* να θεσπίσει μία θεωρία για τη φύση του ψύχους, την χρησιμοποιούσε στην επιχειρηματολογία του για την ανάδειξη των μειονεκτημάτων της αισθητηριακής εμπειρίας ως μέθοδο εκτίμησης της θερμοκρασίας. Υποστηρίζοντας αυτή την εξήγηση επίσης, έδειχνε να θεωρεί ότι η θερμοκρασία του αέρα ή του υγρού στα θερμοσκόπια δεν επηρέαζε την ανάδειξη της έντασης της ψυχρότητας και της θερμότητας μέσω των μεταβολών του όγκου τους. Επίσης, με τις προσπάθειές του σε ορισμένες δοκιμές να εξομειώσει τη θερμοκρασία του θερμοσκοπίου με αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα, έδειχνε ότι θεωρούσε ότι στην περίπτωση των σωμάτων αυτών ως θερμομετρικών ρευστών, μπορούσε να επιτευχθεί κάτι τέτοιο ενώ με τις ανθρώπινες αισθήσεις όχι.

Η απόρριψη όμως των ανθρώπινων αισθήσεων, από τον Boyle, με βάση το παραπάνω μειονέκτημα, ως μέθοδο εκτίμησης των ιδιοτήτων δεν ήταν απόλυτη. Στην πρακτική των πειραμάτων οι ανθρώπινες αισθήσεις χρησιμοποιούνταν αρκετά συχνά για την εκτίμηση της θερμοκρασίας είτε των συνθηκών στις οποίες εκτελούνταν τα πειράματα είτε των σωμάτων που λάμβαναν μέρος, παρόλο που σε πολλές περιπτώσεις οι πληροφορίες επιβεβαιώνονταν από ψυκτικά φαινόμενα. Όπως έχουμε δείξει παραπάνω, σε σημαντικά πειράματα δεν απέρριπτε τις πληροφορίες των αισθήσεων αλλά βασιζόταν σε αυτές και στη θεωρητική εξήγηση της αίσθησης του ψύχους για να υποστηρίξει συμπεράσματα όπως ότι στη φυσική τους κατάσταση το νερό, ο αέρας και η γη είναι ψυχρά ως προς τις αισθήσεις μας.

Ένα δεύτερο μειονέκτημα των ανθρώπινων αισθήσεων το οποίο ανέφερε ο Boyle στο δεύτερο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts» και αναδείκνυε με πειράματα στο κυρίως πειραματικό μέρος του *Cold* ήταν ότι η εκτίμηση των διαβαθμίσεων της ψυχρότητας μέσα από την ανθρώπινη αίσθηση δεν μπορούσε να αντιπροσωπεύσει τις διαφορετικές διαβαθμίσεις στην ένταση του ψύχους που αναδεικνύονταν από διάφορα ψυκτικά φαινόμενα. Τα πειράματα του Boyle τον είχαν οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα, όπως ήταν οι διαφορετικοί βαθμοί ψύχους στους οποίους οι διάφορες κατηγορίες υγρών μετατρέπονταν σε πάγο, τα οποία αποκάλυπταν

βαθμούς ψύχους που δεν μπορούσαν να αναδείξουν οι ανθρώπινες αισθήσεις. Η πειραματική λοιπόν έρευνα για το ψύχος είχε συμβάλει στην επιχειρηματολογία του Boyle αναδεικνύοντας φαινόμενα που αποκάλυπταν το μειονέκτημα της αισθητηριακής εμπειρίας και τα οποία, παράλληλα, έδειχναν ότι ξεπερνούσαν τις δυνατότητές της ως μέσου εκτίμησης της θερμοκρασίας. Αυτό αποτελεί ένα από τα τεκμήρια που θα αναφέρουμε σε αυτό το υποκεφάλαιο για να στηρίξουμε το συμπέρασμα ότι η πειραματική έρευνα του ψύχους πρόσφερε πειραματικά δεδομένα τα οποία συνέβαλαν στην εξέλιξη των μεθόδων θερμομέτρησης.

Ο Boyle έχοντας αναδείξει την ανεπάρκεια της αισθητηριακής εμπειρίας έναντι της χρήσης του ανοιχτού θερμοσκοπίου υγρού, στρεφόταν στην ανάδειξη των προβλημάτων που ανέκυπταν από τη χρήση του τελευταίου και στην υποστήριξη της καταλληλότητας του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού. Στο «New Thermometrical Experiments and Thoughts», αριθμούσε, ως πρακτικά προβλήματα που αντιμετώπιζονταν στη χρήση του ανοιχτού θερμοσκοπίου υγρού, τον κίνδυνο της εξάτμισης ή της έκχυσης του υγρού κατά τη μεταφορά του, καθώς και τη δυσκολία της βύθισής του σε υγρά προκειμένου να εκτιμηθεί η θερμοκρασία τους⁴⁶⁹. Ένα όμως από τα σημαντικότερα προβλήματα του οποίου τη σημασία εξήρε ήταν η επιρροή που ασκούσαν οι μεταβολές στην ατμοσφαιρική πίεση στις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος. Ο Boyle χρησιμοποιούσε τα πειραματικά αποτελέσματα που είχε παρουσιάσει στο *Spring of the Air* και στο *Defence* καθώς και τα αποτελέσματα από πειραματικές διατάξεις όπου σύγκρινε τις ενδείξεις ενός ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος, ενός κλειστού και ενός βαρόμετρου, για να αποδείξει ότι η ύπαρξη μεταβολών στην ατμοσφαιρική πίεση επηρέαζε τις ενδείξεις του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος. Η γραπτή αναφορά σε αυτά τα προβλήματα, πρέπει να ήταν, όπως αναφέρει και ο ίδιος, από τις πρώτες για αυτό το θέμα που δημοσιεύτηκαν στην Αγγλία. Στο *Spring of the Air* και το *Defence* ο Boyle είχε συμβάλει στην απόδειξη της ύπαρξης των μεταβολών του βάρους του αέρα αναπαράγοντας τα πειράματα του Blaise Pascal και εκτελώντας τα δικά του πειράματα με την αντλία κενού. Είχε επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα του Pascal για τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης ανάλογα με το υψόμετρο και ο ίδιος είχε δείξει κάτι ακόμη πιο

⁴⁶⁹Ο Barnett επεσήμαινε επίσης στη μελέτη του το πρόβλημα που προκαλούσε στην αναπαραγωγή του θερμοσκοπίου η παρουσία υγρασίας μέσα στο στρογγυλό μέρος. Barnett [1956], σελ. 280

σημαντικό για το πρόβλημα με τα θερμοσκόπια αέρος, ότι ακόμη και στο ίδιο υψόμετρο και μέρος μπορούσαν να υπάρξουν μεταβολές στην πίεση του αέρα. Με δεδομένο ότι ο Boyle ήταν από τους πρώτους, αν όχι ο πρώτος, που χρησιμοποίησε το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού στην Αγγλία το 1662, η γραπτή συζήτηση των προβλημάτων του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος αποτελούσε από τα πρώτα κείμενα τα οποία αποδείκνυαν την ύπαρξη των προβλημάτων, επεξηγούσαν τις αιτίες τους, και εισήγαγαν στην αγγλική βιβλιογραφία και πρακτική τη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού.

Σε μία εποχή όπου η χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού είχε μόλις αρχίσει να διαδίδεται όπως φαίνεται από το μετεωρολογικό δίκτυο που είχε στήσει η Ακαδημία Del Cimento, τις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και τις προσπάθειές της να αρχίσει να συλλέγει παρατηρήσεις για την καταγραφή της «Ιστορίας του Καιρού» καθώς και την χρήση του από τα μέλη της και ιδιαιτέρως τον Hooke, ο Boyle συνέβαλε στη διάδοσή του αναδεικνύοντας τα προτερήματά του έναντι του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος, αλλά παράλληλα κατέγραφε και τα μειονεκτήματά του. Καθοδηγούμενος από τις εκτενείς έρευνες που είχε κάνει πάνω στη δυνατότητα ψύξης των υγρών στα κεφάλαια δύο και τρία («Title II», «Title III») ο Boyle αναδείκνυε ως σημαντικό και ανοιχτό ζήτημα την επιλογή του θερμομετρικού υγρού. Παρόλο που υποστήριζε τη χρησιμοποίηση του ανακαθαρισμένου αποστάγματος κρασιού ως αρκετά ευαίσθητου στις δράσεις του ψύχους και ανθεκτικού στους έντονους βαθμούς ψύχους, θεωρούσε ότι η επιλογή του θερμομετρικού υγρού ήταν ένα ζήτημα που θα καθοριζόταν όταν ξεκαθαριζόταν το θέμα της εξήγησης της φύσης του ψύχους⁴⁷⁰. Ο Boyle παρέθετε μία σειρά από παραδείγματα στα οποία αντέκρουε υφιστάμενες απόψεις για την ψύξη κάποιων ρευστών για να αποδείξει την στάση που κρατούσε στο συγκεκριμένο θέμα. Ένα δεύτερο ζήτημα που έθιγε σε σχέση με τα θερμομετρικά ρευστά αφορούσε τη δυνατότητα ψύξης τους κατά την επαφή τους με ορισμένα σώματα. Με τη συζήτηση για την καταλληλότητα των θερμομετρικών υγρών καθώς και την ευαισθησία που είχαν σε «χημικές» επιδράσεις από άλλα σώματα που είχαν τα ίδια αποτελέσματα πάνω στα θερμομετρικά υγρά με αυτά του βαθμού που προκαλεί ψύξη, ο Boyle προσπαθούσε να

⁴⁷⁰ «Wherefore I shall proceed to what may seem a Paradox, that even the particular Nature of the Liquors, imploy'd in Weather-Glasses, is not altogether to be neglected, till we have a better and more determinate Theory of the causes of Cold, then I fear we have; For, though usually it matters not much, what Liqueur you imploy, yet'tis not impossible, that in some cases men may slip into mistakes about them..», Boyle [1665a], σελ. 244.

αποδειξεί ότι υπάρχουν ακόμη αναπάντητα ερωτήματα σε σχέση με τη λειτουργία του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού. Η προβληματική του Boyle διέφερε αρκετά από την αντίστοιχη που παρουσίαζαν οι Φλωρεντινοί πειραματιστές στο *Saggi*, όπου στην περιγραφή των θερμοσκοπίων περιορίζονταν στην ανάδειξη της προτίμησής τους στο απόσταγμα κρασιού έναντι του νερού και στην πρόταση της χρήσης του αποστάγματος χωρίς δισταγμούς⁴⁷¹. Η στάση του Boyle θα μπορούσε να αποδοθεί στην βακωνική προσέγγιση της συναγωγής συμπερασμάτων, σύμφωνα με την οποία, από τη στιγμή που το περιεχόμενο του *Cold* είχε αποκαλύψει μία σειρά φαινομένων που δεν επέτρεπαν τη συναγωγή ενός «πειστικού» συμπεράσματος, το συγκεκριμένο ζήτημα έπρεπε να μείνει ανοιχτό.

Ο Boyle, επιπλέον, χρησιμοποιούσε τα συγκεκριμένα θέματα που αφορούσαν το θερμομετρικό υγρό για να στηρίζει το επιχείρημά του για τα προβλήματα τα οποία μπορούσαν να δημιουργηθούν ακόμη και στη χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού. Ο Boyle τόνιζε ότι η επιρροή του εσώκλειστου υγρού μπορούσε να προέλθει από τη χημική επίδραση συγκεκριμένων σώματων, καθώς και την επίδραση της πανσελήνου και της αρχής της νέας σελήνης. Μαζί με το τεχνικό θέμα της παρουσίας φυσαλίδων στη βάση του σωλήνα που εμπόδιζαν την άνοδο του υγρού, ο Boyle πίστευε ότι οι παραπάνω παράγοντες έθεταν υπό αμφισβήτηση τις ενδείξεις του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού και δήλωνε ότι

«But though these Weather-Glasses be much more to be relied on, then those that are commonly in use, yet we should have a Philosopher look upon both these and our Sensories, but as Instruments to be imployed by his Reason, when he makes his Estimates of the Coldness of Bodies: And though perhaps it will signifie nothing in the Event, yet I see not, why it should misbecome a Naturalists Diligence and circumspection to try, whether ev'n in such weather-glasses ought to be so far allow'd of, as to hinder men from looking after any other kind of ways of estimating Cold» (Boyle [1665α])⁴⁷²

⁴⁷¹ Σύντομος τίτλος για το έργο *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*. Accademia del Cimento [1964], σσ. 1-3.

⁴⁷² Boyle [1665α], σελ. 247.

Στη συνέχεια πρότεινε ως εναλλακτικούς τρόπους εκτίμησης των βαθμών ψύχους, την ψύξη ορισμένης κατηγορίας υγρών και την αλλαγή της πυκνότητας του νερού. Στη χρήση του πρώτου τρόπου ως μέθοδο ένδειξης βαθμών ψύχους, έχουμε δείξει ότι είχε οδηγηθεί από πειραματικά συμπεράσματα των πειραμάτων του. Ο δεύτερος τρόπος αποτελούσε έναν κοινότοπο τρόπο που είχε χρησιμοποιηθεί νωρίτερα από τον Δούκα Φερδινάνδο των Μεδίκων και τους Φλωρεντινούς πειραματιστές. Τελικά τα ψυκτικά φαινόμενα έπαιξαν τον κυρίαρχο ρόλο στην εκτίμηση των βαθμών ψύχους στην πειραματική του πρακτική.

Η αναφορά του Boyle στα μειονεκτήματα του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού αποτελούσε μία πρωτότυπη προσέγγιση στο συγκεκριμένο όργανο, η χρήση του οποίου είχε αρχίσει να νομιμοποιείται μέσα από την πειραματική δραστηριότητα της εποχής όπως παρουσιαζόταν μέσα από το *Saggi* της Accademia Del Cimento, τις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος του Boyle. Η προσέγγιση του Boyle αποτελούσε τυπικό δείγμα γραφής του Βακωνικού τρόπου κατανόησης της φύσης. Τα τρία επιχειρήματα που προέβαλλε ο Boyle στο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» καθώς και το συμπέρασμα που βγαίνει από τη μελέτη της πειραματικής του πρακτικής για τη χρήση και των τριών τρόπων θερμομέτρησης, φαίνεται να ταιριάζει στις προδιαγραφές για την κατασκευή ενός πίνακα διαβάθμισης της έντασης των ιδιοτήτων που πρότεινε ο Bacon στο *Novum Organum*. Όπως αναφέραμε παραπάνω, στο συγκεκριμένο έργο ο Bacon παρέθετε τις περιπτώσεις που διαμόρφωναν τον πίνακα των βαθμών θερμότητας για να εξηγήσει πώς διαμορφώνεται ένας πίνακας των περιπτώσεων διαβάθμισης μίας ιδιότητας⁴⁷³. Ο Bacon ανέφερε περιπτώσεις όπου εξεταζόταν η ύπαρξη ή όχι της θερμότητας σε ορισμένα σώματα, η θερμότητα των ζώων και των μερών τους, οι διαβαθμίσεις της θερμότητας ανάμεσα στα ουράνια σώματα, η δύναμη της θερμότητας διαφορετικών ειδών φλόγας, οι διαβαθμίσεις στη θερμότητα των αναμμένων σωμάτων, οι εντάσεις των θερμικών φαινομένων όπως ήταν η φωτιά, περιπτώσεις αύξησης της θερμότητας, καθώς και οι βαθμοί δεκτικότητας της θερμότητας όπου παρουσιαζόταν το ανοιχτό θερμοσκόπιο ρευστού ως το όργανο που αναδεικνύει τη δεκτικότητα του αέρα. Για την εκτίμηση της θερμότητας των σωμάτων, ο Bacon ανέφερε τη χρήση της αισθητηριακής εμπειρίας και

⁴⁷³ Bacon Francis [1620], σσ. 137-145.

των θερμικών φαινομένων, όπως ήταν η τήξη των σωμάτων. Ο Bacon έδειχνε να χρησιμοποιεί την αισθητηριακή εμπειρία παρόλο που υποστήριζε ότι ο αέρας μπορούσε να αναδείξει βαθμούς θερμότητας που δεν μπορούσε να αναδείξει η πρώτη και ότι η εκτίμηση της αισθητηριακής εμπειρίας ήταν σχετική με τη θερμοκρασία των αισθήσεων. Ο Boyle έδειχνε να ακολουθεί την πρακτική του Bacon όσον αφορά τη χρήση ψυκτικών φαινομένων και της αισθητηριακής εμπειρίας στην εκτίμηση των βαθμών του ψύχους δίνοντας όμως παράλληλα σημαντικό ρόλο και στο θερμοσκόπιο. Επίσης πολλές κατηγορίες πειραμάτων στο *Cold* ταίριαζαν στις κατηγορίες που είχε αναφέρει ο Bacon για την έρευνα των βαθμών της θερμότητας, όπως για παράδειγμα η εξέταση της δυνατότητας ορισμένων υγρών να παγώσουν (δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο («Title II», «Title III»), τα πειράματα του τετάρτου κεφαλαίου για τη διαφορά ανάμεσα στο βαθμό ψύξης του μίγματος χιονιού και αλατιού με του πάγου («Title III») και τα πειράματα για την ανθεκτικότητα του πάγου. Αν και υπήρχαν περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιούσε το θερμοσκόπιο, όπως ο Bacon στα δύο παραδείγματα που αναφέραμε παραπάνω, για την ποιοτική ένδειξη της ύπαρξης της θερμότητας, ο Boyle κατάφερε να το χρησιμοποιήσει και σε συγκριτικές μετρήσεις προσπαθώντας σε ορισμένες περιπτώσεις να ποσοτικοποιήσει διαφορές.

Ο Boyle οικειοποιούμενος τις προδιαγραφές της έρευνας του Bacon, είχε εκτελέσει μία περιεκτικότερη έρευνα για τους βαθμούς ψύχους, εστιάζοντας πολλές φορές περισσότερο στην προσπάθεια ανάδειξης της διαφοράς των βαθμών ψύχους και ορισμένες φορές αποβλέποντας στην ποσοτικοποίησή τους. Επίσης είχε καταφέρει να αποδείξει πειραματικά τα προβλήματα στη θερμομέτρηση που παρουσίαζαν η αισθητηριακή εμπειρία και τα θερμοσκόπια, έτσι ώστε να υποστηρίξει τη χρήση και άλλων μεθόδων, όπως των ψυκτικών φαινομένων. Ο Bacon φαινόταν να συνηγορεί στη χρήση και των τριών μεθόδων αλλά πέρα από την απλή ανάδειξη κάποιων μειονεκτημάτων της αισθητηριακής εμπειρίας δεν έδινε λόγους για τη μέθοδό του.

Παραπάνω υποστηρίξαμε ότι στο *Novum Organum*, ο Bacon εισήγαγε για πρώτη φορά την πρακτική της θερμομέτρησης σε ένα έργο με σκοπό την κατανόηση της φύσης των ιδιοτήτων. Ο πίνακας της διαβάθμισης των ιδιοτήτων αποτελούσε μία σημαντική συμβολή του Bacon στη θερμομέτρηση. Το εισαγωγικό κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» καθώς και τα πειράματα της πραγματείας *Cold*

ακολουθούσαν το Βακωνικό πρότυπο ως προς τη συλλογή «περιπτώσεων» που αναδείκνυαν τον βαθμό της ιδιότητας του ψύχους στα σώματα και ως προς την αφιέρωση ενός κεφαλαίου στις μεθόδους θερμομέτρησης. Όπως αναφέραμε παραπάνω, ο Boyle χρησιμοποιούσε τα πειραματικά αποτελέσματα για να στηρίξει τις απόψεις του για τις μεθόδους θερμομέτρησης, κάτι το οποίο δεν συναντάμε στο *Novum Organum*. Ένα πρωτότυπο χαρακτηριστικό της πειραματικής πρακτικής του Boyle ήταν ότι η θερμομέτρηση, με όποιο τρόπο και αν γινόταν, αποτελούσε απαραίτητη συνθήκη στην διενέργεια των πειραμάτων. Σε αυτό συνέβαλε ο ιδιαίτερος σχεδιασμός των πειραματικών διατάξεων καθώς και τα ερωτήματα που θέτονταν προς εξερεύνηση και όχι μόνο η φύση της έρευνας η οποία επικεντρωνόταν στις ιδιότητες που μετρούσε η θερμομέτρηση.

Ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά, το *Cold* ξεχώριζε σε σχέση με τα δημοσιευμένα έργα τα οποία περιείχαν περιγραφές της κατασκευής και χρήσης του θερμοσκοπίου καθώς και τις πειραματικές πρακτικές που είχαν αναπτυχθεί σύγχρονα με την πειραματική δραστηριότητα του Boyle. Στο *Saggi* (1666), το οποίο περιλάμβανε την πειραματική δραστηριότητα της Ακαδημίας Del Cimento από την περίοδο 1650-1666, οι φλωρεντινοί πειραματιστές παρουσίαζαν ένα εισαγωγικό μέρος όπου περιγράφονταν τα όργανα που χρησιμοποιούσαν στα πειράματα, ανάμεσα στα οποία και το θερμοσκόπιο, και στη συνέχεια τα πειράματα σε ορισμένα από τα οποία χρησιμοποιούνταν τα όργανα. Στο εισαγωγικό μέρος περιορίζονταν στην περιγραφή οδηγιών για την κατασκευή των θερμοσκοπίων τους και των κλιμάκων τους, χωρίς να αναφέρονται στους προβληματισμούς που εξέφραζε ο Boyle για την καταλληλότητα των οργάνων. Στην πειραματική τους πρακτική πάνω στα ψυκτικά φαινόμενα, χρησιμοποιούσαν συχνότερα την τεχνητή μέθοδο ψύξης, μέσω της χρήσης χιονιού και αλατιού, παρά τις φυσικές συνθήκες ψύχους και επομένως δεν ανέφεραν τους βαθμούς ψύχους που κυριαρχούσαν για την εκτέλεση των πειραμάτων τους. Αντίθετα στην πειραματική πρακτική του Boyle, υπήρχε μία προσπάθεια προσδιορισμού των βαθμών ψύχους στους οποίους εκτελούνταν τα πειράματα. Οι Φλωρεντινοί πειραματιστές όμως χρησιμοποιούσαν την έννοια της διαβάθμισης του ψύχους στα πειράματά τους, και κυρίως στην προσπάθεια προσδιορισμού των βαθμών ψύχους που αντιστοιχούσε στα διάφορα στάδια μετατροπής

του νερού και διαφόρων υγρών σε πάγο⁴⁷⁴. Στα πειράματα αυτά, έθεταν νερό να ψυχθεί μέσα σε ένα βαθμολογημένο σωλήνα και σύγκριναν τα διάφορα στάδια που είχαν παρατηρήσει ότι περνά το νερό πριν μετατραπεί σε πάγο, δηλαδή την στάση στην αρχική στάθμη του, την ανύψωσή του την ώρα που τίθεται στο ψυκτικό μίγμα, τη συρρίκνωσή του, τη στάση του, τη άνοδό του και τελικά την άνοδο κατά την μετατροπή του σε πάγο, με τις ενδείξεις ενός θερμοσκοπίου καταγράφοντας τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα σε κάθε στάδιο. Επαναλάμβαναν δύο φορές το πείραμα με κάθε είδους υγρό για να εξετάσουν αν στα διάφορα στάδια αντιστοιχούν οι ίδιες ενδείξεις και ως προς τη θερμοκρασία και ως προς το χρόνο. Από την περιγραφή του πειράματος καθώς και από τα πειραματικά δεδομένα, γινόταν σαφές ότι κάθε στάδιο αντιστοιχούσε σε έναν διαφορετικό βαθμό ψύχους, όπως έδειχνε το θερμοσκόπιο του οποίου οι ενδείξεις είχαν καθοδική πορεία καθώς το νερό περνούσε από τα διάφορα στάδια. Οι Φλωρεντινοί πειραματιστές προσπαθούσαν επίσης να εξετάσουν αν οι ενδείξεις του σωλήνα με το ρευστό καθώς και εκείνες του θερμοσκοπίου είχαν μία σταθερότητα από δοκιμή σε δοκιμή. Οπότε μπορούμε να πούμε ότι προσπαθούσαν να βρουν αν υπήρχε μία σταθερότητα σε ορισμένους βαθμούς ψύχους. Με την πρακτική αυτή, έδειχναν ότι προσπαθούσαν να ερευνήσουν τους βαθμούς ψύχους και την ύπαρξη μίας σταθεράς σε αυτούς. Σε αυτό το ζήτημα το *Saggi* και το *Cold* έδειχναν ότι σε ορισμένες δοκιμές προσπαθούσαν να απαντήσουν τα ίδια ερωτήματα με διαφορετικό τρόπο. Μόνο που τα πειράματα των Φλωρεντινών δεν εντάσσονταν σε μία γενικότερη προσπάθεια έρευνας της ιδιότητας του ψύχους για τη συναγωγή συμπερασμάτων για τη φύση της ιδιότητας.

Η παρουσίαση των μεθόδων θερμομέτρησης και των προβλημάτων τους στο *Cold*, αποτελούσε ένα πολύ χρήσιμο εγχειρίδιο πειραματισμού το οποίο, όπως ανέφερε και ο Boyle στην εισαγωγή του, είχε πειστεί να εκδώσει για να μπορέσουν τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου να εκμεταλλευτούν τον χειμώνα του 1664-5. Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της Εταιρείας, 1660-1665, συνέπεσαν με τα τελευταία χρόνια προετοιμασίας της πραγματείας κατά τα οποία ο Boyle ασχολήθηκε με την κατασκευή και εξέλιξη των θερμοσκοπίων έχοντας ως βοηθό τον Robert Hooke, ο οποίος, στη συνέχεια, αποτέλεσε «operator» των πειραμάτων της Εταιρείας. Η χρήση των

⁴⁷⁴ Accademia del Cimento [1964], σσ. 77-95.

θερμοσκοπιών εμφανίζεται στις συνεδριάσεις της εταιρείας από τον Ιανουάριο 1662/3⁴⁷⁵. Αρχικά το θερμοσκόπιο φαίνεται να χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της θερμοκρασίας σε κελάρια και ορυχεία όπως φαίνεται από τις προτάσεις του Boyle και άλλων μελών της Εταιρείας. Η προετοιμασία, την ίδια περίοδο μιας εργασίας από τον Hooke για την «Ιστορία το Καιρού» καθώς και η προμήθεια ενός μέλους με θερμοσκόπια προκειμένου να κάνει μετεωρολογικές παρατηρήσεις δείχνει ότι η αρχική χρήση τους αποσκοπούσε και σε μετεωρολογικές παρατηρήσεις⁴⁷⁶. Η αναφορά του Robert Moray στη χρήση του θερμοσκοπίου για την εκτίμηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος, δείχνει ότι τα μέλη δεν ήταν εξοικειωμένα με μία τέτοια χρήση⁴⁷⁷. Όπως αναφέραμε παραπάνω, η Εταιρεία υιοθέτησε ως τυποποιημένο πρωτότυπο θερμοσκόπιο το κλειστό θερμοσκόπιο που είχε κατασκευάσει ο Hooke και το οποίο είχε προτείνει στην Εταιρεία στη συνεδρίαση της 30^{ης} Σεπτεμβρίου 1663⁴⁷⁸. Σε αυτό το πλαίσιο της ανάπτυξης του ενδιαφέροντος των μελών της Εταιρείας για τη θερμομέτρηση, το *Cold* ήταν ίσως το μοναδικό έργο στο οποίο αναλύονταν τα ζητήματα που αφορούσαν την κατασκευή και χρήση του θερμοσκοπίου καθώς και τις δυνατότητες θερμομέτρησης. Ακόμη και η περιγραφή της κατασκευής του «τυποποιημένου θερμοσκοπίου» του Hooke στο έργο του *Micrographia* γινόταν στα πλαίσια της συζήτησης του για φαινόμενα που αφορούσαν το γυαλί χωρίς αναφορά στα προβλήματα της θερμομέτρησης. Επίσης στο βασικό έργο του Walter Charleton, όπου παρουσιάζονταν οι βασικές θέσεις της ατομιστικής θεωρίας του Gassendi και το οποίο στην αγγλική γλώσσα λειτουργούσε και ως εισαγωγή της γκασεντιανής ατομιστικής θεωρίας στην Αγγλία, *Physiologia-Epicuro-Gassendo-Charltoniana* το κεφάλαιο όπου συζητούνταν οι ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας δεν περιείχε αναφορές ούτε στην απόπειρα έρευνας των διαβαθμίσεων των ιδιοτήτων, ούτε σε μεθόδους θερμομέτρησης ούτε και σε πειράματα όπου χρησιμοποιούνταν θερμοσκόπια. Επομένως η συζήτηση για τη θερμομέτρηση δεν

⁴⁷⁵ «Dr Merrit mentioned an Experiment. Of keeping two weather-glasses, in a celler, the other abroad to see, whether it be colder in the Cellers, in winter then in Summer.», Royal Society Archives, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 131.

⁴⁷⁶ Συνεδρίασης 7 Οκτωβρίου 1663, Royal Society Archives, *Journal Book Original*, τόμος 1, σελ. 221. Πρακτικά συνεδρίασης 9 Σεπτεμβρίου 1663, Ο.π.

⁴⁷⁷ «Sir Robert Moray mentioned a new use to be made thermometers, viz., to know by their self the degrees of heat in a man's body in fever, by putting it into a man's hand, or mouth, or urine. The physicians present conceived, that there would be a little certainty in it» Πρακτικά συνεδρίασης 11 Νοεμβρίου 1663, Ο.π.

⁴⁷⁸ Royal Society Archives, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 29.

περιεχόταν σε ένα έργο το οποίο προηγούνταν κατά δέκα χρόνια της έκδοσης του *Cold* και αφορούσε την παρουσίαση μίας από τις πιο σημαντικές αναδυόμενες ατομιστικές θεωρίες της εποχής. Πρώτα λοιπόν ο Bacon με το *Novum Organum* και στη συνέχεια ο Boyle με το *Cold* εγκαινίαζαν ένα πεδίο ερευνών των δύο ιδιοτήτων όπου η θερμομέτρηση αποτελούσε αναπόσπαστο κομμάτι της πειραματικής έρευνας που αποτελούσε τη βάση της προσέγγισης της γνώσης της φύσης.

Ένα δύσκολο ερώτημα να απαντηθεί είναι αν και πώς η συζήτηση του Boyle για τη θερμομέτρηση στο *Cold*, μέσω του εισαγωγικού κεφαλαίου και των πειραμάτων του, συνέβαλε στην ανάπτυξη μίας έννοιας της θερμοκρασίας. Όπως φαίνεται από την οργάνωση της έρευνάς του για το ψύχος διακριτά από την έρευνά του για τη θερμότητα καθώς και τη συνεχή αναφορά του σε βαθμούς ψύχους, ο Boyle στην πρακτική του διέκρινε ανάμεσα στις δύο ιδιότητες. Αυτό όμως δεν σήμαινε απαραίτητα ότι τους απέδιδε την διακριτή υπόσταση που είχαν στην αριστοτελική και σχολαστική θεωρία. Η θεώρηση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται τα σώματα αποτελούσε μία θεωρητική υπόθεση που εξέφραζε σε διάφορα σημεία του *Cold*, πιο συχνά όταν αναφερόταν στον τρόπο που επηρεάζονται οι πληροφορίες των αισθήσεών μας από τις δύο ιδιότητες· τη συζήτηση για την υπόθεση αυτή κατέγραφε στο διάλογο «Of the Positive or Privative Nature of Cold, A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus»(1973)⁴⁷⁹ όπου τα περισσότερα επιχειρήματά του έδειχναν την προσκόλλησή του σε αυτή την υπόθεση ως εξήγηση της φύσης του ψύχους. Η υποστήριξη αυτής της υπόθεσης από τον Boyle σήμαινε ότι οι ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας έχαναν εντελώς την ποιοτική αριστοτελική υπόσταση και θεωρούνταν ως μέρη της ίδια διαδικασίας, δηλαδή της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Μία τέτοια θεώρηση των δύο ιδιοτήτων θα μπορούσε να αποτελεί ένα βήμα προς την κατάρτιση μίας έννοιας της θερμοκρασίας εφόσον οι ιδιότητες θεωρούνται μέρος της ίδιας διαδικασίας. Στο πλαίσιο των ατομιστικών θεωριών και της σχολαστικής παράδοσης που συζητούσαν για τις ιδιότητες διακριτά αποδίδοντάς τους, οι περισσότερες, και διακριτή υπόσταση, η θεώρηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας από τον Rene Descartes και τον Boyle αποτελούσε μία σημαντική διαφοροποίηση. Το *Cold* απεκάλυπτε ότι, παρόλο που ο Boyle θεωρούσε τις

⁴⁷⁹ Boyle [1673α] σσ. 341-367.

δύο ιδιότητες ως απόρροια της ίδιας διαδικασίας, όταν τις ερευνούσε πειραματικά και τις μετρούσε εξακολουθούσε να τις θεωρεί διακριτά. Αυτό αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της πειραματικής του πρακτικής που ίσως οφείλεται στην ανάπτυξη των ιδεών του μέσα στο πλαίσιο όπου οι αναδυόμενες ατομιστικές θεωρίες πάλευαν εναντίον των κυριαρχουσών ακόμα αριστοτελικών και σχολαστικών εννοιών.

Μία έμμεση συμβολή του Boyle στην έννοια της θερμομέτρησης αποτέλεσε η απόδειξη της σχετικότητας των πληροφοριών των αισθήσεων και η υποστήριξη της χρήσης της δράσης των δύο ιδιοτήτων σε τρίτα σώματα, όπως ήταν ο αέρας και τα ρευστά, για την ένδειξη της διαβάθμισης της έντασής τους. Η θεώρηση των ανθρώπινων αισθήσεων ως μέσο ένδειξης της θερμότητας και της ψυχρότητας καθώς και των διαβαθμίσεών τους, συνέδεε την οντολογική ύπαρξη των ιδιοτήτων με αυτές. Η έρευνα που είχε αναπτύξει ο Boyle για τα ψυκτικά φαινόμενα καθώς και η ανάδειξη ορισμένων από αυτά ως μεθόδους μέτρησης έδειχνε ότι οι δύο ιδιότητες υπήρχαν ανεξάρτητα από τις αισθήσεις μας. Αυτή η θεώρηση επέτρεπε την ανάπτυξη της ιδέας της μέτρησης των δύο ιδιοτήτων και ίσως αυτή η υποθάλπουσα ιδέα να έπαιξε κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη μίας έννοιας μέτρησης της θερμοκρασίας στην πρώιμη περίοδο χρήσης του θερμοσκοπίου.

2.4. Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος στο *Cold*: ερευνητικά ερωτήματα, πειραματικές διατάξεις και πειραματικά αποτελέσματα

2.4.1. Εισαγωγή

Στο υποκεφάλαιο 2.1 υποστηρίξαμε ότι το *Cold* αποτελεί μέρος της γενικότερης έρευνας που διεξήγαγε ο Boyle για τις ιδιότητες των σωμάτων στα πλαίσια της προσπάθειάς του να διαμορφώσει μια θεωρία για τη σύσταση της ύλης. Παράλληλα όμως η έρευνα για την ιδιότητα του ψύχους και τα φαινόμενά του αποτελούσε μία αυτοτελή και αυτόνομη έρευνα η οποία είχε μία συγκεκριμένη προβληματική· δηλαδή ερευνώνταν συγκεκριμένα ερωτήματα, ορισμένα από τα οποία είχαν απαντηθεί από την επικρατούσα αριστοτελική θεωρία για τη σύσταση της ύλης και των ιδιοτήτων ενώ άλλα λάμβαναν μέρος σε πειραματικές δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν συγχρόνως με εκείνη του Boyle, όπως ήταν αυτή της Royal Society και της Accademia Del Cimento. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι, καταρχήν, να αναδείξει τα ερωτήματα που καθοδηγούσαν την πειραματική έρευνα του Boyle και τις απαντήσεις που αποπειράθηκε να δώσει με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα. Θα εξεταστεί κατά πόσο τα πειραματικά αποτελέσματα έδιναν νέες γνώσεις για το ψύχος και τα φαινόμενά του και αποκάλυπταν φαινόμενα που έρχονταν σε αντίθεση με παραδεδομένες απόψεις για το ψύχος. Θα ερευνηθεί, όπου αυτό είναι δυνατό, η προέλευση των ερωτημάτων, ως μέρος μίας γενικότερης προσπάθειας να ταυτοποιηθεί η προβληματική που ίσως να προϋπήρχε της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle και ως εκ τούτου αποτέλεσε εφαλτήριο για τη διαμόρφωση της έρευνάς του. Στο κεφάλαιο 2.1 δείξαμε ότι από πολύ νωρίς, από τις αρχές της δεκαετίας 1650-1660, ο Boyle είχε φτιάξει ένα διάγραμμα ερωτημάτων που καθοδηγούσε την πειραματική του δραστηριότητα για το ψύχος. Η μη σωζόμενη εργασία για το ψύχος «of Cold», η οποία περιείχε αποτελέσματα των πρώτων αναζητήσεων, επιβεβαιώνει την ύπαρξη μίας προβληματικής για το ψύχος που είχε συγκεκριμένους ερευνητικούς στόχους.

Θα εστιάσουμε στη διάκριση και μελέτη των περιπτώσεων όπου τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαιώναν εκβάσεις φαινομένων και διαδικασιών, περιπτώσεις όπου αποκάλυπταν τα αίτια ορισμένων φαινομένων του ψύχους, και άλλες όπου παρήγαγαν πειραματικές αποδείξεις εναντίον θεωρητικών υποθέσεων που εξηγούσαν τη φύση του ψύχους. Οι τέσσερις περιπτώσεις θεωριών που συζητούνται στο *Cold* είτε ως προς την ερμηνεία των φαινομένων της φύσης είτε ως προς τις εξηγητικές υποθέσεις που προσφέρουν είναι η αριστοτελική θεωρία, η επικουριανή ατομιστική θεωρία, έτσι όπως προβαλλόταν από τον Gassendi, η θεωρία του Hobbes για τις ιδιότητες και η αντίστοιχη Καρτεσιανή θεωρία. Ακολουθώντας τον Boyle, ο οποίος αφιέρωσε δύο κεφάλαια. το ένα στο αριστοτελικό δόγμα της Αντιπερίστασης και το άλλο στη θεωρία του Hobbes για το ψύχος, θα δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή σε αυτές τις πολεμικές. Στην περίπτωση της επιχειρηματολογίας του ενάντια στον Hobbes, θα εξεταστεί η συνάφεια αυτής της πολεμικής με την αντίστοιχη που ανέπτυξε για τις ιδιότητες του αέρα.

Τα συμπεράσματα από την παραπάνω μελέτη θα βοηθήσουν σε ερωτήματα που τίθενται προς απάντηση στο έκτο κεφάλαιο. Καταρχήν αποτελούν τη βάση για την εξέταση του ρόλου του πειράματος ως προς την επιβεβαίωση θεωρητικών υποθέσεων, του ρόλου των θεωρητικών υποθέσεων, επιβεβαιωμένων ή όχι, στον σχεδιασμό των πειραμάτων και του ρόλου των εξηγητικών υποθέσεων στην εξήγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Δεύτερον, θα βοηθήσει στη συζήτηση για το περιεχόμενο των πειραματικών γεγονότων και τη διάκρισή τους από τις εξηγητικές υποθέσεις. Τρίτον, θα συμβάλει στη συζήτηση του ρόλου της σωματιδιακής υπόθεσης του ψύχους, στη συγκεκριμένη πειραματική πρακτική του Boyle.

Μία παράμετρος που θα ερευνηθεί σε κάθε κατηγορία πειραμάτων είναι η εκτέλεση πειραμάτων για το ψύχος στα οποία είτε είχαν χρησιμοποιηθεί πειραματικά γεγονότα είτε παράγονταν πειραματικά αποτελέσματα, που αφορούσαν άλλες ερευνητικές θεματικές, όπως ήταν η χημική ανάλυση των σωμάτων στο *Sceptical Chymist*, τα υδροστατικά πειράματα που παρουσιάζονταν στη μεταγενέστερη του *Cold* πραγματεία *Hydrostatical Paradoxes*, και τα πειράματα για την πνευματική που είχαν παρουσιαστεί στο *Spring of the Air*, στο *Defence*, και στο *Examen*. Η έρευνα αυτή θα δείξει τη στενή συνάφεια των πειραματικών ερευνών του Boyle καθώς και τη σημασία της συγκεκριμένης έρευνας των φαινομένων του ψύχους, για τους βασικούς

προβληματισμούς που διέτρεχαν τις πειραματικές έρευνες του Boyle όπως ήταν τα αριστοτελικά δόγματα για την ύπαρξη κενού και τη φύση των ιδιοτήτων.

Ο Boyle είχε κατηγοριοποιήσει τα πειράματα της ενότητας «The Experimental History of Cold» σε εικοσιένα κεφάλαια («Titles»), το κάθε ένα από τα οποία αφορούσε την εξέταση ενός συγκεκριμένου φαινομένου. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως είναι τα φαινόμενα της ψύξης του νερού η ακολουθία των κεφαλαίων είχε σχέση με το θέμα τους (βλ. κεφάλαια 2 και 3, 9-12). Σε άλλες περιπτώσεις, κεφάλαια των οποίων τα ερευνητικά θέματα είχαν συνάφεια δεν βρίσκονταν σε ακολουθία το ένα από το άλλο. Ένα παράδειγμα ήταν τα πειράματα για την κατεύθυνση της τάσης του ψύχους τα οποία βρίσκονταν στο κεφάλαιο πέντε ενώ τα πειράματα για την περιοχή δράσης του ψύχους και τα διάφορα μέσα διάδοσης του περιέχονταν στα κεφάλαια δεκατρία και δεκατέσσερα. Ο Boyle δικαιολογούσε την τοποθέτηση του κεφαλαίου πέντε ανάμεσα στα πρώτα κεφάλαια και όχι μετά τα πειράματα για την απόσταση διάδοσης του ψύχους, λόγω της χρησιμότητας που είχαν για την κατανόηση της υπόλοιπης πραγματείας και της συνάφειας των πειραματικών διατάξεων με εκείνες του έκτου κεφαλαίου. Η κατηγοριοποίηση των κεφαλαίων και η σειρά με την οποία ετίθεντο στην πραγματεία αποκαλύπτουν την πρόθεση του Boyle να τα παρουσιάσει με το συγκεκριμένο τρόπο αλλά πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι η σειρά μπορεί να καθοριζόταν και από πρακτικούς παράγοντες όπως ήταν η σειρά με την οποία το υλικό τελειοποιούνταν για να φτάσει στα χέρια του τυπογράφου.

Εξαίρεση αποτελούν τα κεφάλαια δεκαεννέα με τίτλο «of the Strange Effects of Col» και εικοσιένα με τίτλο «Promiscuous Experiments and Observations concerning Cold» ως προς το ότι περιείχαν την εξέταση ποικίλων φαινομένων του ψύχους. Ο Boyle διεκρίνιζε ότι στο κεφάλαιο δεκαεννέα ενέτασσε φαινόμενα του ψύχους που φαίνονταν παράξενα και τα οποία μπορούσαν να προκαλέσουν δυσπιστία στους ανθρώπους⁴⁸⁰. Τα περισσότερα από αυτά αφορούσαν πειράματα ή φαινόμενα τα οποία δεν μπορούσαν να εκτελεστούν στο κλίμα της Αγγλίας και επομένως αφορούσαν τα φαινόμενα που προκαλούσαν οι εντονότεροι βαθμοί ψύχους των ψυχρών κλιμάτων, για τα οποία ο Boyle προσκόμιζε μαρτυρίες ταξιδιωτών και πλοηγών. Στο εικοστό-πρώτο κεφάλαιο ο Boyle

⁴⁸⁰ «For if they had not something of extraordinary, and consequently, that may beget some Diffidence in wary men, they would not be proper for the title of this Section», Boyle [1665a], σελ. 400.

συμπεριλάμβανε καταρχήν πειράματα και παρατηρήσεις για φαινόμενα που δεν ταυτίζονταν με αυτά των ήδη διαμορφωμένων κεφαλαίων. Λόγω έλλειψης κατάλληλων συνθηκών ψύχους και εργαλείων, ο Boyle δεν είχε εκτελέσει τόσο πειράματα για αυτά τα φαινόμενα, ώστε να μπορούν να αποτελέσουν διακριτό κεφάλαιο, οπότε τα παρέθετε όλα μαζί, χωρίς ιδιαίτερη σειρά, στο κεφάλαιο αυτό⁴⁸¹. Δεύτερον παρέθετε πειράματα και παρατηρήσεις που αποτελούσαν συμπληρώσεις σε ορισμένα από τα κεφάλαια της Ιστορίας του Ψύχους⁴⁸². όπως έχουμε υποστηρίξει ήδη παραπάνω, το εικοστό-πρώτο κεφάλαιο περιλάμβανε πειράματα και παρατηρήσεις που είχαν γίνει στα τελευταία χρόνια προετοιμασίας της πραγματείας, ορισμένα από τα οποία λειτουργούσαν και ως παραρτήματα σε κεφάλαια τα οποία είχαν ολοκληρωθεί νωρίτερα⁴⁸³. Πολλά από αυτά κατέληγαν σε πειραματικά αποτελέσματα που αντέκρουαν εκείνα που είχαν παρουσιασθεί στα υπόλοιπα κεφάλαια. Η συσσώρευση τέτοιων περιπτώσεων στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο έδειχνε την πρόθεση του Boyle να ξεχωρίσει από τα άλλα κεφάλαια και να συγκεντρώσει τις περιπτώσεις εκείνες που ίσως έθεταν κάποια «πειραματικά γεγονότα» σε αμφισβήτηση.

Μετά την παράθεση των εικοσιενός κεφαλαίων ως τον βασικό κορμό της ‘Ιστορίας του Ψύχους’, ο Boyle παρουσίαζε σε δύο διακριτά κεφάλαια τα πειράματα και τα επιχειρήματα με τα οποία αντέκρουε, στο πρώτο το αριστοτελικό δόγμα για το φαινόμενο της αντιπερίστασης και στο δεύτερο τη θεωρία του Hobbes για το ψύχος. Η διάκριση των συγκεκριμένων κεφαλαίων από τα αριθμημένα κεφάλαια, «Titles» όπως τα αποκαλούσε, του ψύχους προκαλεί ενδιαφέρον. Στην περίπτωση του κεφαλαίου για το φαινόμενο της αντιπερίστασης ο Boyle εξηγούσε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων που είχε μαζέψει ήταν πολύ μεγάλος με αποτέλεσμα να μην ταιριάζει στον σχεδιασμό των κεφαλαίων και να πρέπει να διακριθεί από αυτά. Το κεφάλαιο του Hobbes προοριζόταν να παρουσιαστεί ως μέρος μίας μεγαλύτερης ενότητας, για τις τέσσερις μεγάλες

⁴⁸¹ «yet since divers particulars have occur'd to me, which though they seem not properly reducible to the foregoing Titles, do yet belong to the subject and design of this Treatise, I think it fit to annex them in this place, and without any other order than that, wherein they shall happen to occur to me, throw them into this one Section, together with some loose Experiments, and divers Relations, that I have met with among Navigators and Authors, that have travell'd into the Northern Climates, touching Cold, not forbearing to insert promiscuously among them, some few Paralipomena, which if they had seasonably come to my hands, or into my mind, might have had a more proper place among the foregoing Sections, or have composed a Title by themselves.» Boyle [1665α], σελ.419.

⁴⁸² Ο Boyle αναφέρεται σε αυτές τις συμπληρώσεις με την λέξη «Paralipomena». ο.π., σελ. 419.

⁴⁸³ Βλ. κεφάλαιο 2.4.1

εξηγητικές υποθέσεις για την φύση του ψύχους και τα αιτιά της, η οποία θα συμπεριλαμβανόταν στο τέλος της ενότητας «The Experimental History of Cold». Ο Boyle όμως έχοντας ολοκληρώσει το μέρος της συζήτησης της θεωρίας του Hobbes τη χρονική στιγμή της δημοσίευσης, το παρέθεσε μόνο του, διευκρινίζοντας ότι περιείχε πειράματα τα οποία αργότερα κατηγοριοποιήθηκαν στα κεφάλαια της Ιστορίας.

Πριν προχωρήσουμε στην εξέταση των πειραμάτων και των παρατηρήσεων που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια του *Cold*, θα πρέπει να αναφέρουμε τις βασικές πηγές τις οποίες χρησιμοποίησε ο Boyle ως μαρτυρίες των φαινομένων που λάμβαναν χώρα στις ψυχρές χώρες. Η εκτεταμένη χρήση της ταξιδιωτικής εργογραφίας του τέλους του 16ου και των αρχών του 17ου αιώνα στο *Cold* με σκοπό την επιβεβαίωση πειραματικών αποτελεσμάτων σε ψυχρότερα κλίματα σε σχέση με το Αγγλικό, αλλά και ως μοναδικές πηγές παρατηρησιακών γεγονότων ορισμένων φαινομένων, αναδεικνύει όχι μόνο τη χρήση των πηγών ως μαρτυριών⁴⁸⁴ αλλά και τον ενεργό ρόλο τους στη διαμόρφωση των ερευνητικών ερωτημάτων. Η έρευνα των φαινομένων του ψύχους στο *Cold*, τελώντας τα χρέη μίας ‘ιστορικής’ παρουσίασης της ιδιότητας έπρεπε να αποτελεί την παρουσίαση μίας περιεκτικής σε φαινόμενα έρευνας της ιδιότητας. Οι περιγραφές των ταξιδιών στα ψυχρά βόρεια κλίματα της Nova Zembla καθώς και στις διαδρομές της αναζήτησης του βορειοδυτικού περάσματος, αποτελούσαν πηγές αναρίθμητων παρατηρήσεων των ψυχρών φαινομένων, ορισμένες από τις οποίες, μέσα από την επανάληψη και τις πολλαπλές μαρτυρίες, θεωρούνταν κοινή επιβεβαιωμένη γνώση. Συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως η αναφορά στις πληροφορίες των ταξιδιωτών για την αναλογία του επιπέδου μέρους των παγόβουνων στο βυθισμένο ως παρατηρησιακή κανονικότητα, καθώς και η αναφορά του Boyle στην παράλειψη της περιγραφής ορισμένων φαινομένων, όπως το χαλάζι και το χιόνι, λόγω της κάλυψης των θεμάτων από την υπάρχουσα ταξιδιωτική βιβλιογραφία, έδειχνε ότι τα συγκεκριμένα έργα ανάγονταν σε έργα φυσικής φιλοσοφίας, με την έννοια ότι κάλυπταν την παράθεση παρατηρησιακών δεδομένων τα οποία θεωρούνταν από τον ίδιο τον Boyle ως μέρος της πειραματικής πραγματείας για το ψύχος.

⁴⁸⁴ Στο *A Social History of Truth* ο Shapin χρησιμοποιεί τις αναφορές του Boyle στην ταξιδιωτική βιβλιογραφία και στις μαρτυρίες τρίτων για να ερμηνεύσει τις κοινωνικές συμβάσεις οι οποίες όριζαν την μέθοδο του για την επίτευξη συναίνεσης για τα πειραματικά του γεγονότα. Shapin [1994].

Ο Boyle αφιέρωνε ένα μεγάλο μέρος της εισαγωγής του στο *Cold* στην παρουσίαση των τριών βασικών δημοσιευμένων πηγών του. Στο πρώτο έργο, *The True and Perfect Description of Three Voyages...by the Ships of Holland and Zealand* (1598), ο Ολλανδός Gerrit de Veer περιέγραφε το ταξίδι των Ολλανδών στη Nova Zembla. Στο δεύτερο, *Historia de gentibus septentrionalibus* (1555), ο Olaus Magnus περιέγραφε την Ιστορία των Βορείων Κρατών. Το τρίτο αποτελούσε το ημερολόγιο *Voyage* του Captain James όπου ο καπετάνιος περιέγραφε παρατηρήσεις από τα ταξίδια του για την εύρεση του Βόρειου περάσματος στη Νότια Θάλασσα.

2.4.2 Τα εικοσιένα κεφάλαια της «Ιστορίας του Ψύχους»⁴⁸⁵: Τα ερευνητικά ερωτήματα, η προέλευσή τους και τα πειραματικά αποτελέσματα

Στην παρουσίαση των ερευνητικών θεμάτων των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων τους που ακολουθεί, έχουμε διατηρήσει την αντιμετώπιση κάθε κεφαλαίου ως μίας πειραματικής θεματικής. Παραθέτουμε τις θεματικές των κεφαλαίων σε πέντε κατηγορίες πειραμάτων οι οποίες δεν ακολουθούν τη σειρά των κεφαλαίων στην πραγματεία. Η κατηγοριοποίηση βασίζεται στα γενικά χαρακτηριστικά της ιδιότητας του ψύχους, των οποίων τα σχετικά και ποικίλα φαινόμενα εξετάζονται στα πειράματα κάθε κεφαλαίου. Η πρώτη κατηγορία πειραμάτων αφορά την εξέταση των αποτελεσμάτων του ψύχους στα υγρά και στα στερεά σώματα (κεφ.2,3,6,7,9,8,10,11,12,20), η δεύτερη αφορά τα φαινόμενα του πιο έκδηλου παραγώγου του ψύχους, του πάγου (κεφ.15,16), η τρίτη αφορά την εξέταση των ενδείξεων της έντασης της ιδιότητας, των βαθμών ψύχους (κεφ.4), η τέταρτη αφορά την δυνατότητα διάδοσης του ψύχους μέσα στο χώρο και άλλα μέσα (κεφ.5,13,14), και η πέμπτη κατηγορία αφορά τη δυνατότητα των σωμάτων να προκαλούν ή να ενισχύουν την ιδιότητα του ψύχους (κεφ. 1,17, 18,).

Πρώτη Κατηγορία: Φαινόμενα Ψύξης

Επίκεντρο της πρώτης κατηγορίας αποτελούν τα φαινόμενα ψύξης τα οποία πολύ συχνά ο Boyle ανέφερε ως την ουσία της «Ιστορίας του Ψύχους». Η κατηγορία αυτή μπορεί να διαχωριστεί σε δύο ομάδες πειραμάτων. Στην πρώτη, όπου εξετάζονται

⁴⁸⁵ Βλ. τα κεφάλαια της ενότητας «The Experimental History of Cold», Παράρτημα 1.

φαινόμενα που σχετίζονται με τη μετατροπή των υγρών σε πάγο και ειδικά του νερού, και τη δεύτερη όπου εξετάζονται άλλες δράσεις του ψύχους, όπως ήταν η διατήρηση και καταστροφή των σωμάτων. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν καταρχήν, τα πειράματα του δεύτερου και τρίτου κεφαλαίου, όπου ο Boyle εξέταζε τη δυνατότητα ορισμένων κατηγοριών υγρών και σωμάτων να παγώσουν όπως ήταν τα αλκοολούχα αποστάγματα, τα έλαια, τα υδατικά διαλύματα, τα άλατα και άλλα⁴⁸⁶. Ο Boyle προχωρούσε, με το κεφάλαιο επτά, στην εξέταση της αύξησης του όγκου του νερού και των υδατικών υγρών με το ψύχος. Η απόδειξη της αύξησης του όγκου του νερού κατά την ψύξη σήμαινε την απόρριψη ενός από τα πιο γνωστά αριστοτελικά δόγματα, αυτού της συρρίκνωσης του όγκου του νερού με το ψύχος. Στο κεφάλαιο εννέα παρουσίαζε πειράματα με σκοπό την εξέταση του περιεχομένου των φυσαλίδων που δημιουργούνταν στον πάγο. Το φαινόμενο αυτό θεωρούνταν ότι αποτελούσε τη βασική αιτία της επίπλευσης και διόγκωσης του πάγου και επομένως συνδεόταν άμεσα με το ζήτημα της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη. Στο κεφάλαιο δέκα εκτελούσε πειράματα για τη μέτρηση της διόγκωσης του νερού καταλήγοντας σε μία σταθερή αναλογία με την οποία αυξανόταν κάθε φορά ο όγκος του νερού. Το συγκεκριμένο φαινόμενο καθώς και το καθημερινό φαινόμενο του σπασίματος των φιαλών που περιείχαν νερό και άλλα υγρά, αναδείκνυε την ύπαρξη μίας αναπτυσσόμενης δύναμης κατά τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Στα κεφάλαια έντεκα και δώδεκα παρέθετε πειράματα που αποδείκνυαν την ένταση αυτής της δύναμης καθώς και τους τρόπους με τους οποίους αποπειράθηκε να τη μετρήσει. Στο δωδέκατο κεφάλαιο παρουσιάζε ένα νέο τρόπο μέτρησης της διογκωτικής δύναμης του νερού, ο οποίος όμως παράλληλα αναδείκνυε μία μεγάλη δυνατότητα συμπίεσης του αέρα σε κλειστά δοχεία. Ο Boyle έδινε έμφαση σε αυτά τα πειράματα γιατί αποδείκνυαν μία μεγαλύτερη συμπίεση του αέρα από αυτή που είχε αναδείξει με τα πειράματα του *Defence*. Με βάση το συμπέρασμα από τα παραπάνω πειράματα, ότι τα υγρά αυξάνουν τον όγκο τους μόνο όταν παγώνουν, στο όγδοο κεφάλαιο ο Boyle εξέταζε εκείνες τις περιπτώσεις που δεν πάγωναν και συρρικνώνονταν από το ψύχος. Στο δέκατο κεφάλαιο αφιέρωνε λίγα πειράματα στη μέτρηση της συρρίκνωσης. Ένα ακόμη ερώτημα που ερευνούσε σε σχέση με τη διαδικασία της ψύξης⁴⁸⁷ και την εξήγηση των αιτιών της,

⁴⁸⁶ Για τους τίτλους των κεφαλαίων βλ. Παράρτημα 1 με το διάγραμμα της πραγματείας.

⁴⁸⁷ Όπως είπαμε και παραπάνω χρησιμοποιούμε συχνά τον όρο «ψύξη», ακολουθώντας τον Boyle, για να αναφερθούμε στη μετατροπή σε πάγο.

όπως ήταν η δημιουργία φυσαλίδων, αποτελούσε η αύξηση ή όχι του βάρους των ρευστών και των σωμάτων κατά την ψύξη τους.

Η εξέταση της δυνατότητας των υγρών σωμάτων να ψυχθούν αποτελούσε μία πολύ σημαντική ερευνητική κατηγορία για την εξέταση της δράσης του ψύχους στα υγρά και στα στερεά σώματα. Η ψύξη αποτελούσε το βασικό και χαρακτηριστικότερο αποτέλεσμα που είχε η ιδιότητα στα σώματα. Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο του *Cold* ο Boyle παρουσίαζε τα πειραματικά αποτελέσματα σχετικά με τα υγρά που μπορούν να μετατραπούν σε πάγο και εκείνα που δεν μπορούν αντίστοιχα⁴⁸⁸. Όπως δείξαμε παραπάνω, ορισμένα πειράματα των δύο αυτών κεφαλαίων είχαν εκτελεστεί από την πρώιμη περίοδο πειραματισμού του Boyle στο Stalbridge, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η θεματική των πειραμάτων είχε ενσωματωθεί στη μη σωζόμενη εργασία για το ψύχος «of Cold» (1649) και επομένως αποτελούσε από τις πρώτες θεματικές που εξέτασε ο Boyle. Η επικέντρωση στην έρευνα της δυνατότητας των υγρών και των σωμάτων να παγώσουν φαίνεται να αποτελεί μία θεματική που έπαιξε σημαντικό ρόλο στο ερευνητικό πρόγραμμα του Boyle για το ψύχος. Στο *Novum Organum* ο Francis Bacon ενσωμάτωνε στον πίνακα των περιπτώσεων όπου συναντάται η ιδιότητα της θερμότητας, την εξέταση των υγρών που μπορούν να βράσουν ή να θερμανθούν⁴⁸⁹. Αυτό αποτελούσε μία παραίνεση στην εξέταση των σωμάτων τα οποία υπόκεινταν σε ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα της ιδιότητας της θερμότητας. Το αντίστοιχο αποτελούσαν για την ιδιότητα του ψύχους τα φαινόμενα της ψύξης. Στα πειραματικά θέματα όμως που συμπεριέλαβε στη «Φυσική Ιστορία» με τίτλο *Sylva Sylvarum*, ο Bacon δεν συμπεριλάμβανε μία θεματική ειδικά για τη δυνατότητα ψύξης των υγρών. Ελάχιστες αναφορές στη δυνατότητα του ψύχους όχι μόνο να ψύχει αλλά και να διαλύει ανέφερε στη θεματική για τα πειράματα που αφορούσαν την στερεοποίηση και διάλυση των σωμάτων⁴⁹⁰. Εκεί ανέφερε την περίπτωση του λαδιού το οποίο δεν μπορούσε ούτε από το ψύχος να ψυχθεί ούτε από τη θερμότητα να συμπυκνωθεί. Επίσης ανέφερε ότι το ψύχος προκαλούσε αύξηση του όγκου παρά ψύξη στα αλκοολούχα ποτά («spirits»).

⁴⁸⁸ «Title II» «Experiments and Observations touching Bodies Disposed to be Frozen», Boyle [1665a] σσ. 273-275 και «Title III» «Experiments touching Bodies Indispos'd to be Frozen», ο.π., σς. 275-278.

⁴⁸⁹ «Liquids boiling or heated», Bacon Francis [1620], σελ. 128.

⁴⁹⁰ «Experiment solitary touching concretion and dissolution of bodies», ο.π., σσ. 616-617.

Οι αναφορές του Bacon σε αυτό το θέμα δεν είναι αρκετές για να εξηγήσουν την προέλευση του ενδιαφέροντος του Boyle ούτε την εξάπλωση της έρευνάς του σε χημικές κατηγορίες υγρών. Η έρευνα του Boyle για τη δυνατότητα ψύξης ορισμένων υγρών είχε άμεση σχέση με τις παράλληλες έρευνές του για τις ιδιότητες της ρευστότητας και της στερεότητας. Στο έργο του, «Fluidity and Firmness», ο Boyle παρουσίαζε το ψύχος ως ένα από τα αίτια που έκαναν τα υγρά να χάσουν την ιδιότητα της ρευστότητας. Θεωρούσε ότι το ψύχος, μέσω της δράσης του, της μείωσης δηλαδή της κίνησης των σωματιδίων του υγρού, επενέβαινε στην αιτία της ρευστότητας, την κίνηση, και σταματώντας την, μετέτρεπε το ρευστό σε πάγο. Με αυτό τον τρόπο απέδιδε μία θεωρητική εξήγηση για τη διαδικασία της ψύξης. Επίσης χρησιμοποιούσε τα παραδείγματα της ψύξης αιθυλικής αλκοόλης («spirit of wine») και νερού σε διαφορετικούς βαθμούς για να δείξει ότι η κίνηση των σωματιδίων των υγρών επηρεαζόταν διαφορετικά από τους ίδιους βαθμούς ψύχους.

Ο Boyle ακολουθώντας το Βακωνικό πρότυπο ως προς τη μεθοδολογία, δηλαδή την προσπάθεια εξέτασης όλων των κατηγοριών των σωμάτων, είχε σκοπό την εξέταση της καθολικότητας της δράσης του ψύχους μέσω της ψύξης. Ωστόσο, στην αρχή του δεύτερου κεφαλαίου ομολογούσε ότι ο αριθμός των υπό εξέταση σωμάτων θα ήταν ανεξάντλητος και εκείνος δεν είχε αρκετό χρόνο να τα εξετάσει· εξέτασε λοιπόν και ενσωμάτωσε τις δοκιμές εκείνων των υγρών που δεν θα άφηναν την «Ιστορία του Ψύχους» ημιτελή. Αν συνδυάσουμε αυτή τη μαρτυρία με το γεγονός ότι εξέταζε συγκεκριμένες κατηγορίες υγρών, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπήρχαν κάποια κριτήρια με βάση τα οποία ο Boyle τις είχε επιλέξει. Ο χημικός χαρακτήρας των κατηγοριών των υγρών αναδεικνύει μία ακόμη πολύ σημαντική παράμετρο για την ανάπτυξη της συγκεκριμένη έρευνας. Ο Boyle ερευνούσε την ιδιότητα της ψύξης ως μέρος των χαρακτηριστικών που διερευνώνταν μέσω της χημικής ανάλυσης και σύμφωνα με τα οποία σχηματίζονταν οι κατηγορίες των ουσιών όπως ήταν τα άλατα, τα έλαια και άλλα.

Ένας διαφορετικός αλλά εξίσου σημαντικός λόγος διερεύνησης της δυνατότητας των συγκεκριμένων υγρών να ψυχθούν ήταν η αντίκρουση του αριστοτελικού επιχειρήματος για τη δυνατότητα του ψύχους να συνενώνει ετερογενή και ομοιογενή σώματα. Στο *Sceptical Chymist*, ο Boyle είχε δείξει ότι τα πειράματα ψύξης ορισμένων

υγρών τον είχαν οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για την αδυναμία συνένωσης ουσιών με την ψύξη, καθώς και για το αποτέλεσμα που είχε η ψύξη ορισμένων διαλυμάτων ή μιγμάτων να διαχωρίζει δύο υγρά, με την ψύξη του ενός από τα δύο. Εφόσον η ψύξη σήμαινε για τους αριστοτελικούς τη συνένωση («congregation») σε μία μάζα των διαφόρων μερών ενός υγρού ή σώματος, αποτελούσε και το εργαλείο να εξετάσει το αριστοτελικό επιχείρημα.

Στα κεφάλαια δύο και τρία ο Boyle παρέθετε τα πειραματικά αποτελέσματα χωρίς περιγραφές των πειραματικών διατάξεων, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου δεν κατάφερε να οδηγηθεί σε κάποιο συμπέρασμα. Τα συμπεράσματά του βασίζονταν σε δοκιμές που είχε εκτελέσει στο κλίμα της Αγγλίας, αλλά και σε μαρτυρίες από πιο ψυχρά κλίματα, όπως ήταν η Ρωσία. Παρόλο που διευκρίνιζε ότι θα έπρεπε να καθορίζεται η θερμοκρασία στην οποία ψυχόταν κάθε υγρό, ο ίδιος δεν προχωρούσε στην καταγραφή των θερμοκρασιών. Τα πειράματα παρέμεναν καθαρά ποιοτικά. Εξεταζόταν αν τα υγρά πάγωναν, στην περίπτωση που δεν πάγωναν ποιο μέρος τους έμενε ρευστό, και αν ανήκαν στα υγρά που δεν πάγωναν αν στερεοποιούνταν καθόλου. Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, τα υγρά που μετατράπηκαν σε πάγο αποτελούσαν απλά υγρά όπως ούρα, μύρα, γάλα, ξίδι, και γαλλικό κρασί, υδατικά διαλύματα όπως αυτό της λευκής ζάχαρης, διαλύματα, τα οποία ο Boyle αποκαλεί και άλατα, όπως είναι το διάλυμα νίτρου, θαλασσινού νερού και νιτρικού καλίου («salt petre»), άλατα τα οποία είχαν χάσει τα «gross parts» όπως ήταν το απόσταγμα ξιδιού («spirit of vinegar»), απόσταγμα ούρων («spirit of Urine») (aqueous solution of ammonia and ammonium carbonate), καθώς και άλας καλίου ή ανθρακικού καλίου («fiery lixiviate of Pot-ashes»).

Για την αδυναμία των υγρών να ψυχθούν ο Boyle είχε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ευθυνόταν η έλλειψη υδατικών ή φλεγματικών μερών, τα οποία, σε ορισμένες περιπτώσεις, αφαιρούνταν με χημικές διαδικασίες. Ο Boyle δεν παρέθετε πειραματικές αποδείξεις για αυτό, απλώς το ανέφερε ως πειραματικό γεγονός. Οι κατηγορίες των υγρών που είχε συμπεράνει ότι δεν μπορούσαν να μετατραπούν σε πάγο ήταν τα χημικά έλαια, τα υγρά που είχαν υποστεί ζύμωση («fermented liquors»), και τα δυνατά αλκοολούχα ποτά («strong spirits»). Ως μεμονωμένες περιπτώσεις ανέφερε το νιτρικό οξύ (aqua fortis), το νιτρικό οξύ («spirit of nitre»), το υδροχλωρικό οξύ («spirit of salt»), το τερεβινθέλαιο («oil of turpentine»). Υπήρχαν όμως και κατηγορίες υγρών για

τα οποία δεν μπορούσε να καταλήξει σε συμπέρασμα λόγω της μεταβλητότητας των αποτελεσμάτων, δηλαδή ορισμένες φορές έβρισκε να ψύχονται και ορισμένες όχι. Τέτοιες κατηγορίες αποτελούσαν τα «lixivate» υγρά (νερό το οποίο είχε εμποτιστεί με υδροξείδια αλάτων «alkaline salts»), το λάδι και διάφορα είδη ελαίων και τα ελαφρά και δυνατά αλκοολούχα υγρά ‘spirits’. Για τα κοινά λάδια («common expresse’d oyls») ο Boyle θεωρούσε ότι στο κλίμα της Αγγλίας μπορούν να πήξουν αλλά όχι να μετατραπούν σε πάγο⁴⁹¹. Οι αντικρουόμενες μαρτυρίες που είχε από τις κρύες χώρες δεν τον βοήθησαν να συμπεράνει αν σε πιο έντονες συνθήκες ψύχους το λάδι μπορούσε να μετατραπεί σε πραγματικό πάγο. Για ορισμένες κατηγορίες λαδιών, όπως ήταν το «hemp oyl», είχε καταλήξει ότι πάγωνε ενώ για το «train oil» (το λάδι που προερχόταν από ζώα και κυρίως τη φάλαινα και παραγόταν μέσω της φωτιάς) δεν μπορούσε να βγάλει συμπέρασμα. Ορισμένες περιπτώσεις της κατηγορίας των αλκοολούχων υγρών ήταν η αιθυλική αλκοόλη («spirit of wine») που χρησιμοποιούσε στα θερμοσκόπια και το sack (είδος ποτού). Ο Boyle είχε, επίσης, αποτύχει να ψύξει υδράργυρο, για την ψύξη όμως του οποίου διατηρούσε επιφυλάξεις τι θα συνέβαινε σε συνθήκες ψύχους των ψυχρών κλιμάτων. Επίσης αναφέρει το Brine (θαλασσινό νερό) ως εξαίρεση των ρευστών που ανήκουν στα άλατα και τα οποία είχε καταφέρει να παγώσει μέσω της χρήσης χιονιού και αλατιού.

Οι δοκιμές του Boyle με το διάλυμα άλατος ανθρακικού καλίου καθώς και του διαλύματος θαλασσινού αλατιού σε νερό έδειχναν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις υγρών η αναλογία του διαλύτη με το διάλυμα έπαιζε ρόλο στη δυνατότητα του τελικού διαλύματος να μετατραπεί σε πάγο. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του διαλύματος ανθρακικού καλίου, όταν είχε διαλύσει ένα μέρος άλατος με δεκαέξι μέρη νερού το διάλυμα είχε παγώσει ενώ όταν είχε χρησιμοποιήσει μία αναλογία ένα προς τέσσερα το διάλυμα δεν είχε ψυχθεί. Στην περίπτωση του διαλύματος θαλασσινού αλατιού σε νερό, προκειμένου να μπορέσει να ψύξει το διάλυμα χρησιμοποίησε μία αναλογία του αλατιού προς το νερό ένα προς είκοσι, δηλαδή τη διπλάσια ποσότητα νερού από αυτή που υπάρχει στο θαλασσινό νερό.

Η περίπτωση της αποτυχίας ψύξης του διαλύματος οξικού άλατος μολύβδου («sugar of lead») είναι σημαντική γιατί ο Boyle ανέμενε την ψύξη του με βάση τις

⁴⁹¹ Boyle [1665a], σελ. 276.

ιδιότητες των υγρών που το αποτελούσαν· ο Boyle θεωρούσε ότι ο μεν μόλυβδος είναι ψυχρό σώμα, για το δε απόσταγμα ξιδιού («spirit of vinegre»), στο οποίο διαλυόταν το οξείδιο του μολύβδου, είχε παρατηρήσει ότι ψύχεται. Το παράδειγμα αυτό δείχνει ότι οι έρευνές του ήταν χημικές, δηλαδή είχαν σχέση με την εξέταση των ιδιοτήτων που έχουν κάποιες ουσίες και την εξέταση της διατήρησης αυτών των ιδιοτήτων κατά την χημική τους επεξεργασία σε ένα διάλυμα ή μίγμα. Το ίδιο έδειχνε και ο διαχωρισμός των υγρών σε κατηγορίες σύμφωνα με χημικά κριτήρια και η προσπάθεια συσχετισμού κάθε κατηγορίας με τη δυνατότητα ή όχι της ψύξης. Τα πειράματα των δύο κεφαλαίων αποτελούσαν τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα της σχέσης των χημικών πειραμάτων του Boyle με τις έρευνες για το ψύχος του *Cold*.

Ένα χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων πειραμάτων του Boyle ήταν η έλλειψη αναφοράς και συσχετισμού του φαινομένου της ψύξης με ποσοτικές παραμέτρους όπως ήταν ο βαθμός του ψύχους, η χρονική διάρκεια και η ποσότητα των υγρών που ετίθεντο να παγώσουν. Παρόλο που ο ρόλος της θερμοκρασίας αναγνωριζόταν, ο Boyle τελικά περιορίστηκε στην εκτέλεση των πειραμάτων στις συνθήκες ψύχους της Αγγλίας στα ψυχρά κλίματα και στις συνθήκες του ψυκτικού μίγματος χιονιού και αλατιού, χωρίς να προσδιορίσει τις συγκεκριμένες θερμοκρασίες στις οποίες ψύχονταν οι κατηγορίες των υγρών. Δεύτερον, ανέφερε τη χρονική διάρκεια που έπαιρνε η ψύξη μόνο σε εκείνες τις περιπτώσεις στις οποίες δυσκολευόταν να την προκαλέσει. Επομένως δεν ερευνούσε αν υπάρχει μία κανονικότητα στη χρονική διάρκεια ψύξης κάθε υγρού. Τρίτον, δεν θεωρούσε τον καθορισμό της ποσότητας που χρησιμοποιούσε ως αναγκαία συνθήκη της πειραματικής διάταξης.

Από πληροφορίες που παρέθετε ο Boyle σε άλλα κεφάλαια και κυρίως το εικοστό πρώτο καταλαβαίνουμε ότι αντλούσε πληροφορίες μέσα από μαρτυρίες για τα φαινόμενα του ψύχους στις βόρειες χώρες αλλά και στο κλίμα της Αγγλίας για να υποστηρίξει τη δυνατότητα ψύξης ορισμένων συμπαγών σωμάτων⁴⁹². Η ευθραστότητα και οι ρωγμές που προκαλούνταν από το ψύχος σε συμπαγή σώματα όπως ήταν η κιμωλία, το μάρμαρο, διάφορα μέταλλα όπως το σίδηρο και ορισμένα είδη πέτρας όπως η ελαφρόπετρα ('free stone') αποτελούσαν για τον Boyle αποδείξεις της ψύξης τους. Στην περίπτωση της ελαφρόπετρας υποστήριζε ότι η δράση του ψύχους μπορούσε να επηρεάσει την

⁴⁹² «Promiscuous Experiments and Observations concerning Cold», ο.π., σσ. 418-458.

ικανότητά της ως δομικού υλικού των σπιτιών. Το έντονο ψύχος μπορούσε να σπάσει ακόμη και γυάλινες φιάλες οι οποίες κρατούνταν άθικτες για αρκετό καιρό.

Στη σειρά των κεφαλαίων με τα οποία εξέταζε την αύξηση του όγκου των υγρών με το ψύχος, και τη δύναμη που αναπτύσσεται, ο Boyle επικεντρωνόταν στην εξέταση του νερού, υποστηρίζοντας ότι τα υγρά εκείνα που είχαν υδατικά μέρη είχαν παρόμοια συμπεριφορά με το νερό, γιατί η ψύξη τους οφειλόταν στην ψύξη των υδατικών μερών⁴⁹³. Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα των πειραμάτων του ήταν η επιβεβαίωση της παρατήρησης ότι κατά την μετατροπή του νερού σε πάγο αυξάνεται ο όγκος του και η απόρριψη της αριστοτελικής εξήγησης της ψύξης του νερού ως συρρίκνωσης. Ο Boyle εξηγούσε ότι το φαινόμενο της επίπλευσης του πάγου είχε οδηγήσει τους σχολαστικούς φιλοσόφους Nicholas Zucchius και Melchior Cornaeus να αμφισβητήσουν την αριστοτελική ερμηνεία του φαινομένου της ψύξης και να υποστηρίξουν ότι το νερό αποτελούνταν από νερό όχι συμπυκνωμένο αλλά αραιοποιημένο («rarefied»). Αναφέροντας τους δύο αριστοτελικούς ως αφετηρία της έρευνάς του, διευκρίνιζε ότι οι νέες μέθοδοι πειραματισμού όπου αποτρεπόταν η θραύση φιαλών, του έδινε τη δυνατότητα να εκτελέσει πειράματα που θα βοηθούσαν στην επιβεβαίωση και μέτρηση του φαινομένου. Η συνάντηση της εξέτασης του ίδιου φαινομένου σε σύγχρονους πειραματιστές, όπως ήταν τα μέλη της Accademia Del Cimento και η Βασιλικής Εταιρεία του Λονδίνου δείχνει ότι το συγκεκριμένο ζήτημα αποτελούσε ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της αριστοτελικής θεωρίας για το ψύχος τα οποία έπρεπε να διερευνηθούν στο πλαίσιο της αμφισβήτησής της.

Τα πειράματα του Boyle στόχευαν στην αντιμετώπιση των φαινομένων που χρησιμοποιούσαν οι αριστοτελικοί για να υποστηρίξουν την άποψή τους καθώς και στην ανάδειξη φαινομένων που οι τελευταίοι δεν μπορούσαν να εξηγήσουν. Ένα από αυτά ήταν η θραύση των γυάλινων φιαλών και δοχείων κατά τη μετατροπή του νερού σε πάγο, είτε αυτό τα γέμιζε πλήρως είτε εν μέρει. Αυτό αποτελούσε ένα συχνό φαινόμενο στην πρακτική των φαρμακοποιών και των εργαστηρίων. Οι αριστοτελικοί εξηγούσαν το

⁴⁹³ Κεφάλαιο 7 («Title VII») ‘Experiments touching the Expansion of Wataer and Aqueous Liquors by Freezin’, ο.π., σς.,301-308, Κεφάλαιο 10, («Title X») «Experiments about the Measure of the Expansion and the Contraction of Liquors by Cold», ο.π., σς. 319-324, Κεφάλαιο 11, («Title XI»), ‘Experiments touching the Expansive Force of Freezing Water’, ο.π, σς.,324-330., Κεφάλαιο 12, («Title XII») «Experimts touching a New Way of estimating the Expansice Force of Congelation, and of higly compressing Air without Engines», ο.π., σς. 330-335.

φαινόμενο ανατρέχοντας στη συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα και νερού με το ψύχος και στην προσπάθεια της φύσης να αποτρέψει τη δημιουργία κενού με την πίεση και είσοδο του εξωτερικού αέρα στη φιάλη. Στο πλαίσιο αυτού του φαινομένου, ο Boyle ασκούσε επίσης κριτική στην εξήγηση των μοντέρνων φιλοσόφων, οι οποίοι, αν και απέρριπταν το δόγμα της μη ύπαρξης του κενού, απέδιδαν το φαινόμενο στη μεγάλη συρρίκνωση του εσώκλειστου αέρα λόγω του ψύχους και στο βάρος του εξωτερικού.

Με ένα απλό πείραμα όπου μία ποσότητα νερού ψυχόταν σε ένα πλατύ δοχείο και κατά την ψύξη του η στάθμη του ανέβαινε καθώς και με ένα πιο σύνθετο, όπου το νερό τοποθετούνταν σε έναν ανοιχτό, στις δύο άκρες σωλήνα, και μετά την ψύξη του ο πάγος υπερέβαινε σε μήκος το σωλήνα, ο Boyle έδειχνε ότι η αιτία του φαινομένου των κλειστών φιαλών προκαλούνταν από την αύξηση του όγκου του νερού και όχι από τη συρρίκνωσή του. Για την περίπτωση της πρόκλησης του φαινομένου στην περίπτωση που το νερό γέμιζε κατά το ήμισυ μία γυάλινη φιάλη, υποστήριζε ότι όταν η ψύξη δεν προκαλούνταν τεχνητά, το νερό πάγωνε πρώτα από την επιφάνεια προς τα κάτω. Έτσι ο επιφανειακός πάγος γατζωνόταν στα πλάγια και καθώς προχωρούσε η ψύξη το ανώτερο τμήμα γινόταν πιο παχύ και σκληρό, με αποτέλεσμα το υγρό, που παρέμενε ακόμη ρευστό, να εσωκλείεται ανάμεσα στον πάγο και στα τοιχώματα του δοχείου. Κατά την ψύξη του ρευστού τμήματος του νερού, ο πάγος έβρισκε ευκολότερη διέξοδο σπάζοντας τα πλάγια του γυάλινου δοχείου παρά το σκληρό κέλυφος του επιφανειακού πάγου. Η εξήγηση που έδινε ο Boyle επιβεβαιωνόταν καταρχήν από τα πειράματα που είχε κάνει με δοχεία από ανθεκτικά υλικά, όπου στην επιφάνεια του νερού ο πάγος παρουσίαζε ένα κοίλο σημείο λόγω της αδυναμίας του νερού να βρει διέξοδο σπάζοντας τη φιάλη. Δεύτερον επιβεβαιωνόταν από το πείραμα τεχνητής ψύξης του νερού σε γυάλινες φιάλες που είχε επιχειρήσει στο πέμπτο κεφάλαιο, όπου έδειχνε ότι το εσώκλειστο νερό μπορεί να ψυχθεί χωρίς να τις σπάσει. Αυτό επιτυγχανόταν τοποθετώντας το μίγμα χιονιού και αλατιού στη βάση του γυάλινου δοχείου έτσι ώστε το νερό να αρχίζει να παγώνει από κάτω και τοποθετώντας χιόνι στο υπόλοιπο νερό για να προετοιμάζεται για την ψύξη. Ο Boyle μπορούσε να μετατρέπει σε πάγο το επιπλέον νερό βάζοντας μίγμα χιονιού και αλατιού στα πλάγια της φιάλης σε τέτοιο ύψος που ποτέ δεν έφτανε την επιφάνεια του νερού εκτός ίσως από το τέλος του πειράματος. Με αυτό τον τρόπο η επιφάνεια του υγρού διατηρούνταν πάντα ρευστή και αποτρεπόταν η θραύση της φιάλης. Στο εικοστό

πρώτο κεφάλαιο ο Boyle πρόσθετε πειραματικά αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία η διόγκωση του νερού με την ψύξη έσπαγε φιάλες ακόμη και στην περίπτωση που ήταν ανοιχτές. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούσαν αντίκρουση στην αριστοτελική εξήγηση γιατί στην προκειμένη περίπτωση ο αέρας δεν εσωκλειόταν σε περιορισμένο χώρο έτσι ώστε να συρρικνωθεί και να πρέπει να εισέλθει ο εξωτερικός για να γεμίσει το κενό· η φιάλη ήταν ήδη εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα. Για τον Boyle όμως η θραύση των φιαλών με την ψύξη του νερού, και όταν ήταν κλειστές και όταν ήταν ανοιχτές, παρέμενε ένα φαινόμενο το οποίο βασιζόταν στην ευθραυστότητα του γυαλιού η οποία μεταβαλλόταν από φιάλη σε φιάλη, στη μαλακότητα ή σκληρότητα του πάγου καθώς και σε αδιευκρίνιστους ακόμη παράγοντες. Αυτό του αποδείκνυαν πειραματικά αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία νερό που τοποθετούνταν να ψυχθεί στις φιάλες, στην περίπτωση που δεν καθοδηγούσε την ψύξη από κάτω προς τα πάνω, δεν κατέληγαν να σπάσουν τη φιάλη με τη διόγκωσή τους.

Ένα ακόμη αντεπιχείρημα στην εξήγηση της θραύσης των φιαλών από τους αριστοτελικούς και μοντέρνους φιλοσόφους βασιζόταν στην απόρριψη της υπόθεσης ότι η συρρίκνωση του εσωκλειστού αέρα από το ψύχος ήταν τόσο μεγάλη που επέτρεπε το σπάσιμο της φιάλης από το βάρος του εξωτερικού αέρα ή την εισχώρησή του για να αποτρέψει το κενό. Ο Boyle είχε ήδη αντικρούσει τις απόψεις των αριστοτελικών και μοντέρνων φιλοσόφων για αυτό το θέμα στο τρίτο υποκεφάλαιο του «Thermometrical Thoughts and Experiments». Στο πλαίσιο της εξήγησης της ανόδου του νερού στα κοινά θερμοσκόπια υποστήριζε ότι η ψύξη του εσωκλειστού αέρα σε ένα γυάλινο δοχείο δεν προκαλούσε τη συρρίκνωσή του ούτε αποδυνάμωνε την ελαστικότητά του τόσο που να συρρικνωθεί σε λιγότερο χώρο, εάν δεν ασκούσαν σε αυτόν άμεσα μία πίεση μεγαλύτερη από τη δική του⁴⁹⁴. Ο Boyle ανέφερε την ισχύ αυτού του φαινομένου για το βαθμό ψύχους που κυριαρχούσε στο κλίμα της Αγγλίας. Υποστήριζε το ίδιο και για τη θερμότητα, δηλαδή ότι κατά τη θέρμανσή του ο αέρας δεν κατείχε μεγαλύτερο χώρο από πριν αλλά εντατικοποιούνταν η ελαστικότητά του. Ο Boyle ήλεγχε τις συγκεκριμένες υποθέσεις μέσω πειραματικών διατάξεων που έμοιαζαν με θερμοσκόπια και όπου αποδεικνυόταν ότι όταν το δοχείο ήταν κλειστό και αποτρεπόταν η επαφή του

⁴⁹⁴ Βλ. Κεφ2.3.2, σσ. 179-180.

εσώκλειστου αέρα με την πίεση του εξωτερικού δεν υπήρχε καμία εμφανής αλλαγή στον εσώκλειστο αέρα και επομένως στη στάθμη του εσώκλειστου υγρού.

Με την πειραματική διάταξη που ανέφερε στο κεφάλαιο επτά ο Boyle παρουσίαζε άλλη μία απόδειξη εναντίον της συρρίκνωσης του αέρα με το ψύχος αποδεικνύοντας ότι δεν αποτελούσε αιτία του φαινομένου του σπασίματος των γυάλινων δοχείων με την ψύξη του εσώκλειστου νερού. Η πειραματική διάταξη ήταν έτσι διαρθρωμένη που με βάση τη βεβαιωμένη υπόθεση της διατήρησης του όγκου του αέρα, ο Boyle ανέμενε ως πειραματικό αποτέλεσμα ότι το βάρος του εξωτερικού αέρα δεν θα αρκούσε για να σπάσει η φιάλη. Για να ελέγξει αυτή την υπόθεση, έθετε τρεις πολύ λεπτές φιάλες, στις οποίες εσωκλειόταν μόνο αέρας, ορισμένες στο ψύχος παγωμένου καιρού και ορισμένες στο ψύχος του μίγματος χιονιού και αλατιού⁴⁹⁵. Η μη θραύση των φιαλών αποδείκνυε, σύμφωνα με τον Boyle, ότι ή ο εσώκλειστος αέρας δεν είχε συρρικνωθεί ή ότι είχε συρρικνωθεί και ότι μέρος της φιάλης είχε παραμείνει κενό. Το πειραματικό αποτέλεσμα πρόσφερε άλλη μία απόδειξη της μη συρρίκνωσης του εσώκλειστου αέρα από το ψύχος και συγκεκριμένα για το φαινόμενο της θραύσης των φιαλών αποδείκνυε την εξήγηση του Boyle.

Μετά την απόδειξη της αύξησης του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο, ο Boyle εξέτασε το αντίστοιχο φαινόμενο για τα υγρά που είχαν υδατικά μέρη, όπως ήταν το γάλα, τα ούρα, η αιθυλική αλκοόλη και το «Dantzick Vitriol». Ο Boyle παρατήρησε ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο όγκος των ρευστών είχε αυξηθεί σημειώνοντας το ύψος της ανόδου των υγρών σε ίντσες. Η εξέταση της ψύξης των υγρών και των υδατικών σωμάτων έκλεινε με την υπόδειξη της ανάγκης να εκτελεστούν πειράματα για την αύξηση του όγκου από το ψύχος ακόμη και των στερεών σωμάτων, τα οποία περιείχαν νερό ή υδατικά μέρη, που δεν είναι ορατά. Ο Boyle θεωρούσε, ως απόδειξη της ύπαρξης τέτοιων σωμάτων, φαινόμενα όπως είναι τα σφουγγάρια και άλλα σώματα που κατά την απόσταξη παρήγαγαν μία μεγάλη ποσότητα νερού ή φλέγματος. Διευκρίνιζε ότι μία τέτοια έρευνα θα ενδιέφερε τους υποστηρικτές της επικουριανής άποψης για την ψύξη ως εισροή ψυχρών σωματιδίων στα σώματα. Η αναφορά σε αυτή τη θεωρητική υπόθεση δείχνει ότι η απάντηση μίας τέτοιας έρευνας θα βοηθούσε στην

⁴⁹⁵ Οι φιάλες ήταν κατασκευασμένες πιο λεπτές από τα δοχεία τα οποία έσπαγαν με την ψύξη του νερού έτσι ώστε οι συνθήκες του πειράματος να ευνοούν τη θραύση της φιάλης.

επιβεβαίωση ή απόρριψη μίας τέτοιας θεωρητικής υπόθεσης. Η έλλειψη πειραματισμού όμως σε ένα θέμα που θα βοηθούσε σε μία τέτοια εξέταση φαίνεται αδικαιολόγητη παρόλο που ο ίδιος αναφέρει την έλλειψη χρόνου. Ο Boyle πίστευε επίσης ότι η εξέταση αυτή θα τον βοηθούσε στην εξήγηση του φαινομένου του σταματήματος των ρολογιών που περιγραφόταν στις πιο πολυχρησιμοποιημένες πηγές του, το ταξίδι των Ολλανδών στη Nova Zembla και το ταξίδι του καπετάνιου James στη νήσο Charleton. Τα πειράματα θα βοηθούσαν να διευκρινιστεί αν το ψύχος είχε μία διογκωτική δράση στο μέταλλο, ή δρούσε στη μείωση της ελαστικότητας των ελατηρίων ώστε να προσδιοριστεί η αιτία του φαινομένου του σταματήματος των ρολογιών.

Η αύξηση του όγκου του νερού και της αντίστοιχης κατηγορίας υγρών με το ψύχος προκαλούσε την επανεξέταση των φαινομένων της ψύξης όπως ήταν αυτό της θραύσης των φιαλών με τη μετατροπή σε πάγο του εσώκλειστου υγρού και παράλληλα δημιουργούσε την ανάγκη για νέες μετρήσεις. Αποτελούσε λοιπόν ένα από τα πιο σημαντικά «πειραματικά γεγονότα» των πειραμάτων του Boyle. Με βάση τα πειράματά του για τη διόγκωση και τη συρρίκνωση των υγρών με το ψύχος, ο Boyle κατέληγε στο συμπέρασμα ότι η απαραίτητη προϋπόθεση για την αύξηση του όγκου των υγρών με το ψύχος ήταν η μετατροπή τους σε πάγο⁴⁹⁶. Στο κεφάλαιο εννέαεξέταζε το φαινόμενο της δημιουργίας φυσαλίδων στον πάγο, το οποίο θεωρούσε, ακολουθώντας την παραδεδομένη άποψη, κυρίαρχη αιτία για την επίπλευση του πάγου στο νερό και τη διόγκωσή του κατά την ψύξη⁴⁹⁷. Ο Boyle παρέθετε αυτό το συμπέρασμα ως μία μη αμφισβητούμενη άποψη που προέκυπτε από την απλή παρατήρηση της υφής και της επίπλευσης του πάγου. Ωστόσο, ο ίδιος την έθετε υπό εξέταση και παρατηρώντας με το μικροσκόπιο διαφανή, ως προς το μάτι, κομμάτια πάγου, τα οποία επέπλεαν σε νερό, συμπέραινε ότι οι φυσαλίδες μπορεί να είναι ο κυρίαρχος λόγος, αλλά ίσως όχι ο μοναδικός, της επίπλευσης του πάγου και της διόγκωσης του νερού με την ψύξη⁴⁹⁸. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι υπήρχαν και άλλες εξηγήσεις της διόγκωσης του νερού με την ψύξη, όπως η άποψη του van Helmont, σύμφωνα με την οποία η επίπλευση του πάγου

⁴⁹⁶ «matters of fact»

⁴⁹⁷ Κεφ. 9, («Title IX») («Experiments in Consort, Touching the Bubbles from which the Levity of Ice is supposed to proceed», ο.π., σσ. 308-318.

⁴⁹⁸ «But since that, whether or no we allow any other cause, together with the bubbles, to the levity of Ice, it seems a thing not to be doubted, that its expansion and lightness is mainly, if not only, due to the

προερχόταν από την επέκταση του θείου («sulphur») μέσα στο νερό⁴⁹⁹. Η αναφορά του Boyle αποκλειστικά στην παραπάνω άποψη που αφορούσε τις φυσαλίδες ως αιτία της ψύξης, δικαιολογείται από το γεγονός ότι πρέπει να ήταν η κυρίαρχη, συναινούσε ο ίδιος σε αυτή και διαφωνούσε με τη συνολική εξήγηση που έδινε ο Van Helmont στα φαινόμενα της ψύξης.

Στα πειράματά του ο Boyle εστίαζε, όχι τόσο στον τρόπο που δημιουργούνταν οι φυσαλίδες στον πάγο αλλά στην έρευνα του περιεχομένου τους. Πρώτα αντέκρουε την άποψη του Hobbes, σύμφωνα με την οποία οι φυσαλίδες δημιουργούνταν με την εισροή του «κοινού αέρα» ('common air')⁵⁰⁰. Στη γενικότερη θεωρία του για την ψύξη, ο Hobbes υποστήριζε ότι ο άνεμος, η αιτία του ψύχους, χτυπούσε το νερό συμπιέζοντας τα μέρη του και συγκολλώντας τα, με αποτέλεσμα την ψύξη και την εισροή αέρα στη μορφή φυσαλίδων⁵⁰¹. Ο Boyle καταρχήν έδειχνε ότι η υπόθεση της εισροής αέρα για τη δημιουργία των φυσαλίδων δεν μπορούσε να εξηγήσει δύο φαινόμενα τα οποία είχε αποδείξει πειραματικά: τη συμπύκνωση («condense»⁵⁰²) του λαδιού με την ψύξη· το σχηματισμό φυσαλίδων και τη διόγκωση του νερού όταν το νερό ψύχονταν σε, ερμητικά κλειστές, γυάλινες και μεταλλικές φιάλες, στις οποίες λόγω της αδιαπερατότητας του γυαλιού, άποψη που στήριζε και ο Hobbes, δεν μπορούσε να περάσει ο αέρας. Ο Boyle απέρριπτε επίσης την πιθανότητα δημιουργίας των φυσαλίδων από τον εσώκλειστο στις φιάλες αέρα. Με βάση τα πειραματικά του αποτελέσματα για τα φαινόμενα της ψύξης έδειχνε ότι στο φαινόμενο της θραύσης των κλειστών φιαλών κατά τη μετατροπή του νερού σε πάγο, ο εσώκλειστος αέρας διατηρούσε τον όγκο του και δεν διασκορπούνταν μέσα στο νερό· επίσης ότι η ψύξη του νερού και η εμφάνιση των φυσαλίδων πρώτα στο κάτω μέρος της φιάλης, δεν μπορούσε να εξηγηθεί μέσω της δράσης του αέρα που βρισκόταν στην επιφάνεια⁵⁰³. Υποστήριζε επίσης ότι αυτή η υπόθεση δεν μπορούσε να εξηγήσει τη μετατροπή των υγρών σε πάγο όταν αυτά γέμιζαν πλήρως τις φιάλες, και δεύτερον συνεπαγόταν την απελευθέρωση κατά την τήξη τόσο αέρα όσο θα κάλυπτε

interspersed of bubbles, the generation of them seems to be one of the considerablest *Phenomena of Cold...*” Boyle [1665a], σελ. 310.

⁴⁹⁹ Ο.π., σελ. 415.

⁵⁰⁰ Ο.π., σελ. 310.

⁵⁰¹ Ο.π., σς. 504-505.

⁵⁰² «condensed», ο.π. σελ. 310.

⁵⁰³ Σύμφωνα με τον Boyle ο αέρας έπρεπε να βουτήξει ενάντια στη φύση του στον πάγο, μία κίνηση που δεν αποδεικνυόταν, γιατί δεν δημιουργούνταν φυσαλίδες που να αναδεικνύουν το πέρασμά του.

το χώρο που είχε καταλάβει το νερό κατά τη μετατροπή του σε πάγο, ένα φαινόμενο που στην συνέχεια θα κατέρριπτε πειραματικά.

Με βάση τα παραπάνω επιχειρήματα, ο Boyle θεωρούσε ότι απέρριπτε την εισροή κοινού αέρα μέσα στις φυσαλίδες και στρεφόταν στο ερώτημα αν περιέχουν «αληθινό» αέρα («true air»), είτε αυτός προϋπήρχε, είτε είχε δημιουργηθεί εκ νέου και αν καλύπτονταν και σε ποια αναλογία από αυτόν⁵⁰⁴. Ενώ αυτά τα πειράματα φαίνονταν διευρευνητικά, στην πραγματικότητα αποτελούσαν πειράματα για την επιβεβαίωση της υπόθεσης ότι ένα μικρό μόνο μέρος των φυσαλίδων περιείχε αληθινό αέρα, που πρόδιδε η δυσαναλογία που υπήρχε ανάμεσα στην ποσότητα των φυσαλίδων μέσα στον πάγο και το ποσοστό διόγκωσης του νερού. Σύμφωνα με τον Boyle, ο ενυπάρχων στο νερό αέρας («latitant») δεν μπορούσε να γεμίζει τη μία στιγμή περισσότερο χώρο από ό,τι πριν⁵⁰⁵. επομένως δεν μπορούσε να γεμίζει όλες τις φυσαλίδες. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η εξήγηση που έδινε ο Boyle για την αδυναμία μίας ποσότητας ύλης να καταλαμβάνει τη μία στιγμή περισσότερο χώρο από άλλη, ερχόταν σε αντίθεση με τα πειραματικά του αποτελέσματα για τη διόγκωση και συρρίκνωση του αέρα με την αραιοποίηση και συμπύκνωσή του. Εδώ πιθανότατα ο Boyle απέκλειε το ενδεχόμενο, όχι της κατάληψης περισσότερου χώρου από τον αέρα μετά την ψύξη, αλλά τη διόγκωση του ενυπάρχοντος στο νερό αέρα με το ψύχος έτσι ώστε να καταλάβει περισσότερο χώρο.

Χρησιμοποιώντας την αντλία κενού, εξαντλούσε τον αέρα από μία ποσότητα νερού, και την έθετε να ψυχθεί σε ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού. Η παρατήρηση της μικρότερης αύξησης του όγκου του «εξαερωμένου» νερού σε σχέση με το κοινό νερό καθώς και η παραγωγή λιγότερων και μικρότερων φυσαλίδων έδειχνε ότι στο κοινό νερό, του οποίου ο αέρας δεν είχε εξαντληθεί, μέρος του ενυπάρχοντος σε αυτό αέρα γέμιζε, τις φυσαλίδες του πάγου που παράγονταν από αυτό· η ύπαρξη όμως μίας αύξησης του όγκου του νερού κατά τη μετατροπή του σε πάγο μετά την εξάντληση του αέρα από τον υποδοχέα, καθώς και η παρατήρηση φυσαλίδων στον πάγο, έδειχνε ότι οι φυσαλίδες είτε δεν περιείχαν καθόλου αυτό τον αέρα ή τον περιείχαν κατά ένα πολύ μικρό μέρος, και ότι το υπόλοιπο μέρος αποτελούνταν από κάτι άλλο. Ο Boyle επιβεβαίωνε τα

⁵⁰⁴ Ο Boyle διευκρίνιζε ότι ως αληθινό αέρα «true Air» θεωρούσε τον αόρατο αέρα που διατηρούσε την ελαστικότητά του όπως έκανε ο κοινός. «(«by true Air I mean such an invisible fluid, as does permanently retain a spring like the common Air»)). Σύμφωνα με τις αναφορές του ο κοινός αέρας αποτελούνταν από αληθινό αέρα Ο.π., σελ. 312.

συμπεράσματά του τήκοντας τον πάγο και εξαντλώντας τον άερα για δεύτερη φορά. Το νερό διογκωνόταν κατά 1/12 του αρχικού του όγκου, δηλαδή λιγότερο από το κοινό νερό.

Με μία διαφορετική πειραματική διάταξη ο Boyle έδειχνε ότι αυτό το μεγάλο ποσοστό του περιεχομένου των φυσαλίδων δεν καταλαμβάνόταν από αληθινό αέρα δείχνοντας ότι δεν παρουσίαζε να έχει ελαστικότητα. Τα συγκεκριμένα πειράματα στηρίζονταν στη θεώρηση ότι αφού ψυχθεί το νερό και καταγραφεί στο σωλήνα ενός στρογγυλού δοχείου η υψηλότερη στάθμη του μετά την ψύξη (εδώ συμπεριλάμβανε και περιπτώσεις όπου δεν κατάφερε να παγώσει όλη την ποσότητα νερού), κατά την τήξη του, και ενώ το δοχείο είχε προηγουμένως σφραγιστεί, το περιεχόμενο των φυσαλίδων απελευθερωνόταν μέσα στο δοχείο. Στη συνέχεια όταν αναποδογύριζε το σωλήνα και έσπαγε την άκρη του κάτω από το νερό, παρατηρούσε την είσοδο του νερού και μετρούσε το ύψος στο οποίο έφτανε στο σωλήνα. Φέρνοντας πάλι το σωλήνα στην όρθια θέση και παρατηρώντας το νερό να ανεβαίνει στο χώρο που κάλυπτε η επιπλέον διόγκωση του πάγου, θεωρούσε ότι αποδείκνυε ότι ο χώρος αυτός κατά την τήξη του πάγου δεν αποτελούνταν από αληθινό αέρα· γιατί σε αυτή την περίπτωση η ελαστικότητά του θα αντιστεκόταν σε εκείνη του εξωτερικού αέρα που πίεζε το νερό προς τα μέσα. Οι συγκριτικές μετρήσεις του Boyle, μεταξύ του ύψους στο οποίο διογκωνόταν το νερό και του ύψους στο οποίο έφτανε με την εισροή του νερού μετά την τήξη, έδειχναν ότι στη δεύτερη περίπτωση το νερό ανερχόταν στο ίδιο ύψος ή λίγο λιγότερο από την πρώτη. Σύμφωνα με την ερμηνεία του Boyle, αυτό σήμαινε ότι το περιεχόμενο στη φιάλη μετά την τήξη και επομένως το περιεχόμενο των φυσαλίδων είτε δεν αποτελούνταν καθόλου από αληθινό αέρα, είτε αποτελούνταν κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό, όπως ήταν 1,3/4 ίντσας στις 8,5 ίντσες (4,44cm/21,59cm) και 7/8 στις 11 και ¼ ίντσες (2,22cm/28,57cm). Ο Boyle πρότεινε ως υποψήφιες εξηγητικές υποθέσεις για το περιεχόμενο του μεγάλου ποσοστού του χώρου των φυσαλίδων: το κενό και μία ανεπαίσθητη ουσία με την οποία πρέπει να αναφερόταν στον Καρτεσιανό αιθέρα. Το ίδιο συμπέρασμα για το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου υποστήριξε ο Boyle για τον πάγο των υδατικών υγρών.

Τα συμπεράσματα του Boyle από τα συγκεκριμένα πειραματικά αποτελέσματα για το περιεχόμενο των φυσαλίδων, το οποίο αποτελούνταν κατά ένα πολύ μικρό μέρος από

⁵⁰⁵ Ο.π..

τον αέρα που ενυπήρχε στο νερό και κατά ένα μεγάλο μέρος δεν αποτελούνταν από αέρα με ελαστικότητα, σχετιζόνταν με την επίκαιρη συζήτηση για την ύπαρξη ή όχι του κενού. Πέρα λοιπόν από τη σημασία που είχε η συγκεκριμένη έρευνα για την εξήγηση της αύξησης του όγκου των υγρών με τη μετατροπή τους σε πάγο, η εξέταση της δημιουργίας και του περιεχομένου των φυσαλίδων αποτελούσε έναν ακόμη χώρο, όπως η αντλία κενού, όπου μπορούσε να συζητηθεί η συγκεκριμένη διαμάχη. Στην αρχή του κεφαλαίου ο ίδιος δήλωνε ότι τα ερωτήματα που έθετε στο κεφάλαιο είχαν σχέση με τη συγκεκριμένη διαμάχη καθώς και με το ερώτημα της δυνατότητας δημιουργίας εκ νέου αληθινού αέρα από το νερό ή με τη δράση του ψύχους. Το δεύτερο ερώτημα σχετιζόταν με την ένδειξη δημιουργίας μέρους της φυσαλίδας από τον αέρα που προϋπήρχε στο νερό. Αν και ο Boyle δεν εξέταζε περαιτέρω αν το ποσοστό που δεν καταλαμβάνονταν από τον ενυπάρχοντα στο νερό αέρα ήταν κενό ή περιείχε μία ανεπαίσθητη ουσία, άφηνε όμως ανοιχτό το ενδεχόμενο για ένα από τα δύο. Η αποφυγή υποστήριξης μίας υπόθεσης αποτελούσε την ίδια στάση που είχε κρατήσει ως προς τα πειραματικά αποτελέσματα του *Spring of the Air*. Παρ' όλα αυτά μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι αφήνοντας ανοιχτό το ενδεχόμενο για την ύπαρξη κενού χώρου στις φυσαλίδες, ο Boyle κατάφερε να αποδείξει ότι σε ένα φαινόμενο, τον πάγο, και σε ένα χώρο, το εσωτερικό των φυσαλίδων, που δημιουργεί η ίδια η φύση, μπορεί να υπάρξει κενό. Ανήγαγε δηλαδή την ψύξη ως ένα από τα βασικότερα φαινόμενα του ψύχους σε μία πιθανή απόδειξη της ύπαρξης του κενού.

Μία δεύτερη σημαντική παρατήρηση αφορά το ρόλο που έπαιζε στα παραπάνω πειράματα η απόδειξη της ύπαρξης της ελαστικότητας του αέρα καθώς και η απόδειξη της διαδικασίας της εξάντλησης αέρα από την αντλία κενού. Και τα δύο φαινόμενα λαμβάνονταν ως αποδεδειγμένες προκείμενες και έπαιζαν ρόλο στον σχεδιασμό των πειραμάτων. Και στην πρώτη πειραματική διάταξη με την αντλία κενού και στη δεύτερη με την εισχώρηση του νερού στο σωλήνα λόγω της εξωτερικής πίεσης του αέρα, τα συμπεράσματα βασίζονταν στην αποδοχή της εξάντλησης του αέρα και της ελαστικότητάς του ως δεδομένα. Η ελαστικότητα μάλιστα του αέρα αναγόταν από τον Boyle ως το βασικό χαρακτηριστικό του για να αποκληθεί αληθινός, το οποίο όταν εξέλειπε επέτρεπε την υπόθεση της ύπαρξης του κενού στη θέση του ή κάποιας άλλης πολύ διαφορετικής ύλης όπως ήταν ο αιθέρας.

Η απόδειξη της αύξησης του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο, οδήγησε στην εκτέλεση πειραμάτων για τη μέτρησή της. Στο δέκατο κεφάλαιο Boyle πρότεινε δύο τρόπους μέτρησής της, σημειώνοντας ότι η απλή καταγραφή της ανόδου του νερού στο σωλήνα από τον Zucchius και τον Melchior, και από τον ίδιο δεν αρκούσε για αυτό το σκοπό⁵⁰⁶. Η δεύτερη αναφορά στους ίδιους σχολαστικούς φιλοσόφους δείχνει ότι δεν γνώριζε άλλους που να είχαν εκτελέσει πειράματα για την αύξηση του όγκου του νερού. Με δεδομένο ότι η απόδειξη της διόγκωσης του νερού με το ψύχος αποτελούσε ένα νέο πειραματικό γεγονός, οι προτάσεις του Boyle για τη μέτρησή της αποτελούσαν νέες προτάσεις για τη μέτρηση ενός φαινομένου που δεν είχε καθοριστεί. Ο πρώτος τρόπος μέτρησης αποτελούσε μία απόπειρα καθορισμού της αύξησης του όγκου μέσα από τη μέτρηση του βάρους του νερού⁵⁰⁷. Σε ένα στρογγυλό δοχείο το οποίο τελείωνε σε σωλήνα, ο σωλήνας σηματοδοτούνταν σύμφωνα με το αυξανόμενο βάρος του υγρού, καθώς ο Boyle τον γέμιζε με νερό ανά ουγγιές. Όταν έψυξε νερό το οποίο αποτελούνταν από 82 μέρη νερού, παρατήρησε ότι ο όγκος του στο σωλήνα αυξήθηκε μέχρι το σημείο το οποίο μπορούσε να καταλάβει υγρό 92 μερών νερού⁵⁰⁸. Με βάση αυτή τη διαφορά ο Boyle συμπέρανε ότι η συγκεκριμένη ποσότητα νερού καταλάμβανε σε μορφή πάγου 1/9 περισσότερο χώρο από ό,τι πριν 'we found that the water by the Expansion, it received from Cold, was made to possess about a ninth part more space than it did before congelation'⁵⁰⁹. Η κλίμακα του Boyle είχε φτιαχτεί με βάση τη μονάδα βάρους, δηλαδή ισόποσες μονάδες μάζας, η κάθε μία από τις οποίες καταλάμβανε τον ίδιο χώρο με την άλλη. Αυτό επέτρεπε την ερμηνεία της ένδειξης της κλίμακας όχι μόνο ως βάρος αλλά και ως χώρο, επομένως ως όγκο. Μέσω λοιπόν του βάρους ο Boyle μετρούσε την αύξηση του νερού σε όγκο. Μία δεύτερη μέτρηση κατέγραφε ένα μικρότερο ποσοστό αύξησης, δηλαδή κατά το 1/10 του αρχικού χώρου που καταλάμβανε το νερό. Στο δεύτερο τρόπο μέτρησης ο Boyle βασιζόταν στη μέτρηση διαστάσεων, δηλαδή του ύψους που ανέβαινε το νερό μέσα σε ένα κυλινδρικό σωλήνα

⁵⁰⁶ , Κεφάλαιο 10, («Title X»), «Experiments about the Measure of the Expansion and the Contraction of Liquors by Cold», ο.π., σσ.319-324.

⁵⁰⁷ Με τη χρήση το όρου «weight» βάρος ο Boyle εννοούσε αυτό που μετρούμε σήμερα ως μάζα των σωμάτων.

⁵⁰⁸ Δεν είναι σαφές αν με τη λέξη μέρος εννοεί «ουγγιές» και άρα εννοεί 82 ουγγιές. «...the ice that was made of 82 parts of water, filled, as one of our Notes informs us, the space of 91.» Boyle [[1665a], σελ. 319.

⁵⁰⁹ Ο.π., σελ. 319.

κατά τη ψύξη, και κατέληγε πάλι σε μία αύξηση των διαστάσεων του νερού κατά το 1/10. Εφόσον ο όγκος ενός υγρού προσδιορίζεται και από το ύψος, είναι επόμενο η αύξηση του ύψους να ακολουθεί την ίδια αναλογία με τον όγκο. Με βάση τις πληροφορίες που μάζεψε με τους δύο τρόπους μέτρησης και κυρίως τον πρώτο, ο Boyle συμπέρανε ότι όταν παγώνει το νερό καταλαμβάνει 1/9 περισσότερο χώρο από τη ρευστή του κατάσταση⁵¹⁰.

Ο Boyle όμως διατηρούσε ορισμένους ενδοιασμούς για το συγκεκριμένο συμπέρασμα, οι οποίοι προέκυπταν από το φαινόμενο των παγόβουνων στα ψυχρά κλίματα. Με βάση τις μαρτυρίες του καπετάνιου James, των Ολλανδών από το ταξίδι τους στη Nova Zembla και του Δανού πλοηγού Munckius που είχε ταξιδέψει στη Γροιλανδία, ο Boyle είχε πληροφορηθεί την ύπαρξη παγόβουνων τα οποία ξεπερνούσαν σε ύψος μέχρι και δύο φορές τα κατάρτια των πλοίων, και ορισμένα από τα οποία είχαν μία αναλογία 20/40 και 16/36 fathome ύψους πάνω και κάτω από τη θάλασσα⁵¹¹. Με βάση την αναλογία που είχε βρει για τη διόγκωση του νερού και το υδροστατικό θεώρημα του Αρχιμήδη (287-212 π.Χ) και του Stevinus (1548-1620) σύμφωνα με το οποίο, τα σώματα βυθίζονται μέσα σε ένα ρευστό μέχρι το σημείο που το βυθιζόμενο μέρος ισούται σε όγκο με ποσότητα νερού η οποία έχει το ίδιο βάρος με ολόκληρο το σώμα, ο Boyle υποστήριζε ότι η αναλογία του μέρους του παγόβουνου που βρισκόταν βυθισμένο θα έπρεπε να είναι 8 έως 9 φορές πιο βαθύ από το ύψος του παγόβουνου πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας⁵¹². Εδώ ο Boyle θεωρούσε δεδομένο ότι ένα μακροσκοπικό φαινόμενο όπως ήταν τα παγόβουνα διέπονταν από την ίδια κανονικότητα όσον αφορά τη διόγκωσή τους με την ψύξη με αυτή που ίσχυε σε ένα μικροσκοπικό φαινόμενο όπως ήταν η ψύξη του νερού σε ένα σωλήνα. Η εφαρμογή της κανονικότητας που είχε παρατηρήσει στην πειραματική του διάταξη στα παγόβουνα βασιζόταν και στις δύο μεθόδους μέτρησης της διόγκωσης του νερού. Καταρχήν σύμφωνα με τη μέτρηση του ύψους, ο Boyle θα περίμενε το ύψος του παγόβουνου πάνω από τη στάθμη να

⁵¹⁰ «...may invite us to think, that we cannot much err by estimating in general, that the room that Ice takes up more than water, amounts to about a ninth part of the space possessed by the same water, before it was turned into Ice», Boyle, ο.π., σελ. 320.

⁵¹¹ Το fathome αποτελούσε μονάδα μέτρησης βάθους στη θάλασσα ή μήκους σκοινιού. 1 Fathome ισούταν με 6 πόδια δηλαδή 1,83 μέτρα. Επομένως η αναλογία σε μέτρα των 20/40 fathome βάθους ήταν 36,6/73,2 μέτρα και η αναλογία 16/36 fathome ήταν 29,28/65,88 μέτρα.

αποτελεί το 1/9 του συνολικού ύψους που έπιανε πάνω και κάτω από τη θάλασσα. Για τη συναγωγή του συμπεράσματος πρέπει να λάμβανε ως προϋπόθεση ότι το μέρος του νερού που βυθίζεται ισοδυναμεί με την ποσότητα του νερού που προϋπήρχε ενώ αυτό το οποίο εξέρχεται πάνω από την επιφάνεια, αντιπροσωπεύει το επιπλέον μέρος του πάγου που δημιουργείται με την ψύξη. Χρησιμοποιώντας το δεύτερο τρόπο μέτρησης και συνδυάζοντάς τον με την υδροστατική αρχή του Αρχιμήδη και του Stevinus, ο Boyle θεωρούσε ότι ο όγκος του βυθισμένου μέρους του παγόβουνου ισούταν με όγκο νερού που έχει το ίδιο βάρος με το σύνολο του παγόβουνου, δηλαδή ίδιο βάρος με την ποσότητα νερού από την οποία σχηματίστηκε. Αυτό το συμπέρασμα βασιζόταν στα αποτελέσματα των πειραμάτων του εικοστού κεφαλαίου, όπου αποδείκνυε ότι το βάρος μίας ποσότητας νερού σε ρευστή κατάσταση και της ίδιας ποσότητας σε παγωμένη κατάσταση ήταν ίδιο⁵¹³. Εάν λοιπόν ο όγκος του βυθισμένου μέρους ήταν ίσος με τον όγκο νερού που ζύγιζε όσο η αρχική ποσότητα νερού που είχε τεθεί να ψυχθεί, τότε, με βάση τον πρώτο τρόπο μέτρησης, ο όγκος αυτός θα πρέπει να αποτελούσε τα 8/9 του συνολικού όγκου του παγωμένου νερού και επομένως ο όγκος του μέρους του παγόβουνου πάνω από την επιφάνεια θα έπρεπε να ισούταν με το 1/9 του συνολικού όγκου του παγόβουνου.

Η ασυμφωνία των παρατηρήσεων του ύψους των παγόβουνων με τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle τον οδήγησε στην έρευνα πιθανών αιτιών. Ανάμεσα στους λόγους που ανέφερε ήταν η μεγαλύτερη πυκνότητα του θαλασσινού νερού από το φρέσκο λόγω της σύστασής του και του μεγαλύτερου βαθμού ψύχους που ασκείται σε αυτό λόγω της ανθεκτικότητάς του, ως πιο σημαντικό όμως αναδείκνυε τη σύστασή των παγόβουνων⁵¹⁴. Με βάση τις μαρτυρίες των ταξιδιωτών στα ψυχρά κλίματα, ο Boyle υποστήριζε ότι τα παγόβουνα δεν αποτελούνταν από μία ενιαία και συμπαγή μάζα όπως είναι ο πάγος, αλλά σχηματίζονται από μικρότερες μάζες πάγου οι οποίες συντίθενται με το έντονο ψύχος, το οποίο ψύχει το νερό που ρέει ανάμεσά τους. Καθώς κολλά η μία μάζα με την άλλη, παρεμβάλλονται κυψέλες αέρα με αποτέλεσμα το μέρος του

⁵¹² «That floating Bodies will so far, and but so far, sink in the Liwuor that supports them, till the immersed part of the Body be equal to a Bulk of water, weighting as much as the whole Body», Ο.π., σς., 320-321.

⁵¹³ Ο.π., σελ. 413-414.

⁵¹⁴ «yet the main thing, that is to remove the scruple suggested by the height of Icy hills above the water is,...», Ο.π., σελ.,322

παγόβουνου πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας να πιέζει και να βυθίζει το υποθαλάσσιο μέρος τόσο όσο ποσότητα νερού ίση σε όγκο με το τελευταίο. Η ελαφρύτητα του εξωτερικού μέρους του παγόβουνου εξηγούσε την έλλειψη μεγαλύτερης βύθισης.

Ο δεύτερος σημαντικός λόγος που πρόβαλλε ο Boyle για να εξηγήσει το φαινόμενο των παγόβουνων βασιζόταν σε κάποιες λεπτομέρειες στις περιγραφές των μαρτυριών. Ο Boyle χρησιμοποιούσε ορισμένες μαρτυρίες για να δείξει ότι τα παγόβουνα εμποδίζονταν από το βάθος των θαλασσών να έχουν περισσότερο βάθος και λιγότερο ύψος το οποίο θα είχαν αν κινούνταν σε βαθύτερα μέρη. Καταρχήν εξηγούσε ότι μέρος του ύψους του παγόβουνου πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας δεν σχηματιζόταν από την ψύξη του νερού αλλά από την πτώση χιονιού ή την ψύξη των κυμάτων που χτυπούσαν πάνω στο παγόβουνο⁵¹⁵. Δεύτερον, με βάση συγκεκριμένες μαρτυρίες, έδειχνε ότι στις περιγραφές είτε δηλώνονταν είτε αφηνόταν ανοιχτό το ενδεχόμενο το υποθαλάσσιο μέρος του πάγου να φτάνει μέχρι το έδαφος. Ο Boyle ισχυριζόταν ότι αν τα νερά ήταν βαθύτερα, και το υποθαλάσσιο μέρος δεν ακουμπούσε το βυθό, τότε θα βυθιζόταν περισσότερο, με αποτέλεσμα να χαμηλώσει το εξωτερικό μέρος του παγόβουνου και η αναλογία των δύο μερών να πλησιάζει αυτή που είχε παρατηρήσει στα πειράματά του με το φρέσκο νερό. Χρησιμοποιούσε ως επιπλέον επιβεβαίωση μαρτυρίες για παγόβουνα που ξεπερνούσαν τα 36 και 40 fathome, υποστηρίζοντας ότι κανείς δεν γνωρίζει τα μεγαλύτερα βάθη στα οποία μπορούν να φτάσουν.

Στο δέκατο πέμπτο κεφάλαιο όπου εξετάζονταν τα φαινόμενα του πάγου ο Boyle παρέθετε δύο μαρτυρίες πλοηγών για το ύψος των παγόβουνων οι οποίες καταρχήν επιβεβαίωναν την αναλογία την οποία ο Boyle υπολόγιζε ότι έπρεπε να έχουν τα παγόβουνα πάνω και κάτω από το νερό⁵¹⁶. Ο Άγγλος θαλασσοπόρος Baffin είχε συναντήσει ένα παγόβουνο το οποίο, σύμφωνα με τη μέτρηση του ύψους του πάνω από το έδαφος 73,15 μέτρα και του συνολικού του ύψους, 512,06 μέτρα, εξείχε κατά το 1/7^ο. Ο Boyle θεωρούσε ότι η μικρή διαφορά από την αναλογία που είχε βρει εκείνος οφειλόταν στη μεγαλύτερη πυκνότητα του θαλασσινού νερού. Ο Baffin στη μαρτυρία του δήλωνε ότι γνώριζε ότι αυτή η αναλογία ίσχυε για πολλά κομμάτια πάγου αλλά δεν

⁵¹⁵ Ο.π., σελ. 322-323.

⁵¹⁶ Κεφάλαιο 15, («Title XV») «Experiments and Observations touching Ice», ο.π., σς. 346-357.

ήταν σίγουρος ότι ίσχυε για όλα⁵¹⁷. Επίσης σε μία συζήτηση του Boyle με ένα καπετάνιο που δεν ονομάζει, όταν ο Boyle του είπε ότι είχε παρατηρήσει έναν κύλινδρο πάγου να εξέχει από το νερό με αναλογία 1/10 προς το βυθισμένο του μέρος, αυτός του απάντησε ότι είχε παρατηρήσει παγόβουνα που εξείχαν από το νερό κατά την ίδια αναλογία. Προφανώς ο Boyle δεν ανέφερε αυτές τις μαρτυρίες στο δέκατο κεφάλαιο γιατί ήταν λίγες μπροστά στις αντίθετες παρατηρήσεις που έπρεπε να αντικρούσει. Σημαντικό όμως είναι το γεγονός ότι οι παραπάνω μαρτυρίες καθώς και εκείνη του De Veer για το ταξίδι των Ολλανδών στη Nova Zembla, όπου οι Ολλανδοί είχαν βρει ένα παγόβουνο στο οποίο πέρα από το ότι αποτελούνταν από γη και πάγο, είχαν βρει το ύψος του τόσο ασυνήθιστο που να υποπεύονται για την πιθανότητα να είναι στεριά, έδειχναν ότι η αναλογία του 1/8ου για το ποσοστό του τμήματος που επιπλέει σε ένα κομμάτι πάγου ήταν γνωστό στους καπετάνιους από το τέλος του 16^{ου} αιώνα⁵¹⁸. Η αναλογία αυτή προφανώς έβγαινε από την ήδη γνωστή υδραστατική αρχή. Η επιμονή του Boyle να αποδειξει την ύπαρξη αυτής της αναλογίας πέρα από τα πειράματά του και για τα παγόβουνα δεν αφορούσε μόνο την απόδειξη της υδροστατικής αρχής αλλά την απόδειξη ότι η αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο συνδεόταν με την υδροστατική αρχή και έπρεπε να διέπει τα παγόβουνα ως παραδείγματα παγωμένου θαλασσινού νερού.

Το φαινόμενο της θραύσης των φιαλών με το ψύχος αναδείκνυε τη δύναμη που είχε η ώθηση που δημιουργούνταν με την αύξηση του όγκου του νερού. Ο Boyle θεωρώντας ότι, παρόλο που η δύναμη ήταν παρατηρήσιμη σε κοινά φαινόμενα, δεν είχαν εκτελεστεί ειδικά διαμορφωμένα πειράματα για την εξέταση και μέτρησή της, είχε ερευνήσει το φαινόμενο και παρέθετε τα πειράματα στα κεφάλαια έντεκα και δώδεκα⁵¹⁹. Αυτό δείχνει ότι μπορεί το φαινόμενο να είχε παρατηρηθεί αλλά μέσω καταρχήν της

⁵¹⁷ «This proportion I know doth hold in much Ice, but whether it do so in all, I know not», ο.π., σελ. 353 ο Boyle έπαιρνε τη μαρτυρία από το βιβλίο του Purchas *Hakluytus Posthumous: or, Purchas his Pilgrimes Contayning a History of the World in Sea Voyages and Land Travells by Englishmen and Others* (1625).

⁵¹⁸ «whereby there grew great contention of workds amongst men, some saying that it was ice, others that it was frozen land; for it lay unreasonable high above the water, it was at least eighteen fathom under the water, close to the ground, and ten fathom above the water», ο.π., σελ. 355. Οι πληροφορίες για το ταξίδι των Ολλανδών είχαν δημοσιευθεί το 1598 Gerrit de Veer, *The True and Perfect Description of Three Voyages...by the Ships of Holland and Zeeland*

⁵¹⁹ Κεφάλαιο 11, («Title XI»), «Experiments touching the Expansive Force of Freezing Water», ο.π., σσ.324-330., Κεφάλαιο 12 («Title XII»)«Experiments touching a New Way of estimating the Expansive Force of Congelation, and of higly compressing Air without Engines», ο.π., σς. 330-335.

απόδειξης της αύξησης του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο και δεύτερον μέσω της μέτρησής της, απέκτησε ιδιαίτερη σημασία ως θέμα που θα απεκάλυπτε πληροφορίες για τη φύση του ψύχους. Ο Boyle είχε σχεδιάσει μία σειρά πειραμάτων για να δείξει καταρχήν ότι κατά την αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη αναπτύσσεται μία δύναμη που εκδηλώνεται με την ώθηση του πάγου. Στα πειράματα αυτά γέμιζε πλήρως με νερό μεταλλικές φιάλες ή γυάλινες που είχαν μεγάλο πάχος και έθετε το νερό να ψυχθεί στον εξωτερικό αέρα. Το αποτέλεσμα της μετατροπής του σε πάγο και της διόγκωσης του νερού ήταν άλλοτε το σπάσιμο των φιαλών και άλλοτε η εξώθηση του πώματος που τις σφράγιζε. Η δύναμη της διόγκωσης του νερού αναδεικνυόταν μέσα από τη χρήση του μετάλλου, ενός υλικού που δεν έσπαγε εύκολα, το πάχος της φιάλης, το οποίο μνημόνευε ο Boyle στο πείραμα με το γυάλινο δοχείο και κυμαινόταν από 3/16 ίντσας (0,47cm) σε 3/8 (0,95cm), και την ποσότητα του νερού, η οποία, σε ορισμένα πειράματα, ζύγιζε μόνο μία ουγγιά (28,34 γραμ.)⁵²⁰.

Για τη μέτρηση αυτής της δύναμης ο Boyle περιέγραφε τρεις μεθόδους. Οι πρώτες δύο βασίζονταν στη μέτρηση της αντίστασης που έφερνε ένα βάρος στη διόγκωση του νερού. Βασική προϋπόθεση για τις μετρήσεις αποτελούσε η σταθεροποίηση εκείνων των παραγόντων που έπαιζαν ρόλο στα αποτελέσματα, όπως ήταν το σχήμα του δοχείου και η ποσότητα του νερού. Χρησιμοποίησε λοιπόν κυλινδρικά δοχεία, διαστάσεων πέντε ιντσών ύψους (12,7cm) και μίας ίντσας και τριών τετάρτων (3,17cm) διαμέτρου, τα οποία αποτελούνταν από ορείχαλκο και είχαν τόσο πάχος όσο θα επέτρεπε στο νερό κατά την ψύξη του να πετάξει έξω το μεταλλικό πώμα παρά να σπάσει τα πλάγια της φιάλης. Τα υγρά ετίθεντο για να παγώσουν για τη διάρκεια μίας ή και δύο νυχτών. Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, ο Boyle έθετε ένα βάρος πάνω στο ειδικά διαμορφωμένο πώμα του δοχείου, και παρατηρούσε πόσο, κατά την ψύξη του νερού, ο πάγος έσπρωχνε το βάρος προς τα έξω. Σύμφωνα με ορισμένες πειραματικές διατάξεις, τα βάρη κυμαίνονταν από 56 (25401 γραμ.) μέχρι 115 (52162 γραμ.) και 254 λίβρες (115211 γραμ.). Η άνοδος του πώματος σε ορισμένα ήταν ελάχιστη, «a barley corns-breadth», ενώ σε άλλα έφτανε τα δύο και τα τρία όγδοα της ίντσας (0,63-0,93 cm)⁵²¹.

⁵²⁰ Ο Boyle χρησιμοποιούσε pewter ή μέταλλο από την περιοχή της Φλάνδρας. Τις μετατροπές θα τις κάνουμε με βάση την παραδοχή ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε το σύστημα μέτρησης Avoirdupois.

⁵²¹ Ο.Π., σσ. 326-327, 560.

Τα προβλήματα όμως της πρώτης μεθόδου, όπως ήταν η αδυναμία διατήρησης των βαρών πάνω στο πάμα, καθώς και η αδυναμία πολλές φορές της ποσότητας του νερού να σηκώσει το πάμα και τα βάρη κατά τη μετατροπή του σε πάγο, οδήγησαν τον Boyle σε μία δεύτερη μέθοδο. Ο Boyle έκλεινε το δοχείο με ένα πάμα από φελλό τον οποίο είχε εισαγάγει στο νερό για να διογκωθεί σε σημείο που το νερό μέσα στο δοχείο να μην μπορεί να τον διογκώσει περισσότερο. Στη συνέχεια έσπρωχνε τον φελλό μέσα στο στόμιο και κρέμαγε βαρίδια έτσι ώστε, όταν η φιάλη αναποδογυριζόταν, τα βαρίδια να μην τραβήξουν τον φελλό από τη φιάλη. Στη μοναδική πειραματική δοκιμή που περιέγραφε, είχε χρησιμοποιήσει βαρίδια 74 λιβρών (40.958γραμ.) και είχε παρατηρήσει ότι, κατά την ψύξη του, την πρώτη μέρα το νερό είχε ωθήσει τον φελλό ελάχιστα προς τα έξω «a barley-corns breadth» ενώ, μετά τη δεύτερη νύχτα, κατά το ένα τέταρτο μίας ίντσας (0,63cm). Από αυτό ο Boyle συμπεραίνει ότι το παγωμένο νερό ασκούσε δύναμη στην αντίσταση του φελλού η οποία ήταν ίση με την αντίσταση που θα προκαλούσε ένα βάρος 74 λιβρών⁵²². Αυτή αποτελεί και τη μοναδική μέτρηση στο κεφάλαιο, σύμφωνα με τον Boyle. Ο Boyle δήλωνε ότι λόγω έλλειψης οργάνων και βαρών δεν είχε κάνει περισσότερες δοκιμές για να μετρήσει πόσο μεγαλύτερη μπορούσε να είναι αυτή η δύναμη καθώς και ότι είχε χάσει τις σημειώσεις του από τις δοκιμές που είχε κάνει.

Με την περιγραφή μίας τρίτης αποτυχημένης μεθόδου μέτρησης της δύναμης του νερού, ο Boyle θεωρούσε ότι περιέγραφε ένα από τα καλύτερα παραδείγματα του μεγέθους της δύναμης που μπορεί να αναπτυχθεί. Σε αυτή την πειραματική διάταξη χρησιμοποιούσε μία στρογγυλή φιάλη από σίδηρο η οποία εσώκλειε ένα χώρο για μία μικρή ποσότητα νερού και έκλεινε με μία βίδα που βιδωνόταν μέσα με τέτοιο τρόπο που, για να ωθηθεί προς τα έξω, θα έπρεπε να σπάσει το σίδηρο. Ο Boyle έθετε τη φιάλη να ψυχθεί και περίμενε είτε να παραμείνει το νερό ρευστό, λόγω της αδυναμίας του να αυξήσει τον όγκο του με την ψύξη λόγω στενότητας χώρου, είτε εάν πάγωνε, να σπάσει τη φιάλη αναδεικνύοντας μία μεγάλο μεγέθους δύναμη, ή να μην την σπάσει αλλά να παρουσιάσει πάγο χωρίς φυσαλίδες, δηλαδή πάγο ο οποίος δεν θα είχε αραιωθεί περισσότερο αλλά θα παρέμενε το ίδιο αραιωμένος με την αρχική ποσότητα του νερού. Η πρώτη δοκιμή απέτυχε λόγω του αδύναμου βαθμού ψύχους. Ο Boyle ανέφερε ως

⁵²² «Thus we see, that the expansive endeavour of the water forced a resistance, at least equal to that which would have been made by a weight of 74 pound, and probably, as the note intimates,», Ο.π., σελ. 327.

εξίσου πιθανές αιτίες της αποτυχίας την αδυναμία ψύξης του νερού λόγω της παρεμβολής της παχιάς φιάλης από σίδηρο ή την έλλειψη χώρου για αύξηση του όγκου του νερού. Στο εικοστό πρώτο όμως κεφάλαιο ανέφερε μία επιτυχημένη δοκιμή, η οποία είχε γίνει με ένα διαφορετικού χρήσης δοχείο, ένα «pistol barrel», το οποίο έκλεινε με τον ίδιο τρόπο⁵²³. Στην πρώτη δοκιμή το νερό πάγωσε και έσπρωξε τη βίδα προς τα έξω αναγκάζοντας τον Boyle να χρησιμοποιήσει κεριά μέλισσας για να σφηνώσει τη βίδα και να αποτρέψει την εξώθησή της. Στη δεύτερη δοκιμή, μετά την έκθεση κατά τη διάρκεια μίας νύχτας στο ψύχος, το νερό πάγωσε και προκάλεσε μία μεγάλη και κάποιες μικρότερες ρωγμές στο δοχείο. Ο Boyle θεωρούσε ότι το πείραμα είχε πετύχει να δείξει το μέγεθος της δύναμης της αύξησης του όγκου του νερού. Η σημασία που έδινε ο Boyle στην επιβεβαίωση ότι το αποτέλεσμα του πειράματος προερχόταν από το ψύχος και την ψύξη του νερού φαίνεται από την αναφορά του στην ικανότητα του κατασκευαστή να φτιάξει ένα δοχείο χωρίς ρωγμές, στην έλλειψη παρατήρησης εκροής νερού από το δοχείο, όταν το νερό ήταν ρευστό, και τέλος στο αποτέλεσμα της πρώτης εκτέλεσης όπου το παγωμένο νερό δεν είχε σπάσει το δοχείο αλλά είχε σπρώξει το πώμα προς τα έξω. Η δεύτερη παρατήρηση του Boyle για το πείραμα αφορούσε την εμφάνιση λιγότερων φυσαλίδων στον πάγο από ό,τι περίμενε, το οποίο απέδιδε είτε στην τύχη είτε λόγω της συμπίεσης που έβρισκε το νερό κατά την αύξηση του όγκου του με την ψύξη. Η παρατήρηση της δημιουργίας φυσαλίδων στον πάγο γινόταν περίπου σε κάθε πείραμα του συγκεκριμένου κεφαλαίου.

Στο δωδέκατο κεφάλαιο ο Boyle παρουσίαζε ένα διαφορετικό τρόπο ανάδειξης της δύναμης που αποκτούσε το νερό κατά τη μετατροπή του σε πάγο. Σύμφωνα με ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των πειραματικών διατάξεων, γέμιζε ένα δοχείο που αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο με σωλήνα, με νερό μέχρι την απόσταση ενός δαχτύλου πιο πάνω από τη βάση του σωλήνα. Έθετε το δοχείο σε μίγμα χιονιού και αλατιού και καθώς το νερό πάγωνε από κάτω, το ρευστό μέρος ανερχόταν· όταν έφτασε τις 7 ίντσες (17,7cm), ο Boyle σφράγισε την κορυφή του σωλήνα αφήνοντας 9 και 7/8 ίντσες (25,08) χώρο για τον αέρα. Καθώς συνέχιζε η ψύξη του νερού, παρατήρησε ότι το νερό εισχώρησε στα 9/10 αυτού του χώρου, συμπιέζοντας τον αέρα στο 1/10 του χώρου που διατηρούσε πριν. Στη συνέχεια, προτού ο αέρας σπάσει το δοχείο από τη συμπίεσή

⁵²³ Ο.π.σσ. 422-423.

του, αναποδογύρισε το σωλήνα σε μία λεκάνη, έσπασε την κορυφή με αποτέλεσμα τη βίαιη εξώθηση του αέρα η οποία πέταξε έξω το ρευστό νερό ποσότητας δέκα ιντσών. Επίσης παρατήρησε την άνοδο φυσαλίδων από το κάτω μέρος της φιάλης. Μία σειρά από παρόμοιες δοκιμές όπου ο αέρας συμπιεζόταν στο 1/3, στο 1/17 και στο 1/19 μέρος του χώρου που καταλάμβανε πριν, απέδειξαν μία μεγαλύτερη συμπίεση του αέρα από αυτή που είχε παρατηρήσει στα πειράματα του *Defence* με την κολώνα του υδραργύρου. Ως αποτελέσματα αυτής της συμπίεσης, ο Boyle θεωρούσε επίσης το σπάσιμο της κορυφής των σωλήνων, όταν ο αέρας δεν άντεχε να συμπιεστεί άλλο. Ο Boyle θεωρούσε ότι η μεγάλη συμπίεση του αέρα που αποδεικνυόταν με τα συγκεκριμένα πειράματα ήταν αποτέλεσμα της δύναμης με την οποία διογκωνόταν το νερό. Επομένως οι περιπτώσεις της μεγάλης συμπίεσης του αέρα αποτελούσαν για εκείνον ένδειξη της μεγάλης δύναμης που ασκούσε σε αυτόν η αύξηση του όγκου του νερού. Χρησιμοποιώντας το συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει στο *Defence*, σύμφωνα με το οποίο οι δυνάμεις που χρειάζονται για τη συμπίεση του αέρα είναι αντιστρόφως ανάλογες στους χώρους που περιέχουν την ίδια ποσότητα αέρα, ο Boyle θεωρούσε ότι το ποσοστό του χώρου στον οποίο συμπιεζόταν ο αέρας στα πειράματα αυτά αναδείκνυε και την ένταση της δύναμης που του ασκούσαν⁵²⁴. Τα ποσοστά συρρίκνωσης του αέρα αποτελούσαν ενδείξεις της διογκωτικής δύναμης του νερού αλλά δεν αποτελούσαν επίσημες μετρήσεις της δύναμης. Η δύναμη που ασκούσε ο αυξανόμενος όγκος του νερού και η συμπίεση του αέρα αναδεικνύονταν επίσης, σύμφωνα με τον Boyle, με την άνοδο φυσαλίδων στο νερό, όταν αυτό έβρισκε διέξοδο με το σπάσιμο της φιάλης.

Αν και οι προσπάθειες ποσοτικοποίησης της διογκωτικής δύναμης του νερού ήταν σημαντικές, τα περισσότερα πειράματα του Boyle έδιναν περισσότερο μία ποιοτική εκτίμηση του μεγέθους της παρά ποσοτική. Επίσης καμία από τις μεθόδους του δεν είχε αποκαλύψει κάποια κανονικότητα, όπως αυτή που είχε παρατηρηθεί στη διόγκωση του νερού. Ο Boyle εξέφραζε την έκπληξή του στη δυνατότητα μίας τέτοιας μικρής αύξησης σε όγκο να προκαλεί μία δύναμη η οποία αποδεικνυόταν έστω και ποιοτικά πολύ ισχυρή. Η επιμονή του Boyle να αποδείξει έστω και με ποιοτικά πειράματα ότι η δύναμη της αύξησης του όγκου του νερού ήταν μεγάλη, σχετίζεται με το θέμα της εξήγησης της προέλευσης της δύναμης αυτής το οποίο συζητούσε στο κλείσιμο του ενδέκατου

⁵²⁴ Ο.π., σελ., 330.

κεφαλαίου. Ο Boyle ανέφερε ότι το συγκεκριμένο ερώτημα έπρεπε να διερευνηθεί για να εξετασθούν ορισμένες εξηγητικές υποθέσεις που είχαν προταθεί από τους Καρτεσιανούς και τους οπαδούς της φιλοσοφίας του Επικούρου. Ο Boyle εξηγούσε ορισμένους λόγους που καθιστούσαν τις δύο υποθέσεις ανεπαρκείς για την εξήγηση του φαινομένου. Σύμφωνα με τους Καρτεσιανούς το ψύχος αποτελούνταν από την έλλειψη θερμότητας, δηλαδή από την υποχώρηση του αιθέρα, ο οποίος διήγειρε τα σωματίδια του νερού, στην κίνηση των οποίων οφειλόταν η ρευστότητά του. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ακινητοποίηση των σωματιδίων και τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Ο Boyle θεωρούσε ότι η υποχώρηση του αιθέρα δεν μπορούσε να εξηγήσει την ώθηση που αποκτούσαν τα σωματίδια του νερού προς τα έξω καθώς και τη δύναμη που αποκτούσαν κατά τη διόγκωσή τους. Σύμφωνα με την επικουριανή φιλοσοφία, στην οποία βασιζόταν η σωματιδιακή θεωρία του Gassendi, το ψύχος αποτελούνταν από την εισχώρηση ψυχρών σωματιδίων μέσα στα σώματα⁵²⁵. Ο Boyle θεωρούσε ότι η είσοδος των ψυχρών σωματιδίων μπορούσε να εξηγήσει την αύξηση του όγκου του νερού· αυτό όμως που αμφισβητούσε ο Boyle ήταν η ύπαρξη μίας βίαιης κίνησης κατά την είσοδό τους καθώς και η ανάπτυξη μίας δύναμης στα τοιχώματα του δοχείου με δεδομένο ότι τα ψυχρά σωματίδια μπορούσαν να εισχωρήσουν και να περάσουν μέσα από τα τοιχώματα. Ο Boyle αναφερόταν επίσης στη συρρίκνωση του όγκου του λαδιού με το ψύχος, ως παράδειγμα που έδειχνε ότι, σύμφωνα με τους οπαδούς της επικουρίας θεωρίας, σε αυτή την περίπτωση τα ψυχρά σωματίδια μείωναν τον όγκο του υγρού. Αυτή η εξήγηση έκανε ακόμη πιο αδύναμη την απόδοση σε αυτά της ανάπτυξης μίας δύναμης. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το φαινόμενο της ανάπτυξης της δύναμης κατά την ψύξη του νερού αποτελούσε μία έρευνα που ίσως είχε ξεκινήσει ανεξάρτητα από τον έλεγχο μίας εξηγητικής υπόθεσης και ως αποτέλεσμα της έρευνας του νέου πειραματικού γεγονότος, της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος. Τα πειράματα όμως είχαν προσφέρει στον Boyle παραδείγματα που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην προβληματική για τη φύση του ψύχους. Η έλλειψη αναφοράς σε παρόμοια πειράματα από τους καρτεσιανούς και τους υποστηρικτές της ατομικής θεωρίας του Επικούρου, δείχνει ότι το φαινόμενο της ανάπτυξης μίας δύναμης κατά την ψύξη του νερού δεν είχε χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια των θεωριών τους για να υποστηριχθούν οι εξηγητικές τους

⁵²⁵ Τη φιλοσοφία του αρχαίου φιλοσόφου Επικούρου.

υποθέσεις. Αυτό επιβεβαιώνει την ενασχόληση του Boyle αρχικά με το φαινόμενο ως έκφανση της ιδιότητας του ψύχους και ίσως ως παράγωγο πειραμάτων που είχαν γίνει για την απόδειξη της ψύξης του νερού. Η σημασία των συγκεκριμένων πειραμάτων για αυτή την προβληματική αναδεικνύεται στην εργασία που δημοσίευσε ο Boyle δέκα χρόνια αργότερα, «of the Positive or Privative Nature of Cold», όπου το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτέλεσε ένα από τα δύο πειραματικά φαινόμενα που τον απέτρεπαν από το να επιβεβαιώσει την εξήγηση του ψύχους ως έλλειψη κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων.

Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα αποτελεί η στενή σχέση που είχαν οι πειραματικές μέθοδοι αλλά και τα αποτελέσματα της πνευματικής με εκείνα για το ψύχος⁵²⁶. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα πειράματα όπου ο Boyle αναδείκνυε μέσω της συμπίεσης του αέρα το μέγεθος της δύναμης που αναπτυσσόταν κατά τη μετατροπή του νερού σε πάγο. Με μία απλή πειραματική διάταξη, ο Boyle κατάφερε να παράγει πειραματικά αποτελέσματα για δύο διαφορετικά φαινόμενα, τη δύναμη που αποκτά το νερό κατά την ψύξη και τη δυνατότητα συμπίεσης του αέρα. Η σύνδεση των δύο φαινομένων γινόταν μέσω της σχέσης πίεσης και χώρου που καταλαμβάνει ο αέρας, η οποία είχε καθορισθεί με τα πειράματα του *Defence*. Αυτό δείχνει ότι τα συμπεράσματα στα οποία είχε καταλήξει ο Boyle στην πνευματική αποτελούσαν τη βάση για την εκτέλεση πειραμάτων για φαινόμενα του ψύχους. Το συγκεκριμένο παράδειγμα έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί με βάση αυτή τη σχέση ο Boyle προσπαθούσε να ποσοτικοποιήσει τη δύναμη της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη.

Τα παραπάνω παραδείγματα ποσοτικοποίησης της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος καθώς και της δύναμης που αναπτυσσόταν κατά τη διόγκωση αποτελούν σημαντικά παραδείγματα που δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο ο Boyle χρησιμοποιούσε τα κατοχυρωμένα φυσικά μεγέθη της εποχής του καθώς και τις έννοιες υπό διαμόρφωση, όπως ήταν αυτή της δύναμης για να περιγράψει και να μετρήσει τα φαινόμενα. Το βάρος, σημερινή μάζα των σωμάτων, για το οποίο υπήρχε ήδη μετρικό σύστημα (βλ. σύστημα αποθηκαρίων και *avoirdupois*) έπαιξε σημαντικό ρόλο και στις δύο μετρήσεις. Στην

⁵²⁶ «Pneumatics», Με τον όρο «πνευματική» θα αναφερόμαστε στην έρευνα για τη φύση και τις ιδιότητες του αέρα.

πρώτη βοηθούσε στη μέτρηση του όγκου και στη δεύτερη της δύναμης. Από τα παραδείγματα της μέτρησης της δύναμης καταλαβαίνουμε ότι ο Boyle θεωρούσε ότι το βάρος ασκούσε ένα αποτέλεσμα στα σώματα ίδιο με αυτό μίας δύναμης. Με βάση τις περιγραφές της εφαρμογής του συμπεράσματος για την αναλογία της πίεσης που ασκείται σε ένα αέριο και του χώρου που καταλαμβάνει αυτό, ο Boyle χρησιμοποιούσε τις λέξεις «strength», «force», και «pressure» αδιακρίτως, για να αναφερθεί στο αποτέλεσμα που ασκούσε μία στήλη νερού με το βάρος της στον εσωκλειόμενο αέρα σε ένα δοχείο. Ο Boyle συσχέτιζε τη δράση που είχε ένα βάρος με εκείνη που είχε η δύναμη της ψύξης του νερού και έτσι συνέδεε τη δύναμη της ψύξης με τον χώρο στον οποίο περιοριζόταν ο αέρας που συρρικνωνόταν σε λιγότερο χώρο λόγω αυτής της δύναμης. (στο *Defence* αντί για την συσχέτιση του βάρους του υδράργυρου με τη συρρίκνωση του αέρα χρησιμοποιούνταν το ύψος της στήλης του υδράργυρου).

Με βάση τα συμπεράσματα του έβδομου κεφαλαίου για την αύξηση του όγκου των υγρών μόνο με απαραίτητη προϋπόθεση τη μετατροπή του σε πάγο, ο Boyle θεωρούσε ότι τα υγρά όπως το κρασί, το γάλα και τα ούρα, αυξάνουν τον όγκο τους μόνο μέσω της ψύξης των υδατικών ή φλεγματικών μερών τους και άρα όσα είχε πει για τη μέτρηση της διόγκωσης του νερού με το ψύχος ίσχυαν και για αυτά. Ο Boyle όμως ενθάρρυνε την εκτέλεση πειραμάτων για την εύρεση διαφοροποιήσεων στην αύξηση των όγκων των υγρών που ανήκαν στην ίδια κατηγορία και εκείνων που ανήκαν σε διαφορετική, προκειμένου με αυτό τον τρόπο να ερευνηθεί η ποσότητα φλέγματος και πιο «spirituous» και χρήσιμων ουσιών που μπορεί να περιείχαν. Υποθέτοντας από τα πειράματα με το νερό ότι το ίδιο ίσχυε για αυτά τα υγρά όσο αφορά την ανάπτυξη μίας δύναμης κατά τη διόγκωση του νερού, ο Boyle παρότρυνε να γίνουν πειραματικές δοκιμές με αυτά τα υγρά για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Προς απόδειξη της ανάπτυξης μίας τέτοιας δύναμης κατά την ψύξη αυτών των υγρών, ανέφερε μαρτυρίες από το ταξίδι των Ολλανδών στη Nova Zembla, όπου υγρά αυτής της κατηγορίας έσπαγαν τα βαρέλια και τα δοχεία στα οποία διατηρούνταν.

Τα πειράματα για τη δυνατότητα και αδυναμία ψύξης των ρευστών είχαν οδηγήσει τον Boyle καταρχήν στο συμπέρασμα ότι κανένα υγρό δεν διογκωνόταν αν δεν μετατρεπόταν σε πάγο. Δεύτερον είχαν αναδείξει μία σημαντική διαφορά στην αλλαγή των διαστάσεων των υγρών με το ψύχος, ανάμεσα στις κατηγορίες των υδατινών υγρών

και εκείνων που ήταν ελαιώδη «Oleaginous», αλκοολούχα «spirituous», καθώς και εκείνα που είχαν διαβρωτική φύση. Η έρευνα της συρρίκνωσης και ψύξης των υγρών με το ψύχος είδαμε παραπάνω ότι έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιλογή του υγρού για τα θερμοσκόπια. Στο όγδοο κεφάλαιο της Ιστορίας του Ψύχους, ο Boyle εξέταζε αν ορισμένες αντιπροσωπευτικές κατηγορίες υγρών, όταν δεν ψύχονταν καθόλου, ή όταν στερεοποιούνταν χωρίς να μετατραπούν πλήρως σε πάγο, συρρικνώνονταν⁵²⁷. Σε όλα σχεδόν τα πειράματα χρησιμοποιούσε το μίγμα πάγου και αλατιού, για να προκαλέσει ένα μεγάλο βαθμό ψύχους ο οποίος ήταν επαρκής, να μετατρέψει τα υγρά σε πάγο όπως το νερό.

Ο Boyle παρατηρούσε ότι υγρά όπως το απόσταγμα κρασιού και ο υδράργυρος, τα οποία δεν μετατρέπονταν σε πάγο, με τη δράση ενός τέτοιου βαθμού ψύχους συστέλλονταν, το πρώτο στα $\frac{3}{4}$ της ίντσας (1,90cm) και το δεύτερο σχεδόν δύο ίντσες (5,08cm). Για να αντικρούσει τις υποθέσεις σύμφωνα με τις οποίες η συρρίκνωση του υδραργύρου οφειλόταν στα σωματίδια αέρα που ενυπήρχαν σε αυτόν, ο Boyle πριν την εκτέλεση του πειράματος, αφαιρούσε όσες φυσαλίδες μπορούσε από το δοχείο, και δεύτερον ισχυριζόταν ότι το μέγεθος της συστολής του υδράργυρου ήταν τόσο μεγάλο που δεν μπορούσε να αποδοθεί μόνο στη συστολή των φυσαλίδων. Η απόδειξη της συστολής του ίδιου του υγρού φαινόταν να είναι σημαντική για τις έρευνές του. Στις πειραματικές δοκιμές με τα κοινά έλαια, ο Boyle παρατηρούσε ότι το υγρό υποχωρούσε στη φιάλη μέχρι να στερεοποιηθεί. Επίσης οι παρατηρήσεις της βύθισης των στερεοποιημένων κομματιών σε ρευστό λάδι, οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι το λάδι είχε συμπυκνωθεί και ήταν βαρύτερο από το ίδιο σε ρευστή κατάσταση. Αυτό αποδεικνυόταν και από το φαινόμενο της πιο αργής βύθισης ενός κομματιού πάγου που είχε στερεοποιηθεί σε μικρότερο βαθμό ψύχους λόγω της έκθεσής του στον ψυχρό εξωτερικό αέρα. Η περίπτωση των κοινών λαδιών έδειχνε για τον Boyle ότι ορισμένα υγρά συστέλλονταν και δεν διογκώνονταν κατά την ψύξη ή στερεοποίησή τους. Για την κατηγορία των χημικών ελαίων στην οποία τα υγρά ακολουθούσαν τη συμπεριφορά των «expressed oyls», δηλαδή συστέλλονταν με ένα μέτριο βαθμό ψύχους, ο Boyle δήλωνε ότι δεν κατάφερε να εξετάσει τι συμβαίνει στην περίπτωση που ψυχθούν ή στερεοποιηθούν γιατί δεν μπορούσε να προκαλέσει ένα βαθμό ψύχους τόσο έντονο ώστε

⁵²⁷ «Experiments touching the Contraction of Liquors by Cold» ο.π., σσ. 306-308.

να τα φέρει σε αυτή την κατάσταση. Το μοναδικό πείραμα που ανέφερε είχε εκτελεσθεί με έλαιο του γλυκανίσου («oyl of aniseed»), το οποίο κατά τη στερεοποίησή του συστελλόταν. Η συστολή του ελαίου του γλυκανίσου («Oyl of aniseed») κατά την στερεοποίησή του από βαθμό ψύχους που παραγόταν με τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου («sal ammoniac») σε νερό, έφτανε τις τρεις ίντσες (7,62cm). Στην ίδια εξέταση υπέβαλε και τα «empyreumatical oyls» λόγω της διαφορετικής φύσης που είχαν από τα «expressed oyls». Στο μοναδικό παράδειγμα που αναφέρει, το «Oyl of Guajacum» δεν στερεοποιήθηκε αλλά συρρικνώθηκε.

Για τη μέτρηση της συρρίκνωσης των υγρών από το ψύχος ο Boyle δήλωνε ότι δεν είχε εκτελέσει πολλά πειράματα γιατί δεν το θεωρούσε σημαντικό θέμα. Όπως θα δούμε παρακάτω, σημασία είχε δώσει μόνο στη μέτρηση της συστολής του αποστάγματος κρασιού και του ελαίου του γλυκανίσου ως μέσου μέτρησης ορισμένων βαθμών ψύχους καθώς και στη συστολή του αέρα, την οποία διαπραγματευόταν στο διακριτό κεφάλαιο που αφιέρωνε στη δράση του ψύχους στον αέρα. Στη μικρή παράγραφο που ενσωμάτωνε στο δέκατο κεφάλαιο για τη μέτρηση της συρρίκνωσης των υγρών, ο Boyle εξέταζε μόνο την πιθανότητα συρρίκνωσης του νερού επειδή αποτελούσε το υγρό στο οποίο παρατηρούνταν μεγάλες αλλαγές ως προς τις διαστάσεις του. Με δύο πειράματα επιβεβαίωνε ότι όταν τίθεται το νερό να ψυχθεί και πριν από την ψύξη του δεν παρατηρούνταν καμία συστολή. Τη συστολή που παρατηρούνταν σε αυτές τις συνθήκες στην Ιταλία και στην Ισπανία, απέδιδε στην αραιοποίηση του νερού λόγω του μεγάλου μεγέθους των φιαλών όπου διατηρούνταν και της θερμότητας που μπορεί να είχε πριν την ψύξη. Για την παρατήρηση της συμπεριφοράς του νερού πριν την ψύξη αναπτύχθηκε μία διαμάχη με τους Ιταλούς πειραματιστές, οι οποίοι ήταν μέλη της Ακαδημίας Del Cimento, μετά την έκδοση των πειραμάτων των τελευταίων το 1667 η οποία θα συζητηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Μέρος της εξέτασης και της εξήγησης της διαδικασίας της ψύξης αποτελούσε το ερώτημα εάν προκαλούσε την αύξηση ή μείωση του βάρους των σωμάτων στα οποία δρούσε⁵²⁸. Ο Boyle είχε ήδη υποστηρίζει, με βάση φυσικά φαινόμενα και πειραματικά αποτελέσματα, ότι με ένα βαθμό ψύχους, όχι τόσο υψηλό ώστε να προκαλεί ψύξη, το

⁵²⁸Τα πειράματα για την απάντηση του ερωτήματος παρουσιάζονταν στο Κεφάλαιο 20, («Title XX») «Experiments touching the weight of bodies frozen and unfrozen», ο.π., σσ. 410-418.

νερό συμπυκνωνόταν και γινόταν βαρύτερο⁵²⁹. ωστόσο, όπως θα δούμε παρακάτω, είχε αποδείξει πειραματικά ότι η διαφορά στην πυκνότητα και το βάρος που προκαλούσε στο νερό ένας βαθμός ψύχους που αδυνατούσε να προκαλέσει ψύξη και εκείνος που μπορούσε να ψύξει το νερό δεν ήταν μεγάλη. Ο Boyle δήλωνε ότι αφορμή για το ερώτημα της μεταβολής του βάρους των υγρών κατά τη μετατροπή τους σε πάγο αποτελούσε η υπόθεση των νέων ατομιστών που είχαν αναβιώσει την ατομιστική θεωρία του Επίκουρου και του Δημόκριτου, για την ψύξη των υγρών, σύμφωνα με την οποία η ψύξη αποτελείται από την εισχώρηση ψυχρών σωματιδίων μέσα στα σώματα, τα οποία περνούν μέσα από τους πόρους των σωμάτων ακόμα και του γυαλιού και λόγω του μεγάλου αριθμού τους μπορούν να σταματήσουν τις κινήσεις των μικρών σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται υγρά όπως το νερό⁵³⁰. Ο Boyle ήθελε να εξετάσει αν μία αύξηση βάρους κατά την ψύξη θα επιβεβαίωνε αυτή την υπόθεση. Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελούσε μέρος της γενικότερης προσπάθειάς του να απορρίψει τα επικουρειανά δόγματα που υποστηρίζονταν από ατομιστές όπως ο Gassendi. Ορισμένα όμως στοιχεία δείχνουν ότι η συγκεκριμένη εξέταση σχετιζόταν και με άλλα ερευνητικά θέματα που είχαν σημασία για τον Boyle. Ο ίδιος ισχυριζόταν ότι είχε εκτελέσει τα πειράματα του κεφαλαίου για να ικανοποιήσει ερωτήματα τρίτων⁵³¹ και όχι δικά του. Εξηγούσε ότι η απόδειξη της μη αύξησης του βάρους των σωμάτων δεν αποτελούσε, για εκείνον, αναγκαστικά την απόρριψη της υπόθεσης των ατομιστών· οι τελευταίοι μπορούσαν να προβάλλουν επιχειρήματα που να την εξηγούν, όπως ήταν η έλλειψη βάρους των ατόμων ή στην περίπτωση της αναγνώρισης κάποιου βάρους σε αυτά, η θεώρηση ότι κατά την εισροή τους εκτόπιζαν κάποια άλλα άτομα έτσι ώστε το σώμα πάντα να διατηρεί το ίδιο βάρος.

Εφόσον για τον Boyle η απόδειξη του πειραματικού γεγονότος της μη μεταβολής βάρους δεν σήμαινε απαραίτητα την απόρριψη της επικουρειανής υπόθεσης, δύο πιθανά θέματα για τα οποία θα μπορούσε να έχει επίσης σημασία η συγκεκριμένη έρευνα ήταν το φαινόμενο των φυσαλίδων και η εφαρμογή της αναλογίας της αύξησης του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο, στο φαινόμενο των παγόβουνων. Στην πρώτη

⁵²⁹ «...which argues, that water is thicker and heavier in Winter then in Summer», ο.π., σελ.,251.

⁵³⁰ «we thought fit not so much for our own satisfaction, as for that of others, to try, whether or no a Liquor by it increase of weight, when frozen, would betray any substantial accession of the Corpuscles of Cold», ο.π, σσ. 410-411.

περίπτωση η απόδειξη της μη μεταβολής του βάρους κατά την ψύξη και τήξη του πάγου επιβεβαίωσε την υπόθεση ότι οι φυσαλίδες μπορούσαν να είναι κενές αέρος. Στη δεύτερη περίπτωση, όπως αναφέραμε παραπάνω, η σταθερότητα του βάρους του νερού πριν και μετά τη διόγκωσή του με την ψύξη, έπαιξε ρόλο στη χρήση που έκανε ο Boyle της υδροστατικής αρχής, σύμφωνα με την οποία ο βυθισμένος όγκος ενός σώματος ισούται με ποσότητα νερού που ζυγίζει όσο ολόκληρο το σώμα, ώστε να συμπεράνει ότι η αναλογία των μερών του παγόβουνου πάνω και κάτω από το νερό ήταν ίδια με την αναλογία διόγκωσης του νερού, δηλαδή 1/9. Η εξέταση της μεταβολής του βάρους με την ψύξη αποτελούσε ένα ερευνητικό θέμα το οποίο αποτελούσε μέρος των ερευνών για την ψύξη πριν αναπτύξει ο Boyle την πειραματική του δραστηριότητα. Η αναφορά του Boyle στο πείραμα του Van Helmont το οποίο δημοσιεύτηκε στο έργο του *Ortae Medicinae* το 1648 καθώς και σε αντίστοιχο πείραμα του φιλοσόφου Manelphus το οποίο είχε δημοσιευτεί στο έργο του Bartholinus *De Nivis Usu* το 1661, σημαίνει ότι ήδη υπήρχε μία προβληματική γύρω από το θέμα.

Τέλος, η έρευνα της μεταβολής του βάρους κατά την ψύξη και συγκεκριμένα η απόδειξη της μη μεταβολής του βάρους των σωμάτων, συντελούσε μαζί με τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα για την ψύξη, στην υποστήριξη της υπόθεσης του Boyle για τη φύση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων. Με βάση αυτή την υπόθεση έπρεπε να εξηγούνται με συνέπεια μία σειρά από φαινόμενα. Με βάση τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων, ο Boyle εξηγούσε τη στερεοποίηση των σωμάτων όχι όμως και τη διόγκωση. Τη διόγκωση κατά την ψύξη την απέδιδε στις φυσαλίδες, το περιεχόμενο των οποίων είχε δείξει ότι μπορούσε να αποτελείται από κενό ή αιθέρα. Με την απόδειξη της μη μεταβολής του βάρους του νερού καταρχήν πρόσφερε επιβεβαίωση της πιθανότητας ο χώρος των φυσαλίδων να είναι κενός, και απέρριπτε την περίπτωση ισχύος μίας άλλης θεωρητικής υπόθεσης όπως αυτής της εισχώρησης των σωματιδίων. Μπορούσε να εξηγήσει τη στερεοποίηση, οι φυσαλίδες εξηγούσαν τη διόγκωση. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης των φαινομένων που εξετάζονταν στην πρώτη κατηγορία πειραμάτων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στη συγκεκριμένη ερευνητική κατηγορία για την αύξηση του βάρους των σωμάτων με την ψύξη, ο Boyle δεν εκτελούσε τα πειράματα διερευνητικά αλλά προσπαθώντας να αποδείξει την υπόθεση της μη μεταβολής του βάρους των

⁵³¹ Ο.π..

σωμάτων με την ψύξη. Το μόνο φαινόμενο από τα παραπάνω που δεν μπορούσε να εξηγηθεί από την υπόθεση της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων, ήταν η διογκωτική δύναμη του νερού κατά την ψύξη. Στο «of the Positive or Privative Nature of Cold» ο Boyle το αναδεικνυε ως ένα από τα λίγα και κυρίαρχα πειραματικά γεγονότα που δεν επιβεβαίωνε την υπόθεσή του.

Τα πειράματα για τη μέτρηση του βάρους των σωμάτων πριν και μετά την ψύξη αποκαλούνταν από τον Boyle στατικά και εκτελούνταν με τη χρήση μίας ζυγαριάς η οποία κινούνταν με την πρόσθεση βάρους 1/8 της μονάδας grain⁵³². Ο Boyle εκτέλεσε μετρήσεις κυρίως σε υγρά, και συγκεκριμένα το νερό και το εσωτερικό των αυγών αλλά και σε στερεά και συμπαγή σώματα, παρόλο που στην αρχή του κεφαλαίου ανέφερε μόνο την εξέταση ρευστών. Στην περίπτωση του νερού, μετρούσε τη διαφορά του βάρους μίας ποσότητας νερού πριν και μετά τη μετατροπή του σε πάγο και τη διαφορά του βάρους του πάγου πριν και μετά την τήξη καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι δεν έβρισκε διαφορές. Ο Boyle δεν έδινε σημασία στις περιπτώσεις μικροδιαφορών μείωσης και αύξησης του βάρους κατά ποσότητες μισού και τετάρτου του grain, δηλαδή κατά 1/1873,03grains (0,064/119,87γραμ.) και 0,5/2406,22grains (0,032/153,99γραμ.) στο συνολικό αρχικό βάρος φιάλης και νερού. Στις περιπτώσεις που ο πάγος παρουσίαζε μικρή αύξηση βάρους, απέδιδε την αιτία στη συσσώρευση δροσιάς στο εξωτερικό μέρος της φιάλης, από την οποία φρόντιζε με το συνεχές καθάρισμα να μην επηρεάζονται τα πειράματά του. Σε αντίθεση με την περίπτωση των μικροδιαφορών βάρους που παρατηρούνταν στο νερό, στην εξέταση του βάρους του ρευστού μίγματος ασπραδιού και κρόκου των αυγών, ο Boyle παρατηρούσε μείωση του βάρους τους κατά 4 (0,25γραμ.) και 8 grains (0,51γραμ.) ενώ τα αυγά δεν είχαν παγώσει ακόμη. Ο Boyle εξηγούσε την απώλεια μέσω της διαφυγής από τους πόρους του κελύφους ανεπαίσθητων και «spirituous» μερών αλλά δεν αποδείκνυε πώς είχε φτάσει σε αυτό το συμπέρασμα⁵³³. Υποστήριζε ότι με βάση αυτή την εξήγηση, η περίπτωση της ψύξης των αυγών δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη για την αύξηση του βάρους από την εισροή

⁵³² Σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης του βάρους avoirdupois υπήρχαν οι εξής αναλογίες: 1 dram=27,34 grains, 16 drams=437,5grains= 1 ουγγιά (ounce), 16 ουγγιές=7000grains= 1 λίβρα(round).

⁵³³ Ως προς αυτό το φαινόμενο στο έκτο κεφάλαιο είχε δείξει ότι ένα παγωμένο αυγό έχανε 4 grains σε βάρος όταν ήταν παγωμένο και στη συνέχεια αφού είχε τιχθεί μέσα σε νερό και είχε αφαιρεθεί το περίβλημα του πάγου που είχε δημιουργηθεί γύρω ο Boyle είχε βρει ότι είχε επανέλθει στο βάρος του πριν

ψυχρών σωματιδίων εφόσον το βάρος που πρόσθεταν χανόταν με την εκροή των ανεπαίσθητων σωματιδίων. Παρ'όλα αυτά θεωρούσε ότι οι έρευνες για την αλλαγή του βάρους των αυγών και άλλων υλικών στα οποία παρατηρείται το φαινόμενο της εκροής ανεπαίσθητων ρευστών, θα μπορούσε να αποκαλύψει τη δράση του ψύχους στην εκροή των «effluvia» των σωμάτων.

Για τις δοκιμές του με τα συμπαγή σώματα όπως ήταν η πέτρα, το σίδηρο και τα μέταλλα ο Boyle, ανέφερε από μνήμης ότι δεν παρατηρούνταν μεταβολή του βάρους τους κατά την ψύξη· εξαίρεση αποτελούσαν δύο περιπτώσεις αύξησης του βάρους της πέτρας τις οποίες απέδιδε στην απορρόφηση, από την πέτρα, του τηγμένου χιονιού το οποίο προερχόταν από το ψυκτικό μίγμα⁵³⁴. Και στις δύο περιπτώσεις των αυγών και των συμπαγών σωμάτων όπου ορισμένες παρατηρήσεις δεν συμφωνούσαν με τα πειραματικά αποτελέσματα της περίπτωσης του νερού, ο Boyle πρόσφερε εξηγήσεις για την απόκλιση των αποτελεσμάτων. Αυτή η τακτική σε συνδυασμό με τη διάκριση της σημασίας των πειραματικών αποτελεσμάτων της περίπτωσης του νερού σε σχέση με τα άλλα σώματα, δείχνει καταρχήν ότι τα πρώτα αρκούσαν για τη συναγωγή ενός γενικού συμπεράσματος και δεύτερον αναδεικνύει τον τρόπο χειρισμού των μη αναμενόμενων αποτελεσμάτων έτσι ώστε να μην αποτελούν πρόβλημα στο πειραματικό γεγονός που ήθελε να αποδείξει⁵³⁵.

Η σημασία της απόδειξης της μη αύξησης του βάρους του νερού με την ψύξη γίνεται ακόμα πιο έκδηλη στην προσπάθεια απόρριψης των πειραματικών αποτελεσμάτων του χημικού Van Helmont και του φιλοσόφου Manelphus, τα οποία αντέκρουαν τις παρατηρήσεις του Boyle, στο παράρτημα που παρέθετε στο τέλος του

την ψύξη και παραπάνω. Δεν ανέφερε όμως αν σε αυτή η μείωση και αύξηση του βάρους συσχετιζόταν με την εξάτμιση ανεπαίσθητων μερών και την επαναφορά τους μετά την τήξη. Βλ. Ο.π.σελ., 289.

⁵³⁴ Μέσα από μία μαρτυρία για μία πέτρα που μπορεί να λειανθεί και όταν τεθεί σε νερό το απορροφά και αυξάνει το βάρος της, ο Boyle είχε δοκιμάσει να θέσει το ίδιο είδος πέτρας στην διαδικασία της απόσταξης και είχε παρατηρήσει τη δημιουργία ενός 'insipid' υγρού το οποίο θεωρούσε ότι κατά το μεγαλύτερο μέρος του αποτελούνταν από νερό. Ο.π., σελ. 414.

⁵³⁵ Ο Boyle έλεγε για τις δοκιμές με τα συμπαγή σώματα «were were fain to give over the pursuit of them, which troubled us the less, because those made with the seal'd Vials were diligently made», όταν μιλούσε για τις δοκιμές με τις κλειστές φιάλες εννοούσε τις δοκιμές με το νερό. Ο.π., σελ.ω 414. Επίσης έλεγε για τις δοκιμές με το νερό «These Trials, I presume may give some satisfaction about the inquiry, for the resolving whereof, I thought fit to make them», ο.π. σσ. 414.

κεφαλαίου⁵³⁶. Ο Van Helmont ανέφερε ότι είχε βρει ένα κομμάτι πάγου να ζυγίζει 1/8 περισσότερο μετά την τήξη του⁵³⁷. Ο Boyle παρέθετε πειράματα για την αντίκρουση αυτού του φαινομένου και εξηγούσε ότι οι παρατηρήσεις του Van Helmont οφείλονταν στην έλλειψη παρατήρησης εκ μέρους του της δροσιάς που σχηματιζόταν στο εξωτερικό μέρος της φιάλης κατά την τήξη του πάγου που βρισκόταν στο εσωτερικό της. Αντίθετα με τον Van Helmont, ο Manelphus υποστήριζε ότι το νερό ζύγιζε περισσότερο στη μορφή πάγου παρά στην κατάσταση ρευστού μετά την τήξη του. Ο Boyle υπέθετε ότι οι μετρήσεις του Manelphus οφείλονταν στη χρήση γήινων δοχείων, τα οποία είχαν απορροφήσει υγρασία κατά τη διαδικασία της ψύξης. Ο Boyle, όμως, δεν μπορούσε να επιβεβαιώσει την υπόθεσή του γιατί δεν είχε βρει στα γραπτά του αναφορές στη χρήση αυτού του είδους των δοχείων⁵³⁸. Το αντεπιχείρημά του ενάντια στον Manelphus στηριζόταν στην υπόθεση ότι αν είχε χρησιμοποιήσει ορισμένου τύπου δοχεία και είχε κάνει τα πειράματα σωστά, τότε θα έπρεπε να είχε παρατηρήσει ότι ο πάγος ήταν πιο ελαφρύς από το νερό στη ρευστή του κατάσταση. Σε ένα πείραμα σχεδιασμένο για αυτό το σκοπό, ο Boyle έδειχνε ότι το νερό κατά την ψύξη του σε ένα ανοιχτό δοχείο μπορούσε να χάσει μέρος του βάρους του, που να αναλογεί σε 50 grains (3,2 γραμ.) και 60 grains (3,84 γραμ.). Όταν έκανε το πείραμα σε ένα κλειστό κουτί δεν παρατηρούσε αυτή τη διαφορά. Ο Boyle εξηγούσε αυτή τη μείωση του βάρους με βάση την εξάτμιση μερών ή σωματιδίων του νερού από τη ρευστή και την ψυγμένη κατάστασή του όταν το δοχείο στο οποίο ψυχόταν ήταν ανοιχτό. Με σκοπό την επιβεβαίωση αυτών των παρατηρήσεων, είχε εκτελέσει πειράματα όπου έδειχνε ότι το ίδιο μπορούσε να συμβεί και σε ένα κομμάτι πάγου αν έμενε εκτεθειμένο για το χρονικό διάστημα μίας και δύο νυχτών σε βαθμό ψύχους που διατηρούσε την κατάστασή του και δεν τον έλιωνε. Την πρώτη νύχτα ο πάγος είχε χάσει 2,14% του συνολικού του όγκου (στον οποίο μετρούνταν και η φιάλη) και μετά τη δεύτερη νύχτα το 5,32%.

Ο τρόπος με τον οποίο εξηγούσε ο Boyle τη μείωση του βάρους του νερού και του πάγου σε εκτεθειμένα στον αέρα δοχεία έδειχνε την αδυναμία των πειραματικών

⁵³⁶ Η παράθεση αυτής της συζήτησης με τον τίτλο «Appendix to the XX Title» στο τέλος του κεφαλαίου δείχνει, ότι ο Boyle το πρόσθεσε αφού είχε εκτελέσει τα πειράματα του κεφαλαίου και αφού το είχε γράψει. Ο.π., σσ 415-418.

⁵³⁷ *Ortae Medicinae* (1648), ο.π., σελ. 415.

αποδείξεων που πρόσφερε για τη μη μεταβολή του βάρους του νερού με την ψύξη. Ο μοναδικός τρόπος με τον οποίο αποδείκνυε την πιθανότητα εξάτμισης των μερών του νερού και του πάγου ήταν με την εκτέλεση των πειραμάτων σε κλειστές φιάλες. Αυτός όμως ο περιορισμός των συνθηκών του πειράματος αρκούσε για να εξηγήσει τη μείωση του βάρους κατά την ψύξη και να αποκλείσει την αναγωγή της σε ένα πειραματικό γεγονός που καθόριζε το φαινόμενο της ψύξης; Εάν λάβουμε υπόψη και την επιχειρηματολογία ενάντια στα πειραματικά γεγονότα του Manelphus και του Van Helmont, η οποία στηρίζεται στην υπόθεση και όχι απόδειξη ότι ο πρώτος χρησιμοποιούσε ορισμένου τύπου δοχεία και ο δεύτερος δεν σκούπιζε προσεχτικά το εξωτερικό των φιαλών, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η απόδειξη του συγκεκριμένου πειραματικού γεγονότος για το νερό αποτελούσε ένα προβληματικό σημείο για την πειραματική πρακτική του Boyle. Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο ο Boyle πρόσθετε μία αρκετά ασαφή μαρτυρία του καπετάνιου James ο οποίος σε παγωμένο καιρό είχε παρατηρήσει τα φλασκιά με τη μπύρα και το «cider» να βυθίζονται στη θάλασσα δηλαδή να βαραίνουν, χωρίς να διευκρινίζει αν προηγούμενως είχαν παγώσει. Η δήλωση του Boyle ότι δεν μπορούσε να ερμηνεύσει το συμπέρασμα αποτελεί περισσότερο επιβεβαίωση ότι η συγκεκριμένη μαρτυρία προσθέτονταν για την «πληρότητα της Ιστορίας του Ψύχους» και όχι με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση ή απόρριψη συμπερασμάτων.

Στην εισαγωγική παράγραφο αναφέραμε ότι η πρώτη κατηγορία πειραμάτων με θέμα τα φαινόμενα της ψύξης, μπορούσε να διακριθεί σε δύο ομάδες πειραμάτων· στην πρώτη η οποία είχε ως θέμα την ψύξη των σωμάτων και τα χαρακτηριστικά της, όπως ήταν η αύξηση ή μείωση του όγκου των σωμάτων, η διογκωτική δύναμη του νερού, οι φυσαλίδες του πάγου ως απαραίτητο στοιχείο της διογκωσης του νερού, και το βάρος των παγωμένων σωμάτων καθώς και στη δεύτερη όπου συμπεριλαμβάνονταν πειράματα και παρατηρήσεις που σχετίζονταν με τη δράση του ψύχους στην υφή των σωμάτων. Στην δεύτερη κατηγοριοποιούμε τα πειράματα του έκτου κεφαλαίου, όπου ο Boyle ερευνούσε τα αποτελέσματα που είχε το ψύχος στην υφή των σωμάτων τα οποία αποκαλύπτοναν μέσω των φαινομένων της συντήρησης και της καταστροφής τους. Τα

⁵³⁸ Επίσης την αναφορά του Manelphus για το βάρος πάγου και νερού στη ρευστή μορφή την είχε πάρει όχι από κάποιο κείμενο το ίδιο αλλά από την αναφορά του Bartholinus στο βιβλίο του *De Nivis Usu* στο συγκεκριμένο φιλοσοφο.

πειράματα και οι παρατηρήσεις αυτού του κεφαλαίου αφορούσαν ένα θέμα το οποίο είχε θεωρητικό ενδιαφέρον, εφόσον μπορούσε να αποκαλύψει περισσότερες πληροφορίες για τη φύση της ιδιότητας αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον, εφόσον η δυνατότητα του ψύχους να συντηρεί και να καταστρέφει τα τρόφιμα και το ανθρώπινο σώμα αποτελούσαν κοινή γνώση την εποχή εκείνη η οποία επηρέαζε τον τρόπο ζωής και την οικιακή οικονομία. Με βάση τις πειραματικές διατάξεις, ο Boyle εστίασε την έρευνά του σε δύο θέματα: τις μεθόδους απόψυξης κυρίως των τροφίμων και του ανθρώπινου σώματος και τα αποτελέσματα της ψύξης στην υφή των σωμάτων. Κύρια πηγή πληροφοριών αποτελούσαν οι μαρτυρίες πλοηγών και ταξιδιωτών στα ψυχρά κλίματα με εξαίρεση τις πειραματικές διατάξεις που είχε εκτελέσει ο Boyle για το πρώτο θέμα

Αφορμή για την εξέταση του πρώτου θέματος, αποτέλεσε η παράδοση που υποστηριζόταν κυρίως από τους πληροφοριοδότες των φαινομένων ψύξης στις ψυχρές χώρες, σύμφωνα με την οποία τα αυγά και τα μήλα όταν τοποθετούνται για να ξεπαγώσουν δίπλα στην φωτιά χαλούν, ενώ όταν τοποθετούνται σε κρύο νερό, ξεπαγώνουν αργά αλλά χωρίς να χαλάσουν επειδή το εξωτερικό ψύχος τραβάει προς τα έξω το εσωτερικό ψύχος του ψυγμένου σώματος⁵³⁹. Με τα πειράματά του ο Boyle έδειχνε ότι όταν έθετε παγωμένα αυγά και μήλα μέσα σε νερό, τότε αυτά περιβάλλονταν από ένα περίβλημα πάγου· όταν κόβονταν, μετά τη διαδικασία της τήξης, τις περισσότερες φορές έδειχναν να έχουν ξεπαγώσει, δηλαδή να είναι πιο μαλακά στην περίπτωση των μήλων και υγρά στην περίπτωση του ασπραδιού και του κρόκου των αυγών, από τα αντίστοιχα που είχαν αφεθεί να παγώσουν στον αέρα ή κοντά στη φωτιά. Επίσης τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle αποδείκνυαν ότι η τήξη στο νερό ήταν πολλές φορές πιο γρήγορη από ό,τι στον αέρα. Το φαινόμενο της δημιουργίας περιβλήματος πάγου επιβεβαίωνε την αναφορά της παράδοσης στο τράβηγμα του εσωτερικού ψύχους από το εξωτερικό. Ο Boyle το απέδιδε στην ψύξη του νερού από το παγωμένο σώμα, ωστόσο απορούσε με τα πειραματικά του αποτελέσματα που έδειχναν ότι τα ίδια σώματα δεν έψυχαν τους ατμούς στον αέρα.

Ο Boyle παρέθετε μαρτυρίες πλοηγών και ταξιδιωτών στα ψυχρά κλίματα σύμφωνα με τις οποίες τα ανθρώπινα σώματα αποψύχονταν καλύτερα με τη μέθοδο που είχε ακολουθήσει στα αυγά και στα μήλα. Καταρχήν επιβεβαίωνε ότι το φαινόμενο της

⁵³⁹ Boyle [1665α], σελ. 288.

δημιουργίας περιβλήματος πάγου ίσχυε και στην περίπτωση της τήξης του ανθρώπινου σώματος στο νερό⁵⁴⁰. Δεύτερον επιβεβαίωνε το γενικότερο συμπέρασμα που προέκυπτε από τα πειράματα, σύμφωνα με το οποίο η απόψυξη των σωμάτων γινόταν καλύτερα όταν τα σώματα εξετίθεντο σε ένα βαθμό ψύχους παρά σε ένα βαθμό θερμότητας. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες από τις ψυχρές χώρες, όταν οι άνθρωποι πλησίαζαν τα παγωμένα μέλη τους κοντά στη φωτιά, τα τραυμάτιζαν, ενώ όταν τα έτριβαν με χιόνι ή τα έπλεναν με κρύο νερό τα ξεπάγωναν με ασφάλεια. Παρόλο που το ενδιαφέρον του Boyle φαινόταν εστιασμένο στα τρόφιμα, δοκίμασε τη διαδικασία απόψυξης σε συμπαγή σώματα, όπως ήταν τα μέταλλα και οι πέτρες, χωρίς όμως να παρατηρήσει τη δημιουργία περιβλήματος πάγου κατά την εισαγωγή τους στο νερό

Ο Boyle θεωρούσε το φαινόμενο της δημιουργίας περιβλήματος πάγου κατά την απόψυξη σωμάτων μέσα στον νερό, ένα από τα τρία πιο σημαντικά φαινόμενα της ψύξης τα οποία θεωρούσε ότι μπορούσαν να αποκαλύψουν τα αίτια της. Ανέφερε λοιπόν ότι το φαινόμενο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση της άποψης των ατομιστών που υποστήριζαν ότι η ψύξη προκαλούνταν από την εισροή ψυχρών σωματιδίων μέσα στα σώματα αλλά δεν προχωρούσε στη συναγωγή κάποιου συμπεράσματος σχετικά με αυτή την υπόθεση από το συγκεκριμένο πείραμα. Ο τρόπος της αναφοράς του Boyle στη σχέση του φαινομένου με την επικουρειανή ή γκασεντιανή θεωρητική υπόθεση καθώς και το γεγονός ότι δεν προχωρούσε στον έλεγχο του πειράματος έτσι ώστε να εξεταστεί αυτή η υπόθεση, δείχνει ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το χειριζόταν ως δευτερεύον θέμα⁵⁴¹. Στο θέμα της προέλευσης του περιβλήματος πάγου, που σχετιζόταν με τις θεωρητικές υποθέσεις που υποστηρίζονταν για τη φύση του ψύχους, ο Boyle πρόσθετε στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο την πειραματική διάταξη στην οποία είχε καταλήξει για τον έλεγχο του συγκεκριμένου ερωτήματος χωρίς όμως να μπορεί να φτάσει σε ένα σαφές συμπέρασμα. Ο Boyle προβληματιζόταν για το υγρό που θα χρησιμοποιούσε στην πειραματική διάταξη εφόσον στην περίπτωση που χρησιμοποιούσε νερό, θα μπορούσε να υποστηριχτεί ότι η εμφάνιση πάγου προερχόταν από την ψύξη του ενώ στην περίπτωση που θα χρησιμοποιούσε

⁵⁴⁰ Ανέφερε τη μαρτυρία του χειρουργού Fabritius Hildanus, ο οποίος στο βιβλίο του για τις γάγγραινες έγραφε ότι ένα ανθρώπινο σώμα είχε τεθεί να αποψυχθεί σε νερό και είχε παρατηρηθεί η δημιουργία περιβλήματος πάγου.

κάποιο αλκοολούχο ή αλατούχο υγρό θα υποστηριζόταν, ότι το ψύχος, ο πάγος δηλαδή στη μορφή μικρών σωματιδίων, έβγαινε έξω από το αυγό, αλλά δεν προλάβαινε να σχηματίσει πάγο γιατί έλιωνε από τη δράση των αλατούχων ή αλκοολούχων μερών του υγρού. Γι' αυτό το λόγο ο Boyle χρησιμοποίησε τερεβινθέλαιο το οποίο δεν πάγωνε εύκολα το χειμώνα και το οποίο αδυνατούσε, πιο πολύ και από το νερό, να λιώσει τον πάγο που έβγαινε από το αυγό. Ο Boyle ανέφερε ότι τα πειραματικά αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα, δηλαδή την πρώτη φορά δεν είχε παρουσιαστεί πάγος ενώ την δεύτερη είχε δημιουργηθεί, και ότι το ζήτημα παρέμενε αναπάντητο.

Το δεύτερο ερευνητικό θέμα αποτελούσε την αλλαγή της υφής των σωμάτων η οποία εκδηλωνόταν μέσα από τα καθημερινά φαινόμενα της συντήρησης και της καταστροφής των τροφίμων και των ανθρώπινων σωμάτων. Ο Boyle δήλωνε ότι ανεξάρτητα από τις θεωρητικές υποθέσεις που προτεινόταν για την εξήγηση της ψύξης, είτε δηλαδή η ψύξη αποτελούνταν από την εισχώρηση ψυχρών σωματιδίων στα σώματα είτε από την απόσυρση μίας ουσίας η οποία έθετε τα σωματίδια σε κίνηση, η αλλαγή της φύσης και της υφής των σωμάτων με την ψύξη ήταν ένα φαινόμενο αρκετά έκδηλο⁵⁴². Έχοντας κατανοήσει το ρόλο που έπαιζε η διάρκεια και ο βαθμός ψύχους στα ψυκτικά αποτελέσματα, ο Boyle παρέθετε μία σειρά από παρατηρήσεις με τις οποίες έδειχνε ότι ένας μέτριος βαθμός ψύχους μπορούσε να συντηρήσει την κατάσταση των σωμάτων· σε ένα όμως βαθμό στον οποίο τα σώματα ψύχονταν, η ψύξη στην αρχή έδειχνε να συντηρεί τη σύσταση των σωμάτων καθόσον εκείνα έμεναν παγωμένα, όταν όμως εκείνα τήκονταν τότε αποκαλυπτόταν η καταστροφή που είχε προκαλέσει σε αυτά μέσω της αποσύνθεσης και αλλαγής της υφής τους. Η συντήρηση της υφής των άψυχων σωμάτων και ιδιαίτερα των τροφίμων σε ένα μέτριο βαθμό ψύχους, δηλαδή ένα βαθμό που δεν τα έψυχε, αποτελούσε, σύμφωνα με τον Boyle ένα φαινόμενο το οποίο ήταν εύκολα παρατηρήσιμο και ευρέως αποδεκτό⁵⁴³. Ως αποδείξεις ανέφερε την πρακτική της

⁵⁴¹ Θα χρησιμοποιούμε αυτό τον για όρο την αναφορά σε υποθέσεις, θέσεις και επιχειρήματα που ανήκαν στην θεωρία της ύλης του γάλλου φυσικού φιλοσόφου Pierre Gassendi.

⁵⁴² «which way soever, I say, freezing is affected, 'tis manifest, that the Nature of a frozen Body is, at least, for the time, much alter'd, and therefore we thought fit to place it among our general Articles of Inquiry about Cold, what the effects of it may be as to the Conservation or Destruction of the Textures of Bodies», Ο.π., σελ. 294.

⁵⁴³ «(I say inanimate, because of the *Gangrenes* and *Sphacelations* that often rob living men of frozen Toes, Noses, and sometimes other parts)», ο.π., σελ.294. Εδώ ο Boyle εξηγούσε ότι με τη λέξη «άψυχα» αναφερόταν πέρα από τα τρόφιμα, και τα συμπαγή σώματα όπως τα μέταλλα και το ξύλο, στα παγωμένα ανθρώπινα μέρη τα οποία λόγω της γάγγραινας αφαιρούνταν από το ανθρώπινο σώμα. «And first that a

τοποθέτησης συμπαγών κομματιών χιονιού σε κελάρια στη Μόντενα έτσι ώστε να δημιουργούνται συνθήκες ενός σύγχρονου ψυγείου και να διατηρούνται τρόφιμα όπως το κρέας το καλοκαίρι. Επίσης ανέφερε τη μαρτυρία του καπετάνιου James για τη διατήρηση τροφίμων κάτω από το νερό κατά τη διάρκεια της περιόδου που το πλοίο του είχε παγώσει και ακινητοποιηθεί σε μία από τις Κρύες περιοχές.

Το φαινόμενο της διατήρησης της κατάστασης των ανθρώπινων σωμάτων με την ψύξη αποτελούσε και αυτό ένα κοινώς παρατηρήσιμο φαινόμενο, όπως φαίνεται από τις μαρτυρίες που ανέφερε ο Boyle, οι οποίες αφορούσαν αποκλειστικά τη συντήρηση νεκρών ανθρώπινων σωμάτων μέσω της ψύξης τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα⁵⁴⁴. Αυτό που δεν αποκάλυπταν οι παρατηρήσεις ήταν η εξήγηση του φαινομένου, ότι τελικά η ψύξη είχε αυτό το αποτέλεσμα γιατί με τη δράση της σταματούσε προσωρινά τη διαδικασία της σήψης. Ο Boyle υποστήριζε ότι με την ψύξη, η οποία αποτελούνταν από την παύση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων, σταματούσαν οι εσωτερικές αναταραχές καθώς και οι άτακτοι συνασπισμοί των σωματιδίων τους, οι οποίοι ευθύνονταν για τη σήψη τους. Πάλι ο Boyle ανέφερε ότι αυτό συνέβαινε ανεξάρτητα από το αν η παύση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων προκαλούνταν από την είσοδο πλήθους ψυχρών σωματιδίων ή την από απόσυρση των σωματιδίων που ευθύνονταν για την κίνηση των σωματιδίων του σώματος και άρα τη ρευστότητα και μαλακότητά τους.

Το τρίτο φαινόμενο που αποδείκνυε ο Boyle αφορούσε την ανάδειξη της αλλαγής στη σύσταση των σωμάτων που προκαλούσε η ψύξη, η οποία αποκαλυπτόταν κατά την απόψυξή τους. Ο Boyle υποστήριζε ότι με την παύση των κινήσεων των σωματιδίων των σωμάτων, η ψύξη συγκρατούσε τις ενέργειες του ψύχους πάνω στις αλλοιωμένες συστάσεις των σωμάτων, οι οποίες εμφανίζονταν όταν το σώμα αποψυχόταν. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες του Boyle, ως κριτήριο για τη διαβρωτική δράση του ψύχους, περιγραφόταν η αλλοιωμένη γεύση ορισμένων τροφίμων και ποτών μετά την απόψυξή τους. Επίσης ο Boyle ανέφερε ως φαινόμενο το οποίο ήταν ορατό στο μάτι, την αλλοίωση της διαφάνειας που παρουσίαζε το μάτι μίας αλεπούς όταν ψυχόταν. Οι μαρτυρίες αυτές αναφέρονταν γιατί ήταν αντιληπτές από τις αισθήσεις της όρασης και

moderate degree of cold conduces much to the preservation of the greatest part of inanimate Bodies, is a thing vulgarly taken notice of and acknowledged.» *Ο.π.*, σελ. 294.

⁵⁴⁴ Οι μαρτυρίες που ανέφερε ο Boyle αφορούσαν χρονικά διαστήματα τεσσάρων και πέντε μηνών αλλά και τριάντα χρόνων. Βλ. *ο.π.*, σσ.295-296.

της γεύσης. Προς επιβεβαίωση αυτών των παρατηρήσεων ο Boyle ανέφερε, λιγότερο εμφανείς δράσεις του ψύχους όπως ήταν το σπάσιμο από την ψύξη συμπαγών υλικών, όπως για παράδειγμα του ξύλου, του μαρμάρου, των καλά ψημένων τούβλων και του μπρούτζου. Ο Boyle προμήνυε κάποιες πολύ ενδιαφέρουσες δοκιμές, όπως ήταν η εξέταση της δράσης του ψύχους, μετά την απόψυξη, στις φαρμακευτικές ιδιότητες ουσιών και φυτών, στη διατήρηση της αναλογίας των ποσοτήτων ενός υδατικού διαλύματος, καθώς και στη διατήρηση των ιδιοτήτων του ηλεκτρισμού και μαγνητισμού που παρουσίαζαν ορισμένα σώματα, τις οποίες όμως δεν είχε εκτελέσει.

Μία νέα σειρά μαρτυριών, που παρουσιάζονταν στο παράρτημα της πρώτης έκδοσης και της δεύτερης από παρατηρήσεις στις ψυχρές χώρες, επιβεβαίωνε ορισμένα από τα φαινόμενα που είχε προσφέρει ο Boyle ως αποδείξεις των προτάσεών του, όπως ήταν η διατήρηση των ανθρώπινων σωμάτων με την ψύξη, η μέθοδος απόψυξης των παγωμένων μερών του ανθρώπινου σώματος και των τροφίμων μέσα σε νερό και σε ψυχρές συνθήκες, η ευθραυστότητα των συμπαγών υλικών και το χαράκισμα του ξύλου όπως ήταν τα έλατα⁵⁴⁵. Ορισμένες όμως μαρτυρίες έδειχναν ότι ακολουθώντας τη σωστή μέθοδο απόψυξης μπορούσε να διατηρηθεί η υφή του σώματος και να μη χαλάσει η γεύση του τόσο όσο αν αποψυχόταν δίπλα στη φωτιά όσο κι αν έμενε παγωμένο για πολύ καιρό. Αυτό ερχόταν σε αντίθεση με τη γενική παρατήρηση του Boyle για την αλλοίωση των σωμάτων από την ψύξη.

Τα παραδείγματα της ψύξης των ανθρώπινων σωμάτων για την απόδειξη της συντήρησης των σωμάτων με την ψύξη, καθώς και τα παραδείγματα που έδειχναν τη διαβρωτική δράση του ψύχους στα σώματα, η οποία εμφανιζόταν μετά την απόψυξη, αναφέρονταν σε δύο διαφορετικές διαδικασίες. Σύμφωνα με τον Boyle, τα πρώτα αποδείκνυαν τη συντήρηση των σωμάτων λόγω της παύσης της κίνησης των σωματιδίων μέσω της ψύξης· τα δεύτερα αποκάλυπταν ένα δεύτερο αποτέλεσμα αυτής της παύσης, το οποίο αποτελούσε την αναστολή των ενεργειών της ψύξης στα σώματα (όχι των ενεργειών που οφείλονταν φυσικά στην σήψη) οι οποίες όταν το σώμα ξεπάγωνε συνέχιζαν τη δράση τους. Οι τρεις περιπτώσεις της συντήρησης μέσω του μέτριου

⁵⁴⁵ Στο κεφάλαιο δύο, έξι, και είκοσι ο Boyle πρόσθετε παραρτήματα στο τέλος κάθε κεφαλαίου που αφορούσαν την πρώτη έκδοση. Αποκαλούμε τις μαρτυρίες που ανέφερε ως «νέες» γιατί προέρχονταν από επιπλέον πληροφορίες που συνέλεξε αφού είχε γράψει το κεφάλαιο. Οι μαρτυρίες του παραρτήματος της πρώτης έκδοσης προέρχονταν όλες από τον γιατρό του τσάρου της Ρωσίας, Collins, Βλ. κεφ.2.2.

βαθμού ψύχους, της συντήρησης μέσω της ψύξης και της αλλοίωσης της υφής των σωμάτων μετά την απόψυξη, χρησιμοποιούνταν για την επιβεβαίωση υποθέσεων για τους μη παρατηρήσιμους μηχανισμούς που τα προκαλούσαν. Η προσπάθεια του Boyle να εξηγήσει τα φαινόμενα, μέσω της παύσης της κίνησης των σωμάτων, άφηνε κάποια ερωτήματα ανοιχτά. Εφόσον οι κινήσεις των σωματιδίων ευθύνονταν για τη σήψη, τότε πώς ο μέτριος βαθμός ψύχους που δεν σταματούσε τις κινήσεις των σωματιδίων τα απέτρεπε από τη σήψη τους; Όταν υποστήριζε ότι η ψύξη ανέστειλε τη διαβρωτική δράση του ψύχους στα σώματα, εννοούσε ότι η έλλειψη κίνησης, η οποία αποτελεί τη φύση του ψύχους, προκαλούσε πέρα από την καθυστέρηση της σήψης κάποιες αλλοιώσεις στα σώματα; Αν εννοούσε αυτό, τότε δεν πρόσφερε κάποια εξήγηση για το πώς η μείωση της κίνησης προκαλούσε την αλλοίωση της σύστασης των σωμάτων. Επίσης δεν ήταν σαφές αν θεωρούσε ότι κατά την απόψυξη των μήλων και των αυγών σε νερό, οι υφή τους βρισκόταν αλλοιωμένη, όπως ισχυριζόταν παρακάτω ότι έπρεπε να είναι η υφή των ψυγμένων σωμάτων.

Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο ο Boyle έδινε μία μηχανική εξήγηση της αλλοίωσης των τροφίμων και των άλλων σωμάτων που είχε παρατηρηθεί στα παραπάνω πειράματα, παρά την απόψυξή τους μέσα στο νερό⁵⁴⁶. Βασισμένος στα πειραματικά αποτελέσματα για την αύξηση του όγκου του νερού και των υδατικών ρευστών με την ψύξη καθώς και στα πειράματα του εικοστού πρώτου κεφαλαίου που απεκάλυπταν την ύπαρξη χυμών ή υγρών μέσα στη σύσταση των τροφίμων, ο Boyle υποστήριζε ότι κατά την ψύξη ενός σώματος οι τροφικοί χυμοί διογκώνονταν με την ψύξη προκαλώντας δύο αποτελέσματα: την αλλοίωση της υφής των ίδιων των χυμών καθώς και την αλλοίωση των στερεών μερών που τα περιείχαν, τα οποία πιέζονταν και παραμορφώνονταν από το διογκωμένο χυμό, και με αυτό τον τρόπο έχαναν τις ιδιότητές τους και ετίθεντο σε σήψη. Ο Boyle θεωρούσε ότι οι διογκωμένοι χυμοί και υγρά προκαλούσαν στα στερεά μέρη των τροφίμων το αποτέλεσμα σήψης που παρατηρούνταν στα τρόφιμα αν κάποιος τα χτυπούσε. Εξηγούσε ότι παρόλο που τα σωματίδια του πάγου ήταν μικρά, τα τοιχώματα της στερεής ύλης των σωμάτων που χτυπούσαν ήταν αρκετά λεπτά για να συμβαίνει το ίδιο αποτέλεσμα. Με τον ίδιο τρόπο θεωρούσε ότι ο μεταλλικός χυμός διάβρωνε την υφή

⁵⁴⁶«...how far, and in what cases we may give a Mechanical account of this Phenomenon», Boyle [1665a] σσ., 447. «how far, and in what cases we may give a Mechanical account of this Phenomenon’

των πετρών και των βοτσάλων καθώς και ότι τα υδατικά και χυμώδη σωματίδια κατέστρεφαν την υφή των βοτάνων, των φυτών και των ζώων⁵⁴⁷.

Δεύτερη Κατηγορία: Τα Φαινόμενα του Πάγου

Στη δεύτερη κατηγορία πειραμάτων ο Boyle εξέταζε τις βασικές ιδιότητες του πάγου όπως ήταν η συνοχή των μερών του, τα μεγέθη στα οποία βρισκόταν στη γη, καθώς και η ανθεκτικότητά του σε διάφορα μέσα όπως ήταν ο αέρας, ορισμένα χημικά υγρά και το νερό. Εστίαζε στην εξέταση του πάγου ως ένα κομμάτι «ολόκληρης και διακριτής ποσότητας παγωμένου νερού»⁵⁴⁸. Ο Boyle διευκρίνιζε ότι η έρευνά του δεν θα συμπεριλάμβανε τα φαινόμενα του χιονιού και του χαλαζιού για τα οποία αναφέρει ότι είχαν ήδη γραφτεί πολλά σε έργα μετεωρολόγων και στο έργο του Bartholinus. Ανεξαρτήτως των δικαιολογιών του Boyle για την έλλειψη αναφοράς σε αυτά και άλλα φαινόμενα, οι οποίες εξαντλούνταν στη θεώρησή τους ως βαρετών εργασιών, η παράλειψη αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο της σημασίας που έδινε ο Boyle στα φαινόμενα του πάγου⁵⁴⁹. Επιλέγοντας τα συγκεκριμένα φαινόμενα ανήγαγε τον πάγο σε αντιπροσωπευτικό δείγμα μίας σειράς φαινομένων που σχετίζονταν με τα παράγωγα του ψύχους, δείχνοντας ότι τα συμπεράσματα της έρευνάς του θα ίσχυαν και για αυτές τις περιπτώσεις. Η αναγωγή του πάγου και των ιδιοτήτων του σε διακριτό ερευνητικό αντικείμενο οφειλόταν καταρχήν στη θεώρησή του ως ένα από τα σημαντικότερα και πιο έκδηλα φαινόμενα που προκαλούνταν από το ψύχος που παρήγαγε η φύση. Ο Boyle έγραφε χαρακτηριστικά

«...that there is yet somewhat relating to ice, which being in it self considerable, and whereof hitherto no experimental account appears to have been given, what we our selves have tried about it, may challenge to be treated apart» (Boyle [1665a])⁵⁵⁰.

Εδώ ο Boyle διευκρίνιζε, όπως έκανε σε πολλά κεφάλαια, ότι δεν είχαν εκτελεστεί πειράματα σε αυτό το φαινόμενο. Ο πάγος αντιπροσώπευε επίσης μία από τις συχνότερα

⁵⁴⁷ «mineral sap», ο.π. σελ. 447.

⁵⁴⁸ Ο.π., σελ. 346.

⁵⁴⁹ 'But «twere too tedious to set down in this Section, (which strangeness and variety of the Theme has made so prolix already) the other things, that may be mentioned without impertinency concerning ice», ο.π., σελ. 357.

⁵⁵⁰ ο.π., σελ. 357.

παρατηρήσιμες δράσεις του ψύχους στα σώματα καθώς και τον ανώτερο βαθμό ψύχους που θεωρούνταν μέχρι τότε ότι μπορεί να προκαλέσει η φύση.

Η θέση που είχε ο πάγος στα φαινόμενα του ψύχους αντιστοιχούσε στη θέση που απέδιδε ο Bacon στη φλόγα και στη φωτιά στα φαινόμενα της θερμότητας. Στο παράδειγμα του πίνακα των περιστάσεων παρουσίας της ιδιότητας της θερμότητας στα σώματα στο *Novum Organum*, ο Bacon συμπεριλάμβανε ανάμεσα στα πρώτα θέματα για έρευνα όλα τα φαινόμενα της φλόγας⁵⁵¹. Στη μοναδική σωζόμενη πηγή όπου παρουσίαζε δείγματα «Ιστοριών», το *Sylva Sylvarum*, η φλόγα αποτελούσε από τα κυρίαρχα ερευνητικά θέματα για τη θερμότητα· ο Bacon εστίαζε στις διαφορετικές επιδράσεις της στα σώματα ανάλογα με τη χρονική διάρκεια της δράσης της, στις διαφορετικές φύσεις που παρουσίαζε σε μέρη όπως ήταν οι υπόγειοι χώροι, στην ανθεκτικότητά της η οποία σχετιζόταν με το είδος των σωμάτων που καίγονταν, την ανάπτυξη μίας δύναμης κατά τη σύμμιξη της με τον αέρα, τη διαφορετική ένταση που παρουσίαζαν τα μέρη της και ορισμένα φαινόμενα που προκαλούσε όπως η άνοδος του νερού⁵⁵². Θα δούμε παρακάτω ότι ο Boyle έθετε παρόμοια ερωτήματα για τον πάγο με τη διαφορά ότι είχε διευρύνει την έρευνα σε περισσότερες ιδιότητες του φαινομένου.

Η έρευνα του Boyle για τον πάγο χωριζόταν σε δύο μέρη: σε πειράματα που είχε εκτελέσει ο ίδιος και σε πειράματα και παρατηρήσεις που αφορούσαν τα φαινόμενα του πάγου στα Ψυχρά κλίματα όπου θεωρούσε ότι παρουσιάζονταν πιο έκδηλα και παράξενα φαινόμενα⁵⁵³. Βασικός στόχος των πειραμάτων που είχε εκτελέσει ο ίδιος αποτελούσε η εξέταση της ανθεκτικότητας του πάγου μέσα από τον έλεγχο της συνοχής των μερών του⁵⁵⁴. Αναφερόμενος στην έκκληξη που προκαλούσε το φαινόμενο της ψύξης σε χώρες όπου δεν συνέβαινε συχνά, όπως η Ινδία, ο Boyle ήθελε να δείξει ότι η μεταβολή της υψής του νερού με τέτοιο τρόπο ώστε να μετατρέπεται σε συμπαγές σώμα αποτελούσε ένα φαινόμενο άξιο εξέτασης του οποίου τη σημασία είχε υπονομεύσει η συνήθεια της παρατήρησής του. Για τη μέτρηση της συνοχής του πάγου ο Boyle χρησιμοποίησε, όπως

⁵⁵¹ «All Flame», Bacon [1620], σελ. 127.

⁵⁵² «Experiment solitary touching the differing operations of fire and time», ο.π. σς. 438-439. 'Experiment solitary touching subterranean fires', ο.π., σελ., 461 «Experiments in consort touching the continuance of flame», σελ., 463, «Experiment Solitary touching the commixture of flame and air», ο.π., σελ. 351-352, «Experiment solitary touching the different force of flame in the midst and on the sides», ο.π. σελ. 353. 'Experiment solitary touching the rise of water by means of flame», σελ, 635.

⁵⁵³ Η έρευνα παρουσιαζόταν στον 15^ο κεφάλαιο («Title XV») «Experiments and Observations touching Ice», Boyle [1665a], σς. 346-357.

και στα πειράματα της μέτρησης της δύναμης του νερού, το βάρος ως μονάδα μέτρησης. Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο μέτρησης που παρουσίαζε στο *Cold*, η μοναδική με την οποία κατέληγε σε αποτελέσματα, τοποθετούσε μία επίπεδη πλάκα πάγου, συνήθως τριών ίντσών πλάτους και μήκους (7,62cm), και $\frac{1}{4}$ της ίντσας πάχους (,0,63cm) ανάμεσα σε δύο ξύλινες μπάρες. Τοποθετούσε ένα βάρος, στο σχήμα του συμβόλου 7, πάνω στην πλάκα, του οποίου το κοντό πόδι ήταν οριζόντιο στις πλάκες και το μακρύ πόδι κοιτούσε προς τα κάτω· στο δεύτερο τοποθετούσε μία ζυγαριά όπου κρεμούσε βάρη μέχρι να σπάσει ο πάγος. Ο Boyle κατέγραψε μετρήσεις όπου ο πάγος έσπαγε, αφού το σιδερένιο πόδι ($\frac{1}{8}$ της ίντσας πλάτους, 0,31cm) είχε εισχωρήσει μέσα σε αυτόν στο ένα άκρο κατά το μισό πάχος και στο άλλο κατά το ένα τρίτο του πάχους του πάγου. Το βάρος που είχε καταφέρει να κρατήσει το κομμάτι πάγου ήταν 17 λίβρες (avoirdupois), δηλαδή 7 κιλά και 700 γραμμάρια. Η παραπάνω πειραματική διάταξη ήταν στημένη στη λογική ενός εργαλείου της μηχανικής, του «lever» μοχλού. Ο πάγος έπαιζε το ρόλο του υποστηρίγματος και οι δυο ξύλινες μπάρες των δύο υπομοχλίων. Ο Boyle σημείωνε ότι ο υπολογισμός του βάρους που μπορούσε να κρατήσει ο πάγος εξαρτιόταν από το σημείο που τοποθετούνταν και την απόσταση από τα υπομόχλια. Η τοποθέτηση του βάρους σε λάθος σημείο θα έπαιζε ρόλο στα πειραματικά αποτελέσματα, γι' αυτό και ο Boyle τοποθετούσε το βάρος στη μέση της απόστασης ανάμεσα στις δύο ξύλινες μπάρες.

Ο Boyle θεωρούσε ότι τα πειράματά του έδειχναν ότι η συνοχή του πάγου ήταν μεγαλύτερη από ότι πίστευαν οι άνθρωποι ειδικά σε ένα κλίμα όπως της Αγγλίας όπου ο πάγος μπορούσε εύκολα να χαρακιστεί με ένα κομμάτι γυαλί ή μαχαίρι. Δεν είναι σαφές αν αντιστοιχούσε τη συνοχή του πάγου στην πυκνότητά του, υπάρχει όμως αναφορά του «στη δύναμη του πάγου να υποστηρίζει βάρη» που σημαίνει ότι απέδιδε στη συνοχή των μερών του πάγου τη φύση μίας δύναμης⁵⁵⁵

Στα πειράματα για τη συνοχή του πάγου, ο Boyle συμπεριλάμβανε και τις ποιοτικές εκτιμήσεις που έδινε το φαινόμενο της γρήγορης τήξης του πάγου με αλάτι που είχε αναδείξει σε άλλες πειραματικές έρευνες. Ο Boyle τοποθετούσε αλάτι σε επίπεδα κομμάτια πάγου, περίπου $\frac{1}{4}$ της ίντσας πάχους (0,63cm), τα οποία με τη σειρά τους τοποθετούσε σε επίπεδα σκαμνιά. Εντύπωση του έκανε το γεγονός ότι ο πάγος έλιωνε

⁵⁵⁴ «how strong is the mutual adhesion of its parts» Boyle [1665a] σελ. 347.

⁵⁵⁵ «..the force of ice to support weights», ο.π. σελ. 345.

μόνο στα μέρη που ερχόταν σε επαφή με το αλάτι, η δύναμη με την οποία μέρος του πάγου κολλούσε στο ξύλο τόσο δυνατά που έπρεπε να το χτυπήσει με ένα σίδερο για να το βγάλει, καθώς και ο ήχος («crackling») και η ατμοί που έβγαιναν από τον πάγο. Ο Boyle θεωρούσε ότι ο ήχος πρόδιδε το σπάσιμο του πάγου γι' αυτό και το εξέταζε στις επιπλέον δοκιμές που έκανε αντικαθιστώντας το αλάτι με νιτρικό οξύ («aqua fortis») καιθειικό οξύ ('oyl of vitriol'). Στα πειράματα αυτά ο Boyle έδειχνε την ευκολία με την οποία έλιωνε η σύσταση του πάγου με το αλάτι, μία ενέργεια την οποία, λόγω του ήχου, ο Boyle συνδύαζε με το σπάσιμο του πάγου, σε σύγκριση με τη μεγάλη ανθεκτικότητα της σύστασής του στο βάρος που είχε παρατεθεί.

Το θέμα της συνοχής του πάγου έκλεινε με την αναφορά του σε μία μαρτυρία από τις ψυχρές χώρες η οποία επιβεβαίωνε τις δοκιμές του. Αν και θεωρούσε ότι είχε φτάσει σε ένα συμπέρασμα για τη δύναμη («strength») της συνοχής του πάγου ο Boyle διευκρίνιζε ότι ήταν υποθετικό («conjecture») επειδή η συνοχή του εξαρτώνταν πάντα από τους βαθμούς του ψύχους⁵⁵⁶. Σε αυτή την άποψη τον οδηγούσαν μαρτυρίες όπως αυτή του Collins, ενός από τους πιο έμπιστους πληροφοριοδότες του, για την ύπαρξη πιο σκληρών κομματιών πάγου στη Ρωσία από την Αγγλία. Πώς όμως αντιμετώπιζε ο Boyle το γεγονός ότι το φαινόμενο της μετατροπής σε πάγο που συνέβαινε σε ένα συγκεκριμένο, για κάθε σώμα, βαθμό ψύχους ταίριαζε με το συμπέρασμα ότι διαφορετικοί βαθμοί ψύχους δημιουργούσαν διαφορετικής ανθεκτικότητας πάγους.

Το δεύτερο μέρος της έρευνας του Boyle για τα φαινόμενα του πάγου αφορούσε αποκλειστικά τα γενικά χαρακτηριστικά των παγόβουνων και άλλων κομματιών πάγου που συναντούσαν στις ψυχρές χώρες οι καπετάνιοι και άλλοι ναυτικοί. Τα σημαντικότερα, με βάση τις μαρτυρίες και τη συζήτηση του Boyle, αποτελούσαν η παραγωγή φρέσκου νερού από κομμάτια πάγου που συνέλεγαν οι πλοηγοί από τη θάλασσα, το ύψος και το πλάτος των παγόβουνων, η συνοχή που παρουσίαζαν αυτοί οι όγκοι πάγου καθώς και οι ήχοι που προκαλούνταν μέσα από τη δημιουργία ρωγμών. Τα συγκεκριμένα φαινόμενα δεν αποτελούσαν απλές καταγραφές των χαρακτηριστικών των παγόβουνων αλλά είχαν σχέση με συγκεκριμένα ερωτήματα που ενδιαφερόταν ο Boyle να απαντήσει. Έναντι των μαρτυριών που υποστήριζαν την παραγωγή φρέσκου νερού κατά την τήξη του πάγου που συλλεγόταν από τη θάλασσα, ο Boyle πρόβαλλε δύο

⁵⁵⁶ «...that it will be difficult to arrive at any more then a fair conjecture in this mater», ο.π, σελ. 347.

αντιρρήσεις που βασίζονταν σε μαρτυρίες για το αντίθετο. Σύμφωνα με την πρώτη υπήρχε η πιθανότητα αντί πάγου να συλλέγεται το χιόνι το οποίο επικάλυπτε τον θαλάσσιο πάγο. Σύμφωνα με τη δεύτερη, σε συγκεκριμένες περιοχές της θάλασσας, τα κομμάτια του πάγου προέρχονταν από τις ακτές ορισμένων ποταμιών τα οποία εξέβαλλαν σε αυτά τα μέρη και επομένως θα μπορούσαν να αποτελούνται από φρέσκο νερό⁵⁵⁷. Το ενδιαφέρον του για το συγκεκριμένο θέμα δεν εξαντλούνταν στις πρακτικές επιπτώσεις που είχε μία τέτοια μέθοδος παραγωγής φρέσκου και πόσιμου νερού. Η έρευνα για το συγκεκριμένο φαινόμενο μπορούσε να δώσει πληροφορίες για τη διαδικασία της ψύξης, για το ερώτημα της προέλευσης του θαλασσινού πάγου από την ψύξη των σωματιδίων νερού που ενυπήρχαν στο θαλασσινό νερό, και γενικότερα για τη δυνατότητα διαχωρισμού, με την ψύξη, των διαλυμάτων ή μιγμάτων στα συστατικά τους μέρη, όπως είχε παρατηρηθεί να συμβαίνει στα αλκοολούχα ποτά.

Το δεύτερο φαινόμενο στο οποίο έδινε προσοχή ήταν το ύψος στο οποίο μπορούσαν να φτάσουν τα κομμάτια πάγου που αποτελούνταν από ένα ενιαίο κομμάτι⁵⁵⁸. Τα μεγαλύτερα που ανέφερε ο Boyle έφταναν τα 240 πόδια (73,15 μέτρα) πάνω από τη θάλασσα. Οι μαρτυρίες που ανέφερε σχετίζονταν, όπως έχουμε επισημάνει παραπάνω, με την επιβεβαίωση της αναλογίας αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη, μέσω της μέτρησης του επιφανειακού και βυθισμένου μέρους των παγόβουνων. Ο Boyle ανέφερε επίσης τις μεγαλύτερες διαστάσεις που είχε δει καταγεγραμμένες για το πλάτος και το μήκος κομματιών πάγου ή παγόβουνων που αποτελούνταν από μία συνάθροιση μικρότερων κομματιών πάγου. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες, είχαν παρατηρηθεί παγόβουνα πλάτους 24 μιλίων (38.623 μέτρων), 40 λευγών (193,2 χιλιομέτρων) και 80 λευγών (384,4 χιλιομέτρων) τα οποία προκαλούσαν την έκπληξή του. Ως προς την ανθεκτικότητα και τη συνοχή τους, ο Boyle έδειχνε μέσω των μαρτυριών, ότι όταν διατηρούνταν οι ψυχρές καιρικές συνθήκες μπορούσαν πάνω τους να κινούνται ολόκληροι στρατοί με άμαξες και να διεξάγονται μάχες, ενώ την εποχή της τήξης δεν ήταν ασφαλή ούτε για το βάρος ενός ανθρώπου. Οι πληροφορίες αυτές ήταν χρήσιμες για τον έλεγχο των συμπερασμάτων στα οποία είχε καταλήξει για τη συνοχή του πάγου, ένα ζήτημα που απεκάλυπτε τη σύστασή του.

⁵⁵⁷ Αυτές οι περιοχές αφορούσαν τα στενά του Weigats και την περιοχή της Nova Zembla.

⁵⁵⁸ «single mountains», ο.π. σελ. 352.

Η ιδιαίτερη σημασία που έδινε στις μαρτυρίες που αφορούσαν τους κρότους που συνόδευαν τη δημιουργία ρωγμών στον πάγο συσχετιζόταν με το ενδιαφέρον του για την προέλευση των ρωγμών. Ο Boyle είχε προσπαθήσει, και με δικά του πειράματα, να ελέγξει την άποψη σύμφωνα με την οποία οι ρωγμές αποδίδονταν στις θερμές αναθυμιάσεις που αναδύονταν από τους υπόγειους χώρους της γης, χωρίς όμως να μπορέσει να βγάλει συμπέρασμα ένταντι της άποψης που τις απέδιδε στον έντονο βαθμό ψύχους. Και σε αυτή την περίπτωση το ζήτημα συνδεόταν με το ερώτημα της ύπαρξης των θερμών αναθυμιάσεων το οποίο, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2.3.3 χρησιμοποιούνταν στην επιχειρηματολογία του εναντίον του δόγματος της αντιπερίστασης. Στα φαινόμενα της παρατήρησης του μπλε χρώματος του πάγου, της δυνατότητας των παγόβουνων να σταματούν τη δράση του έντονου ανέμου, καθώς και στα φαινόμενα που προσέθετε στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης του *Cold*, για τη σκληρότητα του πάγου ορισμένων αποσταγμάτων φυτών και φρούτων, και την εμφάνιση ατμών κατά την ανάμειξη πάγου και αλατιού, αναφερόταν σχεδόν επιγραμματικά· έτσι έδειχνε ότι αποτελούσαν μέρος της προσπάθειάς του να απευθυνθεί σε όλα τα πιθανά χαρακτηριστικά του φαινομένου τα οποία όμως δεν συνδέονταν με τα γενικότερα ερωτήματα που βλέπουμε να υπογραμμίζουν αρκετές έρευνες της πραγματείας.

Έχοντας σε προηγούμενα κεφάλαια εξετάσει τη διαδικασία δημιουργίας πάγου, και όπως είδαμε παραπάνω τις ιδιότητές του, ο Boyle εξέταζε σε διακριτό κεφάλαιο δύο ακόμη σημαντικά ερωτήματα για την αποκάλυψη της φύσης του: τη διάρκειά του καθώς και τη δυνατότητα καταστροφής του από άλλα σώματα⁵⁵⁹. Ο Boyle εστίαζε την έρευνά του σε δύο θέματα: στην εξέταση του χρονικού διαστήματος στο οποίο κομμάτια πάγου ίδιου όγκου και σχήματος έλιωναν μέσα σε διαφορετικά ρευστά και την εξέταση της δυνατότητας του πάγου να διατηρηθεί όταν εξέλιπε μία αιτία για την καταστροφή του, όπως η θερμότητα. Αφορμή για την έρευνα του Boyle στο πρώτο θέμα αποτελούσε η εξέταση της κοινώς αποδεκτής άποψης σύμφωνα με την οποία κομμάτια πάγου έλιωναν πιο γρήγορα μέσα σε ρευστά τα οποία ήταν 'εν δυνάμει' θερμά («potentially hot») από ό,τι στο νερό⁵⁶⁰. Ο Boyle αμφέβαλλε εξ αρχής για αυτή την άποψη, λέγοντας ότι ή τα όσα

⁵⁵⁹ Κεφάλαιο 16 («Title XVI») «Experiments and Observations touching the duration of Ice and Snow, and the destroying of them by the Air and several Liquors», ο.π., σσ. 357-364.

⁵⁶⁰ Ο.π., σελ. 357.

υποστηρίζονταν δεν είχαν εμπειρική επιβεβαίωση, είτε ότι οι οποιεσδήποτε δοκιμές δεν είχαν γίνει με κομμάτια πάγου τα οποία ήταν ίσου όγκου και σχήματος. Πίστευε ότι με την πειραματική διάταξη που είχε σχεδιάσει έθετε για πρώτη φορά αυτό το θέμα σε πειραματική εξέταση την οποία χαρακτήριζε ως διδακτική «instructive»⁵⁶¹. Παρόλο που δεν ανέφερε συμπεράσματα πάνω στα πειραματικά του αποτελέσματα, μπορούμε να εικάσουμε ότι τα συγκεκριμένα πειράματα απεκάλυπταν πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ της σύστασης των σωμάτων και την τήξη. Τέτοιες συσχετίσεις στο μακροσκοπικό επίπεδο, συσχετίσεις δηλαδή που συνέδεαν την καταστροφή μίας κατάστασης ή ιδιότητας από κάποια ουσία με προσδιορισμένη σύσταση, αποτελούσε για τον Boyle, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο πέντε, μία απόδειξη της λειτουργίας, στο μικροσκοπικό επίπεδο, μηχανισμών επίδρασης των ατόμων των δύο διαφορετικών σωμάτων.

Στην πειραματική διάταξη ο Boyle έθετε κομμάτια πάγου ίσου όγκου και σχήματος ταυτοχρόνως μέσα σε δοχεία με διαφορετικά υγρά, τα οποία είχε φέρει προηγουμένως στη θερμοκρασία του αέρα ενός δωματίου όπου έκαιγε φωτιά. Τα κομμάτια πάγου είχαν μήκος $\frac{3}{4}$ της ίντσας (1,90 cm) και μία ίντσα (2,54 cm) και πάχος όσο το μικρό δάχτυλο ενός μεγαλόσωμου ανθρώπου⁵⁶². Στη συνέχεια μετρούσε με τη βοήθεια ενός εκκρεμούς τους χρόνους στους οποίους τα κομμάτια πάγου τήκονταν⁵⁶³. Με βάση τις μετρήσεις, ο Boyle αποδείκνυε ότι σε έλαια, όπως ήταν το τερεβινθέλαιο («oyl of turpentine») και το «shallet oyl», τα οποία είχε αποδείξει ότι πάγωναν με δυσκολία ή και καθόλου, ο πάγος έλιωνε πιο αργά από ό,τι στο νερό. Μόνο στην περίπτωση του θειούχου οξέως/βιτριολιού («oyl of vitriol») έβρισκε ότι τικόταν πιο γρήγορα. Εάν θεωρήσουμε ότι ο προσδιορισμός «potentially hot» για τα υγρά, σήμαινε την αδυναμία των ελαίων να ψυχθούν, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο Boyle απέρριπτε την άποψη για την πιο αργή τήξη του πάγου στο νερό σε σχέση με αυτά τα υγρά. Επίσης με βάση την αποδεδειγμένη για τον Boyle ψυχρότητα του νερού στη φυσική του κατάσταση, το πείραμα έδειχνε ότι ο πάγος

⁵⁶¹ Ο.π.

⁵⁶² Ο τρόπος με τον οποίο ο Boyle έφτιαχνε κομμάτια πάγου ίσου όγκου και σχήματος αποτελούνταν από την ψύξη νερού σε ένα σωλήνα που είχε κλειστό το ένα άκρο, μήκους 15,24 εκατοστά και πάχους όσο το δαχτυλάκι ενός μεγαλόσωμου ανθρώπου. Με τη θερμότητα του χεριού έβγαζε τον πάγο από το σωλήνα και τον έθετε δίπλα σε ένα χάρακα ο οποίος ήταν χωρισμένος σε ίντσες και όγδοα ιντσών. Με ένα θερμό μαχαίρι έκοβε το σωλήνα σε κομμάτια μήκους 2,65 cm.

⁵⁶³ Βλ. πίνακα 2 στο παράρτημα 1 όπου παρατίθενται οι μετρήσεις με κομμάτια πάγου μίας ίντσας μήκους (2,54cm) και πάχους ενός μικρού ανθρώπινου δάχτυλου σε δύο μετρήσεις.

έλιωνε πιο γρήγορα σε ένα τέτοιο υγρό από ό,τι σε υγρά που είχαν «εν δυνάμει» την αντίθετη ιδιότητα. Ως παράξενο φαινόμενο, ο Boyle παρέθετε την πειραματική δοκιμή, ενώπιον μαρτύρων, της παραγωγής θερμότητας κατά την τήξη ενός κομματιού πάγου μέσα σε θειούχο οξύ/βιτριόλι («oyl of vitriol») το οποίο αρχικά ήταν ψυχρό ως προς την αφή. Ο Boyle δήλωνε ότι σε μία άλλη πραγματεία, το *Mechanical Origin of Qualities*, θα έδειχνε ότι πέρα από τη σύσταση του υγρού και τη φύση του πάγου συνέτρεχε μία επιπλέον αιτία για την παραγωγή του φαινομένου. Η επιμονή του Boyle στα φαινόμενα του πάγου από νερό αποδεικνυόταν ακόμη μία φορά από την σύντομη αναφορά του σε παρόμοιες δοκιμές με πάγους άλλων υγρών όπως ήταν το γάλα, το λάδι, το κρασί και τα ούρα των οποίων όμως τα αποτελέσματα δεν ανέφερε.

Τα πειράματα της χρονομέτρησης της τήξης αναδείκνυαν τη διαφορετική επίδραση που είχαν τα υγρά στην τήξη του πάγου, λόγω της σύστασής τους και όχι της θερμοκρασίας τους, εφόσον όλα είχαν αφεθεί να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του δωματίου. Οι μετρήσεις είχαν επίσης δείξει ότι τα κομμάτια πάγου τήκονταν πιο αργά στον αέρα σε σχέση με τα υπόλοιπα υγρά⁵⁶⁴. Ο Boyle είχε προσπαθήσει να ελέγξει πειραματικά το χρονικό διάστημα διάρκειας του πάγου στον αέρα όταν εξέλειπε η ‘δρώσα’ αιτία (‘efficient cause’) ψύχους που είχε προκαλέσει τη δημιουργία του. Ο Boyle αμφισβητούσε τους υποστηρικτές της άποψης σύμφωνα με την οποία τα αποτελέσματα του ψύχους εξαρτώνταν συνεχώς από την παρουσία και την επηροή των δρώντων αιτιών του, όπως το φως στον αέρα εξαρτιόταν από τον ήλιο ή τη φωτιά⁵⁶⁵. Η άποψη αυτή φαινόταν να βασίζεται στην αριστοτελική θεώρηση για την εξήγηση της εξαναγκασμένης κίνησης μέσω της συνεχούς αιτίας που τη προκαλεί. Η κίνηση αποτελούσε μία από τις μεταβολές στην αριστοτελική θεωρία της μεταβολής. Επομένως η αρχή της εξαναγκασμένης κίνησης μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη μεταβολή του νερού σε πάγο και τη διατήρησή του που αποτελούσε ένα είδος μεταβολής.

Ο Boyle υποστήριζε ότι όταν παραγόταν μία νέα σύσταση/υφή σε ένα σώμα από έναν δρώντα παράγοντα, τότε λόγω της σταθερότητας των φαινομένων της φύσης θα έπρεπε να συνεχίσει σε αυτή τη κατάσταση μέχρι να αναγκαστεί με τη βία «forcibly» να

⁵⁶⁴ Σύμφωνα με τις μετρήσεις του Boyle οι χρόνοι τήξης των κομματιών πάγου στον αέρα ήταν 63 και 152 λεπτά.

βγει από αυτήν με τη δράση ενός παράγοντα που μπορούσε να την υπερνικήσει⁵⁶⁶. Επομένως η τήξη του πάγου στον αέρα θα μπορούσε να μην οφείλεται στην έλλειψη της αιτίας, δηλαδή του παγετού, αλλά στη δράση της αιτίας της θερμότητας που προκαλούνταν είτε από τον ήλιο είτε από τις θερμές αναθυμιάσεις που αναδύονταν από τη γη. Ο Boyle είχε παρατηρήσει τη διατήρηση συμπαγών μαζών χιονιού, όπου λόγω της εγγύτητας των σωματιδίων πάγου δεν παρεμβαλλόταν αέρας, σε θερμό και βροχερό καιρό· επίσης είχε παρατηρήσει τη διατήρηση του χιονιού για αρκετή ώρα σε ένα χώρο όπου δεν το έβλεπε ο ήλιος και άλλοι εχθρικοί παράγοντες και όπου δεν επικρατούσε βαθμός ψύχους που ήταν ικανός να προκαλέσει την ψύξη.

Εδώ ο Boyle φαινόταν να χρησιμοποιεί την ιδέα της αδράνειας, που είχε αναπτυχθεί στους κόλπους της μηχανικής, στη διατήρηση της μεταβολής της υψής του νερού σε πάγο. Η ανάγκη της συνεχούς ύπαρξης μίας αιτίας που να προκαλεί την αριστοτελική εξαναγκασμένη κίνηση είχε ήδη αμφισβητηθεί από τους σχολαστικούς του ύστερου μεσαίωνα⁵⁶⁷. Την εποχή που ο Boyle ανέπτυξε την πειραματική δραστηριότητά του για το ψύχος, τα δόγματα του Αριστοτέλη για την κίνηση είχαν ήδη αρχίσει να ανατρέπονται. Η ιδέα της αδράνειας είχε ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται στις θεωρίες για την κίνηση του Γαλιλαίου, του Gassendi, και του Descartes· ο τελευταίος υποστήριζε στο *Principles of Philosophy*, ότι ένα σώμα θα διατηρήσει την κατάστασή του της ακινησίας ή της κίνησης όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις που είτε το ωθούν είτε αντιστέκονται⁵⁶⁸. Εφόσον λοιπόν φαινόταν ότι οι ιδέες γύρω από την κίνηση ως μεταβολή χρησιμοποιούνταν στην περίπτωση της αλλαγής της υψής του νερού, που επίσης αποτελούσε μία μεταβολή, ο Boyle φαινόταν να εφαρμόζει την ιδέα της αδράνειας στην εξήγηση των φαινομένων της διατήρησης του πάγου.

Η απόδειξη της διατήρησης του πάγου χωρίς τη συνεχή συνδρομή δρώντων αιτίων δεν προερχόταν αμιγώς από τις πειραματικές του διατάξεις· το φαινόμενο της διατήρησης του πάγου ήταν ένα κοινώς παρατηρήσιμο φαινόμενο πάνω στο οποίο είχαν

⁵⁶⁵ Ο.π., σελ., 360. Μεταφράζουμε τους όρους «efficients of cold» και «efficient cause» ως δρώσα ή ικανή αιτία ακολουθώντας τις ερμηνείες των λεξικών σύμφωνα με τα οποία η αιτία που είναι «efficient» κάνει τα σώματα να είναι αυτό που είναι, είναι η αιτία που προκαλεί άμεσα ένα αποτέλεσμα.

⁵⁶⁶ «For in most cases, if a certain texture be once produced in a body, it is agreeable to the constancy of nature, that it persevere in that state, till it be forceably put out of it, by some agent capable to overpower it», ο.π., σελ. 360.

⁵⁶⁷ Lindberg [1997], σς. 411-427.

αναπτυχθεί πρακτικές συντήρησης του σε ειδικά διομορφωμένους χώρους («conservatories»). Μέσω της μαρτυρίας του John Evelyn, τον οποίο εμπιστευόταν για τη γνώση του στην αρχιτεκτονική, ο Boyle παρέθετε τον τρόπο κατασκευής χώρων συντήρησης χιονιού και πάγου το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τον Evelyn, οι χώροι αυτοί είχαν κωνική μορφή και διαμορφώνονταν μέσα στο έδαφος, στους προποδες κάποιου βουνού και σε περιοχές προστατευμένες από τον ανατολικό ήλιο. Είχαν μέγεθος 25 πόδια πλάτος (7,62 μέτρα) στο άνοιγμα και 50 πόδια βάθος (15,24 μέτρα). Ο κωνικός λάκκος ήταν έτσι κατασκευασμένος που στην περιφέρειά του μπορούσαν να καρφωθούν πλάκες από ξύλο. Ο πάτος ήταν επίπεδος και η οροφή αποτελούνταν από διπλές στρώσεις άχυρου και καλαμιών παρατεταγμένα σαν σκεπή όπου υπήρχε μία πόρτα επίσης από άχυρο. Μία γιάρδα από τον πάτο τοποθετούνταν μία σχάρα από άχυρο έτσι ώστε να μην τρέχει χιόνι στον πάτο και στη συνέχεια πάνω της συμπιεζόταν μία στρώση χιονιού σε πάχος ενός ποδιού (30,48 εκατοστά), πάνω από την οποία τοποθετούνταν μία στρώση άχυρου. Οι στρώσεις χιονιού και άχυρου επαναλαμβάνονταν μέχρι την κορυφή του λάκκου όπου έμπαινε μία τελευταία στρώση άχυρου και έκλειναν την πόρτα. Η αρχική σχάρα χρησίμευε στην απομάκρυνση του λιωμένου χιονιού έτσι ώστε να μην προκαλεί την τήξη του υπόλοιπου. Πέρα από του τρόπους συντήρησης χιονιού, ο Boyle ανέφερε μαρτυρίες σύμφωνα με τις οποίες το χιόνι συντηρούνταν σε συνθήκες ηλιοφάνειας, ακόμη και τους καλοκαιρινούς μήνες, σε περιοχές όπως η Nova Zembla και οι Άλπεις των οποίων ορισμένες βουνοκορφές παρέμεναν χιονισμένες, ίσως λόγω της μικρότερης αντανάκλασης των ηλιαχτίδων.

Τα παραπάνω δεικνύουν ότι ένα φαινόμενο το οποίο ήταν οικείο στην καθημερινή πρακτική και πάνω στο οποίο είχαν δημιουργηθεί τρόποι χρήσης του για τις ανθρώπινες ανάγκες συντήρησης, μετατρέπεται από τον Boyle σε ένα φαινόμενο που ελέγχεται πειραματικά και χρησιμοποιείται για την αντίκρουση ενός αριστοτελικού δόγματος. Όταν ο Boyle εκλάμβανε τη θερμότητα ως τον παράγοντα που θα υπερνικούσε την ψυχρότητα του πάγου έτσι ώστε να αλλάξει την κατάστασή του, φαινόταν να διατηρεί τον διαχωρισμό θερμότητας και ψύχους ως διακριτών ιδιοτήτων και όχι ως διαβαθμίσεων του ίδιου μεγέθους. Αυτό που τόνιζε ο Boyle με το επιχείρημά του ήταν

⁵⁶⁸ Για την ανάλυση των ιδεών που αναπτύχθηκαν πριν την διατύπωση του νόμου της αδράνειας από τον Νεύτωνα στο *Principia Mathematica* βλ. Hooper [1998], σς. 146-174.

ότι ο πάγος και το χιόνι μπορούσαν να διατηρηθούν σε υψηλότερη θερμοκρασία από αυτή που είχε προκαλέσει τη μετατροπή τους σε αυτή την κατάσταση. Η διατήρηση της κατάστασης του πάγου χωρίς την αιτία έδειχνε επίσης ότι η ιδιότητα του ψύχους δεν εξαρτώνταν συνέχεια από μία αιτία, αλλά από τη στιγμή που την αποκτούσε ένα σώμα έπρεπε να δράσει ένας έντονος βαθμός θερμότητας για να αλλάξει την κατάστασή του.

Τρίτη κατηγορία: Η έρευνα των βαθμών του ψύχους

Στην τρίτη κατηγορία ο Boyle εξέταζε τους βαθμούς του ψύχους. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξέταζε και προσπαθούσε να μετρήσει τη διαφορά μεταξύ δύο διαφορετικών βαθμών ψύχους που ορίζονταν από ψυκτικά φαινόμενα και φυσικά φαινόμενα⁵⁶⁹. Στο υποκεφάλαιο 2.3.3 παρουσιάσαμε τις τρεις μεθόδους με τις οποίες ο Boyle προσπαθούσε να καταγράψει τους βαθμούς του ψύχους, τα ψυκτικά φαινόμενα, τις ανθρώπινες αισθήσεις και τα θερμοσκόπια. Η συζήτηση του Boyle γύρω από την αδυναμία κατασκευής μίας τυποποιημένης κλίμακας για το ψύχος καθώς και καθορισμού των βαθμών ψύχους, δείχνει ότι οι βαθμοί του ψύχους και η διαφορές μεταξύ τους ήταν θέματα ανοιχτά προς έρευνα. Από τις παραπάνω θεματικές, η έρευνα των βαθμών ψύχους αποτελούσε, μία από τις τρεις βασικές έρευνες που πρότεινε ο Bacon ως μέθοδο κατανόησης μίας ιδιότητας της φύσης. Εξετάζοντας την ιδιότητα της θερμότητας, ο Bacon δεν είχε αναφερθεί στον έλεγχο της διαφοράς βαθμών που δεικνύονταν από θερμικά φαινόμενα, παρ'όλα αυτά όμως επιστούσε την προσοχή στην έρευνα της διαβάθμισης της έντασης της συγκεκριμένης ιδιότητας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, ο Boyle χρησιμοποιούσε τρία βασικά ψυκτικά φαινόμενα, την ψύξη του νερού, το μίγμα χιονιού και αλατιού και το ψύχος που δεν επαρκεί για να ψύξει το νερό, ως ενδείξεις βαθμών ψύχους. Οι θερμοκρασιακές διαφορές των φαινομένων αποτελούσαν ήδη θέμα εξέτασης στην αναπτυσσόμενη πειραματική πρακτική στην Ιταλία, όπως φαίνεται από πειράματα του Sagredo. Τέτοιες έρευνες λάμβαναν μέρος στα πλαίσια της προσπάθειας εύρεσης κανονικοτήτων και σταθερών σημείων στις κλίμακες των νεοκατασκευασθέντων θερμοσκοπίων που χρησιμοποιούνταν στην Ιταλία και την υπόλοιπη Ευρώπη από τις αρχές του 17ου αιώνα. Επίσης σύμφωνα με αναφορές του ίδιου του Boyle, οι έρευνες της επίδρασης του ψύχους στην πυκνότητα

⁵⁶⁹ Κεφάλαιο 4 («Title III»), «Experiments and Observations touching the Degrees of Cold in several Bodies», Boyle [1665a], σσ. 278-285.

του νερού και η χρησιμοποίηση αυτής της επίδρασης για τη μέτρηση βαθμών ψύχους, βοηθούσε στη λύση ενός πρακτικού προβλήματος, αυτού της εκτίμησης της πλεονάζουσας ποσότητας του βάρους που μπορούσαν να φέρουν τα πλοία τον χειμώνα συγκριτικά με το καλοκαίρι. Στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια, ο Boyle φαινόταν να αναφέρεται σε παρατηρήσεις θαλασσοπόρων για τη δυνατότητα της θάλασσας να κρατά πλοία με μεγαλύτερο φορτίο το χειμώνα από το καλοκαίρι ως απόδειξη ότι το νερό ήταν πυκνότερο και βαρύτερο το χειμώνα με τη δράση του ψύχους από το καλοκαίρι. Οι αναφορές στο *Cold* οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι παρατηρήσεις, που είχαν καταγραφεί στα ταξιδιωτικά βιβλία, είχαν οδηγήσει τον Boyle στην εξέταση της επίδρασης του ψύχους στην πυκνότητα του νερού και κατ'έκταση στην πειραματική εξέταση αυτού του φαινομένου προκειμένου να καταλήξει σε μία πιο συγκεκριμένη εκτίμηση για το βάρος που θα έπρεπε να φέρουν τα πλοία το χειμώνα⁵⁷⁰. Το ίδιο φαινόμενο είχε χρησιμοποιηθεί ως μέσο θερμομέτρησης αρκετά νωρίτερα, στις αρχές του 17ου αιώνα στην Ιταλία από τον Γαλιλαίο, και στη συνέχεια γύρω στο 1640, για τον ίδιο σκοπό από τον Δούκα Φερδινάνδο Β΄ των Μεδίκων. Η γνώση και η χρησιμοποίηση της επίδρασης του ψύχους στην πυκνότητα του νερού από τους Ιταλούς εγείρει υποψίες για το αν ο Boyle είχε οδηγηθεί στην εξέταση του φαινομένου και στη μετατροπή του σε πειραματική διάταξη και σε είδος θερμοσκοπίου από τις παρατηρήσεις των ταξιδιωτών.

Με τα πειραματικά του αποτελέσματα ο Boyle διέψευδε την κοινώς αποδεκτή άποψη σύμφωνα με την οποία η μετατροπή σε πάγο αποτελούσε τον ανώτερο βαθμό ψύχους στον οποίο μπορούσε να φτάσει η φύση. Επίσης αποτελούσαν περιστάσεις όπου αποδεικνυόταν ότι είναι εφικτό να διακριθούν οι βαθμοί του ψύχους που ξεπερνούν τον βαθμό που προκαλεί την ψύξη. Ο Boyle πιστοποίησε και ποσοτικοποίησε μέσω της μέτρησης της συρρίκνωσης αιθυλικής αλκοόλης («spirit of wine») και λαδιού του γλυκανίσου, τη διαφορά ανάμεσα στον βαθμό του ψύχους που ήταν επαρκής για την ψύξη του νερού και τον βαθμό που εκλυόταν απευθείας από το ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού⁵⁷¹. Διαπίστωσε ότι η διαφορά αυτή, στα συγκεκριμένα υγρά, δεν ήταν μεγάλη. Στην περίπτωση του λαδιού του γλυκανίσου παρατηρούσε ότι όταν δρούσε ο

⁵⁷⁰ Ο.π., σελ. 283.

⁵⁷¹ Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη περιγράφεται λεπτομερώς στο 2.3.3 σσ. 217-218.

βαθμός ψύχους που ψύχει το νερό συρρικνωνόταν κατά το $1/92^{\circ}$ μέρος του αρχικού του όγκου ενώ όταν δρούσε ο βαθμός του ψυκτικού μίγματος χιονιού και αλατιού κατά το $1/47^{\circ}$. Οι ελλειπείς πληροφορίες για τη στάθμη που βρισκόταν αρχικά το θερμοσκόπιο με την αιθυλική αλκοόλη δεν μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα αυτά με εκείνα που είχαν οι ίδιοι βαθμοί στο λάδι γλυκανίσου και να συμπεράνουμε αν τελικά ο Boyle είχε διαπιστώσει ότι η διαφορά των δύο βαθμών ψύχους είχε τα ίδια αποτελέσματα και στα δύο είδη υγρών. Μετρώντας τη μεταβολή της πυκνότητας του νερού μέσω της αλλαγής του βάρους ενός γυάλινου στρογγυλού δοχείου, ποσοτικοποίησε επίσης, τη διαφορά μεταξύ του βαθμού ψύχους που δεν προκαλεί ψύξη και εκείνου που ψύχει νερό, καταλήγοντας στο ίδιο συμπέρασμα για τη διαφορά που παρουσίαζαν οι δύο βαθμοί στην επίδρασή τους στην πυκνότητα του νερού. Με τα συγκεκριμένα πειράματα θεωρούσε ότι αποδείκνυε ότι η επίδραση του βαθμού που ψύχει το νερό, στην πυκνότητα του νερού και στο λάδι γλυκανίσου, δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο πιστευόταν αλλά ότι ήταν αρκετά μεγάλη στην περίπτωση της αιθυλικής αλκοόλης.

Τέταρτη Κατηγορία: Η Διάδοση/Διάχυση/Μετάδοση του ψύχους

Στην τέταρτη κατηγορία κατατάσσουμε εκείνα τα πειράματα με τα οποία ο Boyle επιχείρησε να εξετάσει την απόσταση στην οποία διαδίδεται το ψύχος από ένα ψυχρό σώμα, την κατεύθυνση αυτής της διάδοσης, στην περίπτωση που παρατηρούνταν τέτοιες περιπτώσεις, και τέλος τη δυνατότητα διάδοσής του μέσα από διαφορετικά μέσα. Η συγκεκριμένη κατηγορία έρευνας αποτελούσε ένα νέο ερευνητικό ερώτημα το οποίο μέχρι τότε δεν είχε αναπτυχθεί στην αριστοτελική θεώρηση για την ιδιότητα του ψύχους. Σύμφωνα με την αριστοτελική θεωρία οι ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας μαζί με την ξηρότητα και την υγρότητα αποτελούσαν συστατικά μέρη των τεσσάρων στοιχείων, του νερού, του αέρα, της φωτιάς και της γης. Ως συστατικά μέρη των στοιχείων και με βάση τη συμμετοχή των στοιχείων στη σύσταση των σύνθετων σωμάτων, έπαιζαν ρόλο και στη σύσταση των τελευταίων. Οι ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας θεωρούνταν ενεργητικές έναντι της ξηρότητας και της υγρότητας που θεωρούνταν παθητικές· ήταν υπεύθυνες για την σύμφυση και τη μεταβολή σωμάτων που ήταν του ίδιου και διαφορετικού είδους, καθώς και για μεταβολές όπως ήταν η υγροποίηση, η ξήρανση, η σκλήρυνση και η μαλάκυνση των σωμάτων. Ο Αριστοτέλης

εξηγούσε στα *Μετεωρολογικά* τον τρόπο με τον οποίο εκδηλωνόταν η δραστηριότητά τους, χωρίς όμως να εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο οι δύο ιδιότητες έμπαιναν και έβγαιναν από τα σώματα⁵⁷². Εκεί εξηγούνταν μόνο τα αποτελέσματα στα οποία κατέληγε η δράση τους. Θέτωντας το ερώτημα για τη δυνατότητα διάδοσης του ψύχους και μετάδοσης σε μέσα, ο Boyle μετέθετε το επίκεντρο της έρευνας στην ίδια την ιδιότητα και στους τρόπους με τους οποίους αυτή διαδιδόταν. Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα θα έδινε περισσότερες πληροφορίες καταρχήν για τον τρόπο μετάδοσης ή διάδοσης της ιδιότητας και ως αποτέλεσμα για τη φύση του ψύχους. Η συγκεκριμένη προβληματική διέυρνε περισσότερο τα στενά όρια στα οποία είχε περιορίσει η αριστοτελική σκέψη την δράση της ιδιότητας. Επίσης φαίνεται ότι τα συγκεκριμένα ερωτήματα δεν αποτελούσαν επίκεντρο συζήτησης ούτε για ατομικές θεωρίες της εποχής όπως η θεωρία του Gassendi που βασιζόταν σε επικουρειανές αρχές. Στο έργο του Charleton *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*, το επίκεντρο της ανάλυσης της φύσης του ψύχους ήταν το σχήμα των ψυχρών σωματιδίων και η συζήτηση του θέματος της ύπαρξης ενός «Πρώτου Ψυχρού Σώματος». Η μόνη αναφορά που είχε σχέση με την έννοια της μετάδοσης αφορούσε τη θερμότητα και τους δύο τρόπους με τους οποίους τα θερμά σωματίδια απελευθερώνονταν από τα σώματα⁵⁷³. Τα συγκεκριμένα ερωτήματα που ερευνούσε ο Boyle με αυτή την κατηγορία πειραμάτων, αποτελούσαν μία πρωτότυπη προβληματική η οποία ήταν αποτέλεσμα της γενικότερης αντίληψης που είχε αρχίσει να σχηματίζει με τα πειράματά του για την ιδιότητα.

Στο κεφάλαιο 13 ο Boyle δήλωνε ότι θα εξέταζε «την περιοχή/σφαίρα δράσης του ψύχους» («The sphere of activity of Cold») δηλαδή «τον χώρο στα άκρα του οποίου το ψύχος έχει τη δυνατότητα να φτάσει με κάθε τρόπο»⁵⁷⁴. Θεωρούσε ότι η απόσταση στην οποία μπορούσε να δράσει το ψύχος επηρεαζόταν από τους εξής πέντε παράγοντες: από το βαθμό ψύχους του ψυχρού σώματος, που αποτελούσε την πηγή του ψύχους, το μέσο, το οποίο ανάλογα με τη δυνατότητά του να δεχθεί ή να διαδώσει το ψύχος μπορούσε να μειώσει ή να αυξήσει την απόσταση διάδοσής του, την κατάσταση του μέσου ως προς την κίνηση ή την ακινησία, το θερμομετρικό όργανο που χρησιμοποιούνταν για την

⁵⁷² Αριστοτέλης [1952], σελ. 291-375.

⁵⁷³ Charleton [1966], σσ. 296-297.

ένδειξη του ψύχους και τέλος τον όγκο του ψυχρού σώματος. Ως προς τον παράγοντα της επιλογής θερμομετρικού οργάνου ο Boyle είχε ήδη στο εισαγωγικό κεφάλαιο αναδείξει τα προβλήματα που υπήρχαν στις συγκριτικές μετρήσεις του θερμοσκοπίου και των ανθρώπινων αισθήσεων καθώς και στην επιροή των τελευταίων από τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκονταν⁵⁷⁵.

Ο Boyle ακολούθησε δύο διαφορετικές μεθόδους εξέτασης του ερωτήματος. Με την πρώτη μέθοδο έθετε υπό εξέταση την άποψη σύμφωνα με την οποία το ψύχος διαδιδόταν στον ατμοσφαιρικό αέρα στην ίδια απόσταση με άλλες ιδιότητες όπως ήταν η θερμότητα που εξέπεμπε η φωτιά, το άρωμα ορισμένων σωμάτων καθώς και τα μαγνητικά ρευστά που εξέπεμπαν οι μαγνήτες. Ο Boyle ήλεγχε το συμπέρασμα τοποθετώντας κομμάτια πάγου μεσαίου μεγέθους κοντά στο ανθρώπινο χέρι και στο θερμοσκόπιο χωρίς όμως θετικό αποτέλεσμα. Το ψύχος του πάγου γινόταν αισθητό και από τους δύο τρόπους θερμομέτρησης μόνο με την άμεση επαφή. Ο Boyle εξέτασε αντίστοιχα αν στην περίπτωση κομματιών πάγου μεγαλύτερου όγκου και στις συνθήκες εντονότερου ψύχους των ψυχρών κλιμάτων, τα παγόβουνα θα γίνονταν αισθητά χωρίς να έχουν παρατηρηθεί νωρίτερα από τους πλοηγούς. Καμία μαρτυρία όμως από τις πηγές που χρησιμοποιούσε δεν επιβεβαίωσε τις προφορικές πληροφορίες ενός εμπόρου για τη δυνατότητα της αίσθησης από απόσταση του ψύχους των παγόβουνων. Η πιθανότητα που έδινε να αισθανθούν οι ναυτικοί μικρότερα κομμάτια ψύχους στο ήπιο κλίμα της Αγγλίας όπου οι αισθήσεις τους δεν θα είχαν συνηθίσει το έντονο ψύχος, δείχνει ότι παρά τα πειραματικά του αποτελέσματα, πίστευε ότι το ψύχος μπορούσε να διαδοθεί σε απόσταση. Η παράθεση στη δεύτερη έκδοση του *Cold* μίας μαρτυρίας για τη δυνατότητα κάποιων ναυτικών με τη βοήθεια του ανέμου να καταλάβουν με την αίσθηση του ψυχρού αέρα το μέρος όπου βρισκόταν ο πάγος, ο οποίος απείχε 20 λεύγες (96,6 χιλιόμετρα), δείχνει ότι το θέμα της διάδοσης του ψύχους σε απόσταση από ένα ψυχρό σώμα ήταν ακόμη ανοιχτό για τον Boyle.

Η διαφορά που παρατηρούσε ανάμεσα στη διάδοση του ψύχους από απόσταση και σε άμεση επαφή τον οδήγησε στην εκτέλεση πειραμάτων και στην παράθεση

⁵⁷⁴ Κεφάλαιο 13, («Title XIII») «Experiments and Observations touching the sphere of Activity of Cold», Boyle [1665α], σσ.,335-340, 335. «the space, to whose extremities every way the action of a Cold body is able to reach», Ο.π., σελ. 335.

⁵⁷⁵ Βλ. κεφάλαιο 2.3.2.

παρατηρήσεων με σκοπό την εξέταση της δυνατότητας του νερού να παγώσει κατά την άμεση επαφή του με τον πάγο⁵⁷⁶. Η αποτυχία των πειραμάτων του στο κλίμα της Αγγλίας καθώς και οι μαρτυρίες για την πρακτική, που ακολουθούνταν στη Ρωσία, της ψύξης του νερού μέσω της έκχυσής του σε πάγο, τον οδήγησε στην σκέψη ότι ο παράγοντας που συνέβαλε στην ψύξη του νερού στις ψυχρές χώρες δεν μπορούσε να είναι το χιόνι ή ο πάγος μόνος του, αλλά το ψύχος του εξωτερικού αέρα. Με αυτό τον τρόπο αναδείκνυε τον ψυχρό αέρα ως κύριο παράγοντα της μετάδοσης του ψύχους ακόμη και στην περίπτωση που το ψυχρό σώμα ερχόταν σε επαφή με τα σώματα προς ψύξη. Ο Boyle επέμενε σε αυτό το συμπέρασμα παρά την αδυναμία του να εξηγήσει τη μαρτυρία από μία έμπιστη πηγή του για την επίτευξη ψύξης νερού με τον ίδιο τρόπο ως μέσο διατήρησης πάγου σε ένα θερμό μέρος όπως ήταν η Περσία

Η δεύτερη μέθοδος εξέτασης της απόστασης διάδοσης του ψύχους εφαρμοζόταν μέσα από την εξέταση του βάθους στο οποίο παγώνει με τη δράση του ψυχρού αέρα, το έδαφος και το νερό, τα δύο σώματα που βρίσκονται σε μεγαλύτερη έκταση στη γη και μπορούν να ψυχθούν. Ο Boyle τόνιζε ως χαρακτηριστικό αυτής της εξέτασης την χωρίς καθοδήγηση ψυκτική δράση του αέρα που είχε ως αποτέλεσμα την ψύξη των σωμάτων από την επιφάνεια προς τα κάτω. Ο Boyle θεωρούσε ότι το βάθος της ψύξης εξαρτιόταν από την ψυχρότητα του αέρα, τη διάρκεια της παγωνιάς, την πυκνότητα της σύστασης της γης, τη φύση των χυμών που την ύγραιναν και τη σύνθεση των κατώτερων στρωμάτων της, ορισμένα από τα οποία έστελναν θερμούς ή 'εν δυνάμει' θερμούς ατμούς στην επιφάνεια. Οι παρατηρήσεις του επικεντρώνονταν στην εξέταση του βάθους της ψύξης της γης, και όχι της θάλασσας. Αυτό ίσως συνέβαινε γιατί η συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των παγόβουνων στα προηγούμενα κεφάλαια είχε καλύψει το θέμα της ψύξης σε βάθος της θάλασσας. Στο διάστημα μίας παγωνιάς που είχε κρατήσει για 18 μέρες ο Boyle είχε παρατηρήσει την ψύξη του εδάφους ενός κήπου σε βάθος 3,5 ίντσών (8,89 εκατοστά) μετά από τέσσερις νύχτες, 8,5 ίντσών (21,59 εκατοστά) μετά από 9 με 10 νύχτες, και 1 πόδι και 2 ίντσων (35,56 εκατοστά) μετά από 18 μέρες. Παρόλο που το έδαφος πάγωνε, όταν ο Boyle έθεσε έναν κύλινδρο με νερό μήκους 18 ιντσών (45,72 εκατοστών) μέσα στο έδαφος, το νερό δεν πάγωσε καθόλου. Οι αντίστοιχες πληροφορίες

⁵⁷⁶ Στο πρώτο κεφάλαιο του *Cold* ο Boyle είχε ήδη αποτύχει να παγώσει νερό σε μία φιάλη.

για την ψύξη του εδάφους στη Ρωσία ήταν 2 πόδια (60,96 εκατοστά) βάθος και στη Νήσο Charleton 10 πόδια βάθος (3.04 μέτρα).

Με τα παραπάνω πειράματα ο Boyle έδειχνε ότι το ψύχος του ατμοσφαιρικού αέρα μεταδιδόταν στη γη και στο νερό, όχι όμως σε μεγάλο βάθος, όπως όριζε η κοινή γνώμη. Τα αποτελέσματα όμως της εξέτασης της διάδοσης του ψύχους ενός ψυχρού σώματος με συγκεκριμένες διαστάσεις, στον αέρα ήταν αρνητικά. Ωστόσο για τον Boyle το ερώτημα για τη διάδοση στον αέρα παρέμενε ανοιχτό. Παρόλο που δεν είχε καταλήξει σε μία σαφή απάντηση σε αυτό, ο Boyle συμπεριλάμβανε σε διακριτό τίτλο στο *Cold* πειράματα όπου εξετάζοταν η κατεύθυνση της διάδοσης του ψύχους⁵⁷⁷. Αφορμή, όχι μόνο για αυτή την εξέταση αλλά και για την αντιμετώπισή της ως διακριτής κατηγορίας πειραμάτων από τα παραπάνω αποτελούσε η άποψη των φιλοσόφων («Philosophers») την οποία έθετε ο Boyle προς εξέταση, σύμφωνα με την οποία, η διάδοση της φωτιάς γίνεται πρωτίστως προς τα πάνω, ενώ στα πλάγια ή προς τα κάτω η ένταση της δράσης της είναι μειωμένη. Ο Boyle είχε επιβεβαιώσει μέσω πειραμάτων την ισχύ του φαινομένου στην περίπτωση της φωτιάς, και εξέταζε αν το αντίστροφο θα συνέβαινε στο ψύχος, δεδομένης της αντίθετης φύσης του σε σχέση με τη θερμότητα⁵⁷⁸. Η άποψη αυτή αντιπροσώπευε και την αριστοτελική και την ατομιστική παράδοση που κυριαρχούσαν εκείνη την εποχή. Σύμφωνα με την αριστοτελική θεωρία η φυσική τάση της φωτιάς προκειμένου να βρει τον φυσικό της «τόπο» ήταν προς τα πάνω. Οι αναφορές του Boyle στην ένταση της φωτιάς στα διάφορα μέρη της υποδείκνυαν ότι είχε υπόψη του κάποιες παρατηρήσεις που είχαν γίνει, ίσως από τους ατομικούς φιλοσόφους της εποχής, με τις οποίες είχε συμφωνήσει πειραματικά. Η θεώρηση ότι το ψύχος κατά αντιστοιχία προς τη θερμότητα θα είχε κατεύθυνση προς τα κάτω ήταν μία άποψη που πάλι έβρισκε τις απαρχές της στην Αριστοτελική θεωρία, και την άποψη ότι η γη, το στοιχείο που αποτελείται από τις ποιότητες ψυχρό και ξηρό, είχε φυσική τάση προς τα κάτω⁵⁷⁹.

⁵⁷⁷ Κεφάλαιο 5 («Title V»), «Experiments touching the Tendency of Cold Upwards and Downwards», Boyle [1665α], σσ. 285-288.

⁵⁷⁸ Τα πειράματα με τα οποία επιβεβαίωνε την άποψη των φιλοσόφων μπορούμε να υποθέσουμε ότι συμπεριλαμβάνονταν στην αδημοσίευτη πραγματεία *Dialogues Concerning Heat and Flame*. Στα σωζόμενα μέρη του χειρογράφου δεν έχουν βρεθεί αναφορές στο θέμα της εξέτασης της κατεύθυνσης διάδοσης της θερμότητας από την φλόγα.

⁵⁷⁹ Για την αριστοτελική άποψη για την φυσική κίνηση των στοιχείων, βλ. Αριστοτέλης [1994], σελ.145., Ross [1993], σελ. 113.

Ο Boyle εκτέλεσε τα πειράματά του χρησιμοποιώντας ως μέσα και χώρους διάδοσης/διάχυσης το νερό και τον αέρα, και έλαβε αντικρουόμενα αποτελέσματα⁵⁸⁰. Στην πρώτη περίπτωση η διάχυση του ψύχους ενός ψυκτικού μίγματος εξεταζόταν με δύο τρόπους: χρησιμοποιώντας ως μέσο τον αέρα για την ψύξη μίας φιάλης με νερό που βρισκόταν σε απόσταση μίας ίντσας (2,54 εκατ.) από το ψυκτικό μίγμα, και χρησιμοποιώντας τον αέρα ως χώρο μετάδοσης, δηλαδή ψύχοντας τους ατμούς που κολλούσαν στο εξωτερικό της φιάλης που περιείχε το ψυκτικό μίγμα. Με το δεύτερο τρόπο ο Boyle έδειχνε ότι η δροσιά ή ο πάγος που σχηματιζόταν στο εξωτερικό μέρος μίας φιάλης δεν ξεπερνούσε ποτέ σε ύψος, παρά ελάχιστα, το σημείο στο οποίο ήταν το ψυκτικό μίγμα⁵⁸¹. Το πείραμα αυτό είχε χρησιμοποιηθεί κατ'επανάληψη στο πρώτο κεφάλαιο όπου εξεταζόταν η δυνατότητα ορισμένων σωμάτων να ψύξουν κάποια άλλα, οπότε αποτελούσε ένα από τα συχνότερα παρατηρήσιμα και επιβεβαιωμένα φαινόμενα των πειραμάτων του ψύχους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η μέθοδος αυτή έδειχνε στον Boyle ότι ακόμη και τα πιο ψυχρά σώματα, όπως ήταν το ψυκτικό μίγμα, δεν διέδιδαν το ψύχος σε κάποια σημαντική απόσταση ούτε προς τα πάνω ούτε προς τα κάτω. Ο Boyle πρόβαλλε το συγκεκριμένο πειραματικό γεγονός ως ισχυρό λόγο που τον συγκρατούσε από το να συνάγει συμπεράσματα από τα πειράματα με μέσο το νερό που έδειχναν την τάση του ψύχους να διαδοθεί προς τα κάτω. Ο Boyle είχε τοποθετήσει μία γυάλινη στρογγυλή φιάλη με λαιμό γεμάτη με ψυκτικό μίγμα σε νερό και είχε παρατηρήσει ότι η φιάλη είχε εγκλειστεί σε πάγο ο οποίος ήταν πιο παχύς στο κάτω μέρος. Ο Boyle θεωρούσε ότι η διαφορετικότητα των μέσων, του νερού και του αέρα, έπαιζε ρόλο στα αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα, και ότι χρειαζόνταν περισσότερα πειράματα για να προσδιοριστεί οριστικά ο ρόλος τους.

Ως μέρος των πειραμάτων για την κατεύθυνση διάδοσης του ψύχους ο Boyle παρουσίαζε τη νέα μέθοδο μετατροής των υγρών σε πάγο με την οποία απέτρεπε τη

⁵⁸⁰ Η διάκριση γίνεται γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις ο Boyle χρησιμοποιεί τα δύο σώματα ως μέσα για να φτάσει το ψύχος σε ένα άλλο σώμα, και άρα η εξέταση της κατεύθυνσης της διάχυσης γίνεται με κριτήριο την ψύξη αυτού του σώματος. Σε άλλες περιπτώσεις ο Boyle ελέγχει τη μετάδοση του ψύχους από ένα ψυχρό σώμα κατευθείαν στον αέρα και στο νερό, οπότε η ψύξη ή όχι των σωμάτων δεικνύει την κατεύθυνση της διάχυσης του ψύχους.

⁵⁸¹ Ο Boyle είχε παρατηρήσει με λεπτομέρεια, και περιέγραφε με τον ίδιο τρόπο στο *Cold*, όλη την πορεία της τήξης του μίγματος, σημειώνοντας ότι καθώς το μίγμα λιώνει και επιπλέει στην επιφάνεια του υγρού που δημιουργείται, η εξωτερική δροσιά ή ο πάγος περιορίζεται στα σημεία που βρίσκεται το μίγμα μέχρι να εξαφανιστεί τελείως όταν το ίδιο το μίγμα έχει λιώσει εντελώς. Boyle [1665a], σελ. 286.

θραύση των γυάλινων φιαλών στις οποίες ετίθεντο τα υγρά να παγώσουν⁵⁸². Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, ο Boyle είχε παρατηρήσει ότι όταν το νερό τοποθετούνταν σε μία γυάλινη φιάλη να ψυχθεί στον εξωτερικό αέρα, υπήρχε ο κίνδυνος η ψύξη να ξεκινήσει πρώτα από την επιφάνεια, με αποτέλεσμα καθώς το υπόλοιπο νερό μετατρέποταν σε πάγο και διογκωνόταν, να βρίσκει εμπόδιο τον επιφανειακό πάγο και τελικά να σπάει τα πλάγια της φιάλης ως διέξοδο. Σύμφωνα με τη νέα μέθοδο που πρότεινε, η ψύξη ξεκινούσε από τον πάτο του νερού όπου τοποθετούνταν πρώτα το μίγμα χιονιού και αλατιού, ενώ εξωτερικά της υπόλοιπης ποσότητας τοποθετούνταν σκέτο χιόνι για να το ψυχράνει. Καθώς το κατώτερο τμήμα του νερού πάγωνε, το ψυκτικό μίγμα τοποθετούνταν όλο και ψηλότερα, και μόνο στο τέλος της ψυκτικής διαδικασίας έφτανε την επιφάνεια του νερού. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle κατηύθυνε τη διόγκωση του νερού προς τα πάνω με αποτέλεσμα η φιάλη να μένει άθικτη. Η νέα μέθοδος ψύξης του νερού βασιζόταν στο συμπέρασμά του για την αδυναμία του ψυκτικού μίγματος μετατρέψει σε πάγο τους ατμούς του αέρα που βρίσκονταν σε μεγαλύτερο ύψος από αυτό. Γι' αυτό τοποθετούσε το ψυκτικό μίγμα στο κατώτερο τμήμα του νερού που ήταν σε ρευστή κατάσταση, λαμβάνοντας ως προϋπόθεση ότι η ψυκτική δράση δεν θα μεταφερόταν στο τμήμα που βρισκόταν πιο πάνω από το ψυκτικό μίγμα. Η χρήση των συμπερασμάτων του Boyle για τον σχεδιασμό μίας νέας μεθόδου ψύξης που έλυνε ένα πρακτικό πρόβλημα δείχνει ότι, παρόλο που δεν κατέληγε σε ένα «θετικό», όπως έλεγε, συμπέρασμα για την κατεύθυνση της διάχυσης του ψύχους, χρησιμοποιούσε τα αποτελέσματα των πειραμάτων του για τον σχεδιασμό πειραματικών διατάξεων που αποδεικνύονταν πολύ χρήσιμα στην πειραματική πρακτική της έρευνας του ψύχους⁵⁸³. Η νέα μέθοδος ψύξης του Boyle όμως χρησιμοποιούνταν και για τη συναγωγή «υποθετικών συμπεράσματος», όπως τα αποκαλούσε· το πρώτο αφορούσε την απόρριψη της θεωρίας των στοικίων ότι η ψύξη του νερού από την επιφάνεια προς τα κάτω δεικνύει την ιδιότητα του αέρα ως πρώτου ψυχρού σώματος και το δεύτερο αφορούσε την απόρριψη της αριστοτελικής εξήγησης της θραύσης των φιαλών με την ψύξη του εσώκλειστου νερού. Το παράδειγμα της στήριξης της νέας μεθόδου ψύξης του νερού σε πειραματικά

⁵⁸² Ο Boyle διευκρινίζει ότι παρόλο που η χρήση του μίγματος χιονιού και αλατιού ήταν γνωστή, η μέθοδος της ψύξης στην οποία το χρησιμοποιούσε δεν είχε εκτελεστεί από κάποιον που να γνωρίζει ο.π., σελ., 287.

αποτελέσματα με τα οποία ο Boyle δεν είχε καταλήξει ακόμη σε ένα καθοριστικό συμπέρασμα, αποκαλύπτει μία τακτική του Boyle να χρησιμοποιεί ορισμένα συμπεράσματα εργαλειακά, δηλαδή ως συμπεράσματα που είχαν πρακτική χρήση χωρίς η ισχύς τους να έχει αποδειχθεί οριστικά.

Από τα πειράματα της τέταρτης κατηγορίας που έχουμε παρουσιάσει ως εδώ, αποδεικνυόταν ότι ένα συγκεκριμένο κομμάτι πάγου, μικρού ή μεγάλου μεγέθους, ή ένα οποιοδήποτε σώμα με περιορισμένη έκταση δεν φαινόταν να μεταδίδει το ψύχος σε απόσταση ή σε κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση παρά όταν ερχόταν σε επαφή με τον αποδέκτη του ψύχους. Στα πειράματα που εκτέλεσε στο δέκατο τέταρτο κεφάλαιο για την εξέταση των μέσων διάδοσης του ψύχους ο Boyle ήλεγχε τα μέσα, στην περίπτωση που η μετάδοση του ψύχους γινόταν εξεπαφής⁵⁸⁴. Πριν ξεκινήσει τις περιγραφές του, παρατηρούσε ότι στα συγκεκριμένα πειράματα, ανεξαρτήτως της πυκνότητας του υλικού, έπρεπε να υπολογίζεται σωστά το πάχος των μέσων έτσι ώστε η αιτία στην περίπτωση αποτυχίας της διάδοσης του ψύχους, να μην αποδοθεί λανθασμένα στη φύση του μέσου, αλλά στο πάχος του σώματος που δημιουργούσε μία σημαντική απόσταση μεταξύ δρώντα παράγοντα και αποδέκτη⁵⁸⁵. Σύμφωνα με τον Boyle, η παραπάνω συνθήκη, ήταν αναγκαστική, δεδομένης της περιορισμένης απόστασης στην οποία είχε πιστοποιήσει ότι μετέδιδε το ψύχος το μίγμα χιονιού και αλατιού. Παρά την επισήμανση, ο Boyle δεν καθόριζε ποσοτικά το πάχος των υλικών που χρησιμοποιούσε, το οποίο δεν συνάδει με άλλες πειραματικές διατάξεις όπου καθόριζε τις συγκεκριμένες ποσότητες, δικαιολογείται όμως μέσω της χρήσης δοχείων των οποίων οι διαστάσεις και το πάχος, λόγω συνήθειας, του ήταν δεδομένες.

Στην πρώτη πειραματική διάταξη ο Boyle ήλεγχε τη δυνατότητα των δοχείων από πηλό, pewter, σίδηρο και γυαλί να διαδώσουν το ψύχος, είτε τοποθετώντας μίγμα χιονιού και αλατιού μέσα τους και παρατηρώντας την ψύξη των ατμών που ενυπήρχαν στον ατμοσφαιρικό αέρα στην εξωτερική τους επιφάνεια (περίπτωση με πήλινα δοχεία), είτε τοποθετώντας το μίγμα περιμετρικά και παρατηρώντας την ψύξη του νερού που

⁵⁸³ «I will not *positively* conclude though they seem to persuade it, that the tendency of cold produced by Bodies qualified to freez others, is greater downwards then upwards», ο.π., σελ. 286.

⁵⁸⁴ Κεφάλαιο 14, «Title XIII», «Experiments touching the differing Mediums through which Cold may be diffus'd», ο.π., σσ. 340-346

⁵⁸⁵ Θεωρώ ότι όταν λέει ότι «notwithstanding their Compactness or the Closeness of their Texture», ο.π., σελ., 340, εννοεί την πυκνότητά τους.

περιείχαν (περίπτωση με σιδερένια καλούπια)⁵⁸⁶. Για την αγωγιμότητα του γυαλιού ο Boyle θεωρούσε ότι είχε αναφέρει κατ'επανάληψη στην πραγματεία πειραματικές διατάξεις με ερμητικά κλειστές φιάλες οι οποίες αποδείκνυαν μέσω της ψύξης των ατμών του αέρα καταρχήν ότι το ψύχος μεταδιδόταν μέσα από το γυαλί και δεύτερον ότι δεν προερχόταν από τον εσώκλειστο αέρα.

Το επόμενο μέσο που ήλεγχε ο Boyle αποτελούσε τον χώρο που δημιουργούνταν κατά την εξάντληση του αέρα από τον υποδοχέα μίας αντλίας κενού. Ο Boyle δήλωνε ότι εξέταζε τον χώρο αυτό είτε θεωρούνταν από κάποιους ως κενός είτε ως περιέχων ένα ρευστό το οποίο είναι λιγότερο διατεθειμένο στη διάδοση του ψύχους⁵⁸⁷. Για τον ίδιο η εξέταση αφορούσε το χώρο ο οποίος ήταν κενός ως προς τον αέρα και άλλες χονδροειδής ουσίες⁵⁸⁸. Τοποθετώντας έναν αναποδογυρισμένο σωλήνα με νερό σε ένα δοχείο στον υποδοχέα, εξαντλούσε τον αέρα και ύστερα έθετε τον υποδοχέα σε μίγμα χιονιού και αλατιού⁵⁸⁹. Το νερό μετατρεπόταν σε πάγο σε όλο το μήκος του σωλήνα, με τη διαφορά ότι η διαδικασία ψύξης ήταν πιο αργή από άλλες περιπτώσεις. Ο Boyle δεν ανέφερε άλλα παρόμοια πειράματα, θεωρώντας ίσως ότι το συγκεκριμένο αρκούσε για την απόδειξη της μετάδοσης του ψύχους μέσα από τον χώρο της αντλίας κενού μετά την εξάντληση του αέρα.

Ο Boyle εξέταζε επίσης την περίπτωση των μέσων εκείνων τα οποία δεν ήταν «προ-διαθετημένα»⁵⁹⁰ για την μετάδοση του ψύχους. Ως τέτοια θεωρούσε τα σώματα που ήταν θερμά ως προς την αφή. Εδώ ήθελε να εξετάσει τη συγκεκριμένη περίπτωση όπου η θερμότητα του μέσου είναι συνεχώς ανανεώσιμη, μέσω της συνεχούς τροφοδότησης του με θερμό ρευστό. Με αυτό τον τρόπο εξέταζε τη δράση του ψύχους

⁵⁸⁶ Για την απόδειξη της αγωγιμότητας του σιδήρου ως προς το ψύχος, ο Boyle περιέγραφε έναν τρόπο κατασκευής φλυτζανιών από πάγο, φτιάχνοντας δύο καλούπια, το ένα ελάχιστα πιο μεγάλο από το άλλο, και τοποθετώντας το μικρότερο πάνω από το μεγαλύτερο, με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει μία απόσταση κενή ανάμεσα στο κυρτό μέρος του ενός και το κοίλο του δεύτερου. Γέμιζε αυτο το χώρο με νερό και στη συνέχεια τοποθετούσε στο κοίλο μέρος του πάνω καλουπιού καθώς και γύρω από το κυρτό μέρος του κάτω καλουπιού ψυκτικό μίγμα το οποίο πάγωνε το εγκλωβισμένο νερό στο σχήμα ενός φλυτζανιού. Ο.π., σελ., 341.

⁵⁸⁷ Εικάζουμε ότι με αυτή τη φράση εννοούσε τον Καρτεσιανό αιθέρα.

⁵⁸⁸ «whether notwithstanding the withdrawing of the Medium, the water suspended in a kind of Vacuum, as to Air or gross substances would yet be frozen by the Cold», ο.π., σελ. 343.

⁵⁸⁹ Αναποδογυρίζοντας τον σωλήνα μέσα σε ένα δοχείο, μέρος του νερού βρισκόταν εκτεθειμένο στον αέρα. Καθώς εξαντλούσε τον αέρα φυσαλίδες ανέβαιναν μέσα από το νερό στο εξωτερικό του κυλίνδρου. Με την παύση της ανόδου των φυσαλίδων ο Boyle μπορούσε να κρίνει πότε είχε εξαντλήσει τον αέρα από τον υποδοχέα.

⁵⁹⁰ «...the Transmission of Cold through indispos'd Mediums», ο.π.

στην περίπτωση που αυτό δεν ενεργούσε μειώνοντας και αφανίζοντας τη θερμότητα του μέσου. Το μέσο που χρησιμοποίησε ήταν το ανθρώπινο σώμα. Ο Boyle ανέφερε μία προσωπική μαρτυρία την οποία επιβεβαίωνε με εμπειρίες ενός τρίτου προσώπου, σύμφωνα με την οποία κατά την παραμονή του σε ιαματικές πηγές, είχε καταπιεί γρήγορα το ψυχρό νερό των πηγών παρατηρώντας με την αφή ότι το ψύχος μεταδιδόταν μέσω των κοιλιακών μυών στο εξωτερικό της κοιλιάς του. Δεν επιχειρούσε όμως να εξηγήσει με ποιον τρόπο το ψύχος πάγωνε ή υπερνικούσε το συνεχώς τροφοδοτούμενο με θερμότητα μέσο, δηλαδή το σώμα του.

Ως μέσα διάδοσης του ψύχους ο Boyle εξέταζε επίσης ορισμένα από τα υγρά που είχε δοκιμάσει να ψύξει, όπως ήταν το τερεβινθέλαιο «Oyl of turpentine», η αιθυλική αλκοόλη «spirit of wine», το διάλυμα θαλασσινού αλατιού και το brine. Μία στρογγυλή φιάλη με μικρό λαιμό γεμάτη με νερό τοποθετούνταν σε ένα μεγαλύτερο δοχείο με πλατύ στόμιο, μέσα στο οποίο τοποθετούνταν το μέσο, δηλαδή το υγρό που θα εξεταζόταν⁵⁹¹. Περνούσαν ένα σχοινί στο λαιμό της μικρής φιάλης του οποίου το άλλο άκρο καρφωνόταν σε ένα φελλό με τον οποίο έκλειναν το στόμιο του μεγάλου δοχείου. Με αυτό τον τρόπο η μικρή φιάλη αιωρούνταν, από το φελλό, μέσα στο μεγαλύτερο δοχείο και περιβαλλόταν πλήρως από το υγρό. Για την ψύξη του νερού χρησιμοποιούνταν το μίγμα πάγου και αλατιού που περιέβαλλε το μεγαλύτερο δοχείο και ο ψυχρός ατμοσφαιρικός αέρας. Στην περίπτωση που ως μέσο χρησιμοποιούνταν το τερεβινθέλαιο, το μέσο έμεινε ρευστό ενώ το νερό μετατράπηκε σε πάγο μετά από τρεις ώρες· το ίδιο συνέβη και στην περίπτωση της αιθυλικής αλκοόλης, με χρονικό διάστημα ψύξης μία βραδιά και με ψυκτικό μέσο τον αέρα. Στην περίπτωση που ως μέσα χρησιμοποιήθηκαν το διάλυμα θαλασσινού αλατιού και το «brine» και η ψυκτική πηγή ήταν ο παγερός αέρας, ούτε τα μέσα αλλά ούτε το νερό ψύχθηκαν στο διάστημα μίας βραδιάς. Στην επανάληψη όμως του πειράματος με το brine, χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά ως πηγή το ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού, το νερό μετατράπηκε σε πάγο. Ένα γενικό συμπέρασμα που μπορούμε να βγάλουμε από αυτές τις δοκιμές ήταν ότι στα υγρά που ο Boyle είχε καταφέρει να ψύξει εύκολα, το ψύχος μεταδιδόταν πιο εύκολα και σε χαμηλότερο βαθμό ψύχους από ό,τι στα ρευστά που δεν είχε καταφέρει να ψύξει ή είχε ψύξει με δυσκολία.

⁵⁹¹ Ο Boyle διευκρινίζει ότι είχε το μέγεθος ενός καρυδιού.

Με τα παραπάνω πειράματα ο Boyle εξέταζε δύο ακόμη υποθέσεις. Παράλληλα με το πείραμα με μέσο το τερεβινθέλαιο, εκτελούσε την ψύξη μίας φιάλης με σκέτο τερεβινθέλαιο μέσω ψυκτικού μίγματος και παρατηρούσε τη συρρίκνωσή του κατά μισή ίντσα (1,27 εκ). Ο Boyle θεωρούσε ότι η αντιπαραβολή αυτού του αποτελέσματος με εκείνο της ψύξης του νερού που περιεχόταν σε φιάλη μέσα στο τερεβινθέλαιο και της ρήξης της φιάλης με την αύξηση του όγκου του νερού, αποτελούσε ένα προβληματικό φαινόμενο για εκείνους που υποστήριζαν ότι το ψύχος αποτελείται από αληθινά και εκτεταμένα σωματίδια. Ο Boyle θεωρούσε ότι θα είχαν πρόβλημα να εξηγήσουν πώς τα ίδια σωματίδια εισχωρούσαν σε σώματα όπως τα έλαια και τα συρρίκνωναν χωρίς να τα μετατρέπουν σε πάγο, ενώ σε σώματα όπως το νερό τα έψυχαν και τα διόγκωναν. Ο Boyle φαίνεται ότι λάμβανε την αντιπαράθεση των πειραμάτων ως ενδεικτική αυτού του προβλήματος ίσως επειδή στην περίπτωση της ψύξης του νερού μέσα στο τερεβινθέλαιο, η δράση του ψυκτικού μίγματος εγγυόταν ότι τα ίδια ψυκτικά σωματίδια θα εισχωρούσαν και στα δύο υγρά· κάτι που ίσως δεν ήταν σίγουρο στις περιπτώσεις όπου το νερό εκθέτονταν να ψυχθεί ξεχωριστά από το τερεβινθέλαιο.

Η δεύτερη υπόθεση που θεωρούσε ο Boyle ότι εξεταζόταν με αυτά τα πειράματα ήταν η άποψη σύμφωνα με την οποία η ρευστότητα του νερού δεν προέρχεται από την κίνηση των σωματιδίων του αλλά από τη διέγερση του αέρα η οποία είτε δρα απευθείας πάνω στο νερό ή μεταφέρεται μέσω του γυαλιού όταν αυτό εσωκλείεται σε δοχείο. Ο Boyle δεν συνέχιζε στη συναγωγή ενός συμπεράσματος ως προς αυτή την άποψη από τα πειράματά του. Μπορούμε όμως να υποθέσουμε ότι το γεγονός ότι το νερό πάγωνε, δηλαδή στερεοποιούνταν, έδειχνε ότι τελικά αυτή η άποψη δεν ήταν σωστή.

Ακολουθώντας την πειραματική διάταξη που είχε εκτελέσει για να ελέγξει την αγωγιμότητα των υγρών ο Boyle έκανε μία δοκιμή χωρίς να θέσει κάποιο υγρό μέσα στη μεγαλύτερη φιάλη. Η μεταταροπή του νερού σε πάγο στο μικρό δοχείο έδειχνε ότι ένας ικανός βαθμός ψύχους μπορούσε να μεταδοθεί μέσα από το γυαλί στο νερό χωρίς τη διαμεσολάβηση ενός άλλου υγρού και ενώ το νερό φυλασσόταν σε ένα δοχείο που απείχε αρκετή απόσταση από τα τοιχώματα του μεγαλύτερου δοχείου. Το συγκεκριμένο πειραματικό αποτέλεσμα φαινόταν να έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του Boyle για την μετάδοση του ψύχους μέσω του αέρα από ένα συγκεκριμένο ψυχρό σώμα, εκτός και αν ο περιορισμένος χώρος όπου εσωκλειόταν ο αέρας και το νερό προς ψύξη

αποτελούσαν βασικές διαφοροποιήσεις από τα πειράματα που είδαμε παραπάνω. Ο Boyle δεν παρατηρούσε την ύπαρξη μίας τέτοιας αντίφασης.

Πέμπτη κατηγορία: σώματα και υγρά που προκαλούν ψύχος σε τρίτα σώματα

Στην πέμπτη κατηγορία κατατάσσουμε τα πειράματα εκείνα με τα οποία ο Boyle εξέταζε τη δυνατότητα ορισμένων σωμάτων να προκαλέσουν ή να ενισχύσουν το ψύχος. Η ερευνητική θεματική περιλαμβάνει τα πειράματα με τα οποία εξέταζε τη δυνατότητα διαφόρων κατηγοριών σωμάτων να ενισχύσουν την ψυκτική δράση ψυχρών σωμάτων όπως ήταν ο πάγος και το χιόνι καθώς όμως και το γενικότερο ερώτημα για την ύπαρξη ενός σώματος που προκαλεί το ψύχος σε όλα τα άλλα, τη δυνατότητα ύπαρξης δηλαδή ενός «Πρώτου Ψυχρού Σώματος» («Primum Frigidum»⁵⁹²). Ο Boyle ανέλυε την έννοια του «Primum Frigidum», ως το σώμα εκείνο το οποίο είναι εκ φύσεως πιο ψυχρό από τα υπόλοιπα και με τη συμμετοχή του οποίου όλα τα σώματα αποκτούσαν την ιδιότητα. Οι τέσσερις προτάσεις τις οποίες έθετε σε κριτική ήταν η πρόταση της γης από τον Πλούταρχο, του νερού από τους Αριστοτελικούς και τους Σχολαστικούς της εποχής του, του αέρα από τους Στωικούς, και του νίτρου από τον Gassendi και τους υποστηρικτές της θεωρίας του.

Η ιδέα του πρώτου ψυχρού σώματος, συναντάται πρώτα στην αριστοτελική θεωρία και στη θεώρηση της ιδιότητας του ψύχους ως μίας από τις τέσσερις ποιότητες (θερμό, ψυχρό, υγρό, ξηρό) που συσταίνουν ανά ζεύγη τα τέσσερα στοιχεία (τη φωτιά από το θερμό και το ξηρό, τον αέρα από το θερμό και το υγρό, τη γη από το ψυχρό και το ξηρό, το νερό από το ψυχρό και το υγρό). Ο Αριστοτέλης θεωρούσε ότι σε κάθε στοιχείο επικρατούσε μία ιδιότητα, και όριζε ότι το στοιχείο στο οποίο επικρατούσε το ψύχος ήταν το νερό. Εφόσον τα πιο σύνθετα σώματα δημιουργούνταν με τη συμμετοχή των πρώτων στοιχείων, αποκτούσαν την ιδιότητα του ψύχους με τη συμμετοχή του νερού σε αυτά. Με σημείο αναφοράς τον Αριστοτέλη, στην ελληνιστική περίοδο αναπτύχθηκαν δύο διαφορετικές προτάσεις, για το στοιχείο της φύσης στο οποίο υπερίσχυε η ιδιότητα του ψύχους, αυτή των Στωικών και του Πλούταρχου. Στα πλαίσια της θεωρίας της ύλης των στωικών, δινόταν προτεραιότητα στη φωτιά, ως το στοιχείο το οποίο διαρκεί αιώνια, και από το οποίο προκύπτουν οι τρεις άλλες πρωταρχικές αριστοτελικές ποιότητες, το

⁵⁹² Ο.π., σελ. 364.

ψυχρό, το υγρό, και το ξηρό. Οι τέσσερις ποιότητες συνδυάζονταν με την ύλη και δημιουργούσαν τα υπόλοιπα τρία αριστοτελικά στοιχεία, τον αέρα, τη γη και το νερό. Οι Στωικοί⁵⁹³ θεωρούσαν το ζεύγος της φωτιάς και του αέρα ως ενεργητικά συστατικά του σώματος, τα οποία αποκαλούσαν «πνεύμα», και τη γη και το νερό ως τα παθητικά συστατικά. Βασικά χαρακτηριστικά της δράσης του πνεύματος ήταν η διατήρηση της συνεκτικότητας του σύμπαντος και η σύσταση των οργανικών και ανόργανων σωμάτων στα οποία τα δύο στοιχεία του πνεύματος βρίσκονταν διαφορετικά αναμειγμένα και των οποίων τις ιδιότητες καθόριζαν⁵⁹⁴. Η ιδιότητα λοιπόν του αέρα ως ψυχρού σώματος και ως μέρους του πνεύματος το οποίο προσδιόριζε τα υπόλοιπα σώματα, προσέδιδε σε αυτά την ψυχρότητά τους.

Στα πλαίσια των θεωριών των αρχαίων φιλοσόφων οι διαφορές μεταξύ των προτάσεων για το «πρώτο ψυχρό σώμα» σχετίζονταν με τη γενική θεωρία τους για την ύλη η οποία είχε ως βάση την αριστοτελική θεωρία· το κοινό στοιχείο των θεωριών ήταν η ύπαρξη ενός στοιχειώδους σώματος που φέρει πρωταρχικά την ιδιότητα και με τη συμμετοχή του στα σύνθετα σώματα τη μεταδίδει. Η ιδέα αυτή διατηρήθηκε σε ορισμένες από τις νέες ατομικές θεωρίες που αναπτύχθηκαν στις αρχές του 17ου αιώνα οι οποίες αναβίωναν τις ατομιστικές θεωρίες του Δημόκριτου και του Επίκουρου. Οι νέες ατομιστικές θεωρίες, ως υλικές και ποιοτικές θεωρίες, δηλαδή θεωρίες που υποστήριζαν την ιδέα του ψύχους ως ύπαρξη ψυχρών σωματιδίων και επομένως της μη αναγωγής της ψυχρότητάς τους σε κάποια άλλη ιδιότητα όπως η κίνηση των σωματιδίων, έπρεπε να απαντήσουν το ερώτημα για την προέλευση των ψυχρών σωματιδίων και άρα το ερώτημα για την ύπαρξη ενός πρώτου ψυχρού σώματος. Η πρόταση ενός νέου υποψήφιου σώματος ως 'πρώτο ψυχρό σώμα', όπως στην περίπτωση της θεωρίας του Gassendi ήταν το νίτρο, συνοδευόταν από την κριτική των προτάσεων των αρχαίων φιλοσόφων προκειμένου να αποδειχθεί η εγκυρότητα της νέας πρότασης. Παράδειγμα μίας τέτοιας κριτικής, προκειμένου να υποστηριχθεί η γκασεντιανή πρόταση, περιέχεται στο *Physiologia* του Charleton⁵⁹⁵. Η προβληματική του πρώτου ψυχρού σώματος, μαζί με την υποστήριξη της τετράγωνης μορφής για τα σωματίδια του ψύχους, αποτελούσαν

⁵⁹³ Για την θεωρία της ύλης των Στωικών βλ. Long [1990], σσ. 245-257.

⁵⁹⁴ Το πνεύμα συγκρατούσε τα στοιχεία της γης και του νερού που ήταν βαριά μαζί με τα άλλα δύο στοιχεία.

τα δύο κύρια θέματα της παρουσίασης της θεωρίας του Gassendi για την ύλη στη συγκεκριμένη πραγματεία.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στην αρχή του 17ου αιώνα πιστοποιείται μια αναβίωση της προβληματικής για τη φύση του πρώτου ψυχρού σώματος, στην οποία ο Boyle απευθυνόταν μέσω του συγκεκριμένου κεφαλαίου. Το εφιαλτήριο της κριτικής του Boyle αποτελούσε η αμφισβήτηση της ίδιας της δυνατότητας ύπαρξης ενός 'Πρώτου Ψυχρού Σώματος'. Όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, στα πλαίσια της θεωρίας του για την αναγωγή της φύσης του ψύχους στη μειωμένη κίνηση των σωματιδίων που απαρτίζουν τα σώματα, δεν υπήρχε ανάγκη καθορισμού ενός «Πρώτου ψυχρού σώματος». Ο Boyle εξηγούσε ότι για την παραγωγή ψύχους αρκούσε η μειωμένη δράση μίας θερμής πηγής, όπως ήταν ο ήλιος, για να μειωθεί η διέγερση των σωματιδίων των σωμάτων, έτσι ώστε η διαφορά με τη διεγερση των μερών του σώματός μας να μας δημιουργεί την αίσθηση του ψύχους. Ο Boyle όμως απέφευγε να χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο επιχείρημα ως αποδεδειγμένο συμπέρασμα, ισχυριζόμενος ότι ακόμη δεν είχε διευθετηθεί η διαμάχη για τη φύση του ψύχους ως θετικής ιδιότητας ή ως «έλλειψης» «whether cold be (as they speak) a positive quality, or a bare privation»⁵⁹⁶.

Γι' αυτό στρεφόταν στην απόρριψη των υφιστάμενων θεωριών που υποστήριζαν την απόδοση των ιδιοτήτων των σωμάτων σε ένα «πρώτο δεικτικό»⁵⁹⁷. Στο *Sceptical Chymist*⁵⁹⁸ είχε αναπτύξει ορισμένα επιχειρήματα για την αντίκρουση της αριστοτελικής θεωρίας, και της θεωρίας των χημικών της εποχής, σύμφωνα με την οποία κάθε ιδιότητα έχει ένα πρώτο δεικτικό, δηλαδή αποτελεί συστατικό μέρος ενός σώματος και με βάση τη συμμετοχή του σε αυτό, συμμετέχει σε άλλα σώματα. Σε αυτό το έργο ο Boyle αντέκρουε την αριστοτελική θεωρία των τεσσάρων στοιχείων (φωτιά, νερό, αέρας, γη) καθώς και την παρακελσιανή θεωρία των τριών και πέντε χημικών αρχών (υδράργυρος, άλας, θείο, νερό, φλέγμα) δείχνοντας ότι δεν αποτελούν τα στοιχειώδη συστατικά μέρη

⁵⁹⁵ Θα χρησιμοποιούμε τον όρο *Physiologia* ως συντομογραφία του τίτλου *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*. Charleton [1966], σσ. 309-313.

⁵⁹⁶ Boyle [1665α], σελ., 364. Στο κεφάλαιο τέσσερα της διατριβής αναλύουμε την εργασία που έγραψε ο Boyle για αυτή τη διαμάχη καθώς και τους λόγους για τους οποίους αποφεύγει να καταλήξει σε ένα οριστικό συμπέρασμα, παρόλο που φαίνεται ότι προτείνει ως εξηγητική υπόθεση της φύσης του ψύχους την «Privative» φύση του.

⁵⁹⁷ Ο Boyle χρησιμοποιούσε τη λέξη «Πρώτο δεικτικό», την οποία παρέθετε στα αρχαία ελληνικά, για να αναφερθεί στο στοιχείο εκείνο το οποίο έφερε την ιδιότητα και με τη συμμετοχή του στη δημιουργία των άλλων σωμάτων μετέφερε την ιδιότητα σε αυτά. Boyle [[1665α], σελ., 365.

⁵⁹⁸ Boyle [1661η], σσ. 328-339

στα οποία μπορούν να αναλυθούν τα σώματα. Η αντίκρουση αυτή αποτελούσε ένα πρώτο πλήγμα στην αναγωγή ενός στοιχείου σε «πρώτο ψυχρό σώμα» γιατί αποδεικνυόταν ότι τα σώματα εκείνα που έφεραν την ιδιότητα του ψύχους, δεν αποτελούσαν στοιχειώδη μέρη των σωμάτων και άρα δεν μπορούσαν να ευθύνονται με την συμμετοχή τους για την ψυχρότητα όλων των σωμάτων που κρίνονταν ψυχρά. Δεύτερον ο Boyle αντέκρουε τη θεωρία των χημικών (στο σημείο αυτό ανέφερε ειδικά το Sennert) σύμφωνα με την οποία οι ιδιότητες των σωμάτων όπως ήταν τα χρώματα, οι μυρωδιές, οι γεύσεις, η βαρύτητα και η ρευστότητα αποδίδονταν στη συμμετοχή των τριών αρχών στη σύνθεση αυτών των σωμάτων⁵⁹⁹. Ο Boyle κατέκρινε την αδυναμία των χημικών να καθορίσουν ποια από τις τρεις αρχές ήταν υπεύθυνη για την κάθε ιδιότητα, και έδειχνε ότι ο μεγάλος αριθμός των σωμάτων που παρουσίαζαν τις ιδιότητες της ρευστότητας, του φωτός και του ήχου, δεν δικαιολογούσε την απόδοσή τους σε μία αρχή. Επίσης ασκούσε κριτική στην πρακτική τους να αποδίδουν παραπάνω από μία ιδιότητα σε κάθε χημική αρχή.

Από τις αναφορές του Boyle γινόταν σαφές ότι υπήρχε μία διαμάχη μεταξύ αριστοτελικών και χημικών για το ποιά σώματα αποτελούσαν τα στοιχεία των σωμάτων η οποία επεκτεινόταν στην απόδοση σε αυτά του ρόλου του «πρώτου δεικτικού» για τις ιδιότητες των σωμάτων. Παρόλο που ο Boyle ανέφερε ορισμένα επιχειρήματα των χημικών εναντίον της προέλευσης των ιδιοτήτων από τα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία, δεν επικεντρωνόταν στη θεωρία των τελευταίων αλλά σε εκείνη των χημικών. Ως εναλλακτικό τρόπο εξήγησης της προέλευσης των ιδιοτήτων των σωμάτων ανέφερε την αναγωγή τους στις πρώτες ιδιότητες των σωματιδίων, στην κίνηση, τον όγκο και το σχήμα, δίνοντας έτσι μία πρόιμη γεύση της αναπτυσσόμενης τότε σωματιδιακής φιλοσοφίας του.

Μπορεί ο Boyle να είχε θέσει, στο *Sceptical Chymist*, κάποια σημαντικά επιχειρήματα εναντίον της θεωρίας των χημικών για τις ιδιότητες των σωμάτων καθώς και εν μέρει κάποια εναντίον εκείνης των αριστοτελικών, όμως δεν είχε δώσει αποδείξεις για την αντίκρουση της άποψης της ύπαρξης κάποιου «πρώτου δεικτικού» για τις

⁵⁹⁹ Με τον όρο χημικούς που χρησιμοποιούσε ο Boyle θεωρούμε ότι αναφέρεται στους υποστηρικτές της παρακελσιανής θεωρίας των τριών αρχών καθώς και θεωριών που απέκλιναν από αυτή όπως ήταν η θεωρία των πέντε στοιχείων.

συγκεκριμένες ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους⁶⁰⁰. Παρόλο που υποστήριζε ότι τα επιχειρήματα που αντέτεινε στους χημικούς μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και εναντίον της αριστοτελικής θεωρίας και άλλων θεωριών συναφών με τη θεωρία των χημικών, όπως ήταν η «hermetical» θεωρία, δεν ανέπτυξε επιχειρήματα εναντίον της απόδοσης των τεσσάρων ποιοτήτων (ψυχρό, θερμό, υγρό, ξηρό) στα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία, ούτε ανέφερε αναλυτικά τα επιχειρήματα των χημικών ενάντια σε αυτά των αριστοτελικών για τις συγκεκριμένες ιδιότητες⁶⁰¹. Στο *Cold* ο Boyle ανέφερε ότι, ως προς τη θερμότητα, είχε αποδείξει στο μη σωζόμενο σήμερα *Dialogues about Heat and Flame* ότι η ανάπτυξή της, μέσω της διέγερσης των σωματιδίων σε σώματα όπως οι πέτρες, τα μέταλλα, τα φυτά και ζώα, δεν μπορούσε να αποδοθεί στην ύπαρξη, σε αυτά τα σώματα, του στοιχείου της φωτιάς. Ως προς το ψύχος, η προσπάθεια αντίκρουσης, στο δέκατο έβδομο κεφάλαιο του *Cold*, της αριστοτελικής πρότασης αλλά και των άλλων προτάσεων για την ύπαρξη ενός «πρώτου ψυχρού σώματος» μπορεί να θεωρηθεί ως συνέχεια της παραπάνω επιχειρηματολογίας ενάντια στους χημικούς και τους αριστοτελικούς⁶⁰². Θέτοντας αντεπιχειρήματα στις τέσσερις προτάσεις για «το πρώτο ψυχρό σώμα» ο Boyle προσέδιδε αποδεικτικά στοιχεία στην επιχειρηματολογία ενάντια στην απόδοση των ιδιοτήτων στα αριστοτελικά στοιχεία, και γενικότερα σε οποιαδήποτε στοιχεία θεωρούνταν ως δομικά στοιχεία της ύλης, η οποία είχε αναπτυχθεί στο *Sceptical Chymist* αλλά δεν είχε ακόμα αποδειχθεί. Η απόρριψη των επιμέρους προτάσεων αποτελούσε πάντα στην πρακτική του Boyle το πρώτο βήμα για την απόρριψη μίας γενικότερης πρότασης, ακόμη και στην περίπτωση που ο ίδιος δεν πρότεινε μία εναλλακτική.

⁶⁰⁰ Το επιχειρήμα του ενάντια στην απόδοση της βαρύτητας στη γη, ως στοιχειώδες σώμα αποτελούσε από τα λίγα επιχειρήματα του Boyle όπου φαινόταν να αντικρούει το αριστοτελικό επιχειρήμα για τα τέσσερα στοιχεία και όχι το χημικό για τις τρεις αρχές. Ο Boyle υποστήριζε ότι ένα σώμα όπως ο υδράργυρος, το οποίο ήταν υγρό και στο οποίο δεν συμμετείχε η γη ως στοιχείο μπορούσε να έχει βάρος.

⁶⁰¹ «and though I be not unwilling to grant, that the incompetency I impute to the Chymical Hypothesis is but the same which may be Objected against that of the four Elements, and divers other Doctrines that have been maintain'd by Learned men; yet since 'tis the Chymical Hypothesis only which I am now examining, I see not why, if what I impute to it be a real inconvenience, either it should cease to be so, or I should scruple to object, it, because othe Theories are liable thereunto, as well as the Hermetical», Boyle [1661η], σελ., 329.

⁶⁰² Κεφάλαιο 17 («Title XVII»), «Considerations and Experiments touching the Primum Frigidum», Boyle [1665α] σσ.,364-381.

Για την αντίκρουση της άποψης του Πλούταρχου ο οποίος θεωρούσε ως «πρώτο ψυχρό σώμα» τη γη, ο Boyle πρόβαλλε τρία επιχειρήματα. Καταρχήν χρησιμοποιούσε τα πειραματικά αποτελέσματα για το μικρό βάθος στο οποίο παγώνει η γη με τη δράση του αέρα, για να υποστηρίξει ότι το μεγαλύτερο μέρος της δεν μπορούσε να παγώσει. Με τις μαρτυρίες που έδειχναν ότι αν προστατευόταν η γη από τον αέρα, εκείνη δεν πάγωνε, επιβεβαίωνε ότι στο βαθμό που μπορούσε να ψυχθεί, η ψύξη προκαλούνταν από τον αέρα. Ως δεύτερο επιχείρημα πρόβαλλε την αδυναμία του επιχειρήματος του Πλούταρχου να εξηγήσει με τη δράση της γης, το μετεωρολογικό φαινόμενο της μετατροπής των σύννεφων σε χιόνι και χαλάζι. Ο Boyle υποστήριζε ότι ο Πλούταρχος δεν μπορούσε να εξηγήσει πώς τα συγκεκριμένα στοιχειώδη σωματίδια της γης, όταν διασκορπίζονταν στον αέρα, είχαν την ένταση να ψύξουν τα σύννεφα ενώ όταν βρίσκονταν στη γη, σε συμπαγή και πιο συνεκτική μορφή, δεν μπορούσαν να μετατρέψουν το νερό σε πάγο. Το τρίτο επιχείρημα βασιζόταν στην απόδειξη μέσω μαρτυριών και παρατηρήσεων ότι σε μεγάλα βάθη, στους υπόγειους χώρους της γης, υπάρχουν θερμές φωτιές ή θερμή ατμοί. Η ύπαρξη του συγκεκριμένου φαινομένου είχε ήδη συζητηθεί σε συνάρτηση με τα φαινόμενα της θερμότητας και του ψύχους από τον Αριστοτέλη και τον Bacon⁶⁰³. Η συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η δεύτερη, μετά από εκείνη των παγόβουνων, όπου ο Boyle χρησιμοποιούσε ένα μακροσκοπικό φαινόμενο για να υποστηρίξει τα επιχειρήματά του.

Με βάση τις μαρτυρίες που παρέθετε ο Boyle, ως αποδεικτικά στοιχεία της ύπαρξης των θερμών ατμών αναφέρονταν τα ηφαίστεια και η ανθρώπινη αίσθηση της θερμότητας στα ορυχεία. Η πιο εκτενής πηγή του Boyle αφορούσε τις επισκέψεις του Αριστοτελικού Morinus [Jean-Batiste Morin (1583-1656)] στα ορυχεία της Ουγγαρίας. Εδώ ο Boyle έδινε ιδιαίτερη προσοχή στον χειρισμό της συγκεκριμένης μαρτυρίας αναφέροντας την αμφιβολία του για τα αίτια της θερμότητας που ισχυριζόταν ότι αισθανόταν ο Morinus, και εξηγώντας ότι η θερμότητα μπορεί να προερχόταν από ορισμένα ορυκτά τα οποία στην ανάμιξή τους με νερό ή άλλο ορυκτώδες ρευστό προκαλούσε θερμούς ατμούς. Στο τέλος όμως αυτής της αναρώτησης, ο Boyle κατέληγε ότι η συχνή αναφορά στην ύπαρξη θερμότητας σε αυτά τα μέρη αποτελούσε απόδειξη

⁶⁰³ Ο Bacon υποστήριζε ότι στους υπόγειους χώρους της γης υπήρχε ένας βαθμός θερμότητας ο οποίος τον χειμώνα ήταν πιο έντονος γιατί κλεινόταν μέσα σε αυτούς και το καλοκαίρι ήταν μικρότερος γιατί οι χώροι ανέπνεαν. Βλ. Bacon [1626], *Sylva Sylvarum*, σελ., 634.

της ύπαρξης θερμών ατμών που αποδίδονταν στην ίδια τη γη και όχι στα ορυκτά. Για να προστατέψει το συμπέρασμά του, φρόντιζε να αντικρούσει και την περίπτωση στην οποία η θερμότητα θα θεωρούνταν πρόσθετη δηλαδή ότι προερχόταν από ένα εξωτερικό παράγοντα. Ο τρόπος που χειριζόταν ο Boyle εδώ τις πηγές είναι παραδειγματικός της προσπάθειάς του να κρατήσει μία ισορροπία ανάμεσα στις αντικρουόμενες πληροφορίες που είχε για ένα φαινόμενο και της δικής του προτίμησης στην επιβεβαίωση αυτού του φαινομένου. Το συγκεκριμένο φαινόμενο της ύπαρξης θερμών ατμών στα βάθη της γης ήταν σημαντικό για τον Boyle γιατί σε αυτό στηριζόταν η εξήγηση κάποιων φαινομένων τα οποία, στην περίπτωση που το επιχείρημα για την ύπαρξη των θερμών ατμών καταρριπτόταν, θα αποτελούσαν αποδείξεις υπέρ του δόγματος της αντιπερίστασης των αριστοτελικών.

Για την αντίκρουση της αριστοτελικής πρότασης του νερού ως «πρώτου ψυχρού σώματος», την οποία, σύμφωνα με τον Boyle, υιοθετούσαν και οι σχολαστικοί φιλόσοφοι και το μεγαλύτερο μέρος των φιλοσόφων, ο Boyle προσπαθούσε, όπως στην περίπτωση της γης, να αποδείξει ότι δεν ήταν το ψυχρότερο από τα άλλα δύο σώματα. Η ψύξη του νερού από την επιφάνεια προς τα κάτω με τη δράση του αέρα και οι μαρτυρίες σύμφωνα με τις οποίες η ψύξη των υδάτων συνέβαινε κοντά στη στεριά, έδειχναν ότι η γη και ο αέρας είχαν μεγαλύτερους βαθμούς ψύχους από το νερό. Ο Boyle υποστήριζε επίσης ότι αν ήταν το πρώτο ψυχρό σώμα, θα έπρεπε να εξηγηθεί γιατί η ψύξη του, όταν προκαλούνταν φυσικά, δεν ξεκινούσε από κάποιο άλλο σημείο πέρα από την επιφάνειά του. Εδώ ο Boyle έπρεπε να αντικρούσει την παράδοση των βαρκάρηδων «water-men» σύμφωνα με την οποία τα ποτάμια πάγωναν και τήκονταν πρώτα από τον πάτο. Ο Boyle υπέθετε ότι οι παρατηρήσεις της ανόδου κομματιών πάγου από τον πάτο στην επιφάνεια των ποταμιών αποτελούσαν το φαινόμενο που τους παραπλανούσε. Πρόβαλλε ως εξήγηση του φαινομένου την αποκόλληση κομματιών πάγου μαζί με γη ή πέτρες κατά την τήξη του πάγου που σχηματιζόταν στις άκρες των ποταμιών. Λόγω του βάρους, τα κομμάτια αυτά βυθίζονταν στον πυθμένα των ποταμιών και στη συνέχεια καθώς ο πάγος τήκονταν εκεί από τη θερμότητα των υδάτων (ο Boyle εξηγεί εδώ ότι έχει δείξει ότι τα ύδατα, ειδικά σε αυτό το βάθος, είναι θερμότερα του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνθήκες παγετού) ξεκολλούσε από την πέτρα ή το κομμάτι γης και ανέβαινε στην επιφάνεια του ποταμιού. Ο Boyle υποστήριζε επίσης ότι αν ο πάγος σχηματιζόταν στον πάτο, τότε τα

κομμάτια θα έπρεπε να είχαν τα ανώμαλα σχήματα του βυθού και όχι τα επίπεδα σχήματα που παρατηρούνταν ότι είχαν. Επίσης ανέφερε ως αντεπιχειρήματα τις παρατηρήσεις σύμφωνα με τις οποίες τα ψάρια συγκεντρώνονταν το χειμώνα σε αυτά τα βάθη λόγω της ψύξης της επιφάνειας των ποταμιών.

Στη συνέχεια ο Boyle υποστήριζε ότι το νερό δεν ήταν κατά το μεγαλύτερο μέρος παγωμένο όπως θα έπρεπε να είναι αν αποτελούσε το «πρώτο ψυχρό σώμα»⁶⁰⁴. Ως αποδείξεις ανέφερε το μετεωρολογικό φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο, σε βροχερό καιρό το ψύχος ήταν πιο ήπιο ενώ σε καθαρό αέρα, όπου εξελιπαν οι υδραμοί, ο καιρός ήταν παγωμένος και το φαινόμενο των παγόβουνων. Ενώ ο Boyle είχε χρησιμοποιήσει, όπως είδαμε, σε πολλά πειράματα το φαινόμενο των παγόβουνων ως ένδειξη της μεγάλης ψυκτικής δράσης του ψύχους και των έντονων φαινομένων που μπορεί να προκαλέσει, τώρα προσπαθούσε με επιχειρήματα να αποδείξει ότι τα παγόβουνα δεν αποτελούν απόδειξη του μεγάλου βάθους στο οποίο μπορεί να ψυχθεί η θάλασσα. Ως επιχειρήματα χρησιμοποιούσε καταρχήν τις παρατηρήσεις της σύστασης ορισμένων παγόβουνων από νιφάδες χιονιού· δεύτερον χρησιμοποιούσε τη μαρτυρία για τα κομμάτια πάγου που παρατηρούνταν στα στενά του Weigats τα οποία αποτελούνταν από την ψύξη του νερού των ποταμιών και όχι της θάλασσας. Εδώ ο Boyle αποσιωπούσε την ύπαρξη μονοκόμματων κομματιών πάγου που είχε αναφέρει σε προηγούμενες ερευνητικές θεματικές. Επίσης το επιχείρημα για την ψύξη των ποταμιών αντί της θάλασσας δεν επιτελούσε το σκοπό του, εφόσον συνέχιζε να αποδεικνύει ότι τα παγόβουνα προέρχονταν από νερό απλώς διαφορετικής σύστασης από το θαλασσινό.

Η τρίτη πρόταση σύμφωνα με την οποία το «πρώτο ψυχρό σώμα» ήταν ο αέρας είχε υποστηριχθεί από τους Στωικούς, και την ασπάζονταν οι περισσότεροι από τους μοντέρνους φιλοσόφους που δεν ήταν περιπατητικοί. Ο Boyle χρησιμοποιούσε ως αντεπιχείρημα την αδυναμία εξήγησης, στην περίπτωση που ο αέρας ήταν το «πρώτο ψυχρό σώμα», της ψυχρότητας που είχε δείξει με μαρτυρίες ότι κυριαρχεί στα μεγάλα βάθη της θάλασσας. Οι μαρτυρίες αυτές καθώς και οι παρατηρήσεις μονοκόμματων παγόβουνων που δεν είχαν μεγάλο βάθος έδειχναν ότι το ψύχος αυτών των περιοχών

⁶⁰⁴ Με βάση την ίδια μαρτυρία που είχε χρησιμοποιήσει για τη προστασία της γης από το νερό, έδειχνε ότι το νερό χρησιμοποιούνταν σε αυτή την περίπτωση γιατί δεν μπορούσε να παγώσει.

ήταν μεγαλύτερο από αυτό που κυριαρχούσε στην επιφάνεια του νερού που βρισκόταν εκτεθειμένη στη δράση του αέρα.

Οι Στωικοί πρόβαλλαν, σύμφωνα με τον Boyle, ως ισχυρό επιχείρημα για την υπόθεσή τους την ψύξη της θάλασσας στην επιφάνεια από τον αέρα. Ο Boyle αντιπαρέβαλλε τη μέθοδο ψύξης του νερού από κάτω προς τα πάνω με τη χρήση ψυκτικού μίγματος καθώς και το φαινόμενο της τήξης του πάγου από πάνω. Επίσης ανέφερε παρατηρήσεις της μεγαλύτερης συμπύκνωσης στην οποία υποβαλλόταν μία ποσότητα αέρα κλεισμένη σε μία φιάλη, όταν ψυχόταν με τη χρήση ψυκτικού μίγματος παρά μέσω του αέρα. Επίσης ανέφερε τα πειραματικά αποτελέσματα των πειραμάτων που παρουσιάσαμε ως μέρος της τέταρτης κατηγορίας, όπου μία φιάλη νερό ψυχόταν μέσα σε υγρά που δεν μπορούσαν να παγώσουν χωρίς να έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Σύμφωνα με τον Boyle τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα έδειχναν ότι ο αέρας μόνος του δεν αποτελεί το πιο ψυχρό σώμα και οδηγούσαν στην υπόθεση οι πιο έντονοι βαθμοί ψύχους στον αέρα προκαλούνταν από ψυχρά σωματίδια τα οποία ανακατεύονταν μαζί του. Ο Boyle θεωρούσε ότι όχι μόνο έδειχνε ότι ο αέρας δεν είναι το 'πρώτο ψυχρό σώμα' αλλά ότι δεν είναι ούτε το πιο ψυχρό σώμα «*summum Frigidum*» από τα υπόλοιπα.

Η τέταρτη πρόταση που προσπάθησε να απορρίψει ο Boyle είχε διαμορφωθεί στα πλαίσια της νέας επικουρειανής ατομιστικής θεωρίας της ύλης του Gassendi⁶⁰⁵. Σύμφωνα με αυτή, η ψύξη των υγρών καθώς και το ψύχος στο νερό, στον αέρα και στη γη, προέρχονταν από την ανάμειξη ή εισαγωγή στα σώματα νιτωδών αναθυμιάσεων ή σωματιδίων⁶⁰⁶. Ο Boyle συμφωνούσε στην απόδοση μίας ψυκτικής δύναμης στο νιτρικό κάλιο («*salt-petre*») καθώς και στην ύπαρξη μίας ποσότητάς του διασκορπισμένης στη γη. Με μία όμως σειρά από παρατηρήσεις και πειράματα ήθελε να δείξει ότι υπήρχαν άλλα σώματα τα οποία είχαν την ίδια δράση με αυτό καθώς και ότι υπήρχαν διαφορετικές, από αυτό, αιτίες του ψύχους. Μία από αυτές ήταν η μειωμένη κίνηση των σωματιδίων, η εξηγητική υπόθεση που είχε αναφέρει αρκετές φορές στη συζήτηση της συγκεκριμένης προβληματικής, αλλά εδώ επέλεγε πάλι να μην την υποστηρίξει, με τη

⁶⁰⁵ Σύμφωνα με τον Boyle τα γραπτά του Gassendi παρουσιάζαν διαφορά ως προς την στήριξη της· παρ' όλα αυτά ο Boyle κατέληγε ότι ο Gassendi την είχε υποστηρίξει.

⁶⁰⁶ Ο Boyle άλλοτε μιλάει για το νίτρο και άλλοτε για το νιτρικό κάλιο («*salt-petre*»). Με τη λέξη *nitre* νίτρο εννοεί μάλλον μία κατηγορία αλάτων της οποίας μέλος αποτελεί το νιτρικό κάλιο («*salt-petre*»).

δικαιολογία της μη καθοριστικής λήξης της διαμάχης για την θετική ή «privative» έννοια του ψύχους.

Τα βασικά αντεπιχειρήματα του Boyle στόχευαν στην απόδειξη, ότι νίτρο δεν ήταν η αιτία του ψύχους που συναντούνταν στα τρία στοιχειώδη σώματα, στο νερό, στη γη και στον αέρα. Ως προς το φαινόμενο της ψυχρότητας της θάλασσας ειδικά σε μεγάλα βάθη, ο Boyle υποστήριζε ότι δεν είχε αποδειχθεί η ύπαρξη σε αυτήν μίας μεγάλης ποσότητας νιτρικών σωματιδίων που θα μπορούσε να ψύξει κάθε υδάτινο σωματίδιό της. Σε αυτό συνέβαλε η παρατήρηση ότι το βάθος στο οποίο εισχωρούσε η ψύξη στη γη δεν έφτανε αυτό των ψυχρών περιοχών στην θάλασσα. Επίσης με βάση την εξάτμιση του νίτρου από το νερό, δεν έμενε σε αυτό ποσότητα νιτρικού καλίου («salt-petre») αλλά ποσότητα απλού αλατιού. Ο Boyle κατηγορούσε τον Gassendi ότι δεν στήριζε με εμπειρικές αποδείξεις τον ισχυρισμό του ότι το νίτρο βρίθεται υπό μορφή αναθυμιάσεων μέσα στον αέρα, ο οποίος με τη μορφή ψυχρού ανέμου ψύχει όλα τα σώματα με τα οποία έρχεται σε επαφή όπως και το νερό. Με τις παρατηρήσεις και τα πειράματά του, ο Boyle έδειχνε ότι το νίτρο και οι ατμοί του δεν παρήγαγαν πιο έντονα ψυκτικά αποτελέσματα από άλλα αλατούχα σώματα. Είχε παρατηρήσει ότι το νιτρικό οξύ «spirit of niter», το «aqua fortis», καθώς και το «rock-petre» μπορούσαν να λιώσουν τον πάγο στο ίδιο χρονικό διάστημα που μπορούσε η αιθυλική αλκοόλη («spirit of wine»)· επομένως μπορούσαν να θεωρηθούν θερμά ως προς τον πάγο.

Ο Boyle επίσης αμφισβητούσε τα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία ανέφερε ο Gassendi προς υποστήριξη της άποψής του καθώς και την ερμηνεία που τους έδινε. Καταρχήν ο Gassendi υποστήριζε ότι το νερό παγώνει αν διαλυθεί σε αυτό μία ποσότητα νίτρου. Ο Boyle αμφισβητούσε το πειραματικό γεγονός με βάση τις δικές του αποτυχημένες δοκιμές καθώς και με βάση την έλλειψη μίας τέτοιας παρατήρησης από τα πειράματα των χημικών οι οποίοι είχαν δοκιμάσει όλες τις πιθανές αναλογίες στα διαλύματα του νίτρου με το νερό. Εξαιρέση στις παρατηρήσεις των χημικών αποτελούσε το πείραμα του Niccolo Cabeus στο οποίο ο Boyle υποστήριζε ότι στηριζόταν ο Gassendi. Σύμφωνα με το πείραμα η ανάμιξη νιτρικού καλίου («salt-petre») και νερού σε αναλογία 1 προς 3 προκαλούσε, μετά από κάποια διέγερση του νερού, τη μετατροπή του σε πάγο. Κατά την αναπαραγωγή του πειράματος ο Boyle δεν παρατηρούσε τη δημιουργία πάγου. Παρατηρώντας όμως την ανάπτυξη ενός βαθμού ψύχους κατά την

τήξη του πάγου από το νιτρικό κάλιο «salt-petre», είχε συγκρίνει τη θερμοκρασία του, μέσω ενός κλειστού θερμοσκοπίου, με εκείνη του νερού που τίθεται να ψυχθεί σε μίγμα χιονιού και αλατιού και την είχε βρει μεγαλύτερη⁶⁰⁷. Ο Boyle υπέθετε ότι ο Cabeus αντιλαμβανόταν λανθασμένα την παραγωγή κρυστάλλων αλατιού ως πάγο. Θεωρούσε ότι τα πειραματικά του αποτελέσματα επιβεβαίωναν την άποψή του για την αδυναμία του νίτρου να αποτελέσει το πρώτο ψυχρό σώμα. Δεύτερον ο Gassendi υποστήριζε ότι το μίγμα χιονιού ή πάγου ανακατεμένο με νίτρο είχε προκαλέσει, σε θερινή περίοδο, την ψύξη νερού σε μία γυάλινη φιάλη. Διευκρίνιζε ότι τα ψυχρά σωματίδια του νίτρου περνούσαν μέσα στο νερό και το έψυχαν. Ο Boyle αντέκρουε την ερμηνεία του Gassendi ισχυριζόμενος ότι η πειραματική διάταξη δεν αποδείκνυε ότι η ψυκτική δράση οφειλόταν στο νίτρο και όχι στα άλλα ψυχρά σώματα· προς απόδειξη ανέφερε ότι το ίδιο αποτέλεσμα είχε η χρήση στη θέση του νίτρου ουσιών όπως το αλάτι της θάλασσας και το υδροχλωρικό οξύ («spirit of salt»).

Έχοντας αναφέρει παραδείγματα περιπτώσεων όπου η ψυκτική δράση του νίτρου δεν αποδεικνυόταν μεγαλύτερη από εκείνη άλλων ουσιών, ο Boyle υποστήριζε πειραματικά ότι το νίτρο δεν ήταν ψυχρότερο από τον αέρα. Καταρχήν παρατηρούσε ότι η διάλυση «rock petre» σε νερό δεν προκαλούσε την ψύξη του, αλλά όταν έθετε το διάλυμα στον ψυχρό αέρα αυτό μετατρέποταν σε πάγο. Δεύτερον σύγκρινε, με ένα κλειστό θερμοσκόπιο, τη θερμοκρασία ενός διαλύματος νιτρικού καλίου («salt petre»), όταν είχε αφηθεί αρκετή ώρα στον αέρα για να πάρει τη θερμοκρασία του, και τη θερμοκρασία του ίδιου του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνεφιασμένη μέρα όπου φυσούσαν άνεμοι. Οι επανειλημμένες μετρήσεις έδειξαν στον Boyle ότι κατά τη μεταφορά του θερμοσκοπίου από το διάλυμα στον αέρα το υγρό έπεφτε κατά 2 με 2,5 βαθμίδες δηλαδή, 0, 63εκ. με 0,94εκ.⁶⁰⁸. Ο Boyle θεωρούσε ότι αυτή η διαφορά ήταν αρκετή για να δείξει ότι το διάλυμα ήταν θερμότερο του αέρα.

Αφού αντέκρουε την πρόταση του νίτρου ως «το πρώτο ψυχρό σώμα», ο Boyle ανέφερε ότι δεν είχε βγάλει κάποιο συμπέρασμα για το αν η δράση του θα μπορούσε να είναι τουλάχιστον περισσότερο ψυκτική από τα άλλα σώματα. Ο Boyle δεχόταν την ανάδυση στη γη, από ορισμένα σώματα, σωματιδίων που είχαν νιτρώδη φύση και

⁶⁰⁷ Βλ., 2.3.3 σσ. 219-221. Στο *Cold* το πείραμα περιγράφεται στο Boyle [1665a] σσ. 423-425.

⁶⁰⁸ Ο Boyle επισημαίνει ότι το θερμοσκόπιο έχει μία κλίμακα χωρισμένη σε όγδοα της ίντσας. Οπότε κάθε βαθμίδα απέχει απόσταση από την άλλη 1/8 της ίντσας.

μπορούσαν να ψύξουν τον αέρα καθώς και την ύπαρξη κάποιων αλατούχων σωμάτων στον αέρα. Αμφισβητούσε όμως ότι αυτά τα αλατούχα μέρη, τα οποία αποκαλούνταν «πτητικό νίτρο» αποτελούσαν πραγματικό νιτρικό κάλιο (salt-petre) και ότι το τελευταίο αποτελούσε το πιο ψυχρό σώμα από εκείνα που ήταν γνωστά. Για τη στήριξη του τελευταίου ισχυρισμού ανέφερε την ύπαρξη στους υπόγειους χώρους της γης και άλλων ουσιών, εκτός από το νιτρικό κάλιο (salt-petre), από τις οποίες αναδύονταν ατμοί που μπορούσαν να ψύξουν τον αέρα. Ο Boyle υποστήριζε ότι με τον ίδιο τρόπο που το νίτρο επιλεγόταν ως σώμα με ψυκτική καθολική ισχύ, θα μπορούσε να επιλεγθεί το αλάτι, το οποίο συμμετείχε στις τεχνητές ψύξεις, υπήρχε σε μεγάλη ποσότητα και στη γη και στη θάλασσα, και του οποίου τα μικρότερα ορατά σωματίδια είχαν το σχήμα κύβου, το οποίο ο Gassendi όριζε ως το σχήμα των ψυχρών σωματιδίων. Σε αυτό μάλιστα το αλάτι είχε ένα πλεονέκτημα, δεδομένου ότι, σύμφωνα με τον Gassendi, το πολυγωνικό σχήμα μικρότερων ορατών σωματιδίων του νίτρου δεν ταίριαζε με το τετραεδρικό σχήμα στο οποίο έπρεπε να βρίσκονταν τα ψυχρά σωματίδια. Τέλος θεωρούσε ότι ένας έντονος λόγος αμφισβήτησης παρέμενε το γεγονός ότι η ύπαρξη τρόπων ψύξης που δεν προϋπέθεταν την εισχώρηση σωματιδίων μέσα στα σώματα, έδειχνε ότι οι αλατούχες ή γήινες αναθυμιάσεις, είτε δρούσαν μόνες τους είτε με άλλες ουσίες δεν αποτελούσαν επαρκείς αιτίες του ψύχους.

Ο Boyle θεωρούσε ότι με την παραπάνω επιχειρηματολογία είχε αποδείξει ότι τα τέσσερα υποψήφια σώματα δεν μπορούσαν να αποτελούν τα «πρώτα ψυχρά σώματα»· ωστόσο ο ίδιος διατηρούσε μία άποψη σύμφωνα με την οποία η γη, ο αέρας και το νερό θα έπρεπε να θεωρούνται στη φυσική τους κατάσταση, και κρινόμενα με σημείο αναφοράς τις ανθρώπινες αισθήσεις, ψυχρά⁶⁰⁹. Ο Boyle διεκρίνιζε ότι αυτό ίσχυε όταν το ψύχος θεωρούνταν, σύμφωνα με την έκδηλη και αποδεκτή έννοια, ως ιδιότητα σχετική στις ανθρώπινες αισθήσεις και στα ανθρώπινα όργανα τα οποία βρίσκονταν σε μεσαία

⁶⁰⁹ «it seems to follow, that Earth must seem cold to us, unless it be by the communicated heat, or motion of some extrinsick Agent, put into a degree of agitation, that belongs not to its nature; and for the like reason I think it not improbable, that pure Earth should in its own Nature be colder, then either pure Water or pure Air», Boyle [1665a], σελ. 370. Η ψυχρότητα που αποδίδει εδώ ο Boyle στη φύση της γης έχει σχέση με την κίνηση των σωματιδίων η οποία σύμφωνα με τη φύση της ως ενός συμπαγούς σώματος, πρέπει να είναι μειωμένη. Επίσης η φυσική κατάσταση ενός σώματος σήμαινε ότι δεν δρα πάνω του κανένας παράγοντας που να μπορεί να προκαλεί θερμότητα ή ψύχος.

θερμοκρασία ως προς τη θερμότητα και το ψύχος⁶¹⁰. Ο Boyle αντιπαρέθετε την άποψή του σε εκείνη του Gassendi, ο οποίος υποστήριζε ότι τα συγκεκριμένα σώματα στη φυσική τους κατάσταση δεν θα έπρεπε να είναι ούτε θερμά ούτε ψυχρά. Η συγκεκριμένη αντιπαράθεση προερχόταν από τη διαφορά των δύο φυσικών φιλοσόφων, του Boyle και του Gassendi, ως προς τη θεωρητική εξήγηση της φύσης του ψύχους. Η αναγωγή του ψύχους και της θερμότητας από τον Gassendi στη δράση ψυχρών και θερμών σωματιδίων αντίστοιχα, σημαίνει ότι αν δεν υπήρχε ο εξωτερικός παράγοντας που θα προκαλούσε τη δράση τους στα σώματα, τότε τα τελευταία δεν μπορούσαν να αποκτήσουν ούτε τη μία ούτε την άλλη ιδιότητα. Αντίθετα, σύμφωνα με τη σωματιδιακή υπόθεση του Boyle, ο βαθμός του ψύχους ενός σώματος προσδιοριζόταν από την κίνηση των σωματιδίων του και επομένως κάθε σώμα ενείχε μία από τις δύο ιδιότητες λόγω της υφιστάμενης κίνησης των σωματιδίων τους, ακόμη και στην περίπτωση που η κίνηση των σωματιδίων δεν επηρεαζόταν από κάποιον παράγοντα εξωτερικό. Η συγκεκριμένη λοιπόν προσπάθεια του Boyle να αντικρούσει τα επιχειρήματα του Gassendi, είχε άμεση σχέση με την επιβεβαίωση την θεωρητικών υποθέσεων με τα οποία ο καθένας προσπαθούσε να προσδιορίσει τη φυσική θερμοκρασία των συγκεκριμένων σωμάτων και να εξηγήσει τη φύση του ψύχους.

Η επιχειρηματολογία του Boyle βασιζόταν στην εξήγηση της φύσης των ιδιοτήτων της ρευστότητας και της στερεότητας, οι οποίες με βάση τα επιχειρήματά του, στο «Fluidity and Firmness», προκαλούνταν από την κίνηση των σωματιδίων των σωμάτων. Επομένως ο Boyle υποστήριζε ότι η γη αποτελούσε ένα στερεό σώμα, του οποίου τα σωματίδια είτε δεν κινούνταν καθόλου είτε είχαν μία κίνηση μικρότερη από εκείνη των σωματιδίων των ανθρώπινων αισθητηρίων. Η θέρμανσή της θα έπρεπε να προκαλείται από ένα παράγοντα ο οποίος προκαλούσε περισσότερη διέγερση των σωματιδίων της. Η στερεή κατάσταση της γης σε σύγκριση με τη ρευστή κατάσταση των ρευστών του αέρα και του νερού στην αγνή μορφή τους, έδειχνε, σύμφωνα με τον Boyle, ότι τα σωματίδια της πρώτης ήταν λιγότερο διεγερμένα από εκείνα των συγκεκριμένων σωμάτων και ότι η κίνηση των σωματιδίων του νερού και του αέρα ήταν πιο κοντά στη σφοδρή κίνηση που προκαλούσε η θερμότητα. Επομένως η γη θα έπρεπε να θεωρείται πιο ψυχρή και από τα

⁶¹⁰ «For if we take Cold in the obvious and received Acceptation of the word, that is, for a Quality relative to the senses of a Man, whose Organs are in a good or middle Temper, in reference to Cold and Heat», ο.π., σελ. 381.

δύο ρευστά. Ο Boyle υποστήριζε ότι αν εκείνοι που θεωρούσαν τη γη ως «πρώτο ψυχρό σώμα», δεν την εννοούσαν ως στοιχείο σύστασης της ύλης αλλά ως το έδαφος το οποίο διακρινόταν από τη θαλάσσια και ουράνια περιοχή που αποτελούσαν την υδρόγειο, τότε θα μπορούσαν, με βάση τις μαρτυρίες για τους μεγαλύτερους βαθμούς ψύχους που δημιουργούνταν στη στεριά, να υποστηρίξουν καλύτερα το επιχείρημα για τη μεγαλύτερη ψυχρότητα της γης⁶¹¹.

Για την ψυχρότητα του νερού στη φυσική του κατάσταση ο Boyle υποστήριζε ότι, πέρα από την επιφάνειά του όπου θερμαινόταν από τον εξωτερικό παράγοντα των ακτιδών του ηλίου, τα σωματίδια των μερών του ήταν λιγότερο διεγερμένα από εκείνα των υγρών που αποτελούσαν το σώμα μας, όπως ήταν το αίμα και τα ούρα. Για να αποδείξει την ψυχρότητα των μερών της θάλασσας ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις, ο Boyle παρέθετε μαρτυρίες δυτών οι οποίοι ένιωθαν σφοδρό ψύχος σε μεγάλο βάθος μέσα στη θάλασσα καθώς και μαρτυρίες από μέρη, όπως οι Ινδία, όπου υπήρχε η συνήθεια να τοποθετούνται δοχεία με ποτά και πόσιμο νερό στη θάλασσα για να διατηρηθούν ψυχρά. Από τα παραπάνω συμπεραίνει ότι τα βαθιά μέρη της θάλασσας, ανεξαρτήτως του κλίματος στο οποίο βρίσκεται η θάλασσα, είναι πάντα ψυχρά.

Ο Boyle έδινε μεγαλύτερη έμφαση στην απόδειξη της ψυχρότητας του αέρα στη φυσική του κατάσταση ως προς τις αισθήσεις μας, προσπαθώντας να αντικρούσει τα επιμέρους επιχειρήματα που είχαν προβάλει οι υποστηρικτές της θεωρίας του Gassendi⁶¹². Υποστήριζε ότι με δεδομένη την απουσία των ψυχρών και θερμών σωματιδίων του Gassendi, ο αέρας αποτελεί ένα ρευστό το οποίο είτε λόγω του μικρού μεγέθους των σωματιδίων του είτε λόγω της έλλειψης επαρκούς ζωηρής κίνησης επηρεάζει τα αισθητηριακά μας όργανα λιγότερο από ό,τι τα εσωτερικά υγρά του σώματός μας. Για να δικαιολογήσει ότι ο αέρας παρόλο που είναι ρευστό, και άρα τα σωματίδιά του έχουν κάποια κίνηση, θα μπορούσε να μην είναι διεγερμένος τόσο όσο τα ρευστά του σώματός μας, έφερνε ως παράδειγμα την ύπαρξη άλλων ρευστών όπως ήταν εκείνα που υπήρχαν μέσα στα ψάρια και άλλα ζώα τα οποία ήταν ψυχρά ως προς την ανθρώπινη αφή. Στο επιχείρημα του Gassendi για την εύκολη επηροή του αέρα από τις

⁶¹¹ «*Summum Frigidum*»: το ψυχρότερο. Ο.π.,σελ. 371.

⁶¹² Τα επιχειρήματα αυτά παρουσιάζε ξεχωριστά από εκείνα για το νερό και τη γη, στο διακριτό κεφάλαιο 18, («Title XVIII»), «*Experiments and Observations touching the Coldness and Temperature of the Air*». [1665α], σσ. 381-400.

δύο ιδιότητες, μέσα από δρώντες παράγοντες όπως είναι οι ακτίδες του ήλιου και το χιόνι και ο πάγος, απαντούσε ότι τα φαινόμενα αυτά αποτελούσαν απλή απόδειξη ότι σε ορισμένες περιπτώσεις ο αέρας ήταν επιρρεπής στις ιδιότητες με τον ίδιο τρόπο που το νερό, στο οποίο ο Gassendi απέδιδε την ιδιότητα της ρευστότητας, ήταν επιρρεπές στην ψύξη με τη δράση ενός ψυκτικού μίγματος και στην τήξη μέσω της δράσης του ηλίου· για τον Boyle τα παραπάνω φαινόμενα δεν απέκλειαν την περίπτωση μία από τις δύο ιδιότητές του να είναι φυσική στον αέρα.

Με αφετηρία την παραδοχή των οπαδών της θεωρίας του Gassendi ότι η θερμότητα του αέρα από τον ήλιο ή τη φωτιά ήταν πρόσθετη, ο Boyle υποστήριζε ότι η ψύξη του αέρα που προκαλούνταν από την έλλειψη των παραγόντων που τον έκαναν θερμό αποτελούσε ένα αυταπόδεικτο φαινόμενο της φυσικής του ψυχρότητας. Συνεχίζοντας αυτή την επιχειρηματολογία, κατέκρινε την υπόθεση του Gassendi για την ύπαρξη ψυχρών σωματιδίων ως μη αυταπόδεικτη υπόθεση, σημειώνοντας ότι ο ίδιος δεν μπορούσε να βρει την πειραματική της επιβεβαίωση. Ο Boyle παραδεχόταν την ύπαρξη ψυχρών σωματιδίων για ορισμένες περιπτώσεις αλλά επέμενε ότι όταν η παύση ή η μείωση της κίνησης των σωματιδίων προκαλούσε μία αισθητή και όχι έντονη ψυχρότητα, δεν χρειαζόταν να ανατρέξει στα ψυχρά σωματίδια για να εξηγήσει το φαινόμενο. Ο Boyle θεωρούσε ότι η άποψή του είχε το εξής πλεονέκτημα. Ο αέρας μπορούσε να θεωρηθεί ψυχρός όπως μία σειρά από συμπαγή σώματα όπως ήταν το μάρμαρο, το κρύσταλλο και το σίδηρο, για την ψυχρότητα των οποίων υπήρχε ομοφωνία, αλλά για τα οποία μπορούσε να υποστηριχθεί το ίδιο αντεπιχείρημα στη φυσική τους ψυχρότητα με εκείνο που υποστηριζόταν από τον Gassendi για τον αέρα. Επίσης ενάντια στο επιχείρημα του Gassendi ο οποίος υπέθετε ότι αν τα συμπαγή σώματα μεταφέρονταν σε έναν κενό χώρο, μακριά από αυτό τον κόσμο, θα έπρεπε να είχαν ουδέτερη θερμοκρασία, ο Boyle υποστήριζε ότι αφού το σώμα έχανε τα ψυχρά και θερμά σωματίδια τα οποία θα έφευγαν στο κενό, η κίνηση των σωματιδίων του συμπαγούς σώματος, του οποίου η δομή («texture») θα παρέμενε συνεκτική, θα παρέμενε μικρότερη σε σχέση με εκείνη των αισθητηριακών μερών του ανθρώπινου σώματος, η οποία θα κρατούνταν αρκετά διεγερμένη λόγω των υγρών του σώματός μας.

Στη συνέχεια ο Boyle ανέφερε μία πιθανή αντίκρουση των επιχειρημάτων του η οποία ταίριαζε στα επιχείρηματα που πρόβαλλε και για τα τρία σώματα. Σύμφωνα λοιπόν

με τον Boyle οι υποστηρικτές του Gassendi θα μπορούσαν να δεχτούν την άποψη του Boyle για τη φυσική ψυχρότητα του αέρα ως προς τις αισθήσεις μας, όχι όμως ως προς σώματα διαφορετικά από τα ανθρώπινα, που είναι θερμά. Ο Boyle έφερε ως αντεπιχείρημα την ύπαρξη ψυχρών ρευστών, τα οποία υπάρχουν στα σώματα και προκαλούν σε όλα ψύχος όπως θεωρούσαν ο Cabeus και ο ίδιος ο Gassendi. Ο Boyle δεν συνεχίζει την επιχειρηματολογία του, αφήνοντας την απάντησή του αδύναμη. Όμως η συγκεκριμένη αντίκρουση στο επιχείρημά του αναδεικνύει το γεγονός ότι ο Boyle είχε χτίσει την επιχειρηματολογία του για τη φυσική ψυχρότητα των τριών στοιχείων με σημείο αναφοράς της ανθρώπινες αισθήσεις, ενώ στο εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια κατέκρινε τη σχετικότητα των πληροφοριών που μπορούν να δώσουν οι αισθήσεις μας για την εκτίμηση της ψυχρότητας και της θερμότητας .

Συνοψίζοντας τα επιχειρήματα του Boyle, καταλήγουμε ότι βασικά κριτήρια για την απόρριψη των υποψήφιων προτάσεων για τα «πρώτα ψυχρά σώματα» ήταν η δυνατότητα ψύξης των σωμάτων, η ψυκτική τους δράση και η ψυχρότητά τους σε σχέση με άλλα σώματα και κυρίως σε σχέση με τα σώματα που προτεινόταν ως πρώτα ψυχρά σώματα. Ο Boyle λοιπόν φαινόταν να απορρίπτει τη γη ως «Primum Frigidum» με βάση ότι δεν μπορούσε η ίδια να παγώσει σε μεγάλο βαθμό, δεν προκαλούσε έντονα ψυκτικά φαινόμενα, ήταν λιγότερο ψυχρή από άλλα στοιχεία όπως ο αέρας, και είχε στη φύση της κάποια μέρη της θερμά. Και στην περίπτωση της αντίκρουσης του νερού ως «πρώτου ψυχρού σώματος» ο Boyle πρόβαλλε το γεγονός ότι δεν ήταν κατά το μεγαλύτερο μέρος παγωμένο και ότι φαινόταν λιγότερο ψυχρό ως προς τον αέρα και τη γη. Τη σημασία που είχε για τον Boyle η ψύξη ως κριτήριο της αναγωγής ενός σώματος σε 'πρώτο ψυχρό σώμα', δείχνει η αναφορά του στην αδυναμία του ψύχους που παρουσιάζεται στα μεγάλα βάθη να ψύξει το νερό. Ο αέρας κρινόταν με βάση το βαθμό στον οποίο μπορούσε να ψυχθεί και τη ψυκτική του δράση πάνω στα άλλα σώματα. Στην περίπτωση του νίτρου, βασικά επιχειρήματα ήταν η ανάδειξη της αδυναμίας του να προκαλέσει έντονα φαινόμενα ψυχρότητας στα άλλα σώματα, και της ύπαρξης σωμάτων που είχαν την ίδια δράση με αυτό. Ήταν η μοναδική περίπτωση στην οποία δεν εξεταζόταν η δυνατότητα ψύξης του ίδιου του νίτρου.

Όσον αφορά τη γη, το νερό και τον αέρα, οι παρατηρήσεις και τα επιχειρήματα του Boyle δεν εστίαζαν τόσο στη συμμετοχή τους στα σώματα ως στοιχεία αλλά στα

φαινόμενα της ψυχρότητας που παρουσίαζαν ως μακροσκοπικά φαινόμενα, δηλαδή για τη γη ως έδαφος, για το νερό ως θάλασσα και για τον αέρα, ως ατμοσφαιρικό αέρα. Η προσπάθεια αντιμετώπισης της προβληματικής ελέγχοντας την ψυχρότητα των μακροσκοπικών φαινομένων οδηγούσε τον Boyle σε κάποιες αντιφάσεις που σχετίζονταν με τον χειρισμό των πηγών και των μαρτυριών. Η αναφορά του Boyle στο μικρό βάθος των μονοκόμματων παγόβουνων για να στηρίξει το μικρό βάθος στο οποίο έψυχε ο αέρας τη θάλασσα, ερχόταν σε αντίφαση με την επιχειρηματολογία του για την εξήγηση του φαινομένου και τις απόψεις του για το βάθος το οποίο θα έπρεπε να είχαν σύμφωνα με τις αναλογίες διόγκωσης του νερού που είχε βρει σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αν για τον Boyle τα συγκεκριμένα παγόβουνα έπρεπε να είναι μεγαλύτερα σε βάθος, τότε θα έπρεπε να συμπεράνει ότι ο αέρας είχε δυνατότητα να παγώσει τη θάλασσα σε μεγαλύτερο βάθος καθώς και ότι η ίδια η θάλασσα πάγωνε σε μεγαλύτερο βάθος. Και τα δύο αυτά συμπεράσματα θα έρχονταν σε αντίθεση με την προσπάθειά του να δείξει ότι ο αέρας και το νερό, δεν αποτελούσαν τα «πρώτα ψυχρά σώματα».

Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελούσε η αντίφαση μεταξύ της υποστήριξης από τον ίδιο ότι έκανε περισσότερη ζέστη στη στεριά από τη θάλασσα καθώς και η μαρτυρία σύμφωνα με την οποία οι χώρες που είναι κοντά στη θάλασσα είναι πιο δροσερές από εκείνες που είναι απομακρυσμένες, με τη μαρτυρία των Ολλανδών ότι στην περιοχή της Nova Zembla συναντούσαν τους μεγαλύτερους βαθμούς ψύχους στη στεριά από ό,τι στη θάλασσα ή στον αέρα. Οι δύο πρώτες αναφορές χρησιμοποιούνταν για την αντίκρουση της γης ως το πρώτο ψυχρό σώμα, και η δεύτερη για την αντίκρουση της θάλασσας.

Άλλο ένα παράδειγμα αποτελούν τα επιχειρήματα με τα οποία αποδείκνυε ότι ο αέρας δεν ήταν το «πρώτο ψυχρό σώμα» και εκείνα που χρησιμοποιούσε για την αντίστοιχη επιχειρηματολογία για το νερό, το νίτρο και τη γη σύμφωνα με τα οποία ο αέρας αποδεικνυόταν ψυχρότερος από αυτά. Σε αντίφαση επίσης έπεφταν οι συγκεκριμένες μαρτυρίες που αναδείκνυαν ότι ο αέρας είναι ψυχρότερος από τη γη και το νερό με την θεώρησή του ότι η γη, λόγω της στερεότητάς της, θα έπρεπε να θεωρείται το πιο ψυχρό σώμα από όλα. Εδώ, το συμπέρασμα για τη γη στο οποίο είχε συνάγει από την θεωρητική υπόθεση για τη φύση της ρευστότητας και στερεότητας δεν επιβεβαιωνόταν από τις συγκεκριμένες μαρτυρίες. Οι παραπάνω αντιφάσεις φαίνεται να προκαλούνται από την προσπάθεια του Boyle να συζητήσει το θέμα του πρώτου ψυχρού

σώματος, όχι σε ένα πλαίσιο εξέτασης των συγκεκριμένων σωμάτων ως στοιχείων που συμμετέχουν στη σύσταση των σωμάτων, αλλά με βάση τις μακροσκοπικές τους εκφάνσεις.

Η στάση αμφιβολίας που κρατούσε ο Boyle απέναντι στην ύπαρξη ενός «πρώτου ψυχρού σώματος», του επέτρεπε να εξετάσει τη δυνατότητα ορισμένων ουσιών και σωμάτων να προκαλέσουν ή να ενισχύσουν την ιδιότητα του ψύχους⁶¹³. Αυτή ήταν η πρώτη ερευνητική θεματική με την οποία ο Boyle μας εισήγαγε στα εικοσιένα κεφάλαια του ψύχους⁶¹⁴. Ο Boyle υποστήριζε ότι ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις, όλα τα σώματα, εκτός από τη φωτιά, μπορούσαν να δεχθούν την ιδιότητα του ψύχους⁶¹⁵. Με βάση παρατηρήσεις της εύκολης πυροδότησης ψυχρών υγρών όπως ήταν η αιθυλική αλκοόλη, ο Boyle υποστήριζε ότι και η φωτιά μπορούσε να αποκτήσει την ιδιότητα του ψύχους· διευκρίνιζε όμως ότι αυτό εξαρώνταν από το αν τελικά η φωτιά αποτελούσε ένα είδος φυσικού σώματος ή μία κατάσταση της ύλης όπως ήταν ο άνεμος, ένα ερώτημα που θεωρούσε ακόμη ανοιχτό⁶¹⁶. Σύμφωνα με τον Boyle, στο κλίμα της Αγγλίας τα σώματα τα οποία μπορούσαν να ψύξουν άλλα σώματα, ήταν λίγα. Ο Boyle ανέφερε το αλάτι, το οποίο σε ανάμιξη με το χιόνι, ήδη χρησιμοποιούνταν, λιγότερο στην Αγγλία και περισσότερο σε χώρες όπως η Ιταλία, για τη διατήρηση της δροσιάς ποτών και φρούτων. Όπως είδαμε, ο Boyle το χρησιμοποιούσε ως κύριο τρόπο τεχνητής ψύξης στα πειράματά του, προτείνοντας ως σωστή αναλογία αλατιού το 1/3 ή 1/4 της ποσότητας του χιονιού. Όσον αφορά τη χρήση πάγου στη θέση χιονιού για τα ψυκτικά μίγματα, ο Boyle θεωρούσε ότι ο θρυμματισμένος πάγος ή το χιόνι μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αδιακρίτως, παρόλο που ο πάγος ήταν πιο συμπαγής και ανθεκτικός ενώ το χιόνι το οποίο αποτελούνταν από μικρά κομμάτια πάγου με αέρα ανάμεσά τους ήταν λιγότερο⁶¹⁷.

⁶¹³ «...what subjects are capable, or not capable of harbouring the Quality we are to treat of», Boyle [1665α], σελ., 265, Η λέξη «harbouring» χρησιμοποιείται εδώ για να υποδηλώσει τη δυνατότητα των σωμάτων να έχουν την ιδιότητα και να την προκαλούν.

⁶¹⁴ Κεφάλαιο 1, («Title I») 'Experiments touching Bodies capable of Freezing others', ο.π., σς., 265-272.

⁶¹⁵ «...there s scarce any except Fire, that is not, at some time or other, susceptible of actual Cold, (at least as to sense)», σελ. 265. Το «Susceptible» χρησιμοποιείται εδώ ως την ιδιότητα των σωμάτων να ψυχρανθούν ή να παγώσουν.

⁶¹⁶ Η συζήτηση της φύσης της φωτιάς ήταν ένα θέμα που πιθανότατα θα συζητούνταν στην αδημοσίευτη πραγματεία *Dialogues on Heat and Flame*, της οποίας έχουν σωθεί σήμερα ελάχιστα μέρη.

⁶¹⁷ Οι πληροφορίες για τις αναλογίες χιονιού και αλατιού στο ψυκτικό μίγμα και για τη χρήση πάγου στη θέση του χιονιού βρίσκονται στο κεφάλαιο 5 ο.π., σελ., 288.

Στα πειράματα για την εξέταση της ψυκτικότητας ορισμένων ουσιών, χρησιμοποιούσε χιόνι και παρατηρούσε ότι, καταρχήν, η ανάμιξή του με το αλάτι προκαλούσε τη μετατροπή μίας ποσότητας νερού σε πάγο σε μία φιάλη την οποία το χιόνι απο μόνο του δεν μπορούσε να ψύξει. Η ψυκτική λοιπόν δράση των σωμάτων που εξετάζονταν, εκτιμώνταν ως προς τη ψυκτική δράση του σκέτου πάγου ή χιονιού. Εδώ ο Boyle δεν λάμβανε υπόψη του τη δυνατότητα του χιονιού στα ψυχρά κλίματα να ψύξει το νερό όταν ερχόταν σε άμεση επαφή μαζί του. Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα των δοκιμών του για τα μέσα διάδοσης του ψύχους, είχε υποστηρίξει την άποψή του ότι σε αυτό το φαινόμενο συνέτρεχε ως παράγοντας το εντονότερο ψύχος του αέρα που κυριαρχούσε σε εκείνες τις περιοχές. Επίσης θεωρούσε ότι η περίπτωση της ψύξης μίας ποσότητας νερού μαζεμένης σε μία φιάλη με μία συγκεκριμένη πυκνότητα ήταν πιο δύσκολη απο εκείνη της ψύξης νερού το οποίο αναμειγνύοταν με πάγο και χιόνι.

Ακολουθώντας τον ίδιο τρόπο πειραματισμού, ο Boyle εξέτασε τη μίξη διαφορετικών αλάτων με το χιόνι για να διευκρινίσει αν υπήρχε κάτι ιδιαίτερο στη σύσταση του αλατιού που προκαλούσε την ψυκτική του δράση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το νίτρο, το θειικό κάλιο αλουμινίου «alum», το χλωριούχο αμμώνιο («sal ammoniac»), και η ζάχαρη, όταν αναμειγνύονταν με το χιόνι προκαλούσαν μεγαλύτερη ψύξη από το χιόνι ή τον πάγο μόνο του, με διαφορές στην ένταση της ψυκτικότητας ανά μίγμα⁶¹⁸. Σύμφωνα με τον Boyle κανένα δεν ξεπερνούσε την ψυκτικότητα του μίγματος με το θαλασσινό αλάτι.

Στη συνέχεια ο Boyle εξέτασε την ψυκτική δυνατότητα των αποσταγμάτων και διαλυμάτων των συμπαγών αλάτων, τα οποία έβριθαν με σωματίδια άλατος. Λόγω της ρευστότητάς τους, τα υγρά έφεφταν στον πάτο του δοχείου πριν ψύξουν την ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα ο Boyle να οδηγηθεί σε μία νέα πειραματική διάταξη. Όλα τα υπόλοιπα πειράματα εκτελέστηκαν αναμειγνύοντας σε μία φιάλη, μέσω της ανακίνησής της, το ρευστό με το χιόνι και παρατηρώντας, στη συνέχεια, την τήξη του χιονιού και την παράλληλη ψύξη των ατμών του εξωτερικού αέρα, μέσω της δημιουργίας στο εξωτερικό μέρος της φιάλης, δροσιάς ή και πάγου. Στο δέκατο τέταρτο κεφάλαιο ο Boyle υποστήριξε ότι η λιγιστή ποσότητα νερού που παραγόταν απο την ψύξη και στη

⁶¹⁸ Θείο αμμώνιου ή μετάλλου, το οποίο συναντάται πιο συχνά ως θειικό κάλιο αλουμινίου (potash alum ή potassium aluminum sulfate).

συνέχεια τήξη των ατμών του αέρα, αποδείκνυε ότι αυτό που στερεοποιούνταν και ρευστοποιούνταν δεν ήταν ο ίδιος αέρας, όπως υποστήριζαν κάποιοι, αλλά οι ατμοί που υπήρχαν σε αυτόν⁶¹⁹. Τα πειράματα εκτελούνταν με λεπτές κυρίως φιάλες, ώστε το πάχος της φιάλης να μην εμποδίζει τη μετάδοση της ψύξης. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις οι φιάλες κρατούνταν σφραγισμένες έτσι ώστε να αποδεικνύεται ότι αυτό που ψυχόταν ήταν ο ατμός του αέρα στο εξωτερικό μέρος της φιάλης· επίσης με αυτό τον τρόπο αποδεικνυόταν ότι η ψύξη προκαλούνταν από τη μετάδοση του ψύχους μέσω του γυαλιού χωρίς να αφήνει περιθώρια για την υπόθεση της ανόδου ψυχρών σωματιδίων από το ψυκτικό μίγμα.

Στο συγκεκριμένο πείραμα οι διαβαθμίσεις στην ψυκτική δυνατότητα κάθε μίγματος κρίνονταν με βάση το σχηματισμό δροσιάς ή πάγου στο εξωτερικό τμήμα της φιάλης και το πάχος του πάγου που σχηματιζόταν⁶²⁰. Η παραγωγή πάγου σήμαινε ότι το μίγμα είχε μεγαλύτερη ψυκτική δυνατότητα από ό,τι στην περίπτωση της παραγωγής της δροσιάς. Για να θεωρήσει ο Boyle το πείραμα επιτυχημένο έπρεπε λοιπόν η υγρασία που δημιουργούνταν στο εξωτερικό τμήμα της φιάλης να παγώσει⁶²¹. Σε ορισμένα πειράματα επισημαίνεται ότι η ψύξη της δροσιάς κάλυπτε την επιφάνεια στην οποία έφτανε το χιόνι και διαρκούσε μέχρι το χιόνι να λιώσει· σε άλλες τονιζόταν ότι ο πάγος στο εξωτερικό της φιάλης έλιωνε πολύ πιο γρήγορα⁶²². Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κριτήριο της ψυκτικότητας του μίγματος αποτελούσε και ο χρόνος στον οποίο έλιωνε ο πάγος που σχηματιζόταν.

Με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη ο Boyle εξέτασε τις εξής κατηγορίες μιγμάτων των οποίων η ψυκτικότητα προκάλεσε τη δημιουργία πάγου στο εξωτερικό τμήμα της φιάλης. Το θειικό οξύ («oyl of vitriol») αποδείχθηκε ότι είχε μεγαλύτερη

⁶¹⁹ Ο Boyle αναφέρεται στους «Masters of Natures secrets», στους οποίους αναφερόταν με αυτό το όνομα ο Erasmus Bartholinus στο έργο *de Figura Nivis*, όπου ο τελευταίος απέδιδε σε αυτά τα πρόσωπα τη διαδικασία συμπύκνωσης του αέρα σε νερό, τοποθετώντας χιόνι ή πάγο μέσα σε ένα χωνί. Πιθανότατα με αυτό το όνομα ο Bartholinus να αναφερόταν στους αλχημιστές. Βλ. Ο.π., σελ. 342.

⁶²⁰ «But the filmes of ice were very thin, and apt quickly to disappear», ο.π., σελ. 268

«...the external moisture did discernably, though not very strongly, freez», ο.π., σελ. 268

«...it froze very vigorously and very suddenly, insomuch that once almost as soon as it was set to the ground, it froze the vial to the floor it was se on», ο.π., σελ. 270

⁶²¹ Η επισήμανση που έκανε ο Boyle στην αρχή του κεφαλαίου, ότι στην πραγματεία *Cold* θα ασχολούνταν κυρίως με τα φαινόμενα της ψύξης, επιβεβαιώνει ότι στη συγκεκριμένη ενότητα εξέταζε τη δυνατότητα των ουσιών αυτών να παγώσουν τρίτα σώματα και όχι απλώς να τους μεταδώσουν κάποιο βαθμό ψυχρότητας.

ψυκτική δυνατότητα από το υδροχλωρικό οξύ («spirit of salt»), ενώ η ψυκτικότητα του νιτρικού οξέως («spirit of nitre») ξεπερνούσε σε ένταση και τα δύο. Οι λιγότερο οξειές ουσίες, όπως ήταν το απόσταγμα ξυδιού («spirit of vinegar») και το («spirit of sugar»), φάνηκαν ψυκτικά πιο αδύναμες, προκαλώντας λεπτές στρώσεις πάγου που εξαφανίστηκαν γρήγορα. Μετά τα οξέα («acid spirits»), ο Boyle έκανε δοκιμές με αποστάγματα από ούρα («Urinous Spirits») τα οποία περιείχαν ποσότητες πτητικών αλάτων. Το μίγμα χιονιού και ούρων δεν μπόρεσε να παγώσει αρκετά την εξωτερική υγρασία ενώ η δοκιμή με χλωριούχο αμμώνιο («sal armoniak») το οποίο αντλείται από οξειδίο του ασβεστίου («quick-lime»)⁶²³ έδρασε γρήγορα δημιουργώντας δυνατό πάγο. Εφόσον είχε κάνει το πείραμα ξεχωριστά με οξέα και πτητικά αποστάγματα («volatile spirits»), δοκίμασε να αναμίξει τα δύο είδη, φτιάχνοντας ένα μίγμα από χιόνι, θειικό οξύ και διάλυμα αμμωνίας με ανθρακούχο αμμώνιο («spirit of urine»), το οποίο φάνηκε αδύναμο, δημιουργώντας λεπτό πάγο⁶²⁴.

Τα άλατα που δεν είχαν καθαριστεί, και δεν είχαν διασπαστεί σε σωματίδια μέσω της απόσταξης, όπως το αλάτι σε κρυστάλλους («Sal Gem»), οι κώνοι ζάχαρης («loaf sugar»), («kitchin sugar»), και «sublimate made with common Sublimate and Sal Armoniak», ήταν αρκετά ψυκτικά παγώνοντας αρκετά την εξωτερική δροσιά⁶²⁵. Το δυνατό μίγμα χιονιού και διαλύματος ανθρακικού καλίου («Pot-ashes») καθώς και το εξίσου δυνατό μίγμα καθαρού αλατιού από τρυγικό κάλιο «tartar» είχαν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό λεπτών κομματιών πάγου. Το πείραμα με μίγμα χιονιού και διαλύματος οξειδίου του μολύβδου («Minium») σε («spirit of vinegre») είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν σκελίδες πάγου στο εξωτερικό της φιάλης όπως και στις περιπτώσεις των οξέων και των βασικών/αλκαλικών αλάτων⁶²⁶.

Ο Boyle είχε ήδη παρατηρήσει ότι το χιόνι μόνο του έλιωνε πιο αργά από ό,τι σε όλες τις περιπτώσεις της ανάμιξής του με άλατα και αποστάγματα που είχε δοκιμάσει⁶²⁷.

⁶²² «...it froze...and continued to do so in those parts of the outsides of the glass, that were adjacent to the included snow, till that snow was almost totally resolv'd into a liquor», σελ. 268.

⁶²³ Calcium oxide

⁶²⁴ Η ερμηνεία στο λεξικό γράφει «an aqueous solution of ammonia and ammonium carbonate prepared by the gentle distillation of putrefied urine».

⁶²⁵ Ο.π., σελ. 268.

⁶²⁶ Το διάλυμα το ονομάζει ο Boyle «sugar of lead» ο.π., σελ. 268 «acid and alcalizate salts», ο.π., σελ., 268.

⁶²⁷ Εδώ δεν διευκρινίζεται αν το χιόνι κατά την τήξη του προκαλούσε τη δημιουργία μόνο δροσιάς ή και πάγου στο εξωτερικό της φιάλης. Η αναφορά του Boyle ότι στη δοκιμή με το υδροξείδιο του καλίου η

Με βάση αυτό το συμπέρασμα συσχέτιζε τη δυνατότητα μίας ουσίας να ενισχύει την ψύξη που προκαλεί ο πάγος ή το χιόνι με τη δυνατότητά της, κατά την ανάμιξή της με τον πάγο ή το χιόνι να τα λιώνει πιο γρήγορα από ό,τι έλιωναν μόνα τους. Ο Boyle συμπέρανε ότι όλα τα άλατα, που δεν βοηθούσαν το χιόνι να λιώσει πιο γρήγορα από ό,τι έλιωνε μόνο του, αναμιγμένα με χιόνι δεν παρήγαγαν πάγο στο εξωτερικό της φιάλης αλλά μόνο δροσιά. Ως παραδείγματα τέτοιων αλάτων ανέφερε τους κρυστάλλους τρυγικού καλίου «Chrystals of Tartar», «Borax» και κάποιο άλλο είδος «Sublimate» (ίσως mercury chloride) από αυτό το οποίο έχει χρησιμοποιήσει πιο πάνω, όλα σε σκόνη⁶²⁸. Δύο υγρά, το υδροξείδιο του καλίου («water of quicklime») και το τερεβινθέλαιο («oyl of turpentine»), απέτυχαν να προκαλέσουν την ψύξη της δροσιάς. Για το πρώτο, ο Boyle εξηγούσε ότι μπορεί να έφταιγε η εξάτμιση των αποσταγματικών του μερών «spirits» λόγω της μακρόχρονης φύλαξης καθώς και η κακή ποιότητα του οξειδίου του ασβεστίου («lime»). Για το δεύτερο, συμπέρανε ότι η αργή τήξη του πάγου δικαιολογούσε την εμφάνιση μόνο δροσιάς, παρόλο που σύμφωνα με το χαρακτηριστικό του ως θερμό ρευστό έπρεπε να προκαλέσει τη γρήγορη τήξη του πάγου και την ψύξη της εξωτερικής δροσιάς. Παρ'όλη την αποτυχία των δύο υγρών να ψύξουν την εξωτερική δροσιά, ο Boyle δοκίμασε την ανάμιξη του χιονιού με αιθυλική αλκοόλη («spirit of wine») γιατί αντίθετα με τους γιατρούς και τους χημικούς που το κατέτασσαν στα θεία των λαχανικών «vegetable sulphur», εκείνος του είχε αποδόσει κάποια χαρακτηριστικά που οι χημικοί θα κατέτασσαν στα αλατούχα υγρά («saline liquors»). Το μίγμα είχε την πιο έντονη ψυκτική δράση από όλα όσα είχαν δοκιμαστεί.⁶²⁹ Ο Boyle περιγράφει ότι ο πάγος που διαμορφώθηκε στο εξωτερικό της φιάλης κράτησε για αρκετή ώρα και στην περίπτωση που η φιάλη ήταν ανοιχτή και στην περίπτωση που ήταν κλειστή και είχε

δροσιά προήλθε από το λιώσιμο του χιονιού «did yet gather store of dew on the outsides(perhaps because of the snow, whose melting alone may suffice to produce that effect» είναι μία νύξη στη δυνατότητα του χιονιού κατά την τήξη του να δημιουργήσει δροσιά. Και πάλι όμως δεν διευκρινίζεται αν έχει την επιπλέον δυνατότητα να παγώνει τη δροσιά. Επομένως δεν διευκρινίζεται αν όλα τα ψυκτικά μίγματα που μπορούσαν να παγώσουν τη δροσιά κρίνονταν ότι είχαν μεγαλύτερη ψυκτική δυνατότητα, όχι μόνο επειδή έλιωναν το χιόνι πιο γρήγορα από ό,τι έλιωνε μόνο του, αλλά επειδή μπορούσαν να ψύξουν τη δροσιά ενώ το χιόνι δεν μπορούσε.

⁶²⁸ Σύμφωνα με το λεξικό το Borax αποτελεί ένα λευκό κρυστάλλινο άλας, το οποίο έχει μία αλκαλική γεύση, και χρησιμοποιείται ως υγρό στην συγκόλληση των μετάλλων και στην κατασκευή γυαλιού, βερνίκιού, τεχνητών πετραδιών, σαπουνιών και αντισηπτικών. Για το «sublimate» βλ. μία ουσία που έχει παραχθεί με τη χημική μέθοδο της εξάχνωσης (μετατροπή ενός στερεού σώματος κατευθείαν σε αέριο, χωρίς δηλαδή να μεσολαβήσει η υγρή κατάσταση –και το αντίστροφο).

αρκετό πάχος. Επιβεβαίωσε την ψυκτική δύναμη του μίγματος παρατηρώντας την ψύξη ούρων με τα οποία άλειψε το εξωτερικό μέρος της φιάλης. Οι τρεις συγκεκριμένες δοκιμές δείχνουν ότι με βάση τις γνώσεις που προϋπήρχαν για τις χημικές ιδιότητες των υγρών και σωμάτων και εκείνες στις οποίες κατέληγε ο ίδιος, προσπαθούσε να ταυτίσει ορισμένα χαρακτηριστικά των υγρών με την ψυκτική τους δυνατότητα. Επίσης ήταν εμφανές ότι το συμπέρασμα σύμφωνα με το οποίο υγρά που ανήκαν σε διαφορετικές κατηγορίες είχαν ως κοινό χαρακτηριστικό την έντονη ψυκτική δράση σε τρίτα σώματα, μπορεί να έπαιξε ρόλο στην αναθεώρηση της μέχρι τότε κατηγοριοποίησης ανάλογα με τις χημικές ιδιότητες.

Ο Boyle ήλεγχε περαιτέρω την ένταση της ψυκτικότητας των μιγμάτων, αλείφοντας το εξωτερικό τμήμα της φιάλης με υγρά τα οποία μετατρέπονταν σε πάγο πιο δύσκολα από το νερό. Οι δοκιμές του επικεντρώθηκαν στη χρήση του μίγματος χιονιού με νιτρικό οξύ, το οποίο είχε από πριν παρατηρήσει ότι είχε έντονη ψυκτική δράση. Το μίγμα κατάφερε να παγώσει απόσταγμα ξυδιού («spirit of vinegar»), ασθενές υδροχλωρικό οξύ («spirit of salt») και χλωριούχο αμμώνιο («sal ammoniac»), χωρίς να καταφέρει να παγώσει το ίδιο το υγρό του νιτρικού οξέως («spirit of nitre»). Ο Boyle επεσήμαινε ότι ο πάγος του υδροχλωρικού οξέως είχε παρουσιάσει το σχηματισμό που δημιουργούσαν τα αλατούχα μέρη των μη διυλισμένων αλάτων όταν πάγωναν, και ότι τους ίδιους σχηματισμούς είχε παρουσιάσει ο πάγος του χλωριούχου αμμωνίου («sal ammoniac») παρόλο που είχε διυλιστεί με τη χρήση οξειδίου του ασβεστίου («quicklime»).

Με βάση τη σχέση που φαινόταν να έχει ο χρόνος τήξης του χιονιού με την ψυκτική δυνατότητα του μίγματος, ο Boyle δοκίμασε την ψυκτική δράση που είχαν υγρά και σώματα τα οποία σε αντίθεση με το τερεβινθέλαιο και την αιθυλική αλκοόλη, τα οποία θεωρούσε εν δυνάμει θερμά, ήταν πραγματικά ζεστά⁶³⁰. Και στις δύο δοκιμές όπου ανέμιξε στη μία ζεστή άμμο και στην άλλη ζεστό νερό με χιόνι (στις οποίες πρόσεχε να μη θερμανθεί ο αέρας μέσα στο δοχείο και το εξωτερικό μέρος της φιάλης), παράχθηκε δροσιά στο εξωτερικό μέρος της φιάλης η οποία δεν πάγωσε. Ο Boyle δεν

⁶²⁹ «...we found the operation more powerful then any of those we have formerly mentioned», ο.π., σελ. 269.

⁶³⁰ «...by substituting bodies actually warm, instead of potential hot ones», ο.π., σελ. 270.

διευκρίνιζε αν τελικά τα δύο θερμά υγρά προκαλούσαν πιο γρήγορα την τήξη του χιονιού από ό,τι αυτό αν έλιωνε μόνο του.

Μία σημαντική παράμετρος των παραπάνω πειραμάτων ήταν η χρησιμοποίησή τους για την απόδειξη της μετάδοσης του ψύχους μέσα από το γυαλί, και της ύπαρξης υδατικών ατμών στον αέρα, μέσα από την ψύξη τους και την εμφάνιση της δροσιάς ή του πάγου στο εξωτερικό μέρος της φιάλης. Σύμφωνα με τον Boyle τα πειραματικά του αποτελέσματα βοηθούσαν στην αναθεώρηση μίας παραδοσιακής άποψης που υποστήριζε ότι ο σχηματισμός πάχνης στα παράθυρα τα πρωινά του χειμώνα δημιουργούνται από τη μεριά του παραθύρου που ήταν εκτεθειμένη στον αέρα και προκαλούνταν από αναθυμιάσεις που διαπερνούσαν τους πόρους του γυαλιού και πάγωναν στην άλλη πλευρά. Ο Boyle υποστήριζε, καταρχήν, ότι με μεγαλύτερη παρατηρητικότητα οι άνθρωποι θα συνειδητοποιούσαν ότι η πάχνη σχηματιζόταν στην εσωτερική μεριά του παραθύρου όπου, με την κίνηση που έχουν ως μέρη ενός ρευστού, εναποθέτονται οι υδάτινοι ατμοί του αέρα, η οποίοι στη συνέχεια ψύχονται σε δροσιά και πάγο από το ψύχος του εξωτερικού αέρα που μεταδίδεται μέσω του γυαλιού. Επίσης υποστήριζε ότι τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αντίκρουση της άποψης ορισμένων μοντέρνων φυσικών φιλοσόφων σύμφωνα με τους οποίους το γυαλί ήταν διαπερατό στον αέρα και σε άλλα ρευστά «subtile liquors»⁶³¹. Προκειμένου να αντικρούσει την εξήγηση των φαινομένων των παραπάνω πειραμάτων με βάση την άποψη των μοντέρνων φυσικών φιλοσόφων □ότι δηλαδή ορατά σωματίδια ή μέρη από το ψυκτικό μίγμα και τα αλατούχα μέρη του μεταφέρονται μέσα από τους πόρους του γυαλιού, και σχηματίζουν τον πάγο εξωτερικά της φιάλης -και ότι ο πάγος προερχόταν από την ψύξη των υδατικών ατμών του εξωτερικού αέρα, ο Boyle επανεκτέλεσε τα πειράματα με μία διαφοροποίηση. Εκτελούσε το πείραμα σε κλειστές φιάλες και ζύγιζε στην αρχή και στο τέλος του πειράματος τη φιάλη με το μίγμα έτσι ώστε στην περίπτωση που το δοχείο με το μίγμα ήταν βαρύτερο να αποδεικνύεται ότι είχαν ψυχθεί ατμοί από τον αέρα οι οποίοι είχαν προστεθεί στο βάρος του δοχείου με το μίγμα· στην περίπτωση που η ψύξη γινόταν μέσα από τη

⁶³¹ «modern naturalists» ο,π., σελ., 271. Δεν μπορούμε να ταυτοποιήσουμε ποιοι ήταν αυτοί. Είναι απίθανο να αναφερόταν στους οπαδούς της ατομιστικής θεωρίας του Gassendi γιατί οι τελευταίοι υποστήριζαν ότι τα ψυκτικά σωματίδια στα οποία ανήγαν την αιτία του ψύχους προκαλούσαν την ψύξη των σωμάτων και

μεταφορά του μίγματος μέσω του γυαλιού στο εξωτερικό μέρος της φιάλης, τότε το βάρος της φιάλης πριν και μετά την τήξη του μίγματος έπρεπε να μείνει το ίδιο.

Όλες οι πειραματικές δοκιμές του Boyle έδειξαν ότι το βάρος των φιαλών αυξανόταν μετά την εμφάνιση δροσιάς και πάγου στο εξωτερικό τμήμα τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε μία φιάλη με μίγμα χιονιού και αλατιού που ζύγιζε 4 και $\frac{1}{4}$ (120,44 γραμ.) ουγγιές η οποία με τη συμπύκνωση των ατμών κέρδισε βάρος 12 grains (0,768 γραμ.), το χιόνι βάρους 2 ουγγιών και $6\frac{1}{2}$ δραμιών (68,18 γραμ.) το οποίο δημιούργησε δροσιά βάρους 4 grains (0,256 γραμ.) και το μίγμα χιονιού με αιθυλική αλκοόλη βάρους 5 με 6 ουγγιών (141,7 με 170, 04 γραμ.) που δημιούργησε στρώμα πάγου βάρους 7 grains (0,448 γραμ.). Επίσης το μίγμα χιονιού με αιθυλική αλκοόλη βάρους 3 και $\frac{3}{4}$ ουγγιών (107,69 γραμ.) συμπύκνωσε ατμούς βάρους 18 grains (1,152 γραμ.) και το μίγμα χιονιού και χλωριούχου νατρίου ('sal gem')⁶³² βάρους 3 ουγγιών και 70 grains (89, 5 γραμ.) παρήγαγε νερό, μέσω της ψύξης των ατμών, βάρους 20 grains (1,28 γραμ.)⁶³³.

Παρόλο που ο Boyle υποστήριζε με βάση τη θεωρία του για τη σχέση του ψύχους με τις ιδιότητες της ρευστότητας και της στερεότητας ότι η γη είναι το ψυχρότερο σώμα ως προς τις αισθήσεις μας, στο μοναδικό σώμα στο οποίο αφιέρωνε ένα κεφάλαιο με πειράματα ελέγχου των φαινομένων της ψυχρότητάς του ήταν ο αέρας⁶³⁴. Οι πειραματικές έρευνες του Boyle στην πνευματική είχαν δείξει ότι η έρευνα των ιδιοτήτων του αέρα, κύριως της πίεσης, του βάρους και της ελαστικότητας, αποτελούσαν ένα από τα πιο σημαντικά θέματα των πειραματικών του ερευνών. Ήδη με τα πειράματα του εισαγωγικού κεφαλαίου για τα θερμοσκόπια ο Boyle είχε δείξει την επιρροή της ελαστικότητας του αέρα από τη δράση του ψύχους καθώς και το ρόλο που έπαιζε η θεωρία του για την πίεση του αέρα στην εξήγηση της λειτουργίας των ανοιχτών θερμοσκοπιών αέρος. Υπήρχε λοιπόν μία κοινή βάση ερωτημάτων που συνέδεαν τις δύο ερευνητικές θεματικές η οποία δικαιολογούσε το ιδιαίτερο ενδιαφέρον του Boyle για το συγκεκριμένο σώμα. Δεύτερον η εμπειρία του καθώς και τα πειράματά του στα ψυκτικά φαινόμενα έδειχναν ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελούσε την κύρια πηγή της φυσικής

δεν αποτελούσαν τα ίδια ορατά κομμάτια πάγου που μεταφέρονταν μέσα από το γυαλί. Επίσης νομίζω ότι δεν δέχονταν την διαπερατότητα του γυαλιού..Ο.π., σελ. 271.

⁶³² Το «sal gem» είναι το αλάτι στη μορφή ως μέταλλο μη επεξεργασμένο.

⁶³³ Οι μετατροπές σε γραμμάρια γίνονται με βάση τις αντιστοιχίες του συστήματος μέτρησης βάρους ανοιδιρούις που υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούσε ο Boyle.

ψύξης καθώς και ότι μπορούσε να προκαλέσει, ιδιαίτερα στα πολύ ψυχρά κλίματα, πολύ έντονα ψυκτικά φαινόμενα. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις και τα επιχειρήματα που είχε αναφέρει στην εξέταση του «πρώτου ψυχρού σώματος», είχε αναδείξει ότι πολλές φορές οι ισχυροί βαθμοί ψύχους σε σχέση με τα στοιχεία του νερού και της γης βρίσκονταν στον αέρα. Επίσης είχε αναφέρει την ύπαρξη μίας ψυχρότητας στον αέρα, στη φυσική του κατάσταση, η οποία αποδιδόταν στην κίνηση των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνταν, αλλά και την ύπαρξη ψυχρών σωματιδίων που προκαλούσαν σε αυτόν πιο έντονους βαθμούς ψύχους. Η ψυχρότητα λοιπόν του αέρα, η προέλευσή της και η δράση της στα άλλα σώματα αποτελούσαν θέματα τα οποία χρειάζονταν ιδιαίτερη εξέταση.

Ένα από τα πρώτα θέματα που εξετάζονταν στο κεφάλαιο για την ψυχρότητα του αέρα, αφορούσε την μέτρηση της συρρίκνωσης που μπορεί να υποστεί ο αέρας όταν η ελαστικότητά του αποδυναμώνεται με την ψύξη. Ο Boyle είχε δείξει ότι όταν ο αέρας εσωκλειόταν σε φιάλες ερμητικά κλειστές δεν συρρικνωνόταν («condense») καθόλου ή πολύ λίγο από το ψύχος· όταν όμως κάποιο μέρος του, όπως γίνεται στα ανοιχτά θερμοσκόπια αέρος, ήταν εκτεθειμένο στην εξωτερική πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, τότε ένα βαθμός ψύχους που ήταν ικανός να ψύξει νερό, τον συρρίκωνε αρκετά⁶³⁵. Εδώ ο Boyle εξέταζε το βαθμό στον οποίο μπορούσε να συρρικνωθεί με αυτό τον τρόπο ο αέρας, αναποδογυρίζοντας ένα σωλήνα σε ένα δοχείο με υγρό το οποίο πάγωνε με μεγάλη δυσκολία όπως ήταν το Brine και το τερεβινθέλαιο («oil of turpentine»). Ο βαθμός ψύχους που επικρατούσε σε παγετό προκαλούσε τη συρρίκνωση του εσωκλειστού, στο πάνω μέρος του σωλήνα, αέρα κατά το $1/22^{\circ}$ μέρος του χώρου που καταλάμβανε πριν και ο βαθμός ψύχους ενός μίγματος χιονιού και αλατιού προκαλούσε μία περαιτέρω συρρίκνωση του αέρα κατά το $1/10^{\circ}$ του αρχικού χώρου. Ο Boyle συμπεραίνει ότι το ποσοστό της συρρίκνωσης ήταν μικρό, και ότι τελικά στο κλίμα της Αγγλίας το ψύχος δεν συρρίκωνε τον αέρα τόσο όσο θεωρούνταν μέχρι τότε. Επίσης επεσήμαινε ότι υπήρχε μία μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο ποσοστό που μπορούσε το ψύχος να συρρικνώσει τον αέρα και να αυξήσει τον όγκο του νερού με την ψύξη. Στο υποκεφάλαιο 2.3.2 έχουμε ήδη επισημάνει τις επιπτώσεις των συμπερασμάτων του Boyle

⁶³⁴ Κεφάλαιο 18 «XVIII» ‘Experiments and Observations touching the Coldness and Temperature of the Air’, ο.π., σς. 381-400.

⁶³⁵ Ο.π., σελ., 384

στην εκτίμηση των ενδείξεων του ανοιχτού θερμοσκοπίου το οποίο κατέγραφε τους βαθμούς ψύχους μέσω της επίδρασής τους στον εσώκλειστο αέρα.

Πέρα από τα παραπάνω πειράματα συρρίκνωσης, η έρευνα του Boyle στα φαινόμενα της ψυχρότητας του αέρα επικεντρωνόταν στα χαρακτηριστικά που του προσέδιδε η ψυχρότητα του καθώς και τα μετεωρολογικά φαινόμενα που προκαλούσε. Οι περισσότερες παρατηρήσεις που ανέφερε ο Boyle αφορούσαν τον ατμοσφαιρικό αέρα με την ιδιότητά του να προσδιορίζει τα μετεωρολογικά φαινόμενα, τις εποχές του χρόνου και τις κλιματολογικές συνθήκες μίας περιοχής. Αρχικά ο Boyle αναφερόταν σε μία σειρά από γενικά φαινόμενα στα οποία συμπεριλάμβανε δύο περιπτώσεις στις οποίες αναδεικνυόταν η ένταση της ψυχρότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Τα ψυχρά φαινόμενα που είχαν παρατηρηθεί στις ψυχρές χώρες, όπως η Γροιλανδία και η ευρύτερη περιοχή της Μόσχας, τους μήνες του καλοκαιριού, έδειχναν, σύμφωνα με τον Boyle, ότι το ψύχος μπορούσε να εμποδίσει τη θέρμανση του αέρα από τον ήλιο, όχι μόνο την πιο θερμή στιγμή της ημέρας, αλλά και κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Επίσης φαινόμενα όπως ήταν η ψύξη του νερού, στο σύντομο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από το πέταγμα του στην ατμόσφαιρα μέχρι πριν φτάσει στο έδαφος, αποτελούσαν ενδείξεις πολύ έντονων βαθμών ψύχους. Ο Boyle εξέταζε επίσης την επίδραση της ψυχρότητας του αέρα στο βάρος του και στη διαύγειά του. Συγκρίνοντας τις ενδείξεις ενός βαρομέτρου, δύο ανοιχτών θερμοσκοπίων με διαφορετικά ρευστά καθώς και ενός κλειστού θερμοσκοπίου ρευστού παρατηρούσε ότι όταν ο καιρός μεταβαλλόταν από θερμός και ήπιος σε ψυχρό και παγερό, υπήρχε αύξηση του βάρους του. Αν και θεωρούσε ότι αυτό το φαινόμενο μπορούσε να εξηγηθεί με την υπόθεση της εισχώρησης των ψυχρών σωματιδίων, όπως υποστήριζε ο Gassendi, συνιστούσε την περαιτέρω εξέταση με πειράματα για τον έλεγχο άλλων αιτιών που θα μπορούσαν να το εξηγήσουν καθώς και τον έλεγχο μίας τεχνικής παραμέτρου που μπορεί να επηρέαζε τα αποτελέσματα του πειράματος⁶³⁶. με αυτό τον τρόπο έδειχνε την αμφιβολία του για την επιβεβαίωση της γκασεντιανής υπόθεσης μέσω αυτού του φαινομένου. Για τις παρατηρήσεις που πιστοποιούσαν ότι ο αέρας ήταν πιο διαυγής όταν ήταν παγερός, ο Boyle εξηγούσε ότι το ψύχος συμπύκνωνε τους ατμούς στον αέρα και τους υγροποιούσε. Επίσης παγώνοντας

⁶³⁶ Ο Boyle αναφερόταν στην πιθανότητα, κατά το αναποδογύρισμα του σωλήνα με τον υδράργυρο, να κλειστεί στο πάνω μέρος του σωλήνα αέρας ο οποίος επηρεαζόμενος από τις αλλαγές της θερμοκρασίας να έπαιζε ρόλο στις ενδείξεις του βαρομέτρου.

την επιφάνεια της γης και της θάλασσας εμπόδιζε την ανάδυση περισσότερων ατμών/αναθυμιάσεων. Ένα ακόμη φαινόμενο που αναφερόταν ως δράση της ψυχρότητας του ατμοσφαιρικού αέρα ήταν η επιρροή της ανάκλασης του φωτός των πλανητών και των αστεριών. Συγκεκριμένα μία μαρτυρία, πάλι από ψυχρά κλίματα, απέδιδε την παρατήρηση της ανατολής του ηλίου είκοσι λεπτά πριν την καθορισμένη ώρα και τη δύση του είκοσι λεπτά μετά, στην επίδραση του ψύχους στην ανάκλαση του φωτός του.

Τα παραπάνω φαινόμενα έδιναν διαφορετικές πληροφορίες για την ψυχρότητα του αέρα και τη δράση της οι οποίες δεν φαίνονταν να απαντούν σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα. Ορισμένα όμως αποτελούσαν μέρος της εξέτασης των φαινομένων που σχετίζονταν με την ιδιότητα του ψύχους και της θερμότητας την οποία πρότεινε ο Bacon ως παραδειγματική για την εξέταση των ιδιοτήτων. Στο *Novum Organum* και στον πίνακα των περιστάσεων όπου εξέλιπε η ιδιότητα της θερμότητας ο Bacon ανέφερε ως φαινόμενα που πρέπει να ελεγχθούν την αποδυνάμωση των αχτίδων του ηλίου κοντά στους πόλους της γης, καθώς και την ανάπτυξη ψυχρών καιρικών φαινομένων κατά την εμφάνιση ανατολικών και βορείων ανέμων σε εποχές που δεν συνηθιζόταν⁶³⁷. Στο *Sylva Sylvarum* ανέφερε την παρατήρηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας του αέρα όταν υπήρχε διαύγεια στην ατμόσφαιρα σε σχέση με την ψυχρότητα του συννεφιασμένου καιρού⁶³⁸. Οι αναφορές στο έργο του Bacon αποτελούν ένα δείγμα ότι τα συγκεκριμένα φαινόμενα, αν και εκ πρώτης όψεως φαίνονται απομονωμένα από ένα συγκεκριμένο ερώτημα για την ψυχρότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, αποτελούσαν μέρος της αναπτυσσόμενης προβληματικής για τα φαινόμενα του ψύχους και της θερμότητας, πάνω στην οποία στηριζόταν ο Boyle

Το δεύτερο μέρος των παρατηρήσεων για τον ατμοσφαιρικό αέρα αφορούσε την απόδειξη μέσω μαρτυριών, τριών προτάσεων που σχετίζονταν με φαινόμενα θερμότητας και ψύχους τα οποία λάμβαναν χώρα σε τόπους όπου σύμφωνα με την κοινή γνώμη, έπρεπε να επικρατεί ένα συγκεκριμένο κλίμα ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος των περιοχών και την απόστασή τους από τους πόλους της γης. Σύμφωνα με την πρώτη γενική πρόταση, η μεγαλύτερη ή μικρότερη ψυχρότητα του αέρα σε αρκετά κλίματα και χώρες δεν ήταν ανάλογη της απόστασής τους από τους πόλους της γης ή της εγγυτητάς

⁶³⁷ Bacon [1620], *Novum Organum*, σσ. 129-137.

⁶³⁸ «Experiment Solitary touching the nature of air» Bacon [1626]. *Sylva Sylvarum*, σελ. 628. «Experiment Solitary touching the nature of air».

τους στον Ισημερινό. Με αυτή την πρόταση ο Boyle εξέταζε την κοινή γνώση εκείνης της εποχής ότι τα μέρη που βρίσκονταν στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος και απείχαν ίση απόσταση από τον Βόρειο και Νότιο Πόλο, είχαν ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες στο κλίμα τους. Οι παρατηρήσεις που παρέθετε ο Boyle οδηγούσαν στα εξής συμπεράσματα: ότι υπήρχαν μέρη που βρίσκονταν στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος, όπως η Μόσχα και το Εδιμβούργο, στις οποίες τα φαινόμενα του ψύχους διαφοροποιούνταν ως προς την έντασή τους· ότι οι περιοχές που ήταν πιο κοντά, όσο αφορά το γεωγραφικό πλάτος, στο βόρειο πόλο είχαν πιο ήπιο κλίμα από εκείνες που ήταν πιο απομακρυσμένες καθώς και ότι στις περιοχές που βρίσκονταν κοντά στον ισημερινό, όπως ήταν οι Ινδίες, παρατηρούνταν να μην επικρατούν συνθήκες έντονης θερμότητας όπως ήταν αναμενόμενο. Οι παραπάνω μαρτυρίες έδειχναν ότι η κοινή γνώση εκείνης της εποχής σύμφωνα με την οποία οι περιοχές που ήταν πιο κοντά στους πόλους ή στον ισημερινό έπρεπε να είναι αντίστοιχα πιο κρύες ή πιο θερμές δεν αποτελούσε μία κανονικότητα χωρίς σημαντικές εξαιρέσεις. Η αναφορά στην μαρτυρία του Acosta στον Αριστοτέλη, επιβεβαιώνει ότι στα τέλη του 16ου αιώνα και στις αρχές του 17ου αιώνα, εποχή που λάμβαναν χώρα τα ταξίδια των πλοηγών που συμβουλευόταν ο Boyle, η εικόνα για τα μετεωρολογικά φαινόμενα σε ορισμένα μέρη της γης συσταίνονταν ακόμη με βάση ορισμένες ιδέες του⁶³⁹.

Σύμφωνα με τη δεύτερη πρόταση, στο ίδιο κλίμα και τόπο οι βαθμοί του ψύχους και της θερμότητας μπορούσαν να φτάσουν σε έντονους βαθμούς, και στις δύο εποχές του χρόνου που αντιπροσώπευαν, δηλαδή το καλοκαίρι και το χειμώνα· επίσης μπορούσαν και οι δύο να φτάσουν σε έντονους βαθμούς σε διαφορετικές στιγμές την ίδια ημέρα. Το πρώτο φαινόμενο που παρατηρούνταν ήταν ότι στις χώρες στις οποίες σύμφωνα με το γεωγραφικό τους πλάτος επικρατούσαν τη μία εποχή του χρόνου, δηλαδή ή το χειμώνα ή το καλοκαίρι, έντονοι βαθμοί ψύχους ή ζέστης, παρουσίαζαν την αντίθετη εποχή τους ίδιους έντονους βαθμούς της θερμοκρασίας που αντιστοιχούσε σε

⁶³⁹ Ο Acosta περιγράφοντας ότι αντί για την έντονη θερμότητα την οποία περίμενε να βρει στην περιοχή ανάμεσα στον Τροπικό του Καρκίνου και τον Τροπικό του Αιγόκερω, βρήκε ψύχος, αναφέρει χαρακτηριστικά «what could I else do then but laugh at Aristotles *Meteors*, and his Philosophy, seeing that in that place, and at that season, when as all should be scorch'd with heat, according to his rules, I and all my companions were cold?», από το βιβλίο του Acosta *The Natural and Moral History of the East and West Indies* (1604), Boyle [1665α], σσ. 391-392. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη η περιοχή μεταξύ του τροπικού του Αιγόκερω και του τροπικού του Καρκίνου δεν μπορούσε να κατοικηθεί λόγω της έντονης

αυτή. Για παράδειγμα στη Μόσχα είχε παρατηρηθεί ότι παρόλο που επικρατούσαν έντονα ψυκτικά φαινόμενα τον χειμώνα, το καλοκαίρι ήταν αρκετά ζεστό· το αντίστροφο συνέβαινε στην Κίνα όπου λόγω του γεωγραφικού πλάτους είχε πολύ ζεστό καλοκαίρι, παρά ταύτα όμως παρουσιάζε πολύ έντονα ψυκτικά φαινόμενα τον χειμώνα. Το δεύτερο φαινόμενο που αναδείκνυε ο Boyle μέσα από τις μαρτυρίες ήταν ότι στο διάστημα μίας ημέρας μπορούσαν να κυριαρχούν στην ατμόσφαιρα έντονοι βαθμοί και των δύο ιδιοτήτων. Ο Boyle ανέφερε την παρατήρηση στην Αίγυπτο και στην Περσία, κατά τη διάρκεια της ημέρας της επικράτησης έντονης ζέστης ενώ στη διάρκεια της νύχτας έντονου ψύχους στον αέρα. Με τις παραπάνω παρατηρήσεις ο Boyle έδειχνε ότι καταρχήν η πεποίθηση ότι σε περιοχές που είχαν έντονα φαινόμενα της μίας εποχής του χρόνου όπου επικρατούσε η μία ιδιότητα λόγω του γεωγραφικού τους πλάτους, δεν συνεπαγόταν ότι τα φαινόμενα της αντίθετης εποχής θα έπρεπε να είναι πιο ήπια. Επίσης έδειχνε ότι στο ίδιο κλίμα και κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης εποχής όπου κυριαρχούσε η μία ιδιότητα από τις δύο στον αέρα, μπορούσε να αναπτυχθεί και η άλλη ιδιότητα.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις έδειχναν ότι η θερμοκρασία ορισμένων περιοχών δεν ήταν η αναμενόμενη σύμφωνα με την απόστασή τους από τους πόλους της γης· με την τρίτη πρόταση ο Boyle καθόριζε μία άλλη αιτία για την επικράτηση της μίας ή της άλλης ιδιότητας στον αέρα. Με δικά του πειράματα και μαρτυρίες τρίτων ο Boyle είχε καταλήξει ότι η θερμοκρασία του αέρα ως προς το ψύχος και τη θερμότητα δεν εξαρτώνταν τόσο από την εγγύτητα των περιοχών στους πόλους όσο από τη φύση και τις περιστάσεις («circumstances») των ανέμων που φυσούσαν σε αυτές τις περιοχές. Ο Boyle αναγνώριζε ότι είχαν προταθεί αρκετές αιτίες για την προέλευση των ανέμων, πολλές από τις οποίες συμφωνούσαν με κάποια φαινόμενα. Καμία όμως από τις προτεινόμενες αιτίες δεν θεωρούσε επαρκή για την εξήγηση των ποικίλων μετεωρολογικών φαινομένων. Για τους βόρειους και βορειοανατολικούς ανέμους ο Boyle υποστήριζε ότι προκαλούσαν την ψυχρότητα του αέρα σε όλες τις εποχές του χρόνου και κατά τη διάρκεια του χειμώνα προκαλούσαν παγετό. Ως παραδείγματα έφερνε την ψύχρανση του αέρα σε θερμούς τόπους όπως ήταν η Αίγυπτος. Στόχος του

θερμότητας. Οι ζώνες πάνω από τον Αρκτικό και τον Ανταρκτικό κύκλο αντίστοιχα δεν μπορούσαν να κατοικηθούν λόγω του έντονου ψύχους. Αριστοτέλης [1952], σελ. 102.

Boyle ήταν να εξετάσει την προέλευση της ιδιότητας των ανέμων να αλλάζουν τη σύσταση του αέρα. Για τους θερμούς ανέμους, τους Νότιους και Νοτιοδυτικούς, υποστήριξε ότι η απάντηση στο ερώτημα της προέλευσης ήταν εύκολη. Για το μεγαλύτερο μέρος τους υποστήριξε ότι η θερμότητά τους προερχόταν από τις ιδιότητες των περιοχών από τις οποίες περνούσαν. Χρησιμοποιούσε τις μαρτυρίες του Acosta για τους θερμούς ανέμους στην Αίγυπτο, για να υποστηρίξει ότι η θερμότητά τους προερχόταν από τη μεταφορά θερμών αναθυμιάσεων και ατμών από τις νότιες και καυτές περιοχές της χώρας. Για την προέλευση όμως της ψυχρότητας των Βόρειων ανέμων κρατούσε επιφυλάξεις δεδομένου ότι είχε αμφισβητηθεί από πολλούς φιλοσόφους και ειδικά τους Καρτεσιανούς ότι δεν προέρχεται από τη μεταφορά ψυχρών σωματιδίων. Παρόλο που ο Boyle συμφωνούσε με τους Καρτεσιανούς ότι το ψύχος αποτελείται από την κίνηση των σωματιδίων που απαρτίζουν τα σώματα, και όπως είδαμε παραπάνω δυσπιστούσε ως προς την ισχύ της γκασεντιανής υπόθεσης των ψυχρών σωματιδίων, στην περίπτωση της προέλευσης της ψυχρότητας των βορείων και βορειοανατολικών ανέμων, υπέθετε ότι η αιτία δεν ήταν η κίνηση των σωματιδίων του αέρα αλλά η εισχώρηση ψυχρών σωματιδίων. Με το πείραμα που έχουμε παραθέσει στο κεφάλαιο 2.3.3, ο Boyle έδειχνε ότι ο αέρας που φυσούνταν από ένα φουσερό και περνούσε πάνω από ένα ψυκτικό μίγμα ήταν ψυχρότερος από τον αέρα που απλά φυσούνταν από το φουσερό και αποκτούσε ψυχρότητα μέσω της κίνησής του. Επίσης έδειχνε ότι στην πρώτη περίπτωση ήταν ψυχρότερος από τον αέρα που περνούσε μέσα από το φουσερό όταν το ίδιο το φουσερό ψυχραινόταν από ψυκτικό μίγμα. Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα ο Boyle υποστήριξε ότι είτε ο πάγος εκλύει καθολικά ψυχρά σωματίδια είτε όχι, ο περιβάλλον αέρας ψυχόταν από αυτά ή από άλλη αιτία και στη συνέχεια ο άνεμος έσπρωχνε αυτά τα ψυχρά σωματίδια μπροστά. Επομένως ο Boyle προκειμένου να εξηγήσει την ψυχρότητα του αέρα σε ορισμένες από τις περιστάσεις που περιγράψαμε παραπάνω, επέτρεπε ως εξήγηση τη δράση ψυχρών σωματιδίων στον αέρα στα οποία σαφώς δεν απέδιδε την καθολική δράση του ψύχους των ψυχρών σωματιδίων του Gassendi.

Ο Boyle δεν θεωρούσε ότι η αιτία αυτή ήταν επαρκής για να εξηγήσει την ψυχρότητα των ανέμων σε όλες τις περιστάσεις. Υποστήριξε ότι μία δεύτερη αιτία αποτελούσε η ώθηση προς τα μπροστά με τη δράση των ανέμων των μερών των

ανώτερων τμημάτων του αέρα τα οποία θεωρούνταν ψυχρά λόγω της ήπιας ανάκλασης του φωτός του ηλίου στην ανώτερη αρκτική περιοχή του αέρα. Έφερνε ως παράδειγμα την ψύξη που προκαλούσαν οι βροχές στο κατώτερο τμήμα του αέρα, φέρνοντας μαζί τους, όταν δεν υπήρχε άνεμος, τον ψυχρό αέρα των ανώτερων περιοχών. Ο Boyle θεωρούσε ότι μία τρίτη αιτία της ψυχρότητας των ανέμων δεν αποτελούσε το τμήμα από το οποίο φυσούσε (Βόρειο ή Νότιο) αλλά οι περιοχές πάνω από τις οποίες φυσούσε. Σε αυτό το συμπέρασμα τον είχαν οδηγήσει μαρτυρίες σύμφωνα με τις οποίες σε ορισμένα μέρη όπως η New England, οι βορειοανατολικοί άνεμοι που έρχονταν από τη θάλασσα ήταν θερμοί ενώ οι βορειοδυτικοί που έρχονταν από τη στεριά προκαλούσαν ψύχος και μεγάλους παγετούς. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα μετεωρολογικά φαινόμενα για τα οποία πληροφορούνταν με βάση τις μαρτυρίες ήταν ποικίλα και δεν μπορούσαν να εξηγηθούν από μία αιτία. Το βασικό όμως επιχείρημα που αποδείκνυε ο Boyle ήταν ότι η θερμοκρασία του αέρα σε ορισμένους τόπους δεν καθοριζόταν από την εγγύτητα των περιοχών στους πόλους αλλά από τη θερμοκρασία των ανέμων η οποία επηρεαζόταν από πολλές αιτίες.

Και οι τρεις προτάσεις μαζί αποτελούσαν μία δομημένη επιχειρηματολογία με σκοπό να δοθεί μία νέα εξήγηση για τη σχέση των μετεωρολογικών φαινομένων των περιοχών με την εγγύτητά τους στους πόλους της γης. Ο Boyle εκμεταλλευόταν την αντίθεση των νέων παρατηρήσεων στις παραδεδεγμένες απόψεις της εποχής του για να δώσει μία εξήγηση των καιρικών φαινομένων μέσα από την ύπαρξη ανέμων που έχουν τη δυνατότητα να επεμβαίνουν στη θερμοκρασία μίας περιοχής. Σκοπός του δεν ήταν να δώσει μία γενική εξήγηση των μετεωρολογικών φαινομένων μέσω των πληροφοριών που είχε συλλέξει από την έρευνά του για τα φαινόμενα του ψύχους. Γι' αυτό και δεν έκανε μία απόπειρα γενικής εξήγησης των καιρικών φαινομένων τα οποία θεωρούσε ότι αναλύονταν από βιβλία εξειδικευμένα στη μετεωρολογία. Σκοπός του ήταν να ανασκευάσει την κοινή γνώμη η οποία, εν μέρει, στηριζόταν σε αριστοτελικές ιδέες.

Η συζήτηση σε μία πραγματεία όπως το *Cold*, όπου εξεταζόταν η ιδιότητα του ψύχους, της ψυχρότητας του ατμοσφαιρικού αέρα ως αιτία των μακροσκοπικών φαινομένων που είχαν να κάνουν με το κλίμα των περιοχών της γης και μετεωρολογικά φαινόμενα, αποτελούσε τον 17ο αιώνα μέρος της προβληματικής για τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Οι θεωρίες οι οποίες βλέπουμε ότι έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη

των ερωτημάτων του Boyle για το θέμα συνέδεαν τη δράση της ιδιότητας στο μικροσκοπικό επίπεδο με εκείνη στο μακροσκοπικό. Στην αριστοτελική θεωρία τα τέσσερα στοιχεία της φύσης ήταν άρρηκτα δεμένα με την διαμόρφωση του υποσελήνιου χώρου. Η θέση τους στην υποσελήνια σφαίρα, ο συνδυασμός τους, και η αμοιβαία δράση τους στην υπερσελήνια περιοχή ρύθμιζαν και εξηγούσαν τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Παράλληλα χρησιμοποιούνταν για να εξηγηθεί η δημιουργία των σύνθετων σωμάτων και των ιδιοτήτων τους. Το γενικό πλαίσιο δράσης τους στην υποσελήνια περιοχή διατηρούνταν και από τις σχολαστικές θεωρίες της εποχής. Η αναφορά του Boyle στην αμφισβήτηση του αριθμού, των ορίων και των ιδιοτήτων που κυριαρχούν στις τρεις αριστοτελικές ζώνες του αέρα δείχνουν ότι οι απόψεις του Αριστοτέλη για τη γένεση των μετεωρολογικών φαινομένων ήταν ακόμη δημοφιλείς⁶⁴⁰. Το έργο του Descartes αποτελεί και αυτό μία περίπτωση όπου πολλά φαινόμενα σχετικά με το ψύχος αναλύονταν στην πραγματεία με τίτλο *Meteors*. Η δημιουργία λοιπόν μίας νέας προβληματικής και μέσω αυτής μίας νέας εξηγητικής θεωρίας για την ιδιότητα του ψύχους στον 17^ο αιώνα σήμαινε ότι έπρεπε να εξεταστεί και η μακροσκοπική παράμετρος της ιδιότητας. Στο έργο του Bacon και του Boyle η εξέταση των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους δεν αποτελούσε μέρος ενός γενικότερου συστήματος εξήγησης όλων των φαινομένων της υποσελήνας περιοχής αλλά ξεκινούσε εξετάζοντας τις ιδιότητες και τις διαφορές εκφάνσεις τους ως επίκεντρο από το οποίο θα συνάγονταν συμπεράσματα για τη φύση τους. Με βάση το Βακωνικό πρότυπο κατά την εξέταση των ιδιοτήτων έπρεπε να εξεταστούν όλα τα φαινόμενα σχετικά με αυτά, οπότε και μακροσκοπικά φαινόμενα όπως τα μετεωρολογικά. Η αριστοτελική θεωρία, ως μέρος της σχολαστικής παράδοσης, η οποία ακόμη διαμόρφωνε την κοινή γνώμη στις αρχές του 17ου αιώνα υποδείκνυε τα συγκεκριμένα φαινόμενα τα οποία έπρεπε οι πειραματιστές να ενσωματώσουν στις έρευνές τους και να εξετάσουν προκειμένου να ανασκευάζουν τις υφιστάμενες απόψεις για πολλά φαινόμενα. Παράλληλα συνέτρεχε άλλος ένα σημαντικός παράγοντας για την ενσωμάτωση των φαινομένων στην έρευνα του Boyle για το ψύχος. Πολλά από τα συμπεράσματα στα οποία οδηγούνταν ο Boyle για τα φαινόμενα του ατμοσφαιρικού

⁶⁴⁰ « For I confess I am altogether without scruples, both as to the Number, and as to the Limits, and as to the Qualities assign'd to these Aerial Regions», Boyle [1665α], σελ. 390. Επίσης βλ. συζήτηση για την ψυχρότητα της μεσαίας ζώνης του αέρα στην αντίκρουση του φαινομένου της «αντιπερίστασης» ο.π., σελ. 472.

αέρα, ανάχθηκαν σε θέματα υπό εξέταση λόγω της ύπαρξης νέων πληροφοριών για τις θερμοκρασιακές συνθήκες στις διάφορες περιοχές της γης. Τα ταξίδια που έγιναν στα τέλη του 16ου και στις αρχές του 17ου αιώνα για την εύρεση νέων εμπορικών δρόμων καθώς και την εξερεύνηση του βορειοδυτικού περάσματος, καθώς και η πρακτική της δημοσίευσης των παρατηρήσεων των συγκεκριμένων ταξιδιών από τους πλοηγούς και καπετάνιους, είχε προσδώσει πολλές νέες πληροφορίες για τα θερμοκρασιακά φαινόμενα των περιοχών κοντά στον Βόρειο Πόλο και κοντά στον Ισημερινό⁶⁴¹. Η νέα πληροφόρηση η οποία συχνά ερχόταν σε αντίθεση με παραδεδομένες απόψεις δημιουργούσε το κατάλληλο έδαφος για νέες εξηγήσεις και θεωρίες.

Τα πειράματα του 19ου και του 21ου κεφαλαίου

Όπως αναφέραμε παραπάνω, στο 19ο κεφάλαιο Boyle παρέθετε έντονα φαινόμενα ψύχους που λάμβαναν χώρα στις ψυχρές περιοχές και τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν έκπληξη σε εκείνους που ήταν εξοικειωμένοι με ηπιότερα κλίματα όπως ήταν αυτό της Αγγλίας⁶⁴². Η παράθεση των παρατηρήσεων των πλοηγών και πληροφοριοδοτών του, γινόταν με βάση τον εξής σχεδιασμό που ανέλυε ο ίδιος. Πρώτα παρέθετε τα φαινόμενα που αφορούσαν τα αποτελέσματα των έντονων βαθμών ψύχους στα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία, στη συνέχεια εκείνα που αφορούσαν να σύνθετα άψυχα σώματα και τέλος εκείνα που αφορούσαν τα σύνθετα ζωντανά σώματα, τους ανθρώπους και τα ζώα⁶⁴³. Ο Boyle εξηγούσε ότι η οργάνωση των πληροφοριών σε αυτές τις κατηγορίες δεν ήταν απαραίτητη αλλά θα συνέβαλλε στην αποφυγή της σύγχυσής τους. Η επιλογή της αριστοτελικής θεωρίας για τη σύσταση της ύλης ως κριτηρίου κατηγοριοποίησης των σωμάτων που δέχονταν τη δράση του ψύχους ερχόταν σε αντίθεση με τα κριτήρια με τα οποία ο ίδιος κατηγοριοποιούσε τα πειράματα στα κεφάλαια στην ενότητα «The Experimental History of Cold». Τα φαινόμενα που

⁶⁴¹ Ένας από τους ερευνητές που αναφέρει ο Boyle ως πληροφοριοδότες του ήταν και ο άγγλος William Baffin ο οποίος το 1625 είχε πλεύσει σε πλάτος 78 μοιρών από τον Βόρειο πόλο και είχε καταλήξει ότι δεν υπάρχει Βορειοδυτικό πέρασμα. Άλλη μία πολύ σημαντική πηγή που χρησιμοποιεί ο Boyle είναι το *Strange and Dangerous Voyage* (1633), το οποίο περιείχε τις παρατηρήσεις του καπετάνιου Thomas James από το ταξίδι του στο Hudson Bay για να βρει το βορειοδυτικό πέρασμα στις Νότιες Θάλασσες. Βλ. Shapin [1994], σελ., 250.

⁶⁴² Κεφάλαιο 19, («Title XIX»), «Of the Strange Effects of Cold», Boyle [1665a], σσ. 400-410.

⁶⁴³ «we shall first mention the Effects of Cold, as to those four great Bodies, of that part of the Sublunary World we live in, that are commonly reputed Elements of Cold upon some other inanimate Bodies, and, for an instance of its operation on living Creatures, upon men.», ο.π., σελ. 401.

παρέθετε για τα τέσσερα σώματα, τη γη, το νερό, τη φωτιά και τον αέρα δεν υποδήλωναν την αντιμετώπισή τους ως στοιχειωδών συστατικών της ύλης, αλλά ως σωμάτων από τα οποία αποτελούνταν η υδρόγειος. Συγκεκριμένα ο Boyle δήλωνε ότι δεν θα την ερευνούσε τη γη ως στοιχείο, στην αγνή μορφή της, για την οποία μπορούσε να κάνει μόνο υποθέσεις, αλλά ως ακάθαρτο και μικτό σώμα. Επομένως η κατηγοριοποίηση στις γενικές αριστοτελικές διακρίσεις μεταξύ στοιχειωδών και σύνθετων σωμάτων, αποτελούσε έναν ονομαστικό διαχωρισμό που βοηθούσε στην τακτοποίηση των φαινομένων και δεν αφορούσε την ουσία των σωμάτων που εξετάζονταν.

Οι πληροφορίες που παρέθετε ο Boyle για τα τέσσερα στοιχεία και τα σύνθετα άψυχα σώματα ήταν συμπληρωματικές σε όσες είχε αναφέρει σε άλλα κεφάλαια και αφορούσαν φαινόμενα από τις ψυχρές χώρες. Οι μόνες που αφορούσαν μία ερευνητική θεματική που δεν είχε αναφερθεί ήταν εκείνες που έδειχναν το αποτέλεσμα που είχε το ψύχος στον περιορισμό της δράσης της φωτιάς και την αποτροπή των αποτελεσμάτων της. Οι μαρτυρίες εστίαζαν στη δυνατότητα του ψύχους να μετριάξει τη δράση της φωτιάς, ως προς, για παράδειγμα, το μαγείρεμα του φαγητού και τη θέρμανση του ανθρώπινου σώματος. Ο Boyle επανέφερε το θέμα της πιθανότητας της ύπαρξης ψυχρών αναθυμιάσεων ή σωματιδίων στον αέρα των Βόρειων περιοχών, τα οποία, ίσως και σε συνδυασμό με την ύπαρξη αλατούχων αναθυμιάσεων που αναδύονταν από τη γη και τη θάλασσα, προκαλούσαν ένα βαθμό ψύχους μεγαλύτερο από αυτόν που προκαλούνταν στο κλίμα της Αγγλίας σε μικρή απόσταση από το μίγμα χιονιού και αλατιού. Για τα υπόλοιπα στοιχεία ο Boyle παρέθετε μαρτυρίες μόνο για τη γη και το νερό, από τις οποίες το μόνο φαινόμενο που δεν είχε αναφερθεί σε άλλο κεφάλαιο, ήταν η παρατήρηση βαθιών ρηγμάτων που ξεκινούσαν από την επιφάνεια της γης. Ως εξηγητική υπόθεση για τη δημιουργία τους, ο Boyle πρόβαλλε τον τρόπο με τον οποίο είχε παρατηρήσει να διογκώνεται το νερό με αποτέλεσμα το σπάσιμο των φιαλών που το εσώκλειαν. Αντίστοιχα υπέθετε ότι το ψύχος του αέρα έψυχε την επιφάνεια της γης και στη συνέχεια εισχωρούσε σε βάθος όπου έψυχε το υγρό μέρος της το οποίο διογκωνόταν και έσπαγε την παγωμένη επιφάνεια. Ο Boyle είχε σχεδιάσει κάποια πειράματα για την επιβεβαίωση της υπόθεσης τα οποία δεν είχε εκτελέσει. Η υπόθεση αυτή ερχόταν σε

αντίθεση με τα όσα είχε πειραματικά αποδείξει για το μικρό βάθος στο οποίο ο αέρας μπορούσε να παγώσει τη γη⁶⁴⁴.

Για τα αποτελέσματα του ψύχους στα σύνθετα σώματα ο Boyle παρουσίαζε μία μικρή περίληψη των υγρών και συμπαγών σωμάτων για τα οποία είχαν αναφερθεί φαινόμενα στην «Ιστορία του Ψύχους» αλλά δεν προσέθετε νέες πληροφορίες. Για τα φυτά, απλώς ανέφερε ότι ένας μεσαίος βαθμός ψύχους μπορούσε να τα διατηρήσει ενώ οι έντονοι βαθμοί ψύχους προκαλούσαν την καταστροφή τους. Η δράση του ψύχους στα ανθρώπινα σώματα αποτελούσε τη θεματική για την οποία παρέθετε τις περισσότερες μαρτυρίες. Ο Boyle είχε ήδη ερευνήσει τις διαβρωτικές επιδράσεις του ψύχους στο ανθρώπινα σώματα μέσω της πρόκλησης κρυοπαγημάτων, στα πλαίσια της εξέτασης των μεθόδων απόψυξης των άψυχων και ζωντανών σωμάτων⁶⁴⁵. Εδώ παρέθετε μία σειρά από κακοποιήσεις που μπορούσε να δεχθεί το ανθρώπινο σώμα έως και το θάνατο. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες, στα ψυχρά κλίματα παρατηρούνταν η ψύξη των άκρων όπως ήταν η μύτη, τα αυτιά και τα μάγουλα, η οποία κατέληγε και στην αποκοπή τους από το υπόλοιπο σώμα καθώς και η παρουσία φουσκάλων στα μέρη του σώματος που βρίσκονταν εκτεθειμένα στο ψύχος.

Ένα γενικό συμπέρασμα το οποίο προέκυπτε από τις μαρτυρίες για τα αποτελέσματα του ψύχους στα ανθρώπινα σώματα, ήταν η αδυναμία να προστατευτούν από τις επιδράσεις του από διάφορα μέσα θέρμανσης όπως ήταν η φωτιά ή θερμομόνωσης όπως ήταν οι γούνες και τα ρούχα. Πολλές μαρτυρίες ανέφεραν τον θάνατο ανθρώπων από το ψύχος χωρίς όμως να διευκρινίζουν τους λόγους. Σύμφωνα όμως με κάποιες πιο λεπτομερείς περιγραφές τις οποίες επεδίωξε ο Boyle προκειμένου να συλλέξει περισσότερες πληροφορίες για την αλλαγή που συνέβαινε στο εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος από το ψύχος, είχαν παρατηρηθεί περιπτώσεις δημιουργίας καρκινωμάτων σε εκείνα τα ακραία σημεία του σώματος, τα οποία εξαπλώνονταν ώστε να κυριεύσουν το σημείο στο οποίο αναπτύσσονταν. Σύμφωνα με την ίδια μαρτυρία, οι θάνατοι από το ψύχος προκαλούνταν με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος αποτελούσε η εξάπλωση της ψύξης από τα χέρια και τα πόδια στο υπόλοιπο σώμα μουνδιάζοντάς το και ρίχνοντας τους ανθρώπους σε ένα λήθαργο από τον οποίο δεν ξυπνούσαν ποτέ. Σύμφωνα

⁶⁴⁴ 4^η κατηγορία πειραμάτων

⁶⁴⁵ 1^η κατηγορία πειραμάτων

με έναν άλλο τρόπο, που συνέβαινε στους ιππείς, η ψύξη ξεκινούσε από τη μέση και εξαπλωνόταν στην κοιλιά δημιουργώντας έντονους πόνους και όπως φαινόταν μετά την «post mortem» αυτοψία διαλύοντας τα εσωτερικά όργανα τα οποία παρουσίαζαν γάγγραινα. Η πιο σημαντική παρατήρηση που ανέφερε ο Boyle σχετικά με τη δράση του έντονου ψύχους στα ζώα ήταν η λευκότητα που παρουσίαζαν στις Βόρειες περιοχές τα πουλιά και τα άγρια είδη, την οποία, αν δεν έφεραν όλες τις εποχές του χρόνου, την αποκτούσαν μόνο το χειμώνα. Ο Boyle δήλωνε ότι καταρχήν δεν θεωρούσε ότι το φαινόμενο ήταν καθολικό ούτε όμως ότι δεν ίσχυε σε ορισμένες περιπτώσεις. Επίσης με βάση τις μαρτυρίες που παρέθετε δεν μπορούσε να καταλήξει σε κάποιο συμπέρασμα για το αν το φαινόμενο προκαλούνταν από το ψύχος ή από κάποια σπερματική αποτύπωση «seminary impression»⁶⁴⁶.

Ένα από τα πιο σημαντικά πειράματα που πρόσθετε ο Boyle στην «Ιστορία του Ψύχους» και συμπεριλαμβανόταν στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο ήταν η αντίκρουση του αριστοτελικού επιχειρήματος για την πιο γρήγορη μετατροπή σε πάγο του ζεστού νερού σε σχέση με το κρύο⁶⁴⁷. Ο Αριστοτέλης αναφερόταν στο συγκεκριμένο φαινόμενο στα *Μετεωρολογικά* στο πλαίσιο της εξήγησης της ψύξης του νερού σε χαλάζι στο κατώτερο στρώμα του αέρα που ήταν θερμό⁶⁴⁸. Ανατρέχοντας στο φαινόμενο της αντιπερίστασης, της εντατικοποίησης δηλαδή της μίας από τις δύο ιδιότητες όταν περιβαλλόταν από την αντίθετή της, υποστήριζε ότι η ψυχρότητα των σταλών νερού (οι στάλες προέρχονταν από την ψύξη των συννέφων πάλι μέσω του φαινομένου της αντιπερίστασης στην υψηλή ζώνη του αέρα που ήταν επίσης θερμή) εντεινόταν από τη θερμότητα του κατώτερου στρώματος και ψυχόταν με αποτέλεσμα τη δημιουργία του χαλαζιού. Το φαινόμενο της ψύξης του ζεστού νερού φαινόταν να αναφέρεται από τον Αριστοτέλη ως επιβεβαίωση της ψύξης του χαλαζιού μέσω της αλληλεπίδρασης του ψύχους με τη θερμότητα. Η εμπειρική ισχύς του φαινομένου είχε αμφισβητηθεί ήδη από τους σχολιαστές του Αριστοτέλη σε έργα όπου σχολιάζονταν η συγκεκριμένη αριστοτελική πραγματεία. Ο Boyle αναφερόταν στο *Meteorologicorum Aristotelis commentaria* (1646) του Niccolo

⁶⁴⁶ ο.π., σελ. 409.

⁶⁴⁷ Κεφάλαιο 21, («Title XXI»), «Promiscuous Experiments and Observations concerning Cold», Boyle [1999], τόμος 4, σσ. 418-458.

⁶⁴⁸ Αριστοτέλης [1962], *Μετεωρολογικά*, τόμος 1^{ος}, κεφ. XII-XIII, σελ.87

Cabeus και στο *Circulus Pisanus* του Berigardus (1643,1661)⁶⁴⁹. Ο πρώτος αρνούσαν την επαλήθευση της αριστοτελικής πρότασης ενώ ο δεύτερος, μέσα από πειράματα που είχε εκτελέσει ο ίδιος, αποδείκνυε ότι το φαινόμενο επιβεβαιωνόταν μόνο αν ο Αριστοτέλης εννοούσε ως ζεστό νερό εκείνο το οποίο έχει βράσει και στη συνέχεια είχε αφηθεί να κρυώσει τόσο ώστε να έχει ίδια θερμοκρασία με το κρύο νερό.

Ο Boyle είχε εκτελέσει πειράματα με τα οποία εξέταζε γενικά την αριστοτελική πρόταση και ορισμένα στοχευμένα στις ερμηνείες που έδιναν οι σχολαστικοί, όπως ο Berigardus. Σε μία πειραματική διάταξη χρονομετρούσε το διάστημα ψύξης τριών φιαλών που περιείχαν η πρώτη ζεστό νερό, η δεύτερη νερό που είχε βραστεί και είχε αφηθεί να κρυώσει, και η τρίτη κρύο νερό. Το κρύο νερό ψύχθηκε 1 $\frac{3}{4}$ ώρα μετά την έκθεση στο ψύχος, το νερό που είχε βράσει και ύστερα κρυώσει ψύχθηκε σε 2 $\frac{1}{4}$ ώρες και το ζεστό νερό μετά από τρεις ώρες. Η επανεκτέλεση του πειράματος, θερμαίνοντας αυτή τη φορά το ζεστό νερό όχι σε μπουκάλι μπίρας, τα υπολείμματα της οποίας θα μπορούσαν να είχαν επηρεάσει το χρόνο της ψύξης, αλλά σε ένα τηγάνι, επιβεβαίωνε ότι το ζεστό νερό πάγωνε πιο αργά από τα άλλα δύο. Η αναφορά του Boyle στην εκτέλεση του πειράματος με γήινες και μεταλλικές φιάλες καθώς και στην προσοχή που έδινε στο γέμισμα των φιαλών με την ίδια ποσότητα νερού λόγω της έλλειψης ζυγαριάς, δείχνει καταρχήν την προσπάθειά του να επιβεβαιώσει τα πειραματικά γεγονότα σε μεταβαλλόμενες συνθήκες του πειράματος και δεύτερον να αποκλείσει την περίπτωση αντίκρουσής τους λόγω απροσεξιών, όπως ήταν η χρήση διαφορετικών ποσοτήτων.

Ο Boyle αναπαρήγαγε το πείραμα του Berigardus, τοποθετώντας δύο φιάλες ίδιου σχήματος, από το ίδιο υλικό και με την ίδια ποσότητα νερού, με τη διαφορά ότι η μία περιείχε νερό που είχε πρώτα βράσει και στη συνέχεια κρυώσει, και άλλη ζεστό νερό. Φρόντισε με ένα κλειστό θερμοσκόπιο να ελεγχθεί ότι τα δύο υγρά είχαν την ίδια θερμοκρασία πριν τεθούν να ψυχθούν στον ψυχρό αέρα. Παρατήρησε ότι το νερό άρχισε να ψύχεται την ίδια χρονική στιγμή και στις δύο φιάλες. Ο Boyle, έχοντας τονίσει την προσοχή με την οποία είχε εκτελέσει το πείραμα ως προς τη χρήση ίδιων φιαλών σε μέγεθος, σχήμα και είδος υλικού καθώς και ίσης ποσότητας νερού, ανήγαγε τη διαφωνία των αποτελεσμάτων του με εκείνα του Berigardus στην απροσεξία του δεύτερου.

⁶⁴⁹ Ίσως οι δύο εκδόσεις του *Circulus Pisanus* να δείχνουν ότι ήταν ένα αρκετά δημοφιλές έργο, ή ότι το περιεχόμενό του ήταν ακόμη δημοφιλές στις αρχές του 1660.

Στην προσπάθειά του να αντικρούσει την αριστοτελική πρόταση και τις σχολαστικές εκδοχές της, έβρισκε ένα σοβαρό πρόβλημα. Στην περίπτωση που εκτελούσε τα πειράματά του χρησιμοποιώντας ως ψυκτική μέθοδο όχι τον αέρα αλλά το μίγμα χιονιού και αλατιού παρήγαγε διαφορετικά πειραματικά αποτελέσματα. Στην πρώτη δοκιμή ο Boyle γέμιζε δύο σωλήνες στο ίδιο ύψος τον ένα με ζεστό και τον άλλο με κρύο νερό και παρατηρούσε ότι τα δύο υγρά ψύχθηκαν πολύ γρήγορα μην αφήνοντας περιθώρια για τη μέτρηση κάποιας χρονικής διαφοράς. Στη δεύτερη δοκιμή, ο Boyle έθετε τα νερά διαφορετικής θερμοκρασίας να ψυχθούν σε φιάλες που ήταν λεπτές (είχαν το μέγεθος δείκτη ανθρώπινου χεριού) και παρατήρησε το ζεστό νερό να ψύχεται γρηγορότερα από το ψυχρό. Ο Boyle απέδωσε το πειραματικό αποτέλεσμα σε κατασκευαστικό ελάττωμα του σωλήνα του ζεστού νερού, ο οποίος ήταν λεπτότερος από τον άλλο στη σφραγισμένη άκρη, με αποτέλεσμα το νερό να ψυχθεί πιο γρήγορα εκεί, και να προωθήσει, λόγω της ψύξης του, πιο γρήγορα την ψύξη της υπόλοιπης ποσότητας. Ο Boyle υποστήριζε ότι το ίδιο θα συνέβαινε στην περίπτωση που εσώκλειε το κρύο νερό στον ελαττωματικό σωλήνα. Ο Boyle χρησιμοποιούσε τα αποτελέσματα που έρχονταν σε αντίθεση με εκείνα των πειραμάτων του στον ατμοσφαιρικό αέρα, για να αποδείξει ότι η ψυκτική μέθοδος του χιονιού και του αλατιού ήταν ακατάλληλη για το πείραμα λόγω της ταχύτητας της ψύξης και να δείξει τις απροσεξίες που θα έπρεπε να αποφευχθούν. Με τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα και την αντιμετώπιση των αρνητικών εκβάσεων ορισμένων πειραμάτων ο Boyle δήλωνε ότι είχε αποδείξει την έλλειψη αλήθειας της αριστοτελικής πρότασης με τρόπο που θα ήταν πειστικός και στον αναγνώστη.

«For I could never satifie my self, that there is (at least with our water, and in our Climate) any truth in the Assertion, though I have made trial of it more ways then one, but it may very well suffice to mention a few of the plainest and easiest Trials, with whose success I am well satisfi'd as to the main as the Reader also will, I doubt not» (Boyle [1665α])⁶⁵⁰

Το εικοστό πρώτο κεφάλαιο συμπεριλάμβανε, εκτός από τα πειράματα εκείνα που αποτελούσαν συμπληρώσεις των προηγούμενων κεφαλαίων, τις εξής ερευνητικές θεματικές: την εξέταση της δράσης του ψύχους σε ιδιότητες όπως ήταν η μυρωδιά και οι

⁶⁵⁰ Boyle [1665α], σελ. 431.

αποκαλούμενες κρυφές «occult» ιδιότητες στις χημικές διαδικασίες όπως ήταν η ζύμωση και ο διαχωρισμός των μερών που αποτελούσαν ένα σύνθετο σώμα, σε ψυκτικά φαινόμενα που υποστηρίζονταν από τη χημική παράδοση⁶⁵¹. Ως προς τις ιδιότητες των σωμάτων, ο Boyle καταρχήν εξέταζε αν το ψύχος κλείνοντας τους πόρους των σωμάτων, ή διαβρώνοντας την υφή τους ή σταματώντας τις κινήσεις των σωματιδίων τους, υποθέσεις που είχαν αναφερθεί ως δράση του σε προηγούμενα κεφάλαια, εμπόδιζε την έκλυση των απαρατήρητων αναθυμιάσεων («effluvia») που προκαλούσαν τις μυρωδιές⁶⁵². Με βάση τα πειραματικά του αποτελέσματα, ο Boyle είχε καταλήξει ότι ορισμένα λουλούδια δεν μύριζαν σε ψυχρό καιρό, ότι υγρά με ευχάριστο άρωμα όπως ήταν αυτό των λουλουδιών εξέδιδαν μυρωδιά πριν και μετά την ψύξη τους και ότι υγρά που είχαν άσχημη μυρωδιά δεν μύριζαν καθόλου μετά την ψύξη τους. Στην πρώτη περίπτωση των λουλουδιών δεν μπορούσε να συμπεράνει αν η έλλειψη μυρωδιάς σε ψυχρό καιρό, προερχόταν από την παρεμπόδιση των μυρωδικών αναθυμιάσεων, ή τη δράση του ψύχους στην αλλοίωση της ανθρώπινης αίσθησης της όσφρησης, ή την αποτροπή της ανόδου του τροφικού χυμού των λουλουδιών και την παρακράτηση των ‘spirituous’ μερών τους. Ο Boyle εξέταζε επίσης χωρίς να οδηγηθεί σε συμπεράσματα τη δράση του ψύχους στην κρυφή ιδιότητα που παρουσίαζαν τα καθαρτικά.

Ως προς τη δράση του ψύχους στην ανάλυση των σύνθετων σωμάτων και στις χημικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνταν ευρέως στη χημεία, την αλχημεία και τη φαρμακευτική, ο Boyle καταρχήν παρέθετε παραδείγματα που έδειχναν ότι το ψύχος επιβράδυνε τη διαδικασία της ζύμωσης. Ιδιαίτερη σημασία έδινε όμως στη δυνατότητα του ψύχους μέσω της ψύξης των ρευστών και των συμπαγών σωμάτων, στα μεν πρώτα να διαχωρίζει τα υδατικά και φλεγματικά μέρη από τα υπόλοιπα και στα στερεά να διαχωρίζει το συμπαγές μέρος από τα υγρά, των οποίων η ύπαρξη στη συμπαγή μάζα

⁶⁵¹ Ο Boyle φαίνεται να αντιδιαστέλλει τις κρυφές ιδιότητες με εκείνες που είναι αντιληπτές από τις αισθήσεις μας όπως η γεύση και τα χρώματα «so we had the like curiosity in reference to divers other qualities, not only those that are reputed manifest, as colours and tastes, the latter of which we sometimes found to be notably chang'd for the worse in flesh congeal'd but also that are wont to be call'd occult», ο.π., 442.

⁶⁵² Με τον όρο «effluvia» «απαράτηρητες αναθυμιάσεις» ο Boyle φαίνεται να εννοεί σωματίδια που εκλύονται και μπαίνουν μέσα στα σώματα μέσω των πόρων τους, τα οποία φέρουν ιδιότητες και τα οποία έχουν κάποιο βάρος. Στην εισαγωγή στις εργασίες *Essays of the Strange Subtlety, Great Efficacy, Determinate Nature of Effluvioms* (1673) ο Boyle θεωρούσε ότι η έρευνα αυτής της κατηγορίας της ύλης βοηθούσε στην κατανόηση της φύσης των κρυφών/μυστηρίων «Occult» ιδιοτήτων. Boyle [1673στ], σς. 229-230.

ήταν πολλές φορές απαρατήρητη. Παραθέτωντας παρατηρήσεις ψύξης αλκοολούχων ποτών και διαχωρισμού των υδατικών από τα «αλκοολούχα» μέρη του υγρού, ο Boyle είχε προσπαθήσει στο *Sceptical Chymist* να υποστηρίξει την αντίκρουση της αριστοτελικής έννοιας της δράσης του ψύχους ως «συλλογής των ομογενών και των ετερογενών μερών των σωμάτων»⁶⁵³. Ο Boyle αντέκρουε τη συγκεκριμένη αριστοτελική πρόταση στο πλαίσιο της απόρριψης της αριστοτελικής θεώρησης της θερμότητας ως «συλλογής των ομογενών και διαχωρισμού των ετερογενών μερών των σωμάτων» προκειμένου να υποστηρίξει την επιχειρηματολογία του ενάντια στη χρήση της θερμότητας ως μέσο ανάλυσης των σωμάτων στις τρεις χημικές αρχές⁶⁵⁴. Στο *Sceptical Chymist* ο Boyle δεν φαινόταν να καταλήγει σε σαφή συμπεράσματα για την επιτυχία του διαχωρισμού των υδατικών από τα υπόλοιπα μέρη των υγρών μέσω της ψύξης στις συνθήκες ψύχους που επικρατούσαν στην Αγγλία, παρόλο που θεωρούσε ότι οι μαρτυρίες επιτυχίας τέτοιων διαχωρισμών στα ψυχρά κλίματα αρκούσαν για την αντίκρουση της αριστοτελικής πρότασης.

Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο ο Boyle επανερχόταν στο θέμα της εξέτασης του φαινομένου στο κλίμα της Αγγλίας με σκοπό όμως να δείξει ότι το συγκεκριμένο αποτέλεσμα που είχε η ψύξη, όχι μόνο σε αλκοολούχα ποτά αλλά και σε αλατούχα, διαχωρίζοντας τα υδατικά μέρη από τα αλατούχα, ήταν ίδιο με αυτό που προκαλούσε η απόσταξη και μπορούσε να έχει πρακτική χρήση. Τα πειραματικά αποτελέσματα που παράθετε, όπως ήταν η επιτυχία του διαχωρισμού του αλκοολούχου μέρους της μύρας από το φλεγματικό, και της κρέμας του γάλατος, η αποτυχία, παρά τη μετατροπή σε πάγο, του διαχωρισμού του υδατικού διαλύματος ανακαθαρισμένου κρασιού, καθώς και αποτυχημένες πειραματικές δοκιμές με απόσταγμα ξυδιού («spirit of vinegar» και διαχωρισμού των ελαιωδών μερών του γάλατος, δεν έδιναν τροφή για σαφή συμπεράσματα. Η επιτυχία των πειραμάτων που εκτέλεσε ο Boyle με θαλασσινό νερό το οποίο περιείχε το νερό και το αλάτι σε συγκεκριμένες αναλογίες, αποτελούσε για το συγκεκριμένο είδος υγρού ένα θετικό συμπέρασμα που ενίσχυε την ιδέα του Boyle για την πρακτική του χρήση. Το θέμα της ψύξης του θαλασσινού νερού και της παραγωγής φρέσκου νερού κατά την τήξη του πάγου είχε ξανασυζητηθεί από τον Boyle. Στο εικοστό

⁶⁵³ Ο Boyle παρέθετε την λατινική φράση «tam Homogenea, quam Heterogenea congregare», Boyle [1661η] σελ. 249.

⁶⁵⁴ ‘congregare Homogenea, & Heterogenea Segregare’, ο.π., σελ. 247.

πρώτο κεφάλαιο ο Boyle εξέταζε αυτή τη δυνατότητα ως μέρος της πρακτικής χρησιμοποίησης αυτής της μεθόδου έναντι της πιο δαπανηρής μεθόδου χρήσης της θερμότητας. Ο Boyle ανέφερε την εκτέλεση ενός πειράματος όπου έθετε ένα υδατικό διάλυμα αλατιού, με αναλογία 1/44 μέρη αλατιού στο νερό, και ένα διάλυμα με περισσότερο αλάτι να ψυχθούν στον παγωμένο αέρα. Από τα δύο κατάφερε να παγώσει το πρώτο από το οποίο διαδοχικά αφαίρεσε δύο κομμάτια πάγου μέχρι να παραμείνει ένα μέρος που δεν ψυχόταν. Το νερό που παράχθηκε από την τήξη των κομματιών δεν είχε αλατισμένη γεύση ενώ εκείνο που είχε παραμείνει ρευστό, και στο οποίο μάλλον συγκεντρώνονταν τα αλατούχα μέρη, είχε αντίστοιχα έντονη γεύση. Τα δύο υγρά διέφεραν επίσης και ως προς το βάρος. Το μόνο χαρακτηριστικό που παρέμενε για τον Boyle αδιευκρίνιστο αφορούσε την προέλευση της ελάχιστης γεύσης αλατιού που παρέμενε στο παραγόμενο από τον πάγο υγρό, η οποία, σύμφωνα με τον Boyle, προερχόταν είτε από εναπομείναντα σε αυτό σωματίδια αλατιού είτε από το υγρό αλατούχο μέρος που έγλειφε τον πάγο.

Η χρήση της ψυκτικής δράσης του ψύχους στα συμπαγή σώματα ως μέσο διαχωρισμού των στερεών μερών τους από τα υγρά αποτελούσε σύμφωνα με τον Boyle ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των ανατόμων. Μέσα από τα πειράματα ψύξης, έδειχνε ότι στα λαχανικά και στα φρούτα αναδεικνυόταν ο χυμός που διαχεόταν στα στερεά μέρη καθώς και το μέγεθος και το σχήμα των πόρων των σωμάτων από τα οποία εξερχόταν. Οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις οι οποίες εκτελούνταν και με τη βοήθεια μικροσκοπίου βοηθούσαν τον Boyle σε άλλες ερευνητικές θεματικές όπως ήταν η θεματική για τους πόρους των σωμάτων. Όσον αφορά την ανατομία των σωμάτων των ζώων, ο Boyle υποστήριζε ότι παρατηρήσεις όπως η ανάδειξη υγρών που είχαν παγώσει μέσω της παρουσίας σωματιδίων πάγου μέσα στο μυαλό ζώων μετά την ψύξη, καθώς και ο διαχωρισμός, μέσω της ψύξης, του κρυστάλλινου μέρους του ματιού της αλεπούς από το υδάτινο (το κρυστάλλινο μέρος όταν ψυχόταν γινόταν θαμπό και το υδάτινο περιείχε σωματίδια πάγου και γινόταν διάφανο) μπορούσε να δώσει πληροφορίες για την υφή των μερών του σώματος που ήταν μέχρι τότε απαρατήρητες.

Ένα φαινόμενο αρκετά δημοφιλές στα βιβλία της εποχής το οποίο υποστηριζόταν και από τη χημική/αλχημική παράδοση ήταν η εμφάνιση των σχημάτων των φυτών στην

ψύξη νερού το οποίο ενείχε αλατούχα μέρη τους⁶⁵⁵. Ο Boyle ανέφερε ότι η εμπειρική ισχύς του φαινομένου υποστηριζόταν από αρκετούς συγγραφείς ανάμεσα στους οποίους κατέτασσε τον Bartholinus και το έργο του για τα φαινόμενα πάγου *De Nivis Usu*, τον Berigardus και το έργο του *Circulus Pisanus*, καθώς και χημικούς όπως ήταν ο Quercitan. Σύμφωνα με τη χημική παράδοση, της οποίας πειράματα αναπαρήγαγε ο Berigardus, τα σπερματικά χαρακτηριστικά «seminal virtues» των φυτών διατηρούνταν στις στάχτες τους⁶⁵⁶. Ο Berigardus δοκίμαζε την ψύξη διαλυμάτων («lixiviums») των σταχτών των φυτών, στον πάγο των οποίων έγραφε ότι παρατηρούσε τα σχήματα των φυτών από τα οποία προέρχονταν οι στάχτες. Ο Boyle αναπαρήγαγε πειράματα παρόμοια με εκείνα του Bartholinus με διάλυμα «decoction» λαχάνου, καθώς και με εκείνα του Berigardus με διαλύματα των αλατούχων μέρων των φυτών, τα οποία έδινε να παρασκευαστούν στον καλύτερο χημικό, χωρίς να παρατηρεί στον πάγο τους τα σχήματα των φυτών από όπου προέρχονταν οι στάχτες και τα αλατούχα μέρη. Επίσης έθετε ως αντεπιχείρημα στους υποστηρικτές της ισχύος αυτού του φαινομένου την ψύξη απλού νερού σε πάγο, οι σχηματισμοί του οποίου έμοιαζαν περισσότερο με σχήματα φυτών από τους σχηματισμούς στον πάγο των διαλυμάτων που ενείχαν μέρη φυτών.

Για να μπορέσει να εξηγήσει πώς οι πειραματιστές κατέγραφαν ότι παρατηρούσαν τα σχήματα των φυτών στα πειράματά τους, ο Boyle υποστήριζε ότι ένας θεατής ο οποίος ήταν προδιατεθειμένος για την έκβαση του φαινομένου θα μπορούσε να θεωρεί ότι παρατηρεί τα συγκεκριμένα σχήματα μέσα στον πάγο. Ως προς την υποστήριξη της εξήγησής του πρόβαλλε περιπτώσεις όπου είχε καταφέρει μέσω της απόσταξης κάποιων υγρών που ανήκαν σε ζώα και όχι φυτά, καθώς και του ανακαθαρισμού του τερεβινθελαίου και την ανάδυση ατμών από αυτές τις διαδικασίες πάνω σε γυαλί, να παράγει τα σχήματα δένδρων· οι περιπτώσεις έδειχναν ότι η εμφάνιση των σχημάτων ήταν τυχαία. Επίσης υποστήριζε ότι οι αμέτρητοι σχηματισμοί που παρουσίαζαν οι πάγοι των αποσταγμάτων, των διαλυμάτων, των υγρών όπως το ξύδι, το γάλα, και το απλό νερό οι οποίοι άλλαζαν εύκολα με τη μεταβολή των συνθηκών ψύξης, έδειχναν ότι ήταν εύκολο για κάποιον να θεωρήσει ότι παρατηρεί το ίδιο σχήμα κάθε φορά.

⁶⁵⁶ Boyle [1665a], σελ.,449.

Στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο ο Boyle έδειχνε πώς η ψύξη του νερού σε ένα δοχείο το οποίο αποτελούνταν από στρογγυλό μέρος με σωλήνα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την απόδειξη της δυνατότητας του νερού να συμπιεστεί. Στις πειραματικές διατάξεις με τις οποίες ο Boyle εξέταζε τη διόγκωση του νερού με μετατροπή του σε πάγο, η συμπίεση του νερού παρατηρούνταν μέσα από τις φυσαλίδες που σχηματίζονταν στο νερό το οποίο παγιδευόταν, μέσα σε κλειστές φιάλες, ανάμεσα στο μέρος του νερού που πάγωνε και τον εσώκλειστο συμπιεσμένο αέρα. Στην πειραματική διάταξη που παρουσίαζε στο εικοστό πρώτο κεφάλαιο, ο Boyle έχυνε το νερό στο δοχείο μέχρι ένα σημείο που απείχε λίγες ίντσες πριν από την κορυφή και πάγωνε το νερό από κάτω προς τα πάνω έτσι ώστε να μην σπάσει η φιάλη από τη διόγκωση του νερού. Όταν έκρινε ότι ο εσώκλειστος αέρας δεν μπορούσε να συμπιεστεί περισσότερο, έσπαγε την κορυφή του σωλήνα και αφού ο αέρας απελευθερωνόταν, και εμφανιζόταν καπνός και φυσαλίδες στην επιφάνεια του νερού, το ίδιο το νερό ανερχόταν κατά $\frac{3}{4}$ της ίντσας. Ο Boyle θεώρησε την άνοδο απόδειξη της συμπίεσης του νερού. Επίσης λόγω της χρήσης γυάλινου και όχι μεταλλικού δοχείου, το νερό δεν μπορούσε να ξεφύγει μέσα από τους πόρους ενός μεταλλικού υλικού. Αν και υποστήριζε ότι η άνοδος του νερού δεν μπορούσε να εξηγηθεί μόνο μέσω της υπόθεσης της ύπαρξης αέριων σωματιδίων στο νερό που είχαν προηγουμένως συμπιεστεί, δεν είχε αρκετά εμπειρικά στοιχεία για να στηρίξει πλήρως την υπόθεση συμπίεσης του νερού από διαφορετική αιτία. Επίσης δεν μπορούσε να αποκλείσει το ενδεχόμενο το γυαλί, έχοντας διαταθεί από τη συμπίεση του αέρα, να συρρικνώθηκε με την απελευθέρωσή του με αποτέλεσμα την πίεση του νερού προς τα πάνω. Ο Boyle επεσήμαινε ότι προκειμένου να ξεκαθαριστεί η προέλευση της συμπίεσης στο συγκεκριμένο πείραμα έπρεπε αυτό να επαναληφθεί προσέχοντας τρεις παραμέτρους: την ψύχρανση του νερού πριν από την ψύξη, προκειμένου να αποφευχθεί η ύπαρξη ελαστικότητας στο νερό λόγω θερμότητας, τη χρήση της αντλίας κενού προκειμένου να εξαντληθεί ο ενυπάρχων αέρας στο νερό πριν από την ψύξη του, και τη χρήση πιο ανθεκτικού γυαλιού προκειμένου ο αέρας να αφηθεί να συμπιεστεί περισσότερο για να προκληθεί μεγαλύτερη συμπίεση του νερού.

2.4.3 Η αντίκρουση της θεωρίας του Hobbes για το ψύχος και του αριστοτελικού δόγματος της «αντιπερίστασης»

Όπως αναφέραμε παραπάνω, μετά το τέλος των εικοσιενός κεφαλαίων που αποτελούσαν το βασικό κορμό της «Ιστορίας του Ψύχους» ο Boyle παρέθετε δύο διακριτά κεφάλαια στα οποία επικεντρωνόταν στην αντίκρουση της εξηγητικής υπόθεσης του Hobbes για το ψύχος και του δόγματος της «αντιπερίστασης» με το οποίο οι αριστοτελικοί εξηγούσαν την εντατικοποίηση μίας ιδιότητας όταν περιβαλλόταν από την αντίθετή της. Το περιεχόμενο του «διαλόγου» που παρέθετε ο Boyle για το φαινόμενο της αντιπερίστασης έχει ήδη παρουσιαστεί στην ενότητα 2.3.3, στο πλαίσιο της περιγραφής της χρήσης του θερμοσκοπίου στον πειραματισμό του Boyle για το ψύχος⁶⁵⁷. Εδώ θα περιγράψουμε το πλαίσιο συζήτησης που προϋπήρχε και στο οποίο ο Boyle συνέβαλε με το συγκεκριμένο διάλογο καθώς και κάποια συμπερασματικά σχόλια για τον τρόπο με τον οποίο διάρθρωσε την επιχειρηματολογία του.

Η έννοια της αντιπερίστασης χρησιμοποιούνταν ποικιλοτρόπως στο Αριστοτελικό έργο άλλοτε για την εξήγηση της αμοιβαίας δράσης μεταξύ των ιδιοτήτων και άλλοτε για την εξήγηση κάποιου είδους κίνησης. Οι διάφορες αναφορές και προσπάθειες μετάφρασης του όρου οδηγούν σε μία σειρά από έννοιες που παίρνει ανάλογα με το πλαίσιο της χρήσης της, όπως είναι η εντατικοποίηση μίας ιδιότητας όταν περιβάλλεται από μία άλλη, η αύξηση δηλαδή της αντίθεσής της στην αντίθετή της ιδιότητα όταν περιβάλλεται από την τελευταία, η αντικατάσταση ενός σώματος από ένα άλλο στον ίδιο «τόπο» και η αμοιβαία πρόσκρουση σωμάτων σε έναν «τόπο»⁶⁵⁸. Στον διάλογο ο Boyle έθετε υπό εξέταση το φαινόμενο της αντιπερίστασης με την πρώτη έννοια, έτσι όπως παρουσιαζόταν από τον Αριστοτέλη στα *Μετεωρολογικά* για να εξηγήσει την παραγωγή του χιονιού, της πάχνης, της βροχής και του χαλαζιού καθώς και τη γρήγορη ψύξη του ζεστού νερού⁶⁵⁹. Ο Boyle αντέκρουε τα κλασικά φαινόμενα που είχαν προταθεί από τον ίδιο τον Αριστοτέλη και ίσως τους σχολαστικούς του Μεσαίωνα καθώς και πειράματα που είχαν εκτελέσει μοντέρνοι σχολαστικοί (σχολαστικοί φιλόσοφοι της εποχής του) για την υποστήριξή του. Αυτό έδειχνε ότι στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα, το δόγμα της

⁶⁵⁷ «An Examen of Antiperistasis, As It is wont to be Taught and Prov'd», ο.π., σσ. 459-498.

⁶⁵⁸ Αριστοτέλης [1963], σσ. 418-419, Αριστοτέλης [1952], σσ. 83-84, Αριστοτέλης [1963], σσ., 172-173. Ο τόπος εδώ εννοείται με την αριστοτελική έννοια.

⁶⁵⁹ Αριστοτέλης [1952], σσ.79-87.

αντιπερίστασης για την εξήγηση της εντατικοποίησης της μίας από τις δύο ιδιότητες, του ψύχους και της θερμότητας, όταν η αντίθετή της την περιέβαλλε, υποστηριζόταν ακόμη στα πλαίσια της σχολαστικής παράδοσης. Τα πειράματα που ανέφερε ο Boyle ως μέρος της επιχειρηματολογίας του, όπως ήταν αυτό του Maignan και του Zucchius, αναδείκνυαν ότι στα πλαίσια αυτής της παράδοσης είχε αρχίσει να δημιουργείται μία διαμάχη για τη ισχύ του δόγματος. Η διαμάχη ή προβληματική για το φαινόμενο αποτελούσε επίσης βασικό θέμα συζήτησης στα πλαίσια των νέων ατομιστικών θεωριών για την ύλη. Στην παρουσίαση της ατομιστικής θεωρίας του Gassendi, ο Charleton ενσωμάτωνε τις απόψεις του φιλοσόφου για την απόρριψη του δόγματος⁶⁶⁰. Επομένως η συζήτηση του δόγματος σε διακριτό κεφάλαιο στο *Cold* αποτελούσε τη συμβολή του Boyle σε μία προβληματική της εποχής του η οποία ήταν σημαντική για την εξήγηση της φύσης και δράσης των ιδιοτήτων. Η σημασία που αποδίδεται στην αντίκρουση του δόγματος της αντιπερίστασης, όχι μόνο από τον Boyle αλλά και από το γεγονός ότι αποτελούσε βασική θεματική στις επικρατούσες θεωρίες της ύλης της εποχής, εξηγείται λόγω του ρόλου που έπαιζε στην αριστοτελική θεωρία. Εκεί το φαινόμενο της αντιπερίστασης χρησιμοποιούνταν στην εξήγηση της δράσης των ιδιοτήτων μεταξύ τους και της παραγωγής των βασικών καιρικών φαινομένων που διέπουν τη ζωή των ανθρώπων. Η αντίκρουση του δόγματος θα επιτελούσε ένα σημαντικό πλήγμα στην αριστοτελική θεωρία για την οποία θα αποδεικνυόταν ότι δεν μπορούσε να εξηγήσει σημαντικά εμπειρικά φαινόμενα. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που κρατούσε ζωντανή τη διαμάχη ήταν η εμπειρική επιβεβαίωσή της μέσω ορισμένων φαινομένων.

Στην επιχειρηματολογία του ο Boyle επέλεγε να μη δώσει μεγάλη βαρύτητα στην εναντίωσή του στην αριστοτελική ιδέα της απόδοσης στη φύση προθέσεων καθώς και στην αντίκρουση της αριστοτελικής υπόθεσης ότι το δόγμα της αντιπερίστασης χρειαζόταν γιατί κατά την ανάμιξή τους οι ιδιότητες διέτρεχαν το φόβο να καταστραφούν. Ο Boyle έθετε σύντομα τα αντεπιχειρήματά του στις δύο αυτές αριστοτελικές υποθέσεις και αφιέρωνε το μεγαλύτερο όγκο του διαλόγου στην αντίκρουση των εμπειρικών φαινομένων που προέβαλλαν οι αριστοτελικοί για την υποστήριξη του δόγματος. Ενώ το δόγμα είχε απόλυτη σχέση με την θεωρία των τεσσάρων στοιχείων και των τεσσάρων ποιοτήτων, η δομή της οποίας επέτρεπε στον

⁶⁶⁰ Charleton [1966], σελ. 297.

Αριστοτέλη να προβάλλει εξηγήσεις όπως ήταν η αντιπερίσταση, ο Boyle δεν επέλεγε να αντικρούσει τη θεωρία σε αυτό το επίπεδο.

Τα αντεπιχειρήματα του Boyle στα φαινόμενα τα οποία εξηγούσε το δόγμα της αντιπερίστασης αποτελούνταν από την απόρριψη φαινομένων με βάση την αντίκρουσή τους από την εμπειρία καθώς και από την προσπάθεια απόδοσης διαφορετικής εξήγησης εκείνων των φαινομένων των οποίων την εμπειρική επιβεβαίωση δεχόταν, όπως ήταν το φαινόμενο της θερμοκρασίας των υπόγειων χώρων της γης τις δύο εποχές του χρόνου, το καλοκαίρι και το χειμώνα. Ως προς το φαινόμενο αυτό ο Boyle κατέληγε σε δύο επιχειρήματα: στην περίπτωση που το φαινόμενο επιβεβαιωνόταν εμπειρικά η εντατικοποίηση της μίας ιδιότητας στους υπόγειους χώρους και στα υπόγεια ύδατα όταν η αντίθετη κυριαρχούσε στην ατμόσφαιρα, εξηγούνταν είτε ως αποτέλεσμα της λανθασμένης πληροφόρησης την οποία μας έδιναν οι αισθήσεις μας, είτε, εάν η θερμοκρασία εκτιμώνταν από ένα θερμοσκόπιο όπου δεν υπήρχε το πρόβλημα της λανθασμένης πληροφόρησης, εξηγούνταν μέσω του εγκλωβισμού και του απεγκλωβισμού θερμών αναθυμιάσεων που έβριθαν σε ορισμένα υπόγεια μέρη της γης. Στη δεύτερη περίπτωση, ο Boyle έδειχνε μέσω πειραμάτων, όχι απόλυτα εμπιστεύσιμων όσον αφορά τα πειραματικά τους αποτελέσματα, ότι τελικά σε ορισμένες περιπτώσεις η ιδιότητα στον υπόγειο χώρο δεν ήταν μεγαλύτερη όταν κυριαρχούσε η αντίθετή της στην ατμόσφαιρα από ό,τι όταν κυριαρχούσε η ίδια. Με την παράκληση της συνέχισης του πειραματισμού για την πειραματική επιβεβαίωση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας των κελαριών στο διάστημα ενός χρόνου, στο κλείσιμο του κεφαλαίου, ο Boyle αναδείκνυε τον τρόπο με τον οποίο η διαμάχη θα κατέληγε οριστικά. Η επιβεβαίωση ότι υπάρχουν περιπτώσεις που δεν ισχύει εμπειρικά το φαινόμενο αποτελούσε για τον Boyle καταρχήν ενδεχόμενο και κατά δεύτερον απόδειξη της απόρριψης του δόγματος και οριστικής λύσης της διαμάχης. Είναι επίσης σημαντικό το γεγονός ότι τη λύση στη διαμάχη καλούνταν να δώσει ένα όργανο, το κλειστό θερμοσκόπιο ρευστού, του οποίου οι κλίμακες αλλά και το μέγεθος που μετρούσε δεν είχαν αποσαφηνισθεί ακόμη ούτε τυποποιηθεί.

Η πολεμική που παρουσίαζε ο Boyle στο κεφάλαιο «An Examen of Mr Hobs's Doctrine, touching *Cold*» είχε στόχο την παρουσίαση της θεωρίας του Hobbes για το ψύχος όπως καταγραφόταν στο έργο του *Elements of Philosophy Concerning Body*

(1656)⁶⁶¹. Εκεί ο Hobbes υποστήριζε την ανάπτυξη των φαινομένων του ψύχους μέσα από τη δράση των ανέμων, τους οποίους θεωρούσε αιτία του ψύχους. Το έργο αυτό αποτελούσε ένα από τα πρώτα έργα όπου ο Άγγλος φιλόσοφος παρουσίαζε τις σκέψεις του για τις κατηγορίες της γνώσης της φυσικής φιλοσοφίας. Στα πρώτα τρία μέρη του έργου σκιαγραφούσε το φιλοσοφικό υπόβαθρο της θεωρίας του για τη φυσική φιλοσοφία και στο τέταρτο με τίτλο «Physics» εξέταζε τους διάφορους τομείς της φυσικής φιλοσοφίας. Σε αυτό το έργο συζητούσε επίσης τα βασικά θέματα της πειραματικής πνευματικής και το θεωρητικό υπόβαθρο της διαμάχης για το κενό εκφράζοντας τη δική του θεωρία της «πληρότητας». Σύμφωνα με τους Shapin και Schaffer, ο Hobbes είχε ξεκινήσει την πραγματεία το 1644 και είχε ολοκληρώσει ένα πρόχειρό της το 1648⁶⁶². Αυτό δείχνει ότι τα λίγα φαινόμενα του ψύχους που επέλεγε να εξηγήσει αποτελούσαν ζητήματα δημοφιλή τα οποία ίσως συζητούνταν και σε άλλα έργα που συνέβαλαν στην πληροφόρηση και μόρφωσή του. Η αναφορά του Hobbes σε αυτά επιβεβαιώνει την ύπαρξη μίας αναπτυσσόμενης προβληματικής για το ψύχος για την οποία έχουμε κάνει νύξη στα προηγούμενα υποκεφάλαια και η οποία υποστηρίζουμε ότι εν μέρει καθόρισε την προβληματική που εκφράστηκε μέσω του *Cold*. Σύμφωνα με τον Boyle η πραγματεία του Hobbes ήταν αρκετά διαδεδομένη⁶⁶³ την περίοδο που έγραφε την κριτική του

Ο Boyle εξέταζε τα επτά άρθρα του εικοστού ογδού κεφαλαίου όπου ο Hobbes επικεντρωνόταν στην παρουσίαση της θεωρίας του για το ψύχος, χωρίς να συμπεριλαμβάνει τα κεφάλαια όπου παρουσιαζόταν η προέλευση των ανέμων γενικότερα, τα οποία δεν θεωρούσε ότι συνέβαλαν στην απόδειξη της θεωρίας του Hobbes. Παρέθετε αυτούσια από το πρωτότυπο τα άρθρα τρία έως επτά της συγκεκριμένης πραγματείας, έτσι ώστε να μην αλλοιώσει τα λεγόμενά του⁶⁶⁴. Σύμφωνα με τα κείμενα του Hobbes, η μετάδοση του ψύχους δεν στηριζόταν στην ψυχρότητα του ίδιου του ανέμου αλλά στη δράση του μέσω της κίνησής του και τη σφοδρότητα με την οποία «χτυπούσε» τις επιφάνειες των σωμάτων και της γης. Ο Hobbes χρησιμοποιούσε

⁶⁶¹ Boyle [1665a], σσ. 503-516. Η λατινική έκδοση είχε προηγηθεί κατά ένα χρόνο, *De Corpore*, 1655.

⁶⁶² Shapin, Schaffer [1985], σσ. 82-88.

⁶⁶³ Εξηγώντας την παράλειψη της ενσωμάτωσης ενός διαγράμματος του βιβλίου του Hobbes, ο Boyle έγραφε «this Learned Mans Book *De Corpore*, is in so many hands, that any Reader that shall desire it, may very easily have an opportunity to consult the Scheme in the particularly cited place», Boyle [1665a], σελ. 501.

το ρήμα «rake» για να περιγράψει την έντονη δράση του αέρα πάνω στα σώματα. Στην εξήγηση της ψύξης του νερού ως μέρος της θαλάσσιας και ποτάμιας έκτασης της γης, ο Hobbes εξηγούσε ότι ο άνεμος που δημιουργούνταν στην ατμόσφαιρα, έσπρωχνε και συγκέντρωνε τα επιφανειακά μέρη του νερού, με αποτέλεσμα να τα ανασηκώνει λίγο και να αποδυναμώνει την τάση τους προς το κέντρο της γης. Αυτή η δράση του ανέμου καθώς και η τάση των μερών του νερού να κινηθούν προς το κέντρο της γης, προκαλούσε τη συμπίεση των επιφανειακών μερών του νερού και τη μετατροπή τους σε πάγο. Πρώτα ψύχονταν οι επιφανειακές στρώσεις και ύστερα οι επόμενες μέχρι το νερό να μετατραπεί σε παχύ πάγο. Ο Hobbes διευκρίνιζε ότι ο πάγος αποκτούσε πολλά σωματίδια αέρα στα οποία απέδιδε την ελαφρύτητά του ως προς το νερό.

Η παραγωγή του συγκεκριμένου ανέμου βασιζόταν στην κίνηση του ήλιου. Στην εξήγηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας που παρουσίαζαν οι πόλοι της γης σε σχέση με τα άλλα μέρη της, ο Hobbes εξηγούσε ότι η κίνηση του ήλιου ανάμεσα στους τροπικούς έσπρωχνε τον αέρα στα επιφανειακά σημεία της γης που βρίσκονταν κατακόρυφα από κάτω του⁶⁶⁵. Ο αέρας διαχεόταν σε κάθε κατεύθυνση στην επιφάνεια της γης και η ταχύτητα της διαστολής του αυξανόταν καθώς οι παράλληλοι, προς τον ισημερινό, κύκλοι γίνονταν μικρότεροι. Επίσης η διογκωτική δύναμη του ανέμου έσπρωχνε τα μέρη του αέρα όλο και πιο δυνατά καθώς πλησίαζε στους πόλους γιατί η δύναμή του γινόταν περισσότερο συνεκτική καθώς μειωνόταν η διάμετρος των παράλληλων κύκλων ως προς τον ισημερινό. Με αυτό τον τρόπο ο δυνατός άνεμος κοντά στους πόλους δημιουργούσε μεγαλύτερο ψύχος από τις άλλες περιοχές. Το ψύχος που προκαλούσε ο άνεμος, του οποίου η διογκωτική δύναμη είχε φορά από την ανατολή προς στη δύση, ήταν έντονο κατά την ανατολή και δύση του ηλίου, αλλά όταν ο ήλιος πλησίαζε την κάθετη θέση ως προς τη γη, το ψύχος μετριαζόταν από τη θερμότητα που παρήγαγε η κίνηση του ηλίου.

Ο Hobbes χρησιμοποιούσε τον ίδιο τρόπο δράσης του ανέμου που είχε περιγράψει στην περίπτωση των θαλασσών σε συνδυασμό με τη δράση ανέμων διαφορετικής προέλευσης από εκείνον που προκαλούνταν μακροσκοπικά από τον ήλιο, για να εξηγήσει καιρικά φαινόμενα όπως ήταν το χιόνι και την ψύξη μέσω της χρήσης ψυκτικού μίγματος. Εξηγούσε ότι καθώς τα σύννεφα κινούνταν, ο ενδιάμεσος αέρας εγκλωβιζόταν

⁶⁶⁴ Ο.π., σσ. 503-504.

⁶⁶⁵ Μάλλον εννοεί τους τροπικούς του Αιγόκερω και του Καρκίνου.

ανάμεσά τους και βγαίνοντας απο αυτή την κατάσταση συμπίεσης χτυπούσε πάνω στα σύννεφα, σκληραίνοντας τα μέρη τους και μετατρέποντας τις μικρές σταγόνες σε χιόνι, με τον ίδιο τρόπο που μετέτρεπε τη θάλασσα σε πάγο. Στην περίπτωση της τεχνητής ψύξης μίας φιάλης με νερό μέσα σε ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού, ο Hobbes εξηγούσε ότι ο αέρας που βρισκόταν μέσα στο νερό και το αλάτι, πιεζόταν προς τα έξω καθώς τα δύο σώματα έλιωναν και χτυπώντας την επιφάνεια του δοχείου με την κίνησή του, έθετε σε κίνηση το δοχείο το οποίο με τη σειρά του πίεζε και έψυχε το νερό σε πάγο.

Πέρα από την ψύξη, ο Hobbes εξηγούσε δύο ακόμη φαινόμενα, την παρατήρηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας του ατμοσφαιρικού αέρα όταν αυτός ήταν καθαρός, σε σχέση με τη μειωμένη ψυχρότητά του όταν ήταν βροχερός ή συννεφιασμένος και την αδυναμία ψύξης των υγρών σε βαθιά πηγάδια σε σχέση με την ψύξη τους στην επιφάνεια της γης. Στην πρώτη περίπτωση, εξηγούσε ότι σε καθαρό καιρό, η κίνηση του ανέμου που χτυπούσε τη γη δεν εμποδιζόταν από τίποτα, ενώ σε βροχερό καιρό η πορεία του ανακοπτόταν και ο ίδιος διασπατο με αποτέλεσμα να υπάρχει λιγότερος άνεμος και άρα λιγότερο ψυχρός. Στη δεύτερη περίπτωση, ο άνεμος, ο οποίος λόγω της ευκαμψίας των μερών της γης εισχωρούσε μέσα της, έχανε μέρος της δύναμής του με αποτέλεσμα, αν το υγρό δεν βρισκόταν κοντά στην επιφάνεια αλλά σε μεγάλο βάθος, να μην το έφτανε καθόλου για να το ψύξει.

Στην επιχειρηματολογία του ενάντια στη θεωρία του Hobbes για το ψύχος ο Boyle καταρχήν πρόβαλλε επιχειρήματα εναντίον των βασικών χαρακτηριστικών του ορισμού του ψύχους ως δράση ανέμων και στη συνέχεια αντέκρουε τις εξηγήσεις των επιμέρους φαινομένων ξεχωριστά. Πρώτα αντέκρουε την πίεση των μερών των σωμάτων προς τα μέσα ως χαρακτηριστικό της δράσης της αιθέριας-σύμφωνα με τον Hobbes-ατμοσφαιρικής ουσίας που αποτελούσε τον άνεμο. Ο Boyle πρόβαλλε ως αντεπιχείρημα το φαινόμενο της διόγκωσης των υγρών κατά την ψύξη τους. Ως προς την ισχύ του συγκεκριμένου φαινομένου για το ανθρώπινο σώμα, ο Boyle αντιπαρέβαλλε την άποψή του, σύμφωνα με την οποία, το ψύχος γινόταν αντιληπτό από τα αισθητηριακά μας όργανα είτε μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων του αισθητού σώματος σε σχέση με εκείνη των σωματιδίων του σώματός μας, είτε με τη μείωση της κίνησης των μερών του σώματός μας λόγω της μεταβολής ή παύσης της κίνησης του αίματος και των

ρευστών του σώματός μας, είτε από το χάσιμο των ατμών που δημιουργούνται κατά την κυκλοφορία του αίματος, μέσω της εφίδρωσης. Ο Boyle χρησιμοποιούσε παραδείγματα όπως η ψυχρότητα που προκαλούσε στους ανθρώπους η κρίση υστερίας ή κάποια αρρώστια όπως ήταν η πέτρα στα νεφρά, για να δείξει ότι σε καμία από αυτές τις περιπτώσεις δεν μπορούσε να ισχύσει η υπόθεση του Hobbes για την πίεση της επιφάνειας των ανθρώπινων μερών προς τα μέσα. Επίσης επεσήμαινε ότι ορισμένες φορές η συμπίεση των μερών των σωμάτων προς τα μέσα από άλλα σώματα προκαλούσε θερμότητα και όχι ψύχος. Ως προς το συγκεκριμένο επιχείρημα ο Boyle διευκρινίζει ότι ο Hobbes δεν εννοούσε την απλή υποχώρηση των μερών αλλά ένα δυνατό σπρώξιμο προς τα μέσα, εφόσον ο ίδιος υπέθετε ότι κανένα σώμα δεν μπορεί να κινηθεί παρά από ένα σώμα που βρίσκεται πλησίον και είναι σε κίνηση. Ο Boyle παραδεχόταν ότι δεν μπορούσε να αντικρούσει την εξήγηση που έδινε ο Hobbes για την αίσθηση της θερμότητας και ψύχους που αντιλαμβάνονταν οι άνθρωποι στην αναπνοή τους ανάλογα με το αν η κίνηση του εκπνεόμενου αέρα ήταν απλή ή με δύναμη ωθούμενη προς τα μπροστά. Η διαφορά που έβρισκε ανάμεσα στην ανθρώπινη αίσθηση του αέρα που φυσούσε μέσα από ένα σωλήνα, σύμφωνα με την οποία ο αέρας ήταν ψυχρός, και της εκτίμησης του ίδιου αέρα ως θερμού από ένα θερμοσκόπιο, δεν τον άφηνε να παράξει ένα πειραματικό γεγονός ως αντεπιχείρημα στην άποψη του Hobbes⁶⁶⁶.

Ο επόμενος στόχος της επιχειρηματολογίας του Boyle ήταν η φύση του ανέμου που προϋπέθετε η θεωρία του Hobbes για το ψύχος. Σύμφωνα με την ερμηνεία των απόψεων του Hobbes από τον Boyle, ο άνεμος αποτελούνταν από «αέρα ο οποίος κινούνταν σε μεγάλη ποσότητα είτε μόνο μπροστά είτε κυματιστά»⁶⁶⁷. Επίσης άνεμος θεωρούνταν η ευθεία κίνηση της ανθρώπινης αναπνοής ή του αέρα. Κάθε είδος ανέμου μπορούσε να ψυχράνει ή να μειώσει την υφιστάμενη θερμότητα σε ένα σώμα. Ο Boyle έδειχνε να πιστεύει ότι ο ορισμός του ανέμου από τον Hobbes αποκτούσε τελικά έναν πολύ γενικό χαρακτήρα αναφέροντας ότι, ανάμεσα στα είδη αέρα που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως άνεμος, ο Hobbes προσέθετε όχι μόνο τον έντονο άνεμο αλλά κάθε εξαερισμό και αναμόχλευση του αέρα. Ως αντικρούσεις ο Boyle παρέθετε μία σειρά από

⁶⁶⁶ «So that having no great encouragement to enter into a dispute about the cause of a *Phenomenon* whose Historical circumstances are not yet sufficiently known and cleared», ο.π., σελ. 507.

⁶⁶⁷ «Air moved in a considerable quantity, and that either forwards only, or in an undulating motion», ο.π., σελ. 507.

φαινόμενα και πειράματα που είχε εκτελέσει στην «ιστορία του ψύχους» τα οποία αποδείκνυαν την διενέργεια ψυκτικών φαινομένων χωρίς την ύπαρξη ανέμου, όπως οριζόταν από τον Hobbes. Ορισμένα από αυτά αφορούσαν την ύπαρξη δυνατών παγετών, την ψύξη νερού σε ψυχρό καιρό σε μέρη όπως το εσωτερικό ενός σπιτιού ή σε πειραματική διάταξη όπου βρισκόταν κλεισμένο μέσα σε ένα δοχείο και τη δημιουργία εξωτερικού περιβλήματος πάγου γύρω από το αυγό όταν αυτό αποψυχόταν σε νερό. Για το τελευταίο φαινόμενο ο Boyle ανέπτυξε μία θεωρητική επιχειρηματολογία σύμφωνα με την οποία ο Hobbes δεν θα μπορούσε να εξηγήσει την εισχώρηση κάποιου ανέμου μέσα από το τσόφλι στο εσωτερικό του αυγού για να το ψύξει, ούτε να υποστηρίξει τη μετατροπή της μικρής ποσότητας αέρα που βρίσκεται στο ασπράδι και το κρόκο του αυγού σε άνεμο τόσο δυνατό που να μπορεί να ψύξει το περιβάλλον νερό. Καταρχήν ο Boyle είχε δείξει ότι ο όγκος του αέρα δεν αυξανόταν με το ψύχος, οπότε ο εσώκλειστος, στο αυγό, αέρας δεν μπορούσε να μετατραπεί σε άνεμο. Επίσης στο πείραμα δεν παρατηρούνταν φυσαλίδες που να προδίδουν την έκλυση αέρα από το εσωτερικό του αυγού. Ο Boyle ισχυριζόταν ότι ο Hobbes θα έπεφτε σε αντίφαση αν υποστήριζε την ανάπτυξη του ανέμου στο εσωτερικό του αυγού γιατί αυτό θα αντέβαινε στην άποψή του για την πρόκληση μίας κίνησης μόνο μέσω κάποιου παραπλήσιου κινούμενου σώματος. Ένας δεύτερος τρόπος αντίκρουσης της εξήγησης της δράσης του ψύχους μέσω των ανέμων ήταν η παράθεση παρατηρήσεων όπου η δράση του αέρα, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί άνεμος από τον Hobbes, δεν παρήγαγε ψύχος. Ο Boyle ανέφερε δύο τέτοιες περιπτώσεις: το φύσημα μέσω ενός φουσερού αέρα που εκτιμώνταν θερμός από τις ανθρώπινες αισθήσεις καθώς και την ύπαρξη δυνατών Νοτίων ανέμων οι οποίοι σε σύγκριση με ηπιότερους Βόρειους ανέμους ήταν λιγότερο ψυχροί.

Ο Boyle επέμενε ότι ο Hobbes δεν μπορούσε να δείξει ότι όλοι οι άνεμοι μπορούν να προκαλέσουν ψύξη, ούτε ότι το ψύχος παράγεται πιο πολύ από ένα σώμα σε κίνηση παρά από ένα σώμα σε ακινησία. Υποστήριζε ότι ενώ γενικά οι άνεμοι κρίνονταν από τις ανθρώπινες αισθήσεις ψυχροί, αυτός ο ισχυρισμός δεν είχε καθολική ισχύ. Καταρχήν, παρέθετε τη μαρτυρία ταξιδιωτών για την έντονη θερμότητα ορισμένων ανέμων σε συγκεκριμένες περιοχές. Περισσότερο όμως ανέλυε την απόδοση αυτής της ψυχρότητας που αισθάνονται οι άνθρωποι όχι στην ψυχρότητα του ίδιου του αέρα αλλά στην θερμότητα των ανθρώπινων αισθητηρίων. Ο Boyle επιχειρηματολόγησε ότι και ο

στάσιμος αέρας και ο κινούμενος, ήταν ψυχρότεροι από τα όργανά μας. Υποστήριζε όμως ότι με την κίνησή του ο δεύτερος απομάκρυνε τον θερμό αέρα που περιέβαλλε τα όργανα και εισχωρούσε πιο βαθιά στο δέρμα, στα πιο θερμά μέρη μας, με αποτέλεσμα να τον αισθανόμαστε ψυχρότερο από τον πρώτο. Για την επιβεβαίωση της εξήγησής του, παρέθετε το πείραμα που είχε περιγράψει στο πρώτο υποκεφάλαιο του «New Thermometrical Experiments and Thoughts», όπου ενώ ο αέρας που φυσούνταν από ένα φουσερό εκτιμώνταν από τις ανθρώπινες αισθήσεις ως ψυχρός, δεν μπορούσε να ψύξει τον αέρα ή το ρευστό ενός θερμοσκοπίου.

Ο Boyle επίσης θεωρούσε ότι ο Hobbes δεν μπορούσε να αποδείξει την πρότασή του σύμφωνα με την οποία όριζε ότι όλοι οι άνεμοι ψυχραίνουν ή μειώνουν την προϋπάρχουσα θερμότητα. Υποστήριζε ότι για να δώσει ο Hobbes μία επαρκή εξήγηση του ψύχους θα έπρεπε να μπορεί να ενσωματώσει στη δράση του ανέμου όχι μόνο τις περιπτώσεις της ελάττωσης της θερμότητας ενός σώματος αλλά και της ενίσχυσης του ψύχους ενός ήδη ψυχρού σώματος, όπως ήταν η περίπτωση του νερού πριν από την ψύξη. Στο συγκεκριμένο επιχείρημα ο Boyle δεν λάμβανε υπόψη του ότι ο Hobbes, ενσωματώνοντας στα παραδείγματά του, εκείνο της ψύξης του νερού, έδειχνε τον τρόπο που ο άνεμος μπορούσε να προκαλέσει το φαινόμενο της ψύξης σε ένα ήδη ψυχρό σώμα.

Έχοντας αντικρούσει τα βασικά χαρακτηριστικά της εξηγητικής υπόθεσης του Hobbes για το ψύχος, ο Boyle στρεφόταν στην εξήγηση των επιμέρους φαινομένων. Ξεκινούσε με τα φαινόμενα της ψύξης του νερού και κατηγορούσε τον Hobbes ότι πέρα από την ανάδειξη της δημιουργίας ανέμου και της εξάπλωσής του από την κίνηση του ήλιου, δεν εξηγούσε πώς αυτός ο αέρας μπορούσε να προκαλέσει ψύχος. Ο Boyle υποστήριζε ότι η κίνηση αέρα ή ατμών που ωθούνταν από την κίνηση του ηλίου δεν μπορούσε να εξηγήσει την παραγωγή ψύχους σε σώματα τα οποία δεν ήταν ψυχρά από πριν, πόσο μάλλον όταν ο ίδιος είχε δείξει ότι ο αέρας από μόνος του δεν μπορούσε να προκαλέσει ηπιότερους βαθμούς ψύχους από αυτούς που κυριαρχούσαν στις ψυχρές χώρες. Επιπλέον, με την εξήγηση που έδινε ο Hobbes για την προέλευση της μεγαλύτερης ψυχρότητας στους πόλους της γης, δεν μπορούσε να εξηγήσει τους μεγάλους παγετούς που λάμβαναν χώρα, ειδικά στις ψυχρές περιοχές ενώ δεν φυσούσε κανένας άνεμος. Δεδομένου ότι ο Hobbes δεν δεχόταν όπως άλλοι φυσικοί φιλόσοφοι την ύπαρξη στον άνεμο ψυχρών αναθυμιάσεων που αποκτούνταν στο πέρασμά του από

ορισμένες περιοχές, σύμφωνα με τον Boyle, το ερώτημα της προέλευσης της ψυχρότητας του ανέμου παρέμενε αναπάντητο από τη θεωρία του.

Ο Boyle έκρινε λανθασμένη την εξήγηση του Hobbes για την ψύξη του νερού ως μέρους της θαλάσσιας έκτασης της γης, καταρχήν με βάση τα πειραματικά του αποτελέσματα που έδειχναν ότι το νερό μπορεί να ψυχθεί χωρίς να περιτριγυρίζεται από αέρα, όπως για παράδειγμα σε κλειστές φιάλες, και ότι υπάρχουν υγρά τα οποία συρρικνώνονται με το ψύχος το οποίο ερχόταν σε αντίφαση με την ανασήκωση του νερού που προκαλούσε ο άνεμος. Δεύτερον, ο Boyle θεωρούσε ότι η συμπίεση την οποία προϋπέθετε ο Hobbes ότι προκαλούσε το ανασήκωμα του νερού από τον άνεμο και η τάση του νερού προς το κέντρο της γης δεν μπορούσε να προκύπτει υπό αυτές τις προϋποθέσεις. Τρίτον, δεν είχε συναντήσει κανένα πειραματικό αποτέλεσμα, ούτε από τον ίδιο τον Hobbes, που να επιβεβαιώνει ότι η συμπίεση του νερού μπορεί να προκαλέσει τη στερεοποίηση και την ψύξη του. Τέταρτον, θεωρούσε αδύνατη την προώθηση της ψύξης ακόμη και στην περίπτωση που η επιφάνεια του υγρού είχε παγώσει με βάση τα παραδείγματα που είχε χρησιμοποιήσει (μάλλον εννοεί τα παγόβουνα) της ψύξης του νερού κάτω από μία παγωμένη επιφάνεια κατά 8 ή 9 πόδια (2,34 ή 2,74 μέτρα), ο Boyle αναρωτιόταν πώς ο αέρας θα διαπερνούσε την σκληρή επιφάνεια για να μετατρέψει το νερό με τα χτυπήματά του σε πάγο, καθώς και πώς θα το έκανε αυτό σε βάθος στα οποία δεν μπορούσε να φτάσει ακόμη και αν διαπερνούσε τον επιφανειακό πάγο

Ως προς την εξήγηση που έδινε για την τεχνητή ψύξη του νερού με τη χρήση μίγματος χιονιού και αλατιού, ο Boyle θεωρούσε ότι ο Hobbes δεν αποδείκνυε εμπειρικά καταρχήν ότι υπήρχε τέτοια ποσότητα αέρα στο ψυκτικό μίγμα και κατά δεύτερον ότι από την πίεση προς τα έξω αυτού του αέρα δημιουργούνταν παρατηρήσιμος άνεμος ο οποίος χτυπώντας τα πλάγια του δοχείου προκαλούσε την ψύξη του νερού. Χρησιμοποιούσε επίσης δύο πειραματικά αποτελέσματα για να δείξει ότι δεν υπήρχε σχέση ανάμεσα στην κίνηση του ανέμου έξω από το αδιαπέραστο σε αυτόν γυαλί και την ψύξη του νερού μέσω της μετάδοσης της κίνησης. Με το πρώτο πείραμα ο Boyle έδειχνε ότι ένα φουσερό που δημιουργούσε πραγματικό και παρατηρήσιμο άνεμο πάνω σε ένα δοχείο με νερό, δεν μπορούσε να το ψύξει. Με το δεύτερο πείραμα έδειχνε ότι η ψύξη του νερού που εσωκλειόταν μέσα σε φιάλες οι οποίες με τη σειρά τους εσωκλείονταν σε

φιάλες που περιείχαν άλλα ρευστά δεν μπορούσε να εξηγηθεί από τη δράση του ανέμου εφόσον θα έπρεπε ο άνεμος να διαπεράσει μία σειρά από μέσα από τα οποία το γυαλί ήταν αδιαπέρατο σε αυτόν. Η αδυναμία σε αυτές τις περιπτώσεις να ψυχθούν τα ενδιάμεσα υγρά, όπως ήταν το brine και το νιτρικό οξύ («aqua fortis»), αποτελούσαν για τον Boyle μία περαιτέρω αντίκρουση της εξήγησης του Hobbes.

Σύμφωνα με τον Boyle η εξήγηση, από τον Hobbes, της μεγαλύτερης ψυχρότητας του καθαρού αέρα από το βροχερό και συννεφιασμένο, διαψευδότην πλήρως από την εμπειρία. Ο Boyle δήλωνε ότι ο ίδιος είχε παρατηρήσει μεγάλους παγετούς ενώ ο καιρός ήταν βροχερός και συννεφώδης καθώς και ότι η κοινή εμπειρία έδειχνε ότι σε καθαρό καιρό ο αέρας ήταν πολύ παγωμένος μόνο όταν δεν φυσούσε άνεμος. Ο Boyle υποστήριζε επίσης ότι ούτε η πρόταση ότι λιγότερος άνεμος προκαλεί λιγότερο κρύο μπορούσε να αποδειχθεί εμπειρικά. Ως προς την εξήγηση της αδυναμίας ψύξης των υγρών στα βάθη της γης, ο Boyle καταρχήν αμφέβαλλε για την αποδυνάμωση του ανέμου κατά την είσοδό του στους πόρους της γης. Δεύτερον ανέφερε ότι εμπειρικά αποδεικνυόταν ότι το νερό μπορούσε να ψυχθεί σε μεγάλο βάθος σε πηγάδια όταν αυτά ήταν κλειστά και ο άνεμος δεν μπορούσε να εισχωρήσει μέσα σε αυτά. Επίσης επεσήμαινε ότι πολλά πηγάδια πάγωναν όχι μόνο σε συνθήκες όπου φυσούσαν βόρειοι και ανατολικοί άνεμοι, αλλά και όταν επικρατούσε παγετός χωρίς την ύπαρξη κάποιου ανέμου. Επίσης θεωρούσε ότι ως αντεπιχειρήματα στην άποψη του Hobbes μπορούσαν να παρατεθούν εκείνα που προέβαλλε για την αντίκρουση του φαινομένου της αντιπερίστασης.

Ο Boyle απέρριπτε επίσης την απόδοση από τον Hobbes της ελαφρύτητας του πάγου στο ανακάτεμα σωματιδίων του αέρα στο νερό κατά την ψύξη του. Ο Boyle θεωρούσε ότι τα πειράματά του όπου νερό το οποίο εσωκλειόταν σε ανοιχτές και κλειστές φιάλες ψυχόταν παρουσιάζοντας φουσαλίδες στον πάγο του, έδειχναν ότι τουλάχιστον για τις περιπτώσεις των κλειστών φιαλών, και με δεδομένο ότι ο Hobbes δεν δεχόταν την διαπερατότητα του γυαλιού, η εξήγηση του Hobbes δεν ήταν επαρκής. Ως προς το συγκεκριμένο φαινόμενο ο Boyle είχε δείξει με τον εκτενή πειραματισμό του στις φουσαλίδες του πάγου, ότι το εσωτερικό τους δεν αποτελούνταν τόσο από κανονικό αέρα ακόμη και στις περιπτώσεις που το νερό εκθέτονταν στον αέρα για να ψυχθεί. Στη σύνοψη στο τέλος του κεφαλαίου, ο Boyle υποστήριζε ότι με βάση την έλλειψη

εξήγησης των πιο έκδηλων φαινομένων του ψύχους καθώς και με βάση τα παραδείγματα που αντέκρουαν την εξηγητική υπόθεση του Hobbes, η θεωρητική του υπόθεση ήταν ανεπαρκής και λανθασμένη.

Κεφάλαιο Τρίτο

Το *Cold* και η Δραστηριότητα για το ψύχος σε δύο σημαντικά Ιδρύματα του 17ου αιώνα

3.1.Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο 2.4 περιγράφηκαν οι κατηγορίες των πειραμάτων της πραγματείας *Cold*, εξετάσθηκε η προέλευση της ερευνητικών θεματικών και αναδείχθηκαν τα πειραματικά αποτελέσματα, οι μέθοδοι ποσοτικοποίησης και τα πειραματικά συμπεράσματα του Boyle. Στο παρόν κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στην παρουσίαση της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος που αναπτύχθηκε κατά την τελευταία περίοδο προετοιμασίας του *Cold*, καθώς και στα αμέσως επόμενα, από τη δημοσίευσή του, χρόνια, σε δύο σημαντικά ιδρύματα, στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου (Royal Society) και την Ακαδημία Del Cimento της Φλωρεντίας. Θα επιχειρηθεί η συγκριτική παρουσίαση των θεματικών, των πειραματικών αποτελεσμάτων, καθώς και των πειραματικών πρακτικών των δραστηριοτήτων των δύο ιδρυμάτων με την αντίστοιχη του Boyle. Η συγκριτική παρουσίαση θα βοηθήσει καταρχήν στην υποστήριξη της ανάπτυξης μίας γενικότερης προβληματικής για το ψύχος, ίσως όχι ανεξάρτητα, αλλά σίγουρα πέρα από το πλαίσιο της πραγματείας *Cold*. Θα αναδείξουμε ότι η προβληματική προσδιοριζόταν από συγκεκριμένα ερωτήματα που συναντώνται και στις τρεις δραστηριότητες καθώς και από πειραματικά φαινόμενα τα οποία αποτελούσαν αντικείμενο διαμάχης μεταξύ των μελών των ιδρυμάτων. Επιπλέον, η συγκριτική παρουσίαση της δραστηριότητας καθενός από τα ιδρύματα με την αντίστοιχη του Boyle θα αποτελέσει βάση για την συγκριτική μελέτη των πειραματικών μεθόδων και των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Η επιλογή των συγκεκριμένων ιδρυμάτων για τη συγκριτική μελέτη βασίστηκε στα παρακάτω κριτήρια. Τα δύο ιδρύματα αποτελούσαν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα της πειραματικής πρακτικής που αναπτύχθηκε στην Αγγλία και στην Ιταλία αντίστοιχα. Το καθένα έπαιξε σημαντικό ρόλο στην προώθηση της πειραματικής πρακτικής ξεπερνώντας τα στενά πλαίσια των εθνικών συνόρων μέσα στα οποία θεσμοθετήθηκε.

Επίσης το πειραματικό έργο του Boyle σχετιζόταν και με τα δύο ιδρύματα, με διαφορετικό όμως τρόπο στο καθένα. Ο Boyle είχε ενεργή συμμετοχή στην ίδρυση και στις εργασίες της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου ενώ η σχέση του με την Ακαδημία Del Cimento περιοριζόταν σε αναφορές του στο δημοσιευμένο έργο της Ακαδημίας, μέσα από τις οποίες ασκούσε κριτική και υποστήριζε την άποψή του για συγκεκριμένα πειραματικά αποτελέσματα των Ιταλών πειραματιστών.

Στις ενότητες 3.2 και 3.3 θα παρουσιασθούν τα βασικά πειραματικά ερωτήματα και αποτελέσματα της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος των δύο ιδρυμάτων, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento αντίστοιχα. Στην ενότητα 3.4 θα παρουσιασθούν ξεχωριστά εκείνα τα πειραματικά αποτελέσματα που αποτέλεσαν, με βάση τις πηγές, αντικείμενο διαμάχης. Η έννοια της διαμάχης χρησιμοποιείται εδώ για να χαρακτηρίσει την προσπάθεια αντίκρουσης των πειραματικών αποτελεσμάτων της Ακαδημίας και όχι την άμεση αντιπαράθεση δύο πειραματιστών μέσα από έργα τα οποία στόχευαν στην αντίκρουση συγκεκριμένου μέρους του έργου του κρινόμενου, όπως για παράδειγμα ήταν η αντιπαράθεση μεταξύ του Boyle και του Hobbes για τα πειράματα πνευματικής του πρώτου. Η σύντομη ζωή της Ακαδημίας Del Cimento (1657-1667) δεν επέτρεψε διάλογο μέσω δημοσιεύσεων. Παρ'όλα αυτά, το γεγονός ότι ο Boyle και άλλα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας εκτέλεσαν συγκεκριμένα πειράματα προκειμένου να αντικρούσουν πειραματικά αποτελέσματα της Φλωρεντινής Ακαδημίας δείχνει ότι υπήρχε μία προσπάθεια διευθέτησης ορισμένων ερωτημάτων για τα οποία υπήρχαν αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα.

3.2. Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου

3.2.1 Η ίδρυση, ο σκοπός, τα αρχεία και η σχέση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου με τον Boyle.

Η σημασία της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου αναδεικνύεται από το ρόλο που έπαιξε στο πεδίο της ανάπτυξης της φυσικής και πειραματικής φιλοσοφίας στην Αγγλία

του 17ου αιώνα, καθώς και από το ρόλο του Boyle στην ίδρυσή της και στις δραστηριότητές της. Η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου αποτελεί την πρώτη εταιρεία με σκοπό την πειραματική εξέταση των φαινομένων της φύσης που ιδρύθηκε στην Αγγλία. Ο Boyle αποτέλεσε ιδρυτικό μέλος της εταιρείας¹, η οποία ξεκίνησε τις συναντήσεις της άτυπα το Νοέμβριο του 1660² στο Λονδίνο, την περίοδο που το *Cold* βρισκόταν στα τελικά στάδια προετοιμασίας. Η επισημοποίηση και η νομική κατοχύρωση της Εταιρείας έλαβε χώρα το 1662 με την επικύρωση του βασιλικού καταστατικού («royal charter») από τον Κάρολο Β΄, ο οποίος είχε μόλις αναλάβει τα καθήκοντά του μετά την παλινόρθωση της Βασιλείας³. Με το καταστατικό ο βασιλιάς όριζε τον εαυτό του ιδρυτή και ευεργέτη («patron») της Εταιρείας, της έδινε νομική υπόσταση χορηγώντας της νομικά δικαιώματα όπως ήταν η ιδιοκτησία γης και ακίνητης περιουσίας και η χρήση τυπογράφων για τη δημοσίευση εκδόσεων με τη σφραγίδα της, όριζε τα όργανα διοίκησης⁴ και συγκεκριμένο έμβλημα ως σφραγίδα, της εκχωρούσε το δικαίωμα απόδοσης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας και της παρείχε το δικαίωμα να εκτελεί μεταθανάτιες ανατομίες σε άτομα που είχαν εκτελεσθεί. Τα μέλη της Εταιρείας, οι «fellows», για να συμμετέχουν σε αυτήν έπρεπε να εκλεγούν. Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της τα μέλη της προέρχονταν κυρίως από τις τάξεις των ευγενών και λιγότερο από την ανώτερη κάστα των εμπόρων. Η πανεπιστημιακή τους κατάρτιση και ο επαγγελματικός τους προσανατολισμός εστίαζαν στην ιατρική και τη θεολογία. Επίσης αρκετοί κρατούσαν διοικητικές θέσεις στην υπηρεσία των ευγενών και των κρατικών υπηρεσιών.

Αρχικός σκοπός της εταιρείας ήταν η προώθηση της «Φυσικομαθηματικής πειραματικής γνώσης» ακολουθώντας τις Βακωνικές αρχές ως προς τον τρόπο εξέτασης

¹ Τα υπόλοιπα ιδρυτικά μέλη, σύμφωνα με το Βασιλικό καταστατικό του 1662 ήταν ο Robert Moray, ο William Brereton, ο Kenelme Digby, ο Gilbert Talbot, ο Paul Neile, ο Henry Slingsby, ο William Petty, ο Timothy Clark, ο John Wilkins, ο George Ent, ο William Erskyne, ο Jonathan Goddard, ο William Ball, ο Matthew Wren, ο John Evelyn, ο Thomas Hensaw, ο Rey Palmer, ο Abraham Hill, και ο Henry Oldenburg. Sprat [1959], σελ. 137.

² Η πρώτη συνάντηση των μελών της έγινε στις 28 Νοεμβρίου 1660 στο Gresham College, χώρος που στέγαζε τις πρώτες συνεδριάσεις της εταιρείας Hall [1991], σελ. 9 .

³ Sprat [1959], σς., 134-144.

⁴ Η διοικητική οργάνωση της Εταιρείας αποτελούνταν από Πρόεδρο, ένα εικοσιενναμελές συμβούλιο, ένα ταμιά, δύο επιμελητές «curators», δύο γραμματείς, ένα γραφιά και δύο λοχιές του βασιλιά «Sergeants of Mace».

των φαινομένων της φύσης⁵. Η μορφή και ο σκοπός της Εταιρείας, όπως παρουσιάζονται στις συνεδριάσεις και το καταστατικό του 1662, ήταν αποτέλεσμα μίας μακροχρόνιας δραστηριότητας διαφορετικών ομάδων ανθρώπων που ενδιαφέρονταν για τη φυσική φιλοσοφία και την πειραματική εξέταση των φαινομένων και οι οποίοι προσπαθούσαν να πραγματοποιήσουν τις Βακωνικές επιταγές⁶. Μελέτες όπως του Lynch και του Webster⁷ έχουν δείξει ότι μετά το 1630 αναπτύχθηκαν, στην Αγγλία και στην Ιρλανδία, ομάδες, όπως ήταν ο κύκλος του Hartlib, η πειραματική ομάδα του John Wilkins στην Οξφόρδη, το «αόρατο κολλέγιο» που είχε αναπτυχθεί γύρω από τον Benjamin Worsley και την αδελφή του Boyle, Lady Ranelagh, η κάθε μία από τις οποίες εξέφραζε, με το δικό της τρόπο, ενδιαφέρον για τη μελέτη των φαινομένων της φύσης χρησιμοποιώντας τη Βακωνική μέθοδο⁸. Στις παραπάνω ομάδες συμμετείχαν αρκετά μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, όπως ήταν ο Boyle που συμμετείχε και στις τρεις. Η δραστηριότητα λοιπόν των συγκεκριμένων ομάδων καθώς και το δίκτυο των ανθρώπων που είχε δημιουργηθεί αποτέλεσαν το εφαλτήριο για την ανάπτυξη της ομάδας που τελικά συνέστησε την Βασιλική Εταιρεία. Ο Lynch υποστηρίζει ότι η ανάγκη για θεσμοθέτηση των εργασιών των ομάδων δεν συντηρούνταν μόνο από την ελπίδα των μελών για πολιτική σταθερότητα, αλλά αποτελούσε μία ενυπάρχουσα στις ομάδες προσδοκία που έβρισκε την προέλευσή της στο Βακωνικό πρόγραμμα⁹.

Μετά τη θεσμοθέτηση της Εταιρείας το 1662, οι συναντήσεις λάμβαναν χώρα εβδομαδιαία, συνήθως στους χώρους του κολλεγίου Gresham· εκεί παρουσιάζονταν πειράματα από τον λειτουργό («operator») των πειραμάτων, συζητούνταν παρατηρήσεις των μελών της Εταιρείας, προτείνονταν εκτελέσεις πειραμάτων τις οποίες αναλάμβαναν ορισμένα μέλη, παρουσιάζονταν εργασίες των μελών καθώς και αλληλογραφία που περιείχε πειράματα και παρατηρήσεις. Με βάση τα πρακτικά της Εταιρείας, μπορεί να

⁵ Η Boas Hall αναφέρει ότι στην άτυπη συνάντηση του 1660 τα μέλη πρότειναν «a designe of founding a Colledge for the promoting of Physico-Mathematicall Experimentall Learning», Hall [1991], σελ. 9.

⁶ Lynch [2001], σσ. 12-20.

⁷ Webster [1975] και Lynch [2001].

⁸ John Wilkins (1614-1672, FRS 22 Απριλίου 1663). Πήρε το πτυχίο και το μεταπτυχιακό του από το Magdelene Hall και αφού έγινε εφημέριος στη γενέτειρά του το Jawsley, από το 1648 μέχρι το 1659 διετέλεσε επιστάτης του Κολλεγίου Wadham College του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης. Κατά τη διάρκεια αυτής της θέσης σχημάτισε την πειραματική ομάδα της Οξφόρδης στην οποία συμμετείχαν αρκετά από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Διετέλεσε πρώτος γραμματέας της Βασιλικής Εταιρείας και ακολούθησε την καριέρα του κληρικού.

⁹ Lynch [2001], σελ. 17.

υποστηριχτεί ότι οι εντολές για τη διενέργεια κάποιας πειραματικής έρευνας που δίνονταν πολλές φορές από τον πρόεδρο, δημιουργούσε την υποχρέωση στον αποδέκτη της να την εκτελέσει· αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές μέσα από τις συνεχείς υπενθυμίσεις σε συγκεκριμένα πρόσωπα να προσκομίσουν τις παρατηρήσεις ή τα αποτελέσματα που τους είχαν ζητηθεί. Η συνεχής αύξηση του αριθμού των μελών της καθώς και η αλληλογραφία που διατηρούσε η Εταιρεία εντός και εκτός της Αγγλίας, αποτελούν δύο από τα πολλά παραδείγματα που μπορεί να αναφέρει κανείς για τη διάδοση των δραστηριοτήτων της και τη γνωστοποίηση των εργασιών της. Η κοινοποίηση των εργασιών της Εταιρείας σε ένα ευρύτερο κοινό επιτυγχανόταν όχι μόνο μέσω της δημοσίευσης πραγματειών υπό τη διεύθυνσή της αλλά και μέσω του περιοδικού της εταιρείας *Philosophical Transactions*, το οποίο πρωτοδημοσιεύτηκε το 1665 με εκδότη τον Henry Oldenburg¹⁰. Ο Oldenburg ήταν επίσης υπεύθυνος για ένα ευρύ δίκτυο αλληλογραφίας με φυσικούς φιλοσόφους ανά την Ευρώπη, μέσω του οποίου προωθούσε τη δραστηριότητα της Εταιρείας, προσπαθούσε να καθιερώσει επικοινωνία με άλλες Ακαδημίες και Ιδρύματα και διέδιδε τις ιδέες και τις απόψεις των μελών της. Μέσω αυτού του δικτύου έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διάδοση του έργου και των ιδεών του Boyle καθώς και στην επικοινωνία του τελευταίου με φυσικούς φιλοσόφους και πειραματιστές της εποχής.

Η συμμετοχή του Boyle στον κύκλο του Hartlib, στο αόρατο κολλέγιο καθώς και στην πειραματική ομάδα της Οξφόρδης δείχνει ότι από τα πρώτα βήματα της ενασχόλησής του με την πειραματική φιλοσοφία, ήταν σε άμεση επαφή με τη δραστηριοποίηση των ομάδων στην ανάπτυξη μίας νέας προσέγγισης της φυσικής φιλοσοφίας. Η ιδιαίτερη σχέση που ανέπτυξε με τη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου αποδεικνύεται από τον ενεργό ρόλο που έπαιξε στην ίδρυσή της, καθώς και από τη συμμετοχή του στις δραστηριότητες που ανέπτυξε μετέπειτα. Τα πρακτικά της Εταιρείας μαρτυρούν την ενεργό συμμετοχή του Boyle στις συνεδριάσεις της Εταιρείας μέσω της πρότασης πειραμάτων καθώς και της παρουσίας μέρους ή ολόκληρων των έργων του πριν τη δημοσίευσή τους. Επίσης ο Boyle χρησιμοποιούσε πολύ συχνά το περιοδικό της

¹⁰ Henry Oldenburg [1615-1677, FRS 22 Απριλίου 1663]. Ο Oldenburg γεννήθηκε στη Βρέμη όπου και φοίτησε λαμβάνοντας πτυχίο θεολογίας. Στην Αγγλία έφτασε το 1640, από όπου στη συνέχεια ακολούθησαν διάφορα ταξίδια στην Ευρώπη, ένα από τα οποία έκανε ως εκπαιδευτικός του Richard Jones,

Εταιρείας *Philosophical Transactions* για την ανακοίνωση και την παρουσίαση των εκδόσεών του καθώς και τη δημοσίευση εργασιών που αργότερα συμπεριλάμβανε στα δημοσιευμένα του έργα. Ο ρόλος του γραμματέα της Εταιρείας, Henry Oldenburg, ως εκδότη του Boyle¹¹ αποτελεί επίσης ένδειξη ότι πρόσωπα που σχετίζονταν με την Εταιρεία έπαιζαν ενεργό ρόλο στη δημοσιοποίηση του προσωπικού του πειραματικού έργου. Μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, όπως αυτή των Shapin και Schaffer στο *Leviathan and the Air-Pump*, έχουν δείξει ότι η παρουσίαση των πειραμάτων των φυσικών φιλοσόφων στα πλαίσια της Βασιλικής Εταιρείας αποτελούσε μία συνήθη πρακτική για τη γνωστοποίηση της έρευνας και νομιμοποίηση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Αυτή η πρακτική ακολουθήθηκε και από τον Boyle στην περίπτωση της πραγματείας *Cold*. Τον Φεβρουάριο του 1663/1664, ο Boyle παρουσίασε στα μέλη το εισαγωγικό κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια «New Thermometrical Experiments and Thoughts» και τον Ιανουάριο του 1664, ενώ το *Cold* τυπωνόταν, παρουσίασε τα περισσότερα από τα κεφάλαια της πραγματείας *Cold* για να μπορέσουν τα μέλη της να δοκιμάσουν, με την ευκαιρία του κρύου χειμώνα, ορισμένα πειράματα. Έχουμε ήδη δείξει στο 3.1 ότι η παρουσίαση των γραπτών για το ψύχος είχε ζητηθεί με ειδική εντολή από τα μέλη της Εταιρείας την 31η Δεκεμβρίου 1662. Έχουμε επίσης υποστηρίξει ότι η συγκεκριμένη εντολή έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της προετοιμασίας των σημειώσεων του Boyle για δημοσίευση. Μέσα από την κάτωθι έρευνα θα εξετάσουμε τη σχέση μεταξύ αυτών των παρουσιάσεων και της δραστηριότητας που είχαν αναπτύξει την ίδια εποχή τα μέλη της εταιρείας γύρω από τα φαινόμενα του ψύχους.

Η έρευνά μας της πειραματικής δραστηριότητας της Εταιρείας επικεντρώθηκε στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1660, ημερομηνία ίδρυσης της Εταιρείας και το 1694, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνεται και το χρονικό διάστημα πριν και μετά τη δεύτερη δημοσίευση του *Cold* το 1683. Παρακάτω, παραθέτουμε τα αρχεία της εταιρείας που χρησιμοποιήθηκαν επεξηγώντας τη σημασία του κάθε αρχείου και το ρόλο του στις εργασίες της εταιρείας.

γιου της αδερφής του Boyle, Lady Ranelagh. Διητέλεσε μαζί με τον Wilkins γραμματέας της Βασιλικής Εταιρείας στα πρώτα χρόνια της δραστηριότητάς της.

¹¹ Βλ. Johns [1998].

- **Journal Book**: αποτελεί τα πρακτικά των συνεδριάσεων της Εταιρείας και χρονολογείται από τη σύστασή της το 1660.
- **Register Book**: αποτελεί μία σειρά τόμων όπου καταγράφονταν τα κείμενα που παρουσιάζονταν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας και θεωρούνταν σημαντικά. Η καταγραφή στο «Register Book» εξυπηρετούσε την ανάγκη να αποδοθεί προτεραιότητα μίας ιδέας στο άτομο που την παρουσίαζε. Σύμφωνα με τα πρακτικά της εταιρείας, τα μέλη της έπρεπε να δώσουν τη συγκατάθεσή τους κατά τη διάρκεια των συνεδριάσεων για να καταχωρηθεί η εκάστοτε εργασία στο Register Book.
- **Guard Book ή Classified Papers**: περιέχει τα χειρόγραφα των κειμένων που είτε παρουσιάστηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, είτε απεστάλησαν διά αλληλογραφίας, είτε γράφτηκαν μετά από εντολή της Εταιρείας την περίοδο 1660-1741. Το «Guard Book» περιέχει κείμενα τα οποία καταχωρούνταν στο 'Register Book' αλλά και κείμενα τα οποία δεν εγκρίνονταν για καταχώρηση σε αυτό.
- **Letter Book**: περιλαμβάνει αντίγραφα της αλληλογραφίας προς την εταιρεία την περίοδο 1660-1741. Ορισμένες από τις αναφορές του γραμματέα σε πειράματα ή παρατηρήσεις για το ψύχος στα πρακτικά της εταιρείας δεν προέρχονταν από εργασίες αλλά από γράμματα που στέλνονταν στην εταιρεία. Στις συνεδριάσεις ο γραμματέας διάβαζε τα γράμματα, τα οποία συζητούνταν και ύστερα αποφαιζόταν αν θα καταχωρηθούν στο Letter Book και αν η Εταιρεία θα έστελνε μία απάντηση. Το Letter Book λοιπόν περιέχει αλληλογραφία που στάλθηκε στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου, παρουσιάστηκε στις συνεδριάσεις της εταιρείας και ζητήθηκε από τα μέλη της να καταχωρηθεί.
- **Philosophical Transactions**: αποτελεί το περιοδικό της Εταιρείας του οποίου η έκδοση ξεκίνησε το 1665. Στο Philosophical Transactions δημοσιεύονταν ορισμένες από τις εργασίες και τα γράμματα που είχαν προηγουμένως παρουσιαστεί στις συνεδριάσεις και καταχωρηθεί στο Register Book. Επίσης δημοσιεύονταν εργασίες που δεν είχαν καταχωρηθεί στο Register Book. Η δημοσίευση μίας εργασίας στα

Philosophical Transactions έχει σημασία γιατί το περιοδικό αποτελούσε το μέσο διάδοσης των ιδεών της Εταιρείας στην Αγγλία και στις άλλες χώρες.

Η έρευνα της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος των μελών της Βασιλικής Εταιρείας βασίζεται στα πειράματα που εκτελέστηκαν ή απλώς μνημονεύτηκαν στις συνεδριάσεις της, στα πειράματα και τις παρατηρήσεις που παρουσιάστηκαν μέσα από εργασίες οι οποίες καταχωρήθηκαν στο *Register Book* της Εταιρείας και δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό της, *Philosophical Transactions*, καθώς και στην αλληλογραφία της Εταιρείας με τα μέλη της ή με πρόσωπα εκτός αυτής. Είναι σαφές ότι ως δραστηριότητα της εταιρείας εκλαμβάνονται οι πειραματικές δοκιμές και οι εργασίες των μελών της. Παρόλο που οι εργασίες για το ψύχος γράφονταν συχνά για πειράματα, τα περισσότερα από τα οποία δεν εκτελούνταν στις συνεδριάσεις της εταιρείας αλλά στον ιδιωτικό χώρο των μελών, τις εντάσσουμε στα πλαίσια της δραστηριότητας της Εταιρείας υπό την έννοια ότι η ανάπτυξη της συγκεκριμένης πειραματικής δραστηριότητας, η εκτέλεση συγκεκριμένων πειραματικών διατάξεων καθώς και η γραπτή παρουσίασή τους γινόταν μετά από εντολή των μελών της Εταιρείας. Ίσως πιο ορθά θα έπρεπε να πούμε ότι η δραστηριότητα των μελών της Εταιρείας παρουσιάζεται εδώ στο βαθμό που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των εργασιών και καθοδηγούμενη από τις ανάγκες της Εταιρείας. Επίσης το γεγονός ότι τα περισσότερα μέλη που αναφέρουμε με εξαίρεση τον Hooke, τον Power και τον Merret, δεν παρουσίασαν δημοσιευμένο έργο για τα φαινόμενα του ψύχους, δείχνει ότι η δραστηριότητα των μελών αποτελούσε αποκλειστικό προϊόν της αλληλεπίδρασής τους με την εταιρεία.

3.2.2. Τα πειραματικά ενδιαφέροντα, οι πειραματικές δοκιμές και τα αποτελέσματα των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου

Με βάση τα πρακτικά των συνεδριάσεων της Εταιρείας, πιστοποιείται ότι τα φαινόμενα του ψύχους αποτελούσαν θέμα της ημερήσιας διάταξης από τα πρώτα βήματα της εταιρείας και πιο συγκεκριμένα από το Δεκέμβριο του 1662. Η πειραματική δραστηριότητα των μελών πάνω στα φαινόμενα του ψύχους για την περίοδο από το

1660-1694 καταγράφεται σε τριανταπέντε εργασίες και γράμματα (δεκαπέντε γράμματα και είκοσι εργασίες) από τις οποίες επτά είχαν γραφτεί για πειράματα που διενεργήθηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας¹². Με βάση τα πρακτικά, μόνο στην περίπτωση που το πείραμα είχε «θετικά αποτελέσματα», ζητούνταν η καταγραφή των πειραματικών δοκιμών. Οι εργασίες, οι παρατηρήσεις και τα πειράματα που σχετίζονται με το ψύχος και καταγράφονται στα αρχεία της Εταιρείας ανήκουν σε τριάντα¹³ άτομα από τα οποία μόνο δύο, ο Childrey και ο Sleno, δεν αποτελούσαν μέλη της Εταιρείας. Το σύνολο των πειραμάτων που εκτελέστηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας ήταν έντεκα. Κανένα μέλος εκτός από τον Boyle δεν είχε δημοσιεύσει έργο που να περιλαμβάνει αποκλειστικά πειράματα για το ψύχος. Τρία μόνο μέλη, ο R. Hooke, ο C. Merret και ο H. Power, δημοσίευσαν τα πειράματά τους σε πραγματείες στις οποίες όμως το ψύχος δεν ήταν το αποκλειστικό φαινόμενο υπό εξέταση¹⁴.

Στην αρχή θα αναφερθούμε στην πειραματική δραστηριότητα τριών μελών της εταιρείας, του Thomas Henshaw, του Christopher Merret, και του Robert Hooke, μέσα από τις εργασίες και τις προτάσεις των οποίων παρουσιάζονται αρκετά από τα βασικά πειραματικά θέματα που απασχόλησαν τη Βασιλική Εταιρεία. Ο Thomas Henshaw¹⁵ παρουσίασε δύο εργασίες για τα φαινόμενα του ψύχους· η πρώτη αφορούσε ψυκτικά

¹² Μέρος της δραστηριότητας που έχει καταγραφεί σε εργασίες και γράμματα παρουσιάζεται στον πίνακα 3 του παραρτήματος 1.

¹³ Τα μέλη είναι ο John Beal, John Van de Bemde(1655-1726), Lord Brereton (1632-1680), Walter Charleton(1620-1707), Childrey, Clayton(1657-1725), Daniel Cox (1640-1730), William Croon(1633-1684), Theodore Haak (1605-90), Edmond Halley (1656-1742), Thomas Henshaw (1618-1700), Johannes Hevelius (1611-1687), Oliver Hill (1630-),Robert Hooke (1635-1703), Sir John Hoskins (1634-1705), Martin Lister (1639-1671), George Makentzy (1630-1714), Christopher Merrett (1614-1695), Sir Robert Moray (1608-1673), William Musgrave (1655-1721), William Neile (1637-1670), Denis Papin (1647-1712),Robert Plot (1640-1696), Henry Power (1623-1668), Frederick Slare (1647-1727), Sleno, Sir Robert Southwell (1635-1702), John Wallis (1616-1703), Bishop Wilkins (1614-1672),Christopher Wren (1632-1723).

¹⁴ Ο Hooke εξέδωσε κάποια πειράματά του στο *Micrographia* (1665) και στο έργο *Philosophical Experiments and Observations* (1667), το οποίο δημοσίευσαν συνάδελφοί του μετά το θάνατό του. Τα πειράματα του Merret συμπεριλήφθηκαν στην πραγματεία του Boyle για το ψύχος ως ξεχωριστό κεφάλαιο. Τα πειράματα του Power για το ψύχος αποτέλεσαν ένα κεφάλαιο του βιβλίου του *Experimental Philosophy, in Three Books* (1664).

¹⁵ Thomas Henshaw (1618-1699/70, F.R.S., 20 Μαΐου 1663). Ο Henshaw συμμετείχε στον εμφύλιο πόλεμο λαμβάνοντας το μέρος του Βασιλιά, μέχρι τη σύλληψή του από τους Βουλευτικούς («Parliamentarians») οπότε και έφυγε εκτός συνόρων. Μετά από την υπηρεσία του στο γαλλικό στρατό, ταξίδεψε στη Γαλλία και στην Ιταλία. Μετά την παλινόρθωση και την επιστροφή του ανέλαβε καθήκοντα γραμματέα υπό τον Βασιλιά, και έγινε μέλος του ιδιωτικού του συμβουλίου. Επίσης διετέλεσε απεσταλμένος του Βασιλιά της Αγγλίας στη Δανία.

φαινόμενα¹⁶ και η δεύτερη με τίτλο «Giving an Account of his Observations made in Denmark, and in his Voyage thither» τις παρατηρήσεις και τα πειράματα για το ψύχος που είχε διεξαγάγει κατά τη διάρκεια της παραμονής του στη Δανία¹⁷. Η πρώτη εργασία αποτελούσε την πρώτη πειραματική εργασία για την ιδιότητα του ψύχους που παρουσιάστηκε στις συνεδριάσεις της εταιρείας. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην ίδια συνεδρίαση ο Henry Power είχε παρουσιάσει μία εργασία για τα φαινόμενα των υπόγειων περιοχών όπου εξεταζόταν η άνοδος του ρευστού του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος κατά τη μεταφορά του στο βάθος των ορυχείων κάρβουνου¹⁸. Η παρουσίαση των εργασιών την 3η Δεκεμβρίου 1662 σηματοδοτούσε την αρχή των συζητήσεων για τα φαινόμενα του ψύχους και απεκάλυπτε τις βασικές θεματικές που απασχολούσαν τα μέλη της Εταιρείας τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και στις οποίες επικεντρώθηκε το ενδιαφέρον τους τα επόμενα χρόνια.

Η εργασία του Henshaw για τα ψυκτικά φαινόμενα αποτελούνταν από τις περιγραφές τριών πειραμάτων όπου είχε εξετάσει την αύξηση του όγκου του νερού και τη διογκωτική του δύναμη κατά τη μετατροπή του σε πάγο. Η αύξηση του όγκου του νερού εξεταζόταν μέσω της σύγκρισης του μήκους της στήλης νερού σε ένα σωλήνα και της δύναμης χρησιμοποιώντας ως ένδειξη τη θραύση της φιάλης. Ο Henshaw δεν επιχειρούσε ποσοτικά πειράματα για τη μέτρησή τους, όπως είχε κάνει ο Boyle στο *Cold*. Στη συνέχεια πρότεινε την εκτέλεση, χωρίς να έχει ο ίδιος εκτελέσει πειράματα, έντεκα πειραμάτων για τη διερεύνηση βασικών ψυκτικών φαινομένων που έχουμε ήδη δει να εξετάζονται στο *Cold*. Τα φαινόμενα αφορούσαν την παρουσίαση των σχημάτων των φυτών στον πάγο των Lixivia που δημιουργούνταν με τις στάχτες τους, την ψύξη διαφόρων ειδών Lixivia με αλάτι, με βιτριόλι και retre, τη δυνατότητα του πάγου, που έχει προέλθει από νερό του οποίου ο αέρας έχει αφαιρεθεί στην αντλία κενού του Boyle, να έλκει τις ακτίδες του ηλίου, την εξέταση της πιο γρήγορης ψύξης του θερμού από το ψυχρό νερό, την παραγωγή φρέσκου νερού από την τήξη πάγου θαλασσινού νερού, την

¹⁶ Καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book, τόμος II, σελ. 42.

¹⁷ Καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book, τόμο VI, σσ. 53-64.

¹⁸ Henry Power (1623-1668, F.R.S 1 Ιουλίου 1663). Ο Henry Power σπούδασε στο Πανεπιστήμιο του Cambridge από όπου πήρε πτυχίο γιατρού και στη συνέχεια άσκησε την ιατρική ως επάγγελμα. Το μοναδικό έργο που δημοσίευσε σε σχέση με τα πειραματικά του ενδιαφέροντα έχει τίτλο «Experimental Philosophy in 3 Books containing new experiments microscopical, mercurial, magentalic...» και εκδόθηκε το 1664.

αλλαγή του βάρους του νερού με την ψύξη σε ανοιχτές και κλειστές φιάλες, και ένα πείραμα όπου εξεταζόταν το φαινόμενο της αντιπερίστασης. Η αναφορά της εργασίας σε βασικά φαινόμενα της ψύξης, για τα οποία, όπως έχουμε δει από το *Cold*, υπήρχε διαφορά απόψεων, δηλαδή ήταν φαινόμενα των οποίων τα πειραματικά αποτελέσματα δεν οδηγούσαν σε συμφωνία και για τα οποία είχαν εκφραστεί απόψεις με τις οποίες ο Boyle διαφωνούσε, λειτουργούσε εδώ ως οδηγός για τα θέματα που θα απασχολούσαν τα μέλη της Εταιρείας. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι προτάσεις του Henshaw αποτέλεσαν έναυσμα για την εκτέλεση πειραμάτων από τον Hooke και τον Merret. Σύμφωνα με τα πρακτικά και τις αναφορές του ίδιου του Merret στα ερωτήματα που έθετε ο Henshaw, συμπεραίνουμε ότι βασίστηκε στην εργασία του τελευταίου για τη διαμόρφωση ορισμένων ερωτημάτων που προσπαθούσε να απαντήσει στην πειραματική του εργασία¹⁹. Ένα παράδειγμα αποτελεί η προσπάθεια δημιουργίας πάγου χωρίς φυσαλίδες χρησιμοποιώντας την αντλία κενού καθώς και η εξέταση της έλξης των αχτίδων του ήλιου από τον παραγόμενο πάγο. Ένα χρόνο μετά τις προτάσεις του Henshaw, ο Merret είχε καταλήξει ότι το νερό του οποίου ο αέρας έχει τραβηχθεί σε αντλία κενού έχει περισσότερες φυσαλίδες όταν ψυχθεί από το κανονικό νερό. Στην ίδια συνεδρίαση, ο Hooke ανέφερε ότι γνώριζε έναν τρόπο να κατασκευάζει πάγο χωρίς φυσαλίδες (δεν ανέφερε ποιος ήταν αυτός) και θα δοκίμαζε να δει αν αυτό το είδος πάγου, σε σχήμα φακού, θα μπορούσε να μαζέψει τις αχτίδες του ήλιου και να ζεσταθεί²⁰. Σε μία από τις επόμενες συνεδριάσεις ανέφερε ότι δεν είχε καταφέρει να ζεστάνει το κομμάτι του πάγου²¹ και τα μέλη του πρότειναν να δοκιμάσει με ένα κομμάτι πάγου το οποίο δεν είχε σχήμα φακού αλλά ήταν κυρτό και από τις δύο πλευρές. Το ενδιαφέρον των μελών επικεντρωνόταν στην εξέταση της αναπαραγωγής του φαινομένου της θέρμανσης ενός κυρτού κομματιού γυαλιού αντικαθιστώντας το με κομμάτι πάγου. Το πείραμα που εκτελούσε στην προκειμένη περίπτωση ο Hooke έμοιαζε αρκετά με εκείνο που πρότεινε ο Henshaw οπότε θα μπορούσε να βασίζεται στην πρόταση του τελευταίου. Η εκτέλεση

Η εργασία καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book, τόμος II, σελ., 45 και εκδόθηκε επίσης στο βιβλίο του *Experimental Philosophy, in Three Books* (1664).

¹⁹ Εξετάζοντας την εργασία του Merret βρίσκουμε αρκετά πειράματα τα οποία θα μπορούσαν να αποτελούν απαντήσεις στις προτάσεις του Henshaw καθώς και την ακόλουθη αναφορά «In pursuance of which particulars, I had recourse to those ingenious Quaeries of Mr Henshaw, registred in your *Cimelia*, and then to Bartholinus his late Book *De Nive*, and to my own collected notes from various Authors, adding whatsoever trials I thought meet», Boyle [1999], τόμος 4, σελ. 525.

²⁰ Συνεδρίαση 6ης Ιανουαρίου 1663/4, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ., 26.

πειραμάτων από τον Hooke, σύμφωνα με τις προτάσεις του Henshaw, αποτελούσε επίσης μέρος των δραστηριοτήτων του εφόσον από το 1663, κρατούσε τη θέση του curator, του υπευθύνου για την εκτέλεση των πειραμάτων που προτεινόταν από μέλη της εταιρείας.

Ορισμένα από τα πειραματικά φαινόμενα που έθετε ο Henshaw σε εξέταση αποτελούσαν φαινόμενα που ανήκαν στη χημική και την αριστοτελική παράδοση· σε κανένα όμως δεν φαινόταν να εξετάζεται μία θεωρητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους, όπως για παράδειγμα αποτελούσε η εξέταση από τον Boyle φαινομένων που υποστήριζαν τη θεωρητική υπόθεση του Gassendi για το ψύχος. Επίσης για δύο πειραματικές δοκιμές, την εξέταση του φαινομένου των σχηματισμών του πάγου των Lixivia των φυτών καθώς και την αλλαγή του βάρους του νερού με την ψύξη, ο Henshaw ανέφερε ως πηγές τον Quercitan και τον Van Helmont, όπως μνημονευόταν από τον Bartholinus στο *De Nivis Usu*. Οι πηγές του ήταν ίδιες με εκείνες που ανέφερε ο Boyle για τα ίδια φαινόμενα. Αυτό δείχνει ότι τα φαινόμενα και οι απόψεις που είδαμε στο 2.4.2 αποτέλεσαν τη βάση για την εξέταση ορισμένων πειραματικών φαινομένων στο *Cold*, αποτελούσαν κοινή γνώση για τους πειραματιστές όπως ο Henshaw, που είχαν συμμετάσχει στις προπορευόμενες, της Βασιλικής Εταιρείας, ομάδες, και τώρα αποτελούσαν μέλη της τελευταίας. Επίσης επιβεβαιώνει την ύπαρξη μίας αναπτυσσόμενης προβληματικής για το ψύχος με συγκεκριμένα ερωτήματα.

Στη δεύτερη εργασία του, ο Henshaw παρουσίαζε τις παρατηρήσεις του για τη «φυσική ιστορία» της Δανίας που είχε κάνει κατά τη διάρκεια της παραμονής του σε εκείνη τη χώρα. Η εργασία παρουσιάστηκε στη συνεδρίαση της 18ης Φεβρουαρίου του 1674/5, αρκετά χρόνια μετά την πρώτη εργασία και περιλάμβανε περιγραφές των φρούτων, των λουλουδιών, των λαχανικών, των ζώων, των καιρικών συνθηκών και των φαινομένων του ψύχους. Όσον αφορά τα φαινόμενα του ψύχους, ο Henshaw δεν ανέφερε μόνο παρατηρήσεις αλλά και πειράματα που είχε εκτελέσει για ορισμένα φαινόμενα, όπως ήταν η ψύξη κρασιού, η ψύξη του μπράντυ και το βάθος στο οποίο προχωρούσε το ψύχος μέσα στο έδαφος²². Η εργασία έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί αποκαλύπτει το ενδιαφέρον της εταιρείας για την εξέταση ορισμένων ψυκτικών

²¹ Συνεδρίαση 3ης Φεβρουαρίου 1663/4, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ., 34.

²² Τέσσερα χρόνια μετά την παρουσίαση της εργασίας (1674) του περιέγραψε τα συγκεκριμένα φαινόμενα κατά τη διάρκεια κάποιων συνεδριάσεων.

φαινομένων σε ψυχρότερα κλίμακα. Ο Boyle είχε τονίσει τη σημασία τέτοιων παρατηρήσεων στο *Cold* χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων και πειραμάτων που είχαν διενεργηθεί σε ψυχρά κλίματα. Η αλληλογραφία που είχε αναπτυχθεί μεταξύ του Henshaw και του Oldenburg στο διάστημα της παραμονής του πρώτου στη Δανία δείχνει ότι πολλές παρατηρήσεις του πρώτου αποτελούσαν απαντήσεις σε ερωτήσεις που είχαν θέσει τα μέλη της Εταιρείας²³. Τα φαινόμενα λοιπόν για το ψύχος που αναφέρονταν στην εργασία του Henshaw αντανακλούν τις πληροφορίες για τα ψυκτικά φαινόμενα για τα οποία είχαν αναπτύξει ενδιαφέρον τα μέλη της εταιρείας.

Μία σειρά εργασιών και παρουσιάσεων στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, δείχνουν ότι η Βασιλική Εταιρεία ακολουθούσε μία τακτική να στέλνει γράμματα, με τη μορφή ερωτηματολογίων, για να πληροφορείται για φαινόμενα που συνέβαιναν στις άλλες χώρες. Μία από τις σημαντικές περιπτώσεις που αξίζει να αναφέρουμε και αφορά τα φαινόμενα του ψύχους αποτελεί το ερωτηματολόγιο²⁴ που είχε συντάξει και παρουσιάσει τη 17η Δεκεμβρίου του 1662 ο John Hoskyns το οποίο θα στέλνονταν στη Γροιλανδία μαζί με ένα κλειστό θερμοσκόπιο υγρού για να καταγραφεί ο βαθμός ψύχους που επικρατούσε σε εκείνη τη χώρα²⁵. Ο Hoskyns είχε προετοιμάσει τις ερωτήσεις κατόπιν εντολής των μελών της εταιρείας να εξετάσει τη βιβλιογραφία που υπήρχε για την Ισλανδία και τις γειτονικές χώρες²⁶. Ορισμένα ερωτήματα του Hoskyns, όπως η διαφορά στην ένταση του ψύχους ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, η γεύση του κρασιού ή της μύρας μετά την τήξη του πάγου τους, η διαμόρφωση των παγόβουνων από θαλασσινό νερό ή νερό ποταμιών, και η ώρα που ανατέλει και δύει ο ήλιος ταυτίζονταν με εκείνα για τα οποία ο Boyle είχε συλλέξει πληροφορίες από τις ψυχρές χώρες. Αυτό αναδεικνύει

²³ Στο γράμμα του της 14ης Μαρτίου 1673/4 στον γραμματέα της Βασιλικής Εταιρείας, Henry Oldenburg, ο Henshaw περιέγραφε αρκετές από τις παρατηρήσεις που αργότερα συμπεριέλαβε στην εργασία του (η εργασία παρουσιάστηκε στις 18 Φεβρουαρίου 1674). Στο συγκεκριμένο γράμμα, ο Henshaw έγραφε τις παρατηρήσεις του για να απαντήσει στις ερωτήσεις που είχε στείλει η Βασιλική Εταιρεία για διάφορα φαινόμενα. Το γράμμα με τις ερωτήσεις που πιθανότατα έστειλε ο Oldenburg δεν υπάρχει στην αλληλογραφία του. Οι παρατηρήσεις και οι απαντήσεις του Henshaw όμως δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τις ερωτήσεις της Royal Society και εν μέρει εξηγούν την επιλογή του Henshaw να εξετάσει αυτά τα φαινόμενα. Royal Society Archive,

²⁴ Birch [1756-57], σσ. 155-156. Το ερωτηματολόγιο καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος II, σελ. 76.

²⁵ John Hoskyns [1634-1705, F.R.S. 20 Μαΐου 1663]. Ο Hoskyns έγινε δικηγόρος στο επάγγελμα και διετέλεσε μέλος του Ανώτατου Δικαστηρίου και πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας το διάστημα 1682-83.

τη σημασία της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, κυρίως της ταξιδιωτικής, για τα φαινόμενα στις ψυχρές χώρες στη διαμόρφωση των ερωτημάτων που θεωρούνταν σημαντικά και από τον Boyle αλλά και από τα υπόλοιπα μέλη της Εταιρείας. Επίσης η χρονική στιγμή της σύνταξης του ερωτηματολογίου δείχνει ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο Boyle εκτελούσε πειράματα και συνέγραφε την πραγματεία *Cold* τα ενδιαφέροντά του για ορισμένα φαινόμενα ταυτίζονταν με εκείνα της Εταιρείας.

Μία δεύτερη ενδιαφέρουσα περίπτωση ερωτηματολογίου δημοσιεύτηκε στο τεύχος της 8^{ης} Απριλίου του *Philosophical Transactions* σε μορφή οδηγιών προς τους καπετάνιους για την παρατήρηση φαινομένων που θα ήταν χρήσιμα όχι μόνο στη φυσική φιλοσοφία αλλά και στην τέχνη της ναυσιπλοΐας²⁷. Ανάμεσα στις ερωτήσεις, τα μέλη της Εταιρείας είχαν διαφορφώσει έναν ειδικό πίνακα για την καταγραφή της αλλαγής των ανέμων και του καιρού ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, και των μετεωρολογικών φαινομένων της βροχής, του χαλαζιού και του χιονιού. Έχοντας δείξει τον ρόλο που έπαιζαν αυτά τα φαινόμενα στην επιχειρηματολογία του Boyle στο *Cold*, περιπτώσεις όπως αυτή έρχονται να επιβεβαιώσουν ότι φαινόμενα όπως η φορά και τη ψυχρότητα των ανέμων, αποτελούσαν μέρος της αναπτυσσόμενης προβληματικής για το ψύχος

Η τρίτη περίπτωση ερωτηματολογίου στην οποία καταγράφονται και οι απαντήσεις, δίνει περισσότερα στοιχεία από τις προηγούμενες για να υποστηρίξουμε ότι τα ερευνητικά θέματα της πραγματείας *Cold* έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των ερωτημάτων που τέθηκαν από την εταιρεία για τα φαινόμενα του ψύχους. Η λίστα των ερωτήσεων μαζί με τις απαντήσεις του Johannes Hevelius ο οποίος διατελούσε πρόξενος του Danzig δημοσιεύτηκε στο *Philosophical Transactions*²⁸. Το μεγαλύτερο μέρος των ερωτήσεων αφορούσε ψυκτικά φαινόμενα όπως ήταν το βάθος ψύξης της γης και του νερού, η δυνατότητα μετατροπής σε πάγο διαφόρων χημικά επεξεργασμένων και μη υγρών, η διατήρηση των ψαριών με την ψύξη μέσα στα ποτάμια και η αναβίωσή τους μετά την τήξη και άλλα. Όλες οι θεματικές που αναφέρονταν στο ερωτηματολόγιο

²⁶ Συνεδρίαση της 10ης Δεκεμβρίου 1662, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ., 118.

²⁷ «Directions and Experiments to be made by Masters of Ships, Pilots, and other fit Persons in their Sea Voyages», Royal Society Archive, *Philosophical Transactions*, τόμος 2, τεύχος 24, 1667.

συναντώνταν στο *Cold*. Ορισμένες όμως λεπτομέρειες των ερωτημάτων δημιουργούν την υποψία ότι οι συγκεκριμένες ερωτήσεις δεν αποτελούσαν απλά θεματικές που είχαν αναπτύξει τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας ανεξάρτητα από τη δραστηριότητα του Boyle αλλά ότι ορισμένες ερωτήσεις είχαν διαμορφωθεί με βάση το *Cold*. Η εξέταση υγρών για τα οποία ο Boyle είχε καταλήξει ότι δεν ψύχονταν εύκολα ή καθόλου όπως ήταν το Brine, ο υδράργυρος, το απόσταγμα βιτριολιού και νίτρου, η αναφορά της επιρροής που θα είχε το ψύχος σε ιδιότητες όπως ήταν ο μαγνητισμός, ο ηλεκτρισμός και τα καθαρτικά, η αναφορά στην ευθραυστότητα που αποκτά με την ψύξη το σίδηρο, καθώς και η εξέταση της προέλευσης του θανάτου των ψαριών όταν ψύχεται η επιφάνεια των ποταμιών και η επικέντρωση στην εξέταση της έλλειψης του αέρα ως αιτία του φαινομένου, αποτελούν ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα και ερωτήματα που επιχειρείται να απαντηθούν στο *Cold* και τα οποία περιλαμβάνονται στη λίστα προς τον Hevelius. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι τα ερωτήματα μπορούσαν να προκύψουν με βάση φαινόμενα που περιγράφονταν στα βιβλία των ταξιδιωτών στα ψυχρά μέρη· το *Cold* όμως είχε το πλεονέκτημα ότι είχε τα συγκεκριμένα ερωτήματα καθώς και τις δοκιμές συγκεντρωμένες στο ίδιο μέρος. Επίσης δεν είναι σίγουρο ότι τα ερωτήματα προς τον Hevelius, τα οποία τίθενται ακριβώς όπως παρουσιάζονται στο *Cold*, είχαν τεθεί με τον ίδιο τρόπο στην υπάρχουσα βιβλιογραφία για τα φαινόμενα των ψυχρών χωρών. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η σύνταξη του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου πρέπει να είχε στηριχθεί στο *Cold*.

Η εργασία του Christopher Merret «An Account of Freezing made in December and January 1662» αποτελούσε την πιο εκτενή καταγραφή πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος που παρουσίασε μέλος της Εταιρείας μετά το δημοσιευμένο έργο του Boyle²⁹. Ο Merret παρουσίασε την εργασία του στη συνεδρίαση της 30ης Δεκεμβρίου του 1663 και τα μέλη της Εταιρείας συμφώνησαν για την καταγραφή της στο Register Book³⁰. Η εργασία αυτή, μαζί με τις προσθέσεις που έκανε ο Merret μετά το 1663, δημοσιεύτηκε από τον ίδιο τον Boyle ως παράρτημα στο *Cold*. Η διακριτή σελιδοποίηση

²⁸ «Promiscuous Inquiries, Chiesly about Cold, Formerly Sent and Recommended to Monsieur Hevelius; Together with His Answer Return'd to Some of them», Royal Society Archive, *Philosophical Transactions*, τόμος 1 (1665-1666), σσ. 344-352.

²⁹ Christopher Merret (1614-1695, FRS 20 Μαΐου 1663). Ο Merret σπούδασε γιατρός και αποτέλεσε μέλος του College of Physicians.

³⁰ Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 2, σελ. 336.

της εργασίας αναδεικνύει την πρόθεση του Boyle να την ξεχωρίσει από το δικό του έργο. Στην εισαγωγή του στην εργασία, ο Boyle διευκρίνιζε ότι ο Merret την είχε παρουσιάσει στη Βασιλική Εταιρεία όταν εκείνος είχε ήδη ολοκληρώσει ένα μεγάλο μέρος των πειραμάτων του και ότι ο ίδιος δεν την είχε συμβουλευτεί. Με αυτό τον τρόπο ήθελε να δικαιολογήσει την ύπαρξη παρόμοιων πειραματικών δοκιμών και στα δύο έργα. Δήλωνε ότι, στην περίπτωση που οι δοκιμές οδηγούσαν στα ίδια πειραματικά αποτελέσματα, ο αναγνώστης θα επιβεβαιωνόταν για αυτά ενώ στις περιπτώσεις που ήταν διαφορετικά θα έπρεπε να κρίνει και να αναγνωρίσει την καλύτερη πειραματική μέθοδο. Για τις πειραματικές περιγραφές που είχε προσθέσει ο Merret την τελευταία στιγμή, ο Boyle διευκρίνιζε ότι ένα μέρος πρέπει να είχε προστεθεί μετά την παρουσίαση από τον ίδιο των περισσότερων κεφαλαίων της ενότητας « The Experimental History of Cold» στη συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας την 11ης Ιανουαρίου 1664/5. Ο Boyle υπέθετε ότι ο Merret είχε εκτελέσει συμπληρωματικές δοκιμές με βάση το αντίγραφο των κεφαλαίων της πραγματείας του που του είχε στείλει ο ίδιος³¹. Από τη μία, οι παραπάνω αναφορές του Boyle δείχνουν ότι ήθελε να εξασφαλίσει την προτεραιότητα των πειραμάτων του έναντι εκείνων του Merret. Από την άλλη όμως, η ενσωμάτωση της εργασίας του Merret, αποτελούσε μία πρακτική όχι συνηθισμένη στις άλλες δημοσιευμένες πραγματείες του Boyle. Αυτό σήμαινε ότι είχε κρίνει σημαντικά τα πειράματα του Merret ως προς τη συμπλήρωση της «Ιστορίας του Ψύχους». Άλλωστε την ανάγκη για συμπλήρωση της πραγματείας του με περισσότερα πειράματα τόνιζε σε αρκετά σημεία.

Στην εργασία του ο Merret περιοριζόταν σε έξι θεματικές κατηγορίες πειραμάτων οι οποίες συναντούνταν στα κεφάλαια του *Cold* αλλά ήταν περιορισμένες σε σχέση με το μεγάλο αριθμό των ερωτημάτων με τα οποία ασχολήθηκε ο Boyle. Στην πρώτη ερευνούσε τη δυνατότητα ψύξης υγρών και συμπαγών σωμάτων και στη δεύτερη τα σχήματα που παρουσίαζε ο πάγος ορισμένων υγρών. Στην τρίτη θεματική κατηγορία επικεντρωνόταν στα αποτελέσματα της ψύξης όπως ήταν η αύξηση του όγκου των υγρών, η ανάπτυξη της διογκωτικής δύναμης κατά την ψύξη των υγρών, η θραύση των φιαλών που τα περιέχουν, η δυνατότητα συγκόλλησης του πάγου και η ευθραστότητα των συμπαγών σωμάτων. Στην τέταρτη κατηγορία πειραμάτων εξέταζε κάποιες ιδιότητες

³¹ Τα πρακτικά της Εταιρείας πιστοποιούν ότι ο Merret, ανάμεσα σε άλλους, παρέλαβε την 11η Ιανουαρίου 1664/5 ένα από τα αντίτυπα των κεφαλαίων της «Ιστορίας του ψύχους» που είχε φέρει ο Boyle. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 170.

της ψύξης. Στη πέμπτη κατηγορία ανέφερε ότι θα εξετάσει «some lets and helps both to freezing and thawing», δηλαδή τα υγρά και τις μεθόδους εκείνες που μπορούσαν να εντείνουν την ψύξη και την τήξη³². Στην έκτη κατηγορία εξέταζε τις χρήσεις του πάγου. Στην αρχή της εργασίας ο Merret περιέγραφε τις συνθήκες στις οποίες εκτελούσε τα πειράματα: τις συνθήκες ψύχους οι οποίες αποτελούνταν από μία πολύ σκληρή παγωνιά που διήρκεσε έξι βδομάδες, το μέρος της εκτέλεσης των πειραμάτων το οποίο αποτελούνταν από πέτρινα παράθυρα που τα χτυπούσε ο βόρειος άνεμος και τα διάφορα είδη δοχείων, τα υλικά από τα οποία ήταν φτιαγμένα και τα σχήματά τους. Επεσήμαινε ότι ρόλο έπαιζε και η ποσότητα του ρευστού που χρησιμοποιούνταν. Η πρώτη κατηγορία πειραμάτων αφορούσε τη δυνατότητα των υγρών και των συμπαγών «consistent» σωμάτων να ψυχθούν. Η εξέταση του Merret ήταν αρκετά εκτενής στο συγκεκριμένο φαινόμενο. Ο Merret εκτελούσε πειράματα με κατηγορίες υγρών παρόμοιες με εκείνες που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle, όπως ήταν τα άλατα, τα διαλύματα αλάτων, τα αλκοολούχα ποτά, τα έλαια και το θαλασσινό νερό. Σε πολλές περιπτώσεις τα αποτελέσματα του Merret ήταν ίδια, όπως για παράδειγμα στην ψύξη του «oil of vitriol» καθώς και στην ψύξη διαλύματος άλατος σε νερό, το οποίο κατάφερε να ψύξει σε αναλογία 1/16 έναντι της αναλογίας 1/20 που είχε δοκιμάσει ο Boyle. Μία σημαντική διαφορά αποτελεί η δυσκολία που είχε αντιμετωπίσει στην ψύξη «ale», ένα υγρό που ο Boyle αναφέρει απλά ότι είχε καταφέρει να το παγώσει. Ο Merret φαινόταν να επικεντρώνεται στην ψύξη ενός υγρού στην απλή του σύσταση και στη συνέχεια στη δοκιμή ψύξης του αφού είχε υποστεί κάποια χημική επεξεργασία όπως ήταν η διάλυσή του σε διάλυμα ή η μετροπή του σε lixivium. Για τα υγρά που δεν ψύχονταν είχε οδηγηθεί στο ίδιο συμπέρασμα με τον Boyle, ότι δηλαδή ευθυνόταν η έλλειψη υδάτινης υγρασίας. Γι' αυτό εκτελούσε πειράματα όπου αναμείγνυε αυτά τα υγρά με 12 μέρη νερού ή λιγότερα μέρη πάγου και χιονιού και κατάφερε να τα παγώσει. Μία κατηγορία υγρών που δεν μπορούσε να παγώσει, ούτε και με αυτό τον τρόπο, ήταν τα αποστάγματα διαφόρων ουσιών όπως η αιθυλική αλκοόλη, το απόσταγμα νιτρικού οξέος (aqua fortis) και το απόσταγμα νιτρικού καλίου (Salt-petre)· με αυτή την παρατήρηση συμφωνούσαν και τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle.

³² Boyle [1665a] σελ. 525.

Η εξέταση του Merret περιλάμβανε και την ψύξη των σωμάτων που αποκαλούσε συμπαγή, όπως τα λαχανικά, τα αυγά και τα μήλα. Σε αυτές τις περιπτώσεις σημείωνε χαρακτηριστικά που υποδεικνύονταν και από τις πειραματικές έρευνες του Boyle, όπως ήταν η αλλοίωση της γεύσης, η παρουσίαση παγωμένων κομματιών στο εσωτερικό τους καθώς και η σήψη που ακολουθούσε την απόψυξή τους. Ο Merret πρότεινε για την καλύτερη απόψυξη και διατήρηση των τροφίμων την τοποθέτησή τους στα κελάρια ενώ στο *Cold* είδαμε ότι ο Boyle επικεντρωνόταν περισσότερο στην εξέταση της μεθόδου απόψυξης μέσα στο νερό. Γι'αυτή τη μέθοδο ο Merret παρουσίαζε ένα αποτυχημένο πείραμα. Υποστήριζε όμως ότι αν κρατούσε παγωμένα αυγά κοντά στην επιφάνεια του νερού αυτά θα περιβάλλονταν από πάγο ο οποίος προερχόταν από το εξωτερικό και όχι το εσωτερικό των αυγών. Το πειραματικό αυτό αποτέλεσμα ερχόταν σε αντίθεση με το αντίστοιχο του Boyle όπου τα παγωμένα αυγά και τα μήλα που παρουσίαζαν περίβλημα πάγου κατά την είσοδό τους στο νερό δεν παρουσίαζαν το ίδιο φαινόμενο όταν εκθέτονταν στον αέρα. Επίσης οι απόψεις των δύο πειραματιστών διέφεραν ως προς την εξήγηση της αιτίας του σχηματισμού του περιβλήματος πάγου. Ο Boyle, σε αντίθεση με τον Merret, υποστήριζε ότι πειραματικά δεν μπορούσε να καταλήξει στην αιτία της δημιουργίας του περιβλήματος πάγου στο εξωτερικό των αυγών κατά την απόψυξή τους στο νερό. Για τις περιπτώσεις ψύξης του λαδιού και του ξυδιού, ο Merret θεωρούσε το πήξιμο που παρουσίαζαν ως ψύξη και όχι ως αποτυχία ψύξης. Ο Boyle φαινόταν να μη θεωρεί τη συγκεκριμένη κατάσταση ψύξη και να προσπαθεί με μία πιο εκτενή έρευνα να εξετάσει το φαινόμενο και σε πιο ψυχρά κλίματα. Επίσης έκανε μία διάκριση στα διάφορα έλαια την οποία ο Merret φαινόταν να μην κάνει. Μία άλλη επίσης χαρακτηριστική διαφορά είναι η έλλειψη αναφοράς του Merret στην εξέταση του υδραργύρου, στην οποία έδινε σημασία ο Boyle. Γενικότερα η εξέταση του Boyle για τα υγρά που δεν μπορούσαν να παγώσουν ήταν πιο πλήρης. Ως δεύτερη κατηγορία πειραμάτων ο Merret κατέγραφε τα σχήματα που παρουσίαζε ο πάγος των υγρών υποστηρίζοντας ότι όταν συγκεκριμένα υγρών τήκονταν και ξαναπάγωναν παρουσίαζαν πάντα τα ίδια σχήματα στον πάγο τους. Και αυτός, όπως ο Henshaw και ο Boyle, εξέταζε την άποψη του χημικού Quercitan για την εμφάνιση του σχήματος των φυτών μέσα στον πάγο που προερχόταν από τα διαλύματα των σταχτών τους, καταλήγοντας στην απόρριψη των πειραματικών αποτελεσμάτων του Quercitan, όπως είχε κάνει ο Boyle.

Στα πλαίσια της έρευνας της δυνατότητας μετατροπής των υγρών σε πάγο, ο Merret ανέφερε τις παρατηρήσεις του για την αύξηση του όγκου του νερού, το φαινόμενο της θραύσης των φιαλών με την ψύξη του εσώκλειστου υγρού και τη διογκωτική δύναμη των υγρών κατά την ψύξη. Για τα υγρά που πάγωναν, ο Merret παρουσίαζε ως γενικό συμπέρασμα ότι όλα τα υγρά που είχε εξετάσει, ανέβαιναν στο σωλήνα πριν αρχίσει να δημιουργείται αισθητά πάγος, και στη συνέχεια καθώς μετατρέπονταν σε πάγο ανέρχονταν ακόμη ψηλότερα³³. Με βάση τα πειράματά του, είχε παρατηρήσει το φαινόμενο αυτό και στο νερό. Στις ελάχιστες πειραματικές δοκιμές με συγκεκριμένα υγρά που ανέφερε, ενώ είχε μετρήσει, σε ίντσες τη διαφορά ύψους του ρευστού με το παγωμένο υγρό, δεν προσπαθούσε να βρει κάποια κανονικότητα στην αύξηση του όγκου των υγρών, όπως ο Boyle. Το θέμα που τον απασχολούσε ήταν ο τρόπος με τον οποίο έσπαγαν οι φιάλες ανάλογα με το σχήμα τους και το υλικό από το οποίο αποτελούνταν. Σύμφωνα με τα πειραματικά του αποτελέσματα κατέληγε σε συμπεράσματα όπως, ότι η θραύση των φιαλών προέκυπτε όταν το υγρό κάλυπτε πάνω από τα δύο τρίτα μίας φιάλης, το γρήγορο σπάσιμο των γυάλινων φιαλών, η ομοιόμορφη ρήξη των στρογγυλών φιαλών, τα ακανόνιστα σπασίματα των φιαλών που αποτελούνταν από ένα στρογγυλό δοχείο με λαιμό, των γυάλινων δοχείων στο σχήμα κανάτας και σε τετράγωνο σχήμα. Επίσης προσπαθούσε να βρει μία κανονικότητα στο σπάσιμο των ξύλινων και μεταλλικών δοχείων χωρίς θετικά αποτελέσματα³⁴. Το ενδιαφέρον του για τη δύναμη της διόγκωσης του νερού με το ψύχος περιοριζόταν στην εξέταση φιαλών διαφορετικών σχημάτων και υλικών για τις οποίες περιέγραφε τον αριθμό των προσπαθειών πριν καταφέρει να τις σπάσει καθώς και τον τρόπο που έσπαγε κάθε δοχείο. Αυτό αποδεικνύει ότι στον Merret εξέλιπε το ενδιαφέρον που παρατηρήσαμε στα πειράματα του Boyle και θα δούμε σε εκείνα της φλωρεντινής ακαδημίας, για την εξέταση του μεγέθους της δύναμης και των συνθηκών στις οποίες αναπτυσσόταν. Ο τρόπος περιγραφής των δοκιμών δείχνει επίσης ότι περισσότερο τον ενδιέφεραν οι πληροφορίες που έπαιρνε από το σπάσιμο των φιαλών για τα υλικά των δοχείων, παρά οι

³³ «All the liquors tried did sensibly in glass Tubes rise beyond my mark, before the liquors could sensibly be discerned to freez, and after rose somewhat higher with freezing», Boyle [1665a], σελ. 532.

³⁴ Η χρησιμοποίηση της φράσης «method in their breaking» επιβεβαίωσε ότι προσπαθούσε να βρει κανονικότητες στο σπάσιμο των φιαλών τις οποίες προσπαθούσε να συσχετίσει με το σχήμα τους και το υλικό τους.

πληροφορίες που μπορούσε να πάρει για το μέγεθος της δύναμης. Το ενδιαφέρον αυτό δικαιολογούνταν από την ενασχόληση του Merret με την υαλοποιία.

Με την τέταρτη κατηγορία των πειραμάτων, ο Merret εξέταζε μία σειρά από αποτελέσματα του ψύχους, όπως ήταν η συγκόλληση του πάγου, η συμπύκνωση των χρωμάτων, η αλλαγή του βάρους των σωμάτων με την ψύξη, καθώς και η ευθραυστότητα που παρουσίαζαν ορισμένα συμπαγή σώματα. Από τις παραπάνω ερευνητικές θεματικές η μόνη που εξέλιπε από τις έρευνες του Boyle ήταν η συμπύκνωση των χρωμάτων των σωμάτων που ψύχονταν. Ως φαινόμενο συγκόλλησης ο Merret θεωρούσε τη συγκόλληση ενός επίπεδου κομματιού πάγου πάνω σε ένα τραπέζι με επίπεδη επιφάνεια όταν έριχνε πάνω του αλάτι, καθώς και την προσκόλληση ενός σώματος σε μία στεγνή επιφάνεια όπως ήταν τα ανθρώπινα χείλια³⁵. Στο *Cold* το φαινόμενο συγκόλλησης του πάγου με τη συνδρομή του αλατιού ερευνώνταν στο πλαίσιο της εξέτασης της συνοχής του πάγου και αναδείκνυε την ιδιότητα του αλατιού να λιώνει τον πάγο στα σημεία με τα οποία ερχόταν σε επαφή μαζί του. Ως προς την αλλαγή του βάρους των σωμάτων με τη μετατροπή σε πάγο και την πρόκληση ευθραυστότητας στα συμπαγή σώματα, ο Merret κατέληγε στα ίδια συμπεράσματα με τον Boyle με κάποιες διαφοροποιήσεις ως προς το πρώτο θέμα. Εξετάζοντας την άποψη για την αύξηση του βάρους των σωμάτων με την ψύξη, είχε παρατηρήσει σε όλες τις δοκιμές, και αυτές που αφορούσαν την ψύξη μήλων και αυγών και των υγρών μέσα σε κλειστές φιάλες τη σταθερότητα του βάρους των σωμάτων σε τρεις φάσεις, πριν την ψύξη, μετά την ψύξη και μετά την τήξη τους. Τα συμπεράσματα του Boyle διέφεραν ως προς την παρατήρηση της μείωσης του βάρους των αυγών κατά την ψύξη καθώς και τη μείωση του βάρους του νερού όταν μετατρεπόταν σε πάγο σε ανοιχτές φιάλες. Αν και ο Merret διευκρίνιζε ότι εκτελούσε ορισμένα πειράματα σε κλειστές φιάλες δεν παρουσίαζε αυτόν τον παράγοντα ως αναγκαίο για την παρατήρηση της μη μεταβολής του βάρους του υγρού όπως έκανε ο Boyle. Αντίθετα ο Boyle εξέταζε τη διαφορά στη μεταβολή του βάρους των σωμάτων ανάλογα με το αν ψύχονταν σε ανοιχτό ή κλειστό προς τον ατμοσφαιρικό αέρα χώρο, προσπαθώντας να βρει την αιτία της. Άλλη μία σημαντική διαφορά αποτελούσε η απλή αναφορά του Merret στην κοινή άποψη για την

³⁵ Η εξέταση αυτού του φαινομένου αποτελούσε αναπαραγωγή ενός πειράματος του Gassendi το οποίο είχε τεθεί υπόψη των μελών από τον Oldenburg, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σσ. 121-122.

αύξηση του βάρους των σωμάτων με την ψύξη ως αφετηρία για τους πειραματικούς του ελέγχους, σε σχέση με την αναφορά του Boyle στο ίδιο φαινόμενο ως απόδειξη που χρησιμοποιούνταν από τους ατομιστές για την υποστήριξη της υπόθεσης πρόκλησης του ψύχους μέσω της εισροής στα σώματα ψυχρών σωματιδίων.

Βασικές ερευνητικές θεματικές για τις οποίες ο Boyle διεξήγαγε πολλά πειράματα, όπως ήταν η διατήρηση και η καταστροφή των σωμάτων από το ψύχος και τα διάφορα χαρακτηριστικά του πάγου, δεν εξετάζονταν από τον Merret αλλά περιγράφονταν μέσω ελάχιστων παρατηρήσεων. Ο Merret κατέτασσε ανάμεσα στα καλά αποτελέσματα του ψύχους τη συντήρηση των σωμάτων και την προστασία τους από τη σήψη, ενώ ανάμεσα στα βλαβερά αποτελέσματα το θάνατο ζώων και την αλλοίωση των τροφίμων μέσω της ψύξης των ζωτικών χυμών τους. Ο Merret δεν εξέταζε την αιτία των αντιφατικών αποτελεσμάτων του ψύχους, όπως είχε κάνει ο Boyle καταλήγοντας σε κάποια συμπεράσματα για τη σχέση των αποτελεσμάτων με τον βαθμό ψύχους καθώς και τον τρόπο με τον οποίο η ψύξη μπορούσε να προκαλέσει αλλοίωση της σύστασης των σωμάτων. Επίσης ο Merret ανέφερε διάφορα χαρακτηριστικά του πάγου όπως ήταν η λεία επιφάνεια, η διαφάνειά του, η σκληρότητα και ανθεκτικότητά του, το πάχος του, η επίπλευσή του στο νερό, η μυρωδιά του, η ψυχρότητά του, η ιδιότητά του να ανακλά και να αντανακλά το φως καθώς και η εισχώρηση της ψύξης στο έδαφος³⁶. Οι αναφορές του στην ανθεκτικότητα του πάγου στον βαθμό που άντεχε το βάρος αμαξών καθώς και οι παρατηρήσεις της ψύξης του εδάφους στα δύο πόδια βάθος συμφωνούσαν με τις πιο εκτενείς αναφορές που είχε κάνει ο Boyle στα συγκεκριμένα θέματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Merret διευκρίνιζε ότι δεν θα ασχολούνταν με τα παγόβουνα, ένα φαινόμενο το οποίο ερευνώνταν από τον Boyle σε μεγάλη έκταση.

Στην πέμπτη κατηγορία παρατηρήσεων ο Merret αναφερόταν στους τρόπους προώθησης της ψύξης αναφέροντας, εκτός από τις φυσικές μεθόδους όπως ήταν η δράση των βόρειων ανέμων και η έλλειψη του ήλιου, τη χρήση μιγμάτων διαφόρων ουσιών, όπως ήταν το αλάτι, το βιτριόλι, το νίτρο, το «alum» και το θειικό οξύ (oil of vitriol) με χιόνι. Ο Merret ανέφερε ορισμένες παρατηρήσεις ως δεδομένες, δίνοντας την εντύπωση ότι αποδεχόταν την άποψη ή τις παρατηρήσεις τρίτων χωρίς έλεγχο. Αυτό αναδεικνύεται

³⁶ Συμπεραίνουμε ότι θεωρούσε την εισχώρηση της ψύξης στο έδαφος ως ένδειξη της εισχώρησης του πάγου στα σώματα.

από την περίπτωση δύο παρατηρήσεων οι οποίες είχαν αμφισβητηθεί από τα πειράματα του Boyle. Η πρώτη αφορούσε την ψύξη του νερού όταν ριχνόταν πάνω σε πάγο και η δεύτερη την ψύξη του νερού όταν αναμειγνυόταν με νιτρικό κάλλιο («salt-petre»). Όπως είδαμε και στην ενότητα 2.4.2 ο Boyle είχε εξετάσει εκτενώς την ισχύ των δύο φαινομένων και για το μεν πρώτο είχε καταλήξει ότι μπορούσε να επιτευχθεί μόνο στις ψυχρές χώρες με τη συνδρομή της ψυχρότητας του ατμοσφαιρικού αέρα αυτών των χωρών και ως προς το δεύτερο απέρριπτε με βάση πειραματικές δοκιμές εντελώς την ισχύ του. Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις όπου ο Merret εξέταζε φαινόμενα τα οποία είχαν αμφισβητηθεί και από τον Boyle. Τα φαινόμενα είχαν σχέση με τη στήριξη του αριστοτελικού δόγματος της αντιπερίστασης και όπως θα δούμε παρακάτω, αποτελούσαν από τα κύρια φαινόμενα του ψύχους στα οποία είχαν στρέψει την προσοχή τους τα μέλη της Εταιρείας. Ο Merret εξέταζε το πείραμα που είχε προταθεί από τους μοντέρνους φιλοσόφους ως υποστήριξη του φαινομένου της αντιπερίστασης, της τοποθέτησης ενός στρογγυλού δοχείου με σωλήνα σε χιόνι και τη θέση της πειραματικής διάταξης στη φωτιά προκειμένου να εξετασθεί η ψύξη του νερού μέσω της εντατικοποίησης του ψύχους του χιονιού από τη φωτιά. Ο Merret δεν είχε καταφέρει να ψύξει το νερό. Το δεύτερο φαινόμενο που έθετε ο Merret υπό εξέταση σχετιζόταν πάλι με το φαινόμενο της αντιπερίστασης και αφορούσε τη θερμοκρασία των κελαριών το χειμώνα και το καλοκαίρι. Με βάση τις ενδείξεις δύο κλειστών θερμοσκοπίων υγρού, που είχαν τοποθετηθεί το πρώτο στο παράθυρό του και το δεύτερο στο δωμάτιο μίας αποθήκης, αποδείκνυε ότι η θερμοκρασία της αποθήκης δεν ήταν θερμότερη τον χειμώνα από ό,τι ήταν το καλοκαίρι³⁷. Ο Merret ανέφερε ότι με αυτό το πείραμα ανέτρεπε μία λανθασμένη δημοφιλή άποψη αλλά δεν συνέδεε κανένα από τα δύο πειράματα με μία πολεμική εναντίον του αριστοτελικού φαινομένου της αντιπερίστασης. Επίσης στην πέμπτη κατηγορία πειραμάτων δημιουργεί εντύπωση το γεγονός ότι ενώ απέδιδε τη μέθοδο της κατασκευής φλιτζανιών από πάγο στον Boyle, δεν έκανε το ίδιο και στην περίπτωση της αναφοράς στη μέθοδο της ψύξης των υγρών από κάτω προς τα πάνω με τη χρήση των ψυκτικών μιγμάτων, δεδομένης της κατοχύρωσης της πρωτοτυπίας αυτής της μεθόδου από τον ίδιο τον Boyle στο *Cold*.

³⁷ Boyle [1665α]. σσ. 539-540.

Στην έκτη κατηγορία πειραμάτων και παρατηρήσεων ο Merret ανέφερε τις χρήσεις του πάγου ως σιφονιού και ως φακού για τη διάθλαση του φωτός, την οποία είχε, σε προγενέστερη ημερομηνία της εργασίας του Merret, υποδείξει ο Hooke μέσω μίας επίδειξης στα μέλη της Εταιρείας³⁸. Ο Merret δήλωνε ότι η προσπάθειά του να χρησιμοποιήσει ένα κομμάτι πάγου, κομμένο στο σχήμα των «burning glasses» για να συγκεντρώσει τις ακτίδες του ήλιου, ένα πείραμα το οποίο με βάση την αναφορά του Henshaw και τις προσπάθειες διενέργειάς του στις συνεδριάσεις της Εταιρείας ήταν αρκετά δημοφιλές, είχε αποτύχει³⁹. Θεωρούσε πιο πιθανή την παραγωγή ελάχιστης θερμότητας όταν το νερό τοποθετούνταν για να ψυχθεί σε στρογγυλά γυάλινα δοχεία. Ο Merret συμπεριλάμβανε επίσης στην εργασία του ορισμένες παρατηρήσεις για τη δράση του χιονιού που καταγράφονταν στο βιβλίο του Bartholinus *De Nivis Usu* με δικούς του σχολιασμούς.

Τα πειράματα που πρόσθεσε ο Merret μετά την παρουσίαση της εργασίας του την 30η Δεκεμβρίου 1663 αφορούσαν τη δυνατότητα ψύξης ορισμένων ρευστών, τη συμπύκνωση των χρωμάτων των σωμάτων με την ψύξη, την απόψυξη αυγών και μήλων και άλλων τροφίμων τοποθετώντας τα στο νερό, την ψύξη του νερού με την άμεση επαφή με τον πάγο, τη δράση του ψύχους στους μαγνήτες και κάποια άλλα φαινόμενα. Όλες οι παραπάνω θεματικές, εκτός από εκείνη της συμπύκνωσης των χρωμάτων, συναντώνταν και στο *Cold*. Το ενδιαφέρον μας στις πρόσθετες παρατηρήσεις και τα πειράματα επικεντρώνεται στην εξέταση του ρόλου που έπαιξε η δημοσιοποίηση, μέσω της παρουσίασης στην εταιρεία τον Ιανουάριο του 1664 και της διανομής σε αντίτυπα, των περισσότερων κεφαλαίων του *Cold* στα συμπληρωματικά πειράματα του Merret. Η ταύτιση των θεματικών δεν αποτελεί ένα επαρκές στοιχείο για να συναχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα, εφόσον η εργασία του Merret, που είχε παρουσιαστεί νωρίτερα από εκείνη του Boyle, περιείχε πειραματικά φαινόμενα που ταυτίζονταν με εκείνα της «Ιστορίας του Ψύχους». Στα συμπληρωματικά πειράματα υπάρχουν επιμέρους χαρακτηριστικά, όπως είναι τα συγκεκριμένα ρευστά και σώματα τα οποία εξέτασε ο Merret, που αποτελούν ενδείξεις της καθοδήγησής του στις συγκεκριμένες δοκιμές από τα πειράματα του Boyle.

³⁸ Ο Merret αναφερόταν εδώ στην παρουσίαση του πειράματος από τον Hooke για τη διάθλαση του φωτός στον πάγο στη συνέλευση της 11ης Φεβρουαρίου 1662/3 και της αντίστοιχης εργασίας η οποία καταγράφηκε στο Register Book.

³⁹ Boyle [1665α], σελ. 537.

Ως συμπλήρωμα των πειραμάτων για τη δυνατότητα των υγρών να παγώσουν, ο Merret προσέθετε δοκιμές με claret και Rhenish wine, «train oyl» και ποτό sack, τα οποία είχε δοκιμάσει να ψύξει και ο Boyle. Είναι αξιοσημείωτη η αναφορά του Boyle στα πρόβλήματα που αντιμετώπιζε στην ψύξη του train oyl και του Sack και η επιτυχία της ψύξης τους από το Merret χωρίς καμία δυσκολία. Ένα καλύτερο παράδειγμα της σχέσης που είχαν τα πειράματα του Merret με εκείνα του Boyle, αποτελεί η μεταβολή της άποψης του Merret για το φαινόμενο της απόψυξης τροφίμων κάτω από το νερό. Ενώ στο μέρος της εργασίας που είχε γραφτεί μέχρι τον Δεκέμβριο του 1663, περιέγραφε ένα πείραμα όπου είχε αποτύχει να αποψύξει μέσω της δημιουργίας περιβλήματος πάγου ένα αυγό και ένα μήλο μέσα σε νερό, στις συμπληρωματικές δοκιμές ο Merret δήλωνε ότι σε παρόμοια πειράματα με ψάρια, κρέας, αυγά και μήλα είχε παρατηρήσει τη δημιουργία περιβλήματος πάγου και την απόψυξη του εσωτερικού των τροφίμων. Διευκρίνιζε όμως ότι το πείραμα πετύχαινε μόνο αν τα τρόφιμα τοποθετούνταν κοντά στην επιφάνεια και όχι βαθιά μέσα στο νερό. Αυτός μπορεί να ήταν και ένας παράγοντας που ίσως δικαιολογούσε την πρώτη αποτυχία των πειραμάτων. Είναι πιθανό η εκτενής εξέταση του συγκεκριμένου φαινομένου στο *Cold* όπου παρουσιάζονταν επιτυχημένα, ως προς την απόψυξη και τη δημιουργία περιβλήματος πάγου, πειράματα, να ώθησε τον Merret στην επανάληψη των συγκεκριμένων πειραμάτων. Επίσης η αναφορά του Merret στην επιτυχία της ίδιας μεθόδου για την απόψυξη των ανθρώπινων σωμάτων, μία άποψη που είχε στηρίξει ο Boyle αρκετά μέσω μαρτυριών από τις ψυχρές χώρες, επιβεβαιώνει την επορροή του Merret στη συγκεκριμένη έρευνα από τα πειράματα του Boyle.

Ως επιβεβαίωση της συμβουλευτικής χρήσης των κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold» από τον Merret αποτελεί η αναφορά του στην προσπάθεια εύρεσης μίας σταθεράς του ψύχους χρησιμοποιώντας διάφορα δυλισμένα είδη φυτών, προκειμένου να τη χρησιμοποιήσει κατά το γέμισμα των θερμοσκοπίων με αιθυλική αλκοόλη. Στο πρώτο μέρος της εργασίας ο Merret δεν είχε αναφερθεί καθόλου στην εύρεση μίας σταθεράς ψύχους. Ο Boyle συμπεριλάμβανε τις προτάσεις του για μία σταθερά του ψύχους στο κεφάλαιο «New Thermometrical Experiments and Thoughts» που είχε παρουσιασθεί στις συνεδριάσεις της Εταιρείας τον Φεβρουάριο του 1663/4, δύο μήνες μετά την παρουσίαση της εργασίας του Merret. Είναι λοιπόν πιθανό ο Merret να είχε οδηγηθεί σε μία τέτοια έρευνα μέσα από τις αναφορές του Boyle και άλλων μελών,

όπως ήταν ο Hooke, οι οποίες ακολούθησαν την παρουσίαση της εργασίας του το Δεκέμβριο του 1663⁴⁰. Οι παραπάνω ενδείξεις της επιρροής των συμπληρωματικών πειραματικών δοκιμών του Merret από τα πείραματά που παρουσίαζε ο Boyle στα κεφάλαια του *Cold*, αποτελούν ένα πρόσθετο στοιχείο στο γενικότερο επιχείρημα που θα προσπαθήσουμε να στηρίξουμε για τον κεντρικό ρόλο που έπαιξε η δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος μέσω του *Cold* στη διαμόρφωση μίας πειραματικής προβληματικής για την ιδιότητα.

Οι σημαντικές διαφορές μεταξύ της πειραματικής πρακτικής του Merret όπως παρουσιάζεται από τις έξι κατηγορίες πειραμάτων και εκείνης του Boyle, αναδεικνύουν ότι τα ενδιαφέροντα και οι στόχοι της έρευνάς του ήταν σε ορισμένα σημεία διαφοροποιημένοι από αυτούς του Boyle. Στις δύο πρώτες κατηγορίες πειραμάτων ο Merret ανέφερε σχεδόν σε κάθε δοκιμή τη χρονική διάρκεια της ψύξης, συγκρίνοντάς την πολλές φορές με τη διάρκεια ψύξης άλλων υγρών και κυρίως του νερού. Επίσης περιέγραφε τον τρόπο που πάγωναν τα υγρά, δηλαδή από ποιο σημείο του δοχείου άρχιζαν να παγώνουν, αν η ψύξη συνέχιζε προς τα πάνω ή κάτω και σε ποιο σημείο παρέμενε ρευστό το υγρό σε περίπτωση που δεν πάγωνε ολόκληρο. Σημείωνε τη σκληρότητα του πάγου και το πάχος του σε περίπτωση που το υγρό δεν πάγωνε εξολοκλήρου καθώς και την ύπαρξη φυσαλίδων στον πάγο. Άλλο ένα χαρακτηριστικό των δοκιμών του Merret ήταν ότι σημάδευε τη στάθμη των υγρών κατά την ψύξη καταλήγοντας μέσω αυτής της μεθόδου στο συμπέρασμα ότι μόνο το «oil of vitriol» συρρικνωνόταν. Ο Boyle ανέφερε σε ελάχιστες περιπτώσεις το χρόνο ψύξης, κυρίως σε περιπτώσεις όπου η ψύξη γινόταν με δυσκολία, καθώς και σε λίγες περιπτώσεις τη μορφή που έπαιρνε ο πάγος. Επίσης δεν φαίνεται στην κατηγορία των πειραμάτων όπου ελεγχόταν η ψύξη ορισμένων υγρών να σημάδευε τη στάθμη τους στο δοχείο⁴¹. αυτό το έκανε στην κατηγορία των πειραμάτων όπου μετρούσε τη συρρίκνωση των υγρών με την ψύξη. Ενώ ο Merret προσπαθούσε να βρει κανονικότητες στα στάδια που ακολουθούσε η ψύξη, στη διαμόρφωση και στην ανθεκτικότητα του πάγου ανάλογα με το είδος του υγρού που χρησιμοποιούνταν κάθε φορά, ο Boyle επικεντρωνόταν στο ερώτημα της

⁴⁰ Οι συζητήσεις για τη δημιουργία μίας σταθεράς του ψύχους είχαν ξεκινήσει στην Εταιρεία στη συνεδρίαση που είχε παρουσιασθεί η εργασία του Merret.

⁴¹ Η σήμανση της στάθμης ήταν μία τακτική, όπως θα δούμε παρακάτω, που ασκούσαν και οι Ιταλοί πειραματιστές της Ακαδημίας Del Cimento.

δυνατότητας ψύξης των υγρών. Η δεύτερη διαφορά αφορούσε τον σκοπό της εξέτασης της ανθεκτικότητας του πάγου. Στις έρευνές του ο Boyle χρησιμοποιούσε κυρίως πάγο από νερό, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο είδος πάγου ως αντιπροσωπευτικό δείγμα για να συναχθεί ένα γενικό συμπέρασμα. Στον Merret στόχος της έρευνας ήταν η ανθεκτικότητα του πάγου διαφορετικών υγρών. Η τρίτη διαφορά αφορούσε τις ελλείψεις που παρουσίαζε η έρευνα του Merret σε σύγκριση με εκείνη του Boyle, στα υγρά που δεν πάγωναν όπως ήταν ο υδράργυρος και τα διάφορα είδη ελαίων. Πιο πάνω έχουμε ήδη αναφέρει τη διαφορά που αφορούσε το σκοπό εκτέλεσης των πειραμάτων για την αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη και την ανάπτυξη μίας διογκωτικής δύναμης. Ο Merret ερευνούσε την ύπαρξη μίας κανονικότητας στο σπάσιμο των φιαλών σε σχέση με το υλικό και το σχήμα καθώς και τις πληροφορίες που έπαιρνε για τα διαφορετικά υλικά, χωρίς να επιχειρεί να μετρήσει την αύξηση του όγκου ή της δύναμης που αποτελούσε αιτία της θραύσης των φιαλών. Επίσης έχουμε αναδείξει τη διαφορά που υπήρχε στην εξέταση του φαινομένου της τήξης του πάγου με τη συνδρομή του αλατιού. Ενώ ο Merret ανέφερε το φαινόμενο ως απόδειξη της δυνατότητας του ψύχους να συγκολλά σώματα, ο Boyle το ανέφερε ως μέθοδο ελέγχου της ανθεκτικότητας του πάγου. Οι παραπάνω περιπτώσεις δείχνουν ότι ενώ ελέγχονταν τα ίδια πειραματικά φαινόμενα, τα ερωτήματα που ήθελαν να απαντήσουν οι δύο πειραματιστές ήταν διαφορετικά. Ωστόσο, οι παραπάνω διαφορές αποτελούν επίσης απόδειξη ότι για ορισμένα φαινόμενα όπως ήταν ο πάγος των διαφορετικών κατηγοριών υγρών, τα πειράματα του Merret έδιναν περισσότερες πληροφορίες λειτουργώντας συμπληρωματικά σε εκείνες που έδιναν τα πειράματα του Boyle.

Μία επίσης γενική παρατήρηση αφορά τον ρόλο που έπαιζε η συζήτηση θεωρητικών υποθέσεων στην εργασία του Merret σε σχέση με την πραγματεία του Boyle. Ο Merret συμπεριλάμβανε στην εργασία του την εξέταση των φαινομένων που χρησιμοποιούνταν στην υποστήριξη ορισμένων θεωρητικών υποθέσεων, την ισχύ των οποίων πολλές φορές πετύχαινε να θέσει σε αμφισβήτηση. Ωστόσο δεν προχωρούσε στη συζήτηση της θεωρητικής υπόθεσης, ούτε συνέδεε τα πειραματικά του αποτελέσματα με την απόρριψή της. Στην περίπτωση της εξέτασης της αύξησης του βάρους των σωμάτων με την ψύξη, ο Merret δεν ανέφερε ότι μαζί με την αντίκρουση του πειραματικού αποτελέσματος αντέκρουε και την ατομιστική υπόθεση με βάση την οποία εξηγούνταν η

αύξηση του βάρους. Στην περίπτωση του σχηματισμού του περιβλήματος πάγου στα μήλα και στα αυγά, ο Merret αναφερόταν στις διαφορετικές εξηγήσεις της προέλευσής του, δηλαδή την προέλευση από την εξωτερική ψύξη του νερού ή την έξοδο των παγωμένων σωματιδίων από το εσωτερικό των τροφίμων, χωρίς να υποστηρίζει καμία. Σε αντίθεση, η εξήγηση της προέλευσης για τον Boyle αποτελούσε ένα ζήτημα υπό έρευνα για το οποίο δεν είχε καταλήξει σε ένα ασφαλές συμπέρασμα και παρέμενε ανοιχτό. Η εύρεση μίας απάντησης ήταν σημαντική για τον Boyle γιατί σχετιζόταν με την εξηγητική υπόθεση της φύσης του ψύχους. Ένα τρίτο παράδειγμα αποτελούσε η εκτέλεση πειραμάτων για την αντίκρουση δύο φαινομένων τα οποία χρησιμοποιούνταν από τους υποστηρικτές του αριστοτελικού δόγματος της αντιπερίστασης. Παρόλο που με τις δοκιμές του αντέκρουε τα πειραματικά αποτελέσματα που υποστήριζαν το δόγμα, ο ίδιος δεν ανέφερε στην παρουσίασή τους τη σχέση τους με το συγκεκριμένο δόγμα. Αντίθετα, ο Boyle είχε αφιερώσει ένα ολόκληρο κεφάλαιο στην αντίκρουση των ίδιων και μία σειρά άλλων φαινομένων προκειμένου να αντικρούσει την εξήγηση με βάση το φαινόμενο της αντιπερίστασης.

Η εργασία του Merret αποτελεί ένα σημαντικό δείγμα της πειραματικής δραστηριότητας των μελών της Εταιρείας που αναπτύχθηκε στα τελευταία χρόνια της προετοιμασίας της πραγματείας *Cold* του Boyle. Πολλά από τα ερωτήματα στα οποία απαντούσαν τα πειράματα του Merret είχαν προταθεί από μέλη της Εταιρείας, όπως ήταν ο Henshaw και ο Oldenburg και επομένως αναδείκνυαν τα ενδιαφέροντα των μελών της εταιρείας σχετικά με τα φαινόμενα του ψύχους τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της εταιρείας (1662-1664)⁴². Τα πειράματα εκείνα που εκτέλεσε ο Merret στο διάστημα από τις εντολές που πήρε τον Δεκέμβριο του 1662 μέχρι και την παρουσίαση της εργασίας του τον Δεκέμβριο του 1663, δείχνουν επιπλέον ποια ερωτήματα θεωρούνταν σημαντικότερα έτσι ώστε να χρειάζεται να εκτελεστούν κατά τη διάρκεια των συνεδριάσεων ή απλώς να παρουσιατούν τα πειραματικά τους αποτελέσματα. Τα πειραματικά φαινόμενα που εξετάστηκαν ενώπιον των μελών της Εταιρείας ήταν η ψύξη

⁴² Στη συνεδρίαση της 10ης Δεκεμβρίου 1662 καταγράφεται στα πρακτικά της Εταιρείας «Mr Oldenburg brought in some inquiries also about freezing, recommended likewise to De Merret to make the Experiments of», Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 118.

του θεικού οξέος⁴³, η συγκόλληση του πάγου σε μία ξύλινη επιφάνεια με την πρόκληση της τήξης του από αλάτι⁴⁴, η ψύξη αλατόνευρου και η εξέταση της γεύσης του μετά την τήξη του, η ψύξη αυγών και το σπάσιμο δοχείων διαφορετικών υλικών⁴⁵. Τα τρία τελευταία πειράματα, όπως θα δούμε παρακάτω, αφορούσαν φαινόμενα που συγκέντρωναν το έντονο ενδιαφέρον και των άλλων μελών.

Ο Robert Hooke (1635-1703) είχε εκτελέσει στις συνεδριάσεις της Εταιρείας τα περισσότερα πειράματα και είχε παρουσιάσει τις περισσότερες πειραματικές εργασίες (8) για τα φαινόμενα του ψύχους⁴⁶. Η πειραματική δραστηριότητά του για το ψύχος, με δεδομένο τη θέση που ανέλαβε το 1663 ως επιμελητή «curator» των πειραμάτων, αποτελεί, μαζί με τα πειράματα του Merret και την εργασία του Henshaw, αντιπροσωπευτικό δείγμα των ενδιαφερόντων των μελών της Εταιρείας για τα φαινόμενα του ψύχους όχι μόνο στα πρώτα χρόνια λειτουργίας της Εταιρείας (1662-1665) αλλά και στα μεταγενέστερα. Ο Hooke παρουσίασε στις συνεδριάσεις εννέα εργασίες που καταχωρήθηκαν στο Register Book, επτά από τις οποίες συμπεριέλαβε στα δύο δημοσιευμένα έργα του, το *Micrographia* (1664) και το *Philosophical Experiments and Observations* (1726)⁴⁷. Δουλεύοντας από το 1658 μέχρι το 1662 ως βοηθός του Boyle, είχε έρθει σε επαφή με τα ερωτήματα που καθοδηγούσαν την πειραματική του πρακτική για το ψύχος καθώς και με τις πειραματικές μεθόδους με τις οποίες προσέγγιζε κάθε ερώτημα. Επομένως η δραστηριότητά του μπορεί να εξετασθεί συγκριτικά με εκείνη του Boyle για τη συναγωγή μίας ορθότερης εικόνας για τον ρόλο του *Cold* στην ανάπτυξη της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος της Βασιλικής Εταιρείας. Επίσης η

⁴³ Ο Merret παρουσίασε δύο φορές το πείραμα της ψύξης του θεικού οξέος. Βλ. Συνεδριάσεις 17 Δεκεμβρίου 1662 και 11 Φεβρουαρίου 1662/3. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1 σσ. 120,139-140.

⁴⁴ Συνεδρίαση 17ης Δεκεμβρίου 1662, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σσ. 121-122.

⁴⁵ Και τα τρία πειραματικά αποτελέσματα αναφέρονται στη συνεδρίαση της 11ης Φεβρουαρίου 1662/3, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σσ. 139-140.

⁴⁶ Ο Robert Hooke (1635-1703, 20 Μαΐου 1663) γεννήθηκε στη νήσο Knight και ήταν γιος κληρικού. Πήρε το πτυχίο του στο κολλέγιο Christ Church στην Οξφόρδη, και διετέλεσε βοηθός του Willis και του Boyle στην πειραματική τους δραστηριότητα. Μετά την ίδρυση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, εκλέχτηκε μέλος της και στη θέση του επιμελητή πειραμάτων «curator» στην οποία μονιμοποιήθηκε το 1665 με σταθερό μισθό. Το 1665 επίσης έγινε καθηγητής Γεωμετρίας του Κολλεγίου Gresham στο οποίο έζησε μέχρι το θάνατό του. Είναι γνωστός για το πειραματικό έργο του που εκτέλεσε ως επιλητής των πειραμάτων της Εταιρείας καθώς και στα πλαίσια προσωπικών ερευνών και για τις μηχανικές του εφευρέσεις.

⁴⁷ Το έργο εκδόθηκε μετά το θάνατο του Hooke από τους μελετητές του έργου του. Περιλαμβάνει εργασίες και σημειώσεις του Hooke καθώς και κείμενα και γράμματα συγχρόνων του.

ενσωμάτωση ορισμένων εργασιών του Hooke στα δημοσιευμένα έργα του δείχνει ότι ανεξάρτητα από την ενασχόλησή του με τα φαινόμενα του ψύχους στα πλαίσια της δραστηριότητάς του στην Εταιρεία, είχε αναπτύξει ένα προσωπικό ενδιαφέρον για τα συγκεκριμένα ερωτήματα τα οποία έβρισκαν θέση στο δημοσιευμένο έργο του.

Οι πρώτες εργασίες που παρουσίασε ο Hooke αφορούσαν τις παρατηρήσεις μέσω του μικροσκοπίου των σχημάτων του χιονιού και του πάγου από απόσταγμα ούρων και νερού⁴⁸. Τα θέματα όμως που συζητήθηκαν περισσότερο και για τα οποία του ζητήθηκε να εκτελέσει πειράματα στις συνεδριάσεις του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου 1662/3 ήταν η εξέταση της διαφοράς του βάρους του θερμού και του ψυχρού νερού, καθώς και η διαφορά της διάθλασης ανάμεσα στο κρύο, στο ζεστό νερό και στον πάγο⁴⁹. Ο Hooke είχε υποστηρίξει την ύπαρξη της μεγαλύτερης διάθλασης στο νερό από τον πάγο και τα μέλη του είχαν ζητήσει να εκτελέσει ένα πείραμα για τον έλεγχο της το οποίο έλαβε χώρα την 11η Φεβρουαρίου 1662/3⁵⁰. Η εργασία όπου περιγραφόταν το πείραμα μας δίνει περισσότερες πληροφορίες για τους πιθανούς λόγους του ενδιαφέροντος των μελών και του Hooke για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Ο Hooke υποστήριζε ότι το πειραματικό αποτέλεσμα της μικρότερης διάθλασης στον πάγο από ό,τι στο νερό οδηγούσε σε τρία συμπεράσματα. Το πρώτο αφορούσε την οπτική και την απόρριψη της άποψης που εξέφραζε στο *Dioptricks* ο Descartes για τη δυνατότητα διάθλασης ενός συμπαγούς σώματος σε σχέση με εκείνη ενός υγρού το οποίο αποτελούνταν από τα ίδια σωματίδια. Το δεύτερο συμπέρασμα αφορούσε την απόρριψη της άποψης ότι ο κρύσταλλος προερχόταν από τον πάγο. Το τρίτο συμπέρασμα του Hooke ήταν το μοναδικό που σχετιζόταν με την προβληματική για τα φαινόμενα του ψύχους. Ο Hooke υποστήριζε ότι η μικρότερη διάθλαση του πάγου έδειχνε ότι η ελαφρύτητά του, που αποτελούσε και αιτία της επίπλευσής του στο νερό, δεν προερχόταν μόνο από την ύπαρξη φυσαλίδων

⁴⁸ Οι εργασίες παρουσιάστηκαν στη συνεδρίαση της 17ης Δεκεμβρίου και καταχωρήθηκαν στο Register Book με τους τίτλους «Figures Observed in Water Frozen», «Figures Observed in Snow» στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 2, σσ. 55, 57. Επίσης δημοσιεύθηκαν στο *Micrographia* (1665), σσ. 90-91.

⁴⁹ Η εργασία «An Account of an Experiment touching the differing weight of Cold and Warm Water», καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 2, σσ. 93-95 και η εργασία «of Refraction of Ice», στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 2, σελ. 149.

⁵⁰ Βλ. Συνεδρίαση της 4ης Φεβρουαρίου 1662, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 138. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σσ. 139-140.

στον πάγο αλλά και από την ενιαία σύνθεση ή υφή της μάζας⁵¹. Το θέμα της επίπλευσης του πάγου αποτελούσε από τα κεντρικά θέματα, που είχαν απασχολήσει τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας και τον ίδιο τον Boyle. Στα πειράματά του, ο Boyle δεν είχε αναφέρει τη συνδρομή κάποιας άλλης αιτίας για την επίπλευση του πάγου παρόλο που ανέφερε ότι δεν ήταν ο μοναδικός λόγος. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληγε ο Hooke με το πείραμα για τη διάθλαση του πάγου έδινε μία πρόσθετη εξήγηση σε ένα ζήτημα που έμενε ανοιχτό.

Έχουμε ήδη αναφερθεί στην ενότητα 2.3.2 στη συμβολή του Hooke στη θερμομέτρηση προτείνοντας ως σταθερά για την κατασκευή κλειστών θερμοσκοπίων υγρού το σημείο μετατροπής σε πάγο του διυλισμένου νερού, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια από τη Βασιλική Εταιρεία για την κατασκευή του τυποποιημένου θερμοσκοπίου που υιοθέτησε η ίδια ως πρότυπο θερμόμετρο. Οι προσπάθειες του Hooke για την εύρεση και κατασκευή ενός τυποποιημένου θερμοσκοπίου αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο των συζητήσεων που διενεργήθηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας μετά το Σεπτέμβριο του 1663 για πειράματα στα οποία η χρήση του κλειστού θερμοσκοπίου ήταν απαραίτητη καθώς και η τυποποίηση του θερμοσκοπίου αναγκαία. Δύο τέτοια πειράματα και παρατηρήσεις αφορούσαν την εξέταση της θερμοκρασίας των κελαριών τον χειμώνα και το καλοκαίρι, ένα φαινόμενο που συσχετιζόταν με το δόγμα της αντιπερίστασης, και τα καιρικά φαινόμενα στα οποία στρεφόταν το ενδιαφέρον των μελών στο πλαίσιο της συγγραφής μίας Ιστορίας του Καιρού⁵². Και στις δύο περιπτώσεις η χρήση πολλαπλών θερμοσκοπίων σε ταυτόχρονες παρατηρήσεις των οποίων οι ενδείξεις θα έπρεπε να είναι συγκρίσιμες ήταν αναγκαία. Επίσης, την ίδια περίοδο διεξήχθησαν αρκετές συζητήσεις για τη λειτουργία των υπάρχόντων θερμοσκοπίων, κλειστού και ανοιχτού τύπου, και την

⁵¹ «...but from the Uniform Constitution or Universall texture of the Mass», Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 2, σελ. 149.

⁵² Στη συνεδρίαση της 9ης Σεπτεμβρίου 1663 καταγράφεται πρόταση του Boyle και αποδοχή της από τα μέλη για την εκτίμηση μέσω του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού της θερμοκρασίας των κελαριών στο διάστημα ενός χρόνου. Επίσης στη συνεδρίαση της 7ης Οκτωβρίου 1663, 4 θερμοσκόπια ορίστηκαν να δείχνουν την ίδια θερμοκρασία. Δύο από αυτά τοποθετήθηκαν από τον πρόεδρο της Εταιρείας και ένα άλλο μέλος σε κελάρια για να εξεταστεί εάν ήταν πιο θερμά το καλοκαίρι ή το χειμώνα. Επίσης βλ. 16ης Δεκεμβρίου 1663 με αντίστοιχες προτάσεις. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 221. Στη συνεδρίαση της 9ης Σεπτεμβρίου 1663 ο Beal πρότεινε να αρχίσει τις καταγραφές καιρικών φαινομένων. Στη συνεδρίαση της 4ης Οκτωβρίου 1663 ο Hooke παρουσίασε μία εργασία με τις παρατηρήσεις που θα έπρεπε να συντελούν μία «Ιστορία του Καιρού» η οποία διανεμήθηκε στα μέλη της Εταιρείας στα οποία είχαν ανατεθεί τέτοιες παρατηρήσεις. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 221.

αντικειμενικότητα των ενδείξεών τους σε σχέση με τις ανθρώπινες αισθήσεις⁵³. Η πρόταση του Hooke στη συνεδρίαση της 30ής Δεκεμβρίου 1663 για το βαθμό ψύξης του διυλισμένου νερού ως σημείου σταθερού στην κλίμακα⁵⁴ για την κατασκευή τυποποιημένων θερμοσκοπίων πληρούσε μία ανάγκη για συγκρίσιμες μετρήσεις που είχε αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτών των συζητήσεων. Ωστόσο, η εμπειρία και οι γνώσεις στην κατασκευή και χρήση των θερμοσκοπίων του Boyle, που είχε αποκτήσει ο Hooke δουλεύοντας δίπλα του από το 1661 ως βοηθός, δικαιολογεί την ανάπτυξη ενός προσωπικού ενδιαφέροντος για τη θερμομέτρηση και την κατασκευή των θερμοσκοπίων το οποίο αποτελούσε μέρος της δραστηριοποίησής του στις κατασκευές και τις εφευρέσεις.

Τον χειμώνα και την άνοιξη του 1664, ο Hooke εκτέλεσε τρία πειράματα που οδήγησαν σε σημαντικά πειραματικά αποτελέσματα για τη συζήτηση ορισμένων φαινομένων του ψύχους. Το πρώτο αφορούσε τη δήλωση του Hooke ότι μπορούσε να μετατρέψει το νερό σε πάγο χωρίς την εμφάνιση φυσαλίδων και ότι με αυτό το κομμάτι πάγου στο σχήμα φακού θα ήλεγχε την παραγωγή θερμότητας με τη συγκέντρωση των ακτίνων του ήλιου⁵⁵. Η προσπάθεια του Hooke να εκτελέσει το ίδιο πείραμα που είχε προτείνει ο Henshaw και είχε εκτελέσει ο Merret δείχνει τη σημασία που είχε το συγκεκριμένο πειραματικό αποτέλεσμα για τα μέλη της Εταιρείας. Η προσπάθεια του Hooke όμως απέτυχε όπως και αυτή του Merret⁵⁶. Ο Hooke δεν ανέφερε αν η προσπάθεια είχε γίνει τελικά με πάγο χωρίς φυσαλίδες ούτε τη μέθοδο παραγωγής τέτοιου είδους πάγου. Η έλλειψη περαιτέρω αναφοράς στην παραγωγή ενός τέτοιου φαινομένου δημιουργεί ερωτήματα για τα ενδιαφέροντα του Hooke αλλά και των μελών

⁵³ Την 14η Οκτωβρίου 1663 ο Goddard αναρωτιόταν για τα αποτελέσματα της αντικατάστασης του υγρού του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού με νερό και στις 2 Δεκεμβρίου 1663 ο Wilkins πρότεινε την εξάντληση του αέρα από την αιθυλική αλκοόλη που χρησιμοποιούνταν ως υγρό στο κλειστό θερμοσκόπιο υγρού. Στην ίδια συνεδρίαση ο Boyle ανέφερε περιπτώσεις φαινομένων όπου κρινόταν η σχετικότητα των εκτιμήσεων των ανθρώπινων αισθήσεων με εκείνες ενός κλειστού θερμοσκοπίου. Επίσης τη 16η Δεκεμβρίου 1663 ο Boyle πρότεινε ένα πείραμα για τον έλεγχο της επίδρασης της μεταβολής του βάρους του αέρα και της θερμότητας των ορυχείων σε ένα ανοιχτό και ένα κλειστό θερμοσκόπιο. Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 1, σελ. 221.

⁵⁴ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 23. Τη στιγμή της ψύξης διυλισμένου νερού από ένα βαθμό ψύχους, σηματοδευόταν το ύψος στο οποίο στεκόταν η αιθυλική αλκοόλη μέσα σε ένα θερμοσκόπιο. Αυτή η μέθοδος εγγυόταν τη δημιουργία μίας κλίμακας με βάση ένα σημείο το οποίο αντιπροσώπευε περίπου την ίδια θερμοκρασία, δηλαδή των βαθμό ψύξης του διυλισμένου νερού σε όλα τα θερμοσκόπια που κατασκευάζονταν με αυτή τη μέθοδο.

⁵⁵ Βλ. Συνεδρίαση 6ης Ιανουαρίου 1663, ο.π., τόμος 2, σελ. 26.

⁵⁶ Βλ., αναφορά στο πείραμα στη συνεδρίαση της 3ης Φεβρουαρίου 1663/4. ο.π., τόμος 2, σελ., 39.

της Εταιρείας σχετικά με τα φαινόμενα του ψύχους. Η παραγωγή ενός τέτοιου φαινομένου ήταν σημαντική γιατί, όπως έχουμε δείξει και στο 2.4.2., πολλά φαινόμενα όπως η επίπλευση και η διόγκωση του πάγου αποδίδονταν στην ύπαρξη φυσαλίδων στον πάγο. Η απόδειξη της δυνατότητας δημιουργίας πάγου χωρίς φυσαλίδες ανέτρεπε σημαντικά πειραματικά γεγονότα στα οποία είχε καταλήξει ο Boyle.

Ο Hooke εκτέλεσε το δεύτερο και το τρίτο πείραμα στη συνεδρίαση της 6ης Απριλίου 1664⁵⁷. τα πειράματα αφορούσαν την απόδειξη της συρρίκνωσης του γυαλιού και της διόγκωσής του με το ψύχος και τη θερμότητα. Ο Hooke χρησιμοποιούσε την αρχική άνοδο του νερού σε ένα γυάλινο δοχείο με σωλήνα (Bolt-head) με το ψύχος και την αρχική κάθοδο με τη θερμότητα, κινήσεις αντίθετες από το αποτέλεσμα που έπρεπε να έχουν οι δύο ιδιότητες στη συρρίκνωση και τη διαστολή του υγρού, για να δείξει ότι το αποτέλεσμα προκαλούνταν από τη συρρίκνωση με το ψύχος (και άρα άνοδο του νερού) και τη διαστολή με τη θερμότητα (και άρα κάθοδο του νερού) του γυάλινου δοχείου. Με το δεύτερο πείραμα αποδείκνυε ότι το γυαλί πραγματικά συρρικνούνταν με το ψύχος και διαστελλόταν με τη θερμότητα. Η σημασία των αποτελεσμάτων του Hooke αναδείχθηκε αρκετά χρόνια αργότερα, το 1683, όπου, όπως θα δείξουμε παρακάτω, είχε προκύψει το θέμα της ανόδου του νερού με την ψύξη πριν από τη μετατροπή του σε πάγο. Τα συμπεράσματα για τη συρρίκνωση με το ψύχος του γυαλιού χρησιμοποιήθηκαν τότε από τον Hooke ως εξήγηση της ανόδου του νερού, ενός φαινομένου που αποτέλεσε θέμα συζήτησης στις συνεδριάσεις της Εταιρείας καθώς και θέμα άσκησης κριτικής στα πειράματα της Ιταλικής Ακαδημίας Del Cimento.

Στο διάστημα των είκοσι ετών από την παρουσίαση της εργασίας για τη συρρίκνωση του γυαλιού με το ψύχος, ακολούθησαν αρκετές συζητήσεις για φαινόμενα του ψύχους που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια ως μέρος της συζήτησης των ερωτημάτων για το ψύχος που απασχόλησαν τα μέλη της Εταιρείας. Οι απόψεις ή τα πειράματα που εκτέλεσε ο Hooke ως προς αυτά τα ερωτήματα θα παρατεθούν ως μέρος αυτής της συζήτησης. Τον Φεβρουάριο του 1683/4 ο Hooke παρουσίασε τρεις εργασίες για τα φαινόμενα του πάγου, οι οποίες προκαλούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και θα

⁵⁷ Ο.π., τόμος 2, σσ. 66-68. Η εργασία με την περιγραφή των πειραμάτων παρουσιάστηκε στην συνεδρίαση της 13ης Απριλίου 1664 και καταχωρήθηκε στο Register Book με τον τίτλο «An Experiment of Rising of Water in a Bolt-head upon immersion in Cold; and falling thereof upon the immersion of it in hot», Register Book Original, τόμος 3, σελ. 23.

αναλυθούν εδώ διακριτά. Η παρουσίαση των τριών εργασιών τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο εντάσσεται στο πλαίσιο μίας γενικότερης επαναδραστηριοποίησης των μελών της εταιρείας για τα φαινόμενα του ψύχους, η οποία μπορεί να είχε προκληθεί από την επανέκδοση του *Cold* στις αρχές του 1683. Η συγκριτική ανάλυση των τριών εργασιών με τα πειράματα του Boyle πάνω στα αντίστοιχα φαινόμενα έχει ιδιαίτερη σημασία, καταρχήν γιατί με βάση την πειραματική δραστηριότητα του Boyle απαντούσαν σε σημαντικά για την έρευνα της ιδιότητας ερωτήματα. Δεύτερον, γιατί ο τρόπος με τον οποίο ο Hooke προσέγγιζε πειραματικά τα ερωτήματα καθώς και οι διαφοροποιημένες απαντήσεις του αναδεικνύουν μία διαφορά ανάμεσα στους δύο πειραματιστές, όχι μόνο στην πειραματική μέθοδο αλλά και στον τρόπο σκέψης για τα φαινόμενα. Τρίτον, με τις εργασίες του Hooke αποδεικνύεται ότι υπήρχαν συγκεκριμένα ερωτήματα για το ψύχος στα οποία επικεντρωνόταν το ενδιαφέρον και άλλων πειραματιστών πέρα από τον Boyle. Η παρουσίαση των συγκεκριμένων εργασιών αρκετά χρόνια μετά την πρώτη έκδοση του *Cold*, και αμέσως μετά τη δεύτερη έκδοση της πραγματείας, σημαίνει επίσης ότι ορισμένα από αυτά παρέμεναν ανοιχτά παρ'όλη την ευρύτατη πειραματική έρευνα του *Cold*, η οποία σε πολλά από αυτά κατέληγε σε, αποδεδειγμένα για τον Boyle, πειραματικά γεγονότα.

Στην πρώτη εργασία «Experiments on Ice»⁵⁸ ο Hooke εξέταζε τη συνοχή του πάγου, στη δεύτερη «An Experiment to Examine the Comparative Weight of Ice and Water»⁵⁹ εκτιμούσε την αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη εξετάζοντας το συγκριτικό βάρος του πάγου ως προς το νερό και στην τρίτη «The Experiments were to shew first that the blebbs in Ice supposed by some to be Vacuities like the blebbs in Glass Drops are filled with Air which has the same Propertys with common Air» εξέταζε το περιεχόμενο των φυσαλίδων που παρατηρούνταν μέσα στον πάγο⁶⁰. Ο Hooke αναδείκνυε τρία ερευνητικά θέματα από τα οποία το πρώτο παρουσιαζόταν από τον Boyle ως μέρος της εξέτασης των ιδιοτήτων του πάγου, και το δεύτερο και τρίτο αποτελούσαν αυτοτελή κεφάλαια του *Cold*. Η επιλογή των

⁵⁸ Στη συνεδρίαση της 6ης Φεβρουαρίου ο Hooke περιέγραφε το βασικό πείραμα της εργασίας το οποίο είχε εκτελέσει μαζί με τον Angleenby και τον Meredith. Η εργασία καταγράφηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 3ή 6, σελ. 146.

⁵⁹ Στη συνεδρίαση της 13ης Φεβρουαρίου 1683 ο γραμματέας αναφέρει ότι ο επιμελητής «curator», δηλαδή ο Hooke, είχε διενεργήσει πειράματα για τα διαφορετικά βάρη του πάγου και του νερού. Η εργασία καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 3, σελ. 149.

συγκεκριμένων φαινομένων από τον Hooke αποτελεί ένδειξη του έντονου ενδιαφέροντος που έπρεπε να κυριαρχούσε στην εταιρεία, δεδομένου ότι και οι τρεις εργασίες παρουσιάστηκαν στις συνεδριάσεις και ορισμένα πειράματα εκτελέστηκαν ενώπιον των μελών.

Στην πρώτη εργασία ο Hooke εκτιμούσε τη σκληρότητα του πάγου ως προς την κάμψη, τη θραύση και τη συγκράτηση βαρών με το ίδιο μηχανικό εργαλείο (της μορφής ενός υπομοχλίου) που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle⁶¹. Ο Hooke το ονόμαζε «συσκευή για την εξέταση της δύναμης των σωμάτων ως προς τη συγκράτηση και την κάμψη»⁶². Εξετάζοντας την ανθεκτικότητα ενός κομματιού πάγου (15 ίντσες ύψος, 4 ίντσες φάρδος και $3 \frac{1}{3}$ πάχος) μεγαλύτερου σε διαστάσεις από εκείνα που είχε εξετάσει ο Boyle (3 ίντσες σε πλάτος και ύψος και $\frac{1}{4}$ της ίντσας σε πάχος), κατέληγε στο ότι το ανώτατο βάρος που μπορούσε να συγκρατήσει το κομμάτι πάγου ήταν 388 λίβρες⁶³. Ο Hooke θεωρούσε ότι η εκτίμηση της σκληρότητας του πάγου του νερού ήταν σημαντική καταρχήν γιατί, είτε αποτελούσε παράγωγο της ρευστής κατάστασης του νερού είτε προϋπήρχε σε συμπαγές σώμα από το οποίο παραγόταν το νερό στη ρευστή του μορφή, προκαλούνταν από μία πολύ μικρή αλλαγή της αιτίας, δηλαδή της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τον Hooke η διαφορά μεταξύ του ανώτερου βαθμού θερμότητας, στον οποίο ο πάγος δεν έλιωνε, και του μικρότερου βαθμού θερμότητας, ο οποίος δεν μετέτρεπε το νερό σε πάγο, ήταν μικρή, είτε εξεταζόταν με τις αισθήσεις είτε με το θερμοσκόπιο. Με βάση λοιπόν το συμπέρασμα ότι η μεταβολή που χρειαζόταν να συμβεί στη θερμοκρασία για τη μετατροπή του νερού σε πάγο και το αντίθετο ήταν μικρή, οδηγούνταν στο ερώτημα για το πώς μία τόσο μικρή μεταβολή μπορούσε να επιφέρει ένα σημαντικό

⁶⁰ Η εργασία καταχωρήθηκε την 20^η Φεβρουαρίου 1683 στο *Register Book*, τόμος 3, σελ., 154.

⁶¹ Με βάση τη μη λεπτομερή περιγραφή του Hooke φαίνεται ότι ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά το μηχανήμα ήταν ίδιο. Εφόσον ο Hooke δούλευε ως βοηθός του Boyle σε εποχές όπου ο Boyle εκτελούσε πειράματα για το ψύχος, είναι πιθανό η συσκευή που ανέφερε ο Boyle στα δικά του πειράματα να είχε κατασκευαστεί από τον Hooke και στη συνέχεια ο Hooke να τη χρησιμοποιούσε για την εκτέλεση παρόμοιων πειραμάτων.

⁶² Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 3, σελ. 149.

⁶³ Η έλλειψη αναφοράς του Hooke στο σημείο αυτό σε συγκεκριμένο σύστημα μέτρησης δυσκολεύει τη σύγκριση μεταξύ των μετρήσεων του Hooke και του Boyle. Στη δεύτερη εργασία ο Hooke αναφερόταν στη χρήση του συστήματος Troy. Ο Boyle είχε καταλήξει στη συγκράτηση βάρους 17 λιβρών anvoirdupois ενώ ο Hooke 388. Αν με αυτό το νόμισμα εννοούσε λίβρες στο σύστημα Troy τότε αυτό μεταφράζεται σε 319 λίβρες στο σύστημα anvoirdupois. Αν εννοούσε συγγιές του συστήματος Troy τότε το βάρος αντιστοιχούσε σε 26 λίβρες anvoirdupois, ένα μέγεθος που είναι συγκρίσιμο με τις 17 λίβρες που είχε καταφέρει να συγκρατήσει το κομμάτι πάγου του Boyle. Αυτό σήμαινε ότι τα πειράματα του Hooke έδειχναν ότι ο πάγος μπορούσε να συγκρατήσει μεγαλύτερο βάρος από εκείνο που είχε μετρήσει ο Boyle.

αποτελεσμα στη σύσταση των σωμάτων, δηλαδή τη στερεότητα, για την οποία μάλιστα θεωρούσε ότι στην απόλυτη κατάστασή της, όπως και η ρευστότητα, δεν επιδεχόταν βαθμούς. Επίσης υποστήριζε ότι η μέθοδος εκτίμησης της σκληρότητας του πάγου μέσω του πειράματος συνέβαλε στην εκτίμηση της δύναμης/σκληρότητας («strength») μακροσκοπικών φαινομένων πάγου όπως ήταν οι επιφάνειες ποταμιών και λιμνών. Ο Hooke έκρινε τη χρήση της μεθόδου αναγκαία παρόλο που δεχόταν ότι τα δύο μεγέθη πάγου, του πειράματος και της επιφάνειας των ποταμιών και λιμνών, διέφεραν ως προς τον τρόπο που συγκρατούσαν τα σώματα. Οι παράγοντες που έπρεπε να ληφθούν υπόψη για την εξέταση της σκληρότητας του πάγου των λιμνών και των θαλασσών, ήταν το υποκείμενο νερό, είτε ο πάγος γατζωνόταν στο έδαφος είτε βρισκόταν ελεύθερος πάνω στο νερό, το σημείο, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του πάγου, όπου πίεζε το επικαθήμενο βάρος, το μέγεθος των κομματιών πάγου καθώς και το μέρος του πάγου το οποίο επέπλεε⁶⁴.

Η σύγκριση της πειραματικής δραστηριότητας του Hooke με την αντίστοιχη του Boyle δείχνουν ότι η σκληρότητα και η συνοχή που παρουσίαζε ο πάγος του νερού αποτελούσε ένα σημαντικό και ανεξήγητο φαινόμενο λόγω του γεγονότος στο οποίο είχαν καταλήξει και οι δύο πειραματιστές, της μικρής διαφοράς των ανώτερων βαθμών ψύχους και θερμότητας που μπορούσαν να διατηρήσουν αντίστοιχα το νερό ρευστό και τον πάγο συμπαγή⁶⁵. Μία σημαντική διαφορά ανάμεσά τους ήταν ότι ενώ ο Hooke θεωρούσε ότι η απόλυτη στερεότητα και η απόλυτη ρευστότητα δεν επιδεχόταν διαβάθμιση, ο Boyle υποστήριζε ότι η σκληρότητα του πάγου, ο οποίος μπορούσε να θεωρηθεί απολύτως στερεό σώμα, επιδεχόταν διαβαθμίσεις ανάλογα με το βαθμό ψύχους. Ο Boyle υποστήριζε ότι η διαβάθμιση της έντασης του ψύχους για βαθμούς ψύχους μεγαλύτερους από αυτόν που ψύχει το νερό, μπορούσε να παίξει ρόλο στη σκληρότητα του πάγου. Αυτή η άποψη δεν απεκαλύπτε μόνο μία διαφορά ως προς τη θεώρηση των δύο για τις δυνατότητες των υψηλών βαθμών ψύχους και του ρόλου τους στη συγκεκριμένη ιδιότητα του πάγου αλλά και ως προς τη θεώρηση των ιδιοτήτων της ρευστότητας και της στερεότητας. Η θεώρηση του Hooke για την απόλυτη στερεότητα

⁶⁴ Ο Hooke εννοούσε ότι το κεντρικό τμήμα του πάγου ήταν επιρρεπές στη θραύση όταν το βάρος τοποθετούνταν σε αυτό το σημείο, ενώ τα άκρα τα οποία με τη βύθιση του κεντρικού τμήματος σηκώνονταν προς τα πάνω δεν μπορούσαν να σπάσουν.

⁶⁵ Βλ. 2.4.2 «3^η Κατηγορία: η Έρευνα των Βαθμών του Ψύχους», σσ. 343-346.

τον οδηγούσε επίσης να αγνοήσει τον βαθμό ψύχους ως παράγοντα για την εκτίμηση της ανθεκτικότητας των πάγων που δημιουργούνται στις επιφάνειες των ποταμιών και των λιμνών.

Ένα επίσης σημαντικό συμπέρασμα από τα παραπάνω αποτελεί η ύπαρξη μίας κοινής άποψης για τον ρόλο της μεθόδου εκτίμησης της συνοχής του πάγου στο εργαστήριο και τη χρήση των συμπερασμάτων της στην εκτίμηση της σκληρότητας του πάγου, σε μεγαλύτερα μεγέθη, που μπορούσε να βρεθεί στη φύση. Σημαντική είναι επίσης η συμφωνία των δύο πειραματιστών στον ρόλο που έπαιζαν πρόσθετοι παράγοντες στην εκτίμηση της σκληρότητας των μεγάλων μεγεθών πάγου, ανάμεσα στους οποίους και οι δύο ξεχώριζαν το σημείο στο οποίο τοποθετούνταν το βάρος. Ο Boyle συγκεκριμένα δήλωνε ότι η εκτίμηση της σκληρότητας μέσω της μηχανικής συσκευής ήταν ένας αποτελεσματικός, αν και όχι απολύτως ακριβής τρόπος μέτρησης, λόγω της σωστής τοποθέτησης του βάρους σε σχέση με το μέγεθος του πάγου⁶⁶.

Στη δεύτερη εργασία ο Hooke περιέγραφε ένα διαφορετικό τρόπο από εκείνον που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle για τη μέτρηση της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη. Είναι αξιοσημείωτο ότι ο Hooke δεν ανέφερε ότι το πείραμα γινόταν για αυτό το σκοπό και ότι ο τίτλος της εργασίας δήλωνε την εξέταση του συγκριτικού βάρους του πάγου με το νερό. Με τη βοήθεια μιας ζυγαριάς και ενός μετάλλου, προκειμένου να συγκρατείται ολοκληρω το κομμάτι πάγου κάτω από το νερό, ο Hooke σύγκρινε το βάρος ενός κομματιού πάγου μέσα και έξω από το νερό. Κατέληγε στο συμπέρασμα ότι η αναλογία του βάρους της ποσότητας νερού ίσης σε όγκο με τον πάγο ως προς το βάρος του πάγου έξω από το νερό ήταν 8 προς 7. Με βάση αυτή την αναλογία, ο Hooke συμπεραίνει ότι η αύξηση του όγκου του πάγου ως προς την αύξηση του όγκου του νερού (μάλλον εννοούσε την ποσότητα του νερού πριν την ψύξη ήταν 8 προς 7). Με έναν λοιπόν περίπλοκο τρόπο που συνεπαγόταν τη χρήση του υδροστατικού κανόνα, ο Hooke κατέληγε περίπου στην ίδια κανονικότητα και αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού που είχε φτάσει ο Boyle⁶⁷. Ο Hooke υποστήριζε ότι με το παραπάνω πείραμα αντέκρουε την επικρατούσα άποψη σύμφωνα με την οποία σε θερμοκρασίες που επιτρέπουν την τήξη, ο πάγος, ο οποίος προηγουμένως επέπλεε στο νερό, θα βυθιζόταν

⁶⁶ Boyle [1665α], σελ., 350.

⁶⁷ Στο 2.4.2 αναφέρουμε τη μέθοδο με την οποία ο Boyle κατέληγε σε μία αναλογία αύξησης του όγκου του πάγου σε σχέση με τον όγκο του νερού πριν την ψύξη 9 προς 8.

στον πάτο του. Το συγκεκριμένο πείραμα έδειχνε ότι σε νερό το οποίο ήταν αρκετά θερμό και έλιωνε τον πάγο, ο πάγος επέπλεε κατά το ένα όγδοο. Το ίδιο υποστήριζε ότι συνέβαινε και στο νερό που είχε βράσει παρ'όλη την αραιοποίησή του.

Ο Hooke εφάρμοζε τη δική του αναλογία, 7 προς 8, στην εξήγηση του όγκου των παγόβουνων που έπρεπε να εξέχει από το νερό σε σχέση με τον όγκο που βυθιζόταν και εξηγούσε τους λόγους για τους οποίους υπήρχαν αντίθετες παρατηρήσεις. Την ίδια εφαρμογή και αντιμετώπιση των αντικρουόμενων πειραματικών φαινομένων είχε συμπεριλάβει και ο Boyle στο *Cold*. Για να εξηγήσει τις παρατηρήσεις μικρών διαφοροποιήσεων στο ύψος των παγόβουνων ο Hooke ανέτρεχε σε λόγους που είχε αναφέρει ο Boyle όπως ήταν η μεγαλύτερη βαρύτητα του θαλασσινού νερού λόγω του άλατος και της ψυχρότητάς του, καθώς και η σύνθεση των παγόβουνων από φρέσκο νερό το οποίο ήταν πιο ελαφρύ από το θαλασσινό. Επίσης, αναφέροντας παρόμοιους λόγους με τον Boyle, εξηγούσε τις περιπτώσεις όπου το ύψος των παγόβουνων ξεπερνούσε αρκετά το ύψος που θα έπρεπε να είχαν σύμφωνα με την παραπάνω αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη. Ορισμένοι από αυτούς τους λόγους αφορούσαν τη σύνθεση των παγόβουνων από χιόνι το οποίο καθώς συγκολλώνταν με το υπόλοιπο μέρος εσώκλειε ανάμεσα στις κυψέλες αέρα, καθώς και τη μεγαλύτερη ψυχρότητα που παρουσίαζε η θάλασσα σε μεγάλο βάθος. Δύο εξηγήσεις του Hooke, τις οποίες δεν ανέφερε ο Boyle, αφορούσαν την απόδοση της μεγαλύτερης ελαφρύτητας των παγόβουνων στην επίπεδη επιφάνεια του πάτου τους, η οποία πολλές φορές ξεπερνούσε την περίμετρο που παρουσίαζαν στην επιφάνεια της θάλασσας, καθώς και την ψύξη φρέσκου νερού στο βάθος της θάλασσας το οποίο προσθέτονταν στον υπόλοιπο πάγο και προκαλούσε μεγαλύτερη άνωση ειδικά την άνοιξη. Από τις περιγραφές του Hooke, εξέλιπαν οι μαρτυρίες από τις ψυχρές χώρες που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle ως αποδείξεις των περιπτώσεων όπου το ύψος των παγόβουνων ακολουθούσε και απέκλινε από την κανονικότητα στην οποία είχε καταλήξει για το μέτρο της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος. Επιπλέον, ο Hooke δεν ανέφερε εμπειρικές μαρτυρίες οι οποίες να αποδεικνύουν τους λόγους που προέβαλε ως εξηγήσεις των αποκλίσεων του ύψους των παγόβουνων από την αναλογία που διέπει την αύξηση του όγκου του νερού με το ψύχος. Ο Hooke αναφερόταν στα ύψη των παγόβουνων καθώς και τους λόγους που

εξηγούσαν την απόκλιση του ύψους τους από το αναμενόμενο, σύμφωνα με την αναλογία αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη, ως αναμφισβήτητες παρατηρήσεις.

Στην τρίτη εργασία ο Hooke περιέγραφε δύο πειράματα. Με το πρώτο, διερευνούσε τη σύσταση του εσωτερικού των φυσαλίδων που δημιουργούνταν στον πάγο του νερού προκειμένου να μπορέσει να εξηγήσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παρουσίαζε η ψύξη του συγκεκριμένου υγρού σε σχέση με άλλα υγρά και στερεά σώματα. Με το δεύτερο, ήλεγχε τη δυνατότητα του πάγου από νερό να επιπλεύσει σε βραστό νερό στα πλαίσια της εξέτασης της κοινώς αποδεκτής άποψης για τη βύθιση του πάγου σε θερμό νερό. Ως προς το πρώτο πείραμα, ο τίτλος της εργασίας προϋδέαζε τον αναγνώστη ότι ο Hooke θα προσπαθούσε να υποστηρίξει με το συγκεκριμένο πείραμα ότι οι φυσαλίδες στον πάγο δεν είναι κενές αλλά περιέχουν αέρα ο οποίος έχει τις ίδιες ιδιότητες με τον κοινό αέρα. Σύμφωνα με την πειραματική διάταξη, έθετε ένα κομμάτι πάγου μέσα σε χλιαρό νερό και άφηνε να λιώσει το εξωτερικό μέρος του πάγου. Στη συνέχεια κάλυπτε τον πάγο με ένα ποτήρι το οποίο ήταν γεμάτο με νερό έτσι ώστε να μην περιέχει καθόλου αέρα μέχρι να λιώσει εντελώς ο πάγος. Καθώς ο πάγος έλιωνε μέσα στο νερό, ο Hooke παρατηρούσε την άνοδο των φυσαλίδων που προϋπήρχαν στον πάγο στην κορυφή του ποτηριού όπου έσπαγαν και ενώνονταν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας σημαντικής ποσότητας αέρα⁶⁸.

Με το παραπάνω πείραμα ο Hooke υποστήριζε ότι ερευνώνταν η αύξηση του όγκου του νερού με τη μετατροπή του σε πάγο η οποία συνεπαγόταν μία σειρά από χαρακτηριστικά. Ο Hooke θεωρούσε ότι ο πάγος που δημιουργούνταν από νερό διέφερε ως προς τα μέταλλα, το γυαλί, τα βερνίκια και τα «resinous gums» τα οποία όταν ψύχονταν στην υγρή τους κατάσταση συρρικνώνονταν σε μικρότερο χώρο όσο μεγαλύτεροι βαθμοί ψύχους κυριαρχούσαν. Σε αντίθεση με αυτά τα υγρά, το νερό όταν ψυχόταν αποκτούσε, σύμφωνα με τον Hooke, τα εξής χαρακτηριστικά. Καταρχήν, το νερό στερεοποιούνταν άμεσα χωρίς να περνάει από μία ενδιάμεση κατάσταση όπου να μην είναι ούτε απολύτως στερεό ούτε απολύτως ρευστό. Δεύτερον, το νερό αύξανε τον όγκο του με την ψύξη, και γινόταν πιο αραιωμένο καθώς μετατρέποταν σε στερεό.

⁶⁸ «...and there unite with one another into a Considerable body of Air», Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 3, σελ.,154.

Τρίτον, αποκτούσε διαύγεια και μπορούσε να προκαλέσει διάθλαση του φωτός. Τέταρτον, παρουσίαζε φυσαλίδες στον πάγο. Πέμπτον, αποκτούσε μία διογκωτική δύναμη με την αύξηση του όγκου η οποία προκαλούσε τη θραύση των φιαλών χωρίς όμως να συμπιέζεται ο αέρας που εσωκλειόταν στις φυσαλίδες. Ο Hooke υποστήριζε ότι η παρατήρηση της μη διόγκωσης ή συρρίκνωσης των φυσαλίδων κατά την απελευθέρωσή τους αποδείκνυε ότι ο εσωκλειστος αέρας δεν συμπιεζόταν σε λιγότερο χώρο από αυτόν που καταλάμβανε όταν πιεζόταν από το βάρος του εξωτερικού αέρα. Σύμφωνα με τον Hooke, αν οι φυσαλίδες πιέζονταν με τη δύναμη που πιεζόταν το εσωτερικό του δοχείου, τότε ο αέρας θα έπρεπε να συμπιεστεί στο 1/500 του χώρου που καταλάμβανε στη φυσική του έκταση, και επομένως κατά την απελευθέρωση των φυσαλίδων έπρεπε να καταλάβει 500 φορές τον χώρο που καταλάμβανε συμπιεσμένος. Ο Hooke δεν παρατηρούσε να συμβαίνει αυτό στο παραπάνω πείραμα.

Με βάση τις προηγούμενες εργασίες του Hooke εντοπίσαμε ορισμένες διαφορές με την αντίστοιχη πειραματική δραστηριότητα του Boyle ως προς τις μεθόδους μέτρησης, τον τρόπο στήριξης των απόψεων που υποστηρίζονταν από τον καθένα καθώς και τις πληροφορίες, οι οποίες όμως μπορούσαν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στην πειραματική δραστηριότητα από την οποία εξέλιπαν. Και στις δύο όμως εργασίες τα πειραματικά αποτελέσματα του Hooke συμφωνούσαν και επιβεβαίωναν εκείνα του Boyle. Σε αντίθεση με τις δύο εργασίες, στην περίπτωση της εξέτασης του περιεχομένου των φυσαλίδων του πάγου τα πειραματικά αποτελέσματα του Hooke καθώς και οι ερμηνείες του αντέκρουαν τα αντίστοιχα του Boyle. Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, ο Boyle είχε δείξει πειραματικά ότι μόνο ένα μικρό μέρος των φυσαλίδων του πάγου από νερό αποτελούνταν από αέρα, ο οποίος είχε ιδιότητες, όπως η ελαστικότητα, που αποδίδονταν στον κοινό αέρα⁶⁹. Ο Boyle δεν είχε εκτελέσει καμία πειραματική διάταξη που να μοιάζει με εκείνη που παρουσίαζε ο Hooke. Το αποτέλεσμα που παρήγαγε ο τελευταίος εικάζουμε ότι δεν θα ήταν αποδεκτό με βάση τα αποτελέσματα των διαφορετικών πειραματικών διατάξεων που χρησιμοποιούσε ο Boyle. Με βάση αυτό μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι οι δύο πειραματιστές κατέληγαν σε διαφορετικά πειραματικά αποτελέσματα.

⁶⁹ Βλ. κεφ. 2.4.2 'Πρώτη κατηγορία πειραμάτων: Φαινόμενα Ψύξης', σελ.,292-333.

Υπήρχε όμως μία διαφορά που βασιζόταν σε πειραματικά αποτελέσματα διαφορετικών πειραματικών διατάξεων και στον τρόπο ερμηνείας των αποτελεσμάτων τους. Η έλλειψη ελαστικότητας της ουσίας που απελευθερώνονταν από τις φυσαλίδες κατά την τήξη του πάγου ερμηνευόταν διαφορετικά από τους δύο πειραματιστές. Μέσα από μία πειραματική διάταξη που διέφερε από αυτή του Hooke και κατέληγε στο αποτέλεσμα ότι κατά την απελευθέρωση των φυσαλίδων το περιεχόμενο δεν φαινόταν να έχει συμπιεστεί όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση του κανονικού αέρα, ο Boyle συμπεραίνει ότι το περιεχόμενο των φυσαλίδων δεν αποτελούνταν από αέρα που είχε ελαστικότητα. Αντιθέτως, ο Hooke χρησιμοποιούσε το πειραματικό αποτέλεσμα σύμφωνα με το οποίο, μετά την τήξη του πάγου, ο απελευθερωνόμενος αέρας δεν διογκωνόταν 500 φορές περισσότερο από τον χώρο που κατείχε προηγουμένως, για να υποστηρίξει ότι ο εσωκλειόμενος στις φυσαλίδες αέρας ήταν κανονικός, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είχε συμπιεστεί προκειμένου με την απελευθέρωσή του και λόγω της ελαστικότητάς του να διογκωθεί. Η διαφορά των πειραματικών αποτελεσμάτων και της ερμηνείας τους αναδεικνυε μία διαφοροποιημένη στάση ως προς την ελαστικότητα του αέρα. Ο μεν Hooke θεωρούσε ότι εφόσον στα πειράματά του ο αέρας δεν κατείχε 500 φορές μεγαλύτερο χώρο μετά την τήξη του πάγου, αυτό σήμαινε ότι δεν είχε συμπιεστεί περισσότερο από ό,τι τον συμπίεζε ο εξωτερικός αέρας. Ο δε Boyle ερμήνευε την εισχώρηση του νερού μετά τη θραύση μίας κλειστής φιάλης στην οποία είχε τεθεί ο πάγος με φυσαλίδες να ξεπαγώσει, ως απόδειξη της ανυπαρξίας ελαστικότητας στο περιεχόμενό τους η οποία θα αντιστεκόταν στην είσοδο του νερού. Ο Boyle υπέθετε ότι το περιεχόμενο μπορούσε να είναι είτε κενό είτε γεμάτο με μία αιθέρια ουσία. Οι παραπάνω διαφορές στα πειραματικά αποτελέσματα και συμπεράσματα και η αναφορά του Hooke στον τίτλο της εργασίας ότι το πείραμά του θα εναντιωνόταν σε εκείνους που θεωρούσαν το περιεχόμενο κενό, δείχνουν ότι πέρα από το γενικότερο στόχο συζήτησης ενός θέματος το οποίο ήταν δημοφιλές από την εποχή συγγραφής του *Cold*, με τη συγκεκριμένη εργασία ο Hooke στόχευε στην απόρριψη των πειραμάτων και των συμπερασμάτων του Boyle. Το φαινόμενο του περιεχομένου των φυσαλίδων αποτελεί μέρος μίας ομάδας ερωτημάτων για το ψύχος για τα οποία υπήρχαν διαφοροποιημένες απόψεις ανάμεσα στα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας κατά την περίοδο της δεύτερης έκδοσης του *Cold*.

Άλλη μία σημαντική διαφοροποίηση της δραστηριότητας του Hooke από εκείνη του Boyle ήταν η επιλογή της αναφοράς αποκλειστικά στον πάγο από νερό και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του έναντι των υγρών που συρρικνώνονταν με το ψύχος και παραλείποντας τα υδατικά υγρά, τα οποία όπως είχε ήδη δείξει ο Boyle στο *Cold*, παρουσίαζαν κατά την ψύξη τα ίδια χαρακτηριστικά με τον πάγο από νερό, όπως ήταν η αύξηση του όγκου και οι φυσαλίδες. Με το δεύτερο πείραμα της τρίτης εργασίας ο Hooke επανερχόταν στο φαινόμενο της επίπλευσης του πάγου σε θερμό νερό που είχε αναφερθεί στη δεύτερη εργασία. Με την περιγραφή του πειράματος όπου σε βρασμένο νερό παρατηρούσε την επίπλευση ενός κομματιού πάγου μέχρι να λιώσει εντελώς θεωρούσε ότι αντέκρουε την άποψη για τη βύθιση των κομματιών πάγου σε θερμοκρασίες που προκαλούσαν την τήξη.

Από την παραπάνω συγκριτική ανάλυση της δραστηριότητας για το ψύχος του Hooke σε σχέση με την αντίστοιχη του Boyle, καταλήγουμε σε ορισμένα γενικά συμπεράσματα για τις διαφορές των δύο πειραματιστών ως προς την πειραματική πρακτική και την εξέταση των ερωτημάτων για το ψύχος. Την περίοδο 1660-1685 ο Hooke είχε εκτελέσει πειράματα σε συγκεκριμένα φαινόμενα του ψύχους, των οποίων η επιλογή ακολουθούσε τα ενδιαφέροντα των μελών της Εταιρείας· ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καθοδηγούνταν και από τα ενδιαφέροντα του ίδιου του Hooke για τα φαινόμενα. Οι εργασίες του Hooke δείχνουν ότι η εξέταση του εκάστοτε φαινομένου γινόταν με την εκτέλεση ενός πειράματος από το οποίο ο Hooke συνήγαγε τα συμπεράσματά του, εκτός από την περίπτωση των πειραμάτων της εκτίμησης της σκληρότητας του πάγου όπου το πείραμα επαναλαμβανόταν με διαφορετικό βάρος κάθε φορά. Ο Hooke δεν επαναλάμβανε τα συγκεκριμένα πειράματα ούτε ανέφερε παρατηρήσεις και μαρτυρίες τρίτων προς επιβεβαίωση των πειραματικών αποτελεσμάτων όπως έκανε ο Boyle στο *Cold*. Επομένως ο Hooke και κατ'επέκταση η Βασιλική Εταιρεία, γιατί πολλά από τα πειράματα αυτά είχαν εκτελεστεί στις συνεδριάσεις της, δέχονταν πειραματικά αποτελέσματα που παράγονταν από ένα πείραμα. Η περίπτωση της μέτρησης της διόγκωσης του νερού με το ψύχος δείχνει ότι ο Hooke χρησιμοποιούσε τα συμπεράσματα του πειράματος για να εξηγήσει φαινόμενα της φύσης χωρίς να αποδεικνύει με μαρτυρίες ή παρατηρήσεις τους ισχυρισμούς του. Σε αντίθεση ο Boyle χρησιμοποιούσε μία πληθώρα παρατηρήσεων για να αποδείξει τους

ισχυρισμούς του για το ύψος των παγόβουνων, καθώς και τους λόγους για την απόκλιση του ύψους ορισμένων παγόβουνων από το αναμενόμενο με βάση την αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού. Υπήρχε λοιπόν μία διαφορετική αντιμετώπιση για το τι θεωρούνταν ως δεδομένο πειραματικό γεγονός και τι έπρεπε να αποδειχθεί. Επίσης η εξέταση του Hooke ήταν επικεντρωμένη κάθε φορά στο πειραματικό αποτέλεσμα του πειράματος που παρουσιαζόταν ενώ η έρευνα του Boyle ήταν πιο ευρεία ως προς την αναφορά και προσπάθεια αντίκρουσης εξηγήσεων που είχαν δώσει τρίτοι στα πειραματικά φαινόμενα. Ο Boyle ήταν ενημερωμένος και έθετε σε κρίση αρκετές από τις επικρατούσες απόψεις για τα φαινόμενα που επέλεγε να εξετάσει. Ένα παράδειγμα είναι η αντίκρουση της θεωρίας του Hobbes για το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου.

Με τις παραπάνω παρουσιάσεις της πειραματικής δραστηριότητας του Hooke, του Henshaw και του Merret, αναδειξάμε ορισμένα από τα φαινόμενα του ψύχους που απασχόλησαν τα μέλη της Εταιρείας στα αρχικά χρόνια της λειτουργίας της, δηλαδή την πρώτη δεκαετία 1660-1670, και την περίοδο της δεύτερης έκδοσης του *Cold*, δηλαδή στις αρχές της δεκαετίας 1680-1690. Τα ερωτήματα για τα οποία, πέρα από την αναφορά τους στις παραπάνω εργασίες, έγινε έντονη συζήτηση στις συνεδριάσεις, ήταν η διάθλαση του φωτός στον πάγο, η δημιουργία φυσαλίδων στον πάγο, η ψύξη υγρών όπως ήταν το «*oyl of vitriol*», η εμφάνιση σχημάτων στον πάγο νερού και άλλων υγρών, η συρρίκνωση των γυάλινων δοχείων με το ψύχος, και τα φαινόμενα που σχετίζονταν με τη χρήση του θερμοσκοπίου και την κατασκευή του. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει παραπάνω, το φθινόπωρο του 1663 διεξήχθησαν πειράματα και συζητήσεις για τη συγκριτική θερμοκρασία των κελαριών και των υπόγειων χώρων τον χειμώνα και το καλοκαίρι, για την επιρροή των ενδείξεων του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος από τη μεταβολή του βάρους του ατμοσφαιρικού αέρα, καθώς και για το είδος του υγρού που έπρεπε να χρησιμοποιείται στα κλειστά θερμοσκόπια υγρού. Στις συνεδριάσεις δεν καταγράφονταν τα αποτελέσματα των πειραμάτων που είχαν συζητηθεί και προταθεί για το πρώτο θέμα. Αυτό δείχνει ότι παρ'όλη τη σημασία που είχε δώσει ο Boyle, όχι μόνο μέσω του *Cold* αλλά και μέσω των προτάσεών του στην εκτέλεση πειραμάτων για την εξέταση με ένα εμπιστεύσιμο θερμοσκόπιο όπως ήταν το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, της θερμοκρασίας των κελαριών στο διάστημα ενός ολόκληρου χρόνου, τελικά τα αποτελέσματα αυτά δεν ανακοινώθηκαν στην Εταιρεία. Στη συζήτηση για το αριστοτελικό δόγμα της

αντιπερίστασης ο Boyle είχε αναδείξει τη σημασία των συγκεκριμένων πειραματικών αποτελεσμάτων για την οριστική αντίκρουση των πειραματικών αποδείξεων του δόγματος⁷⁰. Όμως στο πλαίσιο των συζητήσεων των μελών της Εταιρείας η εξέταση της θερμοκρασίας των κελαριών δεν συσχετιζόταν με το αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης. Για το δεύτερο φαινόμενο, της επιρροής των ενδείξεων των θερμοσκοπίων από τη μεταβολή του βάρους της ατμόσφαιρας, η εργασία που είχε παρουσιαστεί στις πρώτες συνεδριάσεις (Δεκέμβριος 1662) από τον Power⁷¹, τα πειράματα του Boyle που είχαν παρουσιαστεί μέσα από την εργασία του για τα θερμοσκόπια⁷² καθώς και η τελική υιοθέτηση του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού δείχνουν ότι τα μέλη είχαν πεισθεί για την επιρροή των ενδείξεων του ανοιχτού θερμοσκοπίου αέρος. Η υιοθέτηση επίσης από τον Boyle, στο εισαγωγικό κεφάλαιο του *Cold* για τα θερμοσκόπια, ορισμένων πειραματικών αποτελεσμάτων που ανέφερε στην εργασία του ο Power, αποτελεί μία σημαντική ένδειξη για το ρόλο που μπορεί να έπαιξαν οι δραστηριότητες των μελών στο έργο του Boyle για το ψύχος⁷³. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το θέμα της χρήσης των θερμοσκοπίων ήταν κυρίαρχο στις συζητήσεις των πρώτων χρόνων λειτουργίας της Εταιρείας.

Εκτός των φαινομένων που εξετάζονταν στις εργασίες του Merret, του Hooke και του Boyle, στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας συζητήθηκαν μία σειρά από ερευνητικά ερωτήματα για το ψύχος τα οποία αφορούσαν σημαντικά φαινόμενα όπως έδειχνε η ανάλυσή τους στο *Cold*. Δύο θέματα που συζητήθηκαν την περίοδο 1660-1670 ήταν τα μετεωρολογικά φαινόμενα ψυχρών καταιγίδων και ρήψης χαλαζιού και το φαινόμενο της παραγωγής ψύχους από τη διάλυση χλωριούχου αμμώνιου ('sal ammoniack') σε νερό. Φυσικά φαινόμενα όπως καταιγίδες και έντονοι παγετοί αποτελούσαν το αντικείμενο εκτενούς αλληλογραφίας που λάμβανε η Εταιρεία και

⁷⁰ Βλ. Κεφ. 2.3.3

⁷¹ «Subteranneous Experiments, and Observations on dampets of Colemines». Τρία από τα πειράματα που περιέγραφε ο Power αφορούσαν τη σύγκριση των ενδείξεων ενός ανοιχτού θερμοσκοπίου στο πάνω μέρος και στο κάτω ενός ορυχείου.

⁷² Βλ. Συνεδρίαση της 3ης Φεβρουαρίου 1663/4, Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 2, σελ. 39.

⁷³ Ένα από τα βασικά επιχειρήματα του Boyle στο εισαγωγικό κεφάλαιο αφορούσε την απόδειξη της επιρροής των ενδείξεων των ανοιχτών θερμοσκοπίων αέρος από τη μεταβολή του βάρους του εξωτερικού αέρα. Σε ένα από τα πειράματά του περιέγραφε την εξέταση της ένδειξης ενός ανοιχτού θερμοσκοπίου στον πάτο ενός ορυχείου. Την πληροφορία για αυτό το πείραμα την είχε πάρει από την εργασία του H. Power. «New Thermometrical Experiments and Thoughts», Boyle [1665a] σσ. 235-236.

παρουσιάζοταν στις συνεδριάσεις της. Τον Μάιο του 1664 ο γραμματέας παρουσίασε ένα γράμμα του John Wallis⁷⁴ όπου περιγραφόταν το χαλάζι που είχε πέσει στην Οξφόρδη⁷⁵. Στην περιγραφή του περιεχομένου ο γραμματέας αναφερόταν στο μέγεθος (το χαλάζι είχε διάμετρο $\frac{3}{4}$ ίντσας (1,90εκ)) και το χρώμα του χαλαζιού. Στην ίδια συνεδρίαση αναφέρθηκε η περίπτωση της πτώσης χαλαζιού στην γαλλική πόλη Lyon με αποτέλεσμα το θάνατο πολλών ανθρώπων, του οποίου το μέγεθός συγκρινόταν με αυτό της μπάλας του τένις. Τον Αύγουστο του ίδιου χρόνου παρουσιάστηκε ένα ακόμη γράμμα με θέμα μία καταιγίδα, στην περιγραφή του οποίου ο γραμματέας πάλι επικεντρώθηκε στο μέγεθος του χαλαζιού⁷⁶. Το 1667 ο Christopher Wren παρουσίασε στην Εταιρεία περιγραφές σχημάτων χαλαζιού τις οποίες συνόδευε με σχέδια που καταχωρήθηκαν στο Register Book⁷⁷. Τέλος ο Oldenburg παρουσίασε στη συνεδρίαση της 29ης Ιανουαρίου 1672 άλλο ένα γράμμα από τον John Beal⁷⁸ που αφορούσε τις παρατηρήσεις του για τον παγετό και την καταιγίδα που είχε πέσει στο Somersetshire το

⁷⁴ Ο John Wallis (1616-1703, FRS 20 Μαΐου 1663) σπούδασε στο κολλέγιο Emmanuel του πανεπιστημίου του Cambridge. Έγινε εφημέριος αλλά δούλευε παράλληλα στη Βουλή χρησιμοποιώντας την ικανότητά του να αποκωδικοποιεί γράμματα. Όταν μεταφέρθηκε στο Λονδίνο ανέπτυξε επικοινωνία με τον Boyle και άλλους φυσικούς φιλοσόφους και συμμετείχε στην ίδρυση της Βασιλικής Εταιρείας. Είχε στενές σχέσεις με τους βουλευτικούς και τον Cromwell ο οποίος τον όρισε «Savilian Professor» της γεωμετρίας στην Οξφόρδη. Το 1660 αναγορεύτηκε σε Βασιλικό Εφημέριο «Royal Chaplain». Το δημοσιευμένο του έργο αποτελείται από μία πραγματεία στην αριθμητική, *Arithmetica Infinitorum* (1655), και έργα πάνω στην άλγεβρα, στη μηχανική, στον τετραγωνισμό του κύκλου, στη γραμματική, στη λογική, στη θεολογία και στη διδαχή των κουφών. Η συλλογή των έργων του εκδόθηκε το 1791.

⁷⁵ Βλ. Συνεδρίαση 18 Μαΐου 1664, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 81. Το γράμμα αυτό δεν έχει καταχωρηθεί στο Letter Book.

⁷⁶ Βλ. Συνεδρίαση 24 Αυγούστου 1664, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 123. Το γράμμα αυτό γράφτηκε από τον Dr Pope, κάποιο μέλος ή απλώς συνεργάτη της Εταιρείας, αφορούσε παρατηρήσεις χαλαζιού στην Ιταλία και καταχωρήθηκε στο Letter Book.

⁷⁷ Christopher Wren (1632-1723 FRS May 1663). Ο Christopher Wren φοίτησε στο Κολλέγιο Wadham της Οξφόρδης όπου πήρε το δίπλωμα Master of Arts το 1653. Παρέμεινε στην Οξφόρδη απασχολούμενος με έρευνες στη φυσική φιλοσοφία μέχρι το 1657 οπότε αναγορεύθηκε καθηγητής Αστρονομίας στο Κολλέγιο Gresham του Λονδίνου. Από το 1660-61 μέχρι το 1673 διατέλεσε ως καθηγητής «Savillian Professor» της Αστρονομίας στην Οξφόρδη. Αποτέλεσε από τα πρώτα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας στην οποία διατέλεσε και ως πρόεδρος από το 1680 μέχρι το 1682. Συνέβαλε σε αρκετές κατηγορίες της γνώσης όπως η μηχανική, τα μαθηματικά και η ιατρική, αλλά σημαντικότερη ήταν η συμβολή του στην αρχιτεκτονική. Δούλεψε επίσης ως γενικός επιόπτης των έργων του βασιλιά Καρόλου Β'. Γνωστότερα αρχιτεκτονήματά του είναι η εκκλησία του Κολλεγίου Pembroke στο Cambridge, το θέατρο Sheldonian της Οξφόρδης, ο καθεδρικός ναός του St Pauls και πολλές εκκλησίες στο Λονδίνο. Είχε επίσης δουλέψει σε σχέδια για την αναδόμηση του Λονδίνου μετά τη μεγάλη φωτιά του 1666.

⁷⁸ John Beal (1603~ FRS 19 Αυγούστου 1663). Ο John Beal φοίτησε στο Κολλέγιο Kings του Πανεπιστημίου του Cambridge από όπου πήρε το Master of Arts το 1636. Ήταν κληρικός και το 1665 εκτέλεσε τα καθήκοντα του εφημέριου για τον βασιλιά Κάρολο Β'.

1672⁷⁹. Στην περιγραφή του ο Beal τόνιζε τις φυσικές καταστροφές που επέφερε η παγωμένη και βίαιη καταιγίδα, καθώς και φαινόμενα όπως ήταν η ψύξη της βροχής όταν έπεφτε πάνω στο χιόνι χωρίς να προλαβαίνει να εισχωρεί μέσα σε αυτό. Η αναφορά του στην ανάγκη σύγκρισης των συγκεκριμένων φαινομένων με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν σε άλλα μέρη προκειμένου να εξετασθεί ο ρόλος της θέσης των πλανητών στη γένεση τέτοιων φαινομένων και επομένως στην προσπάθεια εύρεσης μεθόδων πρόληψης, δείχνει ότι οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις γίνονταν στα πλαίσια της συλλογής παρατηρήσεων για τη σύσταση μίας «Ιστορίας του Καιρού», της εξέτασης δηλαδή των μετεωρολογικών φαινομένων.

Αν και οι συγκεκριμένες περιγραφές εντάσσονται στην καταγραφή μετεωρολογικών φαινομένων που ενδιέφεραν έντονα τα μέλη της Εταιρείας, πρέπει να σημειώσουμε ότι ήταν πολύ χρήσιμες για την επιβεβαίωση φαινομένων που είχαν περιγραφεί και συζητηθεί στο *Cold*. Η τακτική που είχε ακολουθήσει ο Boyle στο *Cold*, της εφαρμογής των συμπερασμάτων του για ορισμένα φαινόμενα του ψύχους στο μικροσκοπικό επίπεδο σε μακροσκοπικά φαινόμενα, όπως ήταν τα μετεωρολογικά φαινόμενα, καθώς και η χρήση μαρτυριών τέτοιων φαινομένων για να επιβεβαιώσει τα συμπεράσματά του, ανήγαγαν αυτές τις παρατηρήσεις σε σημαντικές αποδείξεις πειραματικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Για παράδειγμα, η λεπτομερής περιγραφή, στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, του σχήματος και του μεγέθους του χαλαζιού ήταν μία σημαντική πληροφορία στο πλαίσιο της συζήτησης της υποστήριξης της δημιουργίας του χαλαζιού στο υψηλό στρώμα της ατμόσφαιρας και όχι στο χαμηλό, όπως υποστήριζε η αριστοτελική θεωρία σύμφωνα με την οποία το χαλάζι αποτελούσε απόδειξη του φαινομένου της αντιπερίστασης. Επίσης, η αναφορά του Beal στην ψύξη της βροχής τη στιγμή που ερχόταν σε επαφή με το χιόνι αποτελούσε μία χρήσιμη πληροφορία στο πλαίσιο της αποτυχημένης προσπάθειας του Boyle να αναπαράγει το φαινόμενο στην Αγγλία και της υποστήριξης της διεξαγωγής του φαινομένου στις

⁷⁹ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 4, σελ. 8. «A Copy of a Letter from Somersetshire to Mr Oldenburg concerning a Strange Frost which hath lately done much hurt about Bristol together with some usefull hints suggested upon that Occasion». Το γράμμα αυτό καταχωρήθηκε στο Letter Book (Royal Society Archive, Letter Book Original, τόμος 6, σελ. 2) και δημοσιεύτηκε στο *Philosophical Transactions* (Royal Society Archive, *Philosophical Transactions* 90, (1672/3) τόμος 7, σς. 5138-5142). Στο γράμμα του ο Beal συμπεριλάμβανε την επιστολή που είχε λάβει από κάποιον κύριο Buckland και αφορούσε τις παρατηρήσεις της καταιγίδας στο Somersetshire.

ψυχρές χώρες λόγω της συνδρομής του ψυχρού αέρα. Μέσω της παρουσίασης των φαινομένων του ψύχους στο *Cold*, ο Boyle είχε δημιουργήσει τις προϋποθέσεις της χρήσης μετεωρολογικών παρατηρήσεων σε ένα πλαίσιο όπου έπαιζαν κεντρικό ρόλο στη συναγωγή συμπερασμάτων όχι μόνο για πειραματικά αποτελέσματα αλλά και για θεωρητικές υποθέσεις για τη φύση του ψύχους. Η αναφορά στις μετεωρολογικές παρατηρήσεις στις συνεδριάσεις της Εταιρείας δεν φαινόταν να γίνεται στο πλαίσιο που είχε δημιουργήσει ο Boyle στο *Cold*. Ωστόσο, η επιμονή στην περιγραφή των διαστάσεων και των σχημάτων του χαλαζιού, ενός φαινομένου σημαντικού για τη συζήτηση του αριστοτελικού δόγματος της αντιπερίστασης, δημιουργεί την υποψία της ύπαρξης μίας προβληματικής πέρα από την «ιστορική» συλλογή μετεωρολογικών παρατηρήσεων η οποία όμως δεν εκφραζόταν ανοιχτά στις συνεδριάσεις.

Το δεύτερο φαινόμενο που αποτέλεσε επίκεντρο εκτενούς πειραματισμού στην εταιρεία την περίοδο 1660-1670 παρουσιάστηκε πρώτα από τον Boyle στη συνεδρίαση της 11ης Ιουλίου 1666 και αφορούσε την πρόκληση ενός έντονου βαθμού ψύχους με τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου σε νερό χωρίς τη συνδρομή ενός ψυκτικού παράγοντα, όπως ήταν το χιόνι, ούτε ενός ψυχρού σώματος, όπως θεωρούνταν ότι ήταν το νίτρο⁸⁰. Στην προκειμένη συνεδρίαση ο Boyle παρουσίασε μία εργασία όπου περιέγραφε την παραγωγή ψύχους με τη διάλυση μίας ποσότητας χλωριούχου αμμωνίου σε νερό σε αναλογία μίας προς τρεις λίβρες⁸¹. Η παραγωγή ενός σημαντικού βαθμού ψύχους αποδεικνυόταν μέσω της αίσθησης ψύχους που προκαλούσε στις ανθρώπινες αισθήσεις, της δημιουργίας δροσιάς στο εξωτερικό μέρος της φιάλης και των μετρήσεων ενός κλειστού θερμοσκοπίου ρευστού οι οποίες έδειχναν ότι το υδατικό διάλυμα ήταν ψυχρότερο από τον ανοιξιάτικο αέρα, από το νερό, και από το υδατικό διάλυμα νιτρικού καλλίου («salt-petre»). Επίσης ο Boyle ανέφερε ότι η διάρκεια του βαθμού ψύχους εξαρτιόταν από την εποχή του χρόνου, από τις ποσότητες του διαλύτη και του άλατος, από το είδος του χλωριούχου αμμωνίου και από τον τρόπο διάλυσής του στο νερό. Η εργασία του Boyle καταχωρήθηκε στο Register Book και δημοσιεύτηκε αμέσως μετά τη συνεδρίαση στο τεύχος του *Philosophical Transactions* της 18ης Ιουλίου 1666.

⁸⁰ Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 3, σελ. 11.

⁸¹ «A New Frigorifick Experiment, shewing, How a considerable degree of Cold, may be suddenly produced without the help of Snow, Ice, Haile, Wind, or Niter, and that at any time of the year. Brought in

Ο Boyle ανέφερε ότι το συγκεκριμένο πείραμα είχε εκτελεστεί μαζί με άλλα με σκοπό να συμπεριληφθεί στο παράρτημα της δεύτερης έκδοσης του *Cold*. Όμως εκείνος δεν το συμπεριέλαβε εκεί τελικά, αλλά δημοσίευσε παρόμοια, με αυτό, πειράματα πολύ νωρίτερα, το 1676, ως μέρος της πραγματείας *Mechanical Origin of Qualities*. Εκεί, τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν για να αποδείξουν τη μηχανική παραγωγή του ψύχους καθώς και να εξετασθεί αν η παραγωγή του βαθμού ψύχους προερχόταν από την αλλαγή της δομής («texture») ή της κίνησης των σωματιδίων που προκαλούνταν από τη δράση των σωματιδίων του νερού στο χλωριούχο αμμώνιο ή από την ψύχρανση του νερού από τα αλατούχα σωματίδια του χλωριούχου αμμωνίου τα οποία θεωρούνταν πιο ψυχρά από το νερό⁸². Η πειραματική δραστηριότητα που ακολούθησε στην Εταιρεία μετά την παρουσίαση της εργασίας, δείχνει ότι το πείραμα της εργασίας του Boyle αποτελούσε από τις πρώτες φορές που επιτυγχανόταν η παραγωγή του ψύχους με αυτό τον τρόπο. Επίσης το πειραματικό αποτέλεσμα ανέτρεπε ορισμένα πειραματικά αποτελέσματα που είχαν παρουσιασθεί στο *Cold* σε σχέση με την παραγωγή ψύχους από τη χρήση ορισμένων ουσιών και ειδικά κάποιων κατηγοριών αλάτων. Στο *Cold* ο Boyle είχε δείξει, μέσω των πειραμάτων για την προώθηση της ψύξης του χιονιού και του πάγου, ότι ορισμένες ουσίες και ειδικά τα άλατα είχαν τη δυνατότητα να ενισχύουν την ψυχρότητα των συγκεκριμένων ψυκτικών σωμάτων. Όμως δεν είχε παρουσιάσει πειράματα όπου τα άλατα μπορούσαν από μόνα τους, χωρίς τη συνδρομή ενός ψυχρού σώματος, να προκαλέσουν έναν έντονο βαθμό ψύχους. Αντιθέτως, μέσω των ενδείξεων ενός κλειστού θερμοσκοπίου υγρού είχε αποδείξει ότι ουσίες, όπως το νιτρικό κάλλιο («salt-peter»), όταν διαλύονταν σε νερό ήταν θερμότερες από τον ατμοσφαιρικό αέρα, από το νερό καθώς και από νερό το οποίο περιβαλλόταν από ψυκτικό μίγμα χιονιού και αλατιού. Το συγκεκριμένο πείραμα είχε χρησιμοποιηθεί στην επιχειρηματολογία του εναντίον της άποψης που υποστήριζε ότι το νίτρο ήταν το πρώτο ψυχρό σώμα. Σε σύγκριση με τα παραπάνω αποτελέσματα και συμπεράσματα, το πείραμα με το χλωριούχο αμμώνιο που παρουσίαζε στην εργασία του 1666 αποτελούσε μία σημαντική απόδειξη ότι ένας

By Mr Boyle and read Before the Society July 11, 1666», Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος III, σελ. 144 και *Philosophical Transactions* 15, (1666), τόμος 1, σσ. 255-261.

⁸² Τα πειράματα της πραγματείας *Mechanical Origin of Qualities* θα παρουσιασθούν στο κεφάλαιο 4. Με τον όρο «δομή» «texture», ο Boyle εννοεί την τοποθέτηση των σωματιδίων που απαρτίζουν τα σώματα μεταξύ τους η οποία θεωρεί ότι διαμορφώνεται και από τις πρωτεύουσες ιδιότητές τους, την κίνηση, τον όγκο, και το σχήμα.

έντονος βαθμός ψύχους μπορούσε να παραχθεί χωρίς τη χρήση κάποιου ψυχρού σώματος. Μάλιστα μέσα από τη σειρά των επαναλαμβανόμενων πειραμάτων που παρουσίασε ο Boyle στην εργασία, έδειχνε ότι σε εποχές που δεν κυριαρχούσε θερμός αέρας όπως ήταν ο Μάρτιος και ο Απρίλιος, το χλωριούχο αμμώνιο προκαλούσε την παραγωγή βαθμών ψύχους, οι οποίοι σύμφωνα με το θερμοσκόπιο, έφταναν τους βαθμούς ψύχους του αέρα που είχαν καταγραφεί στην κλίμακα τη χειμερινή εποχή κατά τη διάρκεια έντονου παγετού⁸³. Το πείραμα λοιπόν του Boyle αποδείκνυε την παραγωγή, μέσω αυτής της μεθόδου, ενός αρκετά έντονου βαθμού ψύχους, του βαθμού που αντιστοιχούσε σε έναν παγετό.

Τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα, δηλαδή η παραγωγή ψύχους από δύο ουσίες χωρίς τη συνδρομή ενός ψυχρού σώματος, οδηγούσε σε σημαντικά συμπεράσματα για τις θεωρητικές εξηγήσεις της παραγωγής του ψύχους. Η παραγωγή ενός βαθμού ψύχους αποκλειστικά από τη διάλυση μίας ουσίας όπως το χλωριούχο αμμώνιο σε μία άλλη, όπως το νερό, σήμαινε ότι το ψύχος προκαλούνταν από τη συσχέτιση των σωματιδίων των δύο ουσιών. Στην εργασία ο Boyle υπέθετε ότι η παραγωγή ψύχους θα μπορούσε να προέρχεται από τη διέγερση των ψυχρών σωματιδίων που αποτελούν το χλωριούχο αμμώνιο ή από τη φυγή ή ακινησία ορισμένων σωματιδίων τα οποία ήταν προηγουμένως διεγερμένα. Στο *Mechanical Origin of Qualities*, ο Boyle εξέταζε αν τα σωματίδια του χλωριούχου αμμωνίου δρούσαν στο νερό αλλάζοντας την υφή ή μεταβάλλοντας απλώς την κίνησή τους ή αν το ψύχος προερχόταν από την ψυχρή φύση των σωματιδίων του χλωριούχου αμμωνίου που σήμαινε την αποδοχή κάποιας ποιοτικής διάστασης της ιδιότητας του ψύχους.

Η καινοτομία του πειραματικού αποτελέσματος της εργασίας του Boyle και τα συμπεράσματα στα οποία οδηγούσε για την εξήγηση της παραγωγής του ψύχους μπορούν να δικαιολογήσουν τις εκτενείς αναπαραγωγές του πειράματος με την ίδια αλλά και με διαφορετικές ουσίες από τα μέλη της Εταιρείας καθώς και την άμεση δημοσίευση της εργασίας στο περιοδικό της Εταιρείας. Τα πειράματα που παρουσιάστηκαν στις συνεδριάσεις της Εταιρείας επιβεβαίωναν το πειραματικό αποτέλεσμα του Boyle. Στις

⁸³ «For I remember that in the Spring, about the end of March, or beginning of April, I was able with one pound of Sal Armoniack, and a requisite proportion of Water, to produce a degree of Cold much greater, than was necessary the preceding Winter, to make it frosty Weather abroad», Royal Society Archive, *Philosophical Transactions* 15, (1666), τόμος 1, σελ. 259.

συνεδριάσεις του Ιουλίου και του Αυγούστου 1666 το θέμα της παραγωγής βαθμού ψύχους με τη χρήση χλωριούχου αμμωνίου συζητήθηκε σχεδόν σε κάθε εβδομαδιαία συνάντηση. Μετά από συζητήσεις για την προετοιμασία των πειραμάτων, στη συνεδρίαση της 25^{ης} Ιουλίου διενεργήθηκαν πειράματα για τη σύγκριση του βαθμού ψύχους που παραγόταν από το υδατικό διάλυμα με χλωριούχο αμμώνιο με το βαθμό ψύχους που παρήγαγε το υδατικό διάλυμα νιτρικού καλίου τα οποία έδειχναν ότι το πρώτο κατέβαζε τη στάθμη του ρευστού του κλειστού θερμοσκοπίου πιο γρήγορα και σε μεγαλύτερη απόσταση από την αρχική στάθμη από ό,τι το δεύτερο⁸⁴. Τα πειράματα της συνεδρίασης της 8ης Αυγούστου 1666 με τη χρήση ορισμένων αλάτων έδειξαν ότι το «white-salt», το βιτριόλι και το θείο του ασβεστίου του αλουμινίου («alum») δεν μπόρεσαν να παράγουν κάποιο βαθμό ψύχους⁸⁵. Η λεβάντα παρήγαγε βαθμό ψύχους μικρότερο από αυτόν που είχε παραγάγει το χλωριούχο αμμώνιο και η ποτάσα προκάλεσε άνοδο του υγρού του θερμοσκοπίου παρά κάθοδο. Οι αναφορές στο συγκεκριμένο θέμα έκλεισαν με μία παράκληση προς τον Boyle να προμηθεύσει τα μέλη με το χλωριούχο αμμώνιο που χρησιμοποιούσε ο ίδιος προκειμένου να αναπαραχθεί το πείραμα⁸⁶. Η εξέταση του συγκεκριμένου πειράματος από τα μέλη της Εταιρείας περιοριζόταν στην αναπαραγωγή των πειραματικών αποτελεσμάτων και στην επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων του Boyle. Ήταν φανερό από τα πρακτικά ότι, αν και ο Boyle στην εργασία του έθιγε το θέμα των πρακτικών χρήσεων που είχε το συγκεκριμένο αποτέλεσμα για την κατασκευή των θερμοσκοπίων και την ψύξη των πόσιμων υγρών καθώς και το θέμα της εξήγησης του τρόπου παραγωγής του ψύχους, τα θέματα αυτά δεν αποτελούσαν αντικείμενο συζήτησης στις συνεδριάσεις της Εταιρείας. Αυτό προκαλεί εντύπωση δεδομένου ότι η σημασία που είχε το συγκεκριμένο πείραμα και το ενδιαφέρον που προκαλούσε ήταν άμεσα σχετιζόμενο με τα συμπεράσματα στα οποία οδηγούσε για τη φύση του ψύχους και τον τρόπο παραγωγής του. Η έλλειψη συνδρομής ενός ψυχρού σώματος στη διαδικασία παραγωγής ψύχους προκαλούσε ερωτήματα για τη φύση του ψύχους τα οποία δεν αποτελούσαν θέμα συζήτησης μέσα στις συνεδριάσεις.

⁸⁴ Βλ. 11 και 18 Ιουλίου 1666, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 4, σελ., σσ. 11-16 και σσ. 14-15.

⁸⁵ Ο.π., σελ. 18-19.

⁸⁶ Βλ. Συνεδρίαση της 15ης Αυγούστου 1666, ο.π., σελ. 20.

Μετά την περίοδο 1660-1670, εκτενείς συζητήσεις και έντονη πειραματική δραστηριότητα για τα φαινόμενα του ψύχους αναπτύχθηκαν πάλι, σύμφωνα με τα πρακτικά, στις αρχές του 1680. Η συζήτηση της συνεδρίασης του Ιουνίου 1678 αποτελεί την πρώτη εκτενή αναφορά σε φαινόμενα του ψύχους μετά το 1671⁸⁷. Στο πλαίσιο της συζήτησης για τη φύση του αέρα και τους ατμούς που δημιουργούνταν από τη θερμότητα, αναφέρθηκαν δύο πειράματα από τον Henshaw και τον Hooke όπου στο πρώτο, το ψυκτικό μίγμα που τοποθετήθηκε μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο έψυξε τους ατμούς της ατμόσφαιρας μετατρέποντάς τους σε δροσιά και στο δεύτερο το υγρό αιθυλικής αλκοόλης, αφού ψύχθηκε στον εξωτερικό αέρα, τοποθετήθηκε σε ένα πηγάδι και έψυξε τους θερμούς ατμούς του αέρα μετατρέποντάς τους σε δροσιά. Ο Hooke εξηγούσε ότι οι ατμοί που αναδύονταν από το νερό με τη ζέστη, συρρικνώνονταν με το ψύχος σε δροσιά και αντέκρουε την άποψη που είχε εκφραστεί από τον Kircher και τον Berigardus στο *Circulus Pisanus* εναντίον της συνεχούς ανάδυσης ατμών στον αέρα από το νερό. Τα παραπάνω δείχνουν ότι η γενική άποψη που εκφραζόταν στις συνεδριάσεις για την ψύξη των ατμών και όχι του ίδιου του αέρα ταυτιζόταν με εκείνη που είχε υποστηρίξει ο Boyle στο *Cold*. Επίσης η περιγραφή των πειραμάτων των Henshaw και Hooke αποδεικνύει ότι ερμήνευαν το φαινόμενο ως συρρίκνωση των ατμών στον αέρα και όχι ως εναπόθεση του ψυκτικού μίγματος που περιεχόταν στη φιάλη στην εξωτερική επιφάνεια, μία άποψη που είχε αναφέρει και αντικρούσει ο Boyle στο *Cold*.

Τα φαινόμενα του ψύχους στα οποία επικεντρώθηκαν οι συζητήσεις μετά το 1680 αφορούσαν τη διαδικασία της ψύξης του νερού και της ανόδου του πριν μετατραπεί σε πάγο, την ψύξη του θαλασσινού νερού και την παραγωγή φρέσκου νερού με την τήξη, την ψύξη και απόψυξη των αυγών, τις ιδιότητες του πάγου, όπως είδαμε παραπάνω με βάση τις πειραματικές εργασίες του Hooke, και την καταστροφή που προκαλεί το ψύχος στα δέντρα. Ορισμένα από τα φαινόμενα συζητήθηκαν πριν το 1683 και ορισμένα μετά. Εφόσον το 1683 επανεκδόθηκε το *Cold* είναι πιθανό η ανάπτυξη των συγκεκριμένων συζητήσεων να οφείλεται στην επανέκδοση της κύριας πειραματικής πραγματείας που είχε δημοσιευτεί μέχρι τότε για τα φαινόμενα του ψύχους. Μία επιπλέον ένδειξη της επικέντρωσης της συζήτησης των μελών σε θέματα που είχαν ήδη εξεταστεί σε δημοσιευμένα έργα για την ιδιότητα του ψύχους αποτελεί η παρουσίαση πειραμάτων

⁸⁷ Βλ. Συνεδρίαση 20ης Ιουνίου 1678, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 5, σελ. 127.

όπου ελέγχονταν πειραματικά αποτελέσματα που είχαν παρουσιαστεί το 1666 από τα μέλη της ιταλικής Ακαδημίας Del Cimento στο βιβλίο τους *Saggi*. Η περίπτωση της συζήτησης της διαδικασίας ψύξης του νερού, η οποία αποτελεί το μοναδικό από τα προαναφερθέντα φαινόμενα που θα εξεταστεί ξεχωριστά στην ενότητα 3.4, είναι χαρακτηριστική. Η πρώτη εργασία για το θέμα παρουσιάστηκε από τον Boyle στη συνεδρίαση της 23ης Νοεμβρίου 1671. Η προσπάθεια αντίκρουσης των πειραματικών αποτελεσμάτων των Ιταλών από το Boyle δεν συζητήθηκε μέχρι τις συνεδριάσεις της 6ης, της 20ης και της 27ης Φεβρουαρίου 1683 όπου παρουσιάτηκαν οι πειραματικές εργασίες των Croon και Slare πάνω στα πειραματικά αποτελέσματα των Φλωρεντίνων πειραματιστών⁸⁸. Η χρονική απόσταση της συζήτησης του συγκεκριμένου φαινομένου από την εποχή που είχε αναδειχτεί η προβληματική γύρω από το φαινόμενο από τον Boyle, υποδηλώνει ότι το 1683 υπήρχαν κάποιοι λόγοι που οδήγησαν στην τοποθέτηση του συγκεκριμένου αλλά και κάποιων άλλων φαινομένων στην ημερήσια ατζέντα των συζητήσεων. Πέρα από την επανέκδοση του *Cold*, η αναμενόμενη έκδοση της μετάφρασης του *Saggi* από τον Richard Waller, η οποία παρουσιάστηκε στη συνεδρίαση της 5ης Νοεμβρίου 1684 ίσως είχε προκαλέσει την ενασχόληση με θέματα που είχαν ανακύψει από αυτή την έκδοση⁸⁹. Ο Denis Papin διεξήγαγε αρκετά πειράματα για να ελέγξει τα πειραματικά αποτελέσματα των Φλωρεντίνων πειραματιστών⁹⁰. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι τα θέματα που θα αναφερθούν παρακάτω και συζητήθηκαν το 1680 με 1684, σχετιζόνταν με την έκδοση των δύο πραγματειών, της επανέκδοσης του *Cold* και της μετάφρασης του *Saggi* το οποίο περιείχε κατά ένα πολύ μεγάλο μέρος περιγραφές πειραμάτων για τα φαινόμενα του ψύχους.

⁸⁸ William Croon (1603-1684, FRS 20 May 1663). Ο William Croon φοίτησε στο Κολλέγιο Emmanuel του Πανεπιστημίου του Cambridge και το 1659 αναγορεύτηκε καθηγητής της Ρητορικής στο Κολλέγιο Gresham του Λονδίνου. Αποτέλεσε ιδρυτικό μέλος της Βασιλικής Εταιρείας. Το 1670 έγινε καθηγητής ανατομίας στο Surgeons Hall και το 1675 έγινε μέλος του College of Physicians. Frederick Slare (1647?-1727, FRS 16 Δεκεμβρίου 1680). Εξάσκησε το επάγγελμα του γιατρού και το 1685 έγινε μέλος του College of Physicians.

⁸⁹ Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 6, σελ. 264.

⁹⁰ Denis Papin (1647-~. FRS 1682) Ο Denis Papin γεννήθηκε στη Γαλλία όπου φοίτησε Ιατρική στην Angers. Στη συνέχεια έγινε βοηθός του Huygens στο εργαστήριο της Ακαδημίας του Παρισιού. Στην Αγγλία μετοίκησε το 1675, και από το 1676-1679 δούλεψε ως βοηθός του Boyle σε πειράματα με την αντλία κενού. Είχε επίσης διατελέσει και γραμματέας του Robert Hooke. Τον Απρίλιο του 1684 έγινε επιμελητής 'curator' των πειραμάτων της Βασιλικής Εταιρείας. Το 1695 έγινε καθηγητής Μαθηματικών στο Marburg.

Οι λόγοι της επαναφοράς των συγκεκριμένων φαινομένων του ψύχους στις συζητήσεις της Εταιρείας έχει σημασία δεδομένου ότι ορισμένες από αυτές αποκαλύπτουν ότι πειραματικά αποτελέσματα ή φαινόμενα για τα οποία ο Boyle είχε προσφέρει αρκετά πειραματικά και εμπειρικά δεδομένα, συζητούνταν ακόμη και εξετάζονταν ως ανοιχτά ερωτήματα. Το φαινόμενο της ψύξης των αυγών και πιο συγκεκριμένα της δημιουργίας περιβλήματος πάγου κατά την τοποθέτησή τους σε νερό για να τηχθούν, αποτελούσε μία από τις θεματικές που είχαν εξεταστεί εκτενώς στο *Cold*, και συνέχιζε να απασχολεί τα μέλη της εταιρείας⁹¹. Τα πειράματα του Boyle καθώς και εκείνα του Merret δείχνουν ότι ο σχηματισμός περιβλήματος πάγου κατά την εισαγωγή ψυγμένων αυγών στο νερό και η σωστή απόψυξή τους με αυτή τη μέθοδο αποτελούσαν επιβεβαιωμένα πειραματικά γεγονότα. Ο Boyle είχε τονίσει τη σημασία που είχε το φαινόμενο για την εξέταση της φύσης του ψύχους καθώς και της ανάγκης περαιτέρω πειραματισμού για την αντίκρουση της επικουρειανής υπόθεσης της εξήγησης του ψύχους που προτεινόταν για την εξήγηση της προέλευσης του περιβλήματος πάγου. Με το πείραμα που εκτέλεσε ο ίδιος προς αυτό το σκοπό δεν κατέληγε σε ένα καθαρό συμπέρασμα με αποτέλεσμα το θέμα της προέλευσης του πάγου να μένει αναπάντητο.

Στη συζήτηση της 21ης Δεκεμβρίου 1681 διάφορα μέλη της εταιρείας προσπάθησαν να δώσουν τη δική τους εξήγηση για το φαινόμενο⁹². Ο Henshaw υποστήριζε ότι ο πάγος γύρω από τα αυγά σχηματιζόταν από σωματίδια ψύχους που εξέρχονταν από το αυγό και έψυχαν τα σωματίδια του νερού σε πάγο. Ο Hooke διαφωνούσε, υποστηρίζοντας ότι η ψύξη του νερού ήταν αποτέλεσμα της εξισορρόπησης των δύο θερμοκρασιών του αυγού και του νερού. Εφόσον το αυγό χρειαζόταν ένα μεγαλύτερο βαθμό ψύχους για να παγώσει από το νερό, όταν το ήδη ψυγμένο αυγό εισερχόταν στο νερό που ήταν θερμό ως προς αυτό, με την ανταλλαγή ψύχους και θερμότητας δημιουργούνταν μία ενδιάμεση θερμοκρασία που ήταν αρκετή για να ξεπαγώσει το αυγό και να παγώσει το νερό. Επίσης ο Grew υποστήριζε ότι η μεγαλύτερη ψυχρότητα του αυγού προερχόταν από τα «spirituous» μέρη τα οποία αποτελούσαν τη

⁹¹ Δύο ακόμη φαινόμενα σχετικά με την ψύξη των αυγών που αποτέλεσαν θέμα συζήτησης και έρευνας ήταν η γονιμότητα των παγωμένων αυγών και η εξήγηση των αυγών που σπάνε με την ψύξη. Για το δεύτερο φαινόμενο ο Merret εξηγούσε ότι τα μπαγιάτικα αυγά δεν έσπαγαν κατά την ψύξη γιατί υπήρχε κάποιος κενός χώρος μέσα στο αυγό ενώ τα φρέσκα αυγά έσπαγαν κατά την ψύξη γιατί ήταν γεμάτα. Βλ. Συνεδριάσεις

σύστασή του ενώ ο Hooke αντέτασσε ότι το αυγό αποτελούνταν από μία ιδιαίτερη σύσταση η οποία διέφερε από εκείνη ενός οινώδους ποτού αλλά διατηρούσε την ίδια δυνατότητα ψύξης που παρουσίαζαν αυτά τα υγρά. Η διευθέτηση του ζητήματος της προέλευσης του πάγου ήταν επιτακτική με αποτέλεσμα ο Hooke στη συνεδρίαση της 1ης Φεβρουαρίου 1681, μετά από πρόταση του Henshaw, να τοποθετήσει δύο παγωμένα αυγά, το ένα σε κρύο νερό και το άλλο σε ζεστό για να εξεταστεί η υπόθεσή του. Το πείραμα όμως δεν πέτυχε αφού σε κανένα αυγό δεν δημιουργήθηκε περίβλημα πάγου. Στα πρακτικά μνημονεύτηκε ότι το πείραμα δεν είχε πετύχει λόγω της θερμότητας του χώρου όπου είχε εκτελεστεί⁹³.

Η παραπάνω συζήτηση αποκαλύπτει ότι ανάμεσα στα μέλη της Εταιρείας διατηρούνταν αντικρουόμενες απόψεις ως προς τη φύση του ψύχους. Ο Henshaw φαίνεται να υποστήριζε μία επικουρειανή εξήγηση της φύσης του ψύχους, την οποία δεν συμμεριζόταν ο Hooke. Την ίδια υπόθεση φαινόταν να υποστηρίζει και ο Merret στην εργασία του στο *Cold*⁹⁴. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρόλο που την εποχή που διατυπώνονταν οι συγκεκριμένες απόψεις ο Boyle είχε ήδη δημοσιεύσει τα σημαντικότερα έργα του για τη σωματιδιακή φιλοσοφία, δεν γινόταν άμεση αναφορά σε μία εξήγηση μέσω της συγκεκριμένης θεωρίας για την ύλη⁹⁵. Η άποψη του Henshaw αποδεικνύει ότι δεν υπήρχε μία θεωρία της ύλης στην οποία να συμφωνούν τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας και ότι η σωματιδιακή θεωρία του Boyle καθώς και η πολεμική του εναντίον της επικουρειανής θεωρίας για την ύλη απευθυνόταν σε συμμετέχοντες στην Εταιρεία οι οποίοι δεν είχαν πεισθεί από τα πειράματα και τα έργα του. Επίσης η συζήτηση της προέλευσης του πάγου αποτελεί την πρώτη περίπτωση στην οποία τα μέλη της Εταιρείας εξέφραζαν τις απόψεις τους για τις θεωρητικές υποθέσεις, ως εξηγητικές υποθέσεις για τα φαινόμενα του ψύχους. Αυτό δεικνύει ότι είναι πιθανό στις προηγούμενες συζητήσεις τα μέλη της εταιρείας να είχαν υπόψη τους την προβληματική για τη θεωρητική εξήγηση της ιδιότητας αλλά να προέβαλλαν τη γνώμη τους και τη δραστηριότητά τους μόνο για τα πειραματικά αποτελέσματα.

⁹² Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 6, σελ. 48. Στα πρακτικά δεν καταγράφεται η συμμετοχή του Boyle σε αυτή τη συζήτηση.

⁹³ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 6, σελ. 57.

⁹⁴ «by which means, the whole body is crusted over with ice, as Eggs and Apples are, as if the freezing Atoms did pass from the body frozen into the water or snow;», Boyle [1665a], σελ. 541.

Το δεύτερο φαινόμενο που είχε συζητηθεί στο *Cold* και που συγκέντρωνε το ενδιαφέρον των μελών στις συνεδριάσεις του 1683 ήταν η ψύξη του θαλασσινού νερού και η παραγωγή φρέσκου νερού από την τήξη του πάγου. Στο *Cold* ο Boyle είχε παρουσιάσει πειράματα όπου είχε εξετάσει τις διαφορετικές αναλογίες στις οποίες μπορούν να αναμειχθούν ποσότητες νερού και αλατιού έτσι ώστε να είναι δυνατή η ψύξη του αλατισμένου νερού. Στην περίπτωση της ψύξης μίγματος όπου οι ποσότητες τους νερού και του αλατιού βρίσκονταν σε αναλογία 44/1, είχε παρατηρήσει ότι κατά την τήξη του πάγου είχε παραχθεί άγευστο νερό. Ο Boyle πρότεινε τη μέθοδο της ψύξης έναντι της χρήσης θερμότητας ως πιο φθηνής λύσης για την παραγωγή φρέσκου νερού, το οποίο δείχνει ότι αντιμετώπιζε το φαινόμενο της παραγωγής φρέσκου νερού από πάγο ως πειραματικό γεγονός. Είχε επίσης συλλέξει πληροφορίες από ταξιδιώτες, σύμφωνα με τις οποίες, σε πολύ κρύες χώρες το νερό που παραγόταν από την τήξη πάγου αλατισμένου νερού ήταν φρέσκο και πόσιμο.

Στις συνεδριάσεις της 20ης Φεβρουαρίου 1683 και 14ης Ιανουαρίου 1684/5 το θέμα της δυνατότητας ψύξης του θαλασσινού νερού λαμβανόταν ως δεδομένο και το φαινόμενο που συζητούνταν ήταν η παραγωγή φρέσκου νερού από αυτόν τον πάγο⁹⁶. Η συζήτηση στη συνάντηση του Φεβρουαρίου ξεκίνησε με την παρουσίαση της εργασίας του Frederick Slare με πειράματα πάνω σε θαλασσινό πάγο που προερχόταν από το λιμάνι του Harwich⁹⁷. Ανάμεσα στα πειράματα που είχε εκτελέσει με τον πάγο, ο Slare είχε παρατηρήσει ότι, όταν ο πάγος έλιωνε, παρήγαγε νερό το οποίο ήταν άγευστο. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαίωναν επιπλέον δοκιμές όπου αναμείγνυε το νερό (που παραγόταν από τον πάγο) με διάφορες ουσίες και παρατηρούσε αν προκαλούνταν αλλαγές στο νερό τις οποίες θεωρούσε ως κριτήριο για την ύπαρξη αλατιού. Το νερό δεν φαινόταν να επηρεάζεται από τα συγκεκριμένα υγρά. Στη συζήτηση που ακολούθησε την παρουσίαση των πειραμάτων του Slare στην Εταιρεία τον Φεβρουάριο του 1683, αναφέρθηκε η πιθανότητα το φρέσκο νερό να προέρχεται από περιοχές της θάλασσας που αποτελούνταν από τέτοιου είδους νερό και τέθηκαν προτάσεις για την ανάσυρση μέρους του θαλάσσιου νερού από τα βάθη της θάλασσας. Η συζήτηση έκλεινε με την

⁹⁵ *Origin of Forms and Qualities*, Boyle [1666-7β] (1666), *Mechanical Origin of Qualities*, Boyle [1675-76β].

⁹⁶ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 6, σσ. 210-212, 287.

⁹⁷ Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 6, σελ. 102.

πιστοποίηση ότι το φαινόμενο της παραγωγής φρέσκου νερού από τον πάγο θαλασσινού νερού είχε αποτελέσει πειραματικό αποτέλεσμα ευρέως πειραματισμού καθώς και φαινόμενο που αποτελούσε κοινή γνώση⁹⁸. Το θέμα όμως της παραγωγής φρέσκου νερού δεν είχε κλείσει. Τον επόμενο χειμώνα, στη συνεδρίαση της 14ης Ιανουαρίου 1684, ο Martin Lister που είχε συμμετάσχει στη συζήτηση του Φεβρουαρίου, παρουσίασε μία εργασία⁹⁹ όπου εξέταζε το χρονικό διάστημα της ψύξης τεσσάρων διαφορετικών υγρών: του «nitrum murarium», του «red-natron water», του θαλασσινού νερού από το Scarborough το οποίο είχε ημιεξατμιστεί, και φυσικής brine από το ίδιο μέρος η οποία είχε εξατμιστεί και είχε το ίδιο ύψος με το θαλασσινό νερό. Η αδυναμία ψύξης του φυσικού brine σε σχέση με το θαλασσινό νερό που παρουσίασε νιφάδες πάγου τον οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μία σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο υγρών και ειδικά στο άλας που τα αποτελούσε. Η αδυναμία του Lister να ψύξει το brine συμφωνούσε με τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle. Η τοποθέτηση των κομματιών πάγου που προέκυπταν από το θαλασσινό νερό κοντά στη φωτιά για να λιώσουν, έδειχνε καταρχήν ότι στην αρχή, όταν τα κομμάτια είχαν απομακρυνθεί από το υγρό, είχαν αλατισμένη γεύση, δεύτερον ότι ο πάγος εξατμιζόταν παρά έλιωνε και άφηνε πίσω του μία λευκή σκόνη αλατιού. Ο Lister συμπεραίνει ότι σε αντίθεση με τα πειράματα που είχαν γίνει στην Εταιρεία τον Φεβρουάριο του 1683, τα δικά του έδειχναν ότι μπορεί να παραχθεί αλατούχος πάγος από το θαλασσινό νερό¹⁰⁰. Ένα δεύτερο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληγε με βάση τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια τήξης του θαλασσινού πάγου από εκείνον του φρέσκου νερού, αποτελούσε η θέση ότι αν τα

⁹⁸ Ο Anglionby υποστήριζε ότι η παραγωγή φρέσκου νερού μπορεί να προερχόταν από σημεία του θαλασσινού νερού που αποτελούνταν από φρέσκο νερό, όπως ήταν ο βυθός της θάλασσας. Ο Hooke θεωρούσε ότι αυτό θα μπορούσε να είναι ένα τυχαίο γεγονός ενώ ένα μέλος της Εταιρείας που θα πήγαινε στις Ινδίες έδινε τόση σημασία στην πρόταση του Anglionby που πρότεινε να προμηθευτεί το κατάλληλο μηχάνημα για να ανασύρει νερό από τα βάθη της θάλασσας. Ο Martin Lister πρότεινε να τραβηχθεί νερό από το βάθος της θάλασσας επειδή το νερό εκεί ήταν πιο αλατισμένο από ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας. Ο Hooke ισχυρίστηκε ότι έχουν γίνει πειράματα που δείχνουν ότι το νερό που παράγεται από τον θαλασσινό πάγο όταν λιώνει είναι κατά ένα μεγάλο μέρος «φρέσκο» (fresh) και ο Lister υποστήριζε ότι το γεγονός ότι το παγωμένο θαλασσινό νερό παράγει φρέσκο νερό όταν λιώνει ήταν γνωστό από παλιά.

⁹⁹ Martin Lister (1639-1702). Η εργασία του με θέμα πειράματα για την ψύξη διαφόρων ρευστών «Some Experiments about Freezing and the Difference Betwixt common fresh Water Ice and that of Sea Water: Also a probable conjecture about the Originall of Niter in Agypt» καταχωρήθηκε στο Register (Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 6, σελ. 163) και τυπώθηκε στα Philosophical Transactions την 28η Ιανουαρίου 1684/5 (Royal Society Archive, *Philosophical Transactions* 167, σς. 836-838). Η εργασία του Slare καταχωρήθηκε στο Register Book. (Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 6, σελ. 102.)

¹⁰⁰ Εδώ ο Lister θα έπρεπε να αναφέρεται στα πειράματα του Slare.

παγόβουνα στις βόρειες περιοχές κρίνονταν ότι αποτελούνταν από αλατούχο νερό, τότε η διάρκειά τους μπορούσε να δικαιολογηθεί όχι μόνο με βάση την μακράιωνη περίοδο στην οποία βρίσκονταν σε ψύξη αλλά και στη φυσική διάρκειά τους λόγω της σύστασής τους από αλατούχο πάγο.

Η εργασία του Lister παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των πειραματικών αποτελεσμάτων που κατέληξαν στην ανάδειξη της παραγωγής κομματιών πάγου από θαλασσινό νερό, τα οποία περιείχαν αλατούχα μέρη, και των οποίων τα υγρά μέρη εξατμίζονταν μετά την τήξη του πάγου δίπλα σε πηγή θερμότητας. Με το συμπέρασμά του ο Lister δεν απέκλιε την περίπτωση να παραχθεί φρέσκο νερό από τον πάγο, αλλά τόνιζε την πιθανότητα να παραχθεί αλατούχος πάγος κάτι που δεν είχε αναδειχτεί από τα πειράματα του προηγούμενου χειμώνα. Οι διαφορές στα πειραματικά του αποτελέσματα σε σχέση με τα αντίστοιχα του Boyle και του Slare αναδεικνύουν το σημαντικό ρόλο που έπαιζαν στην αναπαραγωγή των συγκεκριμένων πειραμάτων το είδος του θαλασσινού νερού, η μέθοδος της ψύξης και οι θερμοκρασιακές συνθήκες τήξης. Η αναλογία του άλατος προς το νερό που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle για να δημιουργήσει τον πάγο που έθεσε υπό εξέταση καθώς και το θαλασσινό νερό στο οποίο στηρίζονταν οι μαρτυρίες που χρησιμοποιούσε από τις ψυχρές χώρες μπορεί να ήταν διαφορετικής περιεκτικότητας σε αλάτι από το νερό που είχε χρησιμοποιήσει ο Lister. Επίσης η χρήση της φωτιάς για την τήξη του πάγου από τον Lister μπορεί να προκαλούσε την εξάτμιση του υγρού μέρους του πάγου παρά την τήξη του σε νερό που παρατηρούσε ο Boyle ο οποίος ενδεχομένως να έθετε τον πάγο στη μέτρια θερμοκρασία ενός δωματίου να τιχθεί. Το γενικό λοιπόν συμπέρασμα για την παραγωγή φρέσκου νερού από πάγο, ήταν δύσκολο να συναχθεί δεδομένου των διαφορών και των ιδιαίτερων συνθηκών στις οποίες γίνονταν οι παρατηρήσεις.

Ένα φαινόμενο που δεν συζητούνταν εκτενώς στο *Cold*, όπου οι αναφορές περιορίζονταν στη δράση του ψύχους στο ξύλο, αλλά τύγχανε μεγάλης προσοχής από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας ήταν οι καταστροφές που προκαλούσε το ψύχος στα δέντρα. Ανάμεσα στις συνεδριάσεις της 5ης Μαρτίου 1683/4 και της 30ης Απριλίου 1684 παρουσιάστηκαν τρία γράμματάμε παρατηρήσεις για αυτό το φαινόμενο και καταγράφηκαν αρκετές συζητήσεις με τη συμμετοχή αρκετών μελών της Εταιρείας

(Musgrave, Aston, Henshaw, Southwell, Wallis, Plot, Lister)¹⁰¹. Στο πρώτο από τα δύο που είχε γράψει ο Musgrave περιέγραφε παρατηρήσεις δέντρων που είχαν σχιστεί στην Οξφόρδη και στο δεύτερο περιέγραφε τις ζημιές που προκάλεσε ο παγετός στον κήπο του πανεπιστημίου της Οξφόρδης¹⁰². Το τρίτο γράμμα ήταν γραμμένο από τον Plot και συμπεριλάμβανε ερωτήσεις που είχε στείλει ο Plot στον Weymouth για το φαινόμενο των δέντρων που σχίζονται από τον παγετό και τις απαντήσεις του τελευταίου¹⁰³. Και τα τρία γράμματα καταχωρήθηκαν στο Letter Book. Τα βασικά ερωτήματα που προσπαθούσαν να απαντήσουν τα μέλη της Εταιρείας μέσα από τα γράμματα και τις συζητήσεις τους ήταν τα εξής: Ποια είδη δέντρων κόβονται στα δύο ή σχίζονται από το ψύχος; Από ποιο σημείο αρχίζουν να σχίζονται; Πως προκαλείται αυτό το φαινόμενο; Αν τα δέντρα αφού σχιστούν στη μέση ξανακλείνουν; Οι αναφορές στο ρόλο της ψύξης των χυμών στο σχίσμο των δέντρων ήταν ποικίλλες. Ο Henshaw ισχυριζόταν ότι τα υγρά που κρατάει το δέντρο στις ρίζες του παγώνουν και έτσι αρχίζει και σχίζεται από εκείνο το σημείο¹⁰⁴, ενώ ο Evelyn απέδιδε την ψύξη στην έλλειψη χυμού στα δένδρα¹⁰⁵.

¹⁰¹ Πρέπει να υπάρχουν περισσότερα γράμματα που παρουσιάστηκαν για το ίδιο φαινόμενο. Για τον Southwell και τον Plot βλ. Robert Southwell (1635-1702, FRS 20 Μαΐου 1663). Ο Robert Southwell φοίτησε στο Κολλέγιο Queens του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης. Την περίοδο 1659-1661 ταξίδεψε στην Ευρώπη, περνώντας από την Ιταλία από όπου μετέφερε στην Αγγλία ένα πρωτότυπο φλωρεντινό θερμοσκόπιο υγρού. Έκανε καριέρα στο Αγγλικό ναυτικό. Μετά το 1665 ήταν απασχολημένος ως απεσταλμένος της αυλής στο εξωτερικό και το 1690 έγινε πρώτος γραμματέας του Κράτους. Από το 1690 μέχρι το 1695 διετέλεσε και ως Πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας. Robert Plot (1640-1696, FRS 6 Δεκεμβρίου 1677). Ο Robert Plot φοίτησε στο Κολλέγιο Magdelene Hall του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης. Δημοσίευσε ένα βιβλίο στην φυσική φιλοσοφία με το οποίο έγινε γνωστός και το οποίο τον βοήθησε στην εκλογή του σε μέλος στη Βασιλική Εταιρεία το 1677. Διετέλεσε γραμματέας της Εταιρείας και συντάκτης του περιοδικού της. Επίσης αναγορεύθηκε σε καθηγητή Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης.

¹⁰² Το πρώτο γράμμα γράφτηκε από τον Musgrave και αφορούσε το σχίσμο των δένδρων από το ψύχος. Καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Letter Book Original, τόμος 9, σελ. 131. Το δεύτερο είχε γραφτεί επίσης από τον Musgrave και είχε ως τίτλο «Mr Musgrave to Mr Aston of a Mathematical Instrument at Paris; of the Loadstone in Nova Francia. More of salt peter of the Petrified. Heel effects of Frosts in the Physick garden; of a Light seen resembling the Sun, April 29th 1684», Royal Society Archive, Letter Book Original, τόμος 9 σελ. 167.

William Musgrave (1655-1721, FRS 19 Μαρτίου 1683). Ο Musgrave σπούδασε Ιατρική στο Κολλέγιο New College του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης και στη συνέχεια εξάσκησε την ιατρική. Το 1684 έγινε γραμματέας της Βασιλικής Εταιρείας και δούλεψε στην συνταξία του περιοδικού της *Philosophical Transactions*.

¹⁰³ «A Paper of Queries concerning the Splitting of Trees By the last Frost, sent By Dr. Plot to the Honourable Viscount Weymouth with the answers returned by his Lordship thereto.», Royal Society Archive, *Letter Book Original*, τόμος 4, σελ. 104.

¹⁰⁴ Βλ. Συνεδρίαση 26ης Μαρτίου 1684, Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 6, σσ. 223-224.

¹⁰⁵ Βλ. Συνεδρίαση 30ης Απριλίου 1684, Royal Society Archive, *Journal Book Original*, τόμος 6, σελ. 243.

3.3 Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος της *Accademia Del Cimento*

3.3.1 Η ίδρυση, η σύσταση και η λειτουργία της Ακαδημίας- Πηγές

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης, εκ παραλλήλου, παρόμοιων πειραματικών δραστηριοτήτων για το ψύχος με εκείνη του Boyle, θα εξετάσουμε την πειραματική δραστηριότητα της ιταλικής Ακαδημίας, *Accademia Del Cimento*, όπως παρουσιάζεται μέσα από το δημοσιευμένο έργο της, *Saggi*. Η πειραματική δραστηριότητα των μελών της Ακαδημίας για το ψύχος αναπτύχθηκε γύρω στο 1657, ημερομηνία ίδρυσης της Ακαδημίας αλλά και νωρίτερα, εφόσον ο πυρήνας των πειραματιστών που την απάρτιζαν είχε αναπτύξει πειραματική δραστηριότητα στη αυλή του δούκα Φερδινάνδου Α΄ των Μεδίκων πριν από την ίδρυσή της. Ο Μέγας δούκας Φερδινάνδος Α΄ των Μεδίκων [1610-1670] ανέλαβε τη διοίκηση του κρατιδίου της Φλωρεντίας το 1628¹⁰⁶. Κατά τη διάρκεια της διοίκησής του ανέπτυξε έντονο ενδιαφέρον για τα γράμματα, τις τέχνες και κυρίως για τη φυσική φιλοσοφία. Από το 1642 ανέπτυξε έντονη πειραματική δραστηριότητα, αποκυήματα της οποίας ήταν η κατασκευή οργάνων θερμομέτρησης όπως το κλειστό θερμοσκόπιο ρευστού, και το θερμοσκόπιο με τις επιπλέουσες μπάλες. Στο πλαίσιο της ανάπτυξης της πειραματικής του δραστηριότητας ο Μέγας δούκας Φερδινάνδος όρισε ως μέλη στην αυλή του σημαντικούς πειραματιστές της εποχής του, όπως ήταν ο Torricelli, με τους οποίους ανέπτυξε σχέσεις. Η κατασκευή θερμοσκοπίων και η εκτέλεση πειραμάτων για την ψύξη αναδεικνύουν το έντονο ενδιαφέρον του Φερδινάνδου για τις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους. Μετά την επιστροφή του στη φλωρεντινή αυλή, ο αγαπημένος αδελφός του Μεγάλου δούκα, πρίγκιπας Λεοπόλδος των Μεδίκων, με τον οποίο ο πρώτος διατηρούσε στενές σχέσεις, άρχισε να συμμετέχει στις πειραματικές δραστηριότητες. Καθώς η δραστηριότητα του Μεγάλου δούκα

¹⁰⁶ Ως πηγή για το ιστορικό της ίδρυσης της Ακαδημίας βλ. Middleton [1671].

μειωνόταν, ο πρίγκιπας Λεοπόλδος ανέλαβε τη διεύθυνση των πειραματικών δραστηριοτήτων καθώς και μεγάλο μέρος της αλληλογραφίας της αυλής για θέματα φυσικής φιλοσοφίας. Σύμφωνα με τον Middleton, η σύσταση της Ακαδημίας Del Cimento αποτελούσε την οργάνωση σε μία συστηματοποιημένη πειραματική έρευνα της προϋπάρχουσας σποραδικής πειραματικής δραστηριότητας που λάμβανε χώρα στο εργαστήριο της Φλωρεντινής αυλής¹⁰⁷. Επίσης υποστηρίζει ότι η οργάνωση προτάθηκε από τον πρίγκιπα Λεοπόλδο στην προσπάθειά του να συνεχίσει το έργο του Γαλιλαίου για την αντίκρουση της αριστοτελικής παράδοσης¹⁰⁸. Σύμφωνα με τον Middleton, η οργάνωση της πειραματικής δραστηριότητας κάτω από το θεσμό της Ακαδημίας έγινε τους καλοκαιρινούς μήνες του 1657, με εναρκτήρια ημερομηνία των συνεδριάσεων τη 19η Ιουνίου 1657.

Με βάση τις πηγές του, ο Middleton ονομάζει οχτώ μέλη της Ακαδημίας από τα οποία κυρίαρχο ρόλο στην πειραματική δραστηριότητά της έπαιξαν ο Borelli, ο Viviani και ο Redi¹⁰⁹. Οι Ακαδημαϊκοί είχαν εκπαιδευτεί κυρίως στους τομείς της φιλοσοφίας, της νομικής, της λογοτεχνίας και των μαθηματικών. Αρκετοί κρατούσαν πανεπιστημιακές θέσεις στη Φιλοσοφία και ορισμένοι στα Μαθηματικά. Σε αντίθεση με τα μέλη της Βασιλικής Ακαδημίας του Λονδίνου, ένα μόνο μέλος της Ακαδημίας εξασκούσε την ιατρική και μάλιστα ως γιατρός του Φερνδινάνδου. Αρκετά μέλη της Ακαδημίας διατηρούσαν διάφορες θέσεις στην αυλή του δούκα, πράγμα το οποίο εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο συγκεντρώθηκαν στη Φλωρεντινή αυλή για τη σύσταση της Ακαδημίας. Επίσης αρκετοί ακαδημαϊκοί είχαν σχέση με τον Γαλιλαίο είτε ως μαθητές του είτε ως συνάδελφοι καθηγητές στο Πανεπιστήμιο καθώς και με τον Torricelli, του οποίου βοηθός είχε διατελέσει ο Viviani¹¹⁰.

¹⁰⁷ Middleton [1971], σσ.,46-47.

¹⁰⁸ Ο Middleton επισημαίνει τη δυσκολία καθορισμού της έναρξης των εργασιών της Ακαδημίας και αναρωτιέται αν στην ίδρυσή της αντιπροσώπευε τη δραστηριότητα του εργαστηρίου του πρίγκιπα Λεοπόλδου μόνο ή και εκείνη που λάμβανε χώρα στο εργαστήριο του Μέγα δούκα Φερδινάνδου.

¹⁰⁹ G. A. Borelli (1608-1679), C. Del Buono (1618-1676), P. Del Buono (1625-1659), A. Marsili (1601-1670), F. Redi (1626-1697), C. Rinaldini (1615-1698), A. Uliva (d. 1668), V. Viviani (1622-1703). Οι δύο γραμματείς της Εταιρείας ήταν ο A. Segni (1633-1697) και ο L. Magalotti (1637-1712). Ο Middleton αναφέρει ότι ο κατάλογος των μελών δεν εξαντλείται σε αυτά τα ονόματα γιατί λόγω του άτυπου και μυστικού χαρακτήρα της Ακαδημίας δεν είναι γνωστά όλα τα μέλη της.

¹¹⁰ Τα μέλη που είχαν έρθει σε επαφή με τον Γαλιλαίο ήταν ο Borelli, ο Marsili, οι αδελφοί Del Buono, και ο Viviani. Τα μέλη που είχαν έρθει σε επαφή με τον Torricelli ήταν ο Segni και ο Viviani.

Σκοπός της Ακαδημίας, όπως σηματοδοτούσε και το όνομά της, «del cemento», δηλαδή Ακαδημία του πειράματος, ήταν η εκτέλεση πειραμάτων για τον έλεγχο των φαινομένων της φύσης.¹¹¹ Η Ακαδημία δεν είχε τυπική εσωτερική οργάνωση πέρα από τον γραμματέα· τα μέλη της όμως συνέρχονταν σε τακτικές συνεδριάσεις. Οι πειραματικές δραστηριότητες των ακαδημαϊκών είχαν τη σύμφωνη γνώμη του πρίγκιπα Λεοπόλδου, ο οποίος κάποιες φορές έδινε εντολές για ορισμένα πειράματα. Κατά βάση όμως τα μέλη ήταν ελεύθερα να εκτελέσουν και να παρουσιάσουν τα πειράματα που ήθελαν¹¹². Η συμμετοχή του πρίγκιπα Λεοπόλδου ήταν έντονη με βάση τα στοιχεία που δίνει ο Middleton ειδικά για τα πειράματα της ψύξης για τα οποία είχε εκδηλώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο πρίγκιπας Λεοπόλδος επίσης ήταν αυτός που προώθησε και πίεσε για τη δημοσίευση των πειραμάτων της Ακαδημίας. Σύμφωνα με τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία, η διάλυση της Ακαδημίας, το 1667, οφειλόταν σε διάφορους λόγους, οι πιο σημαντικοί από τους οποίους αφορούσαν την ανάπτυξη διαμαχών ανάμεσα στα μέλη της, όπως ήταν η διαμάχη μεταξύ του Viviani και του Borelli και η αποχώρηση τριών μελών, του Borrelli, του Rinaldini και του Uliva, καθώς και η εκλογή του Πρίγκιπα Λεοπόλδου σε καρδινάλιο από τον Πάπα Κλεμέντιο Ι΄¹¹³. Όπως έχει αναφέρει στη μελέτη του ο Boschiero, οι διαφοροποιημένες και αντικρουόμενες απόψεις που είχαν τα μέλη για τα φαινόμενα του ψύχους αποκαλύπτουν τη διαμάχη που υπήρχε ανάμεσα σε οπαδούς της αριστοτελικής θεωρίας και οπαδούς των νέων ατομιστικών θεωριών¹¹⁴. Η ύπαρξη διαφοροποιήσεων στο επίπεδο της θεωρητικής εξήγησης των φαινομένων θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για την παύση των εργασιών και τη διάλυση της Ακαδημίας.

Βασική πηγή για τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος της Ακαδημίας αποτελούσε το μοναδικό δημοσιευμένο έργο των πειραμάτων της

¹¹¹ Ο Middleton αναφέρει ως ορισμούς της λέξης «del cemento» την επιστημονική ανάλυση η οποία επιτυγχάνεται με ένα μίγμα με βάση άλατα και άλλες ουσίες, για την ανάλυση των μετάλλων, το πείραμα, και τον έλεγχο. Στο χαραγμένο διάκοσμο της πρώτης σελίδας του *Saggi* εμφανιζόταν η φράση «Provando e gironando» η οποία μεταφράζεται ως «δοκιμή και λάθος» ή «εξέταση και επανεξέταση». Middleton [1671], σσ. 52-53.

¹¹² «There seems to have been no order or precedence among the members, and each one was allowed freely to propose experiments and discuss those that had been done. Occasionally, Leopold did indeed give particular tasks to one or other of his Academicians», ο.π., σελ. 54.

¹¹³ Η τελευταία συνάντηση που καταγράφεται στα ημερολόγια της Εταιρείας ήταν την 5^η Μαρτίου 1667. Βλ, Middleton [1671], σσ. 309-329.

¹¹⁴ Boschiero [2003].

Ακαδημίας, το έργο *Saggi*¹¹⁵. Για την έρευνα χρησιμοποιήσαμε την ανανεωμένη έκδοση της αγγλικής μετάφρασης του έργου από τον Richard Waller, ο οποίος ήταν μέλος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου¹¹⁶. Το ιταλικό πρωτότυπο είχε παρουσιαστεί στην Εταιρεία από το γραμματέα της Ακαδημίας Magalotti και τον ακαδημαϊκό Paolo Falconieri την 12η Μαρτίου 1668¹¹⁷. Η περίληψη του βιβλίου διαβάστηκε στη συνεδρίαση της Εταιρείας της 29ης Μαρτίου 1668¹¹⁸. Αρκετά χρόνια αργότερα, ανάμεσα στο Νοέμβριο του 1682 και το Νοέμβριο του 1683, ο πρόεδρος της Εταιρείας, Sir John Hoskyns, ανέθεσε στον Wallter τη μετάφραση του βιβλίου· η δημοσιευμένη μετάφραση παρουσιάστηκε στη συνεδρίαση της 5ης Νοεμβρίου 1684¹¹⁹. Οι παρουσιάσεις των πειραμάτων στο *Saggi* ήταν ανώνυμες· παρ'όλα αυτά, τα πειράματα στις χειρόγραφες πηγές ήταν επώνυμα, όπως επίσης και κάποια πειράματα στο πρόχειρο χειρόγραφο του *Saggi*.

Οι βασικές κατηγορίες φαινομένων που εξετάζονταν πειραματικά στο *Saggi* αποτελούσαν την πνευματική, όπου ως μέρος των πειραμάτων για την ατμοσφαιρική πίεση εξετάζονταν τα δημοφιλή πειράματα του Torricelli και του Roberval καθώς και το θέμα της μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης με την αλλαγή του υψομέτρου (2ο κεφάλαιο)· επίσης ως μέρος της πνευματικής εξετάζονταν διάφορες ιδιότητες των σωμάτων (θερμότητα, ψύχος, μαγνήτης, διάδοση του ήχου) καθώς και η συμπεριφορά των ζώων στο κενό (κεφ. 4 ,5). Η δεύτερη θεματική αφορούσε τις ιδιότητες των σωμάτων και πιο συγκεκριμένα την τεχνητή και φυσική ψύξη (κεφ.6,7), τις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους (κεφ.8), τις ιδιότητες του μαγνήτη (κεφ.11), του κεχριμπαριού, και ηλεκτρικών ουσιών(κεφ. 12), την αλλαγή των χρωμάτων στα υγρά(κεφ.13), και την κίνηση του ήχου (κεφ.14)¹²⁰. Η τρίτη και τέταρτη θεματική αφορούσαν την κινηματική και την υδροστατική· στην πρώτη οι φλωρεντίνοι πειραματιστές επικεντρώνονταν σε πειράματα για την κίνηση βλημάτων (κεφ. 15) και

¹¹⁵ *Saggi di naturali Experience fatte nell'Accademia del Cimento sotto la protezione del Serenissimo Principe Leopoldo di Tosacana e descritte dal segretario di essa Accademia* (Firenze: Giuseppe Cocchini, 1667)

¹¹⁶ Richard Waller [- 1714, FRS April 27, 1681]. Ήταν επίσης υπεύθυνος της μεταθανάτιας έκδοσης του έργου του Robert Hooke *The Posthumous Works of Dr. Robert Hooke*,

¹¹⁷ Middleton [1671], σελ. 32.

¹¹⁸ Βλ. Accademia Del Cimento [1964], σελ. xi.

¹¹⁹ Accademia Del Cimento [1964], *Essayes of Natural Experiments made in the Academie del Cimento*, New York/ London: Johnson Reprint Corporation. First edition 1684.

¹²⁰ «electric substances», ο.π., σελ. xix.

στη δεύτερη σε πειράματα για τη συμπίεση του νερού και την άνωση (κεφ.9,10). Επίσης δύο κεφάλαια ήταν αφιερωμένα στην περιγραφή των οργάνων, το πρώτο στα όργανα θερμομέτρησης (κεφ.1) και το δεύτερο στα όργανα ανάδειξης της ατμοσφαιρικής πίεσης. Τα πειράματα που παρουσιάζονταν στο *Saggi* δεν στόχευαν σε μία συνολική εξέταση όλων των εκφάνσεων ενός φυσικού φαινομένου, αλλά στην εξέταση επιλεγμένων φαινομένων που αφορούσαν μία ιδιότητα όπως ήταν το ψύχος ή ένα γενικό φαινόμενο όπως ήταν η ατμοσφαιρική πίεση. Στην περίπτωση του ψύχους και της ψύξης εξετάζονταν περισσότερα φαινόμενα από ό,τι για τις άλλες ιδιότητες ή τη θεματική της υδροστατικής και της κινηματικής.

Η ταυτοποίηση αρκετών ερωτημάτων που καθοδήγησαν την πειραματική πρακτική των Φλωρεντινών πειραματιστών με εκείνα που διατυπώνονται μέσω της δραστηριότητας του Boyle, αποτελεί το εφαλτήριο για μία συγκριτική έρευνα των πειραμάτων της Ακαδημίας με εκείνα του Boyle και της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου με σκοπό την εντάξη της δραστηριότητας των Ιταλών στη γενικότερη προβληματική για το ψύχος που αναπτύσσεται αυτή την εποχή και να αποτελέσει μία βάση για τη σύγκριση της πειραματικής μεθόδου του Boyle και των Άγγλων πειραματιστών με εκείνη των Φλωρεντινών πειραματιστών.

3.3.2 Τα πειραματικά ενδιαφέροντα, οι πειραματικές δοκιμές και τα αποτελέσματα των μελών της Ακαδημίας

Το μεγαλύτερο μέρος των πειραμάτων για το ψύχος που παρουσίαζαν οι Ιταλοί πειραματιστές στο *Saggi* αφορούσαν τα τεχνητά και φυσικά φαινόμενα της ψύξης, στα οποία ήταν αφιερωμένα αντίστοιχα δύο κεφάλαια¹²¹. Στο κεφάλαιο της τεχνητής ψύξης επικεντρώνονταν σε ερευνητικά θέματα όπου ως ψυκτική μέθοδος χρησιμοποιούνταν το μίγμα χιονιού και αλατιού¹²². Ενώ θεωρούσαν ότι η πειραματική διαδικασία της τεχνητής ψύξης δεν διέφερε από τη φυσική διαδικασία ψύξης μέσω του αγνού και απλού ψύχους του αέρα, δήλωναν ότι τουλάχιστον το νερό μπορούσε να ψυχθεί καλύτερα στο εργαστήριο από ό,τι στον άερα. Ανέφεραν χαρακτηριστικά ότι όταν το νερό ψυχόταν

¹²¹ «Experiments on Artificial Freezing» και «Experiments on Natural Ice», Accademia Del Cimento [1964], σς. 69-95 και 95-103.

¹²² Accademia Del Cimento, (1964), σς.72-94.

μέσα στο εργαστήριο με τα σωστά υλικά, μετατρέπονταν στο πιο σκληρό «rock-crystal» και αποκτούσε τη σκληρότητα του διαμαντιού¹²³.

Τα φαινόμενα που εξετάζαν τα μέλη της Ακαδημίας ταυτίζονταν με ορισμένα από εκείνα που παρουσιάσαμε στην πρώτη κατηγορία πειραμάτων του *Cold*. Οι Ιταλοί πειραματιστές εξετάζαν τη διόγκωση του νερού με την ψύξη, τη δύναμη που αναπτύσσεται κατά τη διόγκωσή του, την αύξηση του όγκου του, καθώς και ένα πρωτότυπο πείραμα όπου εξετάζονταν τα στάδια που περνάει το νερό πριν από την ψύξη του. Στην εισαγωγή των πειραμάτων για την τεχνητή ψύξη, οι Ιταλοί πειραματιστές τόνιζαν τη δυνατότητα της θερμότητας να ρευστοποιεί τα σώματα καθώς και την αντίστοιχη δυνατότητα του ψύχους να τα μετατρέπει σε πάγο. Η αναφορά τους στα διάφορα φαινόμενα της ψύξης επικεντρωνόταν στα παραδείγματα όπου επιδεικνυόταν η δυναμική των φαινομένων είτε με την ψύξη σωμάτων όπως ήταν τα μέταλλα είτε με τη δύναμη και ένταση με την οποία έσπαγαν φιάλες, φτιαγμένες από διαφορετικά ανθεκτικά υλικά, όταν πάγωνε ένα εσώκλειστο υγρό. Οι πειραματιστές παρομοίαζαν τις επιδράσεις του ψύχους καθώς και τη δύναμη που επιδείκνυε η δράση του με την αντίστοιχη δράση της θερμότητας, της οποίας η δύναμη επιδεικνυόταν μέσα από τη δυνατότητά της να ρευστοποιεί, μέσω της φωτιάς, μέταλλα και να διανύγει διόδους μέσα στα ορυχεία. Η πειραματιστές συσχέτιζαν την έρευνά τους με τις δύο αντικρουόμενες απόψεις για «τις αιτίες της ψύξης»: την «θετική» θεώρηση του ψύχους, δηλαδή την θεώρησή τους ως ποιότητας η οποία προέρχεται από κάποιο σώμα όπως το νερό, τον αέρα ή και τον πάγο, και την «ελλειπτική θεώρηση του ψύχους» «Privative», σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελεί την έλλειψη της θερμότητας. Η παρατήρηση της δυναμικής των φαινομένων που προκαλούσαν και οι δύο ιδιότητες φαίνεται ότι οδηγούσαν αναπόφευκτα στο ερώτημα για τη θετική «positive» ή «ελλειπτική» («privative») εξήγηση της φύσης του ψύχους. Όπως θα δούμε στο τέταρτο κεφάλαιο, τα φαινόμενα ψύχους όπου αναδεικνυόταν μία δυναμική αποτελούσαν προβληματικά φαινόμενα για τους υποστηρικτές της θεώρησης του ψύχους ως «ελλειψής» κίνησης ή θερμότητας οι οποίοι δεν μπορούσαν να εξηγήσουν πώς από μία έλλειψη δημιουργούνταν δυναμικά φαινόμενα.

¹²³ Accademia Del Cimento, (1964), σελ.70.

Η ψύξη του νερού και η παρατήρηση της διόγκωσής του αποτελούσαν και για τους Φλωρεντίνους πειραματιστές, όπως και για τον Boyle, την αφετηρία για μία σειρά πειραμάτων πάνω στα φαινόμενα της ψύξης. Οι πειραματικές διατάξεις των Φλωρεντίνων πειραματιστών βασίζονταν σε προτάσεις που είχε καταλήξει ο δάσκαλός ορισμένων μελών, ο Γαλιλαίος, μετά από δική του έρευνα σε ορισμένα φαινόμενα. Η διόγκωση του νερού κατά την ψύξη είχε προταθεί από τον Γαλιλαίο, με βάση τη θεωρία του για την αραιοποίηση και στερεοποίηση των υγρών και των σωμάτων. Σύμφωνα με τον Γαλιλαίο η αραιοποίηση σήμαινε ότι το σώμα διαγκωνόταν και γινόταν πιο ελαφρύ ενώ η συμπύκνωση του σώματος σήμαινε ότι συρρικνωνόταν και γινόταν πιο βαρύ. Εφόσον λοιπόν το νερό αύξανε τον όγκο του με την ψύξη και ο πάγος επέπλεε στο νερό, ένα φαινόμενο που έδειχνε ότι ήταν πιο ελαφρύς από το νερό, συμπεραίνε, ότι ο πάγος αποτελούσε νερό αραιοποιημένο. Η υπόθεση του Γαλιλαίου για την ελαφρύτητα του πάγου επιβεβαιωνόταν από φυσικά φαινόμενα όπως ήταν τα παγόβουνα. Παρόλο που οι Ιταλοί πειραματιστές ανέφεραν τις δύο εξηγητικές υποθέσεις, τις οποίες εξέταζε ο Boyle στο ένατο κεφάλαιο για το ψύχος, για την επίπλευση του πάγου, δηλαδή την ύπαρξη μικρών κενών χώρων ή σωματιδίων αέρα μέσα στον πάγο, δεν εκτελούσαν, αντίστοιχα, πειράματα για να εξετάσουν το θέμα.

Τα πειράματα των Ιταλών πειραματιστών για την αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη επικεντρώνονταν στην εξέταση της ισχύος της υπόθεσης του Γαλιλαίου στην περίπτωση που το νερό τοποθετούνταν να ψυχθεί μέσα σε φιάλες ανθεκτικών υλικών όπως ήταν ο ορείχαλκος, το ασήμι, ο χρυσός και το γυαλί. Σύμφωνα με την πειραματική διάταξη που χρησιμοποιούσαν, το σπάσιμο της φιάλης αποδείκνυε την αύξηση του όγκου του νερού. Η αναφορά των Ιταλών σε περιπτώσεις όπου τα πειραματικά αποτελέσματα ήταν αμφιλεγόμενα, έδειχνε ότι από τη μία δέχονταν την ισχύ του φαινομένου της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη αλλά άφηναν ως ενδεχόμενο το φαινόμενο να είχε άλλη εξέλιξη στις συγκεκριμένες πειραματικές διατάξεις. Ένα τέτοιο πρόβλημα ανέκυψε όταν, ένα κομμάτι πάγου που συλλέχθηκε από ένα δοχείο που δεν είχε σπάσει, έδειχνε, ότι το νερό κατά την ψύξη του είχε συσταλεί και είχε συμπυκνωθεί έτσι ώστε να μην επιπλέει σε ρευστό νερό. Τελικά το φαινόμενο αποδόθηκε σε κατασκευαστικό πρόβλημα του δοχείου. Περιπτώσεις όπως αυτή του δοχείου από χρυσό που δεν έσπασε,

ερευνώνταν περισσότερο και τελικά αποδεικνυόταν ότι με την ψύξη του νερού το μέταλλο είχε διασταλεί και διογκωθεί.

Οι Ιταλοί πειραματιστές παρουσίαζαν πειραματικές διατάξεις με τις οποίες προσπαθούσαν να αντικρούσουν την εξήγηση του φαινομένου της ρήξης των φιαλών με την ψύξη του νερού μέσω της συμπίκνωσης του νερού κατά την ψύξη του. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, την οποία δεν απέδιδαν σε συγκεκριμένο φυσικό φιλόσοφο, το νερό κατά την ψύξη του συμπυκνωνόταν και προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία κενού, το πώμα ελκόταν προς τα μέσα μέχρι το σημείο που δεν άντεχε άλλο και έσπαγε. Για να αντικρούσουν τη συγκεκριμένη εξήγηση οι Ιταλοί πειραματιστές χρησιμοποιούσαν τη φορά προς το εξωτερικό μέρος των άκρων της φιάλης και των ραγισμάτων του δοχείου, καθώς και το κοίλο που παρουσιάζε ο πάγος και το πώμα. Στην περιγραφή της πρώτης κατηγορίας των πειραμάτων του *Cold*, δείξαμε ότι ο Boyle αντέκρουε μία παρόμοια άποψη, την οποία απέδιδε στους αριστοτελικούς και τους μοντέρνους φιλοσόφους σύμφωνα με τους οποίους, το φαινόμενο να μην προκαλούνταν από τη συρρίκνωση του νερού, αλλά το σπάσιμο της φιάλης αποδίδονταν στην εισχώρηση του εξωτερικού αέρα κατά την αραιοποίηση του εσώκλειστου υγρού και αέρα, είτε για την αποφυγή δημιουργίας κενού είτε λόγω του βάρους του. Η σύγκριση μεταξύ των εξηγητικών υποθέσεων που αντέκρουαν ο Boyle και οι Ιταλοί πειραματιστές δείχνει ότι έδιναν διαφορετική ερμηνεία στην αριστοτελική εξήγηση του φαινομένου. Παρόλο που οι Ιταλοί πειραματιστές δεν απέδιδαν την εξήγηση που αντέκρουαν σε κάποια συγκεκριμένη θεωρία, η αναφορά τους στην τάση της φύσης να αποφύγει το κενό παρέπεμπε στην αριστοτελική άποψη. Η έλλειψη αναφοράς τους στη συστολή του αέρα με το ψύχος και την εισχώρηση του εξωτερικού αέρα, αναδεικνύει καταρχήν την αδιαφορία τους για το ρόλο που μπορεί να παίζει στο φαινόμενο η δράση του ψύχους στον αέρα καθώς και η εξωτερική πίεση του αέρα. Ίσως να θεωρούσαν δεδομένο το φαινόμενο της αδυναμίας συρρίκνωσης του αέρα από ένα βαθμό ψύχους που προκαλεί ψύξη. Από την άλλη, η σημασία που έδινε ο Boyle στην απόδειξη της αδυναμίας συρρίκνωσης του αέρα με τον βαθμό που προκαλεί ψύξη, δείχνει ότι για εκείνον αποτελούσε ένα φαινόμενο το οποίο χρειαζόταν πειραματικές αποδείξεις για να ανατραπεί. Επίσης αναδεικνύει την γνώση που είχε αποκτήσει για την πνευματική και την ελαστικότητα του αέρα μέσα από τον εκτενή πειραματισμό του στην πνευματική. Σε

αντίθεση, τα πειράματα που παρουσίαζαν οι Ιταλοί στο *Saggi* για την πνευματική δεν φαίνονταν να είναι τόσο εκτενή όσο οι τρεις πραγματείες που είχε ήδη δημοσιεύσει ο Boyle πριν από το *Cold*.

Το σπάσιμο των φιαλών στα παραπάνω πειράματα αποτελούσε ένδειξη για τους Ιταλούς πειραματιστές ότι το νερό κατά τη διόγκωσή του ανέπτυξε τέτοια δύναμη που ξεπερνούσε την αντίσταση του μετάλλου. Την ίδια δύναμη θεωρούσαν ότι αναδεικνυε το πέταγμα σε μεγάλο ύψος του λαιμού των γυάλινων δοχείων καθώς το νερό διογκωνόταν και αναγκαζόταν να σπάσει το δοχείο. Οι Ιταλοί πρότειναν δύο τρόπους μέτρησης αυτής της δύναμης. Σύμφωνα με τον πρώτο, το νερό τοποθετούνταν να ψυχθεί μέσα σε στρογγυλά δοχεία από μέταλλο. Όσο το δοχείο δεν έσπαγε, κατά την ψύξη του νερού, αφαιρούσαν ένα στρώμα από το μεταλλικό δοχείο και ξαναδοκίμαζαν· αυτή η διαδικασία επαναλαμβανόταν μέχρι το σημείο που το δοχείο είχε τέτοιο πάχος που δεν άντεχε τη δύναμη της αύξησης του όγκου του νερού και έσπαγε. Η πειραματική διάταξη αποτελούσε έναν ποιοτικό τρόπο ένδειξης της έντασης της δύναμης. Η δεύτερη μέθοδος που πρότειναν μπορούσε να οδηγήσει σε μετρήσιμα αποτελέσματα. Οι Ιταλοί πειραματιστές προσπαθούσαν να μετρήσουν τη δύναμη που θα χρειαζόταν για να σπάσει το δοχείο μέσω του βάρους ενός μετάλλου το οποίο ήταν ικανό να προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα. Έφτιαχναν δαχτυλίδια στο πάχος των φιαλών, τοποθετούσαν βάρη σε ένα κώνο που συνδεόταν με το δαχτυλίδι, και παρατηρούσαν με ποιό βάρος το δαχτυλίδι θα έσπαγαν. Αν λοιπόν η ψύξη του νερού είχε το ίδιο αποτέλεσμα σε μία φιάλη που είχε το ίδιο πάχος με εκείνο ενός δαχτυλιδιού που είχε σπάσει από συγκεκριμένο βάρος, η δύναμη θραύσης της φιάλης θα μπορούσε να συγκριθεί με αυτό. Παρόλο που οι Ιταλοί πειραματιστές πρότειναν τις δύο μεθόδους, δεν παρέθεταν τα πειράματά τους ούτε κάποιο μετρήσιμο αποτέλεσμα, δίνοντας τη δικαιολογία ότι είχαν συναντήσει πολλές αβεβαιότητες κατά τον πειραματισμό.

Η έρευνα της διόγκωσης του νερού με το ψύχος και της δύναμής της αποτελούσε ένα κοινό πλαίσιο πειραματισμού για τον Boyle και τους Ιταλούς πειραματιστές. Το σπάσιμο των φιαλών αποτελούσε και για τους δύο μία ποιοτική ένδειξη της δύναμης, της οποίας η ένταση αναδεικνυόταν μέσα από τη διαφορετικότητα της σκληρότητας των μετάλλων που χρησιμοποιούνταν. Ένα επίσης κοινό σημείο ήταν η συσχέτιση της δύναμης που χρειαζόταν για να σπάσει το παγωμένο νερό το δοχείο με εκείνη που ασκεί

ένα βάρος. Οι τρόποι όμως με τους οποίους προσπάθησαν να ερευνήσουν αυτή τη σχέση ήταν διαφορετικοί. Ο Boyle σύγκρινε τη δύναμη που θα ασκούσε πάνω στο πώμα ενός δοχείου το παγωμένο νερό με το βάρος το οποίο χρειαζόταν για να το τραβήξει προς τα έξω, ενώ οι Ιταλοί πειραματιστές σύγκριναν τη δύναμη με το βάρος που σπάει ένα δαχτυλίδι ανάλογου πάχους και από το ίδιο μέταλλο με τη στρογγυλή φιάλη. Ορισμένοι όμως μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν εκατέρωθεν ήταν πρωτότυπες: οι Ιταλοί πειραματιστές χρησιμοποίησαν ως μέθοδο ελέγχου της αντίστασης της φιάλης στην ψύξη του νερού την αφαίρεση στρωμάτων/πάχους του μετάλλου της φιάλης· ο Boyle σύγκρινε τη δύναμη της αύξησης του όγκου του νερού μέσω της δυνατότητας συστολής του αέρα σε λιγότερο χώρο όταν τα δύο ρευστά εσωκλείονταν στην ίδια φιάλη. Επίσης είχε δοκιμάσει τη μέτρηση της δύναμης της διόγκωσης του νερού μέσω της τοποθέτησης βαρών πάνω στο πώμα μίας φιάλης και της παρατήρησης της δυνατότητας του νερού να σηκώσει το πώμα κατά την ψύξη του. Από τους τρεις τρόπους, ο δεύτερος αναδεικνύει τη χρήση από τον Boyle πειραμάτων και συμπερασμάτων της πνευματικής για την διεξαγωγή πειραμάτων της ψύξης. Οι Ιταλοί πειραματιστές δεν έκαναν χρήση τέτοιων συμπερασμάτων. Μία επίσης σημαντική διαφορά ήταν ότι παρόλο που στον Boyle τα περισσότερα πειράματα έδειχναν ποιοτικά το μέγεθος της δύναμης της διόγκωσης του νερού, ορισμένες περιπτώσεις της μεθόδου μέτρησης με το βάρος καθώς και με τη συστολή του αέρα, κατέληγαν σε ένα ποσοτικό αποτέλεσμα ενώ στους Ιταλούς εξέλειπαν τελείως τα πειράματα καθώς και τα ποσοτικά αποτελέσματα. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι μέσω των λιγοστών ποσοτικών αποτελεσμάτων, ο Boyle δεν κατέληγε σε κάποια κανονικότητα για τη δύναμη της διόγκωσης του νερού.

Η απόδειξη της διόγκωσης του νερού με το ψύχος είχε οδηγήσει τους Φλωρεντίνους πειραματιστές, όπως είχε γίνει και στην περίπτωση του Boyle, στη μέτρηση της διόγκωσης. Οι δύο από τις τρεις μεθόδους που χρησιμοποίησαν κατέληξαν στα ίδια ποσοτικά πειράματα. Με την πρώτη μέθοδο σύγκριναν το ύψος στο οποίο έφτανε το νερό στη ρευστή του κατάσταση σε ένα σωλήνα με το ύψος που η ίδια ποσότητα καταλάμβανε όταν είχε μετατραπεί σε πάγο. Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο, σύγκριναν το βάρος του νερού που περιεχόταν σε ένα σωλήνα με το βάρος πάγου που καταλαμβάνει τον ίδιο χώρο. Η αναλογία του νερού, στη ρευστή του κατάσταση, προς τον πάγο και στις δύο περιπτώσεις ήταν 8 προς 9. Οι Ιταλοί πειραματιστές είχαν

καταλήξει στην ίδια κανονικότητα στην οποία είχε καταλήξει με παρόμοια πειράματα ο Boyle. Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιούσαν οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές ταυτιζόταν με τη μέθοδο που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle, φτιάχνοντας πρώτα μία κλίμακα σε ένα σωλήνα με βάση το βάρος του νερού και συγκρίνοντας το βάρος που είχε η ποσότητα του νερού και στη συνέχεια το βάρος που θα είχε ποσότητα νερού που θα καταλάμβανε τον ίδιο χώρο που θα καταλάμβανε η αρχική ποσότητα νερού μετά την ψύξη της¹²⁴. Οι δύο τρόποι αποκαλύπτουν μία διαφορά στο μέγεθος το οποίο θεωρούσε ο καθένας ότι μετρούσε· ο Boyle θεωρούσε ότι με το δικό του τρόπο μετρούσε χώρο άρα όγκο ενώ οι Ιταλοί πειραματιστές μετρούσαν καθαρά βάρος.

Το τελευταίο πείραμα που συμπεριλάμβαναν ανάμεσα στα πειράματα τεχνητής ψύξης αφορούσε την εξέταση των σταδίων από τα οποία περνούσε το νερό όταν ασκούνταν σε αυτό βαθμός ψύχους που ξεπερνούσε αυτόν που προκαλεί τη συρρίκνωση του και μέχρι η έντασή του να προκαλέσει την αύξηση του όγκου του με την ψύξη¹²⁵. Οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές έθεταν νερό σε ένα δοχείο το οποίο αποτελούνταν από ένα στρογγυλό γυάλινο δοχείο με λαιμό ύψους, σε μία περίπτωση 34 ιντσών και σε άλλη 45 και 8/10 ιντσών, να ψυχθεί μέσα σε μίγμα χιονιού και αλατιού και παρατηρούσαν τις επιδράσεις του ψύχους σε αυτό μέχρι τη στιγμή της μετατροπής του σε πάγο. Αρχικός σκοπός τους ήταν να εξετάσουν τί συμβαίνει ανάμεσα στην παρατήρηση της συρρίκνωσης του όγκου του νερού με το ψύχος και την παρατήρηση της ανάκτησης και στη συνέχεια αύξησης του όγκου του κατά την ψύξη. Παρατήρησαν ότι πριν από την ψύξη του, το νερό περνούσε από τις εξής έξι φάσεις: στην αρχή το νερό από τη φυσική του στάθμη ανέβαινε κατά πολύ λίγο μέσα στο σωλήνα (2η φάση) και μετά πολύ γρήγορα έπεφτε. Το φαινόμενο αποδιδόταν στην συρρίκνωση του γυάλινου δοχείου κατά την επαφή του με το ψύχος του ψυκτικού μίγματος. Στη συνέχεια το νερό έπεφτε, συρρικνωνόταν δηλαδή, με μία μέτρια ταχύτητα (3η φάση) μέχρι που έφτανε σε ένα σημείο όπου η στάθμη του σταθεροποιούνταν (4η φάση). Στο επόμενο στάδιο, το νερό ξανάρχιζε να ανεβαίνει στο σωλήνα με αργό ρυθμό (5η φάση) μέχρι να μπει στο

¹²⁴ Το προβληματικό σημείο στις μετρήσεις των Ιταλών είναι ότι βρίσκουν την αναλογία των βαρών του νερού ως ρευστού και του ίδιου όγκου σε πάγο, 8 προς 9, ενώ σύμφωνα με το δεδομένο ότι ο πάγος ίσου όγκου με το νερό θα είχε το ίδιο βάρος με λιγότερη ποσότητα νερού, το ποσοστό θα έπρεπε να είναι αντίστροφο. Δηλαδή, η αναλογία του βάρους του πάγου σε νερό ίδιου όγκου θα έπρεπε να είναι 8 προς 9.

¹²⁵ «Experiments, Touching the Procedure of Artificial Freezings, with their wonderful Accidents.», Ο.π. σς. 77-94.

τελευταίο στάδιο όπου πεταγόταν πάνω σαν ελατήριο (6η φάση) και στη συνέχεια συνέχιζε να ανεβαίνει με λιγότερη ταχύτητα. Για το τελευταίο στάδιο διευκρίνιζαν ότι μετά το πρώτο γρήγορο πέταγμα προς τα πάνω, η άνοδος του νερού οφειλόταν στη μετατροπή μέρους του νερού σε πάγο¹²⁶. Με επανειλημμένα πειράματα, οι Φλωρεντινοί συμπέραναν ότι το νερό καθώς και κάποια άλλα υγρά περνούσαν πάντα από αυτά τα στάδια πριν μετατραπούν σε πάγο, και ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το σημείο στο οποίο βρισκόταν το νερό στο σωλήνα σε κάθε στάδιο ήταν από δοκιμή σε δοκιμή το ίδιο.

Θεωρούσαν ότι η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη λειτουργούσε ως ένα είδος θερμοσκοπίου το οποίο αναδείκνυε τους βαθμούς ψύχους κάθε σταδίου. Μετά την πιστοποίηση των διαφόρων σταδίων της προ-ψύξης του νερού και της ύπαρξης μίας κανονικότητας των ενδείξεων κάθε σταδίου, χρησιμοποιούσαν ένα κλειστό θερμοσκόπιο ρευστού 400 βαθμών για να καταγράφουν τον βαθμό ψύχους κάθε σταδίου και ένα εκκρεμές για να καταγράφουν τα χρονικά διαστήματα που χώριζαν τα στάδια. Από την περιγραφή της πειραματικής διάταξης γίνεται σαφές ότι το θερμοσκόπιο δεν μετρούσε τη θερμοκρασία του νερού αλλά κατευθείαν τη θερμοκρασία του ψυκτικού μίγματος. Στη συνέχεια παρέθεταν πίνακες όπου αντιπαραθέτονταν οι ενδείξεις, σε βαθμούς, του νερού σε κάθε στάδιο, οι ενδείξεις, σε βαθμούς, του θερμοσκοπίου και οι ενδείξεις, σε παλμούς, του εκκρεμούς. Οι Φλωρεντινοί πειραματιστές παρέθεταν ορισμένα συμπεράσματα από αυτές τις μετρήσεις, ωστόσο απέφευγαν να καταλήξουν σε γενικά συμπεράσματα λόγω κάποιων προβλημάτων που αντιμετώπιζαν στην καταγραφή των βαθμών του θερμοσκοπίου και του εκκρεμούς¹²⁷. Αυτά τα άφηναν στη διακριτική ευχέρεια των αναγνωστών.

Με βάση τρεις δοκιμές ψύξης που επιχειρήθηκαν με την ίδια ποσότητα νερού και το ίδιο ψυκτικό μίγμα, συμπέραναν ότι οι μετρήσεις σε κάθε στάδιο διέφεραν ελάχιστα από δοκιμή σε δοκιμή. Αυτή η παρατήρηση επιβεβαίωνε το γεγονός ότι τα στάδια από τα οποία περνούσε το νερό πριν την ψύξη του προκαλούνταν από διαφορετικούς βαθμούς ψύχους και ότι κάθε στάδιο συνέβαινε σε έναν καθορισμένο βαθμό ψύχους. Επίσης

¹²⁶ «We said before, that after this Spring or Start, the Water does not stop upon a sudden, but continues to rise with a Motion swift enough, though incomparably less than the preceding: but of this *Subsequent Motion*, we have taken no account, it proceeding onely from the *Prosecution* or *Rarification* in the *Ice* already made, or to say better from the *Ice* shooting in the *Ball* by little and little, as it hardens after the *Fury* of the first *Impetus*», Ο.π.

κατέληγαν στο συμπέρασμα ότι ο λόγος που τα υγρά πάγωναν σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά τη δεύτερη δοκιμή ψύξης ήταν η χρήση του ίδιου μίγματος χιονιού και αλατιού όπου ο πάγος είχε λιώσει και επομένως μείωνε την ψυκτική δύναμη του μίγματος. Μία πρώτη σημαντική παρατήρηση αφορούσε τη μείωση της θερμοκρασίας από στάδιο σε στάδιο. Αυτό οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι για την ψύξη του νερού χρειαζόταν ένας μεγαλύτερος βαθμός ψύχους από αυτόν που ασκούσε αρχικά το μίγμα χιονιού και αλατιού, πριν αρχίσει να λιώνει. Δεύτερον, οι μετρήσεις έδειχναν ότι στα δύο τελευταία στάδια, σε αυτό της ανόδου του νερού και του ξαφνικού πετάγματος πριν από την ψύξη, το θερμοσκόπιο έδειχνε τον ίδιο βαθμό ψύχους. Με τις παρατηρήσεις τους οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές είχαν καταφέρει να δείξουν ότι ενώ χρησιμοποιούνταν ένα ψυκτικό μίγμα, το θερμοσκόπιο κατέγραφε μία σειρά από όλο και μειωμένους βαθμούς ψύχους πριν σταθεροποιηθεί στο βαθμό στον οποίο το νερό ψυχόταν. Η διάκριση των βαθμών ψύχους αφορούσε, δηλαδή, τους βαθμούς που εκλύονταν από το ίδιο το ψυκτικό μίγμα και επηρέαζαν το νερό, όχι την αλλαγή της θερμοκρασίας του ίδιου του νερού.

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές, χρησιμοποιούσαν το βαθμό ψύχους που εκλύει ο πάγος καθώς και το βαθμό θερμότητας της πιο ζεστής μέρας του καλοκαιριού ως σταθερά σημεία για τη ρύθμιση της ποσότητας του υγρού που έπρεπε να περιέχουν τα κλειστά θερμοσκόπιά τους. Ο εμπλουτισμός της πειραματικής διάταξης με τις μετρήσεις του θερμοσκοπίου και του εκκρεμούς αναδεικνύουν την προσπάθεια των Φλωρεντίνων πειραματιστών να αντιστοιχίσουν τα στάδια που περνάει το νερό με βαθμούς ψύχους και επομένως να ποσοτικοποιήσουν τις διάφορες διαβαθμίσεις του ψύχους πριν φτάσει στο βαθμό που μετέτρεπε το νερό σε πάγο. Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2.3.3 ο Boyle είχε ποσοτικοποιήσει τη διαφορά μεταξύ του βαθμού που δεν προκαλεί την ψύξη του νερού, εκείνου που την προκαλεί και εκείνου που προκαλείται από ένα μίγμα χιονιού και αλατιού, μετρώντας με ένα θερμοσκόπιο στις δύο πρώτες περιπτώσεις τη θερμοκρασία του νερού και στην τρίτη τη θερμοκρασία του ψυκτικού μίγματος. Στην προσπάθεια ποσοτικοποίησης των σταδίων της ψύξης του νερού οι Ιταλοί πειραματιστές διαφοροποιούνταν σε δύο σημεία από τον Boyle. Καταρχήν εξέταζαν την ύπαρξη διαβαθμίσεων στην πρόκληση ενός φαινομένου που ο

¹²⁷ Περιέγραφαν το πρακτικό πρόβλημα να επιτευχθεί η δράση του ίδιου βαθμού ψύχους και στο δοχείο με το νερό και στο θερμοσκόπιο.

Boyle συχνά απέδιδε σε ένα συγκεκριμένο βαθμό ψύχους. Δεύτερον για να τις μετρήσουν έθεταν το θερμοσκόπιο όχι στο νερό αλλά στο μίγμα χιονιού και αλατιού. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα έδειχναν ότι υπήρχαν διαβαθμίσεις στον βαθμό ψύχους που εκλυόταν από το ψυκτικό μίγμα και ότι αυτές αντιστοιχούσαν στα διάφορα στάδια που περνούσε το νερό πριν την ψύξη του.

Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη αποτελούσε μία πρωτότυπη έρευνα η οποία δεν είχε εκτελεστεί ούτε από τον Boyle αλλά ούτε και από τα υπόλοιπα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου. Σύμφωνα με την έρευνα του Luciano Boschiero στα δημοσιευμένα και αδημοσίευτα πειράματα για τις ιδιότητες του ψύχους και θερμότητας της Ακαδημίας, η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη είχε προταθεί από τον ίδιο τον πρίγκιπα Λεοπόλδο¹²⁸. Τα μέλη της Ακαδημίας είχαν επαναλάβει το πείραμα επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη συγκεκριμένων σταδίων στη διαδικασία ψύξης του νερού. Ο Boschiero αποδίδει την πρόταση για εμπλουτισμό της απλής παρατήρησης των σταδίων που περνούσε το νερό και διάφορα υγρά πριν την ψύξη με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και του χρόνου που αντιστοιχούσε σε αυτά, στο μέλος της, Giovanni Borelli (1608-1679), κατά τη διόρθωση της γραπτής παρουσίασης του πειράματος προς δημοσίευση. Ο Borelli είχε προτείνει τις συγκεκριμένες μετρήσεις για να επιτευχθεί περισσότερη ακρίβεια των παρατηρήσεων. Στη συνέχεια, τα μέλη της Ακαδημίας κατέγραψαν μία σειρά από μετρήσεις οι οποίες και παρατέθηκαν στο *Saggi*. Ο Boschiero υποστηρίζει ότι η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη δείχνει ότι ακολουθώντας τον πρίγκιπα Λεοπόλδο, τα μέλη της Ακαδημίας είχαν δώσει μία μαθηματική και μηχανική περιγραφή των φαινομένων της ψύξης. Επίσης θεωρεί ότι οι πίνακες που είχαν καταγράψει έδιναν κανονικοποιημένες μετρήσεις της διαδικασίας ψύξης του νερού. Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις, οι Ιταλοί φαίνεται να είχαν καταλήξει σε κάποια κανονικότητα για τους βαθμούς ψύχους που αντιστοιχούσαν στα στάδια ψύξης του νερού. Άλλη μία σταθερή μέτρηση που αφορούσε και τις πειραματικές δοκιμές με τα άλλα υγρά αποτελούσε το γεγονός ότι το πέταγμα του νερού προς τα πάνω και η ακόλουθη άνοδός του κατά την ψύξη συνέβαιναν στον ίδιο βαθμό ψύχους.

Στο κεφάλαιο όπου οι Ιταλοί πειραματιστές επικεντρώνονταν σε πειράματα για τη φυσική ψύξη, παρουσίαζαν τα βασικά χαρακτηριστικά της ψύξης του νερού και άλλων

¹²⁸ Boschiero [2003].

υγρών μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα, και εξετάζαν τη δυνατότητα ορισμένων αλάτων να προκαλέσουν ψύξη και τα φαινόμενα της συγκόλλησης ενός κομματιού πάγου πάνω σε ένα τραπέζι μέσω της ψύξης του, της ψύξης των ατμών του αέρα στο εξωτερικό μέρος των φιαλών, καθώς και της αντανάκλασης του ψύχους από ένα κοίλο κομμάτι γυαλι¹²⁹. Σε όλα τα φαινόμενα, πηγή του ψύχους ήταν ο ψυχρός ατμοσφαιρικός αέρας. Όλα τα φαινόμενα εξετάζονταν στο *Cold*, και ορισμένα από αυτά, είδαμε περαπάνω, ότι εξετάζονταν στις εργασίες των μελών και στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας. Στα πειράματα για την ψύξη του νερού οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές έθεταν νερό από την ίδια πηγή σε φιάλες διαφορετικών σχημάτων και από διαφορετικά υλικά, σε ανοιχτές και κλειστές φιάλες, και προσπαθούσαν να βρουν κανονικότητες στα χαρακτηριστικά της ψύξης, χωρίς μεγάλη επιτυχία. Αν και έβρισκαν ότι το νερό ψύχεται γρηγορότερα στις φιάλες από πυλό παρά στις γυάλινες ή στις μεταλλικές, στις υπόλοιπες το νερό ψυχόταν πιο γρήγορα ή πιο αργά χωρίς να μπορεί να συναχθεί κάποιο συμπέρασμα για τη σχέση του χρόνου ψύξης με το υλικό ή το σχήμα της φιάλης. Οι εναλλαγές επίσης στο χρόνο ψύξης δεν μπορούσαν να συνδυαστούν με την τοποθεσία των φιαλών ως προς το Βορρά και το Νότο. Οι Ιταλοί πειραματιστές έδιναν επίσης ιδιαίτερη σημασία στην περιγραφή του τρόπου ανάπτυξης του πάγου, δηλαδή στο ξεκίνημά του από την επιφάνεια, στην κατεύθυνσή του και στους σχηματισμούς του καθώς αναπτυσσόταν. Ιδιαίτερη σημασία έχει η παρατήρηση σε ορισμένες φιάλες της παραμόρφωσης της επιφάνειας του πάγου με την ψύξη και σε ορισμένες άλλες της θραύσης της ίδιας της φιάλης. Οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές απέδιδαν την αιτία στη διαδικασία ψύξης του πάγου από την επιφάνεια προς τα κάτω και του εκγλωβισμού του υπόλοιπου νερού στο εσωτερικό της φιάλης, με αποτέλεσμα όταν διογκωνόταν με την ψύξη να βρίσκει άλλοτε διέξοδο στην θραύση των πλαϊνών του δοχείου και άλλοτε στην παραμόρφωση του επιφανειακού πάγου. Οι Ιταλοί επεσήμαιναν ότι δεν μπορούσαν να βρουν κάποιο κανόνα που να σχετίζεται με τη θερμοκρασία του αέρα, την ανισότητα της αντίστασης των δοχείων και τη φύση των υγρών, σύμφωνα με τον οποίο προκαλούνταν η θραύση της φιάλης ή η παραμόρφωση του επιφανειακού πάγου ή και τα δύο. Στο *Cold*, ο Boyle έδινε την ίδια εξήγηση για τη θραύση των φιαλών ή την παραμόρφωση του πάγου όταν το νερό ψυχόταν σε ανοιχτές

¹²⁹ Accademia Del Cimento, (1964), σσ. 95-103.

φιάλες. Ούτε εκείνος κατέληγε σε κάποια αιτία για την παραγωγή του ενός ή του άλλου αποτελέσματος.

Όσον αφορά τα πειράματα όπου παρουσιάζονταν τα χαρακτηριστικά της ψύξης των υγρών, οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές εξέταζαν αλλά δύο είδη νερού, το διυλισμένο νερό και το θαλασσινό νερό. Τα χαρακτηριστικά που κατέγραφαν αφορούσαν τις διαφορές στη διαύγεια, την υφή και τη σκληρότητα του πάγου. Στην περίπτωση του θαλασσινού πάγου, ανέφεραν ότι πάγωνε με διαφορετικό τρόπο από το κανονικό νερό, καταλήγοντας ότι ο πάγος του θαλασσινού νερού είχε πιο λεπτή και χαλαρή δομή και υφή από τον κανονικό πάγο. Πιο συγκεκριμένα, περιέγραφαν την ανάπτυξη λεπιών πάγου που κολυμπούσαν μέσα σε ρευστά μέρη νερού. Δεδομένης της δυσκολίας ψύξης του θαλασσινού νερού που είχε επισημανθεί από τον Boyle στο *Cold*, προκύπτει το ερώτημα αν τελικά οι παρατηρήσεις της ψύξης του θαλασσινού νερού των Φλωρεντίνων πειραματιστών θα θεωρούνταν από τον Boyle ψύξη ή αδυναμία ψύξης.

Η πειραματική δραστηριότητα των Ιταλών πειραματιστών συμπεριλάμβανε όπως και εκείνη του Boyle πειράματα για τον έλεγχο εντατικοποίησης του ψύχους μέσω της ανάμιξης ορισμένων ουσιών με χιόνι ή πάγο. Τα συμπεράσματά τους δεν διέφεραν ως προς τα αντίστοιχα του Boyle, στη θεώρηση της παραγωγής εντονότερης ψύξης από το αλάτι, το νάτριο και το χλωριούχο αμμώνιο από ουσίες όπως το «strong water» και η ζάχαρη. Όμως σύμφωνα με τα πειράματα που αναφέρονταν στο *Saggi*, οι Ιταλοί δεν φαίνεται να παρουσιάζουν ή να δίνουν σημασία στον πειραματισμό με περισσότερες ουσίες, όπως έκανε ο Boyle στο *Cold*. Η πειραματική μέθοδος που χρησιμοποιούσαν για τον έλεγχο της ψυκτικότητας διέφερε από αυτή του Boyle. Ενώ ο Boyle χρησιμοποιούσε ως κριτήριο τη μετατροπή σε δροσιά και εν συνεχεία ψύξη των ατμών του αέρα, οι φλωρεντίνοι πειραματιστές εξέταζαν με το θερμοσκόπιο των 100 βαθμών τη θερμοκρασία νερού όταν ψυχόταν από μίγμα χιονιού και χλωριούχου αμμωνίου και όταν ψυχόταν από μίγμα χιονιού και νατρίου (nitre). Το θερμοσκόπιο κατέγραφε μεγαλύτερη πτώση στο νερό που ψυχόταν από το πρώτο από ό,τι από το δεύτερο μίγμα. Επομένως ενώ τα πειράματα του Boyle έδιναν ποιοτικές εκτιμήσεις για τη δυνατότητα των ουσιών να εντατικοποιήσουν το ψύχος, τα πειράματα των Φλωρεντινών έδιναν ποσοτικές μετρήσεις.

Για το φαινόμενο της συγκόλλησης του πάγου σε μία επίπεδη επιφάνεια με τη ρίψη αλατιού στην επιφάνεια του πάγου το οποίο είχε προταθεί από τον Gassendi και είχε τεθεί υπό εξέταση στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου, οι Ιταλοί πειραματιστές επιβεβαίωναν το πειραματικό αποτέλεσμα και παρατηρούσαν ότι ο πάγος μπορούσε να αποκολληθεί καλύτερα αν σηκώνονταν κάθετα παρά παράλληλα με την επιφάνεια. Ως προς το φαινόμενο της δημιουργίας δροσιάς στο εξωτερικό των φιαλών, κατέγραφαν ως σημαντική παρατήρηση την ψύξη της δροσιάς, συμπεριλαμβάνοντας και περιπτώσεις όπου η φιάλη περιείχε μίγμα χιονιού και αλατιού και αναμειγνυόταν με «strong water». Έδιναν μεγαλύτερη προσοχή στον ατμό που αναδύεται από ανάλογα μίγματα μέσα σε δοχεία από ό,τι έδινε ο Boyle, οργανώνοντας πειραματικές δοκιμές για την εξέταση της σχέσης της ανάδυσης τέτοιων ατμών από το μίγμα πάγου, αλατιού και «strong water» με το υλικό του δοχείου και το σχήμα. Σύμφωνα με τα πειραματικά τους αποτελέσματα στα ψηλά δοχεία ο ατμός ξεκινούσε από πάνω με κατεύθυνση προς τα κάτω ενώ στα φαρδιά και χαμηλά συνέβαινε το αντίθετο. Η σύγκριση του ατμού σε αυτόν της καύσης και της πρωινής ομίχλης δείχνει το ενδιαφέρον τους για το είδος και την προέλευση διαφόρων ειδών ατμών.

Σε δύο πειράματα οι Ιταλοί πειραματιστές εξέταζαν δύο φαινόμενα, εκείνο της διάρκειας του πάγου και εκείνο της μετάδοσης του ψύχους, με πειραματικές διατάξεις και συνθήκες που δεν είχαν εκτελεστεί ούτε από τον Boyle ούτε από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Στην πρώτη περίπτωση εξέταζαν τη διάρκεια του πάγου σε δοχεία διαφορετικών μετάλλων χωρίς όμως να μπορούν να καταλήξουν σε εμπιστεύσιμα αποτελέσματα. Οι Ιταλοί δεν διευκρίνιζαν αν η πειραματική διάταξη εξέταζε την προστασία που πρόσφερε το υλικό ως προς την εξωτερική θερμότητα. Κατά την εξέταση της διάρκειας του πάγου ο Boyle είχε εκτελέσει πειράματα μόνο για τον έλεγχο της διάρκειάς του μέσα σε υγρά και στον αέρα. Η συγκεκριμένη περίπτωση αναδεικνύει διαφορές στους στόχους που είχε κάθε πειραματιστής κατά την εξέταση του ίδιου χαρακτηριστικού ενός φαινομένου. Επίσης προκύπτει ένα ερώτημα για την έλλειψη περαιτέρω πειραματισμού σε αυτό το θέμα από τα μέλη της Ακαδημίας με βάση την εμπειρία που απέδιδε ο Boyle στους Ιταλούς στην κατασκευή χώρων συντήρησης χιονιού¹³⁰. Στη δεύτερη περίπτωση δοκίμαζαν την αντανάκλαση του ψύχους από ένα

¹³⁰ Boyle [1665α], σελ. 361.

κοίλο κομμάτι γυαλί με τις μετρήσεις ενός θερμοσκοπίου 400 βαθμών και παρατηρούσαν την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου. Παρόλο τον έλεγχο του πειραματικού αποτελέσματος¹³¹ για να βεβαιωθούν ότι η στάθμη του θερμοσκοπίου δεν έπεφτε από την επίδραση του πάγου, πάλι δεν θεωρούσαν ότι κατέληγαν σε βεβαιωμένα αποτελέσματα. Αυτό αποτελεί και το μοναδικό πείραμα της πραγματείας για τη μετάδοση του ψύχους από απόσταση. Το συγκεκριμένο θέμα είχε αναδειχθεί από τον Boyle, μέσα από την εκτενή πειραματική εξέταση που του αφιέρωσε, σε σημαντική προς εξέταση ιδιότητα του ψύχους. Σε καμία όμως από τις δοκιμές του δεν συμπεριέλαβε την ανάκλαση του ψύχους.

Πέρα από τα δύο κεφάλαια για την τεχνητή και τη φυσική ψύξη, το *Saggi* περιλάμβανε ένα κεφάλαιο με πειράματα για την εξέταση της δράσης της θερμότητας και του ψύχους στις γυάλινες και τις μεταλλικές φιάλες. Η Ιταλοί αναφέρονταν στην περίπτωση του φαινομένου που συναντώνταν κατά την πρώτη φάση του πειράματος όπου εξετάζονταν τα διάφορα στάδια της ψύξης του νερού. Εκεί παρατηρούνταν ότι κατά την εισαγωγή της φιάλης στο ψυκτικό μίγμα το νερό ανέβαινε λίγο και στη συνέχεια έπεφτε στην προηγούμενή του στάθμη μέχρι την επάνοδό του και την ολική ψύξη του. Οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές επεσήμαιναν ότι το αντίστροφο συνέβαινε κατά την θέρμανση της φιάλης, όπου παρατηρούνταν η ξαφνική πτώση της στάθμης του νερού, ύστερα η άνοδός του στην αρχική του στάθμη και η συνέχιση της ανόδου του καθώς το νερό αραιοποιούνταν και διαστελλόταν. Ο σκοπός των πειραμάτων τους ήταν να εξετάσουν την υφιστάμενη άποψη για την αιτία του φαινομένου σύμφωνα με την οποία τα δύο φαινόμενα δεν αποδίδονταν στο φαινόμενο της αντιπερίστασης, δηλαδή της μεταβολής της πυκνότητας ή της αραιότητας του υγρού στη δράση της ιδιότητας που θα προκαλούσε το αντίθετο αποτέλεσμα, αλλά αποδίδονταν στη συρρίκνωση και διαστολή του γυάλινου δοχείου με τον εξής τρόπο. Τα σωματίδια φωτιάς που έφευγαν από τον ατμό του ζεστού νερού, εισχωρούσαν στο γυαλί και αραιώνοντας τα μέρη του, το διέστειλαν με αποτέλεσμα η στάθμη του νερού να πέφτει, μέχρι τα σωματίδια θερμότητας να φτάσουν στο νερό και να το αραιοποιήσουν· όταν το γυάλινο δοχείο ψυχόταν, το ψύχος έδενε μαζί και συρρίκνωνε τους πόρους του δοχείου, με αποτέλεσμα να συρρικνωθεί και η στάθμη του νερού να ανέβει λίγο. Οι Ιταλοί δήλωναν ότι τα

¹³¹ Σκέπαζαν το κομμάτι γυαλί και παρατηρούσαν το υγρό στο θερμοσκόπιο να ανεβαίνει.

πειράματά τους για την εξέταση αυτού του φαινομένου βασίζονταν σε αυτή τη θεωρία. Οι πειραματικές διατάξεις που ακολούθησαν ήταν οι μοναδικές για τις οποίες δήλωναν καθαρά ότι είχαν δομηθεί για την εξέταση μίας συγκεκριμένης θεωρητικής εξήγησης.

Οι Ιταλοί πειραματιστές κατέγραψαν εννέα πειράματα όπου εξεταζόταν η συγκεκριμένη υπόθεση. Στο πρώτο από αυτά τοποθετούσαν σε ένα δοχείο που είχε το σχήμα θερμοσκοπίου και ήταν γεμάτο με νερό, γυάλινες μπάλες με αέρα, οι οποίες είχαν τέτοιο βάρος, ώστε οι μισές να αιωρούνται στο πάνω μέρος του δοχείου και οι υπόλοιπες στο κάτω μέρος. Οι στρογγυλές φιάλες στο πάνω μέρος βυθίζονταν με την ελάχιστη θέρμανση του νερού και εκείνες στον πάτο ανέβαιναν με την ελάχιστη ψύχρανσή του. Μετά την αρχική τοποθέτηση της φιάλης στον ατμοσφαιρικό αέρα όπου οι φιάλες βρίσκονταν σε στάση, πλησίασαν αρχικά ένα τηγάνι με ζεστό νερό και στη συνέχεια ένα μίγμα κρύου νερού και πάγου στη φιάλη. Ενώ παρατηρήθηκαν η αντίστοιχη κάθοδος και άνοδος του νερού, δεν παρατηρήθηκε καμία μετακίνηση των στρογγυλών φιαλών. Μόνο όταν το νερό αραιώθηκε αρκετά από τη θερμότητα και άρχισε να ανεβαίνει παρατηρήθηκαν η στρογγυλές φιάλες της επιφάνειας να βυθίζονται και μόνο όταν η ψύξη του νερού το ανάγκασε να συρρικνωθεί άρχισαν οι φιάλες στον πάτο να ανεβαίνουν. Οι Ιταλοί θεωρούσαν ότι τα πειραματικά αποτελέσματα αποδείκνυαν ότι οι αρχικές κινήσεις του νερού δεν οφείλονταν στη μεταβολή του όγκου του αλλά στη μεταβολή του όγκου της φιάλης. Στο συγκεκριμένο πείραμα οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές χρησιμοποιούσαν τη δράση του ψύχους και της θερμότητας στη μεταβολή του όγκου και της πυκνότητας του νερού για να διακρίνουν τη δράση της αλλαγής της θερμοκρασίας στο νερό από εκείνη στο δοχείο.

Οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές επεσήμαιναν ότι μία αντίρρηση στα πειραματικά τους αποτελέσματα θα μπορούσε να αποτελεί η θεώρηση ότι η πρώτη άνοδος του νερού ή πτώση του, προέρχονταν από πραγματικές αλλαγές στην αραιοποίηση και συρρίκνωσή του οι οποίες όμως δεν ήταν τόσο μεγάλες ώστε να επηρεάσουν την ισορροπία των στρογγυλών φιαλών. Προκειμένου να επιβεβαιώσουν τα πειραματικά τους αποτελέσματα εκτέλεσαν τα επόμενα οχτώ πειράματα για να αποδείξουν την άμεση δράση της θερμότητας και του ψύχους στη διαστολή και συστολή στον μπρούτζο, στο γυαλί και σε άλλα μέταλλα όπως ο κασσίτερος. Σε μία χαρακτηριστική πειραματική διάταξη αυτής της σειράς κατασκεύασαν ένα στρογγυλό δαχτυλίδι από ένα γυάλινο σωλήνα με

διάμετρο δύο πόδια (60cm) ο οποίος είχε δύο ανοίγματα όπου μπορούσε να γεμίσει με κάποιο υγρό. Στη συνέχεια τοποθέτησαν ένα σταυρό από γυαλί έτσι ώστε οι άκρες του να ακουμπούν στο κοίλο μέρος του γυάλινου δαχτυλιδιού και να στηρίζεται. Στη συνέχεια γέμισαν το σωλήνα του δαχτυλιδιού με ζεστό νερό, το οποίο προκαλούσε τη διαστολή του δαχτυλιδιού και είχε ως αποτέλεσμα να χαλαρώσει το κράτημα των άκρων του γυάλινου σταυρού και ο σταυρός να πέσει στο τραπέζι. Όταν γέμιζαν το σωλήνα του δαχτυλιδιού με μίγμα χιονιού και αλατιού, το γυαλί συρρικνωνόταν τόσο ώστε να πιέζει περισσότερο τα άκρα του σταυρού και να τον κρατάει πιο γερά στη θέση του. Στα υπόλοιπα πειράματα οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές ακολουθούσαν την ίδια μέθοδο, προσπαθώντας να αποδείξουν με διάφορους τρόπους τις μεταβολές των διαστάσεων των μετάλλων και του γυαλιού από τη θερμότητα και το ψύχος. Ένα παρόμοιο με τα παραπάνω πείραμα είχε εκτελέσει και ο Hooke στο πλαίσιο της απόδειξης της ανόδου του νερού σε ένα ανοιχτό δοχείο θερμοσκοπίου με την πρώτη επαφή με το ψύχος και την πτώση του με την πρώτη επαφή με τη θερμότητα. Οι πειραματικές διατάξεις όμως των Ιταλών πειραματιστών αποτελούσαν πιο εκτενείς και ολοκληρωμένες έρευνες του φαινομένου. Ο Boyle εκλάμβανε την εξήγηση του φαινομένου με τη συρρίκνωση και διαστολή του δοχείου ως πειραματικό δεδομένο και δεν το έθετε υπό εξέταση.

Το τελευταίο κεφάλαιο του *Saggi*, στο οποίο είχαν συγκεντρωθεί πειράματα για διάφορα φαινόμενα, περιλάμβανε τρία πειράματα για σημαντικά φαινόμενα του ψύχους που είχαν σχέση με τον έλεγχο ορισμένων εξηγητικών υποθέσεων¹³². Στο πρώτο πείραμα οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές ήλεγχαν το φαινόμενο της αντιπερίστασης, τοποθετώντας ένα θερμοσκόπιο σε ένα δοχείο από μόλυβδο γεμάτο με πάγο και στη συνέχεια τοποθετώντας όλο το δοχείο μέσα σε ένα καζάνι με βρασμένο νερό. Δεν παρατήρησαν όμως την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου η οποία θα έπρεπε, σύμφωνα με το δόγμα της αντιπερίστασης, να συμβεί για να δείξει την εντατικοποίηση της ιδιότητας του ψύχους λόγω της παρουσίας της θερμότητας. Επίσης εκτελούσαν την αντίθετη διαδικασία, τοποθετώντας το θερμοσκόπιο σε ένα δοχείο με ζεστό νερό και στη συνέχεια τοποθετώντας όλο το δοχείο σε κρύο νερό με πάγο. Ούτε σε αυτή την περίπτωση παρατηρήθηκε η άνοδος της στάθμης του θερμοσκοπίου, δηλαδή η εντατικοποίηση της θερμότητας. Παρατηρήθηκε όμως η πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου καθώς το

¹³² «Miscellaneous Experiment», *Accademia Del Cimennto* [1964], σσ. 147-160.

ψύχος του παγωμένου νερού μεταδόθηκε στο θερμό νερό που περιείχε το δοχείο. Με το δεύτερο πείραμα οι Ιταλοί πειραματιστές ήλεγχαν την ατομική υπόθεση της πρόκλησης του ψύχους και της θερμότητας από ψυχρά και θερμά άτομα. Έθεταν δύο λεπτές γυάλινες φιάλες τη μία σε θερμό νερό και την άλλη σε πάγο και στη συνέχεια τις τοποθετούσαν κάτω από νερό και έσπαγαν το πάνω μέρος του σωλήνα τους. Στην περίπτωση της φιάλης που είχε θερμανθεί, παρατήρησαν την ανάδυση φυσαλίδων προς τα έξω, σαν να έβγαινε από τη φιάλη κάτι με το οποίο είχε γεμίσει πάνω από τη χωρητικότητά της. Αυτό το επιπλέον γέμισμα αποδιδόταν στα θερμά σωματίδια. Ενώ λοιπόν περίμεναν να συμβεί το ίδιο και στην περίπτωση της ψυχρής φιάλης, λόγω της εισχώρησης των ψυχρών σωματιδίων, οι Ιταλοί παρατήρησαν το αντίθετο, δηλαδή την εισχώρηση του νερού μέσα στη ψυχρή φιάλη το οποίο έδειχνε ότι κάτι είχε χαθεί ή ότι ο αέρας είχε συρρικνωθεί. Στο τρίτο πείραμα οι Ιταλοί πειραματιστές παρουσίαζαν την παραγωγή ψύχους από την μίξη χλωριούχου αμμωνίου («sal armoniac») και θειικού οξέος («oil of vitriol»). Επεσήμαιναν ότι το μεν χλωριούχο αμμώνιο κατά την ανάμειξη με νερό προκαλούσε ένα βαθμό ψύχους ενώ το θειικό οξύ κατά την ανάμιξή του με νερό προκαλούσε ένα βαθμό θερμότητας. Οι Ιταλοί πειραματιστές θεωρούσαν ότι το γεγονός ότι το θειικό οξύ το οποίο κατά την ανάμιξή του με ρευστά εκτός από λάδι και ‘strong water’ προκαλούσε θερμότητα και το χλωριούχο αμμώνιο το οποίο κατά την ανάμιξή του με ρευστά εκτός από λάδι και ‘strong water’ προκαλούσε ψύχος, κατά την ανάμιξή τους το ένα με το άλλο προκαλούσαν ένα βαθμό ψύχους άνοιγε αρκετά ερωτήματα.

3.4. Τα πειραματικά φαινόμενα για το ψύχος που αποτέλεσαν θέματα διαμάχης

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε τα φαινόμενα για τα οποία συνήχθησαν αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα και ερμηνείες, και για τα οποία έγιναν αναπαραγωγές πειραμάτων όπου οι πειραματιστές στόχευαν στην εξέταση των πειραματικών αποτελεσμάτων μίας συγκεκριμένης ομάδας ή ενός συγκεκριμένου πειραματιστή.

Τα πειραματικά αποτελέσματα των Φλωρεντίνων πειραματιστών σχετικά με τα στάδια από τα οποία περνούσε το νερό πριν ψυχθεί, προκάλεσαν το ενδιαφέρον του

Boyle και των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, οι οποίοι έσπευσαν να ελέγξουν κυρίως το φαινόμενο της ανόδου του νερού χωρίς να έχει προηγηθεί ψύξη. Μετά τη δημοσίευση του πειράματος στο *Saggi* το 1666, και επομένως της κοινοποίησής του στην αγγλική πειραματική κοινότητα, ο πρώτος που εξέτασε τα πειράματα των Φλωρεντινών πειραματιστών ήταν ο Boyle, μέσω μίας εργασίας την οποία παρουσίασε στη συνεδρίαση της 23ης Νοεμβρίου 1671¹³³ και δημοσίευσε στο παράρτημα του κεφαλαίου επτά της δεύτερης έκδοσης του *Cold* το 1683¹³⁴. Στα πρακτικά σημειώνεται ότι το πείραμα που εξέταζε ο Boyle αφορούσε την παρατήρηση από τους Φλωρεντίνους πειραματιστές της ανόδου του νερού πριν από την ψύξη του, ένα φαινόμενο το οποίο δεν μπορούσε ο ίδιος να αποδείξει πειραματικά¹³⁵. Αυτό δείχνει ότι από την πειραματική διάταξη, η συγκεκριμένη παρατήρηση είχε προκαλέσει όχι μόνο το ενδιαφέρον του Boyle αλλά και των συναδέλφων του στην Εταιρεία.

Σύμφωνα με την εργασία του, ο Boyle είχε αναπαραγάγει τα πειράματα των Ιταλών πειραματιστών με φιάλες του ίδιου σχήματος και υλικού, χωρίς να αναφέρει όμως αν είχαν τις ίδιες διαστάσεις. Ενώ συμφωνούσε με τους Ιταλούς πειραματιστές στην παρατήρηση του φαινομένου της μικρής ανόδου του νερού κατά την τοποθέτηση του δοχείου στο ψυκτικό μίγμα και της άμεσης πτώσης του στην αρχική στάθμη, φαινόμενο που αποδιδόταν και από τους δύο στη συρρίκνωση του γυαλιού, ο Boyle δεν παρατηρούσε την περαιτέρω πτώση της στάθμης του νερού μέσα στο στρογγυλό δοχείο. Ως προς αυτό, ο Boyle δεν διαφωνούσε μόνο με τους Ιταλούς πειραματιστές αλλά και με δικά του πειραματικά αποτελέσματα, κατά τα οποία είχε παρατηρήσει μία σημαντική συρρίκνωση του νερού με το ψύχος. Ίσως αυτός ήταν ο λόγος που, παρ'όλη την ασυμφωνία των πειραματικών αποτελεσμάτων του με εκείνα των Φλωρεντινών πειραματιστών, δεν αμφισβητούσε την ορθότητα των παρατηρήσεών τους. Απέδιδε τις διαφορές των πειραματικών αποτελεσμάτων σε μία σειρά από παράγοντες όπως ήταν η ιδιομορφία του νερού, οι ιδιότητες του γυαλιού των φιαλών, το ύψος και η λεπτότητα

¹³³ Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος σελ. 208. Η εργασία καταχωρήθηκε στο Register Book με τον τίτλο «The Phenomena of an Experiment about Freezing», Royal Society Archive, Register Booke Original, τόμος 4, σελ. 117. Η πρόταση του Oldenburg στη συνεδρίαση της 9ης Νοεμβρίου 1671 να παρουσιάσει ο Boyle τα πειράματά του αποδεικνύει ότι τα πειράματα είχαν ήδη διενεργηθεί.

¹³⁴ «The Phaenomena of an Experiment about freezing, made by Mr Boyle, referable to the VII Title», Boyle [1665α], σσ. 555-559.

των σωλήνων, η βαρύτητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε χιονισμένο καιρό στην Αγγλία καθώς και οι μεταβολές της πίεσης του αέρα, που θα μπορούσαν να παίζουν ρόλο στη διαφοροποίηση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Ο τρόπος που αναφερόταν στους παραπάνω λόγους, δεν σκόπευε μόνο να δικαιολογήσει τα πειραματικά αποτελέσματα των Φλωρεντίνων, αλλά και τα δικά του που αντέβαιναν σε εκείνα του αναπαραγόμενου Φλωρεντινού πειράματος. Αυτό έδειχνε ότι ο Boyle, με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα της μη πτώσης του νερού, ήθελε να υποστηρίξει ότι το φαινόμενο δεν αποτελούσε μία κανονικότητα, δηλαδή, ένα στάδιο στην ψύξη του νερού όπως παρουσιαζόταν στα πειράματα των Ιταλών.

Η παρατήρηση της συρρίκνωσης του νερού με το ψύχος δεν αποτελούσε τόσο μεγάλο πρόβλημα για τον Boyle όσο η παρατήρηση των δύο τελευταίων σταδίων της συμπεριφοράς του νερού, της αργής ανόδου και του ξαφνικού πετάγματος προς τα πάνω χωρίς να έχει αρχίσει να μετατρέπεται σε πάγο. Κατά την αναπαραγωγή των πειραμάτων των Ιταλών, ο Boyle είχε παρατηρήσει ότι μετά τη μικρή άνοδο του νερού τη στιγμή της εισόδου της φιάλης στο ψυκτικό μίγμα, το τελευταίο έπεφτε στην πρότερη στάθμη του και αφού παρέμενε εκεί για λίγο, άρχιζε να ανεβαίνει ενώ είχε αρχίσει να δημιουργείται πάγος στον πάτο της φιάλης. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούσαν με τα αποτελέσματα των πειραμάτων του δεύτερου και τρίτου κεφαλαίου για την ψύξη των υγρών, και του έβδομου και όγδοου κεφαλαίου για την αύξηση του όγκου τους και τη συρρίκνωσή τους στο *Cold*· εκεί ο Boyle είχε αποδείξει ότι σε κανένα υγρό δεν αυξανόταν ο όγκος με το ψύχος αν δεν μετατρεπόταν σε πάγο. Από την άλλη, οι Ιταλοί πρόσφεραν αρκετές πειραματικές αποδείξεις του φαινομένου. Καταρχήν, με επαναλαμβανόμενα πειράματα έδειχναν ότι το συγκεκριμένο στάδιο διακρινόταν χρονικά και θερμοκρασιακά από το προηγούμενο της στάσης του νερού. Δεύτερον, ενώ παραδέχονταν ότι δεν μπορούσαν να προσδιορίσουν το ακριβές χρονικό σημείο στο οποίο συνέβαινε η ψύξη ώστε να αποδείξουν ότι η άνοδος του νερού δεν οφειλόταν στην ψύξη του, είχαν κάνει την εξής παραλλαγή στο πείραμα. Καθώς το νερό έφτανε στις ενδείξεις, στις οποίες είχαν παρατηρήσει πριν ότι άρχιζε τη γρήγορη άνοδό του, το έβγαζαν από το ψυκτικό μίγμα και παρατηρούσαν προσεχτικά ότι δεν είχε σχηματιστεί πάγος στον πάτο της φιάλης.

¹³⁵ «wherein they say that they found a considerable Intumescence or rising of the Water that doth immediately precede the Glaciation: which Mr Boyle could never satisfy himself in», Royal Society Archives, Journal Book Original, τόμος 3, σελ. 208.

Όσο το δοχείο παρέμενε έξω από το ψυκτικό μίγμα, το ψύχος συνέχιζε να έχει επίδραση πάνω του με αποτέλεσμα όταν το νερό έφτασε στις ενδείξεις αυτές, να ανέλθει γρήγορα και αμέσως να χάσει τη διαύγειά του και να μετατραπεί σε πάγο.

Ο Boyle αντέκρουε τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα τονίζοντας την προσοχή που έδινε στην παρατήρηση της φιάλης στο φως για να γίνουν ορατά τα κομμάτια πάγου και αποσπώντας τη συμφωνία και τρίτων ανθρώπων για το σχηματισμό ή όχι του πάγου κατά την άνοδο του νερού. Επαναλάμβανε την παραλλαγή του πειράματος των Ιταλών βγάζοντας το δοχείο από το μίγμα τη στιγμή που υποπτευόταν ότι θα άρχιζε η ψύξη· δήλωνε ότι δεν παρατηρούσε ποτέ το νερό να διαστέλλεται χωρίς τη δημιουργία πάγου. Σε μία δεύτερη επανάληψη, μόλις παρατηρούσε την άνοδο του νερού, έβγαζε τη φιάλη από το ψυκτικό μίγμα, και παρατηρούσε ότι είχαν σχηματιστεί κομμάτια πάγου. Τα κομμάτια αυτά έλιωναν καθώς το δοχείο παρέμενε μακριά από το ψυκτικό μίγμα και παρατηρούσε το νερό να συρρικνώνεται. Αυτή η παρατήρηση επιβεβαίωνε τη δημιουργία του πάγου ως αιτία της ανόδου του νερού. Στη συνέχεια όταν έθετε ξανά το δοχείο στο ψυκτικό μίγμα, το νερό ανέβαινε τόσο γρήγορα που σε μισό λεπτό είχαν αρχίσει να σχηματίζονται μικρά κομμάτια πάγου και σε δύο λεπτά είχε παρουσιάσει πάγο στις περισσότερες κοιλότητες του δοχείου. Οι παραπάνω παρατηρήσεις και παραλλαγές του πειράματος, στις οποίες δινόταν έμφαση στη δυσκολία παρατήρησης των πρώτων σχηματισμών πάγου, δείχνουν ότι ο Boyle θεωρούσε ότι οι παρατηρήσεις των Φλωρεντίνων πειραματιστών ήταν λανθασμένες ως προς τη δυνατότητα διάκρισης των πρώτων σχηματισμών πάγου και επομένως δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν την άνοδο του νερού χωρίς την ψύξη του ως πειραματικό αποτέλεσμα.

Η επιμονή του Boyle στην αντίκρουση του φαινομένου της ανόδου του νερού με το ψύχος χωρίς να έχει αρχίσει να μετατρέπεται σε πάγο προερχόταν από την απειλή που ασκούσαν οι παρατηρήσεις των Φλωρεντίνων πειραματιστών στα πειραματικά αποτελέσματα που είχε καταλήξει ο ίδιος στα κεφάλαια για την ψύξη και συρρίκνωση των υγρών. Όπως είδαμε παραπάνω, ο Boyle είχε συμπεράνει ότι το νερό αυξάνει τον όγκο του με την ψύξη και ότι, πλην ελάχιστων εξαιρέσεων, δεν συρρικνωνόταν με την ψύξη. Είχε επίσης συμπεράνει ότι τα υγρά που ψύχονταν όφειλαν την ψύξη τους στα υδατικά και φλεγματικά μέρη τα οποία ευθύνονταν και για την αύξηση του όγκου τους

κατά την ψύξη. Με βάση τις παρατηρήσεις που είχε κάνει για τη δυνατότητα ψύξης ή όχι των υγρών, ο Boyle γενίκευε το επιχείρημα αυτό και κατέληγε στις γενικότερες προτάσεις ότι:

«because as it has not yet appeared to me, that any Liquor is expanded by Cold, unless by actual freezing» (Boyle[1665α])¹³⁶

«But I remember not, that in any liquor we could by Cold produce any sensible expansion, but rather a manifest condensation, unless we could bring it actually to freeze.» (Boyle[1665α])¹³⁷

Με βάση τα παραπάνω, οι κατηγορίες των υγρών που δεν μπορούσαν να ψυχθούν ή απλώς στερεοποιούνταν, κάτι διαφορετικό από την «πραγματική ψύξη» στην οποία αναφερόταν ο Boyle, θεωρούνταν από τον ίδιο ότι μπορούσαν να συρρικνωθούν όχι όμως να διασταλούν. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις, λοιπόν ο Boyle είχε οδηγηθεί στο γενικότερο συμπέρασμα, ότι κανένα υγρό δεν αύξανε τον όγκο του αν δεν πάγωνε, πράγμα το οποίο χρησιμοποιούσε ως βάση για άλλες έρευνες, όπως ήταν η έρευνα, μέσω της μέτρησης της διόγκωσης ορισμένων κατηγοριών υγρών που έχουν υδατικά και φλεγματικά μέρη, του ποσοστού των φλεγματικών ή 'spirituous' ουσιών από τις οποίες αποτελούνταν.

Η σημασία της απόρριψης του φαινομένου της διαστολής του νερού με το ψύχος ως πειραματικού γεγονότος, δεν εξαντλείται στην προσπάθεια του Boyle να προστατέψει τα συμπεράσματα στα οποία είχε ο ίδιος καταλήξει μέσω πολλαπλών πειραμάτων. Η διόγκωση του νερού μόνο στην περίπτωση της ψύξης του, αποτελούσε ένα θέμα που σχετιζόταν με τη θεωρητική υπόθεση που διατηρούσε ο Boyle για τη φύση του ψύχους ως έλλειψη κίνησης των σωματιδίων που αποτελούσαν τα υγρά και τα στερεά σώματα. Στο «Fluidity and Firmness», ο Boyle είχε υποστηρίξει ότι η στερεοποίηση των σωμάτων οφειλόταν στην έλλειψη ή παύση της κίνησης των σωματιδίων και ότι το ψύχος προκαλούσε τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων. Τα παραπάνω πειράματα έδειχναν ότι η μείωση της κίνησης των σωματιδίων συνοδευόταν στην περίπτωση του

¹³⁶ Boyle [1665α] σελ. 324.

¹³⁷ Ο.π., τόμος 4, σελ., 306.

νερού και των υδατικών υγρών από την αύξηση του όγκου ενώ στις άλλες κατηγορίες ρευστών, και σε όσα κατάφερναν να στερεοποιηθούν αλλά να μην ψυχθούν, τη μείωση του όγκου. Στο ένατο κεφάλαιο ο Boyle απέδιδε την αύξηση του όγκου καθώς και την επίπλευση του νερού, όχι αποκλειστικά, αλλά κατά κύριο λόγο, στην ύπαρξη φυσαλίδων στον πάγο του. Παρόλο που αποδείκνυε ότι οι φυσαλίδες αποτελούνταν κατά ένα πολύ μικρό μέρος από τον αέρα που βρισκόταν ήδη μέσα στο νερό, ο Boyle δεν κατέληγε σε μία εξήγηση για τον τρόπο σχηματισμού των φυσαλίδων. Επομένως η αύξηση του όγκου των υγρών κατά την ψύξη δικαιολογούνταν λόγω της αλλαγής της κατάστασης του σώματος και της δημιουργίας των φυσαλίδων. Παρόλο που ο Boyle δεν έδινε μία περαιτέρω εξήγηση για το πώς η μείωση της κίνησης των σωματιδίων προκαλούσε τη συστολή των υγρών με το ψύχος, αυτό ήταν ένα φαινόμενο που μπορούσε να αποδοθεί στη έλλειψη ενός άλλου φαινομένου. Η «ελλειπτική θεώρηση» λοιπόν της δράσης του ψύχους θεωρητικά μπορούσε να προκαλέσει ένα αποτέλεσμα όπως η συρρίκνωση του όγκου. Όμως η ίδια θεώρηση δεν ήταν σίγουρο ότι μπορούσε να προκαλέσει την αύξηση του όγκου, ένα φαινόμενο που καταρχήν ενείχε μία αυξητική έννοια. Για την αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη ο Boyle είχε ήδη δώσει μία εξήγηση μέσω της δημιουργίας των φυσαλίδων στον πάγο. Η διαστολή όμως του νερού χωρίς τη δημιουργία φυσαλίδων ή κάποιου άλλου ορατού παράγοντα, δεν μπορούσε εύκολα να δικαιολογηθεί μέσω της έλλειψης της κίνησης των σωματιδίων του νερού.

Μετά την παρουσίαση της εργασίας το 1671, τα πειράματα του Boyle δεν συζητήθηκαν στα πλαίσια των συνεδριάσεων της Βασιλικής Εταιρείας. Η δημοσίευση της εργασίας του Boyle στη δεύτερη έκδοση του *Cold* τον Φεβρουάριο του 1683 ίσως να αποτελούσε και το λόγο που το ζήτημα της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος, χωρίς την ταυτόχρονη μετατροπή του σε πάγο, συζητήθηκε στις συνεδριάσεις της 6^{ης}, της 20ης και της 27ης Φεβρουαρίου 1683¹³⁸. Ένας ακόμη λόγος μπορεί να αποτελούσε και η επικείμενη δημοσίευση της μετάφρασης του *Saggi* από τον Richard Waller, η οποία παρουσιάστηκε στη συνεδρίαση της 5ης Νοεμβρίου 1684¹³⁹. Δύο εργασίες με πειράματα για την επίλυση του προβλήματος που είχαν προκαλέσει οι παρατηρήσεις των Φλωρεντίνων πειραματιστών που παρουσιάστηκαν στις συνεδριάσεις του 1683,

¹³⁸ Royal Society Archive, Journal Booke Original, τόμος σσ. 205-206, 210, 212.

¹³⁹ Ο.π., σελ., 264.

αποδεικνύουν ότι τα πειραματικά αποτελέσματα που είχε παρουσιάσει το 1671 και είχε δημοσιεύσει το 1683 ο Boyle, δεν αποτελούσαν μία πειστική αντίκρουση των πειραματικών αποτελεσμάτων των Φλωρεντίνων πειραματιστών. Στη συνεδρίαση της 6ης Φεβρουαρίου 1683, κατά τη συζήτηση για τα φαινόμενα της ψύξης του νερού, όπως ήταν το βάρος του πριν και μετά την ψύξη, ο William Croon (1633-1684) δήλωσε ότι είχε παρατηρήσει το νερό που είχε θέσει σε ένα δοχείο να ψυχθεί, να διαστέλλεται χωρίς να σχηματίζεται πάγος σε αυτό. Σε απάντηση ο Robert Hooke υποστήριξε ότι η άνοδος του νερού οφειλόταν στη συρρίκνωση του γυάλινου δοχείου με το ψύχος. Ο Hooke, όπως είδαμε παραπάνω, είχε αρκετά ωρίτερα, στη συνεδρίαση της 6ης Απριλίου 1664, παρουσιάσει πειράματα με τα οποία αποδείκνυε καταρχήν ότι ένα γυάλινο δοχείο συρρικνωνόταν με το ψύχος και διαστελλόταν με τη θερμότητα¹⁴⁰. Δεύτερον, είχε δείξει ότι η συρρίκνωση του γυάλινου δοχείου μπορούσε να προκαλέσει την άνοδο του νερού με το ψύχος και την κάθοδό του με τη θερμότητα. Όταν ο Croon απάντησε ότι το δοχείο είχε αφεθεί για αρκετή ώρα πριν στο ψύχος, ο John Wallis πρότεινε να ψυχθεί το άδειο δοχείο πριν από την εκτέλεση του πειράματος έτσι ώστε να έχει προηγηθεί η συρρίκνωση του γυαλιού.

Ο Frederick Slare και ο Croon ακολουθώντας αυτές τις οδηγίες εκτέλεσαν πειράματα τα οποία παρουσίασαν σε δύο εργασίες, που διαβάστηκαν στη συνεδρίαση της 20ης και της 27ης Φεβρουαρίου αντίστοιχα¹⁴¹. Και στις δύο εργασίες οι Croon και Slare δεν παρατηρούσαν το νερό να ακολουθεί τα στάδια των πειραμάτων των μελών της φλωρεντινής Ακαδημίας, ούτε τα στάδια που είχε καταγράψει ο Boyle. Στα πειράματά τους, το νερό τοποθετούνταν σε φιάλες που είχαν ήδη τεθεί να ψυχθούν σε μίγμα χιονιού και αλατιού ώστε να έχουν υποστεί συρρίκνωση. Και οι δύο παρατηρούσαν πρώτα την άνοδο του νερού χωρίς τη δημιουργία πάγου και ύστερα τη συνέχιση της ανόδου του νερού καθώς η ποσότητα του νερού μέσα στο στρογγυλό δοχείο μετατρεπόταν σε πάγο. Και στις δύο πειραματικές διατάξεις οι πειραματιστές φρόντιζαν κατά την τοποθέτηση

¹⁴⁰ Τα πειράματα καταγράφηκαν σε μία εργασία η οποία παρουσιάστηκε στην αμέσως επόμενη συνεδρίαση της 13ης Απριλίου 1664 και καταχωρήθηκε στο Register Book, Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος, 2 σελ. 39, και «An Experiment of Rising of Water in a Bolt-head upon immersion in Cold; and falling thereof upon the immersion of it in hot», Register Book Original, τόμος 3, σελ. 23.

¹⁴¹ Η εργασία του Slare καταγράφηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original τόμος 6, σελ. 46 και η εργασία του Croon με τίτλο «By Dr Croon Feb. 27th 1683/4 Of the Dilatation of Water by Cold

του νερού στη φιάλη, να μην παραμένουν σταγόνες στα πλάγια της φιάλης έτσι ώστε η άνοδος του νερού να μην μπορεί να αποδοθεί στην πτώση αυτών των σταγόνων. Ο Croon προκειμένου να αποφύγει την πιθανότητα απόδοσης της ανόδου του νερού στη θερμότητά του, είχε θέσει το νερό να ψυχθεί πριν το πείραμα έτσι ώστε να έχει ήδη ανέβει στην φιάλη δύο ίντσες. Το αποτέλεσμα στα πειράματα και των δύο παρέμενε η παρατήρηση ότι κατά την ψύξη του, το νερό, πρώτα διαστελλόταν χωρίς να έχει αρχίσει να μετατρέπεται σε πάγο και στη συνέχεια πάγωνε. Ο Croon επιβεβαίωσε τα πειράματά του με το νερό, εκτελώντας την ίδια πειραματική διάταξη με απόσταγμα κρασιού και παρατηρώντας το να συρρικνώνεται κατά την ψύξη του. Υποστήριζε ότι αν η συρρίκνωση του γυαλιού ευθυνόταν για την άνοδο του νερού τότε και σε αυτή την περίπτωση θα έπρεπε να παρατηρηθεί η άνοδος του αποστάγματος κρασιού. Στη συνεδρίαση της 20ης Φεβρουαρίου 1684, σε απάντηση στο σχόλιο του Edmond Halley [1656-1742) για τη διενέργεια του πειράματος σε θερμό καιρό, ο Croon διευκρίνιζε ότι είχε εκτελέσει το πείραμά του κατά τη διάρκεια του παγετού και μετά την τήξη των πάγων με το ίδιο αποτέλεσμα.

Τα πειραματικά λοιπόν αποτελέσματα των Croon και Slare έδειχναν να επιβεβαιώνουν τα φλωρεντινά πειράματα. Στις συνεδριάσεις δεν αναφέρονται σχόλια του Boyle κι αυτό μπορεί να σημαίνει την απουσία του από εκείνες τις συνεδριάσεις. Η επιλογή του συγκεκριμένου φαινομένου για συζήτηση και πειραματισμό στη Βασιλική Εταιρεία δείχνει ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο είχε ιδιαίτερη σημασία. Τα πειράματα των Φλωρεντίνων πειραματιστών αποτελούσαν αφορμή να εξεταστεί ένα πειραματικό γεγονός το οποίο από τη σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων του Merret και του Boyle στο *Cold* φαινόταν προβληματικό. Αξιοσημείωτο είναι το γενικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληγε ο Merret στην εργασία του στο *Cold*, ότι όλα τα υγρά που είχε εξετάσει και πάγωναν, πρώτα παρουσίαζαν μία άνοδο στο δοχείο χωρίς να έχουν ψυχθεί και μετά μετατρέπονταν σε πάγο. Ένας βασικός λόγος που εξηγούσε τον προβληματισμό που δημιουργούσε το φαινόμενο ήταν η γενική παρατήρηση η οποία είχε αναδειχθεί από τα πειράματα του Boyle ότι τα ρευστά συρρικνώνονται από ένα βαθμό ψύχους που δεν τα ψύχει.

before it becomes Ice, and is yet all Fluid, at least as to Sense: And that Glass does not shrink with cold», Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 6, σελ. 42.

Η περίπτωση των πειραμάτων της Φλωρεντινής Ακαδημίας, του Boyle και των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου για τα στάδια που περνάει το νερό πριν από την ψύξη, αποτελεί καταρχήν μία από τις σπάνιες περιπτώσεις όπου τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle δεν επιβεβαιώνονταν από τρίτους πειραματιστές. Δεύτερον, αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα, όπου κατά την εκτέλεση παρόμοιων¹⁴² πειραματικών διατάξεων παρατηρούνται διαφορετικά στάδια στη διαδικασία ψύξης του νερού. Παρόλο που και οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές και τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας παρατηρούσαν την άνοδο του νερού χωρίς να έχει ψυχθεί, οι πρώτοι παρατηρούσαν τα έξι στάδια που έχουμε περιγράψει παραπάνω, ενώ ο Croon και ο Slare παρατηρούσαν μόνο την άμεση άνοδο του νερού με τη δράση του ψυκτικού μίγματος και στη συνέχεια την περαιτέρω άνοδο με την ψύξη. Ο Boyle, ο οποίος ήταν και ο μοναδικός που απέρριπτε την άνοδο του νερού χωρίς τον σχηματισμό πάγου, παρατηρούσε πρώτα μία μικρή άνοδο του νερού που απέδιδε στη συρρίκνωση του γυαλιού, μετά μία μικρή πτώση και ύστερα τα δύο τελευταία στάδια των Φλωρεντίνων πειραματιστών τα οποία απέδιδε στην ψύξη.

Μία δεύτερη διαφορά ανάμεσα στις παρατηρήσεις των πειραματιστών αποτελούσε το ύψος της αμφιλεγόμενης ανόδου του νερού. Για τον Boyle αναλογούσε σε αρκετές ίντσες ενώ για τον Croon σε 1,5 ή 1,4 ίντσες. Ενώ ο Hooke θεωρούσε ότι η άνοδος που παρατηρούσε ο Croon οφειλόταν στη συρρίκνωση του γυαλιού, ο Boyle παρατηρούσε ότι η μικρή άνοδος του νερού στην αρχή των δικών του πειραμάτων, την οποία απέδιδε στη συρρίκνωση του γυαλιού, αναλογούσε σε ένα «Barley corn's breadth», απόσταση πολύ μικρότερη από την ίντσα. Αυτό δείχνει ότι δεν υπήρχε ακόμη συμφωνία ούτε για την ποσότητα στην οποία μπορεί η συρρίκνωση του γυαλιού να αυξήσει την άνοδο του νερού.

Μία ακόμη σημαντική διαφορά ήταν ότι ενώ οι Ιταλοί παρατηρούσαν τη γρήγορη και ολοκληρωτική ψύξη του νερού, ο Boyle είχε μετρήσει ένα χρονικό διάστημα 1,5 λεπτού ανάμεσα στη δημιουργία των πρώτων κομματιών πάγου και στην κάλυψη των τοιχωμάτων του δοχείου με πάγο, πράγμα που έδειχνε ότι η διαδικασία που παρατηρούσε δεν ήταν τόσο γρήγορη και αποτελεσματική όσο αυτή που παρατηρούσαν οι Ιταλοί

¹⁴² Γράφουμε παρόμοια γιατί από τις πηγές δεν διευκρινίζεται αν οι συνθήκες της πειραματικής διάταξης των τριών ομάδων ήταν ίδιες, όπως είναι το μέγεθος και οι διαστάσεις της φιάλης, το πάχος του γυαλιού, ο βαθμός ψύχους κ.α.

πειραματιστές. Ο Boyle επίσης είχε αποδείξει σε προηγούμενα πειράματα ότι μπορούσε να παρατηρήσει και να διακρίνει την αρχή της ψύξης. Στα πειράματα του τέταρτου κεφαλαίου της ενότητας «The Experimental History of Cold» χρησιμοποιούσε ως ένδειξη του βαθμού που ψύχει νερό, την παρατήρηση των πρώτων σχηματισμών πάγου στο νερό.

Οι παραπάνω διαφορές δείχνουν καταρχήν ότι η κανονικότητα που πίστευαν ότι είχαν αποδείξει οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές για τα στάδια που περνάει το νερό και διάφορα υγρά πριν την ψύξη δεν μπορούσε να αποτελέσει πειραματικό γεγονός. Μετά από αυτές τις παρατηρήσεις πειραματικό γεγονός δεν μπορούσε να αποτελέσει ούτε η γενική πρόταση στην οποία είχε καταλήξει ο Boyle για την άνοδο των υγρών όταν ψύχονται μόνο με την ψύξη. Εάν η αδυναμία επιβεβαίωσης των παραπάνω πειραματικών γεγονότων αφορούσε τις συνθήκες στις οποίες γίνονταν τα πειράματα ή αν κάποια από τα αποτελέσματα υπερέχουν ως προς την αποδεικτική τους ισχύ από άλλα, είναι δύσκολο να εξεταστεί τη στιγμή που η μεταβλητότητα των θερμοκρασιακών συνθηκών καθώς και των δοχείων που χρησιμοποιούνταν και έπαιζαν ρόλο δεν επέτρεπε ακριβείς αναπαραγωγές. Παρ'όλη την έμφαση που έδινε ο Boyle στη δυνατότητα αναπαραγωγής των πειραμάτων και εκείνος αποδεχόταν τη μεταβλητότητα αυτών των παραγόντων. Αυτή όμως η μεταβλητότητα έπαιζε, σε περιπτώσεις όπως οι παραπάνω, όπου οι παρατηρήσεις έπρεπε να είναι λεπτομερείς, σημαντικό ρόλο.

Το φαινόμενο της ανόδου του νερού με την ψύξη αποτελούσε ένα από τα πιο σημαντικά πειράματα της Φλωρεντινής Ακαδημίας που αναπαράχθηκε από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Η διαφορά των πειραματικών αποτελεσμάτων του Hooke και του Boyle για το φαινόμενο του περιεχομένου των φουσαλίδων καθώς και οι διαφορετικές απόψεις που είχαν εκφραστεί από τα μέλη της Εταιρείας για την παραγωγή του περιβλήματος πάγου κατά την απόψυξη των αυγών και των μήλων στο νερό, έδειχνε ότι υπήρχαν και άλλα φαινόμενα του ψύχους για τα οποία είχαν υποστηριχθεί διαφορετικά πειραματικά αποτελέσματα και διαφορετικές εξηγητικές υποθέσεις. Η ύπαρξη αυτών των διαφορών καθώς και η ανάπτυξη μίας συζήτησης αντικρουόμενων πειραματικών αποτελεσμάτων για το ψύχος αποτελεί απόδειξη της σημασίας που αποδιδόταν στην εξέταση των συγκεκριμένων φαινομένων και επιβεβαιώνει την ανάπτυξη μίας προβληματικής.

3.5. Συμπεράσματα

3.5.1. Συμπεράσματα με βάση τη μελέτη της πειραματικής δραστηριότητας της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου

Οι εργασίες των μελών της Βασιλικής Εταιρείας καθώς και τα πρακτικά των συνεδριάσεων δείχνουν ότι υπήρξαν δύο περίοδοι όπου το ενδιαφέρον των μελών επικεντρώθηκε στην εξέταση των φαινομένων του ψύχους. Κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου, που διήρκεσε από το 1662 μέχρι το 1666, εκδόθηκε το *Cold* (1665) και κατά τη διάρκεια της δεύτερης περιόδου που διήρκεσε από το 1680 μέχρι το 1684, έλαβε χώρα η δεύτερη έκδοση του *Cold* (1683) και η δημοσίευση της αγγλικής μετάφρασης της πραγματείας της *Accademia Del Cimento Saggi*. Στο χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο περιόδων παρουσιάστηκαν μόνο δύο εργασίες για τα φαινόμενα του ψύχους, στη μία από τις οποίες ο Boyle παρουσίαζε τα συμπεράσματά του για τα φλωρεντινά πειράματα που είχαν παρουσιαστεί στην πρώτη έκδοση του *Saggi* το 1666/7. Τα συγκεκριμένα όμως πειράματα των Φλωρεντίνων που εξετάζονταν από τον Boyle συζητήθηκαν και αναπαράχθηκαν από τα μέλη της Εταιρείας το 1683, την περίοδο της έκδοσης της αγγλικής μετάφρασης του *Saggi*. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η πειραματική δραστηριότητα των μελών καθώς και η αντίστοιχη που αναπτύχθηκε στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, αποτελούσε συνάρτηση της προετοιμασίας και δημοσίευσης των δύο σημαντικών πειραματικών πραγματειών για την ιδιότητα του ψύχους, των δύο εκδόσεων του *Cold* και της αγγλικής μετάφρασης του *Saggi*.

Η πειραματική δραστηριότητα των μελών της Βασιλικής Εταιρείας, όπως καταγράφεται στα αρχεία που μελετήσαμε, δεν αναδεικνύει την εξέταση ενός καθορισμένου συνόλου ερωτημάτων αλλά την αποσπασματική έρευνα συγκεκριμένων φαινομένων του ψύχους. Η μόνη εργασία στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν τα φαινόμενα και παρουσιάστηκαν ως μέρος μίας συνολικής έρευνας των φαινομένων του ψύχους,

πέρα από το *Cold*, ήταν η εργασία του Merret. Οι ερευνητικές θεματικές με τις οποίες καταπιιάστηκε ο Merret προέρχονταν από τις πειραματικές δοκιμές που πρότεινε ο Henshaw στην εργασία του και από πειράματα που είχε προτείνει ο Oldenburg. Επίσης ορισμένες από τις γενικές θεματικές στις οποίες είχε κατηγοριοποιήσει τα πειράματα, όπως ήταν η πρώτη που αφορούσε τη δυνατότητα υγρών και σωμάτων να ψυχθούν, η τρίτη όπου επικεντρωνόταν στα φαινόμενα της ψύξης του νερού, και η έκτη όπου εξέταζε τα σώματα τα οποία μπορούν εντείνουν την ψύξη και την τήξη, αποτελούσαν συγκεντρωτικές παρουσιάσεις φαινομένων που παρουσιάζονταν στο *Cold* σε ξεχωριστά κεφάλαια¹⁴³. Σημαντικό ρόλο στην παρουσίαση των πειραματικών δοκιμών του σε μορφή εργασίας έπαιξε η εντολή της Εταιρείας να παρουσιάσει τα πειράματά του για το ψύχος. Η δραστηριότητα λοιπόν για το ψύχος που παρουσιαζόταν μέσω της εργασίας του που δημοσιεύτηκε στο *Cold*, είχε άμεση σχέση με τις δράσεις της Εταιρείας· παρ'όλα αυτά η πειραματική πρακτική και ο σκοπός εξέτασης κάθε φαινομένου, όπως θα δείξουμε και πιο κάτω, αντανakλούσαν τα προσωπικά ενδιαφέροντα του Merret.

Όλες οι εργασίες και οι συζητήσεις που διενεργήθηκαν από τα υπόλοιπα μέλη της Εταιρείας για τα φαινόμενα του ψύχους αφορούσαν απομονωμένα φαινόμενα και ερωτήματα για το ψύχος. Τα ερωτήματα για τα οποία αναπτύχθηκε έντονο ενδιαφέρον στις συζητήσεις και στις εργασίες αφορούσαν τη διάθλαση του φωτός στον πάγο και στο νερό, τη συγκέντρωση των ακτίνων του ηλίου και τη θέρμανση ενός κομματιού πάγου στο σχήμα φακού, τη συγκριτική θερμοκρασία των υπόγειων χώρων το χειμώνα και το καλοκαίρι, τη χρήση των θερμοσκοπίων, τα σχήματα του πάγου διαφόρων ρευστών, την ανθεκτικότητα του πάγου, τη μέτρηση της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη, το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου, την πρόκληση ψύχους από τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου και άλλων ουσιών σε νερό, τη δημιουργία πάγου κατά την απόψυξη αυγών σε νερό, την παραγωγή φρέσκου νερού κατά την τήξη πάγου από θαλασινό νερό, την άνοδο του νερού πριν μετατραπεί σε πάγο κατά την ψύξη του και μετεωρολογικά και φυσικά φαινόμενα όπως ήταν το χαλάζι, οι καταιγίδες, και το σχίσσιμο των δέντρων από το ψύχος. Στη συγκριτική παρουσίαση της εξέτασης των παραπάνω φαινομένων με την αντίστοιχη του Boyle δείξαμε ότι τα περισσότερα φαινόμενα

¹⁴³ Τα πειράματα της πρώτης κατηγορίας του Merret παρουσιάζονταν στα κεφάλαια δύο και τρία (της ενότητας «The Experimental History of Cold» του *Cold* και τα πειράματα της τρίτης κατηγορίας στα κεφάλαια επτά, οχτώ, εννέα, δέκα, έντεκα, δώδεκα.

εξετάζονταν στο *Cold* και ότι πολλά αναδεικνύονταν, από την παρουσίασή τους στην πραγματεία, ως σημαντικά φαινόμενα για την εξέταση της φύσης του ψύχους. Πιο συγκεκριμένα, ο Boyle με τον εκτενή πειραματισμό του σε φαινόμενα, όπως ήταν η αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη, το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου, η δημιουργία περιβλήματος πάγου στα αυγά κατά την απόψυξη, η άνοδος του νερού πριν τη μετατροπή του σε πάγο, η μεγαλύτερη θερμοκρασία των κελαριών το χειμώνα παρά το καλοκαίρι, και η συσχέτιση των πειραματικών αποτελεσμάτων με την υποστήριξη ή αντίκρουση εξηγητικών υποθέσεων για τη φύση του ψύχους, είχε δείξει καταρχήν ότι προϋπήρχε ένα θεωρητικό πλαίσιο για την εξήγηση των ιδιοτήτων της ύλης στο οποίο η εξέταση των συγκεκριμένων ερωτημάτων έπαιξε σημαντικό ρόλο· κατά δεύτερον είχε αναδείξει τη σημασία της εξέτασης των συγκεκριμένων φαινομένων, για τον έλεγχο των θεωρητικών υποθέσεων για τη φύση του ψύχους και της ψύξης. Η επιλογή λοιπόν από τα μέλη της Εταιρείας των συγκεκριμένων φαινομένων αποδεικνύει ότι είχαν γνώση της σημασίας τους για την εξέταση της εξήγησης της συγκεκριμένης ιδιότητας από τις θεωρίες ύλης που κυριαρχούσαν εκείνη τη χρονική περίοδο καθώς και γνώση του νέου πλαισίου στο οποίο εξεταζόταν πειραματικά η ιδιότητα, όπως ήταν το πλαίσιο που έθετε η πραγματεία *Cold*. Επίσης, οι αναφορές των μελών στην τότε υπάρχουσα βιβλιογραφία για τα φαινόμενα του ψύχους, όπως ήταν τα έργα του *Bartholinus*, τα σχολαστικά έργα και οι σχολαστικοί συγγραφείς που μνημονεύονταν στο *Cold* (Kircher και ο Berigardus με το *Circulus Pisanus*) και οι χημικοί, όπως ο Quercitan, αναδείκνυαν τη λειτουργία της βιβλιογραφίας, ως μίας κοινής αφετηρίας για τη θέση ορισμένων ερωτημάτων για το ψύχος από τα μέλη της Εταιρείας αλλά και τον Boyle. Επίσης, οι εκτενείς συζητήσεις φαινομένων, όπως ήταν η παραγωγή φρέσκου νερού από πάγο και η διάθλαση του φωτός από τον πάγο, έδειχναν ότι τα μέλη επικέντρωναν το ενδιαφέρον τους σε πειράματα για τα οποία υπήρχαν αντικρουόμενα αποτελέσματα και παρατηρήσεις. Η έμφαση στη συζήτηση για την κατασκευή και χρήση του θερμοσκοπίου αποτελούσε αναγκαιότητα για τα σχέδια των μελών της Εταιρείας για την καταγραφή μίας «Ιστορίας του Καιρού». Αποτελούσε όμως και αποτέλεσμα της επαφής τους με τις εξελίξεις στο θέμα της θερμομέτρησης οι οποίες, όπως δείξαμε στο 2.3.4, ήταν ραγδαίες στα μέσα του 17ου αιώνα. Έχουμε ήδη αναδείξει το ενδιαφέρον της Εταιρείας γενικότερα για τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις, όμως, η ενασχόληση με τα ψυχρά μετεωρολογικά

φαινόμενα αν και παρουσιαζόταν στις συνεδριάσεις απομονωμένη από τα άλλα φαινόμενα του ψύχους, δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι δεν σχετιζόταν καθόλου με αυτά.

Τα ερωτήματα για το ψύχος έτσι όπως θέτονται από τα μέλη της Εταιρείας και από τον Boyle στο *Cold*, αναδεικνύουν τη διαμόρφωση μίας προβληματικής στην οποία στρεφόταν το ενδιαφέρον εκείνων που δραστηριοποιούνταν πειραματικά για την ιδιότητα. Ένα δύσκολο ερώτημα που χρειάζεται απάντηση στην προσπάθεια εκτίμησης του ρόλου του Boyle στην οριοθέτηση και διαμόρφωση της νέας προβληματικής είναι το εξής: αν τα ερωτήματα που εξετάζονταν από τα μέλη της Εταιρείας, πριν την έκδοση του *Cold*, προέρχονταν από την επαφή των μελών με την πειραματική δραστηριότητα του Boyle, και αν τα ερωτήματα που εξετάστηκαν μετά, τέθηκαν με βάση την πρώτη έκδοση. Οι συζητήσεις που λάμβαναν χώρα στις συνεδριάσεις της Εταιρείας, τα ενδιαφέροντα κάθε μέλους που είχαν αναπτυχθεί μέσα από την πρότερη συμμετοχή του στις πειραματικές ομάδες, η επαφή με μέρος της δραστηριότητας του Boyle, η οποία, όπως έχουμε δείξει, είχε αναπτυχθεί αρκετά πριν τη διαμόρφωση ορισμένων ομάδων, καθώς και οι υφιστάμενες θεωρίες για την ύλη αποτελούσαν το υπόβαθρο για την επιλογή των ερωτημάτων στις εργασίες του Henshaw, του Hooke, και του Merret της περιόδου 1662-1666¹⁴⁴. Τα ερωτήματα που έθετε ο Henshaw και πάνω στα οποία στηρίχθηκε ένα μέρος των ερωτημάτων που εξέτασε ο Merret αφορούσαν την εξέταση πειραματικών φαινομένων του ψύχους που υποστηρίζονταν από την αριστοτελική θεωρία και, όπως είδαμε στο *Cold* ετίθεντο υπό αμφισβήτηση¹⁴⁵. Αυτό επιβεβαιώνει την άποψη ότι προϋπάρχουσες παραδόσεις όπως ήταν η αριστοτελική καθώς και η βακωνική, από τις οποίες αντλούσαν σχεδόν όλα τα μέλη της Εταιρείας αρκετές ιδέες για τον πειραματισμό, αποτέλεσαν δύο σημαντικούς παράγοντες για τον προσδιορισμό των ερωτημάτων που καθόρισαν την έρευνα για το ψύχος. Επίσης, η υπάρχουσα βιβλιογραφία για τα φαινόμενα του ψύχους, που αποτελούνταν κυρίως από ταξιδιωτικά, σχολαστικά και χημικά έργα, αποτέλεσε κοινή πηγή από την οποία άντλησαν πληροφορίες για την ανάπτυξη μίας προβληματικής τόσο τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας, όσο και ο Boyle. Η αναφορά σε φαινόμενα που δεν περιέχονταν στο *Cold* (η συγκέντρωση των αχτίδων

¹⁴⁴ Εδώ αναφερόμαστε στην επιλογή των ερωτημάτων του πρώτου μέρους της εργασίας και όχι του δεύτερου μέρους που προστέθηκε μετά την παρουσίαση του μεγαλύτερου μέρους των κεφαλαίων του *Cold* στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας από τον Boyle.

του ηλίου σε ένα κομμάτι πάγου στο σχήμα φακού), καθώς και το γεγονός ότι τα μέλη ζητούσαν την κοινοποίηση των πειραμάτων του Boyle προκειμένου να αναπαράγουν πειράματα για το ψύχος δείχνουν ότι η επαφή με την πειραματική έρευνα του Boyle πρέπει να ήταν περιορισμένη. Επίσης δείχνει ότι ορισμένα ερωτήματα ετίθεντο ανεξάρτητα από τις έρευνες του Boyle. Παρ'όλα αυτά η ταύτιση των ερωτημάτων που παρουσιάζονται στις πρώτες εργασίες του Merret, του Hooke και του Henshaw με εκείνα του Boyle καθώς και η κατηγοριοποίηση των πειραμάτων στην εργασία του Merret που ταιριάζει στη θεματική κατηγοριοποίηση του Boyle, αποτελούν σημαντικά στοιχεία που δείχνουν ότι τα μέλη της Εταιρείας πληροφορούνταν για την πειραματική δραστηριότητα του Boyle πριν από τις επίσημες παρουσιάσεις των κεφαλαίων της πραγματείας *Cold* στις συνεδριάσεις της.

Αναμφισβήτητα, οι προτάσεις του Boyle στις συνεδριάσεις καθώς και οι παρουσιάσεις των εργασιών του, όπως του εισαγωγικού κεφαλαίου του *Cold* για τα θερμοσκόπια, επηρέασαν τη στροφή του ενδιαφέροντος των μελών προς την εξέταση θεμάτων όπως ήταν οι βαθμοί του ψύχους που ήταν μεγαλύτεροι από αυτόν που ψύχει το νερό, τα προβλήματα της χρήσης των κοινών θερμοσκοπίων αέρος, το πρόβλημα της σχετικότητας των ενδείξεων της θερμοκρασίας από τις ανθρώπινες αισθήσεις, η εξέταση της θερμοκρασίας των υπόγειων χώρων και ο διαχωρισμός του άλατος από το θαλασσινό νερό μέσω της ψύξης. Επίσης είναι έκδηλο από τα πρακτικά ότι μετά την κοινοποίηση των κεφαλαίων του *Cold* καθώς και τη δημοσίευση του έργου, ακολούθησαν αναπαραγωγές των πειραμάτων του Boyle από αρκετά μέλη της Εταιρείας¹⁴⁶. Πέρα από τα δύο φαινόμενα, της ανόδου του νερού με την ψύξη και της παραγωγής ενός έντονου βαθμού ψύχους με τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου σε νερό, για τα οποία ο Boyle παρουσίασε εργασίες και, όπως δείξαμε παραπάνω, προκάλεσαν εκτενή πειραματισμό και συζητήσεις στα μέλη της Εταιρείας, υπάρχουν ενδείξεις ότι ορισμένα από τα πειράματα της περιόδου 1680-1684 έγιναν με βάση το *Cold*. Η προσπάθεια του Hooke να

¹⁴⁵ Η γρήγορη ψύξη του θερμού νερού σε σχέση με το ψυχρό, η αλλαγή του βάρους του νερού με την ψύξη, η ψύξη νερού κοντά στη φωτιά.

¹⁴⁶ « Boyle brought in some printed Copies of part of his Experimental History of Cold, with a desire that they might be recommended to the perusal of some of the Socistry, to collect thence such Experiments as are there proposed and wished to be made, or such as were by him made but imperfectly. The president took one of them, and delivered the rest to Dr Goddard, Dr Merret, Dr Whistler, Dr Ball. Mr Hooke, upont condition to answer the end, for which they were presented by the author.», Royal Society Archive, Journal Book Original, τόμος 2, σελ. 170.

αντικρούσει την υποστήριξη της ύπαρξης κενού ως περιεχόμενο των φυσαλίδων παρέπεμπε στην επιχειρηματολογία του Boyle στο *Cold*. Επίσης η διαμάχη που αναπτύχθηκε για την εξήγηση του περιβλήματος πάγου κατά την απόψυξη των αυγών αποτελούσε ένα θέμα που είχε παραμείνει ανοιχτό στο *Cold*. Εάν λάβουμε υπόψη επίσης τη χρονική περίοδο συζήτησης αυτών των θεμάτων, μπορεί να υποστηριχθεί ότι το *Cold* αποτελούσε, μετά τη δημοσίευσή του, μία από τις κύριες πηγές για τον πειραματισμό πάνω στα φαινόμενα του ψύχους.

Με βάση το γεγονός ότι το *Cold* ήταν το μοναδικό πειραματικό έργο στο οποίο ερευνώνταν τα περισσότερα φαινόμενα του ψύχους και παρουσιάζονταν οι εκτενέστερες πειραματικές έρευνες για αυτά, είναι σημαντικό να εξετάσουμε κατά πόσο οι πειραματικές έρευνες και συζητήσεις των μελών της Εταιρείας λειτουργούσαν συμπληρωματικά ή ως επιβεβαιώσεις ή αντικρούσεις πειραματικών αποτελεσμάτων που παρουσιάζονταν στο *Cold*. Για τα περισσότερα φαινόμενα που εξέταζε ο Merret, κατέληγε σε πειραματικά αποτελέσματα που επιβεβαίωναν τα αντίστοιχα στα οποία είχε καταλήξει ο Boyle με τα πειράματά του στο *Cold*. Σημαντικά μπορούν να κριθούν με βάση την εκτενή εξέταση του φαινομένου της αντιπερίστασης στο *Cold*, τα πειραματικά αποτελέσματα στα οποία είχε καταλήξει ο Merret εναντίον του φαινομένου της αντιπερίστασης. Υπήρχαν και περιπτώσεις, όπως ήταν η δυνατότητα ψύξης του νερού, όπου τα αποτελέσματα του Merret συμπλήρωναν την έρευνα του Boyle. Στην εξέταση της δυνατότητας ψύξης διαφορετικών υγρών ο Merret είχε εστιάσει στο σημείο εκκίνησης της ψύξης, την κατεύθυνσή της και το χρόνο ψύξης. Οι πληροφορίες αυτές ήταν χρήσιμες στα συμπεράσματα του Boyle για τη δυνατότητα των υγρών να ψυχθούν καθώς και στα πειράματά του για την κατεύθυνση που ακολουθεί η ψύξη. Επίσης η έρευνα του Merret για την ανθεκτικότητα του πάγου διαφορετικών ειδών υγρών μπορούσε να συμπληρώσει την πληροφόρηση που έδινε η έρευνα του Boyle για την ανθεκτικότητα του πάγου από νερό. Οι πληροφορίες της εργασίας του Merret ήταν χρήσιμες στην εξέταση της ύπαρξης κοινών χαρακτηριστικών ανθεκτικότητας ανάμεσα στον πάγο από νερό και στον πάγο που προερχόταν από τα άλλα υγρά.

Έχουμε ήδη αναδείξει σε πολλά σημεία της έρευνάς μας τον ρόλο της έρευνας του Hooke στην εύρεση μίας μεθόδου για την κατασκευή μίας τυποποιημένης κλίμακας θερμοσκοπίου και στην υιοθέτησή της από τον Boyle. Οι εργασίες και τα πειράματα που

εκτέλεσε ο Hooke στις συνεδριάσεις της Εταιρείας δείχνουν ότι, κατά ένα μεγάλο μέρος, τα πειραματικά του αποτελέσματα επιβεβαίωναν εκείνα του Boyle αλλά και ότι ορισμένες πληροφορίες, όπως ήταν η απόδοση της ελαφρύτητας του πάγου στις φυσαλίδες και στην ενιαία σύνθεση της υφής του πάγου, η απόδειξη της συρρίκνωσης του γυαλιού με την ψύξη, καθώς και οι επιπλέον μετρήσεις για την ανθεκτικότητα του πάγου μπορούσαν να συμπληρώσουν τις πληροφορίες που συνέλεγε ένας αναγνώστης για τα φαινόμενα με βάση το *Cold*. Πολύ σημαντικό ρόλο για την αναγωγή της αναλογίας (1 προς 8 ή 9) της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη σε ένα αδιαμφισβήτητο πειραματικό γεγονός έπαιξε η συναγωγή από τον Hooke μίας αναλογίας που διέφερε ελάχιστα από εκείνη που είχε συναγάγει με τα πειράματά του ο Boyle, μέσω μίας αρκετά διαφορετικής μεθόδου μέτρησης. Η επιβεβαίωση της ύπαρξης μίας παρόμοιας αναλογίας από τα πειράματα των Φλωρεντινών πειραματιστών αναδεικνύει την αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη ως ένα από τα σημαντικότερα πειραματικά αποτελέσματα των πειραματικών ερευνών για τα φαινόμενα του ψύχους που εκτελέστηκαν στα μέσα του 17ου αιώνα.

Οι έρευνες και τα πειράματα που διεξήχθησαν από τα υπόλοιπα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας κυρίως επιβεβαίωναν τα πειραματικά αποτελέσματα που είχε παρουσιάσει ο Boyle, εκτός από τις περιπτώσεις που θα αναφερθούν παρακάτω στις οποίες αντέκρουαν ορισμένα από αυτά. Ιδιαίτερη σημασία έχουν τα πειράματα που έγιναν για την επιβεβαίωση της παραγωγής ψύχους από το χλωριούχο αμμώνιο γιατί έδειχναν ότι ο βαθμός του ψύχους που δημιουργούνταν ήταν μεγαλύτερος από εκείνον που προκαλούνταν από τη διάλυση στο νερό άλλων ουσιών και επομένως επιβεβαίωναν τον ισχυρισμό του Boyle για την ένταση του βαθμού ψύχους που παραγόταν. Το γεγονός ότι τα συμπεράσματα του Boyle και των μελών προέρχονταν από τη χρήση του θερμοσκοπίου δείχνει ότι οι ενδείξεις των θερμοσκοπίων που χρησιμοποιούνταν από τα μέλη της Εταιρείας ήταν συγκρίσιμες.

Ορισμένα όμως πειράματα που εκτελέστηκαν από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας, οδήγησαν σε πειραματικά αποτελέσματα που αντέκρουαν εκείνα του Boyle. Τα φαινόμενα στην εξέταση των οποίων παρουσιάστηκαν αντικρουόμενα αποτελέσματα αφορούσαν την άνοδο του νερού με την ψύξη χωρίς να έχει μετατραπεί σε πάγο και το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου. Στην πρώτη περίπτωση, τα μέλη της Εταιρείας

Croon και Slare, κατά την αναπαραγωγή των πειραμάτων των Φλωρεντίνων πειραματιστών, όπου αναδεικνύονταν τα στάδια ψύξης του νερού, είχαν παρατηρήσει, σε αντίθεση με τον Boyle, ότι το νερό διαστελλόταν χωρίς να έχει μετατραπεί σε πάγο. Στη δεύτερη περίπτωση, ο Hooke παρήγαγε πειραματικά αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου αποτελούνταν από αέρα που είχε τις ίδιες ιδιότητες με τον κανονικό αέρα. Αντιθέτως, ο Boyle είχε καταλήξει σε αποτελέσματα που έδειχναν ότι μόνο ένα μικρό μέρος του περιεχομένου των φυσαλίδων περιείχε κανονικό αέρα, και ότι το υπόλοιπο είτε ήταν κενό, είτε περιείχε κάποια ουσία σαν τον αιθέρα. Και οι δύο περιπτώσεις αφορούσαν ερωτήματα τα οποία είχαν ιδιαίτερη σημασία για μία σειρά από πειραματικά φαινόμενα και συμπεράσματα που παρουσιάζονταν στο *Cold*. Έχουμε ήδη αναφέρει ότι η απόδειξη της ανόδου του νερού με την ψύξη ερχόταν σε αντίθεση με το γενικότερο πειραματικό συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει ο Boyle για τα υγρά που διογκώνονται με την ψύξη. Σύμφωνα με αυτό, η διόγκωση των υγρών κατά την ψύξη τους προερχόταν μόνο από τη μετατροπή τους σε πάγο και οφειλόταν κυρίως στην ανάπτυξη φυσαλίδων στον πάγο. Τα πειραματικά αποτελέσματα του Croon και του Slare, τα οποία στην προκειμένη περίπτωση επιβεβαίωναν εκείνα των Φλωρεντίνων πειραματιστών, αντέκρουαν το γενικό συμπέρασμα του Boyle, το οποίο όπως φαίνεται και από την προσπάθεια του Boyle να απορρίψει τα αποτελέσματα των Ιταλών πειραματιστών, είχε ιδιαίτερη σημασία για αυτόν. Μπορούμε να εικάσουμε ότι η σημασία του συγκεκριμένου φαινομένου έγκειται στο ότι ο Boyle δεν μπορούσε να βρει μία μηχανιστική εξήγηση βασισμένη στην υπόθεσή του για τη φύση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων, η οποία να εξηγεί την άνοδο του νερού χωρίς τη μετατροπή σε πάγο με φυσαλίδες. Σε αυτή τη περίπτωση δημιουργούνταν το ερώτημα: πώς η μείωση της κίνησης των σωματιδίων του νερού που προερχόταν από την ψύξη θα μπορούσε να προκαλέσει τη διαστολή του νερού. Η δυσκολία απάντησης αυτού του ερωτήματος προέκυπτε και από το γεγονός ότι με βάση τις παρατηρήσεις του Boyle, τα υγρά που δεν μετατρέπονταν σε πάγο με την ψύξη, συρρικνώνονταν είτε διατηρώντας τη ρευστή τους μορφή είτε μετατρέπομενα, με τη συρρίκνωση, σε ένα είδος πηχτού ρευστού. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το φαινόμενο αποτελούσε εξαίρεση σε μία σειρά φαινομένων και συμπερασμάτων του Boyle για την

ψύξη, τα οποία δεν αντέβαιναν σε μία υποθετική εξήγηση της φύσης του ψύχους μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων.

Τα αποτελέσματα του Hooke, που στήριζαν την άποψη για την πληρότητα των φυσαλίδων του πάγου με κανονικό αέρα που έχει ελαστικότητα και τα οποία αντέκρουαν τα πειραματικά συμπεράσματα του Boyle, αφορούσαν το φαινόμενο της φύσης του περιεχομένου των φυσαλίδων, το οποίο έπαιζε πρωταρχικό ρόλο στην εξήγηση της διόγκωσης του νερού με την ψύξη. Τα πειραματικά αποτελέσματα του μοναδικού πειράματος που είχε εκτελέσει ο Hooke έρχονταν σε αντιπαράθεση με τα αποτελέσματα από τα πολλαπλά πειράματα που είχε εκτελέσει ο Boyle, για να δείξει ότι κατά την ψύξη του νερού δεν εισέρχεται εξωτερικός αέρας, ούτε απελευθερώνεται τέτοια ποσότητα του ενυπάρχοντος στο νερό αέρα που να γεμίζει τις φυσαλίδες. Οι εκτενείς πειραματικές έρευνες του Boyle για τα φαινόμενα του ψύχους είχαν οδηγήσει σε μία σειρά από παρατηρήσεις, που επιβεβαίωναν το συμπέρασμά του. Η μετατροπή του νερού σε πάγο με φυσαλίδες σε κλειστές, προς τον εξωτερικό αέρα, φιάλες, καθώς και σε φιάλες γεμάτες με νερό, έδειχνε τη δημιουργία του πάγου με φυσαλίδες σε περιπτώσεις όπου αποκλειόταν η εισροή του εξωτερικού αέρα και η εισροή του εσώκλειστου στις φιάλες αέρα. Τα πειράματα που βασίζονταν στη χρήση της αντλίας κενού καθώς και τα πειράματα που βασίζονταν σε συμπεράσματα για την ελαστικότητα του αέρα έδειχναν ότι οι φυσαλίδες παράγονταν παρά την εξάντληση του εσώκλειστου, στην αντλία κενού, αέρα, και ότι το περιεχόμενο των φυσαλίδων δεν φαινόταν να έχει ελαστικότητα. Τα πειραματικά αποτελέσματα του Hooke λοιπόν έρχονταν σε αντίθεση με αποτελέσματα που προέκυπταν από πειραματικές διατάξεις βασισμένες σε ορισμένες παραδοχές για τη λειτουργία της αντλίας κενού καθώς και την ελαστικότητα του αέρα που αποτελούσαν για τον Boyle πειραματικά γεγονότα των πειραμάτων του για τις ιδιότητες του αέρα.

Η συγκριτική έρευνα των πειραμάτων του Boyle με εκείνα των μελών της Εταιρείας αναδεικνύει επίσης ορισμένες περιπτώσεις όπου, ενώ ερευνώνται τα ίδια φαινόμενα, οι στόχοι ή τα ερωτήματα που στοχεύει να απαντήσει κάθε πειραματιστής διαφέρουν μεταξύ τους, παρόλο που τα πειραματικά αποτελέσματα συνήθως είναι ίδια. Μία τέτοια περίπτωση αποτελεί ο τρόπος που εξέταζε ο Merret τα φαινόμενα της αύξησης του όγκου του νερού και της ανάδειξης της διογκωτικής δύναμής του. Ενώ ο Merret προσπαθούσε με τα πειράματα της θραύσης των φιαλών με το ψύχος να

συσχετίζει τον τρόπο θραύσης των φιαλών και την αντοχή τους στη θραύση με το υλικό και το σχήμα τους, ο Boyle ερευνώντας το ίδιο φαινόμενο προσπαθούσε να αναδείξει και να μετρήσει την αύξηση του όγκου του νερού και τη διογκωτική δύναμή του. Διαφορά υπήρχε επίσης στην εξέταση του φαινομένου της συγκόλλησης του πάγου σε μία επίπεδη επιφάνεια με τη ρίψη αλατιού ανάμεσα στην εξέταση του φαινομένου από τον Merret, ως απόδειξη ότι η συγκόλληση αποτελεί ένα χαρακτηριστικό της δράσης του ψύχους, και της εξέτασης από τον Boyle, ως ένδειξη της ανθεκτικότητας του πάγου. Με βάση τις περιπτώσεις αυτές συμπεραίνουμε ότι παρόλο που υπήρχε μία κοινή προβληματική όσον αφορά τα φαινόμενα του ψύχους που επιλέγονταν προς εξέταση, ο σκοπός κάθε πειράματος διέφερε από πειραματιστή σε πειραματιστή ανάλογα με τα προσωπικά του ενδιαφέροντα.

Μία πολύ σημαντική πτυχή της συγκριτικής έρευνας των πειραμάτων των μελών της Εταιρείας για το ψύχος με εκείνα του Boyle αποτελεί η ανάδειξη διαφορών και ομοιοτήτων στις πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται. Οι διαφορές και ομοιότητες στους τρόπους πειραματισμού δεν αποδίδονται στη δραστηριότητα των μελών ως συλλογική έκφραση αλλά στις ατομικές επιλογές και μεθόδους τους. Οι πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποίησαν οι Merret και Hooke κατά την εξέταση φαινομένων που ερευνώνταν και από τον Boyle στο *Cold* ήταν κατά το μεγαλύτερο μέρος τους παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποίησε ο Boyle. Ένα σημαντικό παράδειγμα αποτελεί η μέθοδος μέτρησης της ανθεκτικότητας του πάγου από τον Hooke. Ανάμεσα στις διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν μεν για την εξέταση παρόμοιων φαινομένων αλλά διέφεραν ως προς τη δομή τους, ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί η μέθοδος του Hooke για τη μέτρηση της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος καθώς και η μέθοδός του για την εξέταση του περιεχομένου των φυσαλίδων. Στην πρώτη περίπτωση, ο Hooke κατέληγε στην ίδια περίπου αναλογία της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος στην οποία είχε καταλήξει ο Boyle με διαφορετικές πειραματικές διατάξεις. Στη δεύτερη περίπτωση, ο Hooke κατέληγε σε πειραματικά αποτελέσματα τα οποία αντέκρουαν εκείνα στα οποία είχε καταλήξει ο Boyle για το περιεχόμενο των φυσαλίδων. Η χρησιμοποίηση παρόμοιων πειραματικών διατάξεων ενισχύει περισσότερο το συμπέρασμα που έχουμε υποστηρίξει παραπάνω για την ανάπτυξη μίας προβληματικής για το ψύχος η οποία αποτελούνταν από συγκεκριμένα ερευνητικά

ερωτήματα. Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι πολλά φαινόμενα ερευνώνταν από διαφορετικούς πειραματιστές με τις ίδιες πειραματικές διατάξεις. Η χρησιμοποίηση διαφορετικών πειραματικών διατάξεων αποτελεί απόδειξη της διαφοροποίησης της πειραματικής πρακτικής κάθε πειραματιστή και του ρόλου που έπαιζαν τα ενδιαφέροντά του στη διαμόρφωση της πειραματικής έρευνας. Επιβεβαιώνει επίσης ότι το ενδιαφέρον ορισμένων μελών δεν περιοριζόταν στην προσπάθεια αναπαραγωγής κάποιων πειραμάτων για το ψύχος, αλλά αποτελούσε μία προσπάθεια εκ νέου μελέτης κάποιων φαινομένων τα οποία ερευνώνταν παράλληλα από άλλους πειραματιστές με διαφορετικούς τρόπους. Αποδεικνύουν δηλαδή, ότι η νέα πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος δεν αποτελούσε μία ενδιαφέρουσα και πρωτότυπη έρευνα μόνο για τον Boyle που είχε διεξάγει την εκτενέστερη έρευνα αλλά και για τα άλλα μέλη της Εταιρείας.

Η συγκριτική παρουσίαση των πειραμάτων των μελών της Βασιλικής Εταιρείας με εκείνα του Boyle αποτελεί μία υπόθεση εργασίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξέταση της πειραματικής μεθόδου των μελών της Εταιρείας συγκριτικά με την αντίστοιχη που άσκησε ο Boyle. Σύμφωνα με τα πειράματα και τις εργασίες του Hooke για το ψύχος, αποδεικνύεται ότι βασική πρακτική του ήταν η παρουσίαση ενός πειράματος για την εξέταση ενός φαινομένου και την απόδειξη των συμπερασμάτων του, σε αντίθεση με τον Boyle που ακολουθούσε ένα Βακωνικό μοντέλο επανάληψης των πειραμάτων του και επιβεβαίωσης των πειραματικών του συμπερασμάτων με τη χρήση επιπλέον παρατηρήσεων. Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό της πειραματικής πρακτικής του αποτελούσε η χρησιμοποίηση ορισμένων παρατηρήσεων και εξηγήσεων, όπως ήταν το ύψος των παγόβουνων και η εξήγηση της απόκλισής του από την αναλογία αύξησης του όγκου του νερού με την ψύξη, ως αναμφισβήτητα εμπειρικά γεγονότα. Αντίθετα, ο Boyle επιβεβαίωνε το ύψος των παγόβουνων και την απόκλισή του με παρατηρήσεις τρίτων καθώς και εξηγήσεις οι οποίες βασίζονταν σε παρατηρήσεις και μαρτυρίες. Το παράδειγμα του Hooke αποτελεί μία σημαντική ένδειξη της ποικιλίας των πειραματικών μεθόδων με τις οποίες εξετάστηκαν τα φαινόμενα του ψύχους από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Επίσης δείχνει ότι η πειραματική πρακτική που ασκήθηκε από ορισμένα μέλη της Εταιρείας δεν ακολουθούσε το Βακωνικό πρότυπο πειραματισμού.

3.5.2 Συμπεράσματα με βάση την πειραματική δραστηριότητα της Ακαδημίας Del Cimento

Η συγκριτική μελέτη των πειραμάτων των Ιταλών πειραματιστών με εκείνα του Boyle και των μελών της Βασιλικής Εταιρείας, διεξήχθη με βάση τα πειράματα που παρουσιάστηκαν στο *Saggi*. Σύμφωνα με τις μελέτες του Middleton και του Boschiero, πειράματα τα οποία τελικά δεν συμπεριλήφθηκαν στην πραγματεία καταγράφονται σε χειρόγραφα της Ακαδημίας¹⁴⁷. Στην παρούσα μελέτη, καθώς και στη συναγωγή των συμπερασμάτων από αυτή, επικεντρώναστε στα πειράματα της πραγματείας, θεωρώντας ότι αποτελούν μία αντιπροσωπευτική απεικόνιση της δραστηριότητας για το ψύχος της Ακαδημίας. Η πεποίθηση αυτή βασίζεται στη σκέψη ότι οι Ιταλοί πειραματιστές επέλεξαν να συμπεριλάβουν στη μοναδική δημοσίευση των πειραμάτων τους, εκείνες τις πειραματικές δοκιμές που ήταν επιτυχημένες και είχαν σημασία με βάση τα ερευνητικά τους ενδιαφέροντα.

Η εξέταση των φαινομένων του ψύχους από τους Ιταλούς πειραματιστές ήταν η τρίτη μελέτη, μετά από εκείνη του Boyle και του Merret, όπου παρουσιάζονταν ορισμένα φαινόμενα του ψύχους ως σύνολο, κατηγοριοποιημένα σε ομάδες. Το πρώτο και βασικό συμπέρασμα με βάση την παρουσίαση των πειραμάτων είναι η ανάδειξη ορισμένων φαινομένων που είχαν εξεταστεί και από τον Boyle στο *Cold* και από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Οι πιο σημαντικές περιπτώσεις τέτοιων φαινομένων αφορούσαν τα χαρακτηριστικά της ψύξης του νερού, την αύξηση του όγκου του και τη διογκωτική του δύναμη, τη θραύση των φιαλών με την ψύξη του εσωτερικού υγρού, το φαινόμενο της θραύσης των ανοιχτών φιαλών κατά την ψύξη του νερού από την επιφάνειά του, τη συρρίκνωση και τη διαστολή των δοχείων διαφόρων υλικών από το ψύχος και τη θερμότητα και τη συγκόλληση του πάγου πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια με τη ρίψη αλατιού. Η επιλογή των συγκεκριμένων φαινομένων καθώς και των πειραματικών

¹⁴⁷Middleton (1971), Boschiero (2003).

μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν επιβεβαιώνουν την ανάπτυξη μίας προβληματικής για το ψύχος που ήταν κοινή στον Boyle, στα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας και τους Φλωρεντίνους Ακαδημαϊκούς. Η σύγκριση των πειραματικών ερωτημάτων που εξετάστηκαν από τη Βασιλική Εταιρεία και την Ιταλική Ακαδημία, δείχνει ότι η πειραματική δραστηριότητα του Boyle, όπως παρουσιαζόταν στο *Cold*, ήταν η μοναδική σε πληρότητα φαινομένων, υπό την έννοια ότι συμπεριλάμβανε τα ερωτήματα που είχαν τεθεί από τα μέλη και των δύο ιδρυμάτων. Το γεγονός ότι τα ερωτήματα που εξετάστηκαν στα δύο ιδρύματα δεν ήταν στο σύνολό τους ταυτόσημα καθώς και η εξέταση πολλών ερωτημάτων από τον Boyle που εξέλιπαν από τη δραστηριότητα των δύο ιδρυμάτων, αποδεικνύει ότι ενώ αναπτύχθηκε την ίδια χρονική περίοδο μία, σε πολλά σημεία, κοινή πειραματική δραστηριότητα για τα φαινόμενα του ψύχους, οι ατομικές πειραματικές προσπάθειες καθοδηγούνταν από τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντα κάθε πειραματιστή ή κάθε ομάδας για τα φαινόμενα του ψύχους.

Παραπάνω δείξαμε ότι το ενδιαφέρον των μελών της Βασιλικής Εταιρείας αναπτύχθηκε για τα φαινόμενα του ψύχους κυρίως τη χρονική περίοδο των τελευταίων σταδίων προετοιμασίας της έκδοσης του *Cold* (1662-1666) καθώς και κατά την περίοδο της δεύτερης έκδοσής του και της δημοσίευσης της αγγλικής μετάφρασης του *Saggi* (1680-1684). Η υποστήριξη από τον Middleton της προετοιμασίας του *Saggi* για δημοσίευση το 1662 και της καθυστέρησης της έκδοσης μέχρι το 1666-7 οδηγεί σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα για την παράλληλη ανάπτυξη των τριών πειραματικών δραστηριοτήτων για το ψύχος, εκείνης του Boyle, της Βασιλικής Εταιρείας και της Φλωρεντινής Ακαδημίας, και την έμφαση που δόθηκε το 1662 στη δημοσίευση των συγκεκριμένων πειραματικών ερευνών. Σύμφωνα με τον Middleton, πολλά πειράματα των μελών της Ακαδημίας για την ψύξη είχαν εκτελεσθεί το 1657, με τη σύστασή της, αλλά και νωρίτερα ως μέρος των πειραματικών ερευνών του Μεγάλου δούκα Φερδινάνδου και του πρίγκιπα Λεοπόλδου. Με βάση την αλληλογραφία των μελών της Ακαδημίας αλλά και ορισμένα πρόχειρα αντίγραφα του *Saggi*, πιστοποιεί ότι το μεγαλύτερο μέρος των πειραμάτων του *Saggi*, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων για τα φαινόμενα του ψύχους, είχαν εκτελεσθεί μέχρι τις αρχές του 1662¹⁴⁸. Οι επεμβάσεις και διορθώσεις στα πρόχειρα της πραγματείας αναδεικνύουν, σύμφωνα με τον

¹⁴⁸ Middleton [1671], σσ., 65-82.

Middleton, τους λόγους που οδήγησαν στην αργοπορημένη έκδοση του *Saggi* το 1666. Με βάση τις διορθώσεις στο πρώτο πρόχειρο της πραγματείας (Codex A), υποστηρίζει ότι μετά το 1662 έγιναν κυρίως αναπαραγωγές και συμπληρώσεις πειραμάτων, όπως ήταν η πρόσθεση των ενδείξεων του θερμοσκοπίου και του εκκρεμούς στο πείραμα όπου καταγράφονταν τα στάδια ψύξης του νερού. Το 1662, λοιπόν, τα περισσότερα πειράματα του *Saggi* είχαν εκτελεσθεί και, όπως αναφέρει και ο Middleton, υπήρχε η πρόθεση άμεσης δημοσίευσής τους. Η πρόθεση αυτή επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία που καταγράφει για την αναμονή της έκδοσης της πραγματείας κατά τη διάρκεια εκείνης της χρονιάς από αρκετούς φυσικούς φιλοσόφους στην Ευρώπη. Με βάση την έρευνα που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2.2, δείξαμε ότι μέχρι το 1662 είχε επίσης διεξαχθεί ένα μεγάλο μέρος της πειραματικής έρευνας του Boyle για το ψύχος. Οι πειραματικές λοιπόν δραστηριότητες του Boyle και των μελών της Ακαδημίας φαίνεται ότι αναπτύχθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα. Δεύτερον, η εντολή που δόθηκε από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας στον Boyle τον Δεκέμβριο του 1662 για την παρουσίαση των πειραμάτων του για το ψύχος ενώπιόν τους, καθώς και ο ρόλος που δείξαμε ότι έπαιξε αυτή η εντολή στη δημοσίευση του *Cold*, οδηγεί στην υπόθεση ότι η παρότρυνση της κοινοποίησης των πειραμάτων του Boyle μπορεί να είχε προκληθεί από την πληροφόρηση της επικείμενης έκδοσης των πειραμάτων της Ακαδημίας¹⁴⁹. Η περίπτωση της μεταφοράς του κλειστού θερμοσκοπίου υγρού στην Αγγλία το 1661 από τον Southwell και της πληροφόρησης των μελών για τη δραστηριότητα της Ακαδημίας στο ζήτημα της θερμομέτρησης, αποτελεί ένα στοιχείο που ενισχύει την υπόθεση της ενημέρωσής τους για την προετοιμασία της έκδοσης του *Saggi*. Είναι πιθανό επίσης η έντονη δραστηριοποίηση των μελών της Ακαδημίας αλλά και του ίδιου του Boyle για τη δημοσίευση των πειραμάτων του το 1662, να αποτελούσαν μέρος μίας τακτικής κατοχύρωσης προτεραιότητας για τη συγκεκριμένη πειραματική έρευνα. Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι σημαντικά στη συζήτηση για την επαφή που μπορεί να υπήρχε μεταξύ των Άγγλων πειραματιστών, και ειδικά του Boyle, με τους Φλωρεντίνους καθώς και για τον ρόλο μίας τέτοιας επαφής στην ανάπτυξη παρόμοιων/ταυτόσημων πειραματικών ερωτημάτων και πρακτικών για το ψύχος.

¹⁴⁹ Βλ. 2.2

Οι αναφορές στο *Saggi* στις εξηγητικές υποθέσεις της σχολαστικής θεωρίας και των ατομιστικών θεωριών για τη φύση του ψύχους, δείχνει ότι η διαμόρφωση των ερωτημάτων τους και η επιλογή των φαινομένων προς εξέταση, έγινε στο πλαίσιο των υφιστάμενων θεωριών για τις ιδιότητες της ύλης. Έχουμε ήδη αναφέρει στην παρουσίαση των πειραμάτων του *Cold*, την προέλευση καθώς και τη σχέση πολλών πειραμάτων για το ψύχος με πειραματικά γεγονότα και εξηγητικές υποθέσεις που υποστηρίζονταν από τις σχολαστικές θεωρίες και τις αναπτυσσόμενες ατομικές θεωρίες της ύλης. Στο *Saggi* υπάρχουν αρκετά σημεία όπου οι πειραματιστές συσχετίζουν την πειραματική τους δραστηριότητα με τις θεωρητικές υποθέσεις για τη φύση της ιδιότητας. Στην εισαγωγή στα φαινόμενα της τεχνητής ψύξης, οι Ιταλοί Ακαδημαϊκοί αναφέρονταν στο ερώτημα για τη θετική ή «ελλειπτική» («privative») εξήγηση της φύσης του ψύχους ως μέρος της έρευνάς τους για την τεχνητή ψύξη· επίσης δήλωναν ότι η πειραματική έρευνά τους για τη συρρίκνωση και τη διαστολή των δοχείων με την ψύξη και τη θερμότητα αντίστοιχα, βασιζόταν στην προσπάθειά τους να αντικρούσουν την Αριστοτελική εξήγηση και να αποδείξουν μία ατομιστική εξήγηση του φαινομένου της ανόδου του νερού σε ένα δοχείο με την ψύξη και της πτώσης του με τη θερμότητα. Την εναντίωσή τους στις αριστοτελικές εξηγήσεις των φαινομένων του ψύχους είχαν επίσης δείξει με την απόρριψη της αριστοτελικής εξήγησης της θραύσης των φιαλών με την ψύξη του εσώκλειστου υγρού. Επίσης σε ένα πείραμα του *Saggi* έθεταν υπό εξέταση δύο αντικρουόμενες ατομιστικές υποθέσεις για την εξήγηση του ψύχους, εκείνης της εισόδου ψυχρών σωματιδίων και εκείνης της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων που αποτελούσαν το εξεταζόμενο σώμα. Οι συγκεκριμένες αναφορές των Ιταλών πειραματιστών επιβεβαιώνουν το συμπέρασμα που συνάγεται και από τις αναφορές του Boyle στις υπάρχουσες αριστοτελικές και ατομιστικές υποθέσεις για το ψύχος, ότι δηλαδή, η αντιπαλότητα μεταξύ των συγκεκριμένων θεωριών στον τομέα της εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων, είχε αποτελέσει το πλαίσιο από όπου επιλέχθηκαν ορισμένα φαινόμενα του ψύχους που τέθηκαν υπό εξέταση. Από την άλλη, ένα κοινό χαρακτηριστικό των πειραματικών δραστηριοτήτων που παρουσιάζονταν στο *Cold*, στο *Saggi*, και στις εργασίες των μελών της Βασιλικής Εταιρείας, αφορούσε την επικέντρωση στη συναγωγή πειραματικών αποτελεσμάτων και στην επιβεβαίωσή τους και όχι στην προώθηση μίας συγκεκριμένης εξηγητικής υπόθεσης. Αυτό συνέβαλε στην

αυτονόμηση ορισμένων ερωτημάτων, όπως ήταν εκείνο για την άνοδο του νερού πριν την ψύξη του και εκείνο της μέτρησης της αύξησης του όγκου του νερού και της διογκωτικής του δύναμης, από το θεωρητικό πλαίσιο και στην επικέντρωση του ενδιαφέροντος στην επιβεβαίωση των πειραματικών φαινομένων και στις μετρήσεις.

Η παρουσίαση ενός συνόλου φαινομένων για το ψύχος καθώς και η ομαδοποίησή τους σε κατηγορίες στις δημοσιευμένες πειραματικές μελέτες του Boyle, του Merret και των Φλωρεντίνων πειραματιστών επιτρέπει τη σύγκριση των κριτηρίων που χρησιμοποίησε ο κάθε πειραματιστής ή πειραματική ομάδα για την κατηγοριοποίηση των πειραμάτων και την επιλογή των πειραματικών ερωτημάτων. Μία σημαντική διαφορά στον τρόπο πειραματισμού αναδεικνυόταν από τη διάκριση που έκαναν οι Ιταλοί πειραματιστές μεταξύ των φαινομένων της τεχνητής και της φυσικής ψύξης. Στην πρώτη κατηγορία κατέτασσαν τα πειράματα που αφορούσαν την ψύξη και διόγκωση του νερού με τη χρήση ψυκτικών μιγμάτων από πάγο και χιόνι· στη δεύτερη, κατέτασσαν τα φαινόμενα της ψύξης άλλων υγρών στο φυσικό ψύχος του ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και φαινόμενα όπου αναδεικνύονταν διάφορα χαρακτηριστικά της δράσης του χιονιού ή του πάγου, όπως ήταν η ψύξη των ατμών του αέρα, η μετάδοση σε απόσταση του ψύχους, και η ανάδυση καπνού όταν ο πάγος αναμειγνύονταν με άλλες ουσίες. Η δεύτερη λοιπόν κατηγορία δεν αφορούσε μόνο διαδικασίες ψύξης που προκαλούνταν από το φυσικό ψύχος του ατμοσφαιρικού αέρα αλλά και φαινόμενα που σχετίζονταν με τις επιδράσεις του πάγου. Η χρήση του όρου «artifice» για τις μεθόδους που χρησιμοποιεί η φύση στην ψύξη, όπως είναι η διόγκωση ή συστολή των υγρών, η γρήγορη ή η αργή ψύξη, δείχνει ότι παρόλο που στα πειράματα της τεχνητής ψύξης («Experiments of Artificial Freezing») χρησιμοποιούσαν ως ψυκτική μέθοδο αποκλειστικά το μίγμα χιονιού και αλατιού, ο ορισμός της λέξης «artificial» εν εξαντλούνταν σε αυτή τη χρήση¹⁵⁰. Αυτό φαινόταν επίσης από το γεγονός ότι θεωρούσαν ότι η δράση της τεχνητής μεθόδου δεν διέφερε από τη φυσική μέθοδο ψύξης. Στον Boyle, η διάκριση φυσικής και τεχνητής ψύξης αφορούσε αποκλειστικά τη μέθοδο παραγωγής ψύχους σε ένα πείραμα, δηλαδή τη διάκριση της ψύξης μέσω του

¹⁵⁰ «Touching this, and other curious observations of the Artifice use d by Nature in Freezing (whether she Achieves her End by Contracting, or Rarefying the Fluid; whether the Change proceeds slowly, or instantaneously,&c) we were induced to try several Experiments of Artificial Freezing,, made by the outward applicatin of Ice, and Salt;», Accademia Del Cimento (1964), σελ. 70.

ατμοσφαιρικού αέρα από εκείνη που προκαλείται από ένα ψυκτικό μίγμα όπως ήταν το μίγμα χιονιού και αλατιού. Η διάκριση αυτή δεν χρησιμοποιούνταν από τον Boyle για την κατηγοριοποίηση των πειραμάτων του. Σε αντίθεση με τους Φλωρεντίνους πειραματιστές, ο Boyle εκτελούσε αρκετά από τα πειράματα που κατέτασσαν εκείνοι στην κατηγορία της τεχνητής ψύξης με τις δύο μεθόδους ψύξης και συμπεριλάμβανε ως μέρος της εξέτασης αυτών των φαινομένων φυσικά φαινόμενα όπως ήταν τα παγόβουνα. Πέρα από τη διαφορά στη χρήση της λέξης «artificial» μεταξύ του Boyle και των Φλωρεντίνων πειραματιστών, η επικέντρωση των Ιταλών στα πειράματα της τεχνητής ψύξης στη χρήση ψυκτικού μίγματος, και η απόκλιση φαινομένων προκαλούμενων από φυσικές αιτίες ψύχους, έδειχνε ότι είχαν μία περιορισμένη θεώρηση για την εξέταση των συγκεκριμένων φαινομένων της τεχνητής ψύξης μόνο μέσω της χρήσης του ψυκτικού μίγματος · αντίθετα, στον Boyle η χρήση πειραμάτων και παρατηρήσεων που είχαν γίνει στα ψυχρά κλίματα, όπου τα φαινόμενα προκαλούνταν από τη φυσική ψύξη του αέρα έδειχνε ότι τα συγκεκριμένα θέματα της διόγκωσης του νερού με την ψύξη και της διογκωτικής δύναμης του νερού μπορούσαν να εξετασθούν και ως προκαλούμενα από τη φυσική ψύξη. Η εξέταση των πειραμάτων και των φαινομένων σε ψυχρά κλίματα αποτελούσε μία σημαντική πτυχή της ερευνητικής προσπάθειας του Boyle η οποία προϋπέθετε τη σκέψη ότι υπήρχε ένα ενδεχόμενο τα φαινόμενα να εξελιχθούν διαφορετικά σε υψηλότερους βαθμούς ψύχους. Την ίδια θεώρηση για την ανάγκη εκτέλεσης πειραμάτων στα ψυχρότερα κλίματα είχαν ο Merret και τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας, όπως δείξαμε μέσα από τα ερωτηματολόγια που ετοιμάζαν για τη συλλογή παρατηρήσεων από τις ψυχρές χώρες. Η έλλειψη αναφοράς σε παρόμοια φαινόμενα καθώς και στη συζήτηση της εφαρμογής της αναλογίας αύξησης του όγκου του νερού στο φαινόμενο της βύθισης των παγόβουνων από τους Ιταλούς πειραματιστές δείχνει ότι δεν τους απασχολούσε η επιβεβαίωση των πειραματικών τους αποτελεσμάτων από τα φυσικά παραγόμενα φαινόμενα της ψύξης. Τα συμπεράσματά τους για τα χαρακτηριστικά της ψύξης του νερού συνάγονταν μόνο από τα συγκεκριμένα πειράματα που σχεδιάζονταν για να εκτελεσθούν στις τεχνητές συνθήκες που πρόσφερε το εργαστήριο.

Αναφέραμε παραπάνω ότι η επιλογή των πειραματικών φαινομένων που εξετάζονταν από τα μέλη της Φλωρεντινής Ακαδημίας και της Βασιλικής Εταιρείας του

Λονδίνου δείχνει ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα φαινόμενα όπου εστίαζε η κάθε πειραματική ομάδα το ενδιαφέρον της, οι οποίες καθορίζονταν από διάφορους παράγοντες που σχετίζονταν με το υπόβαθρο των θεωριών και των πειραματικών πρακτικών που αποτελούσαν εφαλτήριο της κάθε πειραματικής δραστηριότητας. Ο αποκλεισμός από το *Saggi* και, ενδεχομένως, από τη γενικότερη πειραματική δραστηριότητα των Ιταλών Ακαδημαϊκών, συγκεκριμένων περιπτώσεων πειραμάτων, μπορεί να αναδείξει ορισμένους από αυτούς τους παράγοντες. Η πρώτη περίπτωση αφορούσε την ελλειπή, σε σχέση με το *Cold*, παρουσίαση των ουσιών που μπορούν να ψύξουν άλλες ουσίες. Η δεύτερη περίπτωση, αφορούσε την ελλειπή εξέταση της δυνατότητας διαφόρων κατηγοριών υγρών να ψυχθούν. Οι Ιταλοί πειραματιστές δεν συμπεριλάμβαναν στις δοκιμές τους μία διακριτή κατηγορία πειραμάτων για την εξέταση της δυνατότητας των κατηγοριών των υγρών να ψυχθούν, όπως είχε κάνει ο Boyle και ο Merret. Υπήρχε όμως μία σειρά πειραμάτων που έδιναν αυτή την πληροφορία. Η πρώτη περίπτωση αφορά την ψύξη των τριών ειδών νερού όπου οι Ιταλοί έδιναν προσοχή στα χαρακτηριστικά της ψύξης και όχι στη δυνατότητα της ψύξης. Η δεύτερη περίπτωση αφορούσε την αναπαραγωγή του πειράματος των σταδίων της ψύξης του νερού, με διάφορα είδη νερού τα οποία είχαν αναμιχθεί με μέρη φυτών και με τα συγκεκριμένα υγρά του κρασιού, του διυλισμένου ξυδιού, του θεικού οξέος (*spirit of vitriol*), και του λαδιού. Η δοκιμή με λάδι ήταν και η μοναδική περίπτωση στο *Saggi* όπου αναδεικνυόταν η συρρίκνωση του όγκου ενός υγρού με την ψύξη. Ο σκοπός των πειραμάτων της δεύτερης περίπτωσης δεν στόχευε στον έλεγχο της δυνατότητας ψύξης αλλά στην εξέταση της ύπαρξης σταδίων ψύξης σε υγρά διαφορετικά από το νερό. Αντίθετα, με τα πειράματά του για την ψύξη των υγρών και τη συρρίκνωσή τους με το ψύχος ο Boyle προσπαθούσε να βρει κανονικότητες για τα μέρη από τα οποία έπρεπε να αποτελούνται τα υγρά προκειμένου να ψυχθούν. Έχοντας δείξει ότι η έντονη ενασχόληση του Boyle με τα συγκεκριμένα ερωτήματα απέρρεε από την προηγούμενη ενασχόλησή του με τις χημικές ιδιότητες των σωμάτων, τη σχέση που είχαν τα πειράματα με την απόρριψη της αριστοτελικής ποιοτικής θεώρησης για την ιδιότητα του ψύχους καθώς και τις χημικές χρήσεις της ψυκτικής διαδικασίας ως διαχωρισμού ενός μίγματος στα μέρη του, μπορούμε να εξηγήσουμε την έλλειψη ενδιαφέροντος των

Ιταλών μέσω της έλλειψης ύπαρξης πειραματικού ενδιαφέροντος στα συγκεκριμένα θέματα.

Η τρίτη περίπτωση αφορά την έλλειψη εξέτασης από τους Ιταλούς, του περιεχομένου των φυσαλίδων του πάγου και του βάρους του πάγου παρόλο που εξέταζαν όλα τα βασικά φαινόμενα που σχετίζονταν με την ψύξη του νερού. Οι Ιταλοί αναφέρονταν στις δύο προτάσεις που εξέταζε ο Boyle για το περιεχόμενο των φυσαλίδων, υποστηρίζοντας ότι η ελαφρύτητα του πάγου θα μπορούσε να προέρχεται είτε από τη διασπορά κενών χώρων στο νερό είτε από τη διασπορά σωματιδίων αέρα ή άλλης ουσίας. Δεν εξέταζαν όμως την επιβεβαίωση της μίας ή της άλλης πρότασης, δείχνοντας ότι δεν το θεωρούσαν σημαντικό για την εξέταση των φαινομένων της διόγκωσης του νερού και της ανάπτυξης μίας διογκωτικής δύναμης με την ψύξη, της κύριας αιτίας της αύξησης του όγκου του, όπως ισχυριζόταν ο Boyle.

Η συζήτηση του συγκεκριμένου θέματος το 1684 στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας αποδεικνύει ότι για τους Άγγλους πειραματιστές ήταν ένα σημαντικό θέμα που παρέμενε ακόμη ανοιχτό. Στο πλαίσιο του *Cold*, το συγκεκριμένο πείραμα είχε άμεση σχέση με τη συζήτηση για την ύπαρξη κενού και την απόρριψη ορισμένων αριστοτελικών δογμάτων. Η εξέταση του περιεχομένου των φυσαλίδων, όπως έχουμε δείξει στο 2.4.2., αποτελούσε σημαντικό μέρος των πειραμάτων της πρώτης κατηγορίας του *Cold* που αφορούσαν την ψύξη του νερού (της διόγκωσης του νερού, της ανάπτυξης μίας διογκωτικής δύναμης, της μεταβολής του βάρους). Τα αποτελέσματά της έπαιζαν ρόλο στη διατήρηση της συνοχής των πειραματικών αποτελεσμάτων του Boyle για την ψύξη του νερού ως προς την απόρριψη των αριστοτελικών θέσεων και την υποστήριξη μίας εξηγητικής υπόθεσης για τα φαινόμενα του ψύχους που βασιζόταν στη μείωση της κίνησης των σωματιδίων¹⁵¹. Τα θέματα αυτά δεν φαίνονταν να αποτελούν προτεραιότητα των Φλωρεντίνων πειραματιστών καθώς εξέλιπε ο συνολικός τρόπος αντιμετώπισης των συγκεκριμένων φαινομένων που επικεντρωνόταν η δραστηριότητα του Boyle. Η έλλειψη απόδοσης σημασίας στο φαινόμενο των φυσαλίδων και των συνεπειών που είχε για την ψύξη εξηγεί και την εύκολη αποδοχή, από τους Ιταλούς πειραματιστές, του φαινομένου της ανόδου του νερού με την ψύξη χωρίς τη μετατροπή του σε πάγο. Για τον Boyle αυτό

¹⁵¹ Βλ. Κεφ. 2.4, «Πρώτη κατηγορία πειραμάτων: φαινόμενα ψύξης», σσ., 292-333.

ήταν αδύνατο, γιατί η άνοδος του νερού και η αύξηση του όγκου του ήταν αδύνατη χωρίς τη μετατροπή σε πάγο με φυσαλίδες

Στα συμπεράσματα της σύγκρισης της πειραματικής δραστηριότητας των μελών της Βασιλικής Εταιρείας με εκείνη του Boyle, αναδειξάμε την ύπαρξη παρόμοιων αλλά και διαφορετικών πειραματικών διατάξεων καθώς και διαφορετικών ερευνητικών στόχων κατά την εξέταση των ίδιων φαινομένων. Στην περίπτωση της σύγκρισης της δραστηριότητας της Ακαδημίας με εκείνη του Boyle και της Βασιλικής Εταιρείας, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της διογκωτικής δύναμης του νερού κατά την ψύξη και της αύξησης του όγκου του νερού με το ψύχος. Ενώ και ο Boyle και οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές χρησιμοποιούσαν το βάρος ως μέγεθος μέτρησης της διογκωτικής δύναμης, ο τρόπος χρήσης του μεγέθους ήταν διαφορετικός¹⁵². Επίσης ένα γενικό χαρακτηριστικό της σύγκρισης των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ότι τελικά μόνο ο Boyle παρουσίασε, αν και λίγα, κάποια ποσοτικά αποτελέσματα για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Και στις δύο πειραματικές πρακτικές υπερίσχυε η χρήση ποιοτικών πειραμάτων για την ένδειξη της διογκωτικής δύναμης του νερού με την ψύξη. Σε ξεκάθαρα ποσοτικά αποτελέσματα που συμφωνούσαν με εκείνα του Boyle και του Hooke κατέληξαν οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές με τη μέθοδο μέτρησης της αύξησης του όγκου του νερού. Βασικά μεγέθη για τη μέτρηση και στις τρεις περιπτώσεις πειραματιστών ήταν το βάρος και ο όγκος του πάγου. Παρόλο που οι τρόποι μέτρησης των πειραματιστών διέφεραν, εκείνοι κατέληγαν στην ίδια περίπου αναλογία, 8 προς 9, του όγκου του νερού προς τον όγκο του πάγου του¹⁵³. Οι μετρήσεις των Φλωρεντίνων πειραματιστών έρχονται να επιβεβαιώσουν το συμπέρασμα που παραθέσαμε παραπάνω για την αναγωγή της συγκεκριμένης αναλογίας σε ένα από τα πιο σημαντικά πειραματικά αποτελέσματα για το ψύχος που είχαν παραχθεί από τα πειράματα της εποχής. Η διαφορά επίσης που καταγράφηκε παραπάνω μεταξύ της ποιοτικής μεθόδου του Boyle για τη μέτρηση της ψυκτικής δυνατότητας ορισμένων ουσιών και της ποσοτικής που χρησιμοποιούσαν οι Φλωρεντίνοι πειραματιστές οδηγεί στη γενική παρατήρηση ότι,

¹⁵² Ο Boyle μετρούσε τη δύναμη που ισοδυναμεί στο βάρος με το οποίο τράβιέται έξω το πώμα ενός δοχείου ενώ οι Ιταλοί πειραματιστές μετρούσαν τη δύναμη μέσω του βάρους που κρεμάται σε ένα μεταλλικό δαχτυλίδι και προκαλεί τη θραύση του.

¹⁵³ Χρησιμοποιούμε τη λέξη περίπου γιατί ο Hooke είχε καταλήξει στην αναλογία 7 προς 8.

κατά κύριο λόγο, στις περιπτώσεις των φαινομένων που εξετάζονταν με μετρήσεις οι μέθοδοι μέτρησης από πειραματιστή σε πειραματιστή διέφεραν. Αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πιθανό στοιχείο για την υποστήριξη της έλλειψης επικοινωνίας μεταξύ των πειραματιστών κατά την περίοδο πειραματισμού και πριν τη δημοσίευση των πειραμάτων τους.

Ένα σημαντικό συμπέρασμα από τη συγκριτική μελέτη των τριών πειραματικών δραστηριοτήτων αφορά την ανάδειξη της συμβολής των Φλωρεντίνων πειραματιστών στην εξέταση των φαινομένων του ψύχους. Το πείραμα, όπου εξετάζονταν τα στάδια της ψύξης του νερού, αποτελούσε μια πρωτότυπη πειραματική διάταξη που δεν είχε χρησιμοποιηθεί ούτε στην πειραματική δραστηριότητα του Boyle ούτε σε εκείνη της Βασιλικής Εταιρείας. Η νέα πειραματική διάταξη οδηγούσε τους Ιταλούς σε τρία σημαντικά και πρωτότυπα πειραματικά συμπεράσματα: στην απόδειξη της ύπαρξης σταδίων στην ψύξη του νερού, στην αντιστοίχιση των διαφορετικών σταδίων σε διαφορετικούς βαθμούς ψύχους, με χαμηλότερο εκείνο στον οποίο το νερό μετατρέπεται σε πάγο, και στην απόδειξη ότι το νερό μπορεί να διασταλεί με το ψύχος χωρίς να μετατραπεί σε πάγο. Παραπάνω δείξαμε τον προβληματισμό στον οποίο οδήγησε το τελευταίο συμπέρασμα τα μέλη της Εταιρείας και τον Boyle. Παρόλο που τα πειράματα του Boyle έθεταν σε αμφισβήτηση την ύπαρξη των συγκεκριμένων σταδίων στη μετατροπή του νερού σε πάγο, το γεγονός ότι οι Ιταλοί ανέφεραν επαναλαμβανόμενες δοκιμές όχι μόνο με νερό αλλά και διάφορα είδη νερού, καθώς και το γεγονός ότι προχώρησαν σε πιο ακριβείς μετρήσεις με την καταγραφή της θερμοκρασίας και της χρονικής απόστασης των σταδίων δείχνουν ότι σύμφωνα με την πειραματική τους διάταξη υπήρχε μία κανονικότητα στο πέρασμα του νερού από τα συγκεκριμένα στάδια πριν ψυχθεί. Ένα ακόμη σημαντικό συμπέρασμα από το συγκεκριμένο πείραμα των Ιταλών, το οποίο δεν συναγόταν από κανένα πείραμα του Boyle, ήταν ότι η θερμοκρασία στην οποία ψυχόταν το νερό όταν τοποθετούνταν να ψυχθεί σε μίγμα χιονιού και αλατιού, ήταν χαμηλότερη την ώρα της μετατροπής του σε πάγο από ό,τι στην αρχή της ψύξης. Αυτό οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι καθώς έλιωνε το ψυκτικό μίγμα, μεγάλωνε ο βαθμός ψύχους που εκλύονταν, τόσο που μετά από κάποιο χρονικό διάστημα προκαλούσε τη μετατροπή του νερού σε πάγο.

Οι θερμομετρικές μετρήσεις των Ιταλών στο συγκεκριμένο πείραμα αναδεικνύουν μία σημαντική διαφορά μεταξύ της θεώρησής τους και εκείνης του Boyle για το πώς μετράται ο βαθμός ψύξης ενός υγρού. Με τη σύγκριση του βαθμού που ψύχει το νερό με εκείνον που εκλύει το ψυκτικό μίγμα ο Boyle έδειχνε ότι ως βαθμό ψύξης του νερού θεωρούσε την ένδειξη του θερμοσκοπίου που είχε εισαχθεί στο νερό κατά τη μετατροπή του νερού σε πάγο¹⁵⁴. Οι Ιταλοί πειραματιστές μετρούσαν τον βαθμό ψύχους που αντιστοιχεί στη μετατροπή του νερού σε πάγο τοποθετώντας το θερμοσκόπιο στο μίγμα χιονιού και αλατιού τη στιγμή που το νερό σε μία άλλη φιάλη μετατρέπεται από το βαθμό ψύχους του ίδιου μίγματος σε πάγο. Αν υποθέσουμε ότι κατά τα πειράματα του Boyle, όπου το θερμοσκόπιο μεταφερόταν από το νερό το οποίο είχε αρχίσει να μετατρέπεται σε πάγο στο ψυκτικό μίγμα και έδειχνε ένα μεγαλύτερο βαθμό ψύχους, ότι η μεταφορά γινόταν αμέσως, τότε η ένδειξη του θερμοσκοπίου μετά την τοποθέτησή του στο ψυκτικό μίγμα που μετρούσε ο Boyle και θεωρούσε μεγαλύτερο από εκείνον που μετατρέπει το νερό σε πάγο, αντιστοιχούσε στο βαθμό που, σύμφωνα με τους Φλωρεντίνους πειραματιστές, έδειχνε τη θερμοκρασία ψύξης του νερού.

Έχουμε ήδη συζητήσει στο 2.3 τη συμβολή των Φλωρεντίνων πειραματιστών στη θερμομέτρηση και στην κατασκευή του πρώτου κλειστού θερμοσκοπίου υγρού με βάση το κεφάλαιο για τα θερμοσκόπια που συμπεριλαμβάνεται στο *Saggi* και την εκτενή δευτερεύουσα βιβλιογραφία για το θέμα. Εδώ θα επισημάνουμε την περίπτωση ενός πειράματος όπου οι Ιταλοί πειραματιστές χρησιμοποίησαν την ένδειξη ενός κλειστού θερμοσκοπίου για να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη μίας χαμηλής θερμοκρασίας προκειμένου να εκτελέσουν ένα πείραμα για την ψύξη θαλασσινού νερού σε φυσικές συνθήκες ψύχους¹⁵⁵. Μέσα από την έρευνα στο 2.3.3. δείξαμε ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε μόνο τα ψυκτικά φαινόμενα και τις ανθρώπινες αισθήσεις για τον προσδιορισμό της ψυχρότητας στην οποία εκτελούσε τα πειράματά του. Ως προς τον καθορισμό λοιπόν των θερμοκρασιακών συνθηκών των πειραμάτων οι Φλωρεντίνοι έδειχναν να χρησιμοποιούν τη μέθοδο των θερμοσκοπίων για την ένδειξη της θερμοκρασίας.

¹⁵⁴ Βλ. 2.4. «3^η Κατηγορία: Η Έρευνα των Βαθμών του Ψύχους», σσ. 343-346.

¹⁵⁵ *Accademia Del Cimento* (1694), σελ. 99.

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα που παρουσιάσαμε αφορούν την ανάπτυξη στο πρώτο μισό του 17ου αιώνα, μέσα από τρεις πειραματικές δραστηριότητες για το ψύχος, εκείνης του Boyle, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, και της Φλωρεντινής Ακαδημίας Del Cimento, ενός συνόλου ερωτημάτων για το ψύχος τα οποία αποτελούν το επίκεντρο πειραματισμού, συζητήσεων και διαμαχών. Δείξαμε επίσης ότι ορισμένα πειραματικά ερωτήματα αποτελούσαν θέμα συζήτησης και πειραματισμού μέχρι τα μέσα του 1684 οπότε είχαν δημοσιοποιηθεί σχεδόν όλα τα πειράματα που είχαν αποτελέσει μέρος των τριών δραστηριοτήτων. Με αυτό τον τρόπο αντικρούεται ο ισχυρισμός του Hall στην εισαγωγή στην επανέκδοση της αγγλικής μετάφρασης του *Saggi* του 1964 σύμφωνα με τον οποίο τα θέματα τα οποία εξέταζε το *Saggi* δεν ήταν αμφιλεγόμενα την εποχή της έκδοσής του καθώς και ότι πολλές από τις πειραματικές μεθόδους αποτελούσαν κοινό τόπο¹⁵⁶. Τα στοιχεία που παρουσιάσαμε για την περίπτωση των πειραμάτων του ψύχους του *Saggi* καθώς και την περίπτωση της αντίστοιχης δραστηριότητας του Boyle και των μελών της Βασιλικής Εταιρείας δείχνουν ότι, αντίθετα με τον ισχυρισμό του Hall, την περίοδο της έκδοσης του *Saggi* είχε μόλις αρχίσει η δημοσιοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων για το ψύχος και ότι μέχρι το 1685 υπήρχαν ορισμένα πειραματικά ερωτήματα για τα οποία εκφράζονταν διαφορετικά πειραματικά αποτελέσματα και απόψεις καθώς και ερωτήματα που παρέμεναν αναπάντητα.

¹⁵⁶ «Even in 1667, hardly any issues on which the experiments touched were controversial any longer, and the experimental procedures described were for the most part become commonplace, or were debarred to others rather for financial than for any other reason», Accademia Del Cimento (1694), σελ. xii.

Κεφάλαιο Τέταρτο

Η εξήγηση των φαινομένων και της φύσης του ψύχους- Η σωματιδιακή θεωρία του Boyle ως εξηγητική υπόθεση

4.1: Εισαγωγή: Η σωματιδιακή θεωρία και η έρευνα των ιδιοτήτων των σωμάτων στο έργο του Boyle

Το εκτενές πειραματικό έργο του Boyle, με το οποίο εξετάζονταν βασικές κατηγορίες φαινομένων, όπως ήταν η σύσταση της ύλης, η οποία εξετάζονταν μέσα από χημικά πειράματα επεξεργασίας ορισμένων κατηγοριών υγρών και στερεών, οι ιδιότητες των σωμάτων (η θερμότητα, το ψύχος, η ρευστότητα, η στερεότητα), η πνευματική και η υδροστατική, σχετιζόταν άμεσα με την προσπάθειά του να διαμορφώσει μία σωματιδιακή θεωρία για την εξήγηση της σύστασης της ύλης και των ιδιοτήτων της. Το ζήτημα της απόρριψης των αριστοτελικών και χημικών θέσεων για την εξήγηση της σύστασης και των ιδιοτήτων της ύλης, και της εξέτασης των εναλλακτικών ατομιστικών θεωριών, που είχαν αναπτυχθεί τον 17ο αιώνα, απασχόλησε τον Boyle από το 1649, την περίοδο της στροφής του στην πειραματική φιλοσοφία. Με βάση την ανάλυση του δημοσιευμένου και αδημοσίευτου έργου του Boyle του πρώτου μισού της δεκαετίας 1650-1660 στο κεφάλαιο 2.2, συμπεράναμε ότι ο Boyle διέθετε γνώση των θεωριών των αρχαίων ατομιστών, του Λεύκιππου, του Δημόκριτου και του Επίκουρου, καθώς και των προσπαθειών αναβίωσης των συγκεκριμένων θεωριών από σύγχρονους με τον Boyle φυσικούς φιλοσόφους, τον Gassendi, τον Καρτέσιο και τον Magnenus. Μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας έχουν αναδείξει ότι κατά τα πρώτα χρόνια της πειραματικής του δραστηριότητας υπήρχε εξέλιξη της σκέψης του στο θέμα του ατομισμού¹. έχουν επίσης επισημάνει το ρόλο που έπαιξε η ανάπτυξη της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle στη χημεία και την αλχημεία στη διαμόρφωση των πρώτων ιδεών για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Επιπλέον μελέτες όπως αυτή του Newman² αναδεικνύουν την επιρροή του Boyle από την παράδοση των αλχημιστών στη διαμόρφωση των πρώτων απόψεών του για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Μέσω

¹ Clericuzio [1990], Newman [1996].

² Newman [1996].

της στοιχειοθέτησης της ανάπτυξης του πειραματικού ενδιαφερόντος του Boyle για το ψύχος την περίοδο της στροφής του στον πειραματισμό, υποστηρίξαμε ότι παράλληλα με τα χημικά πειράματα, η συγκεκριμένη πειραματική δραστηριότητα συνέβαλε στη διαμόρφωση της σωματιδιακής θεωρίας του ως εξήγηση για την παραγωγή των ιδιοτήτων των σωμάτων³. Η σχέση των πειραμάτων για το ψύχος με την ανάπτυξη μίας σωματιδιακής εξήγησης της φύσης των ιδιοτήτων των σωμάτων, επιβεβαιώθηκε μέσα από τη χρονολογική ταύτιση της συγγραφής και της δημοσίευσης της κύριας πραγματείας για το ψύχος με τη συγγραφή των πρώτων έργων, όπου εκφράζονταν οι απόψεις του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης. Άλλη μία πειραματική δραστηριότητα που διεξήχθη την ίδια περίοδο με τα χημικά πειράματα και εκείνα για το ψύχος, και έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των πρώτων ιδέων για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης, είχε ως επίκεντρο τις ιδιότητες της ρευστότητας και της στερεότητας⁴. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το ενδιαφέρον του Boyle να διαμορφώσει μία νέα σωματιδιακή θεωρία για την εξήγηση της ύλης και των ιδιοτήτων ήταν άρρηκτα δεμένο με τη στροφή στον πειραματισμό και τα συγκεκριμένα πειραματικά ενδιαφέροντα που αναπτύχθηκαν την πρόμη περίοδο της πειραματικής δραστηριότητάς του.

Τα πρώτα γραπτά κείμενα στα οποία ο Boyle διατύπωσε τις απόψεις του για τον ατομισμό αποτελούνται από την αδημοσίευτη εργασία «of the Atomical Philosophy», το πρώτο μέρος του *Usefulness of Natural Philosophy* καθώς και την εργασία *Essay on Nitre* που δημοσιεύθηκε ως μέρος του *Certain Physiological Essays*⁵. Τα σωματίδια του Boyle, όπως παρουσιάζονταν στο «of the Atomical philosophy», ως έσχατες δομικές μονάδες της ύλης, διέφεραν από τα άτομα που προβάλλονταν από τις ατομιστικές θεωρίες, ως προς το ότι ενώ μπορούσαν να διαιρεθούν με τη φαντασία, η φύση δεν μπορούσε να προκαλέσει την περαιτέρω διαίρεσή τους. Μέσα από την παράθεση των απόψεων του Boyle στο πρώτο μέρος του *Sceptical Chymist*, ο Newman αναδεικνύει τη θεώρηση του Boyle, σύμφωνα με την οποία τα σωματίδια των μετάλλων αποτελούνταν

³ Βλ. κεφ. 2.2

⁴ Το αποκύημα αυτής της δραστηριότητας, η εργασία «Fluidity and Firmness», εκδόθηκε το 1662 ως μέρος του *Certain Physiological Essays*. Στην ίδια πραγματεία δημοσιεύτηκε η εργασία *Essay on Niter*, η οποία, όπως θα δούμε παρακάτω, αποτέλεσε θεμελιώδες έργο για τη διαμόρφωση των ιδεών του Boyle για τη σωματιδιακή του θεωρία. Βλ. Boyle [1661στ], [1661ζ].

⁵ Ο Clericuzio προτείνει ως ημερομηνία συγγραφής το διάστημα 1651-1653, Clericuzio [1990], σελ. 569.

από συναθροίσεις μικρότερων σωματιδίων που δεν αναλύονταν εύκολα⁶. Ο Clericuzio επιβεβαιώνει μέσω της αναφοράς του στο μεταγενέστερο έργο *Origin of Forms and Qualities* ότι ο Boyle θεωρούσε τα σωματίδια, στα οποία μπορούσε η φύση να αναλύσει τα σώματα, συναθροίσεις σωματιδίων οι οποίες δεν μπορούσαν να διασπαστούν⁷. Ο Boyle ονόμαζε τα σωματίδια αυτά «*minima naturalia*». Με βάση την ανάλυση του «of the Atomical Philosophy», ο Clericuzio υποστηρίζει ότι ο Boyle συνέλαβε τα σωματίδια πρώτα ως χημικές μονάδες (*minima naturalia*), δηλαδή ως σωματίδια που διατηρούσαν τις ιδιότητές τους μετά από τη χημική αντίδραση⁸. Στα πρώιμα κείμενα ο Boyle φαινόταν να ασπάζεται μερικώς την αριστοτελική άποψη σύμφωνα με την οποία τα σωματίδια από τα οποία αποτελούνταν ορισμένα σώματα (που αποκαλούνταν από τον Αριστοτέλη «*similar bodies*») ήταν ομοιόμορφα, δηλαδή είχαν τις ίδιες ιδιότητες με το σώμα· δεν αποδεχόταν όμως όλες τις κατηγορίες «παρόμοιων» σωμάτων που παρέθετε ο Αριστοτέλης⁹. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο Boyle αρχικά υποστήριζε μία ποιοτική σωματιδιακή θεωρία όπου τα δομικά σωματίδια της ύλης έφεραν ιδιότητες που δεν εξηγούνταν μέσω πρωτευουσών ιδιοτήτων, όπως ήταν η κίνηση, το σχήμα, και η θέση των σωματιδίων.

Μία σημαντική εξέλιξη που παρατηρείται από μελετητές όπως ο Clericuzio στα πρώιμα γραπτά του Boyle για τη σωματιδιακή θεωρία, προκύπτει από τη σύγκριση των εργασιών του *Usefulness of Natural Philosophy* και την απόδειξη της μεταβολής των απόψεων του Boyle από την υποστήριξη του δημοκρίτειου και επικουρειανού ατομισμού στην απόρριψη της εκδοχής τους που υποστηριζόταν από τον Gassendi¹⁰. Ο Clericuzio αποδίδει τη μεταστροφή στην προσπάθεια εναρμόνισης της σωματιδιακής υπόθεσης με τη χριστιανική πίστη και στον φόβο που ενείχε η υποστήριξη των γκασεντιανών θέσεων να οδηγήσει στον αθεϊσμό. Η παραπομπή των εξηγητικών υποθέσεων του Gassendi σε ιδέες, όπως ήταν η δημιουργία του κόσμου από την τυχαία συνάθροιση ατόμων και η ιδέα της απόδοσης στα σωματίδια της κίνησης εν τη γενέσει τους, θεωρούνταν απειλητικές ως προς την παντοδυναμία του Θεού και τη λειτουργία της φύσης υπό

⁶ Newman [1996], σσ. 581-582.

⁷ Clericuzio [1990], σελ. 579.

⁸ «chemical units», Clericuzio [1990], σσ. 564, 570.

⁹ Ο Newman υποστηρίζει ότι δεχόταν την άποψη αυτή για σώματα όπως τα μέταλλα, όχι όμως για το γάλα και το κρασί. Newman [1996], σσ. 578-579. Επίσης βλ. Clericuzio [1990], σσ. 569-570.

ορισμένους κανόνες. Όπως θα δούμε παρακάτω, οι θεολογικές απόψεις του Boyle για τη σχέση του Θεού με τη δημιουργία και τη λειτουργία του κόσμου και της φύσης αποτελούσε αναπόσπαστο μέρος της ανάπτυξης της θεωρίας του για τη σύσταση της ύλης και της εξήγησης των ιδιοτήτων των σωμάτων. Παρ'όλα αυτά πρέπει να επισημάνουμε ότι η μεταστροφή του Boyle, που αναδεικνύεται από τη μελέτη του Clericuzio, οφειλόταν εν μέρει στις θεολογικές προεκτάσεις των ατομιστικών εξηγητικών υποθέσεων που έθετε υπό κρίση· ένας εξίσου σημαντικός λόγος πρέπει να ήταν η διάψευση των εξηγητικών υποθέσεων των επικουρειανών θεωριών για την ύλη και τις ιδιότητές της μέσα από τα πειραματικά αποτελέσματα των ερευνών που διεξήγαγε σε αυτή την πρώιμη φάση της πειραματικής του δραστηριότητας και της ενασχόλησής του με τα θέματα της φυσικής φιλοσοφίας. Στα πειραματικά αποτελέσματα για το ψύχος, όπως παρουσιάζονται στο *Cold*, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου ο Boyle επισημαίνει την αντίκρουσή τους με την εξηγητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους που προβαλλόταν από τον Gassendi.

Από τα έργα στα οποία παρουσιάζονται οι πρώιμες ιδέες του Boyle για τη σωματιδιακή θεωρία, ιδιαίτερη θέση έχει η εργασία *Essay on Nitre*. Στη συγκεκριμένη εργασία ο Boyle περιέγραφε ένα πείραμα όπου μέσω της απόσταξης ανέλυε το νάτριο στα συστατικά του μέρη, σε νιτρικό οξύ και σταθεροποιημένο («fixed») νάτριο και στη συνέχεια συνδυάζοντας πάλι τα δύο συστατικά αναπαρήγαγε το νάτριο με μία ελάχιστη απώλεια βάρους. Μέσω του πειράματος έδειχνε ότι το νάτριο αποτελούνταν από συγκεκριμένα σωματίδια με χημικές ιδιότητες. Σύμφωνα με την ερμηνεία της εργασίας από τον Clericuzio, ο Boyle διέκρινε τα δύο συστατικά στα οποία διαχωριζόταν το νίτρο μέσω των χημικών ιδιοτήτων τους (δηλαδή των διαφορετικών δράσεών τους στις ίδιες ουσίες, το χρώμα, τη γεύση) τις οποίες δεν ανήγαγε σε εκείνες τις «πρωτεύουσες» ιδιότητες, όπως ήταν η κίνηση ή το μέγεθος των σωματιδίων τις οποίες όριζε σε μεταγενέστερα έργα ως τις βασικές ιδιότητες των σωματιδίων από τις οποίες προκύπτουν οι αισθητές ιδιότητες των σωμάτων. Επομένως, η σωματιδιακή σύσταση της ύλης για τον Boyle προϋπέθετε το διαχωρισμό των σωματιδίων μέσω χημικών ιδιοτήτων.

¹⁰ Ο Clericuzio συγκρίνει τις τρεις πρώτες εργασίες του έργου με τις δύο επόμενες, οι οποίες γράφτηκαν σε ύστερο χρονικό διάστημα, και αναδεικνύει τη διαφορά στις θέσεις που εκφράζει αντίστοιχα ο Boyle.

Η εργασία «Essay on Nitre» έπαιξε κεντρικό ρόλο στην προετοιμασία των κυρίως πραγματειών *Origin of Forms and Qualities* (1666) και *Mechanical Origin of Qualities*(1676) όπου παρουσιαζόταν η σωματιδιακή θεωρία του Boyle και οι μηχανιστικές της προεκτάσεις. Σύμφωνα με την εισαγωγή του *Origin of Forms and Qualities* και του *Mechanical Origin of Qualities*, ένα μέρος των πραγματειών αποτελούσαν σημειώσεις που είχε κάνει ο Boyle πάνω στα πειραματικά αποτελέσματα που παρουσιάζονταν στην εργασία¹¹. Το *Origin of Forms and Qualities*(1666) αποτελεί τη βασική πραγματεία στην οποία ο Boyle παρουσίαζε τις αρχές της σωματιδιακής του θεωρίας και την εξήγηση των ιδιοτήτων της ύλης μέσω αυτής. Στην εισαγωγή του στην πραγματεία ο Boyle διατεινόταν για την ανάγκη μίας παρουσίασης της θεωρίας του, διαχωρίζοντας το σκοπό της συγκεκριμένης πραγματείας από την εργασία *Essay on Nitre*, στην οποία δήλωνε ότι περισσότερο αποδείκνυε τη σωματιδιακή του θεωρία παρά περιέγραφε «τις αρχές και τις έννοιές της»¹². Ένα μεγάλο μέρος της πραγματείας είχε ήδη γραφτεί από το 1661. Ο Boyle ισχυρίζεται στην εισαγωγή του έργου ότι σκόπευε να τη δημοσιεύσει μαζί με το *Cold* αν δεν πιεζόταν από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου να εκδώσει το *Cold* πριν από το χειμώνα του 1665. Δεδομένου του μεγέθους της πραγματείας *Origin of Forms and Qualities*, και τη δημοσίευσή της σχεδόν αμέσως μετά το *Cold*, ίσως θα έπρεπε να διατηρήσουμε ορισμένες επιφυλάξεις για τις δηλώσεις του Boyle, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο τελικός σκοπός του ίσως να απέβλεπε στην ανεξάρτητη δημοσίευση της συγκεκριμένης πραγματείας.

Το έργο *Origin of Forms and Qualities* αποτελεί μία λεπτομερή παρουσίαση των απόψεων του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης και την εξήγηση της φύσης των ιδιοτήτων, όπως είχε διαμορφωθεί μετά τη συγγραφή των χημικών του έργων, όπως το *Sceptical Chymist*, και σημαντικών πειραματικών πραγματειών για τις ιδιότητες των σωμάτων, του ψύχους, της θερμότητας, της ρευστότητας και στερεότητας και των χρωμάτων¹³. Σύμφωνα με τις απόψεις που εκθέτονται στο *Origin of Forms and Qualities*,

¹¹ Boyle [1666-7β], σσ. 287-288.

¹² Ο.π., σελ. 287.

¹³ *Cold*, Boyle [1665α], «Dialogues on Heat and Flame», Boyle [τέλη 1650], «Fluidity and Firmness», Boyle [1661ζ], *Of Colours*, Boyle [1664]. Στο άρθρο του (Alexander [1985], σελ. 63) ο Alexander υποστηρίζει ότι στο *Origin of Forms and Qualities* ο Boyle υποστήριζε ότι η σωματιδιακή του φιλοσοφία μπορούσε να βρει εμπειρική υποστήριξη μέσα από πειραματικά αποτελέσματα, παρατηρήσεις και προβλέψεις. Ο Alexander θεωρεί αυτή τη θέση του Boyle προγραμματική και εκπληρούμενη μελλοντικά. Αντίθετα με αυτή την άποψη, οι μελέτες του Clericuzio, του Newman καθώς και όσα έχουν παρατεθεί σε

ο Boyle θεωρούσε ότι όλα τα σώματα («bodies») αποτελούνται από την ίδια ύλη η οποία έχει έκταση, είναι διαιρετή και αδιαπέραστη¹⁴. Η ύλη διαφοροποιείται στα σώματα που αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μέσω μεταβολών που προέρχονται από την κίνηση των μερών της. Επομένως για τον Boyle οι δύο πρωταρχικές και καθολικές αρχές των σωμάτων είναι η ύλη και η κίνηση¹⁵. Η ύλη είναι διαίρεσιμη σε μικρότερα σωματίδια, όχι όμως απείρως διαίρεσιμη· ο Boyle έθετε ως πρωταρχικά συστατικά της μη παρατηρήσιμα σωματίδια τα οποία δεν μπορούσαν από τη φύση να διαιρεθούν περαιτέρω¹⁶. Τα ονόμαζε «primary corpuscules» και τους απέδιδε συγκεκριμένες ιδιότητες τις οποίες ονόμαζε πρωτεύουσες ιδιότητες («primary» qualities). Εφόσον η ύλη διαιρούνταν και διαφοροποιούνταν μέσω της κίνησης, οι ιδιότητες που αποδίδονταν στα πρωτεύοντα σωματίδια ήταν ανάλογες με αυτές που αναγνωρίζονταν στα παρατηρήσιμα σώματα και ήταν οι εξής: το σχήμα, το μέγεθος και η κίνηση (ή ακινησία)¹⁷. Στην ερμηνεία της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle ο O Toole διευκρινίζει ότι για τον Boyle οι τρεις πρωτεύουσες ιδιότητες κατέχονταν από τα σώματα καθεαυτά και ήταν απόλυτες και μη διαχωρίσιμες από την ύλη¹⁸. Στην ερμηνεία του ο Alexander υποστηρίζει ότι ο Boyle θεωρούσε και τις τρεις ιδιότητες «essential properties», ουσιώδεις ιδιότητες των σωμάτων, διεκρινίζοντας ότι η κίνηση και η ακινησία πρέπει να γίνει κατανοητή ως η δυνατότητα των σωμάτων να βρίσκεται στη μία ή την άλλη κατάσταση· γι' αυτό προτείνει τον όρο κινητικότητα («Mobility») για την περιγραφή αυτής της κατάστασης. Με την έννοια των «ουσιωδών ιδιοτήτων» ο Alexander υποστηρίζει ότι ο Boyle ήθελε να δηλώσει ότι τα σώματα αναγκαστικά έχουν και τις τρεις ιδιότητες, οπότε με τον όρο κινητικότητα εννοεί ότι οπωσδήποτε πρέπει να βρίσκονται είτε σε κίνηση είτε σε

αυτή την εργασία για το πειραματικό έργο του Boyle πριν τη δημοσίευση του *Origin of Forms and Qualities* δείχνουν ότι οι απόψεις που εκφράζονταν στην πραγματεία ήταν αποτέλεσμα της προπορευόμενης πειραματικής δραστηριότητας. Αυτό συνεπάγεται ότι υπήρχε εμπειρική υποστήριξη της θεωρίας με την έννοια ότι ο Boyle είχε καταλήξει στις εξηγητικές υποθέσεις της θεωρίας του μέσω παρατηρήσεων και πειραματικών αποτελεσμάτων.

¹⁴ Ο Alexander διευκρινίζει ότι ο όρος «bodies» περιλαμβάνει υλικά σώματα όπως πέτρες, αλλά και ουσίες όπως είναι το αλάτι. Alexander [1985], σελ. 65. Ο Anstey επισημαίνει ότι αυτά τα χαρακτηριστικά της ύλης δεν συμπεριλαμβάνονται ανάμεσα στις πρωτεύουσες ιδιότητες των υλικών σωματιδίων που την αποτελούν. Anstey [2000], σελ. 41.

¹⁵ «two grand and most catholick [i.e. universal] principles of bodies», Boyle [1666-67β], σελ. 307.

¹⁶ Ο Anstey υποστηρίζει ότι η άποψη του Boyle για τη διαιρετότητα των σωματιδίων άφηνε ανοιχτό το ενδεχόμενο τα πρωτεύοντα σωματίδια να μπορούν να διαιρεθούν περαιτέρω, είτε μέσω του ανθρώπινου μυαλού είτε μέσω του Θεού. Anstey [2000], σελ. 44. Με τη συγκεκριμένη άποψη δείχνουν να συμφωνούν ο Alexander και ο O'Toole. Βλ. Alexander [1985], O'Toole [1974].

¹⁷ Boyle [1666-67β], σελ. 307.

ακίνησια. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να κατανοήσουμε τη θέωρησή τους ως αδιαχώριστες ιδιότητες της ύλης. Μία διαφορετική παράμετρο της θεώρησης του Boyle για τις τρεις πρωτεύουσες ιδιότητες παρουσιάζει ο Alexander μέσα από την προσπάθεια ερμηνείας του όρου «αδιαχώριστα συμβάντα της ύλης» («Inseparable accidents»). Ο Alexander αναφέρει το υποθετικό παράδειγμα του Boyle σύμφωνα με το οποίο στην περίπτωση που όλα εξαφανίζονταν και παρέμενε στο σύμπαν μόνο ένα σωματίδιο, τότε σε αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί μόνο ύλη, κίνηση ή ακίνησια, σχήμα και μέγεθος. Για Σύμφωνα με τον Alexander πρέπει να κατανοήσουμε την κίνηση και την ακίνησια ως τη δυνατότητα του σώματος να κινηθεί ή να μείνει ακίνητο και όχι την απόδοση της μίας ή της άλλης κατάστασης σε αυτό¹⁹. Γι'αυτό χρησιμοποιεί τον όρο κινητικότητα «mobility», για να αναφερθεί σε αυτή την ιδιότητα ως αδιαχώριστο συμβάν²⁰.

Σύμφωνα με τις ερμηνείες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, πέρα από τις τρεις ιδιότητες ο Boyle όριζε άλλες δύο οι οποίες αποδίδονταν στα πρωτεύοντα σωματίδια με βάση τη σχέση που έχει το ένα με το άλλο. Η πρώτη αποτελούνταν από τη στάση του σωματιδίου («posture»), δηλαδή την όρθια ή οριζόντια στάση του, και η δεύτερη από τη θέση στο χώρο ή τοποθέτησή του («order», «situation») μπροστά ή πίσω το ένα από το άλλο²¹. Οι συγκεκριμένες ιδιότητες δεν συμπεριλαμβάνονταν στις ουσιώδεις ιδιότητες των σωμάτων και θεωρούνταν σχετικές γιατί αποδίδονταν στα σωματίδια μόνο σε σχέση με άλλα σωματίδια. Στην προσπάθειά του να εξετάσει γιατί η στερεότητα («solidity») δεν συμπεριλαμβανόταν ανάμεσα στις πρωτεύουσες ιδιότητες, εφόσον τα σωματίδια δεν μπορούσαν φυσικά να διαιρεθούν και να διαπεραστούν, ο Alexander διευκρινίζει μία σημαντική πτυχή της σκέψης του Boyle. Ο λόγος για τον οποίο η στερεότητα δεν συμπεριλαμβανόταν μαζί με το μέγεθος, το σχήμα και την κινητικότητα ανάμεσα στις πρωτεύουσες ιδιότητες είναι το γεγονός ότι, παρόλο που αποτελούσε μία ουσιώδη («essential») ιδιότητα της ύλης, δεν αποτελούσε χαρακτηριστικό διαφοροποίησης ενός σώματος από ένα άλλο ενώ οι άλλες πρωτεύουσες ιδιότητες μπορούσαν να προκαλέσουν μία τέτοια διαφοροποίηση²². Ο Alexander θεωρεί ότι οι όροι «quality» και «moods and

¹⁸ O'Toole [1974], σελ. 298.

¹⁹ Σε άλλο σημείο του άρθρου ο Alexander δηλώνει ότι ο Boyle υποστηρίζει μεν αλλά εμμέσως τη θεώρηση της κινητικότητας ως «αδιαχώριστου συμβάντος» Alexander [1985], σσ. 69-70.

²⁰ Alexander [1985], σσ. 74-75.

²¹ Alexander [1985], σελ. 75. O'Toole [1974], σελ. 298.

²² Alexander [1985], σσ. 76-77.

accidents» χρησιμοποιούνταν από τον Boyle για να υποδειχθούν τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα σώματα. Οι ιδιότητες λοιπόν του σχήματος, του μεγέθους και της κινητικότητας μπορούν να διαφοροποιήσουν τα σωματίδια και αποτελούν ιδιότητες που τους αποδίδονται χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιούνται άλλα σωματίδια ως σημείο αναφοράς. Η ερμηνεία του Alexander ανατρέπει την άποψη ότι η κίνηση αποτελεί την πρωταρχική αιτία της διαφοροποίησης της ύλης. Για τον Boyle η προέλευση των πρωτευσών ιδιοτήτων και της κίνησης είναι θεϊκή. Σύμφωνα με τις ερμηνείες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας ο Boyle υποστήριζε ότι ο Θεός διαχώρισε την ύλη σε σωματίδια και απέδωσε σε αυτά κίνηση²³. Επίσης καθόρισε τις σχέσεις και τις συναθροίσεις των σωματιδίων έτσι ώστε να διαμορφώσουν το σύμπαν και τα σώματα μέσα σε αυτό όπως τα γνωρίζουν οι άνθρωποι. Για τους ζώντες οργανισμούς καθόρισε ‘σπερματικές αρχές’ («seminal principles») και ιδιαίτερες δομές. Η κίνηση, η οποία είναι πηγή των μεταβολών που συμβαίνουν στα σώματα, καθορίζεται από το Θεό μέσω νόμων της κίνησης. Καθορίζοντας την τάξη στην οποία βρίσκονται τα σώματα και τους νόμους της κίνησης, ο Θεός, σύμφωνα με τον Boyle, διαμόρφωσε τον κόσμο έτσι ώστε τα φυσικά φαινόμενα να προέρχονται από τους νόμους που διέπουν την κίνηση και τις σχέσεις των σωμάτων μεταξύ τους. Ο Boyle θεωρούσε ότι οι ιδιότητες της ύλης και οι νόμοι που διέπουν τη συμπεριφορά των σωμάτων είναι μηχανιστικοί. Με τον καθορισμό του ρόλου του Θεού στη λειτουργία και στην εξέλιξη των φυσικών φαινομένων ο Boyle διαφοροποιούνταν από την άποψη των Επικουρίων που απέδιδαν τη δημιουργία του κόσμου στην τυχαία συνάντηση σωματιδίων στον κενό χώρο και από τους μοντέρνους φιλοσόφους οι οποίοι υποστήριζαν ότι ο Θεός είχε εμφυσήσει στην ύλη την κίνηση και ότι η ύλη χωρίς καθοδήγηση μπορούσε να οργανωθεί στη μορφή που την γνωρίζουν οι άνθρωποι²⁴.

Ο Boyle όριζε μία δεύτερη τάξη σωματιδίων, τα οποία αποτελούνταν από μη διακριτές συναθροίσεις των πρωτευόντων σωματιδίων («primary corpuscles»). Ο όρος «corpuscle» χρησιμοποιούνταν από τον Boyle με σημείο αναφοράς και τα δύο είδη

²³ Ο ίδιος ο Boyle αναφέρει ότι ακολούθησε τον Καρτέσιο στην ιδέα ότι ο Θεός απέδωσε στα σώματα την κίνηση. Alexander [1985], σελ. 68. Ο Anstey υποστηρίζει ότι ο Boyle θεωρούσε την ύλη αρχικά αδιαμόρφωτη και ακίνητη έτσι ώστε να τονίσει το ρόλο του Θεού στη διαμόρφωσή της και την αντίθεσή του στις υπάρχουσες ατομιστικές θεωρίες της ύλης. Anstey [2000], σελ.41. Επίσης βλ. O’Toole [1974], σσ. 296-297.

²⁴ O’Toole, σελ. 296.

σωματιδίων. Τα πρωτεύοντα σωματίδια, από τα οποία αποτελούνταν τα σύνθετα σωματίδια, βρίσκονταν σε μία συγκεκριμένη δομή η οποία δεν αφορούσε μόνο τη χωρική τοποθέτηση των σωματιδίων αλλά καθοριζόταν από τις πρωτεύουσες ιδιότητές τους, το σχήμα, το μέγεθος, την κίνηση (ακίνησια), τη στάση και την τοποθέτηση²⁵. Ο Boyle αναφερόταν σε αυτή τη δομή με τον όρο «texture»²⁶. Ο O'Toole γράφει χαρακτηριστικά για την τεχνική χρήση του όρου από τον Boyle: «In general the character of the texture of a compound corporeal object is regarded as being somehow a function of, and consequently dependent upon, the absolute and relative (spatial) properties of its constituent parts»²⁷, Ο Boyle ανήγαγε τη δομή («texture») σε μία από τις πρωτεύουσες ιδιότητες των σύνθετων σωματιδίων, η οποία, μαζί με το σχήμα, το μέγεθος και την κίνηση ή ακίνησια του σύνθετου σωματιδίου, προκαλούσε τις ιδιότητες των σωμάτων που γίνονταν αντιληπτές από τις ανθρώπινες αισθήσεις και καθόριζαν τις δράσεις του ενός σώματος στο άλλο²⁸. Σύμφωνα με τον O'Toole το σχήμα, το μέγεθος και η κίνηση ή ακίνησια των σύνθετων σωματιδίων προκαλούνται και είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες ιδιότητες των πρωτευόντων σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται²⁹. Ο O'Toole επίσης υποστηρίζει ότι το σχήμα, το μέγεθος, η κίνηση (ή ακίνησια) και η δομή των σύνθετων σωματιδίων αποτελούσαν με τη σειρά τους πρωτεύουσες και ουσιώδεις ιδιότητες των σύνθετων σωματιδίων οι οποίες δεν εξαρτώνταν από τη σχέση τους με άλλα σύνθετα σωματίδια, με τον ίδιο τρόπο που θεωρούνταν ουσιώδεις ιδιότητες το σχήμα, το μέγεθος και η κίνηση (ή ακίνησια) των πρωτευόντων σωματιδίων³⁰.

²⁵ Ο O'Toole χρησιμοποιεί τη φράση «compound corporeal objects», O'Toole [1974], σελ. 298.

²⁶ Ο Alexander επιβεβαιώνει την ερμηνεία του όρου από τον O'Toole και επισημαίνει ότι η έννοια του όρου, που στο *Origin of Forms and Qualities* χρησιμοποιείται ως τεχνικός όρος, δεν πρέπει να συγχέεται με την κοινή έννοια του όρου, της υφής των σωμάτων (Alexander [1985], σελ. 66). Επίσης την ίδια ερμηνεία του όρου δίνει ο Anstey [2000], σσ. 47-50.

²⁷ O'Toole [1974], σελ. 299.

²⁸ «Textures in the fundamental sense are structures of objects that cause, and correspond to, sensations of colours, sounds, odours, tastes, and feels in us and that cause changes in inanimate objects by interacting purely mechanically with the textures of those objects», Alexander [1985], σελ. 78.

²⁹ O'Toole [1974], σελ. 299.

³⁰ Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η δομή «texture» αποτελεί μεν ιδιότητα την οποία έχει το σύνθετο σωματίδιο καθεαυτό, χωρίς, δηλαδή, να ορίζεται από τη σχέση του με άλλα σύνθετα σωματίδια, αλλά η δομή ως ιδιότητα εξαρτάται όχι μόνο από τις ιδιότητες που ανήκουν στα πρωτεύοντα σωματίδια καθεαυτά (δηλαδή το σχήμα, το μέγεθος και την κίνηση (ή ακίνησια)) αλλά και από τις ιδιότητες της στάσης και της τοποθέτησης που καθορίζονται από τις σχέσεις των πρωτευόντων σωματιδίων μεταξύ τους. Με βάση αυτή την ερμηνεία της δομής «texture», ο Alexander δεν δέχεται ότι αποτελεί πρωτεύουσα ιδιότητα με τον τρόπο που το εννοεί ο O'Toole. Alexander [1985], σελ. 78. Ο Anstey αναφέρεται στη διαμάχη για τη θεώρηση ή όχι της δομής ως πρωτεύουσας ιδιότητας υποστηρίζοντας τη θετική απάντηση στο ερώτημα. Anstey [2000], σσ. 48-50.

Σύμφωνα με την ερμηνεία του Anstey ορισμένα από τα σύνθετα σωματίδια του Boyle αποτελούν τις πρωτεύουσες συγκεντρώσεις («primary concretions») τις οποίες παρουσίαζε στα πρώιμα έργα του ως αδιαίρετες συγκεντρώσεις σωματιδίων οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν «σπερματικές αρχές» («semimal principles») ή τα τελικά αποτελέσματα μίας χημικής ανάλυσης³¹. Με βάση την ερμηνεία του Anstey μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι και στο *Origin of Forms and Qualities* ο Boyle διατηρούσε την ιδέα της ύπαρξης σύνθετων σωματιδίων που χαρακτηρίζονται ή διακρίνονται από χημικές ιδιότητες οι οποίες δεν αναλύονταν περαιτέρω στις πρωτεύουσες ιδιότητες. Η ερμηνεία δηλαδή των απόψεων του Boyle για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης που προβάλλεται από τον Clericuzio με βάση τα πρώιμα έργα για τη σωματιδιακή θεωρία και τα χημικά έργα, φαίνεται να ισχύει και για τις απόψεις που παρουσίασε ο Boyle στο *Origin of Forms and Qualities*.

Οι πρωτεύουσες ιδιότητες των σωματιδίων, το σχήμα, το μέγεθος, η κίνηση (ή ακινησία) και η δομή των σύνθετων σωματιδίων, τις οποίες ο Boyle αποκαλούσε μηχανιστικές ιδιότητες αποτελούσαν τις αιτίες της παραγωγής όλων των άλλων ιδιοτήτων. Σύμφωνα με τον Anstey ο Boyle κατηγοριοποιούσε τις ιδιότητες ως εξής: οι καταφανείς ιδιότητες («manifest»), αποτελούνταν από τις τέσσερις αριστοτελικές ιδιότητες, το ψύχος, τη θερμότητα, την υγρότητα και τη ξηρότητα, τις χημικές ιδιότητες οι οποίες περιλάμβαναν χημικές διαδικασίες, όπως η χημική καθίζηση («praecipitation»), η διαλυτότητα και η διάβρωση («corrosiveness»), και τις ιατρικές ιδιότητες όπως ήταν το πήξιμο του αίματος και η απάλυνση του πόνου· η δεύτερη κατηγορία αποτελούνταν από τις απόκρυφες ιδιότητες «occult qualities» και συμπεριελάμβανε τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό· η τρίτη κατηγορία αφορούσε εκείνες τις ιδιότητες που γίνονταν αισθητές από τις ανθρώπινες αισθήσεις³². Ο Boyle τις αποκαλούσε αισθητές ιδιότητες, «sensible qualities», και ως τέτοιες θεωρούσε τη γεύση, την οσμή, τα χρώματα και τη θερμότητα. Σύμφωνα με την ερμηνεία των απόψεων του Boyle για τις αισθητές ιδιότητες, ο Boyle θεωρούσε ότι τα υλικά σώματα υπάρχουν έξω

³¹ Anstey [2000], σελ. 48.

³² Ο Anstey αποκαλεί και τις τρεις κατηγορίες των ιδιοτήτων, πλην των μηχανιστικών, «μη μηχανιστικές», χωρίς ο Boyle να τους αποδίδει αυτό τον χαρακτηριστικό. Επισημαίνει όμως ότι ο Boyle χρησιμοποιεί με

από εμάς και με την επαφή με τις αισθήσεις μας δημιουργούν εντυπώσεις των συγκεκριμένων ιδιοτήτων. Σύμφωνα με τον O'Toole, οι πρωτεύουσες ιδιότητες των σωματιδίων και η δομή των σύνθετων σωματιδίων προκαλούσαν τα αντίστοιχα αισθήματα ή εντυπώσεις μέσω της συμφωνίας ορισμένων ή όλων των πρωτευουσών ιδιοτήτων με τις αντίστοιχες ιδιότητες των σωματιδίων που αποτελούσαν τα αισθητηριακά μας όργανα. Μέσω αυτής της σχέσης γεννώνταν οι αντίστοιχες εντυπώσεις στο μυαλό μας³³. Ο Alexander δίνει ιδιαίτερη σημασία στο ρόλο της δομής των σύνθετων σωματιδίων αναφέροντας παραδείγματα για τη δημιουργία των αισθημάτων της οσμής, της γεύσης και των χρωμάτων μέσω της μεταβολής της δομής («texture») των σωματιδίων των αισθητηρίων οργάνων μας από τη δομή των σωμάτων που προκαλούν τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Ο Alexander θεωρεί ότι η δομή αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στις απαραίτητες ιδιότητες των πρωτευόντων σωματιδίων και τις παρατηρήσιμες αλλαγές, είτε στις αισθήσεις μας, είτε στα υλικά σώματα³⁴. Η άποψη του Alexander για το ρόλο των δομών («textures») οδηγεί σε ένα ερώτημα για το κατά πόσο οι δομές ως το αποτέλεσμα της κίνησης ή ακινησίας, του σχήματος, του μεγέθους, της στάσης και της τοποθέτησης των πρωτευόντων σωματιδίων έπαιζε τον κύριο ρόλο στην παραγωγή των αισθητών ιδιοτήτων και κατά πόσο οι πρωτεύουσες ιδιότητες από μόνες τους, χωρίς την προϋπόθεση της δομής, προκαλούσαν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα.

Ο Boyle πρόβαλε τη συγκεκριμένη εξήγηση της παραγωγής των «αισθητών ιδιοτήτων» όχι μόνο ως εναλλακτική πρόταση, σε σχέση με τις ατομιστικές θεωρίες της εποχής του αλλά κυρίως ως αντίκρουση της θεώρησης από τους σχολαστικούς φιλοσόφους ότι οι αισθητές ιδιότητες αντιστοιχούν σε αληθινές ιδιότητες που φέρονται από τα υλικά σωματίδια. Το *Origin of Forms and Qualities* αποτελεί το κατεξοχήν έργο του Boyle ενάντια στις αριστοτελικές και σχολαστικές θεωρίες για τη σύσταση της ύλης και την εξήγηση των ιδιοτήτων. Ένα σημαντικό επιχείρημα εναντίον της αριστοτελικής θεώρησης των αληθινών ιδιοτήτων («real qualities»), εκφραζόταν, σύμφωνα με τις

κάποια συνέπεια την κατηγοριοποίηση σε καταφανής «manifest» , απόκρυφες «occult» και αισθητές ιδιότητες. Anstey [2000], σελ. 29.

³³ Το ζήτημα της εξήγησης του σχηματισμού των ιδεών ή εντυπώσεων των αισθητών ιδιοτήτων μέσω της δράσης των πρωτευουσών ιδιοτήτων στα αισθητηριακά όργανά μας, έχει ερμηνευτεί ποικιλοτρόπως από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία. Ο Anstey εκφράζει ορισμένες από τις απόψεις, εκφράζοντας παράλληλα τη δική του θέση. Anstey [2000], σσ. 68-74.

ερμηνείες της σωματιδιακής του θεωρίας, μέσω του παραδείγματος του κλειδιού και της κλειδαριάς. Ο Boyle υποστήριζε ότι κατά την πρώτη κατασκευή ενός κλειδιού και μίας κλειδαριάς, τα δύο αντικείμενα χαρακτηρίζονται από την ύλη, το σίδηρο, που είναι φτιαγμένα και το σχήμα τους. Όταν διαπιστωθεί ότι το σχήμα του κλειδιού συμφωνεί με το σχήμα της υποδοχής της κλειδαριάς, τότε αποκτούν την ιδιότητα ή την ικανότητα του κλειδιού και της κλειδαριάς. Παρόλο λοιπόν που τα δύο αντικείμενα περιγράφονται ως κλειδί και κλειδαριά και τους αποδίδεται αυτή η ικανότητα ή δύναμη, αυτό δεν σημαίνει ότι τους προστέθηκε κάποια νέα ιδιότητα σε σχέση με εκείνες που είχαν αρχικά, τις ιδιότητες του σχήματος, του μεγέθους και του υλικού. Επίσης τα δύο αντικείμενα παρόλο που εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες δεν διαφέρουν πέρα από τις πρωτεύουσες ιδιότητες του σχήματος και του μεγέθους. Με τον ίδιο τρόπο ο Boyle θεωρεί ότι τα σώματα ανάλογα με τη συμφωνία ή ασυμφωνία των πρωτευουσών ιδιοτήτων τους με τις αντίστοιχες των αισθητηριακών μας οργάνων, μας προκαλούν τις αισθητές ιδιότητες οι οποίες όμως δεν ενυπάρχουν σε αυτά.

Το παράδειγμα με το κλειδί και την κλειδαριά δεν αφορούσε μόνο τις αισθητές ιδιότητες αλλά και εκείνες που δεν συμπεριλαμβάνονταν σε αυτή την κατηγορία. Σύμφωνα με την ερμηνεία του παραδείγματος από τον Alexander, ο Boyle περιγράφει τις ιδιότητες των σωμάτων ως ικανότητες ή δυνάμεις, «capacity or power», τις οποίες ανακαλύπτουμε στα σώματα και οι οποίες δεν αποτελούν μία πρόσθετη αληθινή ιδιότητα των σωμάτων· οι ικανότητες ή δυνάμεις είναι αποτελέσματα των πρωτευουσών ιδιοτήτων των σωμάτων³⁵. Ο O'Toole επισημαίνει τη σημασία του συγκεκριμένου παραδείγματος για την ανάδειξη των ικανοτήτων και των δυνάμεων που έχουν τα αισθητά σώματα ως προς άλλα σώματα και ως προς τις αισθήσεις μας. Για τον O'Toole³⁶ το σημαντικότερο συμπέρασμα του παραδείγματος αφορούσε τη θεώρηση ότι οι δυνάμεις και οι ικανότητες των σωμάτων να προκαλούν τις αισθητές ιδιότητες δεν αποτελούσαν απόλυτες έμφυτες ιδιότητες των σωμάτων (non-relational inherent properties) αλλά μη έμφυτες σχετικές ιδιότητες («non-inherent relational properties»), δηλαδή ιδιότητες που δεν ενέχοντο μέσα στα σωματίδια και που προέκυπταν από τις

³⁴ «This accords with the idea that textures are responsible for the observable interactions of bodies with us and with other bodies. Single corpuscles have no directly observable effects; their only effects arise from collisions with one another, and penetrations of groups of them», Alexander [1985], σελ. 78.

³⁵ Alexander [1985], σελ. 71-73.

σχέσεις των σωματιδίων ή των σωμάτων με άλλα σώματα³⁷. Με αυτό τον τρόπο ο Ο'Toole αναδεικνύει μία σημαντική πτυχή της θεωρίας του Boyle: ότι οι αισθητές ιδιότητες και οι δράσεις των σωμάτων δεν αποτελούσαν μόνο αποτέλεσμα των πρωτευουσών ιδιοτήτων και της δομής των σύνθετων σωματιδίων ενός σώματος αλλά προέκυπταν από την αλληλεπίδραση αυτών των ιδιοτήτων με τις αντίστοιχες ενός άλλου σώματος ή των ανθρώπινων αισθητηρίων³⁸. Ο Ο'Toole τονίζει ότι ένα από τα βασικά συμπεράσματα του παραδείγματος με το κλειδί και την κλειδαριά ήταν ότι η ικανότητα του κλειδιού να ανοίγει και να κλείνει δεν ανήκε στο κλειδί πριν από τη δημιουργία της κλειδαριάς και το αντίστοιχο για την κλειδαριά.

Υπάρχει όμως μία έννοια, που αναλύεται και από τον Alexander και από τον Ο'Toole, με την οποία ο Boyle εννοούσε ότι οι αισθητές ιδιότητες μπορούν να ανήκουν στα σώματα και να υπάρχουν ανεξαρτήτως της ύπαρξης των αισθητηριακών οργάνων ή των άλλων σωμάτων. Η εξήγηση των αισθητών ιδιοτήτων μέσω των πρωτευουσών ιδιοτήτων των σωματιδίων και της δομής των σύνθετων σωματιδίων έδινε τη δυνατότητα στον Boyle να υποστηρίζει ότι τα υλικά σώματα μέσω αυτών των πρωτευουσών ιδιοτήτων ενέχουν μία κατάσταση «have such a disposition», η οποία, αν έρθει σε επαφή με την αντίστοιχα διαμορφωμένη κατάσταση των αισθητηριακών οργάνων μας, θα προκαλέσει μία συγκεκριμένη αισθητή ιδιότητα³⁹. Με αυτή την έννοια ο Boyle εννοούσε ότι οι αισθητές ιδιότητες ενυπάρχουν στα υλικά σώματα ακόμη και στην περίπτωση που δεν υπήρχαν ζώντες οργανισμοί με αισθητηριακά όργανα. Ο Ο'Toole υποδεικνύει ότι με αυτό τον τρόπο ο Boyle διακρίνει μεταξύ μίας αντιληπτής ιδιότητας και της ικανότητας ή δύναμης που δίνουν οι πρωτεύουσες ιδιότητες σε ένα υλικό σώμα να την προκαλέσει.⁴⁰ Η Keating υποστηρίζει ότι η ικανότητα ή δύναμη της πρόκλησης μίας αισθητής ιδιότητας δεν θεωρείται από τον Boyle ότι κατέχεται από ένα σώμα διακριτά σε σχέση με την ιδιότητα ή τις πρωτεύουσες ιδιότητες αλλά ότι ο Boyle αναφέρεται σε αυτή τη δύναμη ή

³⁶ Ο'Toole [1974], σσ. 306-308.

³⁷ Ο διαχωρισμός ανάμεσα σε απόλυτες έμφυτες ιδιότητες των σωμάτων «non-relational inherent properties» και μη έμφυτες σχετικές ιδιότητες («non-inherent relational properties») γίνεται από τον Ο'Toole για να διακρίνει ανάμεσα στις πρωτεύουσες ιδιότητες των σωματιδίων (σχήμα, μέγεθος, κίνηση ακινησία, δομή) και τις άλλες ιδιότητες (αισθητές και μη).

³⁸ Ο Anstey υποστηρίζει επίσης ότι το πλαίσιο του συγκεκριμένου παραδείγματος αποτελείται από την σχετική φύση των ιδιοτήτων των σωμάτων και όχι από την ανάδειξη της έννοιας των δυνάμεων. Anstey [2000], σελ. 52.

³⁹ Alexander [1985], σελ. 81.

⁴⁰ Ο'Toole [1974], σελ. 305.

δυνατότητα ως αποτέλεσμα των πρωτευουσών ιδιοτήτων⁴¹. Η Keating υποστηρίζει ότι ο Boyle αναγκάζεται άλλοτε να αναφέρεται στις ιδιότητες ως εντυπώσεις που δημιουργούνται στις αισθήσεις μας και άλλοτε σε δυνάμεις ως τη δυνατότητα του σώματος να προκαλέσει μία ιδιότητα λόγω της προσπάθειάς του να αντιμετωπίσει θεωρίες που διέκριναν μεταξύ των ιδιοτήτων των σωμάτων και των δυνάμεων που τις προκαλούσαν και τις οποίες ανήγαγαν σε αληθινές ιδιότητες των σωμάτων⁴². Ο Anstey αναφέρεται συνολικά στις παραπάνω απόψεις της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, υποστηρίζοντας ότι διαμορφώνουν μία διαμάχη για την ερμηνεία της θεώρησης των αισθητών ιδιοτήτων από τον Boyle. Η διαμάχη επικεντρώνεται στην υποστήριξη από τον Boyle της άποψης ότι οι αισθητές ιδιότητες ανήκαν στα σώματα ή στη θεώρηση ότι αποτελούσαν μόνο εντυπώσεις ή ιδέες του μυαλού μας. Ο Anstey υποστηρίζει ότι ενώ ο Boyle είχε ξεκάθαρη άποψη για την απόρριψη της αριστοτελικής θεώρησης των αληθινών ιδιοτήτων, η άποψή του για τη φύση των αισθητών ιδιοτήτων μεταβαλλόταν ανάλογα με το πλαίσιο συζήτησης. Σύμφωνα με τον Anstey, ο Boyle χρησιμοποιούσε τον όρο ‘αισθητές ιδιότητες’ και για την αναφορά στις ιδιότητες των σωμάτων και ως αναφορά στις ιδέες ή εντυπώσεις που προκαλούσαν οι ιδιότητες στο μυαλό μας⁴³.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι πρωτεύουσες ιδιότητες των σωματιδίων καθώς και η δομή («texture») δεν χρησιμοποιούνταν μόνο για την εξήγηση της προέλευσης των αισθητών ιδιοτήτων αλλά και των αντίστοιχων ιδιοτήτων καθώς και άλλων δράσεων που προκαλούσαν το ένα υλικό σώμα στο άλλο. Σύμφωνα με την Keating, πέρα από τις εντυπώσεις του χρώματος, του ήχου, της γεύσης, της μυρωδιάς, της θερμότητας του ψύχους, της σκληρότητας και της μαλακότητας, ο Boyle εξηγούσε μέσω των πρωτευουσών ιδιοτήτων την πρόκληση των συγκεκριμένων ιδιοτήτων από τα υλικά σώματα καθώς και τις επιδράσεις που είχαν οι ιδιότητες σε τρίτα σώματα⁴⁴. Με τον ίδιο τρόπο εξηγούσε επίσης τις ιδιότητες του μεγέθους, του σχήματος και της κίνησης των μικροσκοπικών σωμάτων. Ο Alexander δίνει ιδιαίτερη έμφαση στις εξηγήσεις που έδινε ο Boyle χρησιμοποιώντας τις παραπάνω έννοιες που περιγράψαμε, στις χημικές και

⁴¹ «Thus causal powers or abilities should not be conceived of as entities which are to be distinguished from an object's intrinsic features, but just as the ways in which objects mechanically interact», Keating [1993], σελ. 310.

⁴² Για την ερμηνεία από την Keating του παραδείγματος με το κλειδί και την κλειδαριά και του ρόλου των «δυνάμεων» και των «δυνατοτήτων» στην επιχειρηματολογία του Boyle βλ. Keating [1993], σσ. 305-312.

⁴³ Anstey [2000], σσ. 78-81.

άλλες αλλαγές που συνέβαιναν στα σώματα. Σύμφωνα με τον Alexander, ο Boyle χρησιμοποιούσε την αναλογία κλειδιού και κλειδαριάς για την εξήγηση της διαλυτότητας του χρυσού στο «aqua Regis» και της μη διαλυτότητάς του στο νιτρικό οξύ («aqua fortis»). Επίσης, επεσήμαινε ότι ο Boyle εξηγούσε μέσω των πρωτευουσών ιδιοτήτων και κυρίως της δομής, τη γέννηση, τη φθορά και τη μεταβολή των σωμάτων. Τόνιζε ότι η ιδέα της συμφωνίας και ασυμφωνίας των σωματιδίων ενός σώματος με τους πόρους ενός άλλου χρησιμοποιούνταν από τον Boyle για να εξηγήσει τις χημικές αλληλεπιδράσεις. Μία παράμετρος της θεωρίας του Boyle, η οποία δεν εξετάζεται από τις ερμηνείες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας, είναι πως θεωρεί τις αισθητές ιδιότητες ή ιδιότητες οι οποίες ορίζονται ανάμεσα στα σώματα, όπως τα αποτελέσματα της θερμότητας και του ψύχους στα σώματα. Επίσης δεν σχολιάζεται το πώς οι εξηγήσεις με βάση τις μηχανιστικές ιδιότητες των αποτελεσμάτων των αισθητών ιδιοτήτων στα σώματα συμφωνούν με εκείνες που δίνονται με βάση τις ίδιες ιδιότητες για τις εντυπώσεις που δημιουργούνται στις αισθήσεις μας.

4.2. Η Σωματιδιακή υπόθεση του Boyle για την εξήγηση της φύσης του ψύχους

4.2.1. Χρονολόγηση και συγγραφή των εργασιών για το ψύχος που δημοσιεύθηκαν ως μέρος του *Saltness of the Sea* (1673)

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η παρουσίαση και ερμηνεία του περιεχομένου των εργασιών που δημοσίευσε ο Boyle μετά την πρώτη έκδοση του *Cold* το 1665 και πριν από τη δεύτερη έκδοσή του το 1683. Οι εργασίες αποτελούν τις μοναδικές δημοσιευμένες μελέτες του Boyle μετά την έκδοση του *Cold* που είχαν ως αποκλειστικό θέμα τα φαινόμενα του ψύχους. Στις τέσσερις εργασίες που δημοσιεύθηκαν το 1673 ως μέρος της πραγματείας *Saltness of the Sea*, «of the Positive or Privative Nature of Cold. A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus», «Two Problems about Cold, Grounded on New Experiments, and Proposed in a Letter to a Friend», «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies

⁴⁴ Keating [1993], σελ. 312.

appearing to make an Ebullition» ο Boyle συζητούσε τις δύο επικρατούσες θεωρητικές υποθέσεις για την εξήγηση της φύσης του ψύχους, την πρόκληση του ψύχους από ψυχρά σωματίδια και τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων, και περιέγραφε τα πειράματα τα οποία δημιουργούσαν πρόβλημα στην υποστήριξη από τον ίδιο της δεύτερης θεωρητικής υπόθεσης⁴⁵. Τις δημοσιεύσεις των εργασιών για το ψύχος στο *Saltness of the Sea* ακολούθησε η παρουσίαση ενός κεφαλαίου για τη θερμότητα και το ψύχος στην πραγματεία *Mechanical Origin of Qualities* (1675-1676)⁴⁶. Στην ενότητα του κεφαλαίου για το ψύχος ο Boyle αναδείκνυε μέσω πειραμάτων τη μηχανική παραγωγή και καταστροφή του. Στην πραγματεία εξεταζόταν η μηχανική παραγωγή και η καταστροφή ιδιοτήτων, όπως ήταν η γεύση, οι οσμές, η πτητικότητα και η «fixedness», οι κρυφές ιδιότητες («occult qualities») όπως είναι ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρισμός, καθώς και η μηχανική εξήγηση χημικών διαδικασιών, όπως η χημική καθίζηση («precipitation»). Μία σημαντική διαφορά των εργασιών για τα φαινόμενα του ψύχους που δημοσιεύτηκαν μεταγενέστερα του *Cold* με το ίδιο το *Cold* ήταν η απευθείας αναφορά και συζήτηση του θέματος της εξηγητικής υπόθεσης της φύσης του ψύχους καθώς και η παρουσίαση των απόψεων του Boyle για το συγκεκριμένο ζήτημα. Με την ερμηνευτική παρουσίαση των παραπάνω εργασιών ολοκληρώνεται η αναφορά στις δημοσιευμένες πηγές του Boyle για την ιδιότητα του ψύχους στις οποίες στηρίζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Η χρονολόγηση της προετοιμασίας των παραπάνω εργασιών και η συσχέτισή της με τη χρονική περίοδο της ανάπτυξης της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος και τη δημοσίευσή της στο *Cold* μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για τον ρόλο που έπαιζαν οι απόψεις του Boyle για τη φύση του ψύχους στο σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων της πραγματείας *Cold*. Με δεδομένο ότι ο Boyle απέδιδε στο *Cold* τον Βακωνικό όρο «Ιστορία» και εξηγούσε ότι σκοπός της συγκεκριμένης πραγματείας ήταν μόνο η παρουσίαση πειραματικών γεγονότων για το ψύχος και όχι η συζήτηση της φύσης του, η χρονική οριοθέτηση της ανάπτυξης των απόψεων του Boyle για τη στήριξη μίας θεωρητικής υπόθεσης του ψύχους θα βοηθήσει στον καθορισμό του ρόλου που έπαιζαν οι συγκεκριμένες απόψεις στον σχεδιασμό της πειραματικής του

⁴⁵ Boyle [1673α], [1673β], [1673γ], [1673δ].

⁴⁶ «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold», στο Boyle [1675-76β].

δραστηριότητας για το ψύχος και επομένως στη συνέπεια του Boyle ως προς τον χαρακτηρισμό της πραγματείας ως «Ιστορίας». Η συγκεκριμένη έρευνα μπορεί να βοηθήσει στη συναγωγή συμπερασμάτων για την εφαρμογή από τον Boyle του Βακωνικού μοντέλου εξέτασης της φύσης στην πειραματική του πρακτική για τα πειράματα του ψύχους.

Το *Saltness of the Sea* αποτελούσε ένα χαρακτηριστικό δείγμα των πραγματειών που δημοσιεύτηκαν μετά το 1670 και εντάσσονται στη δεύτερη περίοδο δημοσιεύσεων (1670-1680) του Boyle⁴⁷. Οι Hunter και Davies έχουν υποστηρίξει ότι σε αντίθεση με τις εκτενείς πραγματείες των αρχών του 1660, όπου ο Boyle επικεντρωνόταν σε ένα ερευνητικό θέμα, πολλές πραγματείες που δημοσιεύθηκαν μετά το 1670 αποτελούνταν από μικρές αυτοτελείς εργασίες που αφορούσαν διαφορετικά ερευνητικά θέματα⁴⁸. Οι εργασίες, στις οποίες ο Boyle επικεντρωνόταν περισσότερο στην εξέταση θεωρητικών υποθέσεων σε σχέση με τις προγενέστερες πραγματείες, αποτελούσαν μία μέθοδο συγγραφής και δημοσίευσης που αντανακλούσε τα ενδιαφέροντα του Boyle εκείνη την περίοδο και η οποία αποδίδεται από τους Hunter και Davies σε παράγοντες, όπως ήταν η πρακτική του Boyle να συγγράφει μικρές εργασίες για το περιοδικό *Philosophical Transactions*. Οι Hunter και Davies πιστεύουν επίσης ότι ο τρόπος δημοσίευσης συμβάδιζε με την εμπορική πολιτική των βιβλιοπωλών.

Οι τέσσερις εργασίες για το ψύχος στο *Saltness of the Sea* αποτελούσαν μία ενότητα όπου συζητούνταν το θέμα της εξήγησης της φύσης του ψύχους, η οποία δεν είχε άμεση σχέση με τις άλλες θεματικές ενότητες της πραγματείας. Το *Saltness of the Sea* συμπεριλάμβανε τέσσερις εργασίες όπου συζητούνταν η εξήγηση της φύσης του ψύχους, δύο εργασίες όπου ερευνώνταν το αλάτι της θάλασσας καθώς και ο βυθός της, μία εργασία για τη φυσική και μεταφυσική κατάσταση των σωμάτων και τρεις εργασίες

⁴⁷ Πλήρης τίτλος *Tracts consisting of Observations About the Saltness of the Sea: An Account of a Statical Hygroscope and its Uses: Together with an Appendix about the Force of the Air's Moisture: A Fragment about the Natural and Preternatural State of Bodies By the Honourable Robert Boyle., To all Which is premis'd a Sceptical Dialogue About the Positive or Privative Nature of Cold: With some Experiments of Mr Boyl's referr'd to in that Discourse*,

⁴⁸ Hunter, Davies [1999-2000α], σσ. xxxvii-xxxviii. Ο διαχωρισμός της συγγραφής εκτενών πραγματειών και μικρών εργασιών αποτελούσε μέρος της συγγραφικής πρακτικής του Boyle, όπως φαίνεται από τον διαχωρισμό των έργων του στις δύο ομάδες στις λίστες στις οποίες παρουσιάζε τα αδημοσίευτα έργα του. Βλ. λίστες «<Materials and Addenda>, 25 January 1649/50», Boyle [1649/50], «List of Essays and experiments, c. 1654», Boyle [1654], «<The Order of My Severall Treatises>, c. 1665», Boyle [1665β], «Boyle's <Various Tracts, as Essays &c>, c 1665, i.e., as appended to an untitled copy of 'The Order'. Boyle [1665γ].

για τα όργανα που μετρούσαν στατικά την ατμοσφαιρική υγρασία «hygroscoptes». Στην εισαγωγή του, ο Oldenburg ανέφερε ότι ο ίδιος είχε προσθέσει στην πραγματεία την εργασία «of the Positive or Privative Nature of Cold» την οποία κρατούσε για καιρό στα χέρια του, κρίνοντας ότι σχετιζόταν θεματικά με τις υπόλοιπες εργασίες· αυτό δείχνει ότι η επιλογή της συλλογής των συγκεκριμένων εργασιών στο συγκεκριμένο έργο μπορεί να μην αποτελούσε αποκλειστική επιλογή του Boyle⁴⁹. Η πρώτη εργασία για το ψύχος «of the Positive or Privative Nature of Cold» αποτελούσε ένα διάλογο για τη φύση του ψύχους μεταξύ των ιδίων συζητητών, του Καρνεάδη, του Φιλόπονου, του Ελευθέριου και του «Themistius» που είχε χρησιμοποιήσει ο Boyle για τη συγγραφή του διαλόγου για το φαινόμενο της αντιπερίστασης. Ο Boyle, μέσω της φωνής του Καρνεάδη, προσπαθούσε να υποστηρίξει τη θεώρηση σύμφωνα με την οποία το ψύχος αποτελεί έλλειψη θερμότητας, δηλαδή κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Ο διάλογος κατέληγε με μία σύντομη αναφορά του Καρνεάδη στα δύο πειραματικά φαινόμενα, τα οποία αργότερα ο Boyle περιέγραφε με λεπτομέρεια στις τρεις επόμενες εργασίες «Two Problems about Cold»⁵⁰, «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition», ως τα δύο πειραματικά γεγονότα που τον απέτρεπαν από την υποστήριξη της «ελλειπτικής φύσης» του ψύχους⁵¹.

Με βάση τα στοιχεία για τη χρονολόγηση της συγγραφής των τεσσάρων εργασιών μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η συγγραφή του διαλόγου «of the Positive or Privative Nature of Cold» καθώς και μέρος των πειραμάτων που συμπεριλήφθηκαν στις τρεις άλλες εργασίες πρέπει να έλαβαν χώρα την περίοδο της προετοιμασίας του *Cold*, δηλαδή στο τέλος της δεκαετίας 1650 ή στις αρχές του 1660. Η εμφάνιση του τίτλου της πρώτης

⁴⁹ Σύντομος τίτλος της εργασίας «of the Positive or Privative Nature of Cold. A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus», Boyle [1673a] σελ. 339.

⁵⁰ Σύντομος τίτλος της εργασίας «Two Problems about Cold, Grounded on New Experiments, and Proposed in a Letter to a Friend».

⁵¹ Η δεύτερη εργασία αποτελούνταν από μία επιστολή του Boyle προς το μέλος της Βασιλικής Εταιρείας John Beal όπου περιέγραφε σύντομα τα πειραματικά αποτελέσματα που αφορούσαν τη θραύση των φιαλών με την ψύξη του εσώκλειστου νερού και την παραγωγή ψύχους με την ανάμιξη συγκεκριμένων ουσιών. Οι επόμενες δύο εργασίες «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition», αποτελούσαν αυτοτελείς εργασίες όπου παρουσιάζονταν τα πειραματικά αποτελέσματα της εξέτασης των δύο φαινομένων αντίστοιχα. Στις εργασίες ο Boyle συσχέτιζε τα αποτελέσματα με το πρόβλημα της υποστήριξης μίας άποψης για τη φύση του ψύχους. Μεταφράζουμε τον αγγλικό όρο «privative nature» ως «ελλειπτική φύση».

εργασίας στη λίστα με τις αδημοσίευτες εργασίες του Boyle του 1667 τοποθετεί σε πρότερο χρονικό διάστημα την προετοιμασία της· η έλλειψη αναφοράς των τριών εργασιών, όπου παρουσιάζονταν τα δύο προβληματικά πειραματικά αποτελέσματα, στην ίδια λίστα, επιβεβαιώνει τη συγγραφή τους ή την απόφαση συμπερίληψής τους στην πραγματεία *Saltness of the Sea* σε ύστερο χρονικό διάστημα. Υπάρχουν άλλα δύο στοιχεία που αποδεικνύουν ότι την εποχή που εκτελούσε τα πειράματα της πραγματείας *Cold*, ο Boyle είχε αναπτύξει έναν προβληματισμό για τις δύο θεωρητικές υποθέσεις που είχαν προταθεί για τη φύση του ψύχους. Σύμφωνα με τις αναφορές του Boyle στην εισαγωγή του *Sceptical Chymist* καθώς και τις ερμηνείες των Hunter και Davies, τη χρονική περίοδο της συγγραφής του έργου ο Boyle είχε συγγράψει, ίσως σε μία πρώιμη μορφή, την εργασία «of the Positive or Privative Nature of Cold»⁵². Οι Hunter και Davies υποστηρίζουν ότι η χρησιμοποίηση των ίδιων συνομιλητών στον διάλογο για τη φύση του ψύχους, σε εκείνον για τα φαινόμενα της αντιπερίστασης καθώς και στον διάλογο για τη θερμότητα και τη φλόγα, τοποθετεί τη συγγραφή των διαλόγων μέσα στη δεκαετία του 1650⁵³. Η συγγραφή της εργασίας στις αρχές του 1660 ή και νωρίτερα επιβεβαιώνεται από την αναφορά του Boyle στην εισαγωγή του στο *Cold*, στις σκέψεις που είχε για το θέμα της εξήγησης της φύσης του ψύχους. Ο Boyle καθιστούσε σαφές ότι στην πραγματεία *Cold* δεν θα αναφερόταν στην υποστήριξη μίας υπόθεσης για την αιτία του ψύχους· παρ'όλα αυτά δήλωνε ότι είχε σχηματίσει κάποιες υποθέσεις για το θέμα τις οποίες άφηνε να κρίνει μετά την ολοκλήρωση του «Ιστορικού» μέρους της έρευνάς του⁵⁴.

Η δήλωση του Boyle, στην ίδια εισαγωγή, ότι ορισμένα πειράματα ενίσχυαν τη δυσκολία εύρεσης μίας γενικής θεωρητικής υπόθεσης για την εξήγηση της φύσης του ψύχους, αποτελεί ένδειξη ότι κατά τη συγγραφή της πραγματείας είχε ξεχωρίσει εκείνα

⁵² Στο *Sceptical Chymist* ο Boyle δήλωνε ότι είχε συγγράψει διαλόγους τους οποίους δεν προλάβαινε να δημοσιεύσει μαζί με τον διάλογο της πραγματείας. Οι Hunter και Davies υποθέτουν ότι ο Boyle αναφερόταν στους διαλόγους για τη θερμότητα και τη φλόγα, το διάλογο για το φαινόμενο της αντιπερίστασης που εκδόθηκε ως μέρος του *Cold* και τον διάλογο που αποτέλεσε την εργασία «Of Positive or Privative Nature of Cold». Boyle [1661η], σελ. 207.

⁵³ Boyle [[1673α] σελ. xxxiii.

⁵⁴ «I presume 'twill easily be taken notice of, That in the following History I have declined the Asserting of any particular *Hypothesis*, concerning the Adequate cause of Cold. Not but that I may have long had Conjectures about that matter, as well as other men, but I was willing to reserve to my self an Intire Liberty of declaring what Opinion I most inclined to, till the Historical part being finished, I have the better opportunity to Survey and Compare the *Phaenomena*», Boyle [1665α], σελ. 221.

τα πειραματικά αποτελέσματα που δημιουργούσαν πρόβλημα στην υποστήριξη της θεωρητικής υπόθεσης για την ελλειπτική φύση του ψύχους («privative nature»). Τα πειράματα που δημιουργούσαν πρόβλημα στην υποστήριξη μίας «ελλειπτικής φύσης» του ψύχους και περιγράφονταν στις εργασίες «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» και «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition» είχαν εκτελεσθεί τη χρονική περίοδο των τελευταίων σταδίων της προετοιμασίας του *Cold* και μετά τη δημοσίευσή του. Τα πειράματα της πρώτης εκ των δύο εργασιών εκτελέστηκαν πιθανότατα μετά τη δημοσίευση του *Cold*. Ορισμένα από τα πειράματα της συγκεκριμένης εργασίας αποτελούσαν αντιγραφές και ορισμένα παραλλαγές των πειραμάτων που συμπεριλήφθηκαν στο παράρτημα που προστέθηκε στη δεύτερη έκδοση του *Cold* για τα πειράματα του ενδέκατου κεφαλαίου. Σύμφωνα με την εισαγωγή της δεύτερης εργασίας, το περιεχόμενό της, το οποίο αρχικά προοριζόταν να προστεθεί στα πειράματα του *Cold*, είχε μεταβληθεί έτσι ώστε να ταιριάζει στη συζήτηση των εργασιών του *Saltness of the Sea* για τις δύο φύσεις του ψύχους. Η εργασία είχε ολοκληρωθεί τον Φεβρουάριο του 1664/5, πράγμα που αποδεικνύει ότι τα πειράματα που περιλάμβανε είχαν γίνει κατά τα τελευταία στάδια συγγραφής του *Cold*⁵⁵.

Τα παραπάνω στοιχεία χρονολόγησης, σύμφωνα με τα οποία πιστοποιείται ότι η εργασία «of the Positive or Privative Nature of Cold» είχε αρχίσει να προετοιμάζεται παράλληλα με την εκτέλεση των πειραμάτων του *Cold* μέσα στη δεκαετία 1650-60, ότι τα δύο προβληματικά φαινόμενα είχαν διαπιστωθεί σε αυτό το στάδιο, καθώς και ότι η οριστικοποίηση του περιεχομένου της εργασίας «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water» έγινε μετά τη δημοσίευση του *Cold*, δείχνουν ότι υπήρχε μία εξέλιξη στη σκέψη του Boyle για το ζήτημα των δύο υποθέσεων για το ψύχος η οποία επηρεάστηκε από τις πειραματικές δοκιμές που έγιναν κατά τη διάρκεια προετοιμασίας και μετά το *Cold*. Ο τρόπος παρουσίασης των τεσσάρων εργασιών στο *Saltness of the Sea* και το περιεχόμενό τους έδειχνε ότι αποτελούσαν μία ενότητα· η πρώτη εργασία έθετε τα επιχειρήματα υπέρ και κατά των δύο υποθετικών εξηγήσεων του ψύχους, της «θετικής» («positive») και της «ελλειπτικής» («privative»)

⁵⁵ Στην εισαγωγή της εργασίας, ο εκδότης αναφέρει ότι η εργασία στην τελική της μορφή φυλλάσσονταν στα χέρια του γραμματέα της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, Henry Oldenburg, από τον Φεβρουάριο της χρονιάς 1664/5. Boyle [1673a], σελ. 382.

φύσης, και οι επόμενες τρεις παρουσίαζαν τα πειραματικά αποτελέσματα που απέτρεπαν τον Boyle να υποστηρίξει τη μία από τις δύο. Η αναφορά του Boyle στο τέλος του διαλόγου, δηλαδή της πρώτης εργασίας, στην ύπαρξη των δύο προβληματικών πειραματικών αποτελεσμάτων αποδείκνυε ότι το περιεχόμενο της εργασίας είχε οριστικοποιηθεί αφού είχε ολοκληρωθεί το περιεχόμενο των κεφαλαίων της ενότητας «The Experimental History of Cold». Από τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της εκτέλεσης των πειραμάτων για το ψύχος, ο Boyle είχε διαμορφώσει μία άποψη για τις δύο επικρατούσες θεωρήσεις της φύσης του ψύχους η οποία ίσως έπαιξε ρόλο στον σχεδιασμό των πειραμάτων. Επίσης αποδεικνύεται ότι την περίοδο της δημοσίευσης του *Cold*, ο Boyle πρέπει συνειδητά να απείχε από τη δημοσίευση των συγκεκριμένων εργασιών λόγω των ενδιασμών που είχε για το περιεχόμενό τους. Η τελική διαμόρφωση των απόψεών του για τις δύο προτεινόμενες υποθέσεις πρέπει να ήταν αποτέλεσμα ορισμένων πειραμάτων που έγιναν μετά το *Cold*. Ως προς τους λόγους που προκάλεσαν τη δημοσίευση των εργασιών στο *Saltness of the Sea* το 1673 μπορούμε να εικάσουμε ότι η επικείμενη δημοσίευση το 1675-1676 του έργου *Mechanical Origin of Qualities*, όπου συζητούνταν η μηχανική παραγωγή και καταστροφή του ψύχους, ίσως επέβαλε την πρότερη συζήτηση του θέματος της εξήγησης της φύσης του ψύχους.

4.2.2. Το περιεχόμενο των εργασιών του *Saltness of the Sea* (1673). Η διαμάχη μεταξύ θετικής και ελλειπτικής έννοιας του ψύχους

Βασικό θέμα και των τεσσάρων εργασιών του *Saltness of the Sea* αποτελούσε η συζήτηση δύο αντιμαχόμενων εννοιών της φύσης του ψύχους, της θετικής και της ελλειπτικής, και η προσπάθεια υποστήριξης της δεύτερης. Στον διάλογο «of the Positive or Privative Nature of Cold» ο Boyle περιέγραφε την προβληματική γύρω από τις δύο έννοιες, παραθέτοντας τα επιχειρήματά του εναντίον εκείνων που προβάλλονταν από τον Gassendi για την υποστήριξη της θετικής φύσης του ψύχους.

Στον διάλογο η παράθεση των δύο αντικρουόμενων επιχειρημάτων για τις δύο έννοιες του ψύχους, γινόταν μέσα από τη συνομιλία τεσσάρων προσώπων. Σύμφωνα με τους Hunter και Davies τα ονόματα που είχε επιλέξει ο Boyle για τους διαλόγους του *Sceptical Chymist*, του κεφαλαίου για το αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης («An Examen of Antiperistasis, As it is wont to be Taught and Prov'd») στο *Cold* καθώς και για τον αδημοσίευτο διάλογο για τη θερμότητα και τη φωτιά, χαρακτήριζαν τις απόψεις που υποστήριζε ο κάθε ομιλητής. Το όνομα Καρνεάδης (214-129 π.Χ), ανήκε στον σκεπτικιστή φιλόσοφο Καρνεάδη της Νέας Ακαδημίας, το όνομα του Ελευθέριου «Eleytherius» παρέπεμπε στην ελληνική έννοια της ελευθερίας, ο Θεμίστιος («Themistius»)(317-c388) αποτελούσε έναν πρώιμο σχολιαστή του Αριστοτέλη, ο οποίος υπερασπιζόταν τα δόγματά του ενώ το όνομα Φιλόπονος («Philoponus») παρέπεμπε στην έννοια της αγάπης για την εργασία, γι' αυτό και ο Boyle το χρησιμοποιούσε ως αναφορά στην εργατικότητα των χημικών⁵⁶. Οι Hunter και Davies σημειώνουν ότι σε αυτό το διάλογο ο Καρνεάδης παρουσιάζεται ως φίλος του Boyle και ομιλεί ως φερέφωνό του, ο Θεμίστιος ως οπαδός του Αριστοτέλη, ο Φιλόπονος ως εκπρόσωπος των απόψεων των χημικών και ο Ελευθέριος ως ουδέτερος κριτής.⁵⁷ Με βάση το διάλογο, ο Καρνεάδης εκφράζει τις απόψεις του Boyle για τη φύση του ψύχους, ενώ ο Θεμίστιος εμφανίζεται ως υποστηρικτής των απόψεων του Gassendi για το ψύχος. Ο Boyle δικαιολογεί αυτή την εκ πρώτης όψεως αλλαγή στις απόψεις που υποστηρίζει ο συγκεκριμένος ομιλητής δηλώνοντας μέσω του Θεμίστιου ότι ενώ ο Gassendi στρεφόταν γενικά εναντίον των Αριστοτελικών δογμάτων, στο συγκεκριμένο θέμα με βάση αποδείξεις υιοθέτησε την αριστοτελική άποψη⁵⁸.

Ο διάλογος αποτελούνταν από επτά ενότητες. Στην πρώτη οριζόταν το θέμα της συζήτησης, οι δύο έννοιες της θερμότητας και του ψύχους που χρησιμοποιούνταν από τον Καρνεάδη για την υποστήριξη των απόψεών του και διευκρινιζόταν ότι η μέθοδος επιχειρηματολογίας του Καρνεάδη θα περιοριζόταν στην αντίκρουση των επιχειρημάτων του Θεμίστιου. Στις έξι επόμενες ενότητες παρουσιάζονταν διακριτά διαφορετικά επιχειρήματα της σωματιδιακής φιλοσοφίας του Gassendi για το ψύχος τα οποία αντικρούονταν από τον Καρνεάδη. Ο ρόλος του Ελευθέριου και του Φιλόπονου

⁵⁶ Boyle [1661η], σελ. 207.

⁵⁷ Boyle [1673α], σελ. 341.

⁵⁸ Ο.π., σελ. 343.

επικεντρωνόταν στην ώθηση των δύο κυρίως συνομιλητών να διευκρινίσουν τις θέσεις τους και στην υποστήριξη της μίας από τις δύο έννοιες της φύσης του ψύχους.

Ο διάλογος ξεκινούσε με την αναφορά στη δημοσίευση του *Cold* και την απορία του Θεμίστιου για την αποφυγή του Boyle να συζητήσει με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων του το ζήτημα της φύσης του ψύχους και συγκεκριμένα το ερώτημα αν το ψύχος είναι μία θετική ιδιότητα ή αποτελεί έλλειψη θερμότητας, όπως υποστήριζαν ο Καρτέσιος και ο Cardan⁵⁹. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle συνέδεε άμεσα τον διάλογο με την πραγματεία *Cold* και έθετε το βασικό θέμα συζήτησης του διαλόγου. Η προσπάθεια δικαιολόγησης της αποφυγής απάντησης του ερωτήματος στο *Cold* δείχνει ότι ο ίδιος έκρινε προβληματικό το γεγονός ότι το ερώτημα έμενε αναπάντητο· αυτό μπορεί να δικαιολογήσει την απόφαση του Boyle να δημοσιεύσει τις σκέψεις του για το συγκεκριμένο θέμα, τις οποίες, σύμφωνα με την παραπάνω χρονολόγηση, είχε διαμορφώσει κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του *Cold*, ετεροχρονισμένα στο *Saltness of the Sea*. Με τη φωνή του Καρνεάδη ο Boyle δήλωνε ότι ο λόγος που δεν είχε προχωρήσει στην απάντηση του ερωτήματος στο *Cold* αφορούσε πειραματικά αποτελέσματα που δεν είχε δημοσιεύσει και τα οποία τον εμπόδιζαν από τη σαφή υποστήριξη μίας θέσης. Ο λόγος που προέβαλλε ο Boyle εδώ μπορεί να εξηγήσει την καθυστέρηση της δημοσίευσης του διαλόγου και μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στο χρονικό διάστημα μεταξύ της έκδοσης του *Cold* (1665) και του *Saltness of the Sea* (1673) ο Boyle πιθανότατα προσπαθούσε με πειραματικές δοκιμές να επιβεβαιώσει ή να αντικρούσει τα πειραματικά αποτελέσματα που έθεταν υπό αμφισβήτηση τη θεωρητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους που στήριζε ο ίδιος.

Το ερώτημα που ετίθεντο ως βασικό θέμα του διαλόγου, δηλαδή η υποστήριξη της εξήγησης της ιδιότητας του ψύχους ως «θετικής» ιδιότητας, δηλαδή ιδιότητας ανεξάρτητης από τη θερμότητα η οποία προστίθεται στα σώματα όταν εκείνα την αποκτούν, ή της εξήγησής της ως «έλλειψη» θερμότητας, αποτελούσε μία διαμάχη, η οποία, σύμφωνα με τις πληροφορίες που δίνουν οι ομιλητές, είχε ήδη αναπτυχθεί μεταξύ

⁵⁹ Οι Hunter και Davies σημειώνουν ότι ο Girolamo Cardano παρουσιάζει τις απόψεις του για την ιδιότητα του ψύχους στο έργο *De subtilitate libri XXI* (1550). Οι απόψεις του Καρτέσιου παρουσιάζονταν στο τέταρτο σελ των αντικρούσεων και των απαντήσεων του *Meditations on First Philosophy*.

των απόψεων συγκεκριμένων φιλοσόφων⁶⁰. Για τη μεν υποστήριξη της «θετικής» έννοιας του ψύχους ο Boyle επέλεγε τη θεωρία του Γάλλου φιλοσόφου Pierre Gassendi, σύμφωνα με την οποία, το ψύχος προκαλούνταν από ψυχρά σωματίδια τα οποία εισέρχονταν στα σώματα και τα ψύχραιναν. Ο Θεμίστιος, υποστηρικτής της γκασεντιανής άποψης, στήριζε την επιχειρηματολογία του στις θέσεις που ο Gassendi είχε παρουσιάσει στο έργο *Syntagma Philosophicum* (1658)⁶¹. Ο Boyle εξηγούσε τους λόγους για τους οποίους επέλεγε να αντιταχθεί στα επιχειρήματα υπέρ μίας «θετικής έννοιας» του ψύχους του συγκεκριμένου φιλοσόφου έναντι του Αριστοτέλη, αναφέροντας, μέσω του Θεμίστιου, ότι ο Gassendi είχε βελτιώσει τα επιχειρήματα των αριστοτελικών και ότι αναμετρούνταν καλύτερα με τα πειραματικά αποτελέσματα⁶².

Η «ελλειπτική» φύση του ψύχους ('Privative Nature of Cold') υποστηριζόταν, σύμφωνα με τα λεγόμενα των ομιλητών, από τον Cardan και τον Καρτέσιο. Ο Καρτέσιος συζητούσε το ζήτημα της θετικής ή «ελλειπτικής» φύσης του ψύχους και της θερμότητας στο πλαίσιο της εξέτασης της προέλευσης της ιδέας των ιδιοτήτων από τον εξωτερικό κόσμο ή τον εαυτό του στο έργο *Meditations on first Philosophy* (1641). Στην ανάπτυξη του συλλογισμού του για την ύπαρξη του εαυτού του ως σκεπτόμενου όντος και τη βεβαιότητα με την οποία μπορεί να έχει αληθινές συλλήψεις/ιδέες των πραγμάτων, κρίνοντας ότι η καθαρή και διακριτή σύλληψη των πραγμάτων δεν αρκεί για να εγγυηθεί την αλήθεια τους, ο Καρτέσιος προσπάθησε να εξετάσει το ενδεχόμενο ο Θεός να εξαπατά την ανθρώπινη σκέψη. Στον τρίτο συλλογισμό συζητούσε το ζήτημα της ύπαρξης του Θεού και της εξαπάτησης της ανθρώπινης σκέψης από αυτόν⁶³. Βασικό σημείο της επιχειρηματολογίας του αποτέλεσε η δήλωση ότι στην περίπτωση που η αντικειμενική αλήθεια των ιδεών του δεν πήγαζε από τη νόησή του αλλά από κάτι εξωτερικό από αυτόν, η συγκεκριμένη ιδέα δεν μπορεί να προκαλούνταν από τον ίδιο αλλά από ένα άλλο ον, το οποίο υπήρχε ανεξάρτητα από αυτόν. Κατά την εξέταση των ιδεών που μπορεί να προκύψουν στο ανθρώπινο μυαλό (ιδέες ανθρώπων, ζώων, υλικών πραγμάτων, η ιδέα του Θεού) ο Καρτέσιος υποστήριζε ότι δεν αποκλείεται τα υλικά

⁶⁰ Ο όρος «controversy» χρησιμοποιείται από τους ομιλητές για να αναφερθούν στο ερώτημα αυτό, βλ. Boyle [1673α], σελ. 343.

⁶¹ Σύμφωνα με τους Hunter και Davies οι περισσότερες αναφορές στο διάλογο στις απόψεις του Gassendi προέρχονται από το «De rebus naturae universae» του δεύτερου μέρους της ενότητας «Physica» του *Syntagma Philosophicum*.

⁶² Boyle [1673α], σελ. 343.

πράγματα να αποτελούν γεννήματα του ανθρώπινου μυαλού. Στο πλαίσιο της επιχειρηματολογίας του υπέρ αυτής της θέσης υποστήριζε ότι όσον αφορά τις ιδιότητες αφής («tactile qualities»), όπως είναι οι γεύσεις, τα χρώματα, οι ήχοι, η θερμότητα και το ψύχος, δεν ήταν σίγουρος αν ήταν αληθείς ή ψευδείς, δηλαδή αν οι ιδέες που διαμορφώνονταν στο νου αντιστοιχούσαν σε πραγματικά αντικείμενα ή μη αντικείμενα⁶⁴. Ως παράδειγμα έφερνε τις ιδέες της θερμότητας και του ψύχους υποστηρίζοντας ότι ήταν ασαφείς, γιατί δεν ήταν ξεκάθαρο αν το ψύχος αποτελούσε έλλειψη θερμότητας ή το αντίστροφο, ή αν και οι δύο αποτελούσαν πραγματικές ιδιότητες ή όχι. Επίσης υποστήριζε ότι αν τελικά ήταν αληθές ότι το ψύχος δεν αποτελεί παρά την έλλειψη της θερμότητας, τότε η ιδέα που το παρουσίαζε ως κάτι αληθές και θετικό έπρεπε να αναφερθεί ως ψευδής. Αν λοιπόν μία ιδέα του ψύχους είναι ψευδής τότε σημαίνει ότι προέρχεται από ένα μη αντικείμενο και επομένως υποδηλώνει την ελλιπή ανθρώπινη φύση. Στην περίπτωση που μία τέτοια ιδέα είναι αληθής, εφόσον η πραγματικότητα που αντιπροσωπεύει δεν μπορεί να διαχωριστεί από ένα μη αντικείμενο, τότε δεν αποκλείεται η ιδέα να πηγάζει από το ανθρώπινο μυαλό και όχι από ένα ον έξω από αυτό. Το θέμα της «θετικής» και «ελλειπτικής» φύσης του ψύχους αποτέλεσε επίσης μέρος της κριτικής που ασκήθηκε από τον Antoine Arnauld (1612-1694) στις απόψεις του Καρτέσιου για την ύπαρξη του Θεού, καθώς και της απάντησης που έδωσε ο τελευταίος⁶⁵. Σύμφωνα με την απάντηση του Καρτέσιου στην κριτική του Arnauld για το παράδειγμα της λανθασμένης ιδέας του ψύχους που μπορεί να σχηματιστεί από το ανθρώπινο μυαλό, ο Καρτέσιος φαίνεται να κρατούσε μία σκεπτικιστική στάση ως προς το αν το ψύχος αποτελεί μία θετική ιδιότητα. Στο *Objections and Replies* δήλωνε ότι ο λόγος για τον οποίο θεωρούσε ότι η ιδιότητα του ψύχους ήταν «υλικά λανθασμένη» οφειλόταν στο γεγονός ότι λόγω της ασάφειας που υπήρχε γι' αυτήν δεν μπορούσε να κρίνει αν αναπαριστά κάτι το οποίο

⁶³ Descartes [1642], *Meditations on First Philosophy*, σσ. 24- 36.

⁶⁴ «But as for all the rest, including light, and colours, sounds, smells, tastes, heat and cold and the other tactile qualities, I think of these only in a very confused and obscure way, to the extent that I do not even know whether they are true or false, that is, whether the ideas I have of them are ideas of real things or of non-things», ο.π., σελ. 30.

⁶⁵ Μετά την ολοκλήρωση του *Meditations on first Philosophy*, ο Καρτέσιος κυκλοφόρησε το έργο του προκειμένου να μαζέψει κριτικές. Οι κριτικές που συνέλεξε ο ίδιος και ο Marin Mersenne καθώς και οι απαντήσεις του Καρτέσιου παρουσιάστηκαν στο έργο *Objections and Replies* που δημοσιεύθηκε στα λατινικά μαζί με την πρώτη έκδοση του *Meditations of Philosophy* το 1641. Στο τέταρτο σερ των αντικρούσεων και των απαντήσεων, οι αντικρούσεις είχαν γραφτεί από τον Antoine Arnauld, έναν Γάλλο θεολόγο και «logician» ο οποίος το 1641 έγινε Δόκτωρ της Θεολογίας στη Σορβόνη.

είναι θετικό και υπάρχει πέρα από την αίσθηση. Και άρα μπορούσε να οδηγηθεί στην ιδέα ότι είναι κάτι θετικό ενώ στην ουσία αποτελούσε έλλειψη⁶⁶.

Με βάση τα παραπάνω βλέπουμε ότι στο *Meditations of First Philosophy* και στο *Objections and Replies*, ο Καρτέσιος, χωρίς να παίρνει θέση για το πώς προκαλείται το ψύχος στα συγκεκριμένα έργα, έθετε το εννοιολογικό ζήτημα της θετικής και «ελλειπτικής» θεώρησης της φύσης του ψύχους και υποστήριζε ότι οι αισθήσεις, τα μέσα διαμόρφωσης των ιδεών μας για τα πράγματα, μπορούσαν να μας παραπλανήσουν στη διαμόρφωση της ιδέας για τη θετική του φύση. Το εννοιολογικό πλαίσιο που έθετε ο Καρτέσιος αποτέλεσε σημείο αναφοράς καθώς και ένα ερώτημα προς απάντηση για τα έργα φιλοσόφων, όπως ο Gassendi, όπου παρουσιάζονταν θεωρητικές υποθέσεις για τη φύση του ψύχους. Μπορεί στο *Meditations of First Philosophy* ο Καρτέσιος να διατηρούσε μία ουδέτερη στάση ως προς την εννοιολογική διαμάχη μεταξύ θετικής και ελλειπτικής δράσης του ψύχους, όμως στο προγενέστερο έργο του, *Meteorology* (1637), είχε δώσει μία εξήγηση του πιο σημαντικού φαινομένου του ψύχους, της ψύξης, υποστηρίζοντας την ελλειπτική δράση του ψύχους. Με βάση τη μεταφορά των απόψεων του Καρτέσιου από τον Boyle, η ψύξη προκαλούνταν είτε από την απομάκρυνση της ανεπαίσθητης ύλης (του αιθέρα) από το εσωτερικό των σωμάτων ή την αντικατάσταση της πυκνής ανεπαίσθητης ύλης από μία πιο μαλακιά. Σε κάθε περίπτωση η έλλειψη της ανεπαίσθητης ύλης, η οποία βοηθούσε στη διατήρηση της διέγερσης των μερών των σωμάτων, οδηγούσε στην παύση της κίνησής τους και στη στερεοποίησή τους.

Η απόφαση του Boyle να αναφέρει στον διάλογό του ως εκφραστές των δύο απόψεων, τους δύο φιλοσόφους δείχνει ότι το πλαίσιο της διαμάχης είχε τεθεί από τον Καρτέσιο και ο Gassendi απαντούσε στα ζητήματα που είχαν προκύψει από την καρτεσιανή προσέγγιση. Οι απόψεις του Gassendi εκφράζονταν στη μεταγενέστερη των έργων του Καρτέσιου πραγματεία *Syntagma Philosophicum* (1658) καθώς και στην εκλαϊκευμένη παρουσίαση των απόψεών του στο έργο *Physiologia-Epicuro-Gassendo-Charltoniana* (1654) από τον Walter Charleton. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του ρόλου που έπαιζε η διάκριση μεταξύ μίας θετικής και «ελλειπτικής» έννοιας του ψύχους

⁶⁶ «but my only reason for calling the idea ‘materially false’ is that, owing to the fact that it is obscure and confused, I am unable to judge whether or not what it represents to me is something positive which exists outside my sensation. And hence I may be led to judge that it is something positive though in fact it may merely be an absence», ο.π., *Objections and Replies*, σελ. 164.

αποτελεί η παρουσίαση της γκασεντιανής εξήγησης της φύσης του ψύχους στη δεύτερη πραγματεία ως μέρος της υποστήριξης της θετικής έννοιας του ψύχους⁶⁷.

Στον διάλογο «of the Positive or Privative Nature of Cold» η διαμάχη εξελισσόταν ανάμεσα στις απόψεις του Boyle για την ελλειπτική φύση του ψύχους και του Gassendi για τη θετική. Ο Καρνεάδης, ακολουθώντας τη σκεπτικιστική στάση του Καρτέσιου, δήλωνε ότι η κριτική του θα περιοριζόταν στην απόδειξη της ανεπάρκειας των επιχειρημάτων του Gassendi να στηρίζουν μία θετική φύση του ψύχους και ότι δεν θα προχωρούσε να αποδείξει αν η φύση του ψύχους είναι ελλειπτική. Ανέφερε επίσης ότι διέκρινε μεταξύ δύο εννοιών της θερμότητας, της ιδιότητας που γίνεται αντιληπτή από τις αισθήσεις και της ιδιότητας που δρα σε τρίτα σώματα και προκαλεί συγκεκριμένα αποτελέσματα. Τη δεύτερη έννοια ονόμαζε «φιλοσοφική». Σύμφωνα με την πρώτη έννοια, ένα σώμα κρινόταν θερμό όταν η κίνηση των σωματιδίων του ξεπερνούσε εκείνη των σωματιδίων που αποτελούσαν τα όργανα των ανθρώπινων αισθητηρίων. Σύμφωνα με τη δεύτερη, ένα σώμα μπορούσε να κριθεί θερμό ακόμη και όταν η θερμότητά του δεν γινόταν αντιληπτή από τις αισθήσεις, αρκεί όμως να προκαλούνταν ορισμένα αποτελέσματα τα οποία ήταν χαρακτηριστικά της δράσης της θερμότητας. Ο Καρνεάδης διευκρίνιζε ότι άφηνε στη διακριτική ευχέρεια των συνομιλητών του να αντιστοιχήσουν τις δύο έννοιες στην αριστοτελική διάκριση μεταξύ μορφικής/ποιοτικής και υλικής έννοιας της θερμότητας καθώς και να εφαρμόζουν τη διάκριση στην έννοια του ψύχους⁶⁸.

Στη δεύτερη ενότητα του διαλόγου ξεκινούσε η αντιπαράθεση των επιχειρημάτων για τις δύο φύσεις του ψύχους με τη θέση του βασικού επιχειρήματος που αποτελούσε το θέμα του διαλόγου. Σύμφωνα με το βασικό επιχείρημα του Gassendi, τα αποτελέσματα του ψύχους δεν μπορούσαν να παραχθούν από μία έλλειψη γιατί η έλλειψη δεν μπορούσε να προκαλέσει δράση⁶⁹. Με βάση τα λόγια του Θεμιστίου, ο Boyle φαίνεται να διάλεξε το συγκεκριμένο επιχείρημα του Gassendi γιατί βασιζόταν σε εμπειρικές αποδείξεις της έντασης των δράσεων του ψύχους σε τρίτα σώματα. Επίσης θεωρούσε ότι αποτελούσε

⁶⁷ Charleton [1966], σσ. 306-307.

⁶⁸ «Formally and materially taken», Boyle [1673a] σελ. 345.

⁶⁹ Ο Θεμιστίος αναφέρει αντούσια χωρία από το *Syntagma Philosophicum*. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο χωρίο «The effects of cold are such as cannot be had by a privation which is incapable of action», ο.π., σελ. 345.

ένα από τα πιο σημαντικά επιχειρήματά του⁷⁰. Σύμφωνα με το επιχείρημα του Gassendi η ένταση των αποτελεσμάτων του ψύχους αποτελούσε την απόδειξη της ύπαρξης μίας θετικής δράσης στα σώματα παρά μίας ελλειπτικής. Ορισμένα από τα αποτελέσματα που ανέφερε ο Θεμιστιος, όπως ήταν το σπάσιμο των φιαλών με το ψύχος, η συρρίκνωση του αέρα και η ανθεκτικότητα του πάγου στις ψυχρές περιοχές είχαν αποδειχθεί από τον Boyle ως εμπειρικά αποτελέσματα του ψύχους και ορισμένα, όπως η δημιουργία θερμότητας με βάση το φαινόμενο της αντιπερίστασης, η αριστοτελική θεώρηση της ιδιότητας του ψύχους να συνενώνει ομοειδή και ετεροειδή σώματα και η συρρίκνωση του νερού, είχαν απορριφθεί.

Στη συγκεκριμένη ενότητα ο Καρνεάδης επικεντρωνόταν στην αντίκρουση του συγκεκριμένου επιχειρήματος ως προς τα αποτελέσματα που προκαλούσε το ψύχος στις ανθρώπινες αισθήσεις ενώ στην τρίτη και τέταρτη ενότητα αντέκρουε την εφαρμογή του επιχειρήματος στα αποτελέσματα του ψύχους σε τρίτα σώματα. Ο Καρνεάδης προσπαθούσε να απορρίψει την γκασεντιανή άποψη που υποστήριζε ότι το ψύχος ως έλλειψη δεν μπορούσε να γίνει αντιληπτό από τις ανθρώπινες αισθήσεις, αποδεικνύοντας ότι η πρόκληση της αίσθησης του ψύχους στις ανθρώπινες αισθήσεις μπορούσε να προκύπτει από μία έλλειψη της θερμότητας. Η εξήγηση της πρόκλησης του αισθήματος του ψύχους από την έλλειψη της θερμότητας βασιζόταν στη γενικότερη θεωρία του Boyle για τη δημιουργία των εντυπώσεων («sensations») στον ανθρώπινο εγκέφαλο μέσα από τις αισθήσεις. Σύμφωνα με τον Boyle, τα εξωτερικά σώματα προκαλούσαν με τη δράση τους στα ανθρώπινα αισθητηριακά όργανα μία τοπική κίνηση στο σημείο του εγκεφάλου με το οποίο συνδέονταν τα νεύρα των συγκεκριμένων οργάνων. Η μεταβολή της κίνησης των μερών του εγκεφάλου ως προς την ταχύτητα και άλλες παραμέτρους εξηγούσε τη γέννηση διαφορετικών εντυπώσεων, όπως ήταν ο ήχος και η θερμοκρασία, αλλά και τις διακυμάνσεις στην ένταση των συγκεκριμένων εντυπώσεων. Παρομοιάζοντας την περίπτωση της θερμοκρασίας με αυτή των ήχων, ο Καρνεάδης υποστήριζε ότι η πρόκληση της αίσθησης του ψύχους μέσω της μείωσης της κίνησης των μερών των ανθρώπινων αισθητηριακών οργάνων από το ψυχρό σώμα, μπορούσε να εξηγήσει τη δημιουργία μίας εντύπωσης διαφορετικής από τη θερμότητα. Ο Καρνεάδης

⁷⁰ Μετά τη θέση του επιχειρήματος από τον Θεμιστιο, ο Καρνεάδης δήλωνε ότι το συγκεκριμένο επιχείρημα αποτελούσε το πιο σημαντικό από εκείνα που είχε προβάλει ο Gassendi.

εξηγούσε τη μείωση της κίνησης των ανθρώπινων αισθητηρίων με βάση τους νόμους της κίνησης σύμφωνα με τους οποίους, όταν ένα σώμα ερχόταν σε επαφή με ένα άλλο που κινούνταν πιο αργά, του μετέφερε περισσότερη από την κίνησή του από ό,τι αν το ίδιο κινούνταν πιο αργά⁷¹. Τα ανθρώπινα αισθητηριακά μέρη λοιπόν έχαναν μέρος της κίνησής τους καθώς έρχονταν σε επαφή με ένα ψυχρότερο σώμα και μετέδιδαν στο σώμα την αίσθηση του ψύχους. Ο Καρνεάδης ισχυροποιούσε το επιχειρήμα του υποστηρίζοντας ότι η έλλειψη μίας δράσης στην οποία είχαν συνηθίσει τα αισθητήριά μας μπορούσε να αφήσει τα μέρη των αισθητηρίων σε διαφορετική κατάσταση από εκείνη που είχαν προηγουμένως. Ως παράδειγμα έφερνε την αλλαγή που προκαλούσε στην κόρη του ματιού η έλλειψη του φωτός.

Ένα προβληματικό σημείο του διαλόγου αποτελούσε η συμφωνία του Καρνεάδη με τον Ελευθέριο όταν εκείνος κατέληγε στο συμπέρασμα ότι σύμφωνα με τα επιχειρήματα του πρώτου, η μεταβολή στη συνηθισμένη ή πρότερη κίνηση των μερών των ανθρώπινων αισθητηρίων, οδηγούσε στη δημιουργία μίας νέας εντύπωσης στον εγκέφαλο, είτε η μεταβολή της κίνησης προερχόταν από μία θετική δράση ή έλλειψη. Η συμφωνία του Καρνεάδη με αυτή την ερμηνεία των επιχειρημάτων του είναι προβληματική με δεδομένο ότι, σύμφωνα με το επιχειρήμα του, η μεταβολή της κίνησης των μερών των ανθρώπινων αισθητηρίων που προκαλούσε την εντύπωση του ψύχους, δεν προερχόταν από θετική δράση αλλά από έλλειψη κίνησης⁷². Γενικότερα, ενώ η αντίκρουση του Καρνεάδη και κατ' επέκταση του Boyle εξηγούσε την πρόκληση της αίσθησης του ψύχους μέσω της έλλειψης της κίνησης των σωματιδίων των αισθητηρίων μας, το επιχειρήμα του Ελευθέριου έδειχνε ότι δεν απέκλειε την εξήγηση της φύσης του ψύχους από μία θετική δράση, η οποία ενδεχομένως να προκαλούσε αυτή τη μείωση.

Στην τρίτη ενότητα ο Θεμιστίος φαινόταν να παραδέχεται τα επιχειρήματα του Καρνεάδη και συνέχιζε προβάλλοντας ένα ακόμη επιχειρήμα του Gassendi για την εμπειρική υποστήριξη της ερμηνείας του αισθήματος της ψυχρότητας ως θετική δράση του ψύχους⁷³. Σύμφωνα με αυτό, η αίσθηση του ψύχους που προκαλούνταν στο χέρι από την αφή του νερού ενός ποταμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δεν μπορούσε να

⁷¹ «...according to the Laws of Motion, (according to which a Body that meets another much more slowly moved than it self, communicates to it more of its motion than if'twere less slowly moved, ο.π., σελ. 350.

⁷² «You do not mis-apprehend my thoughts, Eleutherius», ο.π., σελ. 347.

⁷³ «Since you will have it so, I shall comply at present», ο.π., σελ. 348.

αποδοθεί στην έλλειψη θερμότητας⁷⁴. Το ίδιο υποστήριζε ο Gassendi για την αίσθηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας που προκαλούσε η αφή του ίδιου νερού όταν είχε μετατραπεί σε πάγο. Ο Gassendi θεωρούσε ότι η αίσθηση της ψυχρότητας του νερού, το οποίο ήταν ήδη ψυχρό, δεν μπορούσε να εκληφθεί ως έλλειψη θερμότητας και με βάση αυτό ότι η αίσθηση του ψυχρού νερού αποτελούσε μία διαφορετική αίσθηση από εκείνη της έλλειψης της θερμότητας. Η δομή του επιχειρήματος έδειχνε ότι η επιχειρηματολογία του Gassendi στρεφόταν ενάντια στην εξήγηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας και όχι στη συγκεκριμένη εξήγηση της φύσης του ψύχους μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων.

Ξεκινώντας την αντίκρουση του επιχειρήματος ο Καρνεάδης απαντούσε πρώτα στην κατηγορία του Θεμιστίου ότι οι πειραματικοί φιλόσοφοι βασίζονταν μόνο στις πληροφορίες που έδιναν οι αισθήσεις και όχι στη λογική («Reason»). Ο Καρνεάδης υποστήριζε ότι ενώ οι αισθήσεις αποτύπωναν εντυπώσεις από τα εξωτερικά αντικείμενα, η αιτία και η προέλευση των εντυπώσεων αποτελούσε έργο μίας ανώτερης διεργασίας («faculty»), της λογικής. Συμπέρανε ότι όταν οι αισθήσεις επηρεάζονταν από την επαφή με το κρύο νερό ή άλλα ψυχρά σώματα, η αιτία της εντύπωσης στην οποία κατέληγε κάποιος με βάση τη λογική μπορούσε να είναι διαφορετική από αυτή που προτεινόταν από την αίσθηση⁷⁵. Η συγκεκριμένη αναφορά του Καρνεάδη βοηθούσε τη στήριξη του επιχειρήματός του ενάντια στη θέση του Gassendi, γιατί εξηγούσε πώς ο πειραματιστής μπορούσε να καταλήξει σε μία αιτία του ψύχους διαφορετική από αυτή που υποδείκνυαν τα αισθητηριακά δεδομένα. Επίσης το χωρίο αυτό έδινε πληροφορίες για τις απόψεις του Boyle για τον ρόλο των πληροφοριών των αισθήσεων ως εντυπώσεων («sensations») στον εγκέφαλο και το ρόλο της συναγωγής συμπερασμάτων μέσω της λογικής.

Ο Καρνεάδης υποστήριζε ότι ως νατουραλιστής («naturalist») βάσιζε την αντίκρουσή του στα φαινόμενα και όχι όπως ο Αριστοτέλης στις υποθέσεις. Για την εξήγηση της ψυχρότητας που αισθανόταν το χέρι ανέτρεχε στην υπόθεση της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων των αισθητηριακών μας μερών με τη μεταφορά κίνησης προς το ψυχρό σώμα αλλά βάσιζε το επιχείρημα της έλλειψης θερμότητας σε ένα εμπειρικό φαινόμενο, στη ρευστότητα του νερού. Υποστήριζε ότι η αίσθηση της

⁷⁴ Ο.π., σελ. 349.

⁷⁵ Ο.π., σελ. 349.

ψυχρότητας αποτελούσε αίσθηση της μείωσης της θερμότητας του νερού με τη φιλοσοφική έννοια, σύμφωνα με την οποία η ρευστότητα του νερού υποδείκνυε την ύπαρξη κίνησης στα σωματίδιά του. Για τον Καρνεάδη η κίνηση αυτή αποδείκνυε ότι παρέμενε στο νερό μία μικρή ποσότητα θερμότητας. Η αίσθηση λοιπόν του ψύχους προκαλούνταν από ένα σώμα το οποίο θεωρούνταν «φιλοσοφικά» λιγότερο θερμό από πριν⁷⁶. Η ύπαρξη θερμότητας βασιζόταν στη ρευστότητα του νερού, το οποίο αποτελούσε το εμπειρικό φαινόμενο που στήριζε την εξήγησή του. Η μεγαλύτερη ψυχρότητα που ένιωθε το χέρι όταν άγγιζε τον πάγο εξηγούνταν και αυτή ως μέρος της ίδιας διαδικασίας μεταφοράς κίνησης από το θερμότερο στο ψυχρότερο, το οποίο συνέβαινε γιατί το νερό αποκτούσε μεγαλύτερη ψυχρότητα με την ψύξη· αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μεγαλύτερη διαφορά στην ταχύτητα μεταξύ της κίνησης των σωματιδίων του και εκείνης των σωματιδίων του αίματος και των ανθρώπινων μερών, η οποία έπρεπε να εξομειωθεί με τη μεταφορά κίνησης⁷⁷.

Η επιχειρηματολογία του Καρνεάδη επικεντρωνόταν στην εξήγηση του τρόπου με τον οποίο η επαφή των εξωτερικών μερών του ανθρώπινου σώματος με το ψυχρό σώμα μπορούσε να γίνει αισθητή μέσω της αλλαγής της δομής («texture») των μερών και μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων του αίματος, το οποίο, σύμφωνα με τους νόμους της κυκλοφορίας του, μετέφερε αυτό το αποτέλεσμα και σε άλλα μέρη του σώματος, όπως ήταν ο εγκέφαλος. Οι μεταβολές στην κίνηση των σωματιδίων των ανθρώπινων αισθητηρίων δεν προκαλούνταν από την ψυχρότητα του νερού, εφόσον το ψύχος αποτελούσε μία έλλειψη κίνησης, αλλά από τη μεταβολή της δράσης του αίματος και των άλλων χυμών στα νεύρα και τις μεμβράνες του σώματος στην οποία συνέβαλε και η στένωση των πόρων. Σκοπός του ήταν να δείξει ότι αυτές οι διεργασίες, οι οποίες προέρχονταν από την έλλειψη κίνησης των σωματιδίων, προκαλούσαν σημαντικές αλλαγές στο ανθρώπινο σώμα.

⁷⁶ «yet in a Philosophical sense, it is not quite destitute of Heat», ο.π., σελ. 350.

⁷⁷ Στο πρωτότυπο κείμενο δεν εμφανίζεται η λέξη «velocity» «ταχύτητα». Οι λέξεις που χρησιμοποιούνται για την υπόδειξη της μεταβολής της κίνησης παραπέμπουν στην αύξηση ή μείωσή της. Βλ «celerity», «lose» ή «decrement of agitation». Ο.π., σελ. 350. Στο συγκεκριμένο σημείο του διαλόγου χρησιμοποιούμε τη λέξη «ταχύτητα» όχι αναχρονιστικά αλλά για ευκολία αναφοράς στο είδος της μεταβολής της κίνησης που λαμβάνει χώρα.

Με την παρέμβασή του ο Φιλόπονος, ο εκπρόσωπος της άποψης των χημικών, διευκρίνιζε ότι ο υποστηρικτής των θέσεων του Gassendi δεν μπορούσε να αποδεχθεί την εισαγωγή του ψύχους σε σώματα που δεν ήταν θερμά μέσω μίας έλλειψης της θερμότητας ή σε σώματα που είναι φυσικά ψυχρά αλλά θα πρέπει να θεωρούνται, πέρα από τη φύση τους, διαθέσιμα στην ιδιότητα της θερμότητας. Ο προβληματισμός αυτός μάλλον πήγαζε από την εξήγηση της γκασεντιανής θεωρίας για το ψύχος σύμφωνα με την οποία ένα σώμα μπορούσε να είναι είτε θερμό είτε ψυχρό, χωρίς να επιτρέπεται σε οποιαδήποτε από τις δύο καταστάσεις να θεωρείται ότι η αντίθετη ιδιότητα υφίσταται μειωμένη στο σώμα. Αυτή η θεώρηση βασιζόταν στην οντολογική διάκριση των δύο ιδιοτήτων, δηλαδή στην ύπαρξη θερμών και ψυχρών σωματιδίων. Η εξήγηση που έδινε ο Καρνεάδης για τη φύση των δύο ιδιοτήτων μέσω της μεταβολής της ταχύτητας της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων, του επέτρεπε να υποστηρίζει την άποψη ότι το καυτό νερό διέφερε από εκείνο που ήταν ψυχρό στην αφή μόνο ως προς το βαθμό της μεταβολής της κίνησης των σωματιδίων⁷⁸. Η αποφυγή της οντολογικής διάκρισης των ιδιοτήτων τού έδινε τη δυνατότητα να εξηγεί τις διαβαθμίσεις του ψύχους που αποδεικνύονταν από τα φαινόμενα και οι οποίες δεν μπορούσαν να εξηγηθούν μέσω της γκασεντιανής σωματιδιακής υπόθεσης.

Απαντώντας λοιπόν στον προβληματισμό του Φιλόπονου, ο Καρνεάδης παρουσίαζε περιπτώσεις φαινομένων όπου αποδεικνυόταν ότι τα σώματα επιδέχονταν έναν μεγαλύτερο βαθμό ψύχους και επομένως δεν ήταν απολύτως ψυχρά. Υποστήριζε ότι με βάση τη φιλοσοφική έννοια της θερμότητας, η ρευστότητα του ψυχρού νερού αποδείκνυε ότι χρειαζόταν ένας μεγαλύτερος βαθμός ψύχους για να μετατραπεί σε πάγο και ότι δεν ήταν απολύτως ψυχρό και ελλειπές όσον αφορά τη θερμότητα. Ο Καρνεάδης δήλωνε ότι με δεδομένο ότι ο Gassendi εξηγούσε την ψύξη μέσω της εισροής ψυχρών σωματιδίων στα σώματα, θα συμφωνούσε ότι το ρευστό νερό δεν είχε φτάσει σε κατάσταση απόλυτου ψύχους.

Μέσω της παρέμβασης του Ελευθέριου, ο Boyle επέκτεινε την επιχειρηματολογία του Καρνεάδη για την ελλειπτική θεώρηση της φύσης ψύχους και στις περιπτώσεις της ύπαρξης μεγαλύτερων βαθμών ψύχους από εκείνον της ψύξης που είχε αναδείξει μέσα

⁷⁸ «...that Hot Water scarce differs otherwise than gradually, from that which is Cold to sense», ο.π., σελ. 252.

από τα πειράματά του. Με αυτό τον τρόπο ισχυροποιούσε τη θέση ότι μία ελλειψη μπορούσε να εξηγήσει τις διαβαθμίσεις της ιδιότητας. Περιπτώσεις, όπως η διαφορετική σκληρότητα του πάγου διαφορετικών ουσιών, όπως ήταν ο πάγος του νερού και του λαδιού, καθώς και οι διαφορετικοί βαθμοί ψύχους στο νερό ή σε άλλο είδος ύλης μπορούσαν να εξηγηθούν, σύμφωνα με τον Ελευθέριο, μέσω της έλλειψης θερμότητας. Ο Ελευθέριος εξηγούσε ότι η ψύξη δεν αποτελούσε μία απόλυτη κατάσταση ψύχους γιατί με τη μετατροπή του νερού σε πάγο δεν καταστρέφονταν ή απαλύνονταν όλα τα διεγερμένα σωματίδια του· αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα εναπομείναντα διεγερμένα σωματίδια να προκαλούν χαρακτηριστικές επιδράσεις της θερμότητας, όπως ήταν η μυρωδιά και η εξάτμιση. Ο Ελευθέριος υποστήριζε ότι με την περαιτέρω μείωση της κίνησής τους ή την καταστροφή τους ο πάγος θα αποκτούσε μεγαλύτερο βαθμό ψύχους. Προς επιβεβαίωση των επιχειρημάτων του ανέφερε ένα πείραμα όπου με τη χρήση θερμοσκοπίου αποδεικνυόταν ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας ήταν ψυχρότερος από το νερό την ώρα της μετατροπής του σε πάγο. Η παρέμβαση του Ελευθέριου χρησιμοποιούνταν από τον Boyle για να καλύψει μέσω της ελλειπτικής έννοιας του ψύχους τις περιπτώσεις ύπαρξης μεγαλύτερων διαβαθμίσεων του ψύχους από τον βαθμό της ψύξης του νερού. Η επιλογή του Boyle να βάλει τον Ελευθέριο και όχι τον Καρνεάδη να υποστηρίξει τη θέση της ελλειπτικής έννοιας του ψύχους για τους βαθμούς που ήταν μεγαλύτεροι από αυτόν που προκαλεί την ψύξη θα μπορούσε να εκληφθεί ως ένα τέχνασμα να μην αποδώσει άμεσα στον εαυτό του τη θέση, ή να δείξει τη γενικότερη αποδοχή που είχαν τα πειραματικά αποτελέσματα και οι απόψεις του. Η παραπάνω επιχειρηματολογία του Boyle έδειχνε ότι το επιχείρημα για τη φιλοσοφική έννοια της θερμότητας στηριζόταν στις πειραματικές αποδείξεις των διαβαθμίσεων του ψύχους που ήταν μικρότερες και μεγαλύτερες από το βαθμό που προκαλούσε την ψύξη του νερού. Επίσης αποδείκνυε ότι η επιμονή του Boyle στον πειραματικό έλεγχο της ψύξης καθώς και στη συλλογή παρατηρήσεων από ψυχρότερα κλίματα είχε οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για τη στήριξη των συγκεκριμένων θεωρητικών υποθέσεων.

Μετά την αντίκρουση των επιχειρημάτων του Gassendi για την εξήγηση της δημιουργίας της αίσθησης του ψύχους ως αποτέλεσμα μίας ελλειπτικής θεώρησης της φύσης του, στην τέταρτη ενότητα του διαλόγου ο Θεμιστίος ζητούσε από τον Καρνεάδη να εξηγήσει πώς μία έλλειψη, και συγκεκριμένα πώς η μείωση της κίνησης μπορούσε να

προκαλέσει τα αποτελέσματα που παρατηρούνταν στα σώματα από το ψύχος. Ο Καρνεάδης απαντούσε στο ερώτημα μέσω παραδειγμάτων τα οποία αποκάλυπταν τον μηχανισμό της πρόκλησης τέτοιων φαινομένων σε μακροσκοπικό επίπεδο. Στην περίπτωση της εκδήλωσης των φαινομένων του ψύχους σε τρίτα σώματα ο Καρνεάδης εξηγούσε ότι η απόλυτη έλλειψη ή μείωση της κίνησης ενός σώματος δεν αποτελούσε τη «δρώσα» αιτία («efficient cause») των φαινομένων του ψύχους αλλά απλώς την αφορμή/ περίσταση για την εκδήλωσή τους⁷⁹. Απέδιδε την αιτία των φαινομένων σε εκείνους τους φυσικούς παράγοντες («Physical Agents») των οποίων οι δράσεις μεταβάλλονταν καθώς έρχονταν σε επαφή με τη μειωμένη διέγερση των ψυχρών σωμάτων⁸⁰. Η δράση των φυσικών παραγόντων επηρεαζόταν με δύο τρόπους: είτε μέσω της μείωσης της δικής τους κίνησης, την οποία μετέδιδαν στα ψυχρά σώματα είτε με την αλλαγή της δράσης που είχαν τρίτα σώματα πάνω τους, η οποία πάλι προκαλούνταν από τη μείωση της δικής τους κίνησης. Ο Καρνεάδης δικαιολογούσε την πρόκληση έντονων φαινομένων ψύχους με βάση τους νόμους για την κίνηση και την ακινησία και εξηγούσε τον τρόπο με τον οποίο τα ακίνητα σώματα μπορούσαν να επηρεάσουν τις δράσεις άλλων σωμάτων είτε ορίζοντας την κατεύθυνση των κινήσεών τους είτε απορροφώντας και μειώνοντας την ταχύτητα της κίνησής τους. Ως τέτοια παραδείγματα ανέφερε την καθοδήγηση του ρεύματος ενός ποταμού από μία γέφυρα, δημιουργώντας έτσι ισχυρότερο ρεύμα το οποίο θα μπορούσε να λειτουργήσει καλύτερα τους μύλους που θα έβρισκε στο δρόμο του. Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελούσε η βολή μίας μπάλας αντισφαίρισης σε δύο ακίνητες επιφάνειες διαφορετικής μαλακότητας· όταν η μπάλα ριχνόταν κάθετα προς το έδαφος η επαφή της με αυτό μετέβαλλε την πορεία της προς το κέντρο της γης στρέφοντάς την προς τα πάνω· ενώ όταν ριχνόταν σε μία επιφάνεια που δεν ήταν σκληρή αλλά αποτελούνταν από μαλακιά λάσπη έχανε την κίνησή της μεταδίδοντάς τη στη λάσπη.

Με ένα συγκεκριμένο παράδειγμα ο Καρνεάδης διευκρίνιζε ότι ο τρόπος δράσης της έλλειψης κίνησης δεν περιοριζόταν στην παύση ορισμένων δράσεων που εξαρτώνταν από αυτή αλλά υποστήριζε ότι η έλλειψη κίνησης άφηνε να ενεργήσουν ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι θα αποτρέπονταν σε περίπτωση που η κίνηση δεν είχε μειωθεί ή

⁷⁹ «...Cold is rather the Occasion, than the true Efficient Cause of such Effect», ο.π., σελ. 354.

⁸⁰ Ο.π.

παρεμποδιστεί. Σύμφωνα με το παράδειγμα του Καρνεάδη, η έλλειψη κίνησης αναπαριστώνταν από τη μείωση της έντασης του ανέμου ο οποίος αποτελούσε την κινητήριο δύναμη ενός ανεμόμυλου που βρισκόταν στην όχθη ενός ποταμού. Πέρα από τις εργασίες που εκτελούσε ο ίδιος ο ανεμόμυλος, με την κίνησή του έπαιρνε ποσότητες νερού από το ποτάμι και τις πετούσε σε άλλα χωράφια εξυπηρετώντας την καλλιέργειά τους και αποτρέποντας παράλληλα, σε περιόδους πλημμύρας, την υπερχειλίση του ποταμού. Με βάση λοιπόν το συγκεκριμένο παράδειγμα, η παύση του ανέμου και της κίνησης του ανεμόμυλου, πέρα από το σταμάτημα των εργασιών του, είχε ως αποτέλεσμα την υπερχειλίση του ποταμού η οποία προκαλούσε καταστροφικά φαινόμενα. Ο Καρνεάδης τα αποκαλούσε «νέα φαινόμενα», μία έκφραση που είχε ξαναχρησιμοποιήσει στο διάλογο για να αναφερθεί στα φαινόμενα του ψύχους. Επίσης η παύση της μεταφοράς μίας ποσότητας νερού από το ποτάμι στα χωράφια είχε ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί η γονιμότητά του και οι σχετιζόμενες με την καλλιέργεια χρήσεις του. Ο Καρνεάδης ανέφερε άλλο ένα παράδειγμα που αφορούσε την έλλειψη του αέρα στα ζώα που κλείνονται στην αντλία κενού. Εξηγούσε ότι ο αέρας ο οποίος με την κίνηση των μερών του κρατούσε ρευστό το νερό και τα άλλα υδατικά υγρά, όταν έχανε την κίνησή του, προκαλούσε την ψύξη του νερού και όλα τα φαινόμενα που συνδέονταν με αυτή. Με τον ίδιο τρόπο, τα ζώα τα οποία είχαν συνηθίσει στις επιδράσεις που είχε ο αέρας πάνω τους, όταν τοποθετούνταν στην αντλία κενού και εξαντλούνταν ο αέρας, παρουσίαζαν αντιδράσεις, όπως ήταν η διαστολή των χυμών και του αίματος, ο εμετός, οι συσπάσεις του σώματος, οι οποίες προκαλούσαν τον θάνατό τους. Ο Καρνεάδης υποστήριζε ότι τα παραπάνω παραδείγματα έδειχναν ότι τα αποτελέσματα του ψύχους στα σώματα δεν προκαλούνταν από την έλλειψη αλλά αποδίδονταν στη «δράση θετικών παραγόντων ή ενεργών αιτιών» οι οποίες στην περίπτωση της μείωσης της διέγερσης των σωματιδίων των σωμάτων δρούσαν ή αλληλοεπιδρούσαν διαφορετικά από ό,τι όταν δεν υπήρχε μεταβολή της κίνησής τους⁸¹. Δείχνοντας λοιπόν ότι η έλλειψη κίνησης μπορούσε να προκαλέσει τη θετική δράση ορισμένων παραγόντων ο Καρνεάδης θεωρούσε ότι νικούσε το αντεπιχείρημα του Gassendi για την αδυναμία μίας έλλειψης να προκαλέσει τα φαινόμενα του ψύχους.

⁸¹ «...to those Positive Agents or active Causes», ο.π. σελ. 358.

Με τις πρώτες τέσσερις ενότητες ο Καρνεάδης έθετε τις βάσεις της θεωρίας του πάνω στις οποίες στηριζόταν η αντιμετώπιση των επιχειρημάτων του Gassendi που θέτονταν στο υπόλοιπο του διαλόγου⁸². Έχοντας αναφέρει το γενικό επιχείρημα του Gassendi σύμφωνα με το οποίο θεωρούνταν αδύνατο μία έλλειψη να προκαλεί τα αποτελέσματα του ψύχους στις ανθρώπινες αισθήσεις και σε τρίτα σώματα, στην πέμπτη ενότητα ο Θεμιστίος έθετε δύο συγκεκριμένα εμπειρικά παραδείγματα που ανέφερε ο Γάλλος φιλόσοφος για να αποδείξει την άποψή του για τη θετική φύση του ψύχους. Στο πρώτο χρησιμοποιούσε την περίπτωση της θερμότητας που αισθανόταν το ανθρώπινο χέρι με την εισαγωγή του σε ζεστό νερό και την ψυχρότητα που ένιωθε με την επαφή του με το κρύο, για να δείξει ότι η αριστοτελική θεωρία της αντιπερίστασης δεν μπορούσε να εξηγήσει τον λόγο που το χέρι ένιωθε την ψυχρότητα στο δεύτερο παρά στο πρώτο. Ο Θεμιστίος υποστήριζε ότι η αίσθηση της ψυχρότητας δεν μπορούσε να εξηγηθεί μέσω της υποχώρησης της θερμότητας του νερού με την επαφή με το ψυχρό νερό, γιατί μία έλλειψη δεν μπορούσε να προκαλέσει αυτή την υποχώρηση. Το συγκεκριμένο επιχείρημα του Gassendi στρεφόταν εναντίον της αριστοτελικής εξήγησης του ψύχους· ωστόσο, ο Boyle φαίνεται να το είχε επιλέξει ως μέρος του διαλόγου προκειμένου να δώσει στον Καρνεάδη την ευκαιρία να προωθήσει την εξήγησή του μέσω της άποψης που είχε ήδη εκφράσει για την πρόκληση της αίσθησης του ψύχους στα ανθρώπινα αισθητηριακά μέρη⁸³. Σύμφωνα με τον Καρνεάδη, η αίσθηση της θερμότητας προερχόταν από τη μετάδοση της κίνησης των σωματιδίων του νερού στα σωματίδια του χεριού που κινούνταν πιο αργά, και η αίσθηση του ψύχους από τη μετάδοση της κίνησης των σωματιδίων του χεριού στα σωματίδια του ψυχρού σώματος, εφόσον η κίνηση των πρώτων ήταν γρηγορότερη από την κίνηση εκείνων του νερού.

Το δεύτερο επιχείρημα του Gassendi που παρουσιάζόταν στην πέμπτη ενότητα αφορούσε την εξήγηση του φαινομένου της ψύξης του νερού σε μία γυάλινη φιάλη όταν περιτριγυριζόταν από ένα μίγμα χιονιού και αλατιού. Η επιλογή του Boyle να θέσει την εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ως μέρος της διαμάχης βασιζόταν στη σημασία του φαινομένου την οποία είχε αναδείξει μέσα από τις διαφορετικές κατηγορίες πειραμάτων στο *Cold* και την οποία επιβεβαίωνε η αντίστοιχη προτεραιότητα που

⁸² Ο.π., σελ. 358.

⁸³ «For, agreeably to what I lately delivered, 'tis obvious for me to explicate the *Phenomenon* thus», ο.π., σελ. 359.

αποδιδόταν στο φαινόμενο στις πειραματικές δραστηριότητες των δύο Ιδρυμάτων, της Ακαδημίας Del Cimento και της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου. Η εξήγηση της μετατροπής του νερού σε πάγο και του τρόπου μετάδοσης του ψύχους μέσα από μία γυάλινη φιάλη, αποτελούσαν από τα πιο σημαντικά φαινόμενα της ψύξης και επομένως η απόδειξη της εξήγησής τους από μία ελλειπτική ή θετική θεώρηση του ψύχους, θα αποτελούσε ένα ισχυρό προτέρημα της μίας υπόθεσης έναντι της δεύτερης. Σύμφωνα με την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων από τον Gassendi, η μετάδοση του ψύχους μέσα από το γυαλί έδειχνε ότι η ψύξη προερχόταν από ψυχρά σωματίδια που μεταφέρονταν μέσα από αυτό, όπως συνέβαινε με τη μεταφορά θερμών σωματιδίων στην περίπτωση του βρασμού του νερού σε μία φιάλη όταν τοποθετούνταν εξωτερικά αναμμένα κάρβουνα. Ο Θεμιστίος διευκρίνιζε ότι ο Gassendi συνήγαγε ορθολογιστικά την ερμηνεία του με βάση τα εμπειρικά δεδομένα και ότι αυτός ο τρόπος συλλογισμού θα μπορούσε να πείσει τον Καρνεάδη. Σύμφωνα με τον Ελευθέριο, το συγκεκριμένο επιχείρημα του Gassendi απευθυνόταν ενάντια στις θέσεις του Καρνεάδη.

Η απάντηση του Καρνεάδη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί χρησιμοποιούσε μία μέθοδο επιχειρηματολογίας διαφορετική από τις προηγούμενες ενότητες. Καταρχήν ο Καρνεάδης δήλωνε ότι, ενώ και στις δύο περιπτώσεις, του ψυκτικού μίγματος και των κάρβουνων, παράγονταν οι αντίστοιχες ιδιότητες, μόνο για την ιδιότητα της θερμότητας μπορούσε να υποστηρίξει ότι δρούσε ως θετική ιδιότητα. Ο Καρνεάδης έδειχνε να συμφωνεί με την αριστοτελική και γκασεντιανή θέση ότι η θερμότητα είναι μία θετική ιδιότητα, ταυτίζοντας τη θετική της δράση με τη βίαιη κίνηση και διέγερση των μικρών μερών ενός σώματος και την πρόκληση σε τρίτα σώματα μίας τοπικής κίνησης των μερών τους. Η εξήγηση που έδινε στη φύση της θερμότητας συμφωνούσε με τη θεώρηση της θερμότητας ως θετικής ιδιότητας αλλά όχι με την απόδοση της ίδιας φύσης στην ιδιότητα του ψύχους. Ο Καρνεάδης υποστήριζε ότι από τα εμπειρικά αποτελέσματα του παραδείγματος δεν προέκυπτε αναγκαστικά η εξήγηση του ψύχους ως θετικής δράσης που συνήγαγε ορθολογιστικά ο Gassendi. Ο Καρνεάδης επέλεγε να αντιπαρατεθεί στην ορθολογιστική ερμηνεία του Gassendi μέσω της παρουσίασης μίας διαφορετικής εξήγησης που θα συνάγονταν ορθολογιστικά και θα εξηγούσε τα πειραματικά αποτελέσματα. Αν παρουσίαζε μία ερμηνεία των φαινομένων η οποία ήταν το ίδιο πειστική με εκείνη του Gassendi τότε θα αποδείκνυε ότι τα

πειραματικά αποτελέσματα δεν μπορούσαν να αποτελέσουν αντίκρουση στην ερμηνεία της φύσης του ψύχους ως «έλλειψης».

Το δεύτερο λοιπόν στοιχείο που αναδεικνυε τη σημασία της ερμηνείας του φαινομένου της ψύξης ήταν η ορθολογιστική ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, δηλαδή η συναγωγή συμπερασμάτων μόνο μέσω συλλογισμών. Η προσπάθεια του Boyle μέσω της φωνής του Καρνεάδη να επικεντρώσει την επιχειρηματολογία του στην εύρεση μίας ορθολογιστικής ερμηνείας των πειραματικών αποτελεσμάτων προκαλεί ερωτήματα για τον λόγο που απέφευγε την αντίκρουση της ερμηνείας του Gassendi με πειραματικά αποτελέσματα. Μία πιθανή απάντηση αποτελεί το γεγονός ότι στο *Cold* ο Boyle δεν είχε καταλήξει σε πειραματικά αποτελέσματα που απέκλειαν την γκασεντιανή ερμηνεία για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Στο πρώτο κεφάλαιο της πραγματείας, ο Boyle είχε δείξει ότι κατά την τήξη του εσώκλειστου ψυκτικού μίγματος σε μία κλειστή φιάλη και την ψύξη των εξωτερικών ατμών του αέρα, δεν μεταφέρονταν μέσω του γυαλιού υλικά σωματίδια του μίγματος. Η απόδειξη προέκυπτε από τη μέτρηση του βάρους της φιάλης πριν και μετά την τήξη του εσώκλειστου μίγματος και την εύρεση της αύξησης του βάρους της φιάλης μετά τον σχηματισμό δροσιάς ή πάγου στο εξωτερικό του. Το συγκεκριμένο πειραματικό φαινόμενο απέκλειε τις ερμηνείες που απέδιδαν τη δημιουργία δροσιάς και πάγου στη μεταφορά σωματιδίων του χιονιού και του αλατιού στο εξωτερικό της φιάλης, αλλά δεν απέκλειε την γκασεντιανή ερμηνεία σύμφωνα με την οποία τα ψυχρά σωματίδια που εκλύονταν από το ψυκτικό μίγμα, έψυχαν τους ατμούς και τους μετέτρεπαν σε δροσιά και σε πάγο. Στα πειράματά του για τη διογκωτική δύναμη του νερού κατά την ψύξη (ενδέκατο κεφάλαιο) ο Boyle παραδεχόταν ότι η γκασεντιανή θεωρία της εισόδου των ψυχρών σωματιδίων στα σώματα μπορούσε να εξηγήσει την αύξηση του όγκου του νερού με την ψύξη αλλά όχι τη δύναμη της αύξησης αυτού του όγκου. Επίσης έδειχνε ότι η συγκεκριμένη θεωρία δεν μπορούσε να εξηγήσει τα φαινόμενα της συρρίκνωσης ορισμένων κατηγοριών υγρών με την ψύξη. Επιπλέον, παρόλο που, με τα πειράματα της εξέτασης της αύξησης του βάρους των υγρών μετά την ψύξη ο Boyle έδειχνε ότι δεν υπήρχε αλλαγή βάρους, ο Boyle παραδεχόταν ότι οι υποστηρικτές του Gassendi μπορούσαν να ανατρέξουν σε εξηγήσεις του φαινομένου συνεπείς ως προς τη θεωρητική

εξήγηση του ψύχους μέσω της εισροής ψυχρών σωματιδίων⁸⁴. Επομένως με τα πειραματικά αποτελέσματα του *Cold* ο Boyle δεν είχε καταφέρει να δείξει πειραματικά ότι στο φαινόμενο της ψύξης του νερού υπήρχαν εμπειρικά αποτελέσματα που διέψευδαν την γκασεντιανή ερμηνεία· είχε όμως αναφέρει ορισμένα άλλα πειραματικά φαινόμενα, η ερμηνεία των οποίων από τη συγκεκριμένη εξηγητική υπόθεση αντιμετώπιζε προβλήματα. Εφόσον λοιπόν τα πειραματικά αποτελέσματα που σχετίζονταν με το φαινόμενο δεν μπορούσαν να οδηγήσουν στη διάψευση της γκασεντιανής θεωρητικής υπόθεσης ο Boyle προσπαθούσε στον παρόντα διάλογο να αντιμετωπίσει το πρόβλημα στο επίπεδο του λογικού συμπερασμού. Η επιχειρηματολογία του δεν είχε σκοπό να αποδείξει ότι η γκασεντιανή ερμηνεία αντικρουόταν από το πειραματικό αποτέλεσμα αλλά, βασιζόμενος στην ορθολογική στήριξη της ερμηνείας του φαινομένου, αποδείκνυε ότι μπορούσαν να γίνουν αποδεκτές με τον ίδιο τρόπο και άλλες ερμηνείες.

Η ερμηνεία με την οποία προσπαθούσε να υποστηρίξει την ισχύ της δικής του θεώρησης της «ελλειπτικής» δράσης του ψύχους, ανήκε στον Καρτέσιο. Σύμφωνα με αυτή, η ανεπαίσθητη ύλη («subtle matter») η οποία περιέβαλε τα μέρη του νερού ήταν πιο πυκνή από εκείνη που περιέβαλε τα μέρη του χιονιού⁸⁵. Μετά την τήξη του χιονιού από το αλάτι, η αιθέρια ύλη κινούνταν πιο εύκολα μέσα από τους πόρους του αλατόνερου παρά μέσα από εκείνους του φρέσκου νερού, με αποτέλεσμα η δεύτερη να τείνει να μεταφερθεί εκεί όπου η κίνησή της συναντούσε λιγότερη αντίσταση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση της πιο μαλακιάς ανεπαίσθητης ύλης του αλατόνερου προς το φρέσκο νερό για να γεμίσει το μέρος που εγκατέλειπε η πυκνή ύλη. Η μαλακιά ανεπαίσθητη ύλη όμως δεν μπορούσε να διατηρήσει τη ρευστότητα του νερού, όπως έκανε η πιο πυκνή ύλη, και το νερό μετατρεπόταν σε πάγο. Στο *Cold* ο Boyle εξηγούσε ότι η ανεπαίσθητη ύλη του Καρτέσιου κρατούσε διεγερμένα τα μέρη του νερού και επομένως με την έλλειψή της ή με την αντικατάστασή της με μία πιο αραιωμένη ύλη, τα μέρη του νερού σταματούσαν την κίνησή τους και το νερό στερεοποιούνταν⁸⁶.

Ο Φιλόπονος, ο Ελευθέριος και ο ίδιος ο Καρνεάδης επιβεβαίωναν τη λειτουργία μίας τέτοιας διαδικασίας με αποτέλεσμα την ψύξη, δίνοντας ανάλογα παραδείγματα για

⁸⁴ Βλ. κεφάλαιο 2.4.2

⁸⁵ Ως πηγή για την άποψη του Καρτέσιου ο Boyle χρησιμοποιεί την λατινική έκδοση του *Meteors, Dissertatio de methodo recte regendae rationis et veritatis in scientiis investigandae: Dioptrice elt Meteora*(1644). Boyle [1673α], σελ. 360.

τα ζευγάρια των ιδιοτήτων της ξηρότητας και της υγρότητας καθώς επίσης της ρευστότητας και της στερεότητας. Ο Φιλόπonos περιέγραφε τη μέθοδο που χρησιμοποιούσαν οι χημικοί για την αποξήρανση ορισμένων σκονών που χρησιμοποιούσαν στο φιλτράρισμα των ρευστών. Εξηγούσε ότι ουσίες όπως η κιμωλία και το τούβλο, πάνω στις οποίες τοποθετούνταν οι σκόνες σε μορφή λάσπης, αποξήραναν τη λάσπη απορροφώντας τα υγρά μέρη της και όχι εκλύοντας σωματίδια ξηρότητας. Ο Ελευθέριος και ο Καρνεάδης χρησιμοποιούσαν χημικά πειράματα του Boyle. Ο πρώτος έδειχνε ότι κατά τη μίξη ενός φλεγματικού υγρού, όπως ήταν η αιθυλική αλκοόλη, με ένα άλας όπως ήταν το ανθρακούχο κάλλιο («salt of tartar»), τα υδατικά μέρη του πρώτου έβρισκαν μεγαλύτερη ευκολία να κινηθούν ανάμεσα στα σταθερά σωματίδια του άλατος με αποτέλεσμα να ρευστοποιούν το δεύτερο και να εγκαταλείπουν το πρώτο, χωρίς τη δράση της θερμότητας. Ο Καρνεάδης παρουσίαζε το πείραμα της ρευστοποίησης ενός συμπαγούς σώματος, της καμφοράς, μέσω των ευκίνητων («agile») σωματιδίων του νιτρικού οξέος («aqua fortis»), τονίζοντας ότι ο Boyle είχε αποδείξει ότι η διαδικασία προκαλούνταν από τα μαλακά σωματίδια του νιτρικού οξέος («aqua fortis») και αποδεικνύοντας ότι αυτά τα μέρη δεν ήταν θερμά και δεν δρούσαν κατά αυτό τον τρόπο λόγω της θερμότητάς τους⁸⁷. Επίσης περιέγραφε την αντίθετη διαδικασία, της στερεοποίησης της καμφοράς, μέσω της μίξης της ρευστής της μορφής με νερό, ως αποτέλεσμα της απορρόφησης από το νερό των νιτρωδών μερών του ρευστού τα οποία προκαλούσαν τη ρευστότητά της.

Έχοντας αποδείξει την ορθολογική ερμηνεία του φαινομένου της ψύξης παραθέτοντας την καρτεσιανή εξήγηση, ο Boyle πρότεινε μέσω του Ελευθέριου μία ερμηνεία της γκασεντιανής υπόθεσης της εισχώρησης ψυχρών σωματιδίων η οποία θα μπορούσε να συμφωνεί με την καρτεσιανή ερμηνεία της ψύξης του νερού ως ελλειπτική δράση του ψύχους. Ο Ελευθέριος εξηγούσε ότι τα ψυχρά σωματίδια μπορούσαν να διαθέτουν ένα συγκεκριμένο σχήμα, μέγεθος και χαρακτηριστικά ώστε να εισχωρούν στο εσωτερικό του νερού και μέσω της εκτόπισης των θερμών σωματιδίων ή της παύσης της δράσης τους ή με άλλο τρόπο να μειώνουν την κίνηση των μερών του νερού με βάση την οποία διατηρούνταν η ρευστότητα και η θερμότητά του. Με αυτό τον τρόπο ο

⁸⁶ Boyle [1665α], σελ. 329.

⁸⁷ Boyle [1673α] σελ. 361.

Ελευθέριος εξηγούσε ότι το ψύχος μπορούσε να προκληθεί από ένα θετικό παράγοντα, τα ψυχρά σωματίδια, αλλά η φύση του ψύχους αποτελούνταν από μία έλλειψη⁸⁸.

Με την παραπάνω επιχειρηματολογία ο Boyle έδειχνε ότι για το φαινόμενο της ψύξης μπορούσε να συναχθεί λογικά μία εξήγηση η οποία να παραπέμπει σε μία ελλειπτική έννοια του ψύχους. Επίσης υποστήριζε ότι η ελλειπτική δράση που προτεινόταν από τη συγκεκριμένη ερμηνεία του Καρτέσιου μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία εμπειρικών φαινομένων άλλων ιδιοτήτων όπως ήταν η ρευστότητα και η ξηρότητα. Όμως υποστήριζε επίσης ότι στην περίπτωση που η πρόκληση του ψύχους αποδιδόταν στην ορθολογιστική ερμηνεία του Gassendi μέσω των ψυχρών σωματιδίων, δεν αποκλειόταν η ερμηνεία του συγκεκριμένου ψυχτικού φαινομένου μέσω μίας έλλειψης.

Η συζήτηση για το φαινόμενο της ψύξης καθώς και η ορθολογική ερμηνεία φαινομένων λάμβανε τέλος και στην έκτη ενότητα ο Θεμιστίος προέβαλε ένα επιχείρημα του Gassendi που είχε συζητηθεί από τον Boyle στο *Cold*. Σύμφωνα με αυτό υπήρχαν σώματα, όπως το ξύλο, η πέτρα και άλλα, τα οποία ήταν «ουδέτερα» ως προς τη θερμότητα και το ψύχος, δηλαδή δεν ήταν ούτε θερμά ούτε ψυχρά⁸⁹. Ο Gassendi υποστήριζε ότι η σταδιακή ψύχρανση των σωμάτων αφού είχαν θερμανθεί πρώτα στη φωτιά, δεν αποτελούσε ψύξη αλλά μία βαθμιαία έλλειψη θερμότητας μέχρι το σώμα να επιστρέψει στην πρότερη κατάστασή του. Για να ψυχρανθεί ένα σώμα έπρεπε να δράσει κάποιος ψυχρός παράγοντας ο οποίος να μεταβάλει την ουδέτερη κατάσταση του σώματος. Η συγκεκριμένη άποψη του Gassendi είχε συζητηθεί στο *Cold* με αφορμή το ζήτημα για τα «πρώτα ψυχρά σώματα». Στην άποψη του Gassendi, σύμφωνα με την οποία, η γη, το νερό και ο αέρας στη φυσική τους κατάσταση είναι ουδέτερα ως προς τη θερμοκρασία, ο Boyle είχε αντιτάξει ότι τα σώματα αυτά έπρεπε να θεωρούνται ψυχρά ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις. Στον διάλογο για τη θετική και την ελλειπτική έννοια του ψύχους, ο Boyle, μέσω του Καρνεάδη, χρησιμοποιούσε την ίδια αφετηρία για την αντίκρουση της ερμηνείας του φαινομένου της ψύχρανσης ενός θερμαινόμενου σώματος από τον Gassendi, υποστηρίζοντας ότι τα σώματα που θερμαίνονταν με τη δράση της

⁸⁸ «But, even in such cases, though the Agent and the Actions that produce Coldness, be Positive Things; yet the Nature of Coldness it self may consist in a Privation», ο.π., σελ. 362.

⁸⁹ «But what you say to that part of Gassendus's Argument, where he proposes an Adiaphorous Body», ο.π., σελ. 363.

φωτιάς ψυχραίνονταν σταδιακά ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις. Η θεώρηση αυτή βασιζόταν στην ιδέα ότι οποιαδήποτε κίνηση του σώματος υπό εξέταση ήταν πιο βραδεία από την αντίστοιχη κίνηση των σωματιδιακών μερών των ανθρώπινων αισθητηρίων και επομένως μεταδιδόταν στις αισθήσεις το αίσθημα της ψυχρότητας. Η σταδιακή μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων, που όπως διευκρίνιζε ο Ελευθέριος, προερχόταν είτε από την υποχώρηση των θερμών σωματιδίων, είτε από τη μετάδοση της κίνησής τους στον περιβάλλοντα αέρα ή άλλο λόγο, προκαλούσε, βαθμιαία, μεγαλύτερη αίσθηση ψύχρανσης μέχρι το σώμα να χάσει εντελώς τα ευκίνητα μέρη του και να παγώσει.

Ο Boyle στήριζε την επιχειρηματολογία του Καρνεάδη στην έννοια του ψύχους που οριζόταν με σημείο αναφοράς τις αισθήσεις και όχι τη φιλοσοφική έννοια, εκείνη που οριζόταν με βάση τα αποτελέσματα του ψύχους σε τρίτα σώματα, την οποία είχε χρησιμοποιήσει σε άλλα επιχειρήματα του διαλόγου. Επίσης, μέσω του Ελευθέριου, επεξεργάστηκε τη θέση που είχε προβάλει στο *Cold* για τα σώματα της γης, του αέρα και του νερού, υποστηρίζοντας ότι όλα τα «μόνιμα» σώματα που υπάρχουν στη γη έχουν στη φυσική τους κατάσταση μία βραδύτερη διέγερση από τα ανθρώπινα αισθητηριακά όργανα και γι' αυτό μπορούν να θεωρούνται φυσικά ψυχρά⁹⁰. Παρόλο που υποστήριζε ότι δεν υπήρχαν στη φύση σώματα τα οποία ήταν αδιάφορα στη θερμοκρασία ως προς τις αισθήσεις, προσπαθούσε να απαντήσει το επιχείρημα του Gassendi στην υπόθεση της ύπαρξης τέτοιων σωμάτων. Ο Boyle διατηρούσε την άποψή του ισχυριζόμενος ότι στην περίπτωση που θερμαινόταν ένα υποθετικά ουδέτερο ως προς τη θερμοκρασία σώμα, θεωρούσε ότι έχανε θερμότητα και δεν ψυχραινόταν για το διάστημα στο οποίο η διέγερση των μερών του ήταν μεγαλύτερη από εκείνη των αισθητηριακών οργάνων· σε αυτό το χρονικό διάστημα το σώμα βρισκόταν στην κατάσταση της θερμότητας ως προς τις αισθήσεις. Ο Boyle διευκρίνιζε ότι ακόμη και σε αυτή την κατάσταση θερμότητας το ίδιο σώμα θα μπορούσε να είναι ψυχρό ως προς άλλα σώματα.

⁹⁰ «And because almost all the Species of permanent Bodies here below that are known, have in what is call'd their Natural state a less degree of Agitation of their Insensible Parts, than mens Organs of Feeling, are wont to have, those Bodies may be said to be Naturally Cold, and therefore ought not to be suppos'd to be indiffering to Cold or Heat.», ο.π., σελ. 363.

Οι παραπάνω απόψεις οδηγούσαν τον Boyle να τελειώσει την έκτη ενότητα με δύο πιθανές αντικρούσεις που θα έθετε ο Gassendi στα επιχειρήματά του. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle εξέφραζε τη γνώμη του για τις αδυναμίες της παραπάνω επιχειρηματολογίας του. Πρώτον, μέσω του Ελευθέριου, υποστήριζε ότι η θεώρηση της θερμοκρασίας των σωμάτων με σημείο αναφοράς τις αισθήσεις, αποτελούσε μία αμφίβολη σταθερά για το ψύχος και τη θερμότητα λόγω της μεταβολής της κατάστασης των αισθήσεων. Στο *Cold* ο Boyle είχε αναδείξει τα προβλήματα που μπορούσαν να δημιουργηθούν στην εκτίμηση της θερμότητας και του ψύχους από τις αισθήσεις λόγω των μεταβολών της κινητικής κατάστασης των μερών των αισθήσεων από διάφορους λόγους. Οπότε ο Boyle γνώριζε ότι η μεταβλητότητα της κινητικής κατάστασης των αισθήσεων αποτελούσε μία αδυναμία του επιχειρήματος που όριζε την ψυχρότητα των σωμάτων με σημείο αναφοράς τις ανθρώπινες αισθήσεις. Δεύτερον, ο Ελευθέριος ισχυριζόταν ότι μέρος της διαμάχης⁹¹ πάνω στο συγκεκριμένο επιχείρημα του Gassendi αποτελούσε μία λεκτική διαμάχη η οποία θα καθοριζόταν όταν ορίζονταν οι διακριτές έννοιες των λέξεων ‘θερμότητα’ και ‘ψύχος’. Μία τέτοια εκτίμηση της διαμάχης θα μπορούσε να ισχύει για τον χαρακτηρισμό της κατάστασης του σώματος όταν θερμαινόταν και μετά έχανε σταδιακά τη θερμότητά του μέχρι να έρθει στην πρότερη κατάστασή του. Η ‘μείωση της θερμότητας’ του Gassendi και η ‘σταδιακή ψύχρανση’ του Boyle αναφέρονταν στην ίδια κατάσταση. Η θεώρηση όμως ότι η διαμάχη εξελισσόταν σε λεκτικό επίπεδο δεν μπορούσε να ισχύει για την περίπτωση όπου το σώμα ψυχραινόταν με την γκασεντιανή έννοια· και αυτό γιατί ενώ ο Gassendi υποστήριζε ότι κάτι τέτοιο προερχόταν από τη δράση ενός ψυχρού παράγοντα, ο Boyle θεωρούσε την ψύχρανση αυτή ως συνέχεια της προηγούμενης διαδικασίας ψύχρανσης του σώματος μέσα από την περαιτέρω μείωση της κίνησης των σωματιδίων των αισθητηριακών οργάνων.

Στην έβδομη ενότητα ο Boyle εξηγούσε τους λόγους που τον είχαν οδηγήσει να μην υποστηρίξει ανοιχτά την ελλειπτική έννοια της φύσης του ψύχους. Στην πίεση του Φιλόπονου και του Ελευθέριου να υποστηρίξει τη θέση που πρόβαλε στον διάλογο εναντίον εκείνης του Gassendi και να εξηγήσει την έλλειψη υποστήριξης μίας τέτοιας εξήγησης από τον Boyle, ο Καρνεάδης απαντούσε με τον εξής τρόπο. Απέφευγε να

⁹¹ «And for what remains, the controversie grounded on Gassendus’s Argument seems to be rather Verbal than Real», ο.π., σελ. 364.

εκφράσει τη δική του γνώμη ισχυριζόμενος ότι οι αντικρούσεις των επιχειρημάτων υπέρ μιας θετικής έννοιας του ψύχους αρκούσε για το ρόλο που του είχε ανατεθεί και ότι η επιχειρηματολογία που είχε αναπτύξει στον διάλογο είχε δείξει ότι ορισμένα φαινόμενα εξηγούνταν καλύτερα από μία «ελλειπτική» θεώρηση της φύσης του ψύχους. Επίσης υποστήριξε ότι για όποιον αρνούνταν την άποψη της «θετικής» φύσης του ψύχους, αρκούσε, για την απόδειξη της άποψής του, η αναδρομή στη φιλοσοφική αρχή που είχε θέσει ο Ockam σύμφωνα με την οποία «οι οντότητες δεν χρειάζεται να πολλαπλασιάζονται χωρίς να υφίσταται ανάγκη»⁹². Όσον αφορά τη διστακτικότητα του Boyle για την υιοθέτηση αυτής της άποψης, ο Καρνεάδης επαναλάμβανε ότι είχε εκφράσει στην αρχή του διαλόγου για την ύπαρξη πειραματικών φαινομένων για τα οποία διατηρούσε ορισμένες αμφιβολίες και τα οποία δεν εξέταζε στο *Cold*· προσέθετε όμως ότι υπήρχαν ορισμένες εξηγητικές υποθέσεις για το ψύχος που έπρεπε να εξετασθούν περισσότερο. Το μοναδικό παράδειγμα τέτοιων υποθέσεων που ανέφερε ο Καρνεάδης αποτελούσε η γκασεντιανή υπόθεση της ύπαρξης ψυχρών σωματιδίων που προκαλούσαν το ψύχος. Σύμφωνα με τον Καρνεάδη, ο Boyle ήθελε να εξετάσει (αντιμετώπιζε ως ανοιχτά ερωτήματα) την προέλευση του ψύχους των σωματιδίων, την απόδοση βάρους ή ελαφρύτητας σε αυτά, τη συμφωνία των συμπερασμάτων από αυτά τα ερωτήματα με τα φαινόμενα, το σχήμα των σωματιδίων που τους έδινε την ιδιότητα της ψυχρότητας σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σώματα στα οποία εισέρχονταν, τη δυνατότητα των σωματιδίων να χάσουν την ψυχρότητά τους, αν τα σωματίδια ήταν πρωταρχικά και αν όχι πώς δημιουργούνταν το ψύχος πριν τη δημιουργία τους, καθώς και την εξήγηση φαινομένων, όπως ήταν η παραγωγή ψύχους από τη διάλυση ενός θερμού σώματος σε θερμό νερό, στην περίπτωση που αποδεικνυόταν ότι τα σωματίδια ήταν πρωταρχικά. Η καταγραφή των ερωτημάτων αποτελούσε τη μοναδική αναλυτική παρουσίαση των θεμάτων που τον απασχολούσαν για την εξηγητική υπόθεση που υποστήριξε ο Gassendi⁹³. Ορισμένα από τα παραπάνω ερωτήματα, όπως ήταν το βάρος ή η ελαφρύτητα των σωματιδίων, η θεώρησή τους ως πρώτα ψυχρά σώματα ή όχι, είχαν ήδη εξετασθεί στο *Cold*. Εκεί ο Boyle είχε δείξει ότι η σταθερότητα του βάρους των σωμάτων πριν και μετά την ψύξη θα μπορούσε να υποστηρίξει την απόδοση

⁹² «Entities are not to be multiplied without necessity». Η φράση αυτή αποτελεί το γνωστό «ξυράφι» του φιλοσόφου Γουλιέλμου του Οκάμ. ο.π., σελ. 365

⁹³ Ο.π., σελ. 366.

ελαφρύτητας στα συγκεκριμένα σωματίδια. Επίσης είχε παρουσιάσει μία σειρά εμπειρικών αποδείξεων για να δείξει ότι τα σωματίδια του νίτρου τα οποία πρότεινε ο Gassendi ως πρώτα ψυχρά σώματα δεν μπορούσαν να αποτελούν «πρώτα ψυχρά σώματα». Η αναφορά όμως του Boyle στο διάλογο γι' αυτά τα ερωτήματα που έμεναν ανοιχτά, έδειχνε ότι η έρευνά του δεν είχε ακόμα ολοκληρωθεί. Το γεγονός όμως ότι στις εργασίες που ακολουθούσαν τον διάλογο ο Boyle επικεντρωνόταν στη συζήτηση των δύο εμπειρικών φαινομένων που αποτελούσαν πρόβλημα για την εφαρμογή της ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους έδειχνε ότι θεωρούσε την επίλυση του προβλήματος που δημιουργούσαν τα δύο φαινόμενα πιο σημαντική για την επιβεβαίωση της εξηγητικής υπόθεσης που υποστήριζε ο ίδιος από τον έλεγχο των ερωτημάτων που αφορούσαν την γκασεντιανή υπόθεση.

Τα φαινόμενα που, σύμφωνα με τον Καρνεάδη, προβλημάτιζαν τον Boyle, αποτελούσαν πειραματικά αποτελέσματα τα οποία δεν μπορούσαν να εξηγηθούν εύκολα μέσω της υπόθεσης ότι το ψύχος προκαλούνταν από τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Επομένως, υπόκεινταν στην κριτική του επιχειρήματος του Gassendi που είχε παρουσιαστεί στη δεύτερη ενότητα του διαλόγου και με βάση το οποίο οι επιδράσεις του ψύχους στα σώματα δεν μπορούσαν να εξηγηθούν μέσα από τη διαδικασία μίας έλλειψης. Αναδεικνύοντας επίσης τη δυσκολία εξήγησης των ίδιων φαινομένων από την γκασεντιανή υπόθεση των ψυχρών σωματιδίων, ο Boyle αποδείκνυε ότι τα συγκεκριμένα φαινόμενα δεν μπορούσαν να αποτελέσουν επιβεβαίωση για καμία από τις δύο θεωρητικές υποθέσεις που είχαν τεθεί σε αντιπαράθεση στο διάλογο.

Τα δύο φαινόμενα που ανέφερε ο Καρνεάδης στον διάλογο, ήταν εκείνα που αναλύονταν στις εργασίες που τον ακολουθούσαν καθώς και στην επιστολή προς τον Beal, η οποία λειτουργούσε ως πρόλογος στις εργασίες⁹⁴. Το πρώτο φαινόμενο αφορούσε τη δύναμη της διόγκωσης του νερού με την ψύξη για τη μέτρηση της οποίας και την ποιοτική ανάδειξη του μεγέθους της ο Boyle είχε εκτελέσει πειράματα στο *Cold*. Εκεί, μέσα από πειράματα πάνω στη θραύση διαφόρων φιαλών με την ψύξη του εσώκλειστου νερού, ο Boyle είχε δείξει ότι η δύναμη που ανέπτυσσε το διογκωμένο νερό

⁹⁴ Η αναφορά του Καρνεάδη σε ένα γράμμα προς κάποιο φυσικό φιλόσοφο στο οποίο ο Boyle έγραφε για τα συγκεκριμένα φαινόμενα καθώς και στη διανομή γραπτών περιγραφών των συγκεκριμένων προβληματισμών στους συνομιλητές του για να συζητηθούν στην επόμενη συνάντησή τους, συνδέει το

μπορούσε να σπάσει φιάλες από γερά υλικά όπως ήταν το σίδηρο και ο χαλκός. Επίσης, είχε προσπαθήσει να δώσει ένα μετρήσιμο μέγεθος στη δύναμη υπολογίζοντας το βάρος το οποίο μπορούσε να μετακινήσει η διόγκωση του νερού. Στην εργασία που συμπεριλάμβανε στο *Saltness of the Sea*, «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water», προκειμένου να αναδείξει το φαινόμενο της διογκωτικής δύναμης του νερού ο Boyle παρουσίαζε πειράματα που είχαν εκτελεστεί μετά την έκδοση του *Cold*. Παρόλο που τα ξεχώριζε από εκείνα που είχε συμπεριλάβει στην πρώτη έκδοση του *Cold*, τα οποία επεσήμαινε ότι δεν είχαν εκτελεστεί σε κατάλληλες συνθήκες, αποτελούσαν, όπως και τα πειράματα του *Cold*, ποιοτικές και ποσοτικές ενδείξεις της δύναμης της διόγκωσης του νερού⁹⁵. Τα πειραματικά τους αποτελέσματα απλώς επιβεβαίωναν τα συμπεράσματα για την ένταση της δύναμης που είχαν συναχθεί από τα αντίστοιχα πειράματα του *Cold*.

Στο γράμμα προς τον Beal ο Boyle εξηγούσε ότι έχοντας δεδομένο πώς η θραύση των σωμάτων που έφεραν αντίσταση προκαλούνταν από μία βίαιη τοπική κίνηση, η εξηγητική υπόθεση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων δεν μπορούσε να εξηγήσει την ανάπτυξη αυτής της δύναμης. Την ίδια δυσκολία εξήγησης του φαινομένου θεωρούσε ότι αντιμετώπιζαν η γκασεντιανή υπόθεση της πρόκλησης της ψύξης από την είσοδο ψυχρών σωματιδίων μέσα στο νερό καθώς και η καρτεσιανή εξήγηση της ψύξης μέσα από τη μείωση της ελαστικότητας των σωματιδίων του νερού. Ως προς την υπόθεση της εισροής ψυχρών σωματιδίων στα σώματα, ο Boyle επαναλάμβανε το αδύναμο σημείο της θεωρητικής υπόθεσης που προέκυπτε από τα πειραματικά αποτελέσματα του *Cold* πάνω στη συρρίκνωση των φυσικών και χημικών ελαίων όταν εκθέτονται σε βαθμό ψύξης. Σύμφωνα με τον Boyle, η συρρίκνωση των συγκεκριμένων υγρών με τον βαθμό ψύχους που προκαλούσε την ψύξη του νερού καθώς και η συρρίκνωση του νερού πριν από την ψύξη έδειχνε ότι τα ίδια ψυχρά σωματίδια, που σε αυτές τις περιπτώσεις προκαλούσαν τη συρρίκνωση, δεν μπορούσαν να προκαλούν παράλληλα και την αύξηση του όγκου του νερού.

περιεχόμενο του διαλόγου με το γράμμα προς τον Beal και τις εργασίες για τα δύο φαινόμενα που συμπεριλάμβανε ο Boyle στο *Saltness of the Sea*.

⁹⁵ Ορισμένα από αυτά είχαν παρατεθεί αυτούσια στη δεύτερη έκδοση του *Cold* (1683) και ορισμένα αφορούσαν τις ίδιες πειραματικές διατάξεις.

Στο γράμμα προς τον Beal, ο Boyle εξέθετε επίσης τα συμπεράσματα στα οποία είχε καταλήξει με βάση τα πειράματα του *Cold* για την επίλυση της δυσκολίας εξήγησης του συγκεκριμένου φαινομένου μέσω της θεωρητικής υπόθεσης του ψύχους ως έλλειψης κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Καταρχήν, ανέφερε την αντίκρουση της εξήγησης του φαινομένου της θραύσης των φιαλών μέσω της αριστοτελικής θεωρίας για την αποφυγή της δημιουργίας κενού⁹⁶. Δεύτερον, ανέφερε τη συμβολή των πειραμάτων του για την ψύξη των υγρών ως προς τον περιορισμό του φαινομένου της διόγκωσης κατά την ψύξη στο νερό και στα υδατικά υγρά που εκθέτονταν σε βαθμό ψύξης και την ανάδειξη του ρόλου των φυσαλίδων του πάγου στη διόγκωση των υδατικών υγρών με την μετατροπή τους σε πάγο. Επιπλέον ανέφερε ορισμένες εξηγητικές υποθέσεις στις οποίες κατέληγε μέσω των πειραμάτων του *Cold* και των συμπερασμάτων του για την ελαστικότητα του αέρα για τις οποίες όμως κατέληγε ότι αντιμετώπιζαν δυσκολίες στην εξήγηση του φαινομένου. Αν και ανέφερε ότι ο ίδιος είχε αποδείξει ότι οι φυσαλίδες του πάγου αποτελούνταν μόνο κατά ένα πολύ μικρό μέρος από αέρα, θεωρούσε ότι η ελαστικότητα του εσώκλειστου σε αυτές αέρα θα μπορούσε να αποτελέσει μία εξήγηση του φαινομένου με βάση το πειραματικό συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει για την ελαστικότητα που παρουσιάζει μία μικρή ποσότητα αέρα όταν διαχέεται στο νερό. Ως πιθανές αιτίες του φαινομένου ανέφερε επίσης την ελαστικότητα των σωματιδίων αέρα που ενυπήρχαν στους πόρους του νερού και την ελαστικότητα που μπορούσε να προκαλέσει στα σωματίδια νερού η μεταβολή των πόρων του μέσω της ψύξης, η οποία αποδιδόταν είτε στην είσοδο σωματιδίων, είτε στην αποχώρηση σωματιδίων, είτε στη συρρίκνωσή τους. Πέρα από αυτές τις σκέψεις και την παράθεση των πειραμάτων που επιβεβαίωναν το πειραματικό φαινόμενο, ο Boyle δεν κατέληγε στην επίλυση της εξήγησης του συγκεκριμένου φαινομένου ούτε στην εύρεση του τρόπου με τον οποίο το φαινόμενο θα μπορούσε να εξηγηθεί μέσω της υπόθεσης της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων. Η φράση με την οποία έκλεινε το γράμμα προς τον Beal είναι χαρακτηριστική της στάσης του: «I must remember, that my business in this Paper is to propose Difficulties, not the ways of solving them»⁹⁷.

⁹⁶ Βλ. 2.4.2

⁹⁷ Boyle [1673β], σελ. 374.

Το δεύτερο φαινόμενο αφορούσε την εξήγηση της πρόκλησης του ψύχους κατά τη μίξη τριών αλάτων όπου δημιουργούνταν έντονη διέγερση. Στην εργασία «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition» που ακολουθούσε τον διάλογο ο Boyle περιέγραφε μία σειρά από πειράματα μίξης τριών αλάτων καθαρισμένων στη φωτιά, όπου αποδεικνυόταν μέσω των ενδείξεων ενός κλειστού θερμοσκοπίου ρευστού και της παρουσίας δροσιάς στο εξωτερικό μέρος της φιάλης που περιείχε το μίγμα, η παραγωγή ενός χαμηλού βαθμού ψύχους. Η διαφορά του βαθμού ψύχους του μίγματος με εκείνον του νερού το οποίο είχε διατηρηθεί στον ίδιο χώρο με το μίγμα ήταν τρεις περίπου ίντσες σε ένα θερμοσκόπιο ύψους 10 ιντσών. Κρίνοντας από τις μετρήσεις του Boyle σε άλλα πειράματα του *Cold*, η πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου κατά τρεις ίντσες αντιστοιχούσε σε μία σημαντική διαφορά στο βαθμό ψύχους. Το συγκεκριμένο πείραμα φαίνεται να ανήκει σε μία σειρά πειραμάτων με σκοπό τη μίξη διαφορετικών κατηγοριών ουσιών και υγρών και την παρατήρηση της παραγωγής ψύχους ή θερμότητας που δεν συμπεριλήφθηκαν στο *Cold* αλλά αποτέλεσαν το αντικείμενο μεταγενέστερων εργασιών και πραγματειών. Οι δοκιμές του Boyle είχαν αρχίσει με τη μίξη αλάτων. Στην εργασία «A New Frigorifick Experiment, shewing, How a considerable degree of Cold, may be suddenly produced without the help of Snow, Ice, Haile, Wind, or Niter, and that at any time of the year. Brought in By Mr Boyle and read Before the Society July 11, 1666» ο Boyle παρουσίαζε το πρώτο πείραμα όπου επιτυγχανόταν η παραγωγή ψύχους με τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου σε νερό, χωρίς την ανάμιξη κάποιου ψυχρού σώματος⁹⁸. Η συμπερίληψη παρόμοιων πειραμάτων στο κεφάλαιο για τη μηχανική παραγωγή του ψύχους του *Mechanical Origin of Qualities*, δείχνει ότι τα πειράματα της εργασίας είχαν επιλεγεί από μία εκτενέστερη πειραματική δραστηριότητα πάνω στην παραγωγή ψύχους μέσω της μίξης διαφορετικών κατηγοριών και διαφορετικά χημικώς επεξεργασμένων υγρών. Επίσης στις δύο δημοσιευμένες πηγές τα πειραματικά αποτελέσματα χρησιμοποιούνταν για την εξέταση της πρόκλησης του φαινομένου από την αλληλεπίδραση των σωματιδίων των δύο μιγμάτων, μέσω της δομής, του σχήματος και της κίνησής τους, ή την απόδοση του φαινομένου στη δράση ψυχρών σωματιδίων που ενείχαν ποιοτικά την

⁹⁸ Παρουσιάστηκε στη συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας την 11η Ιουλίου 1666 και καταχωρήθηκε στο Royal Society Archive, Register Book Original, τόμος 3, σελ. 144. Επίσης δημοσιεύθηκε στο Royal Society Archive, *Philosophical Transactions* 15 1666, τόμος 1, σσ. 255-261. Βλ. 2.4.2

ιδιότητα του ψύχους. Ο Boyle έδειχνε ότι η παραγωγή του ψύχους από την αλληλεπίδραση δύο ή περισσοτέρων ουσιών δημιουργούσε ένα πλαίσιο όπου μπορούσαν να δοκιμαστούν οι θεωρητικές εξηγήσεις για τη φύση του ψύχους. Σε αυτό το πλαίσιο παρέπεμπε η παρουσίαση στο *Saltness of the Sea* του πειραματικού αποτελέσματος της παραγωγής ψύχους με τη μίξη αλάτων.

Πέρα από την εξήγηση της παραγωγής του ψύχους χωρίς τη συνδρομή ενός ψυχρού σώματος, το πείραμα που παρουσίαζε ο Boyle στη συγκεκριμένη εργασία αναδείκνυε ένα επιφανόμενο το οποίο καθιστούσε προβληματική την εξήγησή του από την Καρτεσιανή θεώρηση του ψύχους ως έλλειψης κίνησης και της θερμότητας ως γρήγορης κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων⁹⁹. Κατά τη μίξη των αλάτων, ο Boyle παρατηρούσε τη διέγερση του μίγματος την οποία παρομοίαζε με τη διέγερση που προκαλούσε το βράσιμο στο νερό. Η άποψη του Boyle βασιζόταν στην απόδοση της διέγερσης των μερών του μίγματος στο μακροσκοπικό επίπεδο σε μία παρόμοια διέγερση των σωματιδίων στο μικροσκοπικό επίπεδο, με αποτέλεσμα η υπόθεση της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων που προωθούσε στο διάλογο να μη συμβαδίζει με μία τέτοια συμπεριφορά του μίγματος.

Τα επιμέρους πειράματα που παρουσίασε στην εργασία «A New Experiment about the Production of Cold by the Conflict of Bodies appearing to make an Ebullition» για τον έλεγχο του φαινομένου τον οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το ψύχος, στη συγκεκριμένη περίπτωση, προερχόταν από τη δομή ως «texture» του μίγματος ή τη δομή των σωματιδίων που το συνέθεταν και την ιδιαίτερη κίνησή τους. Την εξάρτηση της παραγωγής του ψύχους από την ιδιαίτερη δομή του μίγματος («texture») και τη δομή των σωματιδίων αποδείκνυαν πειράματα όπου η διάλυση αλάτων, που είχε χρησιμοποιήσει για την παρασκευή του μίγματος, σε νερό καθώς και η ανάμιξη του αποστάγματος των ίδιων αλάτων με το υγρό που είχε χρησιμοποιήσει στο ψυκτικό μίγμα δεν είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ψύχους. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle έδειχνε ότι εάν ορισμένα συστατικά του ψυκτικού μίγματος, είτε με τη μορφή που είχαν χρησιμοποιηθεί είτε ως παράγωγα μίας χημικής επεξεργασίας αναμιγνύονταν με διαφορετικά υγρά δεν θα είχαν το ίδιο αποτέλεσμα. Σύμφωνα με τη σωματιδιακή του θεωρία τα υγρά αυτά αποτελούνταν από σωματίδια που είχαν διαφορετική δομή από εκείνα που με τη

⁹⁹ Boyle [1673δ], σελ. 367.

συμμετοχή τους στο μίγμα προκαλούσαν ψύχος. Η επιτυχία της παραγωγής ψύχους με την ανάμιξη του αποστάγματος που είχε χρησιμοποιηθεί στο ψυκτικό μίγμα, αφού είχε θερμανθεί, με το άλας που επίσης είχε προκαλέσει ψύξη σε προηγούμενες δοκιμές επιβεβαίωνε το γεγονός ότι η παραγωγή ψύχους εξαρτιόταν από τη δομή ως «texture» και τη δομή των σωματιδίων παρά από την ταχύτητα της κίνησής τους. Επίσης έδειχνε ότι η ανάμιξη ενός θερμού και ενός ψυχρού σώματος μπορούσε να προκαλέσει μεγαλύτερο βαθμό ψύχους από αυτόν που είχε το ψυχρό σώμα. Ο λόγος που ο Boyle συνέδεε την ιδιαιτερότητα της κίνησης των σωματιδίων με την παραγωγή ψύχους ήταν η παρατήρηση ότι μετά την παύση της διέγερσης των μερών του μίγματος, η θερμοκρασία του δεν διέφερε από εκείνη ενός ποτηριού με νερό το οποίο είχε παραμείνει για αρκετό χρονικό διάστημα στον ίδιο χώρο. Η επιβεβαίωση ότι το ψύχος ήταν αποτέλεσμα της έντονης διέγερσης κατά την μίξη των δύο υγρών και διαρκούσε όσο αυτή, έθετε ακόμη μεγαλύτερες αμφιβολίες για την ισχύ της υπόθεσης της παραγωγής του ψύχους μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων.

Ο Boyle υποστήριζε ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων με το ψυκτικό μίγμα δεν δημιουργούσαν πρόβλημα μόνο στην εξηγητική υπόθεση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων αλλά στις περισσότερες θεωρητικές υποθέσεις για την εξήγηση της ιδιότητας¹⁰⁰. Συγκεκριμένα, έθετε δύο ερωτήματα που προέκυπταν από τα αποτελέσματα του πειράματος για τις δύο θεωρητικές υποθέσεις που είχαν συζητηθεί στον διάλογο. Ο Boyle αναρωτιόταν αν τελικά η θερμότητα και το ψύχος αποτελούσαν αποτελέσματα μίας διαφορετικής μεταβολής, από εκείνη της ταχύτητας, της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων, η οποία προκαλούνταν από διάφορες περιστάσεις ή αν το ψύχος προκαλούνταν από τη θετική δράση ψυχρών σωματιδίων τα οποία λόγω του αριθμού τους προκαλούσαν ψύχος παρόλο που κατά την τήξη των αλάτων θέτονταν σε έντονη διέγερση¹⁰¹. Τα αποτελέσματα του πειράματος φαίνεται να δημιουργούν ένα διττό πρόβλημα στον Boyle. Πέρα από την αμφισβήτηση της εξήγησης της παραγωγής του ψύχους από τη θεωρητική του υπόθεση ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων, ο Boyle δήλωνε ότι τα πειραματικά αποτελέσματα δεν μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τις

¹⁰⁰ «yet I cannot forbear to relate, on this occasion, the matter of Fact, both because it may afford considerable Hints to sagacious Inquirers, and because it seems so little congruous to most Theories of the Causes of Cold, that it may make the Framers of Theories more wary, and help also to excuse my backwardness to propose Hypotheses about Cold in a resolute and confident way.» ο.π.σελ. 383.

δύο αντικρουόμενες υποθέσεις για τη φύση του ψύχους ακόμη και αν αυτές παραποιούνταν έτσι ώστε να εξηγούν τα συγκεκριμένα πειραματικά αποτελέσματα. Η διαμάχη της θετικής και ελλειπτικής έννοιας του ψύχους δεν μπορούσε λοιπόν να επιλυθεί. Όπως και στην περίπτωση του φαινομένου της διογκωτικής δύναμης του νερού με την ψύξη ο Boyle δεν κατέληγε στην επίλυση του προβλήματος της εξήγησης του φαινομένου μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων· απλώς έθετε το πρόβλημα.

4.2.3 Συμπεράσματα και αξιολόγηση του διαλόγου και των εργασιών

Το βασικό θέμα του διαλόγου, δηλαδή η διαμάχη μεταξύ της ελλειπτικής και της θετικής έννοιας του ψύχους, είχε αναπτυχθεί στο πλαίσιο της εξήγησης των ιδιοτήτων της θερμότητας και του ψύχους που είχαν παρουσιάσει ο Καρτέσιος και ο Gassendi ως μέρος των θεωριών τους για τη σύσταση και τις ιδιότητες της ύλης. Η χρονολόγηση της συγγραφής μέρους του διαλόγου την περίοδο της εκτέλεσης των πειραμάτων του *Cold* δείχνει ότι ο Boyle είχε μελετήσει τη διαμάχη που είχε ήδη αναπτυχθεί ανάμεσα στα έργα των δύο φιλοσόφων. Επίσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι σκέψεις του για το συγκεκριμένο δίπολο εννοιών έπαιξαν ρόλο στη διαμόρφωση της πειραματικής του δραστηριότητας για το ψύχος. Η συγγραφή του διαλόγου καθώς και των εργασιών που επισυνάπτονταν σε αυτόν στο *Saltness of the Sea*, αποτελούσε τη συμμετοχή του Boyle στη διαμάχη αλλά και το μέσο έκφρασης της εξηγητικής υπόθεσης την οποία είχε διαμορφώσει με βάση την πειραματική του δραστηριότητα για το ψύχος.

Ουσιαστικός σκοπός λοιπόν του διαλόγου ήταν η παρουσίαση της ελλειπτικής θεώρησης της φύσης του ψύχους, μέσα από την αντίκρουση των επιχειρημάτων του Gassendi που υποστήριζαν τη θετική φύση του ψύχους. Η επιλογή του διαλόγου ως συγγραφικού ύφους, αποτελεί μία μέθοδο που διευκόλυνε την παρουσίαση αντιπαρατιθέμενων επιχειρημάτων. Η παρουσίαση των επιχειρημάτων του Boyle για την ελλειπτική θεώρηση της φύσης του ψύχους ως επιχειρήματα αντίκρουσης στην γκασεντιανή θεωρία για τη θετική φύση του ψύχους, ήταν ένας έμμεσος τρόπος να εκφράσει τη θέση του στη διαμάχη. Σε πολλά σημεία του διαλόγου υποστήριζε ότι ο ρόλος του Καρνεάδη αποσκοπούσε στην αντίκρουση των επιχειρημάτων του Gassendi

¹⁰¹ Ο.π. σσ. 371-372.

και όχι στη στήριξη μίας ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους. Ωστόσο, τα επιχειρήματα που αποτελούσαν την αντίκρουσή του προωθούσαν μέσω εμπειρικών παραδειγμάτων και λογικών συμπερασμών μία ελλειπτική θεώρηση της έννοιας του ψύχους η οποία στηριζόταν στη σωματιδιακή του θεωρία για το ψύχος και τη θερμότητα. Ο ιδιότροπος τρόπος αντιμετώπισης της στήριξης της ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους, αποτελεί χαρακτηριστική μέθοδο του Boyle σύμφωνα με την οποία αντιμετώπιζε με ενδοιασμό («diffidence») θεωρητικές υποθέσεις¹⁰². Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η στάση αμφιβολίας που διατηρούσε ο Boyle ως προς τη δική του επιχειρηματολογία προερχόταν από την εμπειρική αντίκρουση της υπόθεσης της ελλειπτικής φύσης του ψύχους, την οποία παρουσίαζε μέσα από τις εργασίες που ακολουθούσαν τον διάλογο.

Τα επιχειρήματα του Gassendi αποτελούσαν αυστηρά επιλεγμένα σημεία της επιχειρηματολογίας που είχε αναπτύξει ο Γάλλος φιλόσοφος στο έργο του *Syntagma Philosophicum* προκειμένου ο Boyle να μπορέσει να στήσει πειστικά την επιχειρηματολογία του. Η πραγμάτευση διακριτών επιχειρημάτων σε κάθε ενότητα του διαλόγου επιβεβαίωνε το γεγονός ότι ο Boyle δεν επιχειρούσε μία συνολική αντίκρουση των απόψεων του Gassendi για το ψύχος, αλλά επικεντρωνόταν στα συγκεκριμένα επιχειρήματα που αφορούσαν τη διαμάχη για τις δύο έννοιες. Η προσπάθεια του Boyle να διαμορφώσει την αντιπαράθεση έτσι ώστε να θέσει καλύτερα την επιχειρηματολογία του υπέρ της ελλειπτικής θεώρησης της φύσης του ψύχους, αναδεικνύεται από δύο περιπτώσεις. Στη συζήτηση του επιχειρήματος του Gassendi, σύμφωνα με το οποίο τα αποτελέσματα του ψύχους στα σώματα και τις αισθήσεις δεν μπορούσαν να προκληθούν από μία έλλειψη της θερμότητας, ο Boyle επέλεγε να αντιπαρατεθεί στο εμπειρικό φαινόμενο που ανέφερε ο Gassendi και αφορούσε την αίσθηση της διαβάθμισης του ψύχους σε σώματα τα οποία ήταν ψυχρά. Η επιλογή του συγκεκριμένου φαινομένου εξυπηρετούσε την επιχειρηματολογία του Boyle γιατί, καταρχήν, ο ίδιος είχε παραγάγει αρκετά πειραματικά αποτελέσματα που έδειχναν τη διαβάθμιση του ψύχους ακόμη και σε βαθμούς που ξεπερνούσαν εκείνον που έψυχε το νερό. Δεύτερον, η απόλυτη διάκριση που έκανε ο Gassendi μεταξύ ενός ψυχρού και ενός θερμού σώματος, έδειχνε ότι η θεωρία του δεν ήταν ευέλικτη ως προς την εξήγηση των διαβαθμίσεων των δύο

¹⁰² Ο τρόπος υποστήριξης υποθέσεων διατηρώντας επιφυλάξεις και ενδοιασμούς έχει σχολιαστεί από μελέτες της δευτερεύουσας βιβλιογραφίας βλ. Sargent [1995].

ιδιοτήτων, με αποτέλεσμα το ζήτημα της θερμοκρασιακής διαβάθμισης να αποτελεί πιθανώς το αδύναμο σημείο της θεωρίας του. Η δεύτερη περίπτωση αποτελούσε το εμπειρικό φαινόμενο της ψύξης του νερού μέσα σε μία φιάλη με τη δράση ενός ψυκτικού μίγματος το οποίο χρησιμοποιούσε ο Gassendi για να στηρίζει τη θετική δράση του ψύχους στην παραγωγή των ψυκτικών φαινομένων. Πέρα από τη σημασία του συγκεκριμένου φαινομένου, για την οποία μιλήσαμε παραπάνω, εδώ αρκεί να συμπληρώσουμε ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο ίσως αποτελούσε από τα λίγα εμπειρικά φαινόμενα που επιχειρούσε να εξηγήσει ο Καρτέσιος του οποίου την εξήγηση ο Boyle χρησιμοποιούσε για να αντιπαρατεθεί στον Gassendi.

Ο Boyle και ο Gassendi υποστήριζαν την ελλειπτική και τη θετική φύση του ψύχους αντίστοιχα βασιζόμενοι στις εξηγητικές υποθέσεις τους για τη φύση του ψύχους. Ωστόσο, τα επιχειρήματα του Gassendi αντιτάσσονταν στην εννοιολογική διάσταση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας και όχι στην ταύτιση αυτής της έννοιας με την έλλειψη κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Η σύνδεση της έννοιας του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας με την οντολογική ερμηνεία του φαινομένου ως έλλειψη κίνησης σωματιδίων γινόταν από τον Boyle ο οποίος βασιζόταν στη θεωρητική υπόθεση της εξήγησης των ιδιοτήτων του ψύχους και της θερμότητας μέσω της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Αντίθετα με τα επιχειρήματα του Gassendi, εκείνα του Boyle δεν στόχευαν γενικά στην κριτική της θεώρησης της φύσης του ψύχους ως θετικής δράσης, αλλά στον τρόπο που υποστηριζόταν αυτή η έννοια μέσα από τη θεωρητική υπόθεση του Gassendi για την πρόκληση του ψύχους μέσω της εισροής ψυχρών σωματιδίων στα σώματα. Η διαφορετική λοιπόν θεώρηση της φύσης του ψύχους ανάμεσα στους δύο φυσικούς φιλοσόφους απέρρεε από τις εξηγητικές υποθέσεις που έδινε ο καθένας στην ιδιότητα. Η οντολογική διάκριση των δύο ιδιοτήτων και η εξήγηση του ψύχους μέσω της ύπαρξης ψυχρών σωματιδίων και της θερμότητας μέσω της ύπαρξης θερμών σωματιδίων, οδηγούσε τον Gassendi στη διάκριση των δύο καταστάσεων της θερμότητας και της ψυχρότητας και στην προϋπόθεση της ύπαρξης μίας ουδέτερης κατάστασης όπου ένα σώμα δεν μπορούσε να είναι ούτε ψυχρό ούτε θερμό. Ο Boyle, με βάση τη σωματιδιακή του θεωρία, απέδιδε την πρόκληση των δύο ιδιοτήτων στην ίδια διαδικασία, την κίνηση των σωματιδίων που αποτελούσαν τα σώματα και ως ειδοποιό διαφορά τους όριζε την ταχύτητα αυτής της κίνησης. Με βάση

αυτή τη θεωρία, το ψύχος μπορούσε να αποδοθεί σε μία έλλειψη, εκείνη της γρήγορης κίνησης των σωματιδίων, η οποία θεωρούνταν ως αιτία της θερμότητας. Γενικότερα, μέσω του διαλόγου ο Boyle υποστήριζε ότι οποιαδήποτε κίνηση των σωματιδίων, όσο αργή και να ήταν, πιστοποιούσε ότι υπήρχε ακόμη θερμότητα μέσα στο σώμα. Η εξήγηση του Boyle δεν επέτρεπε την απόλυτη διάκριση μίας θερμής από μία ψυχρή κατάσταση· οι έννοιες σύμφωνα με τον Boyle ήταν σχετικές ως προς τη συγκριτική κίνηση που είχαν τα σωματίδια των σωμάτων με εκείνα των αισθητηρίων οργάνων των ανθρώπων ή με εκείνα άλλων σωμάτων με τα οποία συγκρίνονταν. Παρ'όλα αυτά ο Boyle αναγνώριζε ότι υπήρχαν καταστάσεις στις οποίες η μία ιδιότητα κυριαρχούσε σε σχέση με την άλλη. Σε αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζονταν πειραματικά αποτελέσματα που θεωρούνταν χαρακτηριστικά της κάθε ιδιότητας.

Η σύνδεση της θεωρητικής εξήγησης του ψύχους ως έλλειψη κίνησης με τη θεώρηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας δεν ήταν αυτονόητη. Μπορεί η θεώρηση του ψύχους ως έλλειψης να απέρρευε από τη θεώρηση της φύσης του ως μείωση ή έλλειψη της κίνησης των σωματιδίων που αποτελούσαν τα σώματα αλλά για την ερμηνεία ορισμένων φαινομένων ως έλλειψη θερμότητας και όχι ως καταστάσεων απόλυτης ψυχρότητας ο Boyle χρησιμοποιούσε ορισμένα τεχνάσματα στην επιχειρηματολογία του. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους της επιχειρηματολογίας αποτελούσε η εξήγηση που έδινε ο Boyle στην ύπαρξη διαβαθμίσεων του ψύχους προκειμένου να υποστηρίξει ότι οι διαβαθμίσεις αποτελούσαν ενδείξεις της ύπαρξης κάποιας θερμότητας στα σώματα. Η ψυχρότερη αίσθηση του ψύχους που ένιωθαν τα ανθρώπινα αισθητηριακά όργανα ανάμεσα σε φαινόμενα που έδειχναν διαβαθμίσεις του ψύχους, όπως ήταν το κρύο νερό και ο πάγος, εξηγούνταν μέσω της διαφοράς της ταχύτητας της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων με εκείνη της κίνησης των ανθρώπινων αισθητηριακών μερών. Η πρόκληση αυτού του αισθήματος συνδεόταν με την έννοια της έλλειψης θερμότητας μέσα από την ερμηνεία της έννοιας της θερμότητας ως κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Όσο τα σωματίδια δεν έχαναν εντελώς την κίνησή τους, είτε από την πλήρη καταστροφή ή φυγή των θερμών σωματιδίων ή άλλο λόγο, για τον Boyle το σώμα περιείχε κάποια ποσότητα θερμότητας και άρα η κατάστασή του μπορούσε να χαρακτηριστεί ως έλλειψη θερμότητας. Αυτή βέβαια η θέση του Boyle υπονοούσε ότι όταν τα σωματίδια έχαναν εντελώς την κίνησή τους, τα

σώματα μπορούσαν να φτάσουν σε μία κατάσταση η οποία να χαρακτηρίζεται από την τέλεια έλλειψη θερμότητας και το απόλυτο ψύχος.

Επίσης υπήρχαν περιπτώσεις στην επιχειρηματολογία του Boyle που έδειχναν ότι η συσχέτιση της εξηγητικής υπόθεσης του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων με τη θεώρηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας τροποποιούνταν έτσι ώστε να ταιριάζει στα φαινόμενα. Προκειμένου να συνδυάσει την πρώτη με ορισμένα πειραματικά φαινόμενα, ο Boyle αναγκαζόταν να υιοθετήσει εξηγήσεις όπου η έλλειψη της κίνησης μπορούσε να οδηγήσει στη θετική δράση παραγόντων για την παραγωγή ψύχους. Ενδεικτικό είναι το παράδειγμα, που χρησιμοποιούσε στην τέταρτη ενότητα, των αποτελεσμάτων που είχε η παύση του ανέμου και των λειτουργιών ενός μύλου στην υπερχειλίση του ποταμού και την καταστροφή των καλλιεργειών. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle προσπαθούσε να δώσει μία εξήγηση για εκείνα τα αποτελέσματα του ψύχους τα οποία ήταν δύσκολο να εξηγηθούν μέσω μίας έλλειψης. Η λύση ήταν η ανάδειξη του τρόπου με τον οποίο η θετική δράση ορισμένων παραγόντων καθοδηγούνταν από μία έλλειψη. Ο Boyle ήθελε λοιπόν να διατηρήσει τη θεώρηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας, προτείνοντας ότι η έλλειψη, η οποία στην προκειμένη περίπτωση αντιπροσωπευόταν από τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων, μπορούσε να οδηγήσει στη θετική δράση ορισμένων παραγόντων. Το συγκεκριμένο επιχείρημα του Boyle μπορεί να εξηγηθεί εν μέρει από την ύπαρξη πειραματικών φαινομένων του ψύχους τα οποία θεωρούσε ότι έπρεπε να προκαλούνται αναγκαστικά από μία θετική δράση. Είναι όμως επίσης πιθανό ο Boyle να μην μπορούσε να αγνοήσει τους λόγους για τους οποίους η εξήγηση της γέννησης ενός αποτελέσματος του ψύχους από μία έλλειψη αποτελούσε πρόβλημα και ζήτημα διαμάχης για την εποχή του. Με τη συγκεκριμένη επιχειρηματολογία άφηνε ανοιχτό το ενδεχόμενο η έλλειψη να οδηγήσει σε μία θετική δράση η οποία ήταν η άμεση αιτία των αποτελεσμάτων του ψύχους στη φύση.

Παραπάνω αναφέραμε ότι οι διαφορετικές θεωρητικές υποθέσεις που στηρίζαν ο Boyle και ο Gassendi οδηγούσαν στον ορισμό των δύο αντιμαχόμενων εννοιών της φύσης του ψύχους, της ελλειπτικής και της θετικής. Δείξαμε επίσης πώς ο Boyle άφησε ανοιχτό το ενδεχόμενο η ελλειπτική δράση του ψύχους να προκαλεί τη θετική δράση κάποιων παραγόντων για την πρόκληση ορισμένων φαινομένων. Στην περίπτωση της αντίκρουσης της ερμηνείας της ψύξης του νερού μέσω της θετικής δράσης του ψύχους

που επιχειρούσε ο Gassendi με την υπόθεση της εισροής των ψυχρών σωματιδίων, ο Boyle έδειχνε ότι η θετική δράση που υποδήλωνε η πρόκληση ψύξης μέσω της εισροής ψυχρών σωματιδίων μπορούσε να θεωρηθεί ότι προκαλεί ψύχος μέσω μίας έλλειψης κίνησης. Δηλαδή, υποστήριζε ότι η εισροή ψυχρών σωματιδίων στα σώματα θα μπορούσε να προκαλεί ψύχος μέσω μίας έλλειψης αν αυτά τα σωματίδια μέσω της εκτόπισης ή πρόκλησης μεταβολής στη δράση των θερμών σωματιδίων, μείωναν την κίνηση των σωματιδίων των σωμάτων η οποία προκαλούσε τη ρευστότητα και τη θερμότητα του σώματος. Η ερμηνευτική προσπάθεια της γκασεντιανής υπόθεσης από τον Boyle ίσως αποτελούσε απόρροια της αδυναμίας του να προβάλει εμπειρικά παραδείγματα που να αντικρούουν τη θεωρητική υπόθεση της εισροής των ψυχρών σωματιδίων. Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, παρόλο που μέσω της κριτικής της γκασεντιανής θεωρίας για τη θετική φύση του ψύχους ο Boyle ασκούσε κατά συνέπεια κριτική στην γκασεντιανή υπόθεση της πρόκλησης του ψύχους από ψυχρά σωματίδια, σε περιπτώσεις όπου η αντίκρουση της εξηγητικής υπόθεσης ήταν δύσκολη, προσπαθούσε να προσαρμόσει την γκασεντιανή θεωρητική εξήγηση έτσι ώστε να παραπέμπει σε μία ελλειπτική έννοια της φύσης του ψύχους. Σε αντίθεση με το επιχείρημα της λειτουργίας των μύλων και της θετικής δράσης μίας «έλλειψης», στην περίπτωση του φαινομένου της ψύξης του νερού ο Boyle έδειχνε ότι είχε σημασία η εξήγηση του φαινομένου μέσω μίας ελλειπτικής έννοιας της φύσης του ψύχους ακόμη και στην περίπτωση που θα μπορούσε να γίνει δεκτή ως προέλευση του ψύχους η θετική δράση ψυχρών σωματιδίων.

Η χρήση του διαχωρισμού των δύο εννοιών της θερμότητας και του ψύχους που έκανε ο Boyle στο ξεκίνημα του διαλόγου με βάση τα δύο σημεία αναφοράς, τις ανθρώπινες αισθήσεις και τα αποτελέσματα των ιδιοτήτων στα σώματα, εξυπηρετούσε την επιχειρηματολογία του αλλά αποτελούσε παράλληλα ένα αδύναμο σημείο της. Ένα από τα δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα ήταν η ερμηνεία από τον Boyle των θερμοκρασιακών καταστάσεων που έδειχναν διαβαθμίσεις του ψύχους ως διαβαθμίσεις έλλειψης της θερμότητας. Εδώ ο Boyle χρησιμοποιούσε φαινόμενα όπως ήταν η ρευστότητα του ψυχρού νερού και η διαφορετική σκληρότητα του πάγου ως ενδείξεις της ύπαρξης κίνησης των σωματιδίων που αποτελούσαν το νερό και επομένως θερμότητας. Το δεύτερο παράδειγμα αφορούσε τον απόλυτο διαχωρισμό της

θερμοκρασιακής κατάστασης των σωμάτων από τον Gassendi σε θερμή και ψυχρή, με την προϋπόθεση της ύπαρξης σωμάτων σε ουδέτερη θερμοκρασία και την ερμηνεία των διαβαθμίσεων σε κάθε κατάσταση ως διακριτές διαβαθμίσεις θερμότητας και διαβαθμίσεις ψύχους. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα της θέρμανσης ενός σώματος από την ουδέτερη κατάστασή του και στη σταδιακή μείωση της θερμότητάς του μέχρι την επαναφορά του στην ουδέτερη θερμοκρασία, ο Boyle ανέτρεχε στον ορισμό του ψύχους ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις προκειμένου να ερμηνεύσει τη διαβάθμιση όχι ως μείωση θερμότητας αλλά ως ψύχρανση του σώματος. Πάνω στην ίδια έννοια του ψύχους βασιζόταν και η αντίκρουση της ύπαρξης σωμάτων σε ουδέτερη θερμοκρασιακή κατάσταση και η υποστήριξη ότι τα περισσότερα σώματα στη φυσική τους κατάσταση είναι ψυχρά με σημείο αναφοράς τις αισθήσεις. Το αδύνατο σημείο της συγκεκριμένης επιχειρηματολογίας του Boyle αποτελούσε ο ορισμός της ιδιότητας με σημείο αναφοράς μόνο τις ανθρώπινες αισθήσεις και όχι τα αποτελέσματα του ψύχους στα σώματα. Το επιχείρημα του Boyle για την ψύχρανση του σώματος ενώ είχε θερμανθεί μπορούσε να ανατραπεί αν η ερμηνεία της κατάστασης γινόταν με σημείο αναφοράς τα αποτελέσματα της θερμότητας στα σώματα. Σύμφωνα με αυτά, η συγκεκριμένη διαβάθμιση της θερμοκρασίας θα μπορούσε να θεωρηθεί έλλειψη θερμότητας και όχι ουσιαστική ψύχρανση επειδή το σώμα θα εμφάνιζε ορισμένα χαρακτηριστικά θερμότητας. Επίσης η υποστήριξη της ψυχρότητας των σωμάτων στη φυσική τους κατάσταση και η αντίκρουση της ύπαρξης ουδέτερης θερμοκρασιακά κατάστασης με βάση τις αισθήσεις αποτελούσε κατά συνέπεια ένα επιχείρημα εκτεθειμένο σε αντικρούσεις στην περίπτωση που η θερμότητα και το ψύχος κρίνονταν με σημείο αναφοράς τα αποτελέσματά τους στα υλικά σώματα.

Η ανάγνωση των εργασιών όπου περιγράφονταν τα δύο φαινόμενα που θεωρούνταν από τον Boyle προβληματικά για την επιβεβαίωση της ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους, ως συνέχεια της επιχειρηματολογίας που παρουσίαζε ο Boyle στο διάλογο για την υποστήριξή της, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο Boyle προωθούσε μεν την εξηγητική υπόθεση του ψύχους ως έλλειψης ως σημαντικό αντεπιχείρημα στην γκασεντιανή υπόθεση για τη θετική φύση του ψύχους, όμως δεν ήταν απόλυτα πεπεισμένος για την καθολική ισχύ της πρώτης. Ο τρόπος που παρέθετε τα αντεπιχειρήματά του έδειχνε ότι πέρα από την αντίκρουση της γκασεντιανής θεωρητικής

υπόθεσης ήθελε να πείσει για τη δυνατότητα εξήγησης των φαινομένων μέσω της θεωρητικής υπόθεσης που προωθούσε ο ίδιος. Η παράθεση των δύο εργασιών για τα φαινόμενα που δεν επιβεβαίωναν τη θεωρητική του υπόθεση αποτελούσε περισσότερο γνωστοποίηση των προβλημάτων που αντιμετώπιζε η θεωρητική του υπόθεση παρά αντίκρουση και απόρριψη της ισχύος της. Τα δύο φαινόμενα ετίθεντο ως προβλήματα προς επίλυση ή ως περιπτώσεις για την εξήγηση των οποίων έπρεπε να αλλάξουν κάποιες παράμετροι στο ίδιο θεωρητικό πλαίσιο, δηλαδή της εξήγησης των ιδιοτήτων με βάση τις πρωτεύουσες ιδιότητες των σωματιδίων, το σχήμα, το μέγεθος και την κίνηση (ή ακινησία). Με την υποστήριξη ότι τα ίδια φαινόμενα αντέκρουαν και την γκασεντιανή υπόθεση, ο Boyle απέκλειε την περίπτωση τα συγκεκριμένα φαινόμενα να αποτελέσουν κρίσιμα πειράματα επιβεβαίωσης της μίας ή της άλλης θεωρητικής υπόθεσης.

4.2.4 Η χρονολόγηση της συγγραφής του κεφαλαίου «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» της πραγματείας *Mechanical Origin of Qualities*

Τα στοιχεία της χρονολόγησης της εκτέλεσης των πειραμάτων και της συγγραφής του κεφαλαίου «of the Mechanical Origin of Heat and Cold» που συμπεριλήφθηκε στο *Mechanical Origin of Qualities*, αποδεικνύουν ότι ένα μέρος των πειραμάτων είχε εκτελεσθεί, καθώς και μέρος του κεφαλαίου είχε συγγραφεί στο πρώτο μισό της δεκαετίας 1660. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο ο Boyle παρουσίαζε πειράματα όπου αναμείγνυε διαφορετικά είδη αλάτων και άλλων ουσιών ή παρασκεύαζε ανάλογα υδατικά διαλύματα με αποτέλεσμα την παραγωγή ψύχους ή θερμότητας. Επίσης αποδείκνυε ότι από την ανάμιξη ουσιών που έφεραν τη μία ιδιότητα, παραγόταν ένα μίγμα που έφερε την αντίθετη. Σύμφωνα με τις καταχωρήσεις των ημερολογίων εργασίας του Boyle αποδεικνύεται ότι τα τρία πρώτα πειράματα της ενότητας του κεφαλαίου «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold» για το ψύχος, εκτελέστηκαν και καταγράφηκαν την περίοδο 1663-1665, δηλαδή πριν από τη δημοσίευση του *Cold*¹⁰³. Τα πειράματα

¹⁰³ Στο πρώτο πείραμα του κεφαλαίου «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold» «Exper.1» (βλ., Boyle [1675-76β], σελ. 332) ακολουθούνται τα ίδια βήματα της πειραματικής διάταξης 40 που περιγράφεται στο ημερολόγιο με τίτλο «Philosophicall Entrys & Memorials (Of all sorts,) Here confusedly throwne together; to be Hence transferr'd to the Severall Treatises whereto they belong.», (Work-Diaries, 19). Η καταχώρηση χρονολογείται την 5η Νοεμβρίου 1663. Οι καταχωρήσεις του ημερολογίου «A CONTINUATION Of Philosophicall Entry's &c. From the XXVth of July», (Work-Diaries, 10) 113 και

αφορούσαν την παραγωγή ψύχους με την υδατική διάλυση του χλωριούχου αμμωνίου («sal ammoniac»). Ένα από αυτά αποτελούσε ακριβή αντιγραφή και τα άλλα παρόμοιες πειραματικές διατάξεις με εκείνες που είχε συμπεριλάβει ο Boyle στην εργασία του «A New Frigorifick Experiment, shewing, How a considerable degree of Cold, may be suddenly produced without the help of Snow, Ice, Haile, Wind, or Niter, and that at any time of the year. Brought in By Mr Boyle and read Before the Society July 11, 1666» που είχε παρουσιάσει στη συνεδρίαση της 11ης Ιουλίου 1666 της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου¹⁰⁴. Η προετοιμασία και η συγγραφή μέρους όχι μόνο του κεφαλαίου για τη θερμότητα και το ψύχος αλλά και των υπολοίπων κεφαλαίων της πραγματείας στα μέσα της δεκαετίας 1660-1670, επιβεβαιώνεται από τους Hunter και Davies, οι οποίοι δηλώνουν ότι υπάρχουν αρκετά χειρόγραφα που αποδεικνύουν ότι ένα μεγάλο μέρος των κεφαλαίων της πραγματείας γράφτηκαν στα μέσα της δεκαετίας 1660¹⁰⁵. Σε ένα από αυτά, στη λίστα με τις αδημοσίευτες πραγματείες του Boyle, «The Order of my Severall Treatises’, c. 1665», υποστηρίζουν ότι ο τίτλος «The History of Qualities» αφορούσε τα γραπτά του *Mechanical Origin of Qualities*¹⁰⁶. Η παρουσία στην ίδια λίστα του τίτλου της πραγματείας *Cold* δείχνει επίσης ότι γύρω στο 1665 ο Boyle ίσως είχε επιλέξει και διακρίνει μεταξύ των πειραμάτων που θα συμπεριλάμβανε στο *Cold* και εκείνων που θα συμπεριλάμβανε στο κεφάλαιο για το ψύχος του *Mechanical Origin of Qualities*¹⁰⁷.

Η απόδειξη της εκτέλεσης των πειραμάτων που συμπεριλήφθηκαν στο κεφάλαιο «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold» κατά τα τελευταία στάδια της συγγραφής του *Cold* επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παραπάνω χρονολόγηση για την ανάπτυξη την ίδια περίοδο από τον Boyle μίας θεωρητικής υπόθεσης για τη φύση του ψύχους η οποία σχετιζόταν με τη γενικότερη θεώρησή του για τη μηχανιστική παραγωγή και καταστροφή των ιδιοτήτων των σωμάτων. Επίσης η περίπτωση των πειραμάτων του ψύχους δείχνει ότι η ανάπτυξη των απόψεων του Boyle για την εξήγηση της φύσης των ιδιοτήτων καθώς και της μηχανιστικής φύσης αυτής της

114 αντιγράφηκαν αυτούσιες και αποτέλεσαν τα πειράματα 2 και 3 του «Of the Mechanical Origin of Heat and Cold» (Βλ., Boyle [1675-76β], 332-333). Οι καταχωρήσεις χρονολογούνται την 9η Σεπτεμβρίου 1664 ή και μετά.

¹⁰⁴ Βλ. 3.2.2.

¹⁰⁵ Boyle [1675-76β], σελ. xxix.

¹⁰⁶ Boyle [1665β], σσ. 331-332. Σε αυτή τη λίστα εμφανίζονται πραγματείες για τις οποίες ο Boyle είχε συγγράψει κάποια μέρη χωρίς να τα έχει ολοκληρώσει. Hunter, Davies [1999-2000α], σελ. xxxv.

¹⁰⁷ «of Cold», Boyle [1665β], σσ. 331-332.

εξήγησης σχετιζόταν άμεσα με τα πειραματικά αποτελέσματα και ίσως επηρέαζε την πειραματική του δραστηριότητα από ένα πρωιμότερο στάδιο από αυτό που ενδείκνυται από τις χρονολογίες δημοσίευσης του *Saltness of the Sea* (1673) και του *Mechanical Origin of Qualities* (1676). Η παραπάνω χρονολόγηση οδηγεί σε συμπεράσματα τα οποία θα χρησιμεύσουν σε δύο βασικές θέματα: στη συζήτηση της σχέσης της ανάπτυξης της σωματιδιακής υπόθεσης του Boyle για το ψύχος με τη διαμόρφωση της πειραματικής του πρακτικής για τη συγκεκριμένη ιδιότητα καθώς και στην εξέταση της ιδιοποίησης από τον Boyle της Βακωνικής μεθόδου εξέτασης της φύσης.

4.2.5. Η μηχανιστική εξήγηση του ψύχους μέσα από το *Mechanical Origin of Qualities* (1675-6)

Το *Mechanical Origin of Qualities* αποτελεί μία πειραματική πραγματεία με σκοπό την ανάδειξη της μηχανιστικής προέλευσης («origin») των ιδιοτήτων των σωμάτων, της θερμότητας, του ψύχους, της γεύσης, των οσμών, της πτητικότητας («volatility»), της «fixedness», «corrosiveness», «corossibility» του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού. Η πραγματεία αποτελούνταν από επιμέρους κεφάλαια, σε καθένα από τα οποία περιγράφονταν πειράματα που αφορούσαν μία συγκεκριμένη ιδιότητα¹⁰⁸. Με τη φράση «μηχανιστική προέλευση» ο Boyle εννοούσε την πρόκληση ή τη μεταβολή της έντασης των ιδιοτήτων μέσα από τις μεταβολές και τις δράσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών του μεγέθους, του σχήματος και της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποδίδονταν στη λειτουργία των μηχανών¹⁰⁹. Για να περιγράψει τη μηχανιστική διαδικασία παραγωγής των ιδιοτήτων χρησιμοποιούσε το κοινότοπο για τις μηχανιστικές θεωρίες της εποχής παράδειγμα της λειτουργίας ενός ρολογιού¹¹⁰.

Η συγκεκριμένη πραγματεία διέφερε από τα έργα στα οποία ο Boyle παρουσίαζε και υποστήριζε τη σωματιδιακή θεωρία του ως προς τον στόχο ο οποίος αποτελούσε την

¹⁰⁸ Ανάμεσα στα κεφάλαια για τις ιδιότητες ο Boyle είχε συμπεριλάβει τα εξής δύο κεφάλαια: «Of the Imperfection of the Chymist's Doctrine of Qualities» και «Reflections upon the Hypothesis of Alkali and Acidum».

¹⁰⁹ «and though the Agents (on their part) do not appear to act upon it otherwise, than after a Mechanical Manner, that is, by their bigness, shape, motion, and those other Attributes by virtue whereof Mechanical Powers and Engines perform their operations», Boyle [1675-76β], σελ. 331.

αποκλειστική προώθηση μίας μηχανιστικής εξήγησης της προέλευσης των ιδιοτήτων με βάση τη συγκεκριμένη θεωρία. Στον πρόλογο, ο οποίος αποτελούσε το κύριο μέσο σύνδεσης των κεφαλαίων, ο Boyle έθετε τη συγγραφή τους στο πλαίσιο των σημειώσεων που είχε γράψει για την εργασία «Essay on Nitre», οι οποίες είχαν αποτελέσει τη βάση για έργα, όπως το *Origin of Forms and Qualities* (1666), που θεμελιώναν τη σωματιδιακή φιλοσοφία του¹¹¹. Στο *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle επιχειρούσε την εφαρμογή της σωματιδιακής θεωρίας του για τη σύσταση της ύλης και τη φύση των ιδιοτήτων στην εξήγηση των συγκεκριμένων φαινομένων της παραγωγής, της καταστροφής και της μεταβολής της έντασης ή διαβάθμισης των ιδιοτήτων. Τα συγκεκριμένα πειραματικά φαινόμενα αναδείκνυαν, σύμφωνα με τον Boyle, τρεις πειραματικές μεθόδους για την απόδειξη του μηχανιστικού χαρακτήρα των διεργασιών που τα προκαλούσαν.

Στον πρόλογο, όπου ο Boyle καθόριζε το σκοπό και το είδος εξέτασης της φύσης που αντιπροσώπευαν τα πειράματα που παρουσίαζε στην πραγματεία, δήλωνε ότι η προσπάθειά του επικεντρωνόταν στην απόδειξη της μηχανιστικής εξήγησης της προέλευσης των ιδιοτήτων ως επαρκούς και όχι αναγκαίας και μοναδικής εξηγητικής υπόθεσης των φαινομένων. Επίσης καθιστούσε σαφές ότι δεν θα εξέταζε τις προτεινόμενες, από τις σωματιδιακές θεωρίες της εποχής του, εξηγητικές υποθέσεις των φαινομένων¹¹². Σε αντίθεση με το διάλογο «Of the Positive or Privative Nature of Cold» όπου ανέπτυξε μία πολεμική εναντίον της εξηγητικής υπόθεσης του Gassendi για το ψύχος, στο *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle εστίαζε μέσω της ανάδειξης της μηχανιστικής προέλευσης των ιδιοτήτων στην αντίκρουση των θεωριών των σχολαστικών και των χημικών. Στόχος του Boyle ήταν η αντίκρουση της θεώρησης των ιδιοτήτων ως «ουσιωδών μορφών/ποιοτήτων», δηλαδή η απόδοση των ιδιοτήτων σε πρώτες ‘υλικές’ αρχές που έφεραν την ιδιότητα του ψύχους¹¹³.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της πραγματείας ήταν η ένταξή της στις «ιστορικές» πραγματείες του Boyle και στον «ιστορικό τρόπο» εξέτασης των ιδιοτήτων. Έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια, κατά την κατηγοριοποίηση του *Cold*

¹¹⁰ Ο.π., σελ. 327.

¹¹¹ *Certain Physiological Essays* (1661)

¹¹² Με τη φράση «σωματιδιακές θεωρίες» ο Boyle αναφέρεται στις επικούριες θεωρίες, όπως ήταν αυτή του Gassendi, και τις άλλες ατομικές θεωρίες που είχαν αναπτυχθεί την εποχή του.

ως «ιστορίας», ότι ο Boyle διέκρινε ανάμεσα σε τρεις τρόπους «ιστορικής» εξέτασης των ιδιοτήτων¹¹⁴. Ο πρώτος αφορούσε τη μεθοδική εξέταση όλων των φαινομένων που σχετίζονταν με μία ιδιότητα. Ως ημιτελή παραδείγματα ο Boyle ανέφερε το *Cold* και το «Fluidity and Firmness». Ο δεύτερος τρόπος αφορούσε τη συλλογή πειραμάτων και παρατηρήσεων για επιλεγμένα φαινόμενα μίας ιδιότητας και ως παράδειγμα μίας τέτοιας ιστορικής εξέτασης ο Boyle ανέφερε την πραγματεία για τα χρώματα *of Colours*. Ο τρίτος τρόπος εξέτασης μίας ιδιότητας αφορούσε την επικέντρωση στα φαινόμενα που αναδείκνυαν την παραγωγή, την καταστροφή και τη μεταβολή της. Ο Boyle θεωρούσε ότι με αυτό τον τρόπο μπορούσε να αποκαλυφθεί η φύση μίας ιδιότητας. Το *Mechanical Origin of Qualities* αποτελούσε προσπάθεια να εφαρμόσει τον τρίτο τρόπο ιστορικής εξέτασης των ιδιοτήτων. Παρόλο που στο *Cold* ο Boyle διεκρίνιζε ότι κατά την ‘ιστορική’ παρουσίαση των φαινομένων δεν θα ανέτρεχε σε καμία υπόθεση εξήγησής τους, στο *Mechanical Origin of Qualities* σκοπός της παρουσίασης των πειραμάτων αποτελούσε η υποστήριξη μίας εξηγητικής υπόθεσης. Το έργο διατηρούσε τον «ιστορικό» του χαρακτήρα ως προς το ότι αποτελούνταν από πειραματικές δοκιμές και παρατηρήσεις από τα πειραματικά αποτελέσματα των οποίων ο Boyle θεωρούσε ότι αποδεικνυόταν άμεσα η μηχανιστική εξήγηση των ιδιοτήτων.

Η επιλογή των φαινομένων της παραγωγής, της καταστροφής και της διαβάθμισης του ψύχους για την ανάδειξη της σωματιδιακής του υπόθεσης για το ψύχος μέσω της αντίκρουσης της αριστοτελικής εξήγησης του ψύχους ως «αισθητής ιδιότητας», μπορεί να αποδοθεί στην ιδιαίτερη σημασία που είχαν οι τρεις έννοιες στην Αριστοτελική φιλοσοφία¹¹⁵. Στην αριστοτελική θεωρία καθώς και στην πρόσληψή της από τους μεσαιωνικούς σχολιαστές του Αριστοτέλη, η γένεση και η φθορά, η αλλοίωση, η αύξηση και η μείωση αποτελούσαν, μαζί με την τοπική κίνηση, τα τέσσερα είδη μεταβολής της μορφής της ύλης¹¹⁶. Επίσης η μίξη ή διάλυση των σωμάτων που είχε επιλέξει ο Boyle ως πειραματική διάταξη για την εξέταση της παραγωγής, της καταστροφής και της διαβάθμισης μίας ιδιότητας αποτελούσε ένα σημαντικό μέρος της θεωρίας του

¹¹³ Με τη φράση «ουσιώδεις μορφές/ποιότητες» μεταφράζουμε τον όρο «substantial forms».

¹¹⁴ «three differing ways of treating Historically of Particular Qualities...», ο.π., σελ. 321.

¹¹⁵ Ο Lindberg γράφει για την αριστοτελική θεώρηση των «αισθητών ιδιοτήτων»: «Αντ’αυτών, εξέφρασε την προσήλωσή του στον κόσμο της αισθητηριακής εμπειρίας, επιλέγοντας ως έσχατα δομικά υλικά ορισμένες αισθητές ιδιότητες ή ποιότητες. Δύο ζεύγη τέτοιων ιδιοτήτων έχουν αποφασιστική σημασία: το θερμό με το ψυχρό και το υγρό με το ξηρό.», Lindberg [1997], σελ. 79.

Αριστοτέλη για την ύλη όπου εξηγούνταν ο τρόπος με τον οποίο τα τέσσερα στοιχεία και οι «ποιότητες» τους αναμιγνύονταν ώστε να παράξουν ομοιογενή σώματα. Ως αντίκρουση της αριστοτελικής υπόθεσης του ψύχους ως «αισθητής ιδιότητας» μέσω των συγκεκριμένων πειραμάτων, θεωρούμε ότι ο Boyle εννοούσε την αντίκρουση φαινομένων που θα έδειχναν ότι η παραγωγή του ψύχους προερχόταν από την ψυχρότητα ή 'εν δυνάμει' ψυχρότητα των αναμιγνυόμενων σωμάτων ή ότι το ψύχος μετριαζόταν από την ανάμιξη σωμάτων με τις αντίθετες ποιότητες. Ο Boyle είχε ήδη παρουσιάσει στο *Cold* επιχειρήματα εναντίον της αριστοτελικής θεώρησης του νερού ως «πρώτου ψυχρού σώματος», απορρίπτοντας τη θεώρηση του ψύχους ως ποιότητας η οποία φέρεται από ένα υλικό σώμα και προκαλείται μέσω αυτού στα άλλα σώματα. Στο κεφάλαιο 2.4.2. υποστηρίξαμε ότι η απόπειρα απόρριψης των θεωρητικών υποθέσεων που υποστήριζαν την ύπαρξη ενός «πρώτου ψυχρού σώματος» στο *Cold* αποτελούσε μία συνέχεια της επιχειρηματολογίας που είχε αναπτύξει ο Boyle στο *Sceptical Chymist* εναντίον όχι μόνο της αριστοτελικής αλλά και της χημικής θεωρίας. Ο Boyle προσπαθούσε να αντικρούσει την άποψη σύμφωνα με την οποία οι ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους ανάγονταν στη συμμετοχή των τεσσάρων αριστοτελικών στοιχείων ή στη μίξη των τριών ή πέντε χημικών αρχών. Η πολεμική του Boyle στο *Mechanical Origin of Qualities* χρησιμοποιούσε ως όπλο μία νέα πειραματική διάταξη, η εξέταση της οποίας συνέβαλε στην επιχειρηματολογία που είχε αναπτυχθεί στο *Cold*. Στο *Cold* ο Boyle είχε επιλέξει την αντίκρουση της θεώρησης του νερού ως πρώτου ψυχρού σώματος μέσα από παρατηρήσεις που ήλεγχαν τη συγκριτική ψυχρότητα του νερού ως προς τα άλλα τέσσερα στοιχεία σε μακροσκοπικό επίπεδο. Στα πειράματα μίξης του *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle εξέταζε την ισχύ της αριστοτελικής θεωρητικής υπόθεσης σε ένα φαινόμενο που χρησιμοποιούνταν από την ίδια την αριστοτελική θεωρία για την εξήγηση της παραγωγής των σύνθετων σωμάτων καθώς και την εξέταση του τρόπου που δρούσε η θερμότητα και το ψύχος στα σώματα. Επίσης αποτελούσε μία καλή περίπτωση για την εξέταση της δράσης σωμάτων που ως προς τις αισθήσεις έφεραν τη μία από τις δύο ιδιότητες.

Το φαινόμενο της πρόκλησης ψύχους ή θερμότητας από τη μίξη ουσιών αποτελούσε μέρος της πειραματικής εξέτασης των ιδιοτήτων που προτεινόταν από τον

¹¹⁶ Ο.π., σελ. 67-97.

Bacon στο *Novum Organum*. Στην παράθεση του «πίνακα των περιστάσεων όπου η φύση της θερμότητας εξέλιπε» ο Bacon υποδείκνυε μία σειρά από πειράματα για την εξέταση της παραγωγής της θερμότητας μέσω της μίξης ουσιών¹¹⁷. Ο Bacon υποστήριζε ότι τα λαχανικά και τα βότανα συγκρατούσαν μία ποσότητα λανθάνουσας («latent») θερμότητας την οποία απεκάλυπταν όταν εσωκλείονταν όλα μαζί σε μία φιάλη¹¹⁸. Σχετικά με αυτή την παρατήρηση πρότεινε την εξέταση της μίξης συγκεκριμένων ουσιών όπως το οξείδιο του ασβεστίου «quick lime» με νερό ή λάδι προκειμένου να εξετασθεί η παραγωγή θερμότητας· για την εξήγηση της προέλευσής της στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο Bacon πρότεινε είτε τη διασπορά της ενώ ήταν συγκεντρωμένη σε μία από τις αναμιγνύμενες ουσίες, ή την πρόκληση αναταραχής στο μίγμα από τη διέγερση του εύφλεκτου («igneous») αποστάγματος κατά την επαφή του με μία από τις ουσίες¹¹⁹. Έχοντας δοκιμάσει την περίπτωση της μίξης του οξειδίου του ασβεστίου με νερό ή λάδι, ο Bacon πρότεινε τη μίξη διαφορετικών ειδών σκονών με υγρά. Κατά την τήξη μετάλλων σε ορισμένα υγρά ο Bacon παρατηρούσε ότι ανάλογα με το μέταλλο άλλοτε παραγόταν θερμότητα και άλλοτε όχι. Στις περιπτώσεις που παραγόταν, δημιουργούνταν μεγάλη αναταραχή στο υγρό. Με βάση αυτή την παρατήρηση, συμπεράινε ότι η θερμότητα προερχόταν από την κρούση των μερών του υγρού που έλιωναν το μέταλλο με τα μέρη του μετάλλου. Η σύνδεση της διέγερσης του μίγματος με την παραγωγή της εκάστοτε ιδιότητας καθώς και με το μηχανισμό παραγωγής της εξεταζόταν εκτενώς από τον Boyle. Η αναφορά του Bacon στα συγκεκριμένα πειράματα ως μέρος της ιστορικής εξέτασης της θερμότητας, οι ανάλογες παρατηρήσεις οι οποίες αποτελούσαν μέρος της πειραματικής παράδοσης των χημικών, καθώς και η εμπειρία του ίδιου του Boyle από παρόμοια φαινόμενα που προέκυπταν από τα χημικά του πειράματα αποτέλεσαν το πειραματικό υπόβαθρο για την επιλογή της συγκεκριμένης πειραματικής διάταξης για την ανάδειξη της παραγωγής, της καταστροφής και της διαβάθμισης του ψύχους.

Σύμφωνα με τον Boyle οι τρεις βασικές πειραματικές μέθοδοι, η παραγωγή μίας ιδιότητας, η καταστροφή της και η διαβάθμισή της, αποδείκνυαν τη μηχανιστική προέλευση των ιδιοτήτων. Για την περίπτωση των φαινομένων της διαβάθμισης μίας ιδιότητας, ο Boyle υποστήριζε ότι η πρόκληση μεταβολής στο βαθμό της ιδιότητας από

¹¹⁷ Bacon [1620], σσ. 133-135.

¹¹⁸ Ο.π., σελ. 135.

¹¹⁹ Ο.π., σελ. 135.

ένα μηχανιστικό παράγοντα θα αποτελούσε επιβεβαίωση της υπόθεσης ότι οι διαβαθμίσεις μίας ιδιότητας βασίζονταν στις ίδιες αρχές με τη φύση της. Για την τρίτη πειραματική μέθοδο της μηχανικής καταστροφής μίας ιδιότητας σε μία ποσότητα ύλης, ο Boyle υποστήριζε ότι αν μία μηχανιστική αλλαγή της εσωτερικής σύνθεσης και της δομής ενός σώματος κατέστρεφε μία ιδιότητα η οποία θεωρούνταν ότι αποτελούσε ποιότητα ενός σώματος και γεννούσε μία άλλη ιδιότητα, αυτό θα αποτελούσε απόδειξη της προέλευσης των ιδιοτήτων από τη δομή και τα άλλα χαρακτηριστικά των σωματιδίων που αποτελούν τα σώματα και θα αντέκρουε την προέλευσή της από μία ποιότητα. Για την παραγωγή μίας ιδιότητας κατά τη δράση ενός σώματος σε ένα άλλο, ο Boyle από τη μία υποστήριζε ότι η μεταβολή στο σώμα που δεχόταν την αλλαγή προέκυπτε από τις μεταβολές στη δομή και τη σύστασή του. Από την άλλη, υποστήριζε, ότι το δρων σώμα δρούσε μηχανιστικά μέσω της αλληλεπίδρασης που είχε η δομή και η σύστασή του με τις αντίστοιχες του παθητικού σώματος. Η απόδειξη λοιπόν της μηχανιστικής προέλευσης των ιδιοτήτων των σωμάτων με βάση τις παραπάνω μεθόδους βασιζόταν στην πρόκληση των τριών φαινομένων μέσω μίας μηχανιστικής αλλαγής¹²⁰. Στο κεφάλαιο «Experiments and Notes about the Mechanical Origine or Production of Heat and Cold» ο Boyle όριζε ως μηχανιστική αλλαγή τη μεταβολή της δομής ('texture') των σωμάτων ή τη δράση κάποιας άλλης μηχανιστικής μεταβολής την οποία άφηνε απροσδιόριστη¹²¹. Το ανοιχτό ζήτημα στην επιχειρηματολογία που έθετε ο Boyle στον πρόλογο και στην αρχή του κεφαλαίου για τις ιδιότητες του ψύχους και της θερμότητας αφορούσε την απόδειξη της πρόκλησης της αλλαγής της δομής των σωμάτων από τις μεταβολές των μηχανικών χαρακτηριστικών, του μεγέθους, της κίνησης και του σχήματος των σωματιδίων, που αποτελούσαν τα σώματα. Η παραγωγή, η καταστροφή και η διαβάθμιση μίας ιδιότητας μέσω των πειραματικών διατάξεων που παραθέτονταν, αποτελούσε άμεση απόδειξη των μηχανισμών που λάμβαναν χώρα στο μικροσκοπικό επίπεδο; Τα παραπάνω ερωτήματα διατρέχουν την παρούσα έρευνα των πειραμάτων που παρουσίαζε ο Boyle για την απόδειξη της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους.

¹²⁰ Ορισμένοι άλλοι τρόποι πρόκλησης των τριών φαινομένων που πρότεινε ο Boyle ως αποδεικτικά στοιχεία της σωματιδιακής του θεωρίας και της ύπαρξης μίας μηχανιστικής εξήγησης της προέλευσης των ιδιοτήτων ήταν η παραγωγή της ιδιότητας σε τεχνητά σώματα και προσωρινές συνθέσεις οι οποίες δεν θεωρούνταν ότι διέθεταν υλικές ποιότητες καθώς και σε σώματα που ήταν προφανές ότι η παραγωγή των ιδιοτήτων δεν προερχόταν από ουσιώδεις μορφές («substantial forms»). Boyle [1675-76β], σελ. 323.

¹²¹ Ο.π., σς. 331-361.

Στα πειράματα που παρουσίαζε στο κεφάλαιο για το ψύχος και τη θερμότητα ο Boyle έδινε παραδείγματα των τριών πειραματικών μεθόδων, της παραγωγής, της μεταβολής της έντασης και της καταστροφής των δύο ιδιοτήτων μέσα από την ανάμιξη διαφορετικών κατηγοριών υγρών¹²². Τα πειράματα του ψύχους αποτελούνταν κυρίως από πειραματικές διατάξεις που έδειχναν την παραγωγή του από συστατικά που ήταν θερμότερα ενώ σε ελάχιστα οι πειραματικές διατάξεις αναδείκνυαν την παύση του ψύχους που είχαν τα συστατικά μέρη του μίγματος και την παραγωγή θερμότητας. Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα πειράματα της μίξης διαφορετικών ουσιών με αποτέλεσμα την παραγωγή ψύχους αποτελούσαν μία ξεχωριστή κατηγορία πειραμάτων που είχαν εκτελεστεί πριν από την ολοκλήρωση της συγγραφής του *Cold* αλλά δεν είχαν συμπεριληφθεί στην πραγματεία. Τα πειράματα της διάλυσης χλωριούχου αμμωνίου σε νερό είχαν αποτελέσει το περιεχόμενο της εργασίας «A New Frigorifick Experiment», όπου τα αποτελέσματα των πειραμάτων παρουσιάζονταν για την απόδειξη της δυνατότητας παραγωγής ψύχους χωρίς τη συνδρομή ενός ψυχρού σώματος ή παράγοντα¹²³. Ο Boyle δεν προσπαθούσε να βγάλει συμπεράσματα για την προέλευση του ψύχους· σημείωνε όμως ότι το πειραματικό αποτέλεσμα οδηγούσε σε ερωτήματα για τη φύση του ψύχους που σχετιζόνταν με τις δύο θεωρητικές υποθέσεις, εκείνης που στήριζε την προέλευση του ψύχους σε ποιότητες και εκείνης που την απέδιδε στη λειτουργία του μηχανικού παράγοντα της κίνησης¹²⁴. Τα πειράματα της παραγωγής του ψύχους μέσω της μίξης ή διάλυσης ουσιών, χρησιμοποιήθηκαν για διαφορετικό σκοπό στο πλαίσιο των εργασιών για τη θετική ή ελλειπτική φύση του ψύχους του *Saltness of the Sea* που παρουσιάσαμε παραπάνω. Εκεί ο Boyle επικεντρωνόταν στην παρατήρηση της ανάπτυξης φυσαλίδων και της διέγερσης ορισμένων μιγμάτων κατά την παραγωγή ψύχους, αναδεικνύοντας τα προβλήματα που προκαλούσε το συγκεκριμένο πειραματικό

¹²² Το κεφάλαιο «Experiments and Notes about the Mechanical Origine or Production of Heat and Cold», ήταν χωρισμένο στο πρώτο μέρος «Sect.1 About the Mechanical Production of Cold» όπου παρουσιάζονταν δέκα πειράματα για το ψύχος και στο δεύτερο «of the Mechanicall Origine or Production of Heat» όπου παρουσιάζονταν είκοσι οχτώ πειράματα για τη θερμότητα. Boyle [1675-76], σσ. 331-361.

¹²³ Χρησιμοποιείται ως σύντομος τίτλος της εργασίας «A New Frigorifick Experiment, shewing, How a considerable degree of Cold, may be suddenly produced without the help of Snow, Ice, Haile, Wind, or Niter, and that at any time of the year. Brought in By Mr Boyle and read Before the Society July 11, 1666», Royal Society Archives, Register Book Original, τόμος 3, σελ. 144 και Royal Society Archive, *Philosophical Transactions* 15 1666, τόμος 1, σσ. 255-261.

¹²⁴ Σύμφωνα με την πρώτη υπόθεση το ψύχος προκαλούνταν από τη διέγερση των ψυχρών σωματιδίων του χλωριούχου αμμωνίου. Σύμφωνα με τη δεύτερη υπόθεση το ψύχος προκαλούνταν από τη φυγή ή την ακινησία των σωματιδίων που ήταν προηγουμένως διεγερμένα.

αποτέλεσμα στην υποστήριξη της εξηγητικής υπόθεσης του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων του μίγματος. Στην πραγματεία *Mechanical Origin of Qualities* παρουσιαζόταν μία σειρά από πειράματα μίξης και διάλυσης ουσιών, η οποία συμπεριλάμβανε τις πειραματικές διατάξεις που είχαν παρουσιαστεί στα προηγούμενα δημοσιευμένα έργα αλλά ήταν πιο εκτενής. Στη συγκεκριμένη παρουσίαση ο Boyle στόχευε στην απόδειξη της μηχανιστικής προέλευσης του πειραματικού αποτελέσματος του ψύχους. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρά την πολλαπλότητα των φαινομένων που είχαν εξεταστεί στο *Cold*, ο Boyle είχε επιλέξει τα συγκεκριμένα φαινόμενα της παραγωγής, καταστροφής και διαβάθμισης του ψύχους μέσω της μίξης ουσιών ως τα ιδανικά για την ανάδειξη της μηχανιστικής φύσης της ιδιότητας.

Στα πειράματα που αφορούσαν το ψύχος ο Boyle αναμίγνυε ή διέλυνε δύο ουσίες, εκ των οποίων η μία τις περισσότερες φορές ανήκε στην κατηγορία των αλάτων, και παρατηρούσε την παραγωγή ψύχους μέσω της δημιουργίας υδρατμών στο εξωτερικό τμήμα της φιάλης και μέσω των ενδείξεων ενός θερμοσκοπίου το οποίο σύγκρινε τη θερμοκρασία των συστατικών μερών πριν από τη μίξη ή διάλυση, με αυτή του μίγματος και του διαλύματος. Η κάθε πειραματική διάταξη διαμορφωνόταν με τέτοιο τρόπο ώστε ο Boyle να μπορεί να αποδείξει ότι η παραγωγή του ψύχους προερχόταν από την αλλαγή της δομής («texture») των σωμάτων και ότι αυτή η αλλαγή είχε την προέλευσή της στην αλλαγή των μηχανιστικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων των σωμάτων. Καταρχήν ο Boyle αποδείκνυε ότι η παραγωγή ψύχους κατά τη διάλυση χλωριούχου αμμωνίου σε νερό δεν προερχόταν από τη διασπορά των ψυχρών σωματιδίων του χλωριούχου αμμωνίου αλλά από την αλλαγή της δομής ή της κίνησης των μερών του άλατος κατά τη διάλυσή του στο νερό¹²⁵. Η ανάδειξη της μεγαλύτερης ψυχρότητας του διαλύματος από τα συστατικά μέρη του, αποδείκνυε ότι ο μεγαλύτερος βαθμός ψυχρότητας δεν προερχόταν από το χλωριούχο αμμώνιο γιατί στην αντίθετη περίπτωση η θερμοκρασία του διαλύματος θα έπρεπε να είναι ίδια με εκείνη των συστατικών του μερών¹²⁶. Δεύτερον, ο Boyle αποδείκνυε ότι το ψύχος που παραγόταν δεν αποτελούσε ιδιότητα των

¹²⁵ Η αντίκρουση αυτής της άποψης αποτελούσε κριτική στη θεωρία των σχολαστικών και στη θεωρία των χημικών που υποστήριζαν τη φύση του ψύχους ως ποιότητα «Exper. I», «Exper. II», Boyle [1675-76β], σσ. 332-333.

¹²⁶ Πρέπει να σημειώσουμε ότι ο Boyle θέρμαινε το χλωριούχο αμμώνιο πριν τη διάλυσή του. Όταν εννοούσε ότι το διάλυμα ήταν ψυχρότερο από τα συστατικά του μέρη, εννοούσε τη θερμοκρασία του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας πριν τη θέρμανση του χλωριούχου αμμωνίου.

συστατικών μερών του μίγματος ή του διαλύματος. Ως παράδειγμα έφερε την παραγωγή θερμότητας με τη μίξη υδροχλωρικού οξέος («spirit of salt») με απόσταγμα ούρων («spirit of urine») για την παρασκευή χλωριούχου αμμωνίου («sal armoniac»), το οποίο είχε κατ'επανάληψη διαλύσει σε νερό με αποτέλεσμα την παραγωγή ψύχους. Με αυτό τον τρόπο ο Boyle αντέκρουε τη θεωρητική υπόθεση της μετάδοσης του ψύχους μέσω μίας ποιότητας η οποία ενυπήρχε στα συστατικά μέρη του διαλύματος. Τρίτον, η συχνή παραγωγή ψύχους όταν ένα από τα συστατικά μέρη του διαλύματος ή μίγματος αποτελούσε ένα άλας καθώς και οι απόψεις των χημικών και των επικουριανών φιλοσόφων που απέδιδαν σε ένα άλας την πρόκληση του ψύχους στα σώματα, οδήγησαν τον Boyle στον έλεγχο της πιθανής προέλευσης του ψύχους από τη συμμετοχή του άλατος και συγκεκριμένων κατηγοριών υγρών στα μίγματα¹²⁷. Οι πειραματικές περιπτώσεις της παραγωγής ψύχους και θερμότητας κατά την ανάμιξη διαφορετικών ειδών πτητικών και ουρικών αλάτων με οξέα, ενώ η μίξη προκαλούσε τη διέγερση του μίγματος, αποδείκνυε, σύμφωνα με τον Boyle, ότι το ψύχος δεν οφειλόταν στη διέγερση των σωματιδίων των αλάτων από τη δράση των σωματιδίων των οξέων¹²⁸. Το πείραμα όπου η ανάμιξη νιτρικού καλίου, το υδατικό διάλυμα του οποίου είχε αποδειχθεί μέσω των πειραμάτων του *Cold* να προκαλεί ψυχρότητα, με θειικό οξύ παρήγαγε θερμότητα απέκλειε, σύμφωνα με τον Boyle, την απόδοση της ψύχρανσης των μιγμάτων στη συμμετοχή των αλάτων. Τα συγκεκριμένα πειράματα έδειχναν ότι η ιδιότητα που παραγόταν κάθε φορά ήταν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των συγκεκριμένων ουσιών και δεν απέρρεε από τα κοινά χαρακτηριστικά που είχαν ουσίες που ανήκαν στην ίδια κατηγορία, όπως ήταν τα άλατα. Η απόδοση της παραγωγής της ψυχρότητας στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκάστοτε συστατικών επιβεβαιωνόταν από πειράματα που έδειχναν ότι αν άλλαζε ένας παράγοντας στη σύστασή τους, δεν θα παρήγαγαν ψύχος αλλά θερμότητα¹²⁹. Το νερό αναδεικνυόταν από τα πειράματα ως το συστατικό το οποίο

¹²⁷ Στο κεφάλαιο 2.4.2 έχουμε μιλήσει για τη θεώρηση του νατρίου ως «πρώτου ψυχρού σώματος» από τον Gassendi.

¹²⁸ Η μίξη αποστάγματος οξέος από «rock allum» με πτητικό άλας εξαχνωμένο από χλωριούχο αμμώνιο («sal ammoniac») προκάλεσε την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου κατά μία ίντσα. (βλ. «Exper. IV») Η μίξη υδροχλωρικού οξέος («spirit of salt») και αποστάγματος ούρων («spirit of Urine») προκάλεσε την άνοδο της στάθμης του θερμοσκοπίου (βλ. «Exper. III»). Boyle [1675-76β] σσ. 333-334.

¹²⁹ Η ανάμιξη θειικού οξέος, χωρίς να έχει προηγουμένως διαλυθεί σε νερό, με άλας χλωριούχου αμμωνίου, προκαλούσε την άνοδο της στάθμης του θερμοσκοπίου (βλ. «Exp. VII»)· αντίθετα το μίγμα του υδατικού διαλύματος θειικού οξέος με το πτητικό άλας χλωριούχου αμμωνίου («salt of Sal Armoniac») προκάλεσε την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου κατά μία ίντσα (βλ. «V»). Ο Boyle σημείωνε ότι

λειτουργώντας ως διαλύτης ενός άλατος προκαλούσε ψυχρότητα κατά τη διάλυση ή χρησιμοποιούμενο για τη διάλυση ενός οξέος, προκαλούσε ψύχος κατά την ανάμιξη του υδατικού διαλύματος του οξέος με ένα άλας.

Ένα δεύτερο συμπέρασμα από το πείραμα με τη μίξη νιτρικού καλίου και θεικού οξέος ήταν η δυνατότητα πρόκλησης της αντίθετης ιδιότητας στην περίπτωση της μίξης μίας ουσίας που ήταν ψυχρή ως προς τις αισθήσεις («θεικό όξύ») με μία ουσία που προκαλούσε ψύχος κατά τη διάλυσή της σε νερό. Για να ενισχύσει αυτό το συμπέρασμα ο Boyle ανέφερε την περίπτωση της παραγωγής ψύχους με τη διάλυση της πυρίτιδας που θεωρούνταν μία εύλεκτη ουσία, σε νερό¹³⁰. Τα πειραματικά αποτελέσματα των δύο πειραμάτων οδηγούσαν στην αμφισβήτηση της απόδοσης της παραγωγής των δύο ιδιοτήτων στη δράση των συγκεκριμένων ουσιών ή στις ποιότητες που έφεραν οι συγκεκριμένες ουσίες· αντιθέτως, επιβεβαίωναν ότι η παραγωγή της εκάστοτε ιδιότητας προκαλούνταν από την αλληλεπίδραση δύο συγκεκριμένων ουσιών και όχι από τις ιδιότητες που έφεραν αρχικά τα συστατικά μέρη ή εκείνες που προκαλούνταν κατά τη μίξη των συστατικών μερών με άλλα σώματα.

Τα αποτελέσματα του πειράματος με το νιτρικό κάλιο οδηγούσαν τον Boyle στην αμφισβήτηση των απόψεων που υποστήριζαν ότι υπάρχουν σώματα που είναι «εν δυνάμει ψυχρά» («potential coldness»), δηλαδή δεν είναι ψυχρά αλλά προκαλούν ψυχρότητα σε σώματα με τα οποία έρχονται σε επαφή μέσω της μεταφοράς του ψύχους ως υλικής μορφής/ ποιότητας¹³¹. Σε μία ξεχωριστή ενότητα του κεφαλαίου για τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους, ο Boyle παρέθετε την επιχειρηματολογία του για την υποστήριξη της μηχανιστικής προέλευσης της «εν δυνάμει» ψυχρότητας ορισμένων σωμάτων¹³². Ως τέτοια ο Boyle θεωρούσε σώματα, όπως το νιτρικό κάλλιο, το χλωριούχο αμμώνιο, ορισμένα φάρμακα και δηλητήρια τα οποία κατά την αλληλεπίδρασή τους με συγκεκριμένα σώματα ή με το ανθρώπινο σώμα παρήγαγαν ψύχος. Στη συγκεκριμένη ενότητα ο Boyle προσπαθούσε να δείξει ότι η ψυχρότητα των

κατά τη διάλυση του θεικού οξέος στο νερό είχε πρώτα δημιουργηθεί θερμότητα αλλά η μίξη του υδατικού διαλύματος, όταν είχε κρυσώσει, με το άλας, είχε ως αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης του θερμοσκοπίου. Ο.π., σελ. 334-335.

¹³⁰ Ο.π., σελ. 335.

¹³¹ Ο.π., σελ. 338.

¹³² Ανάμεσα στα αριθμημένα πειράματα «Exper. VII» και «Exper. VIII» ο Boyle παρεμβάλλει μία ενότητα όπου αναφέρεται αποκλειστικά στα «εν δυνάμει» ψυχρά σώματα «A Digression About Potential Coldness», ο.π., σσ. 335-338.

σωμάτων δεν προερχόταν από τη σύστασή τους ή από κάποια ποιότητα που έφεραν αλλά αναπτυσσόταν μέσα από την αλληλεπίδραση με βάση το σχήμα, τη δομή και την κίνηση των σωματιδίων του δρόντως σώματος πάνω στο σώμα που δεχόταν τη δράση. Επειδή η παραγωγή του ψύχους εξαρτώνταν από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των δρόντων σωμάτων, θεωρούσε ότι η ανάδειξη της ψυχρότητας των σωμάτων ήταν σχετική. Ο Boyle εξηγούσε ότι τα φάρμακα καθώς και οι ουσίες από τις οποίες προκαλούνταν αρρώστιες, όπως ήταν ο ελώδης πυρετός, διασκορπίζονταν μέσα στο αίμα και τα άλλα υγρά του σώματος και εμποδίζοντας τα σωματίδιά τους, μείωναν τη διέγερσή τους και επομένως τον τρόπο διέγερσης των νεύρων και των άλλων οργάνων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της αίσθησης του ψύχους. Ο Boyle δεν απέκλειε την παραγωγή ψύχους από άλλους τρόπους αλληλεπίδρασης των σωματιδίων, όπως ήταν η δημιουργία από ένα δηλητήριο συνθέσεων σωματιδίων στο αίμα οι οποίες ήταν περισσότερο δυσκίνητες, η πρόκληση από τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων μεταβολών στη φορά και κατεύθυνση της κίνησής τους, με αποτέλεσμα πάλι την επιρροή της δράσης των σωματιδίων στα όργανα και τα νεύρα¹³³. Η εξήγηση της δράσης των «εν δυνάμει» ψυχρών σωμάτων μέσω των μηχανιστικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων τους οδηγούσε τον Boyle στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή της ιδιότητας εξαρτώνταν επίσης από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά που είχαν τα σωματίδια των μερών του ανθρώπινου σώματος στα οποία δρούσε. Με εμπειρικά παραδείγματα ο Boyle έδειχνε ότι το ίδιο φάρμακο ή ουσία μπορούσε να παράξει διαφορετική ιδιότητα ανάλογα με τη δομή του μέρους του σώματος στο οποίο δρούσε· επομένως τα ίδια σώματα μπορούσαν να είναι για τον Boyle ‘εν δυνάμει’ θερμά ή ψυχρά ανάλογα με το μέρος του ανθρώπινου σώματος με το οποίο έρχονταν σε επαφή. Με επιχειρήματα και αποδείξεις που αφορούσαν την αλληλεπίδραση του ανθρώπινου σώματος με φάρμακα και αρρώστιες ο Boyle πρότεινε τον μηχανισμό με τον οποίο ορισμένες ουσίες είτε αυτές επιδρούσαν στο ανθρώπινο σώμα είτε επιδρούσαν η μία στην άλλη, μπορούσαν να παράγουν διαφορετικές ιδιότητες ανάλογα με το σώμα με το οποίο αλληλεπιδρούσαν.

Ο Boyle υποστήριζε επίσης ότι η απόδειξη, με βάση τα εμπειρικά φαινόμενα, της σχετικότητας και της μηχανιστικής παραγωγής των «εν δυνάμει» ιδιοτήτων μίας ουσίας

¹³³ Ο Boyle ανέφερε ως παράδειγμα τη μεταβολή της κίνησης από κυκλική σε ευθεία και εντοπισμένη. «(as if some corpuscles that usually are more whirl'd or bradnish'd be put into a more direct Motion)», ο.π., σελ. 337.

ίσχυε και στην περίπτωση των δύο βασικών σωματιδιακών θεωριών, της γκασεντιανής και καρτεσιανής υπόθεσης για τη φύση του ψύχους. Σύμφωνα με τον Boyle, η δράση ενός φαρμάκου μπορούσε να προκαλεί μία από τις δύο ιδιότητες, είτε διώχνοντας τα θερμά ή ψυχρά σωματίδια που ενυπήρχαν στο σώμα είτε επηρεάζοντας με τέτοιο τρόπο εκείνο το σημείο του σώματος έτσι ώστε να μπορεί να γίνει περισσότερο ή λιγότερο διαπερατό σε μία αιθέρια ουσία ή άλλους παράγοντες της θερμότητας και του ψύχους.

Ένας επιπλέον τρόπος απόδειξης της προέλευσης του ψύχους από τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των συστατικών των μιγμάτων, όπως ήταν η κίνηση και η δομή των σωματιδίων τους, αποτελούσε η παραγωγή θερμότητας με την ανάμιξη τριών συστατικών, του θειικού οξέος, του χλωριούχου αμμωνίου και του νερού, ενώ όταν αναμιγνύονταν τα δύο πρώτα διακριτά με το χλωριούχο αμμώνιο παρήγαγαν ψύχος¹³⁴. Σύμφωνα με τον Boyle το φαινόμενο έδειχνε ότι η θερμότητα που παραγόταν κατά την ανάμιξη θειικού οξέος με νερό, όπως είχε δείξει σε άλλο πείραμα, υπερτερούσε της ψυχρότητας που παραγόταν από την αλληλεπίδραση των δύο υγρών με το χλωριούχο αμμώνιο. Το πείραμα επιβεβαίωνε επίσης το συμπέρασμα, σύμφωνα με το οποίο, οι παραγόμενη ιδιότητα εξαρτιόταν από τα ιδιαίτερα μηχανιστικά χαρακτηριστικά του κάθε συστατικού. Ένα δεύτερο συμπέρασμα που συνήγαγε ο Boyle ήταν ότι η διαφοροποίηση ή μεταβολή της ιδιότητας που παραγόταν μέσα από την αλλαγή της σειράς ανάμιξης των συγκεκριμένων τριών συστατικών (του χλωριούχου αμμωνίου, του θειικού οξέος και του νερού) αποτελούσε μία απόδειξη της δράσης μηχανιστικών παραγόντων για την παραγωγή των ιδιοτήτων. Η αλλαγή της σειράς ανάμιξης των συστατικών, στην πρότερη ανάμιξη του θειικού οξέος με το χλωριούχο αμμώνιο και στην ύστερη μίξη τους με το νερό προκαλούσε θερμότητα¹³⁵. Τα πειράματα έδειχναν ότι η μόνη περίπτωση της παραγωγής ψύχους κατά τη μίξη των τριών συστατικών ήταν η ανάμιξη πρώτα των δύο υγρών, του θειικού οξέος και του νερού χρησιμοποιώντας τελευταίο το χλωριούχο αμμώνιο. Ο Boyle θεωρούσε τη διαφοροποίηση στη σειρά μίξης ένα μηχανιστικό παράγοντα μεταβολής της παραγόμενης ιδιότητας.

¹³⁴ «Exper. VIII», ο.π., σσ., 338-339.

¹³⁵ Έχουμε ήδη αναφέρει το πείραμα όπου η πρότερη ανάμιξη του θειικού οξέος με το νερό προκαλούσε θερμότητα αλλά η ύστερη μίξη τους με το χλωριούχο αμμώνιο προκαλούσε ψύχος καθώς και το πείραμα όπου η πρότερη διάλυση του χλωριούχου αμμωνίου στο νερό προκαλούσε ψυχρότητα η οποία μεταβαλλόταν σε θερμότητα κατά την ανάμιξη του μίγματος με θειικό οξύ.

Αν και ο Boyle θεωρούσε ότι με τα πειράματα που αναφέραμε παραπάνω αποδείκνυε ότι το ψύχος προκαλούνταν με μηχανιστικό τρόπο ή ότι η παύση της παραγωγής του ή η παραγωγή της αντίθετης ιδιότητας προκαλούνταν μηχανιστικά, ανέφερε ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες η παραγωγή της ιδιότητας επηρεαζόταν από μη παρατηρήσιμους παράγοντες. Μια τέτοια περίπτωση αποτελούσε η μίξη συστατικών, τα οποία άλλοτε παρήγαγαν ψύχος και άλλοτε θερμότητα¹³⁶. Η διαφορά των συγκεκριμένων πειραματικών αποτελεσμάτων με εκείνα των προηγούμενων πειραμάτων συνίστατο στη μη προέλευση της μεταβολής του πειραματικού αποτελέσματος από μία έκδηλη διαφοροποίηση στις συνθήκες του πειράματος, όπως ήταν η αλλαγή των συστατικών του μίγματος ή της σειράς της μίξης τους. Οι συγκεκριμένες μεταβολές χαρακτηρίζονταν από τον Boyle ως μηχανιστικές και αντιπαραθέτονταν στους «μη παρατηρήσιμους παράγοντες» που επηρέαζαν τα αποτελέσματα του πειράματος με το ανθρακικό κάλλιο. Επίσης ο Boyle υποστήριζε τη συνδρομή μη παρατηρήσιμων, και ίσως μη μηχανιστικών, παραγόντων στην παραγωγή ιδιοτήτων, μέσα από τις πειραματικές δοκιμές που αναδείκνυαν την αντίσταση («indisposition») των σωμάτων στις δράσεις των καθολικών παραγόντων του ψύχους («Grand and Catholick Efficientes of Cold»)¹³⁷. Εδώ ο Boyle χρησιμοποιούσε τα πειραματικά αποτελέσματα του *Cold* στη δυνατότητα των σωμάτων να ψυχθούν, σύμφωνα με τα οποία αποδεικνυόταν ότι σε ψυχρές θερμοκρασιακές συνθήκες τα υγρά διαφορετικής κατηγορίας επηρεάζονταν ως προς τη ρευστότητά τους διαφορετικά από τις ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες¹³⁸. Ο Boyle έφερνε ως παράδειγμα περιπτώσεις ελαίων, όπως ήταν το έλαιο αμυγδάλου («oil of sweet Almonds») και το έλαιο Καμφοράς, τα οποία σε θερμοκρασιακές συνθήκες όπου ψυχόταν το νερό, δεν έχαναν τη ρευστότητά τους.

¹³⁶ Ο Boyle ανέφερε ως παράδειγμα την περίπτωση της μίξης ανθρακικού καλλίου («salt of tartar») και άλλων αλάτων (τα οποία δεν ήταν όξινα) με απόσταγμα ξυδιού και «spirit of verdegrease». Συγκεκριμένα ανέφερε ότι το μίγμα ανθρακικού καλλίου με «spirit of verdegrease» είχε προκαλέσει την άνοδο της στάθμης του θερμοσκοπίου ενώ η μίξη ανθρακικού καλλίου, που είχε προηγουμένως αναμιχθεί με ένα άλλο άλας, με «spirit of verdegrease» είχε προκαλέσει την κάθοδο της στάθμης του θερμοσκοπίου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο παράδειγμα δεν υποστήριζε το συμπέρασμα του Boyle γιατί κατά τη δεύτερη δοκιμή το ανθρακικό κάλλιο δεν χρησιμοποιούνταν καθαρό αλλά αφού είχε αναμιχθεί με ένα άλλο άλας.

¹³⁷ Ο.π., σελ. 340.

¹³⁸ Βλ., τα πειράματα της πρώτης κατηγορίας για την ψύξη (βλ. κεφ. 2.4.2 σσ. 292-333) όπου έδειχνε ότι ορισμένα υγρά (υδατικά) πάγωναν, ορισμένα (έλαια) στερεοποιούνταν και ορισμένα δεν πάγωναν καθόλου σε βαθμό ψύχους που ψύχει το νερό.

Στο τέλος της περιγραφής των πειραμάτων για το ψύχος ο Boyle κατέληγε σε μία απλή αλλά βασική επιχειρηματολογία για τη μηχανική προέλευση του ψύχους, στην οποία είχε αναφερθεί και στο διάλογο «of the Positive or Privative Nature of Cold». Υποστήριζε ότι αν αποδεικνυόταν, μέσω των πειραμάτων για τη θερμότητα, ότι η τελευταία αποτελείται από την κίνηση των σωματιδίων των σωμάτων και μεταβάλλεται μηχανιστικά μέσω της έντασης της διέγερσης των σωματιδίων και αν το ψύχος θεωρούνταν η αίσθηση που προκαλείται από την πιο αργή κίνηση αυτών των σωματιδίων σε σχέση με εκείνα που απαρτίζουν τα αισθητηριακά μας όργανα, τότε η έλλειψη μίας κίνησης που αρκεί για τη θεώρηση ενός σώματος ως θερμού θα επαρκούσε για τη θεώρηση του σώματος ως ψυχρού. Η έλλειψη λοιπόν μίας κίνησης που έκανε ένα σώμα θερμό ως προς τις αισθήσεις μας, και η οποία προκαλεί την αίσθηση του ψύχους ως προς τις αισθήσεις μας αποτελεί μία μηχανιστική μεταβολή εφόσον η κίνηση θεωρείται ένα μηχανιστικό χαρακτηριστικό των σωμάτων. Ο Boyle επεσήμαινε ότι η αιτία του ψύχους θα μπορούσε να αποτελεί μία θετική δράση όπως ήταν η παρεμπόδιση ή παύση της κίνησης των θερμών ευκίνητων σωματιδίων¹³⁹.

4.2.6 Συμπεράσματα για τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους

Στην ενότητα αυτή επικεντρωνόμαστε στην παρουσίαση των πειραμάτων και των συμπερασμάτων που αφορούν τον τρόπο που διαχειρίστηκε ο Boyle το θέμα της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities*. Η παράθεση μίας αντίστοιχης μελέτης για την ιδιότητα της θερμότητας, τα πειράματα για την οποία παρουσιάζονται στο ίδιο κεφάλαιο του *Mechanical Origin of Qualities* με τα πειράματα του ψύχους, αποτελεί το θέμα μίας περαιτέρω έρευνας για τις δύο ιδιότητες. Η εστίαση στην ιδιότητα του ψύχους εξυπηρετεί στη διαμόρφωση της περιπτωσιολογικής μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής, της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος, καθώς και την προσπάθεια κατανόησης της διακριτής ερευνητικής υπόστασης που έδινε ο Boyle στην έρευνα της συγκεκριμένης ιδιότητας. Στην παρούσα παράθεση συμπερασμάτων για το ψύχος αρκούμαστε στη χρησιμοποίηση εκείνων των απόψεων

¹³⁹ Δεν είναι σίγουρο ότι ο Boyle εννοεί ως «Agile Calorifick Particles» τα θερμά σωματίδια του Gassendi που φέρουν την ιδιότητα της θερμότητας ως ποιότητα.

του Boyle για τη μηχανιστική παραγωγή της θερμότητας που θα βοηθήσουν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο Boyle εννοούσε τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους.

Θα εξετάσουμε πρώτα τη συμβολή της πραγμάτευσης του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities* στην πειραματική δραστηριότητα και τις απόψεις για τη φύση του που είχαν παρουσιαστεί στο *Cold* και τις εργασίες του *Saltness of the Sea*. Με το *Mechanical Origin of Qualities* ολοκληρώνεται η έρευνα στις βασικές δημοσιευμένες πηγές του Boyle που έχουν ως επίκεντρο την έρευνα του ψύχους. Σύμφωνα με τη χρονολόγηση της συγγραφής των τριών δημοσιευμένων πραγματειών, πολλά από τα πειράματα καθώς και μέρος των κειμένων για το ψύχος του *Saltness of the Sea* και του *Mechanical Origin of Qualities* είχαν εκτελεστεί και είχαν γραφτεί στις αρχές του 1660, κατά τα τελευταία στάδια προετοιμασίας του *Cold*. Επομένως η ακόλουθη συγκριτική παρουσίαση του περιεχομένου των έργων θα βοηθήσει στην κατανόηση του σκοπού που εξυπηρετούσαν τα τρία έργα τα οποία γράφτηκαν με βάση την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος που διεξήχθηκε την περίοδο 1649/50-1665. Η πειραματική εξέταση της ιδιότητας του ψύχους αποτελούσε την πιο ολοκληρωμένη «ιστορική» εξέταση μίας ιδιότητας σύμφωνα με τα τρία είδη ιστορικής εξέτασης των ιδιοτήτων που όριζε ο Boyle στο *Mechanical Origin of Qualities*. Το *Cold*, μαζί με το «Fluidity and Firmness», αποτελούσε την πιο περιεκτική σε πειραματικά φαινόμενα ‘ιστορική’ πραγματεία μίας ιδιότητας του έργου του Boyle. Η παρουσίαση των πειραμάτων του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities* συμπλήρωνε την «ιστορική» πραγματεία παρουσιάζοντας εκείνη την κατηγορία πειραματικών αποτελεσμάτων που, σύμφωνα με την τρίτη μέθοδο ιστορικής εξέτασης των ιδιοτήτων, αποδείκνυε τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους μέσα από την προώθηση της σωματιδιακής υπόθεσης του Boyle. Το *Mechanical Origin of Qualities* συνέβαλε στην έρευνα της φύσης του ψύχους που είχε διατελεστεί στο *Cold*, μέσα από την εξέταση μίας νέας κατηγορίας φαινομένων καθώς και μέσα από την απόπειρα της πειραματικής επιβεβαίωσης της σωματιδιακής υπόθεσης του Boyle για το ψύχος. Στο *Mechanical Origin of Qualities*, ο Boyle επικεντρωνόταν σε μία ειδική κατηγορία φαινομένων: την παραγωγή, την καταστροφή και τη διαβάθμιση του ψύχους, τα οποία εξετάζονταν μέσα από πειράματα μίξης ουσιών. Αν και τα πειράματα είχαν εκτελεστεί πριν από τη δημοσίευση του *Cold* η συγκεκριμένη

κατηγορία πειραμάτων έλειπε και από τις δύο εκδόσεις του έργου· η έλλειψη περίληψης των πειραμάτων στη δεύτερη έκδοση του 1683 αναδεικνύει την επιλογή του Boyle να αποτελέσουν μέρος του ειδικού σκοπού του *Mechanical Origin of Qualities* που ήταν να αποδειχτεί ο μηχανιστικός τρόπος παραγωγής του ψύχους. Η επιλογή της ανάδειξης των συγκεκριμένων φαινομένων για αυτό το σκοπό είχε άμεση σχέση με τη σημασία που είχαν στο πλαίσιο της αριστοτελικής και της Βακωνικής θεωρίας της εξήγησης της φύσης των ιδιοτήτων.

Επίσης στο *Mechanical Origin of Qualities* η προσπάθεια απόδειξης της σωματιδιακής υπόθεσης του Boyle για το ψύχος ήταν αυτοσκοπός των πειραμάτων· αντίθετα στο *Cold* ο Boyle επικεντρωνόταν στην παρουσίαση πειραματικών γεγονότων τα οποία σε δεύτερο επίπεδο θα χρησιμοποιούνταν για την ερμηνεία των φαινομένων μέσω θεωρητικών υποθέσεων. Στο *Cold*, παρόλο που είχε δηλώσει ότι δεν θα προωθούσε μία εξηγητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους, ο Boyle έθιγε το θέμα της εξήγησης της φύσης του ψύχους παρουσιάζοντας πειραματικά αποτελέσματα εναντίον συγκεκριμένων θεωρητικών υποθέσεων, όπως ήταν η αριστοτελική και γκασεντιανή υπόθεση για τη φύση του ψύχους. Με την παρούσα μελέτη του *Cold* υποστηρίξαμε ότι η επιχειρηματολογία του Boyle με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα εναντίον των επικρατουσών στην εποχή του θεωρητικών υποθέσεων αποτελούσε μία έμμεση υποστήριξη μίας εναλλακτικής θεωρητικής υπόθεσης για το ψύχος. Επίσης δείξαμε ότι τα πειραματικά αποτελέσματα αρκετών πειραμάτων, καθώς επίσης και αυτά που ανέμενε ο Boyle να λάβει, τα οποία δεν επιβεβαιώνονταν εμπειρικά, μαρτυρούν την προσπάθειά του να παράξει πειραματικά αποτελέσματα που να συμφωνούν με μία αδιαμόρφωτη ακόμη εξηγητική υπόθεση του ψύχους βασισμένη στην ιδέα της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων που αποτελούν τα σώματα. Σε κανένα όμως σημείο της πραγματείας δεν υποστηριζόταν ανοιχτά η εναλλακτική υπόθεση που πρότεινε ο Boyle για την εξήγηση της φύσης του ψύχους. Στο *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle φαινόταν πιο σίγουρος για την προτεινόμενη από αυτόν θεωρητική υπόθεση, με αποτέλεσμα να δηλώνει ότι με τα πειραματικά αποτελέσματα θα αποδείκνυε ότι η σωματιδιακή θεωρία του μπορούσε να αποτελεί πιθανή εξήγηση των συγκεκριμένων φαινομένων του ψύχους. Και σε αυτή την πραγματεία, ο Boyle ακολουθούσε τη μέθοδο απόδειξης της σωματιδιακής του υπόθεσης μέσα από την αντίκρουση της υπόθεσης των αριστοτελικών

και των χημικών από τα πειραματικά αποτελέσματα. Παρακάτω θα εξετάσουμε αν τα πειραματικά αποτελέσματα αποδεικνύουν απευθείας ή μέσω της αντίκρουσης των δύο θεωρητικών υποθέσεων τη σωματιδιακή υπόθεση του Boyle και των μηχανιστικών χαρακτηριστικών της.

Ένα σημείο στο οποίο το *Mechanical Origin of Qualities* διέφερε σημαντικά, όχι μόνο από το *Cold* αλλά και από τις εργασίες του *Saltness of the Sea*, ήταν η απόδοση μηχανιστικών χαρακτηριστικών στη σωματιδιακή εξήγηση των ιδιοτήτων και συγκεκριμένα του ψύχους. Οι εργασίες του *Saltness of the Sea* και ειδικότερα ο διάλογος «of the Positive or Privative Nature of Cold», οι οποίες δεν συγκατέλεγαν στα κείμενα του Boyle με σκοπό την «ιστορική» εξέταση των ιδιοτήτων, συνέβαλαν στην έρευνα της ιδιότητας του ψύχους, μέσα από την άμεση συζήτηση του θέματος της εξήγησης της φύσης του ψύχους και των προτεινόμενων θεωρητικών υποθέσεων. Ο διάλογος «of the Positive or Privative Nature of Cold» και οι εργασίες που αφορούσαν τα δύο πειραματικά αποτελέσματα που δημιουργούσαν πρόβλημα στην επίλυση της διαμάχης, αποτελούσαν τα πρώτα δημοσιευμένα κείμενα, μετά το *Cold*, όπου το επίκεντρο της μελέτης ήταν η συζήτηση των θεωρητικών υποθέσεων για τη φύση του ψύχους. Όπως είδαμε, μέσω της διαμάχης μεταξύ θετικής και ελλειπτικής φύσης του ψύχους, καθώς και μέσω της αντίκρουσης της θεωρητικής υπόθεσης του Gassendi, ο Boyle υποστήριζε μία σύνθετη άποψη για τη φύση του ψύχους, η οποία όμως ως βασική αιτία του ψύχους όριζε τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων. Μέσω των εργασιών, ο Boyle ξεχώριζε εκείνα τα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία δεν μπορούσε να εξηγήσει η συγκεκριμένη εξηγητική υπόθεση. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αποτελούσαν παρατηρήσεις στο μακροσκοπικό επίπεδο που δεν μπορούσαν να εξηγηθούν μέσω της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων. Στα συγκεκριμένα κείμενα ο Boyle δεν απέδιδε μηχανιστικό χαρακτήρα στην ελλειπτική θεώρηση της φύσης του ψύχους· όμως, όπως θα δείξουμε παρακάτω, το πρόβλημα που δημιουργούνταν στην επιβεβαίωση της ελλειπτικής φύσης του ψύχους μέσα από τα δύο πειραματικά αποτελέσματα βασιζόταν στην απόδοση μηχανιστικού χαρακτήρα στην παραγωγή ψύχους.

Επιπλέον μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η προσπάθεια απόδειξης της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities* λειτουργούσε

συμπληρωματικά ως προς την προσπάθεια υποστήριξης της ελλειπτικής φύσης του ψύχους στο *Saltness of the Sea* με την ακόλουθη έννοια. Έχοντας παραθέσει, στο *Saltness of the Sea*, την επιχειρηματολογία του εναντίον της γκασεντιανής θεωρίας της ύλης, της κύριας αντίπαλης θεωρίας από την ομάδα των σωματιδιακών θεωριών της εποχής του, στο *Mechanical Origin of Qualities* παρουσίαζε τα πειραματικά αποτελέσματα που αντέκρουαν τις αριστοτελικές και χημικές θεωρίες για την εξήγηση των ιδιοτήτων. Σε πολλά σημεία του *Cold* ο Boyle χρησιμοποιούσε τα πειραματικά αποτελέσματα για την αντίκρουση της αριστοτελικής υπόθεσης για τη φύση και την παραγωγή του ψύχους. Με δεδομένο τον βασικό ρόλο που έπαιζαν οι ιδιότητες της θερμότητας και της ψυχρότητας στην αριστοτελική θεωρία για την εξήγηση της γένεσης και της φθοράς των σύνθετων σωμάτων, η χρησιμοποίηση στο *Mechanical Origin of Qualities* της συγκεκριμένης κατηγορίας φαινομένων, της παραγωγής, της καταστροφής και μεταβολής της διαβάθμισης του ψύχους, για την αντίκρουση της συγκεκριμένης θεωρίας αποτελούσε μία σημαντική επιβεβαίωση των όσων είχαν αποδειχθεί στο *Cold*.

Σημαντική θεωρούμε επίσης τη συμβολή του *Mechanical Origin of Qualities* στην προσπάθεια απόδειξης της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους μέσω των πειραματικών αποτελεσμάτων. Στον διάλογο «of the Positive or Privative Nature of Cold» η επιχειρηματολογία του Boyle στηριζόταν όχι μόνο σε πειραματικά γεγονότα αλλά και σε ορθολογιστικές εξηγήσεις· μέσα από την παραπάνω ερμηνεία του διαλόγου, δείξαμε ότι ένα μεγάλο μέρος της επιχειρηματολογίας του Boyle εναντίον των απόψεων του Gassendi αφορούσε τη χρήση ορθολογιστικών εξηγήσεων ερμηνείας των ίδιων πειραματικών αποτελεσμάτων. Στο *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle τόνιζε την άμεση απόδειξη από τα πειραματικά αποτελέσματα του μηχανιστικού τρόπου παραγωγής του ψύχους. Με την παρακάτω έρευνα θα προσπαθήσουμε να εξετάσουμε αν τελικά τα πειραματικά αποτελέσματα αποδεικνύουν τον μηχανιστικό τρόπο παραγωγής του ψύχους ή αν τελικά έπρεπε να παρεμβληθεί μία ορθολογιστική υπόθεση για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων η οποία να μην αποδεικνύεται άμεσα από αυτά.

Για να κριθεί η ουσιαστική συμβολή του *Mechanical Origin of Qualities* στην πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος, πρέπει να εξεταστεί αν με τα πειράματα της πραγματείας ο Boyle πετύχαινε να αποδείξει τη σωματιδιακή υπόθεση ως πιθανή ερμηνεία φαινομένων καθώς και να αναδείξει τον μηχανιστικό της χαρακτήρα.

Τα άμεσα συμπεράσματα από τα πειράματα του ψύχους του *Mechanical Origin of Qualities* αφορούσαν κυρίως τον αποκλεισμό ορισμένων παραγόντων ως αίτια του ψύχους. Ο Boyle έδειχνε ότι η παραγωγή του ψύχους κατά τη μίξη ή διάλυση δύο ουσιών δεν προερχόταν από τη διασπορά των σωματιδίων της μίας ουσίας, στην περίπτωση που θεωρούνταν ότι έφερε την ιδιότητα του ψύχους ως ποιότητα· επίσης δεν προκαλούνταν από σώματα τα οποία κατά την ανάμιξή τους με άλλα προκαλούσαν ψύχος καθώς και από σώματα τα οποία ως προς τις αισθήσεις ήταν ψυχρά. Επίσης ο Boyle έδειχνε ότι σώματα που ήταν θερμά ή κατά την ανάμιξή τους με άλλα σώματα προκαλούσαν θερμότητα, μπορούσαν με την ανάμιξή τους με διαφορετικά σώματα να προκαλέσουν ψύχος. Επίσης αποδείκνυε ότι αποκλειόταν η πρόκληση ψύχους από την παρατηρήσιμη διέγερση των σωματιδίων η οποία πρόδιδε, κατά τον Boyle, τη διεξαγωγή κρούσεων μεταξύ των μη παρατηρήσιμων σωματιδίων των δύο συστατικών. Η παραγωγή θερμότητας κατά την ανάμιξη τριών συστατικών από τα οποία όταν τα δύο αναμιγνύονταν διακριτά με το νερό προκαλούσαν ψύχος αποτελούσε για τον Boyle απόδειξη της παραγωγής ψύχους από μηχανιστικούς παράγοντες, όπως ήταν η αλλαγή της δομής ή της κίνησης των σωματιδίων. Επίσης ένα μηχανιστικό παράγοντα πρόκλησης του ψύχους θεωρούσε ότι απεκάλυπτε και η εξάρτηση της παραγωγής της ιδιότητας στα συγκεκριμένα πειράματα από τη σειρά ανάμιξης των συστατικών.

Τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή του ψύχους δεν προερχόταν από αριστοτελικές ποιότητες που έφεραν οι αναμιγνυόμενες ουσίες, ούτε εξαρτιόταν από τη θερμοκρασία των ουσιών πριν τη μίξη. Η απόδειξη αυτή αποτελούσε ένδειξη ότι το ψύχος προερχόταν από κάποια άλλα χαρακτηριστικά των αναμιγνυόμενων ουσιών που μεταβάλλονταν με την αλληλεπίδρασή τους. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειχναν επίσης ότι αίτια του ψύχους αποτελούσε η μεταβολή κάποιων παραγόντων στην αλληλεπίδραση των ουσιών οι οποίοι δεν εξαρτώνταν από ποιότητες ή από κοινά χαρακτηριστικά μίας συγκεκριμένης κατηγορίας ουσιών. Επίσης οι ουσίες που προκαλούσαν ψύχος δεν μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν ως προς αυτή τους την ψυκτική δυνατότητα. Για τον Boyle τα άμεσα συμπεράσματα στα οποία οδηγούσαν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αρκούσαν για να αποδώσει ένα μηχανιστικό χαρακτήρα στη φύση του ψύχους. Για να το πετύχει όμως αυτό ερμήνευε την αλληλεπίδραση των συστατικών των μιγμάτων και των διαλυμάτων

μέσω μίας υπόθεσης που δεν αποδεικνυόταν άμεσα από τα πειραματικά αποτελέσματα. Ο Boyle απέδιδε την πρόκληση του ψύχους στις μεταβολές που προκαλούσε η αλληλεπίδραση των σωματιδίων στα κοινά χαρακτηριστικά τους, την κίνηση, το μέγεθος και τη δομή, και πιο συγκεκριμένα την ταχύτητα και κατεύθυνση της κίνησής τους. Η ερμηνευτική υπόθεση με βάση τα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων δεν προέκυπτε από τα φαινόμενα αλλά αποτελούσε μία πιο συμβατή με αυτά εξήγηση από την ύπαρξη των αριστοτελικών ποιοτήτων που απορρίπτονταν από αυτά. Επομένως ο Boyle ήταν συνεπής ως προς τον προσδιορισμό του ρόλου που έπαιζε η απόρριψη από τα φαινόμενα της αριστοτελικής υπόθεσης για την παραγωγή ψύχους, δεν ήταν όμως πειστικός ως προς την άμεση απόδειξη από τα πειραματικά αποτελέσματα των συγκεκριμένων μεταβολών που λάμβαναν χώρα στα χαρακτηριστικά των σωματιδίων.

Την ίδια χρήση της σωματιδιακής υπόθεσης για την ερμηνεία των πειραματικών φαινομένων χωρίς να αποδεικνύεται άμεσα από αυτά επιχειρούσε ο Boyle στην ιδιαίτερη ενότητα των «εν δυνάμει ψυχρών» σωμάτων. Εκεί ο Boyle έδειχνε ότι υπήρχε μία κατηγορία σωμάτων και ουσιών, εξωτερικές ή ενδογενείς ως προς τον ανθρώπινο οργανισμό, οι οποίες όταν έρχονταν σε επαφή με το ανθρώπινο αίμα προκαλούσαν ψύχος. Αποδείκνυε ότι η δράση αυτή εξαρτιόταν όχι μόνο από την ουσία την ίδια αλλά και από το μέρος του σώματος με το οποίο ερχόταν σε επαφή. Η εξήγηση όμως του τρόπου με τον οποίο η αλληλεπίδραση προκαλούσε στις ανθρώπινες αισθήσεις το αίσθημα του ψύχους, το οποίο αποτελούσε την απόδειξη της παραγωγής της ιδιότητας, δεν αποδεικνυόταν άμεσα από τα πειραματικά γεγονότα. Για την εξήγηση αυτή ο Boyle βασιζόταν στην υπόθεση την οποία χρησιμοποιούσε ως δεδομένο και στο *Cold* αλλά και στο *Saltness of the Sea*, σύμφωνα με την οποία η ψυχρότητα που γινόταν αντιληπτή με τις αισθήσεις προερχόταν από την πρόκληση της πιο αργής κίνησης των σωματιδίων του ανθρώπινου σώματος από ένα ψυχρό σώμα. Στο *Mechanical Origin of Qualities*, ο Boyle υποστήριζε ότι η αλληλεπίδραση των σωματιδίων του ανθρώπινου σώματος με εκείνα του δρώντος σώματος θα μπορούσε να προκαλέσει τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων του αίματος και να αλλάξει την κατεύθυνσή της με αποτέλεσμα την πρόκληση του αισθήματος του ψύχους. Ο Boyle εδώ χρησιμοποιούσε μία υπόθεση βασισμένη στη σωματιδιακή του θεωρία για να ερμηνεύσει τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους με βάση τη μείωση της κίνησης των σωματιδίων και την αλλαγή της

κατεύθυνσής της, τα οποία θεωρούσε μηχανιστικά χαρακτηριστικά των μη παρατηρήσιμων σωματιδίων των σωμάτων. Η υπόθεση αυτή όμως δεν αναδεικνυόταν από τα πειραματικά γεγονότα. Το μόνο εμπειρικό στοιχείο στα πειράματα με τα «εν δυνάμει ψυχρά σώματα» που αποδείκνυε άμεσα την απόδοση του ψύχους στην αλληλεπίδραση των σωμάτων με το ανθρώπινο σώμα και επομένως σε ένα παράγοντα που θα μπορούσε να είναι μηχανιστικός ήταν η εξάρτηση της πρόκλησης της ψυχρότητας από το μέρος στο οποίο τοποθετούνταν η ουσία.

Η μηχανιστική εξήγηση της παραγωγής του ψύχους με βάση τη σωματιδιακή θεωρία του για την ύλη φαινόταν να μην υποστηρίζεται άμεσα από τα πειραματικά φαινόμενα. Αυτό συνέβαινε γιατί η χρήση αυτής της θεωρητικής υπόθεσης για την εξήγηση του ψύχους δεν προερχόταν άμεσα από την ερμηνεία των φαινομένων αλλά από τη θεώρηση της φύσης του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας. Ο Boyle θεωρούσε ότι το ψύχος αποτελούσε την έλλειψη του μηχανισμού που προκαλούσε τη θερμότητα. Σύμφωνα με το εισαγωγικό κείμενο στα πειράματα για τη θερμότητα του *Mechanical Origin of Qualities* ο Boyle ερμήνευε την παραγωγή της θερμότητας με βάση μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία θεωρούσε ότι πρόδιδαν την προέλευσή της από τις αρχές της σωματιδιακής του θεωρίας καθώς και από διαδικασίες που θα μπορούσαν να θεωρηθούν μηχανιστικές¹⁴⁰. Με βάση τα μακροσκοπικά φαινόμενα της έντονης διέγερσης ενός υγρού κατά τη θέρμανσή του στο σημείο του βρασμού, καθώς και το φαινόμενο της φλόγας, η οποία αναδείκνυε μία κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις, ο Boyle συμπεραίνει ότι η θερμότητα προκαλούνταν από την έντονη διέγερση και την άτακτη κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις των δομικών σωματιδίων της ύλης. Η κίνηση καθώς και η αλλαγή της κατεύθυνσής της αποτελούσαν μηχανιστικά χαρακτηριστικά. Με βάση τη θεώρηση του ψύχους ως έλλειψη θερμότητας, μία άποψη που είχε υποστηρίξει στο *Saltness of the Sea*, ο Boyle υποστήριζε ότι το ψύχος αποτελούσε μείωση της κίνησης των σωματιδίων καθώς και αλλαγή της κατεύθυνσής της· με αυτό τον τρόπο το ψύχος αναγόταν στα ίδια μηχανιστικά χαρακτηριστικά στα οποία αναγόταν και η θερμότητα. Το γεγονός όμως ότι η αναγωγή του ψύχους στη μείωση της κίνησης των σωματιδίων δεν προερχόταν άμεσα από μακροσκοπικά φαινόμενα, όπως γινόταν στην περίπτωση της θερμότητας, δημιουργούσε την ανάγκη της εμπειρικής απόδειξης

¹⁴⁰ Boyle [1675-76β] σσ. 342-344.

της αναγωγής του ψύχους στα συγκεκριμένα μηχανιστικά χαρακτηριστικά. Τα παραπάνω πειράματα όμως δεν αναδείκνυαν μακροσκοπικά φαινόμενα των οποίων τα αντίστοιχα θα μπορούσε να συναχθεί ότι ισχύουν σε μικροσκοπικό επίπεδο κατά την παραγωγή του ψύχους. Μάλιστα τα δύο πειραματικά φαινόμενα που περιέγραφε ο Boyle στο *Saltiness of the Sea* ως προβληματικά για την υποστήριξη μίας ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους, χαρακτηρίζονταν από τον ίδιο ως μακροσκοπικά φαινόμενα που αντί να επιβεβαιώνουν, αντέκρουαν την υπόθεση της παραγωγής του ψύχους από μία μείωση κίνησης.

Υπάρχουν δύο σημαντικά ερωτήματα που προκύπτουν από την ανάλυση των πειραμάτων του Boyle στο *Mechanical Origin of Qualities*. Πρώτον, παρόλο που ο Boyle έδειχνε βεβαιότητα για την απόρριψη μέσω των πειραματικών αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης πραγματείας της αριστοτελικής υπόθεσης του ψύχους ως «αισθητής ιδιότητας», δεν μπορούμε να κρίνουμε με βεβαιότητα ότι ο Boyle πετύχαινε το σκοπό του. Ένας λόγος αποτελεί η έλλειψη παράθεσης κάποιας εξήγησης των φαινομένων από σχολαστικούς φιλοσόφους προκειμένου να αντιπαρατεθεί σε αυτή. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας προσπάθειας εξήγησης των φαινομένων αποτελεί η αναφορά, στην παρουσίαση των πειραμάτων της θερμότητας, στην απόπειρα των σχολαστικών να εξηγήσουν την παραγωγή θερμότητας κατά την ανάμιξη ενός ψυχρού σώματος με ένα άλλο μέσω του αριστοτελικού δόγματος της αντιπερίστασης¹⁴¹. Το παράδειγμα αποτελεί ένδειξη ότι οι σχολαστικοί μπορούσαν να ανατρέξουν σε εξηγήσεις των φαινομένων τις οποίες ο Boyle δεν αντέκρουε. Η εξέταση της αποτελεσματικότητας των πειραμάτων προς το σκοπό της απόρριψης της θεώρησης του ψύχους ως ποιότητας, αποτελεί ένα ανοιχτό θέμα για την εξέταση του οποίου χρειάζεται η συνολική παρουσίαση της πολυπλοκότητας της έννοιας του ψύχους στην αριστοτελική θεωρία.

Το δεύτερο ερώτημα που παραμένει προς περαιτέρω εξέταση αφορά τη μηχανιστική εξήγηση της παραγωγής του ψύχους μέσα από τη σωματιδιακή θεωρία του Boyle για την ύλη. Η εφαρμογή της σωματιδιακής υπόθεσης και των μηχανιστικών της χαρακτηριστικών για την εξήγηση των φαινομένων φαινόταν μία συμβατή με τα φαινόμενα ερμηνεία του Boyle και όχι μία άμεση απόδειξη από αυτά. Η δυσκολία της άμεσης απόδειξης της υπόθεσης από τα φαινόμενα προερχόταν από το γεγονός ότι η υπόθεση είχε συναχθεί με βάση την αντίστοιχη που ίσχυε για τη θερμότητα. Εάν

¹⁴¹ Ο.π., σελ. 344.

χρησιμοποιήσουμε μία ελαστική έννοια της λέξης «μηχανιστικό» μπορούμε να ισχυριστούμε ότι μέσα από την ανάδειξη της αλληλεπίδρασης ορισμένων χαρακτηριστικών των ουσιών που δεν αποδίδονταν στις αριστοτελικές ποιότητες, αποδεικνυόταν ότι το ψύχος παραγόταν μηχανιστικά, όχι όμως ότι παραγόταν από την αλληλεπίδραση των μηχανιστικών χαρακτηριστικών που απέδιδε ο Boyle στα σωματίδια της ύλης. Η χρήση όμως της έννοιας «μηχανιστικό» από τον Boyle και τους συγχρόνους του και η χρήση της ως κριτήριο για τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Η συνεπαγωγή την οποία θεωρούσε ο Boyle ότι υπήρχε ανάμεσα στην απόρριψη από τα πειραματικά αποτελέσματα των αριστοτελικών ποιότητων και της απόδειξης της σωματιδιακής του θεωρίας και του μηχανιστικού τρόπου παραγωγής του ψύχους, κάνει τα ερωτήματα και τις απαντήσεις στα δύο ερωτήματα αλληλένδετα μεταξύ τους.

Κεφάλαιο Πέμπτο

Συμπεράσματα

5.1 Η πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος τον 17ο αιώνα. Η ανάπτυξη ενός νέου ερευνητικού πεδίου

Η σύσταση της ύλης και η εξήγηση των ιδιοτήτων των σωμάτων αποτέλεσαν ένα βασικό πεδίο της φυσικής φιλοσοφίας, εξίσου σημαντικό με την αστρονομία και την κινηματική, στο οποίο μέσα από την αντίκρουση των αριστοτελικών και σχολαστικών δογμάτων διενεργήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις έννοιες και στις θεωρίες. Καθοριστικό ρόλο στην αναθεώρηση της αριστοτελικής έννοιας της «μορφής» και των ιδιοτήτων των σωμάτων, έπαιξε η αναβίωση των αρχαίων ατομιστικών ιδεών μέσα από τις νέες σωματιδιακές θεωρίες της ύλης που αναπτύχθηκαν κατά το πρώτο μισό του 17ου αιώνα και η στροφή στην πειραματική εξέταση της φύσης. Η νέα μέθοδος γνώσης της φύσης που διατυπώθηκε από τον Bacon βασιζόταν στον έλεγχο της εμπειρίας, στη συλλογή πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων και στην επαγωγική μέθοδο συλλογισμού. Η μέθοδος αυτή οδήγησε σε μία νέα έννοια της «μορφής», η οποία αντέκρουε την «ποιοτική» υπόσταση που της έδινε η αριστοτελική θεωρία. Παράλληλα, η ανάπτυξη της μηχανιστικής θεώρησης για τη λειτουργία της φύσης ενίσχυε την αντίκρουση των αριστοτελικών θέσεων και προωθούσε εξηγητικά μοντέλα στα οποία τα μακροσκοπικά φαινόμενα θεωρούνταν ως πρότυπα της λειτουργίας της φύσης στο μη παρατηρήσιμο επίπεδο. Οι νέες σωματιδιακές θεωρίες που διατυπώθηκαν στις αρχές του 17ου αιώνα για την εξήγηση της ύλης και των ιδιοτήτων στηρίζονταν περιορισμένα σε πειραματικά αποτελέσματα και παρατηρησιακά δεδομένα· όπως φαίνεται από τη θεωρία του Gassendi για τη φύση του ψύχους, βασιζόνταν κυρίως στην αμφισβήτηση πειραματικών γεγονότων ή στην εξήγηση φαινομένων που χρησιμοποιούνταν στο πλαίσιο της αριστοτελικής θεωρίας για την υποστήριξη της φύσης του ψύχους ως «ουσιώδους μορφής».

Το νέο πειραματικό πεδίο για το ψύχος, που αναπτύχθηκε μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες του Boyle, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento, αποτέλεσε ένα νέο πλαίσιο στο οποίο μπορούσαν να εξεταστούν τα αριστοτελικά δόγματα και οι θεωρητικές υποθέσεις που είχαν διατυπωθεί μέχρι τότε. Η ενσωμάτωση της έρευνας του ψύχους που παρουσιάστηκε

στο *Cold*, στις πρώτες πειραματικές έρευνες του Boyle, οι οποίες επικεντρώνονταν στα χημικά πειράματα με σκοπό την έρευνα των συστατικών της ύλης, καθώς και η παράλληλη ανάπτυξη των πρώιμων ιδεών του για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης, δείχνουν ότι το πειραματικό ενδιαφέρον του για την ιδιότητα του ψύχους ξεκίνησε στο πλαίσιο της προσπάθειας αντίκρουσης της αριστοτελικής θεωρίας και αντικατάστασής της από μία νέα θεωρία για την ύλη. Ωστόσο, ο διερευνητικός χαρακτήρας της πειραματικής εξέτασης των φαινομένων του ψύχους δείχνει ότι η έρευνα αυτονομήθηκε από το πλαίσιο ελέγχου θεωρητικών υποθέσεων για τη σύσταση της ύλης. Παρόλο που στο *Cold* ο Boyle διατύπωνε αρκετά ερωτήματα σχετικά με τα φαινόμενα που χρησιμοποιούνταν για την υποστήριξη των αριστοτελικών και σωματιδιακών θεωριών για τη φύση του ψύχους, ο στόχος της πειραματικής έρευνας, που ήταν η εύρεση και επιβεβαίωση κανονικοτήτων, καθώς και η διατύπωση νέων ερωτημάτων με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι τα ερωτήματα ετίθεντο για τη διερεύνηση των φαινομένων. Σε πολλές περιπτώσεις γινόταν σαφές ότι τα πειραματικά αποτελέσματα χρησιμοποιούνταν δευτερευόντως για την εξέταση θεωρητικών υποθέσεων¹.

Ο Steinle υποστηρίζει, αναδεικνύοντας τον διερευνητικό χαρακτήρα των πειραμάτων πάνω στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που εκτέλεσαν οι Ampere, Faraday και Dufay τον 19ο αιώνα, ότι τα διερευνητικά πειράματα αναπτύσσονται κυρίως σε περιόδους όπου αμφισβητείται το κυρίαρχο εννοιολογικό υπόβαθρο και οδηγούν, μέσω του προσδιορισμού νέων κανονικοτήτων, στη διαμόρφωση νέων εννοιών και κατηγοριών εξήγησης των φαινομένων². Στην περίπτωση του Boyle, η αμφισβήτηση του εννοιολογικού πλαισίου που είχαν διαμορφώσει οι αριστοτελικές θεωρίες για την ύλη καθώς και η ιδιοποίηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της Βακωνικής μεθόδου, όπως ήταν η εξαντλητική διερεύνηση ενός φαινομένου και η εξέταση της πολλαπλότητας των φαινομένων που σχετίζονταν με μια συγκεκριμένη ιδιότητα προκειμένου να συναχθούν επαγωγικά συμπεράσματα για τη φύση της, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του διερευνητικού χαρακτήρα της πειραματικής του δραστηριότητας. Στην περίπτωση όμως των πειραμάτων για το

¹ Βλ. τα πειράματα για την εξέταση της μεταβολής του βάρους του νερού με την ψύξη, την ανάπτυξη της διογκωτικής δύναμης κατά την ψύξη του νερού, της δημιουργίας περιβλήματος πάγου κατά την απόψυξη τροφίμων και τμημάτων του ανθρώπινου σώματος και της εξέτασης των μέσων μετάδοσης του ψύχους. Στην τελευταία περίπτωση ο Boyle χρησιμοποιούσε εξειδικευμένες πειραματικές διατάξεις προκειμένου να εξετάσει την γκασεντιανή υπόθεση για τη φύση του ψύχους καθώς και την υπόθεση που υποστήριζε ο Hobbes. Βλ. Κεφ. 2.4.2, σσ. 316-318, 321-323.

² Steinle [2002], σελ. 426.

ψύχος συναντούμε μία σύνθετη πειραματική μέθοδο, η οποία συνδυάζει τον διερευνητικό χαρακτήρα ορισμένων πειραμάτων με τη χρήση του πειράματος για τον έλεγχο θεωρητικών υποθέσεων. Αυτό φαίνεται από τις περιπτώσεις σχεδιασμού ορισμένων πειραματικών θεματικών με σκοπό την εξέταση θεωρητικών υποθέσεων, όπως εκείνη της ύπαρξης ενός «πρώτου ψυχρού σώματος», καθώς και την προσπάθεια επιβεβαίωσης, πολλές φορές με τεχνάσματα, των κανονικότητων που ήταν δυνατόν να εξηγηθούν από τη σωματιδιακή του υπόθεση για το ψύχος³. Βασικό λοιπόν χαρακτηριστικό της ιδιοποίησης της Βακωνικής μεθόδου από τον Boyle ήταν ο συνδυασμός δύο πειραματικών στόχων, της διερεύνησης ενός φαινομένου και του ελέγχου μίας θεωρητικής υπόθεσης, στο πλαίσιο μίας έρευνας την οποία θεωρούσε «ιστορική». Δεδομένου ότι στον Bacon η «ιστορική εξέταση» ενός φαινομένου είχε καθαρά διερευνητικό χαρακτήρα, με το *Cold* ο Boyle εισήγαγε μία διαφοροποιημένη μορφή «ιστορικής εξέτασης» των φαινομένων, μία νέα «αναθεωρημένη» μορφή της Βακωνικής «ιστορίας».

Στο *Cold* μπορούμε να διακρίνουμε τρεις σημαντικές πειραματικές θεματικές, στις οποίες ο διερευνητικός χαρακτήρας συνδυαζόταν με την εξέταση θεωρητικών υποθέσεων για την εξήγηση των φαινομένων. Τα συγκεκριμένα ερωτήματα και τα πειραματικά γεγονότα ήταν καθοριστικά για την αναθεώρηση των θεωριών για τη φύση και τη δράση του ψύχους. Η αντίκρουση της αριστοτελικής άποψης για τη συρρίκνωση του νερού κατά τη μετατροπή του σε πάγο και η απόδειξη της αύξησης του όγκου του νερού, και των υδατικών υγρών εν γένει, οδήγησαν στην απόρριψη αρκετών αριστοτελικών εξηγήσεων της δράσης του ψύχους και σε νέες έρευνες για τη μέτρηση αυτής της αύξησης, την εξήγηση της προέλευσής της και την επίδρασή της στα σώματα⁴. Η έρευνα των συγκεκριμένων φαινομένων ανέδειξε την ύπαρξη μίας δύναμης κατά τη διόγκωση του νερού, ένα πειραματικό γεγονός που δημιούργησε πρόβλημα όχι μόνο στην εξήγηση του ψύχους από τις αριστοτελικές θεωρίες και τη σωματιδιακή θεωρία του Gassendi, αλλά και στη σωματιδιακή υπόθεση του ψύχους που πρότεινε ο Boyle. Η συγκεκριμένη περίπτωση δείχνει ότι σκοπός του Boyle ήταν η διερεύνηση των φαινομένων, ακόμη και στην περίπτωση που οδηγούσε σε πειραματικά αποτελέσματα που έθεταν σε αμφισβήτηση την υπό

³ Για την εξέταση της δυνατότητας ύπαρξης ενός «πρώτου ψυχρού σώματος» βλ. Κεφ. 2.4.2, σσ. 357-374. Μία περίπτωση επιβεβαίωσης μίας κανονικότητας που μπορούσε να εξηγηθεί από τη θεωρητική υπόθεση του Boyle για τη φύση του ψύχους ήταν η μη μεταβολή του βάρους του νερού κατά τη μετατροπή του σε πάγο. Βλ. κεφ. 2.4.2. σσ. 323-327.

⁴ Κεφ. 2.4.2. σσ. 299-321.

διαμόρφωση θεωρητική του υπόθεσης. Οι πειραματικές διατάξεις πάνω στις διαφορετικές κατηγορίες υγρών και σωμάτων για την έρευνα της δυνατότητας μετατροπής τους σε πάγο και της δυνατότητάς τους να ενισχύσουν την ένταση του ψύχους, καθώς και εκείνες που επικεντρώνονταν στα μέσα μετάδοσης του ψύχους, είχαν ως σκοπό την έρευνα των ιδιαίτερων «δομών» των σωμάτων που προκαλούσαν τα τρία φαινόμενα⁵. Οι συγκεκριμένες έρευνες οδήγησαν σε σημαντικές κατηγοριοποιήσεις των σωμάτων καθώς και σε σημαντικά πειραματικά γεγονότα για την αλληλεπίδραση των σωμάτων κάθε κατηγορίας με το ψύχος. Παράλληλα, όμως, τα πειραματικά αποτελέσματα σχετικά με την αδυναμία μετάδοσης του ψύχους προς κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση αντέκρουαν την αριστοτελική θεώρηση της ύπαρξης μίας «περιοχής» μετάδοσης του ψύχους. Η κατηγορία των πειραμάτων που εξέταζαν τις επιδράσεις του ψύχους στα σώματα, όπως ήταν η συντήρησή τους και η αλλοίωση τους από βαθμούς ψύχους διαφορετικής έντασης, οδήγησε σε σημαντικά συμπεράσματα για τη χρήση του ψύχους στην καθημερινή ζωή και στην εξήγηση των συγκεκριμένων φαινομένων⁶. Πολλά πειραματικά αποτελέσματα της κατηγορίας αυτής, όπως ήταν ο σχηματισμός περιβλήματος πάγου στα τρόφιμα κατά την απόψυξή τους σε νερό, χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο συγκεκριμένων εξηγητικών υποθέσεων της φύσης του ψύχους.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του διττού ρόλου που είχαν ορισμένα πειράματα, δηλαδή τη διερεύνηση ενός φαινομένου και την επιβεβαίωση μίας θεωρητικής υπόθεσης, αποτελούν οι περιπτώσεις των πειραμάτων σχετικά με τα φαινόμενα του ψύχους που χρησιμοποιήθηκαν από τον Boyle για την απόρριψη της αριστοτελικής υπόθεσης ότι η φύση απέφευγε τη δημιουργία κενού. Στα πειράματα για την εξήγηση της λειτουργίας των θερμοσκοπίων αέρος, την έρευνα του περιεχομένου των φυσαλίδων του πάγου, καθώς και την εξήγηση της θραύσης των φιαλών λόγω της διόγκωσης του νερού κατά τη μετατροπή του σε πάγο, ο Boyle χρησιμοποιούσε ιδιότητες που είχαν αποτελέσει πειραματικά γεγονότα των ερευνών στην πνευματική, ως εξηγητικές υποθέσεις για την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων⁷. Επίσης χρησιμοποιούσε τα φυσικά φαινόμενα του ψύχους ως

⁵ Κεφ. 2.4.2. σσ. 296-298, 374-381. Για την έννοια της «δομής» (texture) βλ. κεφ. 4.1, σελ. 531.

⁶ Κεφ. 2.4.2. σσ. 41-48.

⁷ Κεφ. 2.4.2 σσ. 299-302, 306-307. Ορισμένες ακόμη περιπτώσεις αποτελούν η αντίκρουση της αριστοτελικής θέσης για την αδυναμία συρρίκνωσης ενός υγρού σε ένα κλειστό θερμοσκόπιο, όπως και τα πειράματα μετάδοσης του ψύχους στον χώρο της αντλίας κενού μετά την εξάντληση του αέρα. Βλ. Κεφ. 2.4.2. σελ. 354.

φυσικό μέσο, και όχι τεχνητό όπως η αντλία κενού, για την απόδειξη της ύπαρξης κενού.

Η αναθεώρηση της έννοιας του ψύχους μέσα από την πειραματική έρευνα του Boyle αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της ύπαρξης ενός μεταβατικού σταδίου στην αναθεώρηση των αριστοτελικών εννοιών, όπου ορισμένες έννοιες εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούνται και ορισμένες απορρίπτονταν. Η επιλογή του Boyle να διεξάγει διακριτές πειραματικές έρευνες και συγγραφικές παρουσιάσεις των πειραμάτων σχετικά με τις ιδιότητες της θερμότητας και του ψύχους οδηγεί στο συμπέρασμα ότι έκανε σαφή διάκριση των δύο ιδιοτήτων και τους απέδιδε μία αυτόνομη ερευνητική σημασία. Ενώ υιοθετούσε από τον Αριστοτέλη την εννοιολογική διάκριση της θερμότητας και του ψύχους, η απόρριψη της αριστοτελικής θεώρησης του ψύχους ως «ποιότητας» στο *Cold*, δείχνει ότι ο Boyle απέρριπτε την οντολογική διάκρισή τους. Με την υποθετική εξήγηση του ψύχους ως μείωση της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων στο *Cold*, καθώς και την προσπάθεια υποστήριξης της υπόθεσης στο «Of the Positive or Privative Nature of Cold», ο Boyle ανέπτυξε σταδιακά μία θεώρηση σύμφωνα με την οποία οι δύο ιδιότητες ήταν αποτελέσματα της ίδιας διεργασίας της ύλης, της κίνησης των σωματιδίων της⁸. Ωστόσο, ερευνητικές θεματικές, όπως ήταν η έρευνα της περιοχής και της κατεύθυνσης μετάδοσης του ψύχους, καθώς και η διάκριση των διαβαθμίσεων των ιδιοτήτων σε βαθμούς θερμότητας και βαθμούς ψύχους, δείχνουν ότι ο Boyle συνέχιζε να χρησιμοποιεί την οντολογική διάκριση στη διαμόρφωση ορισμένων ερωτημάτων και στη χρήση ορισμένων εννοιών.

Συναφές με την αναθεώρηση της έννοιας του ψύχους είναι επίσης το θέμα του σχετικού και απόλυτου ψύχους. Οι μέθοδοι εκτίμησης των θερμοκρασιακών συνθηκών στις οποίες λάμβαναν χώρα τα πειράματα και της εκτίμησης της ψυχρότητας των αποτελεσμάτων τους στο *Cold*, δηλαδή η χρήση των ψυκτικών φαινομένων, των ανθρώπινων αισθήσεων και του θερμοσκοπίου, έπαιξαν πρωτεύοντα ρόλο στον σχηματισμό μίας έννοιας σχετικού ψύχους που προσδιοριζόταν κυρίως από ποιοτικές εκτιμήσεις θερμοκρασιακών διαφορών ως προς ένα σημείο αναφοράς. Τα ψυκτικά φαινόμενα, δηλαδή τα φαινόμενα εκείνα όπου η επίδραση του ψύχους προκαλούσε τη μετατροπή του νερού σε πάγο, αποτελούσαν τη βασική μέθοδο εκτίμησης της ύπαρξης μίας ψυχρής θερμοκρασίας καθώς και των

⁸ Βλ. κεφ. 4.2.2 και 4.2.3

διαβαθμίσεών της, χωρίς όμως να επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση των διαφορών. Η χρήση του θερμοσκοπίου στο *Cold* ανέδειξε σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ βαθμών ψύχους που είτε δεν αναδεικνύονταν από τα ψυκτικά φαινόμενα, είτε δεν μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές από τις αισθήσεις. Η χρήση του οργάνου έδωσε στον Boyle τη δυνατότητα να κάνει σημαντικές παρατηρήσεις, όπως ήταν ο προσδιορισμός της ύπαρξης μεγαλύτερων βαθμών ψύχους από τον βαθμό που μετατρέπει το νερό σε πάγο καθώς και η διαπίστωση της μεταβολής των ψυκτικών φαινομένων σε διαφορετικές διαβαθμίσεις του ψύχους. Ωστόσο, η αποτυχία του Boyle να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά μία μέθοδο για την τυποποίησή του ψύχους και η έλλειψη τυποποιημένων βαθμών στη θερμοκρασιακή κλίμακα περιόρισαν τις διαθέσιμες ενδείξεις στις θερμοκρασιακές διαφορές στις οποίες χρησιμοποιούνταν ως σημείο αναφοράς η ψύξη του νερού⁹. Οι διαβαθμίσεις στην κλίμακά του Boyle δεν αντιπροσώπευαν σταθερούς βαθμούς ψύχους. Η εκτίμηση του ψύχους μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων, στην οποία βασιζόταν ο Boyle αν και της είχε ασκήσει εκτενή κριτική για την εξάρτηση της από την ιδιοσυγκρασία των αισθητηριακών οργάνων, απέκλειε τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης και τα αποτελέσματα που έδινε σχετίζονταν πάντα με τη θερμοκρασία των ανθρώπινων αισθητηριακών οργάνων.

Οι θερμοκρασιακές διαφορές που καταγράφονταν μέσω του θερμοσκοπίου και τις οποίες αδυνατούσαν να εκτιμήσουν οι αισθήσεις και να αποτυπώσουν οι επιδράσεις του ψύχους στα σώματα, αν και ποιοτικές, αποτελούσαν το βασικό μέσο νομιμοποίησης της χρήσης του στην πειραματική έρευνα για το ψύχος. Η εκτενής ενασχόληση με τα προβλήματα των ανοιχτών θερμοσκοπίων αέρα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους, καθώς και με τα προβλήματα που αντιμετώπιζε το κλειστό θερμοσκόπιο υγρού, σε αντιδιαστολή με την περιορισμένη χρήση του οργάνου στην πειραματική πρακτική, μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής¹⁰. Καταρχάς οι πειραματικές διατάξεις και τα πειραματικά αποτελέσματα που χρησιμοποίησε ο Boyle για την απόδειξη των μειονεκτημάτων του ανοιχτού θερμοσκοπίου λειτουργούσαν ως επιβεβαίωση των ιδιοτήτων του αέρα που είχαν αναδειχθεί από τα πειράματα της πνευματικής. Δεύτερον, η παρουσίαση των συγκεκριμένων πειραματικών ερευνών του Boyle αποτελούσε την προβολή της συμβολής του στην

⁹ Κεφ. 2.3.2. σσ. 166-168. Το σημείο ψύξης καταγραφόταν στην κλίμακα αλλά δεν αποτελούσε σταθερό σημείο διότι διέφερε από θερμοσκόπιο σε θερμοσκόπιο.

¹⁰ Τα εν λόγω προβλήματα εκτίθενται στο εισαγωγικό κεφάλαιο του *Cold* «New Thermometrical Experiments and Thoughts».

έντονη δραστηριότητα που είχε αναπτυχθεί κατά το πρώτο μισό του 17ου αιώνα στην κατασκευή και χρήση των θερμοσκοπίων.

Οι πειραματικές δραστηριότητες για το ψύχος που αναπτύχθηκαν στα μέσα του 17ου αιώνα στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου και την Φλωρεντινή Ακαδημία Del Cimento συνέβαλαν στη διαμόρφωση ενός νέου ερευνητικού πεδίου για το ψύχος. Οι δύο πειραματικές δραστηριότητες αναπτύχθηκαν με κοινό σημείο αναφοράς την αναθεώρηση των θεωριών της ύλης και της αριστοτελικής έννοιας των ιδιοτήτων, η οποία στην Αγγλία συντελέστηκε μέσω της διάδοσης των νέων ατομιστικών θεωριών και κυρίως εκείνων του Gassendi, ενώ στην περίπτωση των Φλωρεντινών πειραματιστών διαμορφώθηκε μέσα από τις ιδέες του Γαλιλαίου. Η επικέντρωση του ερευνητικού ενδιαφέροντος των μελών των δύο ιδρυμάτων σε ερευνητικές θεματικές που ταυτίζονταν με εκείνες του Boyle, καθώς και η επιβεβαίωση ορισμένων πειραματικών αποτελεσμάτων του Boyle αποδεικνύουν την ανάπτυξη μίας κοινής προβληματικής η οποία καθοριζόταν από συγκεκριμένα ερωτήματα για τα οποία υπήρχε κοινό ενδιαφέρον¹¹. Επίσης οι Φλωρεντινοί πειραματιστές εισήγαγαν μέσω της συγκεκριμένης πειραματικής δραστηριότητας νέα πειραματικά ερωτήματα για τα φαινόμενα του ψύχους τα οποία οδήγησαν τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου στην αναπαραγωγή και τον έλεγχο των πειραματικών τους αποτελεσμάτων¹². Το διερευνητικό στάδιο στο οποίο βρισκόταν ακόμη η πειραματική έρευνα για το ψύχος επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη πειραματικών θεματικών που δεν ήταν κοινές, τη διαφορετική ταξινόμηση των κοινών πειραματικών θεματικών (που επιχειρούνταν κυρίως από τους Φλωρεντινούς πειραματιστές), τη χρήση διαφορετικών πειραματικών διατάξεων, καθώς και τις περιπτώσεις όπου παράγονταν αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα για τα ίδια πειραματικά ερωτήματα.

Η πειραματική δραστηριότητα των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου παρήγαγε, κατά ένα μεγάλο μέρος, πειραματικά αποτελέσματα που επιβεβαίωναν τα αντίστοιχα του Boyle και συμπλήρωναν την «ιστορική» συλλογή

¹¹ Ορισμένες από τις θεματικές για τις οποίες υπήρχε κοινό ενδιαφέρον σχετίζονταν με τη θερμομέτρηση, τη μετατροπή του νερού σε πάγο, τη δυνατότητα στερεοποίησης ορισμένων υγρών, και τη δυνατότητα ορισμένων σωμάτων να ενισχύουν την ένταση του ψύχους. Τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου είχαν επίσης εξετάσει τα φαινόμενα που σχετίζονταν με τον πάγο και την επίδραση του ψύχους στη συντήρηση και στην αλλοίωση των τροφίμων. Τα φαινόμενα αυτά είχαν ερευνηθεί εκτενώς και από τον Boyle.

¹² Δύο σημαντικές περιπτώσεις ήταν η πειραματική διάταξη που επέτρεπε τη μετάδοση του ψύχους μέσα από την ανάκλασή του και η πειραματική διάταξη όπου εξετάζονταν τα στάδια από τα οποία περνάει το νερό όταν εκτίθεται σε βαθμό ψύχους ικανό να το μετατρέψει σε πάγο.

πειραματικών γεγονότων για το ψύχος¹³. Παρόλο που η πειραματική δραστηριότητα του Boyle καθόρισε τη θεματική ορισμένων πειραμάτων της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και λειτούργησε ως καθοδηγητικό εργαλείο για τις πειραματικές διατάξεις, η χρήση διαφορετικών πειραματικών μεθόδων και οι διαφορές στα επιμέρους ερωτήματα που επεδίωκαν να απαντήσουν με τις ίδιες πειραματικές διατάξεις, δείχνουν ότι η πειραματική τους δραστηριότητα αυτονομήθηκε από το πλαίσιο που είχε διαμορφώσει ο Boyle. Επιπλέον, υπήρχαν σημαντικές περιπτώσεις, όπως ήταν τα πειράματα του Hooke για το περιεχόμενο των φυσαλίδων του πάγου, όπου τα πειραματικά αποτελέσματα των μελών της Βασιλικής Εταιρείας αντέκρουαν πειραματικά γεγονότα που έπαιζαν βασικό ρόλο στην εξήγηση των φαινομένων της μετατροπής του νερού σε πάγο από τον Boyle¹⁴. Η παρουσίαση των συγκεκριμένων πειραματικών διατάξεων κατά την περίοδο της δεύτερης έκδοσης του *Cold*, το 1683-1684, δείχνει ότι η πειραματική δραστηριότητα που παρουσιαζόταν στο συγκεκριμένο έργο δεν αρκούσε, σε ορισμένες περιπτώσεις, για την επίτευξη συναίνεσης. Επίσης, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επιβεβαίωση των πειραματικών αποτελεσμάτων από την κοινότητα των πειραματιστών έπαιζε σημαντικό ρόλο στην απόδειξη ενός πειραματικού γεγονότος και στην οριστική απάντηση ενός πειραματικού ερωτήματος.

Ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οι Φλωρεντινοί πειραματιστές επιβεβαίωναν με τα αποτελέσματά τους τα πειραματικά γεγονότα του Boyle, η δραστηριότητά τους παρουσίαζε σημαντικές διαφορές με εκείνη του Boyle, όσον αφορά την επιλογή των φαινομένων που διερευνώνταν και τη χρήση των πειραματικών αποτελεσμάτων για τον έλεγχο θεωρητικών υποθέσεων¹⁵. Ένας σημαντικός παράγοντας που συνέβαλε σε αυτή τη διαφοροποίηση ήταν το έντονο ενδιαφέρον του Boyle να εξετάσει, μέσω των μακροσκοπικών φαινομένων, την ύπαρξη «δομών» στο μη παρατηρήσιμο επίπεδο που εξηγούσαν τις διαφορετικές επιδράσεις του ψύχους στα σώματα, κάτι το οποίο εξέλειπε από την πειραματική δραστηριότητα των Φλωρεντινών. Η πειραματική διάταξη ελέγχου των σταδίων που προηγούνται της μετατροπής του νερού σε πάγο

¹³ Κεφ. 3.5.1, σσ. 505-506.

¹⁴ Για τον Hooke βλ. Κεφ. 3.2.2, σελ. 508-509. Επίσης βλ. τα πειράματα των μελών της Εταιρείας για τη δημιουργία περιβλήματος πάγου κατά την απόψυξη παγωμένων αυγών μέσα σε νερό. Κεφ. 3.2.2, σσ. 464-465.

¹⁵ Σύμφωνα με το *Saggi*, οι Φλωρεντινοί πειραματιστές παρουσίαζαν λιγότερα πειράματα σχετικά με τη δυνατότητα μετατροπής των υγρών σε πάγο και τη δυνατότητα ορισμένων ουσιών να ενισχύουν την ένταση του ψύχους, και περισσότερα πειράματα σε θεματικές όπως ήταν η συρρίκνωση ή η διόγκωση του γυαλιού με το ψύχος και τα στάδια του νερού πριν από τη μετατροπή του σε πάγο. Βλ. Κεφ. 3.3.2, σσ. 487-488.

ανέτρεψε σημαντικά πειραματικά αποτελέσματα του Boyle και οδήγησε στην αναπαραγωγή των πειραμάτων από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας και τον ίδιο τον Boyle. Το πειραματικό αποτέλεσμα της διόγκωσης του νερού χωρίς τη μετατροπή του σε πάγο, δεν αντέκρουε μόνο τα πειραματικά γεγονότα που είχε εδραιώσει ο Boyle σχετικά με τη μετατροπή του νερού σε πάγο, αλλά δεν μπορούσε να εξηγηθεί από τη σωματιδιακή υπόθεση του Boyle για τη φύση του ψύχους. Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναπαραγωγές των πειραμάτων από τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας και τον Boyle αναδεικνύουν τα προβλήματα της αναπαραγωγής των πειραμάτων και της ερμηνείας των αποτελεσμάτων τους. Επίσης, προβάλλουν τον καθοριστικό ρόλο του πειράματος στην ερμηνεία της μετατροπής του νερού σε πάγο και στη στήριξη μίας εξηγητικής υπόθεσης για το ψύχος.

5.2. Η πειραματική πρακτική του Boyle μέσα από την περίπτωση της πειραματικής έρευνας του ψύχους

Η προσπάθεια του Boyle να ιδιοποιηθεί τη Βακωνική μέθοδο γνώσης της φύσης σε συνδυασμό με τα προβλήματα που προέκυπταν από την πρακτική εφαρμογή της, οδηγούσαν σε μία συνεχή αναδιαμόρφωση της μεθόδου του, με αποτέλεσμα την εξάσκηση μίας ιδιότυπης πειραματικής πρακτικής που απέκλινε σε αρκετά σημεία από τις Βακωνικές προδιαγραφές. Οι βασικοί Βακωνικοί κανόνες που προσπάθησε να εφαρμόσει ο Boyle στην εξέταση των φαινομένων του ψύχους ήταν η επανάληψη των πειραματικών αποτελεσμάτων και η εξέταση όσο το δυνατόν περισσότερων φαινομένων. Πολλά από τα πειραματικά αποτελέσματα που συνέλεξε μπορούσαν να ομαδοποιηθούν στους τρεις Βακωνικούς πίνακες¹⁶. Στην πειραματική διερεύνηση του ψύχους τα πειραματικά γεγονότα επιβεβαιώνονταν μέσα από την επανάληψη ενός πειράματος, άλλοτε κρατώντας τις συνθήκες σταθερές και άλλοτε μεταβάλλοντάς τις¹⁷. Ο «ιστορικός» όμως τρόπος εξέτασης των φαινομένων, δηλαδή η προσπάθεια συλλογής δεδομένων για ένα μεγάλο σύνολο φαινομένων του ψύχους, καθώς και η σύνδεση των πειραματικών γεγονότων σε ομάδες πειραμάτων, οδηγούσαν στην επιβεβαίωση ενός πειραματικού γεγονότος, μέσω της παραγωγής μίας σειράς πειραματικών αποτελεσμάτων που έδιναν αλληλοϋποστηριζόμενες πληροφορίες για

¹⁶ Εννοούμε τους πίνακες «παρουσίας», «απουσίας» και «διαβάθμισης» του ψύχους. Malherbe [1996], σελ. 87.

¹⁷ Μία χαρακτηριστική περίπτωση αποτελούν τα πειράματα για την απόδειξη της διογκωτικής δύναμης του νερού με την ψύξη.

τις διάφορες εκφάνσεις του φαινομένου του ψύχους. Η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων σχετικά με την παρουσία και απουσία της ιδιότητας του ψύχους χρησιμοποιούνταν για τη γενίκευση της ισχύος ενός πειραματικού γεγονότος¹⁸. Επίσης ο Boyle ακολούθησε τη Βακωνική τακτική διατύπωσης νέων ερωτημάτων με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα της «ιστορικής» έρευνας. Στο *Cold* παρουσιάζονται πολλές πειραματικές διατάξεις οι οποίες στηρίζονται σε πειραματικά γεγονότα και χρησιμοποιούνται για την απάντηση νέων ερωτημάτων και την αντίκρουση των ερμηνειών ορισμένων φαινομένων¹⁹.

Η πειραματική δραστηριότητα του Boyle δείχνει ότι οι συγκεκριμένες μέθοδοι επιβεβαίωσης των πειραματικών γεγονότων επιβεβαίωναν ένα πειραματικό γεγονός σε τέτοιο βαθμό ώστε ήταν δύσκολο να αμφισβητηθεί από ένα μεμονωμένο πειραματικό αποτέλεσμα. Στο άρθρο του για τα «αποφασιστικά πειράματα» του Νεύτωνα στην οπτική, ο Simon Schaffer αναφέρεται στην ύπαρξη δύο διαφορετικών μεθόδων πειραματισμού, της διαμόρφωσης πειραματικών «ιστοριών», την οποία χρησιμοποιούσε ο Boyle, και της χρήσης λίγων και αποφασιστικών πειραμάτων για τον έλεγχο ενός θεωρητικού πλαισίου, που συναντούμε στην περίπτωση του Νεύτωνα²⁰. Ο Schaffer επιλέγει την περίπτωση των αποφασιστικών πειραμάτων που εκτέλεσε ο Νεύτωνας χρησιμοποιώντας πρίσματα, προκειμένου να αναδείξει την πολύπλοκη διαδικασία που προηγείται της καθιέρωσης ενός οργάνου και των πειραματικών γεγονότων με τα οποία αυτό συνδέεται.

Ενώ το πείραμα των Φλωρεντινών πειραματιστών, για την εξέταση των σταδίων που περνάει το νερό πριν από τη μετατροπή του σε πάγο, δεν ήταν σχεδιασμένο για την παρατήρηση της ανόδου του νερού χωρίς την μετατροπή του σε πάγο, καθιέρωσε το συγκεκριμένο στάδιο ως μία κανονικότητα και αποτέλεσε αποφασιστικό κριτή του συγκεκριμένου πειραματικού γεγονότος. Η περίπτωση της προσπάθειας αναπαραγωγής του Φλωρεντινού πειράματος από τον Boyle, όπου προέκυψαν αντικρουόμενα αποτελέσματα, είναι κατάλληλη για να δείξει την εξηγητική ισχύ που είχαν τα πειραματικά αποτελέσματα του Boyle. Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν

¹⁸ Ένα καλό παράδειγμα αποτελούν τα πειραματικά γεγονότα για τη δυνατότητα και την αδυναμία ορισμένων υγρών να μετατραπούν σε πάγο.

¹⁹ Για παράδειγμα, η παρατήρηση κατά την τήξη ενός ψυκτικού μίγματος χιονιού και αλατιού ότι η εξωτερική δροσιά δεν στερεοποιούνταν ποτέ πάνω από το σημείο στο οποίο στεκόταν το χιόνι, μια παρατήρηση που είχε επαναληφθεί πολλές φορές για τη διερεύνηση της ψυκτικής δυνατότητας συγκεκριμένων ουσιών, χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό της μετατροπής του νερού σε πάγο από κάτω προς τα πάνω και την αντίκρουση των αριστοτελικών απόψεων για τη θραύση των φιαλών με την μετατροπή σε πάγο του εσώκλειστου νερού. Βλ. κεφ. 2.4.2. σσ. 353-353.

²⁰ Schaffer [1989], σελ. 68.

ακολουθώντας τη Βακωνική μέθοδο επανάληψης των πειραμάτων και ερευνώντας το φαινόμενο «ιστορικά», σε αντιδιαστολή με το αποτέλεσμα ενός μόνο πειράματος που έπαιζε αποφασιστικό ρόλο στην επιβεβαίωση ενός πειραματικού γεγονότος. Η «ιστορική» εξέταση των φαινομένων του ψύχους έδινε στον Boyle τη δυνατότητα να υποστηρίξει το πειραματικό αποτέλεσμα της μη διόγκωσης του νερού χωρίς τη μετατροπή του σε πάγο, μέσα από την επιβεβαίωσή του από ένα ευρύ φάσμα φαινομένων και μέσα από την ένταξη του σε ένα πλέγμα πειραματικών αποτελεσμάτων που εξηγούσαν τα φαινόμενα της μετατροπής του νερού σε πάγο μέσω του ψύχους. Το συγκεκριμένο παράδειγμα δείχνει ότι η ιδιοποίηση της Βακωνικής μεθόδου παραγωγής γνώσης για μία ιδιότητα, δεν αποτελούσε μόνο μία μέθοδο με την οποία μπορούσε να αποκαλυφθεί η φύση της ιδιότητας. Η μέθοδος, στην εκδοχή του Boyle, δημιουργούσε ένα συνεκτικό πλέγμα πειραματικών αποτελεσμάτων, σχετιζόμενων μεταξύ τους, που ήταν πολύ δύσκολο να αντικρουσθεί από μεμονωμένες πειραματικές διατάξεις. Η αντίκρουσή του θα έπρεπε αναγκαστικά να προσφέρει εξήγηση για όλα τα φαινόμενα τα οποία είχαν συνδεθεί με το συγκεκριμένο πειραματικό αποτέλεσμα και για όλες τις πτυχές του που είχαν εξετασθεί προκειμένου να οδηγηθεί ο Boyle σε αυτό.

Τα προβλήματα που ανέκυψαν στην προσπάθεια εξέτασης και ερμηνείας ενός μεγάλου συνόλου φαινομένων, το οποίο αποτελείται από μακροσκοπικές και μικροσκοπικές εκφάνσεις της ιδιότητας, καθόρισαν, σε μεγάλο βαθμό, την αναδιαμόρφωση της πειραματικής μεθόδου του Boyle. Οι περιπτώσεις όπου έπρεπε να αντιμετωπίσει αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα είναι ενδεικτικές της ύπαρξης ενός σταδίου στη συλλογή των πειραματικών και των παρατηρησιακών δεδομένων, όπου οι συσχετίσεις των πειραματικών αποτελεσμάτων οδηγούσαν σε ερμηνείες των φαινομένων οι οποίες καθοδηγούσαν την περαιτέρω έρευνα. Δύο σημαντικές περιπτώσεις αξίζει να αναφερθούν. Πρώτον, ο τρόπος αντιμετώπισης των πειραματικών αποτελεσμάτων για τη μεταβολή του βάρους των σωμάτων με τη μετατροπή τους σε πάγο, τα οποία δεν συμφωνούσαν με τα περισσότερα πειραματικά αποτελέσματα που αφορούσαν το φαινόμενο. Δεύτερον, ο τρόπος επιλογής των πειραματικών και παρατηρησιακών δεδομένων με τα οποία ο Boyle αντέκρουε τις παρατηρήσεις για το ύψος των παγόβουνων, οι οποίες δεν συμφωνούσαν με την εφαρμογή της αναλογίας της αύξησης του όγκου του νερού κατά τη μετατροπή του

σε πάγο²¹. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο Boyle φαινόταν να παρακάμπτει τον κανόνα για τη συλλογή πειραματικών αποτελεσμάτων που να επαρκούν για την επιβεβαίωση ενός πειραματικού γεγονότος, προσπαθώντας να μη δώσει γενική ισχύ στα πειραματικά αποτελέσματα που έκρινε ότι αντέκρουαν το σύνολο εκείνων των αποτελεσμάτων που θεωρούσε σωστά, ή επιχειρώντας να εξηγήσει το αντικρουόμενο αποτέλεσμα έτσι ώστε να συμφωνεί με το σύνολο των μέχρι τότε αποδεκτών πειραματικών αποτελεσμάτων. Μέρος της ίδιας πρακτικής, δηλαδή της τάσης διατήρησης της ισχύος του πλέγματος των πειραματικών αποτελεσμάτων που συμφωνούσαν μεταξύ τους, αποτελούσε η παράθεση αποτυχημένων πειραματικών διατάξεων σε ένα κεφάλαιο. Το παράδειγμα του εικοστού πρώτου κεφαλαίου της πραγματείας *Cold* δείχνει ότι ενώ ο Boyle ήθελε να παραμείνει συνεπής στην τακτική της παράθεσης των αποτυχημένων πειραμάτων ως ένδειξη αξιοπιστίας των πληροφοριών που έδινε για τα αποτελέσματά του, παράλληλα ήθελε να διατηρήσει ανέπαφο το πλέγμα των εξηγήσεων που είχαν διαμορφώσει τα επιτυχημένα πειράματα και το οποίο θα διατάρασσαν οι συγκεκριμένες αποτυχημένες πειραματικές διατάξεις²². Ένα ζήτημα που παραμένει ανοιχτό στις ερμηνείες του έργου του Boyle είναι ότι αντιμετώπιζε διαφορετικά τις περιπτώσεις εκείνες όπου λόγω των αντικρουόμενων πειραματικών αποτελεσμάτων δεν κατέληγε στην επιβεβαίωση κάποιου πειραματικού αποτελέσματος, και τις περιπτώσεις όπου συνέχιζε να πειραματίζεται έως ότου λύσει τα προβλήματα που δημιουργούνταν από αντικρουόμενα αποτελέσματα²³.

Το ενδιάμεσο στάδιο όπου η πειραματική μέθοδος καθηγούνταν από ερμηνείες των πειραματικών αποτελεσμάτων δεν εμπίπτει στα περιθώρια που άφησε ο Bacon για τη δημιουργική χρήση των πειραματικών αποτελεσμάτων μέσω της παραγωγής νέων πειραματικών ερωτημάτων και της χρήσης του «κανόνα αποκλεισμού».²⁴ Η τακτική του Boyle δείχνει ότι χρησιμοποιούσε τη μέθοδο της σύγκρισης των πειραματικών αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια της συλλογής παρατηρήσεων, παράγοντας στην πορεία πειραματικά γεγονότα που έπρεπε να επιβεβαιωθούν από τις περαιτέρω έρευνες.

²¹ Κεφ. 2.4.2, σσ. 321-327, 308-312.

²² «Title XXI»

²³ Βλ. τη συζήτηση για το Αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης όπου, μετά από τη διεξοδική παράθεση αντικρούσεων μέσω πειραμάτων και παρατηρήσεων, ο Boyle αφήνει ανοιχτό το ζήτημα, αναμένοντας περισσότερες πειραματικές δοκιμές για τη θερμομέτρηση των υπόγειων χώρων τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Βλ. κεφ. 2.3.3, σσ. 224-253.

²⁴ Malherbe [1996], σσ. 89-90.

Το χαρακτηριστικότερο όμως στοιχείο της ιδιοποίησης της Βακωνικής «ιστορίας» από τον Boyle είναι η απόδοση καθοδηγητικού ρόλου στη θεωρητική υπόθεση για το ψύχος, που είχε αρχίσει να αναπτύσσει με βάση τα χημικά του πειράματα και εκείνα για ιδιότητες, όπως η ρευστότητα και η στερεότητα. Η θέση συγκεκριμένων πειραματικών ερωτημάτων στο *Cold* καθώς και η επιχειρηματολογία που ανέπτυξε ο Boyle για την εξήγηση της δημιουργίας της αίσθησης του ψύχους δείχνουν ότι ο Boyle δεν παρέμεινε συνεπής στη δήλωση που έκανε στην εισαγωγή του *Cold*, σύμφωνα με την οποία δεν θα υποστήριζε μία συγκεκριμένη θεωρητική υπόθεση για τη φύση του ψύχους²⁵. Ο σχεδιασμός αρκετών πειραματικών ερωτημάτων με κριτήριο την αντίκρουση θεωρητικών υποθέσεων, όπως ήταν η υπόθεση της ύπαρξης ενός «πρώτου ψυχρού σώματος», το αριστοτελικό δόγμα της αντιπερίστασης, η εξηγητική υπόθεση που πρότεινε ο Hobbes για τη φύση του ψύχους, καθώς και ο τρόπος παρουσίασής τους αναδείκνυαν την άμεση σχέση που ήθελε να έχει η «ιστορική» εξέταση των φαινομένων με την εξέταση ορισμένων θεωρητικών υποθέσεων για τη φύση του ψύχους. Αυτός ήταν και ένας έμμεσος τρόπος προώθησης, διά της μεθόδου του αποκλεισμού των κυριάρχων θεωρητικών υποθέσεων για τη φύση του ψύχους της εποχής του, της σωματιδιακής υπόθεσης για το ψύχος την οποία υποστήριξε αργότερα στο έργο του *Saltness of the Sea*. Ο Boyle παρουσίαζε αυτή την πρακτική ως μέρος της «ιστορικής» εξέτασης των πειραματικών φαινομένων, παρόλο που οι έρευνες του δεν περιορίζονταν στα πειραματικά γεγονότα. Επιπλέον, σε πολλές πειραματικές διατάξεις επεσήμαινε τη δυνατότητα χρήσης των πειραματικών αποτελεσμάτων για την εξέταση συγκεκριμένων εξηγητικών υποθέσεων για το ψύχος. Οι περιπτώσεις της χρήσης της σωματιδιακής του υπόθεσης για τη φύση του ψύχους ως βάσης για την εξήγηση της ψυχρότητας ορισμένων σωμάτων ως προς τις ανθρώπινες αισθήσεις, δείχνουν ότι ο Boyle χρησιμοποιούσε έκδηλα τη σωματιδιακή του θεωρία προκειμένου να ερμηνεύσει πειραματικά αποτελέσματα²⁶. Μέσω της ιδιοποίησης του Βακωνικού μοντέλου ο Boyle καθοδηγούσε την «ιστορική» έρευνα των φαινομένων, με στόχο να παράγονται περισσότερα πειραματικά αποτελέσματα που να αντικρούουν τις

²⁵ Boyle [1665a], σελ. 221.

²⁶ Ο Boyle χρησιμοποιούσε την υπόθεση της μείωσης της κίνησης των σωματιδίων των αισθητηριακών οργάνων λόγω της παρουσίας ενός ψυχρού σώματος ως πειραματικό γεγονός με το οποίο εξηγούσε μία σειρά από φαινόμενα, όπως ήταν οι διαφορές στην εκτίμηση του ψύχους μεταξύ των ανθρώπινων αισθήσεων και του θερμοσκοπίου, η ψυχρότητα, ως προς τις αισθήσεις, της γης, του νερού και του αέρα στη φυσική τους κατάσταση, καθώς και η αίσθηση της μεγαλύτερης ψυχρότητας ή θερμότητας των εσωτερικών χώρων σε σχέση με τους εξωτερικούς.

αντίπαλες θεωρητικές υποθέσεις και αρκετά που να επιβεβαιώνουν τη θεωρητική υπόθεση που διαμόρφωσε ο ίδιος. Το βασικό χαρακτηριστικό του *Cold* ως «ιστορικής» εξέτασης του ψύχους ήταν η συσχέτιση της διερευνητικής φύσης της δραστηριότητας με τον καθοδηγητικό ρόλο που, όπως δείξαμε, έπαιζαν οι θεωρητικές υποθέσεις.

Με τον διαχωρισμό των δημοσιευμένων έργων του, την παρουσίαση της πειραματικής του δραστηριότητας ως «ιστορικής έρευνας» στο *Cold*, το ιδιαίτερο ύφος ενός «διαλόγου» με το οποίο επέλεξε να παρουσιάσει το έργο του *Saltness of the Sea*, καθώς και τη διακριτή παρουσίαση των πειραμάτων που αφορούσαν τη μηχανιστική παραγωγή του ψύχους στο *Mechanical Origin of Qualities*, ο Boyle προσπαθούσε να διαμορφώσει τρεις διαφορετικούς τρόπους εξέτασης των ιδιοτήτων. Παραπάνω δείξαμε ότι στο *Cold* ο Boyle κατέληγε στην αναθεώρηση της «ιστορικής» εξέτασης μίας ιδιότητας, αναδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο μπορούσε να ενσωματωθεί ο έλεγχος θεωρητικών υποθέσεων στην «ιστορική συλλογή» πειραματικών δεδομένων. Στο *Saltness of the Sea* ο Boyle επιχειρούσε, μέσα από τα επιχειρήματα αντίκρουσης της αντίπαλης θεωρητικής υπόθεσης του Gassendi, την υποστήριξη της σωματιδιακής υπόθεσης για το ψύχος. Η διεύρυνση των φαινομένων που εξηγούσε η σωματιδιακή του υπόθεση, καθώς και η ανάδειξη δύο πειραματικών αποτελεσμάτων που αντέκρουαν την «ελλειπτική» θεώρηση του ψύχους δείχνουν ότι η προσπάθεια της εξήγησης ενός μεγάλου συνόλου φαινομένων μέσω μίας θεωρητικής υπόθεσης, οδηγούσε τον Boyle στην τήρηση επιφυλακτικής στάσης απέναντι στη σωματιδιακή του υπόθεση για το ψύχος, παρά την εξηγητική της ισχύ σε αρκετά πειραματικά αποτελέσματα του *Cold*. Επίσης οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι στις περιπτώσεις όπου ο Boyle δεν είχε επαρκείς πειραματικές αποδείξεις εναντίον μίας συγκεκριμένης θεωρητικής υπόθεσης, ανέτρεχε σε ορθολογικά επιχειρήματα και στην αναπροσαρμογή της εξηγητικής του υπόθεσης. Επομένως η ανεπάρκεια εμπειρικών αποδείξεων ανάγκαζε τον Boyle να αναπροσαρμόζει τη μέθοδο συναγωγής γνώσης για τη φύση καθώς και τη θεωρητική υπόθεση που ήθελε να υποστηρίξει.

Στο τρίτο πλαίσιο συζήτησης των φαινομένων του ψύχους, το *Mechanical Origin of Qualities*, ο Boyle ιδιοποιούνταν τη Βακωνική μέθοδο της «ιστορικής» εξέτασης μίας ιδιότητας με σκοπό την απόδειξη μίας θεωρητικής υπόθεσης, της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους. Με τη συλλογή πειραματικών δεδομένων που αντιστοιχούσαν στους τρεις Βακωνικούς πίνακες, της απουσίας, της παρουσίας και

της διαβάθμισης, για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο, την παραγωγή ψύχους μέσω της απλής ανάμειξης διαφορετικών ουσιών, ο Boyle αποδείκνυε την αδυναμία εξήγησης της παραγωγής του ψύχους μέσω των αριστοτελικών «ποιιοτήτων» καθώς και την εξήγηση της προέλευσής του ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης συγκεκριμένων ουσιών. Ωστόσο, δεν μπορούσε να δώσει εμπειρικές αποδείξεις της παραγωγής του ψύχους από τα μη παρατηρήσιμα μηχανιστικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων που προϋπέθετε στη σωματιδιακή του θεωρία. Η απόδειξη της μηχανιστικής παραγωγής του ψύχους με βάση τη σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων μπορούσε να υποστηριχθεί μόνο μέσω μίας ελαστικής ερμηνείας του όρου «μηχανιστικού», σύμφωνα με την οποία η παραγωγή του ψύχους ήταν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης χαρακτηριστικών των σωμάτων και όχι μίας ιδιότητας που φερόταν από τα σώματα.

Η πειραματική μέθοδος του Boyle δεν αποτελούσε σταθερό και αμετάβλητο παράγοντα της διαδικασίας γνώσης των φαινομένων της φύσης. Οι ιδιαιτερότητες του φυσικού φαινομένου που εξεταζόταν σε κάθε περίπτωση, των οργάνων που χρησιμοποιούνταν, της πειραματικής και θεωρητικής προβληματικής για το συγκεκριμένο φαινόμενο που αποτελούσε αφετηρία της έρευνας συνδιαμόρφωναν την πειραματική του πρακτική, η οποία παρουσίαζε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ανάλογα με τη θεματική της πειραματικής έρευνας. Με βάση την περιπτωσιολογική μελέτη των πειραμάτων του Boyle στην πνευματική και της χρήσης της αντλίας κενού, οι Shapin και Schaffer προσδιόρισαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της πειραματικής του πρακτικής, αναδεικνύοντας τους κανόνες επίτευξης συναίνεσης για τα πειραματικά αποτελέσματα που χαρακτήριζαν τη δημόσια παρουσίαση των πειραμάτων, τη χρήση του συγκεκριμένου ακριβού στην κατασκευή και πολύπλοκου οργάνου, και τη γραπτή επικοινωνία των πειραμάτων²⁷. Βασιζόμενοι στον ρόλο που έπαιξε η μέθοδος πειθούς της κοινότητας των πειραματιστών και των φυσικών φιλοσόφων για την εγκυρότητα των πειραματικών αποτελεσμάτων, απέδωσαν την προέλευση των κανόνων σε αντίστοιχους κανόνες που ρύθμιζαν την κοινωνική ζωή²⁸. Ο τρόπος επίτευξης συναίνεσης στα πειράματα για το ψύχος ακολουθούσε τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου που έχουν αναδειχθεί από τους Shapin και Schaffer, όπως είναι η «εικονική» (virtual) αναπαραγωγή των πειραμάτων καθώς και οι

²⁷ Shapin, Schaffer [1985].

²⁸ Ανάλογες απόψεις έχουν εκφράσει και σε μικρότερες μελέτες της συγκεκριμένης πειραματικής πρακτικής του Boyle. Βλ. Shapin [1985], Shapin [1988], Shapin [1994], σσ. 243-266.

κοινωνικές συμβάσεις με τις οποίες επιλέγονταν οι μαρτυρίες τρίτων για τα πειραματικά φαινόμενα στις ψυχρές χώρες²⁹. Ωστόσο υπάρχουν ορισμένες σημαντικές διαφοροποιήσεις που αφορούν κυρίως την αναπαραγωγή των πειραμάτων ως μέθοδο επιβεβαίωσης των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Στην πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της πειραματικής μεθόδου καθορίστηκαν από την ιδιοποίηση του βακωνικού προτύπου της «ιστορικής» εξέτασης των φαινομένων και τις ιδιαιτερότητες που παρουσίαζε η φύση του υπό εξέταση φαινομένου. Ενώ στα πειράματα της πνευματικής με την αντλία κενού κύριος σκοπός του Boyle ήταν η επίτευξη συναίνεσης για την εγκυρότητα των πειραματικών αποτελεσμάτων, στην πειραματική πρακτική του ψύχους η «ιστορική» εξέταση της ιδιότητας όριζε ως τρόπο επιβεβαίωσης των πειραματικών γεγονότων όχι μόνο την αναπαραγωγή τους αλλά και την εκτέλεση επιπλέον πειραματικών ελέγχων που θα συμπλήρωναν την «ιστορία». Με την πειραματική του δραστηριότητα ο Boyle καθιέρωνε τις πειραματικές θεματικές καθώς και τη μέθοδο με την οποία θα διεξαγόταν η περαιτέρω έρευνα.

Στην πειραματική δραστηριότητα του Boyle για το ψύχος συνέτρεχαν ιδιαίτερες συνθήκες αναπαραγωγής των πειραμάτων. Ελλείπει δημόσιας παρουσίασης των πειραμάτων του για το ψύχος στις συνεδριάσεις της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, το βασικό μέσο πραγματικής ή «εικονικής» αναπαραγωγής των πειραμάτων αποτελούσε η γραπτή παρουσίαση τους στο *Cold*. Η πρόσβαση στα πειράματα αυτά ήταν πιο εύκολη και ανοιχτή σε περισσότερους ανθρώπους, από εκείνη των πειραμάτων της αντλίας κενού, με δεδομένο ότι οι συνθήκες ψύχους αναπαράγονταν φυσικά, είτε μέσω των καιρικών συνθηκών είτε μέσω της χρήσης ψυκτικών μέσων, όπως το μίγμα χιονιού και αλατιού. Επιπλέον, το θερμοσκόπιο αποτελούσε ένα όργανο όχι ακριβό στην κατασκευή του και απλό στη χρήση του. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα της αναπαραγωγής των πειραμάτων και γενικότερα της εκτέλεσης νέων πειραμάτων για το ψύχος ήταν η δημιουργία και ο έλεγχος της ύπαρξης συγκρίσιμων θερμοκρασιακών συνθηκών, όπως φαίνεται από τα προβλήματα που επισημάναμε ότι αντιμετώπιζαν οι τρεις μέθοδοι θερμομέτρησης. Το δεύτερο σημαντικό πρόβλημα ήταν η ανάγκη εξέτασης αρκετών φαινομένων σε εξωτερικούς χώρους όπου οι συνθήκες δεν ήταν ελεγχόμενες. Βασικό χαρακτηριστικό της πειραματικής δραστηριότητας του ψύχους ήταν η διεξαγωγή των

²⁹ Shapin, Schaffer [1985], σσ. 55-60. Επίσης, για τους κοινωνικούς κανόνες αποτίμησης της εγκυρότητας μαρτυριών βλ. Shapin [1994], σσ. 243-266.

πειραμάτων όχι μόνο στον περιορισμένο και ελεγχόμενο χώρο ενός εργαστηρίου, αλλά σε εξωτερικούς χώρους όπου οι συνθήκες ήταν λιγότερο ελεγχόμενες. Η ενσωμάτωση από τον Boyle στην πειραματική θεματολογία ορισμένων μακροσκοπικών φαινομένων του ψύχους, όπως ήταν τα μετεωρολογικά φαινόμενα και η θερμοκρασία των υπόγειων χώρων της γης, οδηγούσε στην αναγκαστική χρήση παρατηρησιακών και πειραματικών δεδομένων που προέκυπταν σε εξωτερικούς φυσικούς χώρους. Η πρακτική αυτή οδήγησε τον Boyle στη διαδικασία συλλογής των παρατηρήσεων τρίτων που αφορούσαν φυσικά φαινόμενα ψύχους και θερμότητας ως απαραίτητων δεδομένων για τη συναγωγή συμπερασμάτων. Η παραγωγή συγκρίσιμων πειραματικών αποτελεσμάτων καθώς και η συλλογή συγκρίσιμων παρατηρησιακών δεδομένων δημιουργούσαν την ανάγκη πρακτικών ελέγχου των δεδομένων που παράγονταν στη φύση. Τα παραπάνω προβλήματα σχετίζονταν με την αδυναμία επίλυσης διαμαχών πάνω σε πειραματικά αποτελέσματα, όπως στην περίπτωση της αναπαραγωγής του πειράματος των Φλωρεντινών για τα στάδια μετατροπής του νερού σε πάγο, και οδηγούσαν στη διακύβευση της προσπάθειας του Boyle να διευρύνει την «ιστορία» του ψύχους και να εξασφαλίσει τη συναίνεση για τα πειραματικά του γεγονότα.

5.3 Νέα Ερωτήματα

Μία από τις σημαντικές πτυχές της μελέτης του πειραματικού και συγγραφικού έργου του Boyle για το ψύχος αποτελεί η διατύπωση νέων ερωτημάτων καθώς και ο επαναπροσδιορισμός ορισμένων που έχουν ήδη τεθεί από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία. Έχουμε αναδείξει τρεις παράγοντες που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της θεματικής της έρευνας των φαινομένων του ψύχους και της πειραματικής πρακτικής του Boyle, οι οποίοι χρήζουν περαιτέρω έρευνας: ο ρόλος του ψύχους στη θεωρία της ύλης του Αριστοτέλη, οι «τεχνικές» πρόοδοι και οι οικονομικοί παράγοντες, όπως το εμπόριο, που σχετίζονταν με τη χρήση του ψύχους, και οι αλχημικές και «χημικές» πρακτικές χρησιμοποίησης του ψύχους και των φαινομένων του. Η ανάδειξη συσχετίσεων μεταξύ των συγκεκριμένων θεωριών και πρακτικών και της πειραματικής δραστηριότητας του Boyle για το ψύχος θα βοηθούσε στην καλύτερη κατανόηση της επιλογής των συγκεκριμένων θεματικών και πειραματικών διατάξεων στο *Cold*.

Η συγκριτική μελέτη των πειραματικών δραστηριοτήτων του Boyle και των δύο ιδρυμάτων, της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και της Ακαδημίας Del Cimento, ανοίγει τέσσερα σημαντικά θέματα προς διερεύνηση. Πρώτον, η έρευνά μας έχει δείξει την ύπαρξη ενός δικτύου μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ των Φλωρεντινών και των Άγγλων πειραματιστών που αφορά την πειραματική δραστηριότητα για το ψύχος, το οποίο μπορεί να μελετηθεί ως προς την έκτασή του και τον ρόλο που έπαιξε στη διαμόρφωση και δημοσιοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Δεύτερον, οι διαφορές στις πειραματικές μεθόδους, στα πειραματικά αποτελέσματα καθώς και οι περιπτώσεις όπου οι ερευνητές προσπαθούσαν να απαντήσουν διαφορετικά ερωτήματα μέσω μίας κοινής πειραματικής διάταξης, στρέφουν την έρευνα στην εξέταση των κοινωνικο-πολιτισμικών παραγόντων που επηρεάζουν την πειραματική πρακτική. Ιστοριογραφικές προσεγγίσεις των «διαφορετικών τρόπων σκέψης» (styles of scientific reasoning) μπορεί να βοηθήσουν στην ερμηνεία τέτοιων διαφορών³⁰. Τρίτον, ένα ανοικτό ερώτημα αποτελεί ο προσδιορισμός εκείνων των παραγόντων που οδήγησαν στην ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων για το ψύχος που διέπονταν από κοινά ερωτήματα αν και αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά κοινωνικά και πολιτισμικά περιβάλλοντα³¹. Τέταρτον, οι πειραματικές δραστηριότητες για το ψύχος των δύο ιδρυμάτων αποτελούν ένα κατάλληλο παράδειγμα για την εξέταση των ερωτημάτων που έχουν τεθεί από τη δευτερεύουσα βιβλιογραφία για τις διαφορές ανάμεσα στις πειραματικές μεθόδους που αναπτύχθηκαν στην Αγγλία και στην ηπειρωτική Ευρώπη³². Η περίπτωση των πειραμάτων των μελών της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί, συγκριτικά με το πειραματικό έργο του Boyle, για τη μελέτη της ιδιοποίησης της Βακωνικής μεθόδου.

Η μελέτη των μεθόδων που χρησιμοποίησε ο Boyle για την υποστήριξη της σωματιδιακής υπόθεσης για το ψύχος θέτει επιπλέον ερωτήματα που σχετίζονται με το γενικότερο θέμα της ανάπτυξης της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle για την ύλη. Ένα βασικό ερώτημα αφορά τη σχέση της πειραματικής δραστηριότητας για το ψύχος με τη διαμόρφωση της σωματιδιακής θεωρίας του Boyle στην πραγματεία *Origin of Forms and Qualities*, δεδομένης της χρονικής συνάφειας της προετοιμασίας της

³⁰ Crombie [1994], και Gavroglu [1990] και [1994], Hacking [1994], Παπανελοπούλου [2008]

³¹ Σημαντικά εργαλεία για μία τέτοια έρευνα δίνει η μελέτη του Kuhn πάνω στη διαμόρφωση της έννοιας της διατήρησης της ενέργειας από διαφορετικούς πειραματιστές στα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Βλ. Kuhn [1977].

³² Dear [2001] και Henry [2002].

πραγματείας με το *Cold* καθώς και της αρχικής σκέψης του Boyle να εκδόσει τις δύο πραγματείες μαζί. Ένα θέμα το οποίο χρειάζεται να μελετηθεί περαιτέρω αφορά τη σχέση της επιχειρηματολογίας που ανέπτυξε ο Boyle για να αντικρούσει την αριστοτελική θεωρία για το ψύχος στο *Cold* με την επιχειρηματολογία που χρησιμοποίησε εναντίον της θεωρίας των ποιοτήτων στο *Origin of Forms and Qualities*. Επίσης, με βάση την ανάδειξη του ιδιαίτερου χειρισμού της ελλειπτικής θεώρησης του ψύχους στην εργασία «of the Positive or Privative Nature of Cold», με τρόπο που να μπορεί να περιλαμβάνει τη θετική δράση παραγόντων για την πρόκληση των φαινομένων του ψύχους, θεωρούμε ότι η έρευνα των θεολογικών προεκτάσεων της διαμάχης μεταξύ της ελλειπτικής και της θετικής θεώρησης του ψύχους θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της επιχειρηματολογίας του Boyle καθώς και της σημασίας της συγκεκριμένης διαμάχης για τους φυσικούς φιλοσόφους του 17ου αιώνα.

Παράρτημα 1

1) Τα περιεχόμενα της Έκδοσης *Cold*

Title Page : New Experiments and Observations touching Cold, or an Experimental History of Cold Begun. To which are added An Examen of Antiperistasis, and An Examen of Mr. Hobs's Doctrine about Cold. By the Honourable Robert Boyle, Fellow of the Royal Society. Whereunto is annexed an Account of Freezing, brought in to the Royal Society, by the Learned Dr. C. Merret, a Fellow of it. Non fingendum, aut excogitandum, sed inveniendum, quid natura fiat, aut ferat, Bacon

The Publisher to the Ingenious Reader

The Author's Preface Introductory

Errata

The contents of the Experimental History of Cold:

New Thermometrical Experiments and Thoughts

- I) The I. Discourse, Proposing the I. Paradox. Viz That not only our Senses, but common Weather-glasses, may mis-inform us about Cold.
- II) The II. Discourse Containing Some New Observations about the Deficiencies of Weather-Glasses, together with some Considerations touching the New or Hermetical Thermometers
- III) The III. Discourse, Containing The II Paradox, viz Touching the Cause of the Condensation of Air, and Ascent of Water by Cold in Common Weather-glasses.

The Paper that was prefixt (by way of a short Prefatory Address) to the ensuing History of Cold, when being to be brought in, and presented to the *Royal Society*, it was put into the hands of (its most worthy President) the Lord Viscount *Brounker*, was as followeth

The Experimental History of Cold Begun

Title I: Experiments touching bodies capable of freezing others

Title II: Experiments and Observations touching Bodies Disposed to be Frozen- Appendix to the II. Title.

Title III: Experiments touching Bodies Indispose'd to be Frozen

Title IIII: Experiments and Observations touching the Degrees of Cold in several Bodies

Title V: Experiments touching the Tendency of Cold Upwards or Downwards

Title VI: Experiments and Observations touching the Preservation and Destruction of (Eggs, Apples and other) Bodies by Cold- An Appendix to the VI Title

Title VII: Experiments touching the Expansion of Water, and Aqueous Liquors, by freezing

Title VIII: Experiments touching the Contraction of Liquors by Cold

Title IX: Experiments in Consort, Touching the Bubbles from which the Levity of Ice is supposed to proceed

Title X: Experiments about the Measure of the Expansion and the Contraction of Liquors by Cold

Title XI: Experiments touching the Expansive Force of Freezing Water

Title XII: Experiments touching a New Way of estimating the Expansive force of Congelation, and of highly compressing Air without Engines

Title XIII: Experiments and Observations touching the Sphere of Activity of Cold

Title XIV: Experiments touching the Differing Mediums, through which Cold may be diffus'd

Title XV: Experiments and Observations touching Ice

Title XVI: Experiments and Observations touching the Duration of Ice and Snow, and the destroying of them by the Air and Several Liquors- Appendix to the XVI Title

Title XVII: Considerations and Experiments touching the Primum Frigidum

Title XVIII: Experiments and Observations touching the Coldness and Temperature of the Air

Title XIX:Of the Strange Effects of Cold

Title XX: Experiments touching the weight of Bodies frozen and unfrozen- Appendix to the XX. Title.

Title XXI: Promiscuous Experiments and Observations concerning Cold- Postscript

An Examen of Antiperistasis, As it is wont to be Taught and Prov'd-Title Page

An Advertisement

An Examen of Antiperistasis, As it is wont to be Taught and Prov'd

Postscript: A Sceptical Consideration of the Heat of Cellars in Winter, and their Coldness in Summer

An Examen of Mr Hob's Doctrine touching Cold-Title Page

An Advertisement

An Examen of Mr Hob's Doctrine touching Cold

Philosophical Writings already publish'd by this Author

An Account of Freezing made in December and January, 1662 by Christopher Merrett- title page

An Advertisement to the Readers of The Following Experiments, by the Author of the foregoing History.

An Account of Freezing made in December and January, 1662

Δεύτερη Έκδοση *Cold* (1683):

Παράρτημα

An Appendix, containing some Promiscuous Experiments & Observations relating to the precedent History of Cold: Appendix to the second edition – title page

The publisher to the reader

An Appendix, containing some Promiscuous Experiments & Observations relating to the precedent History of Cold

Particulars referable to the II. Title.

Particulars referable to the III. Title.

Particulars referable to the VI. Title.

The Pheanomena of an Experiment about freezing, made by Mr. Boyle, referable to the VII. Title

Particulars referable to the VIII. Title
Particulars referable to the X. Title.
Particulars referable to the XI. Title
Particulars referable to the XV. Title.
One particular referable to the XVII. Title.
Particulars referable to the XVIII. Title
Particulars referable to the XIX. Title.
Particulars referable to the XX. Title.
One particular referable to the XXI. Title.

Πίνακας 1

Χρονικό διάστημα	Βαρομέτρο	Κλειστό θερμοσκόπιο	Ανοιχτό θερμοσκόπιο
Αρχικά	29 ίντσες	40 ίντσες	39,5 ίντσες
1η νύχτα	29 $\frac{1}{4}$ ίντσες	45 ίντσες	35 ίντσες
2η νύχτα	29 $\frac{3}{4}$ ίντσες	40 ίντσες	17 ίντσες
4η ή 5η νύχτα	30 ίντσες	41 ίντσες	9 ίντσες
6η μέρα	30 ίντσες	33 ίντσες	Πιο χαμηλός βαθμός (ο καιρός αισθητά πιο κρύος)
Μία άλλη ημέρα	28,5 ίντσες	34 ίντσες	41 ίντσες (καιρός το ίδιο κρύος με δη ημέρα)

Πίνακας 2

Ουσία	1η Πειραματική δοκιμή (χρόνος/λεπτά)	2η Πειραματική δοκιμή (χρόνος/λεπτά)
oyl of Vitriol	5	3
Spirit of Wine	12	13
Aqua Fortis	12,5	no record
Water	12	26
Oyl of Turpentine	44	47
Air	64	152
Shallet Oyl	no record	52

Πίνακας 3

Συγγραφέας	Εργασία/γράμμα	Register Book	Letter Book	Guard Book	Philosophical Transactions	Άλλες δημοσιεύσεις	Πουθενά
J. Beal	A Copy of a Letter from Somersetshire to Mr Oldenburg concerning a Strange Frost which hath lately done much hurt about Bristol together with some Usefull hints suggested upon that Occasion		13 Ιανουαρίου 1672/3		20 Ιανουαρίου 1672/3		
R. Boyle	A New Frigorifick Experiment, shewing How a Considerable Degree of Cold, may be suddenly produced without the help of Snow, Ice Haile, Wind, or Niter, and that at any time of the year. Brought in By Mr Boyle and read Before the Society July 11 1666.	11 Ιουλίου 1666			18 Ιουλίου 1666		
	The Phenomena of an Experiment about Freezing	23 Νοεμβρίου 1671				<i>Cold (1665)</i>	
W. Charleton	Essay with experiments on cold			13 Ιανουαρίου 1663/4			
T. Henshaw	Experiments on Freezing	3 Δεκεμβρίου 1662					

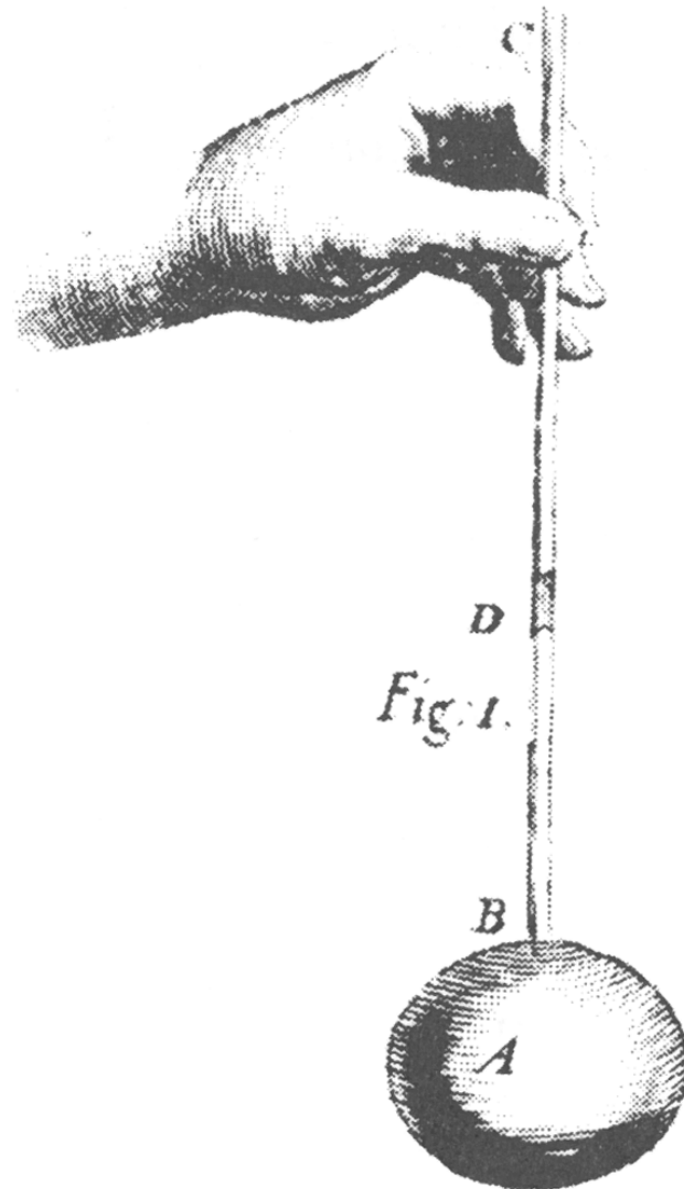
Συγγραφέας	Εργασία/γράμμα	Register Book	Letter Book	Guard Book	Philosophical Transactions	Άλλες δημοσιεύσεις	Πουθενά
T. Henshaw	'Giving an Account of his Observations made in Denmark, and in his Voyage Thither'.	18 Φεβρουαρίου 1674/5	14 March 1673/4				
	Observations Concerning Denmark						*
J. Hevelius	Promiscuous Inquiries, Chiefly about Cold, Formerly Sent and Recommended to Monsieur Hevelius; Together with His Answer Return'd to Some of them.				τεύχη 1665- 1666		
R. Hooke	Observables in the Branched Figures Frozen in Urine	10 Δεκεμβρίου 1662				<i>Micrographia</i> (1665)	
	Figures Observed in Water Frozen	10 Δεκεμβρίου 1662				<i>Micrographia</i> (1665)	
	Figures Observed in Snow	10 Δεκεμβρίου 1662				<i>Micrographia</i> (1665)	

Συγγραφέας	Εργασία/γράμμα	Register Book	Letter Book	Guard Book	Philosophical Transactions	Άλλες δημοσιεύσεις	Πουθενά
	Of the Refraction of Ice	11 Φεβρουαρίου 1662				<i>Philosophical Experiments and Observations</i> (1726)	
	An Account of An Experiment touching the Differing Weight of Cold and Warm Water	14 Ιανουαρίου 1662/3					
	An Experiment of Rising of Water in a Bolt-head upon immersion in Cold; and falling thereof upon the immersion of it in hot	13 Απριλίου 1664					
	Experiments upon Ice					<i>Philosophical Experiments and Observations</i> (1726)	
	An Experiment to Examine the Comparative Weight of Ice and Water	13 Φεβρουαρίου 1683/4				<i>Philosophical Experiments and Observations</i> (1726)	
	The Experiments were to show first that the Blebbs in Ice supposed by some to be Vacuities like the Blebbs in Glass Drops are filled with air which has the same Propertys with Common Air.	20 Φεβρουαρίου 1683/4				<i>Philosophical Experiments and Observations</i> (1726)	
J. Hoskyns	Some Inquiries to be sent to Greenland	17 Δεκεμβρίου 1662					

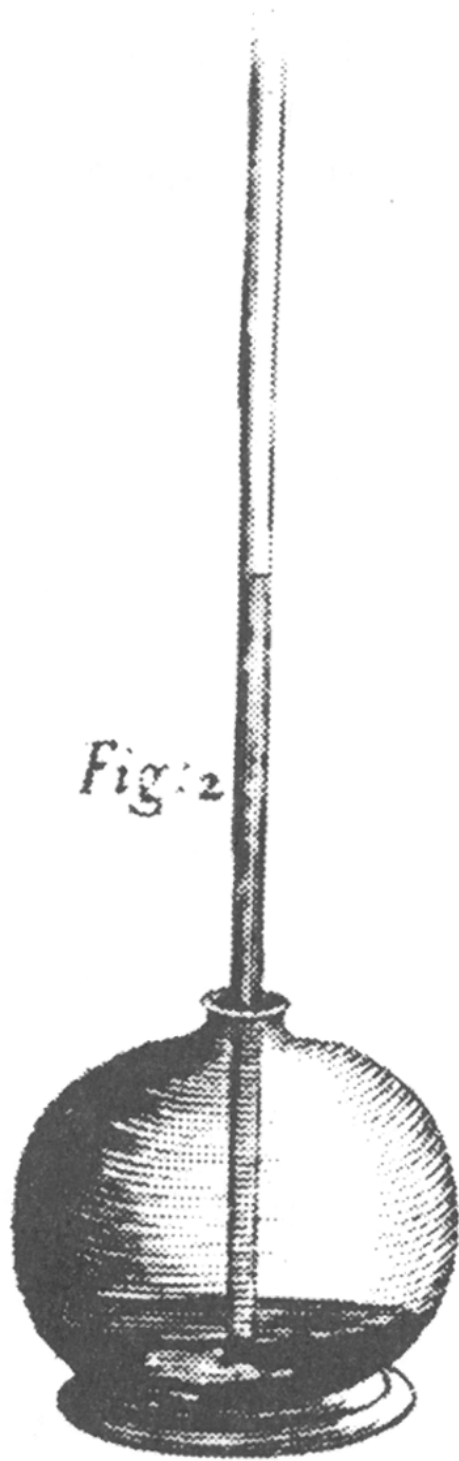
Συγγραφέας	Εργασία/γράμμα	Register Book	Letter Book	Guard Book	Philosophical Transactions	Άλλες δημοσιεύσεις	Πουθενά
M. Lister	Some Experiments about Freezing and the Difference Betwixt common fresh Water Ice and that of Sea Water: Also a Propable conjecture about the Original of Niter in Agypt	14 Ιανουαρίου 1684/5			28 Ιανουαρίου 1684/5		
C. Merret	An Account of Freezing Made in December and January 1662	30 Δεκεμβρίου 1663					
W. Musgrave	Mr Musgrave to Mr Aston of a Mathematical Instrument at Paris: of the Loadstone in Nova Francia. More of Salt-peter of the Petrified. Heel effects of Frosts in the Physick Garden; of a light see resembling the sun'		29 Απριλίου 1684				
R. Plot	A Paper of Queries concerning the Splitting of Trees By the last Frost, sent by R. Plot to the Honourable Viscount Weymouth with the answers returned by his Lordship thereto		2 Απριλίου 1684				
Dr Pope	Letter on Storm and Hail		καταχωρήθηκε				

H. Power	Subterraneous Experiments, and Observations on dampts of Colemines	3 Δεκεμβρίου 1662					
Συγγραφέας	Εργασία/γράμμα	Register Book	Letter Book	Guard Book	Philosophical Transactions	Άλλες δημοσιεύσεις	Πουθενά
F. Slare	Experimts on sea-ice from Harwich	20 Φεβρουαρίου 1683					
Μέλη της Βασιλικής Εταιρείας	Directions for Observations and Experiments to be made by Masters of Ships, Pilots, and other, fit Persons In their Sea-Voyages				8 Απριλίου 1667		

Παράρτημα 2

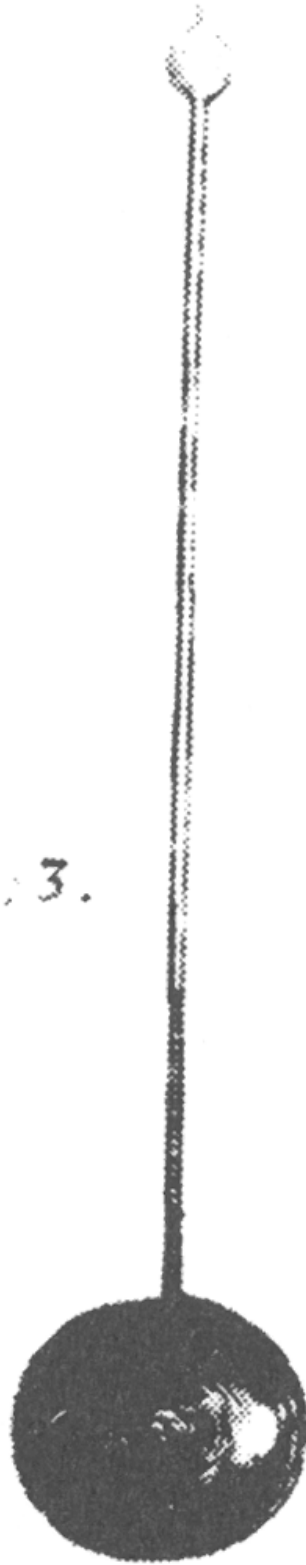


Εικόνα 1

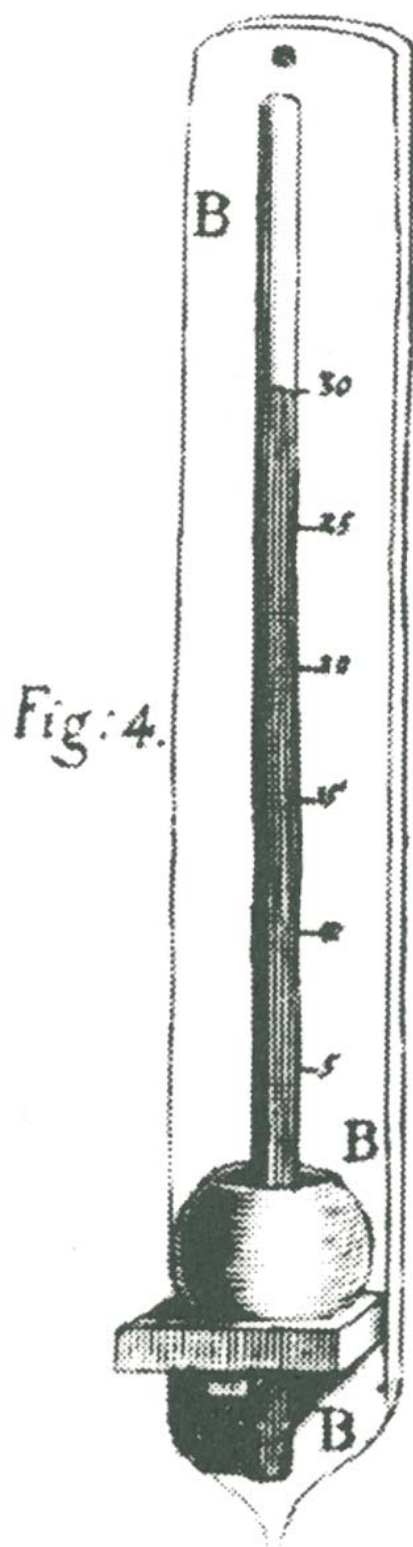


Εικόνα 2

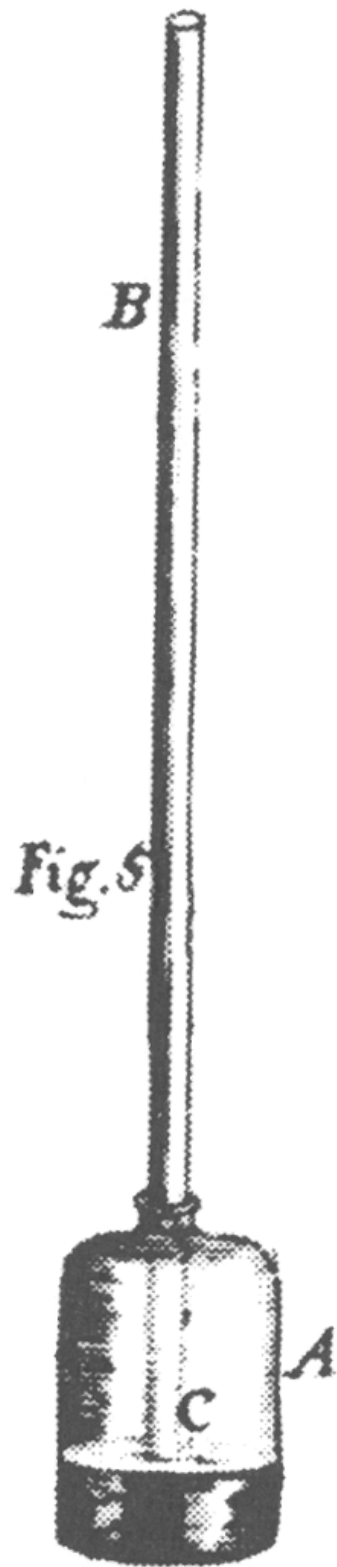
Fig. 3.



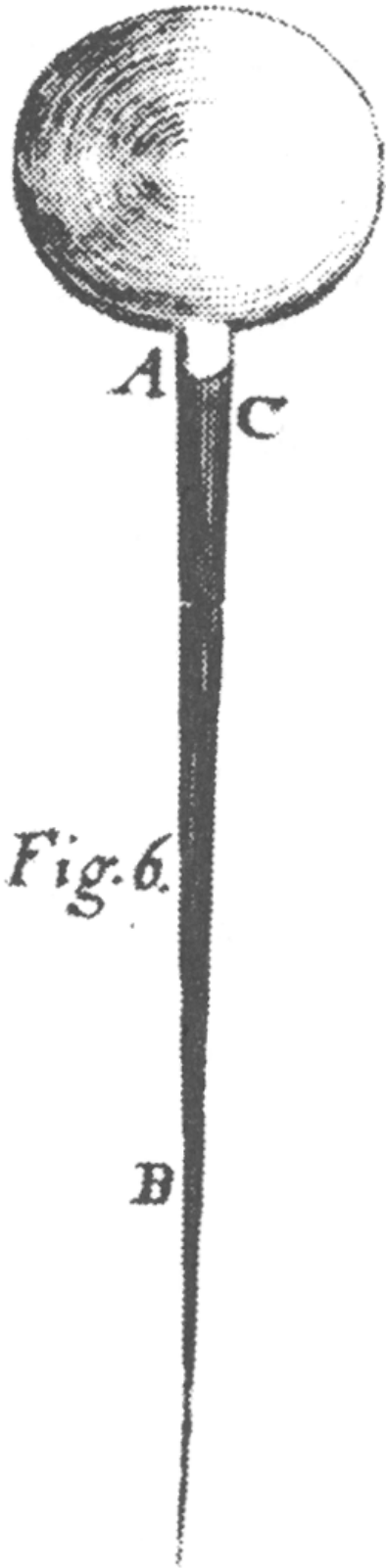
Εικόνα 3



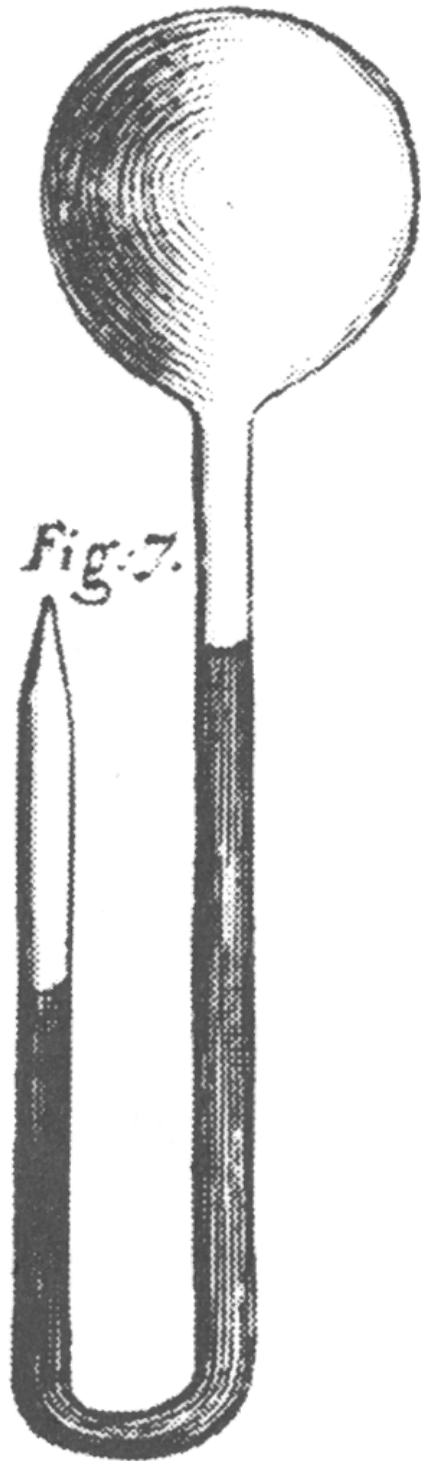
Εικόνα 4



Εικόνα 5



Εικόνα 6



Εικόνα 7



Εικόνα 8

Για Εικόνες 1-7 Βλ. Boyle [1665α], σελ. 228.

Για Εικόνα 8 Βλ. Burckhardt [1867] Ο Burckhardt αναπαράγει εδώ το θερμοσκόπιο που απεικονίζεται στο έργο του Leurechon, *Recreations Mathematiques*, (1626)

Βιβλιογραφία

A) Αρχεία και Χειρόγραφα

Αρχεία της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου (Royal Society Archive)

Journal Book Original, τόμοι 1-9 (1660-1696)

Register Book Original, τόμοι 2-8 (1661-1700)

Letter Book Original, τόμοι 1-2 (1661-1668), 6-7 (1672-1675), 8-9 (1677-1684)

Classified Papers (Guard Books), τόμοι 4i, 4ii, 5, 20 (1660-1741)

Index to Register Book and Journal Book, τόμοι 1, 2 (1689), από τον Richard Waller

Philosophical Transactions τόμος 1 (τεύχη 1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21,)

1665/66, τόμος 2 (τεύχη 24,27, 28, 32) 1666/67, τόμος 5 (τεύχος 66) 1670, τόμος 7 (τεύχος 90) 1672.

Boyle Papers (Το αρχείο χειρογράφων του Boyle που φυλάσσεται στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου)

--τόμος 10: BP 10 fol. 89v (RB/1/10/63) ‘MS version of the 21 titles, for this work as printed in list of contents’

BP 10 fols., 157-8 (RB/1/10/113) ‘MS version of two passages about ice assuming the shapes of plants, if the water is first impregnated with ‘ the Saline parts of Plants’

--τόμος 26: BP 26 fol. 204 (RB/1/26/57) ‘MS version of opening paragraph, title I, as printed. r/n/hand: 1650s or D’

--τόμος 27: BP 27 σελ. 93b (RB/1/27/3) ‘A paragraph about thawing winds at Archangel, one in a series of observations from Samuel Collins that are part of ‘Promiscuous Experiments, Observations, & Notes, a work-diary from the 1660s’

--τόμος 28: BP 28 σσ. 259-63 (RB/1/28/9) ‘Fragments of a set of notes on cold, many with information provided by Samuel Collins’

--τόμος 29: BP 29 fols. 35-76 (RB/1/29/4) ‘Unpublished Latin translation of ‘Examen of Antiperistasis’ (‘Cold’) (incl. ‘Postscript’ .r/n/Hand:L)

--τόμος 36: BP fol. 94 (RB/1/36/63) ‘MS Version of the 21 Titles of ‘Cold’ including subtitles to the Title XXI, which missing from published contents list; one of the latter mistakenly has ‘To the XXI Title’ rather than the XI title.r/nHand: uncertain’

--τόμος 38: BP 38 fol. 94 (RB/1/38/42) ‘Text relating to ‘Cold’. Fragment of an experiment with cold temperatures and a glass-egg, probably an early version of an experiment in section 11 of Title IX (dated there (‘4 Febr. 1661’) r/nHand 1650s’

Bulloch’s Roll: BR, τόμοι 1,2 ‘A Biographical Listing of the Fellows of the Royal Society 1663-1940 in the form of a sheaf catalogue compiled by William Bulloch FRS (1868-1941)’

The Boyle Work-Diaries (Ημερολόγια Εργασίας του Robert Boyle τα οποία έχουν συλλεχθεί και παρουσιάζονται σε βάση δεδομένων στο διαδίκτυο)

1 ‘Diurnall Observations, Thoughts and Collections Begun at Stalbridge April 25th 1647’

6 ‘Memorialls Philosophicall Beginning the Newyearsday 1649/50 and to end with the year. And so by God’s permission to be annually continu’d during my Life January’

7 (Medicine Recipes in Latin, 1651)¹

8 ‘Memorialls Philosophicall Beginning this First Day of the Year 1651/52. And By God’s Assistance to be constantly continued during my Life A.D. M.D.C. LIII/LIIII’

9 (Medicinal And Chymical Recipes in English 1654?)

10 (Medicinal Recipes in Latin, early 1650s)

11 (Medicinal Recipes mostly in French, early 1650s)

12 ‘ A Philosophicall Diary Begun this First of January 1654/55, And to be Continu’d, By God’s Assistance, during my Life’

13 ‘Promiscuous observations begun the 24th of 7ber 1655’

14 ‘A Private Philosophical Diary Begun this first day of January 1655/6’

15 ‘Philosophical Collections begun the 12th of September 1656’

¹ Οι τίτλοι που βρίσκονται σε παρένθεση αποτελούν προσθέσεις των επιμελητών στις περιπτώσεις όπου το ημερολόγιο εργασίας δεν είχε τίτλο.

- 16 ‘My Private Philosophicall Diary Begun this First of Jan. 1656/7’
- 17 ‘A Philosophicall Diary Begun Sept. the 20th.’
- 18 (chymical recipes, mainly involving metals and transmutation, late 1650s)
- 19 ‘Philosophicall Entrys & Memeorialls (of all sorts,) Here confusedly throwne together; to be Hence transferr’d to the Severall Treatises they Belong’
- 20 ‘A Continuation of Physiological Entries from the IXth of July.’
- 21 ‘Promiscuous Experiments, Observations, and Notes’ (late 1660s – very early 1670s)
- 22 ‘Promiscuous Addenda to my severall Treatises’ (late 1660s-early 1670s)

B) Δημοσιευμένες Πρωτεύουσες Πηγές:

Accademia Del Cimento [1964, πρώτη έκδοση 1684], *Essayes of Natural Experiments made in the Academie del Cimento*, με πρόλογο του Rupert Hall, New York/ London: Johnson Reprint Corporation.

Saggi di naturali esperienze fatte nell’Accademia del Cimento, Firenze: Cocchini, 1666 [i.e. 1667].

Aristotle [1952], *Meteorologica*, μτφ. Lee H.D.P., Cambridge, Massachusetts/London: Harvard University Press/The Loeb Classical Library series, τόμος VII.

Bacon, Francis [1870], *The Works of Francis Bacon, Baron of Verulam, Viscount St Alban, and Lord High Chancellor of England*, Spedding, James - Leslie, Ellis, Robert - Heath, Douglas, Denon (επιμ.), London: Longmans & Co· Simpkin, Marshall, & Co, Hamilton & Co, Whittaker & Co· J. Bain· Hodgson, E· Richardson & Co· Houlston & Sons· Bickers & Son· Sotheran, H. & Co, Cornish, J. & Sons, Booth, L· Snow, J· Aylott & Son· Hall & Co· and Virtue and Co, 7 τόμοι.

-----[1605], *The Advancement of Learning*, Spedding et al (επιμ.), τόμος III.

- [1620], *Novum Organum*, στο *The Works of Francis Bacon, Baron of Verulam, Viscount St Alban, and Lord High Chancellor of England*, Spedding et al (επιμ.), τόμος IV, σσ. 39-248.
- [1623], *The History of Dense and Rare*, στο *The Works of Francis Bacon, Baron of Verulam, Viscount St Alban, and Lord High Chancellor of England*, Spedding et al (επιμ.), τόμος V, σσ. 343-400.
- [1626], *Sylva Sylvarum: or a Natural History in Ten Centuries*, στο *The Works of Francis Bacon, Baron of Verulam, Viscount St Alban, and Lord High Chancellor of England*, Spedding et al (επιμ.), τόμος , σσ. 325-685.
- [1626], *New Atlantis*, Spedding et al (επιμ.), τόμος III.

Bacon, Francis [1960], *The New Organon*, Anderson H. Fulton, (επιμ.), Indianapolis: The Library of Liberal Arts/Bobbs-Merrill Educational Publishing.

Bate, John [1654], *The Mysteryes of Nature, and Art: contained in foure severall Tretises, the first of Water workes, the second of Fyer workes, the third of Drawing, Colouring, Painting, and Engraving, the fourth of divers Experiments...partly collected, and partly of the Authors peculiar practice, and invention*, London: Bishop, R. for Crook, Andrew.

Berigardus, Claudius [1643], *Circulus Pisanus: De veteri & Peripatetica Philosophia, In priores libros Phys. Arist. Serenissimo, Ferdinando Secundo Magno Hetruriae Duci Dedicatus*, Vitini: ex typographia Nicolai Schiratti.

Boyle, Robert [1772], *The Works of the Honourable Robert Boyle*, Thomas Birch (επιμ.), Hildesheim: Georg Olms, τόμοι 1-6.

Boyle, Robert [1999], *The Works of Robert Boyle*, Michael Hunter and Edward B. Davies (επιμ.), London: Pickering and Chatto Publishers, τόμοι 1-7.

Boyle, Robert [2000], *The Works of Robert Boyle*, Michael Hunter and Edward B. Davies (επιμ.), London: Pickering and Chatto Publishers, τόμοι 8-14.

-----[1649/50], ‘Materialls & Addenda Desing’d towards the Structure & completing of Treatises already begun or written. January the 25th 1649/1650’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 14, σσ. 329.

-----[τέλη 1650], ‘Dialogues concerning Flame and Heat’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 13, σσ. 259-269.

-----[1654], ‘List of essays and experiments, c. 1654’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 14, σελ. 330.

-----[1649-1654α], ‘Of the Study of the Book of Nature’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 13, σσ. 145-172.

-----[1649-1654β], ‘Essay of the Holy Scriptures’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 14, σσ. 173-223.

-----[1649-1654γ], ‘Essay of the Atomickall Philosophy’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 13, σσ. 227-235.

-----[1659], *Some Motives and Incentives to the Love of God. Pathetically discours’d of, in a Letter to a Friend*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 1, σσ. 51-139.

----- [1660], *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching The Spring of the Air and its Effects (Made for the most part, in a New Pneumatical Engine)*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 1, σσ. 141-306.

-----[1661α], *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 3-203.

-----[1661β], ‘A Proemial Essay, wherein, with some considerations touching Experimental Essays in General, Is interwoven such an Introduction to all those written by the Author, as is necessary to be perus’d for the better understanding of them’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 9-34.

- [1661γ], ‘The First Essay, of the Unsuccessfulness of Experiments’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 37-56.
- [1661δ], ‘The Second Essay, of Un-succeeding of Experiments’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 57-82.
- [1661ε], ‘Some Specimens of an Attempt to make Chymical Experiments Useful to Illustrate the Notions of the Corpuscular Philosophy’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 83-91.
- [1661στ], ‘A Physico-Chymical Essay, containing An Experiment with some Considerations touching the differing Parts and Redintegration of Salt-Petre’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 93-113.
- [1661ζ], ‘The History of Fluidity and Firmness’, στο *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, (1661), στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 115-203.
- [1661η], *Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Touching the Spagyrist’s Principles Commonly call’d Hypostatical, as they are wont to be propos’d and Defended by the Generality of Alchymists*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 205-378.
- [1661θ], *Some Considerations touching the Style of the H[oly] Scriptures*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 2, σσ. 379-490.
- [1662α], *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and the Weight of the Air*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 3, σσ. 3-107.
- [1662β], *An Examen of Mr. T Hobbes his Dialogus Physicus De Natura Aeris*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 3, σσ. 109-188.

- [1663], *The Usefulness of Experimental Philosophy (Part I and Part II, section I)*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 3, σσ. 189-561.
- [1664], *Experiments and Considerations touching Colours*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 4, σσ. 3-201.
- [1665α], *New Experiments and Observations touching Cold, or an Experimental History of Cold Begun*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 4, σσ. 203-575.
- [1665 β], ‘The Order of My Severall Treatises’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 14, σσ. 331-332.
- [1665γ], ‘Various Tracts, As Essays &c’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 14, σελ. 332.
- [1665δ], *Occasional Reflections upon Several Subjects Whereto is premis’d a Discourse About such kind of Thoughts*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 5, σσ. 3-187.
- [1666α], *Hydrostatical Paradoxes*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 5, σσ. 189-279.
- [1666-7β], *The Origin of Forms and Qualities*, στο *The Works of Robert Boyle*, (1999), Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 5, σσ. 281-491.
- [1667], ‘Tracts’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 13, σσ. 333-334.
- [1669α], *A Continuation of New Experiments Physico-Mechanical Touching the Spring and Weight of the Air, and their Effects. The I Part*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 6, σσ. 27-187.
- [1669β], *Of Absolute Rest in Bodies*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 6, σσ. 189-211.
- [1670α], *Tracts Written By the Honourable Robert Boyle. About the Cosmicall Qualities of things. Cosmicall Suspitions. The Temperature of the Subterraneall Regions. The Temperature of the Submarine Regions. The Bottom of the Sea*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 6, σσ. 259-364.

- [1670β], *Tracts Written by the Honourable Robert Boyle...Of A Discovery of the Admirable Rarefaction of the Air, etc.*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 6, σσ. 365-387.
- [1671], *The Usefulness of Natural Philosophy (Part II, section 2)*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 6, σσ. 389-540.
- [1673α], ‘of the Positive or Privative Nature of Cold. A Sceptical Dialogue Between Carneades, Themistius, Eleutherius, Philoponus’, στο *Saltness of the Sea*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 341-367.
- [(1673β)], ‘Two Problems about Cold, Grounded on New Experiments, And Proposed in a Letter to a Friend’, στο *Saltness of the Sea*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 369-374.
- [1673γ], «An Attempt to Manifest and Measure the Great Expansive Force of Freezing Water’, στο *Saltness of the Sea*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 375-379.
- [1673δ], ‘A New Experiment about the Production of Cold By the Conflict of Bodies, appearing to make an Ebullition’, στο *Saltness of the Sea*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 381-388.
- [1673ε], ‘A Statical Hygroscope Proposed to be further tried, Together with a Brief Account of the Utilities of Hygroscopes’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 427-451.
- [1673στ], ‘Essays of the Strange Subtilty, Great Efficacy, Determinate Nature of Effluviiums’, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 7, σσ. 227-303.
- [1674α], *The Excellency of Theology, compar'd with Natural Philosophy, (as both are Objects of Men's Study)*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 8, σσ. 3-116.
- [1674β], *Tracts: Containing I. Suspicions about some Hidden Qualities of the Air; with an Appendix touching Celestial Magnets, and some other Particulars, II*

- Animadversions upon Mr. Hobbes's Problemata De Vacuo, III A Discourse of the Cause of Attraction by Suction*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 8, σσ. 117-232.
- [1675α], *Some Considerations about the Reconcilableness of Reason and Religion*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 8, σσ. 233-313.
- [1675-6β], *Experiments, Notes, &c. about the Mechanical Origine or Production of divers particular Qualities*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 8, σσ. 315-523.
- [1678], *Of a Degradation of Gold Made by an Anti-Elixir*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 9, σσ. 3-17.
- [1680α], *Experiments and Notes about the Producibleness of Chymicall Principles, being Parts of an Appendix, design'd to be added to the Sceptical Chymist*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 9, σσ. 19-120.
- [1680β], *Aerial Noctiluca*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 9, σσ. 265-304.
- [1681α], *New Experiments and Observations made upon the Icy Noctiluca*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 9, σσ. 305-341.
- [1681β], *A Discourse of Things above Reason. Inquiring Whether a Philosopher should admit there are any such*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 9, σσ. 361-452.
- [1684α], *Memoirs for the Natural History of Humane Blood*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 10, σσ. 3-101.
- [1684-85β], *Of the High Veneration Man's Intellect owes to God; Peculiarly for his Wisdom and Power*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 10, σσ. 157-203.
- [1685α], *An Essay of the Great Effects of Even Languid and Unheeded Motion*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (1999), τόμος 10, σσ. 251-349.

- [1685β], *of the Reconcilableness of Specifick Medicines to the Corpuscular Philosophy*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 10, σσ. 351-435.
- [1686], *A Free Enquiry into the Vulgarly Reveiv'd Notion of Nature; Made in an Essay address'd to a Friend*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 10, σσ. 437-581.
- [1687], *The Martyrdom of Theodora and of Didymus*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter, Michael - Davies, Edward, B. (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 3-78.
- [1688α], *A Disquisition about the Final Causes of Natural Things: Wherein it is Inquir'd, Whether, And (if at all) With what Cautions, a Naturalist should admit Them?*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 79-151.
- [1688β], *Some Receipts of Medicines*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 173-186.
- [1690α], *Medicina Hydrostatica*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 200-280.
- [1690-91β], *The Christian Virtuoso: Shewing, That by being addicted to Experimental Philosophy, a Man is rather Assisted, than Indisposed, to be a Good Christian. The First Part*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 281-366.
- [1692], *The General History of the Air*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 12, σσ. 3-159.
- [1695], *A Free Discourse against Customary Swearing and a Dissuasive from Cursing*, στο *The Works of Robert Boyle*, Hunter and Davies (επιμ.), (2000), τόμος 11, σσ. 302-351.

Boyle, Robert [2001], *Correspondence of Robert Boyle*, Michael Hunter, Antonio Clericuzio, Lawrence M. Principe (επιμ.), London: Pickering & Chatto Publishers, τόμοι 6.

Charleton, Walter [1966, πρώτη έκδοση 1654], *Physiologia-Epicuro-Gassendo-Charltoniana: or a Fabrick of Science Natural, Upon the Hypothesis of Atoms, Founded, Repaired and Augmented by Epicurus, Petrus Gassendus, Walter Charleton*, Robert H. Kargon (επιμ.), New York/London: Johnson Reprint Corporation.

Descartes, Rene [1984], *The Philosophical Writings of Descartes*, μτφ. John Cottingham, Robert Stoothoff, Dugald Murdoch, Cambridge: Cambridge University Press, τόμοι 2.

-----[1642], *Meditations on First Philosophy*, στο *The Philosophical Writings of Descartes*, μτφ. John Cottingham, Robert Stoothoff, Dugald Murdoch, (1984), τόμος 2, σσ. 1-62.

-----[1642], *Objections and Replies*, στο *The Philosophical Writings of Descartes*, μτφ. John Cottingham, Robert Stoothoff, Dugald Murdoch, (1984), τόμος 2, σσ. 63-383.

-----[1644], *Principles of Philosophy*, στο *The Philosophical Writings of Descartes*, μτφ. John Cottingham, Robert Stoothoff, Dugald Murdoch, (1984), τόμος 1, σσ. 177-291.

Fludd, Robert [1617-21], *Utriusque cosmi maioris scilicet et minoris metaphysica, physica atque technica historia*, Francofurti: Oppenheimii &c, τόμοι 2.

Fludd, Robert [1638], *Philosophia Moysaica. In qua sapientia et scientia creationis et creaturarum sacra vereque Christiana ... ad amussim et enucleate explicatur*, Goudæ.

Fournier, Georges (père) [1667], *Hydrographie : contenant la theorie et la pratique de toutes les parties de la navigation*, Paris : Jean du Puis.

Helmont, Jean Bapriste van [1652], *Ortus medicinæ. Id est, Initia physicæ inaudita : Progressus medicinæ novus, in morborum ultionem, ad vitam longam*, Amsterodami: Apud Ludovicum Elzevirium.

Hobbes, Thomas [1839-1845], *Thomae Hobbes Malmesburiensis opera philosophica quae Latine scripsit omnia*, Sir William Molesworth (επιμ.), London: John Bohn, τόμος 8.

-----[1661], *Dialogus physicus de natura aeris, conjectura sumpta ab experimentis nuper Londini habitis in Collegio Greshamensi. Item de duplicatione cubi*, στο *Thomae Hobbes Malmesburiensis opera philosophica quae Latine scripsit omnia*, Sir William Molesworth (επιμ.), [1839-1845], London: John Bohn, τόμος 4, σσ. 233-296.

-----[1665], *Elementorum Philosophiae section prima de corpore*, στο *Thomae Hobbes Malmesburiensis opera philosophica quae Latine scripsit omnia*, Sir William Molesworth (επιμ.), [1839-1845], London: John Bohn, τόμος 1, σσ. 1-431.

Hobbes, Thomas [1656], *De Corpore or Elements of Philosophy, The First Section concerning Body*, London: Leybourn, R.&W. για τον Andrew Crooke στο Green Dragon στο Pauls Church-yard.

Hooke, Robert [1705], *The Posthumous Works*, Richard Waller (επιμ.), London.

Hooke, Robert [1726], *Philosophical Experiments and Observations*,

Hooke Robert [1961], *Micrographia*, New York: Dover Publications Inc.

James, Thomas [1633], *The strange and dangerous voyage of captaine Thomas James in his intended discouery of the northwest passage into the South sea with an appendix concerning longitude by H. Gellibrand, and an aduise concerning the philosophy of these late discoueryes*, London: I. Legatt for I. Patridge.

Linus, Fransiscus [1661], *Tractatus de corporum inseparabilitate; in quo experimenta de vacuo, tam Torricelliana, quam Magdeburgica, & Boyliana, examinatur, vera que eorum causa detecta, ostenditure, Vacuum Naturaliter dari non posse*, Londini: Martin Joan.

Mersenne, Marin [1635], *Questions physico-mathematiques et les Mechaniques de Sieur Galilee tres excellent Mathematicien et Ingeniuer du Duce de Florence avec les Preludes de l' harmonie universelle*, Paris: Henry Gvenon.

Olaus, Magnus [1555], *Historia de gentibus septentrionalibus*, Romæ: Joannes Maria de Viottis, in aedibus Birgittae.

Pascal, Blaise [1633], *Traité de l'equilibre des liqueurs, et de la pesanteur de la masse de l'air*, Paris: G. Desprez.

Power, Henry [1664], *Experimental Philosophy in Three Books, containing new experiments-microscopical, mercurial, magnetical-with some deductions and probable hypotheses raised from them in avouchement and illustration of the now famous atomical hypothesis*, London.

Veer, Gerrit de [1598], *Diarum nauticum, seu vera descriptio Trium Navigationum ... factarum a Hollandicis & Zelandicis navibus ad Septentrionem, supra Norvagian, Moscoviam & Tartariam, versus Cathay & Sinarum regna, etc.*, μτφ. από τα Ολλανδικά C. C. A., i.e. Carolus Chesius Atrebatensis, i.e. Charles de l'Écluse, Amsterdam : Theatrum Orbis Terrarum.

Γ) Δημοσιευμένες Δευτερεύουσες Πηγές

Alexander, Peter [1974], 'Boyle and Locke on Primary and Secondary Qualities', *Ration* 16, 51-67.

Alexander, Peter [1985], *Ideas, Qualities and Corpuscles Locke and Boyle on the external world*, Cambridge: Cambridge University Press.

Anstey, Peter, R. [2000], *The Philosophy of Robert Boyle*, London/New York: Routledge-Taylor and Francis Group.

Anstey, Peter, R. [2002], 'Robert Boyle and the heuristic value of mechanism', *Studies in History and Philosophy of Science* 33, 161-174.

Arabatzis, Theodore [2005], 'Experiment', στο *New Dictionary of the History of Ideas*, Maryanne Horowitz (επιμ.), Detroit: Charles Scribner's Sons, τόμος 2, σσ. 765-769.

Arabatzis, Theodore [2008], 'Experiment', *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, Stathis Psillos and Martin Curd (επιμ.), London/New York: Routledge-Taylor & Francis Group, σσ. 160-169.

Barnett, Martin, K. [1956], 'The Development of Thermometry and the Temperature Concept', *Osiris* 12, 269-341.

Bentham, Muriel, A. [1937], 'Some Seventeenth Century Views concerning the Nature of Heat and Cold', *Annals of Science* 2 (4), 431-450.

Birch, Thomas [1756-7], *The History of the Royal Society of London for Improving of Natural Knowledge...In which the most considerable of those papers communicated to the Society, which have hitherto not been published, are inserted in their proper order, as a supplement to the Philosophical Transactions*, London, τόμοι 4.

Bloor, David [1976], *Knowledge and Social Imagery*, Chigago/London: The University of Chicago Press.

Bloor, David [1984], "The Sociology of Reasons; or, Why 'Epistemic Factors' Are Really Social Factors", στο *Scientific Rationality: The Sociological Turn*, James Robert Brown (επιμ.), Dordrecht: Reidel, D., σσ. 295-324.

Bolton, Carrington, Henry [1900], *The Evolution of the Thermometer 1592-1743*, Easton, Pa.: Chemical Publishing Company.

Boschiero, Luciano [2003], 'Natural Philosophical Contention Inside the Accademia del Cimento: the Properties and Effects of Heat and Cold', *Annals of Science* 60, 329-349.

Brundell, Barry [1987], *Pierre Gassendi: From Aristotelianism to a New Natural Philosophy*, Dordrecht/Lancaster: Reidel Publishing Company.

Burckhardt, Fritz [1867], *Die Erfindung des Thermometers und Seine Gestaltung im XVI Jahrhundert*, Basel, μτφ. Avét Φωσβίνκελ.

Chalmers, Alan [1993], 'The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy', *Studies in History and Philosophy of Science* 24, 541-564.

Chalmers, Alan [2002], 'Experiment versus Mechanical Philosophy in the Work of Robert Boyle: a Reply to Anstey and Pyle', *Studies in History and Philosophy of Science* 33, 191-197.

Clericuzio, Antonio [1990], 'A redefinition of Boyle's chemistry and corpuscular philosophy', *Annals of Science* 47, 561-89.

Clucas, Stephen [1997], 'The Fate of Hylomorphism. 'Matter' and 'Form' in Early Modern Science', *Early Science and Medicine* 2 (3), 251-271.

Collins, H. M. [1992], *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Chicago: University of Chicago Press.

Crombie, Alistair, Cameron [1994], *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition. The History of Argument and Explanation especially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*, London: Duckworth, τόμοι 3.

Curley E. M. [1972], 'Locke, Boyle, and the Distinction Between Primary and Secondary Qualities', *The Philosophical Review* 81, 438-464.

Dear, Peter [1985], "'Totius in verba' Rhetoric and Authority in the Early Royal Society», *Isis* 76, 145-161.

Dear, Peter [1987], 'Jesuit Mathematical Science and the Reconstitution of Experience in the Early Seventeenth Century', *Studies in History and Philosophy of Science* 18, 133-175.

Dear, Peter [2001], *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and its Ambitions 1500-1700*, Hampshire: Palgrave.

Frank, Gregg, Robert Jr [1980], *Harvey and the Oxford Physiologists: a Study of Scientific Ideas*, Berkeley, Los Angeles/London: University of California Press.

Franklin, A. [1986], *The Neglect of Experiment*, Cambridge: Cambridge University Press.

Franklin, A. [2002], *Selectivity and Discord: Two Problems of Experiment*, Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.

Galison, Peter [1987], *How Experiments End*, Chicago: University of Chicago Press.

Garber, Daniel [1992], 'Descarte's Physics', στο *The Cambridge Companion to Descartes*, John Cottingham (επιμ.), Cambridge: Cambridge University Press.

Gavroglu, Kostas [1990], 'Differences in Style as a Way of Probing the Context of Discovery', *Philosophica* 45, 53-75.

Gavroglu, Kostas – Patiniotis, Manolis – Papanelopoulou, Faidra – Simoes, Anna – Carneiro, Anna – Diogo, Maria, Paula – Sacher, Bertomue, Jose, Ramon – Belmar, Garcia, Antonio – Nieto, Galan, Agusti [2008], ‘Science and Technology in the European Periphery: Some Historiographical Reflections’, *History of Science* xlvi, 1-21.

Gavroglu, Kostas [1994], ‘Types of Discourse and the Reading of the History of the Physical Sciences’, στο *Trends in the Historiography of Science*, Kostas Gavroglu (επιμ.), 65-86.

Grilli, Mario – Sebastiani, Fabio [1982], ‘Le Origini della Fisica del Calore: Le Teorie sulla Natura Del Calore Da Galileo a Newton’, *Physis* 24, 301-356.

Hacking, Ian [1994], ‘Styles of Scientific Reasoning: a New Analytical Tool for Historians and Philosophers of Science’, στο *Trends in the historiography of science*, Kostas Gavroglu (επιμ.), Dordrecht/London: Kluwer Academic, σσ. 31-46.

Hall, Boas, Marie [1952] ‘The Establishment of the Mechanical Philosophy’, *Osiris* 10, 412-541.

Hall, Boas, Marie [1954], ‘An Early Version of Boyle’s *Sceptical Chymist*’, *Isis* 45, 153-167.

Hall, Boas, Marie [1958], *Robert Boyle and Seventeenth- Century Chemistry*, Cambridge: Cambridge University Press.

Hall, Boas, Marie [1965], *Robert Boyle on Natural Philosophy: an Essay with Selections from his Writings*, Bloomington: Indiana University Press.

Hall, Boas, Marie [1987], ‘Boyle’s method of work: Promoting his corpuscular philosophy’, *Notes Rec. R. Soc. London* 41, 111-143.

Hall, Boas, Marie [1991], *Promoting Experimental Learning*, Cambridge: Cambridge University Press.

Henry, John [2002], *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, Hampshire/New York: Palgrave.

Hooper, Wallace [1998], 'Inertial problems in Galileo's preinertial framework', στο *The Cambridge Companion to Galileo*, Peter Machamer (επιμ.), Cambridge: Cambridge University Press.

Hunter, Michael [1981], *Science and Society in Restoration England*, Cambridge: Cambridge University Press.

Hunter, Michael [1992], *Letters and Papers of Robert Boyle: A Guide to the Manuscripts and Microfilm*, Bethesda: University Publications of America.

Hunter, Michael [1995], 'How Boyle Became a Scientist', *History of Science* xxxiii, 61-103.

Hunter, Michael - Davies, Edward, B. [1999-2000α], 'General Introduction', στο *The Works of Robert Boyle*, Michael Hunter, Edward B. Davies, (επιμ.), τόμος 1, σς. xxi-lxxxviii.

Hunter, Michael - Davies, Edward, B. [1999-2000β], 'Textual Note', στο *The Works of Robert Boyle*, Michael Hunter, Edward B. Davies (επιμ.), τόμος 1, σς. Lxxxix-cv.

Hunter, Michael [2000α], 'How Boyle Became a Scientist', στο *Scrupulosity and Science*, Michael Hunter (επιμ.), Woodbridge: Boydell Press.

Hunter, Michael [2000β], “The Conscience of Robert Boyle: Functionalism, ‘Dysfunctionalism’ and the Task of Historical Understanding”, στο *Scrupulosity and Science*, Michael Hunter (επιμ.), Woodbridge: Boydell Press.

Hunter Michael [2000γ], ‘Mapping the Mind of Robert Boyle: the Evidence of the Boyle Papers’, στο *Scrupulosity and Science*, Michael Hunter (επιμ.), Woodbridge: Boydell Press.

Hunter, Michael - Littleton, Charles [2001α], ‘The Work-Diaries of Robert Boyle: A Newly Discovered Source and its Internet Publication’, *Notes and Records of the Royal Society of London* 55 (3), 373-390.

Hunter, Michael [2001β], ‘The Discovery of Universal Nature: Robert Boyle and the Baconian Legacy’, ομιλία

Hunter, Michael [2007], ‘Robert Boyle and the early Royal Society: a Reciprocal Exchange in the Making of Baconian Science’, *British Journal for the History of Science* 40 (1), 1-23.

Jacob, J., R. [1972], ‘The Ideological Origins of Robert Boyle’s Natural Philosophy’, *Journal of European Studies* 2 (1), 1-21.

Jacob, J., R. [1977], *Robert Boyle and the English Revolution*, New York: Burt Franklin, κεφάλαια 3,4.

Jacob, J., R. [1978], ‘Robert Boyle’s Atomism and the Restoration Assault on Pagan Naturalism’, *Social Studies of Science* 8, 211-233.

Jacob, J., R. – Jacob, M., C. [1980], ‘The Anglican Origins of Modern Science: the Metaphysical Foundations of the Whig Constitution’, *Isis* 71, 252-67.

Kargon, Hugh, Robert [1964], 'Walter Charleton, Robert Boyle and the acceptance of epicurean atomism in England', *Isis* 55, 184-92.

Kargon, Hugh, Robert [1966], *Atomism in England from Harriot to Newton*, Oxford: Clarendon Press.

Keating, Laura [1993], 'Un-Locke-Ing Boyle: Boyle on Primary and Secondary Qualities', *History of Philosophy Quarterly* 10 (4), 305-323.

Kim, Yung, Sik [1991], 'Another Look at Robert Boyle's Acceptance of the Mechanical Philosophy: its Limits and its Chemical and Social contexts', *Ambix* 38, 1-10.

Kuhn, Samuel, Thomas [1952], 'Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century', *Isis* 43, 12-36.

Kuhn, Samuel, Thomas [1977], *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago/London: The University of Chicago Press.

Latour, Bruno - Woolgar, Steve [1986], *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, Princeton: Princeton University Press.

Laudan, Larry [1981], 'The Clock Metaphor and Hypotheses: The Impact of Descartes on English Methodological Thought', στο *Science and hypothesis: Historical Essays on Scientific Methodology*, Dordrecht/London: Reidel, D., σσ. 27-58.

Lynch, William [2001], *Solomon's Child: Method in the Early Royal Society of London*, Stanford/California: Stanford University Press.

Maddison, Winton, Edwin, Robert [1969], *The Life of the Honourable Robert Boyle F.R.S.*, London: Taylor & Francis LTD.

Malherbe, Michel [1996], 'Bacon's Method of Science', *The Cambridge Companion to Bacon*, Markku Peltonen (επιμ.), Cambridge: Cambridge University Press, σσ. 75-98.

Middleton, Knowles, Edgar, William [1964], *The History of the Barometer*, Baltimore: The Johns Hopkins Press.

Middleton, Knowles, Edgar, William [1966], *History of the Thermometer and its uses in Meteorology*, Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins Press.

Middleton, Knowles, Edgar, William [1971], *The Experimenters: A Study of the Accademia Del Cimento*, Baltimore: The Johns Hopkins Press.

Moore, Keith – Sampson, Mary [1995], *A Guide to the Archives and Manuscripts of the Royal Society*, Great Britain: The Royal Society/Bourne Press Ltd.

Newman, Royall, William [1996], 'The alchemical sources of Robert Boyle's corpuscular philosophy', *Annals of Science* 53, 567-85.

O'Toole, J., Frederick [1974], 'Qualities and powers in the corpuscular philosophy of Robert Boyle', *Journal of the History of Philosophy* 12 (3), 295-315.

Palmer, David [1976], 'Boyle's corpuscular hypothesis and Locke's primary-secondary quality distinction', *Philosophical Studies* 29 (3), 181-9.

Papanelopoulou, Faidra [2008], 'The emergence of thermodynamics in mid-nineteenth-century France. A matter of national style?', στο *Beyond Borders: Fresh Perspectives in the History of Science*, Nestor Herran, Tayra Lanuza, J. Simon (επιμ.), Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, σσ. 249-268.

Patterson, Diehl, Louise [1953], 'The Royal Society's Standard Thermometer, 1663-1709', *Isis* 44 (1/2), 51-64.

Perez-Ramos, Antonio [1996], 'Bacon's forms and the maker's knowledge tradition', *The Cambridge Companion to Bacon*, Peltonen Markku (επιμ.), Cambridge: Cambridge University Press, σσ. 99-120.

Pickering, Andrew [1992], *Science as Practice and Culture*, Chicago/ London: University of Chicago Press.

Pickering, Andrew [1992], 'From Science as Knowledge to Science as Practice', *Science as Practice and Culture*, Chicago/London: The University of Chicago Press.

Principe, Lawrence [1998], *The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest*, New Jersey: Princeton Press.

Pyle, Andrew [2002], 'Boyle on Science and the Mechanical Philosophy', *Studies in History and Philosophy of Science* 33, 175-190.

Sargent, Rose-Mary [1986], 'Robert Boyle's Inheritance: A response to Laudan's Cartesian thesis', *Studies in History and Philosophy of Science* 17, 469-86.

Sargent, Rose-Mary [1989], 'Scientific Experiment and Legal Expertise: The Way of Experience in Seventeenth-Century England', *Studies in History and Philosophy of Science* 20 (1), 19-25.

Sargent, Rose-Mary [1995], *The Diffident Naturalist: Robert Boyle and the Philosophy of Experiment*, Chicago/London: The University of Chicago Press.

Schaffer, Simon [1989], 'Glass works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment', στο *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*, David Gooding, Trevor Pinch, Simon Schaffer, Cambridge: Cambridge University Press, σσ. 67-104.

Shapin, Steven [1984], 'Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology', *Social Studies of Science* 14, 481-520.

Shapin, Steven - Schaffer, Simon [1985], *Leviathan and the Air-pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*, Princeton: Princeton University Press.

Shapin, Steven [1988], 'The House of Experiment in Seventeenth-Century England', *Isis* 79, 379-380.

Shapin, Steven [1994], *A Social History of Truth*, Chicago/London: Chicago University Press.

Shapin, Steven [1996], *The Scientific Revolution*, Chicago/London: The University of Chicago Press.

Shapiro B. J. (1983), *Probability and certainty in seventeenth-century England*, Princeton University Press.

Shapiro B. J. (1999), *A Culture of Fact: England 1550-1720*, Cornell University Press.

Sprat, Thomas [1959], *The History of the Royal Society of London*, St. Louis: Washington University Studies, London: Routledge & Kegan Paul LTD.

Steinle, Friedrich [2002], 'Experiments in History and Philosophy of Science', *Perspectives on Science* 10 (4), 408-431.

Stewart, Larry [1992], *The Rise of Public Science: Rhetoric, Technology, and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750*, Cambridge: Cambridge University Press.

Taylor, F., Sherwood [1942], 'The Origin of the Thermometer', *Annals of Science* 5 (2), 129-156.

Webster, Charles [1975], *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform 1626-1660*, London: Duckworth.

Webster, Charles [1976], 'The Origins of the Royal Society', *History of Science* 6, 106-128.

Williams, E. [1954], 'Some Experiments on the Expansive Force of Freezing Water', *Annals of Science* 10 (2), 166-171.

Wood, P., B. [1980], 'Methodology and Apologetics: Thomas Sprat's *History of the Royal Society*', *British Journal of the History of Science* 13, 1-26.

Δ) Ελληνική Βιβλιογραφία:

Αριστοτέλης [1994], *Περί Γενέσεως και Φθοράς-Περί Κόσμου*, Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Κάκτος.

Αριστοτέλης [1963], *Τα Φυσικά*, μτφ. Ν. Κυργιόπουλος, Αθήνα: Επιστημονική Εταιρεία των Ελληνικών Γραμμάτων Πάπυρος.

Asimov, Isaac [1997], *Το Χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων*, μτφ. Γιώργος Μπαρουξής, Νικηφόρος Σταματάκης, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Butterfield, Herbert [1994], *Η Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης (1300-1800)*, μτφ. Ιορδάνης Αρζόγλου, Αντώνης Χριστοδουλίδης, Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

Γαβρόγλου, Κώστας [2004], *Το Παρελθόν των Επιστημών ως Ιστορία*, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Hacking, Ian [2002], *Αναπαριστώντας και παρεμβαίνοντας: Εισαγωγικά Θέματα στη Φιλοσοφία της Φυσικής Επιστήμης*, μτφ. Τάσος Τσιαντούλας, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π..

Liddell, Henry, G. – Scott, Robert [], *Μεγα Λεξικόν της Ελληνικής Γλώσσης*, μτφ. Ξενοφώντας Μόσχος, Μιχάλης Κωνσταντινίδης (επίμ.), Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Σιδέρη Ι., τόμοι 4.

Lindberg, David, C. [1997], *Οι Απαρχές της Δυτικής Επιστήμης: Η Φιλοσοφική, Θρησκευτική και Θεσμική Θεώρηση της Ευρωπαϊκής Επιστημονικής Παράδοσης, 600π.χ-1450μ.χ*, μτφ. Ηλίας Μαρκολέφας, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Long, Antony, Arthur [1990], *Η Ελληνιστική Φιλοσοφία: Στωικοί, Επικούρειοι, Σκεπτικοί*, μτφ. Στυλιανός Δημόπουλος, Μυρτώ Δραγώνα-Μονάχου, Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

Ross, William, David [1993], *Αριστοτέλης*, μτφ. Μαριλίτσα Μήτσου, Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

Westfall, Samuel, Richard [1993], *Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης*, μτφ. Κρινιώ Ζήση, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.