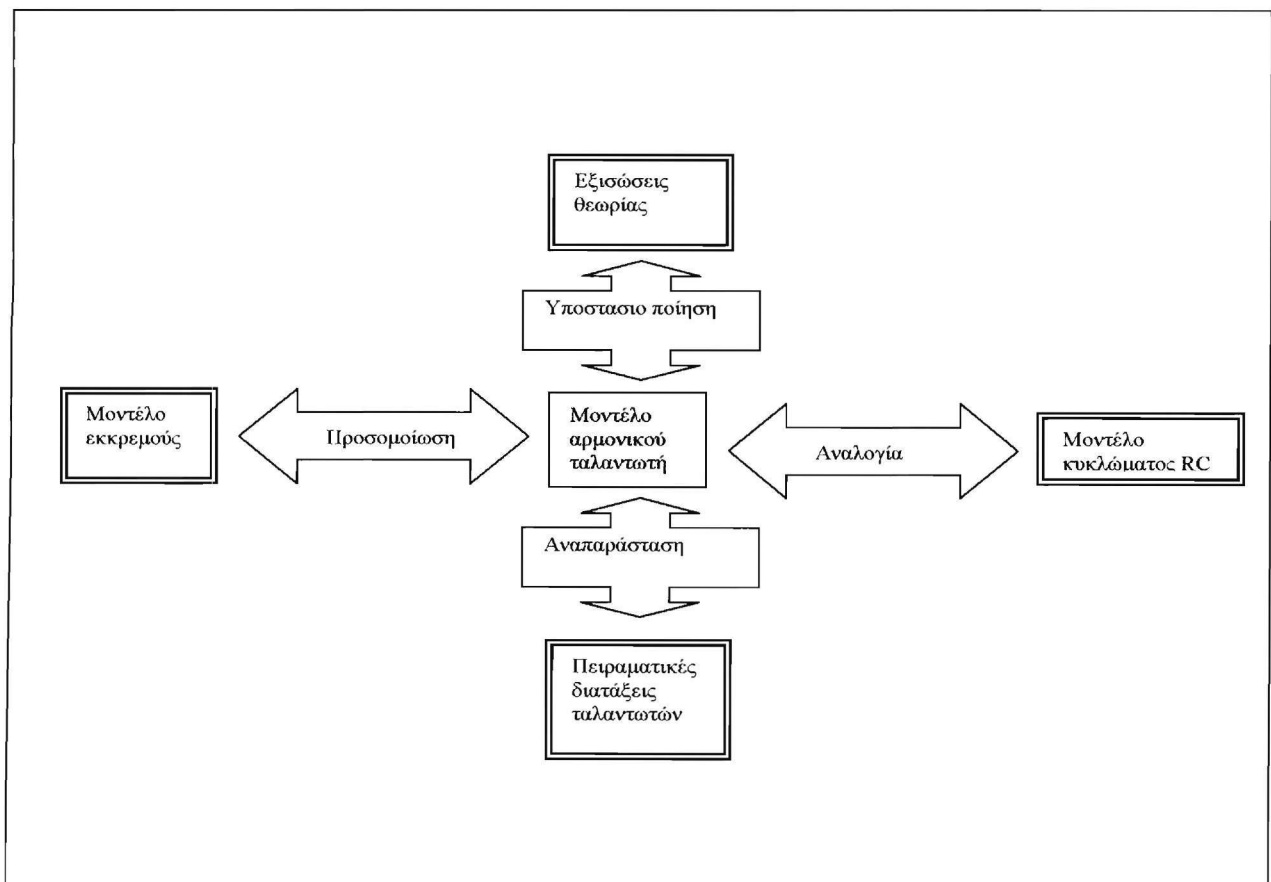


ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

## ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Προς μια μη προτασιακή ορθολογική ανασυγκρότηση της επιστήμης

ΒΑΣΙΛΗΣ ΡΑΪΣΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΜΠΑΛΤΑΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2003

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*Η διατριβή αυτή αφιερώνεται στον πατέρα μου Λεωνίδα και στη μητέρα μου Βενετσιάνα που την περίμενε τόσο αλλά δεν πρόλαβε την να τη δει τελειωμένη. Ίσως είναι ο μόνος πραγματικός λόγος για τον οποίο λυπάμαι που καθυστέρησα.*

Η ιστορία μου στη φιλοσοφία της επιστήμης ξεκίνησε από τα Γιάννενα, από ένα ζωντανό, ανθρώπινο και σύγχρονο τομέα φιλοσοφίας. Σε αυτό το τομέα βρέθηκα να παρακολουθώ ανελλιπώς και με ενθουσιασμό όλα τα μαθήματα της κ. Τσινόρεμα, η οποία μου έκανε την τιμή να είναι μέλος της τριμελούς επιτροπής αυτής της διατριβής. Εκτός από την πρώτη μου δασκάλα στη φιλοσοφία, η κ Τσινόρεμα ήταν και ο πρώτος άνθρωπος με τον οποίο διαφώνησα για φιλοσοφικά θέματα, απόδειξη ότι είχα πια μολυνθεί από το μικρόβιο για τα καλά.

Στην Αθήνα η σχέση μου με την φιλοσοφία της επιστήμης πήρε μια νέα τροπή μέσα από το Πρόγραμμα Φιλοσοφίας και Ιστορίας των Επιστημών και της Τεχνολογίας (ΠΦΙΕΤ) που γινόταν τότε στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η ατμόσφαιρα αυτού του προγράμματος είναι δύσκολο να περιγραφεί σε κάποιον που δεν συμμετείχε. Το κλίμα συνεργασίας και φιλίας, ο ενθουσιασμός των συμμετεχόντων, το γνήσιο ενδιαφέρον και το επίπεδο των διδασκόντων και του προγράμματος δημιούργησαν ισχυρούς ανθρώπινους δεσμούς και ένα ακαδημαϊκό δυναμικό τουλάχιστον ισότιμο με αντίστοιχα προγράμματα του εξωτερικού.

Ο Αριστείδης Μπαλάς, γνωστός μου ήδη από τα γραπτά του, ήταν ο πρώτος άνθρωπος που παρακολούθησα σε αυτό το πρόγραμμα, ο οδηγός μου στο χώρο και ο άνθρωπος για τον οποίο δεν φτάνουν τα λόγια να ευχαριστήσω. Με τη διδασκαλία και τη συζήτηση αλλά και την έμπνευση που παρέχει ο ίδιος ως προσωπικότητα, απετέλεσε ως επιβλέπων, ως συνομιλητής αλλά και ως φίλος, την συνθήκη εκ των ουκ άνευ της διατριβής. Στον ίδιο πρόγραμμα το τρίτο μέλος της επιτροπής, ο Κώστας Γαβρόγλου, γνωστός μου και αυτός ήδη από τα γραπτά του, με έκανε να αγαπήσω την σκέψη του ιστορικού και να αποφασίσω να βρίσκομαι από τότε όσο πιο κοντά γίνεται στην θολή γραμμή που διαχωρίζει την φιλοσοφία από την ιστορία της επιστήμης. Την ίδια χρονική περίοδο, ο

Γιώργος Ξηροπαϊδης μου έδειξε ότι κάποιος μπορεί να κινείται με σοβαρότητα, γνώση και συνέπεια σε μια άλλη «θολή» γραμμή: αυτή που χωρίζει την αναλυτική φιλοσοφία από την ηπειρωτική παράδοση. Γνώστης και των δυο τρόπων, ο Γιώργος Ξηροπαϊδης με βοήθησε τόσο μέσω των παραδόσεών του, όσο και μέσω των παρατηρήσεών του στα πρώτα βήματα συγκρότησης της υπόθεσης εργασίας της διατριβής. Καθοριστικό ρόλο στην τελική μορφή της διατριβής έπαιξε, τέλος, ο Peter Machamer, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Pittsburgh. Ο Πίτερ ακούραστος, ενθουσιώδης, θεατρικά απολαυστικός και πάντα πρόθυμος συνομιλητής ήταν κοντά μου στη διαμόρφωση του βασικού επιχειρήματος και με την διαυγή και οξεία σκέψη του με βοήθησε τα μέγιστα.

Ευχαριστώ επίσης,

-τον Διονύση Αναπολιτάνο, πρώτα από όλα για την άοκνη και συνεχή προσπάθεια του να προωθήσει θεσμικά και να στηρίζει με όλους τους δυνατούς τρόπους τον κλάδο μας στην Ελλάδα. Κατόπιν για την αποδοχή της πρότασης να είναι μέλος της επταμελούς επιτροπής εξέτασης της διατριβής, παρά το φορτωμένο πρόγραμμά του. Τον ευχαριστώ, τέλος, γιατί το βιβλίο του *Εισαγωγή στη Φιλοσοφία των Μαθηματικών* ήταν από τα πρώτα βιβλία που με ενέπνευσαν και με ώθησαν σε αυτό το χώρο.

-τον Άρη Αραγιώργη για το χρόνο που μου διέθεσε για να συζητήσουμε θέματα που αφορούν τη μαθηματική λογική και για τον χρόνο που είμαι βέβαιος ότι θα μου διαθέσει στη συνέχεια, αφού θα διαβάσει τη διατριβή με τον τρόπο που τον χαρακτηρίζει: προσεκτικά, λεπτομερώς, κρατώντας γραπτές σημειώσεις που η έκτασή τους είναι συγκρίσιμη με το ίδιο το κείμενο που σχολιάζει, κείμενο που προσεγγίζει με τόση σπουδή σαν να πρόκειται για δικό του έργο.

-την Βάσω Κιντή και τον Θόδωρο Αραμπατζή για την αποδοχή της πρότασης να είναι μέλη της επταμελούς. Με τη Βάσω Κιντή μας ενώνει το κοινό ενδιαφέρον για τη λειτουργία των παραδειγμάτων, ενώ με τον Θόδωρο Αραμπατζή η «φιλοσοφικά υποψιασμένη» μελέτη της ιστορίας της επιστήμης. Θέλω να πιστεύω ως εκ τούτου ότι ο κόπος που θα καταβάλλουν για την ανάγνωση της διατριβής θα είναι μια επένδυση για μια μεγαλύτερη και ουσιαστικότερη συνεργασία στο μέλλον.

- τον Δημήτρη Χριστιανίδη για τις παρατηρήσεις του και τις βιβλιογραφικές κατευθύνσεις που μου υπέδειξε στο κεφάλαιο περί Αρχιμήδη.

Ευχαριστώ τέλος, πέρα από τη φιλία τους, τους

-Κώστα Παγωνδιώτη για τις μεγάλες συζητήσεις μας περί μοντέλων, περί της δομής της διατριβής μου και περί του νοήματος να κάνει κανείς διατριβή. Βοήθησαν όλα.

-Λάρα Σκουρλά, Πάνο Θεοδώρου, Πέτρο Δαμιανό, Γιώργο Φουρτούνη και όλους τους υπόλοιπους συναδέλφους του μεταπτυχιακού γιατί μαζί τους ένιωσα ότι το ακαδημαϊκό περιβάλλον θα μπορούσε να είναι συντροφικό και όχι ανταγωνιστικό.

-Στέφανο Δημητρίου για τις συζητήσεις μας, τις παρατηρήσεις του και για την σχέση του με τη φιλοσοφία η οποία είναι πάντα πηγή έμπνευσης.

-Άννα Τηγάνη για τις παρατηρήσεις της στη κρίσιμη φάση διαμόρφωσης της πρώτης γραφής.

-Στέργιο Νιζήρη, Κατερίνα Αντωνίου, Θωμά Υφαντή και Καλλιόπη Καπνουτζή για την συμπαράστασή τους όλη αυτή την περίοδο.

- και όλους όσους ανέχτηκαν την γκρίνια μου όλα αυτά τα χρόνια.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους άλλους φίλους, συναδέλφους και δασκάλους και τους ζητώ να με συγχωρέσουν που δεν τους αναφέρω ονομαστικά. Ο λόγος είναι ότι φοβήθηκα μήπως εκπέσει λόγω πληθωρισμού η αξία των ευχαριστιών για τους παραπάνω.

Υ.Γ. Και κάτι της τελευταίας στιγμής: Ευχαριστώ την Σχολή Μωραΐτη και ειδικά την κ. Χρυσάνθη Μωραΐτη - Καρτάλη για την ευγενή χορηγία στην αναπαραγωγή της διατριβής.



## Περιεχόμενα

<b>ΠΡΟΛΕΓΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>9</b>
1. ΜΟΝΤΕΛΑ, ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ: Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	9
2. ΤΟ ΣΩΚΡΑΤΙΚΟ «ΤΙ ΕΣΤΙΝ» ΚΑΙ ΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ. ....	11
3. Ο ΒΙΤΓΚΕΝΣΤΑΙΝ ΚΑΙ ΤΟ ΝΟΗΜΑ ΩΣ ΧΡΗΣΗ.....	14
4. ΕΠΙΣΤΗΜΗ, ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ .....	16
5. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	18
6. ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟΤΗΤΑ.....	24

### **ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΠΟΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΙΑΚΟ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ..... 29**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	29
1. ΦΟΡΜΑΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	30
1.1 Μη- Ευκλείδειες Γεωμετρίες.....	30
1.2 Το Ιδεώδες της Αποδεικτικής Αυστηρότητας.....	33
1.3 Πρώτος Ορισμός μοντέλου.....	35
2. ΛΟΓΙΚΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	38
2.1 Η Αναγωγή των Μαθηματικών στη Λογική.....	38
2.2 Τυποποίηση του Περιεχομένου.....	40
2.3 Ατομικές Προτάσεις και Νόημα.....	41
2.4 Προτασιακός Λογισμός.....	46
2.5 Δεύτερος Ορισμός Μοντέλου- Γλώσσα και Κόσμος.....	48
3. ΛΟΓΙΚΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΙΑΚΟ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ .....	53
3.1 Παραδεδομένη Απόψη και Λογικισμός.....	53
3.2 Το Επίτευγμα των Principia και ο Εμπειρισμός.....	54
3.3 Λογικός Εμπειρισμός και Αξιωματική Ανασυγκρότηση.....	56
3.4 Δέσμευση στην Επιστήμη ή στα Principia;.....	57
3.5 Η Διάκριση Σύνταξης- Σημασίας και το Προτασιακό Πρότυπο .....	59

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ..... 65**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΝΟΗΤΟΙ Η ΜΙΚΡΟΝΟΕΣ;.....	65
1. Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ.....	67
1.1 Κάμπελ και Ερμηνεία των Θεωρητικών Όρων.....	67
1.2 Η Αναγκαιότητα της Αναλογίας.....	68
1.3. Αναλογικά Μοντέλα Έναντι Μοντέλων Υποστασιοποίησης.....	71
2. Ο ΑΝΤΙΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΙΣΜΟΥ .....	73
2.1 Η Ιστορικότητα της Χρήσης των Αναλογικών Μοντέλων.....	73
2.2 Πλαίσιο Ανακάλυψης Έναντι Πλαισίου Δικαιολόγησης.....	76
2.3 Η Διάκριση του Χέμπελ.....	79
3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΙΣΟΜΟΡΦΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ .....	83
3.1 Η Ιστορική Ανάδυση της Αναλογίας.....	83
3.2 Ισομορφισμός και Κριτήρια Ομοιότητας.....	88
3.3 Η Υλικότητα των Οριζοντίων Σχέσεων.....	90
3.4 Το νόημα του Τέταρτου Όρου.....	95
4. ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΕΞΗΓΗΣΗ .....	98
4.1 Εξήγηση και Αναλογία.....	98
4.2 Η Μη Προτασιακότητα της Υποκείμενης Δομής.....	103
5. Ο ΟΡΘΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	107
5.1 Η Κρίσιμη Ερώτηση και το Πλαίσιο Ανακάλυψης.....	107
5.2 Μη Προτασιακό Φιλοσοφικό Παράδειγμα;.....	110
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΝΑΔΡΑΣΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΩΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	112

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ..... 115**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΤΟ ΨΕΥΔΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΜΟΝΤΕΛΑ .....	115
1. Ο ΠΑΤΡΙΚ ΣΟΥΠΣ ΚΑΙ Η ΓΕΝΕΣΗ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΨΗΣ.....	117
1.1 Τα Μοντέλα των Μαθηματικών και τα Μοντέλα των Φυσικών .....	117
1.2 Μαθηματικά ή Μετά- Μαθηματικά;.....	118
1.3 Αξιοματικοποίηση με Συνολοθεωρητικό Κατηγορημα.....	119
1.4 Εμπειρικοί Ισχυρισμοί και Συνολοθεωρητικό Κατηγορημα.....	120
1.5 Η Ιεραρχία των Μοντέλων.....	121
2. ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	126
2.1 Μοντέλα και Γλώσσα ( <i>Suppe</i> ) .....	126
2.1.1. Μη- Προτασιακό= Μη- Γλωσσικό;.....	126
2.1.2. Το Φυσικό Σύστημα ως Κίνηση στο Χώρο των Φάσεων.....	127
2.1.3. Πολλαπλοί Τρόποι Περιγραφής και Κόσμος .....	129
2.2 Μη- Προτασιακός Εμπειρισμός και Μοντέλα ( <i>Van Fraasen</i> ).....	131
2.2.1 Τα Μοντέλα και η Έννοια του Παρατηρήσιμου.....	131
2.2.2 Κατασκευαστικός Εμπειρισμός και Μοντέλα .....	134
2.2.3 Δύο Παρατηρήσεις για τη Σχέση Μοντέλων και Κόσμου.....	136
2.2.4 Εμπειρική Ισοδυναμία και το Πρόβλημα της Ασυμμετρίας.....	139
2.3 Εξήγηση και Μοντέλα ( <i>Cartwright</i> ).....	140
2.3.1. Αιτιακές Εξηγήσεις Έναντι Θεωρητικών Εξηγήσεων.....	140
2.3.2 Θεωρητικοί Νόμοι και Μοντέλα .....	142
2.3.4 Μοντέλα και Φυσικός Κόσμος.....	146
2.3.5 Υπάρχει «Χώρος» Ανάμεσα στο Εμπειρισμό και το Ρεαλισμό;.....	148
2.4 Εμπειρισμός και Σημασιολογία: Γενικά συμπεράσματα.....	150
3. Η ΔΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	152
3.1 Η Μη Προτασιακή Προσέγγιση των Σινιτ- Στεγκμίλερ.....	152
3.2 Από την Κοσμική Εφαρμογή στα Φυσικά Συστήματα.....	154
3.3 Ο Εμπειρικός Έλεγχος των Θεωριών.....	157
3.4 Ανοσία και Ορθολογικότητα.....	161
3.5 Τι είναι Φυσικό Σύστημα;.....	164

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ****ΠΡΟΤΥΠΩΝ..... 167**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ.....	167
1. ΞΑΝΑΔΙΑΒΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΚΟΥΝ.....	169
1.1 Υποδείγματα, Εμπειρία και Κανόνες.....	169
1.2 Κριτήρια Ομοιότητας και Γνωσιακός Χαρακτήρας των Μοντέλων.....	175
1.3 Επέκταση και Νόημα.....	181
1.4 <i>Experience Laden Theory</i> .....	183
1.5 Μοντέλο και Λυμένο Πρόβλημα.....	188
2. ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ.....	194
2.1 Γκίρι και Αναπαραστασιακά Μοντέλα .....	194
2.2 Η Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων.....	199
2.3 Η Νομιμοποίηση της Προσομοιωτικής και Αναπαραστασιακής Λειτουργίας.....	203
2.4 Φάλος Κύκλος ή Θετική Ανάδραση;.....	207
3. ΚΟΙΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Η ΚΑΝΟΝΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ;.....	211
3.1 Οικογενειακές Ομοιότητες και Κανόνες Μετασχηματισμού.....	211
3.2 Κανόνες Μετασχηματισμού και Αναπαράσταση.....	216
3.3 Γιατί να Υιοθετήσει Κάποιος την Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων;.....	219
4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΓΝΩΣΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	221
4.1 Τα Πρότυπα της Ρος.....	221
4.2 Τα Εξιδανικευμένα Γνωσιακά Μοντέλα του Λέικοφ.....	223
4.3 Επιστημονική και Καθημερινή Σκέψη.....	227

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ.....</b>	<b>231</b>
1. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ.....	231
1.1 Η Μάχη των Βιβλίων και η Εμφάνιση του Νέου Σχολιασμού.....	231
1.2 Η Αναζήτηση της Νέας Μεθόδου και η Θέση του Γαλιλαίου.....	233
2. ΔΥΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ «ΝΕΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗ» ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ.....	236
2.1 Παραδεδομένη Εικόνα και 'Παλιά Ιστοριογραφία'.....	236
2.2 Η Μεσαιωνική Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης.....	239
2.3 Ο Πλατωνισμός του Γαλιλαίου.....	242
2.4 Η Πειραματική Βάση της Νέας Επιστήμης.....	246
2.5 Η Επιστροφή του Εκκρεμούς και η Νέα Ιστοριογραφία.....	250
3. ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑ: Η ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	252
3.1 Η Μετριοπαθής Τοποθέτηση.....	252
3.2 Η Μη Μέθοδος του Γαλιλαίου και η Λύση Προβλημάτων.....	254
4. ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ ΤΗΣ ΚΑΙΝΟΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	255
4.1 Εξερευνώντας τα Όρια της Προκλασικής Μηχανικής.....	255
4.2 Η Διπλή Ανάγνωση των Κειμένων Γαλιλαίου.....	257
4.3 Προϋποθέσεις Ανάγνωσης και Μοντέλα.....	260
5. ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	262
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ.....</b>	<b>265</b>
1. Η ΓΕΝΕΣΗ ΤΗΣ ΜΗ- ΠΡΟΤΑΣΙΑΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ.....	265
1.1 Απόδειξη και Αναλογική Ανακάλυψη στην Αρχαία Ελληνική Γεωμετρία.....	265
1.2 Ο Φόβος του Απείρου και των Απειροστών.....	270
1.3 Η Μέθοδος της Εξάντλησης.....	275
1.4 Αρχιμήδης και Μη Προτασιακή Μέθοδος στην Γεωμετρία.....	278
2. ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ.....	282
2.1 Ζυγός με Άνισους Βραχίονες.....	282
2.2 Δως μοι που στω και την γην κινώ: Ζυγός και Μηχανική.....	288
2.3 Επέκταση του Μοντέλου στην Υδροστατική.....	291
3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΙΩΠΗ.....	295
4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΤΟΥ DIJKSTERHUIS.....	300
5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΙΣ.....	302
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ.....</b>	<b>307</b>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΖΗΤΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΝΕΥΜΑ ΤΟΥ «ΘΕΪΚΟΥ» ΑΡΧΙΜΗΔΗ.....	307
1. ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ.....	310
1.1 Το Γενικό Σχέδιο.....	310
1.2 Υδροστατική Ισορροπία και Ζυγός.....	312
1.3 Πέρασμα στην Κινηματική I: Η Βασική Ιδέα και το Πρόβλημα.....	314
1.4 Πέρασμα στην Κινηματική II: Η Λύση του Προβλήματος.....	318
1.5 Το Πέρασμα στην Κινηματική και το Μοντέλο του Ζυγού.....	323
1.6 Αραίωση του Μέσου και Πτώση στο κενό.....	324
1.7 Αποθηκευμένη «Δύναμη» και Εεπιτάχυνση.....	325
2. ΖΥΓΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ.....	328
2.1 Κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο.....	328
2.2 'Αρχή της Αδράνειας' και Ζυγός.....	331
3. ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΖΥΓΟΣ.....	335
3.1 Κίνησης της Γης και Αναλογικά Μοντέλα.....	335
3.2 Ηλιακό Σύστημα και Ζυγός.....	336
4. Η ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΨΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	340



<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΟΥ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.....</b>	<b>343</b>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ .....	343
1. Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΓΑΛΙΛΑΙΟ.....	346
1.1 Η Έννοια της Ταχύτητας στη Μεταβαλλόμενη Κίνηση.....	346
1.2 Η Ύστερο- Μεσαιωνική Αναγωγή της Ποιότητας στην Ποσότητα.....	348
1.3 Η Ποιότητα της Κίνησης και ο Κανόνας Μέρτον.....	351
1.4 Ο Νοητικός Χαρακτήρας της Επέκτασης Μέρτον.....	354
1.5 «Εννοιολογικά» Προβλήματα του Κανόνα Μέρτον.....	356
1.6 Το Δίδαγμα μιας Κωμωδίας Παρεξηγήσεων.....	359
2. ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ .....	363
2.1 Από τον Κανόνα του Μέρτον στον Κανόνα της Διπλής Απόστασης.....	363
2.2 Τα Μουσικά Κεκλιμένα Επίπεδα και το Πείραμα.....	366
2.3 Η Εμμονή σε Ένα «Λάθος» .....	369
2.4 Εκ των Υστέρων, είναι Απλό.....	371
3. Η «ΩΡΙΜΗ» ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ .....	374
3.1 Το Μοντέλο της Ομαλής Κίνησης .....	374
3.2 Το Πέρασμα στην Ομαλά Μεταβαλλόμενη Κίνηση .....	377
3.3 Η Συγκρότηση του Μοντέλου του Κεκλιμένου Επιπέδου.....	381
3.4 Η Ελεύθερη (;) Πτώση.....	384
3.5 Το Μοντέλο της Αδρανειακής (Ομαλής) Κίνησης .....	385
3.6 Βολές.....	389
3.7 Ισοχρονισμός των Χορδών και Εκκρεμές.....	391
3.8 Επέκταση στο Ηλιακό Σύστημα .....	396
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ: ΜΗ- ΠΡΟΤΑΣΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ	
ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ .....	397
4.1 Οικογενειακές Ομοιότητες και Ενότητα της Επιστήμης .....	397
4.2 Αρχή της Αδράνειας και μη Προτασιακότητα.....	400
4.3 Το Πρόβλημα των Προσεγγίσεων και ο Αναδραστικός Χαρακτήρας της Επιβεβαίωσης.....	403
4.4 Ο «Ολιστικός» Χαρακτήρας της Πειραματικής Δοκιμασίας.....	406
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>411</b>

## ΠΡΟΛΕΓΟΜΕΝΑ

### 1. Μοντέλα, Παραδείγματα και παραδείγματα: η Υπόθεση Εργασίας

Πολλές φορές οι επιστήμονες αντιμετωπίζουν ένα καινούργιο πρόβλημα βοηθούμενοι από την ομοιότητά του με ένα άλλο πρόβλημα, συνήθως περισσότερο απλό ή οικείο, το οποίο με αυτό τον τρόπο παίζει το ρόλο του *μοντέλου* για την επίλυση ή την κατανόηση του αρχικού προβλήματος. Στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης, όπως διαμορφώθηκε κυρίως από τον λογικό εμπειρισμό, η χρήση αυτού του είδους των μοντέλων θεωρήθηκε αποκλειστικά ευρετικό εργαλείο, το οποίο δεν παρουσίαζε ενδιαφέρον από φιλοσοφική άποψη.

Στον αντίποδα αυτής της θεώρησης, ήδη από την δεκαετία του 20, διατυπώθηκε η άποψη (Campbell 1920) ότι ο συλλογισμός με βάση τα μοντέλα (model based reasoning) αποτελεί μια αναγκαία συνθήκη της επιστημονικής εξήγησης και ως εκ τούτου δεν μπορεί να θεωρηθεί φιλοσοφικά πλεοναστικός. Στο τέλος της δεκαετίας του 60, μάλιστα, η άποψη αυτή οδηγείται σε μια ριζοσπαστική εκδοχή. Σύμφωνα με αυτήν, το μοντέλο θα έπρεπε να αποτελέσει την κεντρική μονάδα ανάλυσης της επιστήμης, αντικαθιστώντας την πρόταση στην οποία βασίστηκε η παραδεδομένη λογικό-θετικιστική ερμηνεία αλλά και πολλές προσπάθειες ανασκευής της<sup>1</sup>. Η άποψη αυτή παραμένει στο περιθώριο της κεντρικής σκηνής, η οποία καταλαμβάνεται από τα ερωτήματα περί ορθολογισμού και σχετικισμού τα οποία άνοιξε η «ιστορική στροφή» της ίδιας δεκαετίας, κυρίως με την περίφημη «Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων» του Τόμας Κουν (Kuhn 1970). Το *Παράδειγμα* του Κουν, παρά τον ασαφή προσδιορισμό του –ή ίσως εξαιτίας αυτού– κυριαρχεί στις σχετικές συζητήσεις και μετατρέπεται σε βασικό όχημα των μεταφυσικών, φιλοσοφικών και ιδεολογικών πεποιθήσεων που υποτίθεται ότι προηγούνται και καθορίζουν, τουλάχιστον εν μέρει, την επιστημονική δραστηριότητα, αποτελώντας έτσι μια δύναμη απειλή για την αντικειμενικότητά της. Κατά περίεργο τρόπο, όμως, λίγα χρόνια μετά τη «Δομή» ο Κουν δημοσιεύει το «Υστερόγραφο» (Kuhn 1970a) διευκρινίζοντας ότι θα πρέπει να καταλάβουμε το περίφημο Παράδειγμα, απλώς ως παράδειγμα, δηλαδή ως τα λυμένα προβλήματα στο τέλος των κεφαλαίων π.χ της φυσικής, που χρησιμεύουν αφενός στην εξοικείωση με τις έννοιες και αφετέρου ως

---

<sup>1</sup> Τα ρεύματα και ο τρόπος υποστήριξης αυτής της προσέγγισης θα αναλυθούν στο κύριο σώμα της διατριβής. Ένας πρώτος ενδεικτικός κατάλογος σχετικών έργων θα ήταν ο εξής: Suppes (1962), Harré (1970), Suppe 1977, Sneed (1971), Stegmüller (1979), van Fraassen (1970).

οδηγοί για την λύση καινούργιων προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Κουν, αυτά τα παραδείγματα παίζουν το ρόλο *υποδειγμάτων (exemplars)*, καθώς αποτελούν τον βασικό οδηγό για τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται το θεωρητικό οπλοστάσιο της επιστήμης στα φυσικά φαινόμενα. Τα *υποδείγματα* αποτελούν για τον Κουν την πιο επαναστατική και την λιγότερο κατανοημένη όψη της Δομής (Kuhn 1970a, 187). Πράγματι, οι δύο λειτουργίες οι οποίες συνδέει ο Κουν με τα παραδείγματα, φαίνεται ότι έχουν μεγάλη φιλοσοφική σημασία. Η πρώτη αφορά το *νόημα των επιστημονικών όρων*. Σύμφωνα με τον Κουν οι επιστημονικοί νόμοι και οι εμπλεκόμενοι όροι δεν σημαίνουν τίποτα προτού εφαρμοστούν στα *υποδείγματα*, όπου η «φύση και οι λέξεις μαθαίνονται ταυτόχρονα» (Kuhn 1970a, 191). Τα υποδείγματα με αυτό τον τρόπο αντικαθιστούν τους ορισμούς και τις ικανές και αναγκαίες συνθήκες. Η δεύτερη λειτουργία των *υποδειγμάτων* είναι η αντικατάσταση των κανόνων του πώς γίνεται η επιστήμη. Στη θέση της εφαρμογής μιας γενικής μεθόδου (επαγωγή, παραγωγή κλπ) ο επιστήμονας απλώς «λύνει γρίφους (puzzles) προσομοιώνοντάς τους (modeling) με προηγούμενες λύσεις γρίφων» (Kuhn 1970a, 189).

Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, μια έννοια μοντέλου η οποία βασίζεται στο *υπόδειγμα* του Κουν, μπορεί να αποτελέσει την ζητούμενη μονάδα ανάλυσης της επιστήμης ως το θεμέλιο μιας μη προτασιακής ανασυγκρότησης. Η μη προτασιακή ανασυγκρότηση στην οποία θα καταλήξω έχει ως στόχο να συνδέσει την παλιότερη συζήτηση για το ρόλο των μοντέλων στην επιστήμη με σύγχρονες αντίστοιχες έρευνες (Giere 1999). Το ενδιαφέρον σχετικά με την φιλοσοφική σημασία των μοντέλων ανανεώθηκε στο τέλος της δεκαετίας του 1980 αλλά δεν συνδέθηκε τόσο με την ιστορία της επιστήμης, όσο με την γνωσιακή επιστήμη (cognitive science). Πέρα όμως από τις επιζητούμενες συγγένειες και «γέφυρες» με άλλα γνωσιακά πεδία, ο πυρήνας του προβληματισμού σχετικά με τα μοντέλα είναι κοινός και σε μια πρώτη προσέγγιση θα μπορούσε να περιγραφεί με τα παρακάτω διλήμματα: Οι επιστημονικές έννοιες ορίζονται μέσω ικανών και αναγκαίων συνθηκών ή μαθαίνονται μέσω της χρήσης σε προβλήματα- πρότυπα (μοντέλα); Ένα πρόβλημα στην επιστήμη αντιμετωπίζεται μέσω της εξειδίκευσης των γενικών νόμων, ή πρέπει πρώτα να χρησιμοποιηθεί ένα άλλο λυμένο πρόβλημα ως μοντέλο; Η επιστήμη είναι ένα σύστημα προτάσεων ή ένα σύμπλεγμα μοντέλων; Και τελικά, αν επιλέξουμε τη δεύτερη, μη προτασιακή εκδοχή των παραπάνω ερωτημάτων σημαίνει ότι παραιτούμαστε από το πρόγραμμα ορθολογικής ανασυγκρότησης της επιστήμης; Στόχος της διατριβής είναι η διερεύνηση των παραπάνω ερωτημάτων μέσω του

κατάλληλου προσδιορισμού της έννοιας του «μοντέλου» και η τελική συγκρότηση ενός μη προτασιακού ερμηνευτικού σχήματος, το οποίο θα δοκιμαστεί στο δεύτερο μέρος σε περιπτώσεις από την ιστορία της επιστήμης.

Στο υπόλοιπο τμήμα των *προλεγόμενων* που ακολουθεί επιχειρώ δύο πράγματα. Το πρώτο είναι να τοποθετήσω το όλο εγχείρημα σε συγκεκριμένες φιλοσοφικές συντεταγμένες και να εντάξω την υπόθεση εργασίας σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ερωτημάτων και προβλημάτων. Την ίδια στιγμή, επιχειρώ να παρουσιάσω τα κίνητρα αλλά και το τελικό αποτέλεσμα της έρευνας, με στόχο, πριν ο αναγνώστης προχωρήσει στην κυρίως εργασία, να έχει ήδη στη διάθεση του, τόσο την ιδέα, όσο και την στρατηγική εκμείευσης και συγκρότησής της μέσα από την φιλοσοφική παράδοση.

## **2. Το Σωκρατικό «τι εστί» και τα παραδείγματα.**

Οι πλατωνικοί διάλογοι ξεκινάνε από μια προσπάθεια απάντησης στο σωκρατικό «τι εστί» (η γνώση, η δικαιοσύνη, η αρετή). Η πρώτη προσπάθεια απάντησης του Σωκρατικού συνομιλητή γίνεται με αναφορά σε κάποια συγκεκριμένα παραδείγματα. Η αναφορά σε παραδείγματα κρίνεται αμέσως εκτός θέματος από τον Σωκράτη, καθώς αυτό που αναζητάει είναι η «ουσία», η ειδοποιός διαφορά, ο ορισμός, τελικά, της υπό εξέταση έννοιας. Το γεγονός ότι οι απαντήσεις των συνομιλητών του Σωκράτη αναφέρονται σε παραδείγματα δεν είναι τυχαίο. Αυτός φαίνεται να είναι ο τρόπος με τον οποίο μαθαίνουμε τις κατηγορίες στην καθημερινή ζωή, καθώς οι γονείς σπανίως παρέχουν αυστηρούς ορισμούς στα παιδιά τους. Τόσο οι αφηρημένες έννοιες (όπως η δικαιοσύνη) όσο και οι κατηγορίες που αναφέρονται στον φυσικό ή τεχνητό κόσμο (όπως οι πάπιες ή τα τραπέζια) μαθαίνονται δια της οικείωσης με κάποια παραδείγματα. Μια οντότητα δεν αναγνωρίζεται ως πάπια ή τραπέζι, επειδή έχει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία απαιτεί κάποιος αυστηρός ορισμός, αλλά επειδή «μοιάζει» με τα αντικείμενα εκείνα τα οποία έπαιξαν τον ρόλο του προτύπου. Το ίδιο φαίνεται ότι ισχύει και για την σημασία των αφηρημένων ιδεών, όπως η δικαιοσύνη, οι οποίες μαθαίνονται επίσης μέσα από τη χρήση τους σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Στον αντίποδα λοιπόν της σωκρατικής-πλατωνικής απαίτησης για μια γνώση η οποία θα θεμελιώνεται σε αυστηρούς ορισμούς, βρίσκεται η γνώση η οποία όχι μόνο συγκροτείται μέσω παραδειγμάτων,

αλλά προστρέχει σε αυτά κάθε φορά που επεκτείνεται σε νέες περιοχές. Η αναγωγή του ανοίκειου στο οικείο, ο συλλογισμός μέσω παραδειγμάτων, οι κρίσεις που βασίζονται σε σχέσεις ομοιότητας, όλοι αυτοί είναι μερικοί μόνο από τους τρόπους να περιγράψουμε τον τρόπο συλλογισμού τον οποίο υπαινίσσεται μια από τις πιο συνηθισμένες φράσεις των μαθητών: «Δάσκαλε, δεν καταλαβαίνω. Μπορείς να μου πεις ένα παράδειγμα;»

Ακόμα όμως και στην περίπτωση που αυτός είναι πράγματι ο τρόπος απόκτησης και χειρισμού της γνώσης που χαρακτηρίζει την καθημερινότητα, η προφανής αντίρρηση του Σωκράτη είναι ότι ο φιλόσοφος δεν μπορεί να αρκεστεί σε αυτό, οφείλει να αναζητήσει τον καθολικό λόγο, οφείλει να αναζητήσει ορισμούς και κανόνες και όχι παραδείγματα. Ο χώρος των παραδειγμάτων και της αναγωγής στο οικείο, ακόμα και αν χαρακτηρίζει τον καθημερινό λόγο, την *δόξα*, δεν μπορεί ποτέ να είναι λόγος της *επιστήμης*, δηλαδή του αληθούς, έγκυρου και αποδεδειγμένου λόγου.

Τα δύο γνωσιολογικά πρότυπα, η γνώση δια των ορισμών και των κανόνων αφενός και η γνώση δια των παραδειγμάτων και της αναγωγής των προβλημάτων μέσω της ομοιότητας αφετέρου, φαίνονται με τον καλύτερο τρόπο στην σύγκρουση για το επιστημολογικό καθεστώς της ιατρικής της ελληνιστικής περιόδου (Frede, 2000). Μια ανάγνωση της διαμάχης αφορά το γνωστό δίπολο λόγος- εμπειρία και κατά πόσο η ιατρική γνώση πρέπει να θεμελιώνεται στο ένα ή στο άλλο. Το ενδιαφέρον εδώ είναι ότι πέρα από το γνωστό φιλοσοφικό ζεύγμα, η σύγκρουση του 2<sup>ου</sup> μ.Χ αιώνα, δεν διεξάγεται στο επίπεδο της μετά- θεωρίας, αφορώντας μια λίγο-πολύ καθορισμένη και ανεξάρτητη δραστηριότητα (όπως κάνει η σημερινή φιλοσοφία της επιστήμης) αλλά χωρίζει την ίδια την πρακτική της ιατρικής σε δύο αντίπαλα στρατόπεδα. Από το ένα μέρος, οι *ορθολογιστές* γιατροί θεωρούν ότι κάθε περίπτωση αντιμετωπίζεται με την αναφορά σε ένα γενικό σύνολο κανόνων και ορισμών, οι οποίοι προκύπτουν από μια γενική θεωρία του σώματος. Από το άλλο μέρος, οι *εμπειρικοί* γιατροί, θεωρούν ότι για κάθε καινούργια περίπτωση πρέπει να αναζητηθεί μια όμοια, μια κοντινή, η οποία έχει αντιμετωπιστεί με επιτυχία. Η εικόνα της ιατρικής ως επιστήμης, σύμφωνα με το ορθολογιστικό πρότυπο, είναι μια θεωρία για το σώμα από την οποία προκύπτουν οι κανόνες χειρισμού και κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Αντίθετα, σύμφωνα με τους εμπειριστές, η αντίστοιχη εικόνα είναι ένα σύνολο επιτυχημένων θεραπειών μαζί με τις ομοιότητες και τις διαφορές τους.

Η σχετική συζήτηση θα μπορούσε να μεταφερθεί και στην σημερινή φιλοσοφία της επιστήμης. Θεωρήθηκε φιλοσοφικό αυτονόητο ότι η σύγχρονη επιστήμη, όχι μόνο λειτουργεί με τον πρώτο τρόπο, αλλά αποτελεί ουσιαστικά την υλοποίηση αυτού του ιδεώδους. Ειδικά η φυσική, η οποία θα αποτελέσει το κύριο παράδειγμα μου, φαίνεται ότι πράγματι εκπορεύει τις επιμέρους απαντήσεις της και την αντιμετώπιση επιμέρους φαινομένων από μια γενική θεωρία για το σύμπαν. Έχοντας ως πρότυπο αυτή την εικόνα της φυσικής, η πλειονότητα των φιλοσόφων θεώρησε ότι ο επιστημονικός λόγος θεμελιώνεται σε αυστηρούς ορισμούς και κανόνες. Στον 20<sup>ο</sup> αιώνα, αυτή η αντίληψη απετέλεσε την αφετηρία του λογικού εμπειρισμού, του κινήματος που κινείται γύρω από ένα σχήμα ερμηνείας και ανασυγκρότησης της επιστήμης το οποίο θα καλέσω *προτασιακό γνωσιολογικό πρότυπο*. Σύμφωνα με αυτό, η επιστημονική θεωρία είναι ένα σύνολο προτάσεων, οι οποίες συνδέονται με λογικές σχέσεις μεταξύ τους και κάποιες από αυτές τις προτάσεις είναι ελέγξιμες εμπειρικά. Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσω να υποστηρίξω ένα άλλο σχήμα ανασυγκρότησης, το οποίο κινείται στην κατεύθυνση των εμπειρικών γιατρών. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, η σύγχρονη επιστήμη, ή ακριβέστερα, πολλές πλευρές της σύγχρονης επιστήμης, γίνονται καλύτερα κατανοητές αν υιοθετήσουμε ένα μη προτασιακό πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο οι επιστήμονες δεν λύνουν προβλήματα δια της προσφυγής σε κανόνες και ορισμούς, αλλά δια της αναγωγής τους σε ήδη λυμένα προβλήματα. Η εικόνα που ταιριάζει στην επιστήμη ως εκ τούτου, είναι ενός συνόλου συνδεδεμένων προβλημάτων και όχι αυτή που την ταυτίζει με ένα παραγωγικό σύστημα προτάσεων. Το μη προτασιακό πρότυπο, όπως και το αντίστοιχο προτασιακό, δεν είναι παρά μια προσπάθεια ανασυγκρότησης, η οποία έχει αναγκαστικά ελλειπτικό χαρακτήρα και δεν φιλοδοξεί να εξηγήσει όλες τις όψεις της επιστήμης. Αυτό που ισχυρίζομαι είναι ότι οι μη προτασιακές όψεις της επιστήμης δεν μπορούν να αγνοηθούν από οποιαδήποτε φιλοσοφική ερμηνεία. Επιπλέον, θα προσπαθήσω να δείξω ότι η μη προτασιακή ανασυγκρότηση είναι κοντύτερα στη ίδια την επιστήμη και την ιστορία της αλλά και στην εικόνα που έχουν οι επιστήμονες για την δουλειά τους. Εντάσσεται δηλαδή σε μια ιστορικά προσανατολισμένη φιλοσοφία της επιστήμης, όπως αυτή ξεκινάει στη δεκαετία του 1960.

Θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι η μη προτασιακή ανασυγκρότηση, καθώς αφορά την αντιμετώπιση αγνώστων προβλημάτων δια της αναγωγής τους σε γνωστά, αφορά αποκλειστικά το λεγόμενο «πλαίσιο της ανακάλυψης» και όχι την

φιλοσοφία της επιστήμης. Σύμφωνα με αυτό το σκεπτικό θα μπορούσε να είναι χρήσιμη ως ιστοριογραφικό εργαλείο αλλά δεν μπορεί να αποτελέσει αντίπαλο δέος της προτασιακής ανασυγκρότησης. Η υπόθεση εργασίας, όμως, είναι ότι όχι μόνο η μη προτασιακή ανασυγκρότηση μπορεί να αποτελέσει ισχυρό μέσο για την αντιμετώπιση κλασικών φιλοσοφικών προβλημάτων, αλλά είναι τόσο ορθολογική, όσο και η αντίπαλη προτασιακή.

Για να διευκρινίσω την τελευταία πρόταση, η επιχειρούμενη ανασυγκρότηση δεν γίνεται χωρίς στόχο, σε ένα φιλοσοφικά ουδέτερο έδαφος. Στόχος της είναι να υπερασπίσει την ορθολογικότητα της επιστήμης και να αναμετρηθεί με τα φιλοσοφικά προβλήματα τα οποία έθεσε κυρίως ο Κουν και η λεγόμενη ιστορική στροφή, δηλαδή, για τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ο εμπειρικός έλεγχος των θεωριών, των κριτηρίων με τα οποία συγκρίνονται οι θεωρίες κοκ. Θεωρώντας ότι τόσο η επίθεση του Κουν στο λογικό εμπειρισμό, όσο και η ανάλυση του για τις επιστημονικές θεωρίες είναι γενικά σωστή, θα θέσω ως στόχο την διευκρίνιση με τέτοιο τρόπο των εννοιών του *Παραδείγματος*, της *ασυμμετρίας*, της *ανοσίας*, κλπ, ώστε να αποσυνδεθούν από τον φιλοσοφικό σχετικισμό με τον οποίο πολλές φορές ταυτίζονται.

Για να προχωρήσω σε μια πιο συγκεκριμένη διατύπωση της υπόθεσης εργασίας, θα εισάγω την βασική ιδέα με ένα δεύτερο τρόπο, με όρους αυτή τη φορά σύγχρονης φιλοσοφίας και πιο συγκεκριμένα σε σχέση με τον πρόβλημα του νοήματος.

### 3. Ο Βιτγκενστάιν και το Νόημα ως Χρήση

Στον αντίποδα της σωκρατικής απαίτησης, ο (ύστερος) Βιτγκενστάιν (Wittgenstein) έρχεται να αμφισβητήσει, όχι μόνο την δυνατότητα εύρεσης αυστηρών ορισμών, αλλά και την οποιαδήποτε χρησιμότητα θα είχαν αυτοί στα πλαίσια της φιλοσοφικής έρευνας.

Ο Βιτγκενστάιν αντιπαραθέτει στην αναζήτηση ορισμών και ουσιών, αναζήτηση συγκροτητική για τις περισσότερες τάσεις της Δυτικής φιλοσοφίας, ένα νόημα ανομοιογενές, κοινωνικό, και πραγματιστικό. Το νόημα μιας λέξης δεν μπορεί να οριστεί αλλά να *δειχθεί* μέσα από ένα *γλωσσικό παιχνίδι*: μια έμπρακτη δραστηριότητα όπου κάθε «νέος παίκτης» μαθαίνει τις λέξεις ταυτόχρονα με τις χρήσεις τους. Έτσι, μια λέξη είναι όπως ένα σιδερένιο εργαλείο με μια διχάλα στην άκρη. Αν χρησιμοποιηθεί για να βγάζει καρφιά αποκτάει διαφορετικό νόημα από

όταν χρησιμοποιείται σαν μοχλός για να ξεκολλήσουμε κάτι. Η επίθεση του Βιτγκενστάιν είναι ενάντια στους ορισμούς ως πράξεις που προηγούνται λογικά του χειρισμού των εννοιών.

Θυμήσου ότι απαιτούμε ορισμούς όχι για το περιεχόμενο τους αλλά για την μορφή τους. Η απαίτηση μας είναι αρχιτεκτονική, ο ορισμός είναι σαν ψεύτικο γείσωμα που δεν στηρίζει τίποτα. (Wittgenstein 1977, §217)

Αν κάποιος δεν καταλαβαίνει τη σημασία μιας επιστημονικής έννοιας, κανείς δεν διαφωνεί ότι η πρώτη προσπάθεια είναι να του δοθεί η σημασία της μέσω άλλων εννοιών. Που σταματάει όμως αυτή η αλυσίδα εξηγήσεων;

Αλλά αν κάποιος δεν κατέχει κιόλας αυτές τις έννοιες, τότε θα του διδάξω τη χρήση τους με τη βοήθεια *παραδειγμάτων και ασκήσεων*.- Και κάνοντας τούτο δεν του μεταδίνω τίποτα λιγότερο από εκείνο που ξέρω εγώ ο ίδιος. (Wittgenstein 1977, §113)

Ο Βιτγκενστάιν βρίσκεται με αυτό τον τρόπο στον αντίποδα της προτασιακής ανασυγκρότησης. Οι έννοιες δεν ορίζονται δια της αναγωγής τους σε κάποιες απλούστερες, εμπειρικές, άμεσα αντιληπτές, αλλά μέσω της χρήσης τους σε συγκεκριμένα παραδείγματα, τα οποία με αυτό τον τρόπο μετατρέπονται σε πρότυπα. Αυτή η βιτγκενσταϊνική οπτική θεωρήθηκε ότι στα πλαίσια της φιλοσοφίας της γλώσσας αντιπαραθέτει σε μια «αντικειμενιστική» ή «εικονιστική» θεωρία του νόηματος *το νόημα ως χρήση*. Αν, ακολουθώντας τον Μπαλτά (Baltas 1990), διακρίνουμε το νόημα μιας έννοιας σε συμφρασιακό ή συστημικό (η σχέση της με τις άλλες έννοιες) και εμπειρικό (η σχέση της με τον εξωγλωσσικό κόσμο όπως γίνεται αντιληπτός στην καθημερινή εμπειρία), τότε και οι δύο συνιστώσες χρειάζονται μια συγκεκριμένη δραστηριότητα για να υλοποιηθούν. Στα πλαίσια ενός γλωσσικού παιχνιδιού, οι «παίκτες» μαθαίνουν την ίδια στιγμή τον τρόπο που συνδυάζονται οι λέξεις και τον τρόπο που κάθε λέξη σχετίζεται με μια συγκεκριμένη δραστηριότητα επί του κόσμου.

Η υιοθέτηση μιας τέτοιας οπτικής όσον αφορά το νόημα των επιστημονικών εννοιών έχει γενικότερες φιλοσοφικές επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε την επιστήμη. Αν πράγματι το νόημα των εννοιών θεμελιώνεται σε συγκεκριμένα παραδείγματα, τότε πώς χρησιμοποιούνται οι έννοιες σε διαφορετικά προβλήματα

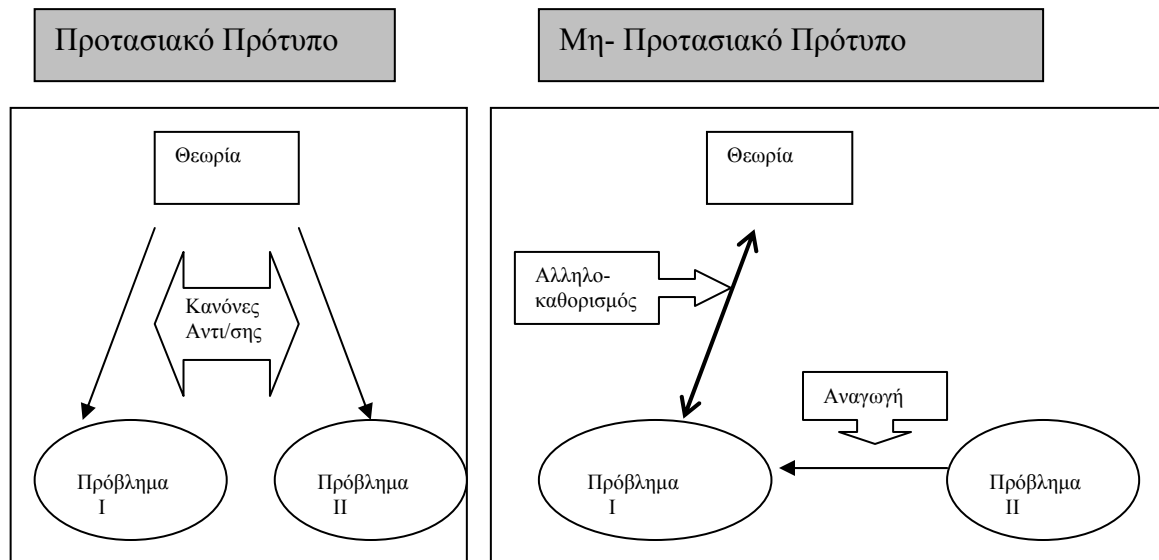


από αυτά όπου διδάχθηκαν; Όταν αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες καινούργια προβλήματα, πώς εφαρμόζουν το εννοιολογικό τους οπλοστάσιο σε αυτά; Αν οι έννοιες δεν έχουν καθολική και ρητή σημασία, πώς χρησιμοποιούνται σε νέα «γλωσσικά παιχνίδια»; Αμέσως παρακάτω θα δούμε πώς η αναγωγή του προς επίλυση προβλήματος στο λυμένο, μπορεί να απαντήσει στο τελευταίο ερώτημα και να συμπληρώσει μια θεωρία του νόηματος ως χρήση στα πλαίσια της επιστήμης.

#### 4. Επιστήμη, Ορθολογικότητα και Παραδείγματα

Επιχειρώντας να συγκεκριμενοποιήσω περισσότερο την υπόθεση εργασίας, θα εστιάσω στο χώρο της φυσικής. Ας ξεκινήσουμε από το ερώτημα της εμπειρικής εφαρμογής (και εμπειρικού ελέγχου) συμβολικών γενικεύσεων του τύπου « $F=ma$ ». Η εφαρμογή αυτού του νόμου σε συγκεκριμένα προβλήματα προϋποθέτει την ικανότητα να αναγνωρίσουμε δυνάμεις και μάζες σε κάθε περίπτωση και να μπορούμε να μετρήσουμε επιταχύνσεις. Στα πλαίσια μιας προτασιακής ανασυγκρότησης, αυτό απαιτεί κάποιου είδους ορισμών και μια διάκριση θεωρητικών και παρατηρησιακών όρων. Στην πράξη, όμως, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Η εμπειρική εφαρμογή του νόμου σε ένα μη τετριμμένο πρόβλημα απαιτεί τεχνικές προσαρμογής στο συγκεκριμένο πρόβλημα, ανά περίπτωση εξειδικεύσεις, τεχνάσματα και βοηθητικές θεωρίες. Αυτή η ανάγκη δεν θεματοποιήθηκε καν από τον λογικό εμπειρισμό, καθώς αυτό που ενδιέφερε τους οπαδούς του ήταν το τελικό προϊόν και όχι η διαδικασία συγκρότησής του. Ας δούμε τώρα το ίδιο πρόβλημα από την οπτική της μη προτασιακής ανασυγκρότησης. Το νόημα των εννοιών και η χρήση των νόμων έχουν προσδιοριστεί μέσα σε συγκεκριμένα παραδείγματα- εφαρμογές. Οι δύο αυτές λειτουργίες συνδέονται, καθώς η χρήση του νόμου στα πλαίσια μιας εφαρμογής προσδιορίζει και το νόημα των εμπλεκόμενων εννοιών αλλά και αντιστρόφως, το νόημα των εννοιών καθοδηγεί τον τρόπο με τον οποίο θα εφαρμοστεί ο νόμος. Στην περίπτωση τώρα, της επιχείρησης εφαρμογής των νόμων σε μια νέα περιοχή, σε ένα άγνωστο, μη- τετριμμένο πρόβλημα, αυτό που πρέπει να γίνει, είναι η «σύγκριση» αυτού του προβλήματος με το *υπόδειγμα*, με το πρόβλημα δηλαδή στο οποίο καταδείχθηκε το νόημα της έννοιας αλλά και του νόμου. Αυτή η σύγκριση μπορεί να παράσχει όχι μόνο πρόσβαση στο εννοιολογικό οπλοστάσιο της θεωρίας, αλλά και τις

κατάλληλες τεχνικές προσαρμογής (τις τεχνικές και τα «τρυκ») ώστε να εξειδικευτεί ένα γενικός τύπος σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.



Η γνώση αυτών των τεχνικών προσαρμογής, η οποία σε τελική ανάλυση είναι αναγωγή προβλημάτων, δεν είναι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να παραλειφθεί από μια φιλοσοφική ερμηνεία της επιστήμης, καθώς αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο το εννοιολογικό οπλοστάσιο της θεωρίας αποκτάει πρόσβαση στον «πραγματικό» κόσμο. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, οι νόμοι της φυσικής δεν αφορούν εξ' αρχής όλο τον φυσικό κόσμο, αλλά επιλεγμένα και εξιδανικευμένα κομμάτια του, τα οποία παίζουν τον ρόλο προτύπου για την επέκταση της θεωρίας σε νέες περιοχές. Το αντικείμενο έτσι της φυσικής καθορίζεται από την θεωρία, αλλά την ίδια στιγμή την καθορίζει. Όχι μόνο η εμπειρία είναι θεωρητικά «βεβαρυμένη» (theory laden), αλλά και η θεωρία είναι από την αρχή εμπειρικά βεβαρυμένη (experience laden), αφού συγκροτείται με αναφορά συγκεκριμένα εμπειρικά πλαίσια και συγκεκριμένες πρακτικές. Με αυτό τον τρόπο επανατίθεται το πρόβλημα των σχέσεων της εμπειρικής επαλήθευσης των επιστημονικών θεωριών. Το πρόβλημα σύμφωνα με την μη προτασιακή ανασυγκρότηση, δεν είναι πώς μια «καθαρή» εμπειρία, μπορεί να ελέγξει μια «καθαρή» θεωρία, ούτε πώς από μια «καθαρή» θεωρία παράγονται εμπειρικά ελέγξιμες προτάσεις. Το πρόβλημα είναι πώς μεταβαίνουμε από περιοχές στις οποίες η θεωρία έχει επιλεγθεί έτσι, ώστε να είναι απόλυτα προσαρμοσμένη με συγκεκριμένου τύπου εμπειρία, σε άλλες περιοχές στις οποίες αν και η εμπειρία αλλάζει, επιμένουμε να την αντιμετωπίζουμε με τα ίδια θεωρητικά εργαλεία, ή με μικρές και

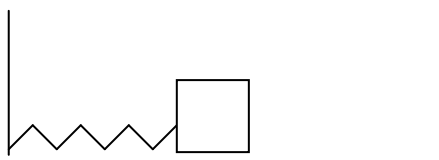
ελεγχόμενες αλλαγές στα θεωρητικά εργαλεία. Η διαμάχη του παραγωγικού και του επαγωγικού προτύπου, σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι εκτός θέματος. Η επιστήμη δεν ξεκινάει ούτε από «καθαρά» εμπειρικά δεδομένα, ούτε από κάποιο σύστημα λογικά αρθρωμένων αξιωμάτων. Ξεκινάει από επιλεγμένα προβλήματα, στα οποία η θεωρία και η εμπειρία συνυπάρχουν.

Αυτό λοιπόν που μένει να διευκρινιστεί είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αυτή η συσχέτιση διαφόρων προβλημάτων με τα προβλήματα τα οποία λειτουργούν ως πρότυπα (μοντέλα), να διευκρινιστεί, με άλλα λόγια, ποιος είναι ακριβώς ο ρόλος των μοντέλων και με ποιο τρόπο λειτουργεί η όλη διαδικασία.

### 5. Πρότυπα και Μοντέλα

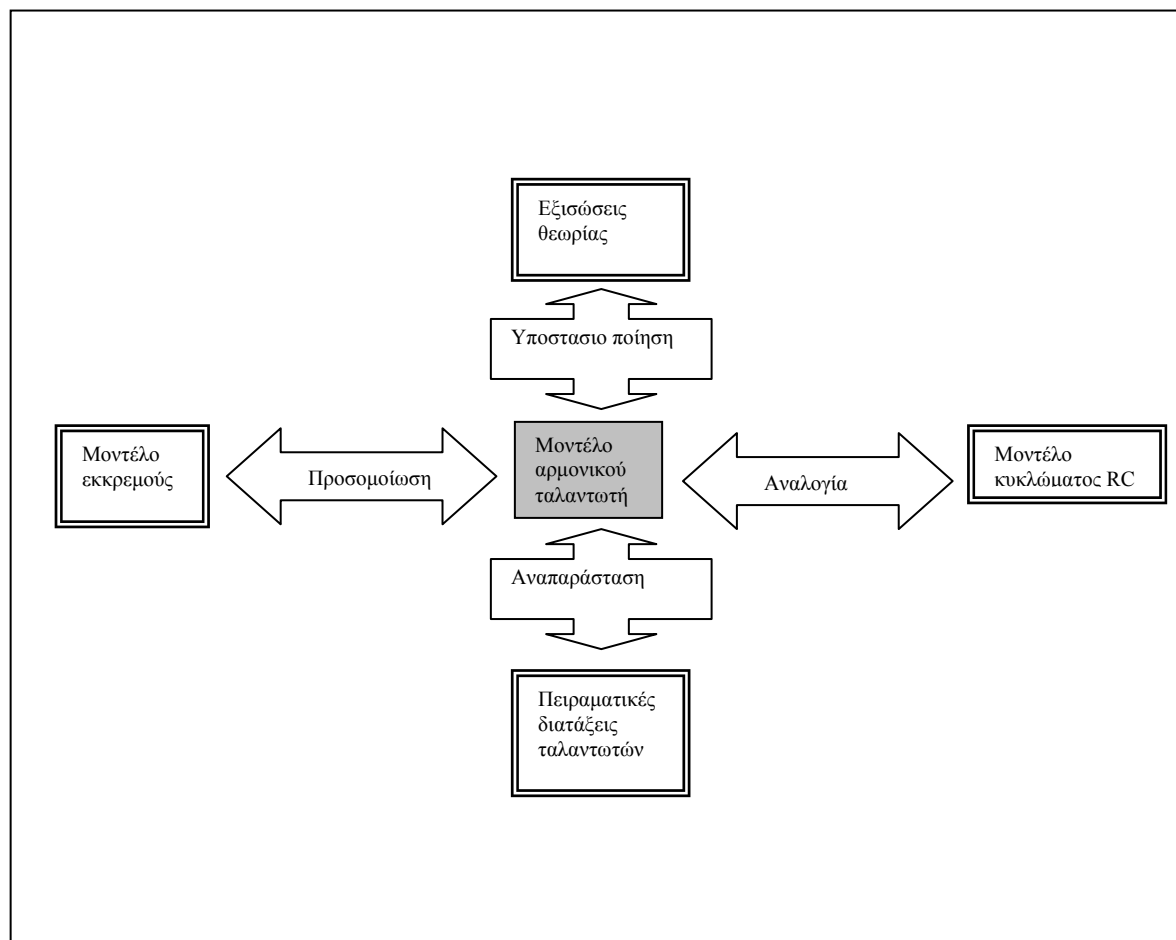
Η υπόθεση εργασίας βασίζεται σε μια παράδοση στη φιλοσοφία της επιστήμης η οποία κινείται σε ανάλογη κατεύθυνση. Αυτό που χαρακτηρίζει την παράδοση αυτή είναι ο κεντρικός χαρακτήρας της έννοιας του μοντέλου (model) και η αντιπαράθεση του με την πρόταση ως μονάδα ανάλυσης της επιστήμης. Το μοντέλο και ως λεξικογραφικό λήμμα και ως φιλοσοφική έννοια έχει διάφορες σημασίες. Ο κοινός παρονομαστής των σημασιών είναι η έννοια του προτύπου. Άλλες λέξεις στα ελληνικά οι οποίες θα μπορούσαν να αποδώσουν την σημασία του μοντέλου είναι το πρότυπο, το υπόδειγμα, το παράδειγμα, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις ο εξομοιωτής ή προσομοιωτής. Θα χρησιμοποιήσω την λέξη «μοντέλο» η οποία καθώς δεν έχει ελληνική ρίζα μπορεί να αποτελέσει ένα ουδέτερο υλικό, πάνω στο οποίο θα δίνονται κάθε φορά οι διευκρινήσεις.

Η υπόθεση εργασίας έτσι, θα ξεκινήσει από το ερώτημα, τι είναι μοντέλο και με ποιο τρόπο θα μπορούσε να αντικαταστήσει την πρόταση. Διακρίνω τέσσερις βασικές σημασίες αυτής της έννοιας, στις οποίες αφιερώνω αντιστοίχως τα τέσσερα πρώτα κεφάλαια. Οι σημασίες αυτές θα δειχθούν με βάση το παράδειγμα ενός απλού μοντέλου περιοδικής κίνησης, ενός σώματος προσδεδμένου σε ένα ιδανικό ελατήριο (το οποίο ακολουθεί τον νόμο του Χουκ (Hooke)). Το σώμα μπορεί να κινείται χωρίς τριβές σε ένα οριζόντιο επίπεδο.



Διάταξη Α – Μοντέλο αρμονικού ταλαντωτή.

Το παρακάτω σχήμα συνοψίζει τους τέσσερις τρόπους με τους οποίους η παραπάνω εξιδανικευμένη διάταξη, μπορεί να λειτουργήσει ως μοντέλο:



Η σημασία της λέξης «μοντέλο» η οποία θα εξεταστεί στο πρώτο κεφάλαιο προέρχεται από το χώρο των μαθηματικών και ειδικότερα της τυπικής λογικής. Η εξιδανικευμένη διάταξη  $A$  με αυτό τον τρόπο είναι μια περιοχή στην οποία, όταν τα «κενά περιεχομένου» σύμβολα των τύπων ερμηνευτούν κατάλληλα, οι νόμοι της θεωρίας είναι αληθείς και οι εξισώσεις της ισχύουν. Στα πλαίσια λοιπόν της τυπικής σημασιολογίας, η διάταξη  $A$  αποτελεί μοντέλο *υποστασιοποίησης* για την ανερμήνευτη γλώσσα της θεωρίας. Ξεκινώντας τώρα από την κοινώς παραδεδεγμένη θέση ότι η τυπική σημασιολογία απετέλεσε το πρότυπο στο οποίο στηρίχθηκε ο λογικός θετικισμός για να ερμηνεύσει τις σχέσεις επιστημονικής γλώσσας και φυσικού κόσμου, προχωρώ στον προσδιορισμό των δύο βασικών προϋποθέσεων του

προτασιακού γνωσιολογικού προτύπου. Σύμφωνα με την πρώτη, η γλώσσα της επιστήμης μπορεί να ανασυγκροτηθεί ως αξιωματικό σύστημα ανερμήνευτων προτάσεων που συνδέονται μέσω τυπικών κανόνων. Σύμφωνα με τη δεύτερη, ο φυσικός κόσμος, ως μοντέλο αυτής της γλώσσας, αποτελείται από ανεξάρτητα μεταξύ τους συμβάντα, περιγραφόμενα από εμπειρικές προτάσεις στις οποίες μπορεί να αποδοθεί μια τελεσίδικη αληθοτιμή. Και οι δύο προϋποθέσεις βασίζονται στην διάκριση σύνταξης και σημασίας που εγκαθιδρύει η τυπική σημασιολογία. Με βάση τα παραπάνω, είναι φανερό ότι το μοντέλο υποστασιοποίησης, όχι μόνο δεν μπορεί να αποτελέσει την αναζητούμενη εναλλακτική μονάδα ανάλυσης της επιστήμης, αλλά βρίσκεται στο κέντρο που προτασιακού προτύπου.

Δεύτερον, η διάταξη A είναι πρότυπο για άλλες διατάξεις οι οποίες είναι ανάλογες με αυτήν. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το ηλεκτρικό κύκλωμα LC (πηνίου-πυκνωτή). Το ηλεκτρικό κύκλωμα LC μπορεί να αντιμετωπιστεί ως αρμονικός ταλαντωτής, αν θεωρήσουμε ότι το φορτίο στο πυκνωτή «ταλαντώνεται» ανάμεσα σε μια μέγιστη και μια ελάχιστη τιμή. Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για αναλογικά ή υλικά μοντέλα τα οποία θα εξεταστούν στο δεύτερο κεφάλαιο. Ανάμεσα στις δύο διατάξεις υπάρχει ένας ισομορφισμός, καθώς οι νόμοι που τις διέπουν έχουν την ίδια μορφή. Από μια φιλοσοφική παράδοση (Campbell, Hesse, Black, Harre, McMullin) διατυπώθηκε ο ισχυρισμός ότι ο εντοπισμός μιας τέτοιας αναλογίας είναι απαραίτητος για την ύπαρξη των επιστημονικών εξηγήσεων. Ξεκινώ τη μελέτη του ισχυρισμού με την παρατήρηση ότι η ομοιότητα μεταξύ των δύο διατάξεων δεν μπορεί να περιορίζεται στη δομική αναλογία μεταξύ των αντίστοιχων εξισώσεων, διότι σε αυτή την περίπτωση τα διαφορετικά μοντέλα θα ανάγονταν σε ερμηνείες της ίδια τυπικής γλώσσας, δηλαδή σε μοντέλα υποστασιοποίησης. Στη συνέχεια, αναζητώ άλλες ερμηνείες της «ομοιότητας» μεταξύ των δύο περιοχών, η οποία θα καθιστούσε την αναλογικά μοντέλα απαραίτητο συστατικό της επιστημονικής εξήγησης. Το συμπέρασμα του κεφαλαίου είναι ότι, αν και η συγκεκριμένη παράδοση καταφέρνει να διερευνήσει ορθολογικά το λεγόμενο «πλαίσιο της ανακάλυψης», δεν καταφέρνει να εκπληρώσει τους στόχους της σχετικά με την αναγκαιότητα των μοντέλων στη συγκρότηση του νοήματος των επιστημονικών όρων και στην επιστημονική εξήγηση.

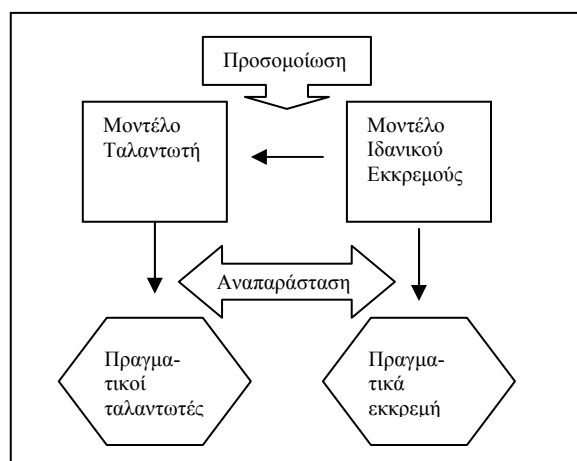
Τρίτον, η διάταξη είναι μοντέλο πραγματικών σωμάτων που ταλαντώνονται δεμένα σε πραγματικά ελατήρια, δηλαδή είναι μοντέλο με βάση το οποίο μπορούμε

να περιγράψουμε πραγματικά συστήματα στον κόσμο. Στο τρίτο κεφάλαιο, θα εξετάσω αυτού του είδους τα μοντέλα, τα οποία θα ονομάσω αναπαραστασιακά (λόγω της αναπαράστασης φυσικών συστημάτων) ή ενδιάμεσα μοντέλα (λόγω της μεσολάβησής του ανάμεσα στις εξισώσεις της θεωρίας και τον «κόσμο»). Τα μοντέλα αυτά προτάθηκαν από μια παράδοση («σημασιολογική προσέγγιση», Suppes, Suppe, Sneed, Stegmuller, van Fraassen, Cartwright) ως βασικό εργαλείο σε μια μη προτασιακή προσέγγιση της επιστήμης. Σύμφωνα με αυτή τη παράδοση, η ιδέα της μη προτασιακότητας βασίζεται στην ίδια την ιδέα της παρεμβολής. Συνέπεια αυτής της ιδέας μοντέλο της επιστημονικής γλώσσας δεν είναι ο ίδιος ο κόσμος αλλά εξιδανικευμένες κατασκευές οι οποίες απαιτούν την συνδρομή θεωρητικών υποθέσεων για την συγκρότησή τους. Με αυτό τον τρόπο, ο εμπειρικός έλεγχος μιας επιστημονικής θεωρίας δεν γίνεται με την απόδοση τιμών αλήθειας σε μεμονωμένες προτάσεις, αλλά με την προσπάθεια προσαρμογής εξιδανικευμένου μοντέλου-πραγματικού φυσικού συστήματος. Αυτό δηλαδή που ελέγχεται κάθε φορά εμπειρικά είναι ένα μοντέλο και όχι μια πρόταση. Καθώς τώρα η συγκρότηση κάθε μοντέλου απαιτεί ειδικές βοηθητικές υποθέσεις και προσαρμογές, η συγκεκριμένη παράδοση απομακρύνεται από την ιδέα ενός και μοναδικού μοντέλου, το οποίο ταυτίζεται με τον φυσικό κόσμο, και οδηγείται στην αποδοχή διακριτών μοντέλων τα οποία αναπαριστούν φυσικά συστήματα. Ως προς τους φιλοσοφικούς στόχους αυτής της παράδοσης, διακρίνω δύο κατευθύνσεις. Η μια επιχειρεί μέσω αυτής της προσέγγισης να επανεξετάσει κλασικά επιστημολογικά ερωτήματα, όπως αυτά που συναρτώνται με τη διαμάχη ρεαλισμού και εμπειρισμού. Το συμπέρασμά μου εδώ είναι ότι οι προσπάθειες φιλοσοφικής εκμετάλλευσης των ενδιάμεσων μοντέλων διολισθαίνουν τελικά σε κλασικά επιχειρήματα, ανακυκλώνοντας έτσι παλιά και άλυτα προβλήματα. Η δεύτερη κατεύθυνση (Sneed, Stegmüller) εντάσσει τα μοντέλα στην παράδοση της ορθολογικής ανασυγκρότησης της επιστήμης. Σύμφωνα με τη προσέγγιση αυτή, μια επιστήμη όπως η φυσική, αποτελείται ουσιαστικά από ένα σύνολο διακριτών εφαρμογών. Αυτό το σύνολο παράγεται από λίγες αρχικές εφαρμογές οι οποίες με αυτό τον τρόπο παίζουν το ρόλο προτύπου /μοντέλου για τη δόμηση του όλου συστήματος. Άλλες εφαρμογές εντάσσονται σε αυτό το σύνολο, όταν «μοιάζουν» με τα αρχικά μοντέλα τα οποία με αυτό τον τρόπο παίζουν τον ρόλο προτύπου για τη δόμηση. Στο ερώτημα σε τι συνίσταται αυτή η ομοιότητα, οι Σιντ- Στεγκμίλερ αναφέρονται στη έννοια των οικογενειακών ομοιοτήτων του Βιτγκενστάιν. Θεωρώντας ότι το πρόβλημα της ομοιότητας κεντρικό σε οποιαδήποτε μη

προτασιακή προσέγγιση βασίζεται στη έννοια του μοντέλου, επιχειρώ στο επόμενο κεφάλαιο να δώσω μια διαφορετική απάντηση.

Αυτή η απάντηση βασίζεται σε μια ειδική περίπτωση αναλογικών μοντέλων, τα οποία θα ονομάσω μοντέλα προσομοίωσης. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα εξετάσω την λειτουργία αυτών των μοντέλων βασιζόμενος στην έννοια του *υποδείγματος* (exemplar) του Κουν. Για να επανέλθω στο παράδειγμα, η διάταξη Α είναι μοντέλο για άλλες εξιδανικευμένες διατάξεις, όπως αυτή του ιδανικού εκκρεμούς. Σε αυτή την περίπτωση, το πρόβλημα του εκκρεμούς λύνεται δια της αναγωγής του στο πρόβλημα του απλού ταλαντωτή. Οι θεωρητικοί χειρισμοί στην περίπτωση του εκκρεμούς καθορίζονται από το μοντέλο του ταλαντωτή. Αυτός ο τύπος αναλογίας, δεν μπορεί να θεωρηθεί πλεοναστικός από την άποψη της φιλοσοφίας, καθώς αφορά τον ίδιο τον τρόπο με τον οποίο οι έννοιες προσλαμβάνουν το περιεχόμενό τους, και τον τρόπο με τον οποίο οι φυσικοί νόμοι εφαρμόζονται στον κόσμο.

Σε αυτό το σημείο προσδιορίζω την επιζητούμενη σημασία του μοντέλου συνδυάζοντας την λειτουργία της αναπαράστασης (τρίτο κεφάλαιο) και την λειτουργία της προσομοίωσης. Στα πλαίσια μιας θεώρησης η οποία δεν βλέπει την επιστήμη ως σύστημα προτάσεων αλλά ως σύμπλεγμα μοντέλων, η λέξη «μοντέλο» θα πρέπει να έχει δυο, αλληλοσυμπληρούμενες σημασίες. Η πρώτη, την οποία ονόμασα *αναπαράσταση* ή μεσολάβηση, είναι αυτή μιας εξιδανικευμένης κατασκευής η οποία, παρά τις αφαιρέσεις, μπορεί να περιγράψει την συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, χωρίς την πολυπλοκότητα του τελευταίου. Η δεύτερη σημασία, την οποία ονόμασα *προσομοίωση*, είναι αυτή κατά την οποία, η ίδια εξιδανικευμένη διάταξη μπορεί να κατασκευαστεί έχοντας ως πρότυπο μια άλλη εξιδανικευμένη διάταξη, η οποία με τη σειρά της περιγράφει αποδεδειγμένα με τρόπο επιτυχή φυσικά συστήματα.



Ας επαναδιατυπώσω την ιδέα μέσω του συγκεκριμένου παραδείγματος. Για να καταλήξει ο φυσικός σε προβλέψεις σχετικά με την συμπεριφορά ενός πραγματικού εκκρεμούς, χρειάζονται δύο πράγματα. Το ένα είναι να έχει στη διάθεσή του, μια πρότυπη, εξιδανικευμένη κατασκευή, ένα μοντέλο, το οποίο να περιγράφει το εκκρεμές. Αυτή τώρα η κατασκευή θα πρέπει να έχει κατασκευαστεί με βάση μια άλλη πρότυπη εξιδανικευμένη κατασκευή, π.χ. τον αρμονικό ταλαντωτή, πάνω στην οποία καταδείχθηκε το νόημα των εννοιών της θεωρίας και η οποία έχει αποδειχθεί ότι περιγράφει πετυχημένα πραγματικούς ταλαντωτές. Αυτό δεν σημαίνει ότι μια από τις δύο λειτουργίες προηγείται χρονικά ή λογικά της άλλης. Αυτό που συμβαίνει στην επιστήμη είναι η συνεχής δοκιμή διαφόρων μοντέλων και προσεγγίσεων, η ανάδραση ανάμεσα στις δύο λειτουργίες, μέχρι να επέλθει η τελική ισορροπία και το πρόβλημα του εκκρεμούς να θεωρηθεί λυμένο. Αυτό που δείχνω σε αυτό το κεφάλαιο είναι ότι τόσο η προσομοιωτική, όσο και η αναπαραστασιακή λειτουργία είναι απαραίτητες και αλληλοσυμπληρούμενες για την δημιουργία της μη προτασιακής ανασυγκρότησης.

Τα παραπάνω καταλήγουν σε μια διαφορετική εικόνα της επιστήμης από αυτή την οποία εισήγαγε ο λογικός εμπειρισμός και την οποία δέχθηκαν πολλοί επικριτές του. Η επιστήμη, σύμφωνα με την μη προτασιακή προσέγγιση, αποτελείται από ένα σύμπλεγμα εξιδανικευμένων κατασκευών, τα οποία παράγονται από μια αρχική ομάδα προτύπων. Κάθε μια από αυτές τις εξιδανικευμένες κατασκευές δημιουργείται έχοντας ως πρότυπο κάποια άλλη (εκτός από τις αρχικές) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο για κάποια άλλη. Την ίδια στιγμή, κάθε μια από αυτές τις κατασκευές αξιώνει την περιγραφή ενός συστήματος ή μιας ομάδας φυσικών συστημάτων.

Ως παράδειγμα μιας σύγχρονης τέτοιας προσέγγισης εξετάζω τις θέσεις του Γκίρι (Giere) για τον οποίο η επιστήμη είναι ένα σύμπλεγμα μοντέλων (cluster of models) με την παραπάνω έννοια. Το συμπέρασμα από την εξέταση είναι ότι για άλλη μια φορά το κρίσιμο ερώτημα είναι το εξής: αν η επιστήμη αποτελεί όντως σύμπλεγμα μοντέλων, τι είναι αυτό που συνέχει τα εν λόγω μοντέλα ώστε αυτά να ανήκουν στην ίδια επιστήμη αλλά και, αντιστρόφως, γιατί μια συγκεκριμένη επιστήμη αποκτά υπόσταση μέσω των συγκεκριμένων μοντέλων και όχι κάποιων άλλων;



## 6. Μοντέλα και Ορθολογικότητα

Σε αυτό το σημείο διαφοροποιούμαι από τους εισηγητές της μη προτασιακής προσέγγισης, οι οποίοι στηρίχτηκαν στην βιτγκενσταϊνική έννοια των οικογενειακών ομοιοτήτων. Σύμφωνα με αυτούς (Stegmuller, Kuhn, Giere) η συγγένεια των μοντέλων του συμπλέγματος χαρακτηρίζεται μόνο από οικογενειακές ομοιότητες καθώς δεν υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά σε όλα τα μοντέλα. Από την στιγμή που οι οικογενειακές ομοιότητες δεν μπορούν να αποτελέσουν ασφαλές κριτήριο για την ένταξη ενός μοντέλου στο σύμπλεγμα, οι εισηγητές καταφεύγουν σε δύο λύσεις. Η μια είναι η προσφυγή στους μηχανισμούς της εκπαιδευμένης αντίληψης των επιστημόνων, διαδικασία που δεν υπόκειται σε ρητούς κανόνες, και η άλλη είναι η λύση των κοινωνικών διαπραγματεύσεων, η οποία πάλι δεν υπόκειται σε κανόνες, καθώς οι τελευταίοι αποτελούν αντικείμενο διαπραγματεύσεων. Με αυτό τον τρόπο, η μη προτασιακή ανασυγκρότηση παραιτείται από την εύρεση δεσμευτικών κριτηρίων, άρα από την περιγραφή της επιστήμης ως ορθολογικής δραστηριότητας. Η υιοθέτηση, όμως, της μη- προτασιακής ανασυγκρότησης, δεν συνεπάγεται την παραίτηση από την αναζήτηση ενός ρητού, αυστηρού και ελεγχόμενου τρόπου με τον οποίο συνέχεται το σύμπλεγμα των μοντέλων. Σε αυτή την κατεύθυνση, προτείνω τους *κανόνες μετασχηματισμού*. Οι κανόνες μετασχηματισμού αφορούν τους επιτρεπτούς χειρισμούς πάνω στα μοντέλα του συμπλέγματος, με τους οποίους μπορεί ένα μοντέλο του συμπλέγματος να μετασχηματιστεί σε ένα άλλο. Για να επανέλθω στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το πρόβλημα του εκκρεμούς λύνεται όταν θεωρηθεί σε μια *οριακή περίπτωση* του πρόβλημα αρμονικού ταλαντωτή<sup>2</sup>. Με αυτό τον τρόπο, η συγγένεια των δυο μοντέλων δεν καθορίζεται από ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών, αλλά από την αναγωγή του ενός στο άλλο μέσα από συγκεκριμένους και αυστηρούς χειρισμούς. Το αποτέλεσμα είναι ότι ενώ δεν υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά σε όλα τα μοντέλα υπάρχει εντούτοις συγκεκριμένος, ρητός και αυστηρός τρόπος με τον οποίο παράγεται το σύμπλεγμα. Ο τρόπος αυτός αποκαλύπτεται αν δούμε το σύμπλεγμα των μοντέλων, όχι ως στατική εικόνα, αλλά παραγόμενο και επεκτεινόμενο με ένα συγκεκριμένο τρόπο από ορισμένα αρχικά μοντέλα. Οι κανόνες μετασχηματισμού αποτελούν επίσης ριζική απομάκρυνση από την γλώσσα των κοινών χαρακτηριστικών, στην οποία ο λόγος περί οικογενειακών ομοιοτήτων μένει αναγκαστικά εγκλωβισμένος.

<sup>2</sup> Για πολύ μικρές γωνίες (ώστε η δύναμη επαναφοράς να θεωρείται ανάλογη της απομάκρυνσης).

Οι κανόνες μετασχηματισμού προσφέρουν επίσης μια νέα προοπτική στο πρόβλημα του εμπειρικού ελέγχου των μοντέλων: καθώς τα μοντέλα του συμπλέγματος συνδέονται με τρόπο ρητό και συγκεκριμένο, η εκτίμηση των αποκλίσεων κατά τον πειραματικό έλεγχο ενός μοντέλου δεν μπορεί να γίνει αν δεν εκτιμηθεί η σχέση αυτού του μοντέλου με το υπόλοιπο σύμπλεγμα. Η ορθολογικότητα της χρήσης των μοντέλων στην επιστήμη, όπως προκύπτει από τα παραπάνω, δεν θεμελιώνεται σε μεμονωμένες αποφάσεις υιοθέτησης ή μη ενός συγκεκριμένου μοντέλου, αλλά από τη δέσμευση σε ένα ολόκληρο ερευνητικό πρόγραμμα το οποίο αποτελείται από ένα ολόκληρο σύμπλεγμα τέτοιων μοντέλων.

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώνω την παρουσίαση αυτού που ονομάζω *θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων* την οποία εφαρμόζω στο δεύτερο μέρος της εργασίας στην περίπτωση των Αρχιμήδη και Γαλιλαίου.

## 7. Επιστημονική Επανάσταση και Θεωρία Επεκτεινόμενων Προτύπων

Το **δεύτερο μέρος** της εργασίας έχει δύο στόχους. Ο ένας είναι να αποτελέσει μια συγκεκριμένη εφαρμογή της ερμηνευτικής προσέγγισης που συγκροτήθηκε στο πρώτο μέρος, δίνοντας την ευκαιρία την ίδια στιγμή να διευκρινιστούν οι έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν (πρότυπο/μοντέλο, προσομοίωση, κανόνας μετασχηματισμού) μέσα από συγκεκριμένες χρήσεις και εφαρμογές. Με αυτή την έννοια, το δεύτερο μέρος αποτελεί μια δοκιμή της ιστοριογραφικής γονιμότητας της Θεωρίας Επεκτεινόμενων Προτύπων (ΘΕΠ). Υπάρχει όμως και ένας δεύτερος στόχος: να ερευνηθούν οι ιστορικές καταβολές της μη προτασιακής μεθόδου και της επιστημολογικής νομιμοποίησής της. Οι περιπτώσεις των Αρχιμήδη και Γαλιλαίου που εξετάζονται δεν αποτελούν δύο «τυχαία» παραδείγματα αλλά τις ιστορικές στιγμές που η μη προτασιακή μέθοδος νομιμοποιείται και οδηγεί στην διάκριση της επιστήμης από την φιλοσοφία. Η τελευταία υπόθεση, καθώς απαιτεί από μόνη της μια ξεχωριστή διατριβή, δεν θα αποτελέσει αντικείμενο ανάλυσης και επιχειρηματολογίας, αλλά μια ιδέα πάνω στην οποία θα γίνουν κάποιοι υπαινιγμοί. Υπ' αυτή την έννοια δεν αποτελεί ουσιαστικά μέρος της εργασίας, αλλά την προοπτική για το μελλοντικό προχώρημα της.

Ας δούμε τώρα αναλυτικά τα τέσσερα κεφάλαια του δεύτερου μέρους.

Στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζω τη θέση της θεωρίας των επεκτεινόμενων προτύπων σε σχέση με την ιστοριογραφία της επιστήμης. Ξεκινώντας από δύο

κεντρικά ιστοριογραφικά ερωτήματα, σχετικά με την περίοδο της επιστημονικής επανάστασης, το ερώτημα της συνέχειας και το ερώτημα του ειδικού βάρους της εμπειρίας σε σχέση με την θεωρία, δείχνω τον τρόπο με τον οποίο η ΘΕΠ έρχεται να συμπληρώσει και να αναπλαισιώσει συγκεκριμένες προσπάθειες απάντησης.

Το δεύτερο κεφάλαιο ξεκινάει από την απαρχή της μη προτασιακής μεθόδου στη γεωμετρία, η οποία ξεκινάει την ίδια περίοδο με την αξιωματική- παραγωγική μέθοδο αλλά θεωρείται υποδεέστερη της τελευταίας και μη τυπική. Ο Αρχιμήδης αποτελεί τομή σε αυτή την περίπτωση, διότι πρώτον, διατυπώνει ρητά αυτή την μέθοδο στο επίπεδο της γεωμετρίας και, δεύτερον, την μετατρέπει σε κύριο εργαλείο στη φυσική του. Η φυσική του Αρχιμήδη, όπως θα ανασυγκροτηθεί σε αυτό το κεφάλαιο, αποτελείται από μια σειρά προσομοίωσης μοντέλων με κεντρικό μοντέλο- βάση τον ζυγό.

Στο τρίτο κεφάλαιο φτάνω στην επιστημονική επανάσταση ξεκινώντας από το πρώιμο έργο του Γαλιλαίου. Δείχνω τον τρόπο με τον οποίο ο Γαλιλαίος, επιχειρώντας να λύσει το πρόβλημα της πτώσης των σωμάτων, όχι απλώς ακολουθεί την αρχιμήδεια μέθοδο, αλλά προσπαθεί να θεμελιώσει την νέα επιστήμη της κίνησης επεκτείνοντας το μοντέλο του ζυγού του Αρχιμήδη. Η προσπάθειά του αποτυγχάνει καθώς δεν καταφέρνει να βρει μια ισορροπία ανάμεσα στο εννοιολογικό οπλοστάσιο το οποίο αναπροσαρμόζει από την στατική αφενός και τα εμπειρικά και πειραματικά δεδομένα αφετέρου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο φτάνω στην «ώριμη» επιστήμη του Γαλιλαίου, όπου ο τελευταίος εγκαταλείπει τα συγκεκριμένα αρχιμήδεια μοντέλα στατικής (ζυγός) αλλά όχι την αρχιμήδεια μέθοδο. Επιλέγει μια καινούργια βάση για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης χρησιμοποιώντας το εννοιολογικό οπλοστάσιο από το –καλώς λυμένο– πρόβλημα της *ομοιόμορφης* (ευθύγραμμης και ομαλής) κίνησης. Καταφέρνει στη συνέχεια να αναπροσαρμόσει αυτό το οπλοστάσιο, μετασχηματίζοντας με τον κατάλληλο τρόπο τις έννοιες του (όπως η ταχύτητα), ώστε να λύσει με υποδειγματικό τρόπο ένα νέο πρόβλημα, την κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί το κεκλιμένο επίπεδο ως μοντέλο- βάση για να λύσει άλλα προβλήματα ανάγοντάς τα σε αυτό. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης από το οποίο είχε ξεκινήσει, το πρόβλημα της αδρανειακής κίνησης, το πρόβλημα της ταλάντωσης του εκκρεμούς και τέλος το πρόβλημα των βολών, το οποίο αποτελεί και την κορύφωση της νέας επιστήμης του.

Το συμπέρασμα από την εξέταση των ιστορικών περιπτώσεων είναι ότι μια ανασυγκρότηση με βάση την έννοια του μοντέλου, πρώτον, μπορεί να φωτίσει κάποιες όψεις του έργου των Αρχιμήδη και Γαλιλαίου και δεύτερον, να δείξει ότι πολλά από τα *φιλοσοφικά* ερωτήματα που έχουν τεθεί σχετικά με την επιστήμη του Αρχιμήδη και του Γαλιλαίου *προϋποθέτουν*, τουλάχιστον υπόρρητα, το προτασιακό πρότυπο και δεν έχουν ουσιαστικά νόημα ανεξάρτητα από αυτό.



---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Μοντέλα Υποστασιοποίησης και Προτασιακό Γνωσιολογικό Πρότυπο

---

---

### Εισαγωγή

Έστω μία γλώσσα πρωτοβάθμιου κατηγορηματικού λογισμού η οποία έχει ένα μόνο αξίωμα:

ΑΞΙΩΜΑ:  $\forall \chi (T\chi \supset \exists \psi (K\psi \& \Delta(\chi, \psi)))$

ΓΛΩΣΣΑ

(για κάθε  $\chi$ , αν το  $\chi$  ανήκει στο  $K$ , τότε υπάρχει  $\psi$  το οποίο ανήκει στο  $T$ , ώστε το ζεύγος  $(\chi, \psi)$  να ανήκει στο  $\Delta$ )

Η παρακάτω δομή  $A$ , είναι ένα μοντέλο αυτής της γλώσσας, καθώς το αξίωμα αληθεύει σε αυτό:

#### ΔΟΜΗ A

$\Sigma = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4, \tau_1, \tau_2 \}$

$T = \{ \tau_1, \tau_2 \}$

$K = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4 \}$

$\Delta = \{ (\kappa_1, \tau_1), (\kappa_4, \tau_2) \}$

ΜΟΝΤΕΛΟ

Τα μοντέλα, στα πλαίσια της μαθηματικής λογικής, είναι συνολοθεωρητικές δομές, όπως η παραπάνω, στις οποίες αληθεύουν όλες οι προτάσεις μιας τυπικής γλώσσας. Καθώς τώρα, εξ' ορισμού, τόσο οι σειρές συμβόλων της γλώσσας, όσο και τα στοιχεία των συνόλων του μοντέλου, δεν έχουν κανένα νόημα, το ερώτημα που προκύπτει είναι τι σχέση μπορεί να έχουν όλα αυτά με τη φιλοσοφία.

Σύμφωνα με μια κοινώς παραδεδεγμένη θέση, ο λογικός εμπειρισμός, επιχείρησε να ανασυγκροτήσει τη σχέση (επιστημονικής) γλώσσας- (φυσικού)

κόσμου με πρότυπο την παραπάνω απεικόνιση. Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να εξεταστούν οι φιλοσοφικές συνέπειες αυτής της μεταφοράς. Η θεώρηση της επιστημονικής γλώσσας ως α-νόητης σειράς συμβόλων και η αντίστοιχη θεώρηση του φυσικού κόσμου ως συνολοθεωρητική δομή οδηγεί σε συγκεκριμένες γνωσιολογικές δεσμεύσεις, συγκροτώντας αυτό που θα ονομάσω *προτασιακό πρότυπο*. Όπως θα επιχειρήσω να δείξω σε αυτό το κεφάλαιο, η ουσία του προτύπου βρίσκεται στην ίδια την διάκριση γλώσσας και μοντέλου ή *σύνταξης και σημασίας*.

Ο λογικός εμπειρισμός δεν λαμβάνει ως πρότυπό του ένα ανεξάρτητο επίτευγμα από τον χώρο των μαθηματικών. Οι έρευνες οι οποίες οδηγούν στην συγκρότηση της μαθηματικής λογικής επικαλύπτονται, συνέχονται και πολλές φορές διεξάγονται από τα ίδια πρόσωπα, τα οποία αναζητούν το «ξεκαθάρισμα» της φιλοσοφίας από τα «ψευδοπροβλήματα» και τη μεταφυσική. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο θα επιχειρήσω να φτάσω στο στόχο μου μέσω μίας αδρής ιστορικής παρουσίασης, επιμένοντας μόνο στα στοιχεία τα οποία θα βοηθήσουν στον προσδιορισμό των φιλοσοφικών δεσμεύσεων που συνεπάγονται από την υιοθέτηση της παραπάνω μεταφοράς.

## 1. Φορμαλισμός και Πρώτος Ορισμός Μοντέλου.

### 1.1 Μη- Ευκλείδειες Γεωμετρίες.

Η έννοια του μοντέλου στα μαθηματικά, ως τεχνικός όρος με συγκεκριμένο νόημα, εμφανίζεται στο τέλος του προηγούμενου αιώνα στα πλαίσια της συζήτησης για το επιστημολογικό καθεστώς των μη- Ευκλείδειων γεωμετριών (Χριστοδουλίδης 1979, 246). Θα επιχειρήσω μία σύντομη παρουσίαση των μη- ευκλείδειων γεωμετριών (ΜΕΓ) παραμένοντας σε όσα στοιχεία είναι απαραίτητα για την διευκρίνιση της λειτουργίας του μοντέλου.

Η Ευκλείδεια γεωμετρία στηρίζεται σε πέντε αξιώματα. (*αιτήματα* στην γλώσσα του Ευκλείδη). Το πέμπτο αξίωμα ισοδυναμεί με την διατύπωση «από σημείο εκτός ευθείας άγεται μία, και μόνο μία, παράλληλη προς την ευθεία». Το αξίωμα αυτό, ήδη από την αρχαιότητα αντιμετωπίστηκε ξεχωριστά από τα υπόλοιπα τέσσερα. Επί δεκαέξι σχεδόν αιώνες, οι μαθηματικοί επιχειρούσαν να το αποδείξουν με βάση τα

άλλα τέσσερα, ώστε να το καταστήσουν θεώρημα<sup>3</sup>. Στις αρχές, όμως, του 19<sup>ου</sup> αι. γεννιέται μια καινούργια ιδέα<sup>4</sup>: ότι το 5<sup>ο</sup> αξίωμα είναι λογικά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα τέσσερα, ότι δεν είναι δυνατόν, δηλαδή, να αποδειχθεί με βάση τα υπόλοιπα. Αυτό με την σειρά του σήμαινε ότι θα μπορούσαν να υπάρξουν γεωμετρίες οι οποίες θα βασίζονταν σε εκδοχές άρνησης του 5<sup>ου</sup> αξιώματος. Κατασκευάζονται έτσι, οι μη-Ευκλείδειες γεωμετρίες (ΜΕΓ), συγκεκριμένα, η γεωμετρία του Λομπατσέφσκι (Lobatchevsky) όπου το πέμπτο αξίωμα αντικαθίσταται με το αξίωμα «από σημείο εκτός ευθείας άπειρες παράλληλες άγονται» και η γεωμετρία του Ρίμαν (Riemann), όπου το πέμπτο αξίωμα αντικαθίσταται με το αξίωμα «από σημείο εκτός ευθείας καμία παράλληλη δεν άγεται». Οι ΜΕΓ, έτσι, περιείχαν προτάσεις οι οποίες φαινόταν «ψευδείς» και αντίθετες με τις συνήθειες χωρικές εποπτείες. Η κοινότητα των μαθηματικών, κυριαρχούμενη από τις Καντιανές αντιλήψεις περί χώρου και χρόνου, ήταν πεπεισμένη ότι οι ΜΕΓ θα οδηγούσαν τελικά σε αντιφατικές προτάσεις. Με αυτό τον τρόπο, μάλιστα, θα αποδεικνυόταν δια της εις άτοπον απαγωγής ότι τελικά το 5<sup>ο</sup> αξίωμα δεν είναι λογικά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα τέσσερα. Παρά τις προβλέψεις, όμως, οι ΜΕΓ δεν παρουσίασαν καμία αντίφαση, επιβεβαιώνοντας τον Ευκλείδη ο οποίος είχε θεωρήσει το πέμπτο αξίωμα λογικά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα τέσσερα. Το ό,τι οι μη-Ευκλείδειες γεωμετρίες δεν παρουσίαζαν αντιφάσεις μέχρι εκείνη την στιγμή, δεν σήμαινε όμως ότι κάτι τέτοιο δεν θα συνέβαινε στο μέλλον. Το ερώτημα έτσι, σύντομα αντιστράφηκε. Δεν ήταν πια να βρεθούν οι αντιφάσεις οι οποίες ήταν «κρυμμένες» στο σύστημα των αξιωμάτων των ΜΕΓ, αλλά να αποδειχθεί ότι τέτοιες αντιφάσεις δεν θα βρεθούν ποτέ, να αποδειχθεί με άλλα λόγια η *συνέπεια* των ΜΕΓ. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με την εισαγωγή της έννοιας του *μοντέλου* από τους Eugenio Beltrami και Felix Klein στις αρχές της δεκαετίας του 1870.

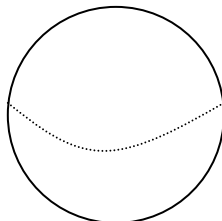
---

<sup>3</sup> Ο λόγος για την ξεχωριστή αντιμετώπιση του 5<sup>ου</sup> αιτήματος, όπως παρατηρεί ο Μ.Λάμπρου (στο Nagel- Newman 1991, 18), ίσως ήταν η αναφορά σε άπειρα απομακρυσμένες περιοχές του χώρου. Καθώς οι αρχαίοι γεωμέτρεις ήταν εξοικειωμένοι με την ιδέα των ασύμπτωτων, οι οποίες δεν τέμνονται σε πεπερασμένη απόσταση, αλλά στο άπειρο, δεν τους ήταν διαισθητικά προφανής η ιδέα ότι η ευθεία από δεδομένο σημείο δεν θα συναντήσει την άλλη ευθεία ούτε καν στο άπειρο. Αυτό που θα παρατηρούσα είναι ότι το πέμπτο αίτημα, ακόμα και σε μια επιφανειακή ανάγνωση φαίνεται πιο πολύπλοκο και λιγότερο προφανές από τα υπόλοιπα τέσσερα. Αν λοιπόν η εγκυρότητα των αξιωμάτων για τους αρχαίους γεωμέτρεις θεμελιωνόταν στην απλότητα και την προφάνεια δεν είναι περίεργη η ξεχωριστή αντιμετώπιση του 5<sup>ου</sup> αξιώματος.

<sup>4</sup> Ο πρώτος μαθηματικός που συλλαμβάνει την ιδέα είναι ο Gauss (1777- 1855), ο οποίος όμως φοβούμενος τις αντιδράσεις δεν δημοσιεύει τίποτα. Ακολουθούν οι N. Lobatchevsky (1793- 1856) και J. Bolyai (1802- 1860) και κατόπιν ο F. Riemann (1826- 1866).



Ας πάρουμε το παράδειγμα της ριμάνιας ΜΕΓ για να δούμε την λειτουργία του μοντέλου. Για να μετατραπεί τον 5<sup>ο</sup> αξίωμα σε μια «αλήθεια» σύμφωνη με τις χωροχρονικές εποπτείες, επιλέγεται συνήθως το μοντέλο της σφαίρας.



Σχήμα 1

Με βάση το παραπάνω μοντέλο, κατασκευάζονται καινούργιες ερμηνείες των γεωμετρικών όρων. Το παρακάτω είναι ένα λεξικό των νέων αυτών ερμηνειών:

«επίπεδο» → επιφάνεια ευκλείδειας σφαίρας.

«σημείο» → σημείο στην επιφάνεια μιας σφαίρας

«ευθεία» → περίμετρος μεγίστου κύκλου

Σύμφωνα με το παραπάνω «λεξικό» το αξίωμα της ριμάνιας γεωμετρίας

‘από «σημείο» εκτός «ευθείας», καμία παράλληλη δεν άγεται’

μεταφράζεται σε

‘από ένα σημείο από την επιφάνεια μιας σφαίρας δεν μπορεί να αχθεί καμία περίμετρος μεγίστου κύκλου παράλληλη με δεδομένη περίμετρο μεγίστου κύκλου’,

Η τελευταία πρόταση φαίνεται «αληθής», σύμφωνη δηλαδή με τις χωρικές εποπτείες και μπορεί να αποδειχθεί εφαρμόζοντας ευκλείδειο γεωμετρία στην επιφάνεια της σφαίρας. Με βάση λοιπόν τις ερμηνείες του «λεξικού», η ριμάνια γεωμετρία αποκτάει ένα συγκεκριμένο μοντέλο, αυτό της ευκλείδειας σφαίρας, στο οποίο όλα τα αξιώματά της είναι αληθή. Η ύπαρξη αυτού του μοντέλου αποτελεί απόδειξη για την συνέπεια της ριμάνιας γεωμετρίας με το εξής σκεπτικό: Από την στιγμή που το μοντέλο είναι μία ειδική περίπτωση της ευκλείδειας γεωμετρίας, όλες

οι προτάσεις της ριμάνιας γεωμετρίας μπορούν να «μεταφραστούν» σε αντίστοιχες ευκλείδειες οι οποίες είναι αληθείς. Πράγματι, αν υπήρχε μία ριμάνια πρόταση, η οποία ήταν αντιφατική, δηλαδή την ίδια στιγμή αληθής και ψευδής, αυτό θα σήμαινε ότι η μετάφραση της στην Ευκλείδεια γεωμετρία θα ήταν και αυτή αντιφατική. Με αυτό τον τρόπο αποδεικνυόταν ότι η ριμάνια γεωμετρία ήταν συνεπής, στο βαθμό βέβαια που η ευκλείδεια γεωμετρία είναι συνεπής<sup>5</sup>.

Η τεχνική της δημιουργίας μοντέλων σύμφωνα με τα παραπάνω, βασίζεται σε αυτή την ρήξη ανάμεσα στις έννοιες και στο νόημα ή εμπειρικό περιεχόμενό τους, δηλαδή, τις συγκεκριμένες εποπτείες, ή αντικείμενα, ή τάξεις αντικειμένων οι οποίες υποτίθεται ότι τους αντιστοιχούν και τις οποίες υποτίθεται ότι αναπαριστούν. Η έννοια «ευθεία», π.χ., δεν είναι πια τόσο σταθερά δεμένη με το σημαίνόμενό της. Μπορεί να σημαίνει ευθεία, μπορεί όμως να μεταφραστεί και ως περίμετρος μεγίστου κύκλου. Τα κινήματα του φορμαλισμού και του λογικισμού που θα εξετάσουμε παρακάτω, οδήγησαν αυτή την εξέλιξη στο όριο της, επιχειρώντας τον πλήρη διαχωρισμό του χώρου των «γυμνών» εννοιών και του χώρου της σημασίας.

### *1.2 Το Ιδεώδες της Αποδεικτικής Αυστηρότητας.*

Σύμφωνα με τον ιδρυτή του κινήματος του φορμαλισμού Χίλμπερτ (Hilbert, 1862- 1943), οι συνήθεις χωρικές εποπτείες με τις οποίες συνδέουμε τις έννοιες «σημείο», «επίπεδο» κλπ, στην γεωμετρία, δεν θα έπρεπε να παίζουν κανένα ρόλο στην διαδικασία της μαθηματικής απόδειξης. Το μόνο νόημα που έχουν οι γεωμετρικές έννοιες είναι αυτό που προσλαμβάνουν λόγω της συμμετοχής τους στα αξιώματα. Με άλλα λόγια, η προσπάθεια του Ευκλείδη να δώσει ορισμούς στις γεωμετρικές έννοιες ήταν πλεοναστική, όσο αφορά το γεωμετρικό οικοδόμημα. Το μόνο «νόημα», π.χ. που έχει η λέξη «σημείο», κατά τον Χίλμπερτ, είναι αυτό που προσλαμβάνει από το αξίωμα, «από δύο σημεία άγεται μια ευθεία», δηλαδή ως μια οντότητα  $X$ , η οποία συνδέεται ανά ζεύγη με μια οντότητα  $\Psi$ . Μετά από αυτή την πλήρη απογύμνωση από το εμπειρικό νόημα η διαδικασία της απόδειξης τυποποιείται πλήρως, καθώς ο μαθηματικός χειρίζεται κενές περιεχομένου έννοιες σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες.

---

<sup>5</sup> Με τον ίδιο τρόπο ο Beltrami απέδειξε την μη- αντιφατικότητα της γεωμετρίας του Lobatchevski με την ερμηνεία των κατηγορημάτων της ώστε τα αξιώματά της να αληθεύουν σε «σαμαροειδείς» επιφάνειες. Το πρόβλημα τώρα της συνέπειας της Ευκλείδειας γεωμετρίας, η οποία με την σειρά της πρέπει να αναχθεί κάπου αλλού δεν θα μας απασχολήσει εδώ.

Η απόλυτη τυποποίηση της μαθηματικής δραστηριότητας σχετίζεται ακριβώς με αυτούς τους κανόνες. Σύμφωνα με τον Χίλμπερτ, από την στιγμή που οι αποδεικτικοί κανόνες που χρησιμοποιούνται στην μαθηματική δραστηριότητα δεν είναι δεδομένοι, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος κατά την απόδειξη μίας πρότασης να χρησιμοποιηθεί κάποιος κανόνας «μολυσμένος» από άδηλες, σημασιολογικές εποπτείες, από το συγκεκριμένο και ιδιάζον εμπειρικό περιεχόμενο της πρότασης που καλείται να αποδείξει. Ο μόνος τρόπος για να αποφευχθεί αυτός ο φαύλος κύκλος, είναι, κατά τον Χίλμπερτ, αυτοί οι κανόνες να είναι σαφείς, ρητοί, δεδομένοι από την αρχή, αλλά κυρίως, ανεξάρτητοι από το περιεχόμενο. Οι κανόνες αυτοί, τελικά, δεν θα πρέπει να είναι τίποτα άλλο, παρά κανόνες μετασχηματισμού μιας σειράς συμβόλων χωρίς νόημα, σε μια άλλη σειρά συμβόλων, επίσης χωρίς νόημα. Με αυτό τον τρόπο, η εγκυρότητα των αποδεικτικών κανόνων δεν θεμελιώνεται ούτε στην εμπειρία, ούτε στην προφάνεια, ούτε στην μακροχρόνια χρήση τους, αλλά στην από την αρχή διατύπωση και συμφωνία πάνω σε αυτούς<sup>6</sup>. Αυτό που κάνει ο μαθηματικός όταν θέλει να αποδείξει μια πρόταση είναι να ξεκινάει από τα αξιώματα και χωρίς καμία αναφορά στην εμπειρία ή στην εποπτεία, να εφαρμόζει πάνω τους κανόνες μετασχηματισμού και να λαμβάνει στο τέλος της διαδικασίας την προς απόδειξη πρόταση. Η όλη διαδικασία πρέπει να είναι επιτεύξιμη, στην περίπτωση της γεωμετρίας, χωρίς την χρήση σχημάτων, είτε στο χαρτί είτε στο μυαλό.

Με αυτόν τον τρόπο, ο μαθηματικός κατασκευάζει ένα σύστημα στο οποίο κάθε πρόταση (πλην των αξιωμάτων) είναι αποδεδειγμένη, αλλά όχι απαραίτητα αληθής. Το πρόβλημα της αλήθειας, τίθεται μόνο αφού οι μαθηματικές έννοιες αποκτήσουν κάποιο εμπειρικό περιεχόμενο,<sup>7</sup> μόνο δηλαδή αφού η «ευθεία» σημαίνει ευθεία, ή αντίστοιχα, περίμετρος μέγιστου κύκλου. Μια πρόταση είναι αποδείξιμη όταν προκύπτει από τα αξιώματα και τους κανόνες μετασχηματισμού, ενώ η αλήθεια της

---

<sup>6</sup> Σχετικά με την εγκυρότητα των κανόνων απόδειξης, δεν υπάρχει μία ενιαία άποψη στα πλαίσια του φορμαλισμού. Σύμφωνα με τον φορμαλισμό-παιχνίδι (ακολουθώντας την διάκριση του Resnik 1980, 54) οι κανόνες δεν θεμελιώνονται πουθενά, τα μαθηματικά είναι απλώς ένα σύνολο παιχνιδιών με σύμβολα των οποίων οι κανόνες επιλέγονται ελεύθερα. Αντίθετα, για τον περατοκρατισμό του Hilbert οι συμπερασματικοί κανόνες πρέπει να είναι «όσο ασφαλείς και βέβαιες είναι οι αντίστοιχες που ακολουθούνται στα πλαίσια της στοιχειώδους αριθμητικής» (Αναπολιτάνος 1985, 247)

<sup>7</sup> Το πρόβλημα της αλήθειας για τον Χίλμπερτ τίθεται όχι για την γλώσσα των μαθηματικών που αποτελείται από σύμβολα χωρίς νόημα, αλλά στην μεταγλώσσα, την γλώσσα δηλαδή που μιλάει για τα μαθηματικά. Π.χ η πρόταση '4=2+2' ανήκει στα μαθηματικά. Η πρόταση όμως 'η πρόταση '4=2+2' είναι αληθής' ανήκει στα μεταμαθηματικά καθώς λέει κάτι για την μαθηματική πρόταση. Ομοίως ανήκουν στα μετα-μαθηματικά οι προτάσεις 'η Ευκλείδειος γεωμετρία είναι συνεπής' και 'το 5 είναι αριθμός'.

συνδέεται με ένα συγκεκριμένο μοντέλο. Με αυτό τον τρόπο μία αποδεδειγμένη πρόταση μπορεί να είναι αληθής σε ένα μοντέλο, αλλά ψευδής σε ένα άλλο.

Η διάκριση του επιπέδου του χειρισμού α-νόητων συμβόλων (του επιπέδου της *σύνταξης* όπως θα ονομαστεί αργότερα<sup>8</sup>), από το επίπεδο όπου τα σύμβολα φέρουν περιεχόμενο (*σημασία*), συνοδεύτηκε από μία επιδίωξη: την αναγωγή της σημασίας στη σύνταξη. Την εύρεση, δηλαδή, κάθε φορά ενός αξιωματικού συστήματος στα πλαίσια του οποίου, ενώ ο μαθηματικός χειρίζεται καθαρά συντακτικά σειρές συμβόλων, να μπορεί να παράγει όλες τις αληθείς προτάσεις ενός πεδίου. Η αναγωγή αυτή θα ήταν επιτεύξιμη, όταν όλες οι αληθείς προτάσεις ενός πεδίου θα μπορούσαν να παραχθούν από τα αξιώματα και τους κανόνες μετασχηματισμού<sup>9</sup>. Έτσι, αν είναι αληθείς, οι πρώτες προτάσεις- αξιώματα, θα είναι αληθείς και όσες προτάσεις παράγονται από αυτές. Με αυτόν τον τρόπο, ενώ ο μαθηματικός χειρίζεται καθαρά συντακτικά (δηλαδή χωρίς ερμηνεία) τους τύπους, είναι σίγουρος ότι η αλήθεια διατηρείται. Αν ο μαθηματικός, με άλλα λόγια, «παίζει» σύμφωνα με τους κανόνες, είναι σίγουρος ότι σε επίπεδο νοήματος συνεχίζει να παράγει αληθείς προτάσεις. Φτάνουμε έτσι σε αυτό που ο Χόιγκελαντ (Haugeland 1992, 148) ονόμασε το ρητό του φορμαλιστή:

Αν φροντίζεις για τη σύνταξη, η σημασιολογία θα φροντίσει για τον εαυτό της.

### 1.3 Πρώτος Ορισμός μοντέλου.

Ερχόμενοι ξανά στο παράδειγμα του μοντέλου της ριμάνιας γεωμετρίας, θα μπορούσε να παρατηρήσει κάποιος, ότι αυτή η αξίωση για την απόλυτη διάκριση σύνταξης και σημασίας φαίνεται υπερβολική. Οι λέξεις «ευθεία», «σημείο», «άγεται» κλπ, είδαμε πως τελικά είτε έχουν την ίδια είτε παραπλήσια ερμηνεία με την αντίστοιχη της Ευκλείδειας γεωμετρίας. Στο μοντέλο της σφαίρας η «ευθεία» διατηρεί ένα τμήμα του νοήματός της, αποτελεί μια ειδική περίπτωση της «ευθείας» όπως γίνεται συνήθως κατανοητή. Σε μια μικρή μάλιστα περιοχή της σφαίρας, όπου η καμπυλότητα μπορεί να θεωρηθεί μηδενική, η ριμάνια «ευθεία» ταυτίζεται οριακά με

<sup>8</sup> Την ορολογία σύνταξη-σημασία εισάγει αρκετά αργότερα ο Κάρναπ στο *Logical Syntax of Language*. (Carnap 1937)

<sup>9</sup> Αυτή η αναγωγή θα έπρεπε κατά τον Χίλμπερτ να αποδειχθεί ως επιτεύξιμη από ένα θεώρημα των μεταμαθηματικών. Το περίφημο θεώρημα μη-πληρότητας του Godel έδειξε ότι κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, αλλά αυτό το ζήτημα φεύγει από τους στόχους της παρούσης εργασίας.

την ευκλείδεια. Το ερώτημα που ανακύπτει είναι, αν υπάρχει σε κάθε έννοια ένας τέτοιος πυρήνας σημασίας, ο οποίος παραμένει αμετάβλητος στα διάφορα μοντέλα. Αν, με άλλα λόγια, το «λάθος» του Ευκλείδη δεν ήταν ότι έδωσε ορισμούς στις γεωμετρικές έννοιες, αλλά το ότι έδωσε πιο συγκεκριμένους ορισμούς από όσο χρειαζόταν. Θα μπορούσαμε λοιπόν να δεχτούμε πιο «ελαστικά» τις εποπτείες και τους ορισμούς για τις έννοιες του «σημείου» της «ευθείας» κλπ, επιτρέποντας ανά περίπτωση διαφοροποιήσεις; Κατά τον Χίλμπερτ, μια τέτοια «ελαστικοποίηση» του νόηματος δεν θα έλυne το πρόβλημα, καθώς υπάρχει πάντα η περίπτωση να υπάρξουν άλλες γεωμετρίες με τελείως διαφορετικές ερμηνείες των εννοιών. Ο Χίλμπερτ ήταν τόσο ακραίος σχετικά με το νόημα των εννοιών που λέγεται ότι σχολιάζοντας κάποτε την ελευθερία ερμηνείας ανέφερε ότι «θα έπρεπε πάντα να είναι δυνατόν να αντικατασταθούν οι λέξεις ‘σημεία’, ‘ευθείες γραμμές’ και ‘επίπεδα’ με ‘τραπέζια’, ‘καρέκλες’ και ‘μπυροπότηρα’»<sup>10</sup>. Ακολουθώντας την παραίνεση του Χίλμπερτ, θα κατασκευάσω ένα άλλο μοντέλο της ευκλείδειας γεωμετρίας, το μοντέλο ‘καφενείου’, δίνοντας την ίδια στιγμή το «λεξικό» για αυτό το μοντέλο.



Σχήμα 2

«σημείο» → καρέκλα

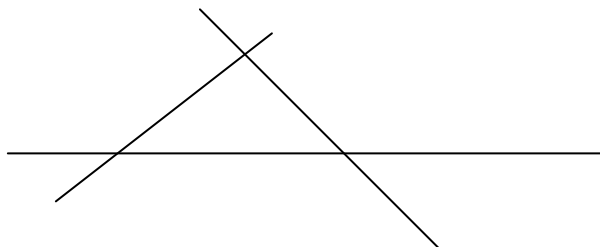
«ευθεία» → τραπέζι

«άγεται» → είναι δίπλα.

Σύμφωνα με το παραπάνω λεξικό, η πρόταση της Ευκλείδειας γεωμετρίας «για κάθε δυο σημεία υπάρχει πάντα μια ευθεία ώστε τα σημεία να κείνται σε αυτήν»

<sup>10</sup> Αναφέρεται. από τους Fuchs (1967, 33) και Coffa (1991, 135)

μετατρέπεται στο μοντέλο στην πρόταση: «για κάθε δυο καρέκλες υπάρχει πάντα ένα τραπέζι, έτσι ώστε οι καρέκλες κείνται δίπλα στο τραπέζι», η οποία είναι αληθής. Θα ήταν χρήσιμο να συγκρίνουμε το μοντέλο ‘καφενείο’ με ένα πεπερασμένο μοντέλο της ευκλείδειας γεωμετρίας:



Σχήμα 3

Στο παραπάνω σχήμα, ορίζοντας ως «σημείο» το σημείο τομής δύο ευθειών και ως «ευθεία» μια από τις τρεις ευθείες, το αξίωμα της Ευκλείδειας γεωμετρίας «για κάθε δυο σημεία υπάρχει πάντα μια ευθεία ώστε τα σημεία να κείνται σε αυτήν» αποδεικνύεται αληθές, αφού αληθεύει για όλα τα δυνατά ζευγάρια σημείων του σχήματος.

Η έννοια έτσι του μοντέλου που διαμορφώνεται από το πρόγραμμα του Χίλμπερτ περιλαμβάνει ένα μεγάλο φάσμα. Μπορεί να είναι ένα σχήμα της ευκλείδειας γεωμετρίας, όπως και μπορεί να είναι ένα μοντέλο με πεπερασμένο αριθμό αντικειμένων το οποίο ανήκει στον εμπειρικό κόσμο, όπως είναι το καφενείο. Η φύση του μοντέλου, όπως προκύπτει από τα παραπάνω είναι αυθαίρετη και αντανακλάται στον ορισμό που έδωσε ο Άλφενρτ Τάρσκι (Tarski 1956, 11):

*Μια δυνατή υλοποίηση στην οποία όλες οι έγκυρες προτάσεις μιας θεωρίας  $T$  ικανοποιούνται, καλείται μοντέλο της θεωρίας  $T$*

Αυτός είναι ο πρώτος ορισμός του μαθηματικού μοντέλου, ο οποίος βασίζεται στην διάκριση σύνταξης και σημασίας. Θα περάσουμε στον δεύτερο και τελικό ορισμό του μαθηματικού μοντέλου, ο οποίος βασίζεται στην συνολοθεωρητική δομή του, μέσω μια σύντομης παρουσίασης ενός άλλου κινήματος θεμελίωσης των μαθηματικών, του λογικισμού.

## 2. Λογικισμός και Δεύτερος Ορισμός Μοντέλου

### 2.1 Η Αναγωγή των Μαθηματικών στη Λογική

Σε αυτή την ενότητα θα προχωρήσουμε στην παρουσίαση των *συνολοθεωρητικών μοντέλων*, της συγκεκριμένης δηλαδή μορφής που αποκτούν τα μοντέλα στα πλαίσια της μαθηματικής λογικής. Η συγκεκριμένη αυτή μορφή σχετίζεται με μια προσπάθεια *τυποποίησης του περιεχομένου*, της εύρεσης δηλαδή ενός τυπικού τρόπου συσχέτισης των συμβόλων με το νόημα τους και τελικά της εύρεσης ενός τυπικού τρόπου συσχέτισης της γλώσσας με τον κόσμο. Αντί να παρουσιάσω αμέσως τα συνολοθεωρητικά μοντέλα, θα ξεκινήσω με τον τρόπο με τον οποίο ο κύριος εισηγητής αυτής της επιχείρησης της τυποποίησης του περιεχομένου, ο Γκότλομπ Φρέγκε (Gottlob Frege, 1848- 1925) έφτασε σε αυτήν. Ο λόγος για τον οποίο θα επιχειρήσω μια σύντομη ιστορική παρουσίαση είναι για αναδείξω τις φιλοσοφικές δεσμεύσεις σχετικά με το νόημα των συμβόλων, οι οποίες όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου προσδιόρισαν το πρόγραμμα του λογικού εμπειρισμού.

Ο Φρέγκε, την ίδια περίπου περίοδο με τον Χίλμπερτ, δουλεύει και αυτός σε ζητήματα θεμελίωσης των μαθηματικών. Παρά τις διαφωνίες του με τον Χίλμπερτ, σχετικά με το αν οι έννοιες της γεωμετρίας μπορούν να θεωρηθούν «απογυμνωμένες» από το εμπειρικό περιεχόμενο<sup>11</sup>, μοιράζεται με τον τελευταίο την πίστη στην τυπικότητα των αποδεικτικών διαδικασιών. Για τον λογικισμό που εγκαθιδρύει ο Φρέγκε, όπως και για τον φορμαλισμό του Χίλμπερτ, ο αυστηρός συλλογισμός βασίζεται αποκλειστικά στην σύνταξη, συνίσταται στον χειρισμό ανερμήνευτων συμβόλων σύμφωνα με ακριβείς κανόνες.

...απαιτώ – και σε αυτό το σημείο πηγαίνω πέρα από τον Ευκλείδη- όλοι οι μέθοδοι συνεπαγωγής που χρησιμοποιούνται να είναι γνωστοί εκ των προτέρων (Frege 1964,2)

<sup>11</sup> Για τον Φρέγκε, το νόημα των γεωμετρικών εννοιών, δεν είναι μόνο «συστημικό». Ο Φρέγκε συμφωνεί με τον Καντ ότι τα αξιώματα της γεωμετρίας αποτελούν a priori συνθετικές αλήθειες. Αλληλογραφώντας με τον Χίλμπερτ, επιμένει ότι «δεν μπορεί ποτέ να είναι ο στόχος των αξιωμάτων και των θεωρημάτων να καθορίσουν το νόημα ενός σημείου ή μιας λέξης που μετέχει σε αυτά. Αυτό το νόημα πρέπει να βρίσκεται ήδη εγκαθιδρυμένο» (αναφ. από τον Coffa 1991, 136). Αντίθετα, οι προτάσεις της αριθμητικής για τον Φρέγκε είναι αναλυτικές και βασίζονται στις λογικές αρχές. Οι λογικές αρχές για τον Φρέγκε είναι a priori αληθείς διότι στηρίζουν ολόκληρη τη σκέψη μας. Για την σχετική αλληλογραφία Χίλμπερτ- Φρέγκε σχετικά με αυτό το θέμα βλέπε Coffa (1991, 135- 139).

Ο Φρέγκε δεν επιχειρεί την τυποποίηση της γεωμετρίας, την οποία θεωρεί αναγκαστικά συνδεδεμένη με το εμπειρικό περιεχόμενό της, αλλά της αριθμητικής. Θέτει λοιπόν ως στόχο του την αναγωγή της αριθμητικής στην λογική<sup>12</sup>, επεκτείνοντας την ίδια στιγμή την τελευταία από το σημείο που την είχε αφήσει ο Αριστοτέλης. Αυτό απαιτούσε δύο πράγματα. Πρώτον, να αναχθεί η ίδια η φύση του αριθμού σε λογικές έννοιες και δεύτερον, ναδειχθεί ότι κάθε αληθής πρόταση της αριθμητικής θα μπορούσε να προκύψει ως «ερμηνεία» μιας σειράς συμβόλων, η οποία αποτελεί το τέλος μιας μηχανικής διαδικασίας. Η τελευταία με τη σειρά της, θα έπρεπε να ξεκινάει από βασικούς ορισμούς και αξιώματα τα οποία διατυπώνονται στην γλώσσα της λογικής. Σε αυτό το σημείο έχει σημασία να δούμε μία διαφορά του λογικισμού από τον φορμαλισμό, σχετικά με τον καθεστώς αλήθειας αυτών των αξιωμάτων. Όπως είδαμε παραπάνω, σύμφωνα με τον φορμαλισμό τα αξιώματα μπορεί να είναι αληθή ή ψευδή μόνο όταν «ντυθούν» με νόημα, μόνο δηλαδή σε σχέση με κάποιο μοντέλο. Η αλήθεια, ως εκ τούτου, των αξιωμάτων σχετίζεται πάντα με ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής. Αντίθετα, για τον Φρέγκε, τα αξιώματα (και οι κανόνες συνεπαγωγής) της λογικής είναι καθολικά έγκυρες προτάσεις, αληθείς σε κάθε μοντέλο, ή «κάθε δυνατό κόσμο» σύμφωνα με την έκφραση του Λάιμπνιτς. Η εγκυρότητα αυτών των προτάσεων βασίζεται κατά τον Φρέγκε στην ίδια την δυνατότητα σκέψης: οι προτάσεις της λογικής είναι καθολικά έγκυρες διότι ενδεχόμενη άρνησή τους θα καθιστούσε αδύνατη την σκέψη. Παραδείγματος χάριν, η αλήθεια της μη- αντίφασης  $p \vee \neg p$  (ή ισχύει κάτι ή δεν ισχύει) προκύπτει από την αναγκαιότητά της σε οποιοδήποτε συλλογισμό<sup>13</sup>. Η καθολική εγκυρότητα των λογικών αρχών είναι σημαντική στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης, καθώς θεωρήθηκε ότι και η φυσική επιστήμη δεν μπορεί παρά να θεμελιώνεται σε αυτές τις αρχές. Σε αυτή την συζήτηση θα επανέλθουμε όταν εξετάσουμε το πρότυπο του λογικού εμπειρισμού. Αυτό που θα πρέπει να κρατήσουμε προς το παρόν είναι ότι η

<sup>12</sup> Από την στιγμή που η γεωμετρία είχε αναχθεί ήδη στην άλγεβρα μέσω της αναλυτικής γεωμετρίας, και η άλγεβρα στην αριθμητική μέσω της αριθμητικής ανάλυσης, η φιλοδοξία του Φρέγκε είναι η αναγωγή τελικά όλων των μαθηματικών στην λογική.

<sup>13</sup> Εδώ θα πρέπει να κάνουμε δύο παρατηρήσεις. Η πρώτη είναι ότι Φρέγκε δεν θεωρεί ότι ο τρόπος σκέψης των ανθρώπων δεν μπορεί να αλλάξει, στο βαθμό όμως που δεν αλλάζει οι λογικές αρχές πάνω στις οποίες θεμελιώνεται παραμένουν καθολικά έγκυρες. Η δεύτερη παρατήρηση είναι ότι η καθολικότητα όλων των «λογικών αρχών» όπως η αρχή της μη- αντίφασης την οποία αναφέραμε ως παράδειγμα, έχει αμφισβητηθεί. Ακόμα και στα στενά πλαίσια της λογικής έχουν αναπτυχθεί λογικά συστήματα στα οποία δεν είναι αποδεκτή η αρχή της μη- αντίφασης (τρίτιμες λογικές, fuzzy λογικές κλπ). Το αντεπιχείρημα που αναφέρεται εδώ είναι ότι η διατύπωση των «εναλλακτικών» αυτών λογικών είναι αδύνατη χωρίς την βάση της κλασικής, δίτιμης λογικής. Σχετικά με την καθολικότητα των κανόνων συμπερασμού θα επανέλθουμε στη συνέχεια του κεφαλαίου.



τυπική γλώσσα αναγωγής για τον Φρέγκε είναι πάντα η γλώσσα της λογικής, με τα δικά της αξιώματα, το δικό της λεξιλόγιο και τα δικά της σύμβολα.

## 2.2 Τυποποίηση του Περιεχομένου

Μία δεύτερη διαφορά του λογικισμού του Φρέγκε από τον φορμαλισμό είναι η προσπάθεια του πρώτου να τυποποιήσει το νόημα (περιεχόμενο), τον τρόπο δηλαδή με τον οποίο μία τυπική ανερμήνευτη γλώσσα αναφέρεται στον κόσμο. Σε αυτή την κατεύθυνση το κρίσιμο σημείο για τον Φρέγκε θα ήταν να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο αυτή η τυπική γλώσσα μπορεί να αναπαραστήσει τον κόσμο, στο τρόπο δηλαδή με τον οποίο μπορεί να περιγράψει διάφορα ήδη γεγονότων. Στόχος του Φρέγκε είναι ο χειρισμός του περιεχομένου να είναι το ίδιος αυστηρός, όσο οι αποδεικτικές διαδικασίες στο χώρο των *a priori* αληθειών της λογικής και των μαθηματικών. Αυτή ακριβώς η επέκταση της τυποποίησης στο χώρο του περιεχομένου είναι και η μεγάλη συμβολή του Φρέγκε, αλλά και αυτή που θα οδηγήσει στην σύγχρονη θεωρία μοντέλων και στο ορισμό του μοντέλου ως συνολοθεωρητική δομή που θα εξετάσουμε στην συνέχεια.

Μπορούμε να έχουμε κάτι πραγματικά χρήσιμο [από μια τυπική γλώσσα] μόνο όταν το περιεχόμενο δεν δείχνεται απλώς αλλά κατασκευάζεται από τα συστατικά του μέσω των ίδιων λογικών συμβόλων που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό (Φρέγκε, *Εννοιολογία*, αναφ. από Coffa 1991, 65)

Η ιδέα του Φρέγκε, εκ πρώτης όψεως φαίνεται περίεργη. Πώς θα μπορούσε να κατασκευαστεί το περιεχόμενο των εννοιών με λογικά σύμβολα, όταν ορίσαμε το περιεχόμενο ως αυτό ακριβώς το οποίο είναι πέραν της γλώσσας και για στο οποίο τα συστήματα αναπαράστασης αναφέρονται; Η προσπάθεια του Φρέγκε στοχεύει στην απόδοση τιμής αλήθειας σε μία πρόταση, όχι ανεξάρτητα από τον κόσμο, αλλά με τρόπο ώστε οι πληροφορίες που έρχονται από τον κόσμο να είναι χειρίσιμες με τυπικό τρόπο. Πριν δούμε το πως το καταφέρνει αυτό, είναι σημαντικό να επισημάνουμε το κίνητρό του. Ο φιλοσοφικός αντίπαλος του Φρέγκε είναι ο ψυχολογισμός, η προσπάθεια εξήγησης της σκέψης και του λόγου με όρους παραστάσεων ή «ιδεών», με αναφορά δηλαδή στην λειτουργία του ανθρώπινου νου. Για τον Φρέγκε, όμως, ο ορθός λόγος πρέπει να θεμελιώνεται σε αντικειμενικές αρχές

οι οποίες έχουν κανονιστικό χαρακτήρα. Η τυποποίηση της σχέσης γλώσσας-περιεχομένου που επιχειρεί, εξυπηρετεί αυτόν ακριβώς το σκοπό της αντικειμενικοποίησης του νοήματος.

Θα χωρίσω την επιχείρηση τυπικής αντιμετώπισης του περιεχομένου σε δυο στάδια. Στο πρώτο θα δούμε πως συγκροτείται το περιεχόμενο των ατομικών, ή μοριακών προτάσεων. Στο δεύτερο θα δούμε πώς αποκτούν περιεχόμενο οι σύνθετες προτάσεις και οι θεωρίες.

### 2.3 Ατομικές Προτάσεις και Νόημα

Ο Φρέγκε επιχειρεί να κατασκευάσει μία τυπική, «ιδανική» γλώσσα. Η φιλοδοξία του Φρέγκε δεν είναι μόνο να ανάγει τα μαθηματικά σε αυτή τη γλώσσα, αλλά να αντανακλάται σε αυτήν η καθαρή σκέψη. Η τυπική αυτή γλώσσα, ή γλώσσα της σκέψης, θα πρέπει να είναι αποκαθαρμένη από τα ρητορικά και μεταφορικά σχήματα που χαρακτηρίζουν τον καθημερινό λόγο<sup>14</sup>. Το μόριο αυτής της ιδανικής γλώσσας, η μικρότερη νοηματική μονάδα, δεν είναι η λέξη, αλλά η πρόταση. Η εκφώνηση μιας λέξης, σύμφωνα με τον Φρέγκε, δεν έχει νόημα («βιβλίο») εκτός αν είναι συντομευμένη πρόταση («φέρε μου το βιβλίο»). Η μετατόπιση από την λέξη στην πρόταση αποτελεί ένα γεγονός μείζονος σημασίας στη φιλοσοφία<sup>15</sup> και αποτελεί την πρώτη κίνηση στην εισαγωγή αυτού που ονόμασα προτασιακό γνωσιολογικό πρότυπο.

Ξεκινώντας την παρουσίαση αυτής της μετατόπισης θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι το πρωτείο της πρότασης φαίνεται περίεργη αφετηρία για μια θεωρία νοήματος. Σε μία τρέχουσα αντίληψη, για να γίνει κατανοητή η πρόταση π.χ. «ο χαλκός είναι κόκκινος» θα έλεγε κάποιος ότι πρέπει πρώτα να γίνει κατανοητό το νόημα των λέξεων «χαλκός» και «κόκκινος», αυτόνομα από οποιαδήποτε πρόταση, ώστε να μπορέσει κατόπιν να βεβαιωθεί η σύνδεση τους. Αυτή ακριβώς την τρέχουσα αντίληψη έρχεται να ανατρέψει ο Φρέγκε.

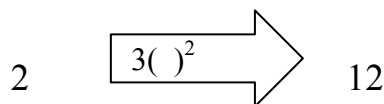
---

<sup>14</sup> Ο πρώτος που επιχειρεί την κατασκευή μίας τέτοιας τυπικής γλώσσας μέσω της οποίας θα μπορούσαν να προκύψουν με μηχανικό τρόπο όλες οι αλήθειες για τον κόσμο, είναι ο Leibniz (1646-1716), βλ. Anapolitanos 1999.

<sup>15</sup> Ένα από τα πέντε ορόσημα τα οποία ο Quine περιγράφει στο *Five Milestones of Empiricism* (Quine 1981).

Η κυρίαρχη θεωρία την εποχή του Φρέγκε για τον σχηματισμό των εννοιών, είναι η αφαίρεση. Σύμφωνα με αυτήν, η έννοια του «κόκκινου» π.χ., συγκροτείται όταν από μια ομάδα αντικειμένων «αφαιρέσουμε» νοητικά τις διαφορές τους, κρατώντας το κοινό τους χαρακτηριστικό, το οποίο είναι το χρώμα τους. Κατά τον Φρέγκε όμως, οι έννοιες κατασκευάζονται από τις προτάσεις, μέσα από τις αποφάνσεις για αυτές. Μόνο τα κύρια ονόματα (ενικές αναπαραστάσεις- π.χ «Σωκράτης») αναπαρίστανται ανεξάρτητα από τις αποφάνσεις για αυτά. Αντίθετα οι έννοιες (γενικές αναπαραστάσεις π.χ. «κόκκινο») προκύπτουν μετά την απόφαση. Ας δούμε τώρα τον τρόπο με τον οποίο ο Φρέγκε κατασκευάζει το νόημα των εννοιών μέσα από τις αποφάνσεις, έχοντας ως πρότυπο την μαθηματική έννοια της συνάρτησης.

Ας πάρουμε για παράδειγμα την συνάρτηση  $3x^2$ . Σύμφωνα με την τρέχουσα αντίληψη, μέσω της συνάρτησης μπορούμε να κατασκευάσουμε τις εκφράσεις  $3 \cdot 1^2$ ,  $3 \cdot 2^2$ ,  $3 \cdot 3^2$  τοποθετώντας στη θέση του  $x$  αντιστοίχως το 1, το 2, και το 3. Σύμφωνα με τον Φρέγκε, θα πρέπει να καταλάβουμε την διαδικασία ανάποδα. Θα πρέπει να ξεκινήσουμε από τις εκφράσεις  $3 \cdot 1^2$ ,  $3 \cdot 2^2$ ,  $3 \cdot 3^2$  οι οποίες μοιράζονται μία ασυμπλήρωτη/ ακόρεστη μορφή του τύπου  $3(\ )^2$ . Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να καταλάβουμε την συνάρτηση από τις συγκεκριμένες υλοποιήσεις της και όχι ανάποδα. Η έκφραση  $3(\ )^2$ , αποτελεί ασυμπλήρωτο τύπο, ο οποίος λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή, όταν η κενή θέση συμπληρωθεί με κάποιο αριθμό. Με αυτόν τον τρόπο η συνάρτηση καθορίζει μια αντιστοιχία από το σύνολο των ρητών στο σύνολο των ρητών ( $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ , στο παράδειγμα μας η τιμή «2» αντιστοιχείται μέσω της συνάρτησης στην τιμή «12»).



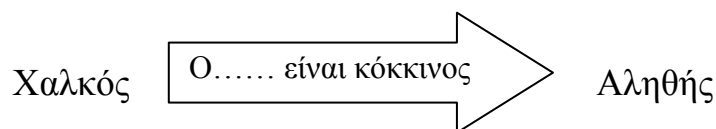
Ο Φρέγκε (Frege 1891, σ.129) θεώρησε ότι η ίδια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και στις γλωσσικές εκφράσεις. Ας πάρουμε για παράδειγμα την φράση,

Ο χαλκός είναι κόκκινος.

Η αντίστοιχη «ασυμπλήρωτη» (ακόρεστη) φράση είναι:

Ο (η, το) x είναι κόκκινος (-ο, -η).

Μόλις συμπληρωθεί η κενή θέση, η πρόταση κατ' αντιστοιχία με την συνάρτηση αποκτάει μια «τιμή». Η τιμή αυτή, όμως, δεν είναι από το σύνολο των αριθμών, όπως στην περίπτωση της συνάρτησης, αλλά από το διμελές σύνολο {αληθής, ψευδής}. Στην περίπτωση που στη κενή θέση τοποθετηθεί ένα αντικείμενο το οποίο είναι πράγματι κόκκινο, η συνάρτηση αποκτάει την τιμή «αληθής», ενώ στην άλλη περίπτωση την τιμή «ψευδής».



Έτσι η έννοια του κόκκινου είναι μία συνάρτηση από το σύνολο των αντικειμένων (πεδίο ορισμού) στο διμελές σύνολο {αληθές, ψευδές}. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να προχωρήσουμε στον εξής ορισμό:

Το νόημα της έννοιας «κόκκινο» είναι το σύνολο των αντικειμένων για τα οποία η πρόταση «το x είναι κόκκινο» είναι αληθής.

Μέσω της έννοιας- συνάρτησης «είναι κόκκινο», ο κόσμος χωρίζεται στα κόκκινα και στα μη- κόκκινα αντικείμενα. Με αυτόν τον τρόπο το νόημα (περιεχόμενο) της έννοιας «κόκκινο» δίνεται *εκτασιακά*, ως ένα σύνολο αντικειμένων, τα οποία έχουν την κοινή ιδιότητα, η οποία πιστοποιείται μέσω διακριτών αποφάνσεων για καθένα από αυτά.

Στα πλαίσια του *κατηγορηματικού λογισμού* τον οποίο εγκαθιδρύει ο Φρέγκε, οι έννοιες, όπως το «κόκκινο», αναφέρονται ως κατηγορήματα, δηλαδή ως εκφράσεις με το συνδετικό «είναι» και μία κενή θέση. Έτσι το κατηγορήμα P ισοδυναμεί με την έκφραση «ο x είναι P» ή «Px», όπου P είναι μία ιδιότητα και x ένα αντικείμενο. Με αυτή την έννοια θα μπορούσαμε να προχωρήσουμε σε ένα γενικότερο ορισμό:

η ερμηνεία του κατηγορήματος  $P$  είναι το σύνολο των αντικειμένων  $x$ , για τα οποία η πρόταση  $Px$  είναι αληθής.

Μέσω των προτάσεων όμως, δεν περιγράφουμε μόνο ιδιότητες των αντικειμένων, αλλά και τις σχέσεις μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν, η πρόταση «η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο» περιγράφει μια σχέση μεταξύ των δύο ουρανίων σωμάτων. Θα μπορούσαμε να μετατρέψουμε αυτή την πρόταση σε *διπλά ακόρεστη* έκφραση ως εξής:

Το  $(\eta, \circ)$   $x$  περιστρέφεται γύρω από το  $(\eta, \circ)$   $y$ .

Με αυτό τον τρόπο έχουμε φτιάξει ένα διμελές κατηγορήμα  $P(x,y)$  το οποίο κατά αντιστοιχία με τα μονομελή έχει το εξής νοηματικό περιεχόμενο (ερμηνεία):

Η ερμηνεία (νόημα) του κατηγορήματος  $P(x,y)$  αποτελείται από όλα εκείνα τα ζευγάρια  $(x,y)$  για τα οποία η πρόταση «το  $x$  περιστρέφεται γύρω από το  $y$ » είναι αληθής.

Ο προτασιακός τρόπος με τον οποίο ορίζει το νόημα των κατηγορημάτων ο Φρέγκε εκπληρώνει τον στόχο του ενάντια στον ψυχολογισμό. Σύμφωνα με τον παραδοσιακό εμπειρισμό, το κατηγορήμα «κόκκινο» ως αφαίρεση, σχετίζεται αναγκαστικά με την ικανότητα του υποκείμενου να λειτουργεί με ένα συγκεκριμένο τρόπο και να εστιάζει την προσοχή του. Κάτι τέτοιο ενέχει πάντα τον κίνδυνο της αναίρεσης του κανονιστικού χαρακτήρα της λογικής καθώς η διαδικασία της δημιουργίας κατηγοριών εξηγείται με ψυχολογικούς όρους. Με την στροφή στην πρόταση που επιχειρεί ο Φρέγκε το νόημα των κατηγορημάτων γίνεται αντικειμενικό, εκτασιακό. Το νόημα/ερμηνεία ενός κατηγορήματος ταυτίζεται με την έκταση ενός συνόλου αντικειμένων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να κάνουμε μία διευκρίνιση. Ο Φρέγκε δεν αποκλείει τον χρήστη της γλώσσας από την σχέση γλώσσας-κόσμου. Σε ένα μετέπειτα άρθρο του, με τίτλο «Σημασία και Αναφορά» (Frege 1892) διακρίνει το νόημα (περιεχόμενο) μίας έννοιας σε δύο συνιστώσες. Την σημασία [Sinn, sense] και την αναφορά [Bedeutung, reference]. Στο κλασικό παράδειγμα που δίνει, οι λέξεις «Αυγερινός» και «Αποσπερίτης», έχουν την ίδια αναφορά, καθώς παραπέμπουν και οι δύο στο ίδιο ουράνιο αντικείμενο (την Αφροδίτη) αλλά διαφορετική σημασία,

καθώς στις δύο περιπτώσεις το αντικείμενο αυτό παρουσιάζεται με διαφορετικούς τρόπους. Όπως παρατηρεί ο Έβανς (Evans 1982, 13):

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η θεωρία αναφοράς, πολύ γενικά, αφορά τις σχέσεις μεταξύ εκφράσεων της γλώσσας και οντοτήτων του κόσμου. Τώρα, ο Frege συνειδητοποίησε την ανάγκη για ένα άλλο επίπεδο περιγραφής και θεωρίας που αφορούσε, θα μπορούσαμε εξίσου γενικά να πούμε, τις σχέσεις μεταξύ εκφράσεων της γλώσσας και της κατανόησης αυτών από επαρκείς ομιλητές.<sup>16</sup>

Όσα έχουμε πει λοιπόν μέχρι εδώ σχετικά με το νόημα (ή ερμηνεία ή περιεχόμενο), αφορούν την *αναφορά*, την σχέση δηλαδή της γλώσσας με τον κόσμο, και όχι την *σημασία*, την σχέση δηλαδή του ομιλητή με την γλώσσα. Η διάκριση αυτή έχει γίνει αντικείμενο συζήτησης, διαμάχης και κριτικής όσο λίγα φιλοσοφικά προβλήματα. Αυτό που μας ενδιαφέρει εδώ, είναι ότι αυτή καθεαυτή η εισαγωγή της, απομονώνει την «αντικειμενική» συνιστώσα του νοήματος επιτρέποντας, όπως θα δούμε, παρακάτω τον τυπικό χειρισμό της. Το αν μπορεί πράγματι το περιεχόμενο ή νόημα των εννοιών να χωριστεί σε μία «αντικειμενική» συνιστώσα που τις συσχετίζει με τον κόσμο, και σε μία «υποκειμενική» συνιστώσα συσχέτισης με τον χρήστη της γλώσσας, είναι ένα ζήτημα στο οποίο θα επανέλθουμε όταν συζητήσουμε για τις φιλοσοφικές προϋποθέσεις της τυπικής σημασιολογίας.

Από την στιγμή τώρα που η διάκριση γίνεται δεκτή, μπορούμε να δούμε γιατί η αναφορά μιας πρότασης, δηλαδή η σχέση της με τον κόσμο, ταυτίζεται με την *αληθοτιμή* της. Για να καταλάβουμε το τελευταίο ας δούμε ένα παράδειγμα (Αναπολιτάνος 1985, 226- 227). Ας υποθέσουμε ότι βρισκόμαστε σε ένα κλειστό δωμάτιο και ακούμε από το ραδιόφωνο την πρόταση «Αυτή την στιγμή λαμβάνει χώρα έκλειψη ηλίου». Το γεγονός ότι καταλαβαίνουμε την πρόταση, σημαίνει ότι συλλαμβάνουμε την *σημασία* της αλλά αυτό δεν έχει να κάνει τίποτα με τον κόσμο. Η επαλήθευση του μηνύματος είναι μία ξεχωριστή διαδικασία η οποία απαιτεί την εμπειρική παρατήρηση. Αν λοιπόν αυτή η πρόταση περιγράφει αυτό που πράγματι

---

<sup>16</sup> Επίσης, ο McCulloch, αναφερόμενος στο ίδιο ζήτημα, επισημαίνει: "Η θεωρία σημασίας του Frege είναι πολύ λιγότερο επεξεργασμένη απ' ό,τι η θεωρία αναφοράς. Αλλά, ενώ η τελευταία αφορά τους αναπαριστασιακούς δεσμούς μεταξύ γλώσσας και κόσμου, η πρώτη αφορά τους δεσμούς μεταξύ γλώσσας και *νοῦ*." (McCulloch 1995, σελ. 63).

συμβαίνει στο κόσμο είναι αληθής, αν όχι είναι ψευδής, αλλά θα μπορούσε να είναι αληθής σε έναν άλλο κόσμο (ή σε ένα άλλο μοντέλο).

Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να συνοψίσουμε την θεωρία νοήματος (αναφοράς) του Φρέγκε:

Στα κύρια ονόματα (π.χ. «Αφροδίτη») αντιστοιχούν εξω-γλωσσικά αντικείμενα).

Στα κατηγορήματα (π.χ. «πράσινο» ή «περιστρέφεται») αντιστοιχούν σύνολα ν-συνδυασμών των αντικειμένων (ή άλλων κατηγορημάτων).

Στις προτάσεις (κύριο όνομα +κατηγορήμα) αντιστοιχεί η τιμή «αληθής», όταν το κύριο όνομα βρίσκεται στην έκταση του κατηγορήματος και η τιμή «ψευδής» στην άλλη περίπτωση.

#### 2.4 Προτασιακός Λογισμός

Η (ιδανική) γλώσσα τώρα για τον Φρέγκε, αποτελείται από ατομικές προτάσεις όπως οι παραπάνω, οι οποίες συνδέονται με *λογικούς συνδέσμους*. Μέσω των λογικών συνδέσμων μία σύνθετη πρόταση, η οποία αποτελείται από δύο ή περισσότερες ατομικές προτάσεις έχει περιεχόμενο (αναφορά) πάλι στο διμελές σύνολο {αληθής, ψευδής}. Για να δούμε πως γίνεται αυτό ας πάρουμε ένα απλό παράδειγμα σύνθετης πρότασης, π.χ. την σύζευξη δύο ατομικών προτάσεων,  $p$  («ο χαλκός είναι κόκκινος») και  $q$  («ο χαλκός είναι μέταλλο») οι οποίες σχηματίζουν μία σύνθετη πρόταση πρόταση:

$p \& q$  (Ο χαλκός είναι κόκκινος **και** ο χαλκός είναι μέταλλο)

Η τιμή αλήθειας της σύνθετης πρότασης προκύπτει με βάση ένα συγκεκριμένο κανόνα από τις τιμές αλήθειας των ατομικών προτάσεων που την αποτελούν. Ο κανόνας αυτός ονομάζεται *συνάρτηση αλήθειας* και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο εξής: η σύνθετη πρόταση είναι αληθής όταν και μόνο όταν και οι δυο προτάσεις είναι αληθείς. Αν η μία έστω από τις δύο προτάσεις είναι ψευδής, τότε και η σύνθετη πρόταση είναι ψευδής. Ο παραπάνω κανόνας αντιστοιχεί στον σύνδεσμο «και» και υπάρχουν ανάλογοι κανόνες για τους υπόλοιπους λογικούς συνδέσμους<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Άλλοι λογικοί σύνδεσμοι είναι η διάζευξη ( $\vee$ ), η άρνηση ( $\sim$ ), η σύζευξη ( $\&$ ) και η συνεπαγωγή ( $\supset$ ). Κάθε σύνδεσμος έχει τη δική του συνάρτηση αλήθειας η οποία αποδίδει αληθοτιμή στη σύνθετη

Μέσω της χρήσης των λογικών συνδέσμων, το περιεχόμενο μιας σύνθετης πρότασης συντίθεται, σύμφωνα με τον Φρέγκε, από τα περιεχόμενα απλούστερων προτάσεων και σε τελική ανάλυση, ατομικών προτάσεων. Το σημαντικό εδώ είναι, ότι η σύνθεση αυτή γίνεται με καθαρά τυπικούς όρους χωρίς να εμπλέκεται πουθενά ο κόσμος ή η εμπειρία. Η σύνθετη πρόταση, δεν αντιστοιχεί σε ένα καινούργιο γεγονός, αλλά αποτελεί ένα συνδυασμό των δυο ατομικών προτάσεων οι οποίες παραμένουν ανεξάρτητες μεταξύ τους. Σε αντίθεση με μία τρέχουσα αντίληψη για την γλώσσα, όταν συνδέουμε δύο προτάσεις με ένα λογικό σύνδεσμο («χιονίζει» και «κρατάω ομπρέλα») δεν φτιάχνουμε ένα καινούργιο σύνθετο περιεχόμενο («χιονίζει και κρατάω ομπρέλα») αλλά μια σύνθετη πρόταση η οποία είναι αληθής όταν, και μόνο όταν, οι δύο προτάσεις που την συναποτελούν είναι αληθείς. Η δύναμη αυτού του σχήματος έγκειται στην αυτονομία που επιβάλλει στις προτάσεις που συνδέονται, καθώς και την ανεξαρτησία της σύνθετης πρότασης από τα συγκεκριμένα νοήματα των επιμέρους προτάσεων. Ας μην ξεχνάμε ότι ένα από τα βασικότερα ιδεώδη του λογικισμού ήταν να δώσει ένα μηχανισμό όπου μέσω λίγων ορισμών και κάποιων σαφών κανόνων σύνδεσης να μπορεί να παραχθεί μια ολόκληρη γλώσσα. Αυτό το 'ατομικό' μοντέλο επιτυγχάνεται μόνο όταν μια σύνθετη πρόταση ανάγεται σε ένα συνδυασμό «ατομικών» προτάσεων.

Με βάση την παραπάνω επισήμανση, ίσως το παράδειγμα με το οποίο ξεκινήσαμε είναι παραπλανητικό. Οι δύο προτάσεις καθώς έχουν το ίδιο όρισμα (τον χαλκό) φαίνονται ότι συνδέονται «εσωτερικά» μεταξύ τους, αποτελώντας μία σύνθετη οντότητα. Θα ήταν καλύτερο λοιπόν να καταλάβουμε την σημασιολογική λειτουργία του συνδέσμου «και» από παραδείγματα όπως:

«Ο χαλκός είναι κόκκινος **και** ο πιγκουίνος είναι πουλί»

Στο παραπάνω παράδειγμα είναι σαφές ότι η σύνθετη πρόταση δεν δημιουργεί ένα καινούργιο περιεχόμενο παραπέμποντας σε ένα νέο πιο σύνθετο γεγονός, αλλά συνθέτει «εξωτερικά» τα περιεχόμενα των δύο προτάσεων.

---

πρόταση με βάση τις αληθοτιμές των συστατικών της. Για τις συναρτήσεις αυτές, λίγα χρόνια αργότερα εισάγονται οι *αληθοπίνακες* (από τον Wittgenstein και τον Waissman ταυτόχρονα), οι οποίοι καθιερώθηκαν τελικά.



Η έννοια της συνάρτησης αλήθειας, προϋποθέτει ότι το περιεχόμενο μια σύνθετης πρότασης δίνεται *εκτασιακά*. Ας εξηγήσουμε το τελευταίο πάλι με ένα παράδειγμα πρότασης η οποία είναι μη-εκτασιακή δηλ. *εντασιακή*. Ας πάρουμε την σύνθετη πρόταση «ο Κώστας πιστεύει ότι αυτή η κηλίδα είναι άσπρη». Το αν η πρόταση  $p$  ('αυτή η κηλίδα είναι άσπρη') είναι ή δεν είναι αληθής δεν φαίνεται να παίζει κανένα ρόλο στην αλήθεια της συνθετότερης πρότασης «ο Κώστας πιστεύει ότι  $p$ ». Άρα η πρόταση με την οποία ξεκινήσαμε δεν είναι συνάρτηση αλήθειας της  $p$ .

Με βάση τώρα τις συναρτήσεις αλήθειας, κάποιες από τις σύνθετες προτάσεις είναι πάντα αληθείς ή πάντα ψευδείς ανεξάρτητα από τις ενδεχομενικότητες του κόσμου. Π.χ. η πρόταση  $p \& \sim p$  ( $p$  και όχι  $p$ , π.χ. «και βρέχει και δεν βρέχει») είναι πάντα ψευδής, ανεξάρτητα από την τιμή αλήθειας της  $p$ . Με τον ίδιο τρόπο, η πρόταση  $\sim(p \& \sim p)$  είναι πάντα αληθής, δηλαδή ταυτολογία, όπως ονομάζεται στην λογική. Σύμφωνα με τον Φρέγκε, οι προτάσεις της λογικής είναι ταυτολογίες, δηλαδή προτάσεις αληθείς σε κάθε μοντέλο.

### 2.5 Δεύτερος Ορισμός Μοντέλου- Γλώσσα και Κόσμος.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε τώρα να παρουσιάσουμε την ακριβή φύση του συνολοθεωρητικού μοντέλου και ό,τι αυτή συνεπάγεται για την σχέση μιας τυπικής γλώσσας και του τμήματος του κόσμου τον οποίο αναπαριστά. Ας επιστρέψουμε λοιπόν στο αρχικό παράδειγμα του καφενείου, υποθέτοντας ότι έχουμε μία τυπική γλώσσα η οποία έχει ένα και μόνο αξίωμα:

*Για κάθε δύο «σημεία» υπάρχει μία «ευθεία» ώστε τα «σημεία» αυτά να «κείνται» στην ευθεία.*



Σχήμα 4

Ερμηνεύοντας τώρα τα «σημεία» ως καρέκλες, και τις «ευθείες» ως τραπέζια, μπορούμε να κατασκευάσουμε την παρακάτω δομή ή ερμηνεία, η οποία αποτελείται από τέσσερα σύνολα.

$$\Sigma = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4, \tau_1, \tau_2 \} \text{ (το σύνολο των αντικειμένων του 'κόσμου' - καφενείο)}$$

$$T = \{ \tau_1, \tau_2, \tau_3 \} \text{ (ερμηνεία του κατηγορήματος «είναι τραπέζι»)}$$

$$K = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \} \text{ (ερμηνεία του κατηγορήματος «είναι καρέκλα»)}$$

Και ένα τέταρτο σύνολο που αντιστοιχεί στην ερμηνεία του κατηγορήματος «κείνται δίπλα»:

$$\Delta = \{ (\kappa_1, \tau_3, \kappa_2), (\kappa_3, \tau_1, \kappa_2), (\kappa_1, \tau_2, \kappa_3) \}$$

Τα μοντέλα στη λογική έχουν την παραπάνω συνολοθεωρητική δομή, αποτελούνται δηλαδή, από ένα σύνολο, το οποίο έχει όλα τα στοιχεία («σύμπαν», το πεδίο ορισμού του μοντέλου) και από υποσύνολα αυτού του συνόλου (μονοθέσια κατηγορήματα) ή υποσύνολα δυάδων, τριάδων, ν-άδων αυτού του συνόλου (διθέσια, τριθέσια, ν-θέσια κατηγορήματα). Αυτά τα υποσύνολα με την σειρά τους αναπαριστούν ιδιότητες των αντικειμένων ή σχέσεις μεταξύ τους<sup>18</sup>.

Αν ο στόχος του κεφαλαίου, ήταν να παρουσιαστεί η φύση του συνολοθεωρητικού μοντέλου, όπως χρησιμοποιείται στην μαθηματική λογική, θα έπρεπε να σταματήσουμε εδώ. Από την στιγμή όμως που ο Φρέγκε, ξεκίνησε την όλη προσπάθεια επιχειρώντας να μιλήσει για τις σχέσεις γλώσσας- κόσμου γενικότερα, θα πρέπει να προχωρήσουμε σε μία διευκρίνιση.

Μέσω της δομής  $A$ , ή ερμηνείας μπορούμε να συσχετίσουμε μία  $\alpha$ -νόητη γλώσσα η οποία αποτελείται από προτάσεις του τύπου « $\forall \chi (K\chi \supset \exists \psi (T\psi \& \Delta(\chi, \psi)))$ »,

<sup>18</sup> Ο αυστηρός ορισμός της δομής ή ερμηνείας είναι ο εξής:

Δομή (Structure) ή Ερμηνεία (Interpretation)  $A$  μιας πρωτοβάθμιας κατηγορηματικής γλώσσας  $L$  ονομάζεται μια συνάρτηση η οποία:

α) Στον καθολικό ποσοδείκτη απονέμει ένα μη κενό σύνολο  $A$ , που αποτελεί το πεδίο της δομής, δηλαδή το σύμπαν των αντικειμένων της.

β) Σε κάθε  $n$ -μελές σύμβολο κατηγορήματος  $\Pi$  της γλώσσας  $L$  απονέμει μια  $n$ -μελή σχέση  $\Pi^A \subseteq A^n$ , δηλαδή ένα σύνολο από  $n$ -άδες των οποίων όλα τα μέλη αποτελούν στοιχεία του  $A$ .

γ) Σε κάθε  $n$ -μελές σύμβολο συνάρτησης  $f$  της γλώσσας  $L$  απονέμει μια  $n$ -μελή συνάρτηση  $f^A : A^n \rightarrow A$ , και

δ) Σε κάθε σύμβολο σταθεράς  $c$  της γλώσσας  $L$  απονέμει ένα στοιχείο  $c^A$  του  $A$ .

Για γλώσσες με πεπερασμένο αριθμό συμβόλων, μια δομή  $A$  μπορεί να παρασταθεί ως μια διατεταγμένη νιάδα αποτελούμενη από τις τιμές της  $A$ . Για παράδειγμα, εάν  $L = \{F, g, c\}$  και  $A$  είναι μια δομή της  $L$ , τότε οι τιμές της  $A$  μπορούν να παρασταθούν ως η διατεταγμένη τετράδα

$[A, F^A, g^A, c^A]$ . Ορισμένες φορές, για λόγους απλοποίησης, ο παραπάνω συμβολισμός γράφεται και ως  $[A, F, g, c]$

ανάλογα με την ερμηνεία που δίνουμε στα κατηγορήματα, είτε με την Ευκλείδεια γεωμετρία, είτε με ένα τμήμα του πραγματικού κόσμου, όπως το κυκλικό καφενείο του παραδείγματός μας. Θα μπορούσαμε έτσι να μπούμε στον πειρασμό να καταλήξουμε μαζί με τον Fuchs (1967, 35) ότι

Η Χίλμπερτ- Ευκλείδεια γεωμετρία είναι ένα τυπικό μοντέλο, ενώ το παράδειγμα μας με το καφενείο ένα πραγματικό μοντέλο ενός συστήματος αξιωμάτων

Η διατύπωση αυτή όμως μπορεί να είναι παραπλανητική. Για να το δείξω αυτό, θα πάρω ένα άλλο μοντέλο, το μοντέλο του κυκλικού χορού.



Σχήμα 5

Το παραπάνω μοντέλο, μπορεί να περιγραφεί από την ίδια δομή A, όπου αυτή την φορά το κατηγορήμα T θα ερμηνευθεί ως «ενήλικος», το κατηγορήμα K ως «παιδί», και το κατηγορήμα Δ ως «του κρατάνε τα δύο χέρια». Το μοντέλο- καφενείο, με τον μοντέλο- κυκλικού χορού σε αυτή την περίπτωση είναι *ισομορφικά*, αντιστοιχούν δηλαδή στην ίδια δομή A. Αυτό που πρέπει να τονίσουμε εδώ, είναι ότι η συνεισφορά των μοντέλων στην απόδοση περιεχομένου στις προτάσεις της γλώσσας προκύπτει μόνο από την δομή A την οποία μοιράζονται και όχι από το διακριτό είδος της πραγματικότητας στην οποία αναφέρονται.

Ας δούμε το τελευταίο με ένα συγκεκριμένο παράδειγμα:

Έστω η πρόταση « $\forall x (Kx \supset \exists \psi (T\psi \& \Delta(x,\psi,z)))$ »

Η πρόταση αυτή μεταφράζεται με λογικούς όρους: «για κάθε x, αν το x ανήκει στο K, τότε υπάρχει ένα ψ ώστε το ψ ανήκει στο T και το (x,ψ,z) ανήκει στο Δ»

Ας δούμε τώρα την ερμηνεία αυτής της πρότασης σε τρία μοντέλα.

Στο μοντέλο της γεωμετρίας, η πρόταση μεταφράζεται «για κάθε σημείο, υπάρχει μια ευθεία, ώστε το σημείο αυτό να ανήκει στην ευθεία».

Στο μοντέλο του καφενείου, η πρόταση μεταφράζεται «για κάθε καρέκλα, υπάρχει ένα τραπέζι, ώστε η καρέκλα να είναι δίπλα σε αυτό το τραπέζι».

Στο μοντέλο του χορού μεταφράζεται «για κάθε παιδί, υπάρχει ένα ενήλικος, ώστε ο ενήλικος να κρατάει από το χέρι το παιδί»

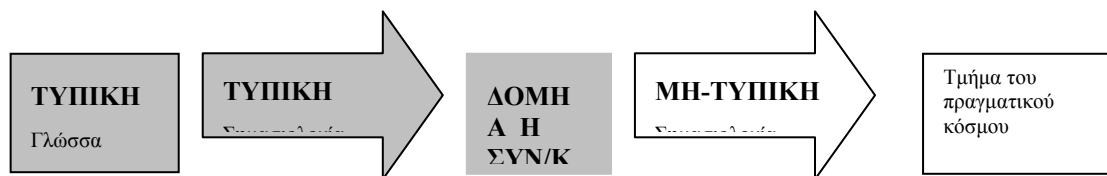
Τίποτα όμως από τα παραπάνω στοιχεία που αφορούν τον πραγματικό κόσμο δεν παίζει ρόλο στην σημασία της πρότασης. Για να αποδοθεί τιμή αλήθειας στην πρόταση το μόνο που χρειάζεται να ελεγχθεί είναι, αν για κάθε στοιχείο του συνόλου  $\Sigma$ , υπάρχει ένα στοιχείο του συνόλου  $K$ , ώστε το ζεύγος των στοιχείων να είναι μέλος του συνόλου  $\Delta$ . Το αν το σύνολο  $\Sigma$  αποτελεί την ερμηνεία του κατηγορήματος «είναι καρέκλα» ή του κατηγορήματος «είναι σημείο» δεν παίζει κανένα ρόλο στην απόδοση τιμής αλήθειας. Άρα το μοντέλο ή ερμηνεία της τυπικής γλώσσας την οποία πήραμε για παράδειγμα είναι μόνο η παρακάτω δομή.

<p><b>ΔΟΜΗ Α</b>  <math>\Sigma = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4, \tau_1, \tau_2 \}</math>  <math>T = \{ \tau_1, \tau_2 \}</math>  <math>K = \{ \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4 \}</math>  <math>\Delta = \{ (\kappa_1, \tau_1, \kappa_2), (\kappa_3, \kappa_4, \tau_2) \}</math></p>
--

Η πραγματικότητα συνεισφέρει μόνο στην κατασκευή της δομής  $A$  και δεν έχει καμία άλλη επίπτωση στην ‘ερμηνεία’ του αξιωματικού συστήματος. Αν θέλουμε λοιπόν να μιλήσουμε αυστηρά, η μαθηματική έννοια του μοντέλου και επακόλουθα η τυπική σημασιολογία είναι μια απεικόνιση μιας δομής όπου περιέχει συμβολοσειρές και κανόνες μετασχηματισμού σε **μια άλλη δομή** που περιέχει σύνολα στοιχείων και σύνολα συνδυασμών στοιχείων. Η ερμηνευτική δομή  $A$  είναι η ίδια χωρίς «νόημα» καθώς το μόνο που κάνει είναι να ταξινομεί οντότητες σε σύνολα και σύνολα διατεταγμένων συνδυασμών. Αυτή ακριβώς η τυπικότητα της απεικόνισης μετατρέπει τον χειρισμό των μοντέλων σε πρόβλημα μαθηματικών και τυποποιεί τα σημασιολογικά προβλήματα, όπως ακριβώς επιζητούσε ο Φρέγκε. Στο βαθμό λοιπόν που ξεφεύγουμε από τα πλαίσια της τυπικής λογικής, επιζητώντας ένα πρότυπο για τις σχέσεις γλώσσας- κόσμου θα ήταν ακριβέστερο να πούμε ότι

το καφενείο (εικόνα 1) δεν είναι μοντέλο με την τυπική έννοια, αλλά απεικονίζεται στην δομή  $A$ , η οποία είναι μοντέλο της τυπικής γλώσσας.

Θα ήταν λοιπόν καλύτερα να θεωρήσουμε ότι χρειάζονται δύο στάδια για να μεταβούμε από την γλώσσα των  $\alpha$ -νόητων συμβόλων σε ένα εμπειρικό μοντέλο όπως το καφενείο:



Το γκρίζο κομμάτι του παραπάνω διαγράμματος είναι καθαρό τμήμα των μαθηματικών και αρμόδιοι για να μιλήσουν για αυτό είναι οι μαθηματικοί. Αν όμως, η επιστήμη της φυσικής μπορεί να διατυπωθεί ως αξιωματικό σύστημα στη γλώσσα της λογικής και την ίδια στιγμή ο φυσικός κόσμος με τις οντότητες, τις ιδιότητες και τις σχέσεις τους μπορεί να αναπαρασταθεί σε μία συνολοθεωρητική δομή όπως η  $A$ , διαμορφώνεται μία ισχυρή επιστημολογική θέση: όλες οι αλήθειες για τον κόσμο (ανασυγκροτημένο ως συνολοθεωρητικό μοντέλο) θα μπορούσαν να ειπωθούν μέσω κάποιων κενών νοήματος αξιωμάτων και κανόνων συνδυασμού αυτού των αξιωμάτων.

Στο βαθμό που αυτή η επιστημολογική θέση υιοθετήθηκε και υπερασπίστηκε πραγματικά, τίθενται δύο ερωτήματα τα οποία θα εξετάσουμε στη αμέσως επόμενη ενότητα. Το πρώτο ερώτημα, είναι αν είναι αναπαραστάσιμος ο φυσικός κόσμος ως συνολοθεωρητικό μοντέλο, ως δηλαδή ένα σύνολο οντοτήτων οι οποίες έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες και συγκεκριμένες σχέσεις μεταξύ τους. Το δεύτερο ερώτημα είναι αν τα εννοιολογικά εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται στο γκρίζο μέρος είναι κατάλληλα για την περιγραφή του φυσικού κόσμου, ή έστω για την ανασυγκρότηση της φυσικής ως επιστήμης. Η θετική απάντηση σε αυτά τα δύο ερωτήματα διαμορφώνει την άποψη του λογικού εμπειρισμού ή *παραδεδομένη άποψη* που θα εξετάσουμε στην συνέχεια, ενώ η αρνητική ανοίγει τον δρόμο για μία εναλλακτική φιλοσοφική ανασυγκρότηση της επιστήμης (πάντα σε σχέση με την έννοια του μοντέλου) η οποία θα εξεταστεί στα επόμενα κεφάλαια.

### 3. Λογικός Εμπειρισμός και Προτασιακό Γνωσιολογικό Πρότυπο

#### 3.1 Παραδεδομένη Άποψη και Λογικισμός.

Κάθε εγχειρίδιο φιλοσοφίας της επιστήμης ξεκινάει από την παρουσίαση της λογικό- εμπειριστικής ή νέο-θετικιστικής ή παραδεδομένης άποψης (received view)<sup>19</sup> για την επιστήμη. Η άποψη αυτή διαμορφώνεται από τον Russell στην Βρετανία, τον κύκλο της Βιέννης (με κύριους εκπροσώπους τους Rudolf Carnap και Moritz Schlick) και τη σχολή του Βερολίνου (Reichnebach), στις αρχές του αιώνα. Η παραδεδομένη άποψη μαζί με την αμφισβήτησή της, η οποία θα ξεκινήσει στη δεκαετία του 50,<sup>20</sup> διαμορφώνουν τελικά τον καμβά στον οποίο εξακολουθούν να τίθενται τα ερωτήματα για τη φύση και το γνωσιολογικό καθεστώς της σύγχρονης επιστήμης. Σε αυτή την ενότητα θα δούμε πώς η τυπική λογική, όπως ξεκίνησε από τον Φρέγκε, απετέλεσε την αφετηρία της παραδεδομένης άποψης, καθώς θεωρήθηκε το πρότυπο εκείνο με βάση το οποίο μπορεί να ανασυγκροτηθεί φιλοσοφικά η επιστήμη. Όπως παρατηρεί ο Γκλίμουρ (Glymour),

Κυρίως ο Κάρναπ και κατά δεύτερο λόγο ο Ράσελ, είδαν τη φρεγκεανή μαθηματική ανασυγκρότηση της έννοιας της απόδειξης ως μοντέλο για ολόκληρη τη φιλοσοφία. Η φιλοσοφία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία της Λογικής για να ανασυγκροτήσει όλες τις έννοιες της επιστημονικής μεθοδολογίας- την έννοια της επιστημονικής θεωρίας, του εμπειρικού ελέγχου, της επικύρωσης, της εξήγησης, της πρόβλεψης κλπ. (Glymour 1998, 153)

Πράγματι, ο Ράσελ είναι αυτός ο οποίος «ανακαλύπτει» τον Φρέγκε, ενώ ο βασικότερος εκπρόσωπος του κύκλου της Βιέννης, Κάρναπ είναι μαθητής του. Ο

---

<sup>19</sup> Η έννοια της παραδεδομένης (ή καθιερωμένης) άποψης εισάγεται για πρώτη φορά από τον Πάτναμ (Putnam, 1962). Ο τελευταίος θεωρεί η βάση αυτής της άποψης είναι η επιδίωξη της αναπαράστασης των επιστημονικών θεωριών ως αξιωματικά συστήματα, τα οποία συνδέονται με την εμπειρία με τους κανόνες αντιστοίχισης. Οι τελευταίοι είναι προτάσεις οι οποίοι συνδέουν τους θεωρητικούς όρους με παρατηρησιακούς. Η εμπειρική βάση του συστήματος, απαρτίζεται από όλες εκείνες τις αληθείς προτάσεις οι οποίες περιέχουν μόνο παρατηρησιακούς όρους και των οποίων η επιβεβαίωση είναι υπεράνω αμφισβήτησης. Βλέπε και Κάλφας (1997, 27-33)

<sup>20</sup> Οι κύριοι εκπρόσωποι της αμφισβήτησης είναι οι Hanson (1958), Kuhn (1962), Tulmin (1953), Achinstein (1963), Putnam (1962), Popper (1959), Lakatos (1978).

Βιτγκενστάιν, επίσης, γράφει το *Tractatus* (Wittgenstein, 1918/1961), ένα έργο που θα επηρεάσει το κίνημα των λογικών εμπειριστών, εμπνεόμενος από τον Φρέγκε. Το κίνημα του λογικού εμπειρισμού, ως γνήσιο ερευνητικό πρόγραμμα, πέρασε από διάφορα στάδια και τομές στην ιστορία του. Η αρχική αδιαλλαξία και η διάθεση μετωπικής σύγκρουσης με ολόκληρη την φιλοσοφία, σύντομα έδωσαν την θέση τους σε πιο μετριοπαθείς αναλύσεις και πολλές φορές στην υιοθέτηση αντίπαλων προτάσεων. Αυτό που θα επιχειρήσω παρακάτω, είναι να αναζητήσω μέσα στην τυπική σημασιολογία και την έννοια του συνολοθεωρητικού μοντέλου τον «σκληρό πυρήνα»<sup>21</sup> του προγράμματος, ο οποίος έμεινε ουσιαστικά ανεπηρέαστος από τις μετατοπίσεις και τις αλλαγές που συνέβησαν. Με αυτή την έννοια θα δούμε παρακάτω, την «παραδεδομένη άποψη» ως μία προσπάθεια μεταφοράς ενός επιτυχημένου προτύπου (της τυπικής σημασιολογίας) σε μία καινούργια περιοχή (την φιλοσοφία της επιστήμης).

### 3.2 Το Επίτευγμα των *Principia* και ο Εμπειρισμός

Όταν ο Φρέγκε ξεκινάει την προσπάθεια αναμόρφωσης της λογικής και δόμησης της ιδανικής γλώσσας, λίγοι γνωρίζουν το έργο του και ακόμα λιγότεροι μπορούν να το κατανοήσουν. Ο Ράσελ, νεαρός τότε φιλόσοφος, ανακαλύπτει στο Φρέγκε μία πολύτιμη δεξαμενή ιδεών και ένα συνομιλητή για την δική του παράλληλη έρευνα. Ο Ράσελ θα δημοσιεύσει, τελικά, μαζί με τον Γουάιτχεντ το μνημειώδες *Principia Mathematica* (Russel and Whitehead, 1910). Το έργο αυτό θα αποτελέσει καμπή στο κίνημα του λογικισμού και θα αποτελέσει ένα από τα κυρίαρχα φιλοσοφικά πρότυπα για την διαμόρφωση της παραδεδομένης άποψης. Το βιβλίο αποτελεί το αποκορύφωμα της προσπάθειας αναγωγής των μαθηματικών στην λογική. Οι συγγραφείς συνεχίζοντας την προσπάθεια του Φρέγκε επιχειρούν πρώτον, να ανάγουν όλες τις αριθμητικές έννοιες σε λογικές, και δεύτερον, να δείξουν πως όλα τα αξιώματα της αριθμητικής μπορούν να αποδειχθούν από ένα μικρό σύνολο αξιωμάτων τα οποία είναι λογικές αλήθειες. Το σύστημα των *Principia* φαινόταν να υλοποιεί το κοινό ιδανικό φορμαλισμού- λογικισμού, την αναγωγή της σημασίας στην σύνταξη με τον τρόπο που θα περιγράψουμε αμέσως.

<sup>21</sup> Η έκφραση είναι του Lakatos (1978) και υποδηλώνει το σύνολο εκείνο των μεταφυσικών και μεθοδολογικών παραδοχών ενός ερευνητικού προγράμματος, τα οποία προστατεύονται περισσότερο απέναντι σε πιθανές εμπειρικές αντενδείξεις, και των οποίων η αμφισβήτηση σημαίνει ουσιαστικά την εγκατάλειψη του προγράμματος. Βλέπε και Κάλφας (1997, 129- 148)

Το σύστημα των *Principia* στηρίζεται σε τέσσερα αξιώματα και δύο κανόνες μετασχηματισμού<sup>22</sup> (ή απόδειξης). Ξεκινώντας από τα αξιώματα τα οποία αποτελούν ανερμήνευτες σειρές συμβόλων και χρησιμοποιώντας τους κανόνες μετασχηματισμού προκύπτουν νέες ανερμήνευτες σειρές συμβόλων οι οποίες αποτελούν τα θεωρήματα του συστήματος. Μία πρόταση του συστήματος, είναι θεώρημα, αν αποτελεί την τελευταία πρόταση μιας «απόδειξης», μίας λίστας δηλαδή σειρών από ανερμήνευτα σύμβολα.

Ο έλεγχος, τώρα, της σημασίας, δηλαδή της απόδοσης τιμών αληθείας στις προτάσεις, γίνεται μέσω των συναρτήσεων αλήθειας, τις οποίες περιέγραψα στην προηγούμενη ενότητα. Με αυτό τον τρόπο αποδεικνύεται εύκολα, ότι τόσο τα αξιώματα, όσο και οι κανόνες μετασχηματισμού είναι ταυτολογίες, δηλαδή προτάσεις αληθείς, για κάθε συνδυασμό αληθοτιμών των συστατικών τους προτάσεων<sup>23</sup>. Τι γίνεται όμως με τα θεωρήματα που προκύπτουν από τα αξιώματα; Είναι και αυτά ταυτολογίες όπως απαιτεί το σύστημα; Το μεγάλο επίτευγμα των συγγραφέων ήταν να αποδείξουν ότι οι δυο κανόνες μετασχηματισμού διατηρούν την ταυτολογία, δηλαδή αν έχουμε μια πρόταση Α, η οποία είναι ταυτολογία και εφαρμόσουμε πάνω της ένα κανόνα μετασχηματισμού, θα πάρουμε μια πρόταση Β η οποία θα είναι και αυτή ταυτολογία. Με αυτό τον τρόπο, μέσω των κανόνων μετασχηματισμού, όλοι οι τύποι των *Principia* κληρονομούν την σημασιολογική ιδιότητα των αξιωμάτων, να είναι ταυτολογίες. Το ρητό, έτσι, «φρόντισε για την σύνταξη και η σημασιολογία θα φροντίσει για τον εαυτό της» επιβεβαιωνόταν με τον πιο πανηγυρικό τρόπο<sup>24</sup>.

Η μεγάλη, λοιπόν, επιτυχία των Ράσελ και Γουάιτχεντ ήταν ότι κατόρθωσαν να φτιάξουν ένα όργανο εξερεύνησης της αριθμητικής, το οποίο αποτελείτο από σημεία χωρίς περιεχόμενο, ένα καθαρά «συντακτικό» σύστημα. Πέρα από τα φιλοσοφικά ερωτήματα τα οποία συνδέονται με το εν λόγω εγχείρημα, φαινόταν ότι όλα τα μαθηματικά, μέσα στην πολυειδία και την πολυπλοκότητά τους, θα μπορούσαν να

<sup>22</sup> τον κανόνα της αντικατάστασης και τον *modus ponens*.

<sup>23</sup> Ουσιαστικά το ζεύγμα αλήθεια- ψεύδος χωρίζει τις προτάσεις των *Principia* αλλά και κάθε προτασιακού λογισμού σε δύο κλάσεις. Αν ερμηνεύαμε την μία κλάση ως τις «θηλυκές» (αντί «αληθείς») προτάσεις και την άλλη ως τις «αρσενικές» (αντί «ψευδείς») προτάσεις δεν θα άλλαζε τίποτα στο χώρο της σημασίας, καθώς η τελευταία έχει τυπικό χαρακτήρα.

<sup>24</sup> Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι οι Ράσελ-Γουάιτχεντ κατόρθωσαν να αποδείξουν και μάλιστα με περατοκρατικές μεθόδους (με μεθόδους δηλαδή που δεν αναφέρονται σε άπειρο αριθμό δομικών ιδιοτήτων των τύπων ούτε σε άπειρο πλήθος πράξεων με τύπους) ότι το σύστημα τους είναι *συνεπές*, ότι δηλαδή από τα αξιώματα και τους κανόνες συμπερασμού δεν είναι δυνατόν ποτέ να προκύψουν ως συμπεράσματα μια πρόταση και η άρνησή της. Για μια σύντομη παρουσίαση αυτής της απόδειξης στα Ελληνικά βλ. Nagel και Newman (1991, 48- 57).



αναγκούν στην σε μία γλώσσα που θα περιείχε τέσσερα μόνο αξιώματα και κάποιες λογικές πράξεις.

### 3.3 Λογικός Εμπειρισμός και Αξιωματική Ανασυγκρότηση

Αμέσως μετά την δημοσίευση των *Principia*, ο ίδιος ο Ράσελ αλλά και οι υπόλοιποι διαμορφωτές της παραδεδομένης άποψης, επιχειρούν να συνδέσουν αυτή τη γλώσσα με τις φυσικές επιστήμες. Ο λογικισμός, ρεύμα ήδη ανεπτυγμένο και με σημαντικά επιτεύγματα στα προβλήματα θεμελίωσης των μαθηματικών, έρχεται να συναντηθεί με τον εμπειρισμό, σε μία προσπάθεια «ξεκαθαρίσματος» της φιλοσοφίας από τα *ψευδοπροβλήματα*, σύμφωνα με την ορολογία των λογικών εμπειριστών, από οτιδήποτε δηλαδή δεν είναι, είτε ερώτημα περί της λογικής είτε ερώτημα το οποίο μπορεί να απαντηθεί με συγκεκριμένη εμπειρική έρευνα. Από το συνολικό πρόγραμμα του λογικού εμπειρισμού, αυτό που μας ενδιαφέρει εδώ, είναι η προσπάθεια *λογικής ανασυγκρότησης* της επιστήμης. Η επιστήμη, κατά τους λογικούς εμπειριστές, αποτελεί το πρότυπο ενός λόγου, ο οποίος είναι συγκροτημένος με βάση την λογική και θεμελιωμένος πάνω στην εμπειρία. Η λογική ανασυγκρότηση έχει στόχο ακριβώς να αναδείξει αυτά τα στοιχεία του επιστημονικού λόγου. Όσο αφορά το πρώτο, το στοιχείο της λογικής, στόχος του Ράσελ, και κατ' επέκταση των εισηγητών της παραδεδομένης άποψης, είναι η αξιωματικοποίηση των φυσικών επιστημών κατά το πρότυπο των *Principia*. Η αξιωματικοποίηση, η διατύπωση των κανόνων απόδειξης και η επακόλουθη διάκριση σύνταξης και σημασίας αποτελούν, όπως είδαμε, για τους λογικιστές συνθήκες εκ των ουκ άνευ, για την δόμηση ενός συστήματος διατύπωσης έγκυρων συλλογισμών. Γιατί τώρα οι λογικοί εμπειριστές επιλέγουν την γλώσσα των *Principia* για την αξιωματικοποίηση της επιστήμης; Όπως χαρακτηριστικά απαντάει σε αυτό το ερώτημα ο Κάρναπ:

Το πλέον περιεκτικό σύστημα του λογικού λογισμού είναι αυτό των Γουάιχεντ και Ράσελ. Μέχρι τώρα είναι το μόνο το οποίο περιέχει μια καλώς αναπτυγμένη θεωρία σχέσεων και επομένως είναι το μόνο το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μεθοδολογική βοήθεια στην κατασκευαστική θεωρία (Carnap 1928, 8)

Σε αντίθεση όμως με τα *Principia* και κάθε λογικό σύστημα το οποίο περιέχει μόνο ταυτολογίες, μία επιστήμη δεν μπορεί παρά να περιέχει και ενδεχομενικές

προτάσεις, προτάσεις δηλαδή των οποίων οι τιμές αλήθειας εξαρτώνται από το εμπειρικό περιεχόμενό τους. Ακόμα περισσότερο, το όλο αξιωματικό σύστημα, δεν μπορεί παρά να θεμελιώνεται σε εμπειρικές προτάσεις και μάλιστα θα έπρεπε, στην ιδανική περίπτωση, να μπορεί να παράγει όλες τις αληθείς προτάσεις του πεδίου το οποίο επιχειρεί να περιγράψει. Οι προτάσεις αυτές, για να παίξουν το ρόλο τους στα πλαίσια της λογικής, δεν μπορεί παρά να είναι αυτόνομες μονάδες, όπως εξηγήσαμε παραπάνω, οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν και να ανασυνδυαστούν με τους λογικούς συνδέσμους. Θα πρέπει, με άλλα λόγια, να έχουν ένα «μοριακό» χαρακτήρα: να παραμένουν αμετάβλητες οι ίδιες, στο επίπεδο του νοήματος-αναφοράς τους στο κόσμο, αλλά ο συνδυασμός τους να μπορεί να παράγει οποιοδήποτε νόημα. Στόχος λοιπόν των εισηγητών γίνεται ο προσδιορισμός του είδους των «μοριακών» αυτών προτάσεων, οι οποίες θα αποτελέσουν την βάση του όλου συστήματος. Ρόλο τέτοιων προτάσεων κληθήκαν να παίξουν τα αισθητηριακά δεδομένα (sense data) του Ράσελ (Russel, 1928), οι ατομικές προτάσεις του Βιγκενστάιν (Wittgenstein 1961/1918), οι προτάσεις πρωτοκόλλου του Κάρναπ (Carnap, 1937). Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, αυτό που αναζητείται είναι ο μηχανισμός εκείνος, μέσω του οποίου κάποιες προτάσεις μπορούν να επιβεβαιωθούν μέσω της εμπειρίας με τρόπο βέβαιο, τελεσίδικο και κυρίως ανεξάρτητο από οποιαδήποτε προϋπόθεση ή θεωρία.

### *3.4 Δέσμευση στην Επιστήμη ή στα Principia;*

Λίγοι θα διαφωνούσαν ότι η ισχύς και η επιτυχία των φυσικών επιστημών αντλείται, από το ένα μέρος, από την αυστηρότητα και την ακρίβεια του συλλογισμού και την χρήση των μαθηματικών, και από το άλλο μέρος, από τον εμπειρικό ή πειραματικό έλεγχο των υποθέσεων. Το τι σημαίνει όμως αυστηρός συλλογισμός (μαθηματικοποιημένος ή μη) και από πού αντλεί την εγκυρότητά του, ή, από το άλλο μέρος, με ποιο τρόπο και πότε θεωρούμε ότι μία συγκεκριμένη πρόταση ή θεωρία έχει επιβεβαιωθεί εμπειρικά, είναι ανοιχτά φιλοσοφικά ζητήματα. Η ταύτιση του πρώτου με τους κανόνες των Principia και του δεύτερου με κάποιου τύπου «μοριακών» εμπειρικών προτάσεων αποδείχθηκε δύσκολο έργο, από την στιγμή που στόχος των λογικών εμπειριστών ήταν η εξήγηση της τρέχουσας επιστήμης. Οι επιστήμονες με κάποιο τρόπο καταφέρνουν να έχουν έναν πειθαρχημένο συλλογισμό και ένα αποτελεσματικό τρόπο επίλυσης διαφωνιών αλλά δεν χρησιμοποιούν την

υλική συνεπαγωγή, την σύζευξη, ή κάποιο άλλο εργαλείο των Principia. Από το άλλο μέρος, τα εμπειρικά δεδομένα της επιστήμης δεν έρχονται υπό μορφή «μοριακών προτάσεων» αλλά ως σειρές παρατηρησιακών ή πειραματικών μετρήσεων. Το αποτέλεσμα αυτής της διάστασης είναι τα κείμενα των λογικών εμπειριστών να μην θυμίζουν –επιφανειακά τουλάχιστον- την επιστημονική γλώσσα και μέθοδο, την οποία υποτίθεται ότι αναλύουν. Τα συνηθισμένα παραδείγματα των λογικών εμπειριστών, όπως «όλοι οι κύκνοι είναι άσπροι» είναι μάλλον παραδείγματα λογικών τύπων όπως ο  $(\forall x)Px$ , παρά παραδείγματα από το τρέχον γλωσσικό ιδίωμα της βιολογίας ή της φυσικής που αποτελεί και την κύρια αναφορά του κινήματος. Η στάση αυτή των φιλοσόφων είναι όμως απόλυτα δικαιολογήσιμη, αν την σκεφτούμε με όρους προτύπων. Όπως παρατηρεί, ένας από τους κριτικούς του κινήματος:

Η απόφαση των φιλοσόφων να μιλήσουν για την επιστήμη μέσω της γλώσσας των *Principia Mathematica* είναι παράλληλη, κατά κάποιο τρόπο, με την απόφαση των επιστημόνων να μιλήσουν για τη φύση μέσω της γλώσσας της ευκλείδειας γεωμετρίας ή των διαφορικών εξισώσεων. (Brown 1993, 33-4)

Η διάσταση μεταξύ της γλώσσας των λογικών εμπειριστών και της γλώσσας της επιστήμης εξηγείται, πράγματι, αν θεωρήσουμε ότι τα μέλη του κινήματος, δηλωμένοι θαυμαστές της επιστήμης, επιχειρούν να τη μιμηθούν. Όταν στα πρώτα βήματά της η σύγχρονη επιστήμη επιχειρούσε να μιλήσει για την φύση με γεωμετρικούς και ποσοτικούς όρους, βρήκε την σθεναρή αντίδραση των αριστοτελικών, οι οποίοι –δικαιολογημένα από μία άποψη- θεωρούσαν ότι ο πολύπλοκος και ποιοτικός χαρακτήρας των φυσικών φαινομένων δεν μπορεί ποτέ να περιγραφεί μέσω των «άυλων» και αφαιρετικών μαθηματικών<sup>25</sup>. Η επιτυχία της επιστήμης να εξηγήσει το απλό και εξιδανικευμένο- άρα μαθηματικοποιήσιμο- και μέσω αυτού να εξηγήει όλο και πιο πολύπλοκα φαινόμενα και να προχωράει όλο και περισσότερο στην κατανόηση της φύσης, απετέλεσε προφανές κίνητρο για τα μέλη του κινήματος. Το στοίχημα που θα έπρεπε να αντιμετωπίσουν ήταν αν θα ήταν το ίδιο επιτυχημένοι έχοντας αντικείμενο τους την ίδια την επιστήμη, όσο επιτυχημένοι ήταν οι επιστήμονες έχοντας αντικείμενό τους την φύση.

<sup>25</sup> Για την διαμάχη σχετικά με την χρήση των μαθηματικών στη μελέτη της φύσης βλ. Lindberg (1997, 121- 154)

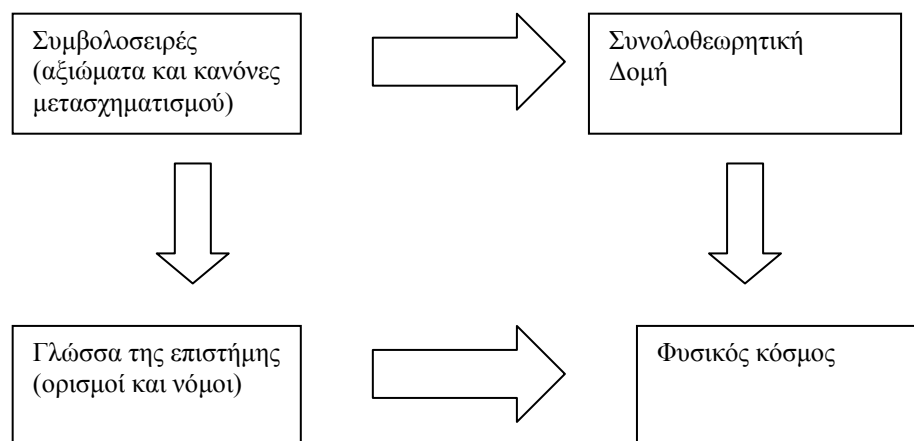
Βρίσκοντας την παρατήρηση του Μπράουν γόνιμη για την κατανόηση του λογικού εμπειρισμού, θα προσέθετα δύο ακόμα επισημάνσεις στην ίδια κατεύθυνση. Η πρώτη αφορά την αυτονομία της γλώσσας περιγραφής από το περιγραφόμενο αντικείμενο. Η ευκλείδειος γεωμετρία υπήρξε ως αυτόνομος κλάδος και αναπτύχθηκε ανεξάρτητα από την περιγραφή φυσικών φαινομένων και ειδικότερα από την περιγραφή της κίνησης. Ο Γαλιλαίος και ο Νεύτων κατάφεραν μετά από μία μεγάλη και δύσκολη προσπάθεια να περιγράψουν την κίνηση σε αυτή τη γλώσσα. Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι ανάλογες ήταν και οι επιδιώξεις των λογικών εμπειριστών. Να περιγράψουν την επιστήμη μέσω μίας ήδη ανεπτυγμένης γλώσσας – των *Principia*- η οποία είχε εφαρμοστεί επιτυχώς σε ένα διαφορετικό τομέα.

Η δεύτερη παρατήρηση αφορά τις οντολογικές δεσμεύσεις σχετικά με τον κόσμο τις οποίες αναλαμβάνει κάποιος υιοθετώντας μία συγκεκριμένη γλώσσα περιγραφής. Η επιχείρηση μαθηματικής περιγραφής της φύσης προϋποθέτει ότι μας ενδιαφέρει από την τελευταία ό,τι μπορεί να περιγραφεί με όρους ποσοτικούς και ό,τι μπορεί να περιγραφεί μέσω των κατάλληλων αφαιρέσεων που απαιτούν οι μέθοδοι της γεωμετρίας. Από την επιλογή και μόνο της γλώσσας, φαινόμενα τα οποία δεν ποσοτικοποιούνται, ή είναι αρκετά πολύπλοκα, τίθενται –τουλάχιστον προσωρινά– εκτός του πεδίου της φυσικής επιστήμης. Κατά παρόμοιο τρόπο, η υιοθέτηση της γλώσσας της λογικής, προϋποθέτει, όπως είπαμε παραπάνω, μία συγκεκριμένη σχέση με την εμπειρία, προϋποθέτει ότι η συνδιαλλαγή με τον κόσμο είναι μίας συγκεκριμένης μορφής: αυτόνομη και ανεξάρτητη επιβεβαίωση ατομικών προτάσεων.

Ξεκινώντας από αυτές τις δύο επισημάνσεις θα προσδιορίσω παρακάτω την έννοια της προτασιακότητας στην επιχείρηση ανασυγκρότησης της επιστήμης, επιστρέφοντας στο πρότυπο με βάση το οποίο δομήθηκε η παραδεδομένη άποψη.

### *3.5 Η Διάκριση Σύνταξης- Σημασίας και το Προτασιακό Πρότυπο*

Όπως είδαμε παραπάνω, η τυπική σημασιολογία αφορά την απεικόνιση συμβολοσειρών σε μία συνολοθεωρητική δομή. Με βάση αυτό, θα μπορούσαμε να δώσουμε ένα νέο ορισμό στη λεγόμενη παραδεδομένη άποψη, ως το φιλοσοφικό εγχείρημα να μεταφερθεί το πρότυπο της τυπικής σημασιολογίας στις σχέσεις επιστημονικής γλώσσας και κόσμου.



Ας ξεκινήσουμε τώρα την επιχείρηση εντοπισμού των ουσιαστών στοιχείων αυτής της μεταφοράς ξεκινώντας από το πρώτο κάθετο βέλος, την απεικόνιση της γλώσσας της επιστήμης, ως ανερμήνευτης γλώσσας συμβόλων εφοδιασμένης με αξιώματα και κανόνες απόδειξης. Ακόμα και αν αυτή η γλώσσα δεν ήταν ακριβώς η γλώσσα των Principia, θα έπρεπε να ήταν πάντα μία γλώσσα τυπική, μία γλώσσα της οποίας οι όροι θα μπορούσαν καταρχήν να εκληφθούν ως σύμβολα κενά περιεχομένου. Το κρίσιμο σημείο εδώ είναι ότι οι κανόνες συνδυασμού των συμβόλων (κανόνες απόδειξης) θα πρέπει να είναι αυτόνομοι από την όποια ερμηνεία των συμβόλων. Σε αυτό ακριβώς το σημείο δεν μπορεί να υπάρξει καμία έκπτωση ή οπισθοχώρηση. Αν με οποιοδήποτε τρόπο εμπλακούν οι κανόνες απόδειξης με το περιεχόμενο αίρεται η ίδια η διάκριση σύνταξης- σημασίας (ή γλώσσας- μοντέλου) και το όλο σχήμα καταρρέει. Αυτοί οι κανόνες λοιπόν, δεν θα πρέπει να έχουν σχέση με τον συγκεκριμένο αντικείμενο αλλά να έχουν μία καθολική εγκυρότητα. Ως τέτοιοι επιλέχθηκαν οι κανόνες των Principia και σε καμία φάση του κινήματος δεν αμφισβητήθηκε η αξία τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η *υλική συνεπαγωγή*. Όσα προβλήματα κι αν δημιούργησε η προσπάθεια εφαρμογής της σε επιστημονικούς συλλογισμούς κανέναν από τους πρωταγωνιστές του κινήματος δεν διανοήθηκε την αμφισβήτησή της<sup>26</sup>. Κανένα εμπειρικό στοιχείο, πείραμα ή ό,τιδήποτε από τον «κόσμο» δεν θα μπορούσε ποτέ, για τους εισηγητές της παραδεδομένης άποψης, να άρει την εγκυρότητα των κανόνων, αφού η εγκυρότητα αυτή αντλείται ακριβώς από

<sup>26</sup> Η υλική συνεπαγωγή συνδέει δύο προτάσεις ( $p$  και  $q$ ) με τέτοιο τρόπο ώστε η σύνθετη πρόταση ( $p \supset q$ ) να είναι ψευδής μόνο όταν η πρώτη πρόταση είναι αληθής και η δεύτερη ψευδής. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η συνεπαγωγή είναι αληθής. Αυτό σημαίνει ότι από μία ψευδή πρόταση προκύπτει κατά τρόπο έγκυρο το οποιοδήποτε συμπέρασμα, πράγμα το οποίο αντιβαίνει τις διαισθήσεις περί έγκυρου συλλογισμού. Αυτή η συνάρτηση αλήθειας δημιούργησε πολλά προβλήματα στην προσπάθεια εφαρμογής της στην πραγματική επιστήμη (βλ. Brown 1993, 12- 15).

την ανεξαρτησία τους από τον κόσμο. Όπως παρατηρεί ένας από τους πρωταγωνιστές, αλλά και ο ιστορικός του κύκλου της Βιέννης, Κράφτ,

Η ανεξάρτητη ισχύς της λογικής εξηγείται από το ότι η λογική δεν περιέχει τους βασικούς νόμους του κόσμου, παρά της σκέψης πάνω στον κόσμο (Kraft 1986, 33)

Συνοψίζοντας, το σημείο στο οποίο δεν θα μπορούσε να γίνει καμία υποχώρηση χωρίς την καταστροφή της διάκρισης σύνταξης και σημασίας είναι ακριβώς η διατύπωση των συντακτικών κανόνων και η καθολική εγκυρότητά τους, πέρα και ανεξάρτητα από οποιοδήποτε σημασιολογικό περιεχόμενο. Καθώς τώρα οι κανόνες απόδειξης είναι κανόνες χειρισμού προτάσεων, μπορούμε να διατυπώσουμε την πρώτη προϋπόθεση του προτασιακού προτύπου.

***Πρώτη προτασιακή προϋπόθεση:** Ο ορθός συλλογισμός είναι μία διαδικασία ανασυνδυασμού προτάσεων της οποίας οι κανόνες διατυπώνονται στην τυπική λογική και δεν έχουν καμία σχέση με το περιεχόμενο αυτών των προτάσεων ή τον συγκεκριμένο τομέα στον οποίο αναφέρεται ο συλλογισμός.*

Ας περάσουμε τώρα στην δεύτερη προϋπόθεση της προτύπου, η οποία περιέχεται στο δεύτερο κατακόρυφο βέλος. Η προϋπόθεση αυτή αφορά την αναπαράσταση του φυσικού κόσμου ως συνολοθεωρητική δομή. Η επιτυχία της απεικόνισης, θα σήμαινε ότι ο κόσμος είναι αναπαραστάσιμος μέσω μίας δομής η οποία θα περιέχει αντικείμενα, ιδιότητες και σχέσεις μεταξύ αυτών των αντικειμένων, οι οποίες θα αναπαρίστανται μέσω συνόλων. Σύμφωνα με τον Λέικοφ (Lakoff) η τυπική σημασιολογία δημιουργεί οντολογικές και γνωσιολογικές δεσμεύσεις οι οποίες είναι ισχυρότερες από αυτές του ρεαλισμού. Η *αντικειμενιστική μεταφυσική*, όπως την ονομάζει, προϋποθέτει ότι «η πραγματικότητα είναι ορθώς και πλήρως δομημένη με ένα τρόπο ώστε να μπορεί να μοντελοποιηθεί με συνολο- θεωρητικά μοντέλα- δηλαδή με όρους οντοτήτων, ιδιοτήτων και σχέσεων» (Lakoff 1987, 159) Κατά τον Λέικοφ, κάτι τέτοιο προϋποθέτει ότι συλλαμβάνουμε τις οντότητες, τις σχέσεις και τις ιδιότητες, όπως αυτές υπάρχουν αντικειμενικά στον κόσμο, δηλαδή ότι ο κόσμος είναι ήδη συγκροτημένος ανεξάρτητα από τις θεωρίες ή τις δράσεις ή ακόμα και την βιολογική κατασκευή του γνωσιακού υποκειμένου. Εν τούτοις, το συνολοθεωρητικό μοντέλο του κόσμου δεν συνεπάγεται απαραίτητα οντολογικές

δεσμεύσεις. Η ανασυγκρότηση του κόσμου, ώστε να είναι περιγράψιμος και προβλέψιμος δεν δεσμεύει απαραίτητα σε κάποια οντολογία για αυτό τον κόσμο. Δεν είναι τυχαίο ότι κάποια μέλη του κύκλου της Βιέννης ήταν εμπειριστές (Schick, Carnap) ενώ άλλα ρεαλιστές (Neurath, και με ένα ιδιόμορφο τρόπο ο Wittgenstein). Αυτό που είναι δεσμευτικό θα πρέπει να αναζητηθεί πάλι στην διάκριση σύνταξης και σημασίας. Η επιβεβαίωση ότι κάποιο αντικείμενο υπάρχει, ή ότι έχει κάποια ιδιότητα, ή κάποια σχέση με κάποιο άλλο αντικείμενο, θα πρέπει να γίνεται ανεξάρτητα από ο,τιδήποτε άλλο επί ποινή ακύρωσης της διάκρισης σύνταξης και σημασίας και καταστροφής της εμπειρικής βάσης του συστήματος. Πράγματι, αν κατά τον εμπειρικό έλεγχο για την αλήθεια μιας πρότασης, εισέλθουν παραδοχές οι οποίες σχετίζονται με την θεωρία (το επίπεδο της σύνταξης), ή με την επιβεβαίωση άλλων προτάσεων, τότε η όλη επιχείρηση καθίσταται φαύλος κύκλος<sup>27</sup>.

Η προϋπόθεση ύπαρξης ανεξάρτητων, προτασιακών «μοριών» εμπειρίας μπορεί να διατυπωθεί και με όρους νοήματος, αν θυμηθούμε την συγκεκριμένη δομή που έχει η πρόταση στα πλαίσια της παραδεδομένης άποψης. Όπως και στη μαθηματική λογική, η πρόταση για τους λογικό- εμπειριστές έχει τη δομή *κατηγορήμα + ορίσματα* (Pxyz....), με άλλα λόγια, μία ή περισσότερες οντότητες οι οποίες υπάγονται σε μία έννοια. Το νόημα, έτσι της έννοιας P, ταυτίζεται με το σύνολο οντοτήτων (ή συνδυασμών οντοτήτων) οι οποίες την επαληθεύουν. Για να υπάρχει ένα τελεσίδικος και αυτόνομος τρόπος απόφασης αν μία οντότητα (ή συνδυασμός οντοτήτων) υπάγεται ή δεν υπάγεται σε μία συγκεκριμένη έννοια, θα πρέπει να υπάρχουν ικανές και αναγκαίες συνθήκες που να ορίζουν κάθε φορά το σύνολο. Θα πρέπει, με άλλα λόγια, να υπάρχει μία λίστα ικανών και αναγκαίων συνθηκών, με βάση τις οποίες μπορεί να συγκροτηθεί ολόκληρη η έκταση του συνόλου P, ή, με άλλα λόγια, να αποφασιστεί αν ένας συγκεκριμένος συνδυασμός οντοτήτων υπάγεται, ή δεν υπάγεται σε αυτό το σύνολο. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να διατυπώσουμε την δεύτερη προϋπόθεση του προτασιακού προτύπου:

*Δεύτερη προτασιακή προϋπόθεση: Υπάρχουν προτάσεις οι οποίες είναι ελέγξιμες εμπειρικά αυτόνομα και ανεξάρτητα από ο,τιδήποτε άλλο*

*H, ισοδύναμα,*

<sup>27</sup> Δεν είναι τυχαίο ότι η κριτική αυτής της θέσης από την περίφημη θέση Ντιέμ- Κουάιν (Duhem-Quine), συνοδεύτηκε και την συνολική απόρριψη της παραδεδομένης άποψης και της διαχωριστικής γραμμής θεωρίας/εμπειρίας.

*το νόημα των εννοιών δίνεται εκτασιακά, ως τις αναγκαίες και ικανές συνθήκες εκείνες για να υπαχθεί μία οντότητα στην έννοια.*

Η διατύπωση των δύο προϋποθέσεων ολοκληρώνει το στόχο του κεφαλαίου, δείχνοντας το συγκεκριμένο τρόπο με τον οποίο η «παραδεδομένη» άποψη θεμελιώνεται στην έννοια της πρότασης. Οι παραπάνω προϋποθέσεις δεν είναι οι μόνες οι οποίες θα μπορούσαν να απομονωθούν, ούτε από μόνες τους θα μπορούσαν να περιγράψουν πλήρως τον πυρήνα της παραδεδομένης άποψης. Είναι όμως αυτές οι οποίες περιέχονται στη μεταφορά, από το πρότυπο της τυπικής σημασιολογίας στη φιλοσοφία της επιστήμης. Η αμφισβήτηση αυτών των προϋποθέσεων υποδαυλίζει αναγκαστικά την διάκριση σύνταξης και σημασίας και σε τελική ανάλυση την ίδια την λειτουργία της μεταφοράς.

Μια πιθανή αντίρρηση σε αυτό το σημείο θα ήταν ότι οι δύο προϋποθέσεις που προκύπτουν από την μεταφορά περιγράφουν μόνο την πρώτη φάση του λογικού εμπειρισμού, καθώς κάθε ερευνητής πήρε με κάποιο τρόπο αποστάσεις από αυτό τον «σκληρό πυρήνα». Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, ονόμασα τις δυο προϋποθέσεις, προτασιακό πρότυπο, ώστε να τονιστεί η υποδειγματική λειτουργία τους. Η λειτουργία ενός προτύπου, δεν είναι να επιβάλλει ένα κοινό παρονομαστή επιτρέποντας μόνο κατά τόπους διαφορές ή τροποποιήσεις αλλά να συγκροτεί μια κοινή αναφορά σε μια σειρά ερευνών. Κάποιες από αυτές τις έρευνες προφανώς, θα καταλήγουν σε συμπεράσματα τόσο απομακρυσμένα από το πρότυπο, ώστε δύσκολα θα απαντούσε κάποιος αν υιοθετούν μια πολύ ελαστική μορφή των δύο προϋποθέσεων, ή αν, σε τελική ανάλυση, τις αρνούνται. Επιπλέον, η άρνηση αυτών των προϋποθέσεων δεν οδήγησε σε μια συγκεκριμένη φιλοσοφική κατεύθυνση, αλλά σε μια πλειάδα -συγκρουόμενων πολλές φορές- αναλύσεων, απόψεων και θεωριών. Από όλο αυτό το αντί-λογικοεμπειριστικό ρεύμα, αυτό που με ενδιαφέρει εδώ είναι μόνο όσες προσεγγίσεις αρνούνται ριζικά τις προϋποθέσεις επιχειρώντας να δομήσουν ένα εναλλακτικό φιλοσοφικό πρότυπο, το οποίο θα βασίζεται στην έννοια του μοντέλου. Με άλλα λόγια, το κεφάλαιο που προηγήθηκε είχε σκοπό να συγκεκριμενοποιήσει περισσότερο το κεντρικό ερώτημα της εργασίας:

Είναι φιλοσοφικά γόνιμη μια μη προτασιακή ανασυγκρότηση της επιστήμης, η οποία θα βασίζεται στην έννοια του μοντέλου;





---

---

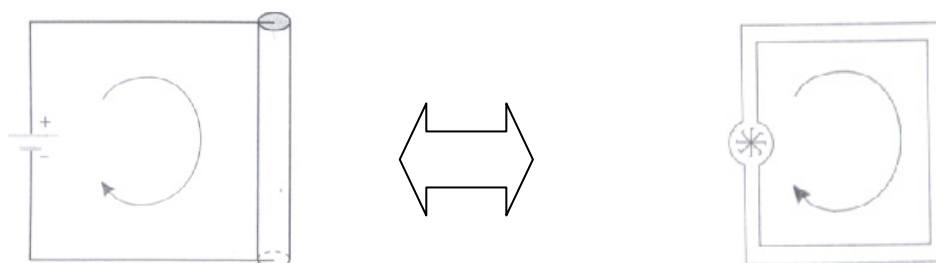
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Αναλογικά Μοντέλα και Λογική της Ανακάλυψης

---

---

### Εισαγωγή: Ανόητοι ή Μικρόνοες;

Σε πολλά εγχειρίδια σχολικής φυσικής, για να γίνει κατανοητός ο ηλεκτρισμός παρουσιάζεται ένα μηχανικό ανάλογο του, ένα ρευστό που ρέει σε σωλήνες.



Η ύπαρξη και χρήση τέτοιων αναλόγων, τα οποία πολλές φορές καλούνται *μοντέλα*, δεν περιορίζεται στην διδασκαλία της φυσικής, αλλά χρησιμοποιήθηκε αρκετές φορές στην ιστορία της επιστήμης από τους εισηγητές νέων φυσικών θεωριών. Η λέξη *μοντέλο* και η αντίστοιχη λειτουργία εισάγεται στην φυσική την ίδια περίοδο που εισάγεται η έννοια του μοντέλου στα μαθηματικά, δηλαδή στο τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα<sup>28</sup>, αλλά όπως θα δούμε σε αυτό το κεφάλαιο, η σημασία της είναι ριζικά διαφορετική. Θα καλέσω τα μοντέλα όπως το παραπάνω *αναλογικά*, για να τα διακρίνω από τα μαθηματικά μοντέλα, τα οποία παρουσίασα στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Από την αρχή του 20<sup>ου</sup> αιώνα ήδη, τέθηκε το ερώτημα αν η χρήση των αναλογικών μοντέλων, όπως αυτό με το οποίο ξεκινήσαμε, είναι συστατικό στοιχείο της επιστήμης, ή κατά τρόπο ισοδύναμο, αν η χρήση των μοντέλων παρουσιάζει ενδιαφέρον από την άποψη της φιλοσοφίας της επιστήμης. Οι απαντήσεις σε αυτό το ερώτημα καταλαμβάνουν ολόκληρο το φάσμα ανάμεσα σε δύο ακραίες θέσεις. Από

---

<sup>28</sup> Με το μηχανικό μοντέλο του αιθέρα από τον Maxwell (Hutten 1967, 65)

το ένα μέρος, σύμφωνα με τον Κάμπελ (Norman Campbell 1880- 1949), μια γνήσια επιστημονική εξήγηση πρέπει να συνοδεύεται από μία αναλογία. Στην αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή είναι απλώς λογική παραγωγή του συμπεράσματος από τις προκείμενες, δεν αποτελεί πραγματική εξήγηση, καθώς με αυτόν τον τρόπο «[ο]ποιοσδήποτε ανόητος μπορεί να ανακαλύψει μια λογικά ικανοποιητική θεωρία για να εξηγήσει οποιοδήποτε νόμο» (Campbell 1957, 129). Αντίθετα, για τον Ντιέμ (Pierre Duhem 1861- 1916), η επιστήμη δεν εξηγεί την πραγματικότητα αλλά συμπυκνώνει τα φαινόμενα μέσα σε μαθηματικούς νόμους. Από εκεί και πέρα, σύμφωνα με τον ίδιο, η χρήση των μηχανικών μοντέλων προδίδει την πνευματική αδυναμία (feeble minded) των Βρετανών φυσικών, οι οποίοι δεν μπορούν να χειριστούν ένα φαινόμενο, αν δεν κατασκευάσουν πρώτα ένα μηχανικό ανάλογό του. (Duhem 1954, 103)

Ο ισχυρισμός του Κάμπελ, ότι τα αναλογικά μοντέλα είναι απαραίτητα για την επιστημονική εξήγηση, τα καθιστά αυτόματα απαραίτητο αναλυτικό εργαλείο οποιασδήποτε ανάλυσης ή ανασυγκρότησης της επιστήμης. Μια τέτοια υπόθεση έχει διατυπωθεί από τον Χαρέ (Harré, 1970) ο οποίος με παραστατικό τρόπο μιλάει για Κοπερνίκεια επανάσταση στην φιλοσοφία της επιστήμης. Σύμφωνα με τον Χαρέ, οι παραγωγικές δομές προτάσεων (οι οποίες αναλογούν στην γη) πρέπει να φύγουν από κέντρο του φιλοσοφικού συστήματος και να τεθούν σε θέση περιφερειακή, με ευρετικό μόνο ρόλο. Αντίθετα, τα μοντέλα (που αναλογούν στον ήλιο), από βοηθητικά εργαλεία, πρέπει να έρθουν στο κέντρο του συστήματος «στην κεντρική θέση ως εργαλεία σκέψης. Στη θέση του ήλιου που βρίσκονταν οι απαγωγικές δομές προτάσεων τίθενται τώρα τα μοντέλα» (Harré 1970, 116). Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσω κατά πόσο μπορεί να σταθεί ο ισχυρισμός του Χαρέ, κατά πόσο δηλαδή το μοντέλο μπορεί να αποτελέσει την κεντρική μονάδα ανάλυσης στη φιλοσοφία της επιστήμης. Αν πράγματι το μοντέλο μπορεί να αντικαταστήσει την πρόταση ως μονάδα ανάλυσης, θα πρέπει να υπάρξει ένα πειστικό επιχείρημα σχετικά με τον μη προτασιακό χαρακτήρα του. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να δείξει κανείς τι παραπάνω μπορεί να προσφέρει το (αναλογικό) μοντέλο ως αναλυτικό εργαλείο στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης, το οποίο δεν μπορεί να προσφέρει η πρόταση.

## 1. Η Ανακάλυψη της Αναλογίας.

### 1.1 Κάμπελ και Ερμηνεία των Θεωρητικών Όρων

Ο Κάμπελ στο βιβλίο του *Physics: The Elements*, το οποίο εκδίδεται το 1919, αναλύει τη φυσική στο γνωστό σχήμα των ανερμήνευτων αξιωμάτων και των προτάσεων που συνδέουν τους όρους που εμφανίζονται στα αξιώματα με την εμπειρία. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Κάμπελ, οι θεωρίες είναι αξιωματικά συστήματα τα οποία περιέχουν δυο είδη προτάσεων: Πρώτον, ένα σύνολο *υποθέσεων* οι οποίες δεν μπορούν να επιβεβαιωθούν εμπειρικά, καθώς είναι καταρχήν ανερμήνευτες. Αυτές οι υποθέσεις είναι τα αξιώματα και τα θεωρήματα της θεωρίας. Δεύτερον, ένα δεύτερο σύνολο προτάσεων, το *λεξικό*, το οποίο ερμηνεύει εμπειρικά κάποιους από τους όρους των υποθέσεων. Με βάση το αν ερμηνεύονται όλοι ή κάποιοι όροι της θεωρίας, ο Κάμπελ διαχωρίζει τις θεωρίες σε δύο είδη, τις *μαθηματικές και τις μηχανικές*. Στη γεωμετρία π.χ. η οποία είναι μαθηματική θεωρία, κάθε όρος («σημείο», «ευθεία», «επίπεδο» κλπ) έχει ένα εμπειρικό αντίστοιχο, άρα όλες οι προτάσεις της γεωμετρίας είναι απευθείας μεταφράσιμες σε εμπειρικές. Αντίθετα στις *μηχανικές* θεωρίες δεν υπάρχουν λήμματα του λεξικού για όλους τους όρους (Campbell 1957, 150). Κάποιοι όροι συνδέονται με την εμπειρία μόνο μέσω συναρτήσεων, μέσω δηλαδή προτάσεων οι οποίες τους συνδέουν με άλλους θεωρητικούς ή παρατηρησιακούς όρους. Π.χ. μπορεί να υπάρχουν δύο θεωρητικοί όροι, ο Α και ο Β, για τους οποίους είναι γνωστό, ότι το γινόμενο τους κάθε φορά δίνει το πειραματικά μετρήσιμο μέγεθος Γ ( $A \cdot B = \Gamma$ ). Με αυτό τον τρόπο, δεν υπάρχει απευθείας μεμονωμένη εμπειρική πρόσβαση στους όρους Α και Β, αλλά μέσω του γινόμενου τους ή οποιοσδήποτε άλλης συνάρτησης τους η οποία εμπλέκει πειραματικά μετρήσιμα μεγέθη<sup>29</sup>. Με αυτό τον τρόπο ο Κάμπελ υποδεικνύει μια ευφυή λύση στο πρόβλημα ορισμού των θεωρητικών όρων το οποίο απασχόλησε το κίνημα του λογικού εμπειρισμού. Ένα από τα προβλήματα των λογικών εμπειριστών ήταν η αναγωγή όλων των θεωρητικών όρων σε αντίστοιχους παρατηρησιακούς. Σύμφωνα με την πρόταση του Κάμπελ, κάτι τέτοιο δεν ήταν απαραίτητο. Οι θεωρητικοί όροι λαμβάνουν εμπειρικό νόημα, έμμεσα, λόγω της συμμετοχής τους σε προτάσεις οι οποίες έχουν εμπειρικό νόημα. Από εκεί και πέρα, ο εμπειρικός έλεγχος

<sup>29</sup> Το παράδειγμά μου είναι απλουστευμένο. Ένα παράδειγμα που δίνει ο Κάμπελ από την φυσική, είναι η μη ύπαρξη *λήμματος* του λεξικού για τις επιμέρους μοριακές ταχύτητες στην κινητική θεωρία των αερίων.

της θεωρίας γίνεται με βάση τις προτάσεις οι οποίες περιέχουν μόνο παρατηρησιακούς όρους.<sup>30</sup>

### 1.2 Η Αναγκαιότητα της Αναλογίας

Εδώ όμως τελειώνει η συμφωνία του Κάμπελ με το πρότυπο της τυπικής σημασιολογίας και αρχίζει η διαφορά του, που μας εισάγει στην αναλογική φύση των μοντέλων. Μια αποδεκτή θεωρία για τον Κάμπελ δεν αρκεί να έχει την τυπική δομή υπόθεση+λεξικό. Για τον Κάμπελ η επιστημονική δραστηριότητα δεν μπορεί να εξαντλείται στο «να εγκαθιδρύσει ένα σύνολο προτάσεων όλων αληθών και όλων λογικά συνδεδεμένων που δεν χαρακτηρίζονται όμως από καμία άλλη ιδιότητα» (Campbell 1957, 129). Για να εξηγήσει γιατί αυτό δεν θα ήταν αρκετό, κατασκευάζει ένα παράδειγμα «ψευδοεξήγησης» νόμου με παραγωγικό επιχείρημα (Campbell 1957, 123):

«Η υπόθεση συνίσταται από τις παρακάτω μαθηματικές προτάσεις:

- 1)  $u, v, w, \dots$  είναι ανεξάρτητες μεταβλητές
- 2) το  $a$  είναι μία σταθερά για όλες τις τιμές αυτών των μεταβλητών.
- 3) το  $b$  είναι μία σταθερά για όλες τις τιμές αυτών των μεταβλητών.
- 4)  $c=d$ , όπου  $c$  και  $d$  είναι εξαρτημένες μεταβλητές

Το λεξικό συνίσταται από τις παρακάτω προτάσεις:

1) Η παραδοχή  $(c^2 + d^2)a = R$ , όπου  $R$  είναι θετικός και ρητός αριθμός, συνεπάγεται την παραδοχή, ότι η αντίσταση ενός ορισμένου κομματιού καθαρού μετάλλου είναι  $R$ .

2} Η παραδοχή ότι  $cd/b = T$  συνεπάγεται ότι η θερμοκρασία του ίδιου κομματιού είναι  $T$ »

Από την υπόθεση τώρα μπορεί να προκύψει ότι  $(c^2 + d^2)a = 2c^2a = 2c^2ab/b = 2ab(cd/b)$ , το οποίο σύμφωνα με την ερμηνεία του λεξικού, σημαίνει ότι η αντίσταση ενός μετάλλου είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του ( $R = 2abT$ ).

<sup>30</sup> Σύμφωνα με τον Λόζι (Losee 1990, σελ. 255- 256) , ο Κάρναπ, ο Φρανκ (Philipp Frank) και ο Χέμπελ, φτάνουν σε παρόμοια συμπεράσματα στηριζόμενοι στην ανάλυση του Κάμπελ. Συγκεκριμένα, ο Κάρναπ στην *Διεθνή Εγκυκλοπαίδεια της Ενοποιημένης Επιστήμης* (Neurath et al., 1939, vol 1, part 1, 202) αναδιατυπώνει την υπόθεση του Κάμπελ απαιτώντας να έχουν εμπειρικό νόημα οι προτάσεις και όχι απομονωμένα κάθε θεωρητικός όρος. Στην ίδια εγκυκλοπαίδεια επαναλαμβάνεται ο ισχυρισμός από τον Φρανκ (σελ.429) και τον Χέμπελ ( σελ. 32-9), ο οποίος μάλιστα εισάγει την μεταφορά του «διχτιού ασφαλείας» το οποίο σχηματίζουν οι όροι οι οποίοι έχουν εμπειρική ερμηνεία.

Είναι προφανές ότι η παραπάνω ad hoc θεωρία του Κάμπελ δεν είναι πραγματική εξήγηση της αναλογίας αντίστασης- θερμοκρασίας. Τι λείπει όμως; Μια θεωρία κατά τον Κάμπελ, δεν περιέχει μόνο νόμους αλλά και εξηγητικές υποθέσεις οι οποίες δεν μπορούν ούτε να αποδειχθούν, ούτε να διαψευστούν. Αυτές οι υποθέσεις παρουσιάζονται μέσω μιας αναλογίας, ή με τους όρους αυτού του κεφαλαίου, ενός αναλογικού μοντέλου. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας αναλογίας που δίνει ο Κάμπελ, είναι η εξήγηση των νόμων της θερμοδυναμικής μέσω της υπόθεσης ότι το αέριο αποτελείται από μικρά σφαιρίδια, τα οποία συγκρούονται ελαστικά μεταξύ τους, μέσω δηλαδή αυτού που αργότερα ονομάστηκε μοντέλο ιδανικού αερίου (billiard model of the gases). Αν και ο Κάμπελ, δεν χρησιμοποιεί την έννοια μοντέλο, από την στιγμή που οι αναλογίες του, έχουν ακριβώς την ίδια σημασία με τα μοντέλα, όπως χρησιμοποιούνται από άλλους ερευνητές, για λόγους ομοιομορφίας της ορολογίας, θα χρησιμοποιώ ισοδύναμα από εδώ και πέρα τις αναλογίες του Κάμπελ με τα (αναλογικά) μοντέλα. Το μοντέλο λοιπόν των ιδανικών αερίων και γενικότερα οι αναλογίες, σύμφωνα με τον Κάμπελ,

δεν είναι απλώς ‘βοήθειες’ στην εδραίωση των θεωριών είναι ένα πλήρως ουσιώδες τμήμα των θεωριών, χωρίς το οποίο, οι θεωρίες θα ήταν δίχως καμία αξία και ανάξιες του ονόματός τους. (Campbell 1957, 129)

Οι αναλογίες του Κάμπελ είναι κατά δύο τρόπους ουσιώδη τμήματα των επιστημονικών θεωριών. Ο πρώτος λόγος αφορά την επιστημονική εξήγηση και ο δεύτερος την επέκταση των θεωριών σε νέες περιοχές. Ας δούμε τους δύο τρόπους αναλυτικότερα.

Ας υποθέσουμε ότι ένας επιστήμονας εκτελεί ένα πείραμα και δια των κατάλληλων μετρήσεων και τεχνικών καταλήγει σε μία μαθηματική σχέση η οποία συσχετίζει κάποια μετρήσιμα μεγέθη, καταλήγει πιο απλά, σε κάποιον πειραματικό νόμο. Ο πειραματικός αυτός νόμος, σύμφωνα με τον Κάμπελ, δεν επαρκεί με την σειρά του για να εξηγήσει τα φαινόμενα από τα οποία παρήχθη. Οι πειραματικοί νόμοι, στην μαθηματική διατύπωση τους, δεν εξηγούν τα φαινόμενα, διότι «δεν σημαίνουν τίποτα παρά αυτό που δηλώνουν (assert)» (Campbell 1957, 132). Η σημασία των νόμων και η εξήγηση των φαινομένων θα πρέπει να αναζητηθεί σε μια αναλογία, όπως στην περίπτωση της θερμοδυναμικής η εξήγηση των μακροσκοπικών νόμων δόθηκε μέσω ενός μηχανικού αναλόγου, σύμφωνα με το οποίο τα μόρια

συμπεριφέρονται σαν ελαστικά σφαιρίδια. Αυτή η αναλογία αποτελεί την εξήγηση των νόμων, διότι ανάγει την προς εξήγηση περιοχή (π.χ θερμοδυναμική), με τους νόμους της, σε μία άλλη περιοχή (μηχανική), η οποία διέπεται από καλά εδραιωμένους νόμους (νόμοι της κλασσικής φυσικής) (Campbell 1957, 96). Όπως φαίνεται στο παράδειγμα, οι δύο πόλοι της αναλογίας δεν είναι ισότιμοι. Ο εξηγών πόλος παίζει ρόλο *προτύπου* για τον εξηγητέο, ακριβώς λόγω του μεγάλου βαθμού στον οποίο έχει προχωρήσει η κατανόηση και η εμπειρική επικύρωση των νόμων του.

Ο δεύτερος λόγος, για το οποίο οι αναλογίες είναι απαραίτητες κατά τον Κάμπελ είναι διότι παρέχουν τον μοναδικό τρόπο επέκτασης της επιστήμης, καθώς περιέχουν ιδέες που παρέχουν την δυνατότητα ανάπτυξης των θεωριών. Επανερχόμενοι στο παράδειγμα του μοντέλου του ιδανικού αερίου, μπορούμε ακολουθώντας την Έσε (Hesse 1966, 20) να διακρίνουμε τριών ειδών αναλογίες. Πρώτον, **θετικές** αναλογίες όπως η μάζα των «σφαιριδίων» σε σχέση με τη μάζα των μορίων των αερίων. Η αναλογία αυτή είναι θετική, διότι η μάζα των «σφαιριδίων» αντιστοιχεί στη μάζα των μορίων και πρέπει αθροιζόμενη να δίνει την μάζα του αερίου. Δεύτερον, υπάρχουν **αρνητικές** αναλογίες, για τις οποίες γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι δεν παίζουν ρόλο και δεν θα πρέπει να τις λάβουμε υπ' όψη μας. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το χρώμα των «σφαιριδίων» του μπιλιάρδου, το οποίο δεν αντιστοιχεί με καμία ιδιότητα των μορίων του αερίου. Υπάρχουν τέλος, και οι **ουδέτερες** αναλογίες, όπως οι ελκτικές βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων, για τις οποίες δεν ξέρουμε αν αντιστοιχούν με κάτι σε σχέση με τα μόρια των αερίων. Είναι ακριβώς αυτές οι ουδέτερες αναλογίες που αποτελούν το πλεόνασμα που παρέχει η αναλογία σε σχέση με τους πειραματικούς νόμους, διότι με την προσπάθεια διερεύνησής τους η θεωρία επεκτείνεται σε μεγαλύτερες περιοχές φαινομένων. Με βάση π.χ. την υπόθεση για τις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων, ο Βαν ντε Βάαλς (Van der Waals) επεξέτεινε τη θεωρία των αερίων και βελτίωσε το μοντέλο του ιδανικού αερίου. Οι θεωρίες λοιπόν, πέρα από την τυπική τους δομή, έχουν ευρετικό περιεχόμενο, το οποίο εκδιπλώνεται στην έρευνα των ουδέτερων αναλογιών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όταν οι επιστήμονες έχουν να επιλέξουν μεταξύ δύο θεωριών, τα κριτήρια τους δεν περιορίζονται στο εύρος των φαινομένων που καλύπτουν οι πειραματικοί νόμοι, στην ακρίβεια, την οικονομία κλπ, της κάθε θεωρίας. Στα κριτήρια τους πρέπει να συμπεριληφθεί η εκτίμηση στο εξηγητικό και ευρετικό μέρος που περιέχεται στο αναλογικό τμήμα της κάθε μίας. Υπ' αυτή την έννοια, για τον Κάμπελ, ένα ουσιώδες και αναπόσπαστο τμήμα μιας επιστημονικής

θεωρίας βρίσκεται έξω από το μαθηματικό μέρος της, βρίσκεται εκτός των όσων μπορεί να καταλάβει κάποιος γνωρίζοντας απλώς τους νόμους της θεωρίας.

Μια θεωρία είναι πολύτιμη και με κάθε έννοια σημαντική για την επιστήμη, μόνο όταν επικαλείται ιδέες που δεν περιέχονται στους νόμους που εξηγεί (Campbell 1957, 132).

### *1.3. Αναλογικά Μοντέλα Έναντι Μοντέλων Υποστασιοποίησης*

Στο προηγούμενο κεφάλαιο η ανάλυση επικεντρώθηκε στο παράδειγμα του μοντέλου του καφενείου, ενώ σε αυτό το κεφάλαιο παρουσίασα την άποψη του Κάμπελ με βάση το μοντέλο του ιδανικού αερίου. Στις δύο αυτές περιπτώσεις η έννοια του μοντέλου, όχι μόνο έχει διαφορετική σημασία, αλλά παραπέμπει σε δύο αντίπαλες φιλοσοφικές απόψεις σχετικά με την επιστήμη.

Το παράδειγμα του σωματιδιακού μοντέλου για τους νόμους των αερίων είναι μόνο μία από τις πολλές περιπτώσεις, στις οποίες οι επιστήμονες προκειμένου είτε για να κατανοήσουν ένα γνωστό φαινόμενο, είτε για να προσπελάσουν θεωρητικά μια άγνωστη περιοχή, χρησιμοποιούν μια άλλη εμπειρική περιοχή ως πρότυπο ή μοντέλο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η προς εξερεύνηση ή προς κατανόηση περιοχή, η οποία είναι ο στόχος της αναλογίας, παρομοιάζεται, προσομοιώνεται, βλέπεται ως μια άλλη περιοχή, η οποία είναι περισσότερο κατανοητή, διέπεται από γνωστούς νόμους και η οποία λειτουργεί ως η βάση της αναλογίας. Σε μία πρώτη λοιπόν προσέγγιση μπορούμε να θεωρήσουμε την λειτουργία των αναλογικών μοντέλων ως ένα είδος μεταφοράς, η οποία βοηθάει την κατανόηση του ανοίκειου μέσω του οικείου (Hutten 1967, 65). Σύμφωνα με τον Αχινστάιν (Achinstein)

Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται στην επιστήμη για να προωθήσουν την κατανόηση των εννοιών. Το κάνουν αυτό με τα υποδείξουν ομοιότητες μεταξύ αυτών των εννοιών και άλλων που είναι πιο γνωστές και πιο άμεσα οικειοποιήσιμες (Achinstein 1968, 210)

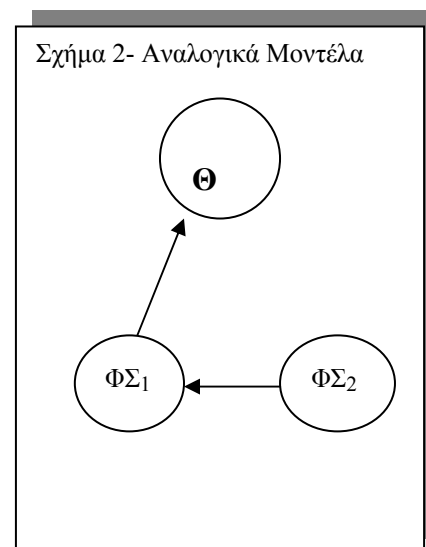
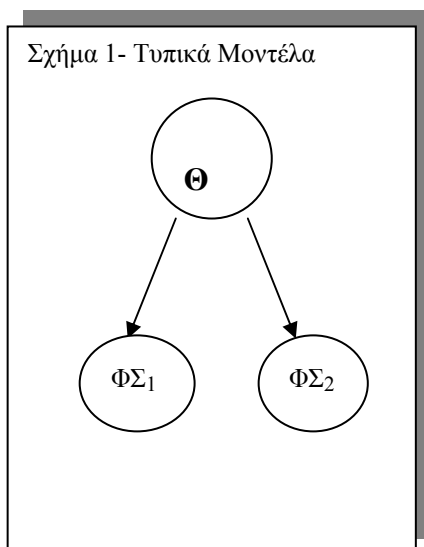
Η κατανόηση των εννοιών δεν γίνεται μέσω κάποιων κανόνων ερμηνείας, όπως στην περίπτωση των τυπικών μοντέλων, αλλά μέσω της σύγκρισής τους με έννοιες οι οποίες χρησιμοποιούνται ήδη για την θεωρητική προσπέλαση μιας διαφορετικής εμπειρικής περιοχής. Στο προηγούμενο κεφάλαιο, είδαμε πως η έννοια του τυπικού



μοντέλου χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της σχέσης ανάμεσα στην γλώσσα και στον κόσμο, ή ανάμεσα στην θεωρία και στην εμπειρία. Αντίθετα, τα αναλογικά μοντέλα τα οποία εξετάζουμε σε αυτό το κεφάλαιο, λειτουργούν ανάμεσα σε δύο εμπειρικές περιοχές. Αυτή η διαφορά τονίζεται από όλους τους υπέρμαχους των αναλογικών μοντέλων. Σύμφωνα με τον Αχινστάιν, ο οποίος επιχειρεί να διευκρινίσει την λειτουργία και την έννοια των αναλογικών μοντέλων, αλλά και να επιχειρηματολογήσει για την φιλοσοφική σπουδαιότητά τους, συνθήκη για να μπορούμε να «μιλήσουμε για μοντέλο είναι να μιλάμε για ένα αντικείμενο διακριτό από το πρωτότυπο του οποίου είναι μοντέλο» (Achinstein 1968, 211). Ο Χούτεν (Hutten) στην ίδια κατεύθυνση σημειώνει ότι “Συνθήκη για να είναι κάτι μοντέλο, είναι να *μην* είναι το ίδιο με την κατάσταση ή την διαδικασία που αναπαριστά» (Hutten 1967, 66). Ο Άποστελ (Apostel) πάλι, θέτει αυτό το αίτημα της διαφορετικότητας των δύο περιοχών με ακόμα ισχυρότερο τρόπο.

Αν ένα υποκείμενο χρησιμοποιεί ένα σύστημα Α, το οποίο ούτε άμεσα ούτε έμμεσα αλληλεπιδρά με το σύστημα Β, για να αποκτήσει πληροφορίες για το σύστημα Β, χρησιμοποιεί το Α ως μοντέλο του Β. (Apostel 1961, 36- υπογράμμιση δική μου)

Στα αναλογικά μοντέλα λοιπόν, τόσο το μοντέλο, όσο και το πρωτότυπο, αποτελούν εμπειρικές περιοχές. Η διαφορά μαθηματικών και αναλογικών μοντέλων και το φιλοσοφικό ερώτημα σχετικά με αυτήν, θα γίνει ευκρινέστερη στο παρακάτω σχήμα.



Έστω η θεωρία  $\Theta$  (π.χ. κυματική θεωρία) έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στο σύστημα  $\Phi\Sigma_1$  (ήχος). Χρησιμοποιώντας κατόπιν το σύστημα  $\Phi\Sigma_1$  ως πρότυπο, οι φυσικοί επιτυγχάνουν να εφαρμόσουν την ίδια θεωρία και στο σύστημα  $\Phi\Sigma_2$  (φως). Σύμφωνα με το προτασιακό φιλοσοφικό πρότυπο τα δύο συστήματα, αποτελούν ερμηνείες, μοντέλα με την μαθηματική έννοια της ίδιας (ανερμήνευτης) θεωρίας  $T$  (εξισώσεις κυμάτων). Η μαθηματική λειτουργία του μοντέλου, ως εκ τούτου, είναι η «κάθετη» σύνδεση της θεωρίας με τα διαφορετικά μοντέλα της. Αντίθετα, η αναλογική λειτουργία είναι η «οριζόντια» σύνδεση μεταξύ διαφορετικών περιοχών εφαρμογής της ίδιας θεωρίας. Το ερώτημα τώρα είναι αν οι οριζόντιες σχέσεις ομοιότητας μεταξύ διαφορετικών εμπειρικών περιοχών, οι οποίες χρησιμοποιούνται πολλές φορές στην τρέχουσα επιστήμη, έχουν φιλοσοφικό ενδιαφέρον. Το γεγονός ότι οι επιστήμονες προκειμένου να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα του φωτός, μπορεί να χρησιμοποιήσουν τα φαινόμενα του ήχου ως μοντέλο δεν είναι κάτι στο οποίο διαφωνεί κανένας. Όπως δεν είναι αμφισβητήσιμο ότι κατά την διδασκαλία της φυσικής βοηθείται η κατανόηση της μιας περιοχής μέσω κάποιας άλλης. Το ερώτημα είναι αν αυτή η κατανόηση έχει πράγματι ενδιαφέρον φιλοσοφικό ενδιαφέρον. Σύμφωνα με τους εισηγητές του προτασιακού γνωσιολογικού προτύπου ανασυγκρότησης της επιστήμης, οι αναλογίες είναι πλεοναστικές, καθώς δεν σχετίζονται ούτε με την λογική συγκρότηση των επιστημονικών θεωριών ούτε με την εμπειρική επικύρωσή τους.

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιηθεί ότι η ανακάλυψη ενός μοντέλου δεν έχει παρά μια αισθητική ή στην καλύτερη περίπτωση διδακτική αξία, αλλά δεν είναι καθόλου ουσιώδης για την επιτυχή εφαρμογή της φυσικής θεωρίας (Cartar 1939, 68)

Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιάσω συστηματικότερα την άποψη περί του πλεοναστικού χαρακτήρα των αναλογικών μοντέλων.

## **2. Ο Αντίλογος του Παραγωγισμού**

### *2.1 Η Ιστορικότητα της Χρήσης των Αναλογικών Μοντέλων*

Τα μοντέλα τα οποία αναφέρονται ως παραδείγματα επιτυχημένων αναλογιών, και τα οποία λειτούργησαν ως πρότυπα για την έννοια του αναλογικού μοντέλου είναι

μοντέλα από την μηχανική. Εκτός από το μοντέλο του ιδανικού αερίου, αναφέρονται συνήθως η αναλογία του ηλεκτρισμού με ρευστό ή με ροή σωματιδίων (και τα δύο μηχανικά μοντέλα), η αναλογία του ατόμου με τον ηλιακό σύστημα (το οποίο κυβερνάται από γνωστούς νόμους της μηχανικής) και η αναλογία των φωτεινών φαινομένων με τα ηχητικά φαινόμενα. Σε όλες τις περιπτώσεις, υπάρχει μια προς εξήγηση περιοχή (θερμότητα, ηλεκτρισμός, άτομο, φως), την οποία από εδώ και πέρα θα καλώ *περιοχή ή μοντέλο στόχου*, η οποία εξηγείται μέσω της κατασκευής ενός μηχανικού προτύπου, το οποίο θα καλώ *περιοχή ή μοντέλο βάσης*. Το γεγονός ότι τα μοντέλα βάσης είναι τις περισσότερες φορές μηχανικά δεν είναι τυχαίο. Σύμφωνα με τον Κάμπελ, όπως είδαμε παραπάνω, το γεγονός αυτό εξηγείται από το ότι στην περίπτωση της μηχανικής οι νόμοι είναι καλύτερα εδραιωμένοι και περισσότερο κατανοητοί, παρέχοντας την ίδια στιγμή δυνατότητες ανάπτυξης των θεωριών. Αντίθετα, σύμφωνα με τον Ντιέμ, η χρήση των μηχανικών μοντέλων, δεν αποτελεί συστατικό στοιχείο της επιστήμης αλλά μέρος μιας συγκεκριμένης επιστημονικής παράδοσης, της βρετανικής σχολής. Για τον Γάλλο φιλόσοφο και φυσικό η χρήση των μοντέλων δεν είναι καν βοηθητική αλλά σε τελική ανάλυση επιζήμια για την ανάπτυξη φυσικής σκέψης. Ας δούμε αναλυτικότερα το επιχείρημά του.

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι Βρετανοί φυσικοί, όχι μόνο έδιναν εξηγήσεις με αναφορά σε μηχανικά μοντέλα, αλλά τα κατασκεύαζαν στην πραγματικότητα για λόγους κατάδειξης κάποιων μηχανισμών ή ακόμα και μελέτης τους. Είναι χαρακτηριστική η αναφορά του Λόρδου Κέλβιν (Thomson):

...Μου φαίνεται ότι ο έλεγχος του 'καταλαβαίνουμε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο της φυσικής;' είναι 'Μπορούμε να κάνουμε ένα μηχανικό μοντέλο του;'<sup>31</sup>

Κατά τον Ντιέμ, η κατασκευή των μοντέλων, δεν είναι χαρακτηριστικό της φυσικής σκέψης, αλλά ειδικά της βρετανικής σχολής. Η χρήση τους είναι απαραίτητη για «να δημιουργήσει ένα ορατό και ψηλαφητό είδωλο (image) των αφηρημένων νόμων που το μυαλό [του βρετανού] δεν μπορεί να συλλάβει χωρίς τη βοήθεια του μοντέλου» (Duhem 1954, 74).

---

<sup>31</sup> αναφ. από τον Hempel (1965, 434)

Ο Ντιέμ, ως απόγονος μιας Καρτεσιανής παράδοσης που τόνισε τα λογικά και θεωρητικά στοιχεία στη συγκρότηση της επιστήμης, θεώρησε τη βρετανική αντίληψη για την φυσική προϊόν πνευματικής αδυναμίας:

Τα δυνατά και ακριβή μυαλά, τοποθετούν πάνω από όλα την αυτοκρατορία του λόγου (reason), παύοντας να ζητούν φυσική θεωρία για την εξήγηση των φυσικών νόμων, με σκοπό να προασπίσουν την ενότητα και την αυστηρότητα της τα ευρεία (ample) αλλά αδύνατα πνεύματα, οδηγούμενα από μια φαντασία ισχυρότερη από τον λόγο, παραιτούνται από την κατασκευή ενός λογικού συστήματος, ώστε να είναι ικανοί να θέσουν τα τμήματα της θεωρίας τους σε μια ορατή και αισθητή φόρμα (Duhem 1954, 103)

Η κατανόηση μέσω των μηχανικών μοντέλων, σύμφωνα με τον Ντιέμ, όχι μόνο δεν είναι ουσιώδες γνώρισμα της φυσικής σκέψης, αλλά προδίδει την ανεπάρκεια της τελευταίας, η οποία ανίκανη να αντιμετωπίσει την «αυτοκρατορία του λόγου» προσφεύγει στα μηχανικά «παιχνίδια». Τα μοντέλα ως εκ τούτου δεν προσφέρουν τίποτα στην κατανόηση των θεωριών, διότι αυτή πρέπει να γίνει καθαρά με όρους λογικής.

Αν λοιπόν τα μοντέλα δεν προωθούν την ουσιαστική κατανόηση των θεωριών, μήπως παίζουν κάποιον εξηγητικό ρόλο, όπως ισχυρίστηκε ο Κάμπελ; Σε αυτό το ερώτημα ο Ντιέμ απαντάει αρνητικά, όχι γιατί τα μοντέλα δεν μπορούν να παίξουν αυτό το ρόλο, αλλά γιατί η ίδια η έννοια της «εξήγησης» δεν αποτελεί συστατικό στοιχείο μιας φυσικής θεωρίας:

Μια φυσική θεωρία δεν είναι εξήγηση. Είναι ένα σύστημα μαθηματικών προτάσεων, παραγομένων από έναν μικρό αριθμό αρχών, με σκοπό να αναπαραστήσουν τόσο απλά, όσο και πλήρως και όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ακρίβεια, ένα σύνολο από πειραματικούς νόμους. (Duhem 1954,19)

Ο Ντιέμ γνωρίζει βέβαια, ότι οι φυσικοί χρησιμοποιούν πολλές φορές στην πράξη μοντέλα ή άλλες μεθόδους με σκοπό να εξηγήσουν κάποια θεωρία ή κάποιο φαινόμενο. Δεν θεωρεί όμως αυτή την λειτουργία τίποτα παραπάνω από μία *συνήθεια*, η οποία μάλιστα έχει παρασιτικό χαρακτήρα:

Το περιγραφικό τμήμα αναπτύχθηκε αυτοδύναμα από κατάλληλες και αυτόνομες μεθόδους της θεωρητικής φυσικής το εξηγητικό τμήμα ήρθε σε αυτόν τον πλήρως μορφοποιημένο οργανισμό και προσάρτησε τον εαυτό του σαν παράσιτο. (Duhem 1954, 32)

Ο Ντιέμ δεν μπορεί επίσης να αρνηθεί ότι στην ιστορία της επιστήμης πολλές φορές τα μοντέλα χρησίμευσαν για την *επέκταση* των θεωριών σε νέες περιοχές. Η επέκταση αυτή μπορεί να επιτυγχάνεται μέσω μιας αναλογίας αλλά, σύμφωνα με τον Ντιέμ, αυτή η αναλογία έπεται της πλήρους τυποποίησης των δύο περιοχών ως «αφηρημένα συστήματα». Από την στιγμή που η τυποποίηση έχει γίνει, η αναλογία των δύο περιοχών δεν ενέχει τίποτα «που μπορεί να εκπλήξει και τον πιο αυστηρό λογικό» (Duhem 1954, 96- 97). Εξετάζοντας την ίδια την ιστορία της επιστήμης, εξάλλου, θεωρεί ότι τα κέρδη που αποκόμισε η φυσική από τα μοντέλα είναι ελάχιστα αν συγκριθούν με αυτά των αφηρημένων θεωριών. Καταλήγει, έτσι, στο συμπέρασμα ότι, «μόνο αφηρημένες και γενικές αρχές μπορούν να οδηγήσουν τον νου σε άγνωστες περιοχές και να προτείνουν σε αυτόν τις λύσεις των απροσδόκητων δυσκολιών» (Duhem 1954, 93).

Η οπτική του Ντιέμ είναι έντονα φορτισμένη από τις ορθολογιστικές ή ακόμα και εθνικές φιλοσοφικές προτιμήσεις του. Παρόλα αυτά, το ιστορικό επιχείρημά του, στοχεύει στην ανάδειξη του συγκυριακού χαρακτήρα της χρήσης των μοντέλων προϋποθέτοντας μια αντίληψη σύμφωνα με την οποία η επιστήμη είναι έγκυρη ακριβώς επειδή υπερβαίνει τους χρονικούς και τοπικούς όρους της γένεσης και συγκρότησής της. Αυτή η αντίληψη της επιστημονικής θεωρίας ως λογικής κατασκευής, η οποία ως τελικό προϊόν είναι ανεξάρτητη από τους ψυχολογικούς όρους πρόσληψης και μετάδοσής της, καθιστά τον ρόλο των μοντέλων επουσιώδη και στην καλύτερη περίπτωση βοηθητικό. Όπως θα δούμε αμέσως, στη βάση ακριβώς αυτής της λογικής, η άποψη περί πλεοναστικού χαρακτήρα των αναλογικών μοντέλων, αποτελεί μία κοινή θέση των υπέρμαχων του προτασιακού προτύπου για την λογική ανασυγκρότηση της επιστήμης.

## 2.2 Πλαίσιο Ανακάλυψης Έναντι Πλαισίου Δικαιολόγησης

Ο Ντιέμ εξετάζει την λειτουργία των μοντέλων στα πλαίσια της πραγματικής ιστορίας της επιστήμης, για αυτό και καταλήγει σε ένα δέον σχετικά με την χρήση των μοντέλων από τους επιστήμονες. Αντίθετα, στόχος του λογικο- εμπειριστικού

κινήματος, αλλά και αρκετών φιλοσόφων οι οποίοι είχαν αποστάσεις από αυτό, όπως ο Πόπερ (Popper), ήταν η λογική ανασυγκρότηση της επιστήμης, δηλαδή η θεμελίωση της εγκυρότητας των επιστημονικών θεωριών ως ολοκληρωμένες κατασκευές, πέρα από τον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκαν και επιβλήθηκαν στην πραγματικότητα. Χαρακτηριστική από αυτή την άποψη είναι η διάκριση του Ράιχενμπαχ (Reichnebach, 1938) ανάμεσα στο ‘πλαίσιο ανακάλυψης’ και ‘πλαίσιο δικαιολόγησης’, ανάμεσα δηλαδή στο τρόπο με τον οποίο οι επιστημονικές θεωρίες αναδύονται και επικρατούν στην πραγματική ιστορία και στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να επιβεβαιώνονται εμπειρικά και να επιχειρηματολογούνται λογικά. Το συνηθισμένο παράδειγμα που αναφέρεται για να καταδειχθεί η διαφορετικότητα αυτών των δύο πλαισίων είναι η ανακάλυψη του κυκλικού δακτυλίου του βενζολίου από τον Κεκουλέ (Kekulé). Ο τελευταίος λέγεται ότι είδε στο όνειρο του, ένα φίδι να δαγκώνει την ουρά του. Μέσω του ονείρου ο Κεκουλέ έλυσε το πρόβλημα που τον απασχολούσε, ανακαλύπτοντας την κυκλική δομή του βενζολίου. Το *πλαίσιο ανακάλυψης* σε αυτή την περίπτωση, δηλαδή το ονειρικό φίδι που δαγκώνει την ουρά του, δεν έχει καμία σχέση φυσικά με το *πλαίσιο δικαιολόγησης*, το οποίο συνίσταται από όλες εκείνες τις πειραματικές και λογικές διαδικασίες, μέσω των οποίων πιστοποιείται ότι οι άνθρακες του βενζολίου σχηματίζουν πράγματι έναν κλειστό δακτύλιο. Σύμφωνα με τον Ράιχενμπαχ, η φιλοσοφία της επιστήμης στρέφεται στο πλαίσιο δικαιολόγησης αποκλειστικά, δηλαδή στη « σχέση της θεωρίας με τα γεγονότα, ανεξάρτητα από τον άνθρωπο που ανακάλυψε την θεωρία» (Reichnebach 1938, 382), στοχεύοντας τελικά σε αυτό που ο Κάρναπ ονόμασε *λογική ανασυγκρότηση της επιστήμης*, μια εκ των υστέρων κατασκευή, η οποία επιτρέπει την φιλοσοφική συζήτηση και θεμελίωση της επιστήμης. Αντίθετα, το πλαίσιο της ανακάλυψης αφήνεται ως αρμοδιότητα των ιστορικών, των ψυχολόγων ή των κοινωνιολόγων.

Η παραπάνω διάκριση, δεν είναι αποκλειστική προϋπόθεση του λογικού εμπειρισμού, αλλά διαμορφώνει τελικά ένα γενικότερο πλαίσιο συζήτησης στην φιλοσοφία της επιστήμης, το οποίο γίνεται αποδεκτό και από πολέμιους του κινήματος όπως ο Πόπερ:

Θα πρέπει να κάνουμε μια αυστηρή διάκριση ανάμεσα στην διαδικασία σύλληψης μιας καινούργιας ιδέας και στις μεθόδους και τα αποτελέσματα της λογικής της εξέτασης. Όσο αφορά τον καθήκον της λογικής της γνώσης –σε αντίθεση με την ψυχολογία της γνώσης- θα

προχωρήσω με βάση την υπόθεση ότι συνίσταται αποκλειστικά στην έρευνα των μεθόδων που εμπλέκονται στους συστηματικούς ελέγχους τους οποίους κάθε καινούργια ιδέα πρέπει να υφίσταται, αν πρόκειται να ληφθεί σοβαρά υπ' όψη. (Popper 1959, 31)

Στην ίδια κατεύθυνση, ο Νάγκελ (Nagel) παραδέχεται ότι οι θεωρίες πολλές φορές μορφοποιούνται με όρους περιγραφικών, οπτικοποιήσιμων εκφράσεων που είναι μη λογικές. Αυτές οι μορφοποιήσεις μπορούν, κατά τον Νάγκελ, να αγνοηθούν, «ώστε η προσοχή να κατευθύνεται αποκλειστικά στις λογικές σχέσεις μέσω των οποίων οι όροι στέκονται ο ένας για τον άλλον». (Nagel 1979, 91) Συνεχίζοντας ο Νάγκελ, επιμένει στην αντίληψη της θεωρίας ως ανερμήνευτης γλώσσας:

Όταν η θεωρία είναι προσεκτικά κωδικοποιημένη ώστε να πάρει την μορφή ενός παραγωγικού συστήματος... οι θεμελιώδεις υποθέσεις της θεωρίας δεν διαμορφώνουν τίποτα παρά μια αφηρημένη σχεσιακή δομή (Nagel 1979, 91)

Ο Μπρέιθγουιτ (Braithwaite), είναι και αυτό υπέρμαχος του προτασιακού προτύπου, χωρίς όμως την ίδια στιγμή να αντιτίθεται στην χρήση των μοντέλων καθώς θεωρεί ότι

...υπάρχουν μεγάλα πλεονεκτήματα στο να αντιμετωπίζεις μια επιστημονική θεωρία μέσω της σκέψης ενός μοντέλου για αυτή, διότι έτσι αποφεύγεις τις πολυπλοκότητες και τις δυσκολίες που ενέχονται αν υποχρεώνεσαι να τη σκέφτεσαι ρητά με την γλώσσα ή με όποιον άλλο τυπικό συμβολισμό με το οποίο η θεωρία παρουσιάζεται. (Braithwaite 1953, 92)

Τα πλεονεκτήματα στα οποία αναφέρεται ο Μπρέιθγουιτ, αφορούν όμως μόνο την βολικότητα στον τρόπο επισκόπησης των θεωριών, οι οποίες στην ουσία τους παραμένουν παραγωγικά συστήματα δηλαδή «ένα σύνολο υποθέσεων... διευθετημένων με τέτοιο τρόπο ώστε κάποιες από τις υποθέσεις να λειτουργούν ως προκείμενες και οι υπόλοιπες υποθέσεις να ακολουθούν λογικά» (Braithwaite 1953, 12). Η χρήση των μοντέλων για τον Μπρέιθγουιτ αποτελεί έτσι μια παρακαμπτήριο, έναν ευκολότερο τρόπο για την εξέταση ενός παραγωγικού συστήματος, με τον ίδιο τρόπο που στη γεωμετρία μιλώντας για τρίγωνο, ζωγραφίζουμε στο χαρτί ένα συγκεκριμένο σχήμα το οποίο αποτελεί ένα μοντέλο της έννοιας. Η επιείκεια του Μπρέιθγουιτ σχετικά με τη χρήση των μοντέλων δεν αλλάζει την βασική

διαπίστωση του προτασιακού προτύπου, σύμφωνα με την οποία τα μοντέλα είναι βοηθητικά εργαλεία.

Η λογική ανασυγκρότηση της επιστήμης φαίνεται ελαστικότερος τρόπος να καταστηθεί η χρήση των μοντέλων πλεοναστική, καθώς δεν επιχειρεί να αντιμετωπίσει την ίδια την ιστορική πραγματικότητα της επιστήμης και δεν στοχεύει να επιβάλλει στους επιστήμονες κάποια συγκεκριμένη στάση σχετικά με την χρήση των αναλογικών μοντέλων. Από το άλλο μέρος όμως, θα δούμε ότι αποτελεί το ανθεκτικότερο επιχείρημα του προτασιακού προτύπου, καθώς συγκροτεί μια θεωρία ουσιαστικά «αδιάβροχη» από τα ιστορικά γεγονότα και την πραγματική λειτουργία της επιστήμης, θεωρία που μπορεί να επιβιώνει σε «ένα ωκεανό ανωμαλιών» κατά την έκφραση του Κουν. Όπως παρατηρεί ο Μπρέιθγουιτ «δεν είναι μια επιτρεπτή αντίρρηση σε μια επιστημολογική κατασκευή ότι η πραγματική διαδικασία σκέψης δεν ταιριάζει σε αυτήν» (Braithwaite 1953, 6).

Με βάση την διάκριση ανάμεσα στο πλαίσιο δικαιολόγησης και το πλαίσιο ανακάλυψης, θα δούμε παρακάτω τον τρόπο με τον οποίο ο Χέμπελ απαντάει στα επιχειρήματα του εισηγητή της συζήτησης περί αναλογικών μοντέλων, Κάμπελ, θεωρώντας ότι η όποια σημασία τους είναι αυστηρά περιορισμένη στο «πλαίσιο ανακάλυψης».

### 2.3 Η Διάκριση του Χέμπελ

Ο Χέμπελ κινείται στο ίδιο πνεύμα με τον Ντιέμ<sup>32</sup>, αλλά δεν θέτει ως αντίπαλό του την πραγματική εμπλοκή των μοντέλων στην επιστημονική δραστηριότητα, όπως ο Ντιέμ, αλλά την φιλοσοφική χρήση τους.

Ο Χέμπελ κάνει καταρχήν μια διάκριση στην έννοια του μοντέλου. Θεωρεί ότι αυτό που συνήθως ονομάζουμε μοντέλο είναι δύο διαφορετικά πράγματα. Από το ένα μέρος, μπορεί να είναι ρητά μια μεταφορική διαδικασία, όπως στην περίπτωση όπου ο Λόρδος Κέλβιν, επιχειρώντας να ερμηνεύσει τις ανωμαλίες της απορρόφησης και της διάχυσης του φωτός, κατασκεύασε το μόριο ως ένα σύνολο σφαιρών ενσωματωμένων η μία μέσα στην άλλη. Με αυτή την κατασκευή, ο Κέλβιν «δεν ισχυρίστηκε φυσικά ότι περιγράφει την πραγματική μικροδομή του υλικού» (Hempel

---

<sup>32</sup> Ο Χέμπελ ξεκινάει μάλιστα το άρθρο- απάντηση στον Κάμπελ αποτίοντας τιμή στον Γάλλο φυσικό και φιλόσοφο Ντιέμ.



1965, 442). Αντίθετα, όταν ο Μπόλτςμαν (Boltzmann) προτείνει την κινητική θεωρία των αερίων, θεωρώντας ότι τα τελευταία αποτελούνται από μόρια, τα οποία συμπεριφέρονται ως ελαστικά σφαιρίδια, ή στην περίπτωση της περιγραφής του ατόμου με βάση το μοντέλο του Μπορ (Bohr), δεν υπάρχει τίποτα αναλογικό ή μεταφορικό. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα μοντέλα «παρουσιάζονται ως περιγραφές της πραγματικής δομής των συστημάτων που εξετάζονται και όχι απλά ως αναλογικά μοντέλα» (Hempel 1965, 442). Ως τέτοιες, υπόκεινται σε εμπειρικό έλεγχο, όπως οποιοσδήποτε άλλες θεωρίες, βάσει των παρατηρήσιμων συνεπειών τους. Για τον Χέμπελ τα μοντέλα *μικροδομής ή υποκείμενης δομής*, δεν είναι καν μοντέλα με την έννοια της αναλογίας, αλλά περιγραφές πραγματικών συστημάτων στα οποία δεν υπάρχει άμεση εμπειρική πρόσβαση.

Για να δούμε ευκρινέστερα την παραπάνω διαφορά, ας συγκρίνουμε κάποια μοντέλα υποκείμενης δομής, όπως αυτό του ιδανικού αερίου, με κάποια μοντέλα τα οποία, σύμφωνα με τον Χέμπελ, έχουν πράγματι μεταφορικό χαρακτήρα, όπως η αναλογία ηλεκτρισμού- ρευστού ή φωτός- ήχου. Στην πρώτη περίπτωση, στο μοντέλο του ιδανικού αερίου, μπορούμε να πούμε ότι το αέριο αποτελείται από –περίπου- σφαιρικά μόρια τα οποία συγκρούονται μεταξύ τους με –σχεδόν- ελαστικό τρόπο, μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι το αέριο έχει «σωματιδιακή» δομή. Στη δεύτερη περίπτωση, όμως, δεν μπορούμε να πούμε ότι το φως έχει «ηχητική» δομή, ή ότι ο ηλεκτρισμός αποτελείται κυριολεκτικά από κάποιο ρευστό. Στις τελευταίες λοιπόν περιπτώσεις, έχουμε πράγματι μια αναλογία, έναν εντοπισμό ομοιότητας μεταξύ διαφορετικών καταρχάς φυσικών συστημάτων.

Μήτε όμως τα αναλογικά μοντέλα περιέχουν κάτι το οποίο αμφισβητεί τον τυπικό χαρακτήρα της εξήγησης. Σύμφωνα με τον Χέμπελ, η ομοιότητα μεταξύ δύο περιοχών δεν είναι τίποτα άλλο, παρά ο κοινός μαθηματικός τύπος ή η αφηρημένη δομή, η οποία στη μία περίπτωση ερμηνεύεται με ένα τρόπο και στην άλλη με έναν δεύτερο.

Η σχετική ομοιότητα ή ‘αναλογία’ μεταξύ ενός μοντέλου του είδους που εξετάζουμε εδώ [ηλεκτρισμός ως ρευστό] και του μοντελοποιημένου τύπου του φαινομένου συνίσταται σε ένα νομικό ισομορφισμό, δηλαδή, ένα συντακτικό ισομορφισμό ανάμεσα στα αντίστοιχα σύνολα νόμων (Hempel 1965, 436)<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Για την έννοια του ισομορφισμού όπως την χρησιμοποιεί ο Χέμπελ βλ. επίσης και Carnap (1958, 75).

Το συμπέρασμα του Χέμπελ είναι ότι αν θέλουμε να εξηγήσουμε π.χ. ένα φωτεινό φαινόμενο μπορούμε να αγνοήσουμε πλήρως την όποια αναλογία του με τον ήχο και να ελέγξουμε αν οι συγκεκριμένες εξισώσεις μαζί με την ερμηνεία των μεγεθών που παρουσιάζονται εκεί μπορούν να παράγουν με έγκυρο τρόπο τις παρατηρησιακές προτάσεις που αντιστοιχούν στο προς εξέταση φαινόμενο. Ο Χέμπελ καταλήγει ότι «για τους συστηματικούς στόχους της επιστημονικής εξήγησης, η εξάρτηση από τις αναλογίες είναι επομένως επουσιώδης και μπορεί πάντοτε να παρακαμφθεί» (Hempel 1965, 439)

Θα δούμε τώρα, με βάση τα παραπάνω, πώς απαντάει ο Χέμπελ στο συγκεκριμένο αντί- παράδειγμα του Κάμπελ, δηλαδή, το παραγωγικό επιχείρημα, το οποίο παρότι φαίνεται ότι παράγει με τυπικά έγκυρο τρόπο ένα φυσικό νόμο, δεν μοιάζει καθόλου με γνήσια επιστημονική εξήγηση.

Το πρόβλημα για τον Χέμπελ στην ad hoc θεωρία του Κάμπελ δεν ήταν η ανυπαρξία αναλογίας. Για να το δείξει αυτό κατασκευάζει και αυτός μια ad hoc θεωρία, η οποία, σε αντίθεση με αυτή του Κάμπελ, παρουσιάζει αναλογία με ένα γνωστό νόμο, το νόμο του Ωμ. (Hempel 1965, 444)

Η «θεωρία» του Χέμπελ περιέχει τις θεωρητικές οντότητες  $a, b, c, d$  και τις παρακάτω υποθέσεις για κάθε αντικείμενο  $u$

$$c(u) = k_1 a(u)/b(u) \quad d(u) = k_2 b(u)/a(u)$$

Το «λεξικό» της θεωρίας έχει δύο ορισμούς:

1.  $c(u)$  : ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου  $u$ ,
2.  $d(u)$ : αντίστροφο της απόλυτης θερμοκρασίας ενός μετάλλου  $u$ .

Με βάση τη «θεωρία», έχουμε:

$$c(u).d(u) = [k_1 a(u)/b(u)] [k_2 b(u)/a(u)] = k_1 k_2 = \text{σταθερό.}$$

Με βάση το «λεξικό» η τελευταία πρόταση σημαίνει η ηλεκτρική αντίσταση είναι ανάλογη της θερμοκρασίας.

Η «θεωρία», λοιπόν, του Χέμπελ, παράγει και τον ίδιο εμπειρικό νόμο με τη «θεωρία» του Κάμπελ. Σε αντίθεση όμως με την ψευδοθεωρία του Κάμπελ, οι δύο εξισώσεις της ψευδοθεωρίας του Χέμπελ παρουσιάζουν δομική αναλογία με τον νόμο του Ωμ ( $I = V/R$ ). Παρόλα αυτά, η «θεωρία» του Χέμπελ φαίνεται το ίδιο αυθαίρετη

με την «θεωρία» του Κάμπελ, άρα το πρόβλημα δεν ήταν η ύπαρξη ή η μη ύπαρξη αναλογίας. Το πρόβλημα κατά τον Χέμπελ, ήταν ότι και οι δυο ψευδοθεωρίες έχουν κατασκευαστεί ώστε να εξηγούν ένα και μόνο ένα εμπειρικό νόμο, δεν παρουσιάζουν δηλαδή αυτό που ο Ντιέμ ονόμαζε οικονομία αναπαράστασης (Hempel 1965, 440)

Αυτό που είναι λάθος στη θεωρία, μου φαίνεται, είναι ότι δεν έχει άλλες εμπειρικές επιπτώσεις εκτός από τον υπό έρευνα νόμο.. ενώ μια άξια του ονόματός της επιστημονική θεωρία εξηγεί ένα εμπειρικό νόμο με τον να τον παρουσιάσει ως μια όψη περισσότερο περιεκτικών υποκείμενων κανονικοτήτων, οι οποίες έχουν μια ποικιλία άλλων ελεγχόμενων όψεων, π.χ. συνεπάγονται διάφορους άλλους εμπειρικούς νόμους. (Hempel 1965, 444)

Ένα τελευταίο επιχειρήμα του Χέμπελ αφορά το ρόλο προτύπου που υποτίθεται ότι παίζουν οι νόμοι στο μοντέλο-βάση. Είδαμε ότι στη θεώρηση Κάμπελ, η αναλογία πρέπει να γίνεται με βάση μία περιοχή- πρότυπο, όπου οι νόμοι είναι καλά εδραιωμένοι. Με αυτή την έννοια, ο φυσικός επιχειρεί να φέρει όσο το δυνατόν πιο κοντά τους νόμους της περιοχής- στόχου στους αντίστοιχους της περιοχής- προτύπου. Ο Χέμπελ φέρνει το αντί- παράδειγμα του ατόμου του Μπορ, στο οποίο οι νόμοι που διέπουν την κίνηση των ηλεκτρονίων φαινόταν καταρχήν ειδικές περιπτώσεις γνωστών νόμων της ηλεκτροδυναμικής. Υπήρχε όμως μία εξαίρεση: σύμφωνα με τους νόμους της ηλεκτροδυναμικής, το ηλεκτρόνιο, λόγω της συνεχούς επιτάχυνσής του, θα έπρεπε να χάνει συνεχώς ενέργεια και τελικά να πέσει στον πυρήνα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όμως, οι φυσικοί δέχτηκαν ότι αυτή η αρχή παραβιάζεται και εγκατέλειψαν στο συγκεκριμένο σημείο την αναλογία. Έτσι, «η αναλογία των βασικών θεωρητικών αρχών με ‘γνωστούς νόμους’ έχει μειωθεί σημαντικά σε αντιστάθμισμα της αυξημένης εμβέλειας και της μεγαλύτερης εξηγητικής και προβλεπτικής δύναμης» (Hempel 1965, 445). Πράγματι, αυτή ακριβώς η διάσταση από τους «γνωστούς και εδραιωμένους» νόμους της ηλεκτροδυναμικής άνοιξε τον δρόμο τελικά στην κβαντική φυσική και στην επέκταση της επιστήμης.

Ο Χέμπελ δεν αρνείται, τέλος, τις πρακτικές χρησιμότητες που έχουν τα μοντέλα. Αναφέρει σχετικά το παράδειγμα της λύσης προβλημάτων συστήματος σωλήνων νερού με σχεδίαση ηλεκτρικού αναλόγου. Μήτε αρνείται την συνεισφορά τους στο πλαίσιο της ανακάλυψης, ότι δηλαδή μπορούν τα μοντέλα να παρέχουν αποτελεσματική ευρετική καθοδήγηση στην έρευνα για νέες εξηγητικές αρχές.

Άσχετα όμως με την προέλευση τους, οι εξηγητικές αρχές θα πρέπει να ελεγχθούν μέσω των λογικών και εμπειρικών εργαλείων:

Αυτό που μένει ως βασική απαίτηση για την επιστημονική εξήγηση είναι έτσι η λογική υπαγωγή του εξηγητέου κάτω από περιεκτικές γενικές αρχές, άσχετα από τις αναλογίες οι οποίες παρουσιάστηκαν με βάση προηγουμένως εγκαθιδρυμένους νόμους (Hempel 1965, 445).

Χρησιμοποιώντας την διάκριση του Χέμπελ σε μοντέλα ισομορφισμού και μοντέλα υποκειμένης δομής, θα εξετάσουμε στα επόμενα δύο κεφάλαια τα δύο είδη ξεχωριστά, αναζητώντας σε κάθε περίπτωση κατά πόσο θα μπορούσε να τεκμηριωθεί ένας αντίλογος στην θεώρηση του Χέμπελ, με άλλα λόγια, κατά πόσο θα μπορούσε να διατυπωθούν φιλοσοφικά επιχειρήματα υπέρ του μη πλεοναστικού χαρακτήρα της χρήσης των (αναλογικών) μοντέλων στην φιλοσοφία της επιστήμης.

### **3. Μοντέλα Ισομορφισμού και Επέκταση**

#### *3.1 Η Ιστορική Ανάδυση της Αναλογίας*

Θα ξεκινήσω την συζήτηση για το πρώτο είδος αναλογικών μοντέλων, τα μοντέλα ισομορφισμού, από την ιστορική ανάδυσή τους, όπως παρουσιάζεται από τους Γκέντερ και Τζεζιόρσκι (Gentner & Jeziorski) στο άρθρο τους «Η Μετατόπιση από τη Μεταφορά στην Αναλογία στην Δυτική Σκέψη» (Gentner & Jeziorski, 1993)

Για τους συγγραφείς, η αναλογία είναι μια ειδική περίπτωση της μεταφοράς, η οποία όμως παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την συνδέουν απευθείας με την γένεση της σύγχρονης επιστήμης. Οι Γκέντερ και Τζεζιόρσκι ξεκινούν με μια κοινή διαπίστωση, σύμφωνα με την οποία η μεταφορική σκέψη χαρακτηρίζει άλλους πολιτισμούς, ή πρωιμότερες φάσεις του δυτικού πολιτισμού, σε σχέση με τα νεότερα χρόνια της κυριαρχίας του επιστημονικού κοσμοειδώλου. Σύμφωνα με αυτή τη διαπίστωση, η αστρολογία, η φυσιογνωμική και άλλα μεταφυσικά συστήματα δοξασιών, θεωρούνται αποκλίσεις ή κατάλοιπα «μαγικής» σκέψης σε σχέση με το κυρίαρχο πρότυπο της Δυτικής σκέψης, όπως αυτό καθορίστηκε με την επιστήμη. Αυτό το πρότυπο συγκροτήθηκε με βάση το ιδανικό

της ακριβούς και συνεπούς περιγραφής της φύσης, με μία γλώσσα της οποίας τα σημαινόμενα καθορίζονται με όσο το δυνατόν ακριβέστερους ορισμούς. Σύμφωνα με τον κλασικό χαρακτηρισμό του Βέμπερ (Weber), η δυτική σκέψη γεννιέται από την *απομάγευση* του κόσμου. Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι η ίδια η επιστήμη θεμελιώνεται στην μετατόπιση από τον κρυπτικό, «σκοτεινό» και μεταφορικό λόγο της μαγείας στον κυριολεκτικό λόγο της επιστήμης;

Οι Γκέντερ και Τζεζιόρσκι δεν διαφωνούν σχετικά με τον απομάκρυνση από την μεταφορά που πραγματοποιείται με την γένεση της σύγχρονης επιστήμης. Η διαφορά τους είναι ότι αντιδιαστέλλουν την μεταφορά, όχι με την κυριολεξία, αλλά με την αναλογία, θεωρώντας ότι αυτό που χαρακτηρίζει τον επιστημονικό λόγο δεν είναι ο *κυριολεκτικός* αλλά ο *αναλογικός* χαρακτήρας του. Η ίδια η επιστημονική επανάσταση για αυτούς θα μπορούσε να οριστεί ως

...μια εξέλιξη στη δυτική επιστήμη από την μεταφορά στην αναλογία: από την χωρίς όριο χρήση πλούσιων αλλά άναρχων συγκρίσεων στη τωρινή προτίμηση για δομική αναλογία στη επιστημονική σκέψη. (Gentner & Jeziorski 1993, 478)

Θα δούμε παρακάτω ότι το επιχείρημά τους, αν και είναι στη βάση του ιστορικό, τοποθετεί τη χρήση των αναλογικών μοντέλων στον πυρήνα της επιστήμης, καθώς ταυτίζει την γένεσή της με την νομιμοποίηση της χρήσης των αναλογικών μοντέλων.

Για τους Γκέντερ και Τζεζιόρσκι, το γενικό χαρακτηριστικό της αλχημιστικής-μαγικής σκέψης είναι η αναζήτηση της κρυμμένης ενότητας πίσω από την πολυειδία και την πολυμορφία του φαινομενικού κόσμου. Σύμφωνα με το *δόγμα των υπογραφών*, υπάρχει μία και μόνη πραγματικότητα της οποίας τα σημεία (οι «υπογραφές») μπορούν να αναγνωριστούν στο κόσμο των φαινομένων. Ο διεισδυτικός νους υποτίθεται ότι περνάει από τις πολλαπλές ομοιότητες στη σύλληψη αυτής της απώτερης πραγματικότητας. Η προσπάθεια σύγκρισης δύο διαφορετικών φαινομένων ή αντικειμένων στα πλαίσια αυτής της σκέψης στοχεύει στον εντοπισμό κάθε φορά της μίας και μοναδικής «ουσίας» η οποία μπορεί να λαμβάνει πολλές μορφές.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της αστρολογίας. Όπως παρατηρεί ο Τζόουνς (Jones 1990) η γέννηση ενός παιδιού και το πέρασμα του ήλιου από ένα συγκεκριμένο αστερισμό (π.χ. «το παιδί είναι Κριός»), δεν συνδέονται σύμφωνα με την αστρολογική σκέψη αιτιακά, αλλά ως διαφορετικές

Ας δούμε τώρα πώς λειτουργεί το δόγμα των υπογραφών σε μερικά παραδείγματα σύνδεσης πλανητών- μετάλλων- χρωμάτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα τριάδας είναι η

Δίας/κασσίτερος/μπλέ.

Στα δύο πρώτα μέλη της τριάδας, η ομοιότητα βασίζεται στο χρώμα. Ο Δίας έχει ασημί απόχρωση, άρα συγγενεύει με τον κασσίτερο<sup>35</sup>. Θα περίμενε, τώρα κάποιος το χρώμα που θα συμπλήρωνε την τριάδα να ήταν το ασημί του κασσίτερου. Εδώ όμως, ο κανόνας ομοιότητας αλλάζει. Επειδή ο Δίας είναι ο βασιλιάς του ουρανού και ο ουρανός είναι μπλε, αυτό είναι το χρώμα που συμπληρώνει την τριάδα.

Ας δούμε μια άλλη τριάδα,

Κρόνος- σίδηρος- μαύρο.

Ο Κρόνος είναι ο πιο αργός πλανήτης στην ετήσια κίνηση του και καθώς ο σίδηρος είναι βαρύς συνδέεται με αυτόν. Σχετικά με το μαύρος τώρα, στην παλιά κοσμολογία, ο Κρόνος είναι ο πιο απομακρυσμένος πλανήτης, κύριος της ζωής και του θανάτου και καθώς ο θάνατος συνδέεται με τη νύχτα και το μαύρο χρώμα, τίθεται και το μαύρο σε αυτή την κατηγορία.

Τα παραδείγματα αυτά αρκούν για να δείξουν ότι δεν υπάρχει κάποιος κανόνας χειρισμού των ομοιοτήτων ή κάποιο κριτήριο για το τι μπορεί να επικαλεστεί κάποιος κάθε φορά ως ομοιότητα. Όπως παρατηρούν οι Γκέντερ και Τζεζιόρσκι «Το σύνολο των ομοιοτήτων που καθορίζουν την αντιστοιχία αλλάζει από τη μία γραμμή ή στήλη στην άλλη» (Gentner & Jeziorski 1993, 470). Ακριβώς αυτή η έλλειψη πειθαρχίας και κανόνων που χαρακτηρίζει την μεταφορά στην αλχημιστική σκέψη είναι η διαφορά της με την επιστημονική χρήση της αναλογίας.

---

εκφράσεις μιας απώτερης πραγματικότητας. Με αυτή την έννοια το μέλλον του παιδιού θα μπορούσε να διαβαστεί και στα κύματα ή τα ρεύματα της θάλασσας την στιγμή που γεννιέται. (Jones 1990, 65)

<sup>35</sup> Μπορεί όμως να στηρίζεται και στην αρχαία αντίληψη ότι ο ουρανός είναι κατασκευασμένο από κασσίτερο.

Καθώς δεν είχαν στην διάθεσή τους θεωρίες βάθους ανά πεδίο οι αλχημιστές, συγκρινόμενοι με τους μετέπειτα επιστήμονες, έπρεπε κατ' ανάγκη να βασιστούν περισσότερο σε επιφανειακές ομοιότητες. (Gentner & Jeziorski 1993, 472).

Για να δείξουν την διαφορά αλχημιστικής και επιστημονικής χρήσης της αναλογίας, οι Γκέντερ και Τζεζιόρσκι φέρνουν ως παράδειγμα την αναλογία του Ράδερφορντ ανάμεσα στο ηλιακό σύστημα και στο άτομο. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε δύο συστήματα τα οποία αποτελούνται από οντότητες και σχέσεις μεταξύ οντοτήτων. Στην αναλογία που επικαλείται ο Ράδερφορντ, αντιστοιχούνται όχι μόνο οι οντότητες, αλλά και οι ιδιότητες των οντοτήτων όπως και οι σχέσεις μεταξύ τους:

Αναλογίες οντοτήτων.

<b>Ηλιακό Σύστημα</b>	<b>Άτομο</b>
Ήλιος	Πυρήνας
Πλανήτες	Ηλεκτρόνια

Αναλογίες Σχέσεων - Ιδιοτήτων

<b>Ηλιακό Σύστημα</b>	<b>Άτομο</b>
Έλκει	Έλκει
Βαρυτική δύναμη	Ηλεκτρική δύναμη
Περιστρέφεται	Περιστρέφεται
Μάζα	Φορτίο

Η βασική ιδέα είναι ότι μια αναλογία είναι μια αντιστοίχιση της γνώσης από τον ένα τομέα (τη βάση) στον άλλο (το στόχο), τέτοια ώστε το σύστημα των σχέσεων που ισχύει ανάμεσα στα αντικείμενα της βάσης να ισχύει επίσης και για τα αντικείμενα του στόχου (Gentner & Jeziorski 1993, 448-449)

Όπως παρατηρούν οι συγγραφείς, κατηγορήματα τα οποία στην παραπάνω αναλογία βρίσκονται μόνο στη μία περιοχή (όπως το ‘ζεστότερος από’) ή περιγραφές απομονωμένων αντικειμένων (όπως «κίτρινος» για τον ήλιο) δεν λαμβάνονται υπ’ όψη. Τα κατηγορήματα βάσης που ενδιαφέρουν είναι αυτά τα οποία είναι σημαντικά για την *λειτουργία* του συστήματος βάσης και μπορούν να αντιστοιχηθούν με κατηγορήματα τα οποία επιτελούν αντίστοιχες λειτουργίες στο σύστημα στόχου (όπως «έχει φορτίο»/ «έχει μάζα»). Σε αντίθεση, λοιπόν, με τις επιφανειακές ομοιότητες της αλχημιστικής σκέψης, η επιστημονική επιδιώκει να συσχετίσει *δομές*, και *ομόλογες λειτουργίες*. Αυτός ακριβώς ο συστηματικός χαρακτήρας της αντιστοίχισης επιτρέπει στον επιστήμονα να μεταφέρει συμπεράσματα από την περιοχή βάσης στην περιοχή στόχου και να διαμορφώνει υποθέσεις για την τελευταία:

Οι άνθρωποι προτιμούν να αντιστοιχούν συστήματα κατηγορημάτων που κυβερνώνται από υψηλότερου βαθμού σχέσεις με συνεπαγωγική ισχύ, παρά να αντιστοιχούν απομονωμένα κατηγορήματα. Η αρχή της συστηματικότητας αντανακλά μια άρρητη προτίμηση για συνεκτική και συνεπαγωγική ισχύ στην ερμηνεία της αναλογίας (Gentner & Jeziorski 1993, 478)

Με βάση αυτές τις υποθέσεις, ο επιστήμονας μετά τον 17<sup>ο</sup> αι.<sup>36</sup>, προχωράει στην εξερεύνηση της περιοχής- στόχου. Αυτός ο τρόπος προώθησης της γνώσης σε νέες περιοχές αποτελεί την ειδοποιό διαφορά του σύγχρονου επιστήμονα σε σχέση με τον αλχημιστή προκάτοχό του:

Εκεί όπου οι αλχημιστές διέφεραν από τους σύγχρονους επιστήμονες ήταν, προτείνουμε, η έλλειψη εκτίμησης στην ειδική αξία της αναλογίας για την επιδίωξη της επιστημονικής γνώσης (Gentner & Jeziorski 1993, 476)

---

<sup>36</sup> Η αναλογία για τους συγγραφείς ουσιαστικά επανακαλύπτεται στην Δύση, αφού οι πρώτοι που την χρησιμοποίησαν ήταν ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης. (Gentner & Jeziorski 1993, 475) Το πέρασμα, πάντως, από την μεταφορά στην αναλογία γίνεται κατά τους συγγραφείς στην Δυτική Ευρώπη, την περίοδο που ονομάζεται συνήθως «επιστημονική επανάσταση», δηλαδή, γύρω στο 1570- 1640. (Gentner & Jeziorski 1993, 453),



### 3.2 Ισομορφισμός και Κριτήρια Ομοιότητας

Η ανάλυση των Γκέντερ και Τζεζιόρσκι περί αναλογίας ως δομικής αντιστοιχίας μεταξύ δύο περιοχών αποτελεί κοινή αφετηρία για όσους υποστηρίζουν την επέκταση της επιστημονικής γνώσης μέσω της χρήσης των αναλογικών μοντέλων. Έτσι ο Μπλακ (Max Black) βλέπει την επιτυχία και τον ορθολογισμό της χρήσης των μοντέλων στον ισομορφισμό των δομών: «...το επιτυχημένο μοντέλο πρέπει να είναι ισομορφικό με την περιοχή της εφαρμογής του. Έτσι υπάρχει μια ορθολογική βάση χρήσης του μοντέλου» Εάν η ελπίδα για κοινή δομή στις δυο περιοχές εκπληρώνεται, συνεχίζει ο Μπλακ, «έχουμε μια ορθολογική βάση για την αναλογική μεταγραφή (transfer)» (Black 1962, 238). Μέσω της αναλογικής αυτής μεταγραφής, ο φυσικός έχει την δυνατότητα να τυποποιήσει την προς έρευνα περιοχή προτείνοντας παρόμοιες αρχές με το μοντέλο της περιοχής- βάσης.

Με τον ίδιο τρόπο βλέπει τα αναλογικά μοντέλα ο Αχινστάιν (Achinstein).

εάν έχουμε εντοπίσει ομοιότητες μεταξύ δυο φαινομένων (π.χ. μεταξύ ηλεκτροστατικών και βαρυτικών φαινομένων) και εάν οι αρχές που κυβερνούν το ένα είναι γνωστές, τότε, σε σχέση πάντα με την έκταση της ομοιότητας, μπορεί να είναι λογικό να προτείνουμε ότι παρόμοιες αρχές και με συγκεκριμένους τρόπους κυβερνάνε και το άλλο. (Achinstein 1968, 208-209).

Σε κάθε λόγο, όμως, περί ομοιότητας, αυτόματα τίθεται το ερώτημα «όμοιος ως προς τι;». Στο παράδειγμα του Αχινστάιν φαίνεται ότι τα ηλεκτροστατικά και τα ηλεκτρικά φαινόμενα παρουσιάζουν μία ομοιότητα, η οποία οδήγησε τον Coulomb, στην πρόταση της της ηλεκτροστατικής δύναμης ως

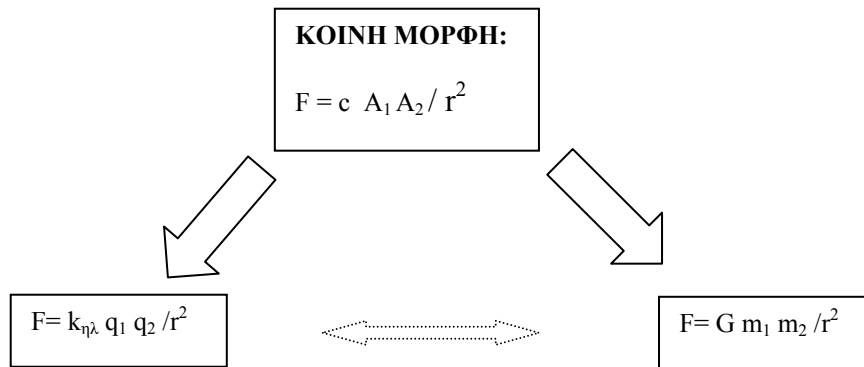
$$F = k_{\eta\lambda} q_1 q_2 / r^2$$

κατά αναλογία με την βαρυτική δύναμη του Νιούτον

$$F = G m_1 m_2 / r^2$$

Σε τι συνίσταται, όμως, η ομοιότητα των φαινομένων; Μια γενική επίκληση περί «μαζών σε κίνηση» ή «αλληλεπίδρασης μαζών», από την στιγμή που

χαρακτηρίζει κάθε φυσικό φαινόμενο, δεν θα συνιστούσε ικανοποιητική απάντηση σε αυτό το ερώτημα. Αυτό που αναφέρεται, όπως είδαμε παραπάνω, ως κριτήριο ομοιότητας, είναι η *κοινή δομή*. Για να επιστρέψουμε, όμως, στον Χέμπελ, αυτή η κοινή δομή δεν είναι τίποτα παραπάνω από την κοινή μορφή των δύο εξισώσεων, από αυτό δηλαδή που ονόμασε *συντακτικό ισομορφισμό*.



Σε αυτή την περίπτωση, η «ομοιότητα» θα μπορούσε να ερμηνευθεί με αποκλειστικά τυπικούς όρους και οι οριζόντιες σχέσεις να κατασταθούν πλεοναστικές (τουλάχιστον εκ των υστέρων). Σε αυτή την «δομική» και σε τελική ανάλυση «τυπική» ανάλυση της αναλογίας φαίνεται ότι καταλήγουν και οι Γκέντερ και Τζεζιόρσκι στην προσπάθεια τους να απομακρυνθούν από το χώρο των «οριζόντιων» ομοιοτήτων, ο οποίος κατά αυτούς χαρακτηρίζει την αλχημιστική σκέψη:

Τα αντίστοιχα αντικείμενα στη βάση και στο στόχο δεν χρειάζεται να μοιάζουν μεταξύ τους· μάλλον οι αντιστοιχίες αντικειμένων καθορίζεται από τους ρόλους στις αντίστοιχες σχεσιακές δομές (Gentner & Jeziorski 1993, 449)

Αν ερμηνεύσουμε, όμως, έτσι την αναλογία, ο Χέμπελ έχει δίκιο: πέρα από την όποια χρησιμότητά της στο πλαίσιο της ανακάλυψης, δεν παίζει κανένα ρόλο στην δικαιολόγηση των επιστημονικών θεωριών. Αν δεν βρεθεί ένα τρόπος να «σωθούν» οι οριζόντιες σχέσεις, τα αναλογικά μοντέλα είναι πράγματι πλεοναστικά από φιλοσοφική άποψη.

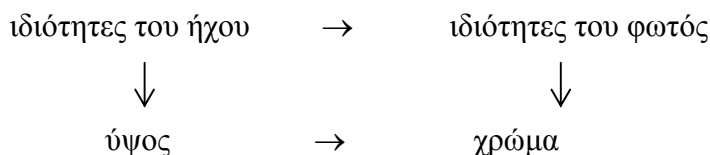
### 3.3 Η Υλικότητα των Οριζόντιων Σχέσεων

Σύμφωνα με την Έσε (Mary Hesse), η επιστημονική αναλογία δεν θα πρέπει να οριστεί αποκλειστικά με όρους δομικής αντιστοιχίας. Η ύπαρξη των «οριζόντιων» ομοιοτήτων είναι αποφασιστικής σημασίας για την κατανόηση της λειτουργίας των αναλογικών μοντέλων και τη διαφορά των τελευταίων από τις μεταφορές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή γλώσσα. Για να δείξει το παραπάνω, η Έσε παίρνει ως παράδειγμα την μεταφορά «η πολιτεία πρέπει να στέκει σαν πατέρας απέναντι στους πολίτες».

Πατέρας	·	Κράτος.
Παιδιά	·	Πολίτες

Ανάμεσα στην μεταφορά όπως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπως η παραπάνω και στην αναλογία όπως χρησιμοποιείται στα πλαίσια της επιστήμης η Έσε βλέπει τρεις θεμελιώδεις διαφορές: Η πρώτη αφορά τον σκοπό της μεταφοράς σε σχέση με αυτόν της επιστημονικής αναλογίας. Στο παραπάνω παράδειγμα, το μεταφορικό σχήμα χρησιμοποιείται περισσότερο για την νουθεσία, ενώ στην περίπτωση της επιστημονικής αναλογίας για την πραγματοποίηση προβλέψεων. Η δεύτερη διαφορά είναι ότι οι κάθετες σχέσεις της μεταφοράς («προστάτης του»), σε αντίθεση με τις αντίστοιχες της αναλογίας, δεν είναι αιτιακού τύπου. Αυτό που μας ενδιαφέρει εδώ είναι η τρίτη διαφορά, η οποία αφορά την ύπαρξη των «οριζόντιων» ομοιοτήτων. Σύμφωνα με την Έσε, λοιπόν, στην παραπάνω μεταφορά δεν υπάρχουν οριζόντιες σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων, με την έννοια ότι δεν υπάρχει καμία ομοιότητα μεταξύ του «πατέρα» και του «κράτους», παρά αυτή ακριβώς η οποία καθορίζεται μέσω της μεταφοράς. Η ύπαρξη, με άλλα λόγια, της ομοιότητας μεταξύ του «πατέρα» και του «κράτους», εγκαθιδρύεται με την ύπαρξη της μεταφοράς και όχι πριν ή ανεξάρτητα από αυτήν.

Σε αντίθεση με την παραπάνω μεταφορική σχέση, στην επιστημονική αναλογία οι οριζόντιες σχέσεις παρουσιάζουν μια αυτονομία, η οποία μάλιστα νομιμοποιεί την αναλογία. Ας δούμε πάλι ένα παράδειγμα, στο οποίο η Έσε σχολιάζει την γνωστή αναλογία μεταξύ ηχητικών και φωτεινών φυσικών φαινομένων:



Η συσχέτιση ύψους στην περίπτωση του ήχου και χρώματος στην περίπτωση του φωτός, σύμφωνα με την Έσε, όχι μόνο είναι ανεξάρτητη από την ύπαρξη της αναλογίας, αλλά προηγήθηκε ιστορικά και οδήγησε ουσιαστικά στην ανακάλυψη της αναλογίας:

...τέτοιες ομοιότητες αναγνωρίστηκαν πριν γίνει γνωστή οποιαδήποτε θεωρία με τα ίδια χαρακτηριστικά για τον ήχο και για το φως. Ο Αριστοτέλης, για παράδειγμα, βάσισε την υπόθεση του για την αναλογία μεταξύ ύψους και χρώματος στα παρατηρήσιμα γεγονότα με βάση τα οποία ορισμένοι συνδυασμοί ήχων και ορισμένες μίξεις χρωμάτων είναι ευχάριστες στις αισθήσεις και άλλες δυσάρεστες, και ότι η υπερβολή της λαμπρότητας ή της σκοτεινότητας ή της οξύτητας ή του επίπεδου ενοχλεί τις αισθήσεις (Hesse 1966, 70).

Έτσι, πριν δημιουργηθεί η τυπική αναλογία, υπάρχουν οριζόντιες σχέσεις ομοιότητας, ανεξάρτητες από τις κάθετες «τυπικές» σχέσεις. Κατά την Έσε, η ομοιότητα αυτή εντοπίζεται πριν την τυποποίηση της θεωρίας του φωτός και κάνει δυνατή αυτή την τυποποίηση. Η ανεξαρτησία των οριζόντιων σχέσεων είναι σημαντική, διότι μέσω αυτής, από το γνωστό φαινόμενο (ύψος ήχου) μπορεί να αναλυθεί η φύση του αγνώστου (χρώμα).

Εάν οι υλικές αναλογίες μεταξύ μοντέλων και εξηγητέων πρέπει να κάνουν την προβλεπτική δουλειά που αναμένεται από αυτές, πρέπει να είναι παρατηρήσιμες ομοιότητες μεταξύ αντιστοίχων όρων και να μην εξαρτώνται από μια θεωρία του εξηγητέου. (Hesse 1966, 69).

Η προϋπόθεση που θέτει η Έσε είναι σημαντική, διότι επιτρέπει την συγκρότηση της αναλογίας με βάση προ-θεωρητικές ιδέες<sup>37</sup> περί ομοιότητας των δύο περιοχών. Αυτές οι προ-θεωρητικές ιδέες ή οριζόντιες σχέσεις ορίζουν την *υλικότητα* της αναλογίας όπως αυτή χρησιμοποιείται στην επιστήμη:

<sup>37</sup> Προ-θεωρητικές με την έννοια της θεωρίας που θα εξηγήσει τα φαινόμενα και όχι κάθε θεωρίας.

... η αναλογία χρησιμοποιείται με δυο έννοιες στις φυσικές θεωρίες -υπάρχει ένα προς ένα αντιστοιχία μεταξύ διαφορετικών ερμηνειών της ίδιας τυπικής θεωρίας, την οποία μπορούμε να καλέσουμε *τυπική αναλογία*, και υπάρχουν προ-θεωρητικές αναλογίες μεταξύ παρατηρήσιμων όπως

$$\frac{\text{ιδιότητες του ήχου}}{\text{ύψος}} \cdot \frac{\text{ιδιότητες του φωτός}}{\text{χρώμα}}$$

οι οποίες κάνουν δυνατή τη πραγματοποίηση προβλέψεων από το μοντέλο. Ας καλέσουμε αυτή τη δεύτερη σημασία *υλική αναλογία*. (Hesse 1966, 68)

Ένα φυσικό σύστημα, λοιπόν, χρησιμοποιείται ως μοντέλο για ένα άλλο φυσικό σύστημα στην βάση μιας προϋπάρχουσας *υλικής αναλογίας*. Το παραπάνω απόσπασμα συνοψίζει την διαφορά μεταξύ των τυπικών μοντέλων, όπως τα παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο και των αναλογικών ή υλικών μοντέλων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην τρέχουσα επιστήμη. Το ερώτημα είναι αν η *υλικότητα* είναι πράγματι απαραίτητη σε κάθε περίπτωση επιστημονικής αναλογίας. Όπως είδαμε προηγουμένως (3.3) ο Χέμπελ κατασκεύασε ένα παράδειγμα τυπικής αναλογίας χωρίς την ύπαρξη «οριζόντιων» ή «υλικών» σχέσεων. Για να καταλάβουμε τι δεν πάει καλά στο παράδειγμα του Χέμπελ θα το αντιδιαστείλω με ένα πραγματικό παράδειγμα επιστημονικής αναλογίας από την ιστορία της φυσικής. Ας πάρουμε λοιπόν, ακολουθώντας τον Αχινστάιν την αναλογία ηλεκτρισμού- ρευστού και τις αντίστοιχες σχέσεις οι οποίες δίνουν την διαφορά δυναμικού. Στο ίδιο πνεύμα με την Έσε, ο Αχινστάιν σημειώνει:

Για την εξαγωγή μιας αναλογίας, δεν υπολογίζουμε μόνο την τυπική δομή των εξισώσεων, αλλά επίσης ομοιότητες μεταξύ των σημειομένων των συμβόλων που περιέχουν (Achinstein 1968, 245)

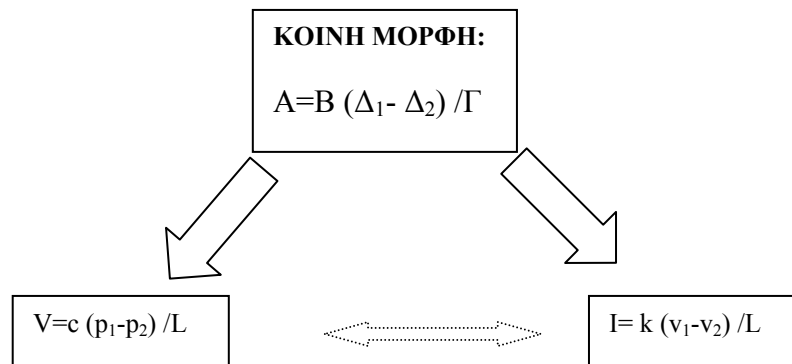
Για να δείξει ότι τα παραπάνω ισχύουν σε κάθε περίπτωση εντοπισμού ομοιοτήτων στην τρέχουσα επιστήμη, ο Αχινστάιν ξεκινάει από το παράδειγμα της αναλογίας μεταξύ του τύπου που δίνει την παροχή ρευστού σε ένα σωλήνα:

$$V=c (p_1-p_2) /L^{38}$$

και του νόμου του Ohm, που δίνει την ροή ηλεκτρικού ρεύματος διατυπωμένου ως

$$I= k (v_1-v_2) /L^{39}$$

Σύμφωνα με το σχήμα του Χέμπελ, θα μπορούσαμε να ανασυγκροτήσουμε την ομοιότητα των δύο τύπων, ως:



Οι δύο τύποι, όμως, όπως παρατηρεί ο Αχινστάιν δεν μοιάζουν μόνο ως προς την δομή αλλά και ως προς τα σημαινόμενα των συμβόλων. Συγκεκριμένα, πρώτον, και οι δύο μιλάνε για μία ποσότητα (I, V) η οποία περνάει από μια διατομή ενός σωλήνα, δεύτερον, και στις δύο περιπτώσεις η ποσότητα αυτή διατρέχει ένα συγκεκριμένο μήκος L, τρίτον, και στις δύο περιπτώσεις έχουμε την διαφορά μιας άλλης ποσότητας ανάμεσα στην αρχή και το τέλος του μήκους L ( $p_1-p_2$  και  $v_1-v_2$ ). Αν δεν ίσχυαν όλες αυτές οι ομοιότητες, παρατηρεί ο Αχινστάιν, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τους παραπάνω νόμους ανάλογους με τον νόμο,

$$W= P (V_2-V_1) /m^{40}$$

ο οποίος δίνει το έργο (ανά μονάδα μάζας) που παράγεται κατά την μεταβολή του όγκου αερίου, υπό σταθερή πίεση. Κανείς όμως φυσικός δεν σκέφτεται να συσχετίσει τους παραπάνω τύπους με τον τύπο του έργου και ο λόγος είναι, φυσικά, ότι ούτε τα σημαινόμενα των συμβόλων δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους, ούτε οι

<sup>38</sup> V=παροχή,  $p_1-p_2$ = διαφορά πίεσης στα άκρα του σωλήνα, L= μήκος του σωλήνα, c=σταθερά

<sup>39</sup> I= ένταση ρεύματος, L= μήκος αγωγού,  $v_1-v_2$ =διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού, k= σταθερά αντιστρόφως ανάλογη με την ειδική αντίσταση του αγωγού

<sup>40</sup> W= έργο,  $V_2-V_1$ = διαφορά όγκου, P= πίεση, m= μάζα.

διαδικασίες στις οποίες εντάσσονται οι δύο τύποι μπορούν να θεωρηθούν με κάποιον «υλικό» τρόπο ανάλογες.

Ξεκινώντας έτσι από το συγκεκριμένο παράδειγμα, φτάνουμε σε ένα γενικότερο συμπέρασμα. Η υλική αναλογία, όπως χρησιμοποιείται στην επιστήμη, δεν αφορά μόνο την μορφή των εξισώσεων αλλά και τα σημαινόμενα των συμβόλων, με άλλα λόγια, είναι πάντα αναλογία εμπειρική. Η άρνηση αυτού του συμπεράσματος θα οδηγούσε σε μια παράδοξη κατάσταση, καθώς οποιοσδήποτε μαθηματικός τύπος στη φυσική «μοιάζει» με οποιοδήποτε άλλο, αν διατυπωθεί στην ίδια μαθηματική γλώσσα και με κατάλληλη ομαδοποίηση των συμβόλων. Όταν λοιπόν κάποιος νόμος στη φυσική –όπως ο νόμος του Ohm- χρησιμοποιείται ως πρότυπο για την κατασκευή κάποιου άλλου νόμου, δεν χρησιμοποιείται ως κενή φόρμα, αλλά ως συνάρτηση μεγεθών τα οποία έχουν εμπειρικό νόημα και αυτό το νόημα σχετίζεται με αντίστοιχα μεγέθη του προς συγκρότηση νόμου.

Το γεγονός, όμως, ότι από την στιγμή που χρησιμοποιείται στην επιστήμη, η αναλογία είναι πάντα υλική, δεν λέει τίποτα για τον ισχυρισμό του Κάμπελ, σύμφωνα με τον οποίο κάθε επιστημονική εξήγηση, για να είναι έγκυρη, πρέπει να συνοδεύεται από μια αναλογία. Ούτε απαντάει στο ερώτημα αν η υλική αναλογία, και κατ' επέκταση τα αναλογικά μοντέλα, είναι πραγματικά χρήσιμα σε μια ανασυγκρότηση της επιστήμης. Για να μείνουμε στο παράδειγμα της αναλογίας ηλεκτρισμού- ρευστού, η αναλογία των αντίστοιχων τύπων ροής θα μπορούσε πράγματι να χρησιμεύσει στην κατανόηση και την εξήγηση του ηλεκτρισμού ως ροής ενός ρευστού. Το ερώτημα, όμως, είναι αν ο ηλεκτρισμός είναι στην κυριολεξία κάποιο είδος ρευστού. Αν ναι, τότε δεν μιλάμε απλώς για μία αναλογία αλλά για ένα μοντέλο υποκείμενης δομής και σε αυτή την συζήτηση θα προχωρήσουμε στην επόμενη ενότητα. Αν όμως, όπως συμβαίνει στην πραγματικότητα, ο ηλεκτρισμός δεν είναι στην κυριολεξία ρευστό, η σχετική μεταφορά του ηλεκτρικού ρευστού μπορεί να είναι κάποιες φορές χρήσιμη στους μαθητές, ή ακόμα και στους επιστήμονες, αλλά κάποια στιγμή μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις και με αυτή την έννοια η σχετική μεταφορά θα μπορούσε να τεθεί εκτός του «πλαισίου δικαιολόγησης».

Η παραπάνω συζήτηση, όμως, διεξάγεται με βάση μια προϋπόθεση: ότι η φύση του ηλεκτρισμού είναι γνωστή και ως εκ τούτου μπορεί να δοθεί μια σαφής απάντηση στο ερώτημα αν ο ηλεκτρισμός είναι ή δεν είναι ρευστό. Την εποχή όμως που η φύση του ηλεκτρισμού δεν ήταν επακριβώς γνωστή, το νόημα της έννοιας «ηλεκτρισμός» αναγκαστικά λάμβανε μέρος του νοήματός του μέσω αναλογιών. Στην επόμενη

ενότητα θα εξετάσω το ρόλο που παίζουν τα αναλογικά μοντέλα στον προσδιορισμό του νοήματος νεοεισαγόμενων όρων στο λεξιλόγιο της επιστήμης.

### 3.4 Το νόημα του Τέταρτου Όρου.

Η κυματική φύση του φωτός, όπως αυτή καταδείχθηκε μέσα από συγκεκριμένες παρατηρήσεις και πειράματα, απαιτούσε την ύπαρξη ενός ελαστικού μέσου μέσα στο οποίο θα διαδίδοταν το φως. Ως τέτοιο μέσο προτάθηκε ο *αιθέρας*, ένα υποθετικό υλικό το οποίο γέμιζε τον χώρο. Ο λόγος για τον οποίο ο αιθέρας δεν είχε παρατηρηθεί μέχρι τότε υποτίθεται ότι ήταν η λεπτή υφή του. Σύμφωνα με την Έσε (Hesse 1966, 92) η φύση του αιθέρα γινόταν κατανοητή μέσω της αναλογίας:

$$\begin{array}{ccc} \text{αέρας} & \longleftrightarrow & \text{αιθέρας} \\ \hline \text{ήχος} & & \text{φως} \end{array}$$

Με βάση την παραπάνω αναλογία, με τον ίδιο τρόπο που ο αέρας αποτελεί το μέσο διάδοσης του ήχου, ο αιθέρας αποτελεί το μέσο διάδοσης του φωτός.

Σε αυτήν την περίπτωση, δεν ξεκινάμε από μια προ-θεωρητική ομοιότητα αιθέρα- αέρα, αλλά, αντίθετα, ο «αιθέρας» ορίζεται έμμεσα, όχι μόνο από τις κάθετες αιτιακές σχέσεις (ως το μέσον το οποίο επιτρέπει την διάδοση του φωτεινού κύματος), αλλά και από την «οριζόντια» σύγκριση του με τον αέρα. Συγκεκριμένα, για να παίζει τον ρόλο του ως μέσο διάδοσης των φωτεινών κυμάτων, ο αιθέρας πρέπει να παρουσιάζει κάποιες *θετικές* αναλογίες με τον αέρα, όπως η ελαστικότητα, κάποιες *αρνητικές* αναλογίες, όπως το ότι δεν μπορεί να αποτελείται από τα συγκεκριμένα αέρια, και κάποιες ουδέτερες –προς διερεύνηση– όπως το βάρος του. Σύμφωνα με την Έσε, το νόημα του «αιθέρα» ορίζεται, ακριβώς μέσω αυτής της υλικής αναλογίας που έχει με τον αέρα. Το να θεωρήσουμε τον «αιθέρα» και τον «αέρα» ως δύο διαφορετικές ερμηνείες του ίδιου συμβόλου δεν θα μας έλεγε στην πραγματικότητα τίποτα για τους όρους (θα μπορούσαν να είναι οτιδήποτε) αλλά «δεδομένης της τυπικής αναλογίας μπορούμε να θεωρήσουμε αυτά τα παραδείγματα ως υλικές αναλογίες με την σημασία που ορίσαμε» ( Hesse 1966, 94). Το γεγονός, τώρα, ότι η υπόθεση ύπαρξης του αιθέρα απορρίφθηκε τελικά, δεν αλλάζει τίποτα σε σχέση με το νόημα του όρου. Η μη-ύπαρξη του αιθέρα, προϋποθέτει την κατανόηση του νοήματός του:



Ο θεωρητικός όρος μπορεί να θεωρηθεί ως βολικός τρόπος συμπερίληψης της θετικής και της ουδέτερης αναλογίας σε ένα οποιοδήποτε στάδιο της έρευνας και επομένως οδηγεί στην πρόταση νέων παρατηρήσιμων προβλέψεων μέσω της ουδέτερης αναλογίας. Η *επιβεβαίωση* της υπόθεσης του θεωρητικού όρου θα εξαρτηθεί από την επιτυχία αυτών των προβλέψεων, αλλά το *νόημα* του όρου διευκρινίζεται δείχνοντας πως ορίζεται μερικά από τους χαρακτήρες που μοιράζεται με τον αντίστοιχο όρο στο μοντέλο. (Hesse 1966, 96)

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι ο παραπάνω προβληματισμός και η συναφής διάκριση δεν αφορούν τελικά μια ειδική κατηγορία φυσικών όρων, αλλά κάθε όρο, στο βαθμό που κατά την εισαγωγή του αποκτάει εμπειρικό νόημα με βάση κάποιον ή κάποιους όρους που υπάρχουν στην καθημερινή γλώσσα.

Το ερώτημα που τίθεται, τώρα, είναι αν αυτό το «εμπειρικό» νόημα του θεωρητικού όρου, έχει απαραίτητα αναλογικό χαρακτήρα. Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι από την στιγμή που ο νέο-εισαγόμενος όρος με τον όρο- πρότυπο μοιράζονται κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αυτά μπορούν να απομονωθούν και να αποτελέσουν ορισμό του νέο- εισαγόμενου όρου, χωρίς πλέον την συνδρομή της αναλογίας. Στην περίπτωση του αιθέρα, π.χ., θα μπορούσαν να απομονωθούν τα χαρακτηριστικά που μοιράζεται με τον αέρα, όπως «ελαστικό μέσο», «απλώνεται χωρίς κενά στον χώρο» κλπ.. Μέσω αυτών των χαρακτηριστικών κατόπιν, ο αιθέρας θα μπορούσε να οριστεί ως «το ελαστικό μέσο το οποίο απλώνεται χωρίς κενά στο χώρο...», χωρίς την αναφορά στις όποιες ομοιότητες ή διαφορές με τον αέρα. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν θα απάλλασσε τον ορισμό του αιθέρα από τον μεταφορικό χαρακτήρα, καθώς η «ελαστικότητα» είναι η ίδια μεταφορική έννοια και γίνεται κατανοητή μέσω συγκεκριμένων μοντέλων και αντίστοιχων πρακτικών. Αν επιχειρούσαμε να δώσουμε ένα ορισμό στην ελαστικότητα, αυτό θα γινόταν πάλι μέσω άλλων όρων έμφορτων με αναλογικό νόημα, τους οποίους θα έπρεπε πάλι να ορίσουμε κυριολεκτικά κοκ. Στην καλύτερη περίπτωση, θα καταλήγαμε σε ένα ορισμό που θα είχε μόνο τους όρους «χώρος» και «χρόνος», για τους οποίους, όμως, κανένας «κυριολεκτικός» και «ακριβής» ορισμός δεν έχει δοθεί μέχρι σήμερα<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> Ο Roger Jones πραγματεύεται στο βιβλίο του *Physics as Metaphor* (Jones 1982) την μεταφορικότητα που ενέχει αναγκαστικά ο προσδιορισμός του χώρου και του χρόνου που αποτελούν τις βασικότερες έννοιες της φυσικής, καθώς εμπλέκεται η προσωπική, «σωματική» εμπειρία στην κατανόηση των εννοιών. «Η χωρική μεταφορά μας λέει πως μοιάζει το να υπάρχεις ως μια οντότητα που είναι διακριτή, αλλά την ίδια στιγμή συσχετίζεται με άλλα πράγματα» (Jones 1982, 57-8). Με

Σε αυτό το σημείο, το αντεπιχείρημα του παραγωγισμού, θα ήταν ότι από την στιγμή που μια επιστημονική εξήγηση μπορεί να διατυπωθεί ως τυπική εξήγηση και να ανασυγκροτηθεί μέσω ενός παραγωγικού επιχειρήματος, το μη- προτασιακό νόημα, ακόμα και αν υπάρχει, δεν παίζει ρόλο στο λογικό επιχείρημα.

Η δουλειά του φυσικού όμως, δεν είναι –τουλάχιστον αποκλειστικά- ο χειρισμός παραγωγικών επιχειρημάτων. Η εργασία που γίνεται αφού τα φαινόμενα έχουν αποκωδικοποιηθεί σε μετρήσιμα μεγέθη μπορεί πράγματι να θεωρηθεί μηχανική, άλλωστε αυτός είναι ο στόχος της μαθηματικής φυσικής. Η βασική εργασία όμως γίνεται ακριβώς κατά την προσπάθεια μαθηματικής κωδικοποίησης των φυσικών φαινομένων. Αυτή η διαδικασία δεν αφορά μόνο τον επιστήμονα που ερευνά νέες περιοχές αλλά και αυτόν που επιχειρεί κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης του να λύσει ένα πρόβλημα, διατυπώνοντάς το με μαθηματικούς όρους. Το δύσκολο κομμάτι σε αυτές τις περιπτώσεις αφορά ακριβώς την κωδικοποίηση και όχι τον χειρισμό του κώδικα, ο οποίος μπορεί να γίνει σύμφωνα με τον Χέμπελ με τυπικούς όρους. Ακόμα περισσότερο, η μαθηματικοποίηση ενός προβλήματος δεν είναι μονόδρομη διαδικασία. Στην περίπτωση που η εξίσωση που περιγράφει το φαινόμενο δεν είναι επιλύσιμη ή είναι πολύπλοκη, ο φυσικός έχει πάντα την δυνατότητα επιστροφής στο κόσμο των φαινομένων και αναζήτησης άλλων απλοποιήσεων ή παραδοχών που θα οδηγήσουν σε μία νέα «τυπική» διατύπωση. Σε αυτή τη διαδικασία δεν είναι δυνατόν να απαλειφθεί ή να αγνοηθεί το μη προτασιακό, αναλογικό νόημα των όρων.

Εδώ, ο αντίλογος εκ μέρους του προτασιακού προτύπου θα ήταν ότι, καθώς η φυσική αναπτύσσεται, το μη προτασιακό, αναλογικό νόημα των όρων παίζει όλο και μικρότερο ρόλο. Ακόμα περισσότερο, η ύπαρξη του μη προτασιακού νοήματος δεν συνεπάγεται την κεντρικότητα και την σταθερότητα κάποιων μεταφορών ή μοντέλων, οι οποίες θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν την πρόταση ως μονάδα ανάλυσης. Πράγματι, αν κάποιος αξίωνε την κεντρικότητα του μοντέλων στην φιλοσοφία της επιστήμης, θα έπρεπε σε κάθε φυσική έννοια να υπάρχει ένα πυρήνας μη-προτασιακού νοήματος, το οποίο να προσδιορίζεται μέσα από συγκεκριμένες μεταφορές και να συγκροτεί ένα σταθερό πυρήνα απαραίτητο στον χειρισμό της. Συμβαίνει όμως κάτι τέτοιο;

---

αυτή την έννοια η ρίζα του αναλογικού νοήματος σύμφωνα με τον Τζόουνς βρίσκεται σε μία μη περαιτέρω αναλύσιμη «σωματική» σχέση με τον κόσμο.

Κανείς δεν μπορεί να αρνηθεί ότι οι έννοιες της φυσικής αποκτούν εμπειρικό νόημα μέσω κάποιων μεταφορών, όπως στην περίπτωση που το ηλεκτρόνιο γίνεται αντιληπτό μέσω της σύγκρισης του με ένα σκληρό σφαιρίδιο. Αυτό το νόημα μπορεί να βοηθάει στην συγκρότηση κάποιων πειραματικών διαδικασιών, αλλά αποτελεί πάντα προσωρινή βοήθεια καθώς στην περίπτωση δυσκολιών αυτές οι μεταφορές, ακριβώς επειδή είναι μεταφορές, μπορούν να αντικατασταθούν με άλλες, να συμπληρωθούν ή να «ελαστικοποιηθούν». Στην περίπτωση του ηλεκτρονίου π.χ., ο όρος απέκτησε πρόσθετο εμπειρικό νόημα (*κύμα*) το οποίο ήταν αντίθετο με την κεντρική μεταφορά περί σκληρού σφαιριδίου. Στην περίπτωση που ο σωματιδιακός χαρακτήρας είχε γίνει δεκτός με κυριολεκτικό τρόπο ως σταθερό τμήμα του ορισμού του ηλεκτρονίου, δεν θα ήταν δυνατή η συμπλήρωση της κυματικής φύσης. Αν λοιπόν θυμηθούμε την διάκριση του νοήματος σε μία συστημική και μία εμπειρική συνιστώσα (Baltas, 1990), οι οποίες έχουν η μία προτασιακό, ενώ η άλλη μη προτασιακό, αναλογικό χαρακτήρα, θα μπορούσαμε να φτάσουμε στο συμπέρασμα ότι ενώ το μη προτασιακό, εμπειρικό νόημα είναι απαραίτητο για την συγκρότηση και τον χειρισμό των εννοιών, ο αμετάβλητος πυρήνας του νοήματος είναι πάντα η συστημική συνιστώσα του και με αυτή την έννοια δεν θα είχε άδικο ο Χέμπελ να ισχυριστεί ότι το αναλογικό νόημα στα πλαίσια ενός παραγωγικού επιχειρήματος μπορεί να θεωρηθεί πλεοναστικό.

#### **4. Μοντέλα Υποκείμενης Δομής και Εξήγηση**

##### *4.1 Εξήγηση και Αναλογία*

Ας έρθουμε τώρα στο δεύτερο είδος μοντέλων, τα μοντέλα υποκείμενης δομής. Ακολουθώντας την γραμμή Κάμπελ, μια σειρά ερευνητές υποστηρίζουν την χρήση μοντέλων υποκείμενης δομής ως απαραίτητο συμπλήρωμα της επιστημονικής εξήγησης. Σύμφωνα με αυτούς τους ερευνητές, η επιστήμη δεν μπορεί να ταυτιστεί με την παρουσίαση ενός τυπικού επιχειρήματος ή μιας σειράς εξισώσεων, καθώς σε αυτή την περίπτωση απουσιάζει η *εξήγηση* του φαινομένου, με βάση την έρευνα των υποκείμενων μηχανισμών. Σύμφωνα με τον Μπλακ:

Η μαθηματική διαπραγμάτευση δεν προσφέρει εξηγήσεις... Μπορούμε να πούμε, αν θέλουμε, ότι τα καθαρά μαθηματικά παρέχουν τον *τύπο* μιας εξήγησης, δείχνοντας τι είδη

συναρτήσεων ταιριάζουν προσεγγιστικά στα γνωστά δεδομένα. Αλλά οι αιτιακές εξηγήσεις πρέπει να αναζητηθούν αλλού (Black 1962, 225)

Σύμφωνα με τον Χαρέ σκοπός της επιστήμης δεν είναι η μαθηματική περιγραφή των φαινομένων, καθώς

η επιστήμη έχει πραγματικό σκοπό την ανακάλυψη της δομής και της εσωτερικής συγκρότησης των φυσικών πραγμάτων και των σχέσεων τους με τον κόσμο, δυνάμει των οποίων τα φαινόμενα παρουσιάζουν τις κανονικότητες και τις μη- κανονικότητές τους (Harré 1970, 21)

Επιχειρώντας να δείξει ότι οι τυπικές εξηγήσεις σύμφωνα με το νομολογικό- παραγωγικό πρότυπο του Χέμπελ δεν αποτελούν γνήσιες εξηγήσεις, ο Χαρέ κατασκευάζει τον εξής φανταστικό διάλογο σχετικά με την εξήγηση ενός φυσικού φαινομένου. (Harré 1970, 20):

A: Γιατί αυτή η φλόγα είναι κίτρινη;

B: Διότι είναι φλόγα αλάτων θείου.

A: Και γιατί το άλας του θείου βγάζει κίτρινη φλόγα;

B: Διότι όλα τα άλατα του θείου βγάζουν κίτρινη φλόγα.

Κατά τον Χαρέ, η τελευταία απάντηση, η οποία προκύπτει με βάση το πρότυπο νόμου «Όλα τα A είναι B», δεν είναι πραγματική εξήγηση. Σύμφωνα πάντα με τον Χαρέ, μια πραγματική εξήγηση θα συνδύαζε τον ιονισμό, την κβαντική και την θεωρία των τροχιακών για να αποδώσει τον μηχανισμό παραγωγής της κίτρινης φλόγας. Το επιχείρημα όμως του Χαρέ είναι εύκολα καταρρίψιμο. Αυτό που προφανώς θα απαντούσε ο Χέμπελ, είναι ότι ο νόμος «όλα τα άλατα του θείου καίγονται με κίτρινη φλόγα» πρέπει και αυτός να εξηγηθεί με βάση το νομολογικό- παραγωγικό πρότυπο μέσω συνδυασμών γενικότερων νόμων οι οποίοι θα είναι πάλι της μορφής «Όλα τα A είναι B». Με άλλα λόγια δεν φαίνεται πουθενά σε αυτό το επιχείρημα του Χαρέ γιατί η κίτρινη φλόγα των αλάτων δεν θα μπορούσε να εξηγηθεί με άλλες προτάσεις τύπου «Όλα τα A είναι B».

Ξεπερνώντας αυτό το πρόβλημα, μπορούμε να έρθουμε τώρα στην «θετική» πρόταση του Χαρέ σύμφωνα με την οποία η επιστημονική εξήγηση βασίζεται στην κατασκευή μοντέλων. Οι επιστήμονες, λοιπόν,

στο μεγαλύτερο μέρος της θεωρητικής δραστηριότητάς τους, προσπαθούν να μορφοποιήσουν μια εικόνα των μηχανισμών της φύσης που είναι υπεύθυνοι για τα φαινόμενα που παρατηρούν. Το κύριο μέσο που γίνεται αυτό είναι η κατασκευή ή η φαντασίωση των μοντέλων» (Harré 1970, 33).

Αν και είναι ο Χαρέ αυτός ο οποίος αντιδιαστέλλει την πρόταση με τα μοντέλα κατά τον εντονότερο τρόπο, δεν είναι ξεκάθαρο στην προβληματική του τι παραπάνω έχουν τα μοντέλα, το οποίο τους προσδίδει το μη προτασιακό χαρακτήρα τους, τι παραπάνω έχει, με άλλα λόγια, ένα μοντέλο από ένα σύνολο προτάσεων που περιγράφει τον «εσωτερικό» μηχανισμό παραγωγής φαινομένων. Ο Χαρέ θεωρεί ότι κάθε προτασιακό μοντέλο  $M$  συνοδεύεται από ένα μη προτασιακό μοντέλο  $M'$ . Η μη προτασιακότητα του  $M'$  συνίσταται, κατά τον Χαρέ στον *εικονικό* του χαρακτήρα. Θέλοντας να επισημάνει την διαφορά προτάσεων και εικόνων σημειώνει,

Υπάρχουν αυθαίρετες συμβάσεις με τις οποίες οι λέξεις αποκτούν την αναφορική και περιγραφική τους ικανότητα και υπάρχουν αυτές που αποκαλώ αναπαραστασιακές συμβάσεις μέσω των οποίων οι εικόνες, τα μοντέλα και τα διαγράμματα κατέχουν την ικανότητά να αναπαριστούν (Harré 1970, 13-14)

Το αν υπάρχει ειδοποιός επιστημολογική διαφορά ανάμεσα στις εικόνες και τις λέξεις είναι ένα τεράστιο ανοιχτό ζήτημα, πολύ πιο γενικό και σύνθετο από την διάκριση μοντέλου και πρότασης και σίγουρα δεν μπορεί να αποτελέσει κοινά αποδεκτή αφετηρία συζήτησης. Επιπροσθέτως, στην τρέχουσα επιστήμη δεν υπάρχει η αίσθηση ότι ένα διάγραμμα έχει κάποια παραπάνω πληροφορία, την οποία δεν διαθέτει η αντίστοιχη συνάρτηση ή το αντίστροφο. Τα μοντέλα, όπως τουλάχιστον χρησιμοποιούνται στην γλώσσα της επιστήμης, μπορούν να αποτελούνται από εξισώσεις, διαγράμματα, λεκτικές περιγραφές και εικόνες χωρίς οι τελευταίες να αποτελούν την «έσχατη» φύση τους<sup>42</sup>. Μιλώντας γενικότερα, ακόμα και αν κάποιος

---

<sup>42</sup> Ο Μπλακ π.χ. είναι αντίθετος σε κάθε προσδιορισμού των μοντέλων με βάση την εικονικό τους χαρακτήρα. (Black 1962, 232)

έδειχνε ότι τα μοντέλα στην επιστήμη έχουν κατά βάση εικονικό χαρακτήρα –πράγμα όχι εύκολο-, θα βρισκόταν αμέσως στο ολισθηρό έδαφος της συζήτησης για τις διαφορές ανάμεσα στις λέξεις και στις εικόνες.

Ακόμα όμως και αν ξεχάσουμε τα προβλήματα που παρουσιάζει ο ορισμός της εικονικής φύσης των μοντέλων κατά τον Χαρέ και έρθουμε στον τρόπο με τον οποίο τα μοντέλα παρέχουν εξηγήσεις, θα δούμε ότι και εκεί τα πράγματα δεν είναι καλύτερα. Ο Χαρέ θεωρεί ότι αυτό που προσφέρουν τα αναλογικά/εικονικά μοντέλα είναι υποθέσεις ύπαρξης<sup>43</sup>. Συγκεκριμένα αναφέρει το παράδειγμα της αναλογίας του ηλεκτρισμού με ένα ρευστό, η οποία οδήγησε στην υπόθεση ύπαρξης ενός *ηλεκτρικού ρευστού*, υπεύθυνου για τα ηλεκτρικά φαινόμενα (Harré 1970, 47). Η υπόθεση αυτή δεν επιβεβαιώθηκε από την εμπειρική έρευνα, αλλά δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη συγκεκριμένη αναλογία. Η αναλογία του ρευστού, με άλλα λόγια, χρησιμεύει στην διατύπωση μιας συγκεκριμένης –προτασιακής- υπόθεσης. Αυτό που θα απαντούσε σε αυτή την περίπτωση ο Χέμπελ είναι ότι ο ηλεκτρισμός δεν θεωρήθηκε μεταφορικά, αλλά κυριολεκτικά ως ένα ρευστό, για αυτό και είναι δυνατός ο εμπειρικός έλεγχος της υπόθεσης. Με τον ίδιο τρόπο αποδείχθηκε ότι ο ηλεκτρισμός αποτελείται κυριολεκτικά από μετακινούμενα σωματίδια. Η ύπαρξη τώρα μεταφορών, όπως της ροής ενός ποταμού μπορούν σε κάποιες περιπτώσεις να βοηθήσουν την κατανόηση του φαινομένου, σε κάποιες άλλες, όμως, μπορούν να λειτουργήσουν παραπλανητικά, και φαίνεται τελικά ότι ο ρόλος τους περιορίζεται στα διδακτικά πλαίσια.

Παραπλήσιος είναι ο προβληματισμός του Αχινστάιν, ο οποίος συνδέει επίσης τα μοντέλα με τους υποκείμενους μηχανισμούς και την εξήγηση.

Ένα θεωρητικό μοντέλο περιγράφει ένα τύπο αντικειμένου ή συστήματος αποδίδοντάς του αυτό που θα μπορούσαμε να αποκαλέσουμε εσωτερική δομή, σύνθεση, ή μηχανισμό, μέσω του οποίου επιχειρείται η εξήγηση διαφόρων ιδιοτήτων του αντικειμένου ή του συστήματος. (Achinstein 1968, 213)

Σύμφωνα με τον Αχινστάιν, η επιστημονική θεωρία, σε αντίθεση με τα μοντέλα, δεν είναι απαραίτητο να σκοπεύει στην αναζήτηση αυτού του μηχανισμού

---

<sup>43</sup> Ο Χαρέ διακρίνει τα μοντέλα σε *ομοιομορφήματα* (ελληνικός όρος, π.χ. μοντέλα κλίμακας) και *παραμορφήματα*, «τα οποία σε αντίθεση με τα ομοιομορφήματα εισάγουν πρόσθετες οντότητες, άλλες από τις δεδομένες, αφού φαίνεται λογικό να μεταχειριστούμε αυτές ως αιτιακούς μηχανισμούς» (Harré 1970, 47)

Η θεωρία, σε αντίθεση με το θεωρητικό μοντέλο, δεν χρειάζεται να αποδώσει στο αντικείμενο μια εσωτερική δομή, σύνθεση, ή μηχανισμό. (Achinstein 1968, 217)

Για να δούμε αν ο ισχυρισμός του Αχινστάιν για την διαφορά μεταξύ θεωρίας και (θεωρητικών) μοντέλων μπορεί να δικαιώσει τον εξηγητικό ρόλο των τελευταίων, ας τον παρακολουθήσουμε στην έκθεση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος μοντέλου, εκείνο του ατόμου του Bohr (Achinstein 1968, 216). Το μοντέλο αυτό διαμορφώθηκε, ως γνωστόν, στη βάση της αναλογίας με το πλανητικό σύστημα. Από κει και πέρα όμως, το μοντέλο απετέλεσε διακριτό αντικείμενο μελέτης, κατά τρόπο ανεξάρτητο ως προς την αρχική αναλογία. Η αυτονομία από αυτήν, σύμφωνα με τον Αχινστάιν, είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό των θεωρητικών μοντέλων (Achinstein 1968, 217). Αν όμως, το θεωρητικό μοντέλο μένει ως σύστημα υποθέσεων, διακριτό από την αναλογία από την οποία ξεκίνησε, πώς διακρίνεται τελικά από την θεωρία; Γιατί αποκαλούμε «μοντέλο» το μοντέλο του Μπορ και όχι θεωρία για το άτομο; Η ερώτηση είναι σημαντική γιατί από την απάντηση της θα εξαρτηθεί η δικαίωση του ισχυρισμού του Αχινστάιν, ότι το θεωρητικό μοντέλο εξηγεί, ενώ οι θεωρίες όχι. Ο Αχινστάιν επιχειρεί να διευκρινίσει την διάκριση ξεκινώντας από την παρατήρηση ότι το μοντέλο του Μπορ, προτάθηκε αρχικά ως θεωρία, αλλά λόγω των προβλημάτων που προέκυψαν ονομάστηκε τελικά μοντέλο, δηλαδή «απλοποιημένες αναπαραστάσεις χρήσιμες ακόμα για συγκεκριμένους σκοπούς» (Achinstein 1968, 214). Η θεωρία για τον Αχινστάιν, διαφέρει από το θεωρητικό μοντέλο κατά το γεγονός ότι έχει σκοπό την ορθή αναπαράσταση, άρα μπορεί να είναι σωστή ή λανθασμένη, ενώ αντίθετα το θεωρητικό μοντέλο, μπορεί να χρησιμεύει απλώς για κάποιους συγκεκριμένους σκοπούς. Με βάση τα παραπάνω, για το ίδιο αντικείμενο ή σύστημα μπορούμε να έχουμε δύο ή περισσότερα μη συμβατά μοντέλα.

Αν κάποιος προτείνει κάτι ως θεωρητικό μοντέλο ενός X, σε αντίθεση με μια θεωρία για το X, αυτός μπορεί να ξέρει ή να πιστεύει, ότι, μιλώντας αυστηρά, οι υποθέσεις του είναι λανθασμένες, ανακριβείς ή εφαρμόσιμες μόνο εντός ενός πολύ περιορισμένου πλαισίου. (Achinstein 1968, 217)

Με αυτή την έννοια η «εξήγηση και συστηματικοποίηση μέσω της θεωρίας συχνά θεωρείται βαθύτερη» (Achinstein 1968, 218) σε σχέση με το μοντέλο. Αν, λοιπόν, τα θεωρητικά μοντέλα δεν είναι παρά ατελείς, προσεγγιστικές ή «χαλαρές»

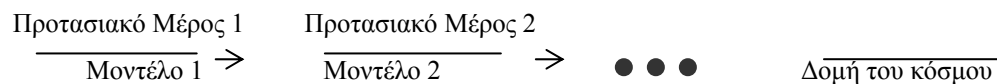
θεωρίες, γιατί να μη χρησιμοποιούμε πάντα θεωρίες; Ο Αχινστάιν δίνει τέσσερις απαντήσεις στην τελευταία ερώτηση (Achinstein 1968, 218). Πρώτον, διότι μπορεί να μην υπάρχουν θεωρίες ή να μην είναι ικανοποιητικές κάποιες από τις υπάρχουσες. Δεύτερον, διότι μπορεί η θεωρία να υπάρχει αλλά να παρουσιάζει δυσκολίες λόγω πολυπλοκότητας. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζονται απλοποιήσεις μέσω του μοντέλου. Τρίτον, διότι ο επιστήμονας μπορεί να καταλάβει καλύτερα την θεωρία μέσω της απλοποιημένης εκδοχής του μοντέλου και να την βελτιώσει στη συνέχεια. Τέταρτον για διδακτικούς σκοπούς. Κανένας όμως από αυτούς τους λόγους δεν δικαιώνει τον αρχικό ισχυρισμό του Αχινστάιν, ότι τα θεωρητικά μοντέλα εξηγούν, ενώ οι θεωρίες όχι. Όλοι οι λόγοι που παραθέτει ο ίδιος συνηγορούν σε μια κατανόηση των θεωρητικών μοντέλων, ως ατελείς θεωρίες ή ελλιπή σύνολα προτάσεων που λειτουργούν ως βοηθητικά εργαλεία κατανόησης ή, στην καλύτερη περίπτωση, ως πηγή διαισθήσεων για την ανάπτυξη και την βελτίωση μιας θεωρίας.

Και στους δύο υποστηρικτές των μοντέλων υποκείμενης δομής (Αχινστάιν-Χαρέ), δεν φαίνεται να δικαιολογείται επαρκώς ο μη προτασιακός χαρακτήρας. Από την ανάλυσή τους προκύπτει ότι τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες ως περιγραφές μηχανισμών, είναι πάντα σύνολα προτάσεων επικουρούμενων από εικόνες ή διαγράμματα και ακόμα και αν κάποια αναλογία χρησίμευσε στην συγκρότησή τους, μπορούν να υπάρξουν κάλλιστα χωρίς αυτήν. Στην επόμενη ενότητα θα αναζητήσουμε την μη-προτασιακότητα των μοντέλων υποκείμενης δομής προς μια διαφορετική κατεύθυνση.

#### *4.2 Η Μη Προτασιακότητα της Υποκείμενης Δομής*

Κατά τον Μακμάλιν (McMullin) μια θεωρία αποτελείται από δύο μέρη. Από το γλωσσικό της μέρος (σύνολο προτάσεων που καθορίζουν την λογική και μαθηματική δομή της θεωρίας) και ένα συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο συνδέει την θεωρία με τον φυσικό κόσμο. Το μοντέλο αυτό έχει μη- γλωσσική φύση και είναι αυτό μέσω του οποίου η επιστήμη επιτυγχάνει την πρόσβαση στην «πραγματική φύση» αυτού που είναι υπό έρευνα» (McMullin 1970, 67). Τα μοντέλα τα οποία συνοδεύουν το γλωσσικό μέρος μιας θεωρίας, είναι ισομορφικά με την πραγματική δομή του κόσμου και σε μια επιτυχημένη σειρά θεωριών, τα μοντέλα προσεγγίζουν συνεχώς αυτή τη δομή:





Ο Μακμάλιν επιχειρεί μέσω του ισομορφισμού μοντέλου- κόσμου να δικαιολογήσει τη μη γλωσσική φύση του πρώτου. Γιατί όμως, να δεχτούμε ότι για τη περιγραφή του μη γλωσσικού κόσμου, εκτός από το προτασιακό μέρος, έχουμε ανάγκη από μια μη γλωσσική οντότητα; Ο Μακμάλιν δικαιολογεί την ύπαρξη της, μέσω της επέκτασης της θεωρίας σε νέες περιοχές. Σύμφωνα με τον Μακμάλιν το τυπικό- προτασιακό μέρος της θεωρίας, καθώς αποτελεί περιγραφή και συμπύκνωση των ήδη γνωστών φαινομένων, δεν μπορεί να προωθήσει από μόνο του την θεωρία. Ο επιστήμονας μπορεί να κάνει προβλέψεις και να περιγράψει νέες περιοχές μέσω του προτασιακού μέρους, αλλά στην περίπτωση δυσκολίας ή μη συμβατότητας προβλέψεων- πειραματικών δεδομένων, το προτασιακό μέρος δεν μπορεί να προσφέρει κάποια λύση από μόνο του:

Όταν παρουσιάζεται μια ανωμαλία ή όταν η θεωρία είναι ανίκανη να προβλέψει κάποιο φαινόμενο σε μια περιοχή που φαινόταν ότι *θα έπρεπε* να είναι ικανή να το πράξει, το ίδιο το μοντέλο μπορεί να προσφέρει ... πιθανές τροποποιήσεις ή επεκτάσεις. Αυτές *προτείνονται*, δεν *συνεπάγονται*. Άρα απαιτείται στην συνέχεια μια δημιουργική κίνηση από τη μεριά του επιστήμονα. (McMullin 1984, 31)

Για να δούμε τον τρόπο με τον οποίο μια θεωρία επεκτείνεται μέσω ενός μοντέλου, θα ακολουθήσουμε τον Μακμάλιν στην παρουσίαση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος από την γεωλογία. Το παράδειγμα αφορά στην απομάκρυνση των ηπείρων, ένα φαινόμενο το οποίο εξηγήθηκε τελικά με το *μοντέλο των μετακινούμενων πλακών*. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, οι ήπειροι στηρίζονται σε γεωλογικές πλάκες οι οποίες απομακρύνονται συνεχώς και στο κενό που δημιουργείται ανεβαίνει λάβα από το εσωτερικό της γης, η οποία στερεοποιείται. Η ύπαρξη αυτού του μοντέλου δίνει την δυνατότητα για αυτό που ο ΜακΜάλιν ονομάζει *μεταφορικές επεκτάσεις*, δηλαδή βελτιώσεις της θεωρίας μέσω ερωτημάτων που σχετίζονται με την μετακίνηση των πλακών. Για να τεθούν αυτά τα ερωτήματα, το μοντέλο των πλακών, πρέπει να αντιμετωπιστεί ρεαλιστικά:

Με βάση το γεγονός ότι υπάρχει πράγματι κάτι σαν επιπλέονσα πλάκα κάτω από τα πόδια μας, είναι σωστό να ρωτάμε: Τι συμβαίνει όταν οι πλάκες συγκρούονται και τι μηχανισμοί θα ήταν επαρκείς ώστε να τις κρατάνε σε κίνηση; Αυτές οι ερωτήσεις δεν προκύπτουν από την πρωταρχική θεωρία αν αυτή δεν θεωρηθεί τίποτα περισσότερο από ένα φορμαλισμό ικανό να δώσει μια λογικά ακριβή ερμηνεία για τα υπάρχοντα δεδομένα (McMullin 1984, 33)

Αν όμως υπάρχει πράγματι κάτι σαν επιπλέονσα πλάκα κάτω από τα πόδια μας, γιατί θα ονομάζαμε τις επεκτάσεις οι οποίες προκύπτουν από ερωτήσεις σχετικά με αυτή την πλάκα «μεταφορικές»; Με άλλα λόγια, πώς συμβιβάζονται ο ρεαλιστικός με τον μεταφορικό χαρακτήρα του μοντέλου; Ο ΜακΜάλιν παρομοιάζει τον επιστήμονα με τον ποιητή ο οποίος «χρησιμοποιεί την μεταφορά όχι μόνο ως στολίδι αλλά ως μέσον για να εκφράσει μια πολύπλοκη σκέψη» (McMullin 1984, 31). Αυτό όμως δεν απαντάει στο ερώτημα. Γιατί είναι πολύπλοκη σκέψη η μετακίνηση δύο πλακών και τι το μεταφορικό υπάρχει στην αναζήτηση των μηχανισμών αυτής της μετακίνησης; Σε αντίστοιχες αντιρρήσεις από τον Μπράντι, (Bradie, 1980) ο ΜακΜάλιν δίνει την εξής απάντηση:

Αν το πρωταρχικό μοντέλο (ας πούμε η μετατόπιση των ηπείρων) πρότεινε τις τελευταίες τροποποιήσεις για να αντιμετωπίσει γνωστές ανωμαλίες και να ενσωματώσει νέα δεδομένα, τότε θα καλούσα την διαδικασία αυτή μεταφορική επέκταση (McMullin 1984, 35)

Η απάντηση του ΜακΜάλιν απέχει πολύ από το να είναι ικανοποιητική, δίνει μάλιστα την αίσθηση ενός κυκλικού επιχειρήματος. Μία καλύτερη προσέγγιση δίνεται από τον ίδιο, σε ένα άλλο απόσπασμα, όπου συνδέει την έννοια της μεταφορικότητας με την μη-μηχανική «εκμαιεύσή της» από το μοντέλο:

...‘μεταφορικές επεκτάσεις’ οι οποίες δεν μπορούν να «διαβαστούν στο μοντέλο» με κανένα μηχανικό (ή τυπικό) τρόπο. Εδώ συνδέεται η δημιουργικότητα του επιστήμονα με τον «συντονισμό μεταξύ μοντέλου και του [φυσικού] αντικειμένου. (McMullin 1970, 63).

Για να το εξηγήσουμε το τελευταίο απόσπασμα, ας έλθουμε πάλι στο παράδειγμα του ΜακΜάλιν. Σύμφωνα με το μοντέλο των μετακινούμενων πλακών, λάβα από το εσωτερικό της γης ανεβαίνει και καλύπτει το κενό ανάμεσα στις δύο

πλάκες. Η λάβα τώρα, όπως γνωρίζουμε από τα επίγεια ηφαίστεια περιέχει σίδηρο, ο οποίος αποτελείται από σιδηρομαγνητικά δίπολα. Υπάρχει, τώρα, μια πρόσθετη γνώση από την γεωφυσική σύμφωνα με την οποία το μαγνητικό πεδίο της γης δεν είναι σταθερό. Οι μαγνητικοί πόλοι αντιστρέφονται (ο Βόρειος γίνεται Νότιος και αντιστρόφως) ενώ για κάποιες περιόδους το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζεται<sup>44</sup>. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, θα έπρεπε σχετικές μετρήσεις να δείξουν ότι τα δίπολα της λάβας του βυθού των ωκεανών αλλάζουν προσανατολισμό σε κάποια σημεία. Πράγματι, σχετικές μετρήσεις έδειξαν ότι ο σιδηρομαγνητισμός της λάβας παρουσίαζε το παρακάτω σχήμα. επιβεβαιώνοντας εντυπωσιακά την θεωρία



Για να απαντήσουμε τώρα γιατί θα πρέπει να θεωρήσουμε αυτού του είδους την επέκταση μη- προτασιακή ή μεταφορική, θα πρέπει να επεκτείνουμε τον προβληματισμό του Μακμάλιν θέτοντας τα εξής ερωτήματα. Αν πράγματι το μοντέλο των μετακινούμενων πλακών ήταν προτασιακό, με πόσες προτάσεις όπως «Η λάβα περιέχει σίδηρο» θα μπορούσαμε να το περιγράψουμε; Με πόσες προτάσεις όπως «οι μαγνητικοί πόλοι της γης αλλάζουν κατά περιόδους» συνδέονται οι πρώτες προτάσεις; Με ποια άλλα τμήματα της εμπειρίας μας, της καθημερινής γνώσης και των υπόλοιπων επιστημών συσχετίζεται μια καταρχάς απλή ιδέα περί μετακίνησης δύο μεγάλων πλακών; Ένας κατάλογος προτάσεων που θα εξαντλούσε όλο αυτό το γνωσιακό υπόβαθρο θα έπρεπε να περιέχει προτάσεις που συνδέονται με την κίνηση και το υλικό των πλακών, αλλά και προτάσεις που αφορούν τον ωκεανό, το τι άλλα φαινόμενα ξέρουμε ή υποθέτουμε ότι συμβαίνουν σε αυτό το βάθος κλπ. Είναι πολύ δύσκολο να φανταστεί κανείς ότι ένας τέτοιος κατάλογος είναι ακόμα και θεωρητικά δυνατός. Με άλλα λόγια, η μη προτασιακότητα του μοντέλου συνίσταται στη μη

<sup>44</sup> Στα τελευταία πέντε εκατομμύρια χρόνια πραγματοποιήθηκαν πάνω από είκοσι τέτοιες αλλαγές. Η τελευταία αλλαγή έγινε πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια, ταυτόχρονα περίπου με την περίοδο που εμφανίζεται ο άνθρωπος.

δυνατότητα εξαντλητικής περιγραφής του μέσω μιας λίστας προτάσεων. Το μοντέλο-πηγή βρίσκεται σε ένα ολόκληρο πλέγμα επιστημονικής και καθημερινής γνώσης από το οποίο καταρχήν θεματοποιεί ένα ελάχιστο μέρος, έτσι ώστε να είναι παραγωγικό ως προς το περισσότερο πολύπλοκο εξηγητέο φαινόμενο. Κάθε φορά, όμως, που πρέπει να ξεπεραστούν δυσκολίες ή να εξηγήσουμε περισσότερα πράγματα, πρέπει να ανασυρθούν από το αθεματοποίητο υπόβαθρο γνώσης νέες 'προτάσεις'. Αυτές οι προτάσεις, δεν μπορεί να θεωρηθούν δεδομένες, αφού ουσιαστικά διαμορφώνονται με βάση τα συγκεκριμένα προβλήματα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε κατά την επέκταση της θεωρίας. Η μη-προτασιακότητα, λοιπόν, των μοντέλων υποκείμενης δομής δεν συνδέεται με την περιγραφή του μη-προτασιακού, εξω-γλωσσικού κόσμου, αλλά με την μη εξαντησιμότητα τους σε ένα σύνολο προτάσεων και την θεμελίωση τους σε ένα σύνολο αθεματοποίητων θεωριών και εμπειριών.

Ο παραγωγιστής θα μπορούσε βέβαια να συμπυκνώσει όλη αυτή την διαδικασία σε ένα νομολικο-παραγωγικό σχήμα, με βάση το οποίο, από ένα σύνολο προτάσεων εξάγεται με τυπικό τρόπο η πρόταση «τα σιδηρομαγνητικά δίπολα αλλάζουν απότομα προσανατολισμό», η οποία κατόπιν τίθεται σε εμπειρικό έλεγχο. Το θέμα είναι όμως ότι, όπως σωστά παρατηρεί ο ΜακΜάλιν, δεν υπάρχει κανένας τυπικός τρόπος, να εξάγουμε αυτήν ή οποιαδήποτε άλλη «παρατηρήσιμη» πρόταση με μηχανικό τρόπο από το μοντέλο.

Το συμπέρασμα από τα παραπάνω είναι ότι μπορεί κάποιος να θεωρήσει τα μοντέλα υποκείμενης δομής ως σύνολα προτάσεων, μόνο στο βαθμό που η επισκόπηση αυτών των μοντέλων είναι «στιγμιαία», χωρίς δηλαδή τις πιθανές επεκτάσεις και τροποποιήσεις τους, οι οποίες βασίζονται στην μη προτασιακή κατανόησή τους από τους επιστήμονες.

## **5. Ο Ορθολογισμός της Χρήσης των Μοντέλων.**

### *5.1 Η Κρίσιμη Ερώτηση και το Πλαίσιο Ανακάλυψης*

Σύμφωνα με τον Μπλάκ,

Το κρίσιμο θέμα είναι αν η χρησιμοποίηση μοντέλων πρέπει να θεωρηθεί ως βοήθεια για αδύνατα μυαλά (όπως θεώρησε ο Ντιέμι) ή μια βολική παρακαμπτήριος για την εξέταση των παραγωγικών συστημάτων (όπως ο Μπρειγουάιτ φαίνεται να σκέφτεται) – με μια λέξη, ως βοήθημα για κάποια άλλη διαδικασία- ή ως ορθολογική μέθοδος που έχει τους δικούς της

κανόνες και αρχές. Πρέπει να σκεφτούμε την χρήση των μοντέλων να ανήκει στην ψυχολογία –κάτι σαν σκαριφήματα στα περιθώρια- ή ως έχουσα το μέρος που της αρμόζει στη λογική της επιστημονικής έρευνας; (Black 1968, 235-236)

Η παρουσίαση των αναλογικών μοντέλων που επιχειρήσαμε σε αυτό το κεφάλαιο φαίνεται να συνηγορεί υπέρ της δεύτερης απάντησης στο ερώτημα του Μπλακ. Η έρευνα των μοντέλων άνοιξε νέες περιοχές στην μελέτη της επιστήμης δείχνοντας ότι το λεγόμενο «πλαίσιο ανακάλυψης» έχει την δική του ορθολογικότητα, μέρος της οποίας είναι η χρήση και η μετάδοση των αναλογικών μοντέλων. Με αυτή την έννοια, *πρότυπο αναλογικού μοντέλου* δεν θα έπρεπε να θεωρηθεί το «φίδι του Κεκουλέ», αλλά η αναλογία ατόμου και σύμπαντος, η αναλογία ηλεκτροστατικών και βαρυτικών φαινομένων, το μηχανικό ανάλογο του αιθέρα από τον Μάξγουελ, όλες εκείνες, δηλαδή, οι «λάθος» ή «σωστές» αναλογίες οι οποίες προώθησαν με τρόπο ουσιαστικό την έρευνα και βοήθησαν την φυσική να προσπελάσει νέες περιοχές ή να ενοποιήσει φαινόμενα κάτω από την ίδια θεωρία. Η διαφορά αυτών των αναλογιών με το φίδι του Κεκουλέ, είναι ότι αποτελούν δημόσιες και ελεγχόμενες διαισθήσεις που έχουν την δική τους ορθολογικότητα και η αντιμετώπισή τους γίνεται με τρόπο συγκεκριμένο και αυστηρό, παρά τον μεταφορικό χαρακτήρα τους. Η εκτεταμένη χρήση τέτοιων αναλογιών στην ιστορία της φυσικής δικαιολογεί την άποψη του Μπλακ σύμφωνα με την οποία τα μοντέλα «παίζουν ένα διακριτό και αναντικατάστατο ρόλο στην επιστημονική έρευνα:... δεν είναι ανυπόληπτες υποσπουδές για μαθηματικούς τύπους» (Black 235- 236)

Η ορθολογικότητα της χρήσης των μοντέλων, δεν κατοχυρώνεται μέσω τυπικών και απαρέγκλιτων κανόνων, όπως αυτοί που προσπάθησαν να θέσουν οι λογικοί εμπειριστές. Όπως παρατηρεί η Έσε, το αναλογικό επιχείρημα προτείνει, δεν αποδεικνύει

Το αναλογικό επιχείρημα είναι ασθενέστερο από το επαγωγικό, αλλά από το άλλο μέρος έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εφαρμόσιμο εκεί όπου οι απευθείας γενικεύσεις δεν είναι... δεν αναζητούμε αλάνθαστες επαγωγικές μεθόδους, αλλά μόνο μεθόδους επιλογής υποθέσεων. (Hesse 1966, 76)

Στην ίδια κατεύθυνση ο Μπλακ, παρατηρεί:

Οι δυνατότητες για την κατασκευή αναλογικών μοντέλων είναι αναρίθμητες ... Τα αναλογικά μοντέλα προσφέρουν εύλογες υποθέσεις, όχι αποδείξεις (Black 1968, 223)

Από την στιγμή που τα αναλογικά μοντέλα προσφέρουν υποθέσεις δεν αποκλείεται κάποιες από αυτές να οδηγούν σε λάθος δρόμους. Οι θιασώτες των αναλογικών μοντέλων δεν είναι τυφλοί απέναντι στον κίνδυνο που ενέχεται στη χρήση των μοντέλων, όπως και σε κάθε είδος μεταφορικής σκέψης, να συσκοτίσει το αντικείμενο, αντί να προωθήσει την καλύτερη κατανόησή του:

...οι μεταφορές είναι επικίνδυνες, ίσως κυρίως στη φιλοσοφία. Αλλά μια απαγόρευση της χρησιμοποίησής τους, θα ήταν ένας επιζήμιος περιορισμός των ερευνητικών δυνατοτήτων μας. (Black 1968, 47)

Από το άλλο μέρος, οι εισηγητές των αναλογικών μοντέλων, δεν τα προτείνουν ως τη μόνη μορφή ορθολογικότητας στα πλαίσια της επιστημονικής ανακάλυψης. Κατά την Έσε, μάλιστα, η αναλογική προσέγγιση είναι συμπληρωματική, όχι ανταγωνιστική στην ιδέα του παραγωγικού συστήματος (Hesse 1966, 96).

Αν όμως, δεδομένων των παραπάνω επισημάνσεων, τα αναλογικά μοντέλα δικαίωσαν το ρόλο τους στο λεγόμενο πλαίσιο ανακάλυψης τι γίνεται με την δικαιολόγηση και την εξήγηση; Είναι απαραίτητα εκεί τα μοντέλα, όπως φαίνεται ότι ισχυρίστηκε ο Κάμπελ, ή αποτελούν άχρηστη σκευή, όπως επιμένουν ο Ντιέμι και ο Χέμπελ; Όπως παρατηρεί ο Μπλακ:

Ίσως κάθε επιστήμη πρέπει να αρχίζει με μεταφορά και να τελειώνει με άλγεβρα· ίσως όμως χωρίς την μεταφορά δεν θα είχε ποτέ υπάρξει η άλγεβρα. (Black 1968,242).

Το ερώτημα είναι, αν από την στιγμή που υπάρχει η «άλγεβρα», από την στιγμή δηλαδή που η επιστημονική θεωρία είναι σε ένα στάδιο «ωριμότητας», είναι δυνατή η ανασυγκρότηση της επιστήμης μόνο με προτασιακούς όρους. Αν, με άλλα λόγια, για όλα τα φιλοσοφικά προβλήματα τα οποία συνδέονται με την επιστήμη η χρήση των αναλογικών μοντέλων είναι πράγματι πλεοναστική.

### 5.2 Μη Προτασιακό Φιλοσοφικό Παράδειγμα;

Ανασυγκροτώντας και συνοψίζοντας την συζήτηση αυτού του κεφαλαίου σχετικά με το τελευταίο ερώτημα μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής. Το παραγωγικό- προτασιακό πρότυπο, μπορεί να ‘επιβιώσει’ και να συνεχίσει να θεωρεί την χρήση των μοντέλων πλεοναστική όταν:

1. Περιοριστεί στις διαδικασίες επιστημονικής εξήγησης, θεωρώντας εκτός πεδίου ερευνών (και όχι εκτός ορθολογικότητας) την ‘λογική της ανακάλυψης’.

2. Θεωρήσει τις επιστημονικές θεωρίες στατικά συστήματα χωρίς παρελθόν και μέλλον και την αξιολόγηση τους ανάλογη. Θεωρήσει, δηλαδή, ότι υπάρχει ένα απόλυτο στεγανό μεταξύ της ανακάλυψης και της δικαιολόγησης.

3. Θεωρήσει ότι η αποδεδειγμένα ευρεία χρήση αναλογικών μοντέλων στην μετάδοση και διδασκαλία της επιστήμης, όπως και στην κατανόηση των θεωριών, δεν έχει σχέση με τις θεωρίες όπως αυτές ανασυγκροτούνται «λογικά».

4. Αγνοήσει το πρόβλημα του πώς από ένα μη προτασιακό υπόβαθρο αντλούνται συγκεκριμένες επιστημονικές υποθέσεις

Οι θεωρίες λοιπόν, ως συστήματα χωρίς ιστορία, χωρίς τους μηχανισμούς κατανόησης και μετάδοσης και με κατάλληλο ορισμό της έννοιας της εξήγησης (είτε θεωρήσουμε ότι η επιστήμη δεν εξηγεί όπως ο Ντιέμ, είτε ταυτίσουμε την εξήγηση με την λογική παραγωγή) το πρόγραμμα της προτασιακής ανασυγκρότησης διασώζεται, παρόλα τα πολλαπλά πλήγματα που δέχτηκε.

Ένα από τα βασικότερα διδάγματα του Κουν ήταν ότι οι όποιες *ανωμαλίες* στο παλιό *Παράδειγμα* δεν αρκούν για την κατεδάφισή του. Θα πρέπει να υπάρχει ένα άλλο *Παράδειγμα*, το οποίο έχει ήδη αναπτυχθεί και ανταγωνίζεται το παλιό. Το ερώτημα που ανακύπτει είναι αν το αναλογικά μοντέλα μπορούν να παίξουν αυτό τον ρόλο. Ξεκινήσαμε αυτό το κεφάλαιο από μία ανάλογη υπόθεση του Χαρέ (Harre, 1970) ο οποίος μιλάει για Κοπερνίκεια επανάσταση στην φιλοσοφία της επιστήμης. Σε αυτό το κεφάλαιο είδαμε ότι η αναλογική σκέψη στην επιστήμη έχει την δική της ορθολογικότητα και παρουσιάζει φιλοσοφικό ενδιαφέρον. Αν όμως η αναλογική σκέψη σύμφωνα με την εξαγγελία του Χαρέ αξιώσει κεντρικότητα ή αποκλειστικότητα, τα πράγματα αλλάζουν. Αν τα μοντέλα έρθουν στο κέντρο της ανάλυσης γεννιούνται νέες απαιτήσεις σχετικά με τον ορισμό τους, την φιλοσοφική

γονιμότητά τους και το καινούργιο που μπορεί να φέρουν στην φιλοσοφία της επιστήμης. Οι ερευνητές που εξέτασα σε αυτό το κεφάλαιο, δεν φαίνεται να εκπληρώνουν τις εξαγγελίες για την γένεση ενός νέου *Παραδείγματος* με βάση την έννοια του αναλογικού μοντέλου.



## 6. Παράρτημα: Αναδραστική Θεωρία και η Μεταφορά της Φύσης ως Μηχανής

Πριν κλείσουμε την ενότητα για τα μοντέλα ισομορφισμού, ας επιστρέψουμε στην μηχανική φύση την οποία έχουν συνήθως τα μοντέλα-βάσεις, η οποία παραπέμπει στην γενικότερη μεταφορά της φύσης ως μηχανής. Η τελευταία φαίνεται ότι οργανώνει την ίδια φυσική σκέψη, με τους όρους του Μπλακ, η μηχανή αποτελεί *αρχέτυπο* για κάθε φυσικό σύστημα.

Με τη λέξη *αρχέτυπο* εννοώ το συστηματικό ρεπερτόριο ιδεών μέσω των οποίων ένας δεδομένος διανοητής περιγράφει, με *αναλογική επέκταση*, κάποια περιοχή στην οποία αυτές ιδέες δεν εφαρμόζονται κυριολεκτικά και αμέσως (Black 1968, 241)

Ποιο είναι όμως το ρεπερτόριο ιδεών που κρύβεται πίσω από την μεταφορά της μηχανής; Ή, πιο απλά, τι είναι μηχανή; Στην περίπτωση που υπάρχει μια σαφής και σταθερή απάντηση στο τελευταίο ερώτημα, η ίδια η μεταφορά καθίσταται πλεοναστική. Αν, με τον όρο μηχανή εννοούμε π.χ. την μετάδοση της κίνησης από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι «φυσικό σύστημα είναι ένα σύνολο σωμάτων στα οποία υπάρχει μετάδοση της κίνησης από το ένα στο άλλο» και να ξεχάσουμε την μεταφορά.

Σύμφωνα με τον Μπλακ, υπάρχουν μεταφορές που είναι πράγματι πλεοναστικές, μεταφορές οι οποίες είναι διακοσμητικά στοιχεία και μπορούν να παραλειφθούν χωρίς καμία απώλεια και μεταφορές μη πλεοναστικές, οι οποίες παράγουν ένα «ξεχωριστό τρόπο απόκτησης κατανόησης» ο οποίος «δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ως διακοσμητικό συμπλήρωμα για την ευθεία σκέψη» (Black 1968, 237)<sup>45</sup>

Η μη πλεοναστικότητα της μεταφοράς βασίζεται, κατά τον Μπλακ, στον αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα της. Παίρνοντας το παράδειγμα της μεταφοράς, «ο άνθρωπος είναι λύκος», ο Μπλακ εξηγεί τον αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα, ξεκινώντας από την προφανή λειτουργία της μεταφοράς, την διατύπωση κάποιας άποψης σχετικά με τον άνθρωπο:

---

<sup>45</sup> Αυτή η αντίληψη συγκροτεί την θεωρία της αντικαταστάσιμης μεταφοράς (substitution view of metaphor) σύμφωνα με την οποία κατανόηση μιας μεταφοράς είναι «η αποκωδικοποίηση ενός κώδικα ή το λύσιμο ενός αινίγματος» (Black 1968, 32).

Οποιοσδήποτε ανθρώπινες ιδιότητες οι οποίες χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία μπορούν να διατυπωθούν στη «λυκόγλωσσα» θα αναδειχθούν κυρίαρχες, οι υπόλοιπες θα μείνουν στο παρασκήνιο. Η μεταφορά του λύκου απαλείφει κάποιες λεπτομέρειες, τονίζει άλλες, εν συντομία, *οργανώνει την άποψη μας για τον άνθρωπο.* (Black 1968, 41)

Σε όλη αυτή την προβληματική, όμως, προϋποτίθεται ότι η λέξη «λύκος» έχει ένα σταθερό σύνολο σημασιών, το οποίο ενώ συνεισφέρει στον προσδιορισμό του «ανθρώπου», παραμένει το ίδιο αναλλοίωτο. Αν η όλη λειτουργία της μεταφοράς περιοριζόταν εδώ, η μεταφορά θα ήταν πράγματι πλεοναστική. Διότι θα μπορούσαμε να αντικαταστήσουμε τον λύκο με τις ιδιότητες οι οποίες τον χαρακτηρίζουν, όπως «επιθετικός», «άγριος», «ανηλεής» κλπ, και να έχουμε μία κυριολεκτική πρόταση

*Ο άνθρωπος είναι ανηλεής, άγριος, επιθετικός κλπ.*

Σε αυτό ακριβώς το σημείο ο Μπλάκ εισάγει την προβληματική της αλληλεπίδρασης. Την ίδια στιγμή που ο «άνθρωπος» αποκτά σημασίες μέσω της σύγκρισής του με τον «λύκο» συμβαίνει και το αντίθετο: ο «λύκος» αποκτάει ανθρώπινες ιδιότητες και αντιμετωπίζεται με ανθρωπομορφικούς όρους:

Εάν με το να καλέσουμε τον άνθρωπο λύκο ισοδυναμεί με το να τον θέσουμε κάτω από ένα ειδικό φως, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η μεταφορά κάνει τον λύκο να μοιάζει περισσότερο ανθρώπινο.. (Black 1968, 43-44)

Τελικά, η μεταφορά αλληλεπίδρασης δεν λέει κάτι απλώς για τους ανθρώπους μέσω των λύκων, ούτε κάτι για τους λύκους μέσω των ανθρώπων. Παράγει ένα νέο νόημα, μια νέα πρόταση, όπου

[δύο] σκέψεις διαφορετικών πραγμάτων, δρουν ταυτόχρονα φτιάχνοντας μια απλή λέξη ή φράση, της οποίας το νόημα είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους (Black 1968, 38)

Με βάση την παραπάνω ανάλυση μπορούμε τώρα να θέσουμε το ερώτημα αν η μεταφορά «Η φύση είναι μηχανή» έχει αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα, ή αντίθετα, αν είναι εξαλείψιμη και αντικατάσιμη από μία κυριολεκτική πρόταση. Αν, με άλλα λόγια, υπάρχει ένα κυριολεκτικός και αποδεκτός ορισμός της «μηχανής» που θα

καθιστούσε κάθε μεταφορά πλεοναστική. Σχετικά με αυτό το ερώτημα, η Έσε παρατηρεί ότι η μεταφορά της μηχανής δεν προσδιόρισε μόνο τον τρόπο με τον οποίο ερευνάται η φύση αλλά όρισε εμμέσως τις μηχανές ως μάζες σε κίνηση (Hesse 1966, 163). Επεκτείνοντας τον προβληματισμό της Έσε, μπορούμε να δούμε τον τρόπο με τον οποίο η έρευνα της φύσης άλλαζε και έδινε νέες σημασίες στον όρο-πρότυπο: Ξεκινώντας από τις απλές μηχανές, όπως τα ρολόγια, πηγαίνοντας κατόπιν στις μηχανές εσωτερικής καύσης και τις χημικές μηχανές, κατόπιν στις ηλεκτρομαγνητικές και τελικά στις ηλεκτρονικές μηχανές χάνεται ακόμα και αυτό ο απλός ορισμός της «μάζας σε κίνηση», καθώς οι ηλεκτρονικές μηχανές, σύμφωνα με τους τρέχοντες ορισμούς, διακινούν πληροφορία. Η μεγάλη μεταφορά/ αρχέτυπο της μηχανής δεν αποτελεί ως εκ τούτου ένα σταθερό σύνολο μεταφυσικών ή αυθαίρετων αντιλήψεων για το τι είναι η φύση, αλλά ενεργοποιεί και την περιοχή- βάσης, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα δυναμικό πρότυπο αλληλεπίδρασης.

Οι μεταφυσικές αντιλήψεις οι οποίες βρίσκονται στον «σκληρό πυρήνα» της επιστήμης αλλά και κάθε συγκεκριμένης θεωρίας, έχουν θεωρηθεί από πολλούς ερευνητές (Popper, Lakatos) ως υπεύθυνες για την συγκρότηση και το ευρετικό δυναμικό της θεωρίας. Αυτές όμως οι αντιλήψεις θεωρούνται πάντα προτάσεις, συγκεκριμένες δηλαδή δεσμεύσεις, οι οποίες μπορεί κάποια στιγμή να ανατραπούν. Γιατί όμως να θεωρήσουμε δεδομένο, ότι οι μεταφυσικές προϋποθέσεις μελέτης της φύσης αποτελούν άκαμπτο σύνολο προτάσεων; Σύμφωνα με την θεωρία της αλληλεπίδρασης, μπορούμε να φανταστούμε ότι στον «σκληρό πυρήνα» της επιστήμης υπάρχουν μη προτασιακά μοντέλα, όπως η μηχανή, τα οποία αλλάζουν καθώς η επιστήμη εξελίσσεται και επεκτείνεται σε νέες περιοχές.

---

---

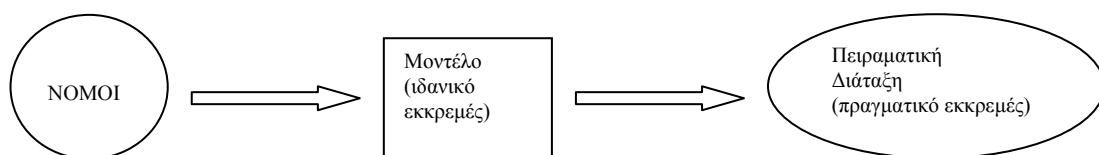
### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ενδιάμεσα Μοντέλα και Σημασιολογική Προσέγγιση

---

---

#### Εισαγωγή: Το Ψεύδος των Φυσικών Νόμων και τα Ενδιάμεσα Μοντέλα.

Η Νάνση Καρτράιτ (Nancy Cartwright) στο βιβλίο της «Γιατί οι Νόμοι της Φυσικής Ψεύδονται» (Cartwright 1983) επιχειρηματολογεί υπέρ της άποψης που φαίνεται στον τίτλο. Παρά, όμως, την εκ πρώτης όψεως προκλητικότητα της άποψης, αυτό που ισχυρίζεται η Καρτράιτ θεωρείται κοινός τόπος για τους φυσικούς: οι νόμοι της φυσικής δεν είναι εφαρμόσιμοι απευθείας στη φύση. Περιέχουν τόσες παραδοχές, απλοποιήσεις και εξιδανικεύσεις, ώστε ένας χωρίς προϋποθέσεις πειραματικός έλεγχος απλά θα τους διέψευδε. Οι νόμοι π.χ. που αφορούν στην κίνηση του εκκρεμούς, είναι αληθείς μόνο για μικρές γωνίες ταλάντωσης, όταν απουσιάζουν οποιεσδήποτε τριβές, κοκ, είναι αληθείς τελικά όχι σε πραγματικά εκκρεμή, αλλά σε εξιδανικευμένες ρέπλικες, σε αυτό που ονομάζεται στην τρέχουσα γλώσσα της φυσικής *μοντέλα*.



Τα μοντέλα με αυτή την έννοια, κατασκευάζονται ώστε να είναι όσο πιο καλές προσομοιώσεις γίνεται ενός φυσικού φαινομένου. Χρειάζεται μία δεύτερη, πρόσθετη διαδικασία για να ελεγχθεί το κατά πόσο καλά αναπαριστά το μοντέλο ένα πραγματικό φαινόμενο ή ένα φυσικό σύστημα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιγραφεί με γνωσιολογικούς όρους ως «σωτηρία του φαινομένου», κατά το εμπειριστικό πρότυπο, ως «ορθή αναπαράσταση» σύμφωνα με μία ρεαλιστική προσέγγιση ή ως προσέγγιση χρήσιμη για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, σύμφωνα με κάποιο είδος πραγματισμού. Ανεξάρτητα όμως από την γνωσιολογική τοποθέτηση,

αυτό που γίνεται δεν είναι η εφαρμογή των νόμων απευθείας στη φύση, αλλά σύγκριση ενός μοντέλου- στο οποίο έχουν εφαρμοστεί οι νόμοι- και ενός πραγματικού συστήματος. Για να επιτευχθεί αυτή η σύγκριση, χρειάζονται πρόσθετες απλοποιήσεις, επί τούτου παραδοχές, τροποποιήσεις των φυσικών νόμων, όλα αυτά παράλληλα με τον πειραματικό έλεγχο σε μία διαδικασία συνεχούς αλληλεπίδρασης (πείραμα- διόρθωση μοντέλου- νέο πείραμα κοκ). Τα μοντέλα τα οποία μεσολαβούν, με αυτή την έννοια, ανάμεσα στην θεωρία και στην εμπειρία αποτελούν μία τρίτη ερμηνεία της έννοιας, η οποία όπως και οι άλλες δύο, χρησιμοποιείται στην τρέχουσα επιστήμη. Το ερώτημα τώρα είναι ποια είναι η φιλοσοφική σημασία αυτών των ενδιάμεσων (ή εξιδανικευμένων) μοντέλων και ποιες επιπτώσεις μπορεί να έχει στα ερωτήματα περί της επιστήμης το γεγονός της μεσολάβησής τους ανάμεσα στην θεωρία και στο φυσικό κόσμο.

Σύμφωνα με τον Σούπις (Patrick Suppes, ενότητα 1), η παραδεδομένη άποψη η οποία διαμορφώθηκε από το λογικό εμπειρισμό, αγνοώντας τα ενδιάμεσα μοντέλα, κατασκεύασε τελικά μια απλοποιημένη εικόνα της επιστήμης. Ο Σούπις θεωρεί ότι αυτό που πρέπει να κάνει η φιλοσοφία της επιστήμης είναι να στραφεί σε αυτά τα μοντέλα, μετατοπίζοντας το βάρος από το επίπεδο της σύνταξης (στο οποίο διατυπώνονται τα αξιώματα και οι νόμοι σε μια συγκεκριμένη γλώσσα) στο επίπεδο της σημασίας, στο επίπεδο δηλαδή της κατασκευής των συγκεκριμένων μοντέλων, τα οποία προορίζονται να αναπαραστήσουν τα φυσικά φαινόμενα. Αυτή η εστίαση στην κατασκευή των μοντέλων, γνωστή ως *σημασιολογική προσέγγιση*, άνοιξε ένα νέο πεδίο ερωτημάτων στην φιλοσοφία το οποίο χωρίζω σε δύο ρεύματα.

Σύμφωνα με το πρώτο ρεύμα, (Suppe, van Fraassen, Cartwright, ενότητα 2), η σημασιολογική προσέγγιση επαναπροσδιορίζει τις σχέσεις θεωρίας και εμπειρίας και επιχειρεί να επαναπραγματευτεί κλασικά γνωσιολογικά προβλήματα, όπως το πρόβλημα της σχέσης γλώσσας- κόσμου ή τη διαμάχη ρεαλισμού- εμπειρισμού.

Σύμφωνα με το δεύτερο ρεύμα (Sneed- Stegmüller, ενότητα 3) η σημασιολογική προσέγγιση μπορεί να προσφέρει ένα νέο τρόπο πραγμάτευσης των ερωτημάτων που τέθηκαν με το έργο του Τόμας Κουν, και αφορούν την σύγκριση θεωριών, την αλλαγή Παραδείγματος κοκ.

## 1. Ο Πάτρικ Σούπις και η Γένεση της Σημασιολογικής Άποψης.

### 1.1 Τα Μοντέλα των Μαθηματικών και τα Μοντέλα των Φυσικών

Ο Πάτρικ Σούπις (Patrick Suppes) θεωρεί ότι η έννοια του μοντέλου, όπως αναπτύχθηκε στα μαθηματικά, σύμφωνα με την οποία «η θεωρία είναι μια γλωσσική οντότητα που αποτελείται από ένα σύνολο προτάσεων και τα μοντέλα είναι μη-γλωσσικές οντότητες στις οποίες η θεωρία ικανοποιείται» (Suppes 1961, 166), μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κλάδους της φυσικής, στη μαθηματική στατιστική ή στις κοινωνικές επιστήμες. Ο Σούπις, αναγνωρίζει ότι η λέξη μοντέλο δεν χρησιμοποιείται με αυτή την έννοια στις φυσικές επιστήμες. Παραδέχεται ότι πολλοί φυσικοί βλέπουν τα μοντέλα «ως πολύ συγκεκριμένο φυσικό πράγμα χτισμένο σε μια αναλογία» (Suppes 1961, 166) αλλά κατά τη γνώμη του αυτό δεν είναι ασύμβατο με τη μαθηματική λογική.

Το να ορίσουμε τυπικά ένα μοντέλο ως συνολο-θεωρητική οντότητα, η οποία είναι ένα συγκεκριμένο είδος διατεταγμένων συνδυασμών, που με τη σειρά τους συνίστανται από ένα σύνολο αντικειμένων, σχέσεων και λειτουργιών πάνω σε αυτά τα αντικείμενα, δεν σημαίνει ότι πρέπει να αποκλείσουμε το φυσικό μοντέλο του είδους που επικαλούνται οι φυσικοί, γιατί το φυσικό μοντέλο μπορεί απλώς να παρθεί έτσι ώστε να οριστούν τα σύνολα των αντικειμένων στο συνολο-θεωρητικό μοντέλο. (Suppes 1961, 166- 167).

Μέχρι εδώ, ο Σούπις φαίνεται να επαναλαμβάνει ακριβώς τις προκειμένες του προτασιακού προτύπου. Αυτό που φαίνεται ότι προτείνει στο παραπάνω απόσπασμα, είναι η χρήση της τυπικής σημασιολογίας, μέσω κάποιας πρώτης βοήθειας από αναλογικά μοντέλα. Ο Σούπις, όμως, διαφοροποιείται από το προτασιακό πρότυπο, καθώς μετατοπίζει το επιστημολογικό βάρος από το επίπεδο της σύνταξης στο επίπεδο της σημασίας, εστιάζοντας όχι στην γλώσσα της θεωρίας, αλλά απευθείας στα μοντέλα αυτής της γλώσσας και στον τόπο κατασκευής τους. Ο Σούπις είναι ένας από τους πρωταγωνιστές αυτής της «στροφής στη σημασία», η οποία ανέδειξε την *σημασιολογική προσέγγιση* στις επιστημονικές θεωρίες που θα εξετάσω σε αυτό το κεφάλαιο. Οι υπέρμαχοι αυτής της προσέγγισης στοχεύουν στην συγκρότηση ενός αντι-προτασιακού φιλοσοφικού προτύπου, το οποίο θα χρησιμοποιεί ως μονάδα ανάλυσης της επιστήμης το μοντέλο. Προκειμένου να διευκρινίσω την οπτική Σούπις, θα ξεκινήσω από την άποψή του για την αξιωματικοποίηση των φυσικών θεωριών.

### *1.2 Μαθηματικά ή Μετά- Μαθηματικά;*

Η φιλοσοφία της επιστήμης πρέπει να χρησιμοποιεί μαθηματικά και όχι μετά-μαθηματικά (Suppes 1957, κεφ.12)

Με το παραπάνω μόντο ο Σούπις επιχειρεί να διαχωρίσει την δική του αντίληψη για την αξιωματικοποίηση της φυσικής από αντίστοιχες του λογικού εμπειρισμού. Πίσω από το μόντο του Σούπις, κρύβεται, όπως θα δούμε, ένας φιλοσοφικός ισχυρισμός, ο οποίος έχει μία ασθενή και μία ισχυρή εκδοχή. Ξεκινώντας από τον πρώτη, λέγοντας μετά- μαθηματικά ο Σούπις αναφέρεται στη μαθηματική λογική και ειδικότερα στη γλώσσα των Principia. Θεωρεί την τελευταία ακατάλληλη για την αξιωματικοποίηση της φυσικής, λόγω του «ποιοτικού» χαρακτήρα των κατηγορημάτων της, ο οποίος έρχεται σε αντίθεση με την ποσοτική γλώσσα της επιστήμης. Ο Σούπις θεωρεί την λύση στο παραπάνω πρόβλημα απλή: η αξιωματικοποίηση της φυσικής θα πρέπει να επιχειρηθεί απευθείας στην γλώσσα που διατυπώνεται η φυσική, δηλαδή στα μαθηματικά, και όχι σε μια τεχνική, μετά-μαθηματική γλώσσα, όπως αυτή των Principia. Όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, ο λογικός εμπειρισμός είχε μία σαφή θέση για την αναγκαιότητα της χρήσης της γλώσσας των Principia. Μόνο μια τέτοια γλώσσα, η οποία ουσιαστικά συνοψίζει τους κανόνες του ορθού συλλογισμού, μπορεί να αποτελέσει το επιστημολογικό θεμέλιο οποιοδήποτε επιστημονικού κλάδου, των μαθηματικών συμπεριλαμβανομένων. Ο «ποιοτικός χαρακτήρας» της γλώσσας των Principia, στον οποίο αναφέρεται ο Σούπις δεν μπορεί να είναι αντεπιχείρημα στην παραπάνω θέση, από την στιγμή που ο Φρέγκε καταρχήν και κατόπιν οι Γουάιτχεντ και Ράσελ είχαν επιτύχει την αναγωγή της έννοιας του αριθμού σε λογικές και συνολοθεωρητικές έννοιες. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, αυτό που ονόμασα «ασθενή εκδοχή» του ισχυρισμού του Σούπις οδηγεί σε μία παράκαμψη αυτής της «αναγωγής» για λόγους βολικότητας και ως τέτοιος δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο φιλοσοφικό ενδιαφέρον. Θα δούμε παρακάτω ότι ο τρόπος αξιωματικοποίησης που προτείνει ο Σούπις οδηγεί στην ισχυρή εκδοχή του ισχυρισμού του και στη γένεση της σημασιολογικής άποψης.

### 1.3 Αξιοματικοποίηση με Συνολοθεωρητικό Κατηγορήμα

Από τους διάφορους τρόπους που υπάρχουν για την αξιοματικοποίηση ενός κλάδου<sup>46</sup>, ο Σούπις θεωρεί καταλληλότερο το μη- τυπικό τρόπο μέσω συνολοθεωρητικού κατηγορήματος. Στις τυπικές αξιοματικοποιήσεις, η θεωρία γίνεται κατανοητή ως ένα παραγωγικό σύνολο προτάσεων, οι οποίες λαμβάνουν την τιμή «αληθής», όταν ερμηνευτούν με κατάλληλο τρόπο τα μη λογικά σύμβολα. Οι μη τυπικές αξιοματικοποιήσεις μπορούν να θεωρηθούν ως ορισμοί ενός συνολοθεωρητικού κατηγορήματος («το  $a$  είναι  $S$ »). Για να γίνει κατανοητή η διαφορά, ακολουθώντας τον Σούπις (Suppes 1957, 249- 259), θα παρουσιάσουμε πως ένα συγκεκριμένο παράδειγμα (η θεωρία ομάδων) μπορεί να αξιοματικοποιηθεί με τους δύο τρόπους<sup>47</sup>:

Ένας **τυπικός τρόπος** αξιοματικοποίησης γίνεται με κατηγορηματικό λογισμό και ισότητα, όπου το μόνο μη- λογικό σύμβολο είναι το  $\bullet$ . Σύμφωνα με αυτόν, η θεωρία ομάδων συνίσταται στα παρακάτω αξιώματα:

$$(x)(y)(z)(x \bullet (y \bullet z) = (x \bullet y) \bullet z)$$

$$(x)(y) (\exists z) (x = y \bullet z)$$

$$(x)(y) (\exists z) (x = z \bullet y)$$

Ο δεύτερος (μη- τυπικός) τρόπος αξιοματικοποίησης γίνεται με τον προσδιορισμό του **συνολοθεωρητικού κατηγορήματος** («το  $x$  είναι ομάδα»):

Το  $x$  είναι ομάδα αν και μόνο αν, υπάρχει ένα  $D$  και  $\bullet$  έτσι ώστε:

$$(1) x = (D, \bullet)$$

(2)  $D$  δεν είναι ένα κενό σύνολο.

(3)  $\bullet$  είναι μια συνάρτηση της οποίας το πεδίο ορισμού είναι το  $D \times D$  και το πεδίο τιμών ένα υποσύνολο του  $D$ .

(4) για όλα τα  $a, b, c$  που ανήκουν στο  $D$ , ισχύει ότι

$$a \bullet (b \bullet c) = (a \bullet b) \bullet c$$

(5) για όλα τα  $a, b$  που ανήκουν στο  $D$ , υπάρχει ένα  $e$  που ανήκει στο  $D$ , έτσι ώστε  $a = b \bullet e$

(6) για όλα τα  $a, b$  που ανήκουν στο  $D$ , υπάρχει ένα  $e$  που ανήκει στο  $D$ , έτσι ώστε  $a = e \bullet b$

Το  $D$  μπορεί να αποτελείται από φυσικά αντικείμενα όπως κομμάτια πηλού ή μη φυσικά αντικείμενα, όπως αριθμοί ή περιστροφές.

Η διαφορά των δύο τρόπων είναι ότι, ενώ ο πρώτος δίνει μία «χωρίς νόημα» σειρά συμβολικών αξιωμάτων, στα οποία στη συνέχεια πρέπει να δοθεί ερμηνεία, ο

<sup>46</sup> Βλ. Sneed (1971, 1-14), και Stegmuller (1976, 30- 37).

<sup>47</sup> Μια απλουστευμένη παρουσίαση παραθέτει και ο βαν- Φράσεων στο άρθρο του «A Formal Approach to the Philosophy of Science (van Fraassen 1972, 310)



δεύτερος τρόπος προσδιορίζει απευθείας την δομή όλων των μοντέλων που ικανοποιούν την ομάδα των αξιωμάτων. Ενώ στον πρώτο τρόπο, θα ορίζαμε τα μοντέλα της αξιωματικοποίησης ως όλες εκείνες τις δομές στις οποίες οι προτάσεις της θεωρίας είναι αληθείς, με τον δεύτερο τρόπο τα μοντέλα προσδιορίζονται απευθείας, καθώς προσδιορίζεται η κοινή συνολοθεωρητική δομή τους. Ο πρώτος τρόπος δεσμεύει θεωρητικά σε μια συγκεκριμένη γλώσσα (τον κατηγορηματικό λογισμό με ισότητα) και στα συγκεκριμένα αξιώματα και σύμβολα της συγκεκριμένης γλώσσας. Ο δεύτερος τρόπος είναι μη τυπικός διότι δεν τίθεται υπό τους συγκεκριμένους περιορισμούς μιας συγκεκριμένης μαθηματικής γλώσσας. Με τους όρους του πρώτου κεφαλαίου, μέσω του δεύτερου τρόπου, προσδιορίζεται απευθείας η δομή  $A$  (βλ. Κεφ. 1, 1.4), χωρίς την παράθεση μιας συγκεκριμένης λογικής γλώσσας, όπως αυτή των *Principia*. Το κέρδος της πρώτης αξιωματικοποίησης, είναι βέβαια η αυστηρότητα, καθώς είναι δυνατή η τυποποίηση των αποδεικτικών διαδικασιών. Η δεύτερη αξιωματικοποίηση χρησιμοποιείται καθώς πολλές φορές είναι δύσκολο το πρώτο είδος αξιωματικοποίησης.

Ο δεύτερος τρόπος αποτελεί τον προσδιορισμό του κατηγορήματος «το  $x$  είναι ομάδα». Ο προσδιορισμός, βέβαια, της ομάδας, μπορούσε να γίνει και μέσω των αξιωμάτων της ομάδας  $I$ , σύμφωνα με έναν κατά Τάρσκι ορισμό, «ομάδα είναι οποιαδήποτε υλοποίηση στην οποία οι προτάσεις  $I$  είναι αληθείς». Οι δύο προσεγγίσεις λοιπόν δεν διαφέρουν από μαθηματική- λογική άποψη. Οι δύο τρόποι είναι ισοδύναμοι, καθώς έχουν την ίδια τάξη μοντέλων<sup>48</sup>. Υπ' αυτή την έννοια η προσέγγιση του Σούπις θα μπορούσε να μείνει στο στενό κύκλο των προσπαθειών αξιωματικοποίησης της φυσικής χωρίς φιλοσοφικές επιπτώσεις. Η αξιωματικοποίηση, όμως, μέσω συνολοθεωρητικού κατηγορήματος αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο διατυπώνονται οι εμπειρικοί ισχυρισμοί μιας θεωρίας και κατ' επέκταση, όπως θα δούμε, την σχέση θεωρίας- εμπειρίας.

#### *1.4 Εμπειρικοί Ισχυρισμοί και Συνολοθεωρητικό Κατηγορήμα*

Σύμφωνα με την αξιωματικοποίηση  $I$ , όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, οι εμπειρικοί ισχυρισμοί παίρνουν την προτασιακή μορφή « $Pa$ », δηλαδή κατηγορημα+όρισμα του κατηγορήματος. Αντίθετα, στην αξιωματικοποίηση  $II$ , οι εμπειρικοί

<sup>48</sup> Όπως παρατηρεί ο Σίνιτ, «The two approaches are simply two different ways of skinning the same cat» (Sneed 1971, 11).

ισχυρισμοί παίρνουν την μορφή «το  $\alpha$  είναι  $S$ », όπου το  $\alpha$  είναι ένα φυσικό σύστημα, για το οποίο διατυπώνεται ο εμπειρικός ισχυρισμός ότι είναι περιγράψιμο μέσω της μαθηματικής δομής  $S$ . Για να δούμε την διαφορά μέσω ενός παραδείγματος, στην προτασιακή αξιωματικοποίηση οι εμπειρικοί ισχυρισμοί είναι του τύπου «το νερό στερεοποιείται στους  $0^\circ$  βαθμούς Κελσίου», ενώ στην δεύτερη περίπτωση είναι του τύπου «το φυσικό εκκρεμές περιγράφεται από την κλασική μηχανική». Με τον πρώτο τρόπο, μονάδα ανάλυσης είναι η πρόταση και κατ' επέκταση η σχέση της με ένα παραγωγικό σύστημα προτάσεων και με μια κατάσταση πραγμάτων στον κόσμο. Στην δεύτερη περίπτωση, μονάδα ανάλυσης είναι ένα ολόκληρο φυσικό σύστημα, του οποίου, αφού η συμπεριφορά ανασυγκροτηθεί μέσω της μαθηματικής- πειραματικής μεθόδου, εξετάζεται κατά πόσο είναι εξηγήσιμη μέσω μιας συγκεκριμένης θεωρίας. Θα μπορούσε, βέβαια, κάποιος να αντιτείνει, ότι ένας εμπειρικός ισχυρισμός του τύπου «το  $\alpha$  είναι  $S$ » σε τελική ανάλυση ανάγεται σε ένα πεπερασμένο αριθμό εμπειρικά ελέγξιμων προτάσεων και αυτό ακριβώς είναι η ουσία του προτασιακού προτύπου. Εδώ όμως έρχεται η ιδέα του Σούπις η οποία προσδίδει στην όλη προσπάθεια το φιλοσοφικό βάρος: ο εμπειρικός έλεγχος του κατά πόσο ένα σύστημα  $\alpha$  περιγράφεται από μια θεωρία της μαθηματικής φυσικής, απαιτεί μια σειρά *μεσολαβήσεων*, μια σειρά μοντέλων ανάμεσα στη θεωρία και στη τελική πειραματική πράξη. Όπως θα δούμε αμέσως, αυτή η *ιεραρχία των μοντέλων*, όπως την ονομάζει ο Σούπις, προσδίδει στην εμπειρική επιβεβαίωση μιας θεωρίας τον μη προτασιακό χαρακτήρα της.

### *1.5 Η Ιεραρχία των Μοντέλων.*

Ένα από τα παλιά ελαττώματα των φιλοσόφων της επιστήμης είναι το ότι υπεραπλούστευσαν τη δομή της επιστήμης... Αυτό που προσπάθησα να ισχυριστώ είναι ότι μια ολόκληρη ιεραρχία μοντέλων στέκεται μεταξύ του μοντέλου της βασικής θεωρίας και της πλήρους πειραματικής εμπειρίας... Σε κάθε επίπεδο... υπάρχει μια θεωρία με την δική της αυτόνομη αξία (in its own right). Η θεωρία στο ένα επίπεδο παίρνει εμπειρικό νόημα με τη συγκρότηση τυπικών συνδέσεων με τη θεωρία στο κατώτερο επίπεδο... (Suppes 1962, 34).

Η παραδεδομένη εικόνα για την δομή της επιστήμης, σύμφωνα με τον Σούπις είναι απλοϊκή, διότι παραγνωρίζει το γεγονός ότι ανάμεσα στις θεωρίες ως αφηρημένο λογισμό και στο εμπειρικό νόημά τους, υπάρχουν πάντα μία σειρά

μεσολαβήσεων, μία σειρά μοντέλων, τα οποία στο παραπάνω απόσπασμα το ονομάζει θεωρίες «in its own right»<sup>49</sup>. Ο λόγος για τον οποίο ο Σούπις ονομάζει τα μοντέλα «θεωρίες» είναι ότι η συγκρότηση τους δεν μπορεί να γίνει με τυπικό τρόπο, μέσω κανόνων αντιστοίχισης ή ερμηνείας, αλλά απαιτεί ad hoc προσαρμογές και υποθέσεις. Οι ενδιάμεσες αυτές θεωρίες- μοντέλα δεν προκύπτουν με τρόπο τυπικό από την υπό έλεγχο θεωρία, αλλά σχετίζονται με το συγκεκριμένο φυσικό σύστημα το οποίο μελετάται. Αυτές οι «ενδιάμεσες θεωρίες», όπως θα δούμε παρακάτω, ενώ είναι απαραίτητες για τον εμπειρικό έλεγχο μιας θεωρίας είναι αυτόνομες από αυτήν και ο τρόπος κατασκευής τους δεν είναι δυνατόν να τυποποιηθεί. Πριν επιστρέψουμε στη γενική συζήτηση, θα δούμε αυτή την ιεραρχία μοντέλων μέσω ενός παραδείγματος. Συγκεκριμένα, θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο εμπειρικός έλεγχος της κλασικής μηχανικής μέσω ενός συγκεκριμένου μοντέλου της (του κεκλιμένου επιπέδου)<sup>50</sup> απαιτεί αυτή την ιεραρχία των μοντέλων (απαιτεί δηλαδή παραδοχές και προσαρμογές οι οποίες δεν προκύπτουν από την ίδια την κλασική μηχανική).

#### Ιεραρχία Θεωριών, Μοντέλων και Προβλημάτων κατά τον Σούπις

Θεωρία	Τυπικά Προβλήματα
των Θεωρητικών Μοντέλων	Υπολογισμός θεωρητικών παραμέτρων, καταλληλότητα προσαρμογής με τα μοντέλα δεδομένων.
των Πειραματικών Μοντέλων	Επιλογή πειραματικών παραμέτρων, αριθμός πειραμάτων.
των Μοντέλων Δεδομένων	Ομογενοποίηση, προσαρμογή των πειραματικών παραμέτρων.
του Πειραματικού σχεδιασμού	Οργάνωση πειράματος, τυχαιοποίηση
των Ceteris Paribus Συνθηκών.	Θόρυβοι, αρώματα, φάσεις της σελήνης, κλπ

Ξεκινώντας λοιπόν από την θεωρία T, αυτό που πρέπει καταρχήν να γίνει κατά τον Σούπις είναι να καθοριστούν τα θεωρητικά μοντέλα. «Για να προωθήσουμε παραπέρα τις σχέσεις μεταξύ θεωρίας και πειράματος είναι απαραίτητο να

<sup>49</sup> Το «πρότυπο» του Σούπις για την συγκρότηση της θεωρίας του για την ιεραρχία των μοντέλων απετέλεσε η στατιστική: «είναι μια θεμελιώδης συνεισφορά της σύγχρονης μαθηματικής στατιστικής η αναγνώριση της ρητής ανάγκης ενός μοντέλου στην ανάλυση της σημασίας των πειραματικών δεδομένων» (Suppes 1962, 33)

<sup>50</sup> Παραλλάσσω το παράδειγμα του Σούπις (Suppes 1962) το οποίο προέρχεται από το χώρο της πειραματικής ψυχολογίας Παρόμοιες «προσαρμογές» της λογικής του Σούπις, όπως αυτή που επιχειρώ εδώ, έχουν γίνει από τον F. Suppe (1977, 107-8) και την D. Mayo (1996, κεφ. 5)

διατυπωθούν τα αξιώματα της θεωρίας, δηλαδή, να οριστούν τα μοντέλα της θεωρίας» (Suppes 1962, 254). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, μοντέλα της θεωρίας είναι όλα εκείνα τα φυσικά συστήματα στα οποία ικανοποιούνται οι νόμοι της κλασικής φυσικής. Σύμφωνα όμως με τον παραπάνω ορισμό, τα θεωρητικά μοντέλα, πρώτον, αφορούν άπειρα το πλήθος φυσικά συστήματα και δεύτερον, δίνουν συνεχείς συναρτήσεις ή άπειρες σειρές τιμών, οι οποίες δεν είναι δυνατόν βέβαια, να ληφθούν από το πείραμα. Εδώ υπεισέρχεται η *θεωρία του πειράματος (πειραματικά μοντέλα)*, η οποία θα πρέπει να καθορίσει, ποια από τα φυσικά συστήματα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της θεωρίας. Στην περίπτωση του παραδείγματός μας, δηλαδή, να καθορίσει τα κεκλιμένα επίπεδα γωνίας  $\alpha$ , προσδιορίζοντας τις πειραματικές παραμέτρους τους. Η θεωρία πειράματος πρέπει να καθορίσει επίσης πόσες μετρήσεις χρειάζονται ώστε να θεωρήσουμε ότι τα διακριτά σημεία που δίνει η πειραματική καμπύλη, ταυτίζονται με την συνεχή καμπύλη που δίνει το θεωρητικό μοντέλο. Και οι δύο λειτουργίες εμπλέκουν άλλες θεωρίες ως βοηθητικές υποθέσεις. Με αυτόν τον τρόπο, η αρχική θεωρία (κλασική μηχανική) έχει εξειδικευτεί μέσω της θεωρίας του πειράματος (ή των πειραματικών μοντέλων) στην περιγραφή εκείνων των διατάξεων (κεκλιμένων επιπέδων) οι οποίες θα ελεγχθούν ως προς το αν υπακούουν στους συγκεκριμένους νόμους τους οποίους προβλέπει η κλασική φυσική. Ο έλεγχος αυτός γίνεται φυσικά με συγκεκριμένα πειράματα, ώστε να συλλεχθούν τα ποσοτικά δεδομένα.

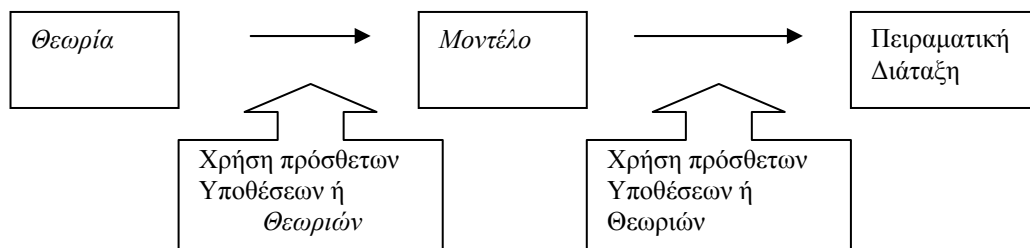
Για να ληφθούν όμως αυτά τα δεδομένα, θα πρέπει να σχεδιαστεί το πειραματικό πλαίσιο, να οργανωθεί το πείραμα. Σε αυτό τον σχεδιασμό πρέπει να υπάρξει ειδική φροντίδα ώστε να «τυχαιοποιηθούν» παράμετροι, οι οποίοι υποτίθεται ότι δεν παίζουν ρόλο στην πειραματική διαδικασία. Π.χ. να γίνει το πείραμα με σφαίρες διαφόρων μαζών, ώστε να επιβεβαιωθεί η ανεξαρτησία της μάζας από τα αποτελέσματα. Τόσο λοιπόν ο σχεδιασμός του πειράματος, όσο και η «τυχαιοποιήσεις» αποτελούν πράξεις οι οποίες συγκροτούν την *θεωρία του πειραματικού σχεδιασμού*.

Δεν είναι όμως ρητές όλες οι συνθήκες, υπό τις οποίες γίνεται το πείραμα. Η θεωρία του πειραματικού σχεδιασμού, βασίζεται σε αθεματοποίητες *ceteris paribus* συνθήκες, όπως ότι στο διπλανό εργαστήριο δεν πειραματίζονται με ισχυρούς ηλεκτρομαγνήτες οι οποίοι μπορούν να διαταράξουν την κίνηση της μεταλλικής σφαίρας (συνθήκη η οποία συνήθως ελέγχεται), ή ότι το φύλο του ερευνητή ή οι

φάσεις της σελήνης δεν παίζουν ρόλο στο πείραμα (συνθήκες οι οποίες συνήθως δεν ελέγχονται αλλά θεωρούνται δεδομένες) κοκ.

Όταν συλλεχθούν τα πειραματικά δεδομένα, δεν μπορούν να συγκριθούν ακόμα με τα προβλεπόμενα από τα θεωρητικά μοντέλα για δύο τουλάχιστον λόγους. Ο πρώτος είναι ότι τα θεωρητικά δεδομένα αφορούν άτριβα επίπεδα, ιδανικές σφαίρες κοκ, άρα πριν συγκριθούν με τα αντίστοιχα πειραματικά θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες προσαρμογές. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι τα θεωρητικά δεδομένα μπορεί να περιέχουν συναρτήσεις όπως η ορμή, οι οποίες δεν είναι απευθείας μετρήσιμες και θα πρέπει να υπολογιστούν με βάση τα πειραματικά δεδομένα. Κατά συνέπεια, χρειάζεται η *θεωρία των δεδομένων*, ώστε τα σειριακά δεδομένα (raw data) που δίνει το πείραμα να μετασχηματιστούν σε μια μορφή τέτοια, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα δεδομένα που προβλέπει η θεωρία. Στα πλαίσια της θεωρίας δεδομένων χρειάζονται και άλλες βοηθητικές υποθέσεις, όπως μια στατιστική θεωρία η οποία να δίνει κριτήρια σωστής προσαρμογής πειραματικών και θεωρητικών δεδομένων.

Ας συνοψίσουμε, τώρα, με βάση το παραπάνω παράδειγμα την διαφορά του Σούπις από το προτασιακό πρότυπο. Σύμφωνα με το τελευταίο, τα μοντέλα της θεωρίας, προσδιορίζονται δια των κανόνων αντιστοίχισης, οι οποίοι είναι ένα σύνολο σταθερών και αναλλοίωτων προτάσεων που δίνουν ερμηνεία σε κάποια από τα σύμβολα της θεωρίας. Αντίθετα, σύμφωνα με τον Σούπις, κατά την κατασκευή ενός μοντέλου της θεωρίας, πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα εργαλεία και υποθέσεις. Τα μοντέλα της θεωρίας, τελικά, δεν ανακαλύπτονται στο φυσικό κόσμο, αλλά κατασκευάζονται με βάση τον φυσικό κόσμο. Για την επιβεβαίωση ενός ισχυρισμού «το α είναι S» είναι απαραίτητες όλες αυτές οι πρόσθετες υποθέσεις, οι βοηθητικές θεωρίες και οι συνθήκες *ceteris paribus*. Απλοποιώντας την ιεραρχία των μοντέλων του Σούπις, το δίδαγμα από την προσέγγισή του είναι ότι οι θεωρίες δεν μιλάνε απευθείας για κάποιο φυσικό σύστημα. Μιλάνε πάντα για ένα μοντέλο ενός φυσικού συστήματος, μια εξιδανικευμένη κατασκευή, ή για μια ιεραρχία εξιδανικευμένων κατασκευών, οι οποίες απαιτούν για την κατασκευή τους βοηθητικές υποθέσεις και θεωρητικές παραδοχές οι οποίες δεν προκύπτουν από την υπό έλεγχο θεωρία.



Η ιδέα αυτής της «θεωρητικά εμποτισμένης μεσολάβησης» αλλάζει το πλαίσιο συζήτησης σχετικά με το αντικείμενο της επιστήμης. Από την στιγμή που όλες αυτές οι επικουρικές θεωρίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατά περίπτωση, ο εμπειρικός έλεγχος μιας θεωρίας δεν αφορά τον κόσμο ως όλον, αλλά συγκεκριμένα συστήματα. Κάθε σύστημα το οποίο ελέγχεται με βάση την θεωρία (ή ελέγχει την ορθότητα της θεωρίας) απαιτεί ειδικές, επιτόπιες προσαρμογές. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος του ισχυρισμού «το  $a$  είναι  $S$ » (π.χ. το «εκκρεμές περιγράφεται από την κλασική μηχανική») δεν ανάγεται στον εμπειρικό έλεγχο μιας σειράς προτάσεων δια κάποιων κανόνων αντιστοίχισης, λόγω ακριβώς του γενικού και καθολικού χαρακτήρα των τελευταίων. Η θεωρία δεν ελέγχεται θεωρώντας ότι ολόκληρος ο φυσικός κόσμος είναι το μοντέλο της, αλλά μέσω συγκεκριμένων μοντέλων, τα οποία κατασκευάζονται με την χρήση πρόσθετων παραδοχών ή «μίνι θεωριών». Αυτή η μετατόπιση από την μία και μοναδική «κοσμική εφαρμογή» του προτασιακού προτύπου, στη μελέτη των συγκεκριμένων συστημάτων- εφαρμογών της θεωρίας, μετατρέπει τα τελευταία σε απαραίτητο αντικείμενο μελέτης προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία της επιστήμης. Η θεώρηση η οποία ξεκινάει από τον Σούπις μετατοπίζει το επιστημολογικό βάρος από το επίπεδο της σύνταξης στον τρόπο κατασκευής των μοντέλων, στο χώρο δηλαδή της σημασίας. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο θα ονομαστεί *σημασιολογική* (semantic view of theories).

Η «σημασιολογική άποψη», όπως θα την ανασυγκροτήσω σε αυτό το κεφάλαιο, κινήθηκε προς δύο κατευθύνσεις. Η μία είναι η προσπάθεια αντιμετώπισης κλασικών φιλοσοφικών προβλημάτων, όπως αυτό της σχέσης γλώσσας και κόσμου ή της ύπαρξης μια ανεξάρτητης εξωτερικής πραγματικότητας (ρεαλισμός έναντι εμπειρισμού). Ο δεύτερος είναι η προσπάθεια επίλυσης φιλοσοφικών προβλημάτων τα οποία ξεκίνησαν από το έργο του Κουν, σχετικά με την ανοσία των επιστημονικών θεωριών από τα εμπειρικά δεδομένα, τα κριτήρια σύγκρισης διαφορετικών θεωριών, κλπ. Στις επόμενες δύο ενότητες θα εξετάσω αυτές τις δύο παραδόσεις ξεχωριστά.

## 2. Μοντέλα και Γνωσιολογικά Προβλήματα

### 2.1 Μοντέλα και Γλώσσα (Suppe)

#### 2.1.1. Μη- Προτασιακό= Μη- Γλωσσικό:

Σύμφωνα με τον Φρέντερικ Σάπι (Frederick Suppe), τόσο η άποψη για τις θεωρίες που διαμορφώθηκε από τον λογικό εμπειρισμό, όσο και οι προσπάθειες κριτικής αυτής της άποψης, παραμένουν σε αυτό που ίδιος ονομάζει προτασιακή ανασυγκρότηση της επιστήμης. Κατά τον Σάπι,

... οι θεωρίες δεν είναι συλλογή από προτάσεις ή αποφάνσεις, αλλά μάλλον εξω-γλωσσικές οντότητες οι οποίες μπορούν να περιγραφούν ή να χαρακτηριστούν με ένα αριθμό διαφορετικών γλωσσικών τυποποιήσεων (Suppe 1977, 221)

Ο Σάπι στο παραπάνω απόσπασμα φαίνεται ότι θέτει μια μείζονος σημασίας φιλοσοφική θέση, περί της μη γλωσσικής φύσης των επιστημονικών θεωριών. Για να διευκρινίσει τη θέση του, ο Σάπι αναφέρει την απόδειξη του βον Νόιμαν (von Neumann) ότι η κυματική μηχανική και η μηχανική μητρών, είναι ισοδύναμες διατυπώσεις (ή μαθηματικές τυποποιήσεις) της κβαντικής θεωρίας. Ξεκινώντας από αυτό το παράδειγμα, επεκτείνεται σε μια γενικότερη άποψη για την σχέση επιστημονικής θεωρίας και γλώσσας. Σύμφωνα με αυτήν, η θεωρία δεν πρέπει να ταυτίζεται με την προτασιακή διατύπωσή της, στο βαθμό που είναι δυνατόν να εκφραστεί με παραπάνω από μία διατυπώσεις. Πράγματι, η κβαντική θεωρία δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερη περίπτωση όσο αφορά την δυνατότητα πολλαπλών τυποποιήσεων, αφού η ίδια η νευτώνεια μηχανική ήδη από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, όχι μόνο τυποποιείται με διαφορετικούς τρόπους, αλλά κάποιοι από αυτούς τους τρόπους (όπως η μηχανική του Lagrange) χρησιμοποιούν και διαφορετικούς νόμους από την νευτώνεια. Το συμπέρασμα που βγάζει ο Σάπι από αυτή την δυνατότητα πολλαπλών κωδικοποιήσεων είναι ότι η γλωσσική ή προτασιακή προσέγγιση δεν συλλαμβάνει τα ουσιώδη χαρακτηριστικά των επιστημονικών θεωριών, τα οποία βρίσκονται έξω από την γλώσσα. Ο ίδιος αντιπροτείνει την *σημασιολογική προσέγγιση* (Suppe 1977, 221), σύμφωνα με την οποία η θεωρία δεν ταυτίζεται με το σύνολο των προτάσεων που την απαρτίζουν, αλλά με την *σημασία*, δηλαδή η επιστημονική θεωρία «πιστοποιείται

(qualifies) ως μοντέλο για κάθε μία από τις τυποποιήσεις της» (Suppe 1977, 222). Τι είδους όμως οντότητες είναι οι θεωρίες, οι οποίες βρίσκονται έξω και πέρα από τη γλωσσική διατύπωσή τους;

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, ο Σάπι προσδιορίζει την επιστημονική θεωρία με τους εξής όρους: μοντέλο, σημασία, μη- προτασιακότητα και τελικά εξω-γλωσσική οντότητα. Ο ισχυρισμός ότι τα μοντέλα/θεωρίες είναι οντότητες οι οποίες βρίσκονται έξω από την γλώσσα, αν έχει επαρκή βάση στήριξης, θέτει πράγματι σε νέες βάσεις ολόκληρη την φιλοσοφική πραγμάτευση της επιστήμης, αλλά όπως θα δούμε παρακάτω, ο Σάπι δεν προσφέρει επιχειρήματα ανάλογης βαρύτητας και απαιτούμενης σαφήνειας.

### 2.1.2. Το Φυσικό Σύστημα ως Κίνηση στο Χώρο των Φάσεων

Ο Σάπι, ακολουθώντας την βασική γραμμή της *σημασιολογικής προσέγγισης* εστιάζει στο αντικείμενο των επιστημονικών θεωριών, τα οποία συνίσταται σε μία τάξη φαινομένων γνωστών ως *επιδιωκόμενος σκοπός* της θεωρίας (Suppe 1977, 223). Τα φαινόμενα θεωρούνται απομονωμένα συστήματα που επηρεάζονται από επιλεγμένες παραμέτρους. Αυτό όμως δεν ισχύει ποτέ στον πραγματικό φυσικό κόσμο και ως εκ τούτου

αυτό που η θεωρία πραγματικά χαρακτηρίζει δεν είναι τα φαινόμενα μέσα στον επιδιωκόμενο σκοπό της αλλά μάλλον εξιδανικευμένες ρέπλικες αυτών των φαινομένων. Τέτοιες εξιδανικευμένες ρέπλικες καλούνται *φυσικά συστήματα*. (Suppe 1977, 224)

Η παραπάνω επισήμανση του Σάπι ανταποκρίνεται όντως σε μια κοινή διαίσθηση των φυσικών. Σύμφωνα όμως με αυτή διαίσθηση, η περιγραφή αυτών των φυσικών συστημάτων, γίνεται από ένα μίγμα τεχνικής γλώσσας και μαθηματικών, το οποίο χαρακτηρίζεται ως «θεωρία» και έχει σαφώς γλωσσικό χαρακτήρα<sup>51</sup>. Για να δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο Σάπι επιχειρηματολογεί υπέρ της μη γλωσσικής

---

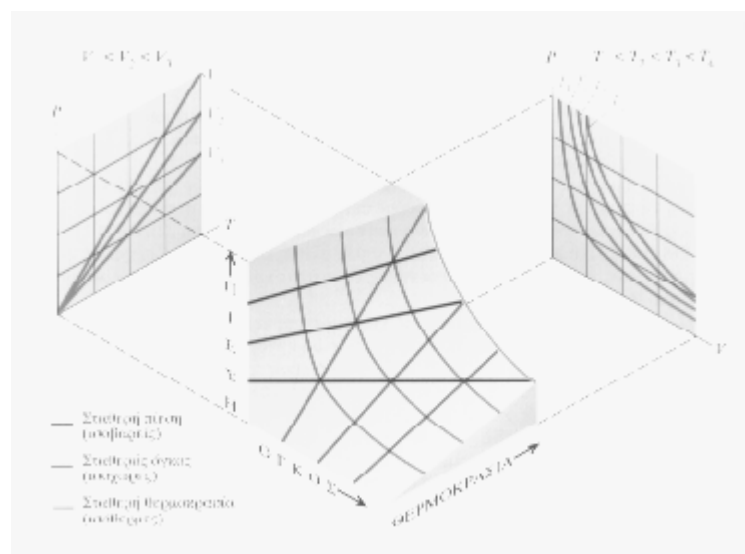
<sup>51</sup> Ο Σάπι δεν διευκρινίζει αν θεωρεί τα μαθηματικά γλώσσα αλλά και στις δύο περιπτώσεις το πρόβλημα παραμένει. Αν θεωρεί τα μαθηματικά γλώσσα, οι επιστημονικές θεωρίες είναι γλωσσικές οντότητες. Αν δεν θεωρεί τα μαθηματικά γλώσσα, τότε οι επιστημάνσεις του καταλήγουν στο τετριμμένο συμπέρασμα, ότι η όλο και μεγαλύτερη μαθηματικοποίηση της φυσικής απομακρύνει την τελευταία από την καθημερινή γλώσσα και τις διαισθήσεις που συνδέονται με αυτήν.



φύσης της επιστημονικής θεωρίας, θα πρέπει να παρακολουθήσουμε προσεκτικότερα τον ορισμό που δίνει στην τελευταία:

Οι επιστημονικές θεωρίες προτείνονται με σκοπό να χαρακτηρίσουν τη συμπεριφορά όλων των φυσικών συστημάτων που είναι εξιδανικευμένες ρεπλικές των φαινομένων μέσα στον επιδιωκόμενο σκοπό της θεωρίας. Η θεωρία καθ' αυτή είναι μια δομή που αναπαριστά την συμπεριφορά καθενός από αυτά τα φυσικά συστήματα. Στην περίπτωση που οι παράμετροι της θεωρίας είναι μετρήσιμες, αυτή η δομή μπορεί να είναι ο *χώρος των φάσεων*, που είναι ένας  $n$ -διάστατος χώρος, όπου οι  $n$  παράμετροι της θεωρίας είναι οι διαστάσεις του χώρου. (Suppe 1977, 226)

Για να καταλάβουμε τι εννοεί ο Σάπι ας πάρουμε ένα απλό παράδειγμα από την θερμοδυναμική, όπου με βάση τις μετρήσιμες παραμέτρους  $P$  (πίεση),  $V$  (όγκο) και  $T$  (θερμοκρασία) και τον νόμο των ιδανικών αερίων  $PV=nRT$ , κατασκευάζουμε την δομή που αναπαριστά την θερμοδυναμική θεωρία.



Σύμφωνα με την παραπάνω δομή, ένα ιδανικό αέριο, μπορεί να βρίσκεται κάθε φορά σε μια κατάσταση που αναπαρίσταται με ένα σημείο σε αυτή την επιφάνεια. Αν κάποια ή κάποιες από τις παραμέτρους μεταβάλλονται (με αντιστρεπτό τρόπο) το αέριο διαγράφει μία γραμμή πάνω στο χώρο των φάσεων. Αυτή η γραμμή μπορεί να αναπαριστά ένα φυσικό σύστημα, π.χ. την αντιστρεπτή κίνηση ενός εμβόλου. Κατά ανάλογο τρόπο, ο Σάπι δίνει το γενικό ορισμό του φυσικού συστήματος:

Αν όλοι οι σχηματισμοί (configuration) εκτός από έναν αποκλειστούν από τον χώρο των φάσεων, το αποτέλεσμα είναι ένα φυσικό σύστημα. Έτσι, οι θεωρίες είναι δομές, οι οποίες είναι χώροι φάσεων με σχηματισμούς αποτυπωμένους σε αυτές, σύμφωνα με τους νόμους της θεωρίας (Suppe 1977, 227)

Με βάση αυτή την ανάλυση, οι στοιχειώδεις προτάσεις που προκύπτουν από την παραγωγική δομή της θεωρίας, π.χ. ότι «όταν το αέριο έχει θερμοκρασία  $T_1$  και ο όγκος του είναι  $V_1$ , τότε η πίεση του είναι  $P_1$ » μπορούν να ελεγχθούν απευθείας μέσω του μοντέλου, χωρίς αναφορά στο παραγωγικό σύστημα. Μέχρι εδώ φαίνεται ότι ο Σάπι πετυχαίνει μια μαθηματική- εικονική αναπαράσταση της θεωρίας, η οποία θα μπορούσε να περιγραφεί με διαφορετικούς γλωσσικούς τρόπους. Ο ισχυρισμός όμως του Σάπι δεν είναι απλώς, ότι αυτή η αναπαράσταση είναι απαραίτητη μεσολάβηση ανάμεσα στη γλώσσα στη θεωρία και στο φυσικό κόσμο αλλά ότι ταυτίζεται τελικά με την θεωρία και η φύση της είναι μη γλωσσική. Θα δούμε παρακάτω ότι και οι δύο ισχυρισμοί δημιουργούν μεγάλα προβλήματα.

### 2.1.3. Πολλαπλοί Τρόποι Περιγραφής και Κόσμος

Καταρχήν, ο ίδιος ο Σάπι έρχεται να υπονομεύσει την ταύτιση θεωρίας και χώρου των φάσεων, παραδεχόμενος ότι έχει μία προβληματική συνέπεια. Στα πλαίσια της κλασικής μηχανικής, π.χ., για κάθε σύστημα  $n$ - σωμάτων, απαιτείται διαφορετική διάσταση του χώρου των φάσεων. Καθώς όμως κάθε χώρος των φάσεων, με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του, υποτίθεται ότι ταυτίζεται με την θεωρία, οδηγούμαστε στο ανεπιθύμητο συμπέρασμα ότι η κλασική μηχανική αποτελείται από άπειρες θεωρίες. Επιχειρώντας να θεραπεύσει αυτό το ελάττωμα, ο Σάπι προτείνει ότι θα πρέπει να δούμε αυτά τις δομές «όχι τόσο στενά δεμένες με τα πλαίσια αναφοράς» (Suppe 1977, 227). Πράγματι, μια θεωρία σχετικά ανεξάρτητη από συγκεκριμένα πλαίσια, μπορεί να παράσχει στον επιστήμονα την ελαστικότητα να συνδυάζει, να προσαρμόζει δομές ή να κατασκευάζει καινούργιες. Αυτό γίνεται όντως στη τρέχουσα επιστήμη, με την διαφορά ότι τα εργαλεία που κατέχει ο φυσικός ώστε να κατασκευάζει αυτές τις δομές είναι το μίγμα μαθηματικών και τεχνικής γλώσσας στο οποίο αναφέρθηκα προηγουμένως. Με άλλα λόγια, οι «δομές» ή τα «μοντέλα» στα οποία αναφέρεται ο Σάπι, συνοδεύονται από μία γλώσσα περιγραφής η οποία υποστηρίζει τον χειρισμό τους, τους μετασχηματισμούς τους και τις τεχνικές

προσαρμογής στα φαινόμενα. Ο Σάπι, ενώ κρίνει απαραίτητη την αποδέσμευση της θεωρίας από ένα συγκεκριμένο χώρο φάσεων δεν δίνει ένα συγκεκριμένο τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε αυτό να επιτευχθεί. Δεν φαίνεται τελικά τι άλλο, παρά το στοιχείο της γλώσσας, θα έδινε στη θεωρία την διαφορά και την επιζητούμενη απόσταση από κάποιο «χώρο των φάσεων».

Αφετηρία της θέσης του Σάπι περί της μη γλωσσικής φύσης των θεωριών απετέλεσε, όπως είδαμε στην αρχή, η ύπαρξη δύο ή περισσότερων γλωσσικών διατυπώσεων της ίδιας θεωρίας. Ας δούμε όμως προσεκτικότερα αυτές τις «δύο ισοδύναμες γλώσσες», προκειμένου να δούμε αν μπορούν να συγκροτήσουν απόδειξη ή έστω ένδειξη για τη μη γλωσσική φύση της θεωρίας. Η ισοδυναμία δύο «γλωσσών» στα πλαίσια της φυσικής αποδεικνύεται με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι να αποδειχθεί ότι κάθε πρόταση της μίας γλώσσας «μεταφράζεται» σε πρόταση της άλλης γλώσσας, χωρίς έλλειμμα νοήματος. Από εδώ, όμως, δεν προκύπτει, ότι υπάρχει ένα τρίτος, μη-γλωσσικός τρόπος περιγραφής του αντικειμένου το οποίο διαπραγματεύονται οι δύο θεωρίες. Η ύπαρξη δύο γλωσσών περιγραφής θα μπορούσε να οδηγήσει στη συγκρότηση ενός ρεαλιστικού επιχειρήματος, υπέρ της ύπαρξης ενός ανεξάρτητου από τις θεωρίες μας φυσικού κόσμου, ο οποίος, ακριβώς επειδή δεν έχει γλωσσική φύση, μπορεί να περιγραφεί με παραπάνω από έναν τρόπο. Η υιοθέτηση μιας τέτοιας θέσης, ανοίγει τουλάχιστον μία φιλοσοφική συζήτηση, πράγμα που δεν φαίνεται πως μπορεί να γίνει με την εξαγγελία ύπαρξης μιας οντότητας μη γλωσσικής φύσης, η οποία δεν είναι παρόλα αυτά ο «φυσικός κόσμος».

Ο δεύτερος τρόπος απόδειξης της ισοδυναμίας δύο θεωριών είναι η ικανότητα τους να δίνουν τις ίδιες εμπειρικές προτάσεις. Με όρους μοντέλων, οι δύο θεωρίες είναι ισοδύναμες, αν δίνουν τα ίδια εμπειρικά μοντέλα, δηλαδή μπορούμε να κατασκευάσουμε τις ίδιες ρέπλικες φυσικών συστημάτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ισοδυναμία της κοπερνίκειας και της πτολεμαϊκής θεωρίας σε σχέση με τις παρατηρούμενες κινήσεις των άστρων. Και πάλι όμως, θα είχαμε μεγάλη δυσκολία να χαρακτηρίσουμε μη γλωσσικά τα φαινομενολογικά μοντέλα, τα οποία δίνουν τις παρατηρούμενες κινήσεις των άστρων. Προκειμένου να περιγραφεί η κίνηση ενός άστρου, χρειαζόμαστε έννοιες όπως ο χώρος και ο χρόνος, παραδοχές, όπως ότι το άστρο κινείται πάνω σε ένα νοητό «θόλο», χρειαζόμαστε τελικά μια γλώσσα περιγραφής. Σε αυτή την περίπτωση, θα μπορούσαμε να πούμε ότι *υπάρχει μία γλώσσα χαμηλότερου επιπέδου*, στην οποία οι δύο θεωρίες (κοπερνίκεια και πτολεμαϊκή) έχουν την ίδια ακριβώς μετάφραση.

Η παραπάνω ιδέα, περί ισοδυναμίας θεωριών όταν δίνουν τα ίδια εμπειρικά μοντέλα, θα χρησιμοποιηθεί από μία άλλη παράδοση της σημασιολογικής προσέγγισης (Van Fraassen- Cartwright), η οποία θα επιχειρήσει να στηρίξει σε αυτήν ένα νέο επιστημολογικό εμπειρισμό.

## 2.2 Μη- Προτασιακός Εμπειρισμός και Μοντέλα (Van Fraassen)

### 2.2.1 Τα Μοντέλα και η Έννοια του Παρατηρήσιμου

Τα κίνητρα του βαν Φράασεν (van Fraassen), ο οποίος είναι ένας άλλος εκπρόσωπος της σημασιολογικής άποψης, είναι αμιγώς φιλοσοφικά. Δεν στοχεύει σε ένα πρόγραμμα ανασυγκρότησης της επιστήμης, όπως ο Σούπις ή ο Σάπι, αλλά στην υπεράσπιση του εμπειρισμού στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης. Ο βαν Φράασεν ακολουθεί την βασική γραμμή του εμπειρισμού, σύμφωνα με την οποία οι θεωρίες γίνονται κατανοητές ως προσπάθειες να 'σωθούν τα φαινόμενα' και όχι ως αληθείς περιγραφές του κόσμου. Επιχειρεί, λοιπόν, να ανανεώσει την συζήτηση, παρέχοντας στον εμπειριστή δύο βασικά «όπλα» για την μάχη του ενάντια στο ρεαλιστή. Το πρώτο είναι η διατύπωση ενός κριτηρίου *εμπειρικής επάρκειας*, μιας συνθήκης που θα προσδιόριζε πότε μια θεωρία σώζει τα φαινόμενα. Το δεύτερο είναι η διατύπωση ενός κριτηρίου *εμπειρικής ισοδυναμίας* δύο θεωριών, μέσω του οποίου θα μπορούσε να διαπιστωθεί ποια από δύο ανταγωνιστικές θεωρίες είναι εμπειρικά ισχυρότερη. Το πρόβλημα και με τα δύο κριτήρια είναι ότι απαιτούν μια αυτόνομη από τις θεωρίες «ουδέτερη» παρατηρησιακή γλώσσα. Ο βαν Φράασεν θεωρεί ότι αυτό το «ουδέτερο» έδαφος δεν βρέθηκε μέχρι τώρα, διότι ο παλιός εμπειρισμός περιορίστηκε στην ανάλυση της γλώσσας, με άλλα λόγια στο επίπεδο της σύνταξης.

Η εμπειρική σημασία μιας θεωρίας δεν μπορεί να απομονωθεί με αυτό τον συντακτικό τρόπο διακρίνοντας μεταξύ θεωρημάτων με όρους του λεξιλογίου. (van Fraassen 1980, 54)

Ενώ ο ορισμός της εμπειρικής επάρκειας και ισοδυναμίας είναι επιτεύξιμος σύμφωνα με τον βαν Φράασεν, ο λογικός εμπειρισμός περιοριζόμενος στο επίπεδο της σύνταξης, «έχει τόσο καταφανώς προσπαθήσει και τόσο καταφανώς αποτύχει» (van Fraassen 1980, 53). Το δίδαγμα από την αποτυχία αυτή, είναι τελικά ότι «καμία έννοια που είναι ουσιωδώς εξαρτώμενη από την γλώσσα δεν έχει φιλοσοφική

σημασία» (van Fraasen 1980, 56). Εδώ φαίνεται ότι ο βαν- Φράασεν υιοθετεί ένα ισχυρισμό, ο οποίος είναι μεν ασθενέστερος από τον αντίστοιχο του Σάπι, αλλά απαιτεί με την σειρά του διευκρινήσεις. Ποιος θα ήταν ο τρόπος προσέγγισης των θεωριών ο οποίος θα ήταν *μη- ουσιωδώς εξαρτώμενος από την γλώσσα*;

Έχοντας εντοπίσει την αδυναμία της συντακτικής ανάλυσης να αντιμετωπίσει τα προβλήματα της εμπειρικής επάρκειας και ισοδυναμίας, ο βαν Φράασεν στρέφεται στο χώρο της σημασιολογίας και στο σημασιολογική άποψη, όπως αυτή αναπτύχθηκε από τον Σούπις και τον Μπεθ (Beth)<sup>52</sup>.

Η συντακτική εικόνα μιας θεωρίας ταυτίζει την τελευταία με ένα σώμα θεωρημάτων, διατυπωμένων σε μια συγκεκριμένη γλώσσα επιλεγμένη για την έκφραση αυτής της θεωρίας. Αυτό θα πρέπει να αντιπαρατεθεί με το εναλλακτικό τρόπο παρουσίασης της θεωρίας από την αρχή μέσω του προσδιορισμού μιας τάξης δομών ως μοντέλα της. Σε αυτή τη δεύτερη σημασιολογική προσέγγιση, η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για να εκφραστεί η θεωρία δεν είναι ούτε βασική ούτε μοναδική· η ίδια τάξη δομών θα μπορούσε να περιγραφεί καλά με ριζικά διαφορετικούς τρόπους, που ο καθένας έχει τα όρια του. Τα μοντέλα καταλαμβάνουν την κεντρική σκηνή. (van Fraasen 1980, 44)

Ας δούμε μέσω ενός συγκεκριμένου παραδείγματος του ίδιου του βαν Φράασεν πως αντιλαμβάνεται τα προτερήματα της σημασιολογικής έναντι της συντακτικής προσέγγισης. Όταν ο Νεύτων διατύπωσε την θεωρία του, θεώρησε ότι τα σώματα είναι τοποθετημένα στον Απόλυτο Χώρο, ως προς τον οποίο μπορούμε να πούμε ότι κινούνται ή μένουν ακίνητα (κατά τρόπο απόλυτο). Επιπροσθέτως, θεώρησε ότι το κέντρο του ηλιακού μας συστήματος ηρεμεί σε σχέση με αυτόν τον Απόλυτο Χώρο. Ας συγκρίνουμε τώρα τη θεωρία του Νεύτωνα  $T$  με μία θεωρία  $T'$ , η οποία χρησιμοποιεί όλα τις υπόλοιπες προτάσεις της Νευτώνειας θεωρίας, εκτός από την αποδοχή του Απόλυτου Χώρου. Οι θεωρίες  $T$  και  $T'$  διαφέρουν από συντακτική άποψη, διότι η πρώτη περιέχει μία πρόταση (αυτής της ύπαρξης Απόλυτου Χώρου) την οποία δεν έχει η δεύτερη. Μπορεί εύκολα, όμως, να αποδειχθεί ότι αυτές οι θεωρίες είναι εμπειρικά ισοδύναμες, γεγονός το οποίο συσκοτίζεται από την επισκόπησή τους ως σύνολα προτάσεων (van Fraasen 1980, 55). Αυτό λοιπόν που θα

---

<sup>52</sup> Ο βαν Φράασεν θεωρεί ότι η προσέγγιση του Σούπις, την οποία ονομάζει *συνολοθεωρητική*, είναι εκτασιακή, ενώ η προσέγγιση η οποία ξεκινάει από τον Weyl για να αναπτυχθεί κατόπιν από τον Evert Beth, την οποία ονομάζει *χωρό-χρονική*, έχει τροπικό χαρακτήρα (van Fraasen 1980, 67). Ο ίδιος θεωρεί ότι ακολουθεί την δεύτερη παράδοση και αναπτύσσει τη σχετική θέση στο άρθρο του «On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories» (van Fraasen, 1970)

πρέπει να γίνει, σύμφωνα με τον βαν Φράασεν, είναι να αναζητήσουμε την εμπειρική σημασία μιας θεωρίας, όχι στο προτασιακό της μέρος, αλλά στο πώς μέσω της θεωρίας μπορούν να κατασκευαστούν μοντέλα τα οποία να «σώζουν τα φαινόμενα». Η κατασκευή αυτή γίνεται σε δύο στάδια:

Το να παρουσιάσεις μια θεωρία ισοδυναμεί με τον προσδιορισμό μια οικογένειας δομών, των *μοντέλων της* και δεύτερον, με τον προσδιορισμό ορισμένων τμημάτων αυτών των μοντέλων (των εμπειρικών υποδομών) ως υποψήφιων για την απευθείας αναπαράσταση των παρατηρήσιμων φαινομένων. Τις δομές που μπορούν να περιγραφούν στο πείραμα και την μέτρηση μπορούμε να τις καλέσουμε *εμφανίσεις* (*apparences*): η θεωρία είναι εμπειρικά επαρκής αν έχει κάποιο μοντέλο τέτοιο ώστε όλες οι εμφανίσεις να είναι ισομορφικές με εμπειρικές υποδομές αυτού του μοντέλου (van Fraassen 1980, 64)

Παίρνοντας ως παράδειγμα την κλασική μηχανική, οι «εμφανίσεις» για τις οποίες μιλάει ο βαν- Φράασεν είναι τα δεδομένα τα οποία προκύπτουν από τα πειράματα και αφορούν κινήσεις αντικειμένων στο χώρο και στο χρόνο. Από το άλλο μέρος, τώρα, με βάση την θεωρία κατασκευάζονται τα θεωρητικά μοντέλα για τα ίδια φαινόμενα. Αυτά τα μοντέλα, δεν περιέχουν όμως μόνο κινήσεις στο χώρο και στο χρόνο, αλλά και θεωρητικές οντότητες όπως η δύναμη και η μάζα. Από αυτά τα μοντέλα πρέπει στη συνέχεια να κατασκευαστούν υποδομές οι οποίες να περιέχουν μόνο κινήσεις στο χώρο και στο χρόνο, μόνο δηλαδή παρατηρήσιμα μεγέθη. Αυτές ακριβώς οι «εμπειρικές υποδομές» των θεωρητικών μοντέλων θα συγκριθούν κατόπιν με τις «εμφανίσεις», με τα μοντέλα δηλαδή τα οποία έχουν προκύψει από το πείραμα. Σχετικά τώρα με αυτή την σύγκριση, ο βαν Φράασεν χρησιμοποιεί την έννοια του «ισομορφισμού» για να περιγράψει την επιθυμητή προσαρμογή θεωρίας- πειράματος, χωρίς να δίνει περαιτέρω διευκρινίσεις. Αφήνοντας προς το παρόν αυτό το πρόβλημα, θα επιστρέψουμε στο αρχικό ερώτημα περί της «μη ουσιώδους εξάρτησης από την γλώσσα» για την οποία μιλάει ο βαν Φράασεν. Όπως φάνηκε στην παραπάνω διαδικασία, αυτό σημαίνει δύο πράγματα. Πρώτον, το σύνολο των προτάσεων οι οποίες συγκροτούν την θεωρία, δεν πρέπει να εκλαμβάνεται ως παραγωγικό σύστημα, το οποίο μπορεί να καταλήξει σε εμπειρικές και ελέγξιμες προτάσεις, αλλά ως *οδηγίες κατασκευής μοντέλων*. Δεύτερον, από αυτά τα μοντέλα θα πρέπει να συγκροτηθούν τα εμπειρικά υπο-μοντέλα, τα οποία έχουν μόνο παρατηρήσιμα μεγέθη, όπως ο χώρος και ο χρόνος. Αυτά τα μοντέλα τα οποία είναι και ο τελικός στόχος της θεωρίας, δεν

είναι βέβαια μη- γλωσσικές οντότητες, αλλά διατυπωμένα σε μια «παρατηρησιακή γλώσσα». Όπως σημειώνει ο ίδιος ο βαν Φράασεν, τα μοντέλα αυτά, δεν διατυπώνονται απαραίτητα στη γλώσσα της θεωρίας, αλλά σε «μια γλώσσα στην οποία προτάσεις για το αντικείμενο της γλώσσας αυτής μπορούν να διατυπωθούν» (van Fraasen 1972, 312). Πριν επανέλθουμε σε αυτό το διαχωρισμό παρατηρήσιμων και μη οντοτήτων, θα δούμε τα φιλοσοφικά οφέλη τα οποία επιχειρεί να αποκομίσει ο βαν Φράασεν από τον ορισμό της εμπειρικής επάρκειας με βάση τα μοντέλα.

### 2.2.2 Κατασκευαστικός Εμπειρισμός και Μοντέλα

Σύμφωνα με τον βαν- Φράασεν, οι προτάσεις της επιστημονικής θεωρίας δεν στέκουν απέναντι στον κόσμο ως αληθείς ή ψευδείς, αλλά συγκροτούν τα μοντέλα τα οποία περιγράφουν τον κόσμο. Ο βαν- Φράασεν αντιτίθεται στην όποια χρησιμότητα έχει η έννοια της αλήθειας, ως αντιστοιχία της θεωρίας με την πραγματικότητα, χρεώνοντας την στην προτασιακή προσέγγιση. Σύμφωνα με την τελευταία, αποδίδουμε στην θεωρία τον χαρακτηρισμό «αληθής» διότι το σύνολο των προτάσεων που την αποτελούν έχουν αυτή την ιδιότητα. Η αλήθεια, με άλλα λόγια, είναι ιδιότητα των μεμονωμένων προτάσεων και αποδίδεται εκ των υστέρων στις θεωρίες, θεωρούμενες ως συγκροτήματα προτάσεων. Αντίθετα, η εμπειρική επάρκεια είναι ιδιότητα μόνο της συνολικής θεωρίας και όχι των μεμονωμένων προτάσεων. Η εμπειρική επάρκεια αφορά στην ικανότητα της θεωρίας «να προσδιορίζει μια οικογένεια μοντέλων, το καθένα με καθορισμένη οικογένεια υποδομών (εμπειρικές υποδομές), που προορίζονται να αντιστοιχηθούν στα πιθανά φαινόμενα» (van Fraasen 1980, 84). Κάθε πρόταση απομονωμένη έχει ένα πλήθος μοντέλων και το αν η πρόταση είναι «επαρκής», μπορεί να έχει θετική απάντηση σε σχέση με μια θεωρία και αρνητική σε σχέση με μια άλλη. Σε αντίθεση δηλαδή με την αλήθεια, η εμπειρική επάρκεια μίας πρότασης ορίζεται μόνο στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης θεωρίας T.

Για να διευκρινίσουμε περισσότερο την υπόθεση του βαν Φράασεν, ας πάρουμε το παράδειγμα την πρόταση «το ηλεκτρόνιο είναι σωματίδιο μάζας  $8 \cdot 10^{-31}$  Kgr» Αυτή η πρόταση, ενταγμένη στο πλαίσιο μιας θεωρίας προορισμένης να εξηγήσει το πείραμα του Millikan, είναι εμπειρικά επαρκής γιατί πράγματι εξηγεί την οριακή ταχύτητα της σταγόνας λαδιού και την κβάντωση του φορτίου. Στο πλαίσιο όμως μιας θεωρίας η οποία επιχειρεί να εξηγήσει το πείραμα της διπλής σχισμής, η παραπάνω

πρόταση δεν είναι εμπειρικά επαρκής, διότι αγνοεί την κυματική φύση του ηλεκτρονίου.

Σύμφωνα με τον βαν Φράασεν, η έννοια της εμπειρικής επάρκειας μας απαλλάσσει από περιττές οντολογικές δεσμεύσεις που αφορούν την ύπαρξη μη παρατηρήσιμων οντοτήτων, όπως το ηλεκτρόνιο ή την αντιστοιχία προτάσεων, όπως «το ηλεκτρόνιο είναι σωματίδιο» ή « $F=ma$ », με την «πραγματικότητα». Σύμφωνα με τον βαν- Φράασεν, δεχόμαστε προτάσεις του τύπου «το ηλεκτρόνιο είναι σωματίδιο» ή νόμους όπως ο « $F=ma$ » διότι εντάσσονται στα πλαίσια μιας ευρύτερης θεωρίας  $T$ , με την βοήθεια της οποίας κατασκευάζεται ένα μοντέλο που «σώζει τα φαινόμενα». Το αντικείμενο της επιστήμης δεν είναι ούτε ο «πραγματικός κόσμος», ούτε κάποια αόρατη μικροδομή αλλά τα ίδια τα φαινόμενα, όπως αυτά παρουσιάζονται στις «γυμνές» αισθήσεις.

Με αυτό τον τρόπο, ο βαν Φράασεν δεν διαφοροποιείται μόνο από τον ρεαλισμό και την έννοια της αλήθειας ως αντιστοιχίας πρότασης και πραγματικότητας αλλά και από τον «παλιό» εμπειρισμό και την έννοια της αλήθειας ως αντιστοιχίας πρότασης- εμπειρικών δεδομένων. Προτάσεις του τύπου « $F=ma$ », ούτε επάγονται από την εμπειρία, ούτε και ελέγχονται από αυτήν. Είναι απλώς εργαλεία για την κατασκευή μοντέλων, τα οποία με την σειρά τους δεν είναι αληθή ή ψευδή, αλλά «τακτοποιούν» τα φαινόμενα. Σε αντίθεση με τον λογικό εμπειριστή, ο βαν Φράασεν δεν χρειάζεται να δώσει τις «συνθήκες αλήθειας» κάθε μεμονωμένης πρότασης, σύμφωνα με το περίφημο επαληθευτικό κριτήριο. Οι θεωρίες δεν επάγονται με βάση «ατομικά» και «αλάθητα» εμπειρικά δεδομένα, αλλά κατασκευάζονται με την χρήση θεωρητικών εργαλείων και υποθέσεων, για αυτό και ο βαν Φράασεν ονομάζει τον εμπειρισμό του *κατασκευαστικό*. Σε σχέση, τώρα, με τον φιλοσοφικό αντίπαλό του, τον ρεαλιστή, το επίθετο «κατασκευαστικός» τονίζει το στοιχείο της *ad hoc* και με πραγματιστικά κριτήρια κατασκευής μοντέλων που «σώζουν τα φαινόμενα» σε αντίθεση με την αναζήτηση της «μικροδομής», η οποία θα αποτελούσε τον «αληθινό» μηχανισμό παραγωγής των φαινομένων. Αποδεχόμενος τον ενεργητικό ρόλο τον οποίο παίζει το υποκείμενο της γνώσης, θεωρεί ότι το κριτήριο της «γυμνής παρατήρησης» μπορεί να δικαιώσει τις θεωρητικές επιλογές μόνο εκ των υστέρων και όχι να της θεμελιώσει επιστημολογικά. Φαίνεται τελικά, ότι οι έννοιες της εμπειρικής επάρκειας και των μοντέλων δίνουν στο εμπειρισμό του βαν Φράασεν μεγαλύτερη φιλοσοφική ευελιξία από τις αντίστοιχες έννοιες της εμπειρικής αλήθειας και της πρότασης στις οποίες βασίστηκε



η παραδεδομένη άποψη. Ωστόσο, το ερώτημα είναι αν καταφέρνει ο βαν Φράασεν να φέρει σε καλύτερη θέση τον εμπειρισμό στην αντιπαλότητά του με τον ρεαλισμό, όπως ήταν ο αρχικός στόχος του. Ή, για να θέσω το ίδιο ερώτημα με όρους σχετικότερους με την παρούσα εργασία, αν καταφέρνει να δείξει ότι τα μοντέλα θα πρέπει να τα καταλάβουμε μόνο ως γνωσιακές κατασκευές, τα οποία έχουν σκοπό να «σώσουν τα φαινόμενα» και όχι να αναπαραστήσουν τον κόσμο ή φυσικά συστήματα. Σχετικά με αυτό το ερώτημα θα κάνω δύο παρατηρήσεις.

### 2.2.3 Δύο Παρατηρήσεις για τη Σχέση Μοντέλων και Κόσμου.

Η πρώτη παρατήρηση αφορά τον πραγματικό αντίπαλο του βαν Φράασεν. Η όλη επιχειρηματολογία του δεν στρέφεται εναντίον του ρεαλισμού αλλά ενάντια στην αυτόνομη σύγκριση της πρότασης με τον κόσμο, διαδικασία που αποτελεί βασική προϋπόθεση αυτού που ονόμασα προτασιακό πρότυπο. Όλη η επιστημολογία του λογικού εμπειρισμού στηρίχτηκε στην απόδοση τιμών αλήθειας –με βάση την εμπειρία και όχι τον «πραγματικό κόσμο»- σε μεμονωμένες προτάσεις και στην συγκρότηση συστημάτων με βάση την αρχή της συντακτικής διατήρησης της αλήθειας. Η ανάλυση της επιστήμης με βάση τα μοντέλα βρίσκεται όντως σε αντίθεση με την απόδοση μίας και τελικής αληθοτιμής σε μία πρόταση, ανεξάρτητα από το πλαίσιο όπου λειτουργεί η τελευταία. Μόνο που η τελευταία προϋπόθεση υιοθετήθηκε από υπέρμαχους του προτασιακού προτύπου, είτε αυτοί ανήκαν στο στρατόπεδο του εμπειρισμού όπως ο Carnap, είτε στο στρατόπεδο του ρεαλισμού, όπως ο Neurath.

Ενώ λοιπόν τα βέλη του βαν Φράασεν πλήττουν τον προτασιακό εμπειριστή, δεν καταφέρνουν να πλήξουν περισσότερο εκλεπτυσμένες εκδοχές ρεαλισμού σε σχέση με τα μοντέλα. Ο βαν Φράασεν επιλέγει ένα συγκεκριμένο είδος ρεαλισμού, το οποίο παρουσιάζει ως καθολικό:

...[M]πορούμε να διακρίνουμε δύο επιστημολογικές τάσεις απέναντι στη θεωρία. Η μία είναι να την δηλώσουμε αληθή (δηλαδή να έχει ένα μοντέλο το οποίο είναι πιστή ρέπλικα, σε όλες τις λεπτομέρειες, του κόσμου μας) και να ζητήσουμε πίστη σε αυτή· η άλλη είναι να την δηλώσουμε απλά ως εμπειρικά επαρκή και να ζητήσουμε την αποδοχή της ως τέτοια. (van Fraasen 1980, 68-9)

Η σχέση μοντέλου- κόσμου, η οποία στην παραπάνω παράγραφο σηματοδοτείται από την φράση «πίστη ρέπλικα, σε όλες τις λεπτομέρειες, του κόσμου μας» δεν είναι το μόνο είδος ρεαλιστικής αντιμετώπισης των μοντέλων. Τα επιχειρήματα του βαν Φράασεν δεν απαντούν σε έναν «κατασκευαστικό ρεαλισμό», σύμφωνα με τον οποίο τα μοντέλα είναι απαραίτητοι μεσολαβητές θεωρίας και «κόσμου», χωρίς παρόλα αυτά να είναι απλά εργαλεία διατύπωσης εμπειρικών προβλέψεων. Σύμφωνα με τον Giere (Γκίρι), του οποίου τις απόψεις θα εξετάσω στο επόμενο κεφάλαιο, για τον συσχετισμό μοντέλων και «εξωτερικής πραγματικότητας» δεν χρειάζεται να υιοθετήσουμε το προτασιακό πρότυπο σύμφωνα με το οποίο υπάρχει αντιστοίχιση πρότασης και μεμονωμένου γεγονότος, αλλά ούτε και τον ρεαλισμό του Μακμάλιν, σύμφωνα με τον οποίο τα μοντέλα αντανακλούν και προσεγγίζουν όλο και περισσότερο την δομή του κόσμου. Σύμφωνα με τον Γκίρι, τα μοντέλα είναι «όμοια» με τα φυσικά συστήματα τα οποία περιγράφουν αλλά αυτή η ομοιότητα περιγράφεται από μία συγκεκριμένη *θεωρητική υπόθεση* της μορφής: «Αυτό και αυτό το ταυτοποιήσιμο πραγματικό σύστημα είναι όμοιο με ένα καθορισμένο μοντέλο σύμφωνα με συγκεκριμένες απόψεις και σε ένα συγκεκριμένο βαθμό» (Giere 1988, 81). Με αυτό τον τρόπο, η «ομοιότητα» μοντέλου- πραγματικού συστήματος δεν είναι ούτε αόριστη, ούτε προϋποθέτει ένα ρεαλισμό από το «μάτι του Θεού». Ο Γκίρι, όπως και ο βαν Φράασεν, αποδέχεται τον ενεργητικό ρόλο του υποκειμένου στην κατασκευή των θεωριών, οι οποίες δεν αντανακλούν την πραγματικότητα, αλλά «αναμετρώνται» με αυτήν μέσω του πειράματος, επιχειρώντας να την αναπαραστήσουν, *όχι όπως πραγματικά είναι, αλλά όπως φαίνεται* υπό μία συγκεκριμένη οπτική γωνία. Αξίζει να συγκριθεί η εικόνα του ρεαλισμού σχετικά με τα μοντέλα που απορρέει από το προηγούμενο απόσπασμα του βαν Φράασεν, με τον παρακάτω ορισμό του Γκίρι:

Η προσέγγιση την οποία ονομάζω κατασκευαστικό ρεαλισμό, σκοπεύει σε έναν *περιορισμένο* είδος ρεαλισμού, με την έννοια ότι οι θεωρητικές υποθέσεις μεταφράζονται ως ισχυρισμοί για μια ομοιότητα μεταξύ ενός πραγματικού συστήματος, και κάποιων, όχι απαραίτητα όλων, όψεων ενός μοντέλου. (Giere 1988, 97)

Η δεύτερη παρατήρηση αφορά την διάκριση μεταξύ «παρατηρήσιμων» και μη, οντοτήτων και μεγεθών. Καθώς ο βαν- Φράασεν δεν παραιτείται από την προσπάθεια φιλοσοφικής θεμελίωσης της επιστήμης στην εμπειρία, επιχειρεί να δείξει πώς η

τελευταία, παρά το στοιχείο του «κατασκευαστισμού» που περιέχει, μπορεί να παράσχει το «ουδέτερο» έδαφος με βάση το οποίο θα κριθούν οι επιστημονικές θεωρίες. Είδαμε παραπάνω ότι ο βαν- Φράασεν δεν αναζητά τον προσδιορισμό της «εμπειρίας» σε απομονωμένα εμπειρικά «δεδομένα» αλλά σε εμπειρικά μοντέλα, τα οποία κατασκευάζονται σε μια γλώσσα «αντικειμένου», διαφορετική από την γλώσσα των θεωριών. Το όλο εγχείρημά του στηρίζεται, ως εκ τούτου, στο κατά πόσο μπορεί να δείξει ότι η γλώσσα εντός της οποίας κατασκευάζονται τα μοντέλα, μπορεί πρώτον να είναι ανεξάρτητη της θεωρίας, και δεύτερον να σχετίζεται με την κοινή εμπειρία. Σε αυτή την κατεύθυνση επιχειρεί την διάκριση θεωρητικών και παρατηρησιακών οντοτήτων, θεωρώντας ότι τα εμπειρικά μοντέλα κατασκευάζονται αποκλειστικά με βάση τις δεύτερες. Επιχειρεί, δηλαδή, να δείξει ότι υπάρχει όντως επιστημολογική διαφορά ανάμεσα σε οντότητες όπως το τραπέζι ή σε φυσικά μεγέθη όπως ο χώρος και ο χρόνος, τα οποία είναι παρατηρήσιμα δια των γυμνών αισθήσεων και σε οντότητες όπως το ηλεκτρόνιο ή μεγέθη όπως η μάζα ή η δύναμη, των οποίων η παρατήρηση και η μέτρηση εξαρτώνται από τις θεωρίες και τις μετρητικές συσκευές. Η συζήτηση για την εγκυρότητα μιας τέτοιας διάκρισης εκφεύγει από τους στόχους της παρούσης εργασίας, αλλά μπορούμε να παρατηρήσουμε το εξής: Αν και ο βαν Φράασεν επιχειρεί να ανανεώσει τους όρους που γίνεται η διάκριση, μοιράζεται με τον παραδοσιακό εμπειρισμό την πίστη σε ένα γνωσιολογικό διαχωρισμό των εννοιών, ο οποίος βρίσκεται έξω από οποιοδήποτε πλαίσιο αναφοράς ή μοντέλο. Με αυτή την έννοια, ο όρος «δύναμη» πρέπει να οριστεί με τρόπο τελεσίδικο ως «θεωρητικός» πέρα από το πλαίσιο χρήσης του. Με την ίδια έννοια, ο «χώρος» και ο «χρόνος» είναι μεγέθη μετρήσιμα δια των «γυμνών αισθήσεων» ακόμα και αν αφορούν ένα σώμα το οποίο κινείται σε διάστημα νανομέτρων με ταχύτητα χιλιάδων μέτρων ανά δευτερόλεπτο. Χωρίς να μπορούμε περισσότερο στη διαμάχη ρεαλισμού-εμπειρισμού, θα πρέπει να σημειώσουμε το εξής: ο βαν Φράασεν κερδίζει ένα οντολογικό πλεονέκτημα από τον ρεαλιστή, καθώς απορρίπτει από την αρχή την «δύσκολη» σχέση της θεωρίας και του πραγματικού κόσμου, πληρώνοντας την ίδια στιγμή ένα γνωσιολογικό κόστος, αφού πρέπει να υποστηρίζει μια παραδοσιακή και φιλοσοφικά επισφαλής διάκριση, όπως αυτή μεταξύ παρατηρήσιμου και μη. Με αυτό τον τρόπο ο βαν- Φράασεν αναιρεί – εν μέρει τουλάχιστον- τα κέρδη που προσκομίζει από τον μη προτασιακό εμπειρισμό του και επιστρέφει στο πεδίο συζήτησης της κλασικής επιστημολογίας. Θα δούμε αμέσως ότι θα καταλήξουμε σε παρόμοια

συμπεράσματα εξετάζοντας την άποψη του περί εμπειρικής ισοδυναμίας των θεωριών.

#### 2.2.4 Εμπειρική Ισοδυναμία και το Πρόβλημα της Ασυμμετρίας

Με δεδομένη την ανάλυση περί μοντέλων και εμπειρικών υποδομών ας δούμε τον κατά βαν Φράασεν ορισμό της εμπειρικής ισοδυναμίας.

Αν για κάθε μοντέλο  $M$  της  $T$  υπάρχει ένα μοντέλο  $M'$  της  $T'$  τέτοιο ώστε όλες οι εμπειρικές υποδομές του  $M$  είναι ισομορφικές με τις εμπειρικές υποδομές του  $M'$ , τότε η  $T$  είναι εμπειρικά τουλάχιστον τόσο ισχυρή όσο η  $T'$ . (van Fraassen 1980, 67)

Για να δούμε αν υπάρχουν πράγματι φιλοσοφικά οφέλη από την παραπάνω αντιμετώπιση, ας γυρίσουμε στο περίφημο πρόβλημα της ασυμμετρίας, όπως διατυπώθηκε από τον Κουν. Σύμφωνα με τον ορισμό του βαν- Φράασεν, στην περίπτωση π.χ. της σύγκρισης κλασικής και σχετικιστικής φυσικής μπορούμε να πούμε ότι η δεύτερη είναι ανώτερη, διότι για κάθε μοντέλο της νευτώνειας θεωρίας μπορούμε να βρούμε ένα μοντέλο της θεωρίας της σχετικότητας, ώστε όλες οι «κινήσεις» στο πρώτο να είναι ισομορφικές με κινήσεις στο δεύτερο, ενώ δεν ισχύει βέβαια το αντίστροφο. Σε ένα πρώτο επίπεδο, φαίνεται ότι ο βαν- Φράασεν έχει ένα σαφές πλεονέκτημα σε σχέση με τον λογικό εμπειρισμό. Το επιχείρημα του Κουν (Kuhn 1987, 177- 178) είναι ότι από το σύνολο των προτάσεων της σχετικότητας δεν μπορούμε να φτάσουμε με λογική παραγωγή στις προτάσεις της νευτώνειας θεωρίας. Ο λόγος για αυτό είναι ότι οι προτάσεις στις οποίες καταλήγουμε μέσω των απλοποιήσεων έχουν την ίδια μορφή με τις νευτώνειες αλλά δεν είναι οι νευτώνειες, διότι «οι φυσικές οντότητες που αντιπροσωπεύονται από τις σχετικιστικές έννοιες δεν ταυτίζονται σε καμία περίπτωση με τις φυσικές οντότητες που αντιπροσωπεύονται από τις νευτώνειες έννοιες που φέρουν το ίδιο όνομα», (Kuhn 1987, 178) ( π.χ. η νευτώνεια μάζα διατηρείται, η σχετικιστική μάζα είναι μετατρέψιμη σε ενέργεια).

Ο βαν Φράασεν επιχειρεί να παρακάμψει αυτό το πρόβλημα μέσω της έννοιας του ισομορφισμού. Σύμφωνα με την πρόταση του, δεν επιχειρούμε από την σχετικιστική φυσική να παράγουμε κλασικά μοντέλα αλλά μοντέλα τα οποία είναι ισομορφικά με τα κλασικά. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν χρειάζεται τα μεγέθη τα οποία υπάρχουν στις αντίστοιχες εξισώσεις να ταυτίζονται,

αφού αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η συμμετρία των δομών. «Λύνοντας» το πρόβλημα της ασυμμετρίας με αυτό τον τρόπο, δημιουργείται όμως ένα μεγαλύτερο το οποίο είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο (κεφ. 3, 3.2): ο ισομορφισμός των εξισώσεων ή των διαγραμμάτων σε δύο περιοχές ανεξάρτητα από το εμπειρικό περιεχόμενο των όρων δεν εγγυάται ότι μπορούμε να συγκρίνουμε δύο θεωρίες. Ισομορφισμός στις εξισώσεις ή στα διαγράμματα μπορεί να υπάρχει μεταξύ μιας φυσικής και μιας οικονομικής θεωρίας, χωρίς αυτό το γεγονός να μετατρέπει τις δύο θεωρίες σε «συμμετρικές» ή συγκρίσιμες, αφού αφορούν διαφορετικές περιοχές της εμπειρίας. Αν αναγκαστούμε να μπούμε σε ζητήματα περιεχομένου, αν δηλαδή, ανάμεσα σε μία κλασική και μια σχετικιστική περιγραφή του ίδιου φαινομένου, δεν ασχοληθούμε μόνο με την κοινή δομή, αλλά και με το περιεχόμενο των συμβόλων, το πρόβλημα του Κουν ανακύπτει ξανά. Η κλασική περιγραφή μιλάει για χώρο και χρόνο, όπως και η σχετικιστική, μόνο που το νόημα των όρων είναι διαφορετικό. Η λύση που απομένει είναι να θεωρήσουμε ξανά ότι τα εμπειρικά μοντέλα, όπως προκύπτουν από το πείραμα και τις μετρήσεις, συγκροτούνται με βάση την κοινή, κλασική αντίληψη για τον χώρο και τον χρόνο, η οποία ως εκ τούτου αποτελεί προϋπόθεση για τον χειρισμό και την κατανόηση του σχετικιστικού χωρόχρονου. Σε αυτή την περίπτωση, όμως, το επιχείρημα ολισθαίνει πάλι στα βαθιά φιλοσοφικά νερά της θεμελίωσης της ανθρώπινης εμπειρίας. Όπως και στην περίπτωση της εμπειρικής επάρκειας, το επιχείρημα βασίζεται σε έννοιες όπως το «παρατηρήσιμο διά των γυμνών αισθήσεων» οι οποίες είναι φιλοσοφικά επισφαλείς.

Η Καρτράιτ της οποίας τη θέση θα εξετάσουμε παρακάτω, θεωρεί, όπως και ο βαν Φράασεν, ότι σκοπός της κατασκευής ενός μοντέλου είναι να «σώσει τα φαινόμενα». Σε αντίθεση όμως με τον βαν Φράασεν επιχειρηματολογεί υπέρ αυτής της θέσης, χωρίς να υιοθετεί την προβληματική διάκριση παρατηρήσιμων και μη μεγεθών.

### *2.3 Εξήγηση και Μοντέλα (Cartwright)*

#### 2.3.1. Αιτιακές Εξηγήσεις Έναντι Θεωρητικών Εξηγήσεων

Η Νάνση Καρτράιτ (Nancy Cartwright) χρησιμοποιεί, όπως ο βαν Φράασεν, την έννοια των ενδιάμεσων μοντέλων για να επιτεθεί στις αξιώσεις αλήθειας των

επιστημονικών θεωριών. Σύμφωνα με την Καρτράιτ, σκοπός των θεωριών είναι η κατασκευή των μοντέλων, τα οποία θα «σώσουν τα φαινόμενα». Όπως είπαμε στην εισαγωγή, οι νόμοι της φυσικής είναι «ψευδείς» σε σχέση με την φύση, καθώς αναφέρονται σε οντότητες μοντέλων και όχι σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Η Καρτράιτ θεωρεί ότι τα μοντέλα δεν αναπαριστούν την πραγματικότητα, αλλά την *προσομοιώνουν*, για αυτό και τα ονομάζει *simulacrum*. Ακολουθεί έτσι την βασική γραμμή του εμπειρισμού, σύμφωνα με την οποία η αξίωση «αλήθειας» σχετικά με τους νόμους ή τα μοντέλα είναι μια εξωτερική και εκ των υστέρων μεταφυσική απαίτηση. Διαφοροποιείται, εν τούτοις, με τον βαν Φράασεν, αλλά και με κάθε κλασικό εμπειριστή, σε ένα πολύ βασικό σημείο: θεωρεί ότι μη παρατηρήσιμες οντότητες δια των γυμνών αισθήσεων, όπως το ηλεκτρόνιο, «υπάρχουν», τα αντικείμενα δηλαδή στα οποία αναφέρονται τα μοντέλα αντιστοιχούν σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, τα οποία είναι ανεξάρτητα από τις θεωρίες μας για αυτά. Η ύπαρξη αυτών των οντοτήτων δεν είναι σύμφωνα με τον Καρτράιτ εξωτερική φιλοσοφική αξίωση αλλά συστατικό στοιχείο της εξηγητικής ικανότητας μιας θεωρίας. Ας εξηγήσουμε το τελευταίο με ένα παράδειγμα.

Τόσο ένα αεροπλάνο στον ουρανό, όσο και ένα ηλεκτρόνιο όταν περνάει από θάλαμο Chamber αφήνουν πίσω τους μια «λευκή γραμμή». Ο μηχανισμός παραγωγής των δύο γραμμών είναι για τους φυσικούς ο ίδιος και συνίσταται στον ιονισμό των μορίων λόγω της διέλευσης του αεροπλάνου/ηλεκτρονίου. Κατά τον βαν Φράασεν, όμως, βλέποντας μια λευκή γραμμή δεν μπορούμε να συναγάγουμε την ύπαρξη του ηλεκτρονίου με τον ίδιο τρόπο που συναγάγουμε ενός αεροπλάνου. Ο λόγος είναι ότι, ακόμα και αν το αεροπλάνο δεν είναι παρόν εκείνη τη στιγμή, μπορούμε να το δούμε με γυμνές αισθήσεις σε αντίθεση με τον ηλεκτρόνιο, το οποίο δεν θα μπορέσουμε ποτέ να δούμε και του οποίου η «ύπαρξη» πιστοποιείται μόνο μέσω των θεωριών μας. Σε αυτό το σημείο διαφοροποιείται η Καρτράιτ, πιστεύοντας ότι η ύπαρξη του ηλεκτρονίου σε αυτή την περίπτωση δεν επιβάλλεται εξωτερικά από τη θεωρία αλλά αποτελεί προϋπόθεση της εξηγητικής της ικανότητας: το ηλεκτρόνιο πρέπει να υπάρχει ως οντότητα του φυσικού κόσμου για να μπορέσει να παραγάγει την λευκή γραμμή.

Η εξήγηση της λευκής γραμμής είναι ένα παράδειγμα *αιτιακής εξήγησης*, την οποία η Καρτράιτ αντιπαραβάλλει με την *θεωρητική εξήγηση*. Στις αιτιακές εξηγήσεις επιχειρούμε να βρούμε την αιτία που προκαλεί ένα συγκεκριμένο φαινόμενο. Η πιστοποίηση της αλήθειας αυτής της αιτίας γίνεται μέσω μιας πειραματικής

διαδικασίας, η οποία απομονώνοντας παραμέτρους και αλλάζοντας τις συνθήκες μπορεί να επιβεβαιώσει τελικά την ύπαρξη μιας συγκεκριμένης αιτιακής αλυσίδας, ως υπεύθυνης για την παρουσία ή την εξέλιξη ενός φαινομένου. Αν, τώρα, στην περίπτωση εξηγήσεων οι οποίες επιβεβαιώνονται από το πείραμα ως αληθείς, προκύπτουν μη- παρατηρήσιμες οντότητες, πρέπει να θεωρήσουμε τις τελευταίες ως *πραγματικές* με την έννοια που δίνουν οι ρεαλιστές στον όρο.

Το δεύτερο είδος εξηγήσεων είναι οι *θεωρητικές*. Σε αυτήν την περίπτωση, τα φαινόμενα συμπεριλαμβάνονται στη δικαιοδοσία θεωρητικών νόμων μέσω της κατασκευής μοντέλων. Τα μοντέλα, όχι μόνο δεν «αντανακλούν» απαραίτητα την φυσικό κόσμο, αλλά τις περισσότερες φορές αποκλίνουν από αυτόν –όπως τον γνωρίζουμε τουλάχιστον- προκειμένου να ικανοποιήσουν κάποιους πραγματιστικούς στόχους. Για να δείξουμε την διαφορά με ένα παράδειγμα, ενώ δεν μπορούμε να εξηγήσουμε την λευκή γραμμή, «ως εάν» να υπήρχαν τα ηλεκτρόνια, μπορούμε να εξηγήσουμε την κίνηση δύο μαζών «ως εάν» να ίσχυε ο νόμος της παγκόσμιας έλξης. Σε μια πρώτη ανάγνωση, οι εξηγήσεις φαίνονται συμμετρικές. Όπως θεωρούμε ότι το *αίτιο* της λευκής γραμμής είναι η ύπαρξη του διερχόμενου ηλεκτρονίου, έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι και το *αίτιο* της κίνησης δύο μαζών είναι η νευτώνεια δύναμη μεταξύ τους. Σύμφωνα με την Καρτράιτ, όμως, στην περίπτωση των θεωρητικών εξηγήσεων, τα ίδια φαινόμενα θα μπορούσαν να παραχθούν από διαφορετικούς νόμους και μοντέλα. Η κίνηση των δύο μαζών θα μπορούσε να περιγραφεί από μοντέλα τα οποία δεν περιέχουν π.χ. την έννοια της δύναμης. Αντίθετα, στην περίπτωση των αιτιακών εξηγήσεων αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η μία και μοναδική αιτιακή αλυσίδα η οποία παράγει τον φαινόμενο. Η διαφορά αυτή θα γίνει εμφανέστερη όταν δούμε λεπτομερέστερα τον τρόπο με τον οποίο, σύμφωνα με την Καρτράιτ, εξηγούν οι θεωρητικοί νόμοι.

### 2.3.2 Θεωρητικοί Νόμοι και Μοντέλα

Ξεκινήσαμε την εισαγωγή σε αυτό το κεφάλαιο με την διαπίστωση της Καρτράιτ ότι οι επιστημονικοί νόμοι «ψεύδονται». Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η Καρτράιτ θεωρεί «ψευδείς» τους θεμελιώδεις νόμους της επιστήμης, όπως τον νόμο της παγκόσμιας έλξης και όχι τους φαινομενολογικούς νόμους, όπως οι εμπειρικοί «νόμοι» της μηχανοτεχνίας. Οι τελευταίοι είναι ένα παράδειγμα νόμων που περιγράφουν αυτό που συμβαίνει σε πραγματικές συνθήκες

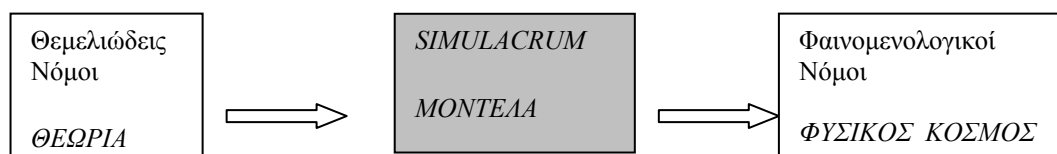
και σε πραγματικά αντικείμενα. Αντίθετα, οι θεμελιώδεις νόμοι της επιστήμης, όπως ο νόμος της παγκόσμιας έλξης, δεν αφορούν πραγματικά αντικείμενα, αλλά αντικείμενα σε «μοντέλα». Ο βασικός λόγος τον οποίο παραθέτει ο Καρτράιτ για την αδυναμία των θεωρητικών νόμων να περιγράψουν ιδιότητες πραγματικών αντικειμένων είναι ο *ceteris paribus* χαρακτήρας τους. Στην περίπτωση π.χ. που δύο μάζες είναι φορτισμένες, η δύναμη μεταξύ τους δεν δίνεται από το νόμο της παγκόσμιας έλξης, καθώς υπάρχει και η δύναμη Coulomb. Σύμφωνα με μία ρεαλιστική προσέγγιση βέβαια, υπάρχει τόσο η δύναμη Newton, όσο και η δύναμη Coulomb και, προστιθέμενες διανυσματικά, μας δίνουν το παρατηρούμενο αποτέλεσμα. Σύμφωνα όμως με την Καρτράιτ, δεν έχουμε κανένα λόγο να υποθέτουμε ότι η φύση προσθέτει δυνάμεις διανυσματικά. Αυτές είναι δικές μας τεχνικές στην προσπάθεια μας να υπαγάγουμε τα φαινόμενα στη δικαιοδοσία όσο πιο γενικών αρχών και νόμων γίνεται. Σε αυτό το σημείο η Καρτράιτ επαναλαμβάνει ένα από τα βασικότερα επιχειρήματα του εμπειρισμού ενάντια στις αξιώσεις αλήθειας των επιστημονικών νόμων: η απαίτηση για γενικές αρχές τίθεται από τον άνθρωπο, στην προσπάθεια του να οργανώσει όσο πιο συνεκτικά γίνεται την γνώση του για τη φύση. Δεν έχει κανένα δικαίωμα να θεωρήσει ότι οι νόμοι που βρίσκει κάθε φορά αντανakλούν βαθύτερες αρχές της φύσης που βρίσκονται «πίσω από τα φαινόμενα».

Οι φαινομενολογικοί νόμοι περιγράφουν αυτό που γίνεται σε ένα φαινόμενο, χωρίς όμως την ίδια στιγμή να δίνουν εξήγηση. Ο θεωρητικός νόμος, παρέχει την εξήγηση του φαινομένου, αλλά την ίδια στιγμή απομακρύνεται από αυτό. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης, π.χ., δίνει το μέτρο της δύναμης μεταξύ δύο σφαιρικών μαζών, μόνο υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις: να αποτελούν απομονωμένο σύστημα, οι ακτίνες τους να είναι τόσο μικρές σε σχέση με την απόστασή τους ώστε να τις θεωρούμε σημειακές μάζες, να μην είναι φορτισμένες, να μην υπάρχουν τριβές κλπ. Πρακτικά, ποτέ δεν ισχύουν όλες αυτές οι προϋποθέσεις στην περίπτωση δύο πραγματικών σωμάτων σε πραγματικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος, σύμφωνα με την Καρτράιτ, που ισχύει στη φυσική μια αντίστροφη σχέση μεταξύ αλήθειας και εξήγησης: προκειμένου να εξηγούν οι θεμελιώδεις νόμοι πρέπει να απομακρύνονται από την αλήθεια των φαινομένων. Για να μπορούν να εξηγούν οι θεωρητικοί νόμοι πρέπει να απομακρύνονται από το συγκεκριμένο και το πολύπλοκο. Το κόστος αυτής της εξηγητικής τους ικανότητας είναι η απομάκρυνση τους από τον «κόσμο», καθώς δεν περιγράφουν τελικά κανένα πραγματικό και συγκεκριμένο φαινόμενο. Αντίθετα, οι φαινομενολογικοί νόμοι μπορούν να περιγράψουν αυτό που πραγματικά γίνεται,



αλλά ο ειδικός χαρακτήρας τους δεν τους επιτρέπει να έχουν εξηγητική ισχύ. Τα μοντέλα έρχονται ακριβώς για να συνδέσουν τους θεμελιώδεις με τους φαινομενολογικούς νόμους.

Οι θεμελιώδεις νόμοι καθώς ισχύουν υπό συγκεκριμένες συνθήκες και αναφέρονται σε φανταστικά αντικείμενα (όπως π.χ. οι «σημειακές μάζες») δεν μπορούν να συσχετιστούν αυτόματα με την φύση. Οι εξισώσεις (νόμοι) της θεωρίας είτε δεν μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας στην πραγματικότητα είτε, όταν εφαρμοστούν, είναι ψευδείς. Σε αυτό το σημείο εισάγονται τα μοντέλα, ως ενδιάμεσες οντότητες στις οποίες εφαρμόζονται οι θεωρητικοί νόμοι. Μέσω του μοντέλου στη συνέχεια, εξάγονται οι φαινομενολογικοί νόμοι οι οποίοι δίνουν τα σωστά αποτελέσματα σε σχέση με την παρατήρηση και το πείραμα. Το μοντέλο (*simulacrum*) προσομοιώνει το προς εξέταση φαινόμενο και με αυτό τον τρόπο η θεωρία δεν εφαρμόζεται απευθείας στον φυσικό κόσμο, αλλά σε εξιδανικευμένες, γνωσιακές κατασκευές οι οποίες έχουν εφευρεθεί για αυτόν ακριβώς το λόγο.



Η Καρτράιτ αντιπαραβάλλει την δική της προσέγγιση, όπου τον κεντρικό ρόλο παίζει η κατασκευή των μοντέλων, με την προσέγγιση που ταυτίζει την φυσική θεωρία με την μαθηματική διατύπωσή της:

Στη θεωρία του *simulacrum* τα μοντέλα είναι ουσιώδη για τη θεωρία. Χωρίς αυτά [η επιστημονική θεωρία] είναι μόνο μια αφηρημένη μαθηματική δομή, τύποι με «τρύπες» στο εσωτερικό τους, που δεν έχουν καμιά σχέση με την πραγματικότητα. (Cartwright 1983, 159)

Οι θεμελιώδεις νόμοι χρησιμεύουν λοιπόν στην κατασκευή των μοντέλων, τα οποία με την σειρά τους «παράγουν» τους φαινομενολογικούς νόμους, προσομοιώνουν δηλαδή την συμπεριφορά του υπό εξέταση φαινομένου. Τα μοντέλα παρέχουν τον τρόπο στον επιστήμονα με τον οποίο πρέπει να εξειδικεύσει, να συνδυάσει, ή ακόμα και να μετασχηματίσει τους θεμελιώδεις νόμους, ώστε να εξαγάγει τους ζητούμενους φαινομενολογικούς.

Για να επιστρέψουμε στην αντι- ρεαλιστική τοποθέτηση της Καρτράιτ, η καταγωγή των φαινομενολογικών νόμων από τους θεμελιώδεις δεν σημαίνει ότι η αλήθεια των πρώτων «διοχετεύεται» στους δεύτερους. Πράγματι, ένας ρεαλιστής θα μπορούσε να υποστηρίξει εδώ, χρησιμοποιώντας το κλασικό επιχείρημα της μη σύμπτωσης, ότι η επιτυχία των φαινομενολογικών νόμων, υποδεικνύει την «αλήθεια» των θεμελιωδών από τους οποίους προέρχονται. Σύμφωνα με την Καρτράιτ, αυτή η γραμμή σκέψης, προέρχεται από τον νομολογικό- παραγωγικό πρότυπο:

1. Θεμελιώδεις νόμοι
2. Αρχικές συνθήκες

---

#### Φαινομενολογικοί Νόμοι

Υπ' αυτή την έννοια, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι φαινομενολογικοί νόμοι παράγονται με τρόπο «μηχανικό», με βάση τις προσαρμογές και εξειδικεύσεις οι οποίες γίνονται στους θεμελιώδεις νόμους.

Σε αντίθεση, όμως, με το παραπάνω πρότυπο, η εξειδίκευση των θεμελιωδών νόμων μέσω ενός *simulacrum*, δεν προκύπτει από κάποιες δεδομένες «αρχικές συνθήκες». Τα «γεγονότα» μπορεί να δείχνουν ότι απαιτούνται κάποιες προσαρμογές ή αλλαγές στους θεμελιώδεις νόμους, αλλά δεν μπορούν να καθορίσουν αυτές τις αλλαγές. Κατά την κατασκευή των μοντέλων, γίνονται «διορθώσεις» και «προσαρμογές», οι οποίες, σύμφωνα με την Καρτράιτ, δεν περιέχονται στους νόμους, αλλά ούτε και υπαγορεύονται από τα γεγονότα. Στη διαδικασία κατασκευής ενός *simulacrum*, πέρα από τις ειδικές συνθήκες ανά περίπτωση, υπεισέρχονται πραγματιστικά κριτήρια, με αποτέλεσμα η όλη διαδικασία να μην είναι τυποποιήσιμη. Οι «αρχικές συνθήκες» του νομολογικού- παραγωγικού προτύπου κρύβουν ακριβώς αυτή τη διαδικασία συγκρότησης των μοντέλων, η οποία απαιτεί *ad hoc* προσαρμογές και τεχνάσματα. Η μετατροπή των θεμελιωδών νόμων σε φαινομενολογικούς, όχι μόνο δεν είναι μια μηχανική και ουδέτερη διαδικασία, αλλά απαιτεί σύμφωνα με την έκφραση του Σούπις μια «ολόκληρη ιεραρχία θεωριών».

Ακόμα όμως κι αν δεχτεί κάποιος την παραπάνω τοποθέτηση, έχει την δυνατότητα να σώσει το ρεαλιστικό πρόγραμμα με άλλο τρόπο. Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι σύμφωνα με τον Μακμάλιν τα μοντέλα τα οποία κατασκευάζουμε αναπαριστούν την βαθύτερη δομή του φυσικού κόσμου και αυτό

εξηγεί την επιτυχία τους. Θα μπορούσε δηλαδή κάποιος να αποδεχθεί τον «σώζειν τα φαινόμενα» χαρακτήρα των θεμελιωδών νόμων, θεωρώντας παρόλα αυτά, ότι τα μοντέλα τα οποία κατασκευάζουμε με την χρήση αυτών των νόμων, αναπαριστούν τελικά την πραγματικότητα του υπό εξέταση φαινομένου, όπως αυτή υπάρχει έξω και ανεξάρτητα από τις θεωρίες μας. Με άλλα λόγια, η Καρτράιτ χρησιμοποίησε τον μεσολαβητικό χαρακτήρα του *simulacrum* για να απαξιώσει τις μεταφυσικές απαιτήσεις «αλήθειας» σχετικά με τους θεμελιώδεις νόμους, αλλά αυτό δεν σημαίνει τίποτα για το γνωσιολογικό καθεστώς του ίδιου του μοντέλου/*simulacrum*.

#### 2.3.4 Μοντέλα και Φυσικός Κόσμος

Αυτό που μαθαίνει κανείς καταρχήν διδασκόμενος φυσική, είναι πως να εφαρμόζει τους θεμελιώδεις νόμους σε μοντέλα –και όχι απευθείας στην πραγματικότητα– όπως αυτή περιγράφεται από τους φαινομενολογικούς νόμους. Παίρνοντας για παράδειγμα την εξίσωση του Σρέντιγκερ (Schroedinger), τα εγχειρίδια φυσικής δεν προχωρούν στη γενική λύση της, ούτε στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται σε πραγματικά συστήματα. Τα εγχειρίδια υποδεικνύουν πώς η εξίσωση του Σρέντιγκερ εφαρμόζεται σε διάφορα μοντέλα (όπως το άτομο του υδρογόνου, το «πηγάδι» δυναμικού, το διατομικό μόριο). Ο τρόπος εξειδίκευσης της εξίσωσης επιτυγχάνεται μέσω αυτών που η Καρτράιτ ονομάζει *αρχές σύνδεσης (bridge principles)*. Οι αρχές σύνδεσης, σε αντίθεση με τους κανόνες αντιστοίχισης, ή την αναγωγή στο παρατηρησιακό ή σε παλιότερο λεξιλόγιο, δεν συνδέουν τις εξισώσεις της θεωρίας με την εμπειρία ή την πραγματικότητα αλλά με φανταστικά αντικείμενα ή ιδεατά μοντέλα.

Αντιμέτωπος με το καθήκον της εξήγησης ενός πραγματικού φαινομένου (και για να εξαγάγει ποσοτικές προβλέψεις) ο επιστήμονας πρέπει να κατασκευάσει ένα μοντέλο αυτού του φαινομένου, χρησιμοποιώντας τις αρχές σύνδεσης που γνωρίζει. Με αυτόν τον τρόπο επεκτείνει την χρήση των νόμων πέρα από την περιοχή ισχύος τους. Αυτή η επέκταση δεν θεμελιώνεται, κατά την Καρτράιτ, στην αλήθεια των νόμων αλλά στην προσωπική απόφαση του επιστήμονα να κατανοήσει, απόφαση που θα δικαιωθεί μόνο εκ των υστέρων. Αυτή η απόφαση έχει πραγματιστικό χαρακτήρα, διότι τίποτα δεν εγγυάται ότι η φύση διέπεται από αυστηρούς νόμους. Το *simulacrum*, ως εκ τούτου, έχει από την αρχή χαρακτήρα προσομοίωσης του φαινομένου και όχι της όσο το δυνατόν πιστότερης αναπαράστασής του «τι πραγματικά γίνεται». Κατά

την κατασκευή του μοντέλου, ο φυσικός μπορεί να έχει ένα άλλο σκοπό, όπως να υπολογίσει ένα μέγεθος με ακρίβεια, ή να συσχετίσει ένα μέγεθος με ένα άλλο μέγεθος. Αυτό που περιμένουμε από το simulacrum είναι να μας δίνει τα ίδια αποτελέσματα, ή να περιγράφεται με την ίδια εξίσωση σε σχέση με το φαινόμενο και όχι να «αντανακλά» την βαθύτερη δομή του. Το simulacrum τελικά «έχει απλώς τον τύπο ή την εμφάνιση ενός συγκεκριμένου πράγματος, χωρίς να κατέχει την ουσία του ή τις κατάλληλες ποιότητες» (Cartwright 1983, 152-153)

Προκειμένου μάλιστα να πετύχει την σύμπτωση μοντέλου-πραγματικού φαινομένου, ο φυσικός, όχι μόνο δεν είναι υποχρεωμένος να ακολουθεί τις πραγματικές αιτιακές αλυσίδες ενός φαινομένου και να είναι πιστός στις ιδιότητες των οντοτήτων αλλά πολλές φορές απομακρύνεται από αυτές, «ψεύδεται» εθελούσια, προκειμένου να πετύχει το τελικό αποτέλεσμά του. Λόγω της ανάγκης μαθηματικοποίησης ή των ειδικών σκοπών με τους οποίους φτιάχνεται το μοντέλο, πολλές φορές εισάγονται ως ιδιότητες των αντικειμένων στα μοντέλα ιδιότητες τις οποίες δεν κατέχουν τα αντικείμενα στην πραγματικότητα (όπως την γνωρίζουμε πάντα). Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να είναι πραγματικές αλλά να μην ανήκουν στα υπό συζήτηση αντικείμενα, (όπως στην περίπτωση που θεωρούμε τα μόρια του ιδανικού αερίου ως σφαιρίδια) ή φανταστικές (όπως η απουσία τριβής σε ένα επίπεδο).

Το μοντέλο είναι μια κατασκευή της φαντασίας. Κάποιες ιδιότητες που αποδίδονται στα αντικείμενα κατά το μοντέλο μπορεί να είναι γνήσιες ιδιότητες των αντικειμένων που προσομοιώνονται αλλά κάποιες άλλες μπορεί να είναι απλώς ιδιότητες διευκόλυνσης. (Cartwright 1983, 153)

Μιλώντας γενικότερα, σκοπός της κατασκευής ενός μοντέλου είναι η εξαγωγή μιας εξίσωσης μέσω της οποίας μετρώνται σωστά κάποια μεγέθη. Η επιτυχία των ποσοτικών προβλέψεων αυτής της εξίσωσης δεν σημαίνει, σύμφωνα με την Καρτράιτ, τίποτα για τον οντολογικό καθεστώς του μοντέλου, αφού προκειμένου να καταστρωθεί η εξίσωση μπορεί, όπως είπαμε, να χρειαστεί το μοντέλο να «ψεύδεται» εν γνώσει μας, σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο. Η επιτυχία του μοντέλου κρίνεται από την ικανότητά του να περιγράφει το «φαίνεσθαι» και όχι το «είναι» του κόσμου:

Είναι σημαντικό ότι τα μοντέλα που κατασκευάζουμε μας επιτρέπουν να εξαγάγουμε τα κατάλληλα συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά των φαινομένων και των αιτιών τους. Αλλά δεν είναι ουσιώδες τα μοντέλα να περιγράφουν με ακρίβεια ο,τιδήποτε που πραγματικά συμβαίνει και γενικά δεν θα ήταν δυνατό για αυτά να το κάνουν (Cartwright 1983, 140)

Έχοντας ολοκληρώσει την παρουσίαση των βασικών θέσεων της Καρτράιτ, θα προχωρήσω παρακάτω σε μια κριτική αποτίμηση.

### 2.3.5 Υπάρχει «Χώρος» Ανάμεσα στο Εμπειρισμό και το Ρεαλισμό;

Η βασική καινοτομία της Καρτράιτ, από την οποία ξεκίνησα, δεν είναι παρά η ταυτόχρονη υιοθέτηση δύο θέσεων: πρώτον η εμπειριστική τοποθέτηση της σε σχέση με τα μοντέλα και τους θεμελιώδεις νόμους και δεύτερον, η ρεαλιστική τοποθέτηση σε σχέση με τις λεγόμενες θεωρητικές οντότητες. Για να δούμε αν αυτή η «διπλή» τοποθέτηση δημιουργεί προβλήματα ή μπορεί να προχωρήσει παραπέρα τη συζήτηση σε σχέση με το γνωσιολογικό καθεστώς των μοντέλων, ας επιστρέψουμε στο αρχικό παράδειγμα της λευκής γραμμής στο θάλαμο Chamber. Στην περίπτωση εκείνη, η εξήγηση βασίζεται σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο π.χ. αντιμετωπίζει τα ηλεκτρόνια σαν σφαιρίδια τα οποία συγκρούονται, προϋποθέτει συγκεκριμένους νόμους εκπομπής και απορρόφησης του φωτός κοκ. Η εξήγηση, δηλαδή, βασίζεται σε μια ολόκληρη ανασυγκρότηση του φαινομένου όπου πραγματοποιούνται κάποιες αφαιρέσεις, παραλείπονται μη ενδιαφέρουσες όψεις, χρησιμοποιούνται ποιοτικές αρχές και νόμοι από την κβαντική φυσική, με λίγα λόγια κατασκευάζεται ένα μοντέλο για το φαινόμενο. Ξεκινήσαμε την παρουσίαση της Καρτράιτ επισημαίνοντας ότι σε αυτή την περίπτωση, στην οποία αναζητούμε την αιτιακή αλυσίδα του φαινομένου, έχει νόημα να βεβαιώσουμε την αλήθεια της ύπαρξης των ηλεκτρονίων και των ιδιοτήτων τους. Τι θα είχαμε να πούμε λοιπόν για τον οντολογικό καθεστώς του μοντέλου που περιγράφει την όλη διαδικασία; Θα μπορούσε η αιτιακή αλυσίδα να είναι «αληθής» και τα ηλεκτρόνια «υπαρκτά», ενώ το αντίστοιχο μοντέλο απλώς να «σώζει το φαινόμενο»; Μπορεί ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει τις «υπαρκτές» ιδιότητες «υπαρκτών» οντοτήτων να μην περιγράφει αυτό «που πραγματικά συμβαίνει» αλλά να είναι ένα απλό εργαλείο για την διατύπωση εμπειρικών προβλέψεων;

Σύμφωνα με την Καρτράιτ, υπάρχει πράγματι ένα συγκεκριμένο είδος μοντέλων, στα οποία οι περιγραφόμενες διαδικασίες πρέπει να είναι «αληθείς». Αυτά είναι τα μοντέλα τα οποία επιχειρούν να περιγράψουν την αιτιακή αλυσίδα που παράγει ένα φαινόμενο. Γενικότερα όμως, κατά την κατασκευή των μοντέλων, ο επιστήμονας επιδιώκει πλεονασμό θεωρητικών εξηγήσεων, τα οποία θα του δώσουν την δυνατότητα ευελιξίας και προσαρμογής σχετικά με τον τρόπο που θέλει κάθε φορά να προσεγγίσει το φαινόμενο. Η περιγραφή της αιτιακής αλυσίδας είναι ένας μόνο από αυτούς του τρόπους, ο μόνος από τον οποίο έχουμε απαιτήσεις «αλήθειας».

Φτάσαμε με αυτόν τον τρόπο ξανά στη διάκριση θεωρητικών/αιτιακών εξηγήσεων, αναπαράγοντάς την στο επίπεδο των μοντέλων: γενικώς τα μοντέλα «σώζουν τα φαινόμενα» και κατασκευάζονται για συγκεκριμένους σκοπούς, αλλά υπάρχει και η ειδική κατηγορία των *αιτιακών μοντέλων* τα οποία αναπαριστούν ή φιλοδοξούν να αναπαραστήσουν την πραγματική διαδικασία παραγωγής ενός φαινομένου. Η «διπλή» αυτή τοποθέτηση σε σχέση με τα μοντέλα δημιουργεί ένα άλλο πρόβλημα.

Ας υποθέσουμε ότι ένα μοντέλο αναπαριστά την πραγματική αιτιακή αλυσίδα ενός φαινομένου ενώ την ίδια στιγμή υπάρχουν άλλα μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο, τα οποία κατασκευάζονται για άλλους σκοπούς. Το ερώτημα που τίθεται είναι ποια η σχέση του «αιτιακού» μοντέλου με τα υπόλοιπα. Προφανώς η δεύτερη κατηγορία μοντέλων θα βασίζεται και αυτή σε μια αιτιακή αλυσίδα προκειμένου να περιγράψει το φαινόμενο. Μπορεί λοιπόν ένα «θεωρητικό» μοντέλο, προκειμένου να επιτύχει ένα συγκεκριμένο σκοπό, π.χ. την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, να βασίζεται σε μια άλλη, ασύμβατη αιτιακή αλυσίδα; Η Καρτράιτ δεν αντιμετωπίζει το ερώτημα αλλά η γενική αίσθηση που υπάρχει στην τρέχουσα φυσική είναι ότι τα διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο θα πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους ή να αποτελούν όψεις της ίδιας διαδικασίας, ή να το ένα να ενσωματώνεται στο άλλο. Ακόμα και στις περιπτώσεις στις οποίες υπάρχουν δύο εκ πρώτης όψεως αρκετά διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο πράγμα, όπως το μοντέλο της σταγόνας και το μοντέλο των φλοιών για τον πυρήνα του ατόμου, υπάρχει μάλλον η αίσθηση ότι και τα δύο αγγίζουν κάποια όψη της δομής του πυρήνα, παρά ότι και τα δύο αποτελούν συμβατικά «ψεύδη» μέσω των οποίων προκύπτουν χρήσιμα αποτελέσματα. Πέρα από αυτό, υπάρχει η κοινή διαίσθηση τους φυσικούς, ότι τα μοντέλα, όσο καλύτερα αναπαριστούν, τόσο καλύτερα εξυπηρετούν πρακτικούς σκοπούς, όπως υπολογισμούς θεωρητικών οντοτήτων κλπ. Στην περίπτωση που το ιδανικό της ακριβούς περιγραφής καθιστά

υπερβολικά πολύπλοκο ένα υπολογισμό, ο επιστήμονας μπορεί να απλοποιήσει το μοντέλο του αλλά όχι να αλλοιώσει την αιτιακή αλυσίδα ή να παρουσιάσει μια αντιφατική με την καθιερωμένη προκειμένου να πετύχει ένα συγκεκριμένο σκοπό. Ακόμα όμως και να έχει δίκιο η Καρτράιτ και να υπάρχουν πράγματι δύο είδη μοντέλων, η εύρεση της πραγματικής αιτιακής αλυσίδας δεν αποτελεί την «εξαιρέση» ή μια «ειδική περίπτωση» αλλά το κύριο κίνητρο κατασκευής μοντέλων στην επιστήμη. Η διαδικασία κατασκευής μοντέλων, όπου κυριαρχεί ο πραγματιστικός χαρακτήρας, χαρακτηρίζει μάλλον εφαρμοσμένους κλάδους, παρά την βασική επιστημονική έρευνα ως προς την οποία τίθενται κυρίως τα φιλοσοφικά ερωτήματα. Πράγματι, τα μοντέλα τα οποία κατασκευάζονται σε τεχνολογικούς τομείς, έχουν συνήθως σκοπό την επίτευξη αποτελεσμάτων, σε αντίθεση όμως με τα επιστημονικά μοντέλα, τα οποία εξ' ορισμού αποσκοπούν στην γνώση των μηχανισμών. Μιλώντας γενικότερα, η Καρτράιτ ξεφεύγει από την κλασική εμπειριστική διάκριση παρατηρήσιμο και μη παρατηρήσιμο, αλλά είναι αναγκασμένη να υποστηρίξει μια άλλη διάκριση ανάμεσα σε θεωρητικές και σε αιτιακές εξηγήσεις (ή θεωρητικά και αιτιακά μοντέλα), η οποία είναι σε μεγάλο βαθμό αντίθετη με κοινές διαισθήσεις περί επιστήμης και φιλοσοφικά επισφαλής.

#### *2.4 Εμπειρισμός και Σημασιολογία: Γενικά συμπεράσματα*

Η αναγκαιότητα της μεσολάβησης των μοντέλων απομακρύνει την θεωρία από την πραγματικότητα δίνοντας ένα επιπλέον επιχείρημα στο εμπειριστικό στρατόπεδο. Τόσο η Καρτράιτ όσο και ο βαν Φράασεν χρησιμοποιούν το ρόλο των μοντέλων ως μεσολαβητές ανάμεσα στην εμπειρία και τους επιστημονικούς νόμους για να απαξιώσουν τους τελευταίους από τη φιλοδοξία ρεαλιστικής αναπαράστασης του φυσικού κόσμου. Και οι δύο υποστηρίζουν ένα κατασκευαστικό εμπειρισμό, με την διαφορά ότι η Καρτράιτ υπεραμύνεται της ύπαρξης των λεγόμενων μη παρατηρήσιμων (δια των γυμνών αισθήσεων) οντοτήτων όπως το ηλεκτρόνιο. Ο εμπειρισμός και των δύο θεμελιώνεται σε επισφαλείς διακρίσεις. Στην περίπτωση του βαν Φράασεν στην προερχόμενη από τον κλασικό εμπειρισμό διάκριση παρατηρήσιμων και μη, ενώ στην περίπτωση της Καρτράιτ στην καινοφανή διάκριση θεωρητικών και αιτιακών εξηγήσεων. Το πρόβλημα με την πρώτη διάκριση είναι ότι συζητιέται αρκετές δεκαετίες τώρα, με επιχειρήματα και από τις δύο πλευρές, ενώ η δεύτερη, ακριβώς λόγω του καινοφανούς χαρακτήρα της δεν μπορεί να αποτελέσει

στέρεο φιλοσοφικό έδαφος για να δοθεί μια τελική απάντηση για το οντολογικό καθεστώς των μοντέλων. Καθώς η διαμάχη εμπειρισμού- ρεαλισμού δεν αποτελεί θέμα της παρούσης εργασίας, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ο «κατασκευαστικός» χαρακτήρας τον οποίο έχουν τα ενδιάμεσα μοντέλα. Σύμφωνα με αυτόν, τα μοντέλα κατασκευάζονται, αποτελούν δημιουργίες οι οποίες δεν καθορίζονται από οποιοδήποτε είδους «δεδομένα των αισθήσεων» ούτε από γενικούς νόμους. Η κατασκευή ενός μοντέλου, με άλλα λόγια, δεν μπορεί να αναχθεί ούτε σε γενικές προτάσεις του τύπου «κάθε υλικό έχει ένα σημείο ζέσης», ούτε σε εμπειρικά δεδομένα του τύπου «αυτό το αντικείμενο είναι κόκκινο». Ούτε όμως υπάρχει κάποιος αλγόριθμος, ο οποίος, με μηχανικό τρόπο, θα συνδύαζε «γενικές» και «ατομικές» προτάσεις παρέχοντας κάθε φορά εξηγήσεις σύμφωνα με τον νομολογικό- παραγωγικό πρότυπο. Η μη δυνατότητα ύπαρξης ενός τέτοιου γενικού αλγορίθμου προκύπτει από την αναγκαιότητα πρόσθετων ειδικών υποθέσεων, προσαρμογών ακόμα και επικουρικών θεωριών, οι οποίες χρειάζονται για την κατασκευή ενός συγκεκριμένου μοντέλου. Θα μπορούσαμε λοιπόν, να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι τα μοντέλα είναι μη προτασιακές οντότητες, καθώς αποτελούν ad hoc κατασκευές που δεν ανάγονται σε ένα σύνολο ατομικών ή γενικών προτάσεων ούτε μπορούν να κατασκευαστούν μέσω κάποιων γενικών κανόνων.

Η διαμάχη ρεαλισμού και εμπειρισμού μετά την συμπλήρωση του επιθέτου «κατασκευαστικός», φαίνεται ότι αποκτάει ένα καινούργιο ενδιαφέρον, καθώς ανατρέπει την κοινή παράδοση εμπειρισμού και ρεαλισμού, σύμφωνα με την οποία οι θεωρίες μας αποτελούν «καθρέφτη της φύσης». Η μετατροπή όμως του ερωτήματος για την σχέση πρότασης- κόσμου σε ερώτημα για την σχέση μοντέλου- κόσμου, δεν δίνει νέες δυνατότητες μόνο στο εμπειρισμό αλλά και στο ρεαλισμό καθώς επιτρέπει στον τελευταίο να ξεφύγει από τη οπτική «του ματιού του Θεού».

Η γενική αίσθηση από τους συγγραφείς που εξέτασα σε αυτή την ενότητα είναι ότι δεν στοχεύουν τόσο σε μία νέα ανάλυση της επιστήμης με βάση τα μοντέλα αλλά στην χρήση των τελευταίων στην παλιά αλλά πάντα επίκαιρη διαμάχη ρεαλισμού- εμπειρισμού. Στην επόμενη ενότητα θα δούμε ένα άλλο ρεύμα της σημασιολογικής προσέγγισης, το οποίο χρησιμοποιεί τα μοντέλα, σε έναν άλλο τρόπο προσέγγισης και ανασυγκρότησης της επιστήμης.



### 3. Η Δομική Προσέγγιση

#### 3.1 Η Μη Προτασιακή Προσέγγιση των Σνιντ- Στεγκμίλερ

Το έργο του Σνιντ (Sneed), όπως συμπληρώθηκε και επεκτάθηκε από τον μαθητή του Στεγκμίλερ (Stegmüller) είναι η δεύτερη παράδοση της σημασιολογικής ή μη προτασιακής προσέγγισης, που θα εξετάσουμε σε αυτό το κεφάλαιο. Στόχος του Στεγκμίλερ είναι να αντιμετωπιστεί «η πρόκληση Κουν»<sup>53</sup>. Θεωρώντας ότι, τόσο η επίθεση του Κουν στον λογικό εμπειρισμό, όσο και η ανάλυσή του για τις επιστημονικές θεωρίες είναι γενικά σωστή, έθεσε ως στόχο να διευκρινίσει με τέτοιο τρόπο τις έννοιες του *παραδείγματος*, της *ασυμμετρίας* και της *ανοσίας*, ώστε να διαλύσει την *αχλή φιλοσοφικού σχετικισμού* που τις καλύπτει:

Το πιο σημαντικό θέμα είναι να παράσχουμε μια ανασυγκρότηση αυτών των εννοιών-κλειδιών, η οποία να διασκορπίσει πλήρως την εμφάνιση του ανορθόλογου, του παράλογου και του εκκεντρικού (στοιχείου) το οποίο κάποιος πολύ εύκολα έβλεπε στην δουλειά του Κουν. (Stegmüller 1977, 136)

Βασιζόμενος στις αναλύσεις του Σνιντ, ο Στεγκμίλερ προχώρησε στην μη προτασιακή ανασυγκρότηση της επιστήμης, θεωρώντας ότι με αυτό τον τρόπο, θα γίνει κατανοητή η προσέγγιση του Κουν:

...ανακαλύψαμε ότι η ‘προτασιακή αντίληψη’ (statement conception) ήταν απλά ασύμβατη με πολλά πράγματα τα οποία ο Κουν ήθελε να μας πει για τις επιστημονικές θεωρίες. (Sneed 1977, 248)

Μόνο με την εγκατάλειψη της προτασιακής άποψης για τις θεωρίες και με την εισαγωγή μίας αντίληψης για αυτές, σύμφωνα με την οποία μια θεωρία δεν αναπαρίσταται με μία τάξη προτάσεων (sentences or propositions) είμαστε σε θέση να ρίζουμε κάποιο φως στο φαινόμενο, το οποίο ο Κουν καλεί κανονική επιστήμη. (Stegmüller 1977, 153)

---

<sup>53</sup> Ο ίδιος ο Κουν ανταποκρίθηκε θετικά στις αναλύσεις των Σνιντ- Στεγκμίλερ: «Ο Στεγκμίλερ, προσεγγίζοντας την δουλειά μου μέσω του Σνιντ, την έχει καταλάβει περισσότερο από κάθε άλλο φιλόσοφο, ο οποίος έχει κάνει κάτι περισσότερο από μια περαστική αναφορά σε αυτήν». (Kuhn 1977c, 189)

Για τους Σνιντ- Στεγκμίλερ, η αντίληψη η οποία ταυτίζει την θεωρία με ένα παραγωγικό σύνολο προτάσεων αδυνατεί να συλλάβει την πιο βασική λειτουργία μιας επιστημονικής θεωρίας που συνίσταται στην αντιμετώπιση νέων φαινομένων. (Sneed 1977, 261). Αν η επιστημονική θεωρία ταυτιστεί με την προτασιακή διατύπωσή της δεν μπορεί να κατανοηθεί η επέκτασή της σε νέες περιοχές, η οποία απαιτεί όχι μόνο ειδικές προσαρμογές, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις, την αλλαγή ή ακόμα και την ανατροπή της ίδιας της θεωρίας. Αυτό το σύνολο των στρατηγικών απέναντι στα «απειθαρχα» δεδομένα βρίσκεται, σύμφωνα με τους Σνιντ- Στεγκμίλερ, στον ίδιο τον πυρήνα της επιστήμης. Στην προσπάθεια τους να απαντήσουν στην περίφημη «ανοσία» των θεωριών που εισήγαγε ο Κουν, όχι μόνο την αποδέχονται, αλλά επιχειρούν, με τον τρόπο που θα δούμε παρακάτω, να την συνδέσουν οργανικά με την ίδια την επιστημονική θεωρία.

Σύμφωνα με τους Σνιντ- Στεγκμίλερ, η επέκταση της θεωρίας σε νέες περιοχές γίνεται με εμπειρικούς ισχυρισμούς οι οποίοι διατυπώνονται στη μορφή συνολοθεωρητικού κατηγορήματος:

Το  $a$  είναι  $S$

Όπου  $a$  είναι ένα φυσικό σύστημα και  $S$  η μαθηματική δομή της θεωρίας. Ο ισχυρισμός «το  $a$  είναι  $S$ » αξιώνει την περιγραφή ενός συστήματος μέσω της εννοιολογικής και μαθηματικής δομής της θεωρίας. Ο Στεγκμίλερ ονομάζει τους ισχυρισμούς του τύπου «το  $a$  είναι  $S$ » *μακρολογικούς*, αντιπαραθέτοντάς τους με τους *μικρολογικούς* ισχυρισμούς της τυπικής λογικής (Stegmüller 1976, 12). Στην μικρολογική προσέγγιση, σύμφωνα με τον Στεγκμίλερ, τα άτομα είναι οι προτάσεις οι οποίες συνδέονται με την βασική (μικρολογική) σχέση, την συνεπαγωγή. Αντίθετα, στην μακρολογική προσέγγιση οι βασικές οντότητες είναι τα μοντέλα, τα οποία συνδέονται με *συνδέσμους* και *ειδικούς νόμους* με τον τρόπο που θα δούμε παρακάτω. Η μακρολογική προσέγγιση των Σνιντ- Στεγκμίλερ διατηρεί, όπως και η μικρολογική αντίστοιχη, φορμαλιστικό χαρακτήρα. Τα βιβλία των Σνιντ- Στεγκμίλερ απαιτούν εξοικείωση με την λογική και τα μαθηματικά και συγκροτούν μια δική τους τεχνική γλώσσα προσπέλασης στο επιστημονικό φαινόμενο, η οποία απαιτεί αρκετή υπομονή από τον αναγνώστη.

Παρά όμως τον έντονα φορμαλιστικό χαρακτήρα της και την ένταξη της στο ρεύμα της *λογικής ανασυγκρότησης* της επιστήμης, η φιλοσοφική προσέγγιση των

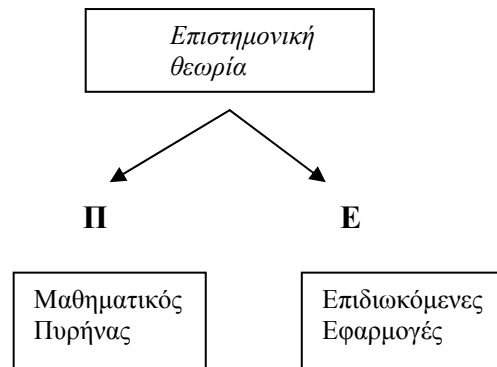
Σνιντ- Στεγκμίλερ υιοθετεί το πρόταγμα της *ιστορικής στροφής* της δεκαετίας του 60, να αναμετράται με την τρέχουσα επιστήμη και την ιστορία της και όχι να κατασκευάζει μια κανονιστική γνωσιολογία, επιχειρώντας να θεμελιώσει την επιστήμη σε *a priori* αρχές. Οι Σνιντ- Στεγκμίλερ δεν αρνούνται τον θεωρητικό και υποκειμενικό χαρακτήρα που έχει κάθε λογική ανασυγκρότηση αλλά παραιτούνται από την αρχή της προσπάθειας να βρουν ένα «φιλοσοφικό θεμέλιο» πριν από την επιστήμη. Θεωρούν ότι η δουλειά τους βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την επιστήμη και επιχειρεί να την αντιμετωπίσει με τον ίδιο τρόπο που η επιστήμη αντιμετωπίζει τα δικά της αντικείμενα. Καταλήγουν έτσι στην πρόταση για μια «εμπειρική, περιγραφική (αλλά όχι απλά περιγραφική), ‘επιστήμης της επιστήμης’» (Sneed 1977, 245). Η έννοια «επιστήμη της επιστήμης» δεν παραπέμπει σε μία κανονιστική μετά-θεωρία αλλά στην ανακάλυψη των μεθόδων που χρησιμοποιεί η επιστήμη, ώστε να χρησιμοποιηθούν κατόπιν πάνω στην ίδια. Καθώς λοιπόν επιχειρούν να αυτό-θεμελιώσουν την επιστήμη, δηλώνουν από την αρχή, ότι τα συμπεράσματα στα οποία θα καταλήξουν δεν μπορούν να είναι πολύ διαφορετικά από την άποψη που έχουν οι ίδιοι οι επιστήμονες για την δουλειά τους.

Ξεκινάμε προϋποθέτοντας ότι η αντίληψη των ενεργεία επιστημόνων για το τι κάνουν είναι σε γενικές γραμμές σωστή, μέχρι αποδείξεως του εναντίου. (Sneed 1971, 4)

Μέσα από αυτή την «συντηρητική» μεθοδολογία, θα δούμε ότι οι Σνιντ-Στεγκμίλερ έρχονται σε ρήξη όχι μόνο με την εικόνα της επιστήμης, όπως αυτή παραδόθηκε από τον λογικό εμπειρισμό, αλλά με αυτή που θεωρήθηκε δεδομένη από πολλούς πολέμιούς του.

### *3.2 Από την Κοσμική Εφαρμογή στα Φυσικά Συστήματα*

Σε αντίθεση όμως με τους υπόλοιπους εκπροσώπους της *σημασιολογικής προσέγγισης*, οι Σνιντ- Στεγκμίλερ, δεν εγκαταλείπουν την «γλώσσα» της θεωρίας, μήτε θεωρούν τα μοντέλα έξω-γλωσσικές οντότητες. Σύμφωνα με τη βασική τους ιδέα, η θεωρία αποτελείται από δύο, αλληλο- εξαρτώμενα μεν, διακριτά δε, μέρη. Το μαθηματικό και εννοιολογικό οπλοστάσιο από το ένα μέρος, και το σύνολο των επιδιωκόμενων εφαρμογών από το άλλο.



Το καινοφανές στον ορισμό των Σινιτ- Στεγκμίλερ είναι προφανώς η συμπερίληψη των επιδιωκόμενων εφαρμογών, του αντικειμένου δηλαδή της επιστήμης, ως ανεξάρτητη συνιστώσα στο ορισμό της επιστημονικής θεωρίας. Το σύνολο Ε αποτελείται από *διακριτά και συγκεκριμένα φυσικά συστήματα* τα οποία είναι οι υποψήφιες εφαρμογές το πυρήνα Π. Με αυτό τον τρόπο, το αντικείμενο της φυσικής δεν δίνεται από κάποια γενική και αφηρημένη περιγραφή, όπως «ο φυσικός κόσμος» ή «τα συστήματα τα οποία μπορεί δυνάμει να αποτελέσουν μοντέλα του πυρήνα Π», αλλά αποτελείται από φυσικά συστήματα τα οποία είναι *υποψήφια μοντέλα* του πυρήνα Π, ή τμημάτων του πυρήνα Π. Στόχος των επιστημόνων από εκεί και πέρα είναι να αποκωδικοποιήσουν με τέτοιο τρόπο τα συστήματα του συνόλου Ε, ώστε να τα μετατρέψουν σε *μοντέλα* του πυρήνα Π. Μέσω λοιπόν αυτής της μετατόπισης από την αόριστη Κοσμική Εφαρμογή της φυσικής θεωρίας, στα συγκεκριμένα και απομονωμένα φυσικά συστήματα<sup>54</sup>, ο επιστήμονας δεν κατέχει μόνο μία συγκεκριμένη γλώσσα, αλλά την ίδια στιγμή γνωρίζει για ποιο πράγμα αυτή η γλώσσα μιλάει. Πώς γίνεται, όμως, ο ορισμός των επιδιωκόμενων εφαρμογών, του αντικειμένου με άλλα λόγια της επιστήμης, ανεξάρτητα από την «γλώσσα» κωδικοποίησης Π;

Τα μέλη του συνόλου Ε, δεν είναι δεδομένα από την αρχή, με κάποια λίστα, ούτε ορίζονται μέσω κάποιων κοινών χαρακτηριστικών τους. Ο προσδιορισμός τους επιτυγχάνεται με βάση την εγγύτητα ή την ομοιότητά τους, με μία πρώτη λίστα επιτυχημένων εφαρμογών της θεωρίας  $E_0$ . Το σύνολο  $E_0$  αποτελείται από μία σειρά φυσικών συστημάτων τα οποία έχουν *ήδη* εξηγηθεί μέσω του πυρήνα Π. Στην περίπτωση π.χ. της κλασικής μηχανικής τα  $E_0$ , είναι το κεκλιμένο επίπεδο, το ελατήριο, το απλό εκκρεμές, κλπ. Μια θεωρία αντάξια του ονόματός της θα πρέπει να

<sup>54</sup> Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ πιστώνουν αυτή την ιδέα στον Σούπις, του οποίου η μέθοδος «μας απελευθερώνει από την προκατάληψη (υπόρρητη στην τυπική προσέγγιση) ότι η τυποποιημένη θεωρία πρέπει να έχει μόνο μία μεγάλη επιδιωκόμενη εφαρμογή» (Stegmuller 1979, 116).

έχει ήδη εφαρμοστεί σε μια σειρά φυσικών συστημάτων και αυτή η εφαρμογή αποτελεί συστατικό στοιχείο της. Οι θεωρίες επεκτείνονται όταν καινούργιες εφαρμογές από το σύνολο  $E - E_0$  εντάσσονται στο σύνολο των μοντέλων της θεωρίας. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Είτε με την άμεση επιτυχή εφαρμογή του μαθηματικού πυρήνα σε ένα φυσικό σύστημα είτε με την επέκταση των μαθηματικού πυρήνα (π.χ. με την προσθήκη ειδικών νόμων), ώστε να περιγράψει ένα νέο φυσικό σύστημα.

Τι σημαίνει όμως *εγγύτητα* ή *ομοιότητα* ενός φυσικού συστήματος με κάποιο άλλο; Ποια είναι τα κριτήρια ώστε ένα σύστημα να θεωρηθεί επαρκώς όμοιο με τα  $E_0$ , ώστε να θεωρηθεί επιδιωκόμενη εφαρμογή; Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αν η ομοιότητα των συστημάτων μεταφραστεί μόνο με δομικούς- τυπικούς όρους, τότε ο ανεξάρτητος προσδιορισμός της καταργείται, καθώς σε τελική ανάλυση προσδιορίζεται μέσω του πυρήνα Π. Θα πρέπει λοιπόν αναγκαστικά οι Σινιτ-Στεγκμίλερ να επικαλεστούν κάποιο είδος «υλικής» ή «οριζόντιας» ομοιότητας και αυτό ακριβώς κάνουν, όπως θα δούμε παρακάτω. Σε αυτό το ερώτημα θα επανέλθουμε στο τέλος της παρουσίασης, καθώς αποτελεί το καίριο σημείο της προσέγγισης των Σινιτ-Στεγκμίλερ. Αυτό που πρέπει να σημειώσουμε προς το παρόν είναι ότι ο προσδιορισμός μέσω της ομοιότητας δεν είναι αυστηρός, ούτε υπάρχουν σαφή κριτήρια ή κάποιος αλγόριθμος με βάση τον οποίο θα μπορούσε να αποφασιστεί αν ένα σύστημα είναι ή δεν είναι επιδιωκόμενη εφαρμογή της θεωρίας. Ο Σινιτ, έτσι, καταλήγει σε έναν ορισμό της θεωρίας ο οποίος εμπεριέχει αυτή την «ασάφεια».

Μία επιστημονική θεωρία είναι μια *εννοιολογική δομή* η οποία μπορεί να παράγει μια ποικιλία εμπειρικών ισχυρισμών, γύρω από μια χαλαρά ορισμένη αλλά όχι τελείως απροσδιόριστη, έκταση εφαρμογών» (Sneed 1977, 248)

Ο μη απόλυτος προσδιορισμός των εφαρμογών της θεωρίας επιτρέπει στους Σινιτ-Στεγκμίλερ να απομακρυνθούν από το στατική προτασιακή αντίληψη και να δουν τις θεωρίες ως οντότητες εξελίξιμες στο χρόνο. Το ότι ο προσδιορισμός του αντικειμένου της επιστήμης γίνεται ανεξάρτητα από τον πυρήνα Π σημαίνει ότι υπάρχει πάντα η δυνατότητα ο επιστήμονας να βρεθεί μπροστά σε ένα φαινόμενο το οποίο *οφείλει* να εξηγήσει αλλά δεν μπορεί. Σε αυτό ακριβώς το σημείο οι Σινιτ-Στεγκμίλερ επιχειρούν να επανεισάγουν τον ορθολογισμό στην προσέγγιση Κουν. Η

δυσκολία εξήγησης οδηγεί τον επιστήμονα σε αλλαγές ή προσθήκες στον πυρήνα Π, ώστε να αντιμετωπιστεί το «απείθαρχο» φαινόμενο ή σύστημα.. Αυτές οι αλλαγές, με την σειρά τους, μπορούν να επιφέρουν μετατροπές στην αντίληψη για το τι είναι το αντικείμενο της επιστήμης, να επιφέρουν δηλαδή αλλαγές στο σύνολο E, πράγμα που σημαίνει ότι νέα συστήματα θα πρέπει να εξηγηθούν κοκ. Ήδη δηλαδή ο ορισμός της επιστημονικής θεωρίας ως <Π, E.> επιτρέπει μια ανάδραση ανάμεσα στο αντικείμενο και στην θεωρία για την οποία ο Μπαλτάς σημειώνει:

Το αντικείμενο και το εννοιολογικό σύστημα της φυσικής συγκροτούν το ένα το άλλο (με την βοήθεια των αντίστοιχων πειραματικών διαδικασιών) με την έννοια ότι η φυσική πάντα μιλάει μόνο για τα πράγματα τα οποία αποκλειστικά καθορίζονται με τον συγκεκριμένο τρόπο της φυσικής. (Baltas 1989, 281)

Όπως σε κάθε περίπτωση αλληλο- συγκρότησης και δυναμικής αλληλεπίδρασης (ή διαλεκτικής σχέσης), η πιο πιθανή αντίρρηση την οποία θα μπορούσε να εγείρει κάποιος είναι αυτή του φαύλου κύκλου. Ποια είναι η συγκεκριμένη διαφορά της προσέγγισης των Σινιτ- Στεγκμίλερ από το «κλείσιμο» στο κόσμο του *Παραδείγματος*, για το οποίο κατηγορήθηκε η προσέγγιση του Κουν; Αν οι εφαρμογές μιας θεωρίας αποτελούν σχετικά ανεξάρτητο αλλά σίγουρα τμήμα της ίδιας της θεωρίας, πώς είναι δυνατόν να την διαψεύσουν; Το ερώτημα είναι κρίσιμο για την προσέγγιση των Σινιτ- Στεγκμίλερ, διότι, όπως είπαμε, είναι ακριβώς η «πρόκληση Κουν» με την οποία θέλουν να αναμετρηθούν.

### 3.3 Ο Εμπειρικός Έλεγχος των Θεωριών.

Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ θεμελιώνουν τον εμπειρικό έλεγχο μιας θεωρίας στην διάκριση θεωρητικών και μη- θεωρητικών όρων<sup>55</sup>. Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ προχωρούν στην γνωστή διάκριση χωρίς να υιοθετούν κάποιο κριτήριο «γυμνής παρατήρησης» ή παρατηρησιακής γλώσσας, όπως οι λογικοί εμπειριστές, αλλά και ο βαν- Φράασεν. Σύμφωνα με τους Σινιτ- Στεγκμίλερ, (Sneed 1971, 31) οι όροι της θεωρίας, (*συναρτήσεις* σύμφωνα με την δική τους ορολογία), διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Παίρνοντας το παράδειγμα της κλασικής μηχανικής (θεωρία T από εδώ και πέρα),

<sup>55</sup> Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ σε αυτό το ζήτημα αποδέχονται και επεκτείνονται την πρόταση του Frank Ramsey. Βλ. Sneed (1971, 41) και Ramsey (1931).

ένα πρώτο είδος συναρτήσεων (όπως αυτές του χώρου και του χρόνου) προσδιορίζονται χωρίς την βοήθεια της συγκεκριμένης θεωρίας  $T$ . Για να περιγράψουμε μαθηματικά για παράδειγμα την κίνηση ενός σώματος στο χώρο και στο χρόνο, δεν χρειαζόμαστε την κλασική μηχανική, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να γίνει χωρίς την βοήθεια κάποιας άλλης θεωρίας ή κάποιων άλλων υποθέσεων. Στην περίπτωση του παραδείγματος, η κίνηση περιγράφεται μέσω μιας θεωρίας «χαμηλότερου» επιπέδου, της κινηματικής, η οποία περιέχει μόνο όρους χώρου και χρόνου.

Η δεύτερη κατηγορία συναρτήσεων είναι αυτές των οποίων ο υπολογισμός γίνεται μέσω της θεωρίας  $T$ . Στην περίπτωση του παραδείγματός μας, τέτοιες συναρτήσεις είναι η μάζα και δύναμη. Με αυτό τον τρόπο η θεωρία  $T$  (κλασική μηχανική) δεν έχει ως αντικείμενο της την «φύση» αλλά μία θεωρία χαμηλότερου επιπέδου (την κινηματική), η οποία μάλιστα είναι εφαρμόσιμη σε διακριτά συστήματα και όχι στον κόσμο ως όλον. Οι μη θεωρητικοί όροι, τελικά, των Σινιτ-Στεγκμίλερ, ονομάζονται έτσι επειδή δεν υπολογίζονται με βάση την *συγκεκριμένη θεωρία* και υπό αυτή την έννοια, ακολουθώντας την υπόδειξη του Μπαλτά (Baltas 1989, 275) θα ήταν καλύτερα να χωρίσουμε τις συναρτήσεις σε αυτές που είναι  $T$ -εξαρτώμενες και  $T$ -μη εξαρτώμενες, ώστε να αποφύγουμε την ιδεολογικά φορτισμένη διάκριση θεωρητικού/μη θεωρητικού. Ας δούμε τώρα πως με βάση αυτή την διάκριση, οι Σινιτ-Στεγκμίλερ ανασυγκροτούν τις διαδικασίες εμπειρικού ελέγχου μιας θεωρίας.

Έστω ότι έχουμε ένα σύστημα το οποίο αποτελεί επιδιωκόμενη εφαρμογή της θεωρίας (π.χ. στην περίπτωση της κλασικής μηχανικής το σύστημα Γης-Ήλιου). Μέσω, λοιπόν, των μη εξαρτώμενων με την  $T$  συναρτήσεων καθορίζονται τα συστήματα εκείνα τα οποία είναι *ενδεχόμενα μερικά μοντέλα της θεωρίας* (partial possible models)  $M_{pp}$ . Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, θεωρώντας την Γη και τον Ήλιο ως υλικά σημεία και προσδιορίζοντας θέσεις και αντίστοιχους χρόνους (άρα και ταχύτητες και επιταχύνσεις), έχουμε ένα φυσικό σύστημα το οποίο έχει προσδιοριστεί χωρίς την χρήση της νευτώνειας θεωρίας και το οποίο η νευτώνεια θεωρία πρέπει να εξηγήσει μέσω των θεωρητικών συναρτήσεων.

Η μαθηματική δομή της θεωρίας διαθέτει τώρα πρόσθετες συναρτήσεις (τις  $T$ -εξαρτώμενες), οι οποίες φιλοδοξούν να εξηγήσουν την συμπεριφορά του συγκεκριμένου συστήματος. Στο επόμενο στάδιο θα πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεκριμένες τιμές αυτών των θεωρητικών συναρτήσεων. Στην περίπτωση του

παραδείγματός μας, πρόκειται για τις μάζες γης και σελήνης και τη δύναμη που ασκούν τα δύο σώματα το ένα στο άλλο. Μετά τον εμπλουτισμό του συστήματος με τις θεωρητικές συναρτήσεις, το σύστημα μετατρέπεται σε *ενδεχόμενο μοντέλο της θεωρίας*  $M_p$ . Η εμπειρική αξίωση τώρα παίρνει την μορφή:

Το μοντέλο  $M_p$  υπόκειται στην μαθηματική δομή  $S$ .

Για να ελέγξουμε τώρα αν το σύστημα αποτελεί πράγματι μοντέλο της νευτώνειας θεωρίας, συγκρίνουμε τις εμπειρικές τιμές των συναρτήσεων στο  $M_p$ , με αυτές που προέβλεπε η θεωρία. Βλέπουμε, δηλαδή, αν οι παρατηρήσιμες τιμές επαληθεύουν τους γενικούς νόμους της θεωρίας (τους τρεις νόμους του Νεύτωνα). Αν η σύγκριση είναι επιτυχής, τότε το μοντέλο μετατρέπεται σε επιτυχή εφαρμογή της νευτώνειας θεωρίας, σε μοντέλο  $M$  της θεωρίας. Για το τελευταίο βήμα όμως απαιτούνται δύο ακόμα προϋποθέσεις στις οποίες θα έρθουμε αμέσως.

Είπαμε προηγουμένως, ότι για να μετατραπεί ένα  $M_{pp}$  σε  $M_p$  θα πρέπει να υπολογιστούν οι «θεωρητικές» συναρτήσεις. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα να υπολογιστούν οι μάζες Γης και Ήλιου και η δύναμη μεταξύ τους. Το πρόβλημα τώρα είναι, ότι επειδή ακριβώς αυτές οι συναρτήσεις είναι θεωρητικές, θα πρέπει να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας την θεωρία  $T$ , συγκεκριμένα τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα. Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που επιχειρούμε μέσω του συστήματος Γης- Ήλιου να ελέγξουμε την ισχύ της νευτώνειας θεωρίας; Σε αυτή την περίπτωση φαίνεται ότι χρησιμοποιούμε ένα νόμο του οποίου θέλουμε να ελέγξουμε την ισχύ, με άλλα λόγια ο έλεγχος της θεωρίας προϋποθέτει την εφαρμογή της! Η έξοδος από τον φαύλο κύκλο επιτυγχάνεται μέσω της ιδέας που αναπτύξαμε στην προηγούμενη ενότητα, περί της πολλαπλότητας των επιδιωκόμενων εφαρμογών. Ο υπολογισμός του συγκεκριμένου μεγέθους (π.χ. της μάζας της γης) μπορεί να γίνει μέσω του δεύτερου νόμου πάντα αλλά σε μια άλλη ανεξάρτητη εφαρμογή. Έχοντας υπολογίσει την μάζα της γης, μέσω ενός άλλου συστήματος (π.χ. γης-σελήνης) αντικαθιστούμε την τιμή στο υπό εξέταση σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο, η τιμή της θεωρητικής συνάρτησης έρχεται ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο με αυτό τον τρόπο μπορεί να ελέγξει την ισχύ του δεύτερου νόμου. Η μεταφορά της τιμής μιας  $T$ -εξαρτώμενης συνάρτησης από την μία εφαρμογή στην άλλη, προϋποθέτει ότι τα συγκεκριμένα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές εφαρμογές θα έχουν



τις ίδιες τιμές θεωρητικών συναρτήσεων (π.χ. την ίδια μάζα). Ο Sneed ονόμασε αυτές τις συνθήκες *συνδέσμους* (constraints).

Ουσιαστικά αυτό που κάνουν οι σύνδεσμοι, δια μέσου των επιδιωκόμενων εφαρμογών, είναι το εξής: Κάνουν δυνατή την χρησιμοποίηση πληροφορίας από μία επιδιωκόμενη εφαρμογή στην πραγματοποίηση προβλέψεων σε μια άλλη επιδιωκόμενη εφαρμογή (Sneed 1977, 254)

Με παρόμοιο τρόπο ο Στεγκμίλερ παρατηρεί,

Οι διαφορετικές επιδιωκόμενες εφαρμογές της θεωρίας δεν είναι πλέον απομονωμένες η μία από την άλλη *αλλά συνέχονται μέσω των αλληλό-συνδέσεων (‘cross-connections’) που εγκαθιδρύονται από τους συνδέσμους.* (Stegmüller 1977, 77)

Με αυτό τον τρόπο, όμως, θα πρέπει να υπάρχει *ήδη* μια επιτυχημένη εφαρμογή της θεωρίας, μέσω της οποίας θα προσδιοριστούν οι τιμές των θεωρητικών συναρτήσεων, ανεξάρτητα από το υπό εξέταση σύστημα. Δεν υπάρχει επιβεβαίωση της θεωρίας σε ένα και μοναδικό σύστημα! Η απαίτηση λοιπόν με την οποία ξεκινήσαμε την παρουσίαση, η θεωρία να συνοδεύεται από ένα σύνολο *επιτυχημένων εφαρμογών*, δεν είναι εξωτερική αλλά επιτελεί συγκροτητικό ρόλο στην θεώρηση των Σινιτ-Στεγκμίλερ. Ο Α. Μπαλτάς, χαρακτηρίζοντας την συνέπεια αυτής της θεώρησης «επαναστατική», παρατηρεί :

Έτσι η θεωρία T δεν μπορεί να εφαρμοστεί *σειριακά* στο ένα φυσικό σύστημα μετά το άλλο. Οι εφαρμογές της T έρχονται πάντα σε *σύνολα* «αμοιβαίως υποστηριζόμενων» μελών: *Κάθε* μέλος του συνόλου είναι μια εφαρμογή, μόνο επειδή *τα άλλα* μέλη του συνόλου το εγγυώνται. Η πιο γενική «δομική» λειτουργία των T-εξαρτώμενων μεγεθών είναι να δένουν εντός ενός συνεπούς όλου την μαθηματική δομή της T, το *σύνολο* των εφαρμογών της T και τις πειραματικές διαδικασίες που είναι απαραίτητες για να αποδοθούν αριθμητικές τιμές στις διαφορετικές τιμές της T και για να ελεγχθούν οι ισχυρισμοί που διαμορφώνονται από αυτήν. (Baltas 1989, 276)

Υπάρχει τώρα μια τέταρτη, τελευταία, προϋπόθεση για την ένταξη ενός φυσικού συστήματος στα μοντέλα μιας θεωρίας. Υπάρχουν φυσικά συστήματα, για τα οποία η θεωρία προβλέπει ότι ισχύουν πρόσθετοι νόμοι «τοπικού χαρακτήρα»,

νόμοι δηλαδή οι οποίοι δεν εφαρμόζονται σε όλα τα μοντέλα (όπως ο δεύτερος νόμος). Τέτοιος νόμος, στην περίπτωση του παραδείγματος της κλασικής μηχανικής, είναι για τους Σνιντ- Στεγκμίλερ ο νόμος της παγκόσμιας έλξης<sup>56</sup>. Το σύστημα Γης- Σελήνης, π.χ., δεν θα πρέπει να υπόκειται μόνο στη μαθηματική δομή Π, αλλά σε μια πιο ειδική εκδοχή αυτής της δομής, στην οποία συμπεριλαμβάνεται ο νόμος της παγκόσμιας έλξης.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η εμπειρική αξίωση της θεωρίας, ξεκινάει από ένα σύστημα το οποίο περιγράφεται με  $T$  μη- εξαρτώμενους όρους. Αυτό το σύστημα μετά τον θεωρητικό εμπλουτισμό του (από τις  $T$ - συναρτήσεις) και αφού συνυπολογιστούν οι σύνδεσμοι και ληφθούν υπ' όψη τυχόν ειδικοί νόμοι, περιγράφεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μετατραπεί σε μοντέλο της θεωρίας, δηλαδή του πυρήνα  $\Pi$ <sup>57</sup>.

Θα δούμε τώρα γιατί αν καταλάβουμε τις εμπειρικές αξιώσεις της θεωρίας σύμφωνα με την τελευταία μορφή, μπορούμε να εξηγήσουμε την «ανοσία» στα απείθαρχα δεδομένα χωρίς την συνδρομή κοινωνιολογικών ή ψυχολογικών παραμέτρων και χωρίς να υποπίπτουμε σε σχετικισμό. Μπορούμε, με άλλα λόγια να δούμε γιατί η παραπάνω εμπειρική αξίωση, ενώ είναι αρκετά ελαστική ώστε να αντέχει σε πιθανές «διαψεύσεις», μπορεί παρόλα αυτά να ελέγξει την θεωρία.

### *3.4 Ανοσία και Ορθολογικότητα.*

Μπορούμε τώρα να επιστρέψουμε στον αρχικό στόχο των Σνιντ- Στεγκμίλερ και να δούμε αν η προσέγγισή τους μπορεί να απαντήσει πράγματι στην «πρόκληση Κουν». Το ζήτημα είναι αν «αντοχή» των θεωριών στα «απείθαρχα» φαινόμενα μπορεί πράγματι να συμβιβαστεί με την ορθολογικότητα της τελικής εγκατάλειψής της, όταν οι όποιες τεχνικές προσαρμογής δεν φαίνονται να αποδίδουν. Οι Σνιντ- Στεγκμίλερ θεωρούν ότι με το τρόπο τον οποίο τίθενται οι εμπειρικές αξιώσεις («το  $a$  είναι  $S$ »), η «ανοσία» μετατρέπεται σε εσωτερικό χαρακτηριστικό των θεωριών, ως στοιχείο της δομικής τους συγκρότησης και ως εκ τούτου δεν θα χρειάζεται να προσφύγουμε σε κοινωνιολογικούς ή ψυχολογικούς όρους για να εξηγήσουμε την απροθυμία των επιστημόνων να εγκαταλείψουν μια θεωρία υπό το βάρος εμπειρικών

<sup>56</sup> Ένα άλλο παράδειγμα τέτοιου «τοπικού» νόμου είναι ο νόμος του Hooke για τα ελατήρια.

<sup>57</sup> Για την ακρίβεια ενός περιορισμού του πυρήνα  $\Pi$ . Για την ακριβή μορφή που παίρνει η εμπειρική αξίωση βλ. Stegmüller (1977, 158)

αντενδείξεων. Υπάρχουν μάλιστα περισσότεροι του ενός, ανεξάρτητοι λόγοι, για τους οποίους οι θεωρίες παρουσιάζουν αυτή την ανοσία.

Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με τον γνωσιολογικό καθεστώς των φυσικών νόμων. Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ αρνούνται και τους δύο βασικούς πόλους της διαμάχης σχετικά με αυτό το ζήτημα. Διαφωνούν και με την άποψη η οποία θεωρεί τους νόμους αναλυτικούς ορισμούς, οι οποίοι ως εκ τούτου δεν επιδέχονται διάψευση αλλά και με την άποψη που τους θεωρεί εμπειρικές γενικεύσεις, οι οποίες επιδέχονται διάψευση μέσω κάποιου συγκεκριμένου πειράματος. Σύμφωνα με την δική τους προσέγγιση, οι νόμοι έχουν πράγματι εμπειρικές αξιώσεις. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα π.χ. ( $F=ma$ ) αξιώνει την ύπαρξη δύο συναρτήσεων (μάζας και δύναμης) σε κάθε εφαρμογή, οι οποίες έχουν μια συγκεκριμένη σχέση η μία με την άλλη. Από το άλλο μέρος, όμως, ο ισχυρισμός αυτός δεν συνοδεύεται από τον ακριβή καθορισμό των συνθηκών οι οποίες σε μια τυχαία εφαρμογή θα διέψευδαν τον νόμο. Με αυτόν τον τρόπο, σύμφωνα με τον Στεγκμίλερ, «ο ισχυρισμός που διατυπώνεται από αυτό τον νόμο είναι ασαφής και αρκετά κενός ώστε να είναι άτρωτος ενάντια σε ενδεχόμενη διάψευση». (Stegmüller 1979, 122) Βλέπουμε ότι σε αυτό το σημείο ο Στεγκμίλερ πλησιάζει την προβληματική της Καρτράιτ, χωρίς όμως να χρεώνεται μια συγκεκριμένη άποψη για το οντολογικό καθεστώς των γενικών νόμων.

Ένα δεύτερο είδος «ανοσίας», προέρχεται από τους ειδικούς νόμους, οι οποίοι μοιράζονται τον «σχεδόν κενό» χαρακτήρα των γενικών νόμων. Οι ειδικοί νόμοι οδηγούν σε εμπειρικές προβλέψεις αλλά μέσω τόσων μεσολαβήσεων και ειδικών κατά περίπτωση συνθηκών, ώστε κανένας αριθμός αρνητικών δεδομένων δεν μπορεί να τους διαψεύσει.

Ένας τρίτος λόγος «ανοσίας» σχετίζεται με τον μετασχηματισμό του μαθηματικού πυρήνα, ώστε ένα φυσικό σύστημα να μετατραπεί σε μοντέλο της θεωρίας. Στην περίπτωση που ένα φυσικό σύστημα δεν μπορεί να εξηγηθεί από την θεωρία, ο επιστήμονας έχει πάντα την δυνατότητα να προσθέσει ή να μετατρέψει κάποιον ειδικό νόμο ή ακόμα να αλλάξει και τον ίδιο τον μαθηματικό πυρήνα της θεωρίας. Σε αυτή την περίπτωση, ο επιστήμονας μοιάζει με τον μάστορα, ο οποίος καθώς δεν καταφέρνει να κατασκευάσει κάτι αλλάζει συνέχεια και «μαστορεύει» τα ίδια τα εργαλεία του. Δεν υπάρχει κανένας λόγος να αποφασίσουμε ότι αυτές οι προσπάθειες έχουν έναν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα ή ότι υπάρχει ένας θεωρητικός τρόπος για να αποφασισθεί το ατελέσφορο της όλης προσπάθειας. Όπως παρατηρεί ο Στεγκμίλερ,

Κανένας πεπερασμένος αριθμός αποτυχημένων προσπαθειών να υπάρξει επεξεργασία του δικτύου σε μια δεδομένη βάση δεν αποτελεί απόδειξη ότι το δίκτυο δεν είναι επεξεργάσιμο σε αυτή τη βάση με τρόπο ικανοποιητικό. (Stegmüller 1979, 123).

Φτάνουμε έτσι στο τέταρτο, και σημαντικότερο από φιλοσοφική άποψη είδος ανοσίας. Την «ανοσία» που σχετίζεται με την ανοιχτότητα του συνόλου E. Ακόμα και στην περίπτωση που αποτύχουν όλες οι προσπάθειες ένταξης ενός φυσικού συστήματος στις επιτυχημένες εφαρμογές μιας θεωρίας, ο επιστήμονας έχει πάντα στα χέρια του την τελευταία και ακαταμάχητη λύση: να θεωρήσει αυτό το σύστημα εκτός του συνόλου των επιδιωκόμενων εφαρμογών. Κάτι τέτοιο είναι επιτρεπτό, γιατί όπως είπαμε στην αρχή, το σύνολο E δεν είναι αυστηρά καθορισμένο. Ο αδρός ορισμός του συνόλου E είναι απαραίτητος σύμφωνα με τον Στεγκμύλερ για την επιβίωση οποιασδήποτε θεωρίας:

[K] κανένας φυσικός δεν φαίνεται ποτέ να έχει εκθέσει τον εαυτό του στον κίνδυνο της διάψευσης που θα προερχόταν από τον ρητό ορισμό μιας ιδιότητας ικανής και αναγκαίας για την ένταξη στο E. (Stegmüller 1977, 174)

Ο τελευταίος λόγος ανοσίας, μας φέρνει στο ζήτημα που αφήσαμε ανοιχτό στην αρχή της παρουσίασης. Πόσο «ανοιχτός» τελικά είναι ο ορισμός του συνόλου E; Πόσο ελαστικοί μπορούμε να είμαστε στο ζήτημα των επιδιωκόμενων εφαρμογών; Ακόμα και αν παραιτηθούμε από την εύρεση ικανών και αναγκαίων συνθηκών, μία υπερβολική ελαστικότητα στον ορισμό του E θα επέτρεπε στον επιστήμονα να θεωρήσει εκτός του αντικειμένου του οποιοδήποτε σύστημα αντιστέκεται στην θεωρητική προσπέλαση. Με αυτό τον τρόπο, η απόφαση για τον πόσο κανείς θα επιμείνει στην υποστήριξη μιας θεωρίας, γίνεται ζήτημα προσωπικής ψυχολογίας ή κοινωνικών σχέσεων και ο σχετικισμός τον οποίο οι Σινιτ- Στεγκμύλερ επιχειρούν να αντιμετωπίσουν εμφανίζεται πάλι απειλητικός. Ας έρθουμε τώρα αναλυτικότερα σε αυτό το κρίσιμο σημείο.

### 3.5 Τι είναι Φυσικό Σύστημα;

Ο προσδιορισμός των συνθηκών ένταξης ενός συστήματος στο σύνολο  $E$ , ισοδυναμεί με την ένταξη του στα «φυσικά συστήματα», στο αντικείμενο τελικά της φυσικής. Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ απορρίπτουν τους δύο τρόπους ορισμού ενός συνόλου που γνωρίζουμε από τα μαθηματικά, την απαρίθμηση και την περιγραφή. Ο πρώτος τρόπος, η απαρίθμηση των εφαρμογών, απορρίπτεται αμέσως, διότι σε αυτή την περίπτωση η θεωρία δεν θα μπορούσε να επεκταθεί σε νέες εφαρμογές. Από το άλλο μέρος, κανείς μέχρι τώρα δεν έχει προσφέρει ένα σαφή και αυστηρό ορισμό του φυσικού συστήματος με όρους *ικανών και αναγκαίων συνθηκών*. Καθώς λοιπόν και οι δύο τρόποι είναι αδύνατοι, οι Σινιτ- Στεγκμίλερ προτείνουν, όπως είδαμε, τον καθορισμό των φυσικών συστημάτων μέσω μιας πρώτης λίστας εφαρμογών  $E_0$ . Ορίζουν έτσι το φυσικό σύστημα ως το σύστημα εκείνο το οποίο έχει αρκετά κοινά στοιχεία ή μοιάζει επαρκώς με κάποιες από αυτές τις αρχικές εφαρμογές. Πόσες όμως κοινές ιδιότητες με τα  $E_0$  χρειάζονται ώστε ένα σύστημα να θεωρηθεί μέλος του  $E$ ; Πόσο πρέπει να μοιάζει με τα  $E_0$ , και πόσα κοινά στοιχεία έχουν ήδη τα  $E_0$ , ώστε να τα θεωρήσουμε μέλη του ίδιου συνόλου; Σύμφωνα με τον Στεγκμίλερ, η ασάφεια είναι σύμφυτη με τον τρόπο ορισμού και ως εκ τούτου αναπόφευκτη

Αυτή η διατύπωση υπογραμμίζει την αναπόφευκτη ασάφεια η οποία είναι εμμενής σε ένα σύνολο το οποίο προσδιορίζεται μέσω υποδειγματικών παραδειγμάτων. (Stegmüller 1977, 274)

Παρόλα αυτά, οι φυσικοί φαίνεται ότι έχουν στην πράξη μία αίσθηση του τι είναι φυσικό σύστημα και λειτουργούν με βάση αυτή. Σε αυτό το σημείο, οι Σινιτ- Στεγκμίλερ επικαλούνται την έννοια του γλωσσικού παιχνιδιού του Βιτγκενστάιν (Sneed 1971, 269). Σύμφωνα με τον τελευταίο, οι αφηρημένες έννοιες, όπως η λέξη “παιχνίδι” δεν προσδιορίζονται μέσω ρητών και αυστηρών ορισμών, οι οποίοι θα παρείχαν τις ικανές και αναγκαίες συνθήκες για να χαρακτηριστεί μια δραστηριότητα “παιχνίδι”. Η απλή απόδειξη για αυτό, είναι ότι κανείς δεν μπορεί να δώσει ένα τέτοιο ορισμό. Η έννοια του “παιχνιδιού”, σύμφωνα με τον Βιτγκενστάιν προσδιορίζεται μέσω κάποιων συγκεκριμένων παραδειγμάτων (το σκάκι, το κρυφτό, το μπάσκετ, κοκ) τα οποία λειτουργούν στη θέση ορισμού. Από εκεί και πέρα μια δραστηριότητα

θα κριθεί ως μέλος του συνόλου των “παιχνιδιών”, ανάλογα με την εγγύτητα ή την ομοιότητα την οποία παρουσιάζει με κάποιο από αυτά τα παραδείγματα.

Τότε πώς θα εξηγήσουμε σε κάποιον τι είναι ένα παιχνίδι; Πιστεύω πως θα του περιγράψουμε *παιχνίδι* και μπορεί να προσθέσουμε: «αυτό, και *παρόμοια*, ονομάζονται ‘παιχνίδια’». Μήπως εμείς οι ίδιοι ξέρουμε περισσότερα;... Αυτό δεν είναι αμάθεια. Δεν γνωρίζουμε τα όρια, γιατί δεν έχουν χαραχτεί. (Wittgenstein 1977, παρ.69)

Στην περίπτωση τώρα μιας αμφισβητούμενης περίπτωσης, παίζουν ρόλο οι συγκεκριμένες συνθήκες και η συγκεκριμένη δραστηριότητα στην οποία μετέχουν οι χρήστες της γλώσσας. Με τον ίδιο τρόπο, στον προσδιορισμό της έννοιας του φυσικού συστήματος παίζουν ρόλο οι συγκεκριμένες πραγματολογικές συνθήκες

Αφού αυτή η σημασιολογία συμπληρώνει όχι μια τυπική, αλλά μια άτυπη αξιωματικοποίηση, υπερβαίνει μια απλή ‘θεωρία της αναφοράς’ παρουσιάζοντας επίσης πραγματολογικά γνωρίσματα. (Stegmüller 1979, 116)

Η «ασάφεια» αυτή δεν αφορά μόνο το σύνολο  $E$  αλλά και το σύνολο  $E_0$ , αφού αυτά τα δύο σύνολα, όπως παρατηρεί ο Κουτούγκος (1983), βρίσκονται σε δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Πράγματι, μια αλλαγή στο σύνολο  $E$ , στην αντίληψη τελικά του τι είναι φυσικό σύστημα, προκαλεί αλλαγή στο ποια από τα χαρακτηριστικά των συνόλων  $E_0$  θεωρούμε κυρίαρχα, πράγμα που σημαίνει ότι η λίστα των  $E_0$  μπορεί να αλλάξει. Η αλλαγμένη λίστα με την σειρά της, αναδρά πίσω στο σύνολο  $E$ , καθώς νέα συστήματα παρουσιάζουν ομοιότητες με την καινούργια λίστα κοκ.

Διαπιστώνουμε δηλαδή την ύπαρξη ενός συστήματος ανάδρασης ανάμεσα στο υποδειγματικό σύνολο  $E_0$  και στα σύνολα που το περιέχουν και που ορίζονται πάντα με βάση ορισμένα αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά του  $E_0$ . (Κουτούγκος 1983, 104)

Αυτή η ανάδραση μεταξύ των δύο συνόλων μπορεί τώρα να οδηγήσει σε μια κατάσταση νέας ισορροπίας, καθώς εδραιώνεται με αυτό τον τρόπο ένα νέο σύνολο  $E_0$ . Υπάρχει όμως περίπτωση το σημείο που θα βρεθεί η νέα «ισορροπία» να είναι τόσο μακριά από το προηγούμενο, ώστε να μιλάμε για «επιστημονική επανάσταση».

Σύμφωνα με τον παραπάνω προβληματισμό, η αλλαγή Παραδείγματος, δεν είναι παρά αλλαγή του δικτύου σχέσεων, των ομοιοτήτων, οι οποίες χαρακτηρίζουν κάθε φορά την έννοια του φυσικού συστήματος. Ο Κουν σχολιάζοντας την προσέγγιση των Σινιτ- Στεγκμίλερ, συμφωνεί σε αυτό το σημείο:

Κατά την γνώμη μου, ένα από τα πράγματα (ίσως κάποιες φορές το μόνο πράγμα) το οποίο αλλάζει σε κάθε επιστημονική επανάσταση είναι κάποιο μέρος του δικτύου των σχέσεων ομοιότητας που καθορίζουν και ταυτόχρονα παρέχουν την συγκρότηση στην τάξη των επιδιωκόμενων εφαρμογών (Kuhn 1977c, 305)

Η τελική εικόνα της επιστήμης, η οποία προκύπτει από το έργο των Σινιτ- Στεγκμίλερ, είναι αυτή ενός μαθηματικού πυρήνα, ο οποίος συνοδεύεται από ένα σύνολο εφαρμογών οι οποίες παρουσιάζουν *οικογενειακές ομοιότητες* μεταξύ τους. Η «χαλαρότητα» που προσδίδει η έννοια των οικογενειακών ομοιοτήτων μετατρέπει την «ελαστικότητα» της επιστήμης απέναντι στα απείθαρχα δεδομένα σε εσωτερικό χαρακτηριστικό της. Οι Σινιτ- Στεγκμίλερ, δεν σχολιάζουν παραπέρα το κρίσιμο ζήτημα της συγγένειας των επιδιωκόμενων εφαρμογών, αφήνοντας την έννοια των *οικογενειακών ομοιοτήτων* να κάνει όλη τη δουλειά. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δείξω ότι το πρόβλημα της έννοιας της οικογενειακών ομοιοτήτων δεν είναι ότι είναι ασαφής αλλά ότι λειτουργεί στα πλαίσια του προτασιακού προτύπου. Θα προχωρήσω σε μια μη προτασιακή ανασυγκρότηση, χρησιμοποιώντας την εικόνα της επιστήμης των Σινιτ- Στεγκμίλερ, δίνοντας όμως έναν διαφορετικό ορισμό στην έννοια του φυσικού συστήματος, προσδιορίζοντας δηλαδή με διαφορετικό τρόπο το σύνολο E.

Για να καταλήξω στην τελική μη προτασιακή ανασυγκρότηση θα αντιστρέψω την στρατηγική του Στεγκμίλερ: ενώ ο ίδιος επιχειρήσε να επεκτείνει και να συμπληρώσει το έργο του Κουν, θα επιχειρήσω επιστρέφοντας στον τελευταίο να δώσω μια άλλη απάντηση για αυτό που ονόμασα «κρίσιμο ερώτημα» στο έργο των Σινιτ- Στεγκμίλερ, στο ερώτημα δηλαδή του προσδιορισμού του συνόλου των επιδιωκόμενων εφαρμογών της θεωρίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μοντέλα Προσομοίωσης και Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων

---

---

### Εισαγωγή: Από το Παράδειγμα στο παράδειγμα.

Το «Παράδειγμα» απετέλεσε την κεντρικότερη έννοια του *Δομής των Επιστημονικών Επαναστάσεων* του T.S. Kuhn (Kuhn, 1970). Παρά την ασάφεια του όρου (Masterman 1970, Shapere 1964) η εισαγωγή του θεωρήθηκε η πόρτα από την οποία η ανορθολογικότητα και ο σχετικισμός περνούσαν στον χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης. Ο Κουν κατηγορήθηκε ότι μετέτρεπε την επιστήμη από πρότυπο του ορθού λόγου και της τελέσφορης εμπειρικής επαλήθευσης των υποθέσεων, σε ένα παιχνίδι του οποίου τους κανόνες οφείλεις να σεβαστείς μόνο στο βαθμό που παραμένεις στα πλαίσια ενός *Παραδείγματος*: μιας παράδοσης, η οποία, από ένα σύνολο μεταφυσικών και οντολογικών δεσμεύσεων, μέχρι την προτίμηση σε κάποιες τεχνικές ή τεχνολογία, συγκροτεί ένα δικό της, κλειστό σύμπαν. Ο επιστήμονας εντός του *Παραδείγματος* ζει σε ένα δικό του κόσμο κυριολεκτικά, διότι η επαφή του με τον «φυσικό» ή τον «πραγματικό» κόσμο μεσολαβείται απαραίτητα από μια ειδική οπτική, ένα «βλέπω ως» που εγκαθιδρύεται με το *Παράδειγμα*. Παρά την ασάφειά του λοιπόν, ο όρος, δεν έχει τίποτα από τον ειδικό, τον περιστασιακό, τον αντικαταστάσιμο, ακόμα και τον πλεοναστικό χαρακτήρα με τον οποίο συνδέουμε την έννοια του «παραδείγματος» στην τρέχουσα γλώσσα, ή στην επιστήμη. Το *Παράδειγμα*, σε αντίθεση με τον *παράδειγμα*, είναι η απόλυτη δέσμευση επί ενός τρόπου ερμηνείας του κόσμου και με αυτή την έννοια κάθε *παράδειγμα* το οποίο χρησιμοποιούν οι επιστήμονες δεν μπορεί παρά να επιλέγεται, να ερμηνεύεται και να ελέγχεται με βάση τα θεωρητικά εργαλεία ενός *Παραδείγματος*.

Μετά την δημοσίευση της «Δομής» και της συζήτησης που επακολούθησε, η αναφορά της λέξης «παράδειγμα» σε μία συνομιλία, παρέπεμπε απευθείας πια στην σημασία που της είχε προσδώσει ο Κουν, η οποία με αυτό τον τρόπο είχε υπερισχύσει της κοινής, πρωταρχικής σημασίας της. Το «παράδειγμα» στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης έχει καταρχήν την σημασία του *Παραδείγματος* και όχι ενός απλού *παραδείγματος*. Κατά παράδοξο τρόπο, όμως, ο Κουν, επανερχόμενος



μετά από μερικά χρόνια στην «Δομή», επισήμανε ότι θα έπρεπε να καταλάβουμε τα *Παραδείγματα* ως απλά *παραδείγματα*, δηλαδή, ως τα λυμένα προβλήματα (θεωρητικά ή εργαστηριακά) τα οποία παρατίθενται συνήθως στο τέλος των κεφαλαίων, μέσω των οποίων οι επιστήμονες εξοικειώνονται με την θεωρία. Αυτά τα παραδείγματα τα οποία μοιράζονται οι επιστήμονες κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης τους, χρησιμοποιούνται από το ένα μέρος για την εκμάθηση των εννοιών και των νόμων της θεωρίας, ενώ από το άλλο, λειτουργούν ως μοντέλα- βάσεις για την λύση νέων προβλημάτων. Με αυτό τον τρόπο, τα παραδείγματα παίζουν τον ρόλο προτύπων (για αυτό ο Κουν χρησιμοποιεί τη λέξη *exemplars*) μέσω των οποίων συγκροτείται η επιστήμη τελικά. Ο Κουν, μετά την «Δομή», επιμένει ότι αυτή η έννοια του παραδείγματος συμπυκνώνει το επαναστατικό και το καινούργιο στοιχείο το οποίο έφερνε το βιβλίο του.

Το Παράδειγμα (Paradigm) ως κοινό παράδειγμα (*shared example*) είναι το κεντρικό στοιχείο το οποίο τώρα θεωρώ σαν την πλέον καινοφανή και λιγότερο κατανοημένη όψη του βιβλίου. (Kunh 1970a, 187)

Ξεκινώντας από αυτήν ακριβώς την έννοια του «κοινού παραδείγματος» (ή υποδείγματος) θα επιχειρήσω σε αυτό το κεφάλαιο να συγκροτήσω μία έννοια του μοντέλου η οποία να μπορεί να αποτελέσει μονάδα ανάλυσης της επιστήμης ανταγωνιστική της πρότασης. Το μοντέλο ως παράδειγμα ή υπόδειγμα (*exemplar*), όπως θα αναλυθεί σε αυτό το κεφάλαιο, αποτελεί εξιδανικευμένη γνωσιακή κατασκευή η οποία μεσολαβεί ανάμεσα στους νόμους της θεωρίας και τον «φυσικό κόσμο» με την έννοια του τρίτου κεφαλαίου, αλλά την ίδια στιγμή, διατηρεί «οριζόντιες», αναλογικές σχέσεις με άλλα παραδείγματα, με την έννοια του δευτέρου κεφαλαίου. Αυτές οι «οριζόντιες» σχέσεις συνιστούν ένα ειδικό είδος αναλογίας, το οποίο θα ονομάσω *προσομοίωση*. Η προσομοίωση μεταξύ διαφορετικών προβλημάτων, όπως θα δούμε, ξεπερνάει τα όρια του «πλαισίου της ανακάλυψης». Μαζί όμως με τις υποσχέσεις της η προσομοιωτική λειτουργία των μοντέλων, δημιουργεί νέα προβλήματα σε μία ανασυγκρότηση της επιστήμης η οποία με κάποιον τρόπο προσδιορίζεται ως «ορθολογική». Σε αυτά τα προβλήματα θα εστιάσω στις τελευταίες ενότητες του κεφαλαίου, ολοκληρώνοντας με αυτόν τον τρόπο το μη προτασιακό πρότυπο, το οποίο στο δεύτερο μέρος της εργασίας θα επιχειρήσω να εφαρμόσω στις περιπτώσεις των Αρχιμήδη και Γαλιλαίου.

## 1. Ξαναδιαβάζοντας τον Κουν

### 1.1 Υποδείγματα, Εμπειρία και Κανόνες

Το 1969 ο Κουν επανέρχεται στη περίφημη «Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων» με δύο νέα άρθρα του, το «Postscript» (Kuhn 1970a), και το «Second Thoughts on Paradigms»<sup>58</sup> (Kuhn 1977). Σε αυτά τα άρθρα ο Κουν απαντάει σε διάφορες κριτικές και διευκρινίζει ή προχωράει κάποια σημεία της «Δομής». Το κεντρικό σημείο τόσο του «υστερόγραφου», όσο και των «δεύτερων σκέψεων» του Κουν είναι η εισαγωγή της έννοιας του *exemplar*, η οποία αποτελεί για τον ίδιο ειδίκευση και διασάφηση της έννοιας του *Παραδείγματος (Paradigm)*. Συγκεκριμένα, ο Κουν θεωρεί ότι η έννοια *Παράδειγμα* χρησιμοποιήθηκε με δύο διαφορετικές σημασίες στη «Δομή» :

Από το ένα μέρος δηλώνει ένα ολόκληρο αστερισμό πεποιθήσεων, αξιών, τεχνικών κλπ, τα οποία μοιράζονται τα μέλη μιας συγκεκριμένης κοινότητας. Από το άλλο μέρος, δηλώνει ένα στοιχείο αυτού του αστερισμού, τις συγκεκριμένες λύσεις-γρίφων, οι οποίες χρησιμοποιούμενες ως πρότυπα ή παραδείγματα, μπορούν να αντικαταστήσουν τους ρητούς κανόνες ως βάση για τους εναπομείναντες γρίφους της κανονικής επιστήμης (Kuhn 1969, 175)<sup>59</sup>

Στην «Δομή», ο Κουν, προσδιόρισε την κανονική (φυσιολογική) επιστήμη ως διαδικασία επίλυσης γρίφων. Οι επιστήμονες όσο λειτουργούν στα πλαίσια του ίδιου Παραδείγματος, δουλεύουν βάσει κανόνων «που περιορίζουν τόσο τη φύση των αποδεκτών λύσεων όσο και τα βήματα με τα οποία φτάνουμε σε αυτές» (Kuhn 1987, 105) ενώ κατά την επιστημονική επανάσταση οι επιστήμονες καλούνται να επιλέξουν αν θα συναινέσουν με την «αλλαγή των κανόνων του παιχνιδιού» (ό.π., 106). Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό, η ορθολογικότητα ως υπακοή σε ρητούς και αποδεκτούς κανόνες, μπορούσε να βρει ένα καταφύγιο στις απομονωμένες αυτές

---

<sup>58</sup> Το «Υστερόγραφο» γράφτηκε το 1969 και προστέθηκε από τον Κουν στην δεύτερη έκδοση της «Δομής» το 1970 (Kuhn 1970a). Οι «Δεύτερες σκέψεις» παρουσιάστηκαν σε ένα συνέδριο στην Urbana των Ενωμένων Πολιτειών το Μάρτιο του 1969 με θέμα την δομή των επιστημονικών θεωριών και δημοσιεύτηκαν στα πρακτικά του συνεδρίου το 1974 (οι αναφορές εδώ γίνονται από την δεύτερη έκδοση, Suppe 1977, 459-483).

<sup>59</sup> Ακολουθώντας την συνήθη πρακτική, θα μεταφράζω από εδώ και πέρα το *exemplar* ως *υπόδειγμα*, αφήνοντας την λέξη «παράδειγμα» για την μετάφραση του *Paradigm*

περιοχές της «κανονικής επιστήμης». Καθώς όμως ο Κουν επανέρχεται στη προβληματική του, η έννοια του κανόνα ακόμα και εντός του ίδιου *παραδείγματος* διαλύεται. Η κανονική επιστήμη δεν δουλεύει με κανόνες αλλά με υποδείγματα. Ως εκ τούτου ο Κουν έχει δίκιο να ισχυρίζεται ότι,

Φιλοσοφικά τουλάχιστον, η δεύτερη έννοια του 'παραδείγματος' είναι η βαθύτερη από τις δύο, και οι ισχυρισμοί που έχω κάνει εν ονόματι της είναι η βασική πηγή για τις συγκρούσεις και τις παρανοήσεις που το βιβλίο προκάλεσε, και ειδικά για την κατηγορία ότι μετέτρεψα την επιστήμη σε μια υποκειμενική και ανορθόλογη δραστηριότητα (Kuhn 1970a, 187)

Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο το υπόδειγμα αντιδιαστέλλεται με τους κανόνες, θα πρέπει να προσδιοριστεί η σημασία των τελευταίων, σύμφωνα με τον Κουν. Αυτό που γίνεται συνήθως κατανοητό ως επιστημονική θεωρία είναι ένα σύνολο συμβολικών γενικεύσεων, «τύπων», όπως το « $F=ma$ », οι οποίοι συνοδεύονται από κάποιους ορισμούς των συμβόλων που παρουσιάζονται στους τύπους. Ο τρόπος εφαρμογής των τύπων, ή αντιστρόφως, ο τρόπος με τον οποίο θα πρέπει να μαθηματοποιηθεί ένα φυσικό πρόβλημα, αποτελεί την κύρια δυσκολία την οποία αντιμετωπίζουν, τόσο οι μαθητές όταν έχουν να λύσουν καινούργιες ασκήσεις, όσο και οι επιστήμονες, όταν προσπαθούν να επεκτείνουν μια επιστημονική θεωρία σε νέες περιοχές. Πράγματι, το κύριο πρόβλημα της επιστημονικής πρακτικής συνίσταται στο πως θα εφαρμοστούν αυτοί οι νόμοι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ώστε, είτε να ελεγχθεί η ορθότητά τους είτε να χρησιμοποιηθούν ως εξηγήσεις ή ως εργαλεία εμπειρικών προβλέψεων. Η διαδικασία αποτελεί και ένα από τα κύρια προβλήματα της φιλοσοφίας της επιστήμης, καθώς αφορά τελικά τον τρόπο με τον οποίο οι έννοιες και οι θεωρίες μας σχετίζονται με τον κόσμο. Πώς γνωρίζει λοιπόν ο μαθητής πως να χρησιμοποιήσει τους «τύπους» που ξέρει σε ένα πρόβλημα το οποίο βλέπει για πρώτη φορά στη ζωή του; Πώς γνωρίζει ο επιστήμονας τον τρόπο με τον οποίο θα εφαρμόσει το εννοιολογικό οπλοστάσιο και τους νόμους που γνωρίζει σε μια καινούργια εμπειρική περιοχή; Οι κανόνες οι οποίοι αναφέρει ο Κουν, αποτελούν ακριβώς αυτό τον τρόπο, αυτές τις γενικές οδηγίες εφαρμογής των «τύπων». Στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης, οι κανόνες *αντιστοίχισης* κλήθηκαν να παίξουν αυτό τον ρόλο, της «γεφύρωσης» της θεωρίας με

την εμπειρία. Το ερώτημα είναι, υπάρχουν τέτοιου είδους κανόνες στην πραγματική επιστήμη; Κι αν όχι, τι γεφυρώνει αυτό το χάσμα;

Ο Κουν παρουσιάζει την άποψη του, ξεκινώντας από ένα φαινόμενο γνωστό τόσο στους ιστορικούς της επιστήμης, όσο και στους μαθητές της φυσικής. (Kuhn 1970a, 189 και Kuhn 1977, 470). Για να ξεκινήσουμε από τους τελευταίους, οι μαθητές πολλές φορές αναφέρουν ότι παρόλο που έχουν διαβάσει ένα κεφάλαιο φυσικής και θεωρούν ότι το κατάλαβαν πλήρως, αδυνατούν παρόλα αυτά να λύσουν τα προβλήματα στο τέλος του κεφαλαίου. Η εξήγηση αυτού του φαινομένου με όρους αδυναμίας της εκπαιδευτικής πράξης οφείλεται, κατά τον Κουν, στην λανθασμένη αντίληψη σύμφωνα με την οποία τα προβλήματα- εφαρμογές αποτελούν για τον μαθητή «εφαρμογή αυτών που ήδη γνωρίζει» (Kuhn 1970a, 187). Ο Κουν αντίθετα, θεωρεί ότι μόνο μέσω αυτών των λυμένων προβλημάτων ο μαθητής αποκτάει πρόσβαση στο εμπειρικό περιεχόμενο των όρων και μαθαίνει ουσιαστικά για την φύση. Μόνο στα πλαίσια συγκεκριμένων παραδειγμάτων, αποκτά την απαραίτητη εποπτεία του νοήματος των εννοιών και του τρόπου χρήσης των νόμων στους οποίους εμπλέκονται αυτές οι έννοιες.

Αυτό το είδος της μάθησης δεν επιτυγχάνεται αποκλειστικά με ρητά (verbal) μέσα. Μάλλον έρχεται όταν σε κάποιον δίνονται οι λέξεις μαζί με συγκεκριμένα παραδείγματα με το πως λειτουργούν αυτές στη χρήση. Φύση και λέξεις μαθαίνονται μαζί. (Kuhn 1970a, 191)

Όπως φαίνεται στο παραπάνω απόσπασμα ο Κουν υιοθετεί την φιλοσοφική άποψη που βλέπει το νόημα ως χρήση<sup>60</sup>, απομακρυνόμενος ριζικά από το πλαίσιο ανάλυσης του λογικού εμπειρισμού. Σε αντίθεση με τους κανόνες αντιστοίχισης και τους αναλυτικούς ή συνθετικούς ορισμούς, το εμπειρικό νόημα των λέξεων και των φυσικών νόμων αποκτάται μόνο στα πλαίσια συγκεκριμένων πρακτικών και λειτουργιών και συγκροτείται ως τέτοιο μόνο για τους μετέχοντες αυτών των πρακτικών. Με αυτό τον τρόπο ο Κουν εισάγει στην επιστήμη τον μη εξαλείψιμο παράγοντα του ανθρώπινου δράστη: η ίδια η ενότητα της επιστήμης πιστοποιείται μέσω της ανθρώπινης ικανότητας να προσλαμβάνει τον κόσμο αλλά κυρίως να δρα επί του κόσμου με ένα συγκεκριμένο τρόπο.

---

<sup>60</sup> Βλ. Προλεγόμενα. Το νόημα ως χρήση εισάγεται από τον Wittgenstein στις *Φιλοσοφικές έρευνες* (Wittgenstein, 1953). Για την συγγένεια Κουν και Βιτγκενστάιν βλ. Κιντή (1995).

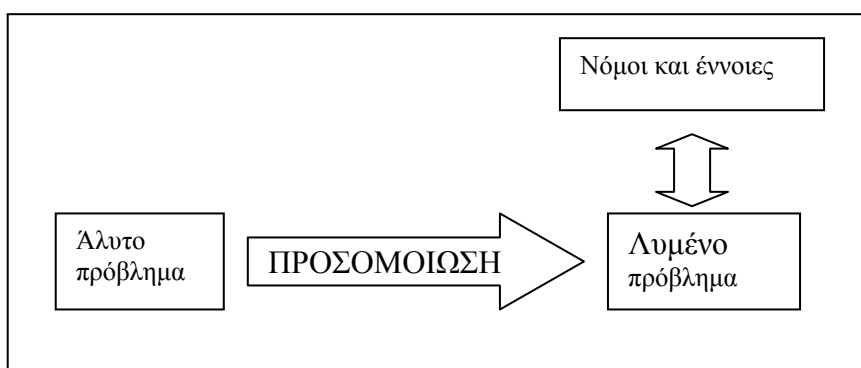
Η εμπειρία με αυτή την έννοια, δεν είναι το σύνολο «αισθητηριακών δεδομένων», ούτε τα προερχόμενα από ένα «αντικειμενικό» εξωτερικό κόσμο ερεθίσματα σε ένα παθητικό δέκτη. Ανοίγοντας μια παρένθεση σε αυτό το σημείο, μπορούμε να δούμε ότι η ίδια η ετυμολογία της λέξης «εμπειρία» υποσκάπτει τις παθητικές συνδηλώσεις με τις οποίες έχει φορτιστεί η λέξη από τον Hume και μετά. Το ρήμα εν-πειρώμαι (και τα ίδια ισχύουν για το λατινικό *ex-periri*) έχει τη σημασία του επι-προσπαθώ, άρα η εμπειρία ως ουσιαστικό είναι το αποτέλεσμα αυτής της δράσης. Αυτή είναι και η σημασία που έχει η λέξη «εμπειρία» στην καθημερινή ζωή, σύμφωνα με την οποία ταυτίζεται με την *πείρα* που αποκτάται λόγω μίας συγκεκριμένη δράσης στον κόσμο και σχετίζεται πάντα με την άσκηση μίας τεχνικής σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Οι έννοιες, ως εκ τούτου, αποκτούν νόημα διότι ο επιστήμονας έχει εμπειρίες με την καθημερινή σημασία της λέξης και όχι με την παθητική σημασία που έχει προσδώσει στη λέξη ο φιλοσοφικός εμπειρισμός. Από εδώ και πέρα λοιπόν, η αναφορά της λέξης «εμπειρία» στο κείμενο, θα παραπέμπει σε αυτή την καθημερινή σημασία της λέξης, δηλώνοντας κυριολεκτικά την *πείρα* που αποκτάται από ένα υποκείμενο –άτομο ή ομάδα- κατά την άσκηση συγκεκριμένων πρακτικών (know-how).

Επιστρέφοντας τώρα στην κατά Κουν διαδικασία της μάθησης, ο μαθητής, μέσα από συγκεκριμένα υποδείγματα εισάγεται στο νόημα των εννοιών, καθώς μαθαίνει να τις αντιστοιχεί με συγκεκριμένες λειτουργίες στα πλαίσια συγκεκριμένων φαινομένων. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι γίνεται ακόμα, κάτοχος της θεωρίας. Η μύησή του περιλαμβάνει ένα δεύτερο, βασικότερο στάδιο: να μπορεί να χρησιμοποιήσει τις έννοιες και τους νόμους σε προβλήματα τα οποία είναι διαφορετικά από αυτά στα οποία τους διδάχθηκε. Εδώ έρχεται η δεύτερη λειτουργία των υποδειγμάτων η οποία αποτελεί και το κρίσιμο σημείο της προβληματικής του Κουν. Ο μαθητής μπορεί πια να λύσει καινούργια και άγνωστα προβλήματα, διότι έχει αποκτήσει την ικανότητα «να βλέπει το πρόβλημά του ως ένα πρόβλημα το οποίο έχει ήδη αντιμετωπίσει» (Kuhn 1970a, 189). Ο μαθητής μπορεί να προσομοιώσει (modelling) το άγνωστο πρόβλημα με το γνωστό και μέσω αυτής της διαδικασίας εφαρμόζει τις έννοιες και τους νόμους που ξέρει. Από την στιγμή που ο μαθητής έχει καταφέρει να αναγνωρίσει αυτή την ομοιότητα ή αναλογία, «μόνο χειριστικές δυσκολίες παραμένουν» (Kuhn 1977, 470). Η εκπαίδευση, συνεπώς, δεν περιλαμβάνει μόνο την διδασκαλία των νόμων σε συγκεκριμένα πλαίσια, αλλά και την εκμάθηση προσομοίωσης μεταξύ προβλημάτων. Μόνο όταν ο μαθητής αποκτήσει

την ικανότητα να βρίσκει κάθε φορά εκείνο το υποδειγματικά λυμένο πρόβλημα το οποίο *μοιάζει* με το προς επίλυση, ολοκληρώνεται η μύησή του στο τρόπο σκέψης και λειτουργίας της φυσικής. Το «κλειδί» λοιπόν της λύσης ενός καινούργιου προβλήματος, δεν είναι η τήρηση κάποιων κανόνων εφαρμογής της θεωρίας αλλά η αναγνώριση της ομοιότητας αυτού του προβλήματος με ένα άλλο λυμένο.

Η ικανότητα να αναγνωρίζουν ομοιότητες εγκεκριμένες από την κοινότητα (group-licensed) είναι νομίζω το βασικό πράγμα που οι μαθητές αποκτούν λύνοντας προβλήματα είτε με μολύβι και χαρτί είτε σε ένα καλά οργανωμένο εργαστήριο. (Kuhn 1977, 471)

Η διαδικασία αυτή, όπως είπαμε, δεν περιορίζεται στην διδασκαλία της επιστήμης, αλλά ακολουθείται με τον ίδιο τρόπο στην ιστορία της επιστήμης. Οι «επιστήμονες λύνουν γρίφους δια της προσομοιώσεώς τους (by modelling) με προηγούμενες λύσεις γρίφων» (Kuhn 1970a, 189). Τα νέα προβλήματα, έτσι, δεν αντιμετωπίζονται από τους επιστήμονες απευθείας με τον εννοιολογικό οπλοστάσιο της θεωρίας αλλά πρώτα *βλέπονται ως περιπτώσεις* όμοιες με κάποιο υποδειγματικά λυμένο πρόβλημα, το οποίο, με τους όρους του δευτέρου κεφαλαίου, παίζει το ρόλο του μοντέλου- βάσης.



Από αυτή την πρώτη παρουσίαση, θα μπορούσε κάποιος να θεωρήσει ότι οι επισημάνσεις του Κουν αφορούν το πλαίσιο ανακάλυψης ή μετάδοσης της επιστήμης και δεν σχετίζονται κατά ανάγκη με το λεγόμενο πλαίσιο δικαιολόγησης. Ο Κουν, όμως, όπως επιχείρησε να κάνει και στην «Δομή», χρησιμοποιεί την ιστορία της επιστήμης για να εκμαιεύσει ή να αντικρούσει φιλοσοφικές θέσεις σχετικά με τη φύση της επιστήμης. Οι επισημάνσεις του Κουν αλλάζουν το φιλοσοφικό ερώτημα

σχετικά με τις σχέσεις θεωρίας και εμπειρίας. Ας εξηγήσουμε το τελευταίο με ένα παράδειγμα. Ας υποθέσουμε ότι παρουσιάζεται σε κάποιον φυσικό ένα φαινόμενο X για το οποίο υπάρχει το ερώτημα αν δείχνει την ύπαρξη ή διέλευση ηλεκτρονίου. Σύμφωνα με το προτασιακό πρότυπο, αν ο φυσικός διαθέτει ένα ρητό ή έστω υπόρρητο ορισμό για το τι είναι ένα ηλεκτρόνιο, μπορεί να απαντήσει στο ερώτημα με βάση αυτό τον ορισμό. Αντίθετα, σύμφωνα με την προσέγγιση του Κουν αυτό που θα πρέπει να κάνει ο φυσικός μπροστά σε ένα τέτοιο ερώτημα είναι καταρχήν να επιχειρήσει να προσομοιώσει το πλαίσιο στο οποίο παρουσιάστηκε το φαινόμενο X με ένα πλαίσιο στο οποίο έμαθε κατά την εκπαίδευση του να αναγνωρίζει ηλεκτρόνια. Το φαινόμενο X με άλλα λόγια θα πρέπει να μοιάζει π.χ. με θάλαμο Chamber, ή με κάποια πειραματική διάταξη, δηλαδή, μέσω της οποίας ο φυσικός έχει μάθει να αναγνωρίζει τα ηλεκτρόνια κατά την διάρκεια της εκπαίδευσής του. Μόνο μετά τον εντοπισμό αυτής της αναλογίας μπορεί να απαντηθεί το αρχικό ερώτημα, αλλά και οποιοδήποτε ερώτημα αφορά ηλεκτρόνια. Η πρόταση «ο κόρακας έχει χρώμα μαύρο» όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, η οποία απετέλεσε για τον λογικό εμπειρισμό μία από τις προτάσεις- πρότυπο για την επιστημονική γλώσσα, αποκτάει την αληθοτιμή της εμπειρικά, πέρα από οποιεσδήποτε προϋποθέσεις ή συγκεκριμένες συνθήκες. Εδώ ακριβώς βρίσκεται η διαφορά με τις γνήσιες επιστημονικές προτάσεις, όπως π.χ. «το ηλεκτρόνιο έχει αρνητικό φορτίο», οι οποίες δεν μπορεί να έχουν εμπειρική θεμελίωση εκτός συγκεκριμένων πλαισίων- προβλημάτων, στα οποία οι έννοιες αναγνωρίζονται και εφαρμόζονται.

Αν δεχτούμε ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι επιστήμονες εφαρμόζουν την θεωρία στο κόσμο μόνο αφού έχουν προσομοιώσει το πρόβλημά τους με ένα πρόβλημα ήδη λυμένο, το επιστημολογικό βάρος της σύνδεσης θεωρίας- φυσικού κόσμου πέφτει σε αυτήν την διαδικασία προσομοίωσης. Από την στιγμή που το νόημα των εννοιών και των νόμων ορίζεται μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια, το πρόβλημα σύνδεσης θεωρίας και κόσμου μετατίθεται στον τρόπο με τον οποίο η θεωρία επεκτείνεται σε περιοχές ή προβλήματα διαφορετικά από αυτά τα οποία ορίστηκε. Αυτό που ισχυρίζεται, λοιπόν, ο Κουν δεν αφορά τον «άναρχο» και εκτός φιλοσοφικού ενδιαφέροντος χώρο της ανακάλυψης, αλλά την ίδια την δομή της επιστήμης την οποία το προτασιακό μοντέλο επιχειρήσε να εξηγήσει με όρους κανόνων.

Τα κοινά παραδείγματα μπορούν να υπηρετήσουν γνωσιακές λειτουργίες οι οποίες συνήθως αποδίδονται στους κοινούς κανόνες. Όταν συμβαίνει αυτό, η γνώση, αναπτύσσεται διαφορετικά από ότι όταν κυβερνιέται από κανόνες (Kuhn 1977, 482)

Αν λοιπόν η επιστήμη, όχι μόνο ανατύχθηκε αλλά και λειτουργεί βάσει της προσομοίωσης μεταξύ λυμένων προβλημάτων, μια επιχείρηση ορθολογικής ανασυγκρότησης θα πρέπει κινηθεί σε αυτή την κατεύθυνση. Προαπαιτούμενο σε μία τέτοια προσπάθεια είναι η διευκρίνιση των νέων εννοιών: τι ακριβώς εννοεί ο Κουν με την προσομοίωση (modelling) και ποιος είναι ο τρόπος με τον οποίο οι επιστήμονες βρίσκουν ομοιότητες μεταξύ προβλημάτων ή φαινομένων; Πότε κρίνεται μία προσομοίωση επιτυχής και πότε θεωρείται ένα πρόβλημα λυμένο; Στην επόμενη ενότητα θα επιχειρήσω να διευκρινίσω περισσότερο τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα υποδείγματα, τον τρόπο, με άλλα λόγια, με τον οποίο ο επιστήμονας/μαθητής ανακαλύπτει ομοιότητες και προσομοιώνει τον ανοίκειο με το οικείο.

### *1.2 Κριτήρια Ομοιότητας και Γνωσιακός Χαρακτήρας των Μοντέλων*

Υπάρχει μία πασίγνωστη αντίρρηση η οποία εγείρεται σε κάθε λόγο περί ομοιότητας, σύμφωνα με την οποία, τα πάντα μοιάζουν με τα πάντα όταν επιλεγεί η κατάλληλη οπτική γωνία<sup>61</sup>. Η αντίρρηση αυτή αποκτάει μεγαλύτερο βάρος όταν σχετίζεται με την ανάλυση της επιστήμης, καθώς υπάρχει πάντα η διαίσθηση ότι η τελευταία αποτελεί ένα χώρο αυστηρού και συγκεκριμένου συλλογισμού. Το ερώτημα που ανακύπτει από τα παραπάνω είναι αν υπάρχει ένα σταθερό σύνολο κριτηρίων με τα οποία οι επιστήμονες ανακαλύπτουν ομοιότητες και με βάση το οποία κρίνουν τις ομοιότητες επαρκείς, ώστε να χρησιμοποιήσουν ένα υποδειγματικά λυμένο πρόβλημα ως μοντέλο-βάση.

Κατά τον Κουν, η απάντηση στο τελευταίο ερώτημα όχι μόνο είναι αρνητική, αλλά οφείλει να είναι αρνητική επί ποινή ακύρωσης του προβληματισμού που εξέθεσε. Μία ρητή απάντηση, κατά τον Κουν, στο ερώτημα *όμοιος ως προς τι;* «θα μας παρείχε αμέσως κανόνες αντιστοίχισης» (Kuhn 1977, 472). Παρότι ο Κουν δεν θεματοποιεί το πέρασμα από τα κριτήρια ομοιότητας στους κανόνες αντιστοίχισης,

---

<sup>61</sup> Ο Γκούντμαν π.χ. με αφετηρία αυτή την ιδέα κάνει κριτική στις θεωρίες περί ομοιότητες, βλ. Goodman (1968)



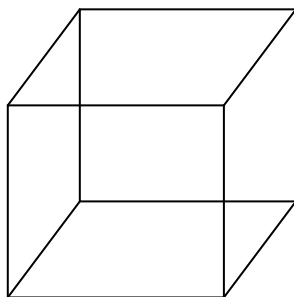
μπορούμε να ανασυγκροτήσουμε τον συλλογισμό που απουσιάζει. Ας υποθέσουμε ότι υπήρχαν κριτήρια, τα οποία θα προσδιόριζαν ότι για να ληφθεί ένα πρόβλημα ως μοντέλο-βάση θα πρέπει να έχει τα τάδε κοινά χαρακτηριστικά με το υπό εξέταση πρόβλημα (π.χ. να αποτελείται από μάζες που αλληλεπιδρούν μόνο με δυνάμεις ελκτικές μεταξύ τους). Αφού αυτά τα απομονώσιμα και αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά είναι τα κοινά μεταξύ των δύο προβλημάτων, θα είναι προφανώς τα χαρακτηριστικά αυτά στα οποία θα εφαρμοστούν οι νόμοι της θεωρίας. (π.χ οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα και ο νόμος της παγκόσμιας έλξης). Σε αυτή την περίπτωση όμως, δεν θα χρειαζόμασταν το υπόδειγμα και την διαδικασία προσομοίωσης, καθώς θα ήταν δυνατό ο απευθείας προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο οι νόμοι εφαρμόζονται σε αυτά τα χαρακτηριστικά. (π.χ. «για κάθε μάζα υπολόγισε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτήν από τις άλλες μάζες κοκ»)

Αυτός είναι ο λόγος που ο Κουν επιμένει ότι η ομοιότητα δεν βασίζεται σε «κανόνες, νόμους, ή κριτήρια αναγνώρισης» (1970a, σελ. 192). Η ομοιότητα, κατά τον Κουν, συλλαμβάνεται στο επίπεδο της αντίληψης, χωρίς την –συνειδητή- συνδρομή κριτηρίων ή κανόνων. Η ερώτηση «όμοιος ως προς τι» μπορεί να τεθεί μόνο αφού η ομοιότητα έχει αναγνωριστεί. Η σύγκριση δύο φαινομένων ή προβλημάτων δεν νομιμοποιείται από την λογική ανάλυση που αφορά τα κοινά χαρακτηριστικά τους αλλά από την διαδικασία της άμεσης αντίληψης, όπως αυτή έχει μορφοποιηθεί και ελεγχθεί κατά την εκπαίδευση του επιστήμονα.

Η αντίληψη της ομοιότητας είναι λογικά και ψυχολογικά πρότερη από τα πολυάριθμα κριτήρια με τα οποία η ίδια ταυτοποίηση της ομοιότητας θα μπορούσε να είχε γίνει (Kuhn 1977, 472)

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η αντίληψη θα πρέπει, σύμφωνα με τον Κουν, να απομακρυνθούμε από την εικόνα σύμφωνα με την οποία πάνω σε ένα ανεπεξέργαστο και ουδέτερο αισθητηριακό υλικό παρεμβαίνουν συνειδητοί ερμηνευτικοί μηχανισμοί. Ο επιστήμονας δεν συλλαμβάνει πρώτα ένα φαινόμενο, ως μία σειρά αισθητηριακών δεδομένων, αναζητώντας σε ένα δεύτερο στάδιο ένα τρόπο ερμηνείας ώστε να το προσομοιώσει με υπάρχον λυμένο πρόβλημα. Από την στιγμή που ο επιστήμονας αντιλαμβάνεται κάτι, το αντιλαμβάνεται πάντα και από την αρχή ως κάτι. Η ιδέα ότι το κύριο μέρος της εκπαίδευσης του επιστήμονα (αλλά και των επιστημονικών αλλαγών) συνίσταται στην αλλαγή των αντιληπτικών

μηχανισμών (βλέπω ως) προέρχεται κυρίως από τον Χάνσον (Hanson)<sup>62</sup>. Η διαφορά του Χάνσον με την επικρατούσα θεωρία είναι ότι η επιστήμη δεν συνίσταται στη διαφορετική διευθέτηση μιας κοινής κατά τα άλλα αισθητηριακής εμπειρίας αλλά στην ίδια την αλλαγή της αντίληψης. Για τον Χάνσον, η αντίληψη είναι «μολυσμένη» από τη θεωρία (theory- laden) και το ίδιο το γεγονός της αντίληψης είναι μια διαδικασία που εξαρτάται από «γνώση, εμπειρία και θεωρίες» (Hanson 1958, 18). Αυτό όμως, δε σημαίνει ότι η διαδικασία της αντίληψης μπορεί να αναλυθεί στα συστατικά της, δηλαδή σε ένα καθαρό οπτικό και ένα καθαρά θεωρητικό-ερμηνευτικό στοιχείο. Η ίδια η έννοια του 'βλέπω' κατά τον Χάνσον σημαίνει πάντα 'βλέπω ως'. Εξετάζοντας τον περίφημο κύβο του Necker<sup>63</sup>



θεωρεί ότι η πράξη της αντίληψης που διατυπώνεται στη φράση 'βλέπω ένα κύβο από μπροστά' δεν είναι αναλύσιμη ούτε χρονικά ούτε λογικά σε μια πράξη καθαρής όρασης των γραμμών και μια κατόπιν μια πράξη ερμηνείας πάνω στις γραμμές του χαρτιού. Η έννοια έτσι του βλέπειν δεν «περιγράφει δύο διαφανή συστατικά, το ένα οπτικό και το άλλα ερμηνευτικό» (Hanson 1958, 9).

Με τον ίδιο τρόπο, ο Κουν επιμένει ότι η ομοιότητα συλλαμβάνεται στο επίπεδο της αντίληψης η οποία δεν δρα συνειδητά πάνω σε ένα «ουδέτερο» οπτικό υλικό.

Αυτό που αντιπαρατέθηκα σε αυτό το βιβλίο είναι λοιπόν η προσπάθεια, παραδοσιακή μετά τον Descartes αλλά όχι πριν, να αναλύσουμε την αντίληψη ως μια ερμηνευτική διαδικασία, ως μια ασυνείδητη εκδοχή του τι κάνουμε αφού έχουμε αντιληφθεί κάτι (Kuhn 1970a, 195)

<sup>62</sup> ο οποίος είναι με τη σειρά του επηρεασμένος από τον ύστερο Wittgenstein και τα πειράματα των Gestalt ψυχολόγων

<sup>63</sup> Ο κύβος αυτός μπορεί να ιδωθεί με δύο τρόπους ως τρισδιάστατο σχήμα. Ο πρώτος τρόπος είναι να δούμε το ένα από τα δύο ζωγραφισμένα τετράγωνα (το «χαμηλό») ως τη μπροστινή μεριά του κύβου (σαν να βλέπουμε τον κύβο από κάτω) και ο άλλος είναι να δούμε το άλλο τετράγωνο ως τη μπροστινή μεριά (σαν να βλέπουμε τον κύβο από τα πάνω).

Καθώς ο Κουν αντιλαμβάνεται ότι τα παραπάνω είναι πιθανόν να φαίνεται ότι μετατρέπουν την επιστήμη σε μια υποκειμενική διαδικασία πρόσληψης του κόσμου, η οποία είναι μη αναλύσιμη και σε τελική ανάλυση αυθαίρετη, επιχειρεί να ανατρέψει μία τέτοια ερμηνεία. Σπεύδει να υπογραμμίσει ότι ακόμα και αν η διαδικασία που περιγράφει γίνεται στο επίπεδο της αντίληψης, αυτό δεν σημαίνει ότι είναι υποκειμενική. Ο επιστήμονας, κατά την εκπαίδευσή του, μέσα από συγκεκριμένες τεχνικές και με συνεχείς ελέγχους, αποκτά τελικά ένα ειδικό τρόπο αντίληψης, ο οποίος χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη κοινότητα. Το γεγονός ότι η εκπαίδευσή του δεν συνίσταται στην εκμάθηση κανόνων, αλλά στο χειρισμό «παραδειγμάτων» δεν σημαίνει ότι η διαδικασία είναι λιγότερο αυστηρή ή λιγότερο ελεγχόμενη από την κοινότητα. Η εκπαίδευση ενός επιστήμονα ολοκληρώνεται όταν αποκτήσει αυτό το ειδικό «βλέπω ως», το οποίο χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη κοινότητα.

Για αυτόν δεν υπάρχουν πια οι ίδιες καταστάσεις τις οποίες αντιμετώπισε όταν άρχισε η εκπαίδευσή του. Στο μεταξύ έχει αφομοιώσει ένα τρόπο να βλέπει ελεγμένο στο χρόνο και εγκεκριμένο από την ομάδα. (Kuhn 1970a, 189)

Από το άλλο μέρος, το ότι η διαδικασία δεν γίνεται στο επίπεδο της συνείδησης, δεν σημαίνει κατά τον Κουν, ότι είναι μυστικιστική ή μη αναλύσιμη. Αναφέρει μάλιστα χαρακτηριστικά, ότι αναγνώριση ομοιοτήτων γίνεται «όπως ο κτύπος της καρδιάς»: από το ένα μέρος μια φυσικοχημική διαδικασία, η οποία μπορεί να αναλυθεί και να μελετηθεί, από το άλλο μέρος όμως, μια διαδικασία ακούσια, της οποίας οι νόμοι δεν ακολουθούνται συνειδητά, ούτε είναι δυνατόν να παρακουστούν ή να παρερμηνευθούν (ό.π., σελ 194).

Πριν περάσουμε στην συζήτηση και την κριτική των παραπάνω θέσεων, θα ήταν χρήσιμο να δούμε ποια συγκεκριμένα παραδείγματα, ποια «πρότυπα» έχει ο Κουν υπ' όψη του. Τα παραδείγματα που αναφέρει σχετικά με την διαδικασία της αντίληψης, σχετίζονται με την καθημερινή ζωή. Ένα από τα παραδείγματά του είναι ο τρόπος με τον οποίο ένα παιδί κατηγοριοποιεί και μπορεί να ξεχωρίσει τις πάπιες, τις χήνες και τους κύκνους, χωρίς ποτέ ο πατέρας του να του δώσει σαφή κριτήρια και χωρίς τα όρια των κατηγοριών να είναι ευδιάκριτα. Πράγματι, ο τρόπος με τον οποίο ένα παιδί μαθαίνει να κατηγοριοποιεί τον κόσμο, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο ένας ενήλικας χειρίζεται κατηγορίες, φαίνεται να ταιριάζει στην περιγραφή του Κουν.

Η ταυτοποίηση ενός αντικειμένου, π.χ. ως κύκνου, γίνεται αυτόματα στο επίπεδο της αντίληψης, χωρίς την –συνειδητή- προσφυγή σε χαρακτηριστικά ή κριτήρια αναγνώρισης. Η ομοιότητα ενός αντικειμένου με άλλα αντικείμενα, τα οποία στο παρελθόν είχαν υποδειχθεί ως κύκνοι, είναι μία διαδικασία η οποία, σε φαινομενολογικό τουλάχιστον επίπεδο, προηγείται οποιοδήποτε κριτηρίων ομοιότητας. Το λεξιλόγιο της καθημερινής γλώσσας το οποίο αναφέρεται σε οντότητες του κόσμου, διδάσκεται πράγματι μέσω παραδειγμάτων και συνήθως χωρίς την συνδρομή ορισμών ή την αναφορά σε ικανές και αναγκαίες συνθήκες. Το ίδιο ισχύει και για το επίπεδο της σύνταξης της καθημερινής γλώσσας. Είναι κοινός τόπος ότι κάποιος μπορεί να είναι άριστος χειριστής μιας γλώσσας, χωρίς να γνωρίζει τίποτα από γραμματικούς ή συντακτικούς κανόνες στην περίπτωση που η εκπαίδευση του ήταν αποκλειστικά «πρακτική». Όταν κάποιος ολοκληρώσει την εκμάθηση μιας γλώσσας με αυτόν τον τρόπο, γνωρίζει να κάνει κάτι άριστα, χωρίς να μπορεί να πει τίποτα για τον τρόπο με το οποίο το κάνει. Αν λοιπόν είναι πράγματι αυτός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη τότε ο Κουν έχει δίκιο να συμπεραίνει ότι

το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι «σιωπηλή γνώση» η οποία μαθαίνεται μάλλον κάνοντας επιστήμη παρά προσλαμβάνοντας κανόνες για να κάνουμε επιστήμη (ό.π., 191)

Αυτό λοιπόν που φαίνεται να υπερασπίζεται ο Κουν, είναι ότι η γνωσιακή οικειοποίηση στα πλαίσια της επιστήμης δεν διαφέρει από αυτή που γίνεται στα πλαίσια της καθημερινότητας και αυτό είναι το πρώτο σημείο που θα πρέπει να σταθούμε. Στο βαθμό που υπάρχει η διαίσθηση ότι η επιστημονική, σε αντίθεση με την καθημερινή σκέψη, λειτουργεί με βάση κανόνες, θα χρειαζόταν ένα πρόσθετο επιχείρημα από την μεριά του Κουν για να υποστηρίξει την θέση του. Ο Κουν δεν θεματοποιεί αυτό το πέρασμα από την καθημερινή στην επιστημονική σκέψη, στο οποίο θα αναφερόμαστε από εδώ και πέρα ως *αξίωμα της συνέχειας*. Το αξίωμα της συνέχειας διατυπώνεται ρητά από τον Γκίρι (Giere), τις απόψεις του οποίου θα εξετάσω παρακάτω.

Οι επιστημονικές θεωρίες πολύ συχνότερα περιγράφονται χρησιμοποιώντας γραπτές λέξεις ή μαθηματικά σύμβολα, σε σχέση με τα νοητικά μοντέλα του καθημερινού ανθρώπου. Αλλά σε θεμελιακό επίπεδο αυτά τα δύο είναι το ίδιο είδος πράγματος (Giere 1988, 6)

...οι επιστήμονες τελικά είναι απλώς άνθρωποι. Οι αναπαραστάσεις τις οποίες οι επιστήμονες κατασκευάζουν δεν μπορεί να είναι τόσο διαφορετικές στη φύση τους, από αυτές που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι γενικά (Giere 1988, 62)

Το πρόβλημα με το αξίωμα της συνέχειας, είναι ότι ακόμα και στην περίπτωση την οποία ο καθημερινός άνθρωπος σκέπτεται μέσω μοντέλων και όχι κανόνων, αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι τα μοντέλα είναι η μοναδική ή η εγκυρότερη γνωσιολογική μέθοδος. Μπορεί η γνώση δια των κανόνων, ή ακόμα και δια της τυπικής λογικής, παρά το ότι δεν χαρακτηρίζει γενικά της ανθρώπινες γνωσιακές ικανότητες να αποτελεί εγκυρότερη μέθοδο και να είναι αυτό ακριβώς το οποίο διακρίνει την επιστημονική από την καθημερινή σκέψη. Στην επιστήμη τελικά, σε αντίθεση με την καθημερινή σκέψη, υπάρχει πάντα ένας πρόσθετος έλεγχος του συλλογισμού και του τρόπου συναγωγής συμπερασμάτων και οποιοδήποτε φιλοσοφική ερμηνεία θα πρέπει να συμπεριλάβει και αυτό το στοιχείο. Σε αυτό το σημείο όμως θα επανέλθω.

Ένα δεύτερο σημείο που πρέπει να συζητηθεί στην προβληματική του Κουν αφορά την δυνατότητα ελέγχου της γνώσης η οποία βασίζεται στην αντίληψη. Μετά την δημοσίευση της «Δομής» και την αμφισβήτηση, τόσο από τον Κουν όσο και από άλλους ερευνητές, της ύπαρξης «καθαρών» εμπειρικών δεδομένων, τέθηκε το πρόβλημα του τρόπου με τον οποίο οι θεωρίες ελέγχονται εμπειρικά. Αν η εμπειρία είναι θεωρητικά βεβαρυμένη (theory laden) πώς είναι δυνατόν να ελέγξει την ίδια την θεωρία από την οποία προέρχεται; Αν, με άλλα λόγια, ο επιστήμονας προσλαμβάνει τον κόσμο μέσω της οπτικής ενός συγκεκριμένου Παραδείγματος, πώς είναι δυνατόν ο ίδιος αυτός ο κόσμος να οδηγήσει στην αμφισβήτηση του Παραδείγματος; Το παλιό αυτό πρόβλημα γίνεται εντονότερο στην περίπτωση που το Παράδειγμα γίνεται κατανοητό ως δέσμευση σε συγκεκριμένα υποδείγματα (exemplars). Στην περίπτωση που η «μόλυνση» από την θεωρία φτάνει μέχρι το επίπεδο της αντίληψης, δεν φαίνεται να υπάρχει κανένας τρόπος σύγκρισης δύο διαφορετικών Παραδειγμάτων. Από την στιγμή που οι έννοιες και οι νόμοι συγκροτούνται με βάση διαφορετικά υποδείγματα, θεμελιώνονται από την αρχή σε διαφορετική εμπειρία, άρα μιλάνε για διαφορετικούς «κόσμους» Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει καν η δυνατότητα επιλογής μίας διαφορετικής ερμηνείας από τον επιστήμονα. Από την στιγμή που ό,τι αντιλαμβάνεται είναι ήδη ερμηνευμένο, μοιάζει με τον άνθρωπο ο οποίος

αναρωτιέται ποιο ζευγάρι γυαλιά του δίνει ορθότερη εικόνα του κόσμου, την ίδια στιγμή που η μόνο πρόσβαση που έχει στον κόσμο είναι μέσω γυαλιών. Η ταυτόχρονη εκμάθηση των «λέξεων και της φύσης» για την οποία μιλάει ο Κουν, κάνει, εκ πρώτης όψεως τουλάχιστον, εντονότερο αυτό το πρόβλημα. Πώς είναι δυνατόν η φύση να ελέγξει τις «λέξεις»; Το κλειδί της απάντησης σε αυτό το ερώτημα βρίσκεται στην ιδέα της επέκτασης του εννοιολογικού οπλοστασίου σε νέες περιοχές, η απλούστερα στην λύση νέων προβλημάτων. Για να δούμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αυτή η επέκταση, θα παρουσιάσουμε παρακάτω ένα άλλο άρθρο του Κουν, το οποίο, αν και έχει διαφορετικό στόχο, μπορεί να δώσει μία απάντηση στο ερώτημα που έθεσα.

### 1.3 Επέκταση και Νόημα.

Στο άρθρο του *A Function for Thought Experiments*<sup>64</sup> ο Κουν επιχειρεί να δείξει ότι, παρά την εντύπωση την οποία μοιράζονται οι φιλόσοφοι και οι ιστορικοί της επιστήμης, οι αντιφάσεις που αποκαλύπτονται μέσω των νοητικών πειραμάτων έχουν να κάνουν πάντα με την εμπειρία και όχι μόνο με την εσωτερική συνέπεια μιας θεωρίας ή ενός συνόλου εννοιών. Η διαπραγμάτευση του Κουν όμως, είναι διαφωτιστική για τον τρόπο με τον οποίο η εμπειρία ελέγχει ένα εννοιολογικό πλαίσιο, χωρίς την συνδρομή γενικών κανόνων ή ορισμών.

Ο Κουν ξεκινάει το άρθρο του αναφερόμενος στις έρευνες του Piaget. Σε πειράματα που εκτέλεσε ο Γάλλος γνωσιακός ψυχολόγος, παρουσιαζόταν σε παιδιά προσχολικής ηλικίας ένα κόκκινο και ένα μπλε αυτοκινητάκι. Ο πειραματιστής αφού έθετε σε κίνηση τα αυτοκινητάκια, ρωτούσε τα παιδιά ποιο είναι γρηγορότερο και γιατί. Στην περίπτωση που τα αυτοκινητάκια ξεκινούσαν μαζί, τα παιδιά δεν είχαν καμία δυσκολία να απαντήσουν, εξηγώντας ότι το κριτήριο της απάντησής του είναι το πιο έφτασε πρώτο στο τέλος της διαδρομής. Στην συνέχεια ο πειραματιστής άφηνε πρώτα το κόκκινο αυτοκινητάκι, δίνοντας όμως μεγαλύτερη ταχύτητα στο μπλε. Τα παιδιά βλέποντας το κόκκινο αυτοκινητάκι να φτάνει στο τέλος πρώτο, επέμεναν ότι είναι γρηγορότερο. Τα πράγματα άρχισαν να αλλάζουν στη περίπτωση που το μπλε αυτοκινητάκι προλάβαινε το κόκκινο. Κάποια από τα παιδιά τότε άρχισαν να υποδεικνύουν το μπλε ως ταχύτερο με την αιτιολόγηση ότι *το είδαν*. Σύμφωνα λοιπόν

<sup>64</sup> *L'aventure de la science*, Melanges Alexandre Koyre, Vol. 2, pp 307-34, Hermann Paris, 1964. Αναδημοσιεύθηκε στο *The Essential Tension* (Kuhn 1977)

με τον Κουν, η έννοια του ταχύτερου εφαρμόζεται από τα παιδιά με δύο κριτήρια. Το ένα είναι η *άφιξη στο τέρμα*, και το άλλο είναι η *αντίληψη (perceptual blurriness)* (Kuhn 1977b, 244). Αυτά τα δύο κριτήρια δένονται αρμονικά στα παραδείγματα με τα οποία το παιδί εξοικειώνεται με την έννοια του ταχύτερου, στα οποία δύο κινούμενα σώματα ξεκινάνε πάντα μαζί. Μπροστά όμως σε μια νέα εμπειρία, τα δύο κριτήρια βγάζουν αντίθετα αποτελέσματα και με αυτόν τον τρόπο έρχονται στην επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση, το παιδί επιχειρώντας να εφαρμόσει το εννοιολογικό του οπλοστάσιο σε νέες περιοχές, βρίσκει δυσκολίες και αναγκάζεται να το αναπροσαρμόσει, φτάνοντας τελικά στην έννοια του ταχύτερου όπως την χρησιμοποιούν οι ενήλικες, διακρίνοντας την τελευταία από την έννοια που προσδιορίζεται ως «φτάνοντας-στο τέρμα-πρώτος». Αυτό που επιχειρεί να τονίσει ο Κουν, είναι ότι η έννοια του «ταχύτερου» που είχαν τα παιδιά δεν είχε κάποια εσωτερική αντίφαση. Αν πράγματι ο κόσμος ήταν όπως στα παραδείγματα στα οποία καταδεικνύεται η έννοια του «ταχύτερος» στα παιδιά, όπου δύο σώματα ξεκινάνε πάντα μαζί, η έννοια δεν θα παρουσίαζε καμία αντίφαση. Η έννοια παρουσίασε προβλήματα από την στιγμή που η χρήση της επεκτάθηκε σε νέες περιοχές της εμπειρίας. Σε αυτό το σημείο ίσως θα έπρεπε να δούμε περισσότερο προσεκτικά το είδος του προβλήματος, ή της «αντίφασης» μπροστά στην οποία βρέθηκε το παιδί, όταν επιχειρήσε να εφαρμόσει του «ταχύτερου».

Ο ένας τρόπος είναι να πούμε ότι η έννοια της «ταχύτητας» αποδείχθηκε αντιφατική καθώς τα δύο κριτήρια ελέγχου της οδήγησαν σε διαφορετικά αποτελέσματα.

Ένας δεύτερος τρόπος είναι να υποθέσουμε ότι αυτό που αποδείχθηκε προβληματικό είναι η μίνι- θεωρία των παιδιών η οποία συνίσταται στον «νόμο»: «ταχύτερος είναι αυτός που φτάνει στο τέρμα πρώτος»

Ένας τρίτος τρόπος είναι να υποθέσουμε ότι το λάθος των παιδιών ήταν ότι δεν γνώριζαν τον κανόνα εφαρμογής του παραπάνω «νόμου», ο οποίος απαιτεί τα δύο κινητά να ξεκινάνε την ίδια στιγμή.

Και ένας τέταρτος τρόπος, θα ήταν να υποθέσουμε ότι το πρόβλημα δημιουργήθηκε επειδή τα παιδιά δεν έκαναν την σωστή προσομοίωση ανάμεσα στην διάταξη (setting) του πειράματος και στο μοντέλο στο οποίο έμαθαν την έννοια του ταχύτερος.

Οι τέσσερις παραπάνω διατυπώσεις, οι οποίες εκ πρώτης όψεως περιγράφουν το πρόβλημα που παρουσιάστηκε, εξηγούν το γεγονός ότι ο Κουν στα άρθρα που

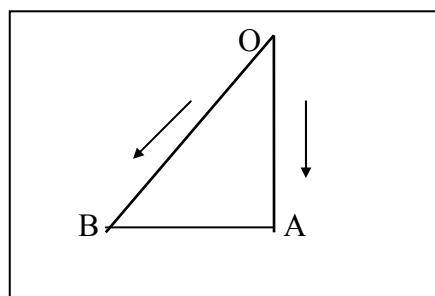
εξετάζουμε, εναλλάσσει ως ισοδύναμες τις έννοιες του κανόνα, του φυσικού νόμου, των εννοιών και των κριτηρίων ομοιότητας. Εν τούτοις, οι τρεις πρώτες διατυπώσεις έχουν ένα μειονέκτημα που απουσιάζει από την τέταρτη. Στις πρώτες διατυπώσεις το πρόβλημα εμφανίζεται ως εάν να οφείλεται στην συναρμογή των νόμων και των εννοιών από το ένα μέρος και της φύσης ή εμπειρίας από το άλλο. Αντίθετα, με την τέταρτη διατύπωση φαίνεται ότι το πρόβλημα δημιουργείται από την προσπάθεια μετατόπισης από ένα εμπειρικό πλαίσιο σε ένα άλλο και με αυτή την έννοια ταιριάζει περισσότερο στην ιδέα της επέκτασης από το υπόδειγμα σε ένα νέο εμπειρικό πλαίσιο. Αυτό που θα πρέπει να κρατήσουμε μέχρι εδώ είναι ότι η νέα εμπειρία δεν έρχεται να ελέγξει την καθολικότητα κάποιων νόμων, αλλά την ικανότητά τους να προσαρμόζονται και να περιγράφουν διαφορετικά εμπειρικά πλαίσια από αυτά που ορίστηκαν. Πριν επιχειρήσω μία συνολικότερη απάντηση στο ερώτημα από το οποίο ξεκίνησα, πώς δηλαδή μπορεί η εμπειρία να ελέγξει την θεωρία, θα παρουσιάσω το δεύτερο παράδειγμα του Κουν, το οποίο είναι από την ιστορία της επιστήμης.

#### *1.4 Experience Laden Theory.*

Η έννοια της *ταχύτητας* όπως προκύπτει από τους ορισμούς του Αριστοτέλη (π.χ. «το ταχύτερο σώμα διανύει μεγαλύτερο διάστημα στον ίδιο χρόνο») ορίζεται με βάση τα σημεία έναρξης και άφιξης και τους αντίστοιχους χρόνους. Με αυτόν τον τρόπο ταυτίζεται με αυτό που ονομάζουμε σήμερα *μέση ταχύτητα*, η οποία ορίζεται ως εάν το σώμα να εκινείτο *ευθύγραμμα και ομαλά*. Ο Αριστοτέλης δεν αγνοεί ότι κάποιες κινήσεις, όπως η πτώση, είναι επιταχυνόμενες και σε κάποια σημεία αναφέρεται στην ταχύτητα (πχ. «η ταχύτητα αυξάνεται διαρκώς») χωρίς την αναφορά σε διανυόμενες αποστάσεις ή χρόνους. Στην πρόταση «η ταχύτητα αυξάνεται διαρκώς» η σημασία της ταχύτητας ταιριάζει στην σημερινή έννοια της *στιγμιαίας ταχύτητας*. Εν τούτοις, σύμφωνα με τον Κουν, δεν πρέπει να κάνουμε το λάθος να θεωρούμε ότι η μη διάκριση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας είναι ένα εγγενές μειονέκτημα του αριστοτελικού εννοιολογικού συστήματος, το οποίο θα μπορούσε να έρθει στην επιφάνεια με την βοήθεια της λογικής επισκόπησης του συστήματος ή κάποιου νοητικού πειράματος. Ακριβώς όπως στην περίπτωση των παιδιών, μόνο όταν αποδειχθεί ότι ο κόσμος είναι πιο πολύπλοκος από ότι υποθέσαμε κατά τους – έμμεσους ή άμεσους- ορισμούς των εννοιών ή των νόμων, τίθεται το ζήτημα της αλλαγής των θεωριών και των εννοιολογικών πλαισίων.



Για να δείξει το παραπάνω ο Κουν παίρνει το παράδειγμα ενός «νοητικού» πειράματος το οποίο διατυπώθηκε από τον Γαλιλαίο. Αναφερόμενος σε μια κίνηση στην κατακόρυφη και σε μια σε κεκλιμένο επίπεδο που ξεκινούν και οι δύο από το ίδιο σημείο, και καταλήγουν στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, ο Γαλιλαίος (Galileo 1630, 22- 27) ρωτάει τους συνομιλητές του ποια είναι η γρηγορότερη.



Οι συνομιλητές του απαντούν η κατακόρυφη (όπως και πολλοί φοιτητές του Φυσικού τμήματος παρατηρεί ο Κουν επισημαίνοντας το αυτονόητο της απάντησης). Ο Γαλιλαίος κατόπιν δείχνει ότι μπορούμε να υποστηρίξουμε με ίσης πειστικότητας συλλογισμούς, ότι η κίνηση στην κατακόρυφο, γίνεται με μεγαλύτερη, με μικρότερη αλλά και με ίση ταχύτητα σχετικά με την κίνηση στην κεκλιμένη. Ο Γαλιλαίος ξεκινάει το επιχείρημα του θεωρώντας δεδομένο ότι τα σώματα φτάνουν τελικά στην ίδια ταχύτητα στα σημεία A και B. Με βάση το τελευταίο γεγονός, και δεδομένου επίσης ότι τα σώματα ξεκινάνε από την ηρεμία, φτάνει εύκολα στο συμπέρασμα ότι έχουν και την ίδια (μέση) ταχύτητα. Υποδεικνύοντας κατόπιν ότι μπορούμε να συγκρίνουμε δύο ταχύτητες μόνο όταν οι αποστάσεις που διανύουν τα σώματα είναι ίδιες (ώστε να συγκρίνουμε τους αντίστοιχους χρόνους), προτείνει να πάρουμε ένα τμήμα στην OB ίσο με την OA, ώστε να δούμε ποιο από τα δύο το σώμα διανύει στο μικρότερο χρόνο. Ακριβώς εδώ όμως παρουσιάζεται το πρόβλημα, διότι αν πάρουμε αυτό το τμήμα στην αρχή της OB, το πρώτο κινητό είναι βραδύτερο από το δεύτερο, αν το πάρουμε στη μέση της OB είναι ίσης ταχύτητας, ενώ αν το πάρουμε στο τέλος της OB το πρώτο κινητό παρουσιάζεται ταχύτερο από το δεύτερο! Τι συμβαίνει λοιπόν; Προφανώς η κατανόηση της ταχύτητας ως εάν τα σώματα να κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά, ευθύνεται για τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν. Ο Κουν τώρα, επισημαίνει ότι μέσω αυτού του νοητικού πειράματος οι συνομιλητές του Γαλιλαίου δεν έμαθαν μόνο κάτι για το εννοιολογικό τους οπλοστάσιο δηλαδή, αν είναι συνεπές ή αν οδηγούσε τόσο καιρό σε μια πρόταση που δεν γνώριζαν. Τους μαθαίνει κάτι για τρόπο που τα σώματα κινούνται πραγματικά. Ο αριστοτελικός

ορισμός της ταχύτητας δεν ήταν απλώς ένας ορισμός, αλλά ουσιαστικά είχε φυσικές συνέπειες, λειτουργούσε ως νόμος της φύσης. Αυτός ο νόμος δε θα μπορούσε ποτέ να οδηγήσει σε αντιφάσεις αν ο κόσμος στον οποίο ζούσαμε είχε μόνο ομοιόμορφες ή οιονεί-ομοιόμορφες κινήσεις. Ο κόσμος όμως που ζούμε δεν αποτελείται από τέτοιες μόνο. Η έννοια, λοιπόν, της αριστοτελικής ‘ταχύτητας’ δεν παρουσιάζει εσωτερική αντίφαση, γιατί είναι πλήρως προσαρμοσμένη σε ένα κόσμο με ομοιόμορφες ταχύτητες. Η αντίφαση παρουσιάζεται, όταν προσπαθήσουμε να επεκτείνουμε την εφαρμογή αυτής της έννοιας σε ένα κόσμο ο οποίος έχει και μεταβαλλόμενες ταχύτητες.

Τα μειονεκτήματα της κείνται όχι στη λογική συνέπεια της αλλά στην αποτυχία της να ταιριάζει με την πλήρη και λεπτομερή δομή του κόσμου στον οποίο ήταν και αναμενόμενο να εφαρμοστεί. Αυτό συμβαίνει γιατί μαθαίνοντας να αναγνωρίζεις τα μειονεκτήματα της, απαραίτητα μαθαίνεις για τον κόσμο, την ίδια στιγμή που μαθαίνεις για την έννοια (Kuhn 1977b, 258)

Οι έννοιες δεν είναι εσωτερικά ασυνεπείς, διότι δε στοχεύουν στην ανασυγκρότηση κάθε δυνατού κόσμου, αλλά του κόσμου όπως ο επιστήμονας τον βλέπει στα *υποδείγματά του* (στη περίπτωση του Αριστοτέλη ενός κόσμου μόνο με ομοιόμορφες ταχύτητες). Όταν τώρα, μέσω του νοητικού πειράματος, επιχειρείται η επέκταση σε εμπειρία που μέχρι τότε δεν είχε εξεταστεί, τα εμπόδια που παρουσιάζονται είναι ταυτοχρόνως φυσικά και λογικά με τρόπο μη διαχωρίσιμο.

Η ανάλυση λοιπόν του Κουν δείχνει ότι το νοητικό πείραμα δεν αναδεικνύει μόνο λογικές αντιφάσεις, ή νοητικά χάσματα. Οι έννοιες που διορθώνονται δεν ήταν εσωτερικά ασυνεπείς αλλά βρίσκονται σε δυσαρμονία με τον εμπειρικό κόσμο με τον ίδιο τρόπο που ένα πραγματικό πείραμα θα τις έθετε.

Αν παρουσίασαν προβλήματα στον επιστήμονα, αυτά τα προβλήματα είναι όπως αυτά στα οποία η χρήση οποιασδήποτε πειραματικά βασισμένης θεωρίας ή νόμων θα του εξέθετε. Προκύπτουν λοιπόν, όχι μόνο από το νοητικό εξοπλισμό του αλλά και από τις δυσκολίες που ανακύπτουν στην προσπάθεια να ταιριάζει αυτό τον εξοπλισμό σε προηγούμενη μη αφομοιωμένη εμπειρία. Περισσότερο η φύση, παρά η λογική μόνο, ήταν υπεύθυνη για την σύγχυση που εμφανίστηκε (Kuhn 1977b, 261)

Σύμφωνα με την ερμηνεία του Κουν, υπάρχει ένα σύνολο μη θεματοποιημένης εμπειρίας, πέρα από το αφομοιωμένο εμπειρικό υλικό πάνω στο οποίο τα θεωρητικά συστήματα στηρίζονται. Ένα θεωρητικό σύστημα έτσι, δεν χρησιμοποιεί ολόκληρο τον εμπειρικό κόσμο, αλλά επιλεγμένα τμήματά του. Με αυτή την έννοια, η αριστοτελική θεωρία της κίνησης στηρίχτηκε στην εμπειρία των ομοιόμορφων ταχυτήτων, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο Αριστοτέλης αγνοούσε την ύπαρξη μεταβαλλόμενων ταχυτήτων. Η μεταβαλλόμενη ταχύτητα μπορεί να ανήκει στον εμπειρικό κόσμο του Αριστοτέλη αλλά δεν ανήκει στον επιστημονικό του. Ή, όπως το θέτει ο Κουν, «Ο Αριστοτέλης κράτησε αυτή την πληροφορία στη περιφέρεια της επιστημονικής συνείδησης του» (ό.π., 255). Η ταχύτητα έτσι ορίζεται με βάση ένα εξιδανικευμένο μοντέλο, αυτό που με αναχρονιστικούς όρους θα το λέγαμε ευθύγραμμη και ομαλή κίνηση. Πράγματι, ο Αριστοτέλης χειρίζεται την έννοια της ταχύτητας με αναφορά σε κάποια παραδείγματα ομαλής ή οιονεί ομαλής ταχύτητας: ένας αθλητής που τρέχει ή ένα αμάξι με βόδια. Το ότι αυτό που τρέχει χρειάστηκε κάποια στιγμή να επιταχυνθεί, δεν είναι βέβαια κάτι που διαφεύγει από τον Αριστοτέλη. Είναι όμως μια μεταβατική κατάσταση ανάμεσα στην *κίνηση* και στη *στάση* η οποία δεν είναι αντικείμενο μελέτης για τον φιλόσοφο. Η έννοια λοιπόν της ταχύτητας δεν συγκροτείται μέσω ενός ορισμού που αναφέρεται σε κάθε κίνηση, αλλά μέσα από μια συγκεκριμένη κίνηση-πρότυπο την οποία ονομάζουμε σήμερα ευθύγραμμη και ομαλή<sup>65</sup>.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να ολοκληρώσουμε την απάντηση στο αρχικό ερώτημα. Τόσο το «γαλιλαϊκό», όσο και το «αριστοτελικό» Παράδειγμα, θεμελιώνονται πάνω στο ίδιο υπόβαθρο γλώσσας και εμπειρίας και μπορούν να επικοινωνήσουμε μέσω αυτής. Μπορεί ο σύγχρονος ορισμός της ταχύτητας ως «πρώτη παράγωγος του διαστήματος ως προς τον χρόνο» να είναι ασύμμετρος με την έννοια της ταχύτητας που προκύπτει από τα Φυσικά του Αριστοτέλη, αλλά και οι δύο στηρίζονται σε ένα κοινό γλωσσικό- εμπειρικό υπόβαθρο. Αυτό το υπόβαθρο δεν αποτελείται από «αισθητηριακά δεδομένα», αλλά από μη- αφομοιωμένη εμπειρία, η

<sup>65</sup> Θα ήταν ενδιαφέρον ίσως να συνεχίσουμε τον προβληματισμό του Κουν στη περίπτωση των νοητικών πειραμάτων με τα οποία ο Αϊνστάιν εισήγαγε την ειδική θεωρία της σχετικότητας. Ο παρατηρητής μέσα στο κινούμενο τραίνο λαμβάνει σήματα φωτός από τις δύο άκρες του τραίνου. Για να επηρεάσει όμως η ταχύτητα του τραίνου τις μετρούμενες ταχύτητες του φωτός θα πρέπει να είναι συγκρίσιμη με αυτές. Άρα η αντίφαση προέκυψε επειδή ο Αϊνστάιν επιχείρησε να επεκτείνει τη έννοια του «ταυτόχρονου» και την Νευτώνεια θεωρία στον μη- αφομοιωμένο εμπειρικό χώρο των ταχυτήτων που είναι συγκρίσιμες με την ταχύτητα του φωτός. Το Νευτώνειο σύστημα με αυτή την έννοια δεν ήταν 'εσωτερικά' ασυμπεπές. Απλώς προϋπέθετε ότι σε σύγκριση με τις γνωστές ταχύτητες τα σήματα που πληροφορούν έναν ακίνητο παρατηρητή για κάποιο συμβάν μεταδίδονται ακαριαία.

οποία είναι ουδέτερη σε σχέση με συγκεκριμένες παραδοχές των θεωριών οι οποίες βασίζονται σε αυτήν. Με άλλα λόγια, η ιδέα του Σιντντ περί θεωριών χαμηλότερου επιπέδου (βλ. κεφάλαιο 3) αν επεκταθεί μέχρι το επίπεδο της καθημερινής γλώσσας, μπορεί να μας βγάλει από το φαύλο κύκλο θεωρίας- εμπειρίας. Η ασυμμετρία μεταξύ εννοιολογικών πλαισίων προκύπτει έτσι ως διαφορά στην επιλογή των τμημάτων της εμπειρίας τα οποία χρησιμοποιούνται ως υποδείγματα για να δομηθούν αυτά τα πλαίσια. Στο βαθμό όμως που κάθε εννοιολογικό πλαίσιο, οφείλει να επεκταθεί στο υπόλοιπο της εμπειρίας, είτε αυτή είναι καινούργια, είτε μη- αφομοιωμένη «νοητική», δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την εμφάνιση των αντιφάσεων και των δυσκολιών. Ο επιστήμονας βέβαια, έχει πάντα την δυνατότητα της χρήσης τεχνικών προσαρμογής, αλλά και οι τελευταίες έχουν τα όρια τους. Τα επιστημονικά πλαίσια δεν παρουσιάζουν άπειρη «ελαστικότητα» (όπως π.χ. τα πλαίσια μεταφυσικών αρχών) και έτσι είναι θεωρητικά δυνατόν να αμφισβητηθούν από την «κοινή» εμπειρία.

Που οφείλεται όμως η περιορισμένη «ελαστικότητα» των επιστημονικών θεωριών; Η γλώσσα των υποδειγμάτων μπορεί να δώσει μία απάντηση σε αυτό το ερώτημα. Η ανάλυση των νοητικών πειραμάτων, δείχνει ότι η ιδέα μιας «καθαρής» θεωρίας, ως σύστημα εννοιών με λογικές σχέσεις μεταξύ τους, είναι τόσο άστοχη, όσο η ιδέα των «καθαρών» εμπειρικών δεδομένων. Ένα από τα βασικότερα συνθήματα που συνόδευσαν την ιστορικιστική στροφή της δεκαετίας του '60, είναι ότι η εμπειρία είναι πάντα «θεωρητικά βεβαρυμένη» (theory laden). Η γραμμή σκέψης του Κουν, αποκαθιστά την συμμετρία που απουσιάζει: η εμπειρία όχι μόνο ελέγχει τις επιστημονικές υποθέσεις, αλλά είναι από την αρχή συγκροτητικό στοιχείο τους, η επιστημονική θεωρία είναι ως εκ τούτου από την αρχή «εμπειρικά βεβαρυμένη» (experience laden). Η θεωρία δεν μιλάει για τον κόσμο εν γένει, αλλά είναι δεμένη με συγκεκριμένα εμπειρικά πλαίσια –τα υποδείγματα- και συγκεκριμένες πρακτικές χειρισμού μέσα σε αυτά. Οποιαδήποτε λοιπόν προσπάθεια αλλαγής της θέτει σε κίνδυνο αυτές τις πρακτικές. Η προσαρμογή λόγω της επέκτασης σε νέα εμπειρία πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε η νέα μορφή της «θεωρίας» να εξακολουθεί να είναι επιτυχής στα παλιά πλαίσια. Για να εξηγήσουμε το τελευταίο με ένα παράδειγμα, η αλλαγή του υποδείγματος από τις οιονειομοιόμορφες κινήσεις στις μεταβαλλόμενες φέρνει ένα καινούργιο ορισμό της ταχύτητας. Ο καινούργιος ορισμός της ταχύτητας πρέπει να είναι επιτυχής, όχι μόνο σε υποδείγματα μεταβαλλόμενης κίνησης όπως η ελεύθερη πτώση, αλλά και στα

υποδείγματα ομοιόμορφης κίνησης. Για να διατυπώσω το ίδιο πράγμα με βιτγκεσταϊνικούς όρους, αν καταλάβουμε τις έννοιες και τους νόμους της επιστήμης ως εργαλεία, οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτά τα εργαλεία για να κάνουν δυσκολότερες δουλειές, πρέπει να διασφαλίζει την προηγούμενη επιτυχία τους στα πλαίσια για τα οποία ανακαλύφθηκαν.

Δεν θεωρώ βέβαια ότι οι τελευταίες παρατηρήσεις εξαντλούν το τεράστιο ζήτημα της σχέσης θεωρίας και εμπειρίας. Αυτό που επιχειρώ να δείξω είναι ότι η υιοθέτηση της γλώσσας των υποδειγμάτων, αλλάζει τους όρους που τίθεται το ερώτημα. Το πρόβλημα πια δεν είναι πώς συνδέεται μία «ανερχόμενη» γλώσσα με τον κόσμο, αλλά πώς μία θεωρία δεμένη με μία συγκεκριμένου τύπου εμπειρία και προσαρμοσμένη σε αυτήν, μπορεί να επεκταθεί στην υπόλοιπη εμπειρία, είτε αυτή είναι «πραγματική», είτε μη- αφομοιωμένη, «νοητική».

### *1.5 Μοντέλο και Λυμένο Πρόβλημα.*

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να δούμε την σχέση των *υποδειγμάτων* ή *λυμένων προβλημάτων* του Κουν με την έννοια του μοντέλου, όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Ο ίδιος ο Κουν χρησιμοποιεί το ρήμα *modelling* προκειμένου να περιγράψει την διαδικασία την οποία μεταφράσαμε ως προσομοίωση, κατά την οποία οι επιστήμονες εντοπίζουν μια «οριζόντια» ή «υλική» ομοιότητα μεταξύ δύο φυσικών συστημάτων ή φαινομένων. Θα μπορούσαμε λοιπόν να θεωρήσουμε ότι η προσομοίωση που περιγράφει ο Κουν ταυτίζεται με την αναλογική λειτουργία που περιγράψαμε στο δεύτερο κεφάλαιο; Για να απαντήσουμε σε αυτό το ερώτημα ας πάρουμε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα μιας σειράς προσομοιώσεων, όπως δίνεται από τον ίδιο τον Κουν (Kuhn 1970a, 190). Η σειρά ξεκινάει από τον Γαλιλαίο ο οποίος λύνει το πρόβλημα του απλού (μαθηματικού) εκκρεμούς, όταν το αντιμετωπίσει ως πρόβλημα κύλισης μιας σφαίρας σε δύο αντικριστά κεκλιμένα επίπεδα. Ο Huyghens κατόπιν, λύνει το πρόβλημα του κέντρου βάρους ταλάντωσης ενός φυσικού εκκρεμούς, θεωρώντας ότι η μάζα του τελευταίου αποτελείται από γαλιλαϊκά σημειακά εκκρεμή. Ο Daniel Bernoulli, τέλος, καταφέρνει να υπολογίσει την ταχύτητα ροής ενός υγρού από ένα άνοιγμα, βλέποντας το φαινόμενο ως το εκκρεμές του Huyghens.

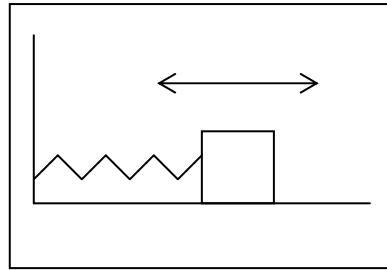
Σε όλες αυτές τις διαδικασίες ο Κουν χρησιμοποιεί το ρήμα *modelling* (το οποίο μεταφράσαμε *προσομοιώνοντας*). Εν τούτοις δεν χρησιμοποιεί το ουσιαστικό

«μοντέλο» για κάποιο από αυτά τα λυμένα προβλήματα, καθώς θεωρεί ότι τα μοντέλα επιτελούν μία διαφορετική λειτουργία. Για να αναφερθούμε πάλι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ως παραδείγματα μοντέλων ο Κουν αναφέρει το υδραυλικό μοντέλο του ηλεκτρισμού και το μοντέλο- μπιλιάρδο των ιδανικών αερίων ( Kuhn 1977, 463). Στην πρώτη περίπτωση, το μοντέλο λειτουργεί ως ευρετικό εργαλείο, ενώ στην δεύτερη παρέχει μία οντολογία, μία μεταφυσική δέσμευση στην ύπαρξη των μικροσκοπικών οντοτήτων οι οποίες εξηγούν τα μακροσκοπικά φαινόμενα. Ο Κουν δεν αναλύει παραπέρα την λειτουργία των μοντέλων εστιάζοντας την προσοχή του στις διαδικασίες προσομοίωσης λυμένων προβλημάτων.

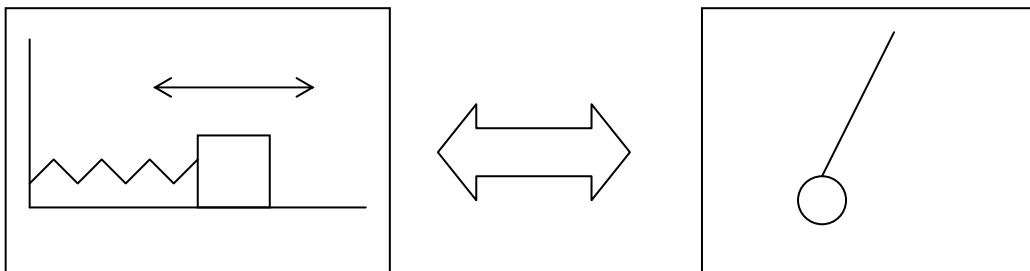
Τόσο στην σειρά προσομοίωσης λυμένων προβλημάτων, όσο και στα παραδείγματα μοντέλων, τα οποία παραθέτει ο Κουν, οι επιστήμονες καταφέρνουν να λύσουν προβλήματα χρησιμοποιώντας αναλογίες μεταξύ διαφορετικών τομέων της εμπειρίας. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν θα μπορούσαμε να αντιμετωπίσουμε με τον ίδιο τρόπο τις δύο περιπτώσεις. Αν δηλαδή, όταν ο Huyghens βλέπει το φυσικό εκκρεμές ως σειρά συνδεδεμένων γαλιλαϊκών εκκρεμών, και όταν ο ηλεκτρισμός αντιμετωπίζεται ως ροή κάποιου ρευστού σε ένα σωλήνα, μπορούμε και στις δύο περιπτώσεις να μιλήσουμε για μοντέλα- βάσεις και μοντέλα- στόχους. Το ερώτημα τελικά, είναι αν μπορούμε να θεωρήσουμε τις διαδικασίες προσομοίωσης που περιγράφει ο Κουν ως ειδικές περιπτώσεις αναλογικής λειτουργίας των μοντέλων.

	<i>Μοντέλο- Βάση</i>	<i>Μοντέλο- Στόχος</i>
<b>Προσομοίωση</b>	Απλό εκκρεμές	Φυσικό εκκρεμές
<b>Αναλογία</b>	Ροή ρευστού σε σωλήνες	Ηλεκτρικό κύκλωμα

Μία αρχική παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε, είναι ότι η προσομοίωση που περιγράφει ο Κουν είναι μεταξύ «κοντινών» συστημάτων, ενώ η αναλογία συνδέει περισσότερο «απομακρυσμένα» συστήματα. Επιχειρώντας να περιγράψω ακριβέστερα την διαφορά θα πάρω ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Στα εγχειρίδια φυσικής, εισάγεται το *μοντέλο του γραμμικού ταλαντωτή*, δηλαδή μία μάζα συνδεδεμένη με ένα ιδανικό ελατήριο (που υπακούει στον νόμο του Hooke), η οποία ταλαντώνεται σε ένα οριζόντιο επίπεδο, χωρίς τριβές.

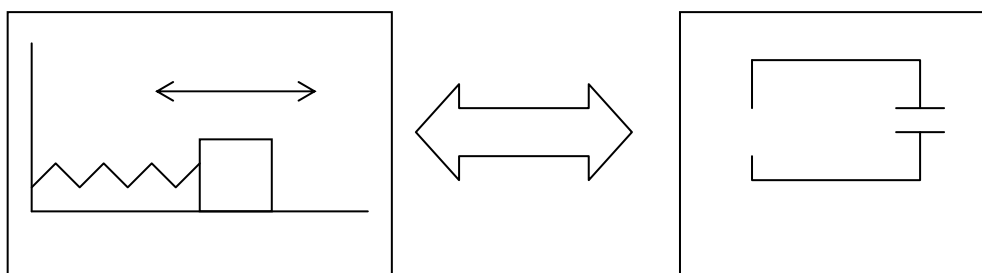


Το μοντέλο του γραμμικού ταλαντωτή, χρησιμοποιείται στα εγχειρίδια με δύο διαφορετικούς τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται ως βάση, όπως ακριβώς περιγράφει ο Κουν, για να λυθεί το πρόβλημα του απλού εκκρεμούς.



Στην περίπτωση του εκκρεμούς, ο μαθητής ξεκινάει από τις εξισώσεις που περιγράφουν την κίνησή του και κατόπιν προχωράει σε κάποιες «απλοποιήσεις» οι οποίες τον οδηγούν στις τελικές εξισώσεις. Οδηγός για αυτές τις «απλοποιήσεις» είναι η προσομοίωση του εκκρεμούς με τον γραμμικό ταλαντωτή. Για την εφαρμογή δηλαδή των τύπων και την λύση του προβλήματος του εκκρεμούς, τελικά για την ίδια την κατασκευή του μοντέλου του ιδανικού εκκρεμους, είναι απαραίτητη η διαδικασία της προσομοίωσης. Τόσο στο εκκρεμές, όσο και στον ταλαντωτή, χρησιμοποιούνται οι ίδιοι νόμοι και τα ίδια μεγέθη καθώς και στις δύο περιπτώσεις μία μάζα εκτελεί περιοδική κίνηση γύρω από μια θέση ισορροπίας. Στόχος της αναλογίας είναι η τελική *αναγωγή* του προβλήματος του εκκρεμούς σε πρόβλημα ταλαντωτή.

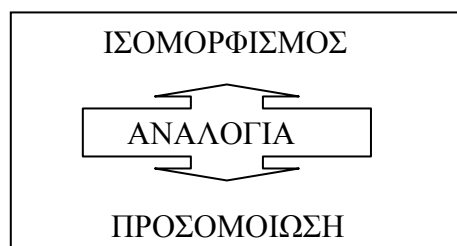
Ας πάρουμε τώρα μία δεύτερη χρήση του γραμμικού ταλαντωτή ως μοντέλο-βάση.



Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα το μοντέλο του γραμμικού ταλαντωτή χρησιμοποιείται ως βάση για να γίνει κατανοητή η «ταλάντωση» ενός κυκλώματος RC. Σε αυτή την περίπτωση, τα δύο συστήματα κυβερνώνται από διαφορετικούς νόμους, οι οποίοι παρουσιάζουν μόνο *δομική ομοιότητα* μεταξύ τους:

Εξίσωση Γραμμικού Ταλαντωτή	$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$
Εξίσωση κυκλώματος RC	$L \frac{d^2q}{dt^2} + 1/C q = 0$
Κοινή μορφή των εξισώσεων	$a \frac{d^2u}{dt^2} + bu = 0$
Αναλογία μεταξύ των δύο φαινομένων	$m \longleftrightarrow L$ («αδράνεια»- a) $x \longleftrightarrow q$ («οντότητα που ταλαντώνεται»- u) $k \longleftrightarrow 1/C$ («σκληρότητα» -b)

Και στα δύο παραπάνω παραδείγματα μπορούμε να μιλήσουμε για αναλογία, αλλά είναι φανερό ότι οι όροι διαφέρουν. Στην πρώτη περίπτωση (γραμμικός ταλαντωτής- εκκρεμές), το μοντέλο- στόχος, υπό τους κατάλληλους μετασχηματισμούς, *ανάγεται* στο μοντέλο βάση. Αντίθετα, στην δεύτερη περίπτωση (γραμμικός ταλαντωτής- ηλεκτρικό κύκλωμα) το μοντέλο- στόχος περιγράφεται με εξισώσεις οι οποίες είναι *ισομορφικές* με τις εξισώσεις του μοντέλου- βάσης. Θα πρέπει λοιπόν να διακρίνουμε τα αναλογικά μοντέλα, σε *μοντέλα προσομοίωσης*, στα οποία αναφέρεται ο Κουν και σε *μοντέλα ισομορφισμού*, στα οποία η ομοιότητα μεταξύ των δύο περιοχών περιορίζεται στην κοινή δομή την οποία μοιράζονται.



Με βάση αυτή την διάκριση μπορούμε να κατανοήσουμε τώρα τα μοντέλα υποκείμενης δομής (όπως το μοντέλο- μπιλιάρδο των ιδανικών αερίων, βλ. κεφάλαιο 2) ως ειδική περίπτωση προσομοίωσης, καθώς οι έννοιες και οι νόμοι της μίας εμπειρικής περιοχής (θερμότητα) κυριολεκτικά *ανάγονται* στους αντίστοιχους της άλλης (μηχανική).



Υπάρχουν τώρα δύο λόγοι για τους οποίους οι φιλοσοφικοί ισχυρισμοί που έγιναν εν ονόματι της αναλογίας, αποκτούν μία νέα δυναμική αν καταλάβουμε την αναλογία ως προσομοίωση και όχι ως ισομορφισμό. Ο πρώτος λόγος αφορά το νόημα των εννοιών. Στην περίπτωση των μοντέλων προσομοίωσης, όλες οι έννοιες της φυσικής αποκτούν νόημα μέσω αυτής της διαδικασίας, καθώς η εφαρμογή των νόμων στη φύση προϋποθέτει την ύπαρξη διακριτών συστημάτων και την «οριζόντια» σχέση μεταξύ τους. Πράγματι, οι έννοιες και οι νόμοι αποκτούν νόημα μόνο σε συγκεκριμένα παραδείγματα- εμπειρικούς τομείς, άρα η προσομοίωση νέων τομέων της εμπειρίας με αυτούς αποτελεί συνθήκη εκ των ουκ άνευ για να πούμε ότι οι έννοιες είναι εφαρμόσιμες στη φύση γενικά και όχι σε κάποια ειδικά προβλήματα μόνο. Αντίθετα, στην περίπτωση της ισομορφικής αναλογίας, οι έννοιες και οι νόμοι πρέπει να έχουν ήδη νόημα, με την εξαίρεση κάποιας νεο- εισαγόμενης έννοιας που αποκτά ένα μέρος του νοήματός της αναλογικά.

Ο δεύτερος λόγος αφορά την φύση του επιστημονικού συλλογισμού. Στην περίπτωση των μοντέλων προσομοίωσης, όλος ο συλλογισμός στοχεύει στην αναγωγή του άλυτου προβλήματος στο λυμένο, με άλλα λόγια, σε ένα ειδικό τρόπο «θέασης» του μοντέλου- στόχος, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα εργαλεία του μοντέλου- βάσης. Η ύπαρξη της αναλογίας, ως εκ τούτου, είναι πάλι στοιχείο εκ των ουκ άνευ για την λειτουργία του συλλογισμού. Αντίθετα, όπως είδαμε στο δεύτερο κεφάλαιο, το αν το αναλογικό νόημα παίζει ρόλο στον συλλογισμό παραμένει ανοιχτό ζήτημα. Για να θέσω τον παραπάνω προβληματισμό πιο απλά, το μοντέλο του γραμμικού ταλαντωτή είναι απαραίτητο για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του εκκρεμούς ως αρμονική ταλάντωση. Η αναλογική προσομοίωση μεταξύ των δύο μοντέλων αποτελεί την μόνη οδό, ώστε να γίνει φανερό γιατί οι νόμοι στην περίπτωση του εκκρεμούς χρησιμοποιήθηκαν με αυτή την μορφή και όχι κάποια άλλη, και γιατί έγιναν αυτές οι παραδοχές και απλοποιήσεις και όχι άλλες ώστε να λυθεί το πρόβλημα του εκκρεμούς. Αντίθετα, η λύση του προβλήματος της «ταλάντωσης» του φορτίου σε ένα RC κύκλωμα δεν απαιτεί την επίκληση στο γραμμικό ταλαντωτή, καθώς η αναλογία μπορεί να επισημανθεί εκ των υστέρων. Ως εκ τούτου, η προσομοίωση όπως παρουσιάζεται από τον Κουν είναι μια διαδικασία που δεν περιορίζεται στο «πλαίσιο της ανακάλυψης» ή στην διευκόλυνση της εκπαιδευτικής λειτουργίας, αλλά αφορά τον ίδιο τον πυρήνα της επιστημονικής σκέψης και της συγκρότησης της επιστήμης.

Έχοντας τώρα διευκρινίσει, τουλάχιστον σε ένα πρώτο στάδιο, τον τρόπο με τον οποίο τα μοντέλα προσομοίωσης λειτουργούν ως αναλογίες, μπορούμε να δούμε την σχέση τους με τα άλλα είδη μοντέλων, δηλαδή τα τυπικά (κεφάλαιο 1) και τα ενδιάμεσα (κεφάλαιο 3). Ξεκινώντας από τα πρώτα, η σύλληψη του νοήματος ως χρήση και η προσομοίωση στο επίπεδο της αντίληψης, απομακρύνουν εξ ορισμού τα μοντέλα προσομοίωσης από την τυπική λειτουργία. Καθώς οι έννοιες, οι νόμοι, αλλά και ο επιστημονικός συλλογισμός είναι από την αρχή «εμποτισμένοι» από την εμπειρία, σχετικοποιείται η διάκριση σύνταξης και σημασίας και η αυτόνομη ύπαρξη της *ανερμήνευτης* επιστημονικής γλώσσας. Ένα μοντέλο προσομοίωσης δεν μπορεί να είναι τυπικό μοντέλο μιας αφηρημένης γλώσσας διότι δεν εκπληρώνεται καμία από τις προτασιακές προϋποθέσεις. Ο ίδιος ο Κουν, αναγνωρίζοντας την επιρροή της τυπικής σημασιολογίας στο χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης σημειώνει:

Η αναλογία μεταξύ μιας επιστημονικής θεωρίας και ενός καθαρού μαθηματικού συστήματος έχει υποστεί ευρεία επεξεργασία στην φιλοσοφία της επιστήμης του 20<sup>ου</sup> αιώνα και ευθύνεται για μερικά πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Αλλά είναι μόνο μια αναλογία, και επομένως μπορεί να είναι παραπλανητική. Πιστεύω ότι από πολλές απόψεις είμαστε θύματά της. (Kuhn 1977, 464-5)

Πέρα λοιπόν από τις όποιες αδυναμίες ή προβλήματα παρουσιάζει η έννοια των μοντέλων προσομοίωσης όπως την συγκρότησα ξεκινώντας από την προβληματική του Κουν, αποτελεί ένα εναλλακτικό επιστημολογικό πρότυπο. Σύμφωνα με αυτό, η επιστήμη δεν αποτελείται από ένα σύστημα προτάσεων οι οποίες συνδέονται με τους νόμους της λογικής αλλά από ένα σύμπλεγμα μοντέλων τα οποία συνδέονται με σχέσεις προσομοίωσης. Αυτά τα μοντέλα, είναι την ίδια στιγμή θεωρία και πράξη, έννοιες και εμπειρικό περιεχόμενο.

Αυτό που μένει τώρα προς εξέταση είναι η σχέση των μοντέλων προσομοίωσης με τα ενδιάμεσα ή εξιδανικευμένα μοντέλα που παρουσιάστηκαν στο τρίτο κεφάλαιο. Αυτό το πρόβλημα θα αντιμετωπίσω στην επόμενη ενότητα, όπου θα παρουσιάσω κάποιες πιο σύγχρονες προσεγγίσεις, όπως αυτή του Ρόναλντ Γκίρι (Ronald Giere), οι οποίες κινούνται στην κατεύθυνση του εναλλακτικού επιστημολογικού προτύπου το οποίο ξεκίνησε από τα σχόλια του Κουν στο ίδιο του το έργο.

## 2. Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων

### 2.1 Γκίρι και Αναπαραστασιακά Μοντέλα

Ο επιστημονικός συλλογισμός με βάση τα μοντέλα (model-based reasoning) έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον μιας σειράς ερευνητών και απετέλεσε το θέμα δύο συνεδρίων με αυτό το θέμα<sup>66</sup>. Ένας από τους γνωστότερους ερευνητές, ο οποίος φεύγει ρητά από τα όρια της «λογικής της ανακάλυψης», επιχειρώντας μέσω των μοντέλων να απαντήσει στο ερώτημα «τι είναι επιστήμη», είναι ο Ρόναλντ Γκίρι (Ronald Giere). Για τον Γκίρι, όπως και για τον Κουν, η επιστήμη δεν είναι ένα παραγωγικό σύστημα προτάσεων, αλλά ένα σύμπλεγμα μοντέλων (cluster of models). Λέγοντας (θεωρητικά) μοντέλα ο Γκίρι εννοεί «τα εξιδανικευμένα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στα κείμενα της μηχανικής όπως αυτό του γραμμικού ταλαντωτή (χωρίς τριβές)» (Giere 1988, 79).

Ο Γκίρι δέχεται ότι κατά την κατασκευή μοντέλων νέων φαινομένων, οι επιστήμονες πολλές φορές χρησιμοποιούν με αναλογικό τρόπο τα μοντέλα τα οποία έχουν ήδη εξηγήσει επιτυχώς κάποια φαινόμενα.

Οι επιστήμονες έχουν στην διάθεσή τους μια καταγραφή γνωστών φαινομένων και τα διάφορα είδη μοντέλων τα οποία αντιστοιχούν σε αυτά τα φαινόμενα. Όταν αντιμετωπίζουν ένα καινούργιο φαινόμενο, οι επιστήμονες μπορεί να αναζητήσουν τα γνωστά φαινόμενα τα οποία είναι με διάφορους τρόπους όμοια, δηλαδή ανάλογα με το νέο φαινόμενο. Από την στιγμή που βρεθούν, τα είδη των μοντέλων τα οποία εξήγησαν επιτυχώς τα γνωστά φαινόμενα μπορούν να προσαρμοστούν στο νέο φαινόμενο (Giere 1999, 56)

Η διαφορά του Γκίρι σε σχέση με τον Κουν, είναι ότι δεν τονίζει τόσο την αναλογική λειτουργία των μοντέλων, όσο την αναπαραστασιακή τους, με άλλα λόγια τον διαμεσολαβητικό τους χαρακτήρα ανάμεσα στην θεωρία και στο κόσμο. Για τον Γκίρι, ένα μοντέλο είναι μια θεωρητική, εξιδανικευμένη κατασκευή η οποία έχει ένα

---

<sup>66</sup> Model-Based Reasoning, in Scientific Discovery, Δεκέμβριος 1998, Παβία, Ιταλία. Πρακτικά του συνεδρίου δημοσιεύτηκαν στο Magnani κ.ά. (1999). Το δεύτερο συνέδριο στο ίδιο μέρος έγινε τον Μάιο του 2001 με τίτλο Model-Based Reasoning, Scientific Discovery, Technological Innovation, Values.

πραγματικό αντίστοιχο ή ένα ολόκληρο σύνολο αντιστοιχών στον πραγματικό κόσμο. Τα μοντέλα έτσι, «αναπαριστούν διακριτά συστήματα που βρίσκονται στο πραγματικό κόσμο: ελατήρια και εκκρεμή, βολές και πλανήτες...» (Giere 1988, 80).

Ο Γκίρι υιοθετεί τον ρεαλισμό, επιχειρηματολογώντας υπέρ της αληθούς αναπαράστασης οντοτήτων και διαδικασιών μέσω των μοντέλων. Κατά αναλογία με τον βαν Φράσεν ονομάζει τον ρεαλισμό του κατασκευαστικό (constructive). «Ο όρος τονίζει το γεγονός ότι τα μοντέλα είναι εκούσια κατασκευασμένα» (Giere 1988, 72)<sup>67</sup>. Τα επιχειρήματα του Γκίρι υπέρ της ρεαλιστικής αντιμετώπισης δεν θα μας απασχολήσουν εδώ. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι ότι μέσω του ρεαλισμού, ο Γκίρι τονίζει το μεσολαβητικό ρόλο του μοντέλου: τα μοντέλα, ως εξιδανικευμένες γνωσιακές κατασκευές είναι αυτά τα οποία αξιώνουν την αναπαράσταση των φυσικών συστημάτων.

Η άποψη την οποία καλώ κατασκευαστικό ρεαλισμό, σκοπεύει να είναι μια *περιορισμένη* μορφή ρεαλισμού με την έννοια ότι οι θεωρητικές υποθέσεις μεταφράζονται ως ισχυρισμοί που αφορούν την ομοιότητα μεταξύ ενός πραγματικού συστήματος και κάποιων, αλλά όχι απαραίτητα όλων, όψεων ενός μοντέλου. Το ερώτημα για το ποιες όψεις και γιατί όχι κάποιες άλλες, αφήνεται να απαντηθεί στην βάση της κατά περίπτωση έρευνας από τους ίδιους τους επιστήμονες (Giere 1988, 97)

Η αναπαράσταση του φυσικού κόσμου δεν επιτελείται έτσι μέσω της γλώσσας αλλά μέσω των μοντέλων. Οι γλωσσικές εκφράσεις, νόμοι και ορισμοί, είναι εξ' ορισμού αληθείς διότι αναφέρονται στα αντικείμενα των μοντέλων. Το ερώτημα για τον Γκίρι είναι αν το μοντέλο που κατασκευάζεται κάθε φορά είναι καλή ή κακή αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος.

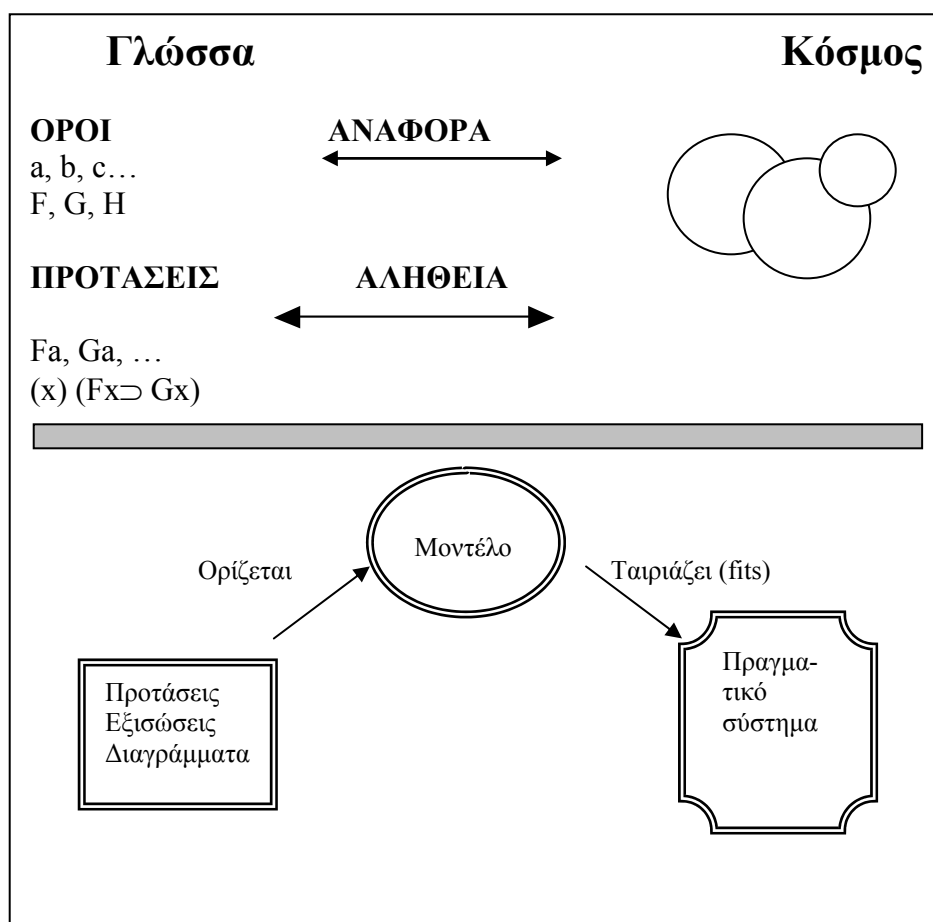
Ο Γκίρι αντιπαραβάλλει αυτήν την μεσολαβητική, αναπαραστασιακή λειτουργία των μοντέλων, με τα την τυπική έννοια του μοντέλου, ως υλοποίηση μίας ανεμνήνευτης γλώσσας (μοντέλα τα οποία ονομάζει *υποστασιοποίησης- instantial models*).

---

<sup>67</sup> Βλ. Giere 1985. Για μια σύντομη παρουσίαση του κατασκευαστικού ρεαλισμού βλ. Giere (1984, 11-14).

Καλώ την δική μου κατανόηση των μοντέλων *αναπαραστασιακή*, διότι εκλαμβάνει τα μοντέλα, όχι κυρίως ως μέσα ερμηνείας τυπικών συστημάτων αλλά ως εργαλεία αναπαράστασης του κόσμου (Giere 1999, 44)

Στο παρακάτω σχήμα (Giere 1999, 55) ο Γκίρι συνοψίζει την διαφορά της δικής του προσέγγισης μέσω των μοντέλων, σε σχέση με αυτό που ονόμασα προτασιακό πρότυπο:



Σε αντίθεση τώρα με τον Κουν, ο Γκίρι θεωρεί την αναπαραστασιακή λειτουργία των μοντέλων σημαντικότερη από την αναλογία τους με άλλα (θεωρητικά) μοντέλα. Για τον Γκίρι αυτό που περιμένουμε από ένα μοντέλο είναι να αναπαριστά με τρόπο επιτυχή ένα φυσικό σύστημα. Αντίθετα, οι αναλογίες μεταξύ των μοντέλων μπορεί να παίζουν μόνο συμβουλευτικό ρόλο και οι επιτυχίες τους απομένει να κριθεί με βάση την επιτυχία της αναπαραστασιακής λειτουργίας του μοντέλου. Πριν επανέλθουμε σε αυτό το επιχείρημα, ας δούμε αναλυτικότερα πως ορίζει ο Γκίρι την αναπαραστασιακή λειτουργία των μοντέλων.

Οι επιστήμονες αναπαριστούν τον κόσμο, κατασκευάζοντας μοντέλα στα οποία χρησιμοποιούν θεωρητικές αρχές (π.χ. τους νόμους του Νεύτωνα, την εξίσωση του Σρέντιγκερ, την αρχή της φυσικής επιλογής, ή τους νόμους της Μεντελικής γενετικής). Οι νόμοι αυτοί για τον Γκίρι δεν αποτελούν γνήσιες προτάσεις, οι οποίες μπορούν να είναι αληθείς ή ψευδείς, αλλά αναφέρονται στα αντικείμενα των μοντέλων, για τα οποία είναι εξ' ορισμού αληθείς. Με παρόμοιο τρόπο με τους Σνίντ-Στεγκμίλερ, ο Γκίρι θεωρεί ότι το ερώτημα αν οι νόμοι του Νεύτωνα π.χ., πρέπει να θεωρηθούν ορισμοί ή εμπειρικές προτάσεις, ξεκινάει από την λανθασμένη προϋπόθεση «ότι οι Νόμοι του Νεύτωνα είναι γνήσιες προτάσεις οι οποίες μπορεί να είναι αληθείς ή ψευδείς... Αν κάποιος απορρίψει την προϋπόθεση μπορεί να πει και τα δύο» (Giere 1999, 51). Ο νόμος της βαρυτικής έλξης του Νεύτωνα, π.χ., αναφέρεται σε δύο ιδεατά «υλικά σημεία» τα οποία βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Στην περίπτωση που κάποιος θεωρήσει πραγματικά αντικείμενα, όπως η Γη και η Σελήνη ως φυσικό σύστημα, μπορεί να διατυπώσει τον εμπειρικό ισχυρισμό, ότι το σύστημα Γης- Σελήνης περιγράφεται από το Νευτώνειο μοντέλο των δύο σωμάτων. Ο Γκίρι ονομάζει αυτό τον ισχυρισμό *υπόθεση*, η οποία σε αντίθεση με τους νόμους μπορεί να αποδειχθεί αληθής ή ψευδής. Σύμφωνα με την *υπόθεση* λοιπόν, το θεωρητικό μοντέλο είναι όμοιο (similar) με κάποιο πραγματικό φυσικό σύστημα<sup>68</sup>. Ο Γκίρι θεωρεί ότι η υπόθεση καθορίζει με τρόπο ρητό τις όψεις και τους βαθμούς αυτής της ομοιότητας. Στο προηγούμενο παράδειγμα, η υπόθεση καθορίζει ότι «το θεωρητικό μοντέλο των δύο σωμάτων είναι όμοιο, κατά μεγάλη προσέγγιση, με το σύστημα Γης-Σελήνης όσο αφορά τις θέσεις και τις ταχύτητες» (Giere 1988, 80). Αφήνοντας προς το παρόν ασχολίαστη την ασάφεια του «όμοιο, κατά μεγάλη προσέγγιση», θα προχωρήσω στον ορισμό της επιστήμης κατά Γκίρι. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω η επιστήμη είναι:

1. Ένας πληθυσμός μοντέλων.
2. Διάφορες υποθέσεις που συνδέουν αυτά τα συστήματα με συστήματα στον πραγματικό κόσμο (Giere 1988, 80)

---

<sup>68</sup> Ο Γκίρι διαφωνεί με τον όρο *ισομορφισμό* που χρησιμοποιεί ο βαν Φράασεν για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι είναι δύσκολο να φανταστούμε πώς ένα πραγματικό σύστημα είναι ισομορφικό με ένα αφηρημένο. Σχετικά με αυτό το επιχείρημα θα παρατηρούσα ότι την ίδια ακριβώς δυσκολία έχει και η έννοια της ομοιότητας. Ο δεύτερος είναι ότι η ίδια η θεωρία προβλέπει ότι από κάποιες απόψεις τα θεωρητικά μοντέλα δεν είναι ισομορφικά με τα πραγματικά συστήματα. Ούτε αυτό το επιχείρημα είναι αποφασιστικό ενάντια στον βαν Φράασεν, όμως, διότι, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο τελευταίος έλυσε αυτό το πρόβλημα ορίζοντας τις εμπειρικές υποδομές των μοντέλων.



δύναμης εισάγονται για να παράγουν ειδικές περιπτώσεις. Η αξιωματική παρουσίαση δεν εξαλείφει αυτές τις αποφάσεις, απλώς τις μεταμφιέζει (Giere 1988, 88)

Αν όμως τα μοντέλα δεν ενοποιούνται λόγω της υπαγωγής σε κάποια αξιώματα ή σε κάποια θεωρία, τι τα κάνει μοντέλα του ίδιου συμπλέγματος; Ο Γκίρι θεωρεί ότι τα μοντέλα στο σύμπλεγμα παρουσιάζουν *οικογενειακές ομοιότητες* και με αυτή την έννοια «το ποια από τα μοντέλα ή τις υποθέσεις είναι μέλη της θεωρίας δεν καθορίζεται από ικανές και αναγκαίες συνθήκες» (Giere, 1988, 86). Σχετικά τώρα με την επάρκεια των ομοιοτήτων, ώστε να θεωρηθεί ένα μοντέλο μέλος της οικογένειας, ο Γκίρι δίνει την ίδια απάντηση με τον Κουν, αφήνοντας στην αρμοδιότητα της επιστημονικής κοινότητας την σχετική απόφαση:

Τίποτα στην δομή των μοντέλων καθ' εαυτών δεν θα μπορούσε να καθορίσει ότι η ομοιότητα είναι επαρκής για την συμμετοχή (membership) στην οικογένεια. Το ερώτημα φαίνεται να είναι αποκλειστικά ζήτημα το οποίο θα αποφασιστεί από τις κρίσεις των μελών της επιστημονικής κοινότητας εκείνη την περίοδο. Αυτό δεν σημαίνει ότι υπάρχει μια αντικειμενική ομοιότητα, η οποία μπορεί να κριθεί σωστά ή όχι. Αυτό σημαίνει ότι οι συλλογικές κρίσεις των επιστημόνων *καθορίζουν* αν η ομοιότητα είναι επαρκής. Αυτή είναι μία όψη, σύμφωνα με την οποία, οι θεωρίες όχι μόνο είναι προϊόντα κατασκευής, αλλά την ίδια στιγμή προϊόντα κοινωνικής κατασκευής (Giere 1988, 86)

## 2.2 Η Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων

Αυτό που είδαμε μέχρι εδώ, είναι ότι τόσο ο Κουν, όσο και ο Γκίρι διαφοροποιούνται ριζικά από το προτασιακό πρότυπο, παρουσιάζοντας την επιστήμη ως ένα σύμπλεγμα μοντέλων/λυμένων προβλημάτων. Η προσέγγιση του Κουν τονίζει την αναλογική λειτουργία των μοντέλων, ενώ του Γκίρι την ενδιάμεση-αναπαραστασιακή. Και οι δύο όμως, απομακρύνονται ρητά από την υποστασιοποιητική/τυπική έννοια του μοντέλου και αυτό δίνει την δυνατότητα στην προβληματική τους να συγκροτηθεί ως εναλλακτική του προτασιακού προτύπου. Ισχυρίζομαι τώρα ότι οι προσεγγίσεις των Κουν και Γκίρι είναι συμπληρωματικές στην κατεύθυνση δόμησης ενός μη-προτασιακού επιστημολογικού προτύπου καθώς,

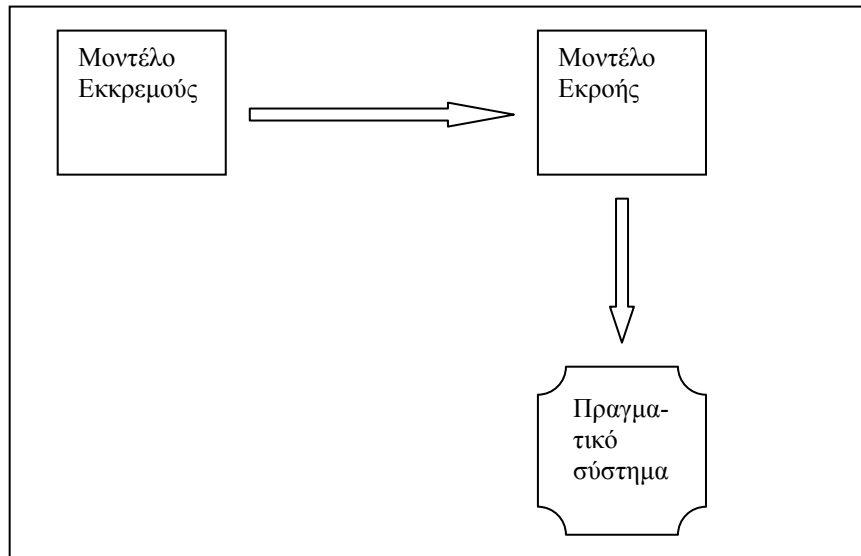


όπως θα επιχειρήσω να δείξω αμέσως, η αναπαραστασιακή και αναλογική λειτουργία των μοντέλων είναι συμπληρωματικές.

Θα ξεκινήσω από το ερώτημα αν η προσέγγιση του Κουν είναι επαρκής. Αν, δηλαδή, θα μπορούσαμε να ορίσουμε απλώς τα μοντέλα ως «λυμένα προβλήματα», χωρίς να μπούμε στο συζήτηση σχετικά με την «καλή» ή «ορθή» ή «ικανοποιητική» αναπαράσταση ενός είδους φυσικού συστήματος, όπως ρητά κάνει ο Γκίρι. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα θα πρέπει να είναι αρνητική για δύο λόγους. Ο πρώτος, είναι ότι σε μια τέτοια περίπτωση θα αφήναμε την λέξη «λυμένο», απροσδιόριστη. Πίσω από αυτή την λέξη κρύβεται ολόκληρο το πρόβλημα της σχέσης θεωρίας- κόσμου, το οποίο δύσκολα θα μπορούσαμε να αφήσουμε εκτός συζήτησης. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η ίδια η ερμηνεία του Κουν απαιτεί την ύπαρξη των θεωρητικών μοντέλων. Η διαδικασία του «βλέπω ως» στην οποία αναφέρεται ο Κουν, δεν γίνεται απευθείας μεταξύ φυσικών συστημάτων, αλλά μεταξύ γνωσιακών κατασκευών, οι οποίες, υπό προϋποθέσεις και εξιδανικεύσεις αναπαριστούν αυτά τα φυσικά συστήματα. Ας διευκρινίσουμε τα παραπάνω χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα του Κουν:

Ο Daniel Bernoulli ανακάλυψε πώς να κάνει την εκροή του νερού από ένα άνοιγμα να μοιάζει με το εκκρεμές του Huyghens... μέσω αυτής της ερμηνείας (view) η επί καιρώ αναζητούμενη ταχύτητα εκροής βρέθηκε αμέσως (Kuhn, 1970a, p. 190).

Θα ήταν ακριβέστερο να πούμε ότι ο Μπερνούλι δούλεψε πάνω σε ένα *εξιδανικευμένο μοντέλο* της εκροής από ένα άνοιγμα, το οποίο κατάφερε να ανάγει στο *εξιδανικευμένο μοντέλο* του φυσικού εκκρεμούς του Χόιγκενς. Ακόμα περισσότερο όμως, δεν είναι ακριβές να πούμε ότι ο Μπερνούλι έλυσε το πρόβλημά του, όταν το είδε ως πρόβλημα εκκρεμούς με τον τρόπο που το είχε λύσει ο Χόιγκενς. Το πρόβλημα της εκροής θεωρήθηκε λυμένο, μόνο όταν ο Μπερνούλι μέτρησε πραγματικές ταχύτητες εκροής του νερού και τις βρήκε σύμφωνες με τις θεωρητικές. Μπορούμε να μιλήσουμε για «λυμένο πρόβλημα» μόνο όταν η διαδικασία του «βλέπω ως» επιβεβαιωθεί στην πράξη, με άλλα λόγια, όταν δειχθεί με βάση την παρατήρηση και το πείραμα, ότι το θεωρητικό μοντέλο περιγράφει με καλή προσέγγιση ένα πραγματικό φυσικό σύστημα.



Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η «λύση του προβλήματος» της εκροής δεν συνίσταται μόνο στην δια της προσομοίωσης κατασκευής του αντίστοιχου μοντέλου αλλά και στον εμπειρικό έλεγχο του τελευταίου με βάση πραγματικές διατάξεις εκροής.

Από το άλλο μέρος, ούτε η προσέγγιση του Γκίρι είναι επαρκής. Μία «καθαρή» αναπαραστασιακή λειτουργία δεν θα μπορούσε να σταθεί από μόνη της ως πλήρης εξήγηση της επιστημονικής πρακτικής. Το πρόβλημα στην προσέγγιση του Γκίρι είναι ότι ενώ θέλει να ενσωματώσει τις εξισώσεις στα εμπειρικά συστήματα, αρνούμενος την αναγκαιότητα ύπαρξης του γλωσσικού ανερμήνευτου επιπέδου, δεν δίνει μια εξήγηση για την αίσθηση που έχουν οι επιστήμονες ότι εφαρμόζουν την ίδια θεωρία σε κάθε μοντέλο. Ακόμα και αν υπάρχουν επί μέρους διαφοροποιήσεις, στα διάφορα μοντέλα χρησιμοποιούνται οι ίδιες εξισώσεις και οι ίδιες έννοιες και οι επιστήμονες έχουν την αίσθηση ότι αποτελούν εφαρμογές της ίδιας γενικής θεωρίας. Σύμφωνα με τον Κουν, αυτή η αίσθηση είναι εξηγήσιμη, καθώς κάθε πρόβλημα σε τελική ανάλυση προσομοιώνεται με τα «λυμένα παραδείγματα» με τα οποία οι επιστήμονες εισήχθησαν στην θεωρία. Αν αρνηθούμε την περίπτωση ενός διακριτού, γλωσσικού επιπέδου το οποίο ενοποιεί τα μοντέλα, θα πρέπει να βρούμε ένα τρόπο, με τον οποίο τα μοντέλα συνδέονται «οριζόντια» μεταξύ τους. Σε μία τέτοια κατεύθυνση η προτυπική λειτουργία κάποιων «κεντρικών» μοντέλων, όπως υποδεικνύει ο Κουν, φαίνεται ότι είναι η μόνη δυνατή εναλλακτική αντιμετώπιση του ζητήματος. Ο ίδιος ο Γκίρι εξάλλου, θεωρεί ότι, αν και η ιδέα του Κουν για την οικείωση μέσω των υποδειγμάτων δεν συνιστά πλήρη θεωρία για το πρόβλημα

ερμηνείας των επιστημονικών όρων, κινείται εντούτοις στη σωστή κατεύθυνση. (Giere 1998, 75 )

Με δεδομένο τον παραπάνω συνδυασμό της προσομοιωτικής και αναπαραστασιακής λειτουργίας των μοντέλων, η εικόνα της επιστήμης ως συμπλέγματος μοντέλων, συγκροτεί ένα μη-προτασιακό πρότυπο, το οποίο θα κωδικοποιήσω στα παρακάτω τέσσερα σημεία, αναφερόμενος από εδώ και πέρα σε αυτό ως *θεωρία επεκτεινόμενων προτύπων*.

### ΘΕΩΡΙΑ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

1. Ορίζεται το μοντέλο ως εξιδανικευμένη γνωσιακή κατασκευή, η οποία αξιώνει την αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος, ή μιας ομάδας φυσικών συστημάτων.

2. Η επιστήμη αποτελείται από ένα τέτοιο σύμπλεγμα μοντέλων, το οποίο παράγεται από μία *υποδειγματική* πρώτη ομάδα.

3. Μέσα σε αυτή την πρώτη ομάδα μοντέλων, ορίζονται μέσω της χρήσης οι έννοιες και οι νόμοι της επιστήμης.

4. Νέα μοντέλα προστίθενται στο σύμπλεγμα όταν πληρούν δύο προϋποθέσεις. Η πρώτη είναι να *έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά* (να «μοιάζουν») με κάποια μοντέλα που βρίσκονται ήδη στο σύμπλεγμα και η δεύτερη είναι, να αναπαριστούν *επιτυχημένα* κάποιο φυσικό σύστημα (ή ομάδα φυσικών συστημάτων).

Το ερώτημα είναι τώρα αν η εικόνα της επιστήμης η οποία προκύπτει από το παραπάνω μη προτασιακό πρότυπο αποτελεί γόνιμη φιλοσοφική αντιπρόταση. Στην συνέχεια της εργασίας δεν θα επιχειρήσω να παρουσιάσω τα πλεονεκτήματα της νέας προσέγγισης σχετικά με το προτασιακό πρότυπο. Αντί αυτού, θα εστιάσω σε δύο «εσωτερικά» προβλήματα, σε δύο ερωτήματα τα οποία σχετίζονται με την προσομοιωτική και την αναπαραστασιακή λειτουργία των μοντέλων.

### *2.3 Η Νομιμοποίηση της Προσομοιωτικής και Αναπαραστασιακής Λειτουργίας*

Είδαμε ότι τόσο ο Κουν, όσο ο Γκίρι, εγκαταλείπουν την «ομπρέλα» της ανερμήνευτης θεωρίας συν κανόνες αντιστοίχισης, η οποία, σύμφωνα με το προτασιακό πρότυπο, συνέχει τις διάφορες περιγραφές φυσικών συστημάτων που κάνουν οι επιστήμονες. Και οι δύο θεωρούν ότι τα μοντέλα δεν τοποθετούνται στο ίδιο σύμπλεγμα- οικογένεια επειδή αποτελούν υποστασιοποιήσεις μιας γενικότερης γλώσσας αλλά γιατί «μοιάζουν» μεταξύ τους. Το πρώτο λοιπόν ερώτημα αφορά τα κριτήρια αυτής της ομοιότητας και θα μπορούσε να τεθεί ως

*Ποια είναι τα κριτήρια με τα οποία η ομοιότητα κρίνεται επαρκής, ώστε ένα μοντέλο να ενταχθεί στην οικογένεια;*

Ένας δεύτερος, ισοδύναμος τρόπος, να θέσουμε το ερώτημα, είναι

*Πόσα κοινά χαρακτηριστικά θα ήταν επαρκή για να θεωρηθεί ένα μοντέλο μέλος της οικογένειας;*

Ένας τρίτος, τρόπος να θέσουμε το ίδιο ερώτημα, είναι σχετικά με τον ζητούμενο ορισμό του φυσικού συστήματος, όπως τέθηκε από την οπτική των Σνιντ-Στεγκμίλερ. Αν όλα τα μοντέλα του συμπλέγματος είναι φυσικά συστήματα, τότε το σύμπλεγμα των μοντέλων ορίζει εμμέσως το φυσικό σύστημα, δηλαδή το ίδιο το αντικείμενο της φυσικής. Το ερώτημα ως εκ τούτου σχετικά με την προσομοιωτική λειτουργία των μοντέλων μπορεί να τεθεί ως:

*Τι είναι φυσικό σύστημα;*

*Η,*

*Ποιο είναι το αντικείμενο της φυσικής;*

Το ερώτημα είναι βασικό διότι από την απάντηση του θα κριθεί αν η θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων μπορεί να δώσει μια απάντηση στο τι προσδίδει στην επιστήμη την ενότητά της. Με κάποιο τρόπο τα διαφορετικά μοντέλα- φυσικά συστήματα δεν μπορεί παρά να ανήκουν όλα στην ίδια επιστήμη, άρα θα πρέπει με κάποιο τρόπο να ενοποιούνται και να αποτελούν μέλη μίας ομάδας. Με βάση αυτή

την κοινή διαίσθηση θα μπορούσαμε να θέσουμε με έναν τέταρτο τρόπο το πρώτο ερώτημα:

*Αν η επιστήμη είναι ένα σύμπλεγμα μοντέλων, τι συνέχει αυτό το σύμπλεγμα;*

Τόσο ο Κουν, όσο και ο Γκίρι, επιχειρούν να απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα βασιζόμενοι στην έννοια των οικογενειακών ομοιοτήτων, απάντηση την οποία όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο έδωσαν και οι Σινιτ- Στεγκμίλερ. Η διαφορά των Κουν- Γκίρι με τους Σινιτ- Στεγκμίλερ είναι ότι τονίζουν τον γνωσιακό χαρακτήρα της όλης διαδικασίας, καταφεύγοντας στην ψυχολογική και βιολογική βάση του προβλήματος. Είδαμε στην προηγούμενη ενότητα τον τρόπο που ο Κουν αναζήτησε στους αυτόματους και άρρητους μηχανισμούς της αντίληψης τον πυρήνα της επιστημονικής δραστηριότητας. Ο Γκίρι, καθώς έχει δει την ανάπτυξη της γνωσιακής επιστήμης (cognitive science) και της φιλοσοφίας του νου στις δεκαετίες του 70 και του 80, εναποθέτει τις ελπίδες του εκεί.

Η ελπίδα είναι ότι οι γνωσιακές επιστήμες μπορούν να παίξουν το είδος του ρόλου που έπαιξε η τυπική λογική για τον λογικό εμπειρισμό, ή αυτόν που έπαιξε η ιστορία της επιστήμης για την ιστορική σχολή στο πλαίσιο της φιλοσοφίας της επιστήμης (Giere 1984, 15)

Για τον Γκίρι μάλιστα, ο φιλόσοφος που υιοθετεί αυτή τη «γνωσιακή στροφή» πρέπει να αρκεστεί στη θέση του «θεωρητικού» στα πλαίσια του νεοσύστατου κλάδου της γνωσιακής επιστήμης (cognitive science).

Το καλύτερο καθεστώς το οποίο θα μπορούσε να διεκδικήσει ο φιλόσοφος της επιστήμης είναι αυτό του θεωρητικού στα πλαίσια μιας αναπτυσσόμενης γνωσιακής επιστήμης της επιστήμης, σύμφωνα με τον μοντέλο της θεωρητικής σε αντίθεση με την πειραματική φυσική. Τείνω να πιστεύω ότι αυτό το καθεστώς θα ήταν αρκετό. (Giere 1988, σελ. 12)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τόσο ο Κουν, όσο και ο Γκίρι κινούνται στην ίδια κατεύθυνση σχετικά με την απάντηση στο πρώτο ερώτημα. Και οι δύο εναποθέτουν τις ελπίδες τους στην εμπειρική έρευνα και στις ειδικές επιστήμες. Και οι δύο συνεπώς εγκαταλείπουν, ως ένα βαθμό τουλάχιστον, την συζήτηση περί μεθόδου

υιοθετώντας ένα νατουραλιστικό ή νέο- νατουραλιστικό πρόγραμμα. Σε αυτό το ζήτημα θα επανέλθω, αφού εξετάσω και το δεύτερο ερώτημα που σχετίζεται με τη αναπαραστασιακή λειτουργία των μοντέλων. Εδώ το ερώτημα σχετίζεται με την έννοια της «καλής αναπαράστασης» και θα μπορούσε να τεθεί με τους εξής τρόπους:

*Πότε ένα μοντέλο θεωρείται ότι αναπαριστά επιτυχώς ένα φυσικό σύστημα;*

*Ποια είναι τα κριτήρια ώστε να θεωρήσουμε τις πειραματικές αποκλίσεις ως μη οφειλόμενες σε συστηματικούς παράγοντες;*

*Πόσες όψεις ενός φυσικού φαινομένου και σε τι βαθμό προσέγγισης πρέπει να περιγράφει ένα μοντέλο, ώστε να θεωρηθεί επιτυχημένο;*

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στο μη προτασιακό πρότυπο γνώσης, αυτό το ερώτημα είναι περισσότερο κρίσιμο και επιτακτικό από ότι στο προτασιακό. Στο προτασιακό πρότυπο, υπήρχε η φιλοδοξία όλο το σύστημα γνώσης να θεμελιώνεται σε προτάσεις του τύπου «αυτός ο κύκνος είναι λευκός», ή «μπλέ, εδώ, τώρα» των οποίων η εμπειρική επαλήθευση θα μπορούσε, έστω κατ' αρχήν, να θεωρηθεί τετριμμένη. Αντίθετα, τα μοντέλα εμπλέκουν θεωρητικές έννοιες και προϋποθέσεις, όπως επίσης αποτελούν εξ' ορισμού προσεγγίσεις και όχι ακριβείς περιγραφές των φυσικών συστημάτων. Όλα τα παραπάνω, μετατρέπουν την εμπειρική επαλήθευση τους σε μη τετριμμένη διαδικασία.

Είδαμε πως ο Κουν δεν πραγματεύεται αυτό το ερώτημα, καθώς μιλάει απευθείας για λυμένα προβλήματα, χωρίς να αντιμετωπίζει το πρόβλημα της αναπαράστασης ενός φυσικού συστήματος από ένα εξιδανικευμένο μοντέλο. Αντίθετα, ο Γκίρι, ο οποίος θεωρεί την αναπαραστασιακή λειτουργία πρωταρχική, επιχειρεί να δώσει μια απάντηση με βάση την έννοια της *υπόθεσης*.

Η *υπόθεση*, όπως είπαμε παραπάνω, συνδέει το μοντέλο με τον κόσμο, καθορίζοντας όχι μόνο της απόψεις με τις οποίες το μοντέλο είναι όμοιο με τον το σύστημα, αλλά και τα επιτρεπτά όρια προσέγγισης (π.χ. «αποκλίσεις πάνω από 2% διαψεύδουν την υπόθεση»). Με αυτό τον τρόπο όμως, όπως ο ίδιος ο Γκίρι παραδέχεται (Giere 1988, 108), ανάλογα με τον προσδιορισμό του επιτρεπτού ποσοστού, η ίδια η υπόθεση μετατρέπεται σε αληθή ή ψευδή. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι, το αν τα μοντέλα αναπαριστούν επιτυχώς τον κόσμο, είναι

ένα ζήτημα που αποφασίζεται από ένα αυθαίρετο παράγοντα, ο οποίος δεν έχει καμία σχέση ούτε με το μοντέλο, ούτε με τον κόσμο και ως εκ τούτου, μπορεί να καθοριστεί –σε τελική ανάλυση- με κοινωνικές διαπραγματεύσεις. Μια τέτοια κατάληξη είναι ανεπιθύμητη για τον Γκίρι, καθώς ο ίδιος επιχειρεί να εξηγήσει την επιστήμη όχι μόνο ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης των ανθρώπων, αλλά και της αλληλεπίδρασης ανθρώπου- φύσης.<sup>69</sup> Επιχειρεί λοιπόν να «θεραπεύσει» την ανεπιθύμητη συνέπεια με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η επισήμανση ότι ο καθορισμός του ποσοστού, γίνεται πριν τον εμπειρικό έλεγχο

Οι καθορισμοί δεν χρειάζεται να είναι σιωπηλοί, και στην επιστήμη συνήθως δεν είναι... μία κρίση για την ακρίβεια των δεδομένων πρέπει να προηγείται της κρίσης αν αυτός ο βαθμός ακρίβειας είναι επαρκής (Giere 1988, 108-109).

Αυτός ο ισχυρισμός μετατρέπει το εμπειρικό έλεγχο των μοντέλων σε ένα τίμιο παιχνίδι, το οποίο όμως παραμένει παιχνίδι. Ακόμα και αν η απόφαση για τον ανεκτό βαθμό ακρίβειας παρθεί πριν το πείραμα, αυτή η απόφαση εξακολουθεί να μην έχει καμία σχέση ούτε με τα μοντέλα ή τον κόσμο. Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ, ότι ο Γκίρι προφανώς αντλεί αυτό το επιχείρημα από τον χώρο της στατιστικής στα πλαίσια των κοινωνικών επιστημών, όπου καθορίζονται συγκεκριμένα ποσοστά για την επιβεβαίωση ή την απόρριψη μιας υπόθεσης. Τα πράγματα όμως στη φυσική, η οποία αποτελεί και το παράδειγμά του δεν λειτουργούν έτσι.

Το δεύτερο επιχείρημα του Γκίρι είναι η επίκληση στην θεωρία του Δαρβίνου. Επιχειρώντας να πάρει αποστάσεις από τον πρόγραμμα της κοινωνιολογίας της επιστήμης, σημειώνει ότι ο προσδιορισμός των όψεων και των βαθμών της υπόθεσης «δεν εξαρτάται αποκλειστικά από κοινωνικές συμφωνίες οι οποίες είναι ανεξάρτητες από το πως είναι τα μοντέλα και πως είναι ο κόσμος» (1984, 156). Πέραν των κοινωνικών συμφωνιών υπάρχει, κατά τον Γκίρι, το γεγονός ότι οι ικανότητές μας να βλέπουμε ομοιότητες και να αναπαριστούμε το περιβάλλον έχουν φυσικούς περιορισμούς οι οποίοι είναι «ενσωματωμένοι» στα αντιληπτικά συστήματά μας. Η αναλογία με την Δαρβίνεια θεωρία είναι ότι «[ο]ι επιζήσασες αναπαραστάσεις περνούν στις επόμενες γενιές μέσω της διδασκαλίας και της μαθητείας» (Giere 1988,

---

<sup>69</sup> Για αυτόν ακριβώς τον λόγο αντιτίθεται στο πρόγραμμα της κοινωνιολογίας της επιστήμης (Giere 1988, 50- 60)

18). Οι επιζήσασες αναπαραστάσεις είναι για τον Γκίρι αυτές που μας βοηθάνε ως είδος να αντιμετωπίσουμε το φυσικό περιβάλλον

Δεν χρειάζεται να αναρωτηθούμε όπως ο Ντεκάρτ αν εξαπατούμαστε συστηματικά από το περιβάλλον διότι σε μια τέτοια περίπτωση δεν θα είχαμε επιβιώσει.(Giere 1984, 9)

Το παραπάνω επιχείρημα παρουσιάζει ένα ειδικό και ένα γενικό πρόβλημα. Το ειδικό πρόβλημα είναι ότι η επιβίωση δεν σχετίζεται αναγκαστικά με την «ορθή» ή «αληθή» αναπαράσταση του κόσμου. Ένας οργανισμός όχι μόνο μπορεί να επιβιώνει παρά το γεγονός της «λανθασμένης» αναπαράστασης του κόσμου αλλά μπορεί να επιβιώνει, ακριβώς λόγω κάποιων λανθασμένων αναπαραστάσεων, όπως στην περίπτωση ενός ζώου το οποίο αντιμετωπίζει όλα τα φίδια ως εάν να είναι επικίνδυνα και δηλητηριώδη. Το γενικότερο πρόβλημα είναι ότι για άλλη μια φορά η χρήση των θεωριών και των αποτελεσμάτων μιας ειδικής επιστήμης –της βιολογίας- στη απάντηση προβλημάτων περί μεθόδου φαίνεται ότι παραπέμπει σε ένα νατουραλιστικό φιλοσοφικό πρόγραμμα, προκαλώντας αναγκαστικά όλες εκείνες τις αντιρρήσεις οι οποίες εγείρονται σε τέτοιου είδους προσπάθειες.

#### *2.4 Φαύλος Κύκλος ή Θετική Ανάδραση;*

Επιχειρώντας μια κριτική αποτίμηση των απαντήσεων των Κουν –Γκίρι στα δύο ερωτήματα, θα ξεκινήσω από το ερώτημα αν η επίκληση στις ειδικές επιστήμες σημαίνει αναγκαστική υπαναχώρηση σε ένα νατουραλισμό τύπου Κουάιν, την αναγωγή δηλαδή των προβλημάτων περί μεθόδου στη δικαιοδοσία των ειδικών επιστημόνων. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιεί ο Γκίρι την βιολογία συνηγορεί υπέρ μίας θετικής απάντησης στο τελευταίο ερώτημα. Πράγματι η προσφυγή στην βιολογία αντανάκλα κατά τον Γκίρι μια ανάγκη «για ένα νατουραλιστικό συμπλήρωμα των φιλοσοφικών θεωριών της δικαιολόγησης ή της ορθολογικότητας» (Giere 1984, 16). Με την διαφορά ότι, όπως παρουσιάζει την άποψη του, ο νατουραλισμός δεν έρχεται να συμπληρώσει μια θεωρία ορθολογικότητας, αλλά το πλαίσιο των κοινωνικών διαπραγματεύσεων. Όπως και στον Κουν, ότι δεν ρυθμίζεται από το βιολογικό- ψυχολογικό υπόβαθρο, φαίνεται ότι απομένει να αποφασιστεί από την κοινότητα. Με αυτό τον τρόπο κάθε κανονιστικός λόγος χάνει



την ευκαιρία να αρθρωθεί, ανάμεσα στον λόγο των ειδικών επιστημών και τις κοινωνικές διαπραγματεύσεις.

Η δημοφιλέστερη αντίρρηση στο πρόγραμμα του νατουραλισμού, είναι αυτή του φαύλου κύκλου. Σύμφωνα με αυτήν, η εμπλοκή των ίδιων των επιστημών στην επιχείρηση εξήγησής τους, καθιστά την όλη προσπάθεια λογικά άκυρη. Επιχειρώντας να απαντήσει σε αυτή την αντίρρηση ο Γκίρι, σημειώνει ότι κάτι τέτοιο μπορεί να υποστηριχτεί μόνο από την άποψη ενός καρτεσιανικού μεθοδολογικού σκεπτικισμού, ο οποίος επιχειρεί να θεμελιώσει τις επιστήμες και τη γνώση εκ του μηδενός. Ο ίδιος καταφεύγει στην ιδέα μιας θετικής ανάδρασης:

Χρησιμοποιώντας τις γνωσιακές ικανότητες επεκτείνουμε τη γνώση μας για τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της γνώσης των ίδιων των γνωσιακών ικανοτήτων. Η τελευταία γνώση μας βοηθάει να επεκτείνουμε την γνώση μας για τον κόσμο παραπέρα. Η ύπαρξη αυτών των κύκλων δεν είναι ένα όριο το οποίο πρέπει να υπεκεραστεί από κάποιο είδος φιλοσοφικής ανάλυσης. Αντιθέτως, είναι ένα από τα πράγματα που κάνουν την σύγχρονη επιστήμη τόσο ισχυρή. (Giere 1988, 13)

Από την «θετική» ανάδραση του Γκίρι, όμως, απουσιάζει η κριτική αποτίμηση των γνωσιακών ικανοτήτων. Μέσα στην παραπάνω παράγραφο δεν είναι σαφές το αν υπάρχει η δυνατότητα της απόφασης ότι κάποιες γνωσιακές ικανότητες δίνουν «σωστότερες» αναπαραστάσεις του φυσικού περιβάλλοντος, η δυνατότητα δηλαδή άρθρωσης ενός κανονιστικού λόγου ο οποίος θα προερχόταν από την επισκόπηση της όλης προσπάθειας της γνωσιακής οικειοποίησης, από την μελέτη με άλλα λόγια της ίδιας της επιστήμης και της ιστορίας της. Για να κάνω το πρόβλημα πιο συγκεκριμένο, ακόμα και αν τα μοντέλα είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου νου αυτό δεν συνεπάγεται ότι *πρέπει* να προτιμούνται από τους επιστήμονες σε σχέση π.χ. με την τυπική λογική. Στην προβληματική του Γκίρι δεν είναι σαφές αν υπάρχει η δυνατότητα της ανάδρασης ανάμεσα στην φιλοσοφία και την ιστορία της επιστήμης, από το ένα μέρος, και τις ειδικές επιστήμες από το άλλο. Η θετική ανάδραση, όπως την αντιλαμβάνεται ο Γκίρι, δεν επερωτά τα θεωρητικά εργαλεία της γνωσιακής επιστήμης, θεωρώντας τα *a priori* κατάλληλα για να περιγράψουν την επιστημονική δραστηριότητα. Η επερώτηση αυτού που ονόμασα «αξίωμα της συνέχειας» δεν σημαίνει αναγκαστικά την υιοθέτηση ενός φιλοσοφικού λόγου ο οποίος επιχειρεί να θεμελιώσει τις επιστήμες εκ του μηδενός. Μπορεί

πράγματι να παραπέμπει σε μια ιδέα θετικής ανάδρασης, όπως στην περίπτωση μιας άλλης υπερμάχου της χρήσης των μοντέλων της Νάνση Νερσέσιαν (Nancy Nersessian). Η Νερσέσιαν υιοθετεί αυτή την ιδέα της «θετικής ανάδρασης» χωρίς την ίδια στιγμή να δέχεται άκριτα τα «εργαλεία» των ψυχολόγων και το αξίωμα της συνέχειας. Στα πλαίσια αυτού που η ίδια ονομάζει γνωσιο- ιστορική προσέγγιση (cognitive-historical approach) μελετά με βάση τα γνωσιακά μοντέλα επεισόδια από την ιστορία της επιστήμης. Η γνωσιο- ιστορική προσέγγιση, όχι μόνο χρησιμοποιεί εργαλεία από την γνωσιακή επιστήμη, αλλά την ίδια στιγμή ελέγχει και βελτιώνει αυτά τα εργαλεία:

Η γνωσιο-ιστορική ανάλυση είναι ανακλαστική. Χρησιμοποιεί γνωσιακές θεωρίες στο βαθμό που μας βοηθούν να ερμηνεύσουμε τις ιστορικές περιπτώσεις -την ίδια στιγμή όμως ελέγχει σε ποιο βαθμό οι τρέχουσες θεωρίες γνωσιακών διαδικασιών μπορούν να εφαρμοστούν στην επιστημονική σκέψη και υποδεικνύει τις κατευθύνσεις στις οποίες οι θεωρίες αυτές χρειάζονται επέκταση, εκλέπτυνση και μετατροπή. Με άλλα λόγια η μέθοδος είναι ένας τύπος αυτο-δράσης (bootstrapping procedure) ο οποίος είναι σε κοινή χρήση στην επιστήμη. (Nersessian 1992, 7)

Με την οπτική της Νερσέσιαν, φαίνεται ότι πράγματι η «θετική ανάδραση» με τις επιστήμες της γνωσιακής ψυχολογίας, αλλά και της κοινωνιολογίας θα μπορούσε να αποτελέσει μία κατεύθυνση απάντησης των ερωτημάτων που τέθηκαν αρχικά, η οποία θα χρησιμοποιεί τις ειδικές επιστήμες χωρίς όμως να καταργεί πλήρως την κανονιστικότητα του φιλοσοφικού λόγου, εκπίπτοντας στον ψυχολογισμό, ή στο κοινωνιολογισμό. Για να συμβεί όμως κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρξει πράγματι ανάδραση, δηλαδή να υπάρξει πράγματι ένας έλεγχος αν τα «εργαλεία» τα οποία χρησιμοποιούνται από την γνωσιακή επιστήμη μπορούν να εξηγήσουν πράγματι τον ειδικό τομέα αυτό της ανθρώπινης δραστηριότητας ο οποίος λέγεται επιστήμη. Όπως θα δείξω στο παράρτημα του κεφαλαίου, υπάρχουν πράγματι ανάλογες έρευνες στο πεδίο της γνωσιακής επιστήμης οι οποίες επιχειρούν μία μη προτασιακή προσέγγιση της ανθρώπινης νόησης με βάση την έννοια του μοντέλου. Νομιμοποιείται λοιπόν η χρήση αυτών των ερευνών σε ερωτήματα για τη φύση της επιστήμης;

Η προσέγγιση της ανθρώπινης νόησης με βάση τα μοντέλα, κάθε άλλο παρά κοινός τόπος θεωρείται στα πλαίσια της γνωσιακής επιστήμης. Το πρόβλημα με αυτό το γεγονός είναι ότι οι Κουν- Γκίρι δεν χρησιμοποιούν μια κοινώς αποδεκτή

επιστημονική θεωρία, η οποία θα ήταν δύσκολο να ανατραπεί αλλά ένα αμφισβητούμενο τμήμα σύγχρονης έρευνας. Θα μπορούσε εδώ να απαντήσει κάποιος, ότι από την στιγμή που τίθεται ζήτημα αλλαγής μεθοδολογικού Παραδείγματος (*Πρόταση έναντι Μοντέλου*) δεν μπορεί να υπάρξει διαδικασία ορθολογικής ή αντικειμενικής επιλογής. Το μόνο που μπορούν να κάνουν οι εισηγητές του νέου Παραδείγματος (*Μοντέλου*) είναι να προχωρήσουν την έρευνα τους σε όλους τους τομείς, από την φιλοσοφία μέχρι τις ειδικές επιστήμες, επιχειρώντας να δείξουν στην πράξη την γονιμότητα της μεθοδολογίας του. Υπ' αυτό το πρίσμα θα μπορούσαμε να δούμε και την ιδέα της «θετικής ανάδρασης» της Νερσέσιαν, μεταξύ επιστημόνων οι οποίοι δουλεύουν σε διαφορετικούς κλάδους γνώσης. Αυτό όμως σημαίνει με τη σειρά του, ότι αυτοί οι κλάδοι υπάρχουν ως αυτόνομα πεδία ερωτηματοθεσίας και ερευνών, με άλλα λόγια, για να αναδράσει η φιλοσοφία και η ιστορία της επιστήμης από το ένα μέρος με τη γνωσιακή επιστήμη από το άλλο, θα πρέπει να διατηρήσουν την αυτονομία τους, ώστε να υπάρξει πράγματι αλληλο- ενίσχυση των συμπερασμάτων. Ικανοποιείται αυτή η προϋπόθεση στην περίπτωση των Κουν- Γκίρι;

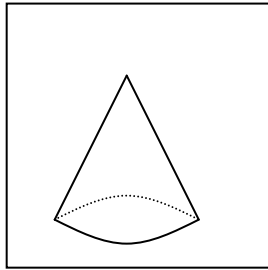
Είδαμε ότι σε κάποιο σημείο, οι Κουν- Γκίρι εγκαταλείπουν το ερώτημα περί της μεθόδου, παραπέμποντας στις έρευνες των ειδικών επιστημόνων. Μόνο που οι συγκεκριμένες έρευνες που αναφέρεται π.χ. ο Γκίρι θεμελιώνονται μεθοδολογικά στην έννοια των *οικογενειακών ομοιοτήτων* την οποία οι ειδικοί επιστήμονες ομολογούν ότι δανείζονται από την φιλοσοφία. Χωρίς να ισχυρίζομαι ότι με αυτό τον τρόπο αποδεικνύω ότι το όλο εγχείρημα είναι φαύλος κύκλος, προτείνω κάτι διαφορετικό. Θεωρώντας ότι η μεθοδολογική συζήτηση και η προσπάθεια ορθολογικής ανασυγκρότησης εγκαταλείφθηκε πολύ νωρίς από τους Κουν- Γκίρι, θα επιχειρήσω στην επόμενη ενότητα να προχωρήσω την συζήτηση με όρους μεθοδολογίας, παραμένοντας στα πλαίσια της φιλοσοφίας. Κάνοντας αυτό, δεν σημαίνει ότι υποστηρίζω ένα αυτόνομο και κανονιστικό φιλοσοφικό λόγο, ο οποίος μπορεί να αρθρωθεί και να εξελιχθεί αγνοώντας τις έρευνες των ειδικών επιστημόνων. Το μόνο που λέω, είναι ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση η παραπέρα συζήτηση περί μεθόδου είναι πιο χρήσιμη από την αλληλο- παραπομπή σε μία έννοια –οικογενειακές ομοιότητες- η οποία όχι μόνο δεν είναι αρκετά σαφής αλλά όπως θα επιχειρήσω να δείξω, λειτουργεί ουσιαστικά εντός του προτασιακού προτύπου.

### 3. Κοινά Χαρακτηριστικά ή Κανόνες Μετασχηματισμού;

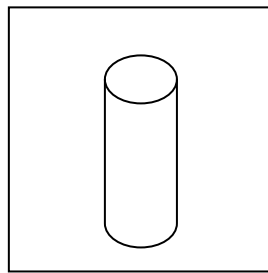
#### 3.1 Οικογενειακές Ομοιότητες και Κανόνες Μετασχηματισμού

Έστω η οικογένεια των παρακάτω 6 γεωμετρικών σχημάτων (στο χώρο των τριών διαστάσεων):

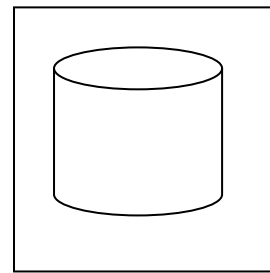
#### ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ Α



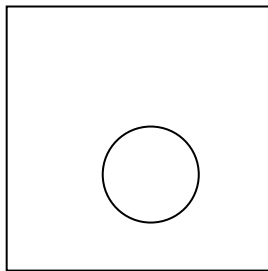
Σχήμα 1



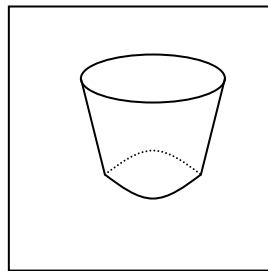
Σχήμα 2



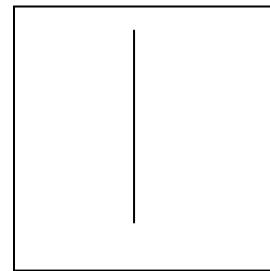
Σχήμα 3



Σχήμα 4



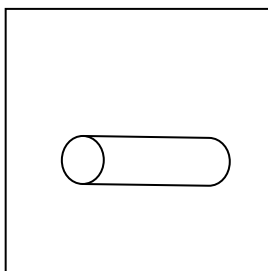
Σχήμα 5



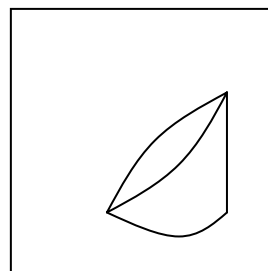
Σχήμα 6

Έστω επίσης τα σχήματα 7, 8, 9, για τα οποία τίθεται το ερώτημα αν ανήκουν στην οικογένεια Α:

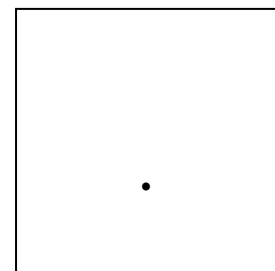
#### ΠΙΘΑΝΑ ΜΕΛΗ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ Α



Σχήμα 7



Σχήμα 8

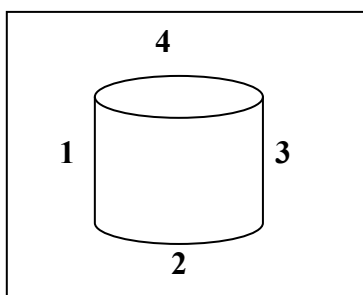


Σχήμα 9

Πριν εξετάσω το ερώτημα, ας ξεκινήσω με την παρατήρηση ότι η ομάδα των σχημάτων (1-6) αποτελεί μία χαρακτηριστική περίπτωση οικογενειακών ομοιοτήτων. Τα σχήματα 1 και 5 είναι κύλινδροι. Το σχήμα 4 είναι ένας κύκλος ο οποίος έχει την ίδια διάμετρο με την βάση του κυλίνδρου 3, ο κόλπουρος κώνος του σχήματος 1, έχει την ίδια βάση με τη μεγάλη βάση του σχήματος 5, η ευθεία του σχήματος 6 έχει το ίδιο μήκος με τον κύλινδρο 2 κ.ο.κ. Όσο και αν ψάξουμε στην ομάδα δεν μπορούμε να βρούμε ένα χαρακτηριστικό κοινό σε όλα τα σχήματα, το οποίο να τα ξεχωρίζει με κάποιο τρόπο από τα υπόλοιπα δισδιάστατα ή τρισδιάστατα γεωμετρικά σχήματα. Στο βαθμό λοιπόν που η ομάδα χαρακτηρίζεται μόνο από οικογενειακές ομοιότητες δεν μπορεί να υπάρξει μια «αντικειμενική» απάντηση στο ερώτημα της ένταξης των σχημάτων 7, 8 και 9. Το σχήμα 8 έχει τις ίδιες κυκλικές βάσεις με τον κύλινδρο 3, το σχήμα 7 είναι ο κύλινδρος 1 σε οριζόντια θέση, ενώ το σχήμα 9, το οποίο είναι ένα απλό σημείο δεν φαίνεται να «μοιάζει» με κάποιο από τα υπόλοιπα σχήματα. Θα μπορούσε λοιπόν κάποιος να ισχυριστεί, ότι η αδυναμία μας να απαντήσουμε στο ερώτημα ένταξης των σχημάτων 7, 8 και 9 οφείλεται στην ανυπαρξία κάποιας κοινότητας η οποία θα έπαιρνε την σχετική απόφαση (Γκίρι) ή στην απουσία κατάλληλης «αντιληπτικής, άρρητης ικανότητας» (Κουν).

Ας υποθέσουμε όμως τώρα, ότι σχετικά με το παραπάνω σύμπλεγμα σχημάτων έχουμε στην διάθεση μας μερικές παραπάνω πληροφορίες, τις οποίες θα καλέσουμε *κανόνες μετασχηματισμού*. Συγκεκριμένα γνωρίζουμε ότι το σύμπλεγμα παράγεται από το σχήμα 3 με τις εξής προϋποθέσεις:

Το σχήμα 3 είναι μία δισδιάστατη αναπαράσταση ενός κυλίνδρου η οποία επιτυγχάνεται με τέσσερις γραμμές: τους κύκλους 2 και 4 που αναπαριστούν τις βάσεις του κυλίνδρου και τις ευθείες 1 και 3.



Τα υπόλοιπα σχήματα παράγονται τώρα από το σχήμα 3 με τους εξής μετασχηματισμούς.

Μετασχηματισμός  $A^+$  (μεγέθυνση): Μεγάλωμα του μήκους των ευθειών 1 και 3 ή των ακτίνων των κύκλων 2 και 4.

Μετασχηματισμός  $A^-$  (σμίκρυνση): Ελάττωση του μήκους των ευθειών 1 και 3 ή των ακτίνων των κύκλων 2 και 4

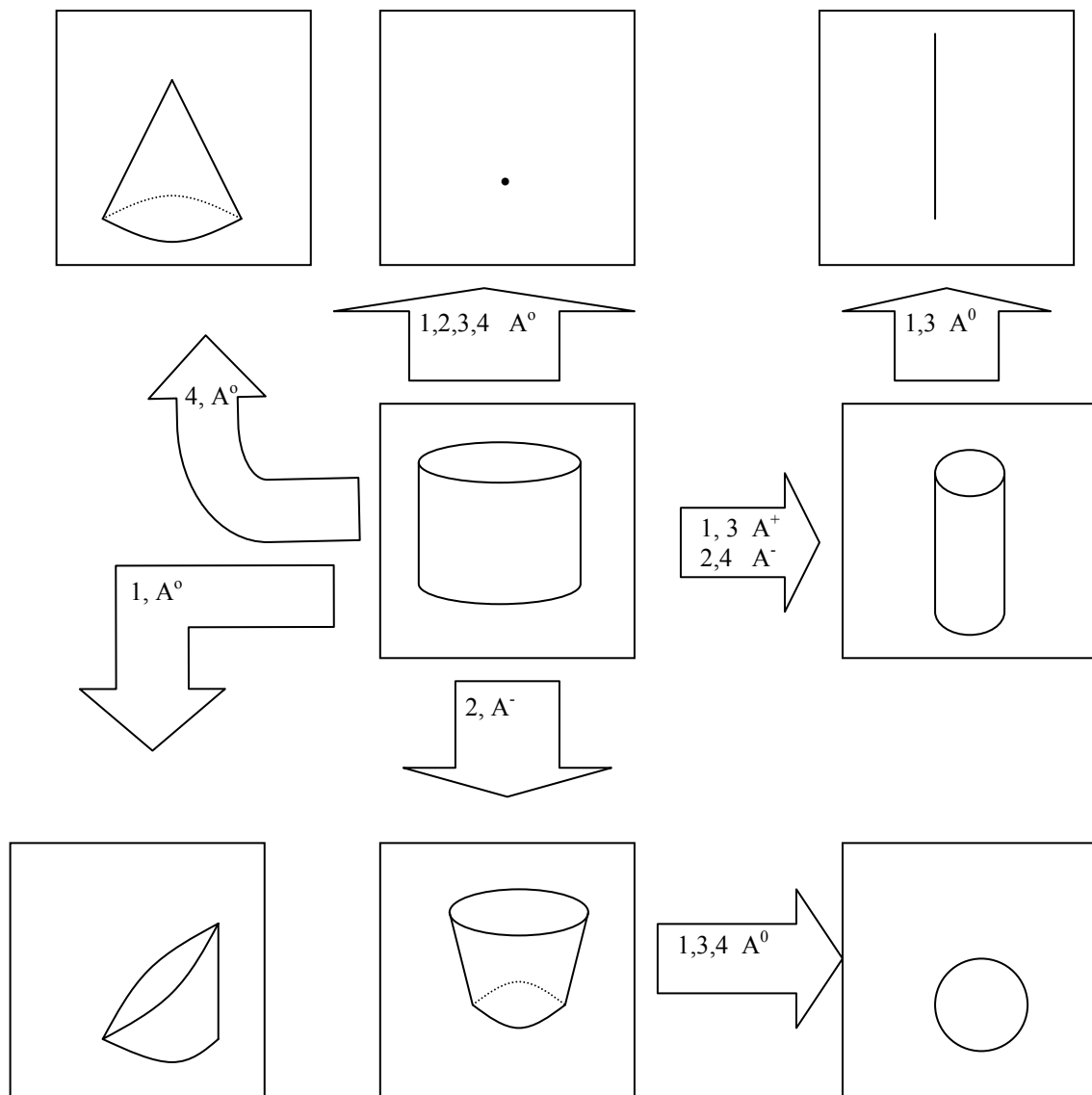
Μετασχηματισμός  $A^0$  (εκφυλισμός): Ελάττωση μέχρι σημείου εξαφάνισης κάποιας από τις γραμμές.

Μπορούμε τώρα να ορίσουμε την οικογένεια των σχημάτων  $A$  ως εξής.

1. Το σχήμα με αριθμό 3 ανήκει/είναι μέλος της οικογένειας.
2. Οποιοδήποτε σχήμα μπορεί να προέλθει μέσω της δράσης των μετασχηματισμών  $A$  πάνω σε μέλος της οικογένειας, είναι και αυτό μέλος της οικογένειας.
3. Κανένα άλλο σχήμα δεν είναι μέλος της οικογένειας.

Με βάση τον παραπάνω ορισμό, μπορούμε να δούμε όχι μόνο γιατί τα σχήματα 1-6 ανήκουν στην ίδια οικογένεια σχημάτων, αλλά να αποφασίσουμε για οποιοδήποτε άλλο σχήμα, αν ανήκει ή όχι σε αυτήν. Στην περίπτωση των σχημάτων 7, 8, και 9 γίνεται έτσι φανερό, ότι το σχήμα 8 ανήκει στην οικογένεια διότι μπορεί να προέλθει από το σχήμα 3 υπό τον μετασχηματισμό  $A^0$  στην γραμμή 1. Το σχήμα 8 παρά την «μεγάλη» ομοιότητά του με το σχήμα 1 δεν μπορεί να παραχθεί από την ομάδα των μετασχηματισμών, άρα δεν ανήκει στην οικογένεια. Το σχήμα 9 (σημείο), τέλος, ανήκει στην οικογένεια καθώς μπορεί να προέλθει από το σχήμα 3 με τον ταυτόχρονο εκφυλισμό όλων των γραμμών του, ή απλούστερα από τον εκφυλισμό της γραμμής του σχήματος 6. Αν λοιπόν ονομάσουμε *κεντρικό μοντέλο* τον κύλινδρο 3, τότε ο παρακάτω χάρτης δείχνει τον τρόπο με τον οποίο παράγεται και ενοποιείται το σύμπλεγμα των υπολοίπων σχημάτων- μοντέλων.

**ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ Α**



Αυτό που φαίνεται μέσω του παραπάνω παραδείγματος, είναι ότι η αυστηρότητα στην διαδικασία και την δικαιολόγηση ένταξης οντοτήτων στην ίδια κατηγορία, δεν σχετίζεται αναγκαστικά με την ύπαρξη κοινών χαρακτηριστικών. Όπως βλέπουμε παραπάνω, τα σχήματα δεν ανήκουν στην ίδια οικογένεια διότι έχουν επαρκή αριθμό κοινών χαρακτηριστικών, αλλά διότι το ένα σχήμα μπορεί με κατάλληλους χειρισμούς να μετασχηματιστεί στο άλλο. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει ένα ρητός, αυστηρός και αντικειμενικός τρόπος, να δημιουργηθούν νέα σχήματα στην οικογένεια, ή να αποφασιστεί αν ένα τυχαίο σχήμα είναι ή δεν είναι μέλος της

οικογένειας, χωρίς την συνδρομή της έννοιας των ομοιοτήτων και των κοινών χαρακτηριστικών. Στην περίπτωση του παραδείγματος που παρουσιάσαμε, οι δεσμοί είναι από την αρχή δεδομένοι και μπορούν να διατυπωθούν και να ελεγχθούν ως προς την εφαρμογή τους. Η απόφαση λοιπόν υιοθέτησης του μη- προτασιακού προτύπου, δεν συνεπάγεται την υιοθέτηση του αυθαίρετου παράγοντα που εισάγεται μέσω της έννοιας των οικογενειακών ομοιοτήτων.

Με αυτόν τον τρόπο έχουμε μία απάντηση στο πρώτο ερώτημα περί της προσομοιωτικής λειτουργίας των μοντέλων.

*Δύο μοντέλα ανήκουν στο ίδιο σύμπλεγμα, όχι γιατί μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά αλλά γιατί το πρώτο μπορεί να μετασχηματιστεί στο δεύτερο με βάση συγκεκριμένους κανόνες.*

Θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος τώρα, ότι οι κανόνες μετασχηματισμού, επειδή ακριβώς είναι κανόνες, αποτελούν οπισθοχώρηση στο προτασιακό μοντέλο γνώσης; Ακριβώς το αντίθετο. Ένας κανόνας μετασχηματισμού έχει νόημα μόνο μαζί με τα μοντέλα στα οποία θα εφαρμοστεί και μπορεί να γίνει κατανοητός μόνο σε σχέση με αυτά. Οι κανόνες μετασχηματισμού, αντίθετα από τους κανόνες αντιστοίχισης, είναι εξαρτημένοι από τα πλαίσια εφαρμογής τους. Ο κανόνας μετασχηματισμού δεν είναι εφαρμόσιμος χωρίς να δοθεί η «ύλη» πάνω στην οποία μπορεί να επιδράσει. Μόνο με δεδομένα κάποια μοντέλα και την υποδειγματική λειτουργία των κανόνων μετασχηματισμού πάνω σε αυτά, μπορεί κάποιος να προχωρήσει στην παραπέρα χρήση του κανόνα και σε άλλες περιπτώσεις. Αντίθετα, οι οικογενειακές ομοιότητες μπορεί να προτάθηκαν ενάντια στους ορισμούς με βάση κοινά χαρακτηριστικά (τα οποία συγκροτούν επαρκείς και αναγκαίες συνθήκες), αλλά παρόλα αυτά παραμένουν έννοια εξαρτώμενη από την γλώσσα των κοινών χαρακτηριστικών. Η μόνη διαφορά των οικογενειακών ομοιοτήτων από τις ικανές και αναγκαίες συνθήκες είναι ότι οι πρώτες παραπέμπουν σε μια πιο χαλαρή έννοια συγγένειας, με βάση όμως πάντα τον εντοπισμό κοινών χαρακτηριστικών. Οι κανόνες μετασχηματισμού που προτείνω, αποτελούν ριζική απομάκρυνση από την γλώσσα των κοινών χαρακτηριστικών, καθώς εξ' ορισμού μπορούν να απαλείψουν ή να εμφανίζουν νέα χαρακτηριστικά στα μοντέλα.

Με βάση την έννοια του κανόνα μετασχηματισμού, μπορούμε να δούμε το σημείο διαφοροποίησης του επιστημονικού από τον καθημερινό λόγο, αποδίδοντας

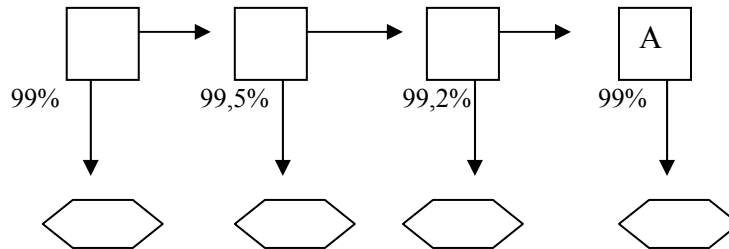


στο πρώτο τον κανονιστικό, ρητό και αυστηρό χαρακτήρα με τον οποίο τον συνδέουμε συνήθως, χωρίς όμως την χρήση των ικανών και αναγκαίων συνθηκών. Το συμπέρασμα μου είναι ότι μία μη προτασιακή προσέγγιση δεν υπολείπεται αναγκαστικά σε μηχανισμούς αυστηρότητας και ακρίβειας, άρα δεν χρειάζεται κατ' ανάγκην την συνδρομή άρρητων γνωσιακών ή κοινωνιολογικών μηχανισμών για την εξήγηση της λειτουργίας του. Αυτό δεν σημαίνει ότι η επιστήμη μπορεί να εξηγηθεί πλήρως χωρίς την συνδρομή των ειδικών επιστημών και της κοινωνιολογίας. Οι κανόνες μετασχηματισμού δεν μετατρέπουν το μη προτασιακό πρότυπο σε ένα πλήρες και αυτόνομο σχήμα εξήγησης της επιστήμης, αλλά το προφυλάσσουν από τον πιθανό εκφυλισμό του σε νέο- νατουραλιστικό ή κοινωνιολογικό πρόγραμμα.

Στην επόμενη ενότητα θα δούμε πώς η ύπαρξη κανόνων μετασχηματισμού μπορούν να μας παράσχουν μία απάντηση και στο δεύτερο ερώτημα, περί της αναπαραστατικής λειτουργίας των μοντέλων.

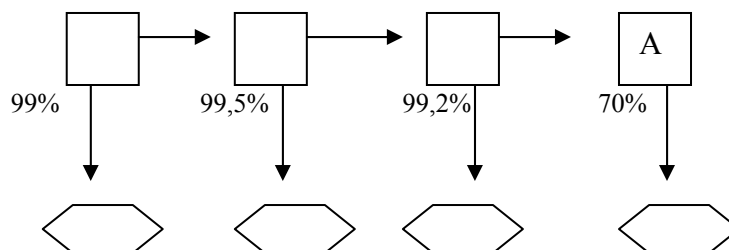
### *3.2 Κανόνες Μετασχηματισμού και Αναπαράσταση*

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε κατασκευάσει ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει ένα φαινόμενο και μετά τους πειραματικούς ελέγχους φαίνεται ότι οι τιμές που προκύπτουν από το μοντέλο διαφέρουν κατά 1% από τις πειραματικές τιμές που προκύπτουν από το αντίστοιχο πραγματικό σύστημα. Το ερώτημα είναι τώρα, το 99% είναι καλή ή κακή προσέγγιση; Είδαμε ότι σύμφωνα με τον Γκίρι αυτό εξαρτάται από μία πρότερη συμφωνία του αν θα θεωρήσουμε το 1% ανεκτή απόκλιση. Η οπτική του Γκίρι προέρχεται από τον χώρο της στατιστικής στις κοινωνικές επιστήμες, όπου εκεί πράγματι ορίζονται με συμβατικό τρόπο στατιστικά όρια, με βάση τα οποία διακρίνουμε αν η υπό εξέταση υπόθεση είναι αληθής ή ψευδής. Αυτή η εικόνα όμως δεν ανταποκρίνεται στο τι πραγματικά συμβαίνει στη τρέχουσα επιστήμη της φυσικής. Η προσέγγιση 1%, δεν μπορεί να κριθεί ως καλή ή κακή χωρίς να ληφθεί υπ' όψη η ικανότητα του μοντέλου, υπό τους κατάλληλους μετασχηματισμούς να καταλήγει σε άλλα μοντέλα τα οποία έχουν αντίστοιχες επιβεβαιώσεις από το πείραμα. Ας εξηγήσω το τελευταίο με ένα παράδειγμα πάλι.



Στην παραπάνω σειρά, το μοντέλο A, συνδέεται με μία σειρά μοντέλων τα οποία έχουν όλα καλές εμπειρικές επικυρώσεις. Σε αυτή την περίπτωση οι *εμπειρικοί έλεγχοι αλληλοενισχύονται*. Η επιτυχημένη σειρά επιβεβαίωσης, δεν επιβεβαιώνει μόνο τα τελευταία ή πιο πολύπλοκα μοντέλα της σειράς, αλλά με αναδρομικό τρόπο και τα κεντρικά μοντέλα- υποδείγματα, από τα οποία παράγεται όλη η σειρά. Αν π.χ. έχουμε μία σειρά η οποία ξεκινάει από το γραμμικό ταλαντωτή για να πάει στο φυσικό εκκρεμές, και κατόπιν στο φυσικό εκκρεμές με εξωτερική δύναμη, στο φυσικό εκκρεμές με εξωτερική δύναμη και δύναμη απόσβεσης κοκ, δικαιώνεται αναδρομικά ο ισχυρισμός ότι η απόκλιση που παρουσιάζεται κατά τον εμπειρικό έλεγχο του υποδείγματος (η οποιουδήποτε άλλου μοντέλου) δεν οφείλεται σε συστηματικούς λόγους.

Η παραπάνω οπτική δίνει μια απάντηση στο πρόβλημα της εμπειρικής ανοσίας της επιστήμης. Ας υποθέσουμε ότι το μοντέλο B, το οποίο ανήκει σε μία σειρά επιτυχημένων μοντέλων, επιβεβαιώνεται από το πείραμα σε ποσοστό μόλις 70%.



Ο επιστήμονας σε αυτή την περίπτωση, δεν εγκαταλείπει βέβαια το μοντέλο. Συνυπολογίζοντας τις οριζόντιες σχέσεις του μοντέλου, αναζητά το λάθος που έχει γίνει, είτε στον τρόπο με τον οποίο προσομοίωσε το μοντέλο είτε στον τρόπο με τον

οποίο επιχείρησε να το ελέγξει πειραματικά. Σε αντίθεση, όμως, με την οπτική Στεγκμίλερ, που ανέλυσα στο προηγούμενο κεφάλαιο, η απόφαση να τεθεί το απείθαρχο μοντέλο εκτός της οικογένειας, εκτός του αντικειμένου, με άλλα λόγια, της φυσικής, δεν βρίσκεται στην απόλυτη ευχέρεια του επιστήμονα ή της κοινότητας. Στην περίπτωση που το μοντέλο προέρχεται από την δράση συγκεκριμένων μετασχηματισμών, χρησιμοποιούμενων ήδη σε άλλες περιπτώσεις, πρέπει να βρεθεί ένας πρόσθετος λόγος, μία πρόσθετη ιδιομορφία του μοντέλου για την οποία θα πρέπει να μη το θεωρήσουμε «μέλος της οικογένειας». Όσο δεν βρίσκεται ένας τέτοιος λόγος, τότε το απείθαρχο μοντέλο αποτελεί πάντα μία δύναμη απειλή για ολόκληρη την οικογένεια, με τον τρόπο ακριβώς που το περιήλιο του Ερμή, από μία «περίεργη» και «απείθαρχη» λεπτομέρεια μετατράπηκε τελικά σε αποφασιστικό πείραμα ενάντια στην κλασική φυσική και υπέρ της θεωρίας της σχετικότητας. Κανείς δεν διανοήθηκε μέχρι τότε, όμως, να θεωρήσει ότι ο υπολογισμός του περιηλίου του Ερμή δεν ήταν ένα απολύτως νόμιμο φυσικό πρόβλημα, αφού γινόταν μέσω των ίδιων υπολογιστικών μοντέλων τα οποία επιβεβαίωναν την κλασική φυσική.

Η ορθολογικότητα της χρήσης των μοντέλων στην επιστήμη, όπως προκύπτει από τα παραπάνω, δεν θεμελιώνεται σε μεμονωμένες αποφάσεις υιοθέτησης ή μη ενός συγκεκριμένου μοντέλου, αλλά από την δέσμευση σε ένα ολόκληρο ερευνητικό πρόγραμμα το οποίο αποτελείται από μία ολόκληρη σειρά τέτοιων μοντέλων. Μιλώντας με τους όρους του Λάκατος (Lakatos), η ορθολογικότητα στα πλαίσια της θεωρίας επεκτεινόμενων προτύπων δεν είναι *στιγμαία*. Παραφράζοντας τον Λάκατος:

Είναι η διαδοχή των θεωριών και όχι μία μόνο δεδομένη θεωρία η οποία μπορεί να εκτιμηθεί ως επιστημονική ή ψευδο- επιστημονική. (Lakatos 1970, 132),

θα μπορούσαμε να πούμε ότι,

Είναι η διαδοχή των μοντέλων, και όχι ένα μοναδικό μοντέλο το οποίο μπορεί να κριθεί ως επιστημονική ή ψευδο- επιστημονική αναπαράσταση μιας ομάδας φυσικών συστημάτων.

Η απόφαση του επιστήμονα να υιοθετήσει μία θεωρία ως «οικογένεια μοντέλων» μπορεί να κριθεί ως ορθολογική μόνο μακροπρόθεσμα και μόνο εκ των υστέρων. Το λάθος του Γκίρι στην εξέταση της αναπαραστασιακής λειτουργίας των μοντέλων ήταν η υιοθέτηση του στιγμιαίου προτύπου ορθολογικότητας το οποίο προέρχεται από το προτασιακό πρότυπο. Πράγματι, όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, μια πρόταση δεν μπορεί παρά να έχει μια άχρονη και ανεξάρτητη από το πλαίσιο συζήτησης τιμή αλήθειας. Με τον ίδιο τρόπο ο Γκίρι θεώρησε ότι η *υπόθεση*, η οποία συνδέει το μοντέλο με ένα φυσικό σύστημα, επειδή είναι πρόταση, δεν μπορεί παρά να έχει μια τέτοια τιμή αλήθειας. Στην περίπτωση όμως που λάβουμε υπ' όψη τις οριζόντιες συνδέσεις των μοντέλων με τον τρόπο που προτείνω, βλέπουμε ότι ακόμα και οι υποθέσεις μπορεί να είναι λίγο ή πολύ επικυρωμένες, όπως και αληθείς στα πλαίσια μιας θεωρίας και ψευδείς στα πλαίσια μιας άλλης. Μία υπόθεση επίσης μπορεί να θεωρηθεί αληθής σε κάποια χρονική στιγμή για να αμφισβητηθεί σε κάποια άλλη, καθώς η επιστήμη εξελίσσεται και οι πειραματικές αποκλίσεις επανεκτιμούνται υπό το φως των νέων θεωριών.

### *3.3 Γιατί να Υιοθετήσει Κάποιος την Θεωρία των Επεκτεινόμενων Προτύπων;*

Μέχρι εδώ ολοκλήρωσα την μη-προτασιακή προσέγγιση, η οποία χρησιμοποιεί την έννοια του μοντέλου ως μονάδα ανάλυσης της επιστήμης. Ξεκινώντας από την οπτική των Κουν και Γκίρι ανασυγκρότησα την ερμηνευτική προσέγγιση που ονόμασα *θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων*, την οποία κατόπιν επιχείρησα να την συμπληρώσω με την έννοια των κανόνων μετασχηματισμού. Σε αυτό το σημείο θα αντιμετωπίσω ένα ερώτημα που άφησα αναπάντητο μέχρι τώρα. Γιατί θα πρέπει να υιοθετήσει κανείς την θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων, με ή χωρίς, τους κανόνες μετασχηματισμού; Με ποια έννοια η εικόνα της επιστημονικής θεωρίας ως συμπλέγματος μοντέλων είναι καλύτερη από την αντίστοιχη του παραγωγικού συστήματος προτάσεων;

Κύριος στόχος της εργασίας, όπως είπα και στην εισαγωγή, ήταν να συγκροτηθεί ένα εναλλακτικό επιστημολογικό πρότυπο με βάση το μοντέλο και να διερευνηθεί αν πράγματι τα φιλοσοφικά προβλήματα τίθενται με ένα νέο τρόπο. Η γονιμότητα από εκεί και πέρα του μη προτασιακού προτύπου κρίνεται με βάση δύο παράγοντες. Ο ένας είναι ο τρόπος να ξεπερνάει τα «εσωτερικά» του προβλήματα και

να μην οδηγεί σε αντιφάσεις ή μεγάλες αποκλίσεις από τις κοινές διαισθήσεις σχετικά με την επιστημονική πρακτική. Σε αυτή την κατεύθυνση πρότεινα τους κανόνες μετασχηματισμού, οι οποίοι «ορθολογικοποιούν» την προσέγγιση, χωρίς να θυσιάζεται τίποτα από την ριζοσπαστικότητά της και την απόστασή της από το προτασιακό πρότυπο. Στα πλαίσια τώρα μιας ιστορικά προσανατολισμένης φιλοσοφίας της επιστήμης, η νέα προσέγγιση απομένει να δικαιωθεί από την χρήση της ως εργαλείο ανασυγκρότησης ιστορικών περιπτώσεων. Σε αυτή την κατεύθυνση θα προχωρήσω στο δεύτερο μέρος της εργασίας στην εξέταση «επεισοδίων» από την ιστορία της επιστήμης με βάση την θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων. Η εξέταση των ιστορικών περιπτώσεων θα δώσει την ίδια στιγμή την ευκαιρία να διευκρινίσω παραπέρα, μέσα από την χρήση τους, τις έννοιες του μοντέλου, της προσομοίωσης και των κανόνων μετασχηματισμού.

Το δεύτερο μέρος, όμως, δεν θα αποτελέσει απλώς ένα case study για τα όσα εκτέθηκαν μέχρι τώρα. Θα επιχειρήσω να παρουσιάσω και ένα πρόσθετο ισχυρότερο ισχυρισμό, σε ένα όμως αρχικό και υπαινικτικό επίπεδο. Σύμφωνα με αυτόν τον ισχυρισμό, ο Αρχιμήδης και ο Γαλιλαίος είναι αυτοί οι οποίοι διαμορφώνουν και νομιμοποιούν την μη προτασιακή μέθοδο αποκόπτοντας με αυτό τον τρόπο την φιλοσοφία από την επιστήμη και ανοίγοντας τον δρόμο για την σύγχρονη εκδοχή της τελευταίας. Ο δεύτερος, αλλά αναγκαστικά δευτερεύων στόχος, αποσκοπεί στην παρουσίαση των ιστορικών καταβολών του μη προτασιακού γνωσιολογικού προτύπου το οποίο περιέγραψα σε αυτό το κεφάλαιο.

#### 4. Παράρτημα: Γνωσιακά Μοντέλα

##### 4.1 Τα Πρότυπα της Ρος

Η έννοια του μοντέλου ως ανταγωνιστική του προτασιακού προτύπου, την οποία θα εξετάσω στα πλαίσια της γνωσιακής ψυχολογίας, ξεκίνησε από την συζήτηση σχετικά με τον τρόπο με το οποίο συγκροτούμε και χρησιμοποιούμε τις κατηγορίες. Ο Λέικοφ (Lakoff) έρχεται να αμφισβητήσει τον κλασικό προτασιακό τρόπο με τον οποίο γίνονται κατανοητές οι κατηγορίες, σύμφωνα με τον οποίο υπάρχουν κάθε φορά ικανές και αναγκαίες συνθήκες, με βάση τις οποίες ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο υποπίπτει σε μία κατηγορία. Σύμφωνα με τον Λέικοφ, ο κλασικός τρόπος κατανόησης των κατηγοριών είναι μέσω των συνόλων: μια κατηγορία είναι το σύνολο όλων εκείνων των στοιχείων (τα οποία μπορεί να είναι αντικείμενα, γεγονότα, ή περιπτώσεις) που εμπίπτουν σε αυτή. Αυτό που αντιπροτείνει ο Λέικοφ είναι ότι οι κατηγορίες συγκροτούνται με βάση κάποιες παραδειγματικές περιπτώσεις, οι οποίες παίζουν το ρόλο *προτύπου*. Επειδή η ερμηνεία του Λέικοφ στηρίζεται σε κάποια πειράματα της Ρος (Eleanor Rosch) θα ξεκινήσω από αυτά.

Τα πειράματα της Ρος, έρχονται να αμφισβητήσουν την κλασική θεωρία για τις κατηγορίες, σύμφωνα με την οποία ένα μέλος μίας κατηγορίας είναι τόσο καλό μέλος όσο οποιοδήποτε άλλο. Αν καταλαβαίνουμε π.χ. την κατηγορία των μετάλλων ως το σύνολο εκείνων των στοιχείων τα οποία έχουν εκείνες τις ιδιότητες ώστε να μπορούν να χαρακτηριστούν μέταλλα, θα ήταν παράλογο να σκεφτούμε ότι ο χαλκός θα μπορούσε να είναι καλύτερο παράδειγμα μετάλλου από τον σίδηρο. Κι όμως, τα πειράματα της Ρος δείχνουν ότι ίσως στην καθημερινή ζωή σκεφτόμαστε με αυτό τον 'παράλογο' τρόπο. Μια σειρά πειραμάτων π.χ. αφορούσε την κατηγορία 'πούλι' σε σχέση με όλα τα συγκεκριμένα πουλιά που εμπίπτουν σε αυτή.<sup>70</sup> Στο πρώτο πείραμα τα υποκείμενα καλούνταν να βαθμολογήσουν από 1 μέχρι 7 πόσο καλό παράδειγμα της κατηγορίας είναι ένα πουλί (π.χ η κότα, ο κοκκινολαίμης κλπ). Στο δεύτερο, τα υποκείμενα καλούνταν να πατήσουν ένα κουμπί, αν θεωρούσαν ότι η λέξη που άκουγαν ανήκε στην κατηγορία του πουλιού και ο πειραματιστής μετρούσε το χρόνο αντίδρασης. Σε ένα τρίτο, καλούνταν να δώσουν λίστες με παραδείγματα της

---

<sup>70</sup> για μια σύνοψη των πειραμάτων της Ρος δες Lakoff (1987, 39-57) και Bechtel & Abrahamsen (1990, 235)

κατηγορίας. Και στα τρία είδη πειραμάτων κάποια πουλιά φαινόταν να είναι καλύτερα παραδείγματα από κάποια άλλα. Π.χ. ο κοκκινολαίμης<sup>71</sup> φαινόταν καλύτερο παράδειγμα της κατηγορίας πουλί από την κότα ή την κουκουβάγια. Η Ρος εισήγαγε τον όρο *πρότυπα* (*prototypes*) για αυτά τα ‘καλά’ παραδείγματα μιας κατηγορίας.

Τα πρότυπα τώρα, δεν είναι μόνο τα κεντρικότερα παραδείγματα μιας κατηγορίας, αλλά παίζουν και ρόλο στην διαδικασία παραγωγής συμπερασμάτων που εμπλέκουν την υπό έρευνα κατηγορία. Συγκεκριμένα, μία σειρά πειραμάτων έδειξαν ότι ο τρόπος που τα υποκείμενα αντιλαμβάνοντουσαν τις σχέσεις ομοιότητας ήταν ασύμμετρος. Π.χ οι Αμερικάνοι (ΗΠΑ) θεωρούσαν ότι με αναφορά την κατηγορία ‘χώρα’, το Μεξικό έμοιαζε πιο πολύ με τις Ηνωμένες Πολιτείες παρά το αντίθετο. Σε μια άλλη κατηγορία πειραμάτων, τα υποκείμενα γενίκευαν πιο εύκολα μια πληροφορία από τα πρότυπα σε όλη την κατηγορία παρά από τα μη-πρότυπα. Ένα παράδειγμα για το τελευταίο είναι η πίστη των υποκειμένων ότι μια αρρώστια σε ένα νησί μεταδίδεται περισσότερο από τους κοκκινολαίμηδες στις πάπιες παρά από τις πάπιες στους κοκκινολαίμηδες. Ο συλλογισμός δηλαδή σχετικά με πουλιά, δεν γίνεται με βάση τυπικές λογικές σχέσεις αλλά επηρεάζεται από την ύπαρξη των «προτύπων».

Οι έρευνες της Ρος παρέχουν ενδείξεις ότι η ικανότητα μας να κατηγοριοποιούμε δεν εξαρτάται από τη γνώση ικανών και αναγκαίων συνθηκών ένταξης αλλά από τις σχέσεις ομοιότητας που έχει κάποιο αντικείμενο με τα ‘πρότυπα’ που καθορίζουν την κατηγορία. Οι διάφορες περιπτώσεις μιας κατηγορίας σύμφωνα με την Ρος χαρακτηρίζονται από *οικογενειακές ομοιότητες*, έννοια που δανείζεται και αυτή από τον Βιτγκενστάιν. Μολαταύτα, τα αποτελέσματα της Ρος αποτελούν μόνο ενδείξεις ενάντια στον κλασικό τρόπο να καταλαβαίνουμε τις κατηγορίες, καθώς αποτελούν «επιφανειακές» παρατηρήσεις οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν και με διαφορετικούς τρόπους. Οι θιασώτες μάλιστα της κλασικής άποψης για τις κατηγορίες έχουν δώσει διάφορες ερμηνείες στα ‘προτυπικά’ αποτελέσματα.<sup>72</sup> Όπως εξάλλου παραδέχεται η ίδια η Ρος «τα πρότυπα δεν συνιστούν μια θεωρία αναπαράστασης για τις κατηγορίες» (Rosch 1978, 136). Η μη ύπαρξη κοινών χαρακτηριστικών σε όλα τα μέλη μιας κατηγορίας (π.χ. πουλί) δεν συνιστά εναλλακτική θεωρία για την συγκρότηση των κατηγοριών, όσο δεν περιγράφεται ένας

<sup>71</sup> Ο κοκκινολαίμης είναι αρκετά διαδομένο πουλί στη Βόρειο Αμερική όπου έγινε η έρευνα.

<sup>72</sup> Για μια σύνοψη βλ. Lakoff (1987, 136-153)

συγκεκριμένους, μη-προτασιακός μηχανισμός με το οποίο συγκροτούνται οι κατηγορίες. Σε αυτή την κατεύθυνση κινούνται οι έρευνες του Λέικοφ, ο οποίος με τα 'εξιδανικευμένα γνωσιακά μοντέλα' προσπαθεί να καλύψει αυτό το κενό.

#### 4.2 Τα Εξιδανικευμένα Γνωσιακά Μοντέλα του Λέικοφ

Ο ορισμός του εργένη («εργένης είναι ο ανύπαντρος άντρας») απετέλεσε συνηθισμένο παράδειγμα αναλυτικής πρότασης (πρότασης της οποίας η αλήθεια δεν εξαρτάται από τις ενδεχομενικότητες του κόσμου) στην φιλοσοφικό- αναλυτική παράδοση. Με βάση τον παραπάνω ορισμό, υποτίθεται ότι μπορούμε να αποφασίσουμε με βεβαιότητα αν ένας συγκεκριμένος άντρας είναι ή δεν είναι εργένης. Το πρόβλημα εδώ, όπως παρατηρεί ο Φίλμορ (Fillmore), είναι ότι με αυτή την έννοια θα έπρεπε να χαρακτηρίσουμε εργένη τον Πάπα, ένα αγόρι που μεγάλωσε στην ζούγκλα (Ταρζάν) ή κάποιον που συμβιώνει χρόνια με μια γυναίκα χωρίς να την έχει παντρευτεί (Lakoff 1987, 70). Η απροθυμία μας να αποδώσουμε τον όρο «εργένης» σε αυτές τις περιπτώσεις δείχνει ότι πίσω από τη σωστή χρήση του όρου δεν κρύβεται μόνο ένας ορισμός, αλλά ένα ολόκληρο γνωσιακό υπόβαθρο που περιλαμβάνει το θεσμό του γάμου, την ηλικία που παντρεύεται κάποιος, αλλά και γνώσεις για τους υπόλοιπους θεσμούς της κοινωνίας. Έτσι, παρόμοια με τα πλαίσια (frames) του Φίλμορ, ο Λέικοφ προτείνει τα *Εξιδανικευμένα Γνωσιακά Μοντέλα* (Idealized Cognitive Models, από εδώ και πέρα ΕΓΜ). Ένα τέτοιο μοντέλο για τον εργένη θα ήταν ένας άντρας που είναι σε ηλικία γάμου, δεν είναι ομοφυλόφιλος, δεν είναι Μωαμεθανός με δύο γυναίκες που ζητάει τρίτη κοκ. Το ΕΓΜ συμπληρώνεται με κάποιες ακόμα πληροφορίες οι οποίες συγκροτούν το *πρότυπο*, όπως ότι ο εργένης ζει μόνος του, ανήκει σε κάποια δυτική κοινωνία, δεν είναι μέλος των χαμηλότερων κοινωνικών στρωμάτων κοκ. Ο Λέικοφ, ονομάζει αυτά τα πρότυπα 'εξιδανικευμένα' (idealized) διότι δεν αντανακλούν *φυσικές κατηγορίες* αλλά κοινωνικά πρότυπα και προτιμήσεις. Από το άλλο μέρος τα ονομάζει *γνωσιακά*, διότι η λειτουργία τους απαιτεί την γνωσιακή σύγκριση, ενός μοντέλου της κατηγορίας εργένης π.χ. και ενός μοντέλου το οποίο χαρακτηρίζει τις γνώσεις μας για ένα συγκεκριμένο υποκείμενο, π.χ. του Πάπα, ώστε να μπορεί η συγκεκριμένη περίπτωση να συγκριθεί με το εξιδανικευμένο πρότυπο (ό.π., σελ. 71).



Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να αποφασίσουμε για άλλες περιπτώσεις, κρίνοντας την ομοιότητα που παρουσιάζουν με τον «πρότυπο», εξιδανικευμένο εργένη του ΕΓΜ. Μια βασική διαφορά με την κλασική κατηγοριοποίηση είναι ότι με βάση τα ΕΓΜ δεν υπάρχουν μόνο οι δυνατότητες κάποιος να είναι ή να μην είναι εργένης. Μία περίπτωση μπορεί να ταιριάζει με το ΕΓΜ πολύ, αρκετά, λίγο, ή καθόλου (ό.π., 71). Η ομοιότητα μιας περίπτωσης με το ΕΓΜ του εργένη είναι πάντα ζήτημα βαθμού και ως εκ τούτου, δεν υπάρχουν πάντα αντικειμενικά κριτήρια για την κατάταξη ενός άντρα σε αυτή την κατηγορία, ειδικά για κάποιες «οριακές» περιπτώσεις.

Κάποια από τα ΕΓΜ, τώρα, σύμφωνα με τον Λέικοφ, συνδυάζονται σε ένα *σύμπλεγμα* (cluster models) μέσω του οποίου ορίζεται μία κατηγορία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η κατηγορία «μητέρα». Το σύμπλεγμα ΕΓΜ αυτής της κατηγορίας συνίσταται από τα εξής μοντέλα: το *μοντέλο γέννησης* (η μητέρα που γεννάει) το *βιολογικό μοντέλο* (η μητέρα που παρέχει το ωάριο/γενετικό υλικό), το *μοντέλο ανατροφής* (η μητέρα η οποία μεγαλώνει το παιδί), το *μοντέλο γάμου* (η μητέρα που είναι σύζυγος του πατέρα) και το *γενεαλογικό μοντέλο* (η μητέρα ως η κοντινότερα γυναίκα στην οικογένεια). Το επιχείρημα τώρα του Λέικοφ, είναι ότι κανένα από αυτά τα μοντέλα δεν είναι το *πραγματικό* μοντέλο μητέρας, όπως δείχνουν παραδείγματα από την χρήση της γλώσσας (ό.π., 75):

1. *Με υιοθέτησαν αλλά δεν ξέρω ποια είναι η πραγματική μου μητέρα.*

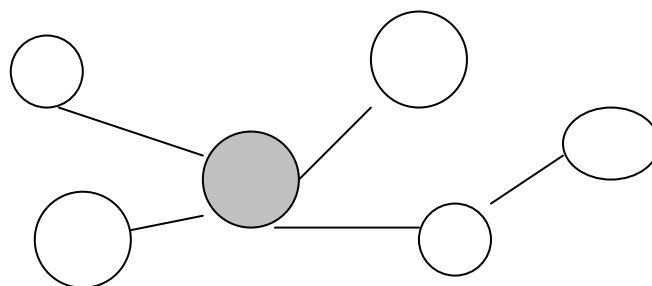
2. *Δεν είμαι καλή στο να μεγαλώνω παιδιά και έτσι δεν ξέρω αν θα μπορέσω να γίνω ποτέ πραγματική μητέρα για το παιδί μου.*

Και οι δύο παραπάνω προτάσεις είναι σωστές, παρά το γεγονός ότι στην πρώτη η πραγματική μητέρα είναι αυτή που γέννησε το παιδί ενώ στη δεύτερη πραγματική μητέρα είναι αυτή που μεγαλώνει το παιδί. Όλα τα μοντέλα του συμπλέγματος ονομάζονται «μητέρα» δυνάμει της σχέσης με την ιδεατή εκείνη περίπτωση όπου τα μοντέλα συγκλίνουν (την ιδεατή μητέρα που έχει όλες τις παραπάνω ιδιότητες).

Ας έλθουμε τώρα στο κρίσιμο σημείο, που αφορά την σχέση των ΕΓΜ με τον συλλογισμό. Κατά τον Λέικοφ στην περίπτωση του συλλογισμού παίζει ρόλο ένα

άλλο προτυπικό φαινόμενο, αυτός της *μετωνυμίας*. Η μετωνυμία είναι αρκετά συνηθισμένη λειτουργία στην καθημερινή γλώσσα, όπως στην περίπτωση προτάσεων του τύπου ‘ο Λευκός Οίκος δήλωσε...’. Κατά τη μετωνυμία μία όψη ή ένα μέρος ενός πράγματος, ή μιας κατάστασης αναπαριστά το όλον. Κατά τον Λέικοφ, μετωνυμικό γίνεται ένα ΕΓΜ, όταν υπάρχει μια συνθήκη που ενώνει δύο στοιχεία του, στη περίπτωση του Λευκού Οίκου π.χ. η συνθήκη που συνδέει την αμερικάνικη κυβέρνηση με ένα συγκεκριμένο τόπο. Από τις διάφορες καθημερινές χρήσεις της μετωνυμίας ο Λέικοφ ξεχωρίζει την περίπτωση εκείνη που μια υποκατηγορία αναπαριστά ολόκληρη την κατηγορία. Στο παράδειγμα της *μητέρας*, υπάρχει μία υποκατηγορία, αυτή της *νοικοκυράς μητέρας* (η οποία συνδέεται με το πρότυπο της ανατροφής), η οποία συγκροτεί αυτό που ονομάζουμε κοινωνικό στερεότυπο για τις μητέρες. Ο Λέικοφ τονίζει άλλη μια φορά το γεγονός ότι με βάση την κλασική θεωρία, τα κοινωνικά στερεότυπα δεν παίζουν ρόλο στον χειρισμό των κατηγοριών. Μία από τις πολλές ενδείξεις που παρέχει ο Λέικοφ για το ότι πίσω από τη χρήση της κατηγορίας ‘μητέρα’ υπάρχει ένα τέτοιο κοινωνικό στερεότυπο, είναι ότι η πρόταση ‘είναι μητέρα αλλά εργάζεται’ θεωρείται φυσιολογική ενώ η πρόταση ‘είναι μητέρα αλλά δεν εργάζεται’ ακούγεται περίεργη (ό.π., 81). Είναι λοιπόν ένα συγκεκριμένο είδος μητέρας (η νοικοκυρά) που παρέχει μια βάση για την παραγωγή συμπερασμάτων γύρω από τις μητέρες.

Το αποτέλεσμα τώρα της ύπαρξης διαφόρων ειδών ΕΓΜ και μετωνυμικών μοντέλων είναι η εμφάνιση των κατηγοριών με ακτινωτή δομή (*radial structures*). Εδώ υπάρχει μια κεντρική περίπτωση (π.χ. η ‘νοικοκυρά μητέρα’ ή ‘εξ αίματος μητέρα’) και οι υπόλοιπες περιπτώσεις είναι παραλλαγές, επεκτάσεις αυτής της περίπτωσης (π.χ. θετή μητέρα).



Ακτινωτή δομή κατηγορίας κατά Lakoff

Αυτές οι παραλλαγές δεν παράγονται από το κεντρικό μοντέλο με βάση κάποιους γενικούς νόμους, αλλά επεκτείνονται συμβατικά και πρέπει να μαθευτούν μία προς μία. Αλλά οι επεκτάσεις δεν είναι με κανένα τρόπο τυχαίες. Το κεντρικό μοντέλο καθορίζει τις δυνατότητες για επέκταση μαζί με τις δυνατές σχέσεις μεταξύ του κεντρικού μοντέλου και των μοντέλων από επέκταση. Θα περιγράψουμε αυτές τις επεκτάσεις του κεντρικού μοντέλου ως παρακινούμενες (motivated) από το κεντρικό μοντέλο με την συνδρομή κάποιων γενικών αρχών επέκτασης. (ό.π., σελ. 91)

Μέχρι αυτό το σημείο ο Λέικοφ έχει δομήσει ένα εννοιολογικό σώμα: Εξιδακτευμένα Γνωσιακά Μοντέλα, Μετωνυμία, Ακτινικές Κατηγορίες, Παρακίνηση. Αντί να προχωρήσουμε σε περισσότερες λεπτομέρειες ή κριτικές παρατηρήσεις μπορούμε εν συντομία να δούμε πώς χρησιμοποιεί αυτό το σώμα εννοιών στην μελέτη που επιχειρεί στο βιβλίο του *Γυναίκες, φωτιά και επικίνδυνα πράγματα*.

Οι Dyirbal είναι μια φυλή Αυστραλών ιθαγενών. Όπως συμβαίνει και σε άλλες γλώσσες, όταν οι ομιλητές Dyirbal χρησιμοποιούν ένα ουσιαστικό, πρέπει πριν από αυτό να τοποθετήσουν μία από τις τέσσερις λέξεις-ταξινομητές που του ταιριάζει: Bayi, Balan, Balam, Bala. Με αυτό τον τρόπο το σύμπαν των ιθαγενών χωρίζεται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες οντοτήτων που αντιστοιχούν στις τέσσερις λέξεις- ταξινομητές. Κάτω από την κατηγορία Balan, ταξινομούνται μεταξύ άλλων, οι *γυναίκες*, η *φωτιά*, και τα *επικίνδυνα πράγματα*. Αν σκεφτούμε με κλασικό τρόπο για τις κατηγορίες, το ότι οι τρεις αυτές λέξεις μπαίνουν στην ίδια κατηγορία σημαίνει ότι μοιράζονται κάποιες κοινές ιδιότητες. Βοηθώντας μάλιστα του κοινωνικού στερεοτύπου για τις γυναίκες, υποψιαζόμαστε ότι αυτή η κοινή ιδιότητα θα είναι πιθανά κάτι σαν την 'επικινδυνότητα' ή 'καταστροφικότητα'. Ο Λέικοφ όμως επιχειρεί να δομήσει μέσω της θεωρίας προτύπων μια τελείως διαφορετική ερμηνεία. Θεωρεί ότι το κεντρικό μοντέλο της κατηγορίας Balan (κατηγορία II) είναι ο θηλυκός άνθρωπος, το οποίο αντιδιαστέλλεται με το κεντρικό μοντέλο της κατηγορίας Bayi (κατηγορία I), το οποίο είναι ο αρσενικός άνθρωπος. Οι υπόλοιπες περιστάσεις των κατηγοριών είναι επεκτάσεις αυτών των κεντρικών μοντέλων. Για το πως επεκτείνεται το κεντρικό μοντέλο παίζουν ρόλο οι μύθοι, οι αξίες, και οι εμπειρίες των ιθαγενών. Έτσι, αφού σύμφωνα με το μύθο, το φεγγάρι είναι ο σύζυγος του ήλιου, το φεγγάρι μπαίνει στην 'αρσενική' (πρώτη) κατηγορία, και ο ήλιος στη θηλυκή (δεύτερη). Από τη στιγμή που η φωτιά είναι στο ίδιο τομέα εμπειρίας με τον

ήλιο, μπαίνει και αυτή στην ίδια κατηγορία μαζί του. Με τον ίδιο τρόπο, το νερό, που εξουδετερώνει τη φωτιά, βρίσκεται στον ίδιο τομέα εμπειρίας με αυτή, άρα στην ίδια κατηγορία. Η φωτιά και το νερό παρασύρουν στην ίδια κατηγορία και άλλα επικίνδυνα πράγματα κοκ. Ο Λέικοφ συνοψίζει την αντίθεση με την κλασική κατηγοριοποίηση στο παρακάτω ερώτημα:

Είναι οι γυναίκες, η φωτιά, και τα επικίνδυνα πράγματα, όλα το ίδιο κεντρικά μέλη της κατηγορίας Π χωρίς συνδέσμους παρακίνησης μεταξύ τους;

Ή είναι η γυναίκα κεντρικό μέλος της κατηγορίας, συνδεδεμένη με κάποιο τρόπο με τα πιο περιφερειακά μέλη φωτιά και κίνδυνο; (ό.π., 100)

Ο Λέικοφ προκειμένου να στηρίξει τη δική του πρόταση (τη δεύτερη) παρέχει περισσότερα στοιχεία από την γλώσσα των Dyirbal (η οποία συρρικνώνεται συνέχεια) και από το πολιτισμό τους. Αυτό που μας ενδιαφέρει εδώ, είναι ότι με αυτόν τον τρόπο ο Λέικοφ, πέρα από το αν έχει δίκιο στη συγκεκριμένη περίπτωση, καταφέρνει να δουλέψει με τη θεωρία προτύπων στην πράξη. Καταφέρνει να δώσει μια ανταγωνιστική με την κλασική και εμπειρικά ελέγξιμη θεωρία, η οποία οδηγεί σε ένα διαφορετικό τρόπο κατανόησης της γλώσσας και του κοσμοειδώλου ενός πολιτισμού. Ταυτόχρονα, σε συνέπεια με τη θεωρία του, προσδιορίζει τις έννοιες που εισάγει ο ίδιος μέσα από παραδειγματικές περιπτώσεις-εφαρμογές.

#### *4.3 Επιστημονική και Καθημερινή Σκέψη*

Η σύνδεση των παραπάνω με την προβληματική Κουν- Γκίρι, προκύπτει αβίαστα. Αρκεί να βάλουμε στη θέση του παραδείγματος της «γυναίκας» ή της κατηγορίας «Balan» την κατηγορία του «φυσικού συστήματος» και το δίλημμα που διατυπώνει ο Λέικοφ παραπάνω μπορεί να μεταφερθεί αυτούσιο στην επιστήμη:

*Είναι όλα τα φυσικά συστήματα εξίσου κεντρικά μέλη της κατηγορίας «φυσικό σύστημα» χωρίς συνδέσμους παρακίνησης μεταξύ τους; (προτασιακό πρότυπο)*

*Ή κάποια φυσικά συστήματα είναι κεντρικότερα, συνδεδεμένα με κάποιο τρόπο με τα πιο περιφερειακά μέλη; (μη-προτασιακό πρότυπο)*

Σύμφωνα με το προτασιακό γνωσιολογικό πρότυπο, υπάρχουν ικανές και αναγκαίες συνθήκες ένταξης ενός φαινομένου στην κατηγορία «φυσικό σύστημα». Οι ικανές και αναγκαίες συνθήκες συνίστανται στον εντοπισμό κάποιων χαρακτηριστικών τα οποία θα πρέπει να έχει το υπό εξέταση πρόβλημα. Αν εντοπιστούν αυτά τα χαρακτηριστικά, μπορούν στην συνέχεια να εφαρμοστούν οι νόμοι της θεωρίας. Αντίθετα, σύμφωνα με το μη-προτασιακό γνωσιολογικό πρότυπο, δεν υπάρχουν ικανές και αναγκαίες συνθήκες για τον χαρακτηρισμό ενός φαινομένου ως «φυσικού συστήματος» και ως εκ τούτου ο χαρακτηρισμός αυτός αποδίδεται με βάση την ομοιότητα με κάποιες κεντρικές περιπτώσεις που παίζουν τον ρόλο προτύπων για το τι είναι φυσικό σύστημα. Η εφαρμογή των νόμων της θεωρίας σε ένα υπό εξέταση πρόβλημα απαιτεί με αυτό τον τρόπο την αναγνώριση αλλά και τον κατάλληλο χειρισμό αυτής της ομοιότητας.

Αν επιλέξουμε το μη προτασιακό πρότυπο η εικόνα της επιστήμης που δημιουργείται είναι ένα σύμπλεγμα μοντέλων, τα οποία έχουν ανά ομάδες «κοινά χαρακτηριστικά» αλλά δεν υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά τα οποία να είναι κοινά σε όλα τα μοντέλα. Δεν είναι τυχαίο, λοιπόν, που η βιγκενσταϊνική έννοια των οικογενειακών ομοιοτήτων χρησιμοποιείται από τον Στεγκμίλερ, τον Κουν και τον Γκίρι αλλά και από την Ρος και τον Λέικοφ. Καθώς τώρα οι οικογενειακές ομοιότητες εξ ορισμού δεν μπορούν να συγκροτήσουν αυστηρά κριτήρια ένταξης, τα κεντρικά μοντέλα να μεν *παρακινούν*, κατά την έκφραση του Λέικοφ, αλλά η τελική απόφαση ένταξης στο σύμπλεγμα παίρνεται από την αντίστοιχη κοινότητα.

Αυτό λοιπόν που ισχυρίζονται οι Κουν- Γκίρι, δεν είναι τίποτα παραπάνω ή τίποτα λιγότερο, από αυτό που ισχυρίζεται ο Λέικοφ στο επίπεδο της καθημερινής γλώσσας. Η υιοθέτηση όμως αυτή της κοινής οπτικής, την οποία ονόμασα παραπάνω «αξίωμα της συνέχειας», καταλήγει σε μία εικόνα της επιστήμης η οποία είναι απολύτως ανεξάρτητη από οποιαδήποτε έννοια κανόνα και ρητής δέσμευσης. Η βασική λειτουργία της επιστήμης, η επέκταση σε νέες περιοχές, αποδεικνύεται σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, ότι όχι μόνο δεν υπόκειται σε κανόνες την στιγμή που γίνεται, αλλά ούτε εκ των υστέρων μπορούν να βρεθούν κριτήρια νομιμοποίησής της. Η τελική απόφαση για το «νόμιμο» της επέκτασης παίρνεται από την κοινότητα χωρίς την δέσμευση, ούτε καν την συνδρομή κάποιων κανόνων ή κριτηρίων.

Σύμφωνα με τον κοινό νου, και όχι μόνο με την κυρίαρχη φιλοσοφική άποψη, η επιστημονική σκέψη παρουσιάζει διακριτά χαρακτηριστικά τα οποία κατά τους

περισσότερους ερευνητές αποκτά κατά την επιστημονική επανάσταση του 17<sup>ου</sup> αιώνα<sup>73</sup>. Τα χαρακτηριστικά αυτά, σε μία αδρή περιγραφή, έχουν να κάνουν με την ακρίβεια, τον εμπειρικό έλεγχο, την αυστηρότητα στην διατύπωση και στο συλλογισμό, την τυποποίηση, την τάση για γενίκευση και απομάκρυνση από το ειδικό και το συγκεκριμένο. Όλα αυτά φαίνεται ότι εκ πρώτης όψεως απειλούνται στην περίπτωση που κάποιος δεχτεί την ακτινωτή προσέγγιση των γνωσιακών μοντέλων. Πράγματι, ο τρόπος με τον οποίο οι Dyirbal χρησιμοποιούν τον εννοιολογικό τους οπλοστάσιο είναι ταυτόσημος με τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούσαν τις κατηγορίες οι αλχημιστές. Και στις δύο περιπτώσεις, ξεκινώντας από μία βασική σημασία οι υπόλοιπες οντότητες τίθενται υπό την ίδια κατηγορία με βάση τους δεσμούς *παρακίνησης* τους οποίους περιγράφει ο Λέικοφ. Η περιγραφή του Λέικοφ, δεν διαφέρει ουσιαστικά από αυτή των Γκέντνερ- Τσερνιόσκι για τα χαρακτηριστικά της αλχημιστικής σκέψης (βλ. κεφάλαιο 2, 3.1). Το ερώτημα είναι λοιπόν, αν ανασυγκροτώντας την επιστημονική σκέψη σύμφωνα με το μη προτασιακό πρότυπο, καταργούμε την τομή που εγκαθίδρυσε η επιστημονική επανάσταση.

Αυτό που επιχειρήσα να κάνω με την εισαγωγή των κανόνων μετασχηματισμού είναι να κρατήσω την εικόνα της επιστήμης ως συμπλέγματος μοντέλων, χωρίς την ίδια στιγμή να καταργείται η διαφορά επιστημονικής – καθημερινής σκέψης. Σύμφωνα με την οπτική που ανέλυσα στη προηγούμενη ενότητα, ο επιστήμονας όταν κατηγοριοποιεί φαινόμενα ή αντικείμενα ως «δυνάμεις» ή «ηλεκτρόνια» δεν κάνει τίποτα διαφορετικό από αυτό που κάνουμε στην καθημερινή ζωή όταν αναγνωρίζουμε φαινόμενα ή αντικείμενα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία «επικίνδυνο» ή «πουλί». Και στις δύο περιπτώσεις, ξεκινώντας από κάποιο κεντρικό εξιδανικευμένο μοντέλο, αναζητούμε επαρκείς ομοιότητες. Η διαφορά στην περίπτωση της επιστημονικής σκέψης είναι ότι αυτή η αναζήτηση είναι ελεγχόμενη και υπόκειται σε συγκεκριμένους κανόνες. Αυτοί οι κανόνες είναι τέτοιου είδους, ώστε δεν είναι αναγώγιμοι στην γλώσσα των κοινών χαρακτηριστικών. Η ορθολογικότητα, ως εκ τούτου και η έννοια του κανόνα και της δέσμευσης δεν είναι αναγκαστικά συνδεδεμένες με το προτασιακό πρότυπο.

---

<sup>73</sup> Το ότι αυτή η σκέψη οφείλει πολλά στην αρχαία Ελληνική φιλοσοφία δεν αλλάζει την ουσία του επιχειρήματος, καθώς και οι αρχαίοι φιλόσοφοι επιχειρήσαν να διαφοροποιηθούν από την *δόξαν*, από τον καθημερινό δηλαδή τρόπο με τον οποίο εκφέρονται απόψεις



---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ιστοριογραφία και Θεωρία Επεκτεινόμενων Προτύπων

---

---

### 1. Επιστημονική Επανάσταση και Γαλιλαίος

#### 1.1 Η Μάχη των Βιβλίων και η Εμφάνιση του Νέου Σχολιασμού.

Η επιστημονική επανάσταση τοποθετείται συμβατικά στην περίοδο 1543- 1687. Το 1543 δημοσιεύεται το *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Περί της Περιφοράς των Ουρανίων Σφαιρών) του Κοπέρνικου, ενώ το 1687 είναι το έτος δημοσίευσης του *Principia Mathematica Philosophia Naturalis* (Μαθηματικές αρχές Φυσικής Φιλοσοφίας) του Νεύτωνα. Το 1543 δύσκολα θα μιλούσε κανείς για επαναστατικό κλίμα στο χώρο της *φυσικής φιλοσοφίας* στην Ευρώπη. Ούτε, όμως, η δημοσίευση της πραγματείας του Κοπέρνικου φαίνεται να συμβάλει στη δημιουργία ενός τέτοιου κλίματος. Ένα βιβλίο εξ αρχής προορισμένο για πολύ ειδικό ακροατήριο, με δύσκολα μαθηματικά και τελικά λίγους αναγνώστες, θα σηματοδοτήσει την αρχή της «επαναστατικής» περιόδου, όχι τόσο λόγω της ρηξικέλευθης ηλιοκεντρικής υπόθεσης που υποστηρίζει, όσο γιατί θα αναγνωριστεί από ένα ευρωπαϊκό κίνημα ως το πρώτο κτύπημα ενάντια στις κατεστημένες αντιλήψεις περί φύσης. Στα τέλη δηλαδή του 17<sup>ου</sup> αιώνα αυτό το κίνημα έχει εκδηλώσει πια την παρουσία του ως ρήξη με αυτές τις αντιλήψεις και τους εκπροσώπους τους στα πανεπιστήμια της εποχής.

Την ίδια περίοδο που ο Νεύτων δημοσιεύει το μνημειώδες έργο του, ένας σύγχρονός του «παραμυθάς», ο Τζόναθαν Σουίφτ (Jonathan Swift) (γνωστός σήμερα από τα «Ταξίδια το Γκιούλιβερ») δημοσιεύει την *Μάχη των Βιβλίων* (Swift [1697], 1992). Πρόκειται κυριολεκτικά για μία μάχη την οποία δίνουν τα βιβλία σε μία έρημη βιβλιοθήκη. Η ιστορία ξεκινάει όταν οι *Σύγχρονοι* οι οποίοι κατοικούν στην χαμηλότερη κορυφή του όρους Παρνασσός, απαιτούν από τους *Αρχαίους* να χαμηλώσουν την δική τους κορυφή, η οποία τους κρύβει την θέα. Οι Αρχαίοι



αρνούνται βέβαια το προσβλητικό αίτημα των Συγχρόνων και έτσι ξεκινάει μια μάχη όπου ο Αριστοτέλης, ο Πλάτων, ο Αίσωπος και ο Βιργίλιος, μάχονται ενάντια στον Ντεκάρτ, τον Χομπς, τον Γκασεντί, τον Παράκελσο και τον Χάρβεϊ.

Το εύρημα του Σουίφτ, συνίσταται στην υποστασιοποίηση μιας πραγματικής ακαδημαϊκής μάχης ανάμεσα στους «Σύγχρονους» και τους «Αρχαίους», γνωστής και ως *Μάχης των Βιβλίων* η οποία λάμβανε χώρα στο τέλος του 17<sup>ου</sup> αιώνα. (Cohen 1985, 85). Οι οπαδοί των «Αρχαίων» δεν μπορούσαν να αρνηθούν την εμφάνιση ενός νέου πνευματικού κινήματος στην Ευρώπη. Νέες ιδέες, διαδεδομένες όσο ποτέ λόγω της ανάπτυξης της τυπογραφίας, νέες ανακαλύψεις και νέα πειράματα, αλλά και νέοι θεσμοί<sup>74</sup> δίνουν την εντύπωση ότι κάτι καινούργιο έχει εμφανιστεί στο πεδίο της γνώσης<sup>75</sup>. Οι *Αρχαίοι*, ως αντίπαλοι της νέας γνώσης, αμφισβήτησαν κατά πόσο μπορεί να ειπωθεί πράγματι κάτι ουσιαστικό, το οποίο δεν υπάρχει ήδη στους αρχαίους φιλοσόφους ή στη Βίβλο. Το πρόβλημα δεν ήταν η αποδοχή των νέων ανακαλύψεων, των νέων εφευρέσεων ή ακόμα και των νέων ιδεών που έφερναν οι *Σύγχρονοι* στα βιβλία τους και τα εργαστήρια τους. Το ερώτημα ήταν αν όλο αυτό το καινούργιο υλικό, μέσα από το οποίο κάνει την εμφάνιση της η επιστήμη με την σύγχρονη έννοια, συγκροτούσε πραγματικά ένα άλλο κοσμοείδωλο, ή αν, αντίθετα, δεν αποτελούσε παρά ένα σύνολο χρήσιμων εργαλείων, βολικών υπολογιστικών μέσων, αξιοπεριεργών φαινομένων, που δεν έχουν να κάνουν όμως με την ουσία του κόσμου, όπως αυτή διαμορφώθηκε από τους αρχαίους συγγραφείς. Έτσι, το 1660, ο Τέμπλ (Temple), μέντορας του Σουίφτ και υπέρμαχος των *Αρχαίων* στη Βρετανία, επιμένει ότι τα μόνα πράγματα που αξίζει να επιδιώκει κανείς είναι «παλιό ξύλο για να καίει, παλιό κρασί για να πίνει, παλιούς φίλους για να μιλάει, και παλιά βιβλία για να διαβάζει»<sup>76</sup>. Για να επανέλθω στο βιβλίο του Σουίφτ, ο συγγραφέας δίνει την έκβαση που θα επιθυμούσε ο ίδιος: οι *Αρχαίοι* νικούν κατά κράτος τους *Σύγχρονους*. Φαίνεται όμως ότι τα πράγματα δεν έγιναν στην πραγματικότητα έτσι.

<sup>74</sup> Η επιστημονική επανάσταση συνοδεύεται από την ίδρυση εξω- πανεπιστημιακών θεσμών έρευνας και συνεργασίας, όπως η Royal Society (Βασιλική Εταιρεία) στο Λονδίνο, η Academy de Lincei (Ακαδημία των Λυγκέων) στη Φλωρεντία και η Academie des Sciences (Ακαδημία των Επιστημών) στο Παρίσι. Οι θεσμοί αυτοί, ξεκινάνε από άτυπες συναντήσεις των «επαναστατών» για να καταφέρουν τελικά να επιχορηγούνται από τα αντίστοιχα κράτη. (Westfall 1993, 154- 161).

<sup>75</sup> Οι αλλαγές στο επίπεδο της επιστήμης και των ιδεών συναρτώνται από μία σειρά αλλαγών που συμβαίνουν στην Ευρώπη στο επίπεδο της κοινωνίας και της οικονομίας. Για κάποιους ιστορικούς μάλιστα, όπως ο Μπερνάλ (Bernal 1987), οι δευτέρες αποτελούν το αίτιο για τις πρώτες. Η σύγχρονη ιστορική έρευνα υιοθετεί συνήθως περισσότερο πολύπλοκα σχήματα από μία σχέση αίτιου και αιτιατού, αλλά το ζήτημα δεν θα μας απασχολήσει εδώ.

<sup>76</sup> αναφέρεται από τον Cohen (1985, 87)

Οι *Σύγχρονοι* αρνήθηκαν τον παραδοσιακό ρόλο που επεφύλασσε το Πανεπιστήμιο για τον λόγο τον οποίο θέλει να ασχολείται με την *φυσική φιλοσοφία*, αρνήθηκαν, δηλαδή, τον περιορισμό τους στο *σχολιασμό* αρχαίων και μεσαιωνικών κειμένων, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις αφορούσαν τον Αριστοτέλη και το έργο του. Οι *Σύγχρονοι* δεν επιθυμούσαν να σχολιάσουν πλέον του *Αρχαίους* αλλά να διαπραγματευτούν τα ζητήματα ερμηνείας του φυσικού κόσμου εκ του μηδενός. Όπως η πολιτική επανάσταση, όμως, δεν κατοχυρώνεται από την άρνηση των παλιών νόμων, αλλά από την εγκαθίδρυση και την λειτουργία των καινούργιων, η επιστημονική επανάσταση δεν κατοχυρώθηκε από την άρνηση του σχολιασμού, όσο από την εμφάνιση ενός δεύτερου «σχολιασμού»: τον 18<sup>ο</sup> αιώνα πια, είναι τα κείμενα των επαναστατών που θα ελκύσουν με την σειρά τους, ‘σχόλια’, ήτοι νέες επεξεργασίες, προχωρήματα, διαφωνίες. Η αριστοτελική φυσική και κοσμολογία ή ο πλατωνικός *Τίμαιος* ‘έλκουν’ όλο και λιγότερα σχόλια, καθώς οι ενασχολούμενοι με την φυσική φιλοσοφία προτιμούν πια τα έργα του Ντεκάρτ, του Γαλιλαίου του Νεύτωνα και κατόπιν του Μπόιλ και του Λανγκράτζ. Με βάση αυτό το κριτήριο, της εμφάνισης ενός νέου σχολιασμού, μπορούμε να πούμε ότι η μάχη των βιβλίων κερδήθηκε από το στρατόπεδο των Συγχρόνων. Οι «επαναστάτες» κατόρθωσαν να επιβάλλουν ένα νέο γνωσιολογικό καθεστώς, τουλάχιστον στο χώρο των φυσικών επιστημών.

### *1.2. Η Αναζήτηση της Νέας Μεθόδου και η Θέση του Γαλιλαίου.*

Η κυρίαρχη άποψη για τον φυσικό κόσμο στο Μεσαίωνα και την Αναγέννηση, διαμορφώνεται, από το ένα μέρος, από την φυσική και κοσμολογία του Αριστοτέλη και από το άλλο μέρος την γεωκεντρική αστρονομία του Πτολεμαίου. Το σύστημα Αριστοτέλη- Πτολεμαίου, μαζί με τα σχόλια Αράβων και Ευρωπαίων στο έργο τους, αποτελούν την «διδασκεία» ύλη στα πρώτα Πανεπιστήμια και συγκροτούν το κοσμοείδωλο της εποχής. Στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα, οι «επαναστάτες» έχουν εκδηλώσει πλέον την παρουσία τους αρνούμενοι, τόσο την γεωκεντρική υπόθεση, όσο και την αριστοτελική φυσική ως ενδεδειγμένο τρόπο εξήγησης των φυσικών φαινομένων. Η «επαναστατική» τους διάθεση φαίνεται στην επιχειρούμενη απευθείας ερμηνεία του φυσικού κόσμου, χωρίς να θεωρηθεί τίποτα δεδομένο, ούτε ως προς την ουσία του ούτε ως προς την κατάλληλη μέθοδο έρευνας. Ο *τρόπος ερμηνείας* των φυσικών φαινομένων έπρεπε να εφευρεθεί από την αρχή. Η αντιμετώπιση του

φυσικού κόσμου χωρίς την μεσολάβηση προηγούμενων κειμένων, σηματοδοτεί την διάθεση ρήξης με την προηγούμενη παράδοση την οποία σηματοδοτεί η λέξη «επανάσταση».<sup>77</sup>

Η αριστοτελική φυσική και η πτολεμαϊκή γεωκεντρική αστρονομία, όμως, απέτελεσαν για αιώνες μία *βεβαιότητα* και ως εκ τούτου δεν θα μπορούσαν να καταρρεύσουν χωρίς να αντικατασταθούν, αν όχι από μια άλλη βεβαιότητα, τουλάχιστον από την υπόσχεση ότι ένα άλλο γνωσιολογικό θεμέλιο βρισκόταν εν τη γενέσει του. Αναζητώντας κάποιος αυτό το θεμέλιο, διακρίνει κατ' αρχάς ως σημείο σύγκλισης στο στρατόπεδο των 'επαναστατών' τη μετατόπιση από την προσπάθεια διατύπωσης έγκυρων προτάσεων στην προσπάθεια εύρεσης μιας μεθόδου μέσω της οποίας οι έγκυρες προτάσεις θα μπορούσαν να παραχθούν με τρόπο ασφαλή. Το νέο κίνημα, με αυτό τον τρόπο, δεν επιδιώκει να συγκροτήσει ένα σύστημα ολοκληρωμένων αληθειών για όλα τα πράγματα που ασχολήθηκε ο Αριστοτέλης, ούτε προσπαθεί να ελέγξει όλες τις γνώσεις της εποχής. Το πρωτεύον ήταν να βρεθεί η κατάλληλη μέθοδος, η Μέθοδος, ώστε αυτό να καταστεί δυνατόν στο μέλλον. Η νέα μορφή επιστήμης που προβάλλει στην Ευρώπη δεν υπόσχεται ότι έχει λύσει τα πάντα, υπόσχεται όμως ότι μπορεί να επεκτείνεται με τρόπο επιτυχή σε όλο και μεγαλύτερες περιοχές και να εμβαθύνει όλο και περισσότερο. Μέσω αυτής της διαδικασίας, το αίτημα γνωσιακής οικειοποίησης του φυσικού κόσμου σχετικοποιείται χρονικά. Η ίδια όμως η Μέθοδος, όμως, δεν μπορεί να υπόκειται σε αυτή τη χρονική σχετικότητα. Για να εκπληρωθούν οι νέες υποσχέσεις, αυτή πρέπει να είναι από την αρχή παρούσα και να έχει αποδείξει ότι αποδίδει. Χαρακτηριστικός είναι ο ορισμός που δίνει ένας από τους μεγάλους πρωταγωνιστές της περιόδου, ο Ρενέ Ντεκάρτ (Rene Descartes):

---

<sup>77</sup> Σχετικά με την ρήξη με τον αριστοτελισμό θα πρέπει να γίνουν δύο παρατηρήσεις. Πρώτον, σημαντικό ρόλο σε αυτή τη ρήξη παίζει η επανα- ανακάλυψη του Πλάτωνα και του Πυθαγόρα και η αντίστοιχη εμφάνιση νέο- πλατωνικών και νέο-πυθαγόρειων ρευμάτων εκείνη την περίοδο. Δεύτερον, η διάθεση ρήξης δεν στρέφεται πάντα ενάντια στον Αριστοτέλη, αλλά ενάντια στον αριστοτελισμό, όπως αυτός διδάσκεται στα Πανεπιστήμια, ως σύστημα αληθειών πέραν αμφισβήτησης. Τελικά, μέσω της έννοιας της «επανάστασης», η οποία ανήκει μάλλον στον 18<sup>ο</sup> αιώνα, επιχειρείται η απαξίωση της αμέσως προηγούμενης παράδοσης του Μεσαίωνα και όχι του έργου των Αρχαίων Ελλήνων. Δεν είναι τυχαίο εξάλλου ότι η λέξη «επανάσταση» προέρχεται από το επαν-ίσταμαι και δηλώνει την επιστροφή σε μία «θετική» κατάσταση μετά από μία περίοδο λήθης ή παρακμής. Τα ίδια ισχύουν και για το λατινικό *revolution*, το οποίο δηλώνει το «κλείσιμο» του κύκλου και την επιστροφή στο σημείο εκκίνησης. Για αυτό το θέμα βλ. Cohen (1985, 64) και για την γενικότερη ιστορία του όρου, ό.π., σελ. 51-76.

Με την ‘μέθοδο’ εννοώ αξιόπιστους κανόνες, οι οποίοι είναι εύκολο να εφαρμοστούν και τέτοιους, ώστε αν κάποιος τους ακολουθήσει ακριβώς, δεν θα εκλάβει ποτέ το ψευδές ως αληθές ούτε θα σπαταλήσει με τρόπο μη γόνιμο τις πνευματικές προσπάθειες του, αλλά βαθμιαία και σταθερά θα αυξήσει τη γνώση του, μέχρι να φτάσει σε μια πραγματική κατανόηση οπουδήποτε πράγματος βρίσκεται εντός των δυνατοτήτων του. (Descartes 1628/1988, 371-372, Κανόνας τέταρτος).

Ερχόμενοι τώρα σε από τις τρεις κυρίαρχες φιγούρες του κινήματος, τον Ντεκάρτ (Renes Descartes) στην Γαλλία, τον Μπέικον (Francis Bacon) στην Βρετανία και το Γαλιλαίο (Galileo Galilei) στην Ιταλία, δύσκολα θα διαπιστώναμε κάποια σύγκλιση ως προς το ποια θα πρέπει να είναι αυτή η Μέθοδος. Ο Ντεκάρτ εκκινεί από αρχές βέβαιες στο ‘φυσικό φως του νου’, εκκινεί από το Λόγο, και δικαιώνει τη φυσική του εκεί. Αυτό που αντιπαρατάσσει στην αριστοτελική αυθεντία, είναι η ελευθερία της μεθοδικής σκέψης και η δύναμη της να συλλάβει τις αρχές που διέπουν τα φαινόμενα. Ως παράδειγμα τέτοιων αρχών θεωρεί τα αξιώματα της ευκλείδειας γεωμετρίας, τα οποία είναι αληθή λόγω της προφάνειάς τους. Ανάλογα «αξιώματα» αναζητά και για τον φυσικό κόσμο, μέσω των οποίων θα μπορούσαν να παραχθούν όλες οι αληθείς εμπειρικές προτάσεις.

Μια αντίστροφη εικόνα προκύπτει για τη μέθοδο του Μπέικον: Ο παρατηρητής που χωρίς προκαταλήψεις παρατηρεί, πειραματίζεται, και από τα δεδομένα που συλλέγει επάγει τις αρχές της φύσης σχεδόν μηχανικά. Το πρότυπο της επιστημονικής πραγματείας είναι για το Μπέικον η *φυσική ιστορία*, η καταγραφή δηλαδή γενών, ειδών και ιδιοτήτων με ένα συστηματικό τρόπο.

Πλήθος εργασιών γράφτηκαν για να ανατρέψουν, να αποδυναμώσουν ή να αναπλαισιώσουν την παραπάνω εικόνα για τους δύο στοχαστές. Πολλές εργασίες επιχειρούν να δείξουν ότι ούτε ο Μπέικον ήταν υπέρ της μπεικόνιας επαγωγής ούτε ο Ντεκάρτ υπέρ της καρτεσιανής απαγωγής. Ακόμα όμως και αν η συνήθης ερμηνεία δεν είναι παρά μια καρικατούρα της σκέψης των δύο στοχαστών, αποτελεί τουλάχιστον ένα αναγνωρίσιμο προφίλ, το οποίο καθιστά αναγνωρίσιμες και τις αποκλίσεις από αυτό. Μόνο από το γεγονός της σημαντικής απόκλισης της από αυτό το προφίλ μια εργασία θα μπορούσε κατ’ αρχάς να χαρακτηριστεί μη τετριμμένη. Αντίθετα, κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να ισχύει για τον Γαλιλαίο. Δεν φαίνεται να υπάρχει μια ερμηνεία περί της μεθόδου του, η οποία θα ηχούσε κατ’ αρχάς παράξενη, θα προσέλκυε την περιέργεια της ερευνητικής κοινότητας, μόνο και μόνο από το

γεγονός της απόκλισής της. Ο Γαλιλαίος έχει εμφανιστεί στην ιστοριογραφία ενταγμένος σχεδόν σε όλα τα μεταφυσικά συστήματα: πλατωνιστής, νεοπλατωνιστής, πυθαγόρειος, αριστοτελικός, αρχιμήδειος, ατομιστής και επικούρειος.<sup>78</sup> Από όλη τη συζήτηση σχετικά με την μέθοδο του Γαλιλαίου θα απομονώσω παρακάτω δύο ιστοριογραφικά ζεύγματα πάνω στα οποία θα τοποθετήσω την υπόθεση εργασίας. Το πρώτο ζεύγμα (Συνέχεια- Ασυνέχεια) αφορά στο ερώτημα κατά πόσο η Μέθοδος του Γαλιλαίου είναι πράγματι επαναστατική ή αν, αντίθετα, αποτελεί συνέχεια μεσαιωνικών και σχολαστικών ερευνών. Το δεύτερο ζεύγμα (Λόγος έναντι Εμπειρίας) σχετίζεται με το γνωσιολογικό θεμέλιο της επιστήμης του Γαλιλαίου. Κατά πόσο δηλαδή η Μέθοδος του είναι μάλλον εμπειρική ή, αντίθετα, η τομή που επιχειρεί συνίσταται, σε ένα έναν νέο τρόπο θέασης του φυσικού κόσμου, σε μία καινούργια «λογική», η οποία μόνο εκ των υστέρων θα ενισχυθεί με πειραματικά δεδομένα. Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιάσω μία σύντομη παρουσίαση της εμφάνισης των δύο ερωτημάτων στα πλαίσια της ιστορίας της επιστήμης, προτού δείξω πώς τα μοντέλα και η θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων μπορεί να χρησιμεύσει στην σχετική συζήτηση.

## 2. Δύο Ερωτήματα για τη «Νέα Επιστήμη» του Γαλιλαίου.

### 2.1 Παραδεδομένη Εικόνα και 'Παλιά Ιστοριογραφία'.

Ήδη από την περίοδο του διαφωτισμού, ο Γαλιλαίος μετατρέπεται σε ηρωϊκή μορφή της νέας επιστήμης και έκτοτε διαμορφώνεται μια εικόνα για το πρόσωπο και το έργο του, όπου πολλές φορές είναι δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς την ιστορική πραγματικότητα, από στοιχεία μύθου ή υπερβολής τα οποία προστέθηκαν αργότερα. Οι μελέτες σχετικά με τον Γαλιλαίο, μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, γίνονται είτε από ενεργεία επιστήμονες είτε από φιλοσόφους, κατηγορίες επαγγελματιών οι οποίες, όπως θα δούμε παρακάτω, ουσιαστικά «χρησιμοποιούν» τον Γαλιλαίο ως παράδειγμα για την επίτευξη δικών τους στόχων. Η φιλολογία σχετικά με τον Γαλιλαίο, διαμόρφωσε κατά την περίοδο του διαφωτισμού μια *παραδεδομένη εικόνα*, του Γαλιλαίου ως «μάρτυρα της επιστήμης». Η αμφισβήτηση αυτής της εικόνας, κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, συνδέεται άμεσα με τα δύο ερωτήματα τα οποία θα παρουσιάσω σε αυτό

<sup>78</sup> Για μια παρουσίαση της εργογραφίας βλ. Wisan (1978)

το κεφάλαιο, αλλά και με την ίδια την γένεση του ακαδημαϊκού κλάδου της ιστορίας της επιστήμης.

Οι δύο πλέον γνωστές «ιστορίες», σχετικά με το πρόσωπο του Γαλιλαίου, σκιαγραφούν με έναν άμεσο τρόπο τα στερεότυπα, τα οποία συνοδεύουν την παραδεδομένη εικόνα. Η πρώτη ιστορία αφορά στο περίφημο «κι όμως κινείται», το οποίο υποτίθεται ότι ψιθύρισε ο Γαλιλαίος βγαίνοντας από την Ιερά Εξέταση, όπου αντιμετώπισε την ποινή του θανάτου στην πυρά, για την υποστήριξη του στην θεωρία της κίνησης της γης γύρω από τον ήλιο<sup>79</sup>. Η εκκλησία σύμφωνα με αυτή την «ιστορία», κυρίαρχος πόλος του Μεσαιωνικού σκοταδισμού, καταπιέζει τους φορείς της νεότευκτης επιστήμης, οι οποίοι κατέχουν την «αλήθεια» αλλά δεν τολμούν να την διατυπώσουν. Ο Μεσαίωνας αναπαρίσταται ως η «σκοτεινή» εποχή, απαγόρευσης κάθε έρευνας και ελεύθερης σκέψης και η καθολική εκκλησία θεματοφύλακας αυτού του σκοταδισμού. Από το άλλο μέρος, η νέα επιστήμη που φέρνει ο Γαλιλαίος φαίνεται ως η «αλήθεια», το «φως» το οποίο η ανθρωπότητα δεν είναι έτοιμη ακόμα να δεχτεί. Αυτή η διαλεκτική «σκοταδιού- φωτός» ή «αλήθειας- ψεύδους» υπογραμμίζει την ριζική ασυνέχεια της επιστήμης του Γαλιλαίου με την πνευματική παράδοση του Μεσαίωνα.

Η δεύτερη «ιστορία» αφορά το πείραμα του Πύργου της Πίζας. Σύμφωνα με την διαδομένη αφήγηση, για είκοσι αιώνες κανείς δεν τολμούσε να αμφισβητήσει την αριστοτελική αρχή σύμφωνα με την οποία τα βαρύτερα σώματα πέφτουν με μεγαλύτερες ταχύτητες. Ο Γαλιλαίος αφήνει από τον πύργο της Πίζας δύο πέτρες διαφορετικού βάρους και οι πέτρες φτάνουν μαζί στο έδαφος<sup>80</sup>. Με τον κρότο των πετρών διαλύονται είκοσι αιώνες προκατάληψης. Το «δίδαγμα» από αυτή την ιστορία είναι ότι η νέα επιστήμη έρχεται να αμφισβητήσει τον σχολαστικισμό και την δογματική προσκόλληση στο Αριστοτέλη, όχι αντιπαραθέτοντας επιχειρήματα, αλλά κάνοντας απλά πειράματα. Η επιστήμη του Γαλιλαίου είναι «αληθινή» διότι θεμελιώνεται σε εμπειρικά και πειραματικά τεκμήρια, σε αντίθεση με τις θεωρίες των

---

<sup>79</sup> Σύμφωνα με τους ιστορικούς η «ιστορία» αυτή είναι μάλλον απίθανο να είναι αληθινή. Σύμφωνα με τον Ντρέικ ο Γαλιλαίος είπε αυτή τη φράση αφήνοντας την βίλλα- εξορία του στο Alcatraz. (Drake 1988)

<sup>80</sup> Σχετικά με την αλήθεια της ιστορίας βλ. Cooper (1935) και στην πιο πρόσφατη αντιμετώπιση Segre (1989). Ο Erlichson (1993) υπολογίζοντας την διαφορά άφιξης των δύο πετρών σε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης και συγκρίνοντάς την με αυτή που αναφέρει ο Γαλιλαίος, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο Γαλιλαίος δεν έκανε στην πραγματικότητα το πείραμα, αλλά υπολόγισε την διαφορά (Galileo 1638, 66) μέσω μιας αρχιμήδειας θεωρίας περί της αντίστασης του αέρα. Ο ίδιος ο Γαλιλαίος αναφέρεται σε σχετικά πειράματα που έκανε ο ίδιος (από μικρά όμως ύψη) στο *Discorsi* (Galileo 1638, 225)

αντιπάλων του, οι οποίες βασίζονται είτε στην πρόληψη είτε στην δογματική αναπαραγωγή του Αριστοτέλη.

Η παραδεδομένη εικόνα δημιουργείται και παγιώνεται στην περίοδο του Γαλλικού Διαφωτισμού, καθώς χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο για το προοδευτικό ιδεώδες της εποχής. Η πορεία της επιστήμης μέσα από τις εργασίες των διαφωτιστών συγκροτεί το υπόδειγμα για την ιδέα της προόδου, όπου η τελευταία αντιπαρατίθεται με την στασιμότητα του Μεσαίωνα. Η ριζική ασυνέχεια με τον Μεσαίωνα, αποτελεί τον κύριο αυτοπροσδιορισμό των διαφωτιστών, οι οποίοι τοποθετούν την τομή στην περίοδο του Γαλιλαίου. Σύμφωνα με τον Βολταίρο η επιστήμη του Γαλιλαίου είναι «απολύτως καινούργια» και βρίσκεται σε απόλυτη ρήξη με τις προηγούμενες προσπάθειες γνωσιακής οικειοποίησης της φύσης.

ο Γαλιλαίος ήταν ο πρώτος που έκανε την φυσική φιλοσοφία να μιλήσει την γλώσσα της αλήθειας και του λόγου (αναφ. από τον Lindberg 1990, 7)

Για τον Κοντορσέ, η νέα επιστήμη του Γαλιλαίου ανοίγει αυτόν τον δρόμο για την «αλήθεια», ακολουθώντας μια αυστηρά εμπειρική μεθοδολογία.

Θεμελίωσε [ο Γαλιλαίος] την πρώτη σχολή στην οποία οι επιστήμες μελετώνταν χωρίς καμία ανάμιξη προλήψεων, είτε προερχόμενων από αυθεντία είτε από δημοφιλείς προκαταλήψεις και όλες οι άλλες μέθοδοι εκτός από το πείραμα και τον υπολογισμό απορρίφθηκαν με φιλοσοφική αυστηρότητα (αναφ. από τον Lindberg 1990, 9)

Τα στερεότυπα της ριζικής ασυνέχειας και του εμπειρικού χαρακτήρα της επιστήμης του Γαλιλαίου, πέρα από το έργο των φιλοσόφων του Ευρωπαϊκού Διαφωτισμού, θα τα ξαναβρούμε μέχρι σήμερα σε «ιστορίες» τις οποίες γράφουν επιστήμονες ή σε εισαγωγικά ιστορικά σημειώματα σε κάποια εγχειρίδια φυσικής. Σύμφωνα με τον Κουν (Kuhn 1968) οι δυο αυτές παραδόσεις, δηλαδή η αμιγώς φιλοσοφική και η παιδαγωγική-βιογραφική, συγκροτούν αυτό που ο ίδιος ονομάζει 'παλιά' ιστοριογραφία της επιστήμης. Κατά τον Κουν, κύριος στόχος αυτών των παραδόσεων δεν υπήρξε η αποκατάσταση της εικόνας του παρελθόντος της επιστήμης, αλλά αντίθετα,

[ο] στόχος αυτών των παλαιότερων ιστοριών της επιστήμης ήταν η διασάφηση και η εμβάθυνση της κατανόησης των *σύγχρονων* επιστημονικών μεθόδων ή εννοιών μέσω της παρουσίασης της εξέλιξης τους (Kuhn 1968, 107)

Σύμφωνα λοιπόν με την ‘παλιά ιστοριογραφία’, η οποία δημιούργησε αλλά και θεμελιώθηκε πάνω στην παραδεδομένη εικόνα για τον Γαλιλαίο, οι παλιές επιστημονικές θεωρίες αποτελούν είτε ψεύδη τα οποία αποκαλύπτονται τελικά στο δικαστήριο της εμπειρίας, είτε προεικάσματα και ατελείς πραγματώσεις των σύγχρονων και αληθέστερων θεωριών. Σε κάθε περίπτωση, το ιστορικό πρίσμα μέσω του οποίου ανασυγκροτείται το παρελθόν της γνώσης είναι οι σύγχρονες θεωρίες. Ο ιστορικός αναζητά μέσα στα παλιά κείμενα στοιχεία που μοιάζουν ή προετοιμάζουν μεταγενέστερες θεωρίες, συγκροτώντας με αυτό τον τρόπο μια συνεχή αφήγηση που φτάνει μέχρι τις μέρες του. Αυτή η οπισθοπροποβολική, *whig ιστοριογραφία*,<sup>81</sup> αποτελεί το πλαίσιο στο οποίο διαμορφώνεται και λειτουργεί η παραδεδομένη εικόνα σχετικά με τον Γαλιλαίο. Όπως θα δούμε αμέσως, η αμφισβήτηση της παραδεδομένης εικόνας, θα συνοδευτεί και με την αμφισβήτηση αυτού του πλαισίου.

## 2.2 Η Μεσαιωνική Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης.

Το πρώτο έργο που αμφισβητεί την παραδεδομένη εικόνα για τον Γαλιλαίο είναι αυτό του Πιερ Ντιέμ (Pierre Duhem, 1861- 1916). Ο Ντιέμ διατυπώνει για πρώτη φορά την υπόθεση του σε μία ιστορική μελέτη για τις απαρχές της επιστήμης της στατικής (Duhem 1905). Σε αυτή τη μελέτη, ο Ντιέμ θεωρεί ότι ανακαλύπτει σε έργα μαθηματικών και φιλοσόφων του Μεσαίωνα, μια σειρά επιτεύγματα τα οποία αποδίδονταν στον Γαλιλαίο και στους συγχρόνους του. Ο Γαλιλαίος, σύμφωνα με τον Ντιέμ, κάνει κάποιες «μόλις αντιληπτές βελτιώσεις» (Duhem 1905, 4) σε αντίστοιχες έρευνες μεσαιωνικών σχολών<sup>82</sup> Το τελικό συμπέρασμα του Ντιέμ, είναι ότι τα θεμέλια της σύγχρονης επιστήμης θα έπρεπε να τοποθετηθούν όχι στη νεότερη εποχή, αλλά στον ύστερο Μεσαίωνα. Ας δούμε το επιχείρημα του Ντιέμ αναλυτικότερα.

<sup>81</sup> Ο όρος *whig* εισαγεται από τον Butterfield το 1931 (Butterfield 1951). Αποδόθηκε καταρχήν σε Βρετανούς ιστορικούς του 19<sup>ου</sup> αιώνα, προερχόμενους από την πολιτική παράταξη των *whig* οι οποίοι θεωρούσαν ότι η ανθρώπινη ιστορία είναι μια συνεχής πρόοδος προς το ύψιστο ιδανικό, το οποίο δεν ήταν άλλο παρά οι «ευγενείς» της βικτωριανής Αγγλίας. Για την «παλιά» και την «νέα» σχολή στην ιστοριογραφία της επιστήμης εκτός από τον Kuhn (1968?), βλ. επίσης Butterfield (1950) και Kragh (1987, 89 κ.έ).

<sup>82</sup> Συγκεκριμένα στην παράδοση των νομιναλιστών θεολόγων του Παρισιού, οι οποίοι αρνούμενοι το *a priori* συλλογισμό, προτείνουν την εμπειρία ως το μόνο θεμέλιο της γνώσης.



Ο Ντιέμ ξεκινάει προσυπογράφοντας μια βασική θέση στα πλαίσια της παραδεδομένης εικόνας, σύμφωνα με την οποία το βασικό εμπόδιο στη γένεση της επιστήμης απετέλεσε η προσκόλληση σε –αριστοτελικά κυρίως- δόγματα, τα οποία διδάσκονταν ως πέρα αμφισβήτησης «αλήθειες» στο μεσαιωνικό Πανεπιστήμιο. Διαφοροποιείται όμως στην αντι- κληρική στάση του διαφωτισμού, θεωρώντας, ότι όχι μόνο δεν εμπόδισε η εκκλησία το έργο της επιστήμης αλλά ήταν αυτή ακριβώς η οποία την ώθησε, απελευθερώνοντάς την από τα δεσμά του αριστοτελισμού. Προϋπόθεση της κατανόησης της παραπάνω θέσης, είναι η γνώση της σύγκρουσης φιλοσόφων- θεολόγων η οποία εμφανίζεται στον ύστερο Μεσαίωνα.

Η αναγέννηση του ενδιαφέροντος για την αρχαία ελληνική γραμματεία, με την επακόλουθη εμφάνιση των πρώτων Πανεπιστημίων, δημιουργεί ένα νέο επάγγελμα, τους δασκάλους των *ελευθέρων τεχνών*<sup>83</sup>, οι οποίοι ήταν καθηγητές φιλοσοφίας χωρίς να έχουν απαραίτητα θεολογική μόρφωση. Οι καθηγητές φιλοσοφίας στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ένθερμοι οπαδοί του Αριστοτέλη, επιχειρώντας να εφαρμόσουν την σκέψη του σε όλους τους τομείς. Η σύγκρουση με τους θεολόγους ξεκινάει, όταν οι αριστοτελικοί φιλόσοφοι επιχειρούν να προσεγγίσουν διάφορες περιοχές του επιστητού ανεξάρτητα από την εξ' αποκαλύψεως αλήθεια. Ακόμα περισσότερο, κάποιοι φιλόσοφοι φαίνεται να πιστεύουν και να διδάσκουν ότι ο Λόγος, όπως διδάσκεται από τον Αριστοτέλη, είναι τόσο ισχυρός, ώστε να δεσμεύει ακόμα και τον ίδιο τον Θεό. Ένα τέτοιο παράδειγμα «υποταγής» του Θεού στη Λογική, είναι η δυνατότητα ύπαρξης του κενού. Σύμφωνα με τους φιλοσόφους, τα επιχειρήματα του Αριστοτέλη ενάντια στην ύπαρξη του κενού είναι τόσο ισχυρά, ώστε ακόμα και ο Θεός ο ίδιος δεν θα μπορούσε να δημιουργήσει κενό. Ως εκ τούτου, ακόμα και αν ήθελε ο Θεός, π.χ., δεν θα μπορούσε να κινήσει τον κόσμο ευθύγραμμα, διότι σε αυτή την περίπτωση θα έμενε κενό στο μέρος το οποίο βρισκόταν πριν ο κόσμος. Αντιλήψεις σαν την παραπάνω, οι οποίες διδάσκονται στα πανεπιστήμια της εποχής, οδηγούν την καθολική εκκλησία στη λήψη μέτρων τα οποία κορυφώνονται στο διάταγμα του 1277, το οποίο απαγόρευε ουσιαστικά την διδασκαλία θέσεων οι οποίες περιόριζαν την δύναμη του Θεού, ή υποτιμούσαν την θεολογία προς όφελος

---

<sup>83</sup> Οι ελευθέρια τέχνες από την κλασική αρχαιότητα θεωρούνται απαραίτητες για την ευζωία και την μόρφωση των ελεύθερων (μη- δούλων) ανθρώπων. Κατά τον Μεσαίωνα αποτελούν τον «κορμό» της εκπαίδευσης και αποτελούνται από το trivium (γραμματική, ρητορική, λογική) και το quadrivium (αριθμητική, γεωμετρία, αστρονομία και μουσική).

της φιλοσοφίας<sup>84</sup>. Ο Ντιέμ αντιλαμβάνεται τα μέτρα αυτά, όχι ως άσκηση λογοκρισίας εκ μέρους της εκκλησίας, αλλά ως απελευθέρωση της έρευνας από τα «λογικά» δεσμά στα οποία επιχειρούσαν να την βάλουν οι φιλόσοφοι θιασώτες ενός δογματικού αριστοτελισμού. Η βάση του επιχειρήματος Ντιέμ είναι η εξής: από την στιγμή που ο κόσμος αυτός δεν είναι ο μόνος λογικά δυνατός, ο Θεός θα μπορούσε να τον έχει φτιάξει διαφορετικό. Συνεπώς, μόνο με την εμπειρική έρευνα μπορούμε να δούμε ποιον από όλους αυτούς τους δυνατούς κόσμους έφτιαξε τελικά ο Θεός. Σύμφωνα με τον Ντιέμ, με βάση αυτή την προϋπόθεση, οι έρευνες των νομιναλιστών παρισινών θεολόγων του 14<sup>ου</sup> αιώνα<sup>85</sup>, πάνω σε «αδύνατες» καταστάσεις, όπως η ευθύγραμμη κίνηση στο κενό, θέτουν τα μεθοδολογικά θεμέλια, πάνω στα οποία ο Γαλιλαίος θα χτίσει την δική του επιστήμη. Η απελευθέρωση από τα δεσμά της αργιστής φιλοσοφίας, δημιουργεί τις προϋποθέσεις της εμπειρικής έρευνας και της γένεσης τελικά της σύγχρονης επιστήμης:

Αν θα έπρεπε να ορίσουμε μια ημερομηνία για την γέννηση της σύγχρονης επιστήμης θα έπρεπε αναμφισβήτητα να επιλέξουμε το έτος 1277, όταν ο επίσκοπος του Παρισιού διακήρυξε επισήμως ότι θα μπορούσαν να υπάρχουν πολλοί κόσμοι και ότι οι ουράνιες σφαίρες θα μπορούσαν, χωρίς αντίφαση, να κινηθούν σε ευθεία γραμμή (Duhem 1906, τόμος 2, σελ.412)

Την γραμμή του Ντιέμ, περί «αποκατάστασης», της επιστημονικής παράδοσης του Μεσαίωνα, ακολουθούν και άλλοι ιστορικοί της επιστήμης όπως ο Χάσκινς (Charles Homer Haskins 1870- 1937) και ο Θόρνταικ (Lynn Thorndike 1882- 1965) κατά την περίοδο του μεσοπολέμου. Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, ο Κλαγκέ (Marshall Clagget) και η Μέγιερ (Anneliese Maier, 1905- 1971) δουλεύουν πάνω στις ιστορικές πηγές της περιόδου. Ο Κρόμπι (Alistair Crombie) επαναφέρει το 1952 την θέση Ντιέμ, υποστηρίζοντας ότι η επιστημονική μεθοδολογία δεν είναι επίτευγμα του Γαλιλαίου και της εποχής του, αλλά του ύστερου Μεσαίωνα (13<sup>ος</sup> αιώνας) και του Γκροσετέστε (Robert Grosseteste).

---

<sup>84</sup> Το διάταγμα απαγόρευε την διδασκαλία 219 προτάσεων. Δύο χαρακτηριστικές είναι η πρόταση 154 σύμφωνα με την οποία, «Οι μόνοι σοφοί άνθρωποι είναι οι φιλόσοφοι» και η πρόταση 141, σύμφωνα με την οποία «ο Θεός δεν θα μπορούσε να κινήσει τους ουρανούς με ευθύγραμμη κίνηση, διότι θα παραμείνει πίσω ένα κενό» (Westfall 1993, 40-44)

<sup>85</sup> Ο πρωτοπόρος αυτής της παράδοσης είναι ο Γουλιέλμος Όκαμ (1280 π.- 1349 π.) (Grant 1994, 49.) Τον Όκαμ, ακολουθούν μία σειρά λογίων του 14<sup>ου</sup> αιώνα, όπως ο Ζαν Μπουριντάν (1300π.- 1358π) και ο Νικόλαος ντ' Οτρεκούρ.

Η θέση του Ντιέμ αμφισβητώντας το αυτονόητο της ασυνέχειας γαλιλαϊκής επιστήμης- Μεσαίωνα, δημιουργεί το πρώτο ιστοριογραφικό ζεύγμα το οποίο θα αντιμετωπίσω σε αυτό το κεφάλαιο: από το ένα μέρος βρίσκεται η ιστοριογραφία που υπογραμμίζει τα στοιχεία της ρήξης και της ασυνέχειας του Γαλιλαίου με την μεσαιωνική επιστήμη, ενώ από το άλλο μέρος βρίσκεται η ιστοριογραφία που τονίζει την συνέχεια, τοποθετώντας την γένεση της σύγχρονης επιστήμης στον ύστερο μεσαίωνα. Πριν επιχειρήσω να δείξω πώς η θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων μπορεί να συσχετιστεί με το ζεύγμα *Συνέχεια- Ασυνέχεια*, θα παρουσιάσω και την εμφάνιση του δεύτερου ιστοριογραφικού ζεύγματος *Λόγος έναντι Εμπειρίας*.

### 2.3 Ο Πλατωνισμός του Γαλιλαίου

Ο Αλεξάντερ Κοϊρέ (Alexandre Koyré, 1892- 1964) δεν αρνείται την αξία των μεσαιωνικών μελετών και την συνέχεια των ερευνών οι οποίες οδηγούν από τον ύστερο Μεσαίωνα στη νεότερη εποχή και τον Γαλιλαίο. Θεωρεί, παράλα αυτά, ότι το συμπέρασμα του Ντιέμ είναι παραπλανητικό καθώς «μια καλά προπαρασκευασμένη επανάσταση, παράλα αυτά, παραμένει επανάσταση» (Κοϊρέ 1994, 55). Ο χαρακτήρας της επιστήμης του Γαλιλαίου είναι επαναστατικός, σύμφωνα με τον Κοϊρέ, διότι οδήγησε στην καταστροφή του μεσαιωνικού κοσμοειδώλου. Σύμφωνα με την δική του ιστορική ανασυγκρότηση, οι ιδρυτές της νεότερης επιστήμης δεν θα έπρεπε να διορθώσουν, ή να αντικαταστήσουν έστω, κάποιες θεωρίες, αλλά να κάνουν κάτι πολύ ριζικότερο:

Έπρεπε να καταστρέψουν ένα κόσμο και να τον αντικαταστήσουν με έναν άλλο. Έπρεπε να αναμορφώσουν την ίδια τη δομή της νόησής μας... να αντικαταστήσουν ένα αρκετά φυσικό τρόπο οράσεως, τρόπο του κοινού νου, με ένα τελείως αντίθετο προς αυτόν. (Κοϊρέ 1994, 54- 55)

Το ενδιαφέρον στο έργο του Κοϊρέ αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζει το είδος του κόσμου τον οποίο φέρνει η νέα επιστήμη και ως εκ τούτου το είδος της ασυνέχειας που εγκαθιδρύεται με τον Γαλιλαίο ανάμεσα στον Μεσαίωνα και την Νεότερη εποχή. Όπως φαίνεται στο προηγούμενο απόσπασμα, ο Κοϊρέ έρχεται σε άμεση αντίθεση με το στερεότυπο της *παραδεδομένης εικόνας*, σύμφωνα με το οποίο ο Γαλιλαίος εκπροσωπεί την «κοινή λογική» ενάντια στον σκοταδισμό

και στην πρόληψη του Μεσαίωνα. Η πεποίθηση του Κοϊρέ είναι, αντίθετα, ότι το κοσμοείδωλο το οποίο διαμορφώνεται στον Μεσαίωνα με βάση τον Αριστοτέλη, είναι πολύ πιο κοντά στον «κοινό νου» σε σχέση με την νέα επιστήμη του Γαλιλαίου. Σύμφωνα με τον Κοϊρέ, ο Γαλιλαίος δεν αντιτάσσει στον αριστοτελικό *Λόγο*, ούτε την κοινή λογική ούτε την εμπειρία ή το πείραμα, αλλά έναν άλλο *Λόγο*, αυτόν του Πλάτωνα. Ο, κατά Κοϊρέ, *πλατωνικός χαρακτήρας* της επιστήμης του Γαλιλαίου σημαίνει, όπως θα δούμε αμέσως, δύο πράγματα. Σε επίπεδο γνωσιολογίας, ότι η νέα επιστήμη θεμελιώνεται στην νόηση και όχι στην εμπειρία. Σε επίπεδο οντολογίας, ότι η ύστατη «ουσία» του σύμπαντος είναι μαθηματική. Ας δούμε όμως το επιχείρημα αναλυτικότερα.

Ξεκινώντας την κριτική του στον –υποτιθέμενο– εμπειρικό χαρακτήρα της γαλιλαϊκής μεθόδου, ο Κοϊρέ επισημαίνει κατ' αρχάς, ότι η νέα επιστήμη δεν χρησιμοποιεί την καθημερινή εμπειρία, ως αυθόρμητη σύλληψη του φυσικού κόσμου από τον κοινό νου αλλά το πείραμα. Η εμπειρία του κοινού νου π.χ., υπαγορεύει την ακινησία του εδάφους στο οποίο πατάμε, αντίληψη με την οποία η νέα επιστήμη έπρεπε να έρθει σε σύγκρουση. Οι πειραματικές διαδικασίες τις οποίες χρησιμοποιεί η επιστήμη, θεμελιώνονται σε τελείως διαφορετικές γνωσιολογικές προϋποθέσεις.

Ταυτόχρονα όμως δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η παρατήρηση και το πείραμα, υπό τη μορφή της αυθόρμητου εμπειρίας του κοινού νου, δεν έπαιξαν μείζονα ρόλο στη θεμελίωση της νεότερης επιστήμης, ή εάν έπαιξαν, επρόκειτο για ρόλο αρνητικό, ρόλο εμποδίου... Δεν είναι η εμπειρία αλλά ο πειραματισμός που έπαιξε ρόλο, και αυτό αργότερα. Ο πειραματισμός συνίσταται στη διατύπωση μεθοδικών ερωτήσεων προς τη φύση. Αυτή η ανάκριση προϋποθέτει και συνεπάγεται μια γλώσσα στην οποία διατυπώνονται οι ερωτήσεις (Κοιρέ 1994, 53)

Η επιλογή αυτής της γλώσσας προηγείται, σύμφωνα με τον Κοϊρέ, οποιασδήποτε «ερώτησης» προς τη φύση. Η γλώσσα αυτή δεν είναι άλλη από τα μαθηματικά, καθώς, σύμφωνα με την περίφημη φράση του Γαλιλαίου, «το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο με μαθηματικούς χαρακτήρες». Μόνο αν υποθέσουμε ότι η «ουσία» του σύμπαντος είναι μαθηματικού χαρακτήρα, μπορούμε να αναζητήσουμε μέσω του πειράματος τα μεγέθη που επιδέχονται μέτρηση. Το πείραμα, με αυτό τον τρόπο, εγκαθιδρύει ένα τρόπο «συνδιαλλαγής» με τη φύση, ο οποίος προϋποθέτει την μαθηματική δομή της. Η χρήση των μαθηματικών στις φυσικές επιστήμες αποτελεί

πλατωνική παράδοση και μάλιστα ένα από τα βασικά σημεία διαφωνίας με τον Αριστοτέλη, σύμφωνα με τον οποίο τα μαθηματικά δεν ταιριάζουν στον μεταβλητό και ποιοτικό κόσμο των υποσελήνιων φαινομένων.<sup>86</sup> Η υιοθέτηση από τον Γαλιλαίο, αυτής της πλατωνικής οντολογίας οδηγεί στην ρήξη με το αριστοτελικό και μεσαιωνικό κοσμοείδωλο, το οποίο είναι κοντά στον «κοινό νου» και την καθημερινή εμπειρία. Δεν είναι, λοιπόν, τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων, αλλά η νομιμοποίηση της ίδιας της πειραματικής διαδικασίας αυτό που οδηγεί στην επιστημονική επανάσταση, δηλαδή,

... στην αντικατάσταση ενός κόσμου του «περίπου» της καθημερινής ζωής, από ένα σύμπαν της μέτρησης και της ακρίβειας. Πραγματικά, αυτή η αντικατάσταση συνεπάγεται αυτόματα τον αποκλεισμό –ή την σχετικοποίηση– από αυτό το σύμπαν οποιουδήποτε πράγματος δεν μπορεί να τεθεί υπό διαδικασία ακριβούς μέτρησης. (Κοιρέ 1992, 91)

Η πλατωνική οντολογία, τώρα, οδηγεί και στην πλατωνική γνωσιολογία. Από την στιγμή που οι φυσικοί νόμοι είναι μαθηματικής φύσης, δηλαδή της ίδιας φύσης με τους νόμους που κυβερνούν τις σχέσεις και τις ιδιότητες των σχημάτων και των αριθμών, η πηγή τους δεν είναι η εμπειρία, αλλά η νόηση:

Τους βρίσκουμε και τους ανακαλύπτουμε όχι στη φύση, αλλά μέσα μας, στον πνεύμα μας, στη μνήμη μας, όπως κάποτε μας το είχε διδάξει ο Πλάτων. (Κοιρέ 1991, 30)

Ο Κοϊρέ, προχωράει παραπέρα το επιχείρημά του, αμφισβητώντας κατά πόσο τα αποτελέσματα των πειραμάτων έπαιξαν ρόλο, ακόμα και εκ των υστέρων, στην θεμελίωση της επιστήμης του Γαλιλαίου. Πράγματι, θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι, ακόμα και αν ο Γαλιλαίος συλλαμβάνει τις υποθέσεις «λογικά» ή «νοητικά», η διαφορά του με τους αριστοτελικούς είναι ότι επιχειρεί κατόπιν να τις επαληθεύσει πειραματικά. Ο Κοϊρέ, όμως, αμφιβάλει ακόμα και για αυτό. Αναλύοντας κάποια πειράματα του Γαλιλαίου, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο Γαλιλαίος δεν θα μπορούσε με τα μέσα της εποχής του να έχει τα αποτελέσματα τα

---

<sup>86</sup> Το αριστοτελικό σύμπαν χωρίζεται σε δύο περιοχές. Την περιοχή των ουρανίων σωμάτων (υπερσελήνια), στην οποία κυριαρχεί η τελειότητα, η αφθαρσία και όλες οι κινήσεις είναι κυκλικές, και στην περιοχή κάτω από την σελήνη στην οποία κυριαρχεί το τυχαίο, το μεταβλητό και η φθορά. Ο μαθηματικός τρόπος περιγραφής, ταιριάζει, ως εκ τούτου, μόνο στην πρώτη περιοχή.

οποία ισχυριζόταν ότι είχε. Η «ακρίβεια» των πειραματικών αποτελεσμάτων τα οποία παραθέτει ο Γαλιλαίος είναι ο δείκτης της αναληθοφάνειάς τους.

Είναι φανερό ότι τα πειράματα του Γαλιλαίου είναι απολύτως ανάξια λόγου: η ίδια η τελειότητα των αποτελεσμάτων τους είναι μια αυστηρή απόδειξη της ανακρίβειάς τους. (Κοιρέ 1992, 94)

Τα πειράματα του Γαλιλαίου είναι, σύμφωνα με τον Κοϊρέ, *νοητικά*. Πειράματα, δηλαδή, των οποίων τα αποτελέσματα υπαγορεύονται από λογικά επιχειρήματα και όχι από την πραγματοποίησή τους. Ο νοητικός χαρακτήρας του πειραματισμού υπογραμμίζει με τον εντονότερο τρόπο τον πλατωνικό χαρακτήρα της επιστήμης του Γαλιλαίου. Κατά τον Κοϊρέ, αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα βιβλία του Γαλιλαίου είναι γραμμένα υπό την μορφή διαλόγων, όπως τα κείμενα του Πλάτωνα. Η διαλογική μορφή υπογραμμίζει την «εκμαίευση» της γνώσης από τον συνομιλητή, η οποία «υπνώττει» μέσα του, σύμφωνα με την πλατωνική θεωρία της ανάμνησης.

Ένα απόσπασμα του Γαλιλαίου που χρησιμοποιεί ο Κοϊρέ αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικότερα δείγματα αυτή της αντίληψης. Στον *Διάλογο για τα Δύο Μεγάλα Κοσμολογικά Συστήματα* (Galileo 1632), τρία πρόσωπα<sup>87</sup> συζητούν το πρόβλημα της σχετικής κίνησης. Ο εκπρόσωπος του Γαλιλαίου ισχυρίζεται ότι αν αφήσουμε ένα σώμα να πέσει από το κατάρτι ενός κινούμενου πλοίου, το σώμα θα πέσει στη βάση του καταρτιού και όχι πιο πίσω, διότι «συμμετέχει» στην κίνηση του караβιού. Ο συνομιλητής του τον ρωτάει αμέσως αν έχει κάνει κάποιο σχετικό πείραμα που θα επιβεβαίωνε τον ισχυρισμό του και παίρνει την εξής απάντηση (Κοιρέ 1991, 30):

Όχι, και δεν έχω καμιά ανάγκη να το κάνω. Μπορώ να βεβαιώσω χωρίς κανένα πείραμα ότι τα πράγματα είναι έτσι, γιατί δεν θα μπορούσαν να είναι αλλιώς.

Η απάντηση αυτή αποτελεί σύμφωνα με τον Κοϊρέ, χαρακτηριστικό δείγμα του τρόπου με τον οποίο ο Γαλιλαίος συλλαμβάνει την νέα επιστήμη και τα γνωσιολογικά θεμέλια της. Ο Γαλιλαίος του Κοϊρέ, απορρίπτει την αισθητηριακή αντίληψη για να

---

<sup>87</sup> Ο Σαλβιάτι (Salviati), εκπρόσωπος του Γαλιλαίου, ο Σιμπλίκιο (Simplicio), αντίπαλος του Γαλιλαίου και εκπρόσωπος του αριστοτελικού δογματισμού, και ο Σαγκρέντο (Sagredo), ο «ουδέτερος» διαιτητής, ο οποίος στο τέλος πείθεται από τα επιχειρήματα του Γαλιλαίου.

διακηρύξει την διανοητική, ή ακόμα και την αριστοτική γνώση, ως την βασική οδό κατανόησης της ουσίας του πραγματικού.

Ο Κοϊρέ, τέλος, δεν θεωρεί ότι ανακαλύπτει τον πλατωνικό χαρακτήρα «πίσω» από τα κείμενα και το έργο του Γαλιλαίου, αλλά ότι ως ιστορικός, φέρνει στην επιφάνεια, ένα κοινό τόπο της εποχής του Γαλιλαίου:

[Σ]τους συγχρόνους και τους μαθητές του Γαλιλαίου, αλλά και στον ίδιο, η γαλιλαϊκή επιστήμη και η γαλιλαϊκή φιλοσοφία της φύσης παρουσιαζόταν ως επιστροφή στον Πλάτωνα, ως νίκη του Πλάτωνα επί του Αριστοτέλη. Ομολογώ ότι αυτή η ερμηνεία μου φαίνεται απόλυτα δικαιολογημένη. (Κοιρέ 1991, 32)

#### *2.4 Η Πειραματική Βάση της Νέας Επιστήμης.*

Ο Στίλμαν Ντρέικ (Stillman Drake), ο οποίος ανέλαβε να απαντήσει στον Κοϊρέ, θεωρείται ο κορυφαίος μελετητής του Γαλιλαίου. Ο Ντρέικ επιχειρεί να ανασκευάσει την θέση Κοϊρέ, δείχνοντας ότι όχι μόνο τα πειράματα του Γαλιλαίου ήταν πραγματικά και όχι νοητικά, αλλά ότι απετέλεσαν την βάση των θεωριών του για την κίνηση.<sup>88</sup> Η υποστήριξη της προηγούμενης θέσης γίνεται με τρεις τρόπους. Ο πρώτος είναι η επανάληψη κάποιων πειραμάτων, χρησιμοποιώντας τα μέσα της εποχής του Γαλιλαίου. Με αυτό τον τρόπο ο Ντρέικ έδειξε στην πράξη ότι τα κατά Κοϊρέ «χονδροειδή» όργανα, όπως η κλεψύδρα νερού<sup>89</sup>, μπορούν να δώσουν τα αποτελέσματα τα οποία επικαλείται ο Γαλιλαίος. Κατά τον Ντρέικ, ο Κοϊρέ λειτούργησε όπως οι φιλόσοφοι της εποχής του Γαλιλαίου: απέρριψε κάτι μέσω της σκέψης, χωρίς να το δοκιμάσει στην πράξη.

Ο δεύτερος τρόπος είναι η ανακάλυψη, μέσω της μελέτης των χειρογράφων του Γαλιλαίου, «έξυπνων» πειραματικών τεχνικών, μέσω της οποίων ο Γαλιλαίος θα μπορούσε να υπερβεί τις περιορισμένες δυνατότητες των οργάνων της εποχής του.

---

<sup>88</sup> Τέτοιες προσπάθειες έχουν γίνει πριν, αλλά και ανεξάρτητα από τον Ντρέικ. βλ.π.χ. Settle (1961) και MacLachlan (1973)

<sup>89</sup> Ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί ένα δοχείο με νερό το οποίο έχει μια τρύπα στον πάτο. Κλείνοντας και ανοίγοντας αυτή την τρύπα με το δάκτυλο του, μετρούσε τον χρόνο καθόδου των σφαιρών στο κεκλιμένο επίπεδο μέσω του βάρους του νερού.

Μια τέτοια τεχνική π.χ. ήταν η μέτρηση του χρόνου καθόδου μιας σφαίρας στο κεκλιμένο επίπεδο μέσω της μουσικής<sup>90</sup>.

Ο τρίτος τρόπος προκύπτει μέσω της ανακάλυψης κάποιων αδημοσίευστων χειρογράφων του Γαλιλαίου, από τον ίδιο τον Ντρέικ.<sup>91</sup> Σε αυτά τα χειρόγραφα, ο Ντρέικ ανακαλύπτει ότι ο Γαλιλαίος έχει εκτελέσει πειράματα τα οποία είτε δεν παρουσιάζει στα βιβλία του είτε τα παρουσιάζει ως «νοητικά». Ο Ντρέικ διαχωρίζει έτσι, τον τρόπο ανακάλυψης από τον τρόπο παρουσίασης, δείχνοντας ότι ακόμα και στις περιπτώσεις όπου ο Γαλιλαίος παρουσιάζει τις ανακαλύψεις του ως ‘λογικές’ παραγωγές, η πραγματική πορεία ανακάλυψης ξεκινάει από πειράματα, τα οποία δίνουν και τους πρώτους νόμους και αποτελούν τον ουσιαστικό κριτή των παραπέρα υποθέσεων. Οι τεχνικές του διαλόγου και της ανάμνησης είναι για τον Ντρέικ προπαγανδιστικά τρυκ, τα οποία ο Γαλιλαίος είναι αναγκασμένος να χρησιμοποιήσει για να είναι πειστικός απέναντι στο κοινό που απευθύνεται.

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η περίφημη φράση «Μπορώ να βεβαιώσω χωρίς κανένα πείραμα ότι τα πράγματα είναι έτσι, γιατί δεν θα μπορούσαν να είναι αλλιώς», η οποία όπως είδαμε, σηματοδοτεί κατά τον Κοϊρέ, τον πλατωνικό χαρακτήρα και τις απριοδικές προϋποθέσεις της γαλιλαϊκής επιστήμης. Η δήλωση αυτή δημοσιεύεται το 1632. Ο Ντρέικ, όμως, ανακαλύπτει χειρόγραφα του Γαλιλαίου που δείχνουν ότι ήδη από το 1624 ο Γαλιλαίος δηλώνει ότι έχει κάνει το σχετικό πείραμα (Drake 1978, 84). Η παρεξήγηση ξεκίνησε, σύμφωνα με τον Ντρέικ, από το ότι ο Κοϊρέ, αντί να αναζητήσει τις πραγματικές πηγές της γαλιλαϊκής επιστήμης, στήριξε ολόκληρη την ανάλυσή του σε κάποιες λεκτικές υπερβολές.

Κατά τον Ντρέικ, η μέθοδος του Γαλιλαίου λόγω της πειραματικής θεμελίωσής της όχι μόνο δεν είναι πλατωνική αλλά σε τελική ανάλυση αποκόπτει την νέα επιστήμη από την φιλοσοφική μήτρα της. Η ετυμηγορία του πειράματος, είναι ενάντια τόσο στο πνεύμα του αριστοτελισμού, όσο και του πλατωνισμού<sup>92</sup>, για αυτό

---

<sup>90</sup> Χειρόγραφο f. 107v, πρώτη δημοσίευση Drake (1975), κατόπιν Drake (1978, 86-90) και η τελευταία προσέγγιση στο Drake (1990, 9- 31). Το θέμα θα αναλυθεί εκτενώς στο τέταρτο κεφάλαιο αυτού του μέρους.

<sup>91</sup> Τα οποία καθώς ήταν μπερδεμένα και χωρίς ημερομηνίες δεν δημοσιεύτηκαν στα άπαντα που επιμελήθηκε ο Favaro.

<sup>92</sup> Παρά την συστηματικότητα των παρατηρήσεων του Αριστοτέλη, δεν είναι τυχαία η έλλειψη οποιουδήποτε στοιχείου πειραματικής διαδικασίας από το έργο του. Ο Αριστοτέλης ενδιαφέρεται για την «φύση» των πραγμάτων όπως αυτή εκδηλώνεται στη φυσική και αδέσμευτη κατάσταση τους. (Lindberg 1997, 75). Για τον Πλάτωνα τα πράγματα είναι πολύ πιο σαφή, αφού έχει ο ίδιος δηλώσει την αντίθεσή του σε οποιοδήποτε πειραματισμό. Στον *Τίμαιο*, αφού διατυπώσει την θεωρία για τα χρώματα δηλώνει: «Αν τώρα κανείς έκανε απόπειρα να ελέγξει αυτά τα πράγματα στην πράξη, θα



και ο Γαλιλαίος βρίσκει απέναντί του το πανεπιστημιακό κατεστημένο της εποχής. Οι ακαδημαϊκοί φιλόσοφοι, πέρα από την προτίμησή τους στον Πλάτωνα ή στον Αριστοτέλη, έβλεπαν τον Γαλιλαίο εχθρικά, διότι διεκδικούσε ένα εμπειρικό θεμέλιο για την γνώση το οποίο ήταν πέρα από τον φιλοσοφικό έλεγχο:

Προσεκτικές μετρήσεις αποστάσεων και χρόνων γίνονται χωρίς συνειδητή έκκληση στη φιλοσοφία. Τα δεδομένα, μετά από την μαθηματική ανάλυση τους, αποφέρουν πληροφορία, την ίδια για τους αριστοτελικούς όπως και για τους πλατωνιστές. Το πως αυτή η πληροφορία ερμηνεύεται, μπορεί να εξαρτάται από φιλοσοφικές προκαταλήψεις, όχι όμως η διαδικασία απόκτησης ή μαθηματικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων (Drake 1990, 5)

Ο Ντρέικ, μάλιστα, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο κύριος αντίπαλος του Γαλιλαίου δεν υπήρξε η εκκλησία, αλλά οι φιλόσοφοι. Είναι οι τελευταίοι που προκαλούν τις εκκλησιαστικές αρχές να αναλάβουν δράση, οδηγώντας τα πράγματα στη γνωστή δίκη του 1633.

οποιαδήποτε ανάμιξη της Εκκλησίας στο ζήτημα του Κοπερνικανισμού ήταν αποκλειστικά το αποτέλεσμα της δράσης των ακαδημαϊκών φιλοσόφων... Οι υπεύθυνοι θεολόγοι ήταν πιο συνετοί σε όλη τη διάρκεια της υπόθεσης από ό,τι ήταν οι φιλόσοφοι, αν και στο τέλος έδρασαν και αυτοί απερίσκεπτα, με κέρδος κανενός άλλου παρά των φιλοσόφων (Drake 1990, 173 βλ. και 194)

Κατά τον Ντρέικ, η μέθοδος του Γαλιλαίου δεν είναι καινούργια. Είναι η μέθοδος που εγκαινιάζουν οι αστρονόμοι: προσεκτική και λεπτομερής καταγραφή παρατηρήσεων, πριν από οποιαδήποτε προσπάθεια ερμηνείας (Drake 1978, 53). Η πρωτοτυπία του Γαλιλαίου έγκειται στο ότι για πρώτη φορά χρησιμοποιεί την μέθοδο των αστρονόμων σε γήινα προβλήματα

[Ο] Γαλιλαίος δεν θεωρούσε τη φυσική του ως τίποτα παραπάνω παρά την εφαρμογή αστρονομικών μεθόδων στη διερεύνηση της κίνησης (Drake 1993, 50)

Για να έλθουμε τώρα στο ζήτημα της μαθηματικής φύσης της νέας επιστήμης, ο Γαλιλαίος, σύμφωνα με τον Ντρέικ, δεν μπορεί να θεωρηθεί πλατωνιστής ή

---

έδειχνε ότι αγνοεί τη διαφορά ανάμεσα στην ανθρώπινη και την θεϊκή φύση» (Τίμαιος 68d, μετάφραση Β. Κάλφα)

πυθαγόρειος φιλόσοφος, ακόμα και αν αποκαθάρουμε αυτά τα ρεύματα από τις μεταφυσικές τους δεσμεύσεις σχετικά με τη φύση των αριθμών. Τα μαθηματικά για τον Γαλιλαίο παραμένουν εργαλεία για την κατανόηση αυτού του κόσμου, και όχι σημεία εμφάνισης ενός άλλου κόσμου, επέκεινα και ‘πραγματικού’. Σε ένα γράμμα του, π.χ., ο Γαλιλαίος υπεραμύνεται της χρήσης των ‘απειροστών’ και των ‘αδιαίρετων’, μαθηματικών εννοιών κάθε άλλο παρά επαρκώς θεμελιωμένων στην εποχή του<sup>93</sup>. Ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι η απαίτηση της εγκατάλειψης αυτών των εννοιών, θα ήταν σαν να ζητάμε από τον μαθητευόμενο ζωγράφο να πετάξει τα πινέλα, τα χρώματα και τους καμβάδες ως άχρηστα εργαλεία. Όπως παρατηρεί ο Ντρέικ, μια τέτοια τοποθέτηση «εκφράζει την εργαλειακή άποψη του Γαλιλαίου για τα μαθηματικά σε αντίθεση με τις πλατωνικές φαντασίες περί ‘πραγματικού σύμπαντος» (Drake 1978, 364)<sup>94</sup>

Ο Ντρέικ καταλήγει, όπως και ο Κοϊρέ, σε μια ακραία θέση στο τελικό συμπέρασμά του. Η παλιά παραδεδομένη εικόνα του εμπειριστή Γαλιλαίου είναι για τον Ντρέικ πολύ πιο κοντά στην αλήθεια, από την εικόνα που προκύπτει από τις μελέτες του Κοϊρέ. Σχετικά με την ανακάλυψη της παραβολικής τροχιάς, παρατηρεί:

[Ε]ίναι φανερό ότι ο Γαλιλαίος παρουσίαζε ως νοητική σύλληψη κάτι που είχε προσεκτικά παρατηρήσει με τα ίδια του τα μάτια 30 χρόνια νωρίτερα. Οι πρώτοι ιστορικοί της επιστήμης πρόστρεξαν στο συμπέρασμα ότι αυτό ήταν ακριβώς εκείνο που είχε κάνει. Οι σύγχρονοι ιστορικοί, κριτικοί προς τους προκατόχους τους, πρόστρεξαν αντίθετα στο συμπέρασμα ότι ο Γαλιλαίος εργάστηκε με βάση τα καθαρά μαθηματικά, χωρίς εμπειρική μαρτυρία, περισσότερο πιστός σε ιδανικούς πλατωνικούς τύπους, παρά στη φυσική λεπτομέρεια, ισχυριζόμενοι ότι έτσι άνοιξε τον δρόμο στην σύγχρονη επιστήμη. Στο βαθμό που αφορά τον Γαλιλαίο, *οι πρόωμοι ιστορικοί ήταν κοντότερα στην αλήθεια* (Drake and MacLachlan 1975, 110- υπογράμμιση δική μου)

<sup>93</sup> Το γράμμα χρονολογείται το 1634 και είναι απάντηση του Γαλιλαίου στον Rocco ο οποίος έχει αντιρρήσεις σχετικά με το κατά πόσο μια σφαίρα μπορεί να εφάπτεται σε επίπεδο σε ένα μόνο σημείο (Drake 1978, 363-4)

<sup>94</sup> Πολύ περισσότερο ο Γαλιλαίος δε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πυθαγόρειος. Πέρα από την ρητή αντιπαλότητα του σε οποιαδήποτε μαγική ή μυστικιστική συνδήλωση σχετικά με τους αριθμούς ή τα σχήματα, χρησιμοποιεί τα μαθηματικά εργαλεία προσαρμοσμένα πάντα σε συγκεκριμένες συνθήκες. Όπως παρατηρεί ο Burt, «ο Ιταλός διανοητής δεν χρησιμοποιούσε ιδιαίτερα κάποιες από τις χαρακτηριστικές μορφές του πυθαγορισμού, ειδικά την έννοια των τέλειων σχημάτων, επισημαίνοντας ότι η τελειότητα σε οποιοδήποτε πράγμα είναι ολοκληρωτικά σχετική με τη χρήση που κάνουμε σε αυτό» (Burt 1924, 88)

### 2.5 Η Επιστροφή του Εκκρεμούς και η Νέα Ιστοριογραφία

Με την τελευταία επισήμανση φαίνεται ότι ο Ντρέικ ωθεί το «εκκρεμές» των ιδεών να επιστρέψει στην παλιά του θέση, σε σχέση με το ζεύγμα Λόγος- Εμπειρία. Άλλωστε ο ίδιος ο Κοϊρέ έκανε το ίδιο σχετικά με το ζήτημα της ασυνέχειας και τη θέση Ντιέμ. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η *παραδομένη εικόνα* για τον Γαλιλαίο, γίνεται ξανά επίκαιρη ή ότι αποτελεί, έστω, μια συζητήσιμη ιστοριογραφική πρόταση. Όπως είδαμε στην αρχή της ενότητας, η παραδεδομένη εικόνα διαμορφώθηκε στα πλαίσια της παλιάς, «οπισθοπροβολικής» ιστοριογραφικής σχολής και στόχος της ήταν μάλλον να υπηρετήσει την σημερινή επιστήμη, παρά να αποκαταστήσει την όποια ιστορική αλήθεια σχετικά με τον Γαλιλαίο. Παρά τις φαινομενικά ακραίες τους διαφορές, ο Ντρέικ, ο Κοϊρέ και ο Ντιέμ, εξετάζουν τον Γαλιλαίο σε σχέση με την επιστημονική παράδοση που προηγήθηκε και τις ιδεολογικό- κοινωνικές συνθήκες της δικής του εποχής. Η «μαύρη» εικόνα του Μεσαίωνα της πλήρους στασιμότητας και του αποκλειστικά θεολογικού επιχειρήματος δεν είναι πια αποδεκτή. Επιπλέον, το αν η μέθοδος του Γαλιλαίου είναι μάλλον «λογική» ή μάλλον «εμπειρική», είναι ένα ερώτημα το οποίο πρέπει να απαντηθεί με βάση το έργο του και τις έρευνες του και όχι με βάση την όποια άποψη έχουμε για το γνωσιολογικό θεμέλιο της σημερινής επιστήμης, όσο στενά κι αν συνδέονται τα δύο. Πέρα από τις φιλοσοφικές και μεταφυσικές προτιμήσεις του καθενός, οι οποίες σαφώς επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα των ερευνών τους, επιχειρούν και οι τρεις να δουν τον Γαλιλαίο, όχι με τα αναχρονιστικά γυαλιά του σήμερα αλλά σε σχέση με τις παρελθούσες και τις τότε αντίπαλες θεωρίες. Σύμφωνα με τα λόγια του Μπάτερφιλντ (Butterfield), ο οποίος κατέστησε ρητές και διέδωσε τις παραπάνω ιστοριογραφικές προκείμενες,

...στην ιστορία της επιστήμης χρειάζεται να προχωρούμε από το πρότερο στο ύστερο - λ.χ από τις ιδέες της μηχανικής του 16ου αιώνα στις ιδέες του Γαλιλαίου- έτσι ώστε να διακρίνουμε με ακρίβεια πως αντέδρασαν οι μεγάλες διάνοιες στην σκέψη της εποχής τους ή πως δημιούργησαν μια καινούργια σύνθεση ή πως ολοκλήρωσαν μια εξέλιξη που είχε κιόλας αρχίσει (Butterfield 1983, 11)<sup>95</sup>

<sup>95</sup> Ακολουθώντας την παραπάνω, αντι- οπισθοπροβολική προκείμενη, ο Duhem, ο Burt, ο Κοϊρέ, και ο Butterfield έθεσαν τις βάσεις πάνω στις οποίες η δεύτερη γενιά ιστορικών (A.R. Hall, I.B Cohen, T.S Kuhn, R. Westfall) συνέχισε και επεξέτεινε το έργο της 'νέας ιστοριογραφίας' (Lindberg 1990, 19).

Με βάση τα παραπάνω, θα θέσω ξανά τα δύο βασικά ερωτήματα τα οποία εξετάζω, αποκαθάρνοντας τα από τις όποιες «οπισθοπροβολικές» συνδηλώσεις τους. Πριν λοιπόν τεθεί το ζήτημα της *συνέχειας*, πρέπει η επιστημονική παράδοση του Μεσαίωνα να θεωρηθεί δεδομένη και μη απαξιώσιμη με αναχρονιστικά επιχειρήματα, ώστε να τεθεί κατόπιν το ερώτημα, αν ο Γαλιλαίος έρχεται να κάνει «κάποιες μόλις αντιληπτές βελτιώσεις», ή αντίθετα, να την ανατρέψει εκ θεμελίων. Επιπροσθέτως, θα πρέπει κατά την εξέταση του προβλήματος της συνέχειας, να αναζητούνται οι κύριοι άξονες της γαλιλαϊκής επιστήμης και όχι τα στοιχεία της τελευταίας τα οποία συνάδουν με τις σημερινές θεωρίες περί φύσης.

Σχετικά με το δεύτερο ερώτημα, περί του γνωσιολογικού θεμελίου, πρέπει να αποσυσχετιστεί η μέθοδος του Γαλιλαίου από την όποια άποψη υπάρχει για την σημερινή επιστήμη. Η άποψη σύμφωνα με την οποία η μέθοδος της σημερινής επιστήμης, συγκροτείται και αποτελεί συνέχεια των μεθόδων του Γαλιλαίου χρειάζεται ένα πρόσθετο επιχείρημα, το οποίο είναι ανεξάρτητο από την ιστορική εξέταση της μεθόδου του Γαλιλαίου. Άρα, το δεύτερο ερώτημα πρέπει να τεθεί ως εξής: Πέρα από την μέθοδο της σημερινής επιστήμης, ποια είναι η γνωσιολογική αφετηρία του Γαλιλαίου;

Υπάρχει όμως και ένας άλλος λόγος για τον οποίο δεν θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η παραδεδομένη εικόνα γίνεται επίκαιρη στην αρχική της μορφή. Η τεράστια και λεπτομερής έρευνα γύρω από το έργο του Γαλιλαίου δεν επιτρέπει πλέον την υιοθέτηση τόσο αδρών «σκίτσων», που θα επέτρεπαν τον άμεσο χαρακτηρισμό του ως «πλατωνιστή» ή ως «αριστοτελικό». Με τον ίδιο τρόπο, θα ήταν δύσκολο κάποιος ιστορικός σήμερα να ισχυριστεί ότι η επιστήμη του Γαλιλαίου οδηγείται αποκλειστικά από την *a priori* σκέψη και κάποιους μαθηματικούς ιδεότυπους ή αντίθετα, από «πειραματισμό χωρίς προϋποθέσεις». Η σύγχρονη ιστορική έρευνα έχει εγκαταλείψει πλέον αυτές τις ακραίες θέσεις, κινούμενη σε «μέσες» οδούς, επιχειρώντας με βάση αυτές να απαντήσει πιο συγκεκριμένα ερωτήματα. Παρακάτω θα διερευνήσω τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να διατυπωθούν αυτές οι «μέσοι οδοί», ώστε να τοποθετήσω την δική μου υπόθεση εργασίας σχετικά με την χρησιμότητα της θεωρίας επεκτεινόμενων προτύπων.

### 3. Για το Πρώτο Ερώτημα: Η Υβριδική Υπόθεση και τα Μοντέλα

#### 3.1. Η Μετριοπαθής Τοποθέτηση

Η διαμάχη Κοϊρέ- Ντρέικ, δεν μπορεί παρά να διαθέτει τα στοιχεία της υπερβολής και των ακραίων απόψεων που χαρακτηρίζουν κάθε εμφάνιση ενός διπολικού σχήματος. Μια μετριοπαθής τοποθέτηση σχετικά με τον ερώτημα θα ήταν η αποφυγή των ακραίων θέσεων, καθώς μάλιστα σε κανένα σημείο ο Γαλιλαίος δεν υιοθετεί μια σαφή φιλοσοφική θέση περί μεθόδου. Από το άλλο μέρος, είναι αρκετά σαφές ότι ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί τόσο την «λογική» όσο και την «εμπειρία» προσπαθώντας μάλλον να τις φέρει σε μία σύμπνοια παρά να αντιδιαστείλει την μία στην άλλη. Όπως παρατηρεί ο Αϊνστάιν στον πρόλογό του στο *Dialogue*, «η αντίθεση ορθολογισμού-εμπειρισμού δεν εμφανίζεται ως επίμαχο σημείο στην εργασία του Γαλιλαίου» (Galileo 1632/1967, 14). Επεκτείνοντας την παρατήρηση του Αϊνστάιν, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο Γαλιλαίος επιχειρεί να χρησιμοποιήσει και τα δύο επιστημολογικά θεμέλια, δείχνοντας ότι η νέα επιστήμη που επιχειρεί να εγκαθιδρύσει είναι αληθής, τόσο στο φως της λογικής, όσο και για την εμπειρία. Ένας ‘φυσικοποιημένος Λόγος’ και μία ‘μαθηματικοποιημένη εμπειρία’ αποτελούν τις δύο όψεις της προσπάθειας του Γαλιλαίου, η οποία θα παγιωθεί σε ένα πρώτο μόρφωμα που φέρει και τις δύο ιδιότητες. Κοντά σε μια τέτοια ερμηνεία βρίσκεται τελικά και ο Ντρέικ, όπως φαίνεται στο απόσπασμα που ακολουθεί.

Τον Γαλιλαίο δεν τον ενδιέφερε το εσωτερικό των μαθηματικών ή το εσωτερικό της φυσικής αλλά η σχέση μεταξύ των δύο. Τα προβλήματα που αντιμετώπισε κατά την μελέτη της κίνησης από το 1602 έως το 1608 ήταν σημασιολογικά και μαθηματικά. Οι φιλοσοφίες που είχαν προηγηθεί δεν είχαν ρίξει φως στις λύσεις τους (Drake 1993, 52).

Θα πρέπει να διευκρινιστεί, όμως, ότι ο Γαλιλαίος δεν επιχειρεί μια *φιλοσοφική* σύνθεση ανάμεσα στον εμπειρισμό και στον ορθολογισμό. Ο εμπειρισμός δεν τον ενδιαφέρει ως φιλοσοφική παράδοση, αλλά ως παράδοση τεχνιτών του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, η οποία, μέσω των καινοτομιών και των εφευρέσεων, του παρέχει τις δυνατότητες και τα τεχνικά εργαλεία να ελέγξει και να βελτιώσει τις θεωρίες του, του παρέχει με άλλα λόγια την πειραματική βάση της νέας επιστήμης. Από το άλλο μέρος, δεν τον ενδιαφέρει ο φιλοσοφικός ορθολογισμός, αλλά μια συγκεκριμένη έκφραση αφηρημένης σκέψης η οποία εκφράζεται μέσα από τους δασκάλους του

quadrivium, τους μαθηματικούς και τους αστρονόμους. Αυτό που επιχειρεί να συνθέσει είναι η *τέχνη* των αναγεννησιακών μαστόρων με την *επιστήμη* της μαθηματικής ακαδημαϊκής σκέψης<sup>96</sup>. Αυτή τη σύνθεση ο Ντρέικ ονομάζει *ωφέλιμη επιστήμη* παρατηρώντας ότι

το μείγμα *τέχνης και επιστήμης* που συγκροτούσε την ωφέλιμη επιστήμη απορρίπτονταν, όχι μόνο από του φιλοσόφους του καιρού του Γαλιλαίου, αλλά και από άλλους, ως τις μέρες μας (Drake 1993, 124)

Το ερώτημα όμως παραμένει. Πώς θα γινόταν η συνένωση θεωρίας και πρακτικής; Το ότι η ορθή μέθοδος δεν πρέπει να είναι καθαρά απαγωγική ή απόλυτα επαγωγική, με άλλα λόγια το ότι θα πρέπει να συνδυάζει μαθηματικά και εμπειρία δεν αποτελεί μία απάντηση στο πρόβλημα της μεθόδου. Μια αναγωγή στον αριθμό, στα δεδομένα των αισθήσεων, στον αντικειμενικό κόσμο ή στις Ιδέες, επισείει αντεπιχειρήματα και αντιπαραδείγματα, ακριβώς επειδή είναι προσπάθεια θεμελίωσης. Αντίθετα, μια ενδιάμεση, ή ‘υβριδική’ άποψη, όχι μόνο είναι διατυπωμένη με έναν περίπου διαισθητικό χαρακτήρα αλλά δεν αναδεικνύεται αναγκαστικά ως αντίπαλη με τις άλλες δύο. Και ο εμπειριστής και ο ορθολογιστής επιδιώκουν αυτή τη σύμπτωση της αλήθειας εξ’ ανάγκης και της αλήθειας εκ των πραγμάτων. Απλώς ο πρώτος θα την εξηγούσε με την εμπειρική φύση των μαθηματικών, των αρχών και των εννοιών, ενώ ο δεύτερος με τη μαθηματική, ή λογική δομή της φύσης (ή του ανθρωπίνου πνεύματος). Στο βαθμό που εξετάζονται φυσικά φαινόμενα αυτή η ‘ευτυχής σύμπτωση’ λογικής και εμπειρίας δεν μπορεί παρά να είναι κοινός τόπος.

---

<sup>96</sup> Σύμφωνα με τον Χολ (Hall 1962) κατά τη διάρκεια της επιστημονικής επανάστασης διακρίνονται δύο κατηγορίες ανθρώπων οι οποίοι θα αποτελέσουν και την ανθρώπινη βάση την νεότευκτης επιστημονικής κοινότητας. Η διάκριση για τον Χολ είναι ‘κοινωνική, διανοητική, τελεολογική, και εκπαίδευσης’. Από το ένα μέρος ο τεχνίτης (craftsman) που κερδίζει το ψωμί του κατασκευάζοντας, και από το άλλο μέρος, ο προερχόμενος από το Πανεπιστήμιο λόγιος (scholar), ο οποίος είναι εκπαιδευμένος στα μαθηματικά και στη λογική, γράφει και διαβάζει Λατινικά, και συνήθως έχει πάρει και μαθήματα φυσικής φιλοσοφίας. Ο Κρόμπι (Crombie) αμφισβητώντας την υποτιθέμενη έλλειψη σύνδεσης μεταξύ χώρου των Λογίων και του χώρου των τεχνιτών στο Μεσαίωνα, αναφέρει μια σειρά πραγματειών γραμμένων από Λόγιους που αφορούσαν τεχνικά θέματα. Παραδέχεται όμως και αυτός ότι ‘οι περισσότερες πρόοδοι πραγματοποιήθηκαν μάλλον από αγράμματους τεχνουργούς’ (Crombie 1989, 181).

### 3.2 Η Μη Μέθοδος του Γαλιλαίου και η Λύση Προβλημάτων

Μια πρώτη απάντηση στην παραπάνω αντίρρηση δίνει πάλι ο Ντρέικ, θεωρώντας ότι ο Γαλιλαίος πετυχαίνει αυτή την ‘ευτυχή σύμπτωση’ πληρώνοντας το κόστος της παραίτησης ή έστω της αναβολής από τη ρητή λύση του προβλήματος της μεθόδου.

Ο Γαλιλαίος μοιραζόταν από κοινού με τον Μπέικον και τον Ντεκάρτ το όνειρο μιας νέας φιλοσοφίας που θα εκτόπιζε τις λεκτικές ασκήσεις του αριστοτελισμού. Όμως, σε αντίθεση με αυτούς, δεν αποπειράθηκε να διατυπώσει μια τέτοια φιλοσοφία. Η δική του άποψη τοποθετούσε κάτι τέτοιο στο απώτερο μέλλον, όταν πολύ περισσότερα θα ήταν γνωστά για το φυσικό σύμπαν, ως αποτέλεσμα της συνένωσης της πρακτικής εμπειρίας με τη λογική, πράγμα που θα γινόταν σε αυτό που ονόμασα ωφέλιμη επιστήμη (Drake 1993, 21)

Ποια μέθοδο, όμως, χρησιμοποιούσε ο Γαλιλαίος, μέχρι να βρεθεί η τελική και ορθή Μέθοδος; Αν, με άλλα λόγια, δεν κατείχε αλλά και δεν επιχειρήσε να βρει ένα γενικό τρόπο με το οποίο τα μαθηματικά και η εμπειρία θα μπορούσαν να συναντηθούν, παραμένει το ερώτημα του τρόπου με τον οποίο το κατάφερε στην πράξη. Μια υπόθεση διατυπωμένη από αρκετούς ιστορικούς, τοποθετεί ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της επιστημονικής επανάστασης στον *περιορισμό του ερωτήματος*. Το πρόβλημα της μεθόδου είναι εντονότερο όσο ευρύτερη είναι η περιοχή έρευνας και όσο πιο φιλόδοξο και γενικό είναι το σύστημα που επιχειρεί να δομήσει ο φυσικός φιλόσοφος. Ίσως, λοιπόν, ο Γαλιλαίος αντί να βρει μια γενική λύση στο πρόβλημα της μεθόδου, ώστε να την εφαρμόσει κατόπιν σε επιμέρους προβλήματα (όπως ήταν η στρατηγική των Ντεκάρτ και Μπέικον) επιχειρεί αντιθέτως να βρει μια περιοχή όπου η ‘ευτυχής σύμπτωση’ επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα. Σύμφωνα πάλι με τον Ντρέικ, ο Γαλιλαίος,

...επιλέγει κάποιες καλά ορισμένες και πολύ περιορισμένες περιοχές έρευνας, μέσα στις οποίες η μαθηματική ανάλυση θα μπορούσε καθαρά να προαγάγει την φυσική (Drake 1974, 21)

Η τελευταία υπόθεση απαντάει στη προηγούμενη αντίρρηση αλλά αφήνει άλλα ερωτήματα. Ο Γαλιλαίος, παρόλο τον αυτοπεριορισμό του, θέλει πάντα να μιλήσει για τη ‘φύση’ και την ‘κίνηση’ γενικά, και όχι απλώς για κάποιες ‘περιορισμένες

περιοχές έρευνας'. Η παραίτηση του από τη ρητή διατύπωση της Μεθόδου συνοδεύεται από την επίσης ρητή διαβεβαίωση ότι με κάποιο τρόπο κατέχει την σωστή μέθοδο: ο Γαλιλαίος δεν μας διαβεβαιώνει ότι κάποιες όψεις της φύσης είναι μαθηματικοποιήσιμες, αλλά ότι ολόκληρη η φύση έχει μαθηματικό χαρακτήρα. Εξάλλου, ο καθένας μπορεί να βρει κάποιες 'πολύ περιορισμένες περιοχές' που η μέθοδός του λειτουργεί. Πώς μια τέτοια απόφαση μπορεί να νομιμοποιηθεί και να συγκροτήσει πρόγραμμα έρευνας;

Σε αυτό το σημείο εισάγω την δική μου υπόθεση εργασίας. Θα δείξω στο υπόλοιπο της εργασίας ότι ο Γαλιλαίος δεν βρίσκει απλώς «κάποιες πολύ περιορισμένες περιοχές» αλλά ένα υποδειγματικά λυμένο πρόβλημα, το *κεκλιμένο επίπεδο*. Η προσπάθεια και η φιλοδοξία από κει και πέρα είναι να αναγάγει τα υπόλοιπα προβλήματα της κίνησης σε προβλήματα κεκλιμένου επιπέδου. Αυτή η διαδικασία συνιστά την παραίτηση του Γαλιλαίου από το πρόβλημα της Μεθόδου, αλλά την ίδια στιγμή και την άρρητη γαλιλαϊκή μέθοδο. Έχοντας ως μοντέλο- βάση το κεκλιμένο επίπεδο, καταφέρνει να λύσει προβλήματα που στην εκ πρώτης όψεως φαίνονται διαφορετικά από αυτό, ισχυριζόμενος έτσι ότι έχει ανοίξει «τον δρόμο σε μια θαυμάσια και μεγάλη επιστήμη, την επιστήμη της κίνησης» (Galileo 1638, 190).

#### 4. Το Παράδοξο της Καινοφάνειας και τα Μοντέλα

##### 4. 1. Εξερευνώντας τα Όρια της Προκλασικής Μηχανικής

Θα τοποθετηθώ στο δεύτερο ιστοριογραφικό ζεύγμα (συνέχεια- ασυνέχεια), σχετικά με τον Γαλιλαίο επιλέγοντας πάλι μια εκδοχή 'μέσης οδού' ως βάση συζήτησης. Η εκδοχή αυτή παρουσιάζεται στο βιβλίο των P.Damerow, G.Freudenthal, P.McLaughlin και J.Renn, *Exploring the Limits of Preclassical Mechanics* (Εξερευνώντας τα Όρια της Προκλασικής Μηχανικής). Οι συγγραφείς, παρόλο που θεωρούν την ασυμμετρία ανάμεσα στα δύο συστήματα (μεσαιωνικό- κλασικό) δεδομένη, υποστηρίζουν, παρόλα αυτά, την γένεση του καινούργιου μέσα από το παλιό. Σύμφωνα με την υπόθεση των συγγραφέων (από εδώ και πέρα *υπόθεση DFLR*), η κλασική μηχανική, όταν ολοκληρώνεται ως σύστημα, συγκροτεί ένα διαφορετικό κοσμοείδωλο σε σχέση με το μεσαιωνικό. Παρόλα αυτά, θεμελιώνεται όχι από την ανατροπή της αριστοτέλειας- μεσαιωνικής «μηχανικής», αλλά από την επέκταση και την εξερεύνηση των ορίων της τελευταίας από τους λόγιους των αρχών



του 17<sup>ου</sup> αιώνα (κυρίως από τους Γαλιλαίο και Ντεκάρτ). Οι συγγραφείς επιχειρούν να συνθέσουν με αυτό τον τρόπο δύο φαινομενικά αντίθετες θέσεις. Από το ένα μέρος, τη θέση σύμφωνα με την οποία το εννοιολογικό σύστημα της κλασικής μηχανικής εμφανίζεται ως ριζικά νέο και ασύμβατο σε σχέση με τα προκάτοχα εννοιολογικά συστήματα, που προσπαθούσαν να οικειοποιηθούν τα ίδια ή περίπου τα ίδια φαινόμενα. Από το άλλο μέρος, δέχονται απόλυτα μία θέση κοντά στο Ντιέμ, σύμφωνα με την οποία η νέα επιστήμη των αρχών του 17<sup>ου</sup> αιώνα αποτελεί συνέχεια και ολοκλήρωση μεσαιωνικών σπουδών για την κίνηση, οι οποίες με την σειρά τους στηρίζονται σε έννοιες και ορισμούς αριστοτελικούς.

Τα πρόσωπα τα οποία συμπυκνώνουν αυτή την φαινομενική αντιφατική μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο είναι ο Ντεκάρτ και κυρίως ο Γαλιλαίος. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι νόμιμη η ανάγνωση των κειμένων του Γαλιλαίου που αναγνωρίζει ως κυρίαρχα τα στοιχεία της συνέχειας (όπως στις εργασίες του Ντιέμ) αλλά και η αντίθετη, που αναγνωρίζει ως κυρίαρχα τα στοιχεία της ασυνέχειας (όπως στις εργασίες του Κουν και του Κοϊρέ). Κατά με τους συγγραφείς, ο Γαλιλαίος δουλεύει στην πραγματικότητα στα πλαίσια της προκλασικής μηχανικής, τα αποτελέσματα όμως της δουλειάς του, οδηγούν τους φυσικούς φιλοσόφους που τον ακολουθούν στη θεμελίωση της κλασικής μηχανικής. Ο τίτλος, έτσι, του βιβλίου τους μπορεί να διαβαστεί με δύο τρόπους. Αφενός ως, εξερευνώντας (υποκείμενο του ρήματος ο Γαλιλαίος και ο Ντεκάρτ) τα όρια της προκλασικής μηχανικής, θεμελιώνουν την κλασική. Και αφετέρου ως, εξερευνώντας (υποκείμενο του ρήματος: οι συγγραφείς) τα όρια της προκλασικής μηχανικής ανακαλύπτουν την εξάρτηση της από την μεσαιωνική και το άνοιγμα της στην κλασική. Μια τέτοια εξαγγελία, όμως, όπως παραδέχονται οι ίδιοι οι συγγραφείς, μπορεί απλώς να «ξορκίζει» το πρόβλημα:

Το παράδοξο που ενέχεται στην καινοφάνεια είναι το εξής: Πως είναι δυνατόν έννοιες να είναι γνήσια καινούργιες και παρόλα αυτά να προκύπτουν στη βάση του παλιού εννοιολογικού συστήματος; Και αντίστοιχα, αν οι νέες έννοιες μπορούν να παραχθούν από το παλιό σύστημα, τότε, δεν ήταν πάντα υπόρρητα περιεχόμενες σε αυτό το σύστημα; Και γιατί δεν παρήχθησαν νωρίτερα; Και αν το παλιό σύστημα είναι τόσο ικανό γιατί χρειάζεται ένα νέο; (Damerow et. al. 1991., 2)

Τα ερωτήματα που θέτουν οι συγγραφείς στον εαυτό τους είναι και τα ερωτήματα με τα οποία πρέπει να αναμετρηθεί κάθε οπτική που προσπαθεί να υπερβεί την διάκριση συνέχεια-ασυνέχεια ή να αναγνώσει και με τους δύο τρόπους τα ιστορικά δεδομένα εκείνης της εποχής, αν δεν θέλει να μείνει σε μία αφηρημένη και γενικόλογη επίκληση «διαλεκτικής σύνθεσης» ή «ενότητας των αντιθέτων». Ας δούμε λοιπόν λεπτομερέστερα την δική τους απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα, τα οποία συγκροτούν το *παράδοξο της καινοφάνειας*.

#### 4.2 Η Διπλή Ανάγνωση των Κειμένων Γαλιλαίου

Σύμφωνα με την υπόθεση DFLR, ο Γαλιλαίος λύνει τελικά κάποια προβλήματα, όχι υπερβαίνοντας το μεσαιωνικό εννοιολογικό σύστημα, αλλά κάνοντας μετατροπές και «μαστορέματα» πάνω σε αυτό. Την ίδια στιγμή, όμως, δέχονται ότι η μετάβαση στην κλασική φυσική συμβαίνει στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα, κυρίως με το έργο του Γαλιλαίου και όχι σε κάποιο μεταγενέστερο χρόνο. Κατά τους συγγραφείς η αλλαγή αυτή μπορεί να αναδειχθεί στα ίδια τα κείμενα, αν αυτά διαβαστούν με άλλο τρόπο. Αν εξεταστούν όχι ως προς την εκκίνηση και τις προϋποθέσεις τους αλλά ως προς την πορεία τους στη λύση των νέων προβλημάτων και ως προς τα αποτελέσματα αυτής της πορείας. Η επιστημονική επανάσταση θεμελιώνεται όταν οι επίγονοι των Ντεκάρτ και Γαλιλαίου διαβάζουν τα κείμενα τους με αυτό τον τρόπο. Με άλλα λόγια, τα κείμενα των Γαλιλαίου και Ντεκάρτ γίνονται «επαναστατικά» εκ των υστέρων, όταν διαβάζονται ως τέτοια από τις αμέσως επόμενες γενιές φυσικών φιλοσόφων. Ας δούμε το επιχείρημα αναλυτικότερα.

Για τους συγγραφείς, ο Ντεκάρτ και ο Γαλιλαίος εργάζονται στα όρια του μεσαιωνικού εννοιολογικού πλαισίου, προσπαθούν να το προσαρμόσουν στη λύση νέων προβλημάτων, όπως η ελεύθερη πτώση και οι βολές. Η εφαρμογή αυτού του πλαισίου σε νέα προβλήματα οδήγησε όμως σε αδιέξοδα και παράδοξα, τα οποία με τη σειρά τους ανάγκαζαν σε συνεχείς εννοιολογικές μετατοπίσεις. Ο λόγος δημιουργίας αυτών των παραδόξων βρίσκεται στην ίδια την φύση της επιστημονικής γλώσσας, η οποία, σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι γλώσσα *τεχνική* (Fachsprache). Ως τέτοια, φέρει ταυτόχρονα και τα χαρακτηριστικά των *τυπικών* γλωσσών και τα χαρακτηριστικά των *φυσικών* γλωσσών. Ενώ δηλαδή είναι αρκετά ελαστική και επεκτάσιμη σε νέες περιοχές εμπειρίας, όπως οι φυσικές γλώσσες, έχει

την ίδια στιγμή το χαρακτηριστικό της αυστηρότητας των τυπικών γλωσσών, ώστε να εμφανίζει πολλές φορές αντιφάσεις, όταν μια έννοια εφαρμόζεται εκτός του πεδίου ορισμού της. Μπροστά σε αυτά τα προβλήματα, οι πρωτοπόροι της σύγχρονης επιστήμης αναγκάζονται να αναπροσαρμόσουν τις έννοιες τους και εδώ ακριβώς εμφανίζεται η δυνατότητα υπέρβασης του συστήματος.

Η αντίσταση αυτών των νέων περιπτώσεων στην ενσωμάτωση τους στη δεδομένη εννοιολογική δομή οδήγησε στην παραγωγή κάποιων νόμιμων αλλά αντιφατικών συμπερασμάτων, κάποια από τα οποία άνοιξαν νέες αντικειμενικές δυνατότητες για την επαναδόμηση όλου του εννοιολογικού συστήματος. (Damerow 1991, 6)

Η δυνατότητα αυτή δεν συνεπάγεται την νομοτελειακή μετάλλαξη του συστήματος σε κάτι άλλο. Οι αντιφάσεις που ανακύπτουν δεν δείχνουν ούτε αν υπάρχει κάποια λύση ούτε αν αυτή η λύση πρέπει να αναζητηθεί εντός του παλιού συστήματος ή πρέπει να γίνουν ριζικές αλλαγές. Ένα απροσδόκητο αποτέλεσμα ή η εμφάνιση ενός παραδόξου είναι σημεία του ότι ‘κάτι δεν πάει καλά’ και όχι σημεία εμφάνισης μια γνωσιακής νομοτέλειας. Σημεία που αναγκάζουν την έρευνα να αναζητήσει άλλες κατευθύνσεις, χωρίς όμως η κατάληξη αυτής της αναζήτησης να είναι προκαθορισμένη ή προβλέψιμη.

Μέχρι εδώ οι «αντιφάσεις» για τις οποίες μιλούν οι συγγραφείς μοιάζουν με τις κατά Κουν «ανωμαλίες», οι οποίες οδηγούν στην αλλαγή *Παραδείγματος*. Ενώ στο σχήμα, όμως, του Κουν, η προσπάθεια να αντιμετωπιστεί μια ανωμαλία μέσα από το ίδιο σύστημα, οδηγεί σε άλλες ανωμαλίες με αποτέλεσμα (αν υπάρχει ήδη εναλλακτικό σύστημα) την καταβύθιση του παλιού σε «ένα ωκεανό ανωμαλιών» και την αντικατάσταση από ένα νέο Παράδειγμα διαμορφωμένο εξ αρχής, το σχήμα των συγγραφέων είναι διαφορετικό. Όταν το σύστημα επεκτείνεται σε νέα προβλήματα ή όταν πέφτει πάνω σε αντιφάσεις δεν μένει σταθερό. Υπάρχει προσπάθεια μετατόπισης και διαρκούς αναπροσαρμογής των εννοιών οι οποίες φτάνουν στο τέλος να σημαίνουν κάτι άλλο. Δεν εγκαταλείπεται το παλιό σύστημα προς όφελος του καινούργιου αλλά το παλιό σύστημα μετεξελίσσεται στο καινούργιο προσπαθώντας να προσαρμοστεί στα καινούργια δεδομένα. Ο «μάστορας» του Κουν παρατάει ξαφνικά τα παλιά εργαλεία και παίρνει καινούργια, για τα οποία δεν έχει καμία εξασφάλιση ότι θα λειτουργήσουν καλύτερα. Ο «μάστορας» της υπόθεσης DFLR μαστορεύει τα ίδια τα εργαλεία του, προσπαθώντας να τα προσαρμόσει στις

νέες συνθήκες. Όταν ο ίδιος ή οι βοηθοί του αναπαράγουν από την αρχή τα αλλαγμένα πια εργαλεία, γίνεται φανερό η «ασυμμετρία τους» σε σχέση με τα προκάτοχά τους. Αυτό που προσπαθούν να δείξουν, λοιπόν, είναι πώς η επέκταση κάποιων εννοιών σε νέα προβλήματα κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα οδήγησε σε αντιφάσεις, οι οποίες, με την σειρά τους, προκάλεσαν μια εξέλιξη η οποία υπερέβη τις προϋποθέσεις της, υπερέβη τελικά το εννοιολογικό πλαίσιο που την έκανε δυνατή.

Ας έλθουμε, τέλος, στα ίδια τα ‘εργαλεία’ του νέου συστήματος, δηλαδή στις έννοιες με τις οποίες οι φυσικοί φιλόσοφοι επιχειρούν να περιγράψουν τη φύση.

Το επίτευγμα του Γαλιλαίου έγκειται στην εξερεύνηση των ορίων της προκλασικής φυσικής και όχι στην υπέρβαση της. Στήριξε θεωρήματα τα **οποία υπόρρητα καθιέρωσαν νέες έννοιες** και των οποίων η εφαρμογή από τους διαδόχους ... πραγματικά υπερέβη την προκλασική μηχανική. (Damerow et.al. 1991, 268 -υπογράμμισή δική μου)

Ένα τέτοιο παράδειγμα έννοιας που αλλάζει σημασία στην προσπάθεια χρήσης της σε νέο πλαίσιο, είναι αυτή της ταχύτητας. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, ο Γαλιλαίος για να λύσει το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης, χρησιμοποιεί την έννοια της ταχύτητας, όπως την παραλαμβάνει από το αριστοτελικό- μεσαιωνικό πλαίσιο. Καθώς όμως αυτή η «ταχύτητα» αφορά ομαλές κινήσεις, αναγκάζεται να κάνει κάποιες μετατροπές, να επεκτείνει την έννοια ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πρόβλημα επιταχυνόμενης κίνησης, όπως αυτό της ελεύθερης πτώσης. Όταν τώρα ένας επίγονος του Γαλιλαίου, ο Τορικέλι, π.χ, χρησιμοποιεί την γαλιλαϊκή «ταχύτητα», δεν εστιάζει στον τυπικό ορισμό της αλλά στην σημασία που απέκτησε από τον τρόπο που την χειρίστηκε ο Γαλιλαίος στο πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης. Η ρήξη λοιπόν συνίσταται, στο ότι οι διάδοχοι του Γαλιλαίου δεν εστιάζουν στις προϋποθέσεις του τελευταίου, δεν εστιάζουν δηλαδή στις σημασίες που έχουν κάποιες έννοιες με βάση την μορφοποίηση των προβλημάτων αλλά στις σημασίες που παίρνουν αυτές τις έννοιες μέσα στα λυμένα προβλήματα.

Υπάρχουν, ως εκ τούτου, δύο τρόποι να ερμηνευθούν οι επιστημονικές έννοιες που περιέχουν αυτά τα κείμενα-υβρίδια, τα οποία σηματοδοτούν αυτό που αποκληθεί επιστημονική επανάσταση. Ο ένας είναι με βάση την καταγωγή τους και την συγκρότησή τους και, υπ’ αυτή τη σκοπιά, βρίσκονται εντεύθεν των ορίων της κλασικής μηχανικής. Ο άλλος τρόπος είναι να αποδώσουμε σημασίες που προσδιορίζονται από τα πλαίσια που οι έννοιες χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά τα

κείμενα. Με βάση αυτές τις σημασίες οι έννοιες των κειμένων- υβριδίων είναι κλασικές. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μετατόπιση γίνεται και δεν γίνεται στα κείμενα του Γαλιλαίου. Δεν γίνεται, στο βαθμό που αυτά τα κείμενα είναι στα όρια της προκλασικής μηχανικής, χωρίς να την ξεπερνάνε. Γίνεται στο βαθμό που οι λύσεις που περιέχουν αυτά τα κείμενα (κυρίως στα προβλήματα της ελεύθερης πτώσης και της σύνθεσης κινήσεων-βολών) θα αποτελέσουν τον πυρήνα της κλασικής μηχανικής. Τα δύο εννοιολογικά συστήματα –παλιό και νέο- παρουσιάζουν σύμφωνα με τους συγγραφείς *δομική ασυνέχεια*, συνδέονται όμως μέσω μιας *γενετικής συνέχειας*. Ο Γαλιλαίος βρίσκεται στο μεταίχμιο αυτής της μετάβασης.

#### 4.3 Προϋποθέσεις Ανάγνωσης και Μοντέλα

Έχοντας ολοκληρώσει την παρουσίαση της υπόθεσης DFLR, ας δούμε λίγο προσεκτικότερα το βασικό σημείο της, δηλαδή τη δυνατότητα της ‘διπλής ανάγνωσης’ των κειμένων της ενδιάμεσης περιόδου:

Τα γραπτά τους [εν. του Γαλιλαίου και του Ντεκάρτ] και τα επιχειρήματά τους μπορούν να διαβαστούν από την σκοπιά των αποτελεσμάτων και όχι από την σκοπιά των προϋποθέσεων τους και τα όρια που αυτές οι προϋποθέσεις έθεταν μπορούν να αγνοηθούν ή ακόμα να μην αναγνωριστούν ως τέτοια. (Damerow et.al. 1991, 276)

Αν όντως οι συνάδελφοι και οι μαθητές των Ντεκάρτ και Γαλιλαίου διαβάζουν τα κείμενα των τελευταίων, όχι από την σκοπιά των προϋποθέσεων τους αλλά από την σκοπιά των αποτελεσμάτων και ξεχνάνε τις πρώτες, το ερώτημα που πρέπει να τεθεί είναι γιατί συμβαίνει αυτό. Αυτό που οι συγγραφείς αφήνουν ασχολίαστο (ίσως απλώς επειδή δεν είναι το θέμα τους) είναι η γένεση αυτού του νέου είδους «ανάγνωσης». Περιγράφοντας το πρόβλημα σε αδρές γραμμές, μέχρι τον 17<sup>ο</sup> αιώνα υπήρχε εκείνο το είδος της ανάγνωσης το οποίο χρησιμοποιούμε και σήμερα στα φιλοσοφικά κείμενα: αυτό που μας ενδιαφέρει είναι οι προϋποθέσεις, η αφετηρία, οι προκείμενες του έργου του συγγραφέα ή της σχολής. Η χρήση αυτών των προκείμενων σε συγκεκριμένα προβλήματα ή παραδείγματα έχει νόημα μόνο για την διασάφισή τους, την κατάδειξη της γονιμότητας ή της ανεπάρκειας τους. Ακόμα και όταν υπάρχει μια διάσταση ανάμεσα στις έννοιες που προαναγγέλλει κάποιος και σε

αυτές που χρησιμοποιεί για την λύση συγκεκριμένων προβλημάτων, αυτό καταρχήν επισημαίνεται αρνητικά, και δεύτερον, η κριτική αφορά τις «εξαγγελτικές» έννοιες και όχι τις «υπόρρητες» ή χρηστικές. Το πλεονέκτημα της υπόθεσης DFLR, είναι ότι, ενώ η «ασυμμετρία» ανάμεσα στην προκλασική και την κλασική φυσική είναι αποδεκτή, την ίδια στιγμή, η μετάβαση από τη μία στην άλλη παρουσιάζεται να είναι όχι μόνο εξηγήσιμη αλλά και ομαλή, χωρίς *gestalt shift* ή «θρησκευτικές μεταστροφές», κατά την έκφραση του Κουν. Στη θέση όμως του ρήγματος που γεφυρώνουν οι συγγραφείς εμφανίζεται ένα άλλο. Αυτό της γένεσης ενός διαφορετικού τρόπου «ανάγνωσης», ενός διαφορετικού τρόπου επικοινωνίας με το κείμενο και όχι βέβαια μόνο με το κείμενο. Η επιστημονική κοινότητα που δημιουργείται στις αρχές του 17ου αιώνα καταφεύγει όλο και πιο συχνά στο πείραμα και στις επιδείξεις για να εξηγήσει, να παρουσιάσει, και να δικαιώσει τις έννοιες και θεωρίες της. Γιατί, όμως, θα πρέπει ο νεοεισαχθείς στην επιστήμη να εστιάσει στη χρήση της έννοιας μέσα στα παραδείγματα και τα πειράματα και όχι στον ορισμό της και στην μέχρι τότε πορεία της; Ποιος είναι ο τρόπος με τον οποία γίνεται αυτή η αλλαγή;

Στην παρουσίαση που ακολουθεί θα υποστηρίξω ότι οι διάδοχοι του Γαλιλαίου αρχίζουν και «διαβάζουν» με αυτό τον τρόπο τα κείμενά του, γιατί *ο ίδιος τους προτείνει μια τέτοια ανάγνωση*. Σε πλήρη αντίθεση με τον Ντεκάρτ, τον οποίο ενδιαφέρουν οι αρχές, ο Γαλιλαίος λύνει απλώς «κάποια καινούργια προβλήματα» κατά την δική του έκφραση, παρακινώντας έτσι τον αναγνώστη να εστιάσει στα λυμένα προβλήματα και όχι στο σχόλιο ή την εισαγωγή σε αυτά. Ισχυρίζομαι ότι αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, ακόμα και αν οι υποτιθέμενες προκλασικές προκείμενες του Γαλιλαίου είναι ζώσες στα κείμενα του, παρόλα αυτά αγνοούνται από τους άμεσους επιγόνους του προς όφελος των υπόρρητων ορισμών μέσα από τα λυμένα προβλήματα. Η παραπάνω παρατήρηση συγκροτεί όχι ένα πέρασμα από ένα πλαίσιο σε ένα άλλο, αλλά κάτι ριζικότερο: την αλλαγή της ίδιας της αντίληψης για το τι είναι πλαίσιο. Δεν έχουμε εγκατάλειψη κάποιων αρχών σε όφελος κάποιων άλλων, αλλά εγκατάλειψη της προσπάθειας διατύπωσης αρχών και έναρξη μιας προσπάθειας γνωσιακής ιδιοποίησης που στηρίζεται στη οικείωση και στην προσπάθεια επέκτασης μια σειράς υποδειγματικά λυμένων προβλημάτων (μοντέλων).

Θεωρώ ότι μια επέκταση στην υπόθεση DFLR, όπως αυτή που επιχειρώ, είναι απαραίτητη, αν κάποιος φιλοδοξεί να έχει πράγματι μια διαφορετική προσέγγιση στο πρόβλημα της συνέχειας κατά την επιστημονική επανάσταση. Μια εννοιολογική

μετατόπιση από ένα σύστημα σε ένα άλλο, όπως περιγράφεται στην υπόθεση DFLLR, καλύπτει περισσότερα και λιγότερα σε σχέση με αυτό που ονομάστηκε επιστημονική επανάσταση. Περισσότερα, γιατί είναι ένα σχήμα το οποίο με την ευρύτητά του καλύπτει κάθε μετατόπιση στην προσπάθεια γνωσιακής ιδιοποίησης ενός αντικειμένου (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι συγγραφείς έχουν τέτοια φιλοδοξία). Λιγότερα, γιατί συρρικνώνει την Επιστημονική Επανάσταση ως μια αλλαγή από ένα εννοιολογικό σύστημα σε ένα άλλο, ενώ εκείνη την περίοδο αλλάζει η ίδια η έννοια του συστήματος, αλλάζει ο τρόπος με τον οποίο μνείσαι και μαθαίνεις και λειτουργείς μέσα σε ένα σύστημα γνωσιακής ιδιοποίησης των φυσικών φαινομένων. Σύμφωνα μάλιστα με αυτό που ονόμασα ισχυρή εκδοχή του ισχυρισμού της υπόθεσης εργασίας η διαφορά μεσαιωνικής και κλασικής φυσικής δεν έγκειται απλώς στη σύγκρουση δύο «ασύμμετρων» εννοιολογικών συστημάτων ή δύο διαφορετικών γνωσιολογικών μεθόδων. Η επιστήμη που εγκαθιδρύει ο Γαλιλαίος αποκόπτεται ουσιαστικά από την παράδοση της προσπάθειας μιας ύστατης και τελειωτικής μεθόδου για την γνώση, αντιτάσσοντας το φτωχό προφίλ μιας ομάδας λυμένων προβλημάτων. Την ίδια στιγμή όμως, προτρέπει στη συνέχιση αυτού του γνωσιολογικού προτύπου, διεκδικώντας τελικά την Μέθοδο με όλη την βαρύτητα και την σημασία της λέξης. Η δικαίωση, όμως, ενός τέτοιου ισχυρισμού θα απαιτούσε την εξέταση της ιστορίας της φυσικής μέχρι τις μέρες μας, όπως και ένα πρόσθετο φιλοσοφικό και ιστορικό επιχείρημα που θα αποδείκνυε ότι η μη προτασιακή δομή της σύγχρονης επιστήμης αντλεί τα χαρακτηριστικά από την περίοδο και το έργο του Γαλιλαίου. Ένα τέτοιο επιχείρημα υπερβαίνει τους στόχους του παρόντος κειμένου, για αυτό θα περιοριστώ παρακάτω στη διατύπωση της υπόθεσης εργασίας η οποία αφορά μόνο τον Γαλιλαίο και το έργο του, υπό μια συγκεκριμένη ιστοριογραφική οπτική. Συγκεκριμένα, στην τελευταία ενότητα θα συνδυάσω την «υβριδική υπόθεση» και την «υπόθεση DFLLR» με τον τρόπο που τις επέκτεινα, ώστε να παρουσιάσω ολοκληρωμένα και συνοπτικά τον στόχο των επόμενων κεφαλαίων.

## 5. Υπόθεση Εργασίας

Ένας από τους βασικούς στόχους του Γαλιλαίου είναι μια ‘επιστήμη της κίνησης’ και ειδικότερα η λύση του προβλήματος της ελεύθερης πτώσης<sup>97</sup>. Σχετικά

<sup>97</sup> Κατά πάσα πιθανότητα αυτό που πραγματικά ενδιαφέρει τον Γαλιλαίο είναι η υπόθεση του ηλιοκεντρισμού. Πέρα όμως από τις πιθανές προτεραιότητες τα δύο θέματα αλληλοσυμπληρώνονται και αποτελούν τις δύο βασικές συνιστώσες μιας νέας ερμηνείας της φύσης. Πράγματι, στην περίπτωση

με το πρόβλημα *Λόγος έναντι Εμπειρίας* και την ‘μέθοδο’ που ακολουθεί ο Γαλιλαίος, η υπόθεση μου έχει ως εξής<sup>98</sup>: Σε αντίθεση με την αναζήτηση γενικών μεθοδολογικών αρχών, ο Γαλιλαίος αναζητά μια συγκεκριμένη περιοχή, ένα ‘καλώς λυμένο πρόβλημα’, στο οποίο οι οριζόμενες έννοιες να είναι σαφείς και χωρίς αντιφάσεις, οι νόμοι που διέπουν τον συσχετισμό των εννοιών να είναι «απλοί» και σχεδόν «αυτονόητοι» και να υπάρχει πλήρης συμφωνία μεταξύ των θεωρητικών προβλέψεων, από το ένα μέρος, και της εμπειρικής- πειραματικής ετυμηγορίας, από το άλλο. Με αυτή την έννοια το κεντρικό μοντέλο ως μονάδα ανάλυσης είναι ‘θεωρητικο- εμπειρική’ οντότητα, διότι οι έννοιες ορίζονται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης αλλά και ένα συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης (πειραματική διάταξη ή εμπειρικό μοντέλο) γίνεται κατασκευάσιμο και κατανοητό μέσα από ένα εννοιολογικό πλαίσιο. Ως εκ τούτου, τα καθαρά νοητικά και τα καθαρά εμπειρικά στοιχεία, μπορούν να νοηθούν μόνο ως εκ των υστέρων αφαιρέσεις, οι οποίες βέβαια δεν μπορούν να αποτελέσουν επιχείρημα φιλοσοφικού θεμελιωτισμού.

Συνεχίζοντας την υπόθεση εργασίας, έρχομαι τώρα στο δεύτερο ζεύγμα, αυτό της συνέχειας- ασυνέχειας για να εξετάσω πώς μπορεί να αναπλαισιωθεί με βάση τα μοντέλα. Στην αρχή της σταδιοδρομίας του ο Γαλιλαίος επιλέγει ως μοντέλο- βάση τον αρχιμήδειο ζυγό. Επιχειρεί να ανάγει προβλήματα κίνησης και ειδικότερα το πρόβλημα της πτώσης των σωμάτων σε πρόβλημα ζυγού. Θεωρητικά και πειραματικά προβλήματα τον αναγκάζουν όμως να εγκαταλείψει το πρότυπο του ζυγού, αλλά όχι και την «αρχιμήδεια» μέθοδο, καθώς αναζητά ένα άλλο μοντέλο- βάση.

Η επόμενη επιλογή του, είναι το «παλιό» εννοιολογικό σύστημα διαπραγμάτευσης της κίνησης, δηλαδή, το αριστοτελικό- μεσαιωνικό πρότυπο των ομοιόμορφων ταχυτήτων. Μετασχηματίζοντας την έννοια της ταχύτητας για την περίπτωση μη ομοιόμορφης κίνησης, ο Γαλιλαίος κατορθώνει να κατασκευάσει ένα καινούργιο κεντρικό μοντέλο, το κεκλιμένο επίπεδο. Το κεκλιμένο επίπεδο γίνεται το νέο κεντρικό μοντέλο της επιστήμης της κίνησης με βάση το οποίο εξηγείται, όχι μόνο η ελεύθερη πτώση, αλλά και διαφορετικά εκ πρώτης όψεως προβλήματα, όπως οι βολές. Τελικά, το ίδιο το μοντέλο των ομοιόμορφων ταχυτήτων το οποίο

---

μιας κινούμενης γης, χρειάζεται μια καινούργια θεωρία για την κίνηση ώστε να εξηγηθεί η φαινομενική ηρεμία στην επιφάνειά της. Από το άλλο μέρος, αν απορριφθεί η αριστοτελική θεωρία για την κίνηση θα πρέπει να απορριφθεί και η αντίστοιχη κοσμολογία που εξηγεί αυτή την κίνηση.

<sup>98</sup> Τα παρακάτω αποτελούν βέβαια εργαλεία ανασυγκρότησης και ερμηνείας και όχι προσπάθεια εύρεσης των «πραγματικών» κινήτρων ή σκέψεων του Γαλιλαίου.



απετέλεσε το μοντέλο-πηγή, παρουσιάζεται ως μερική περίπτωση του νέου κεντρικού μοντέλου, του κεκλιμένου επιπέδου. Με αυτόν τον τρόπο, η επιστήμη του Γαλιλαίου προέκυψε τελικά, από ένα μοντέλο του μεγάλου αντιπάλου του, του Αριστοτέλη, ερχόμενη κατόπιν σε ρήξη με τη αριστοτελική μέθοδο μέχρι την τελική αυτονόμηση από την καταγωγή της.

Πριν αρχίσω την εξέταση της γαλιλαϊκής επιστήμης, θα παρουσιάσω σε ένα εκτενές κεφάλαιο την αρχιμήδεια στατική. Ο λόγος για αυτό, είναι ότι ο Γαλιλαίος, σύμφωνα πάντα με την υπόθεση εργασίας, όχι μόνο υιοθέτησε την μέθοδο του Αρχιμήδη αλλά στην αρχή και το συγκεκριμένο μοντέλο-βάση που χρησιμοποίησε ο ίδιος ο Αρχιμήδης, τον ζυγό. Στην κεφάλαιο που ακολουθεί αμέσως, θα επιχειρήσω μια πρώτη ανασυγκρότηση του αρχιμήδειου έργου με βάση το μοντέλο του ζυγού και την επέκτασή του σε άλλα προβλήματα στατικής. Η αρχιμήδεια στατική, πέρα από την σχέση της με το έργο του Γαλιλαίου, θα μου δώσει μια πρώτη ευκαιρία για την ανάδειξη της γονιμότητας της θεωρίας των επεκτεινόμενων προτύπων στην ανασυγκρότηση ιστορικών γεγονότων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ο Αρχιμήδης και το Μοντέλο του Ζυγού

---

---

### 1. Η Γένεση της μη- Προτασιακής Μεθόδου στην Αρχαία Ελλάδα.

#### 1.1 Απόδειξη και Αναλογική Ανακάλυψη στην Αρχαία Ελληνική Γεωμετρία

Η αξιωματικό- παραγωγική μέθοδος, όπως διαμορφώνεται στα πλαίσια της αρχαίας ελληνικής γεωμετρίας, αποτελεί ορόσημο, όχι μόνο στην ιστορία των μαθηματικών και της επιστήμης, αλλά στην συγκρότηση της δυτικής σκέψης γενικότερα. Σε αντίθεση με τις προγενέστερες μαθηματικές παραδόσεις της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου, όπου οι γεωμετρικές προτάσεις θεμελιώνονται στην εμπειρική αλήθεια και την χρησιμότητά τους, στην ελληνική γεωμετρία κάθε ισχυρισμός πρέπει να είναι αποδεδειγμένος. Η έννοια της απόδειξης στα μαθηματικά - και ειδικότερα στη γεωμετρία- κάνει την πρώτη εμφάνιση της στα παράλια της Ιωνίας στις αρχές του 6<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ., εντάσσεται στα πλαίσια μιας παράδοσης με τη σχολή της Χίου στα μέσα του 5<sup>ου</sup> αι. π.Χ., για να πάρει το πλήρες νόημα της με το έργο του Ευκλείδη στις αρχές του 3<sup>ου</sup> αι. π.Χ.. Στα *Στοιχεία* του τελευταίου, τα οποία συγκεντρώνουν την γεωμετρική γνώση της εποχής σε ένα περιεκτικό σύστημα, κάθε γεωμετρική πρόταση νομιμοποιείται όταν είτε θεωρείται δεδομένη (αξίωμα ή ορισμός<sup>99</sup>), είτε παράγεται από τις δεδομένες με παραγωγικό συλλογισμό (θεωρήματα και προβλήματα κατασκευών). Στην δεύτερη περίπτωση, θα πρέπει η πρόταση να αποδεικνύεται με βάση τα αξιώματα και κάποιους απλούς κανόνες συλλογισμού, οι οποίοι σε τελική ανάλυση είναι τρόποι συνδυασμού προτάσεων που θεωρούνται αληθείς. Τα *Στοιχεία* του Ευκλείδη, έτσι, συγκροτούνται ως το αρχαιότερο σωζόμενο σύγγραμμα το οποίο βασίζεται στην αξιωματικό- παραγωγική μέθοδο, ολοκληρώνοντας μια πορεία η οποία ξεκινάει στις αρχές του 6<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ.<sup>100</sup>

---

<sup>99</sup> Στην Ευκλείδεια ορολογία τα είδη των αρχικών προτάσεων οι οποίες γίνονται δεκτές χωρίς απόδειξη, είναι οι *ορισμοί*, τα *αιτήματα* (που προσιδιάζουν σε μια συγκεκριμένη επιστήμη) και οι *κοινές έννοιες* (προτάσεις που ισχύουν σε κάθε επιστήμη)

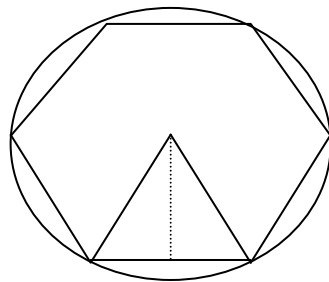
<sup>100</sup> Για την αξιωματικό- παραγωγική μέθοδο του Ευκλείδη και την σχέση της με μια σύγχρονη αξιωματική θεωρία βλ. Χριστιανίδης (2003, 87-92)

Περίπου την ίδια χρονική περίοδο, όμως, δίπλα σε αυτό το τρόπο παραγωγής μιας πρότασης με βάση άλλες δεδομένες προτάσεις, εμφανίζεται μια άλλη μέθοδος, η οποία δεν βασίζεται στον αξιωματικό- παραγωγικό συλλογισμό και θα την ονομάσω μη- προτασιακή. Η μη- προτασιακή μέθοδος, για τους λόγους που θα εξηγήσω παρακάτω, δεν θεωρήθηκε αξιόπιστη από τους έλληνες μαθηματικούς και έμεινε πάντα στη «σκιά» της κυρίαρχης παραγωγικής μεθόδου. Σύμφωνα με την πρόσφατη ιστορική έρευνα, ο Αρχιμήδης είναι αυτός οποίος επιχειρεί για μιλήσει «επίσημα» για αυτή τη μέθοδο στα μαθηματικά και όπως θα ισχυριστώ σε αυτό το κεφάλαιο, θα βασίζει ολόκληρη τη μηχανική του σε αυτήν.

Από τις πρώτες και πλέον χαρακτηριστικές εφαρμογές μη-προτασιακών μεθόδων, αποτελεί η ανακάλυψη της πρότασης<sup>101</sup>, ο οποίος δίνει το εμβαδόν του κύκλου ως το  $\frac{1}{2}$  του γινομένου της περιφέρειάς του κύκλου επί την ακτίνα του.

$$E=1/2\Pi\rho.$$

Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, ούτε για το πότε ακριβώς ανακαλύπτεται η πρόταση, ούτε για την μέθοδο ανακάλυψής της<sup>102</sup>. Σχετικά με το τελευταίο, όμως, μια λογική υπόθεση (Edwards Jr., 1979, 31) είναι ότι χρησιμοποιήθηκε η εγγραφή σε κύκλο «άπειρων» ισοσκελών τριγώνων με κοινή κορυφή με τον τρόπο που θα περιγράψω αμέσως.



Σχήμα 1

<sup>101</sup> Στα αρχαία ελληνικά μαθηματικά τα πάντα διατυπώνονται μέσω της γλώσσας, χωρίς την χρήση αλγεβρικού συμβολισμού ή εξισώσεων. Η χρησιμοποίηση «τύπων» ως εκ τούτου είναι καταχρηστική, αφού στην πραγματικότητα πρόκειται κυριολεκτικά για γεωμετρικές προτάσεις. Η αλγεβρική παρουσίαση παρατίθεται για λόγους ευκολίας, καθώς δεν επηρεάζει το επιχείρημα.

<sup>102</sup> Από την στιγμή που είναι γνωστή, η πρόταση αποδεικνύεται αυστηρά, από τον Αρχιμήδη στο *Κύκλου Μέτρησις* με μια βελτιωμένη εκδοχή της Ευδόξειας μεθόδου της εξάντλησης, που θα παρουσιαστεί παρακάτω

Κάθε τρίγωνο στο σχήμα 1, έχει εμβαδό ίσο με  $\frac{1}{2} a$  (πλευρά) επί  $h$  (ύψος). Άρα το εμβαδόν ενός πολυγώνου, το οποίο αποτελείται από  $n$  τέτοια τρίγωνα θα είναι ίσο με

$$E(\pi) = n \cdot (\frac{1}{2} a \cdot h) = \frac{1}{2} (n \cdot a) \cdot h.$$

Όσο περισσότερες πλευρές έχει το πολύγωνο, τόσο το εμβαδόν του πλησιάζει το εμβαδόν του περιγεγραμμένου κύκλου. Αυτή η διαρκής προσέγγιση, δεν θα γίνει ποτέ ταύτιση, παρά μόνο στην περίπτωση που οι πλευρές του πολυγώνου γίνουν *άπειρες*. Μόνο σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να φανταστούμε το πολύγωνο να «εκφυλίζεται» στον κύκλο και ως εκ τούτου τα εμβαδά των δύο σχημάτων να ταυτίζονται. Σε αυτή λοιπόν την περίπτωση, το «αριστερό» μέλος της εξίσωσης, από εμβαδόν πολυγώνου, μετασχηματίζεται σε εμβαδόν κύκλου. Τι γίνεται τώρα στο «δεξιό» μέλος της εξίσωσης; Στην περίπτωση των άπειρων πλευρών το γινόμενο γινόμενο  $n \cdot a$  εξισώνεται με το μήκος της περιφέρειας του κύκλου,

$$n \cdot a \longrightarrow \Pi$$

Το ύψος  $h$ , όσο ο αριθμός των πλευρών μεγαλώνει, τόσο πλησιάζει την περιφέρεια του κύκλου. Άρα θα μπορούσαμε να πούμε ότι στην περίπτωση που οι πλευρές του πολυγώνου *γίνουν άπειρες*, το  $h$  «αγγίζει» την περιφέρεια του κύκλου, άρα γίνεται ίσο με την ακτίνα.

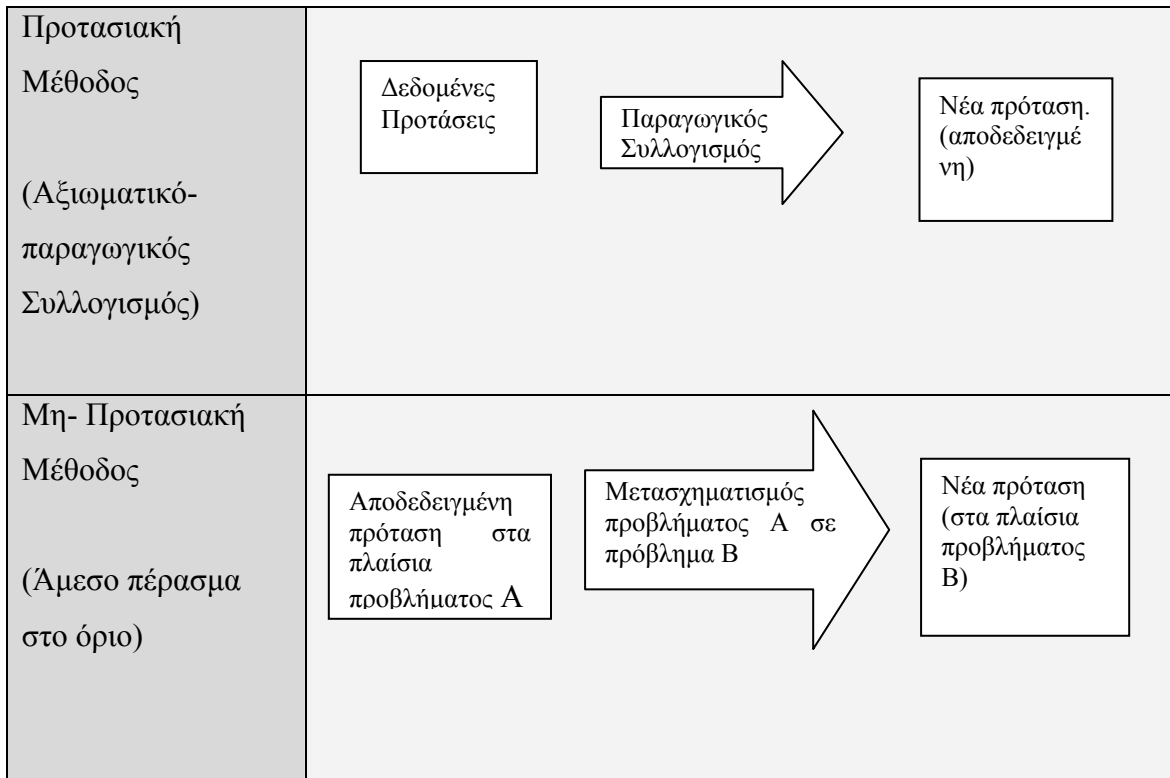
$$h \longrightarrow \rho$$

Με βάση τα παραπάνω, στην περίπτωση του «εκφυλισμού» του πολυγώνου σε κύκλο, ο τύπος μετατρέπεται σε.

$$E(\text{εμβαδό κύκλου}) = \frac{1}{2} \Pi \cdot \rho$$

Μέσω της παραπάνω διαδικασίας, καταλήγουμε σε μία γεωμετρική πρόταση, όχι μέσω της αξιωματικό- παραγωγικής μεθόδου, αλλά *βλέποντας* τον κύκλο ως πολύγωνο με άπειρες πλευρές. Ο τύπος του εμβαδού κύκλου δεν εξάγεται με βάση αξιώματα, ορισμούς και γνωστά θεωρήματα, αλλά μέσω ενός άλλου προβλήματος -

εμβαδόν κανονικού πολυγώνου- και ενός κανόνα μετασχηματισμού: «πολλαπλασίασε επ' άπειρον τις πλευρές του πολυγώνου». Μέσω του τελευταίου κανόνα, το πρόβλημα εύρεσης εμβαδού κύκλου προσομοιώνεται (ή ανάγεται) στο –λυμένο- πρόβλημα εύρεσης εμβαδού κανονικού πολυγώνου.



Ο μετασχηματισμός ή προσομοίωση των δύο διαφορετικών προβλημάτων (πολύγωνο- κύκλος) επιτυγχάνεται, όπως είδαμε παραπάνω, μέσω του *απειρισμού* των πλευρών του πολυγώνου. Αυτό το *άμεσο πέρασμα στο όριο*, για τους λόγους που θα εκθέσω παρακάτω, δεν θεωρήθηκε αξιόπιστη μέθοδος απόδειξης στην αρχαιότητα, παρόλο που αναπτύχθηκε σχεδόν την ίδια περίοδο με την αξιωματική- παραγωγική μέθοδο.

Πράγματι, σύμφωνα με τη χαμένη ιστορία του Εύδημου, η οποία υποτίθεται αντιγράφηκε από τον Σιμπλίκιο<sup>103</sup>, φαίνεται ότι ο Ιπποκράτης ο Χίος (ακμ. γύρω στο 435 π.Χ.) απέδειξε ότι ο λόγος των εμβαδών δυο κύκλων είναι ίσος με τον λόγο των τετραγώνων των διαμέτρων τους<sup>104</sup>. Μια λογική υπόθεση για τον τρόπο με τον οποίο

<sup>103</sup> Σχολιαστής του Αριστέλη, άκμασε γύρω στο 520 π.Χ. (Edwards Jr, 1979, 7)

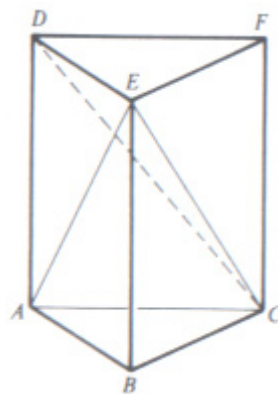
<sup>104</sup> Η ίδια πρόταση αποδεικνύεται στα Ευκλείδεια *Στοιχεία* (βιβλίο 7, πρόταση 2), και στο αρχιμήδειο *Κύκλου Μέτρησις*.

ο Ιπποκράτης θα έβγαλε αυτό το αποτέλεσμα είναι η εξής: Απέδειξε πρώτα μέσω της αξιωματικής μεθόδου, ότι ο τύπος ισχύει για κάθε κανονικό πολύγωνο εγγεγραμμένο στον κύκλο. Το «πέραςμα» κατόπιν στην περίπτωση του κύκλου, έγινε με την μέθοδο που περιγράψαμε πιο πριν, θεωρώντας δηλαδή ότι ο τύπος παραμένει αληθής, ακόμα και όταν οι πλευρές του πολυγώνου γίνουν άπειρες, όταν με άλλα λόγια το πολύγωνο «εκφυλιστεί» σε κύκλο.



Σχήμα 2

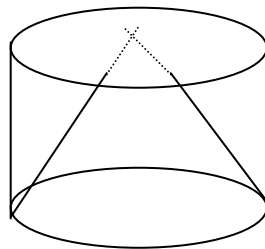
Σύμφωνα με τον Αρχιμήδη, ο Δημόκριτος (460- 370 π.Χ. ) ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε ότι ο όγκος ενός κώνου είναι το ένα τρίτο του όγκου ενός κυλίνδρου με την ίδια βάση και ύψος, αλλά δεν το απέδειξε αυστηρά<sup>105</sup>. Ο Δημόκριτος φαίνεται ότι ανακάλυψε την παραπάνω πρόταση χρησιμοποιώντας την μέθοδο του περάσματος στο όριο, ξεκινώντας από την σχέση πρίσματος και πυραμίδας.



Σχήμα 3

<sup>105</sup> Αναφέρεται στην εισαγωγή της *Μεθόδου* (βλ. παρακάτω). Στο ίδιο απόσπασμα, ο Αρχιμήδης αναφέρει ότι η τελική, «αυστηρή», απόδειξη του τύπου η οποία βρίσκεται στα *Στοιχεία*, οφείλεται στον Εύδοξο. (Edwards Jr. 1979, 8)

Όπως φαίνεται στο σχήμα, το πρίσμα ABCDEF αποτελείται από τρεις τριγωνικές πυραμίδες ABCE. Το εμβαδόν κάθε πυραμίδας, ως εκ τούτου, θα είναι ίσο με το  $1/3$  του εμβαδού του πρίσματος. Από την στιγμή λοιπόν που ο τύπος έχει αποδειχθεί για πρίσματα, ο Δημόκριτος πέρασε στους κώνους με ίδιο τρόπο που ο Ιπποκράτης ‘εξάντλησε’ τον κύκλο εγγράφοντας πολύγωνα με όλο και περισσότερες πλευρές. Δηλαδή, ξεκινώντας από τη βάση κυκλικού κώνου, εγγράφοντας όλο και περισσότερες πυραμίδες κατέληξε στο ‘οριακό’ συμπέρασμα ότι ο τύπος για τα πρίσματα θα ισχύει και για την περίπτωση των κώνων, δηλαδή, ο όγκος ενός κώνου θα είναι ίσος με το  $1/3$  του όγκου κυλίνδρου ο οποίος έχει την ίδια βάση και το ίδιο ύψος με τον κώνο.



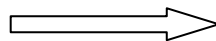
Σχήμα 4

Οι περιπτώσεις του Ιπποκράτη του Χίου και του Δημόκριτου δείχνουν ότι η μη-προτασιακή μέθοδος χρησιμοποιείται ήδη από τον 5<sup>ο</sup> αι. π.Χ., πράγμα που σημαίνει ότι γεννήθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με τη αξιωματική- παραγωγική μέθοδο. Ο σύγχρονος αναγνώστης αναγνωρίζει ήδη στο άμεσο πέρασμα στο όριο τα πρώτα βήματα του απειροστικού λογισμού. Κι όμως, η πορεία αυτή δεν συνεχίστηκε και για τους λόγους που θα δούμε παρακάτω η μέθοδος αυτή θεωρήθηκε μη-αυστηρή και αντιμετωπίστηκε, στην καλύτερη περίπτωση, ως ευρετική και όχι αποδεικτική.

### 1. 2 Ο Φόβος του Απείρου και των Απειροστών.

Ας γυρίσουμε στο παράδειγμα του κύκλου για να θέσουμε πάλι το ερώτημα: γιατί ο Έλληνας μαθηματικός δεν θεώρησε νόμιμο το άμεσο πέρασμα στο όριο, μέσω του οποίου η αποδεδειγμένη πρόταση για το εμβαδό πολυγώνου, μετασχηματίζεται στην πρόταση για τον εμβαδό του κύκλου;

$$E = \frac{1}{2} (n \cdot a) \cdot h.$$



$$E = \frac{1}{2} \Pi r^2$$

Η απάντηση βρίσκεται στο άτυπο, «οπτικό» τρόπο με τον οποίο γίνεται αυτό το πέρασμα, σύμφωνα με τον οποίο ο κύκλος πρέπει κυριολεκτικά να *ειδωθεί ως* πολύγωνο με άπειρες πλευρές. Πέρα από το πρόβλημα αυστηρότητας και ακρίβειας, η τεχνική του περάσματος βασίζεται σε δύο έννοιες, οι οποίες δημιουργούν δυσκολίες στην νοητική σύλληψή τους και συνδέθηκαν σύντομα με μια σειρά λογικών παραδόξων. Η πρώτη είναι η έννοια του *απείρου*. Αν ο κύκλος είναι κυριολεκτικά ένα πολύγωνο με άπειρες πλευρές, θα πρέπει να υποθέσουμε ότι άπειρες τον αριθμό οντότητες βρίσκονται κάθε στιγμή παρούσες και μάλιστα σε πεπερασμένο χώρο. Η δεύτερη είναι η έννοια του απείρως μικρού, ή απειροστού. Μένοντας στο ίδιο παράδειγμα, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των πλευρών του πολυγώνου, τόσο μικραίνει και το μήκος κάθε πλευράς. Άρα, όταν ο αριθμός γίνει άπειρος, κάθε πλευρά πρέπει να γίνει *απείρως μικρή*. Το πρόβλημα που γεννιέται με την ιδέα του *απειροστού*, είναι οντολογικής φύσης. Η απείρως μικρή οντότητα, χάνει μια «διάστασή» της και μετατρέπεται σε οντότητα διαφορετικού είδους. Ένα απειροστό μέρος στερεού είναι ένα επίπεδο, ένα απειροστό ενός επιπέδου είναι ευθεία και ένα απειροστό τμήμα της ευθείας είναι ένα σημείο. Αν δεχτούμε την ύπαρξη των απειροστών μια οντότητα (όπως η ευθεία) θα μπορούσε να αποτελείται από άθροισμα οντοτήτων διαφορετικού είδους (όπως το σημείο). Μόλις τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, και μετά από τεράστιες προσπάθειες μαθηματικών και φυσικών, η παραπάνω σύλληψη απέκτησε ένα καθεστώς συνέπειας και αυστηρότητας<sup>106</sup>. Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε δύο συνιστώσες, στην επιφυλακτική στάση των αρχαίων Ελλήνων, σχετικά με αυτές τις δύο έννοιες. Η μία αφορά σε γενικότερα φιλοσοφικά και κοσμοθεωρητικά ζητήματα και η άλλη αφορά συγκεκριμένα λογικά και μαθηματικά παράδοξα.

Ξεκινώντας από την πρώτη συνιστώσα, ο φόβος του απείρου και των απειροστών συνδέεται με γενικότερες φιλοσοφικές διενέξεις στον αρχαιοελληνικό κόσμο. Η ιδέα π.χ., ότι οι παρατηρούμενες οντότητες του σύμπαντος, θα μπορούσαν να αποτελούνται από αδιαίρετα «άτομα», μη εντοπίσιμα δια των γυμνών αισθήσεων και διαφορετικής οντολογικής υφής από τις απαρτιζόμενες οντότητες, παρέπεμπε στο έργο των ατομικών φιλοσόφων (Λεύκιππος, Δημόκριτος). Η ατομική φιλοσοφία, με την σειρά της, συνδεόταν με μία υλιστική θεώρηση του σύμπαντος, η οποία

<sup>106</sup> Στο τέλος του 17<sup>ου</sup> αιώνα, και παρά την επιτυχή χρησιμοποίησή τους στη λύση φυσικών προβλημάτων από τον Νεύτωνα και τον Λάμπνιτς, οι μαθηματικοί και φιλόσοφοι της εποχής, αμφισβητούν έντονα την νομιμότητα της χρήσης αυτών των εννοιών. Χαρακτηριστική είναι η επίθεση που κάνει ο Μπέρκλεϋ, ο οποίος με το βιβλίο *The Analyst*, αμφισβητεί με τρόπο δηκτικό, την οποιαδήποτε συνέπεια θα μπορούσε να επικαλεστεί κάποιος για αυτές τις μεθόδους.



βρισκόταν στον αντίποδα τόσο της πλατωνικής, όσο και της αριστοτελικής φιλοσοφίας. Ο φόβος του απείρου, από το άλλο μέρος, συνδέεται με το κλειστό και πεπερασμένο σύμπαν των αρχαίων, μέσα στο οποίο δύσκολα θα μπορούσε να φανταστεί κανείς άπειρες οντότητες. Όπως παρατηρεί ο Κοϊρέ, οι όποιες εννοιολογικές μετατοπίσεις συμβαίνουν κατά την περίοδο της επιστημονικής επανάστασης, θεμελιώνονται πάνω στην ανατροπή του αρχαίου κοσμοειδώλου, καθώς ο κλειστός κόσμος της αρχαιότητας μετατρέπεται στο άπειρο και ανοιχτό σύμπαν της νευτώνειας μηχανικής (Κοιρέ 1989). Πέρα όμως από την καταγωγή αυτών των ιδεών ή την σχέση τους με τις γενικότερες φιλοσοφικές και κοσμοθεωρητικές αντιλήψεις των αρχαίων Ελλήνων, θα εστιάσω παρακάτω στη δεύτερη συνιστώσα, δηλαδή, στα ρητά παράδοξα που ακολουθούσαν τις ιδέες του απείρου και των απειροστών, καθώς αυτά τα παράδοξα, όπως θα δούμε, επιχείρησαν να παρακάμψουν ο Εύδοξος και ο Αρχιμήδης.

Τα γνωστότερα παράδοξα είναι αυτά βέβαια που παρέθεσε ο Ζήνων (495- 435 π.Χ.)<sup>107</sup>. Υπάρχουν διάφορες ερμηνείες σχετικά με την φιλοσοφική σημασία των παραδόξων στην αρχαιότητα και τα κίνητρα του Ζήωνα. Το βέβαιο είναι πάντως ότι τα παράδοξα ξεκινάνε από την χρήση των ιδεών του απείρου και του απειροστού. Στην περίπτωση του παραδόξου του Αχιλλέα<sup>108</sup> π.χ., το «παράδοξο» συμπέρασμα, δημιουργείται όταν θεωρήσουμε ότι η απόσταση μεταξύ της χελώνας και του Αχιλλέα μπορεί να θεωρηθεί ως άθροισμα όλο και μικρότερων αποστάσεων, *άπειρων τον αριθμό*. Ο Ζήνων, υπ' αυτή την έννοια, οδηγεί την έννοια του ενεστώτος απείρου σε μια παραδοξότητα, όταν τη συνδέει με το χρόνο. Σύμφωνα με τον συλλογισμό του, αν μπορούμε να θεωρήσουμε μια απόσταση ως άθροισμα *απείρων* μικρότερων αποστάσεων, θα πρέπει να δεχθούμε το συμπέρασμα ότι οι τελευταίες θα χρειαστούν άπειρο χρόνο για να διανυθούν.

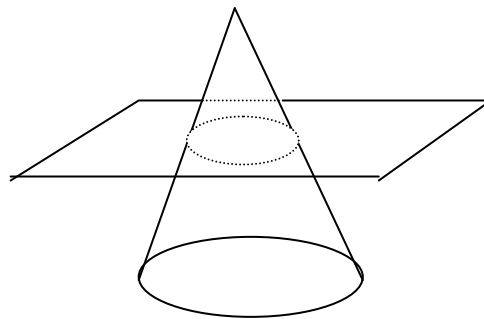
Το παράδοξο του βέλους, από το άλλο μέρος, θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως συνέπεια του διαφορετικού οντολογικού καθεστώτος, ανάμεσα σε μια οντότητα και στις «στοιχειώδεις» ατομικές οντότητες που την απαρτίζουν. Πράγματι, αν ο χρόνος

<sup>107</sup> Για μια απλή παρουσίαση των παραδόξων στα Ελληνικά βλ. Bell (1992, 35- 37) και για περισσότερα βλ. Lee (1936)

<sup>108</sup> Εν συντομία το παράδοξο έχει ως εξής. Αν η χελώνα ξεκινήσει πρώτη, σε ένα αγώνα δρόμου με τον Αχιλλέα, όταν ο τελευταίος φτάσει στο σημείο που ξεκίνησε η χελώνα, αυτή θα έχει μετατοπιστεί κατά μία μικρή απόσταση μπροστά. Όταν ο Αχιλλέας φτάσει στο δεύτερο σημείο, η χελώνα θα έχει κάνει άλλη μια (μικρότερη) απόσταση μπροστά και θα βρίσκεται σε ένα καινούργιο σημείο. Ο Αχιλλέας ως εκ τούτου, θα πρέπει να διανύσει άπειρες τον αριθμό «στοιχειώδεις» αποστάσεις, άρα δεν θα φτάσει ποτέ την χελώνα.

αποτελείται από αδιαίρετες στιγμές, τότε ένα βέλος το οποίο βρίσκεται σε μια τέτοια στιγμή, δεν μπορεί να κινείται, διότι αυτό θα σήμαινε ότι η στιγμή θα μπορούσε να διαιρεθεί σε μικρότερα χρονικά διαστήματα. Αν, όμως, το βέλος δεν κινείται σε καμία από τις στιγμές, δεν μπορεί και να κινείται σε κάποιο χρονικό διάστημα, αφού το τελευταίο αποτελείται από «στιγμές». Ως εκ τούτου, κανένα βέλος, δεν μπορεί να κινείται ποτέ. Η «βάση» του παραπάνω παραδόξου, είναι η παραδοχή ότι μια οντότητα, όπως ο χρόνος, θα μπορούσε να αποτελείται από οντότητες διαφορετικού είδους, όπως οι «στιγμές».

Ο ίδιος ο Δημόκριτος επίσης, ο οποίος όπως είπαμε ήταν από τους πρώτους που εισήγαγε μη προτασιακές μεθόδους στη γεωμετρία, ήταν αυτός που εντόπισε τα παράδοξα που υπέκρυπτε η 'ατομική' μέθοδος, δηλαδή, το να θεωρείται ότι μια ευθεία αποτελείται από άπειρο αριθμό σημείων, ένα επίπεδο σχήμα από άπειρο αριθμό γραμμών, και ένα τρισδιάστατο σχήμα από άπειρο αριθμό 'τομών'. Ο Πλούταρχος αποδίδει στον Δημόκριτο την εξής ερώτηση (Van der Waerden 1961, 138)



Σχήμα 5

Αν ένα κώνος κόβεται από επίπεδα παράλληλα στη βάση του, τότε οι τομές είναι ίσες ή άνισες; Αν είναι άνισες τότε ο κώνος θα έπρεπε να έχει το σχήμα σκάλας αλλά αν ήταν ίσες, τότε όλες οι τομές θα ήταν ίσες, και τότε ο κώνος θα έμοιαζε με κύλινδρο, αποτελούμενο από ίσους κύκλους, το οποίο είναι παντελώς ανόητο.

Τα παράδοξα αυτά απετέλεσαν πρόκληση, όχι μόνο για τους μαθηματικούς, αλλά και για τους φιλοσόφους της αρχαίας Ελλάδας. Ένας από αυτούς που προσπάθησε να κλείσει με συστηματικό τρόπο το δρόμο στο παράδοξο σύμπαν των 'απειροστών' και του 'ενεστώτος απείρου' ήταν ο Αριστοτέλης.

Ο Αριστοτέλης διέκρινε την ποσότητα σε δυο τάξεις, το διακριτό (αριθμό) και το συνεχές (μέγεθος). Ο *αριθμός* βασίζεται στην αδιαίρετη μονάδα και με αυτή την έννοια ο αριθμός 2 π.χ., αποτελείται από δύο αδιαίρετες και ταυτόσημες μονάδες. Αντίθετα, το μέγεθος (π.χ. γραμμές, εμβαδά, όγκος και χρόνος) είναι «αυτό που είναι διαιρετό σε τμήματα τα οποία είναι απείρως διαιρετά» (*Φυσικά* VI, 1, 231b 15). Η δυνατότητα να τέμνεται επ' άπειρον ένα μέγεθος αποκλείει την περίπτωση, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, να φτάσουμε κάποτε σε κάποια «αδιαίρετη» μονάδα. Η ευθεία, π.χ., ως μέγεθος συνεχές, δεν θα μπορούσε να αποτελείται από τα «αδιαίρετα» σημεία, γιατί κάθε φορά που η ευθεία διαιρείται σε μικρότερα κομμάτια το αποτέλεσμα είναι πάντα ευθύγραμμα τμήματα. Για τον Αριστοτέλη, η σημερινή ιδέα μιας ευθείας αποτελούμενης από άπειρο αριθμό σημείων περιέχει εσωτερική αντίφαση με βάση το εξής σκεπτικό. Τα σημεία θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια ευθεία μόνο στο βαθμό που θα μπορούσαμε να τα θεωρήσουμε σε συνέχεια, με άλλα λόγια, αν τα «εφαπτόμενα όρια του καθενός γίνονται ένα και το αυτό» (ό.π. V, 3, 227a 12). Για να εφάπτονται όμως τα σημεία (ώστε να θεωρήσουμε ότι εκεί που τελειώνει το ένα αρχίζει το άλλο), θα πρέπει να έχουν όρια στο καθένα, άρα και εσωτερικό, πράγμα που αντιβαίνει στον ορισμό τους ως 'αδιάστατες' οντότητες.

Αλλά και η παρουσία άπειρου πλήθους σημείων ή γενικότερα, άπειρου πλήθους οντοτήτων, κατά τον Αριστοτέλη πρέπει να απορριφθεί, τόσο ως οντολογική παραδοχή, όσο και ως μαθηματικό εργαλείο. Το άπειρο για τον Αριστοτέλη εμφανίζεται με δυο μορφές. Η πρώτη είναι σε σχέση με τους αριθμούς, τους οποίους μπορούμε επ' άπειρον να μεγαλώνουμε. Η δεύτερη είναι σε σχέση με τη διαίρεση (μεγεθών), σύμφωνα με την οποία μπορούμε απ' άπειρον να χωρίζουμε ένα συνεχές μέγεθος. Και στις δυο περιπτώσεις, για τον Αριστοτέλη, το άπειρο είναι *δυνάμει* και όχι *ενεργεία*. Η έννοια του απείρου θα πρέπει να κατανοηθεί ως προς κάποια διαδικασία που δεν έχει τέλος και όχι ως προς την ταυτόχρονη παρουσία άπειρου πλήθους αντικειμένων. Ως εκ τούτου, το άπειρο «δεν είναι αυτό που δεν έχει τίποτα εκτός του, αλλά αυτό που έχει πάντα κάτι εκτός του» (ό.π. III, 6, 206b 32). Η ύπαρξη του *ενεργεία απείρου* απορρίπτεται, όχι μόνο οντολογικά αλλά ακόμα και ως μαθηματικό εργαλείο. Οι μαθηματικοί, κατά τον Αριστοτέλη, δεν έχουν ανάγκη άπειρες γραμμές, αλλά γραμμές που μπορούν να τις προεκτείνουν όσο θέλουν και, με αυτή την έννοια, χειρίζονται πάντα το *δυνάμει άπειρο* και όχι το *ενεργεία*.

Όταν, λοιπόν, ο Εύδοξος, ο Αρχιμήδης και οι μαθηματικοί της αρχαιότητας κάνουν τις πρώτες προσπάθειες μη προτασιακών αποδείξεων, εργάζονται από την

αρχή με μεγάλη αρνητική παρακαταθήκη. Πριν ακόμα αρχίσουν τις προσπάθειές τους, έχουν να αντιμετωπίσουν τα παράδοξα του Ζήνωνα και τις επιφυλάξεις των μαθηματικών και φιλοσόφων της εποχής τους απέναντι στις ιδέες των απειροστών και του απείρου, ιδέες παρόλα αυτά απαραίτητες για την ανεπίσημη μη προτασιακή μέθοδο.

### 1.3 Η Μέθοδος της Εξάντλησης

Η μέθοδος της εξάντλησης του Ευδόξου είναι ένας μεγαλοφυής τρόπος αποφυγής των παραπάνω προβλημάτων, με βάση τον οποίο υπάρχει εκμετάλλευση της μη προτασιακής μεθόδου, χωρίς τα λογικά μειονεκτήματά της. Σύμφωνα με τον Έντουαρτς

Οι Έλληνες, επιμελώς απέφυγαν την «προσφυγή στο όριο» ρητώς και αυτός ο φαινομενικός «τρόμος του απείρου» είναι πιθανά υπεύθυνος για την λογική σαφήνεια της μεθόδου της εξάντλησης. (Edwards Jr., 1979, 16)

Ο Ευδόξος αποδεικνύει τις προτάσεις οι οποίες προήλθαν με μη προτασιακές μεθόδους, ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο, χρησιμοποιώντας την εις άτοπον απαγωγή. Π.χ. στην περίπτωση της απόδειξης της πρότασης που αποδίδεται στον Δημόκριτο, ότι όγκος κώνου δίδεται από το  $1/3$  του γινομένου της βάσης επί το ύψος του, ο Ευδόξος<sup>109</sup> εργάζεται ως εξής.

Έστω  $E$  το εμβαδό του κώνου,  $\beta$  η βάση και  $\upsilon$  το ύψος. Τότε,

Αν δεν ισχύει ότι  $E=1/3 \beta \upsilon$ , τότε θα ισχύει

είτε το  $E>1/3 \beta \upsilon$

είτε το  $E< 1/3 \beta \upsilon$

Ο Ευδόξος απορρίπτει τις δύο εναλλακτικές προτάσεις δείχνοντας ότι οδηγούν σε άτοπο. Η μέθοδος απόδειξης του Ευδόξου, βασίζεται στην δυνατότητα εγγραφής και περιγραφής πολυγώνων στον κύκλο, τα οποία μπορούν να «πλησιάζουν» τον κύκλο, όσο θέλουμε. Με αυτό τον τρόπο, ο Ευδόξος δεν βλέπει τον κύκλο ως πολύγωνο με άπειρες πλευρές αλλά χρησιμοποιεί την δυνατότητα του μη πεπερασμένου πολλαπλασιασμού των πλευρών ενός πολυγώνου, για να δείξει ότι οι δύο ανισότητες

<sup>109</sup> Η απόδειξη βρίσκεται στο βιβλίο 7 των *Στοιχείων* (7, πρόταση XII, 10) και αποδίδεται στον Ευδόξο από τον Αρχιμήδη (στην εισαγωγή του *Περί σφαιρας και Κυλίνδρου* βλ. Dijksterhuis 1987, 142).

οδηγούν σε άτοπο. Θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο η ιδέα αυτή χρησιμοποιείται στην απόδειξη, παραθέτοντας μια απλοποιημένη εκδοχή παρόμοιας απόδειξης του Αρχιμήδη, ο οποίος παραλαμβάνει την μέθοδο της εξάντλησης από τον Εύδοξο και την βελτιώνει προσθέτοντας δικές του προϋποθέσεις και τεχνικές.

Ο Αρχιμήδης ξεκινάει προϋποθέτοντας ότι η διαφορά δύο μεγεθών, (π.χ.  $A-B$  μια διαφορά δύο ευθυγράμμων τμημάτων) μπορεί να γίνει όσο μικρή θέλουμε, αλλά θα παραμείνει οντότητα του ίδιου είδους με τις δύο αρχικές (θα παραμείνει ευθύγραμμο τμήμα και όχι σημείο)<sup>110</sup>. Με βάση αυτή τη διασάφηση, ο Αρχιμήδης θα προχωρήσει στην δική του εκδοχή *περάσματος στο όριο*, η οποία βασίζεται στην προσέγγιση του ορίου από τις δύο πλευρές, π.χ. στην περίπτωση του κύκλου, η ταυτόχρονη εγγραφή και περιγραφή πολυγώνων. (Dijksterhuis 1987, 130- 133). Στο *Περί Κύκλου Μέτρησις* αποδεικνύει τον τύπο εμβαδού κύκλου, με τον οποίο ξεκινήσαμε, ως εξής<sup>111</sup>.

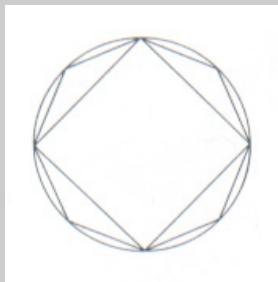
Αν υποθέσουμε ότι δεν ισχύει ο τύπος,  $E(\kappa) = \frac{1}{2} r\Pi$  τότε θα ισχύει ότι  $E(\kappa) > \frac{1}{2} r\Pi$  ή  $E(\kappa) < \frac{1}{2} r\Pi$

Ας ξεκινήσουμε από την πρώτη περίπτωση, για να δείξουμε πώς η πρόταση οδηγεί σε άτοπο.

Έστω λοιπόν  $E(\kappa) > \frac{1}{2} r\Pi$  (πρόταση 1)

Έστω τώρα  $\varepsilon$  η διαφορά των δύο παραπάνω μεγεθών, δηλαδή,

$E(\kappa) = \frac{1}{2} r\Pi + \varepsilon$  (πρόταση 2)



Σχήμα 6

<sup>110</sup> Η προϋπόθεση που θέτει ο Αρχιμήδης, συμπληρώνει την αντίστοιχη του Ευδόξου, ο οποίος είχε περιοριστεί τον ορισμό του λόγου δύο μεγεθών. Συγκεκριμένα, οι ορισμοί 3 και 4 των *Στοιχείων* (βιβλίο 5) αποδίδονται στον Εύδοξο και ορίζουν τον λόγο συνεχών μεγεθών, έτσι ώστε, όσο ακραίες και να είναι οι μεταβολές τους, τα μεγέθη να παραμένουν πάντα «του ίδιου είδους».

<sup>111</sup> Παρουσιάζω την απόδειξη αναχρονιστικά, με αλγεβρικό τρόπο, αλλά αυτό δεν παίζει ρόλο στο επιχείρημα που επιχειρώ να αναπτύξω.

Εγγράφουμε τώρα ένα τυχαίο πολύγωνο στον κύκλο. Έστω ότι το εμβαδό του πολυγώνου είναι μικρότερο κατά ποσότητα  $\varepsilon'$  από το εμβαδό του κύκλου.

$$E(\pi) = E(\kappa) - \varepsilon' \quad (\text{πρόταση 3})$$

Από τις προτάσεις 2 και 3 προκύπτει

$$E(\pi) = \frac{1}{2} \rho \Pi + \varepsilon - \varepsilon' \quad \text{ή} \quad E(\pi) = \frac{1}{2} \rho \Pi + (\varepsilon - \varepsilon') \quad (\text{πρόταση 4})$$

Σύμφωνα τώρα με την προϋπόθεση του Αρχιμήδη, αν πολλαπλασιάσουμε τις πλευρές του τυχαίου πολυγώνου, δεν μπορούμε μεν να περάσουμε άμεσα στο όριο, μετατρέποντας τον πολυγώνο σε κύκλο, αλλά μπορούμε να κάνουμε την διαφορά  $\varepsilon'$ , των εμβαδών κύκλου και πολυγώνου όσο μικρή θέλουμε. Όσο μικρός λοιπόν και αν είναι ο  $\varepsilon$ , θα μπορούμε πάντα να επιλέξουμε ένα  $\varepsilon' < \varepsilon$ , πράγμα που σημαίνει ότι η διαφορά  $\varepsilon - \varepsilon' > 0$ . Από το τελευταίο και την πρόταση 4 προκύπτει,

$$E(\pi) > \frac{1}{2} \rho \Pi \quad (\text{πρόταση 5})$$

Από την παρουσίαση όμως του εμβαδού εγγεγραμμένου πολυγώνου, είδαμε ότι αυτό παραμένει πάντα μικρότερο από το  $\frac{1}{2} \rho \Pi$ , αφού

$$E(\pi) = \frac{1}{2} (n \cdot a) \cdot h \quad \text{και}$$

$$na < \Pi$$

$$h < \rho$$

$$\text{άρα } (n \cdot a) \cdot h < \rho \Pi, \Rightarrow \frac{1}{2} (n \cdot a) \cdot h < \frac{1}{2} \rho \Pi \Rightarrow E(\pi) < \frac{1}{2} \rho \Pi$$

πράγμα που σημαίνει ότι η πρόταση (5) είναι ψευδής, άρα και η αρχική πρόταση ( $E(\kappa) > \frac{1}{2} \rho \Pi$ ) από την οποία ξεκινήσαμε είναι ψευδής.

Ο Αρχιμήδης, κατόπιν, χρησιμοποιώντας τα περιγεγραμμένα πολύγωνα, αποδεικνύει με παρόμοιο τρόπο ότι και η πρόταση  $E < \frac{1}{2} \rho \Pi$ , καταλήγει σε ψευδή πρόταση. Φτάνει έτσι, δια της ατόπου απαγωγής στο συμπέρασμα

$$E = \frac{1}{2} \rho \Pi$$

Με αυτή την έννοια, ο Αρχιμήδης δεν ‘εξαντλεί’ το εμβαδόν του κύκλου και αποφεύγει το άμεσο πέρασμα στην οριακή περίπτωση των απείρων πλευρών,

χρησιμοποιώντας μόνο την δυνατότητα να προσεγγίσει τον κύκλο όσο θέλει. Ίσως λοιπόν θα έπρεπε να ακολουθήσουμε την σύσταση του Ντζιστερχούις (Dijksterhuis 1987, 130) ο οποίος προτιμάει να χαρακτηρίσει την μέθοδο των Ευδόξου- Αρχιμήδη, ως «έμμεσο πέρασμα στο όριο» παρά, όπως στην τρέχουσα ορολογία, «μέθοδο της εξάντλησης». Ο τελευταίος όρος είναι αδόκιμος, σύμφωνα με τον Ντζιστερχούις, επειδή υποδηλώνει την εξάντληση του απείρου.

Παρά όμως την λογική σαφήνεια και την αυστηρότητα της, η μέθοδος του εμμέσου περάσματος στο όριο έχει ένα σοβαρό μειονέκτημα: η προς απόδειξη πρόταση πρέπει να είναι γνωστή από πριν. Έτσι ο μαθηματικός έχει ένα ισχυρότατο εργαλείο για το πως αποδεικνύει μια γνωστή πρόταση, αλλά καμία πληροφορία για την ‘ημιπαράνομη’ μέθοδο εξαγωγής αυτών των προτάσεων. Πέρα από την συμβολή του στη βελτίωση της μεθόδου του «έμμεσου περάσματος στο όριο», ο Αρχιμήδης έρχεται να καλύψει αυτό ακριβώς το κενό.

#### *1.4 Αρχιμήδης και Μη Προτασιακή Μέθοδος στην Γεωμετρία*

Η μη- προτασιακή μέθοδος του Αρχιμήδη ήρθε στο φως με ένα περιπετειώδη τρόπο, στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα<sup>112</sup> και είναι για δύο λόγους μοναδική. Πρώτον, αποτελεί την μόνη ρητή αναφορά κατά την αρχαιότητα σε μαθηματική τεχνική, η οποία βασίζεται στις έννοιες του απείρου και του απειροστού. Δεύτερον, είναι το μόνο παράδειγμα χρησιμοποίησης εννοιολογικών εργαλείων που προέρχονται από την μηχανική (βάρος, ισορροπία, ζυγός) για την λύση καθαρά μαθηματικών προβλημάτων. Όπως θα δούμε αμέσως, οι δύο μεγάλες καινοτομίες, συμπληρώνουν η μια την άλλη και συναπαρτίζουν τελικά την Μέθοδο του Αρχιμήδη, μια από τις πιο παράξενες στιγμές στην ιστορία της επιστήμης.

Όπως είπαμε πριν, το βασικό μειονέκτημα της ευδόξειας μεθόδου είναι ότι ο προς απόδειξη τύπος θεωρείται γνωστός. Ο τρόπος, όμως, παραγωγής του τύπου, παραμένει άρρητος, μια ‘αδύναμη’ στιγμή του μαθηματικού, ο οποίος σαν ντετέκτιβ που κατάλαβε ποιος είναι ο δολοφόνος υποκλέπτοντας τηλεφωνικές συνομιλίες, σπεύδει κατόπιν να το αποδείξει με νόμιμα μέσα, αποκρύπτοντας τον τρόπο με το οποίο έφτασε για πρώτη φορά στο συμπέρασμα. Για τον Αρχιμήδη, αντίθετα, η μη παραγωγική μέθοδος ήταν νόμιμο εργαλείο στα χέρια του μαθηματικού, καθώς του

<sup>112</sup> Αποκαλύφθηκε σε ένα παλίμψηστο, όταν ξύθηκαν οι προσευχές που είχαν γραφεί από πάνω. Βλ. Παράρτημα 2.

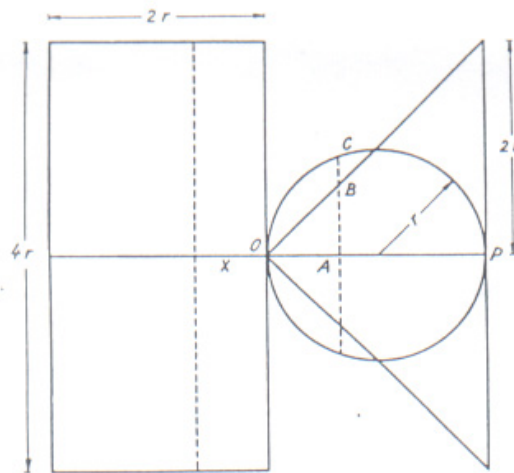
παρείχε την πρόταση που κατόπιν θα έπρεπε να αποδείξει αυστηρά. Επιθυμεί, λοιπόν να μεταδώσει την μέθοδο που έχει ανακαλύψει ο ίδιος, η οποία οδηγεί στην πρόταση, η οποία θα πρέπει κατόπιν να αποδειχθεί με κάποια εκδοχή της αποδεκτής μεθόδου του *έμμεσου περάσματος στο όριο*. Ας δούμε ένα απόσπασμα από το γράμμα του Αρχιμήδη στον Ερατοσθένη, με το οποίο εισάγει την μεθόδό του.

...θεώρησα καλό να σου στείλω μια συγκεκριμένη ειδική μέθοδο μέσω της οποίας μπορείς να αναγνωρίσεις μαθηματικά ζητήματα με την βοήθεια της μηχανικής. Είμαι πεισμένος ότι αυτό δεν είναι λιγότερο χρήσιμο για την ανεύρεση των αποδείξεων για αυτά τα ίδια θεωρήματα. Διότι κάποια πράγματα γίνανε φανερά σε μένα πρώτα μηχανικά και μετά αποδείχτηκαν γεωμετρικά. Διότι είναι ευκολότερο να παρέχεις αποδείξεις όταν προηγουμένως, με την βοήθεια της μεθόδου, έχεις κάποια γνώση για τα ερωτήματα, παρά να τις βρεις από την αρχή. ...υποθέτω ότι θα υπάρξουν ανάμεσα σε αυτήν και στις επερχόμενες γενιές άλλοι, που με την βοήθεια της μεθόδου που εξηγώ εδώ, θα είναι ικανοί να βρουν και άλλα θεωρήματα που δεν έχουν ακόμα υποπέσει στην αντίληψη μας» (μετάφραση δική μου από το αγγλικό κείμενο, Dijksterhuis 1987, 313).

Η ‘μηχανική μέθοδος’ που περιγράφει ο Αρχιμήδης στο παραπάνω απόσπασμα στοχεύει στον προσδιορισμό εμβαδών, όγκων και κέντρων βάρους. Θα δούμε αμέσως ένα συγκεκριμένο παράδειγμα, όπου ο Αρχιμήδης αποδεικνύει την πρόταση ότι ο όγκος μιας σφαίρας είναι ίσος με τέσσερις φορές τον όγκο ενός κώνου ο οποίος έχει βάση το μέγιστο κύκλο της σφαίρας και ύψος ίσο με την ακτίνα της σφαίρας<sup>113</sup>. Η απόδειξη του Αρχιμήδη γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, στο οποίο βρίσκεται και η πρωτοτυπία της μεθόδου του, *ανακαλύπτει την παραπάνω πρόταση μέσω της άτυπης «μηχανικής μεθόδου»*, ενώ στο δεύτερο στάδιο *αποδεικνύει την πρόταση με την αυστηρή και αποδεκτή μέθοδο του έμμεσου περάσματος στο όριο*. Η *μηχανική μέθοδος* ανακάλυψης της πρότασης που μας ενδιαφέρει εδώ βασίζεται στην τοποθέτηση δύο γεωμετρικών σωμάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε να «ισορροπούν» στις δύο πλευρές ενός ζυγού. Η ισορροπία αυτή κατά τον Αρχιμήδη ανάγεται, στην ισορροπία *κάθε αδιαίρετου στοιχείου* του ενός σχήματος, με αντίστοιχο *αδιαίρετο στοιχείο* του άλλου σχήματος. Ας διευκρινίσουμε το τελευταίο παρακολουθώντας την πορεία της απόδειξης.

<sup>113</sup> Πρόταση 2, Dijksterhuis (1987, 322- 324) και απλοποιημένη εκδοχή στο Pedersen (1993, 97-98)





Σχήμα 7

Το παραπάνω σχήμα είναι μια τομή ενός κυλίνδρου μιας σφαίρας και ενός κώνου. Σε απόσταση  $x$  δεξιά από το σημείο  $O$ , θεωρούμε μια τομή (διακεκομμένη γραμμή) η οποία αποκόπτει από τον κώνο ένα κύκλο με ακτίνα  $AB$  και από την σφαίρα ένα κύκλο με ακτίνα  $AC$ . Σε ίση απόσταση  $x$  αριστερά από το σημείο  $O$ , θεωρούμε μια δεύτερη τομή η οποία αποκόπτει από τον κύλινδρο ένα κύκλο με ακτίνα  $2r$ . Αποδεικνύουμε κατόπιν, ότι ανεξαρτήτως της απόστασης  $x$ , ισχύει

$$(\text{εμβαδόν κύκλου } AC) + (\text{εμβαδόν κύκλου } AB) = (\text{εμβαδόν κύκλου } 2r)$$

Αυτό σημαίνει ότι οι δυο τομές «ισορροπούν» με την τρίτη, με κέντρο ισορροπίας το σημείο  $O$ . Αν θεωρήσουμε τώρα ότι κάθε ένα από τα τρία σχήματα **αποτελείται από άθροισμα τέτοιων τομών** θα μπορούσαμε να γενικεύσουμε την παραπάνω πρόταση σε

$$(\text{όγκος σφαίρας}) + (\text{όγκος κώνου}) = (\text{όγκος κυλίνδρου})$$

Θα μπορούσαμε, με άλλα λόγια, να πούμε ότι η σφαίρα και ο κώνος τοποθετημένα στο ένα μέρος του ζυγού, ισορροπούν τον κύλινδρο που είναι τοποθετημένος στο άλλο. Από την τελευταία σχέση υπολογίζεται ο όγκος της σφαίρας, αφού ο όγκος του κώνου και του κυλίνδρου θεωρούνται γνωστοί.

$$(\text{όγκος σφαίρας}) = (\text{όγκος κυλίνδρου}) - (\text{όγκος κώνου})$$

(Ένα θεώρημα που παράγει ο Αρχιμήδης με την ίδια μέθοδο είναι το εξής «Ένας κύλινδρος που περιγράφεται σε μια σφαίρα έχει όγκο μια και μισή φορά μεγαλύτερο από τον όγκο της σφαίρας». Ο Αρχιμήδης μάλιστα ήταν τόσο περήφανος για αυτό το θεώρημα, ώστε ζήτησε το σχετικό διάγραμμα να χαραχτεί στην ταφόπλακα του<sup>114</sup>).

Στην παραπάνω απόδειξη φαίνεται ότι δυο είναι οι ‘περίεργες’ αρχές οι οποίες χρησιμοποιούνται από τον Αρχιμήδη για την εξαγωγή του αποτελέσματος. Η πρώτη είναι η χρήση μηχανικών αρχών σε μαθηματικά προβλήματα και δεύτερη είναι η θεώρηση των στερεών ως άθροισμα επιπέδων τομών. Ο Ντζιστερχούις διακρίνει έτσι την ‘βαρυκεντρική’ μέθοδο, από αυτή των ‘αδιαιρέτων’. Το ότι ο Αρχιμήδης δεν αναγνωρίζει τα αποτελέσματα της μεθόδου ως αποδεδειγμένα (για αυτό προχωράει σε δεύτερο στάδιο στο έμμεσο πέρασμα στο όριο) σχετίζεται κατά τον Ντζιστερχούις μόνο με το δεύτερο κομμάτι, αυτό των αδιαιρέτων (Dijksterhuis 1987, 319). Το επιχείρημα που προσκομίζει ο Ντζιστερχούις, είναι ότι στην πραγματεία *Τετραγωνισμός Παραβολής*, η οποία είναι επίσημη έκδοση πληρούσα όλα τα κριτήρια αυστηρότητας, μια πρόταση η οποία έχει ήδη καταδειχθεί με την μέθοδο των αδιαιρέτων αποδεικνύεται με άλλο τρόπο στον οποίο γίνεται χρήση μηχανικών αρχών. Ο λόγος που ο Αρχιμήδης τηρεί διαφορετική στάση απέναντι στο καθεστώς εγκυρότητας των δύο μεθόδων, φαίνεται να είναι ότι η βαρυκεντρική μέθοδος δεν βαρυνόταν με παράδοξα, όπως η μέθοδος των αδιαιρέτων.

Ας εστιάσουμε, όμως περισσότερο, στη πλευρά της Αρχιμήδειας *Μεθόδου* που ο Ντζιστερχούις ονόμασε ‘βαρυκεντρική’. Όπως είπαμε, για να βρει ο Αρχιμήδης μια άγνωστη ιδιότητα ενός σχήματος, το τοποθετεί στο ένα μέρος του ζυγού τοποθετώντας στο άλλο μέρος, ένα σχήμα στο οποίο η αντίστοιχη ιδιότητα είναι γνωστή. Η πρώτη παρατήρηση που θα κάνουμε εδώ, είναι ότι με αυτό το τρόπο ο Αρχιμήδης οπτικοποιεί τη μέθοδο των προτύπων, καθώς το πρόβλημα- πρότυπο (μοντέλο- βάση) και το προς επίλυση πρόβλημα (μοντέλο- στόχος) τίθενται κυριολεκτικά σε σύγκριση. Η δεύτερη παρατήρηση αφορά τη χρήση μηχανικών «εργαλείων» -όπως ο ζυγός- για να λυθούν γεωμετρικά προβλήματα. Σε κάθε ιστορικό σημείωμα για τον Αρχιμήδη, αυτό που τονίζεται καταρχήν είναι ότι ήταν ο

<sup>114</sup>Ο Κικέρων αναφέρει (Cicero, *Tusculanae Disputations* V,23) ότι το 75 π.Χ που επισκέφθηκε την Σικελία βρήκε ένα τέτοιο τάφο στις πύλες της Achradina.(αναφ. από τον Dijksterhuis 1987, 31). Φαίνεται ότι ο Ρωμαίος κατακτητής των Συρακουσών Μαρκέλλος, σεβάστηκε την επιθυμία του εξέχοντος αντιπάλου του.

πρώτος που χρησιμοποίησε σε επίγεια φαινόμενα μαθηματικές εξιδανικεύσεις<sup>115</sup> και με αυτή την έννοια, ο Αρχιμήδης είναι αυτός που εισάγει πρώτος μαθηματικές μεθόδους στην (επίγεια) φυσική. Στη περίπτωση της βαρυκεντρικής μεθόδου, όμως, βλέπουμε ότι ισχύει και το αντίθετο: ο Αρχιμήδης ήταν ο πρώτος που φυσικοποίησε τα μαθηματικά, χρησιμοποιώντας την βαρυκεντρική αρχή και το ζυγό για να λύσει μαθηματικά προβλήματα. Η επιλογή του ζυγού, όπως θα δούμε αμέσως μετά, δεν είναι τυχαία, καθώς αποτελεί, σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, το κεντρικό μοντέλο ολόκληρης της αρχιμήδειας επιστήμης.

## 2. Αναγωγή στο Μοντέλο του Ζυγού και Στατική

### 2.1 Ζυγός με Άνισους Βραχίονες

Το σύννηθες παράδειγμα που χρησιμοποιείται σε ιστορικές εισαγωγές για την αρχιμήδεια μαθηματικοποίηση φυσικών προβλημάτων είναι η διαπραγμάτευση του ζυγού. Σύμφωνα με τον Λίντμπεργκ,

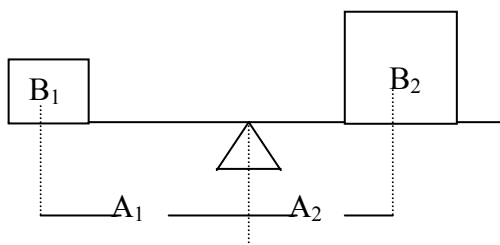
Στην αστρονομία και στην οπτική, το επίπεδο της μαθηματικοποίησης ήταν εντυπωσιακό αλλά και στα δυο αντικείμενα παρέμεναν σημαντικές φυσικές ερωτήσεις, οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να απαντηθούν μαθηματικά. Αντίθετα, στην επιστήμη της δοκού ισορροπίας, θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για σχεδόν πλήρη αναγωγή του φυσικού στο μαθηματικό. (Lindberg 1997, 152)

Η διαπραγμάτευση του ζυγού γίνεται στο πρώτο βιβλίο της πραγματείας *Μηχανικά*<sup>116</sup> και κατέχει ένα ξεχωριστό μέρος στο Αρχιμήδειο έργο, καθώς σε αυτή την περίπτωση ο Αρχιμήδης θεμελιώνει ο ίδιος, από την αρχή, το νέο αντικείμενο. Το νέο αντικείμενο δεν ανήκει πια στο χώρο των καθαρών μαθηματικών αλλά στην επιστήμη της μηχανικής ιδωμένης μέσα από μαθηματικό πρίσμα.

<sup>115</sup> Οι πυθαγόρειες ή πλατωνικές αντιλήψεις, σχετικά με την δόμηση του σύμπαντος με βάση τους αριθμούς και τα σχήματα φαίνονται συγγενείς από μεταφυσική άποψη, αλλά απέχουν ουσιαστικά από την αρχιμήδεια σύλληψη. Η αρχιμήδεια σύγκλιση της μηχανικής -και όχι της φύσης- με τα μαθηματικά δεν έχει άμεσο στόχο την οντολογία του κόσμου αλλά τον τρόπο με το οποίο μπορούν να κατανοηθούν και να αναπαραχθούν μηχανικές διαδικασίες δηλ. διαδικασίες στις οποίες έχουμε μετακίνηση ή ισορροπία υπό την επίδραση δυνάμεων.

<sup>116</sup> μεταγενέστερος τίτλος: *Επιπέδων ισορροπιών ή κέντρα βαρών επιπέδων*, βλ. Παράρτημα II

Θα εξετάσουμε σε αυτή την ενότητα τον τρόπο που ο Αρχιμήδης πραγματεύτηκε το πρόβλημα του ζυγού, εξάγοντας το νόμο ισορροπίας στην περίπτωση που τα δυο βάρη δεν ισαπέχουν από το σημείο στήριξης.



Σχήμα 8

Ο σχετικός νόμος,  $B_1/B_2 = A_2/A_1$  (άνισα βάρη ισορροπούν σε αποστάσεις αντιστρόφως ανάλογες των βαρών) ήταν ήδη γνωστός όταν ο Αρχιμήδης άρχιζε τη δραστηριότητα του. Η πρωτοτυπία του Αρχιμήδη έγκειται σε δυο πράγματα. Πρώτον, στην απόδειξη του νόμου με βάση άλλες απλούστερες αρχές και δεύτερον, στην αναγωγή άλλων προβλημάτων στο πρόβλημα του ζυγού. Ξεκινώντας από το πρώτο, σύμφωνα με την επικρατούσα ιστοριογραφική άποψη, ο Αρχιμήδης μεταφέρει τη ‘γεωμετρική’ μέθοδο σε προβλήματα μηχανικής, επιχειρώντας να λύσει τα τελευταία με αξιωματικό- παραγωγικό συλλογισμό: ξεκινάει από ‘αυτονόητα’ αξιώματα και με παραγωγικούς συλλογισμούς εξάγει την προς απόδειξη πρόταση. Σύμφωνα με το Λίντμπεργκ, π.χ., η απόδειξη του Αρχιμήδη «έχει Ευκλείδεια μορφή» καθώς ξεκινάει από μια σειρά αρχικών προτάσεων, όπως η πρόταση «ίσα βάρη σε ίσες αποστάσεις ισορροπούν» (Lindberg 1997, 153). Ο Πέντερσεν (Pedersen) τονίζει ακόμα περισσότερο τον αξιωματικό και σε τελική ανάλυση πλατωνικό χαρακτήρα της αρχιμήδειας επιστήμης, επισημαίνοντας την απουσία οποιασδήποτε αναφοράς σε εμπειρικές δοκιμές με πραγματικούς ζυγούς. Ο Πέντερσεν υποθέτει τελικά ότι ο Αρχιμήδης,

Ίσως είχε κατανοήσει πως η επιθυμία του Πλάτωνα να εκλάβει την γεωμετρία ως παράδειγμα για την περιγραφή της φύσης σήμαινε ότι η φυσική πρέπει να μας δίνει τα αποτελέσματα της ως αφαιρέσεις, χωρίς αναφορές στην προηγηθείσα πειραματική εργασία. (Pedersen 1974, 91-92)

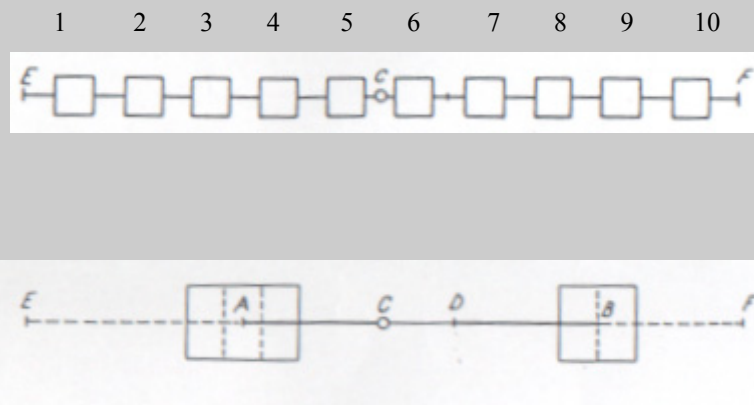
Παρακάτω θα επιχειρήσω μια ερμηνεία της μεθόδου του Αρχιμήδη, η οποία διαφοροποιείται από το παραπάνω γεωμετρικό *προτασιακό πρότυπο*. Πριν από αυτό, όμως, θα παρουσιάσω σε αδρές γραμμές την απόδειξη του Αρχιμήδη<sup>117</sup>.

Για την απόδειξη ο Αρχιμήδης χρησιμοποιεί δύο προκείμενες.

1. Ίσα βάρη, τα οποία βρίσκονται οπουδήποτε στη δοκό σε ίσες αποστάσεις από το σημείο στήριξης, ισορροπούν.

2. Ίσα βάρη, τα οποία βρίσκονται οπουδήποτε στην δοκό, μπορούν να αντικατασταθούν από διπλάσιο βάρος το οποίο βρίσκεται στο μέσο της απόστασης τους.

Με βάση την πρώτη προκείμενη, η παρακάτω δοκός ισορροπεί με σημείο στήριξης στο σημείο C, αφού τα βάρη 1- 10 είναι ισοκαταναμημένα σε αυτό το σημείο.



Σχήμα 9

Έστω τώρα ότι επιλέγουμε ένα σημείο D, το οποίο χωρίζει τη δοκό σε λόγο 6:4.

Παίρνουμε επίσης σημείο A στο μέσο του τμήματος ED. Βάσει της προκείμενης 2, αντικαθιστούμε τα βάρη 1 και 6 με ένα διπλάσιο βάρος το οποίο βρίσκεται στο

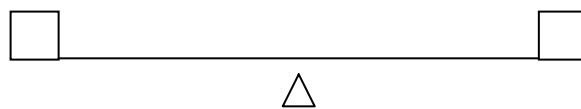
<sup>117</sup> Σε μια δική μου εκδοχή, η οποία είναι απλουστευμένη, αλλά διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά τα οποία θέλω να συζητήσω παρακάτω. Η απόδειξη του Αρχιμήδη ακολουθεί την ανάστροφη πορεία και διατυπώνεται για τυχαίο λόγο βαρών. Το εντυπωσιακό είναι ότι, αφού ο Αρχιμήδης ολοκληρώσει την απόδειξη για συμμετρικά βάρη και αποστάσεις (μεγέθη δηλαδή των οποίων ο λόγος των μέτρων του μπορεί να εκφραστεί σε κλάσμα), προχωράει αποδεικνύοντας ότι η πρόταση ισχύει και για την περίπτωση ασύμμετρων μεγεθών.

σημείο A, κατόπιν, τα βάρη 2 και 5 με ένα διπλάσιο βάρος το οποίο βρίσκεται επίσης στο σημείο A και κάνουμε και το ίδιο για τα βάρη 3 και 4 με αποτέλεσμα όλο το βάρος του αριστερού τμήματος ED να συγκεντρωθεί στο σημείο A. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία μπορούμε να συγκεντρώσουμε όλο το βάρος του δεξιού τμήματος στο σημείο B. Από την στιγμή που όλη η διαδικασία έγινε με βάση την προκειμένη 2, η ισορροπία δεν θα πρέπει να έχει διαταραχθεί, πράγμα που σημαίνει ότι τα βάρη στο A και στο B (τα οποία έχουν λόγο 6:4) ισορροπούν στο σημείο C. Όπως φαίνεται στο σχήμα (και μπορεί να αποδειχθεί γεωμετρικά) το σημείο C, τέμνει την δοκό AB σε λόγο 2:3. Άρα τα βάρη A και B ισορροπούν σε αποστάσεις αντιστρόφως ανάλογες με το λόγο των μέτρων τους.

Σύμφωνα με την τρέχουσα ερμηνεία, οι δύο προκειμένες επέχουν θέση «γεωμετρικών» αξιωμάτων και η απόδειξη από εκεί και πέρα βασίζεται σε παραγωγικό συλλογισμό. Σύμφωνα με τη δική μου ερμηνεία, οι δύο προκειμένες του Αρχιμήδη έχουν διαφορετικό γνωσιολογικό καθεστώς. Η πρώτη προκειμένη (περί ισορροπίας ίσων βαρών σε ίσες αποστάσεις) περιγράφει το πρόβλημα- πρότυπο, ή το μοντέλο- βάση. Η ισορροπία ίσων βαρών σε ίσες αποστάσεις, είναι αρχή η οποία υπαγορεύεται, από το ένα μέρος, από την λογική. Πράγματι, η αντίθετη υπόθεση, περί μη ισορροπίας του ζυγού, θα απαιτούσε την διαφοροποίηση δύο ταυτόσημων καταστάσεων (ίσα βάρη σε ίσες αποστάσεις). Εν τούτοις, δεν θα συμφωνούσα με διατυπώσεις όπως του Λίντμπεργκ, σύμφωνα με τον οποίο «και οι δύο προκειμένες δικαιολογούνται με αναφορά στη γεωμετρική συμμετρία και διαίσθηση» (Lindberg 1977, 153). Ο λόγος για αυτό είναι ότι ο κόσμος στον οποίο ίσα βάρη σε ίσες αποστάσεις ισορροπούν, δεν είναι «ο μόνος λογικά δυνατός κόσμος» αλλά ο κόσμος στον οποίο ζούμε (κατά πάσα πιθανότητα). Θα μπορούσε κάποιος να φανταστεί π.χ. «προσανατολισμένους» κόσμους, στους οποίους οι δοκοί ισορροπίας παρουσιάζουν συμπεριφορά «πυξίδας» και γυρνάνε προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η αρχή του ζυγού δεν έχει το ίδιο γνωσιολογικό καθεστώς με την πρόταση «από κάθε δύο σημεία διέρχεται μια και μόνο μια ευθεία», για τον απλούστατο λόγο ότι, για την δεύτερη, δεν υπάρχει κανένας ανεξάρτητος τρόπος εμπειρικού ελέγχου. Η αρχή του ζυγού δεν μπορεί να συγκριθεί καν με άλλες φυσικές «αρχές», όπως ο δεύτερος νόμος του Νιούτον, για τον οποίο η συζήτηση αν επιδέχεται ανεξάρτητη πειραματική επιβεβαίωση δεν σταμάτησε ποτέ, από την διατύπωσή του μέχρι σήμερα. Αντίθετα, η αρχή του ζυγού επιδέχεται εμπειρικές επιβεβαιώσεις και πειραματικούς ελέγχους

όλων των ειδών και αποτελεί έναν από τις πρώτους τρόπους «χειρισμού» των αντικειμένων τον οποίο αποκτά ένα παιδί μέσω της εμπειρίας του. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, δεν υπάρχει κανένας λόγος να αποφασίσουμε αν το γνωσιολογικό θεμέλιο της αρχής είναι η «νόηση» ή η «εμπειρία». Το ότι η αρχή του ζυγού με ίσους βραχίονες, είναι τόσο απλή και «αυτονόητη», τόσο με βάση την λογική, όσο και με βάση την εμπειρία, την κάνει ακριβώς το ιδανικό μοντέλο- βάση, στο οποίο θα πρέπει να αναχθούν άλλα προβλήματα, λιγότερο «αυτονόητα», όπως ο ζυγός με άνισους βραχίονες.

Ας περάσουμε τώρα σε αυτή την αναγωγή η οποία, όπως είδαμε στην απόδειξη, επιτυγχάνεται μέσω της δεύτερης προκειμένης. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, αυτή η προκειμένη θα έπρεπε να ερμηνευθεί μάλλον ως κανόνας μετασχηματισμού, παρά ως λογικό αξίωμα. Ο πρώτος λόγος υπέρ μια τέτοιας ερμηνείας είναι ότι και αυτή η προκειμένη επιδέχεται ανεξάρτητο εμπειρικό έλεγχο, άρα δεν έχει το γνωσιολογικό καθεστώς των αξιωμάτων της γεωμετρίας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η δεύτερη προκειμένη δεν είναι ανεξάρτητη από την πρώτη αλλά προκύπτει από αυτή μέσω συγκεκριμένων νοητικών –αλλά και πειραματικά ελέγξιμων- χειρισμών. Πράγματι, αν θεωρήσουμε ότι δύο βάρη ισορροπούν σε ίσους βραχίονες,



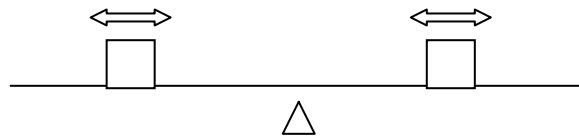
Σχήμα 10

Τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα ίδια βάρη, θα ισορροπούν σε διαφορετικές αποστάσεις.



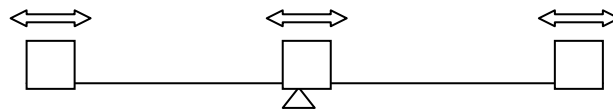
Σχήμα 11

Γενικεύοντας το παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα βάρη τα οποία ισορροπούν μπορούν να κινηθούν σε οποιαδήποτε κατεύθυνση από την στιγμή που διανύουν ίσες αποστάσεις.



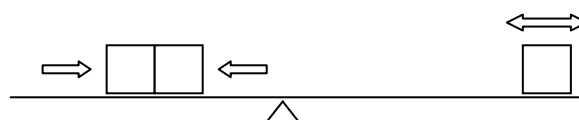
Σχήμα 12

Ο κανόνας μετασχηματισμού, τώρα, προκύπτει από δύο διαδικασίες πάνω στο μοντέλο- βάση. Ο ένας είναι η *οριακή αναγωγή*. Αν κατά την μετακίνηση των δύο βαρών, βρεθούνε και τα δύο στο ίδιο σημείο (στο κέντρο της δοκού), τότε τα δύο βάρη «ταυτίζονται», με άλλα λόγια μετατρέπονται σε βάρος διπλάσιου μεγέθους. Αυτός ο κανόνας, όμως, δεν μας δίνει ακόμα την δεύτερη προκείμενη, διότι τα βάρη αθροίζονται πάνω στο σημείο στήριξης (υπομόχλιο) και όχι σε οποιοδήποτε σημείο. Για να προκύψει ο δεύτερος κανόνας μετασχηματισμού, ο Αρχιμήδης εφαρμόζει μια διαδικασία την οποία θα ονομάσω *υπέρθηση*. Θεωρεί δηλαδή, ότι η αρχή του ζυγού ισχύει και κάθε βραχίονα ξεχωριστά, όπως και σε οποιοδήποτε κομμάτι του βραχίονα. Σε αυτό το μετασχηματισμό *υπερτίθεται* ζυγός πάνω στον αρχικό ζυγό. Αν δηλαδή τα τρία παρακάτω βάρη ισορροπούν στο ζυγό,



Σχήμα 13

Τότε (θεωρώντας τον αριστερό βραχίονα μόνο ως δοκό σε ισορροπία) δεν θα αλλάξει τίποτα, αν τα δύο βάρη αντικατασταθούν με ένα διπλάσιο στο μέσο της απόστασής τους.



Σχήμα 14



Συνοψίζοντας, ο πρώτος μετασχηματισμός (*προσφυγή στο όριο*), δημιουργείται από τον οριακό χειρισμό μιας επιτρεπτής διαδικασίας στο μοντέλο. Ο δεύτερος μετασχηματισμός (*υπέρθυση*) προκύπτει από την εφαρμογή του μοντέλου στον εαυτό του. Άρα, με βάση την παραπάνω ερμηνεία, το μοντέλο- βάση, περιέχει το ίδιο τον κανόνα μετασχηματισμού του. Ο αυτό- μετασχηματισμός του μοντέλου- βάση, αποτελεί βασικό προτέρημα, διότι σε αυτή την περίπτωση δεν χρειάζεται να προσφύγουμε σε άλλες αρχές μετασχηματισμού, οι οποίες θα χρειαζόντουσαν ανεξάρτητη δικαιολόγηση. Θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, ότι αυτό ήταν ακριβώς που ζήτησε και ο Γαλιλαίος: ένα μοντέλο το οποίο να είναι «προφανές» τόσο εμπειρικά όσο και λογικά και το οποίο να περιέχει το ίδιο τον κανόνα, ή τους κανόνες, μετασχηματισμού του.

## 2.2 Δως μοι που στω και την γην κινώ: Ζυγός και Μηχανική

Μολονότι ο Αρχιμήδης απέκτησε τεράστια φήμη ως μηχανικός, δεν μας άφησε κανένα γραπτό σχετικά με τις μηχανικές εφευρέσεις του<sup>118</sup>. Το βιβλίο του *Περί Ζυγών*, το οποίο πιθανώς περιείχε την δυναμική προέκταση των στατικών μελετών του, είναι χαμένο. Η θρύλος του αρχιμήδειου μηχανικού έργου έχει αποτυπωθεί στην φράση την οποία υποτίθεται ότι εκφώνησε ο ίδιος, ενθουσιασμένος από την αίσθηση των δυνατοτήτων της γνώσης του: «δως μοι που στω κα την γην κινώ» (δώσε μου μέρος να σταθώ και θα μετακινήσω την γη).

Σύμφωνα, λοιπόν, με την κλασική εκδοχή των συνθηκών εκφώνησης της παραπάνω ρήσης, ο βασιλιάς των Συρακουσών Ιέρων, γνωστός για την αγάπη του για τα μεγάλα και επιδεικτικά έργα, ζήτησε από τον Αρχιμήδη τον σχεδιασμό και την επίβλεψη της κατασκευής του περίφημου πλοίου Συρακουσία (κατόπιν Αλεξανδρίς). Από τον Αθήναιο και τον Πρόκλο (Dijksterhuis 1987, 14) αναφέρεται ότι ο Αρχιμήδης προσθαλάσσωσε το πλοίο με την βοήθεια δικών του μηχανημάτων με την δύναμη μόνο των χεριών του. Κατά τον Πλούταρχο (*Βίος Μαρκέλλοι* xiv,7), η ιστορία είναι ελαφρώς διαφορετική. Ο Αρχιμήδης ισχυρίστηκε στον Ιέρωνα ότι μπορεί να

<sup>118</sup> Αν πιστέψουμε τον Πλούταρχο (*Βίος Μαρκέλλου*, xvii, 4) το ότι δεν έχουμε γραπτά του Αρχιμήδη σχετικά με την τεχνική δραστηριότητα του οφείλεται στο γεγονός ότι ο ίδιος ο Αρχιμήδης την υποτιμούσε, θεωρώντας την υποδεέστερη, καθώς αγαπούσε μόνο τα πράγματα εκείνα, «τα οποία μέσα στην ομορφιά και στην αριστοτεχνικότητά τους παραμένουν πέρα από την επαφή με τις καθημερινές ανάγκες της ζωής». Το τελευταία ιδανικό εκπληρώνεται μόνο στα καθαρά μαθηματικά. Σύμφωνα πάντα με τον Πλούταρχο, ο Αρχιμήδης ήταν τόσο απορροφημένος από αυτά που πολλές φορές ξεχνούσε να κοιμηθεί ή να φάει.

κινήσει οποιοδήποτε βάρος με δεδομένη δύναμη και ο Ιέρων τον προκάλεσε να καθελκύσει ένα πλοίο το οποίο είχε τραβηχτεί στην στεριά με μεγάλη δυσκολία και χωρίς το πλήρωμα και το φορτίο του. Με την μία ή την άλλη εκδοχή πάντως, υποτίθεται ότι ο Αρχιμήδης αναφώνησε το περίφημο ‘δος μοι που στω και την γην κινω’, ενθουσιασμένος από το κατόρθωμα καθέλκυσης του πλοίου. Ο Ντζιστερχούις (Dijksterhuis 1987, 15) αμφιβάλλει κατά πόσο η ιστορία αυτή ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Οι ιστορικοί της αρχαιότητας αναφέρουν διάφορα μηχανήματα από τα οποία όμως κανένα, σύμφωνα με τον Ντζιστερχούις, δεν είναι ικανό να πολλαπλασιάσει τόσο πολύ την δύναμη ενός άντρα.<sup>119</sup> Πιθανότερο πλαίσιο εκφώνησης της περίφημης ρήσης βρίσκει σε μια αναφορά του Πάππου στον Σιμπλίκιο. Κατά τον τελευταίο ο Αρχιμήδης αναφώνησε (στην Δωρική διάλεκτο των Συρακουσών) ‘πα βω, και χαριστίωνι ταν γαν κινήσω πάσαν’, ενθουσιασμένος από την κατασκευή ενός χαριστίωνα. Για το τι ήταν ο χαριστίων, υπάρχουν πάλι κάποιες αμφιβολίες αλλά το πιθανότερο είναι, (και εδώ ο Ντζιστερχούις συμφωνεί με τον Ντιέμ<sup>120</sup>) ότι πρόκειται για την δοκό με άνισους βραχίονες (μοχλός). Ο Ντζιστερχούις πιθανολογεί ότι το όνομα του εργαλείου, καθώς δεν έχει σχέση με τεχνική ορολογία, ίσως προέρχεται από τον πρώτο περιγράψαντα, καθώς το συνθετικό «χάρις» συνηθιζόταν σε κύρια ονόματα. Για τον Ντζιστερχούις πάντως, το κύριο σημείο βρίσκεται στο γενικότερο πλαίσιο με το οποίο θα πρέπει να καταλάβουμε το ‘δος μοι που στω..’. Αυτό δεν είναι ένα συγκεκριμένο κατόρθωμα αλλά η ανακάλυψη από τον Αρχιμήδη αυτού που αργότερα θα ονομαστεί ‘χρυσός κανόνας της μηχανικής’, δηλαδή της αντίστροφης αναλογίας απόστασης και δύναμης.<sup>121</sup> Αυτή η αναλογία είναι και ο κανόνας στον οποίο στηρίζεται όλη η μηχανική. Πιθανόν ο Αρχιμήδης να τον επέδειξε στους Συρακούσιους με διάφορα μηχανήματα, τα οποία οι μεταγενέστεροι συμπύκνωσαν στην φανταστική καθέλκυση του πλοίου. Τελικά, το αν ο Αρχιμήδης καθέλκυσε ή όχι ένα πλοίο δεν φαίνεται να έχει κάποια ιστορική σημασία. Αυτό που είναι βέβαιο είναι ότι οι θεωρητικές του αρχές, επεδείχθησαν με

<sup>119</sup> Ο Ντράχμαν (Drachman 1958) υποστηρίζει την αλήθεια της ιστορίας και προτείνει μάλιστα ένα συγκεκριμένο συνδυασμό μηχανημάτων που έκαναν δυνατό το κατόρθωμα του Αρχιμήδη.

<sup>120</sup> Les Origines de la Statique. Paris 1905, I, 90.

<sup>121</sup> Με βάση τον «χρυσό κανόνα», για την μετακίνηση ενός συγκεκριμένου βάρους μπορούμε να κερδίσουμε όσο θέλουμε σε δύναμη με την προϋπόθεση ότι θα χάσουμε σε απόσταση και αντιστρόφως. Μια ακριβέστερη διατύπωση είναι ότι για την μετακίνηση ενός βάρους μπορούμε να μειώσουμε την απαραίτητη δύναμη, με την προϋπόθεση ότι ο λόγος μείωσης της δύναμης θα ισούται με τον λόγο αύξησης της απόστασης κατά την οποία αυτή η δύναμη ασκείται. Π.χ. μπορούμε να κινήσουμε κάτι με την μισή δύναμη αν διπλασιάσουμε με κάποιο τρόπο την απόσταση που ασκείται η δύναμη. Ο πιο απλός τρόπος να γίνει αυτό είναι ο μοχλός.

εντυπωσιακό τρόπο μέσω της κατασκευής μηχανημάτων.<sup>122</sup> Ο ίδιος ο Αρχιμήδης, κατά πάσα πιθανότητα, ήταν ενθουσιασμένος από τις αρχές και όχι από την επίτευξη κάποιου συγκεκριμένου στόχου.

Σύμφωνα, τώρα, με την υπόθεση εργασίας, οποιοδήποτε τεχνικό κατόρθωμα του Αρχιμήδη θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως μετασχηματισμός του μοντέλου του ζυγού. Καθώς ένας μηχανισμός πρέπει να πολλαπλασιάζει την δύναμη ενός ανθρώπου χιλιάδες φορές, δεν είναι δυνατόν να αποτελείται από μια μηχανή, οσοδήποτε μεγάλη κι αν είναι αυτή. Η κατασκευή ενός μηχανισμού καθέλκυσης πλοίου αλλά και οποιασδήποτε άλλης μηχανής πολλαπλασιασμού δύναμης, ανάγεται τελικά, σε ένα συνδυασμό «απλών μηχανών» (τροχαλίες, βαρούλκα, μοχλοί) οι οποίες ανάγονται σε τελική ανάλυση στον ζυγό. Πράγματι, ήταν γνωστό από την αρχαιότητα, ότι οι «απλές μηχανές» (Μοχλός, Βαρούλκο, Κοχλίας, Σφήνα, Τροχαλία) ανάγονται στο μοντέλο του μοχλού. Στα ψευδο-αριστοτελικά *Προβλήματα Μηχανικής*, ο συγγραφέας παρατηρεί ότι «Σε τελική ανάλυση όλες οι κινήσεις στη μηχανική σχετίζονται με τις ιδιότητες του μοχλού»<sup>123</sup> (αναφ. από Dugas 1988, 19).

Ο τρόπος, τώρα, συνδυασμού απλών μηχανών, ώστε να παραχθεί το προσδοκώμενο αποτέλεσμα βασίζεται σε μια απλή αρχή, αυτής της *σειριακής εφαρμογής* του μοχλού (ή κάποιας ισοδύναμης με τον μοχλό απλής μηχανής). Αν, δηλαδή, υπάρχει ένας «μοχλός» που πολλαπλασιάζει μια δύναμη  $n$  φορές, και αυτός ο «μοχλός» κινεί έναν άλλο μοχλό ο οποίος πολλαπλασιάζει μια δύναμη  $m$  φορές, η αρχική δύναμη πολλαπλασιάζεται  $mn$  φορές, από το σύστημα των δύο μοχλών. Ο σχεδιασμός, τώρα, ενός συγκεκριμένου μηχανισμού απαιτεί την εξειδίκευση της σειριακής τοποθέτησης των «μοχλών», δηλαδή την εύρεση συγκεκριμένων τρόπων με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτή τη σύνδεση. Ο μηχανικός σήμερα, έχει στην κατοχή διάφορους τέτοιους τρόπους, οι οποίοι αποτελούν ουσιαστικά *λυμένα προβλήματα σύνδεσης απλών μηχανών*, τους οποίους καλείται να εφαρμόζει προσαρμόζοντάς τους σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Ένας μηχανικός έχει ανάγκη τρόπους να πηγαίνει από το απλό στο σύνθετο ή να αναλύει ένα πρόβλημα σε απλά

<sup>122</sup> Χαρακτηριστική από αυτή την άποψη είναι η περίφημη συμβολή στην άμυνα των Συρακουσών, μέσω πολεμικών μηχανών οι οποίες, σύμφωνα με τον Πλούταρχο, προκαλούσαν τόσο τρόμο στους Ρωμαίους, που η εμφάνιση ενός σκοινιού ή ενός κομματιού ξύλου πάνω από τα τείχη, αρκούσε για να τους κάνει να φωνάζουν πανικόβλητοι ότι ο Αρχιμήδης είχε ανακαλύψει κι άλλο μηχανισμό για να τους καταστρέψει. (*Βίος Μαρκέλλου*, XVII, 3, 307)

<sup>123</sup> Ο νόμος του μοχλού αποδεικνύεται στην πραγματεία με βάση την κυκλική κίνηση. Συγκεκριμένα, αν ο μοχλός περιστραφεί και θεωρώντας ότι το γινόμενο βάρους-ταχύτητας είναι ίσο για τα δύο σώματα, το «ελαφρύτερο» σώμα θα πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση, άρα να βρίσκεται σε κύκλο μεγαλύτερης ακτίνας,

συστατικά, δηλαδή σε απλούστερα προβλήματα που έχει ήδη λύσει. Φαίνεται ότι ο Αρχιμήδης κατείχε ακριβώς αυτούς τους τρόπους, οι οποίοι κατά πάσα πιθανότητα βασίζονταν σε τελική ανάλυση στη *σειριακή εφαρμογή* του βασικού μοντέλου του. Η *σειριακή εφαρμογή*, μαζί με την *υπέρθηση* και κυρίως την *οριακή αναγωγή*, θα αποτελέσουν, όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, τους τρεις βασικούς τρόπους με τους οποίους ο Γαλιλαίος θα «εκμαιεύσει» τους κανόνες μετασχηματισμού από το δικό του κεντρικό μοντέλο.

### 2.3 Επέκταση του Μοντέλου στην Υδροστατική

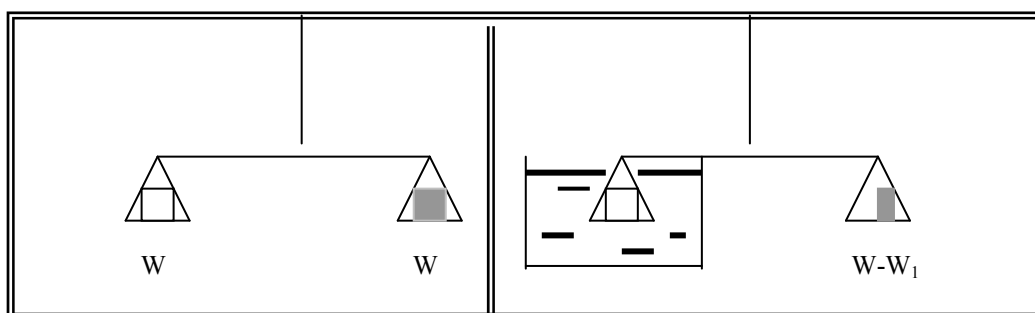
Η επέκταση του προτύπου του ισομήκους ζυγού στον ανισομήκη και κατ' επέκταση σε ολόκληρη τη μηχανική γίνεται, όπως είδαμε, με τρόπο αυστηρό και είναι κατά κάποιο τρόπο 'φυσική', καθώς οι κανόνες μετασχηματισμού του μοντέλου-βάσης προκύπτουν από την αυτό-εφαρμογή του. Σε αυτή την ενότητα, θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο Αρχιμήδης επεκτείνει το πρότυπο του ζυγού για να πραγματευθεί φαινόμενα υδροστατικής, που φαίνονται εκ πρώτης όψεως διαφορετικά από τα αντίστοιχα της μηχανικής.

Τα φαινόμενα υδροστατικής μελετώνται στην πραγματεία *Οχομένων*. Μέχρι το 1899, υπήρχε μόνο η Λατινική μετάφραση του William of Moerbeke. Το Ελληνικό κείμενο αυτής της πραγματείας έγινε γνωστό από το παλίμψηστο της Ιερουσαλήμ, το οποίο περιείχε και την *Μέθοδο* (βλ. Παράρτημα II). Η ανακάλυψη του ελληνικού κειμένου έθεσε νέους όρους στο πρόβλημα ερμηνείας των υδροστατικών αρχών του Αρχιμήδη. Πριν όμως έρθω εκεί, θα παραθέσω την βασικότερη πρόταση του Αρχιμήδη, η οποία έμεινε γνωστή ως βασική αρχή της υδροστατικής ή αρχή της άνωσης. (βιβλίο 1<sup>ο</sup>, πρόταση 7, Dijksterhuis 1987, 376)

Τα βαρύτερα του υγρού στερεά, όταν αφήνονται στο υγρό, θα φέρονται προς τα κάτω, όσο είναι δυνατόν να βυθίζονται, και θα είναι ελαφρότερα μέσα στο υγρό, τόσο όσο βάρος έχει ένα τμήμα υγρού το οποίο έχει όγκο όσος είναι ο όγκος του στερεού.

Η παραπάνω αρχή είναι αφενός διατυπωμένη στη γλώσσα του ζυγού και αφετέρου είναι άμεσα ελέγξιμη με τη βοήθεια ενός ζυγού. Πράγματι, στην αρχή υπάρχουν δυο βάρη, αυτό του (βυθισμένου) σώματος και αυτό του αντίστοιχου

βάρους νερού. Όταν το σώμα είναι ελεύθερο, το βάρος του είναι  $W$ . Όταν τοποθετηθεί όμως μέσα στο νερό το βάρος γίνεται  $W-W_1$ , όπου  $W_1$  είναι το βάρος αντίστοιχου όγκου υγρού. Το ότι το βάρος του σώματος «μειώθηκε» κατά  $W_1$ , μπορεί να ελεγχθεί εύκολα, αφαιρώντας από την αριστερή μεριά του ζυγού, βάρος ίσο με το βάρος νερού που έχει τον ίδιο όγκο με το σώμα.



Σχήμα 15

Η χρήση του ζυγού στην πειραματική επιβεβαίωση δεν φαίνεται περιέργη, καθώς η αρχή της άνωσης μιλάει για βάρη. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ο τρόπος με τον οποίο ο Αρχιμήδης χρησιμοποιεί το μοντέλο του ζυγού για να αποδείξει την αρχή της άνωσης. Ως εισαγωγή σε αυτές τις αποδείξεις, ας επιστρέψουμε στην πραγματεία *Οχουμένων* με σκοπό να δούμε τα νέα δεδομένα που προέκυψαν εκεί. Στο χειρόγραφο της Ιερουσαλήμ η πραγματεία ανοίγει με την παρακάτω προκείμενη

«υποκείσθω το υγρόν φύσιν έχον τοιαύταν, ώστε των μερέων αυτού των εξίσου κειμένων και συνεχέων εόντων εξωθείσθαι το ήσσον θλιβόμενον υπό του μάλλον θλιβομένου, και έκαστον δε των μερέων αυτού θλίβεσθαι τω υπεράνω αυτού υγρώ κατά κάθετον εόντι, ει κα **μη** το υγρόν η καθειργμένον εν τινι καί υπό άλλου τινός θλιβομένου.»

(«Ας υποθέσουμε ότι το υγρό έχει τέτοια φύση, ώστε από τα μέρη αυτού τα οποία είναι στο ίδιο επίπεδο και συνεχόμενα, αυτό που πιέζεται λιγότερο, σπρώχνεται από αυτό που πιέζεται περισσότερο, και ότι κάθε ένα από τα μέρη αυτού πιέζεται από το υγρό που βρίσκεται από πάνω του κάθετα, εάν το υγρό **δεν** είναι κλεισμένο πουθενά και δεν πιέζεται από τίποτα άλλο») (Dijksterhuis 1987, 373 μετάφραση δική μου)

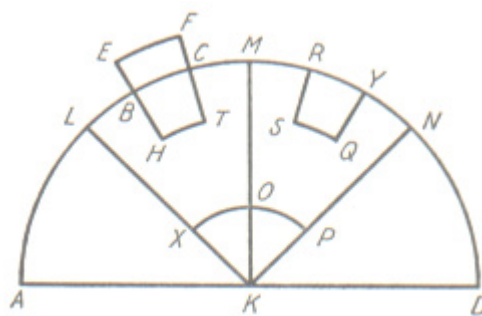
Μέσω του παλίμψηστου της Ιερουσαλήμ, η παραπάνω παράγραφος αποκαταστάθηκε σε αυτή τη μορφή καθώς ένα ‘μη’ (ει και **μη** το υγρόν) έλειπε από το Λατινικό, κείμενο αλλάζοντας τελείως το νόημα. Ας εστιάσουμε το πρόβλημα που θίγει ο Ντζιστερχούις σε αυτή ακριβώς την τελευταία πρόταση. Γιατί το υγρό δεν πρέπει να είναι «καθειργμένο» (κλεισμένο) πουθενά; Και αν δίναμε μια ικανοποιητική απάντηση, πως θα μπορούσαμε να τη συμβιβάσουμε κατόπιν με το γεγονός ότι όλα τα υγρά στα οποία εφαρμόζουμε ακόμα τις υδροστατικές αρχές του Αρχιμήδη είναι κλεισμένα σε κάποιο δοχείο; Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα αποκαλύπτεται στον τρόπο που ο Αρχιμήδης αποδεικνύει τις υδροστατικές αρχές του.

Ο Αρχιμήδης βασίζει τις υδροστατικές αποδείξεις σε ένα εξιδανικευμένο χώρο, όπου υπάρχει μόνο το κέντρο της γης –και του σύμπαντος- και η τάση των σωμάτων να «πέφτουν» προς αυτό το κέντρο. Με έναν τέτοιο αριστοτελικό προσδιορισμό του βάρους, η γη ως υλικό σώμα μπορεί να αφαιρεθεί και το νερό να συνεχίσει να έχει βάρος μέσω του οποίου ανώτερα στρώματα πιέζουν τα κατώτερα. Με βάση τα παραπάνω, ο Αρχιμήδης αποδεικνύει την εξής πρόταση (*Οχουμένων* βιβλίο 1, πρόταση 2, Dijksterhuis 1987, 374)

Η επιφάνεια οποιουδήποτε υγρού το οποίο είναι έτσι τοποθετημένο ώστε να ηρεμεί θα έχει το σχήμα μιας σφαίρας η οποία έχει το ίδιο κέντρο με τη γη.

Με άλλα λόγια, το νερό βρίσκεται σε ηρεμία, μόνο αν η επιφάνειά του βρίσκεται σε τόξο κύκλου με κέντρο το κέντρο της γης (και του σύμπαντος). Βασιζόμενος τώρα σε αυτό αποδεικνύει τις υδροστατικές αρχές χρησιμοποιώντας το μοντέλο του ζυγού. Θα παρουσιάσω παρακάτω, την βάση της απόδειξης της αρχής της άνωσης, η οποία είναι η πρόταση

Στερεά τα οποία έχουν το ίδιο βάρος με το υγρό θα βυθιστούν στο υγρό μέχρι του σημείου που οι επιφάνειές τους δεν εξέχουν από αυτό και δεν θα προχωρήσουν άλλο προς τα κάτω. (Πρόταση 3, Dijksterhuis 1987, 375).



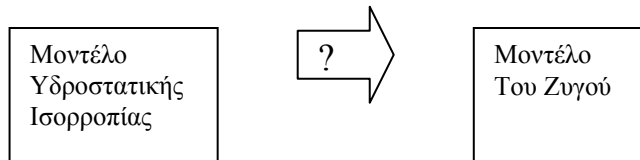
Σχήμα 16

Στο παραπάνω σχήμα, το ημικύκλιο είναι μια τομή της γης, ενώ οι κυκλικοί τομείς LKM και MKN είναι τομές δύο πυραμίδων με κοινό κέντρο το K.

Θέλοντας να αποδείξει ότι ένα σώμα το «ίδιο βαρύ» με το υγρό δεν μπορεί να υπέρκειται του υγρού, χρησιμοποιεί την εις άτοπο απαγωγή ξεκινώντας με την υπόθεση ότι το σώμα EHTF το οποίο έχει το ίδιο «βάρος» με το νερό, υπέρκειται του νερού κατά το τμήμα EBCF. Ας υποθέσουμε τώρα, ότι υπάρχει ένα άλλο σώμα RSQY, το οποίο είναι κατασκευασμένο από νερό και είναι ίσο με το τμήμα BHTC του πρώτου σώματος. Σε αυτή την περίπτωση η επιφάνεια XO θα δεχόταν μεγαλύτερη πίεση από την OP καθώς θα πιεζόταν από το παραπάνω βάρος EZGB. Καθώς λοιπόν δύο γειτονικά μέρη του υγρού, δέχονται διαφορετική πίεση, το νερό δεν μπορεί να ισορροπεί, σύμφωνα με την προκείμενη που παρουσιάσαμε στην αρχή της ενότητας.

Η αρχιμήδεια απόδειξη παρουσιάζει δύο προφανή προβλήματα. Το πρώτο είναι, ότι δεν υπάρχει κανένας λόγος η παραπάνω πίεση που δημιουργεί το βάρος του στερεού, το οποίο υπέρκειται της επιφανείας, να μεταδίδεται ειδικά στην επιφάνεια XO. Το δεύτερο πρόβλημα, είναι ότι ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται η απόδειξη δεν οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αρχή της άνωσης ισχύει σε ένα ποτήρι νερό ή μια κλειστή θάλασσα. Το ότι οι αποδείξεις στηρίζονται σε αυτή την αρχή δικαιολογεί κατά τον Ντζιστερχούις γιατί ο Αρχιμήδης έθεσε στην αρχική προκείμενη αυτή την απαίτηση της «μη καθείρξεως» του υγρού. Για να ισχύει, όμως, η απόδειξη γενικά, σύμφωνα με τον Ντζιστερχούις ο Αρχιμήδης θα «έπρεπε να έχει προϋποθέσει ότι τα υδροστατικά φαινόμενα είναι ίδια σε ένα δοχείο με πυθμένα και σε μία σφαίρα από νερό γύρω από το κέντρο του σύμπαντος» (Dijksterhuis 1987, 379). Ακόμα όμως και αν ο Αρχιμήδης έθετε ρητά αυτή την προϋπόθεση, δεν θα ήταν παρά ένας επί

τούτου τρόπος να «μπαλώσει» το πρόβλημα το οποίο παρουσιάζει η απόδειξη του. Σύμφωνα με την δική μου ερμηνεία, το πρόβλημα ξεκινάει όταν ο Αρχιμήδης επιχειρεί να ανάγει το πρόβλημα της πλευσης των σωμάτων στο πρόβλημα του ζυγού.



Γνωρίζοντας τη λύση στο πρόβλημα της πλευσης (αρχή της άνωσης), επιχειρεί να τη μετατρέψει σε πρόβλημα ζυγού. Μετατρέπει έτσι τους δύο κυκλικούς τομείς του σχήματος 16 σε «βραχίονες» ενός ζυγού, ενώ το σώμα Α και ένα σώμα Β, το οποίο αποτελείται από υγρό, τοποθετούνται στους δυο βραχίονες του φανταστικού ζυγού. Αν δεχτεί κανείς την μετατροπή, οι προς απόδειξη προτάσεις προκύπτουν εύκολα. Η μετατροπή όμως αυτή βασίζεται σε μια *ad hoc* τεχνική, η οποία, σε αντίθεση με τους κανόνες μετασχηματισμού που εξετάσαμε προηγουμένως, δεν νομιμοποιείται ούτε με βάση το μοντέλο- βάση του ζυγού ούτε με βάση την πειραματική εμπειρία. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους ο Αρχιμήδης επιμένει να χρησιμοποιεί μια τεχνική της οποίας τα λογικά μειονεκτήματα δεν μπορεί να μην είχαν υποπέσει στην αντίληψή του. Ο πρώτος είναι ότι του εξασφαλίζει την επιθυμητή αναγωγή, στο πρόβλημα του ζυγού. Ο δεύτερος είναι ότι τον οδηγεί σε ένα «σωστό» αποτέλεσμα, σε μια πρόταση σχετικά με τον φυσικό κόσμο (αρχή της άνωσης) η οποία έχει ανεξάρτητη και ισχυρή πειραματική επιβεβαίωση. Σε αυτό το πρόβλημα όμως θα επανέλθω στο τέλος του κεφαλαίου.

### 3. Μοντέλα και Φιλοσοφική Σιωπή

Θα επιχειρήσω μια σύνοψη των μη προτασιακών μεθόδων του Αρχιμήδη, πριν κλείσω αυτό το κεφάλαιο με ένα συνολικό σχόλιο για το γνωσιολογικό θεμέλιο της αρχιμήδειας επιστήμης. Αρχίζοντας από τα μαθηματικά, η μη-προτασιακή μέθοδος φαίνεται ως μια πρώτη μορφή απειροστικού λογισμού<sup>124</sup>. Η λύση προβλημάτων

<sup>124</sup> Σύμφωνα με τον Edwards (1979, 74-5) οι τεχνικές του Αρχιμήδη υπολείπονται του σύγχρονου απειροστικού λογισμού στα εξής σημεία:

α. Λείπει η ρητή εισαγωγή των οριακών εννοιών. Ο Αρχιμήδης μοιράζεται τον 'φόβο του απείρου' και προτιμάει την εις άτοπο απαγωγή παρά το άμεσο πέρασμα στο όριο.



μέσω οριακών διαδικασιών δεν αναπτύσσεται παραπάνω στην αρχαιότητα, προφανώς λόγω των παραδόξων που συνόδευαν τις ιδέες του απειροστού και του απείρου. Παρόλα αυτά ο Αρχιμήδης αναπτύσσει με τρόπο ρητό μια μη προτασιακή μέθοδο η οποία, εκτός από τις παραπάνω έννοιες, βασίζεται σε μια έννοια «μηχανικής ισορροπίας» μεταξύ γεωμετρικών στερεών. Ο ζυγός με αυτό τον τρόπο μετατρέπεται σε εργαλείο λύσης γεωμετρικών προβλημάτων. Στην περίπτωση της μηχανικής, ο ζυγός αποκτάει κεντρικότερο και ουσιαστικότερο ρόλο. Αποτελεί το μοντέλο βάση στο οποίο ο Αρχιμήδης επιχειρεί να ανάγει οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα μηχανικής. Η αναγωγή αυτή επιτυγχάνεται μέσω συγκεκριμένων και ρητών κανόνων μετασχηματισμού. Οι τελευταίοι έχουν μη προτασιακό χαρακτήρα, αφού βασίζονται πάνω σε τεχνικές προσφυγής στο όριο. Είδαμε ότι στην περίπτωση μηχανικών προβλημάτων, οι κανόνες μετασχηματισμού προκύπτουν από το ίδιο το μοντέλο του ζυγού και είναι πειραματικά ελέγξιμοι, ενώ στην περίπτωση των υδροστατικών προβλημάτων βασίζονται σε ανεξάρτητες παραδοχές και δεν επιδέχονται πειραματικής επιβεβαίωσης. Εν τούτοις, θα πρέπει να τονιστεί ότι, ανεξάρτητα από τους κανόνες μετασχηματισμού, οι θεωρητικές προβλέψεις οι οποίες προκύπτουν από τα μοντέλα έχουν ανεξάρτητη και ισχυρή εμπειρική επιβεβαίωση.

Με βάση τα παραπάνω θα προχωρήσω σε ένα γενικότερο σχόλιο για το γνωσιολογικό θεμέλιο της αρχιμήδειας επιστήμης εστιάζοντας στο ζεύγμα Λόγος-Εμπειρία. Κατ' αρχάς, φαίνεται ότι αν θα έπρεπε να αναζητήσουμε οπωσδήποτε μια θεμελίωση τέτοιου είδους, θα την βρίσκαμε και στους δύο πόλους του ζεύγματος. Όσο αφορά το «νοητικό» ή το «λογικό» μέρος της θεμελίωσης, η αρχιμήδεια επιστήμη βασίζεται σε ένα μοντέλο – εκείνο του ζυγού- το οποίο φαίνεται ότι κυβερνάται από «προφανείς» αρχές ενώ οι κανόνες μετασχηματισμού βρίσκονται στο ίδιο το μοντέλο και τον χειρισμό του. Από αυτή την οπτική γωνία φαίνεται ως εάν ολόκληρη η αρχιμήδεια επιστήμη να είναι μια νοητική σύλληψη που δομείται έτσι ώστε η πειραματική επιβεβαίωση να είναι σχεδόν περιττή. Από το άλλο μέρος το κεντρικό μοντέλο της αρχιμήδειας επιστήμης, ο ζυγός, είναι από τις σπάνιες περιπτώσεις όπου η μαθηματική αρχή η οποία κυβερνάει ένα φυσικό φαινόμενο επιβεβαιώνεται χωρίς αποκλίσεις από το πείραμα. Εκτός από τον ίδιο τον ζυγό, ο

---

β. Δεν υπάρχει γενικός αλγόριθμος για τον υπολογισμό όγκων και εμβαδών. Δεν χρησιμοποιεί προηγούμενα προβλήματα και αρχίζει πάντα από την αρχή.

γ. Δεν υπάρχει αναγνώριση ότι τα προβλήματα εμβαδού και εφαπτομένης είναι αντίστροφα. Οι Έλληνες δεν σχετίζουν τις εφαπτόμενες γραμμές με τον ρυθμό αλλαγής.

μογλός, οι υπόλοιπες απλές μηχανές και τα υδροστατικά φαινόμενα έχουν ισχυρή και διπλή πειραματική επιβεβαίωση διότι, αφενός οι αρχές που τα κυβερνούν είναι άμεσα ελέγξιμες, αφετέρου ανάγονται όλα στον ζυγό, ο οποίος έχει άριστη πειραματική επιβεβαίωση. Πέραν αυτού, ο ίδιος ο ζυγός και τα υπόλοιπα προβλήματα συγκροτούν το βασικό θεωρητικό οπλοστάσιο οποιουδήποτε μηχανικού της αρχαιότητας. Με βάση τα παραπάνω, η επιστήμη του Αρχιμήδη φαίνεται κατ' εξοχήν εμπειρική, ενταγμένη πλήρως στο ειδικό, συγκεκριμένο και πολλές φορές χρησιμοθηρικό χαρακτήρα της επιστήμης κατά την ελληνιστική περίοδο.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις περί γνωσιολογικής θεμελίωσης, θα μπορούσαμε να καταλάβουμε και τη 'σιωπή' του Αρχιμήδη, σχετικά με τα μεγάλα γνωσιολογικά και οντολογικά θέματα<sup>125</sup>. Η 'σιωπή' αυτή θα μπορούσε να εξηγηθεί απλά με την επιθυμία του Αρχιμήδη να κάνει επιστήμη και όχι να συμμετάσχει σε φιλοσοφικές διενέξεις. Μια τέτοια εξήγηση, όμως, παρουσιάζει δυο μεγάλα προβλήματα: πρώτον, προϋποθέτει ένα ρητό και συνειδητό κατά την αρχαιότητα όριο ανάμεσα στην φιλοσοφία και την επιστήμη και, δεύτερον και σημαντικότερο, απλώς αναβάλλει τη φιλοσοφική ερμηνεία, αφού τα ερωτήματα για το είδος, το θεμέλιο και την έμπνευση της αρχιμήδειας επιστήμης παραμένουν ανοιχτά. Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι η φιλοσοφική διεκδίκηση του Γαλιλαίου έχει δυο χαρακτηριστικά. Πρώτον, αναπαράγει διαμάχες της εποχής του Γαλιλαίου και, δεύτερον, συντηρείται και εντείνεται από τη φιλοσοφική 'σιωπή' του Γαλιλαίου. Το αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ο Γαλιλαίος να διεκδικείται από πλήθος διαφορετικών σχολών. Όλα τα παραπάνω συμβαίνουν και στην περίπτωση του Αρχιμήδη. Σύμφωνα με την βιβλιογραφική επισκόπηση που κάνει ο Nor (Knorr 1987, 440) ο Αρχιμήδης έχει χαρακτηριστεί σχεδόν με όλες τις φιλοσοφικές ετικέτες: για τον Σνάιντερ (Schneider 1979) ο Αρχιμήδης ήταν καταρχήν μηχανικός ο οποίος έγινε κατόπιν μαθηματικός, επηρεασμένος από κάποιο τύπο πυθαγόρειας φιλοσοφίας. Για τον Λούρια (Luria 1945) ο Αρχιμήδης ήταν διαλεκτικός υλιστής επηρεασμένος από τις ατομικές θεωρίες του Δημόκριτου. Για τον Ντέλσεντιμ (Delsedime 1979) η αρχιμήδεια έννοια του απείρου είναι μάλλον αριστοτελική, παρά πυθαγόρεια. Ο Βιριέ Ρεϊμόν (Virieux- Reymond 1979) υποστηρίζει πλατωνική

---

<sup>125</sup> Το βιβλίο μάλιστα του Ντζιστερχούις τελειώνει με το τελευταίο έργο του Αρχιμήδη χωρίς να θέσει ερωτήματα περί της αρχιμήδειας μεθόδου. Μια τόσο σημαντική δουλειά, για μία τόσο σημαντική προσωπικότητα της αρχαίας επιστήμης, τελειώνει απλά με το 'κανονικό επτάγωνο'. Θάλεγε κανείς, ότι ο Ντζιστερχούις ακολουθεί τον Συρακούσιο Μαθηματικό (μηχανικό; αστρονόμο;) στην ηθελημένη σιωπή του γύρω από φιλοσοφικά θέματα.

επίδραση για τη μηχανική μέθοδο, αλλά οι ισχυρισμοί του αμφισβητούνται από τον Γκάρντι (Gardies 1980). Τι ήταν τελικά ο Αρχιμήδης; Πυθαγόρειος, υλιστής και ατομικός, αριστοτελικός ή πλατωνικός; Χωρίς να ισχυρίζομαι ότι η ανασυγκρότηση με βάση τα μοντέλα λύνει τα παραπάνω προβλήματα, τα τοποθετεί ωστόσο σε ένα νέο πλαίσιο. Για παράδειγμα τα ζεύγματα μαθηματικός έναντι μηχανικού, πλατωνιστής (ιδεαλιστής) έναντι ατομιστή (υλιστή) τίθενται με νέους όρους στην περίπτωση που η επιστήμη του Αρχιμήδη θεμελιώνεται σε ένα κεντρικό πρότυπο/μοντέλο. Και αυτό γιατί στο μοντέλο του ζυγού, οι έννοιες, τα μαθηματικά, το πείραμα και η τεχνική χρησιμότητα βρίσκονται σε πλήρη αρμονία, χωρίς καν να τίθεται θέμα προτεραιοτήτων. Τα προβλήματα ξεκινάνε, όταν το μοντέλο του ζυγού πρέπει να επεκταθεί σε άλλες περιοχές, οπότε τα προβλήματα της επέκτασης τίθενται προς ανάλυση. Σε αυτή την περίπτωση όμως το φιλοσοφικό ερώτημα αλλάζει. Είδαμε, π.χ., πως ο σύνδεσμος του κεντρικού μοντέλου με τα υδροστατικά μοντέλα είναι προβληματικός: ο Αρχιμήδης προϋποθέτει ότι μια πραγμάτευση η οποία έγινε συνολικά στη γη ισχύει και σε ένα δοχείο με νερό. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το παραπάνω υπαινίσσεται έναν 'ιδεαλισμό', ή μια 'ολιστική' θεώρηση του σύμπαντος; Κάτι τέτοιο θα προϋπέθετε ότι ο Αρχιμήδης έχει καταρχήν ένα κατασταλαγμένο κοσμοείδωλο με βάση το οποίο επιχειρεί να εξηγήσει διάφορες ειδικές περιπτώσεις, θα προϋπόθετε δηλαδή ένα προτασιακού τύπου φιλοσοφικό παράδειγμα. Με βάση την ανασυγκρότηση που επιχειρήσα μπορούμε να εξηγήσουμε αλλιώς την αρχιμήδεια ιδέα: ο Αρχιμήδης θέλει να χρησιμοποιήσει το πρότυπο του ζυγού, κατόπιν βλέπει πειραματικά ότι πράγματι ένα σώμα ισορροπεί αν το βάρος του δεν είναι μεγαλύτερο από το βάρος ίσου όγκου νερού και προσπαθεί να συνδέσει τα δυο φαινόμενα απευθείας. Ο στόχος του είναι, με άλλα λόγια, να δείξει οπτικά τον ζυγό στην περίπτωση της υδροστατικής πίεσης. Από εκεί και πέρα θα μπορούσαμε να πούμε απλά ότι ο τρόπος που το πετυχαίνει αυτό δεν είναι ιδιαίτερα πειστικός. Με τη δική μου ορολογία, θα μπορούσαμε να πούμε ότι και τα δυο μοντέλα έχουν άριστη εμπειρική επικύρωση αλλά ο σύνδεσμος μεταξύ τους είναι προβληματικός. Το γεγονός ότι ο Αρχιμήδης επιλέγει μια προβληματική σύνδεση, ίσως θα ήταν πιο χρήσιμο να το συσχετίσουμε με την προσπάθειά του να συμπεριλάβει στην απόδειξη του την καμπυλότητα της επιφάνειας του νερού, παρά με το φιλοσοφικό του υπόβαθρο.

Η παραπάνω πραγμάτευση δεν εξαφανίζει το ερώτημα των φιλοσοφικών προϋποθέσεων και κινήτρων του Αρχιμήδη. Το επανατοποθετεί όμως σε μια νέα

βάση με δυο σκέλη: το πρώτο είναι το ερώτημα του γιατί επέλεξε ο Αρχιμήδης αυτή τη μέθοδο και το δεύτερο είναι το ερώτημα του ποιες συγκεκριμένες επιλογές κάνει σε συγκεκριμένα προβλήματα.

Ισχυρίζομαι, τέλος, πως η αρχιμήδεια πραγμάτευση των μαθηματικών και μηχανικών προβλημάτων αποτελεί αφενός βάση και αφετέρου μικρογραφία της γαλιλαϊκής επιχείρησης. Στην επόμενη ενότητα θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο Γαλιλαίος συνέχισε και επέκτεινε την αρχιμήδεια παράδοση, ώστε να επανέλθουμε στα φιλοσοφικά ερωτήματα στο τέλος της εργασίας.

#### 4. Παράρτημα Ι: Ο Αρχιμήδης του Dijksterhuis

Η ανασυγκρότηση που επιχειρώ σε αυτό το κεφάλαιο βασίζεται κυρίως στο βιβλίο του E.J. Dijksterhuis *Archimedes*<sup>126</sup> καθώς και στην επισκόπηση/σχολιασμό του Nor (Κνοττ, από εδώ και πέρα *σχολιαστής*) η οποία είναι ενσωματωμένη στην έκδοση του Princeton, με τίτλο: *Archimedes after Dijksterhuis: A Guide to Recent Studies*.

Ο Ντζιστερχούις (Dijksterhuis 1892-1965) εδραιώθηκε στην διεθνή βιβλιογραφία της ιστορίας της επιστήμης κυρίως από το έργο του *The Mechanization of the World Picture* (Dijksterhuis 1950, 1961) το οποίο αποτελεί εκτεταμένη πραγματεία για την ιστορία των φυσικών επιστημών από την Αρχαιότητα μέχρι τον Νεύτωνα. Θεωρείται επίσης, ο κατεξοχήν μελετητής του Simon Stevin, Φλαμανδού μηχανικού και φυσικοφιλόσοφου του 16ου αιώνα. Μελετητής επίσης της αρχαίας γεωμετρίας, εκδίδει το 1929-1930 μια ολλανδική μετάφραση των *Στοιχείων* του Ευκλείδη με δικά του σχόλια.<sup>127</sup>

Πριν την μελέτη του Ντζιστερχούις για τον Αρχιμήδη, υπήρχαν άλλες δύο μελέτες οι οποίες αποτελούν επίσης και μετάφραση των απάντων του αρχαίου μαθηματικού και μηχανικού. Η μία είναι η Χιθ (Heath) *The Works of Archimedes*<sup>128</sup> και η άλλη η Έεκε (Eecke) *Les Oeuvres Completes d'Archimede*<sup>129</sup>. Ο Ντζιστερχούις τοποθετεί την καινοτομία της δικής του εργασίας στο επίπεδο του συμβολισμού. Ο Χιθ χρησιμοποιεί σύγχρονο συμβολισμό στην μεταγραφή των αρχιμήδειων μαθηματικών. Αυτό καθιστά το έργο του προσιτό στον αναγνώστη, αλλά πολλές φορές έχει το κόστος της απώλειας του ειδικού χαρακτήρα της αρχαίας μαθηματικής σκέψης καθώς παρασύρει τον αναγνώστη στο εννοιολογικό πλαίσιο της σύγχρονης άλγεβρας.<sup>130</sup> Ο Έεκε αποφεύγει αυτό το μειονέκτημα κάνοντας κυριολεκτική μετάφραση. Με αυτό τον τρόπο όμως η εργασία του γίνεται δυσπρόσιτη. Ακόμα και

<sup>126</sup> Μετάφραση από τα Ολλανδικά της C. Dikshoorn, η πρώτη Ολλανδική έκδοση έγινε το 1938, το βιβλίο που παρουσιάζεται είναι έκδοση του Princeton University Press, 1987.

<sup>127</sup> Για περισσότερες πληροφορίες για την ζωή και το έργο του Ντζιστερχούις βλέπε Hooyakaas R. *In Memoriam E.J. Dijksterhuis* Isis 58, 223-225, 1967

<sup>128</sup> Αρχική έκδοση 1897, επανέκδοση από το Cambridge με το πρόσθετο *The Method of Archimedes*, 1912, New York

<sup>129</sup> 1960 (β έκδοση) Liege: Vaillant-Garmanne.

<sup>130</sup> Τα αρχαία μαθηματικά διατυπώνουν τα πάντα σε λέξεις. Η ευκολία που παρέχει η σύγχρονη άλγεβρα με τον συμβολισμό της και κυρίως τον ενσωματωμένο στη δομή της τρόπο παραγωγής συμπερασμάτων, είναι πολλές φορές κακός οδηγός για την κατανόηση του πλαισίου των δυσκολιών και των καινοτομιών των Αρχαίων Μαθηματικών.

κάποιος που έχει ειδική εκπαίδευση στα μαθηματικά, δεν μπορεί πολλές φορές να παρακολουθήσει την πραγματικά πολύπλοκη δομή των αποδείξεων. Ο Ντζιστερχούις επιχειρεί να αποφύγει τα μειονεκτήματα και των δύο εργασιών. Όσο αφορά τις προτάσεις και τα θεωρήματα μεταφράζει κυριολεκτικά από το αρχιμήδειο κείμενο. Αλλά στις αποδείξεις των θεωρημάτων εισάγει ένα δικό του συμβολισμό,<sup>131</sup> ο οποίος χωρίς να παραβιάζει συμπυκνώνει και σχηματοποιεί τις αρχιμήδειες αποδείξεις. Αφού παραθέσει με αυτόν τον τρόπο την απόδειξη ενός θεωρήματος, ο Ντζιστερχούις τις περισσότερες φορές παραθέτει και μια σύγχρονη αλγεβρική, απόδειξη του ίδιου θεωρήματος.

Κατά τον σχολιαστή (Knoir 1987, 420) η εργασία του Ντζιστερχούις παραμένει, τριάντα χρόνια μετά την δημοσίευσή της, η καλύτερη πραγματεία πάνω στον Αρχιμήδη στην αγγλική γλώσσα για έναν επιπλέον λόγο. Ο Χιθ στηρίζεται σε μια έκδοση των απάντων του Αρχιμήδη από τον Χάιμπεργκ (Heiberg) του 1880-1881<sup>132</sup>. Αυτή όμως η έκδοση υπερσκελίστηκε, όπως θα δούμε και παρακάτω, με μια νεότερη (1910-15) με βάση την οποία έγραψε το βιβλίο του ο Ντζιστερχούις.

Μια άλλη διαφορά του Ντζιστερχούις σε σχέση με μία απλή έκδοση απάντων του Αρχιμήδη είναι η συλλογή των βασικών θεωρημάτων (στοιχείων) της πραγματείας σε ένα ξεχωριστό κεφάλαιο (κεφάλαιο 3). Ο Ντζιστερχούις θεωρεί ότι έτσι βοηθάει τον αναγνώστη να ξεπεράσει μια άλλη μεγάλη δυσκολία των αρχαίων μαθηματικών: την στεγνή (dry-as-dust) παράθεση προτάσεων όπου τόσο η διάκριση βασικών θεωρημάτων και λημμάτων όσο και το βασικό επιχείρημα είναι δυσδιάκριτα.

---

<sup>131</sup> Τον ίδιο συμβολισμό χρησιμοποίησε ο Ντζιστερχούις και στην έκδοση των Στοιχείων του Ευκλείδη. Ο συμβολισμός αποδείχθηκε κατά τον Ντζιστερχούις επιτυχής ως προς τον παιδαγωγικό του ρόλο.

<sup>132</sup> *Archimedes Opera 3 vol. Leipzig: Teubner. Η μεταγενέστερη έκδοση έγινε από τον ίδιο εκδοτικό οίκο, και τυπώθηκε πάλι το 1972 στη Στουτγκάρδη.*

## 5. Παράρτημα II: Ιστορικές Πηγές και Εκδόσεις

Από αναφορές του Ήρωνα, του Πάππου και του Θέωνα γνωρίζουμε ότι τον 3ο και 4ο αιώνα μ.Χ στην Αλεξάνδρεια υπήρχαν και μελετώνταν περισσότερα κείμενα από αυτά που έχουμε σήμερα στη διάθεση μας. Η πυρκαγιά του 391 μ.Χ. αποτεφρώνει το σύνολο των έργων, αλλά αυτό δεν φαίνεται να είναι ο κύριος λόγος της άγνοιας και της λήθης που ακολούθησε μετά. Η άγνοια ή η αδρομερής γνώση για τις επόμενες γενιές υφίσταται ακόμα και για έργα τα οποία ήταν αρκετά διαδομένα για να αποδώσουμε την λήθη τους στη πυρκαγιά. Μόνο τα στοιχειώδη και απλούστερα μέρη του αρχιμήδειου έργου φαίνεται να συζητιόνται για την επόμενη περίοδο, ακόμα και από διανοητές του διαμετρήματος του Ήρωνα του Αλεξανδρέα.

Το ενδιαφέρον για το αρχιμήδειο έργο αναπτρώνεται στο Βυζάντιο. Ο Ανθέμιος και ο Ισίδωρος στους οποίους ο Ιουστινιανός αναθέτει το 532 μ.Χ. το κτίσιμο της Αγίας Σοφίας, είτε από ενδιαφέρον για πρακτική χρησιμότητα, είτε από την αγάπη τους για τα καθαρά μαθηματικά, εγκύπτουν πάλι στο έργο του Αρχιμήδη. Πιθανώς εκείνη την εποχή γίνεται και η μετάφραση των γραπτών από την Δωρική-Σικελική διάλεκτο του Αρχιμήδη στην Αττική.

Οι προσπάθειες των λογίων του Βυζαντίου θα κορυφωθούν τον 9ο αιώνα με τον Λέοντα τον Σοφό, επίσκοπο Θεσσαλονίκης και δάσκαλο στο Πανεπιστήμιο της Κωνσταντινούπολης. Ο Λέων συλλέγει για πρώτη φορά τα έργα του Αρχιμήδη σε ένα χειρόγραφο (κώδικας A, κατά Heiberg). Ο κώδικας A απετέλεσε και το αρχέτυπο μέχρι το 1906 για οποιαδήποτε αναφορά στο έργο του Αρχιμήδη. Από την Κωνσταντινούπολη πάλι έχουμε μια συλλογή έργων πάνω στην οπτική και στη μηχανική (κώδικας Βήτα καλλιγραφικό<sup>133</sup> κατά Heiberg) από την οποία θα γίνει τον 13ο αιώνα και η πρώτη μετάφραση του Αρχιμήδη στα Λατινικά. Της ίδιας προέλευσης είναι και ο κώδικας C για τον οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω. Η διάσωση λοιπόν του Αρχιμήδη φαίνεται να είναι έργο Βυζαντινών λογίων.

Ο Χάιμπεργκ ερευνήσε για την τύχη του κώδικα A στην Δύση, όπου περνώντας από χέρι σε χέρι χάνονται τα ίχνη του γύρω στο 1550 -1564. Δεν χάνονται, βέβαια, τα περιεχόμενα του μια που εκτός από τις αντιγραφές έχουμε στα 1269 μια μετάφραση

---

<sup>133</sup> Η διαφορά του κώδικα Β καλλιγραφικού και Β φαίνεται παρακάτω. Ο κώδικας Β είναι το Λατινικό κείμενο το οποίο φαίνεται ότι εκτός από τον κώδικα Α στηρίζεται και σε άλλες πηγές μεταξύ των οποίων ο κώδικας Β καλλιγραφικό.

του κώδικα A στα Λατινικά (κώδικας B) η οποία βρέθηκε στη Ρώμη το 1884. Αυτή η μετάφραση του Moerbeke περιέχει ένα έργο το οποίο δεν υπάρχει στον κώδικα A. Το *Οχουμένων α και β*, γεγονός που δείχνει ότι έπρεπε να υπήρχε και άλλη πηγή Αρχιμήδειων κειμένων. Ο Ντζιστερχούις εικάζει ότι αυτή η πηγή ήταν ο Βυζαντινός κώδικας B καλλιγραφικό. Ο κώδικας B κατέληξε στην βιβλιοθήκη του Βατικανού όπου και ανευρέθη από τον Χάιμπεργκ. Οι κώδικες E, D, ήταν ελληνικές αντιγραφές του κώδικα A. Ο D ήταν από το 1491 στην κατοχή του Λορέντζο των Μεδίκων, ο οποίος μάλιστα, δεν επέτρεπε σε κανένα καν να τον δει.

Όσο αφορά τις τυπωμένες εκδόσεις έχουμε την πρώτη το 1503 στη Βενετία και ακολουθεί το 1543 μια έκδοση του Nicolo Tartaglia (με 4 έργα του Αρχιμήδη βλ. Dijksterhuis 1987, 40) ο οποίος διαμαρτύρεται στον πρόλογο για την δυσκολία της δουλειάς που έπρεπε να κάνει προσπαθώντας να αποδώσει το Ελληνικό κείμενο. Κατά τον Heiberg αυτό είναι ένα ψέμα. Ο Tartaglia αντιγράφει Λατινικές εκδόσεις μαζί με τα λάθη τους. Οι Ελληνικές και Λατινικές εκδόσεις του Αρχιμήδη συνεχίζονται τον 16ο και 17ο αιώνα. Το 1670 έχουμε την πρώτη μετάφραση του Αρχιμήδη σε ζώσα γλώσσα (γερμανικά από τον J.C Sturm). Στο τέλος του 18ου αιώνα εμφανίζεται στην Οξφόρδη η μνημειώδης έκδοση του Ιταλού μαθηματικού Joseph Torrelli με το Ελληνικό κείμενο και μετάφραση στα Λατινικά. Δύο νέες ανακαλύψεις εν τω μεταξύ πλουτίζουν το Αρχιμήδειο κόρπους. Τον 17 αιώνα δημοσιεύονται στα Λατινικά μεταφράσεις του Άραβα μαθηματικού Thabit b.Quirra ο οποίος κατά πάσα πιθανότητα συζητάει κάποιες ανακαλύψεις του Αρχιμήδη. Το 1733 ο Lessing δημοσιεύει ένα επίγραμμα όπου διατυπώνεται το αποδιδόμενο στον Αρχιμήδη *Βοεικόν Πρόβλημα*. Η τελευταία όμως και πιο σημαντική ανακάλυψη είναι ο προαναφερθέντας κώδικας C<sup>134</sup>.

Το 1899 ο Χάιμπεργκ πληροφορείται για μια αναφορά του Κεραμέα Παπαδόπουλου, βιβλιοθηκάρου της βιβλιοθήκης των Ιεροσολύμων. Ο τελευταίος, σε μια έκδοση τόμων της βιβλιοθήκης, σημειώνει την ύπαρξη ενός παλίμψηστο στο οποίο κάτω από προσευχές διακρίνονταν μαθηματικά σημεία. Ο Χάιμπεργκ παίρνει αυτή την πληροφορία μέσω ενός Γερμανού συνάδελφου του και μεταβαίνει στην Κωνσταντινούπολη στην οποία είχε μεταφερθεί το παλίμψηστο. Κατορθώνει να αποκαταστήσει το χειρόγραφο ανακαλύπτοντας ότι περιείχε ένα Αρχιμήδειο κείμενο του 10ου αιώνα το οποίο είχε σβηστεί τον 12<sup>ο</sup>, τον 13ο και τον 14ο αιώνα ώστε να

<sup>134</sup> Για μια λεπτομερέστερη και πιο ενημερωμένη εξιστόρηση της ανακάλυψης του κώδικα βλ. Χριστιανίδης (2003, 148-155)



γραφούν από πάνω του ευχολόγια. Ο Χάιμπεργκ κατόρθωσε να αποκαταστήσει το αυθεντικό κείμενο, το οποίο πέρα από αποσπάσματα από διάφορα έργα περιείχε ένα σχεδόν πλήρες κείμενο το *Εφοδίων ή Εφοδικόν* το οποίο ήταν γνωστό ότι υπήρχε από αναφορές άλλων συγγραφέων. Το κείμενο αυτό περιέχει την «βαρυκεντρική» μέθοδο του Αρχιμήδη, η οποία, όπως είδαμε προηγουμένως, είναι κρίσιμη για την κατανόηση και την ανασυγκρότηση της αρχιμήδειας σκέψης. Στο ίδιο χειρόγραφο βρέθηκαν επίσης αποσπάσματα από το έργο *Στομαχίον* για το οποίο μέχρι εκείνη την στιγμή ο Χάιμπεργκ αμφισβητούσε την πατρότητα του Αρχιμήδη. Με αυτά τα έργα ο Χάιμπεργκ κάνει μια δεύτερη έκδοση των απάντων του Αρχιμήδη και σε αυτή την έκδοση στηρίζεται και το βιβλίο του Ντζιστερχούις .

Συνοψίζοντας, υπάρχουν τρεις κειμενικές γραμμές από τις οποίες ο Χάιμπεργκ απεκατέστησε το έργο του Αρχιμήδη. Ο κώδικας Α ο οποίος αποκαταστάθηκε από διάφορες αντιγραφές του και είναι Βυζαντινό κείμενο. Η μετάφραση του Moerbeke καθώς φαίνεται ότι έχει πηγές που δεν περιλαμβάνονται στον κώδικα Α ονομάζεται κώδικας Β, και ο Χάιμπεργκ υποθέτει ότι στηρίζεται σε ένα επίσης Βυζαντινό κείμενο το Β καλλιγραφικό. Ο κώδικας C τέλος ανακαλύπτεται από τον ίδιο τον Χάιμπεργκ σε ένα παλίμψηστο και με βάση αυτόν συγκροτείται το Αρχιμήδειο σώμα κειμένων σε μια δεύτερη και βελτιωμένη έκδοση.

Σημαντική για το θέμα της Μεσαιωνικής απήχησης του Αρχιμήδη είναι η μνημειώδης δουλειά του M. Clagett *Archimedes in the Middle Ages* (1964-84) , πέντε τόμοι.

Τα σωζόμενα έργα του Αρχιμήδη είναι:

1. Περί σφαίρας και κυλίνδρου, βιβλία α και β
2. Κύκλου μέτρησις
3. Περί κωνοειδών και σφαιροειδών
4. Περί ελίκων.
5. Επιπέδων ισορροπιών ή κέντρα βαρών επιπέδων
6. Ψαμμίτης
7. Τετραγωνισμός παραβολής
8. Οχουμένων α και β.
9. Στομαχίον
10. Περι των μηχανικών θεωρημάτων προς Ερατοσθένη έφοδος (=μέθοδος)
11. Βιβλίο λημμάτων

## 12 Πρόβλημα βοεικόν

Ο Ντζιστερχούις ακολουθεί την χρονολογική σειρά του Χιθ στην παραπάνω εργογραφία. Σε δύο σημαντικά σημεία όμως κατά τον σχολιαστή υπάρχουν αμφιβολίες. Η πρώτη τοποθέτηση του *Κύκλου Μέτρησις* οφείλεται σε λάθος ανάγνωση του Χιθ. Υπάρχει επίσης και άλλη πρόταση για την χρονολογική τοποθέτηση της *Εφόδου*. Εκτός από αυτά τα δύο σημεία, ο σχολιαστής παραθέτει βιβλιογραφία όπου υποστηρίζονται διαφορετικές χρονολογικές σειρές (Knoorr 1987, 428). Η όλη συζήτηση είναι σημαντική για την αποκατάσταση της εξέλιξης της σκέψης του Αρχιμήδη, στο βαθμό όμως που ο Ντζιστερχούις δεν αναλαμβάνει αυτό το εγχείρημα, δεν επιμένει και στην συζήτηση για την γενεαλογία των κειμένων.

Για τα χαμένα έργα έχουμε τις εξής αναφορές.

1. Ο Πάππος<sup>135</sup> αναφέρεται σε μελέτες για ημικανονικά πολύεδρα.
2. Στον Ψαμμίτη, ο Αρχιμήδης αναφέρεται<sup>136</sup> σε ένα άλλο βιβλίο με τίτλο *Αρχαί* το οποίο είναι του ίδιου περιεχομένου με τον Ψαμμίτη (έκφραση μεγάλων αριθμών)
3. Το *Επιπέδων ισορροπιών* δεν ήταν το μόνο έργο περί στατικής. Πρέπει να είναι ένα μέρος από ένα μεγαλύτερο έργο το οποίο αναφέρεται από τον Αρχιμήδη ως *Στοιχεία των Μηχανικών*. Αναφέρεται επίσης από τον ίδιο κάποιο έργο με τίτλο *Εν ταις Ισορροπίαις*. Σχετικά με την στατική πάλι, ο Πάππος αναφέρεται σε κάποιο έργο *Περί Ζυγων και ο Σιμπλίκιος* αναφέρεται στα *Κεντροβαρικά*.
4. Ο Θέων ο Αλεξανδρεύς σε κάποιο σχόλιο στην Πτολαιμαϊκή *Μεγίστη* αποδίδει στον Αρχιμήδη το *Περί Κατοπτρικών*, αναφορά που διασταυρώνεται και αλλού (Dijksterhuis 1987, 48).
5. Αναφέραμε ήδη το *περι σφαιροποιίας*. Αναφέρεται από Άραβες συγγραφείς και μία πραγματεία για υδραυλικά ρολόγια.
6. Τέλος, διάφορα έργα επιπεδομετρίας αποδίδονται σε αυτόν από Άραβες συγγραφείς.<sup>137</sup>

<sup>135</sup> Pappus, Collectio V, 19, 350

<sup>136</sup> βλ. Opera II (η δεύτερη έκδοση του Χάιμπεργκ) 216, 17-19, 220 γραμμή 11 και 236 γραμμές 19-20

<sup>137</sup> για κατάλογο βλ. Dijksterhuis (1987, 47)



---

---

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο Γαλιλαίος και η Περίοδος του Ζυγού

---

---

#### Εισαγωγή: Αναζητώντας το Πνεύμα του «Θεϊκού» Αρχιμήδη.

Ο Γαλιλαίος γεννήθηκε στην Πίζα το 1564 και γράφτηκε στην Ιατρική σχολή του Πανεπιστημίου της πόλης το 1581. Το 1583 παίρνει μαθήματα ευκλείδειας γεωμετρίας από κάποιον πρακτικό μαθηματικό. Το πάθος και το ταλέντο του Γαλιλαίου είναι τέτοιο, ώστε ο ίδιος ο δάσκαλος του ζητάει από τον πατέρα του να επιτρέψει στον γιο να εγκαταλείψει την ιατρική και να ακολουθήσει την κλίση του. Τελικά ο Γαλιλαίος, παρά τη θέληση του πατέρα του, εγκαταλείπει την ιατρική σχολή το 1585, χωρίς να πάρει πτυχίο, για να αφιερωθεί στα παράδοξη εκείνη που ο Αριστοτέλης ονόμασε ‘μικτές επιστήμες’, στην εφαρμογή δηλαδή των μαθηματικών σε φυσικά προβλήματα. Ένα χρόνο μετά δημοσιεύει την πρώτη πρωτότυπη επιστημονική εργασία του<sup>138</sup>, *La Bilancetta*. Η μικρή αυτή πραγματεία αφορούσε τον υδροστατικό ζυγό του Αρχιμήδη, επιχειρώντας να δείξει πως ο Αρχιμήδης έλυσε το περίφημο «Εύρηκα!» πρόβλημα, υπολογίζοντας ειδικά βάρη δειγμάτων με αυτή τη ζυγαριά.

Ο Γαλιλαίος, όπως προέβλεπε το πρόγραμμα σπουδών, παρακολούθησε από τα πρώτα έτη της Ιατρικής μαθήματα φυσικής φιλοσοφίας. Από πολύ νωρίς αποκτά φήμη μαθητή που αντιμιλάει στους δασκάλους του και αμφισβητεί έντονα την εγκυρότητα των αριστοτελικών απόψεων. Όταν το 1589, με τη βοήθεια των προστατών του, παίρνει τελικά την έδρα των μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο της Πίζας (με ισχυρή αμοιβή) επιχειρεί να συγκροτήσει μια θεωρία για την κίνηση, ανταγωνιστική της αριστοτέλειας. Εστιάζει την επίθεση του κυρίως στην άποψη του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, τα σώματα έχουν την φυσική τάση να κινούνται προς τα κάτω ή προς τα πάνω ανάλογα με το από τι αποτελούνται. Τα σώματα στα οποία κυριαρχεί το στοιχείο της γης ή του

---

<sup>138</sup> Το παλιότερο χειρόγραφο του Γαλιλαίου είναι τα *Juvenilia*. Πρόκειται για σημειώσεις στα πλαίσια της καθιερωμένης και συμβατικής αριστοτελικής διδασκαλίας. Στο χειρόγραφο αυτό μάλιστα ο Γαλιλαίος αναφέρεται στην κοπερνίκεια αστρονομία και την απορρίπτει.

νερού, έχουν την τάση να πέφτουν προς το κέντρο του σύμπαντος, το οποίο συμπίπτει με το κέντρο της –σφαιρικής– γης. Αντίθετα, τα σώματα στα οποία κυριαρχεί το στοιχείο του *αέρα* ή της *φωτιάς* απομακρύνονται από το κέντρο της γης/σύμπαντος και κινούνται προς τα πάνω. Καθώς αυτή η κίνηση οφείλεται στην ίδια την φύση των σωμάτων, ο Αριστοτέλης την καλεί *φυσική*<sup>139</sup>. Η «φυσική» αυτή κίνηση διέπεται σύμφωνα με τον Αριστοτέλη από συγκεκριμένους νόμους. Σύμφωνα με αυτούς, η ταχύτητα που αποκτάει ένα σώμα που πέφτει είναι ανάλογη του βάρους του και αντιστρόφως ανάλογη με την αντίσταση του μέσου. Δηλαδή, αν το σώμα Α, π.χ., έχει τριπλάσιο βάρος από το σώμα Β, θα διανύσει μια απόσταση τρεις φορές πιο γρήγορα - στο 1/3 του χρόνου. Με την ίδια λογική, αν το σώμα Α πέσει σε ένα μέσο δυο φορές πιο «πυκνό», θα πέσει με την μισή «ταχύτητα» (δηλαδή θα χρειαστεί τον διπλάσιο χρόνο). - (*Φυσικά*, 216<sup>a</sup> 13-16, *Περί Ουρανού* 273b.30ff) Η θεωρία του Αριστοτέλη συνοψίζεται συνήθως στην αναχρονιστική σχέση:

$$V \text{ ανάλογο του } F/R$$

Όπου V η «μέση» ταχύτητα πτώσης, F το βάρος (αίτιο της κίνησης) και R η αντίσταση ή πυκνότητα του μέσου.

Με βάση αυτή την αναλογία μάλιστα, ο Αριστοτέλης διατυπώνει ένα από τα επιχειρήματά του, ενάντια στην ύπαρξη του κενού. Σύμφωνα με αυτό, στην περίπτωση του κενού (R=0) η ταχύτητα γίνεται άπειρη, πράγμα αδύνατο. Άρα, δεν μπορεί να υπάρξει κενό.

Η πρώιμη προσπάθεια του Γαλιλαίου να αντικρούσει αυτή τη θεωρία, κατασκευάζοντας την ίδια στιγμή μια εναλλακτική, βρίσκεται στο αδημοσίευτο χειρόγραφο *De Motu (Περί Κίνησης)* το οποίο χρονολογείται -συμβατικά- το 1590. Η παρουσίαση που θα κάνω παρακάτω στην πρώτη περίοδο του Γαλιλαίου θα στηριχτεί κυρίως σε αυτό το χειρόγραφο<sup>140</sup>.

Η προδιάθεση του Γαλιλαίου απέναντι στην παράδοση είναι σαφής και δεν θα αλλάξει ποτέ. Η πολεμική του ενάντια στον αριστοτελισμό, ως κυρίαρχη

<sup>139</sup> Σε αντίθεση με την *εξαναγκασμένη κίνηση* κατά την οποία ένα σώμα κινείται ωθούμενο από ένα εξωτερικό αίτιο.

<sup>140</sup> Στην έκδοση του 1960 (University of Wisconsin Press) σε μετάφραση, εισαγωγή και σχόλια I. Drabkin. Τα αποσπάσματα από το χειρόγραφο που παρατίθενται είναι σε δική μου μετάφραση από τα αγγλικά, με την συνδρομή σε κάποιες περιπτώσεις του ιταλικού κειμένου. Οι αναφερόμενες σελίδες παραπέμπουν στην αρίθμηση των απάντων του Γαλιλαίου όπως αυτά εκδόθηκαν από τον Favaro.

πανεπιστημιακή διδασκαλία είναι η μια όψη αυτής της στάσης. Η άλλη όψη είναι η προσπάθεια οικειοποίησης και επέκτασης της αρχιμήδεια επιστήμης. Συγκεκριμένα, στο *Περί Κίνησης*, ενώ οι αναφορές στους αριστοτελικούς και στον ίδιο τον Αριστοτέλη δεν είναι καθόλου κολακευτικές, ο Αρχιμήδης αποκαλείται «θεϊκός» (De Motu, 303), «ασύγκριτος» (De Motu, 331), και «υπεράνθρωπος... το όνομα του οποίου ποτέ δεν καλώ χωρίς ένα αίσθημα δέους» (De Motu, 300).

Ο ισχυρισμός, όμως, ότι το επίθετο «αρχιμήδεια» αρμόζει περισσότερο από το «αριστοτελική» ή το «πλατωνική» για την νέα επιστήμη του Γαλιλαίου, θα ήταν μόνο η επιφάνεια του προβλήματος<sup>141</sup>. Θα βασίσω την ανάλυση σε αυτό το κεφάλαιο σε μια πιο συγκεκριμένη ιδέα, διατυπωμένη από τον Πίτερ Μάκαμερ (Machamer 1978, Machamer & Woody, 1994), σύμφωνα με την οποία αυτό που αντλεί ο Γαλιλαίος από τον Αρχιμήδη, δεν είναι απλώς μια γενική «μέθοδος» αλλά και ένα συγκεκριμένο φυσικό πρόβλημα –τον ζυγό- με βάση το οποίο επιχειρεί να λύσει άλλα προβλήματα. Ακόμα περισσότερο, σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, ο Γαλιλαίος κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου επιχειρεί να θεμελιώσει την *νέα επιστήμη της κίνησης* πάνω στο μοντέλο του ζυγού. Όπως θα δούμε, ο Γαλιλαίος επεκτείνει το μοντέλο του ζυγού σε προβλήματα κίνησης σωμάτων σε ρευστό (υγρό ή αέριο), καταλήγοντας τελικά σε μια θεωρία η οποία είναι ανταγωνιστική της αριστοτέλεια αλλά την ίδια στιγμή διαφορετική από την -τελική- θεωρία που θα υιοθετήσει την δεύτερη περίοδο του έργου του. Τα σώματα., σύμφωνα με την πρώιμη θεωρία του Γαλιλαίου, πέφτουν με ταχύτητες που εξαρτώνται από την διαφορά του βάρους του σώματος από το βάρος ίσου όγκου του μέσου (αέρας, νερό ή οτιδήποτε). Η βασική ιδέα που έχει ο Γαλιλαίος για την πτώση σε αυτή την πρώιμη περίοδο είναι ότι τα σώματα του ίδιου είδους (ίδιου ειδικού βάρους με σημερινούς όρους) πέφτουν με την ίδια ταχύτητα, ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλα είναι. Στην περίπτωση διαφορετικού ειδικού βάρους, ο Γαλιλαίος παραμένει «αριστοτελικός», θεωρώντας ότι το σώμα με το μεγαλύτερο ειδικό βάρος αποκτά και μεγαλύτερη –τελική- ταχύτητα. Συγκεκριμένα, τα σώματα σύμφωνα με αυτή την πρώιμη θεωρία του Γαλιλαίου πέφτουν με ταχύτητες οι οποίες εξαρτώνται από την διαφορά του βάρους του σώματος, από το βάρος ίσου όγκου του μέσου, ως εάν να βρισκότουσαν στους δύο βραχίονες ενός ζυγού. Αυτό που θα

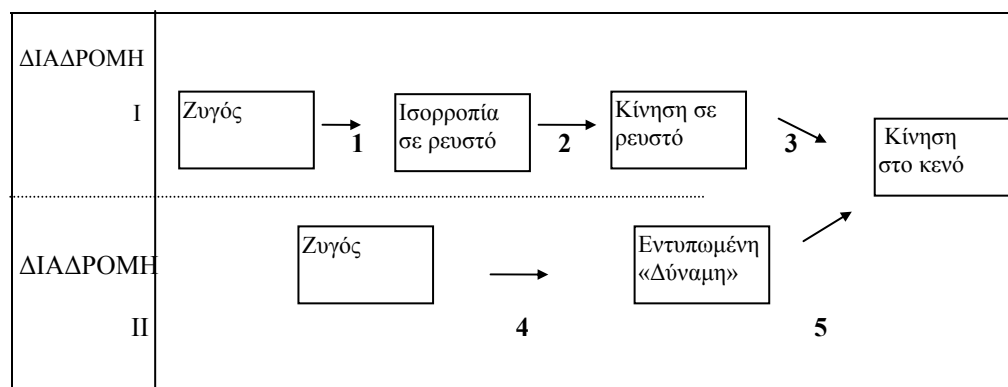
<sup>141</sup> Ο αρχιμήδειος προσανατολισμός θεωρείται σε μεγάλο βαθμό δεδομένος για τους ιστορικούς της επιστήμης. Εξάιρεση σε αυτό, ο Drake, για τον οποίο η μέθοδος του Γαλιλαίου «δεν ήταν αρχιμήδεια, αλλά μάλλον αυτή της ελληνικής αστρονομίας. Ο Έλληνας αστρονόμος- φυσικός, Ίππαρχος, έχει σχεδόν προπαρασκευάσει την επανάσταση στη φυσική κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα» (Drake 1990, 69). Προφανώς ο Ντρέικ, επιχειρεί να πάρει αποστάσεις από τον Αρχιμήδη λόγω της τρέχουσας σύνδεσης του τελευταίου με τον Πλατωνισμό και την θεωρησιακή γνώση.

επιχειρήσω να δείξω σε αυτό το κεφάλαιο, είναι ότι το βασικό πρόβλημα που πρέπει να λύσει ο Γαλιλαίος είναι μία σύγκρουση που δημιουργείται ανάμεσα στις δυο βασικές ιδέες του, δηλαδή ότι από το ένα μέρος, το πρόβλημα της πτώσης μπορεί να αναχθεί στο πρόβλημα του ζυγού ενώ, από το άλλο μέρος, ότι τα σώματα με το ίδιο – ειδικό- βάρος πέφτουν με την ίδια «ταχύτητα». Η σύγκρουση αυτή δημιουργείται όταν ο Γαλιλαίος επιχειρεί να επεκτείνει το εννοιολογικό πλαίσιο του ζυγού, το οποίο περιέχει έννοιες στατικής, σε προβλήματα κινηματικής. Αφού εξετάσω στην πρώτη ενότητα αυτή την προσπάθεια του Γαλιλαίου, θα εξετάσω κατόπιν τον τρόπο με τον οποίο φτάνει μέσω του μοντέλου του ζυγού σε μια εκδοχή της αρχής της αδράνειας (δεύτερη ενότητα), για να καταλήξω (τρίτη ενότητα) στην προσπάθεια του να επεκτείνει το μοντέλο του ζυγού στην γήινη και την ουράνια μηχανική.

## 1. Από την Στατική στην Κινηματική

### 1.1 Το Γενικό Σχέδιο

Πριν ξεκινήσω την ανασυγκρότηση της γαλιλαιϊκής αναγωγής θα ήταν ίσως χρήσιμο να παραθέσω το γενικό σχέδιό της. Ο Γαλιλαίος ξεκινάει το *Περί Κίνησης* από την πραγμάτευση της έννοιας του βάρους για να καταλήξει στους μαθηματικούς νόμους, οι οποίοι διέπουν την πτώση των σωμάτων στην ιδανική κατάσταση όπου απουσιάζει το μέσο, δηλαδή στο κενό. Από την στρατηγική του Γαλιλαίου, έχουν φανεί ήδη τα σημεία ρήξης με την παράδοση. Πρώτον, η κίνηση στο κενό, όχι μόνο είναι δυνατή αλλά αποτελεί το ζητούμενο μοντέλο- στόχο. Δεύτερον, αναζητούνται από την αρχή μαθηματικές διατυπώσεις αυτών των νόμων και όχι ποιοτικές περιγραφές. Η τρίτη διαφοροποίηση, η οποία είναι και το θέμα της παρούσας εργασίας, είναι ότι οι επιζητούμενοι μαθηματικοί νόμοι που διέπουν την κίνηση των σωμάτων, προέρχονται και ανάγονται σε ένα διαφορετικό μοντέλο- φυσικό πρόβλημα, αυτό του ζυγού.



Σχήμα 1

Τα βέλη στο σχήμα αποτελούν τους συνδέσμους μοντέλων- βάσης με μοντέλων στόχους, όπου:

Σύνδεσμος 1: Αναγωγή υδροστατικών προβλημάτων σε προβλήματα ζυγού.

Σύνδεσμος 2: Μετατροπή των στατικών προβλημάτων ζυγού σε προβλήματα κίνησης μέσα σε ρευστό.

Σύνδεσμος 3: Μετατροπή των προβλημάτων κίνησης σε ρευστό σε προβλήματα κίνησης στον αέρα ή στο κενό, μέσω της συνεχούς ‘νοητικής’ αραίωσης του μέσου.

Σύνδεσμος 4 και 5: Αντιμετώπιση των προβλημάτων που αφορούν την (παροδική) επιτάχυνση μέσω της θεωρίας της εντυπωμένης δύναμης.

Σύμφωνα με την ανασυγκρότηση που θα επιχειρήσω, η στρατηγική αναγωγής του προβλήματος της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων στο μοντέλου του ζυγού γίνεται μέσω δύο «διαδρομών». Κατά την πρώτη «διαδρομή», δεν εξετάζεται το φαινόμενο της επιτάχυνσης και τα σώματα πέφτουν με οιονεί σταθερές ταχύτητες. Σε αυτή τη πρώτη διαδρομή, ο Γαλιλαίος, από τον ζυγό, πηγαίνει καταρχήν στην υδροστατική ισορροπία σε ρευστό, με τρόπο παρόμοιο με τον Αρχιμήδη (σύνδεσμος 1). Σε ένα δεύτερο στάδιο (σύνδεσμος 2), μετατρέπει τα προβλήματα υδροστατικής (διατυπωμένα ήδη στη γλώσσα του ζυγού) σε προβλήματα κίνησης μέσα σε ρευστό. Σε ένα τρίτο στάδιο (σύνδεσμος 3) μέσω της συνεχούς- νοητικής αραίωσης του μέσου μετατρέπει τα προβλήματα κίνησης σε ρευστό σε προβλήματα κίνησης στο αέρα ή στο κενό. Μέσω αυτών των τριών αναγωγών, ο Γαλιλαίος κατορθώνει να μετατρέψει το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης σε πρόβλημα ζυγού, θεωρώντας μόνο τελικές ταχύτητες πτώσης, χωρίς δηλαδή να αντιμετωπίζει το πρόβλημα της επιτάχυνσης. Για αυτό προσθέτει μια δεύτερη διαδρομή, όπου ξεκινώντας πάλι από το μοντέλο του

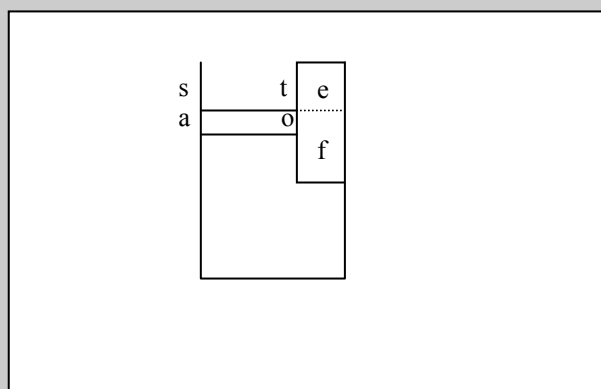


ζυγού, συγκροτεί μια θεωρία «κινούσας δύναμης» που εντυπώνεται σε κάποιο σώμα την στιγμή της εκτόξευσης του. Μέσω αυτής της αποθηκευμένης «δύναμης» ο Γαλιλαίος παρέχει μία εξήγηση για την επιτάχυνση των σωμάτων, η οποία, όπως πίστευε τότε, διατηρείται μόνο στο αρχικό στάδιο της κίνησης, καθώς τα σώματα πέφτουν στη συνέχεια με σταθερές ταχύτητες.

Στις επόμενες ενότητες θα δούμε διαδοχικά τα βήματα της γαλιλαϊκής θεώρησης του προβλήματος της ελεύθερης πτώσης ως προβλήματος ζυγού. Το κρίσιμο σημείο της διαπραγμάτευσης, το οποίο και αποτελεί την καινοτομία του Γαλιλαίου, είναι το πέρασμα από το στατικό εννοιολογικό πλαίσιο στο κινηματικό και εκεί θα σταθούμε περισσότερο.

### 1.2 Υδροστατική Ισορροπία και Ζυγός

Η πρώτη αναγωγή, δηλαδή, η μετατροπή υδροστατικών προβλημάτων σε προβλήματα ζυγού, έχει γίνει, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, από τον Αρχιμήδη. Ο Γαλιλαίος γνωρίζοντας βέβαια την αντίστοιχη αρχιμήδεια απόδειξη<sup>142</sup> κατασκευάζει τη δική του, η οποία κινείται στο ίδιο μοτίβο, παρουσιάζοντας όμως κάποιες διαφορές. Για να γίνουν κατανοητές αυτές οι διαφορές θα παρουσιάσω την τρόπο που ο Γαλιλαίος αποδεικνύει αντίστοιχη πρόταση με τον Αρχιμήδη (Κεφάλαιο II, 2.3), ότι δηλαδή ένα σώμα το οποίο έχει ίσο ειδικό βάρος με το νερό, θα ισορροπεί καλυπτόμενο ακριβώς από το νερό, χωρίς να εξέχει ή να βυθίζεται σε αυτό (De Motu 270).



Σχήμα 2

<sup>142</sup> Το Ελληνικό κείμενο του Αρχιμήδειου *Οχουμένων* που πραγματεύεται ζητήματα υδροστατικής βρέθηκε μόλις το 1899 από τον Heiberg στην Κωνσταντινούπολη. Την εποχή του Γαλιλαίου ήταν γνωστή η Λατινική μετάφραση του William of Moerbeke. Ο αρχές του Γαλιλαίου για την ελεύθερη πτώση είναι μεταφορά των Αρχιμήδειων προτάσεων 1-7 βλ. Dijksterhuis (1938, 373-379)

Έστω ένα σώμα ( $ef$ ) το οποίο έχει το ίδιο ειδικό βάρος με το νερό<sup>143</sup>. Ο Γαλιλαίος θέλει να αποδείξει ότι αν το σώμα τοποθετηθεί στο νερό, θα καλυφθεί πλήρως και δεν θα κινηθεί ούτε προς πάνω, ούτε προς τα κάτω. Η απόδειξη γίνεται με βάση την εις άτοπον απαγωγή. Έστω λοιπόν ότι το σώμα δεν βυθίζεται ολόκληρο, αλλά ένα τμήμα ( $e$ ) του σώματος είναι πάνω από την επιφάνεια του νερού. Αν τώρα το νερό έχει ανυψωθεί στη  $st$  ο όγκος  $stao$  (εκτοπιζόμενο υγρό) θα πρέπει να είναι ίσος με τον όγκο του βυθισμένου σώματος  $f$ . Καθώς τώρα το σώμα και το υγρό έχουν το ίδιο ειδικό βάρος θα πρέπει τα αντίστοιχα βάρη να είναι ίσα, δηλαδή

*Το βάρος του τμήματος  $e$  του σώματος  $ef$  είναι ίσο με το βάρος του  $stao$  όγκου του υγρού. (Πρόταση I)*

Το τμήμα τώρα του νερού που έχει ανυψωθεί τείνει να επιστρέψει στη προηγούμενη θέση του, λόγω του βάρους του. Ισορροπεί σε εκείνη τη θέση όμως διότι το στερεό αντιστέκεται, λόγω του δικού του βάρους. Λόγω της ισορροπίας θα έπρεπε σε εκείνη τη θέση το βάρος του νερού  $stao$  να είναι ίσο με το βάρος ολόκληρου του σώματος  $ef$ :

Έτσι από την στιγμή που το μέγεθος  $ef$  πιέζει λόγω τους βάρους του και τείνει να ανυψώσει το νερό  $so$ , και το νερό  $so$  λόγω του βάρους του αντιστέκεται στην παραπέρα ανύψωση του, προκύπτει ότι το βάρος του  $ef$  που πιέζει προς κάτω είναι ίσο ακριβώς με το βάρος του νερού  $so$  που αντιστέκεται (De Motu, 256)

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, καταλήγουμε στην πρόταση II:

*Το βάρος του σώματος  $ef$  είναι ίσο με το βάρος του  $stao$  όγκου του υγρού. (Πρόταση II)*

Οι προτάσεις I και II, έρχονται σε αντίφαση, καθώς το βάρος του εκτοπιζομένου υγρού, δεν μπορεί να είναι ίσο ταυτόχρονα με ολόκληρο το σώμα  $ef$  και με το βυθισμένο τμήμα  $f$ , παρά μόνο αν αυτά τα δύο ταυτίζονται, αν δηλαδή το σώμα βυθίζεται ακριβώς μέχρι την επιφάνεια του υγρού.

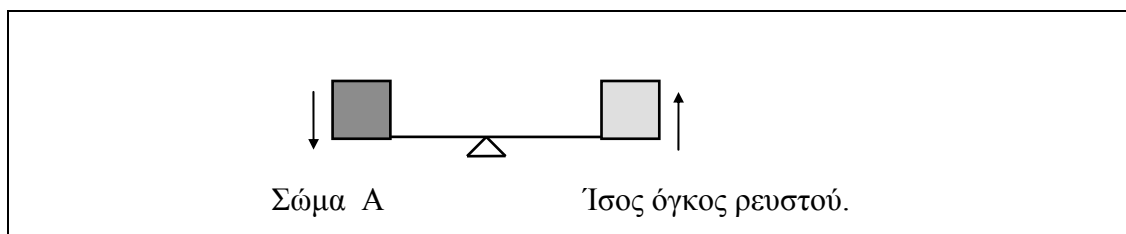
<sup>143</sup> Η έννοια του ειδικού βάρους δεν υπάρχει με την σημερινή της μορφή. Ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την *propria gravitas* (ειδική βαρύτητα) ορίζοντας την ως το σώμα το οποίο έχει ίδιο βάρος με ίσο όγκο νερού. Σε αυτό το θέμα θα επανέλθω στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Παρατηρούμε ότι ο Γαλιλαίος ακολουθεί την συλλογιστική του Αρχιμήδη και όσο αφορά την αναγωγή στο πρόβλημα του ζυγού και σχετικά με την εις άτοπο απαγωγή. Σε αντίθεση όμως με τον Αρχιμήδη, δεν τοποθετεί το πρόβλημα σε μια γήινη υδάτινη σφαίρα αλλά σε ένα περιορισμένο χώρο. Η πίεση μεταδίδεται απευθείας στο σώμα, ακριβώς λόγω του περιορισμένου χώρου στον οποίο βρίσκεται το ρευστό. Το ενδιαφέρον, τώρα, είναι η επέκταση που επιχειρεί ο Γαλιλαίος στο παραπάνω πλαίσιο, ώστε να αντιμετωπίσει την *κίνηση* ενός σώματος σε ρευστό.

### 1.3 Πέρασμα στην Κινηματική I: Η Βασική Ιδέα και το Πρόβλημα

Στο 6ο κεφάλαιο του *Περί Κίνησης*, στο οποίο «εξηγείται η αναλογία μεταξύ των σωμάτων που κινούνται φυσικά και των βαρών σε ένα ζυγό» (De Motu, 257), ο Γαλιλαίος επιχειρεί την εφαρμογή της αρχιμήδειας στατικής σε προβλήματα κινηματικής. Επεκτείνοντας την προηγούμενη στατική πραγμάτευση, ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι στην περίπτωση που το βάρος του σώματος δεν είναι ίσο με το βάρος ίσου όγκου υγρού, το σώμα κινείται με βάση τη διαφορά στα βάρη. Η βασική ιδέα της αναλογίας φαίνεται στο παρακάτω απόσπασμα.

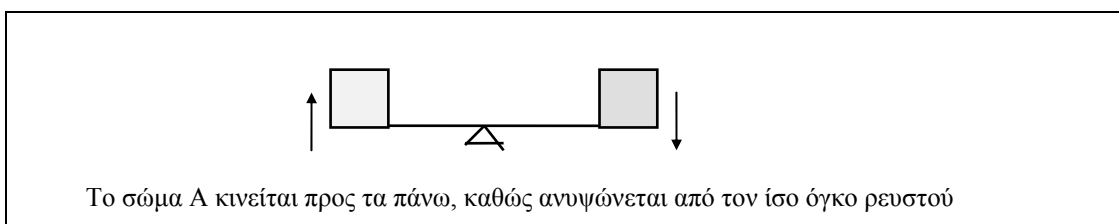
Είναι επομένως φανερό ότι η κίνηση των σωμάτων που κινούνται φυσικά μπορεί με κατάλληλο τρόπο να αναχθεί στην κίνηση των βαρών σε ένα ζυγό. Δηλαδή, το σώμα που κινείται φυσικά παίζει το ρόλο του ενός βάρους στο ζυγό, και ο όγκος του μέσου που είναι ίσος με τον όγκο με το όγκο του κινούμενου σώματος, αναπαριστά το άλλο βάρος στο ζυγό (De Motu, 259)



Σχήμα 3

Στο παραπάνω σχήμα, το σώμα A, σε αντίθεση με την αριστοτελική φυσική, δεν κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, επειδή έχει την ιδιότητα της «βαρύτητας» ή

της «ελαφρύτητας» αντίστοιχα, αλλά επειδή, είναι βαρύτερο (ή ελαφρύτερο) από τον αντίστοιχο όγκο ρευστού. Η «βαρύτητα» και η «ελαφρύτητα» με αυτό τον τρόπο δεν αποτελούν τους πόλους μιας αντίθεσης, καθώς όλα τα σώματα έχουν βάρος. Μια άλλη διαφορά με τον Αριστοτέλη, είναι ότι ο Γαλιλαίος θεωρεί την προς τα πάνω κίνηση, όχι φυσική, αλλά εξαναγκασμένη, καθώς «όταν κάτι κινείται προς τα πάνω, αυτό εκείνη την στιγμή ανυψώνεται από το βάρος του μέσου» (De Motu, 259) <sup>144</sup>



Σχήμα 4

Όπως είναι φυσικό, με βάση την παραπάνω αντιμετώπιση, το αν το σώμα πέσει προς τα κάτω, ισορροπήσει, ή ανέβει προς τα πάνω εξαρτάται από την διαφορά του βάρους του από το βάρος του αντίστοιχου όγκου του μέσου. Το κρίσιμο ερώτημα σχετικά με την εύρεση κανόνων της κίνησης του σώματος είναι να βρεθεί ο τρόπος με τον οποίο σχετίζεται αυτή η διαφορά («αίτιο της κίνησης») με την «ταχύτητα» της κίνησης του σώματος προς τα πάνω ή προς τα κάτω («αποτέλεσμα»). Ο Γαλιλαίος ξεκινάει την πραγμάτευση του προβλήματος διακρίνοντας δύο περιπτώσεις. Πρώτον, αυτή που το ίδιο σώμα κινείται σε διαφορετικά μέσα και δεύτερον, αυτή που διαφορετικά σώματα κινούνται στο ίδιο μέσο <sup>145</sup>. Η κοινή αφετηρία και στις δύο περιπτώσεις είναι ότι

Η βραδύτητα και η ταχύτητα κατά την κίνηση ενός σώματος, εξαρτώνται και στις δύο περιπτώσεις από την ίδια αιτία, δηλαδή, την μεγαλύτερη ή μικρότερη βαρύτητα του μέσου σε σχέση με των κινούμενων σωμάτων (De Motu 260).

<sup>144</sup> *Περί Ουρανού* 277b1-8. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε αυτό το απόσπασμα ο Αριστοτέλης αρνείται ότι η προς τα πάνω κίνηση είναι βεβαιωμένη κίνηση «ώσπερ τινές φασί», πράγμα που σημαίνει ότι ήδη στην εποχή του, είχε διατυπωθεί μια παρόμοια θεωρία. Θα πρέπει να σημειώσουμε πάντως, ότι ο πρώτος Γαλιλαίος συνεχίζει να θεωρεί την κίνηση προς τη γη «φυσική» κίνηση.

<sup>145</sup> Ο Γαλιλαίος δείχνει κατόπιν (De Motu, 273) ότι η τρίτη περίπτωση, δηλαδή, διαφορετικά σώματα που κινούνται σε διαφορετικά μέσα μπορεί να αναχθεί σε συνδυασμό των άλλων δύο.

Παρά την κοινή θεωρητική αφετηρία, η οποία δεν είναι παρά η αναγωγή στον ζυγό, ο Γαλιλαίος χειρίζεται διαφορετικά τις δύο περιπτώσεις, χρησιμοποιώντας μόνο στη δεύτερη τον μοντέλο του ζυγού. Σύμφωνα με την ανασυγκρότηση που επιχειρώ, ο λόγος για αυτό βρίσκεται σε ένα εγγενές πρόβλημα του περάσματος από την στατική στη κινηματική, το οποίο ο Γαλιλαίος δεν μπορεί να λύσει. Πριν όμως την παρουσίαση του προβλήματος, θα πρέπει να διευκρινιστούν περισσότερο οι θεωρητικές προκείμενες του Γαλιλαίου όσο αφορά την σχέση του αιτίου (διαφορά βάρους σώματος- ρευστού) και του αποτελέσματος («ταχύτητα»).

Παρά τη σαφή απομάκρυνση από τις αριστοτέλειες απόλυτες ιδιότητες της «ελαφρύτητας» και της «βαρύτητας», ο Γαλιλαίος χρειάζεται τον Αριστοτέλη στο κρίσιμο σημείο της αναγωγής από την στατική στη κινηματική αντιμετώπιση. Θεωρεί τη διαφορά του βάρους, για την οποία μιλάει στην τελευταία παράγραφο, αίτιο της κίνησης, άρα ανάλογη με την «ταχύτητα» την οποία θα αποκτήσει το σώμα. Με άλλα λόγια, θεωρεί ότι η κίνηση ενός σώματος, χρειάζεται την επενέργεια μιας σταθερής δύναμης. Καθώς, τώρα, ο Γαλιλαίος, θεωρεί την σταθερή αυτή δύναμη, αίτιο της «ταχύτητας» του σώματος, θα πρέπει να συζητήσουμε τι εννοεί με αυτό τον όρο. Ο Γαλιλαίος γνωρίζει ότι τα σώματα κατά την κάθοδο σε ρευστό, στο αρχικό τουλάχιστον στάδιο, εκτελούν επιταχυνόμενη κίνηση. Στο πλαίσιο της προβληματικής του, θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε την «ταχύτητα» ως «μέση» ή την «τελική» ταχύτητα. Μολονότι ο Γαλιλαίος, κατά πάσα πιθανότητα, μιλάει για την δεύτερη η διαφορά αυτή δεν αλλάζει τίποτα στην πραγμάτευση. Είτε ο Γαλιλαίος αναφέρεται σε συνολικούς χρόνους (θεωρώντας τους αντιστρόφως ανάλογους των «ταχυτήτων») είτε σε κάποια έννοια τελικής ή οριακής ταχύτητας, η διαφορά βάρους σώματος και αντίστοιχου βάρους υγρού θα μπορούσε να του δώσει σωστά αποτελέσματα, καθώς είναι αυτή ακριβώς η διαφορά που χρησιμοποιείται και σήμερα για να περιγράψει το φαινόμενο (Διαφορά άνωσης- βάρους).

Για να επιστρέψουμε τώρα στην ανασυγκρότηση του περάσματος από την στατική στην κινηματική, ο Γαλιλαίος οφείλει να αντιμετωπίσει ένα άλλο πρόβλημα, πολύ πιο δύσκολο, το οποίο μάλιστα τον αναγκάζει να μην χρησιμοποιήσει στην πρώτη περίπτωση άμεσα την αναγωγή στον ζυγό. Στόχος του Γαλιλαίου, όπως είπαμε προηγουμένως, είναι να δείξει ότι τα σώματα από το ίδιο υλικό πέφτουν με την ίδια «ταχύτητα», ανεξάρτητα από το όγκο τους.

Λέμε τότε ότι σώματα του ίδιου είδους (και έστω ως «σώματα του ίδιου είδους» ορίζονται αυτά που είναι από το ίδιο υλικό, π.χ. σίδηρος, ξύλο, κλπ), παρόλο που διαφέρουν στο μέγεθος, κινούνται παρόλα αυτά με την ίδια ταχύτητα, και μια μεγαλύτερη πέτρα δεν πέφτει γρηγορότερα από μια μικρότερη. Αυτοί που εκπλήσσονται με αυτό το συμπέρασμα θα πρέπει να εκπλήσσονται επίσης από το γεγονός ότι ένα πολύ μεγάλο κομμάτι ξύλου μπορεί να επιπλεύσει στο νερό, όχι λιγότερο από ένα μικρό κομμάτι (De Motu, 264)

Αυτό που ισχυρίζεται ο Γαλιλαίος είναι ότι στην περίπτωση που θέσουμε μια μεγαλύτερη πέτρα στο νερό, π.χ., τότε ναι μεν αυτή θα έπεφτε γρηγορότερα από την αντίστοιχη μικρή λόγω του βάρους της, αλλά την ίδια στιγμή θα εκτόπιζε μεγαλύτερη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα να βρίσκει μεγαλύτερη αντίσταση («σώμα» Β στο ζυγό) και τελικά η ταχύτητα της θα είναι ίδια με την μικρή πέτρα. Η παραπάνω ποιοτική περιγραφή, όμως, καθίσταται αμέσως προβληματική, όταν περάσουμε στη γλώσσα των μαθηματικών. Ας δείξουμε το πρόβλημα που δημιουργείται μέσω ενός παραδείγματος.

Ξεκινώντας από την στατική θεώρηση του ζυγού, έστω ένα σώμα βάρους 4 μ.β. (μονάδων βάρους) το οποίο ισορροπεί εντός υγρού, καλυπτόμενο ακριβώς μέχρι την επιφάνεια. Αφού το σώμα ισορροπεί, το βάρος του ίδιου όγκου υγρού είναι επίσης 4 μ.β. Έστω τώρα ότι τοποθετούμε μέσα στο υγρό, ένα διπλάσιο κομμάτι του ίδιου σώματος το οποίο ζυγίζει 8 μ.β. Το κομμάτι αυτό, καθώς έχει διπλάσιο βάρος, θα έχει και διπλάσιο όγκο, άρα θα εκτοπίσει και διπλάσια ποσότητα υγρού η οποία προφανώς θα έχει και διπλάσιο βάρος, δηλαδή 8 μ.β.. Σε αυτή την περίπτωση, το κομμάτι θα ισορροπήσει πάλι.

Με τον ίδιο τρόπο, κατά τον Γαλιλαίο, δεν θα πρέπει να υπάρχει διαφορά στην «ταχύτητα» στην περίπτωση που ένα σώμα, αντικατασταθεί από ένα σώμα μεγαλύτερου όγκου. «Με τον ίδιο τρόπο σε ένα ζυγό αν το ένα βάρος γίνει μεγαλύτερο το βαρύτερο θα πέσει αλλά όχι με μεγαλύτερη ταχύτητα από την περίπτωση που τα βάρη ήταν μικρότερα» (De Motu, 264).

Ας επανέλθουμε όμως στο προηγούμενο παράδειγμα, για να δούμε γιατί τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά, γιατί, με άλλα λόγια, αυτός ο τρόπος σκέψης καθίσταται προβληματικός, μόλις περάσουμε από την στατική στην κινηματική.

Έστω τώρα ένα σώμα βάρους 4 μ.β. το οποίο εκτοπίζει υγρό 2 μ.β. Σύμφωνα με την αναγωγή στο ζυγό, το σώμα αυτό θα κινηθεί προς τα κάτω με δύναμη  $4-2=2$  μ.β. και αντίστοιχη ταχύτητα. Αν τώρα διπλασιάσουμε αυτό το σώμα (8 μ.β.) το

αντίστοιχο βάρος του υγρού γίνεται 4 μ.β και η διαφορά γίνεται  $8-4=4$  μ.β. διπλάσια από πριν. Αν λοιπόν, η διαφορά των «βαρών» στις δύο μεριές του ζυγού ήταν ανάλογη με την «ταχύτητα» θα έπρεπε το διπλάσιο σώμα να κινείται με διπλάσια ταχύτητα. Αντιμετώπισε πράγματι ο Γαλιλαίος αυτό το πρόβλημα; Το επιχείρημά μου υπέρ μιας θετικής απάντησης στηρίζεται στο πως θα μπορούσε να κάνει την αναγωγή στο ζυγό ο Γαλιλαίος και πώς τελικά την έκανε.

Συνεχίζοντας το παραπάνω παράδειγμα, ο Γαλιλαίος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι η διπλάσια διαφορά η οποία εμφανίζεται στη δεύτερη περίπτωση, επειδή επιμερίζεται σε σώμα διπλάσιου βάρους, θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα στην «ταχύτητα». Θα μπορούσε να υποθέσει, με άλλα λόγια, ότι αυτό που μετράει στην «ταχύτητα» του σώματος, δεν είναι η διαφορά βάρους- άνωσης καθεαυτή, αλλά η διαφορά ανά μονάδα βάρους του σώματος.

Με τον ίδιο αναχρονιστικό τρόπο θα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι θα λυνόταν και το πρόβλημα της αμφισημίας της έννοιας της «ταχύτητας», αν ο Γαλιλαίος υπέθετε, ότι η διαφορά βάρους- άνωσης, δεν είναι το αίτιο της «ταχύτητας», αλλά της επιτάχυνσης. Αυτές, όμως, οι παραδοχές, όσο απλές κι αν φαίνονται σήμερα, θα σήμαιναν ότι ο Γαλιλαίος θα είχε ανακαλύψει την νευτώνεια φυσική ένα αιώνα πριν!<sup>146</sup> Ο λόγος για τον οποίο προχώρησα στην αναχρονιστική προέκταση της προβληματικής του ήταν για να δείξω το πως θα μπορούσε να φτάσει στο συμπέρασμά του, χρησιμοποιώντας άμεσα την αναγωγή στο μοντέλο του ζυγού, ώστε να αντιδιασταλεί με τον τρόπο με τον οποίο έφτασε στην πραγματικότητα. Μέσω αυτής της σύγκρισης θα γίνει κατανοητή η παρέκκλισή του από την απευθείας αναγωγή στο μοντέλο του ζυγού την οποία θα περιγράψω αμέσως.

#### *1.4 Πέρασμα στην Κινηματική II: Η Λύση του Προβλήματος*

Καθώς, σύμφωνα με την δική μου ερμηνεία, η απευθείας χρησιμοποίηση του μοντέλου του ζυγού δημιουργεί το πρόβλημα που περιέγραψα παραπάνω, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί μια άλλη στρατηγική. Κατά την –κρίσιμη- πρώτη περίπτωση, όπου σώματα ίδιου είδους, αλλά διαφορετικού όγκου πέφτουν στο ίδιο ρευστό, ο Γαλιλαίος δεν επικαλείται το μοντέλο του ζυγού με το οποίο ξεκίνησε, αλλά μια

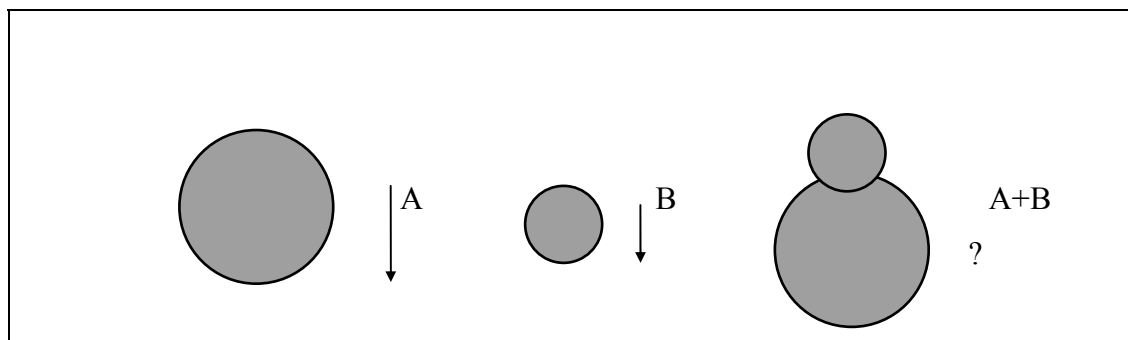
<sup>146</sup> Πράγματι με βάση την δεύτερη παραδοχή το αίτιο της κίνησης (δύναμη), έχει ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση και όχι την ταχύτητα, ενώ σύμφωνα με την πρώτη παραδοχή, στο υπολογισμό της επιτάχυνσης, θα πρέπει να διαιρέσουμε το αίτιο (δύναμη) με την μάζα (ή το βάρος) του σώματος ( $a=F/m$ )

σειρά άλλων επιχειρημάτων τα οποία σκοπεύουν να ανατρέψουν την αριστοτελική αναλογία βάρους- «ταχύτητας».

Ξεκινώντας από κάποιες αναφορές στην κοινή εμπειρία, ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι στην περίπτωση που δύο σφαίρες από το ίδιο υλικό, η μία διπλάσιου βάρους από την άλλη, αφήνονται να πέσουν από ένα πύργο, θα ήταν παράλογο να υποθέσουμε ότι η «ελαφριά» θα χρειαστεί διπλάσιο χρόνο για να πέσει. Ή, κατά ανάλογο τρόπο, αν αφεθούν δύο κομμάτια ξύλο από τον πυθμένα μιας λίμνης, εκ των οποίων το ένα είναι εκατό φορές μεγαλύτερο από το άλλο, θα ήταν παράλογο να υποθέσουμε ότι το «ελαφρύ» ξύλο θα ανέβει εκατό φορές γρηγορότερα (De Motu, 263).

Ο Γαλιλαίος συνεχίζει παραθέτοντας κατόπιν τρία «λογικά» αντεπιχειρήματα ή «νοητικά πειράματα». Στο πρώτο, τα δύο ξύλα του προηγούμενου παραδείγματος επιπλέουν στο νερό. Ο Γαλιλαίος κατόπιν, μας καλεί να φανταστούμε ότι το νερό αραιώνει τόσο, ώστε τελικά η πυκνότητά του γίνεται μικρότερη από αυτή του ξύλου, οπότε τα δύο κομμάτια θα αρχίσουν να κινούνται προς τον πυθμένα. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, το μεγάλο κομμάτι θα έπρεπε να κινείται εκατό φορές πιο αργά, πράγμα «παράλογο». Ένα δεύτερο νοητικό πείραμα, το οποίο αναφέρει ο Γαλιλαίος κινείται στην ίδια λογική με το προηγούμενο με τη διαφορά ότι είναι πιο εύκολα πραγματοποιήσιμο. Αν έχουμε ένα κερί το οποίο επιπλέει και αρχίζουμε να μεγαλώνουμε την πυκνότητά του, προσθέτοντας π.χ. άμμο, κάποια στιγμή θα γίνει πυκνότερο από το νερό και θα αρχίζει να βυθίζεται. Σε αυτή την περίπτωση, θα ήταν πάλι παράλογο να υποθέσουμε ότι αν παίρναμε ένα μικρό κομμάτι από αυτό το κερί, π.χ. ένα εκατοστό, αυτό το κομμάτι θα βούλιαζε εκατό φορές πιο αργά. Ο Γαλιλαίος, τέλος, αναφέρεται σε ένα ακόμα νοητικό πείραμα, το οποίο έχει ένα πρόσθετο ενδιαφέρον, διότι όπως θα δούμε παρακάτω, συνδέεται με την τελική εγκατάλειψη της θεωρίας του.

Σχήμα 5





Έστω δύο σώματα Α και Β από το ίδιο υλικό, εκ των οποίων το πρώτο, καθώς είναι βαρύτερο, κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα προς τα κάτω, από το δεύτερο. Ένας συνδυασμός τώρα, των δύο σωμάτων, θα έπρεπε να αποκτήσει μία ταχύτητα ενδιάμεση των ταχυτήτων που έχουν ξεχωριστά τα δύο σώματα, καθώς το «βραδύτερο» σώμα Β, θα έπρεπε να καθυστερεί την πτώση του Α. (De Motu, 265). Αν όμως, το βάρος του σώματος ήταν πράγματι ανάλογο με την ταχύτητα, ο συνδυασμός των σωμάτων θα έπρεπε να κινείται ταχύτερα από το σώμα Α. Η τελευταία πρόταση έρχεται σε αντίφαση με την προηγούμενη παραδοχή (περί «ενδιάμεσης ταχύτητας»), άρα η αριστοτελική θεωρία εξάρτησης βάρους και «ταχύτητας», σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, θα πρέπει να εγκαταλειφθεί.

Σε αυτό το σημείο ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι έχει αποδείξει ότι τα σώματα του ίδιου είδους, ανεξάρτητα από την διαφορά στον όγκο, άρα και στο βάρος τους, πέφτουν με την ίδια «ταχύτητα». Στο υπόλοιπο του χειρογράφου χρησιμοποιεί αυτή την πρόταση ως δεδομένη, ώστε να αποδείξει προτάσεις που αφορούν άλλες περιπτώσεις, π.χ. αυτή κατά την οποία αφορά την κίνηση δύο σωμάτων τα οποία έχουν τον ίδιο όγκο, αλλά διαφορετικό βάρος (άρα ανήκουν σε διαφορετικό «είδος»). Όπως είδαμε, κατά την απόδειξη ο Γαλιλαίος δεν χρησιμοποιεί την αναγωγή στο μοντέλο του ζυγού την οποία είχε προαναγγείλει. Όλα τα επιχειρήματα και τα νοητικά πειράματα αντλούνται από την καθημερινή εμπειρία χωρίς την συνδρομή του ζυγού. Το ότι η εξήγηση για το παραπάνω βρίσκεται στο πρόβλημα που ανέλυσα στην προηγούμενη παράγραφο, ενισχύεται από την επανάκαμψη του μοντέλου, όταν ο Γαλιλαίος προχωράει στην διερεύνηση των περιπτώσεων όπου το ίδιο σώμα πέφτει σε ρευστά διαφορετικής «αραιότητας». Πράγματι σε αυτή την περίπτωση ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι

αν θέλουμε να μάθουμε αμέσως για τις [σχετικές] ταχύτητες δεδομένου σώματος σε δυο διαφορετικά μέσα, παίρνουμε ένα ποσό από κάθε μέσο ίσο με τον όγκο του σώματος, και αφαιρούμε από αυτά τα βάρη κάθε μέσου το βάρος του σώματος. Οι αριθμοί που βρίσκονται ως υπόλοιπα, θα έχουν τον ίδιο λόγο όπως οι ταχύτητες της κίνησης» ( De Motu, 269)

Με σύγχρονη αλγεβρική γλώσσα, φαίνεται ότι ο Γαλιλαίος εδώ, χρησιμοποιεί τον «τύπο»

$$V_A / V_B \propto (W - W_A) / (W - W_B), \text{ (τύπος 1)}$$

όπου,

$V_A$  = Ταχύτητα σώματος σε μέσο Α

$V_B$  = Ταχύτητα σώματος σε μέσο Β

$W$  = Βάρος σώματος

$W_A$  = Βάρος ίσου όγκου ρευστού Α

$W_B$  = Βάρος ίσου όγκου ρευστού Β.

Αμέσως παρακάτω ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την αρχή αυτή και σε ένα παράδειγμα, όπου θεωρεί ότι ένα ξύλο το οποίο ζυγίζει 4 μ.β. κινείται προς τα πάνω σε δύο ρευστά των οποίων τα αντίστοιχα «βάρη» είναι 6 μ.β και 10 μ.β. . Σύμφωνα με την αριστοτελική θεωρία ο λόγος των «ταχυτήτων» του σώματος στα δύο μέσα θα πρέπει να είναι 6/10, όσο δηλαδή ο λόγος των αντιστοίχων «αραιότητων»<sup>147</sup>. Αντίθετα, σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, το σώμα στο πρώτο μέσο κινείται με «δύναμη» 6-4= 2 μ.β. , ενώ στο δεύτερο με «δύναμη» 10-4= 6 μ.β.. Άρα ο λόγος των ταχυτήτων στα δύο μέσα θα πρέπει να είναι 2/6, και όχι 6/10, όπως είχε υποθέσει Αριστοτέλης.

Σε αυτό το σημείο ο Γαλιλαίο επιστρέφει για να εξετάσει την περίπτωση διαφορετικών σωμάτων<sup>148</sup> τα οποία κινούνται στο ίδιο μέσο (De Motu, 271). Και σε αυτή την περίπτωση, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί απευθείας το μοντέλο του ζυγού θεωρώντας ότι,

Κάθε σώμα κινείται προς τα πάνω, με μία δύναμη η οποία υπολογίζεται από την διαφορά ανάμεσα στο βάρος ενός όγκου του μέσου, ίσο με τον όγκο του σώματος και το βάρος του ίδιου του σώματος. Τα αριθμητικά υπόλοιπα της αφαίρεσης... έχουν τον ίδιο λόγο όπως οι ταχύτητες.

Με άλλα λόγια ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί τον «τύπο»

$$V_A / V_B \propto (W_A - W) / (W_B - W) \text{ (τύπος 2)}$$

όπου,

$V_A$  = Ταχύτητα σώματος σε μέσο Α

$V_B$  = Ταχύτητα σώματος σε μέσο Β

$W$  = Βάρος ίσου όγκου ρευστού

$W_A$  = Βάρος σώματος Α

$W_B$  = Βάρος σώματος Β.

<sup>147</sup> Ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την έννοια της «αραιότητας» και όχι της πυκνότητας.

<sup>148</sup> Τα οποία έχουν όμως ίσο όγκο. Στην περίπτωση που δεν έχουν ίσο όγκο, ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι μπορούμε να πάρουμε ένα τμήμα του μεγαλύτερου σώματος, ίσο με το μικρότερο χωρίς να αλλάζει τίποτα, καθώς απέδειξε πριν ότι ένα σώμα έχει την ίδια «ταχύτητα» με οποιοδήποτε μέρος του.

Οι «τύποι» (1) και (2) θα μπορούσαν να γενικευτούν στο τύπο

$$V_{AX}/V_{B\Psi} \propto W_A - W_{AX} / W_B - W_{B\Psi} \text{ (τύπος 3)}$$

όπου,

$V_A$  = Ταχύτητα σώματος Α σε μέσο Χ

$V_B$  = Ταχύτητα σώματος Β σε μέσο Ψ.

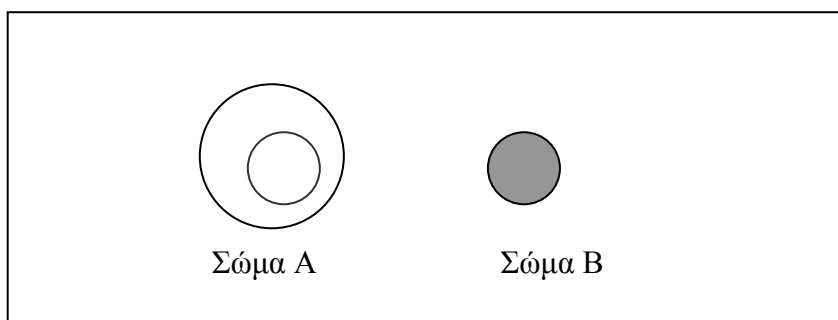
$W_A$  = Βάρος σώματος Α

$W_B$  = Βάρος σώματος Β.

$W_{AX}$  = Βάρος ρευστού Χ, ίσου όγκου με το σώμα Α.

$W_{B\Psi}$  = Βάρος ρευστού Ψ, ίσου όγκου με το σώμα Β.

Ο «τύπος» (3) αποτελεί την γενίκευση της αναγωγής στο μοντέλο του ζυγού. Για να επανέλθουμε τώρα, σε αυτό που ονόμασα «πρόβλημα του περάσματος από την στατική στην κινηματική», δεν αλλάζει στο τύπο (3) τίποτα αν πάρουμε διαφορετικούς όγκους από τα σώματα Α και Β. Αν π.χ. πάρουμε διπλάσιους όγκους από τα δύο σώματα, θα διπλασιαστεί και ο αριθμητής και ο παρανομαστής του δεύτερου μέλους, με αποτέλεσμα ο λόγος των ταχυτήτων να διατηρείται σταθερός. Το πρόβλημα παρουσιάζεται στην περίπτωση που οι όγκοι των σωμάτων Α και Β, δεν είναι ίσοι. Όπως είπαμε στην αρχή, σε αυτή την περίπτωση ο τύπος (3) μεγαλώνει την αρχική διαφορά δίνοντας διαφορετικούς λόγους. Ο Γαλιλαίος αποφεύγει αυτό το πρόβλημα ως εξής. Θεωρεί ότι προτάσεις που εκφράζονται μέσα από τον τύπο 3, ισχύουν μόνο για σώματα τα οποία έχουν τον ίδιο όγκο. Στην περίπτωση διαφορετικού όγκου, χρησιμοποιεί την εξής τεχνική:



Σχήμα 6

Παίρνει από το μεγαλύτερο σώμα Α ένα τμήμα του ίσο με το μικρότερο σώμα Β. Θεωρώντας ότι έχει αποδείξει ότι τα σώματα του ίδιου είδους πέφτουν με την ίδια ταχύτητα, το τμήμα του σώματος Α, πέφτει με την ίδια ταχύτητα με ολόκληρο το

σώμα A, άρα μπορεί πλέον να χρησιμοποιήσει τον τύπο (3) για σώματα ίδιου όγκου χωρίς πρόβλημα.

### 1.5 Το Πέρασμα στην Κινηματική και το Μοντέλο του Ζυγού

Σύμφωνα με τον Ντράμπκιν (Drabkin 1960, 7), αλλά και με το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας ο Γαλιλαίος θεωρεί την ταχύτητα ανάλογη με την διαφορά στα ειδικά βάρη ή στις πυκνότητες των δύο σωμάτων. Ο Ντράμπκιν στην εισαγωγή του De Motu ανασυγκροτεί την θεωρία του Γαλιλαίου με το τύπο,

$$V_{am}/V_{bn} \propto (d_a - d_m) / (d_b - d_n),$$

όπου

$V_{am}$  είναι η ταχύτητα στο σώματος a σε μέσο m,  $d_a$  η πυκνότητα του μέσου a κλπ.

Ο Γκράντ (Grant), κινούμενος στο ίδιο πνεύμα συνοψίζει με παρόμοιο τρόπο την θεωρία του πρώιμου Γαλιλαίου:

Η ταχύτητα ενός σώματος που πέφτει μπορεί να παρασταθεί ως  $V \propto$  ειδικό βάρος του σώματος μείον το ειδικό βάρος του μέσου η ταχύτητα ενός ανερχόμενου σώματος ως  $V \propto$  ειδικό βάρος του μέσου μείον το ειδικό βάρος του σώματος. (Grant 1994, 73)

Το πρόβλημα με τις παραπάνω ανασυγκροτήσεις είναι ότι ούτε ο Γαλιλαίος, ούτε κάποιος άλλος στην εποχή του χρησιμοποιεί τον όρο «πυκνότητα» ή «ειδικό βάρος» με την σημερινή σημασία της μάζας (ή του βάρους αντίστοιχα) ανά μονάδα όγκου του σώματος. Ο Γαλιλαίος ξεκινάει το *Περί Κίνησης*, μιλώντας για την *ειδική βαρύτητα (propria gravitas)* που χαρακτηρίζει κάθε σώμα, την οποία ορίζει ως εξής: Θεωρώντας ότι δημιουργείται σύγχυση όταν καλούμε τον σίδηρο π.χ. βαρύτερο από το ξύλο, καθώς ένα μεγάλο κομμάτι ξύλο μπορεί να είναι βαρύτερο από ένα κομμάτι σίδηρο, θεωρεί ότι μόνο συγκρίνοντας *ίσους όγκους* από κάθε σώμα, μπορούμε να συγκρίνουμε την ειδική βαρύτητα τους. Με τον σημερινό ορισμό του ειδικού βάρους, η διαφορά ειδικών βαρών δύο σωμάτων παραμένει πάντα ένας σταθερός αριθμός. Με την προσέγγιση του Γαλιλαίου, η διαφορά στις «ειδικές βαρύτητες» δύο σωμάτων, εξαρτάται από τον –αυθαίρετο όγκο- που θα πάρουμε κάθε φορά για να τις

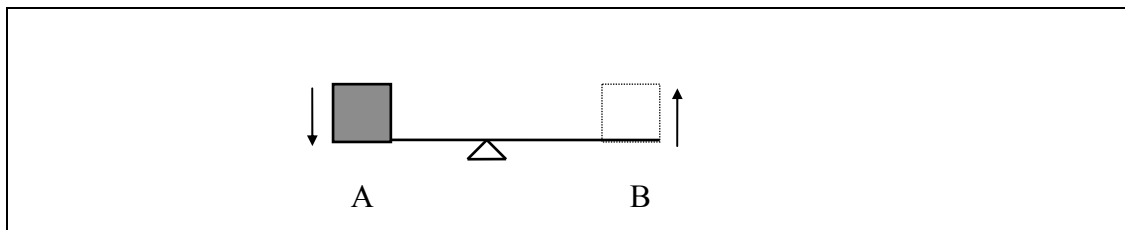
συγκρίνουμε. Θα πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι το παραπάνω πρόβλημα δεν οφείλεται στην μη- ύπαρξη μονάδας όγκου κοινής αποδοχής στην εποχή του Γαλιλαίου. Διότι από το μοντέλο του ζυγού προκύπτει, ότι ο όγκος που πρέπει να εισάγεται κάθε φορά στους υπολογισμούς για τον τύπο (3) είναι ο πραγματικός όγκος του σώματος που βυθίζεται σε κάποιο ρευστό. Η συνήθης παρουσίαση λοιπόν, στην τρέχουσα βιβλιογραφία, μπορεί να λειτουργήσει μόνο ως γενική προσέγγιση, η οποία δεν λαμβάνει υπ' όψη της τα συγκεκριμένα προβλήματα που προκύπτουν από την προσπάθεια αναγωγής ενός κινηματικού προβλήματος (κίνηση σώματος σε ρευστό) σε ένα πρόβλημα στατικής (ζυγός)

Συνοψίζοντας, το πρόβλημα του Γαλιλαίου είναι ότι επιθυμεί να μεταφέρει μια πρόταση από ένα μοντέλο σε ένα άλλο, αλλά αυτή η μεταφορά είναι προβληματική. Θεωρώντας δηλαδή ότι η αρχική κατάσταση δεν διαταράσσεται στην περίπτωση που αντικατασταθούν τα βάρη A και B με μεγαλύτερα στον (υδρο)στατικό ζυγό, βγάζει το συμπέρασμα ότι το ίδιο θα συμβεί και στον κινηματικό ζυγό. Το συμπέρασμα είναι σωστό, δεν μπορεί όμως να προκύψει από τον στατικό ζυγό, εκτός αν ο κινηματικός ζυγός δεν προκύπτει απευθείας από τον στατικό ζυγό, αλλά με την χρήση κάποιων πρόσθετων ad hoc τεχνικών, όπως αυτές που περιέγραψα παραπάνω.

Για να ολοκληρώσουμε τώρα το πέρασμα στην κινηματική, μπορούμε τώρα να δούμε την συνέχεια του επιχειρήματος του Γαλιλαίου, ο οποίος περνάει στην ιδανική περίπτωση της πτώσης στο κενό.

### 1.6 Αραίωση του Μέσου και Πτώση στο κενό

Στο τρίτο στάδιο της αναγωγής, όπου ο Γαλιλαίος 'αραιώνει' νοητικά το μέσο, με άλλα λόγια, θεωρεί ότι «σώμα B» στην αριστερή άκρη του ζυγού γίνεται όλο και ελαφρύτερο. Τι γίνεται τώρα στην οριακή περίπτωση, όπου το «σώμα B» αποκτά μηδενικό βάρος, στην περίπτωση με άλλα λόγια που η πτώση γίνεται στο κενό;



Σχήμα 7

Σε αυτή την περίπτωση, η ταχύτητα του σώματος κατά τον Γαλιλαίο θα είναι ανάλογη μόνο την βαρύτητα (proportia gravitas) του σώματος. Σε αντίθεση με την αριστοτελική θεωρία, όχι μόνο η ταχύτητα του σώματος δεν γίνεται άπειρη, αλλά γίνεται απευθείας ανάλογη με το «βάρος» του σώματος. Για τον Γαλιλαίο μάλιστα, η μέτρηση αυτής της «ταχύτητας» αποτελεί την πλέον αξιόπιστη μέτρηση του πραγματικού βάρους ενός σώματος. Ας εξηγήσουμε το τελευταίο με ένα παράδειγμα.

Έστω δυο σώματα τα οποία έχουν πραγματικό βάρος 4 μ.β και 6 μ.β., αντίστοιχα. Έστω επίσης ότι αυτά τα βάρη καταλαμβάνουν ίσο όγκο και εκτοπίζουν 2 μ.β. κάποιου ρευστού. Σε αυτή την περίπτωση μια ζύγιση των δυο βαρών μέσα στο ρευστό θα έδινε για το πρώτο  $4-2=2$  μ.β, ενώ για το δεύτερο  $6-2=4$  μ.β. Με αυτό τον τρόπο, η αναλογία των πραγματικών βαρών  $4/6$  μετατρέπεται σε  $2/4$  καθώς το ρευστό ασκεί και στα δύο σώματα κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω, με αποτέλεσμα η ζύγιση να μην δίνει το πραγματικό, αλλά το φαινόμενο βάρος. Στην περίπτωση που τα δυο σώματα ζυγιστούν σε ένα διαφορετικό μέσο, είναι προφανές, ότι θα πάρουμε και ένα διαφορετικό λόγο βαρών, αφού θα άλλαζε το βάρος ίσου όγκου του ρευστού. Ο μόνος τρόπος, σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, να βρεθεί το πραγματικό βάρος ενός σώματος, είναι η ζύγιση στο κενό. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαμε να μετρήσουμε «τα ακριβή βάρη, καθώς κανένα βάρος του μέσου δεν θα ελάττωνε το βάρος των αντικειμένων» (De Motu, 276).

### *1.7 Αποθηκευμένη «Δύναμη» και Επιτάχυνση*

Φτάνουμε τώρα σε αυτό που ονόμασα διαδρομή II, όπου απομένει να δούμε πως αντιμετωπίζει ο Γαλιλαίος το φαινόμενο της επιτάχυνσης των σωμάτων κατά την κίνησή τους σε κάποιο ρευστό. Ένα τέτοιο φαινόμενο, στο εννοιολογικό πλαίσιο του Γαλιλαίου, χρειάζεται μια ειδική εξήγηση για τον εξής λόγο. Στα πλαίσια του αριστοτελικού πλαισίου για τη σχέση δύναμης- ταχύτητας, στο οποίο κινείται ο Γαλιλαίος, για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα χρειάζεται την επενέργεια μίας σταθερής δύναμης (αιτίου) και αντίθετα, μια σταθερή δύναμη πάνω στο σώμα έχει ως αποτέλεσμα μία σταθερή ταχύτητα. Καθώς λοιπόν, σύμφωνα με τα όσα έχουμε πει μέχρι τώρα, η συνολική δύναμη πάνω στο σώμα (βάρος σώματος μείον βάρος ίσου όγκου μέσου) είναι σταθερή, δεν μπορεί παρά να είναι σταθερό και το

αποτέλεσμα αυτής της δύναμης, δηλαδή η ταχύτητα του σώματος. Άρα η επιτάχυνση χρειάζεται μια πρόσθετη, ειδική εξήγηση.

Για αυτό το σκοπό, ο Γαλιλαίος ξεκινάει το 17<sup>ο</sup> κεφάλαιο του *Περί Κίνησης* αρνούμενος την αριστοτελική θεωρία, σύμφωνα με την οποία το κινούν θα πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το κινούμενο. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, όταν ένα βέλος φεύγει π.χ. από το τόξο ο αέρας αφού έχει ωθηθεί και αυτός από την χορδή, αναλαμβάνει τον ρόλο του κινούντος από εκεί και πέρα<sup>149</sup>. Απορρίπτοντας αυτή την θεωρία, ο Γαλιλαίος υιοθετεί μία εκδοχή μιας μεσαιωνικής θεωρίας *εντυπωμένης δύναμης*<sup>150</sup>. Σύμφωνα με αυτή, την στιγμή που εκτοξεύεται ένα σώμα, ‘εντυπώνεται’ πάνω του μια δύναμη από το κινούν, η οποία αποτελεί το αίτιο της κίνησης του μετά το τέλος της επαφής με το κινούν. Ο Γαλιλαίος έτσι, καταλήγει ότι

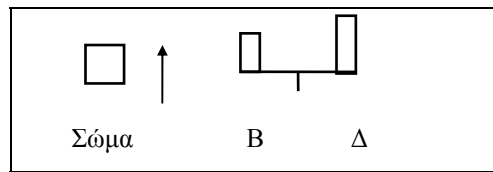
Τα βλήματα δεν κινούνται κατά κανένα τρόπο από το μέσο, αλλά μόνο από μια κινούσα δύναμη η οποία εντυπώνεται από τον εκτοξευτή. (De Motu, 314)

Η θεωρία αυτής της κινούσας δύναμης προσέλαβε δυο μορφές μέχρι την εποχή του Γαλιλαίου. Κατά την πρώτη, αυτή η αποθηκευμένη δύναμη καταναλώνεται *μόνο* στις αντιστάσεις που βρίσκει το σώμα στην κίνηση του. Σύμφωνα με αυτή την εκδοχή, στην ιδανική περίπτωση όπου το σώμα δεν βρίσκει αντίσταση, η κινούσα δύναμη διατηρείται και το σώμα δεν σταματάει ποτέ. Σύμφωνα με την δεύτερη εκδοχή, η κινούσα δύναμη από την στιγμή που εντυπώνεται στο σώμα εξασθενεί συνέχεια, με αποτέλεσμα το σώμα να σταματήσει ούτως ή άλλως κάποτε. Ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την δεύτερη, ‘αυτοδιαλυόμενη’ εκδοχή, θεωρεί δηλαδή ότι αυτή η εντυπωμένη δύναμη εξασθενεί ούτως ή άλλως με την πάροδο του χρόνου. Στην περίπτωση που το κινητό βρίσκει μεγαλύτερη αντίσταση από το μέσο, αυτή η εξασθένηση γίνεται απλώς εντονότερη. Το γιατί ο Γαλιλαίος επιλέγει την ‘αυτοδιαλυόμενη’ εκδοχή της κινούσας δύναμης θα φανεί στην εξήγηση του φαινομένου της επιτάχυνσης που ακολουθεί αμέσως.

<sup>149</sup> Η θεωρία που ο Αριστοτέλης ονόμασε «αντιπερίστασις». Η *αντιπερίστασις* δεν έπαψε ήδη από την εποχή του Αριστοτέλη να δέχεται κριτικές, καθώς πέρα από την μικρή εμπειρική αληθοφάνειά της, απαιτεί από τον αέρα να παίζει το ρόλο του προωθητή και του εμποδίου της κίνησης, ταυτόχρονα.

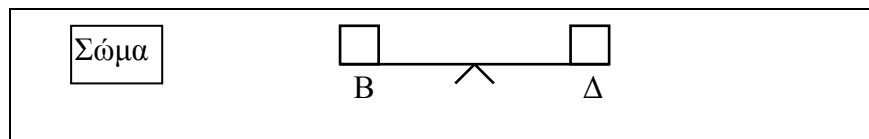
<sup>150</sup> Αυτή η θεωρία διατυπώνεται ήδη στην ύστερη αρχαιότητα -αρχές των Μέσων Χρόνων από τον Φιλόπονο και η εντυπωμένη δύναμη θα γίνει γνωστή τον ύστερο Μεσαίωνα ως *impetus* (όρος που εισάγει ο Ζαν Μπουριντάν), βλ. Grant (1994, 79). Σύμφωνα με τον Moody όμως, θα πρέπει να διαφοροποιηθεί η *εντυπωμένη δύναμη* του Γαλιλαίου, από την μεσαιωνική *impetus*, διότι, η πρώτη είναι αυτοδιαλυόμενη (όπως θα δούμε παρακάτω), ενώ η δεύτερη όχι. (Moody, 1951).

Ας πάρουμε ένα παράδειγμα κατακόρυφης εκτόξευσης. Το σώμα Α εκτοξεύεται από το έδαφος.



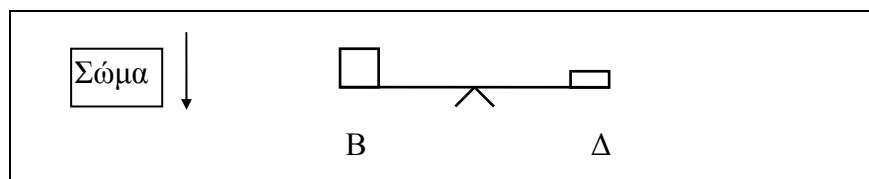
Σχήμα 8

Τη στιγμή της εκτόξευσης εντυπώνεται μια ποσότητα δύναμης η οποία καθώς είναι μεγαλύτερη από το βάρος ανυψώνει το σώμα. Η δύναμη αυτή όμως καταναλώνεται συνέχεια, με αποτέλεσμα η διαφορά  $\Delta-B$  να γίνει όλο και μικρότερη. Κάποια στιγμή η εντυπωμένη δύναμη γίνεται ίση με το βάρος και τότε το σώμα φτάνει στο ψηλότερο σημείο της τροχιάς του<sup>151</sup>



Σχήμα 9

Κατόπιν, καθώς η εντυπωμένη δύναμη συνεχίζει να μειώνεται, το βάρος γίνεται μεγαλύτερο και το σώμα αρχίζει να πέφτει. Κατά τη διάρκεια της πτώσης η διαφορά  $B-\Delta$  γίνεται όλο και μεγαλύτερη με αποτέλεσμα η πτώση να γίνεται όλο και πιο γρήγορη.



Σχήμα 10

Η ταχύτητα φτάνει τη μέγιστη τιμή της, όταν καταναλωθεί όλη η κινούσα δύναμη, οπότε από εκεί και πέρα το σώμα πέφτει με σταθερή τελική ταχύτητα που

<sup>151</sup> Ο Γαλιλαίος σε αντίθεση με σύγχρονές του αλλά και παλιότερες απόψεις, εξηγεί στο De Motu (κεφάλαιο 20) γιατί δεν υπάρχει 'ανάπαυση' του σώματος στο σημείο αναστροφής, γιατί δηλαδή η διαδικασία είναι συνεχής χωρίς να υπάρχει οσοδήποτε μικρό χρονικό διάστημα που να αντιστοιχεί στη στιγμή που η ταχύτητα μηδενίζεται.



οφείλεται στο βάρος του. Ως εκ τούτου, τα σώματα μόνο στην αρχή επιταχύνονται, για να πέσουν κατόπιν με σταθερές ταχύτητας λόγω του (ειδικού) βάρους τους<sup>152</sup>.

Η παραπάνω εξήγηση ισχύει και όταν ένα σώμα ξεκινάει από την ‘μέση’ της παραπάνω διαδικασίας, όταν δηλαδή αφηθεί να πέσει από ένα συγκεκριμένο ύψος. Αν π.χ. το σώμα στηρίζεται σε ένα τραπέζι, αυτό σημαίνει κατά τον Γαλιλαίο, ότι το τραπέζι προσφέρει μια δύναμη ακριβώς ίση με το βάρος του σώματος. Μόλις χαθεί λοιπόν το στήριγμα, η δύναμη αυτή από το τραπέζι αρχίζει αμέσως να καταναλώνεται, η διαφορά Β-Δ γίνεται όλο και μεγαλύτερη κοκ.

Η παραπάνω αντιμετώπιση δείχνει ότι πράγματι ο Γαλιλαίος κινείται ακόμα στο αριστοτελικό πλαίσιο, θεωρώντας ότι ένα σταθερό αίτιο, παράγει μια σταθερή ταχύτητα. Στην ιδανική μάλιστα κατάσταση, όπου το ρευστό έχει πυκνότητα μηδέν (κενό) και όλη η κινούσα δύναμη έχει καταναλωθεί, εμφανίζεται μια εκδοχή πολύ κοντά στη θεωρία του Αριστοτέλη: οι ταχύτητες των σωμάτων είναι ανάλογες των (ειδικών) βαρών τους.

Παρόλα αυτά, θα δούμε αμέσως, ότι το μοντέλο του ζυγού οδηγεί τον Γαλιλαίο πολύ κοντά στην αρχή της αδράνειας. Στη συνέχεια του χειρογράφου, ο Γαλιλαίος φτάνει σε μια αρχή την οποία ακόμα και αν δεν την ερμηνεύσουμε ως αδράνεια, σίγουρα ανοίγει τον δρόμο για την υιοθέτηση της «αένας κίνησης απουσία τριβών» λίγα χρόνια αργότερα.

## 2. Ζυγός και Αρχή της Αδράνειας

### 2. 1. Κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο

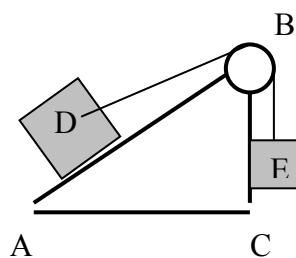
Ο Γαλιλαίος στο πρώιμο έργο του οδηγείται σε μια εκδοχή της αρχής της αδράνειας μέσα από δύο διαδρομές. Στην πρώτη, εξάγει την αρχή από την πραγμάτευση του κεκλιμένου επιπέδου, το οποίο με την σειρά του ανάγεται στο ζυγό. Στη δεύτερη εξάγει την αρχή απευθείας από το μοντέλο του ζυγού. Θα ξεκινήσω λοιπόν αυτή την ενότητα εξετάζοντας την πραγμάτευση του κεκλιμένου επιπέδου, η

---

<sup>152</sup> Σχετικά με το πρόβλημα της ύπαρξης του «ειδικού βάρους», θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι ο Γαλιλαίος δουλεύει μόνο με αναλογίες (ταχυτήτων) σε σχέση με αναλογίες (βαρών), οπότε το πρόβλημα του καθορισμού συγκεκριμένου όγκου δεν παίζει ρόλο. Στο βαθμό που γίνεται κατανοητός ο τρόπος πραγμάτευσης, θα μπορούσαμε λοιπόν να μεταφράσουμε το *gravitas* του Γαλιλαίου, ως «βάρος», «βαρύτητα» ή «ειδικό βάρος».

οποία έχει αυτόνομα μεγάλη σημασία, καθώς τα κεκλιμένα επίπεδα θα κυριαρχήσουν στο μετέπειτα έργο του Γαλιλαίου.

Αυτό που είναι εμφανές κατά την κίνηση μιας σφαίρας σε ένα κεκλιμένο επίπεδο είναι φυσικά η επιτάχυνση<sup>153</sup>. Και το πρώτο χαρακτηριστικό της επιτάχυνσης που γίνεται αντιληπτό μέσα από το πείραμα είναι η εξάρτησή της από την γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου. Γίνεται αμέσως φανερό, ακόμα και χωρίς όργανα μέτρησης, ότι η μέγιστη επιτάχυνση επιτυγχάνεται στο κατακόρυφο επίπεδο και από εκεί και πέρα, όσο η κλίση μικραίνει, τόσο η επιτάχυνση (ή η «ταχύτητα») του σώματος μειώνεται. Στο εννοιολογικό πλαίσιο που δουλεύει ο Γαλιλαίος, το τελευταίο δεν μπορεί να σημαίνει παρά το ότι η ενεργός αιτία της πτώσης θα πρέπει να μειώνεται, θα πρέπει με άλλα λόγια το σώμα να ‘ελαφραίνει’. Πράγματι, ήταν γνωστό και πριν από τον Γαλιλαίο, ότι ένα βάρος σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, μπορεί να εξισορροπηθεί από ένα μικρότερο βάρος το οποίο αναρτάται κατακόρυφα:



Σχήμα 11

Στο παραπάνω σχήμα ο Φλαμανδός Στέβιν (Simon Stevin 1548- 1620) αποδεικνύει<sup>154</sup> τη σχέση

$$E / D = BC / AB$$

δηλαδή ότι ο λόγος των βαρών ισούται με το λόγο της κατακόρυφης πλευράς, προς την υποτείνουσα.

Η πρωτοτυπία του Γαλιλαίου βρίσκεται, για άλλη μια φορά, στον τρόπο που αποδεικνύει τη γνωστή αυτή σχέση, τρόπος που δεν είναι παρά η αναγωγή στο μοντέλο του ζυγού. Βασική προϋπόθεση της απόδειξης είναι ότι η «βαρύτητα» ενός σώματος το οποίο βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο, είναι ίση με το βάρος το οποίο μπορεί να το ισορροπήσει, όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα. Ένα σώμα, με άλλα λόγια, το οποίο βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο, αποκτάει μικρότερη

<sup>153</sup> Η, η επιβράδυνση, στην περίπτωση που η σφαίρα εκτοξεύεται προς τα πάνω.

<sup>154</sup> Στην εργασία του *Hydrostatica Mathematica*. Ο Στέβιν χρησιμοποιεί για την απόδειξη το αξίωμα ότι η αέναη κίνηση είναι αδύνατη. Dugas (1988, 123- 126).



Από τις σχέσεις 1 και 2, τώρα βγαίνει ο νόμος ισορροπίας στο κεκλιμένο επίπεδο,

$$E/D = sq/ps$$

δύναμη που απαιτεί για την ανύψωση βάρους στο επικλινές/  
 δύναμη που απαιτείται για την ανύψωση βάρους κατακόρυφα  
 = κάθετο ύψος/ πλάγια απόσταση

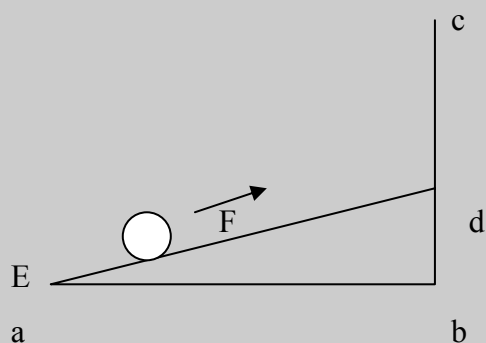
Ο Γαλιλαίος μεταφέρει αυτή τη σχέση στις ταχύτητες, δηλαδή στους σχετικούς χρόνους πτώσης, ως εξής. Θεωρώντας ότι η κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο είναι πιο «αργή» επειδή το αίτιό της (βάρους E) είναι μικρότερο από το αίτιο της πτώσης στο κατακόρυφο επίπεδο (βάρους D), μετατρέπει την τελευταία σχέση σε λόγους ταχυτήτων:

$$V_E / V_D = sq/ps$$

ταχύτητα κατά την κατακόρυφο / ταχύτητα κατά το επικλινές  
 = κάθετο ύψος/ πλάγια απόσταση

## 2.2 'Αρχή της Αδράνειας' και Ζυγός

Όπως αναφέρθηκε πριν, στην πρώιμη φάση του έργου του ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι η κίνηση χρειάζεται τη συνεχή δράση ενός αίτιου. Είδαμε επίσης, ότι με βάση την πραγμάτευση του κεκλιμένου επιπέδου, η δύναμη- αίτιο μειώνεται όσο η κλίση του επιπέδου ελαττώνεται. Οδηγώντας το προηγούμενο μοντέλο στο όριό του, ο Γαλιλαίος παίρνει μια αρχή η οποία πλησιάζει την αρχή της αδράνειας. Σύμφωνα με τη διατύπωση του, στη περίπτωση ενός οριζόντιου, άτριβου επιπέδου, η κίνηση δεν είναι «ούτε φυσική, ούτε βίαιη... έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μικρότερη από όλες τις δυνατές δυνάμεις» (υπογράμμιση δική μου, De Motu, 299). Ας δούμε αναλυτικότερα την απόδειξη του Γαλιλαίου (De Motu, 300).



Σχήμα 13

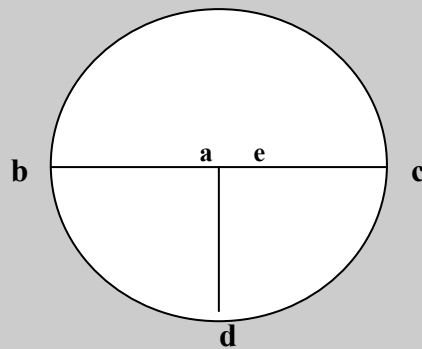
Έστω σώμα E το οποίο υπό την επίδραση δύναμης F ανέρχεται στο επίπεδο ad. Η δύναμη F, σχετικά με την βάρους του σώματος (που είναι η δύναμη που θα έπρεπε να ασκήσουμε για να υψωθεί κατά την κατακόρυφο bc) έχει την ίδια σχέση με την απόσταση db ως προς την ad.

$$F/E = db/ad$$

Όσο μικρότερη λοιπόν είναι η κάθετη db, με άλλα λόγια η κλίση του επιπέδου, τόσο μικρότερη θα πρέπει να είναι η δύναμη F. Καθώς λοιπόν στην περίπτωση του οριζόντιο επιπέδου ab η απόσταση db, δεν είναι απλώς μικρή, αλλά μηδενική, προκύπτει ότι για την κίνηση στο επίπεδο ab αρκεί μια δύναμη μικρότερη της F η οποία μπορεί να είναι οσοδήποτε μικρή.

Με αυτό τον τρόπο, η παραπάνω εκδοχή «αρχής της αδράνειας» δεν ανάγεται απευθείας στο μοντέλο του ζυγού, αλλά στο μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου, το οποίο, όπως είδαμε προηγουμένως, ανάγεται με τη σειρά του στο μοντέλο του ζυγού.

Στο ίδιο συμπέρασμα όμως για την κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο, ο Γαλιλαίος καταλήγει χρησιμοποιώντας απευθείας το μοντέλο του ζυγού.



Σχήμα 14

Έστω ξανά ο ζυγός  $bc$ , κενός από βάρη (De Motu, 299). Στο σημείο  $d$ , αναρτάται βάρος το οποίο ανυψώνεται προς το μέρος του  $c$ , στην περίπτωση που τοποθετηθεί κάποιο βάρος στην θέση  $b$  του ζυγού. Έστω τώρα, ότι ένα τέτοιο βάρος τοποθετείται και είναι ‘οσοδήποτε μικρό’. Έστω επίσης, ότι παίρνουμε σημείο  $e$ , ώστε η αναλογία του βάρους  $b$  με το  $d$  να είναι η ίδια που έχουν οι αποστάσεις  $ab$  και  $ae$ . Σε αυτή την περίπτωση αν το σώμα  $d$  τοποθετούνταν στο σημείο  $e$  θα ισορροπούσε με το ελαφρύτερο σώμα, στο σημείο  $b$ . Είναι ευνόητο ότι όσο πιο κοντά είναι το σημείο  $e$  στο  $a$ , τόσο μικρότερο βάρος  $b$  αρκεί για να ανυψώσει το σώμα  $d$ . Από τη στιγμή όμως, που το σώμα  $d$  δεν βρίσκεται απλώς πολύ κοντά στο  $a$ , αλλά πάνω στο  $a$ , προκύπτει το συμπέρασμα ότι το σώμα  $d$  μπορεί να ανέλθει με μια οσοδήποτε μικρή δύναμη. Ο Γαλιλαίος τελειώνει το επιχειρήμα του ως εξής: αν μια οσοδήποτε μικρή δύναμη, αρκεί για να ανυψώσει το σώμα  $b$ , προφανώς μία ακόμα μικρότερη χρειάζεται για να το κινήσει στο οριζόντιο επίπεδο.

Θα κλείσω την ενότητα με ένα γενικότερο σχόλιο σχετικά με την «αρχή της αδράνειας» όπως διατυπώνεται στο πρώιμο αυτό έργο του Γαλιλαίου. Φράσεις όπως «η μικρότερη από οποιαδήποτε δεδομένη δύναμη» ή «οσοδήποτε μικρή δύναμη» (De Motu, 299), μπορούν να ερμηνευθούν με δυο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι να τις ερμηνεύσουμε στο αριστοτελικό πλαίσιο, δηλαδή να θεωρήσουμε ότι μια ελάχιστη δύναμη πρέπει να ενεργεί συνεχώς πάνω στο σώμα για να διατηρήσει την κίνησή του ακόμα και στο άτριβο επίπεδο. Μία δεύτερη ερμηνεία της φράσης, η οποία μας οδηγούσε στη σύγχρονη έννοια της αδράνειας, είναι να θεωρήσουμε ότι στην πραγματικότητα δεν χρειάζεται δύναμη για την κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο, αφού

ένας οποιοσδήποτε αριθμητικός προσδιορισμός μιας τέτοιας δύναμης, είναι χωρίς νόημα καθώς πάλι δεν θα είναι η «μικρότερη από όλες τις δυνατές δυνάμεις». Δεν είναι βέβαιο τι από τα δύο εννοεί ο Γαλιλαίος όταν γράφει το *Περί Κίνησης*, αλλά λίγα χρόνια μετά, στο έργο του *Le Meccaniche* (βλ. παρακάτω) φαίνεται ότι έχει υιοθετήσει την δεύτερη εκδοχή. Σε αυτό το έργο, στο οποίο ο Γαλιλαίος δημοσιοποιεί τελικά την απόδειξη με τα κεκλιμένα επίπεδα, φαίνεται ότι έχει σαφώς τοποθετηθεί υπέρ της «αένας κίνησης απουσία τριβών». Πράγματι, αμέσως μετά την διατύπωση της αρχής, ο Γαλιλαίος κάνει κριτική στον Πάππο, διότι ο τελευταίος επιχειρεί να υπολογίσει τη δεδομένη δύναμη που θα χρειαζόταν για να μεταφέρει κάποιο βάρος στο οριζόντιο επίπεδο.

Αυτό είναι λάθος, καμία αισθητή δύναμη δεν χρειάζεται (αγνοώντας τυχαία εμπόδια τα οποία δεν συνυπολογίζονται από τον θεωρητικό) για να μετακινηθεί το δεδομένο βάρος οριζόντια, έτσι είναι χωρίς νόημα να αναζητούμε τη δύναμη που θα το μετακινήσει στο κεκλιμένο επίπεδο. Θα ήταν καλύτερα, δεδομένης της δύναμης που θα μετακινούσε το αντικείμενο κατακόρυφα (η οποία θα ήταν ίση με το βάρος του αντικειμένου) να αναζητήσουμε τη δύναμη που θα το κινούσε στο κεκλιμένο επίπεδο. (*Le Meccaniche*, 172-173)<sup>156</sup>

Η φράση «καμία αισθητή δύναμη δεν χρειάζεται», σε αντίθεση με την φράση «μικρότερη από όλες τις δυνατές δυνάμεις», δεν έχει καμία αμφισημία καθώς παραπέμπει απευθείας στην αρχή της αδράνειας. Στο ζήτημα όμως της αδράνειας θα επανέλθω στο επόμενο κεφάλαιο. Αυτό που πρέπει να κρατήσουμε εδώ, είναι ότι ο Γαλιλαίος φτάνει σε αυτή την αρχή, ή κοντά σε αυτή την αρχή, από μια οριακή εκδοχή ενός θεωρητικού και πειραματικού μοντέλου, είτε αυτό είναι ο ζυγός είτε είναι η ισορροπία σε κεκλιμένο επίπεδο, το οποίο με τη σειρά του ανάγεται στο ζυγό.

---

<sup>156</sup> Οι αναφερόμενες σελίδες είναι από την έκδοση του University of Wisconsin Press 1960, σε εισαγωγή και μετάφραση S.Drake. Τα αποσπάσματα από το έργο είναι σε δική μου μετάφραση από το αγγλικό κείμενο, με την συνδρομή του λατινικού πρωτότυπου όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο.

### 3. Ηλιοκεντρισμός και Ζυγός

#### 3.1 Κίνησης της Γης και Αναλογικά Μοντέλα

Το 1592 ο Γαλιλαίος διορίζεται καθηγητής μαθηματικών στην Πάδοβα με τριπλάσιο μισθό. Σε αυτή την περίοδο συνεχίζει να ασχολείται με το πρόβλημα της κίνησης, στρέφοντας περισσότερο το ενδιαφέρον του στη μηχανική. Γύρω στα 1600 μοιράζει ανυπόγραφα αντίτυπα ενός χειρογράφου του, με τίτλο *Le Meccaniche*. Σε αυτό το χειρόγραφο, ο Γαλιλαίος αποδεικνύει την αρχή του ζυγού<sup>157</sup> και δείχνει πώς οι υπόλοιπες «απλές μηχανές», μπορούν να αναχθούν στον ζυγό<sup>158</sup>.

Την ίδια περίοδο, φαίνεται ότι υιοθετεί την κοπερνίκεια, ηλιοκεντρική, αστρονομία. Αυτό πρέπει να έχει συμβεί σίγουρα το 1597, καθώς το ομολογεί σε γράμμα το οποίο στέλνει στον Κέπλερ. Κατά τον Ντρέικ μάλιστα, ο Γαλιλαίος έχει αποδεχτεί τον ηλιοκεντρισμό τουλάχιστον δυο χρόνια νωρίτερα, καθώς φαίνεται ότι έχει συλλάβει την θεωρία των παλιρροιών<sup>159</sup>. Η θεωρία αυτή σημειώνεται για πρώτη φορά στο ημερολόγιο του Σάρπι (Paolo Sarpi) το 1595 και κατά τον Ντρέικ οι σημειώσεις του Σάρπι είναι σύνοψη της συζήτησης που είχε με τον Γαλιλαίο ( Drake 1978, 37). Πράγματι, εκείνη την περίοδο ο Γαλιλαίος ταξιδεύει συχνά στην Βενετία, επισκεπτόμενος τον φίλο και μέντορά του Σάρπι. Πέρα από τον φίλο του, ο Γαλιλαίος φαίνεται ότι ενδιαφέρεται έντονα για τα ανεπτυγμένα μηχανουργεία και ναυπηγεία της Βενετίας, τα οποία επισκέπτεται συχνά. Σε αυτές τις βόλτες του, σύμφωνα πάλι με τον Ντρέικ, ο Γαλιλαίος παρατηρεί την αναλογία μέσω της οποίας θα συγκροτήσει την θεωρία για τις παλίρροιες. Μια συχνή εικόνα για τον Γαλιλαίο εκείνη την εποχή θα ήταν η παρατήρηση του νερού στη δεξαμενή των πλοιαρίων που το μετάφεραν από την ενδοχώρα στη Βενετία. Όταν το πλοiάριο αλλάζει απότομα την πορεία του, το νερό στη δεξαμενή ταλαντώνεται μπρος πίσω για αρκετή ώρα. Το μοντέλο της δεξαμενής στο πλοiάριο αποτελεί έτσι αναλογικό μοντέλο κλίμακας (βλ. μέρος Ι, κεφάλαιο 2) για το προς εξήγηση φαινόμενο, δηλαδή την κίνηση των ωκεανών. Ίσως

<sup>157</sup> Η απόδειξη κινείται στο ίδιο πνεύμα με την αρχιμήδεια, με την διαφορά ότι ο Γαλιλαίος χειρίζεται από την αρχή συνεχείς ποσότητες, αποφεύγοντας την «διπλή» απόδειξη του Αρχιμήδη για βάρη τα οποία έχουν ρητό και άρρητο λόγο.

<sup>158</sup> Δηλαδή το καντάρι, ο μοχλός, το βαρούλκο, η τροχαλία, και ο κοχλίας.

<sup>159</sup> Σύμφωνα με την αυτή την θεωρία, οι παλίρροιες οφείλονται στο συνδυασμό των δύο κινήσεων της γης και την αδράνεια του νερού των ωκεανών. Είναι ενδιαφέρον εδώ, πώς ο Γαλιλαίος επιμένει να υποστηρίζει μια «σωστή» θεωρία (ηλιοκεντρισμό) με ένα «λάθος» επιχειρήμα (οι παλίρροιες στην πραγματικότητα οφείλονται στην μεταβλητή έλξη της σελήνης).



εκεί συλλαμβάνει ο Γαλιλαίος για πρώτη φορά την ιδέα, ότι οι παλίρροιες οφείλονται στην αδράνεια του νερού, σε σχέση με την κίνηση της γης. Σε αυτή την περίπτωση, όπως είπαμε στο πρώτο μέρος, το μοντέλο-πηγή αποτελεί απλώς την αρχική έμπνευση στην συγκρότηση του μοντέλου-στόχου, χωρίς να επηρεάζει το τελευταίο. Ο Γαλιλαίος θα μπορούσε να συλλάβει την θεωρία των παλιρροιών παρατηρώντας το νερό ενός μαγειρικού σκεύους ή οτιδήποτε άλλο. Ακόμα και αν η κίνηση του νερού στα πλοiάρια της Βενετίας ήταν η αρχική έμπνευση του Γαλιλαίου, αποτελεί, όπως το όνειρο του Κεκουλέ με το φίδι που δαγκώνει την ουρά του, ένα στοιχείο το οποίο μπορεί να έχει ιστορικό ενδιαφέρον αλλά δεν επηρεάζει κατά κανένα τρόπο την θεωρία των παλιρροιών ή τις κανονικότητες που διέπουν το ηλιοκεντρικό σύστημα.

Αντίθετα, όπως θα δούμε αμέσως, όταν ο Γαλιλαίος επιχειρεί να ανάγει τους μαθηματικούς- μηχανικούς νόμους του ηλιοκεντρικού συστήματος στο μοντέλο του ζυγού, το τελευταίο αποτελεί συστατικό στοιχείο των αποδείξεων και των εξηγήσεων.

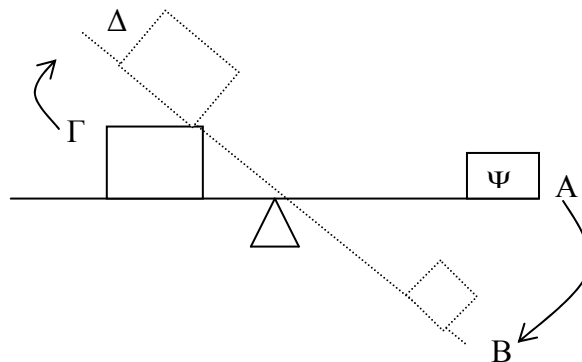
### 3.2 Ηλιακό Σύστημα και Ζυγός

Ο Γαλιλαίος επιχειρεί να δει ολόκληρο το ηλιακό σύστημα με βάση το μοντέλο του ζυγού στο χειρόγραφο 146.<sup>160</sup> Για να καταλάβουμε την αντιμετώπιση του Γαλιλαίου θα πρέπει να δούμε πριν, την χρήση ενός τεχνικού όρου, του *momento*. Ο όρος εισάγεται στο *Le Meccaniche* (Drake 1960, 144) Ο Γαλιλαίος φαίνεται να εννοεί με αυτό τον όρο, τη δράση (την αποτελεσματικότητα) ενός βάρους ή μιας δύναμης. Τη δράση αυτή τη σχετίζει με δυο πράγματα. Αφενός, με την απόσταση από το υπομόχλιο και με αυτή την έννοια θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε τον όρο *momento* με τη σύγχρονο όρο *ροπή*, δηλαδή ως το γινόμενο δύναμης επί την απόσταση από το υπομόχλιο. Με την γλώσσα των ροπών, θα μπορούσαμε να επαναδιατυπώσουμε το νόμο του ζυγού, λέγοντας ότι ένα ζυγός ισορροπεί, όταν οι ροπές που τείνουν να τον στρέψουν προς τη μια κατεύθυνση είναι ίσες με τις ροπές που τείνουν να τον στρέψουν στην άλλη.

Την ίδια στιγμή όμως, ο Γαλιλαίος αναγνωρίζει και την επίδραση άλλων παραγόντων, όπως η ταχύτητα, στην ‘δραστικότητα’ ενός βάρους χρησιμοποιώντας τον όρο *momento* για να δηλώσει τον συνδυασμένο αποτέλεσμα του βάρους και της ταχύτητας. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαμε να αποδώσουμε τον όρο με την

<sup>160</sup> f.146 ο Ντρεϊκ το τοποθετεί στο 1602. (Drake 1978, 63)

σύγχρονη *ορμή*<sup>161</sup>. Με βάση αυτή την έννοια του *momento* θα μπορούσαμε να επαναδιατυπώσουμε τον νόμο του ζυγού.



Σχήμα 15

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι αν στραφεί ο ζυγός, το μικρό βάρος διανύει την απόσταση ΑΒ, ενώ, στον ίδιο χρόνο το μεγάλο βάρος την απόσταση ΓΔ. Η *εικονική ταχύτητα*<sup>162</sup> του βαρέος σώματος Χ στην άνοδό του, γίνεται τόσο μικρότερη από την ταχύτητα του άλλου σώματος Ψ στην κάθοδό του, όσο η «βαρύτητα» του τελευταίου υπερβαίνει αυτή του πρώτου. Άρα, ένας άλλος τρόπος να περιγράψουμε την ισορροπία του ζυγού θα ήταν να πούμε ότι, τα σώματα ισορροπούν σε εκείνα τα σημεία, στα οποία εάν εκινούνται, τα γινόμενα του βάρους επί την ταχύτητα (δηλαδή οι ορμές) να ήταν ίσα. Με άλλα λόγια, ή μείωση του βάρους εξισορροπείται με αύξηση της ταχύτητας και αντιστρόφως.

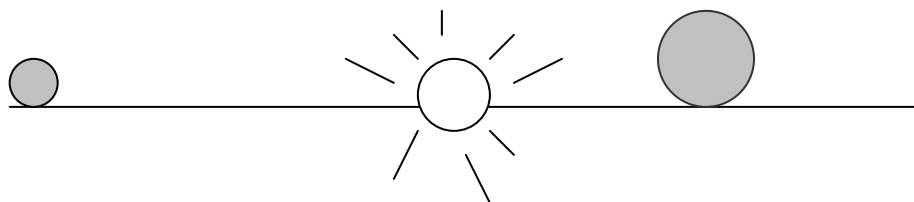
Ας έλθουμε τώρα στο ηλιακό σύστημα για να δούμε πως επιχειρήσε ο Γαλιλαίος να το ανασυγκροτήσει με βάση το μοντέλο του ζυγού. Η γενική ιδέα του Γαλιλαίου είναι να συσχετίσει τις ταχύτητες που κινούνται οι πλανήτες με την απόστασή τους από τον ήλιο. Ήταν ήδη γνωστό (κυρίως από μετρήσεις του Κέπλερ) ότι οι κοντινότεροι στο ήλιο πλανήτες κινούνται ταχύτερα, σχετικά με τους πιο απομακρυσμένους. Ο Γαλιλαίος επιχειρεί να εξηγήσει το παραπάνω, αλλά και να κάνει ποσοτικές προβλέψεις. Ξεκινάει λοιπόν, θεωρώντας, έναν πλανήτη στο ένα

<sup>161</sup> Ο σημερινός ορισμός αποδίδεται με το γινόμενο μάζας- ταχύτητας, αλλά αυτή η διαφορά δεν παίζει ρόλο στη συζήτηση παρακάτω. Εξάλλου, οι μεταφράσεις δίνονται μόνο για λόγους ευκολίας και δεν μπορούν να εννοηθούν κυριολεκτικά, καθώς προέρχονται από ένα διαφορετικό –το σύγχρονο- εννοιολογικό πλαίσιο.

<sup>162</sup> Δηλαδή η ταχύτητα που θα αποκτούσε το πρώτο σώμα σε σχέση με το δεύτερο, αν ο ζυγός στρεφόταν. Αποδείξεις του νόμου του ζυγού με βάση την έννοια της εικονικής ταχύτητας έχουν εμφανιστεί πριν τον Γαλιλαίο. ( βλ. Drake 1960, 138).

μέρος ενός ζυγού, τον ήλιο στο υπομόγλιο και έναν άλλο πλανήτη στο άλλο μέρος του ζυγού, απαιτώντας οι πλανήτες ανά δυο, άρα και όλοι μεταξύ τους, να έχουν την ίδια ποσότητα momento. Στην πραγμάτευση που θα δούμε παρακάτω, ο όρος momento χρησιμοποιείται διαδοχικά και με τις δυο σημασίες (και αρχές διατήρησης) που περιέγραψα παραπάνω.

Ο Γαλιλαίος ξεκινάει από την πρώτη σημασία του momento (ως ροπής), θεωρώντας ότι ο βαρύτερος πλανήτης βρίσκεται στην κοντινότερη απόσταση. Ότι, δηλαδή, αν θεωρήσουμε, τον ένα πλανήτη στη μια άκρη του ζυγού και τον ήλιο στο υπομόγλιο, οι ροπές όλων των πλανητών πρέπει να είναι ίσες.

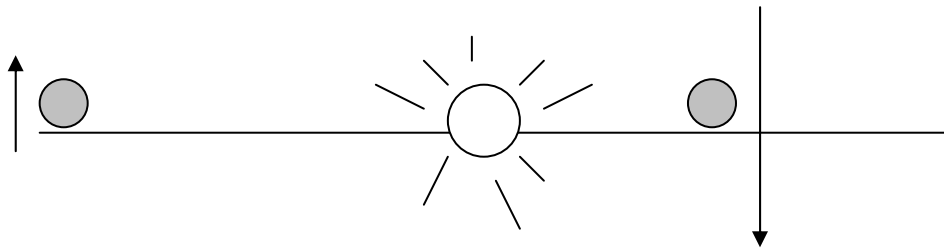


Ο «βαρύτερος» πλανήτης βρίσκεται κοντύτερα στον ήλιο, ώστε το γινόμενο «βάρους»-απόστασης να είναι σταθερό για όλους τους πλανήτες.

Σχήμα 16

Σε ένα δεύτερο στάδιο, ο Γαλιλαίος αντικαθιστά την έννοια του «βαρύτερου», η οποία ούτως ή άλλως δεν έχει νόημα αναφερόμενη σε ένα πλανήτη. Ο Γαλιλαίος αντιλαμβάνεται το βάρος ως την τάση των σωμάτων να κινηθούν προς το κέντρο της γης ενώ κανένας πλανήτης δεν φαινόταν να παρουσιάζει τέτοιες τάσεις<sup>163</sup>. Εδώ ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την δεύτερη σημασία του *momento* δηλαδή ως *ορμής*. Όπως είπαμε, η ορμή είναι το γινόμενο βάρους- ταχύτητας, και με αυτή την έννοια το βάρος θα μπορούσε να αντικατασταθεί με την ταχύτητα. Με αυτό τον τρόπο αντικαθιστά το 'βαρύτερος' με το 'ταχύτερος' επιχειρώντας τελικά να δει κατά πόσο ισχύει μια απλή σχέση μεταξύ της απόστασης από τον ήλιο και της ταχύτητας του κάθε πλανήτη.

<sup>163</sup> Ούτε για τους αριστοτελικούς έχει νόημα η ιδιότητα του «βάρους» για κάποιον πλανήτη, αλλά για έναν τελείως διαφορετικό λόγο. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, οι πλανήτες (όπως και όλα τα ουράνια σώματα) αποτελούνται από μία *πέμπτη ουσία*, τον *αιθέρα*, ο οποίος δεν παρουσιάζει καμία από τις γνωστές φυσικές ιδιότητες.



Ο ταχύτερος πλανήτης βρίσκεται κοντότερα στον ήλιο, ώστε το γινόμενο ταχύτητας- απόστασης να είναι σταθερό για όλους τους πλανήτες.

Σχήμα 17

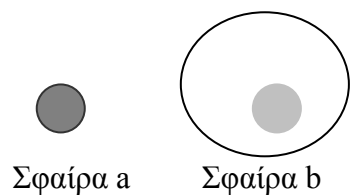
Στη συνέχεια του χειρογράφου f.146 επιχειρεί να υπολογίσει τα *momenta* για τον Κρόνο και τον Δία, βλέποντας όμως ότι οι υπολογισμοί οδηγούν σε αντίθετα αποτελέσματα: ο Κρόνος έπρεπε να ξεπεράσει τον Δία αντί το αντίστροφο. Στη συνέχεια του χειρογράφου ο Γαλιλαίος δοκιμάζει να αλλάξει θέση στο υπομόγλιο προσδιορίζοντας, αντί για τον ήλιο, ένα σημείο πέρα από τον Κρόνο από το οποίο να μετράει αποστάσεις. Δοκιμάζοντας να ισοσταθμίσει τα *momenta* του Άρη και του Κρόνου με βάση το καινούργιο σημείο, αποτυγχάνει ξανά και εκεί τελειώνουν οι υπολογισμοί του f. 146.

Παρά την αποτυχία του Γαλιλαίου να επιβεβαιώσει εμπειρικά την θεωρία του, η προσπάθεια του να ανάγει τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων στο μοντέλο του ζυγού έχει μεγάλη σημασία. Αυτό που αναζητάει ο Γαλιλαίος, όπως φαίνεται, είναι ένα μηχανικό- μαθηματικό μοντέλο με βάση το οποίο θα μπορεί να εξηγήσει τόσο τα ουράνια, όσο και τα γήινα φαινόμενα. Η διατύπωση ενιαίων φυσικών νόμων για τις περιοχές ουρανού και γης αποτελεί ένα από τα κομβικά σημεία της ρήξης με την αριστοτελική φυσική, σύμφωνα με την οποία τα δύο «βασίλεια» κυβερνώνται από διαφορετικούς νόμους. Μπορεί να είναι ο Νεύτων τελικά αυτός που θα ολοκληρώσει επιτυχώς το εγχείρημα της ενοποίησης «ουράνιας» και «γήινης» φυσικής αλλά, όπως δείχνει το f. 146, είναι ο Γαλιλαίος και μάλιστα στην πρώιμη φάση του, εκείνος που ξεκινάει την επιχείρηση με όλα τα χαρακτηριστικά τα οποία θα αποκτήσει στο νευτώνειο έργο.

#### 4. Η Εγκατάλειψη του Μοντέλου

Η αποτυχία του f.146 δεν είναι η μοναδική. Και στο *Περί Κίνησης* ο Γαλιλαίος παρατηρεί δύο φορές ότι η θεωρία του δεν επιβεβαιώνεται εμπειρικά. Την πρώτη φορά, αμέσως μόλις έχει ολοκληρώσει την διατύπωση των νόμων που κυβερνούν την κίνηση των σωμάτων σε ρευστό (τύπος 3), παρατηρεί ότι «μία μεγάλη δυσκολία εμφανίζεται σε αυτό το σημείο, διότι αυτοί οι λόγοι [των ταχυτήτων] δεν παρατηρούνται από αυτόν που κάνει το πείραμα» (De Motu, 273). Παρακάτω, όταν επιχειρεί να βρει τους ανάλογους νόμους για την περίπτωση της κίνησης σε κεκλιμένα επίπεδα, σημειώνει ότι «όπως ελέχθη και πριν, στην περίπτωση της κατακόρυφης κίνησης, έτσι και εδώ, στη κίνηση στα κεκλιμένα επίπεδα, συμβαίνει οι λόγοι που θέσαμε να μην παρατηρούνται» (De Motu, 302). Προσπαθεί μάλιστα να εξηγήσει την τελευταία ασυμφωνία θεωρίας πειράματος με την παραδοχή ότι τα ελαφρά σώματα απορροφούν λιγότερη «κινούσα δύναμη», με αποτέλεσμα στην αρχή της πτώσης να επιταχύνονται περισσότερο. Αυτό που φαίνεται από τα παραπάνω είναι ότι εκείνη την περίοδο είχε αρχίσει ήδη τα πειράματα με τα κεκλιμένα επίπεδα, προσπαθώντας να επιβεβαιώσει τους λόγους «ταχυτήτων» που προέβλεπε η θεωρία του. Είναι λοιπόν η πειραματική διαδικασία που τον οδηγεί στην απόρριψη της πρώιμης θεωρίας του;

Σε ένα άλλο χειρόγραφο (f. 147r, 1604, Drake 1978, 95- 96) ο Γαλιλαίος φαίνεται να ανασκευάζει ‘λογικά’ τη θεωρία του, στρέφοντας το παράδοξο που κατασκεύασε για τον Αριστοτέλη, ενάντια στη δική του θεωρία. Όπως είπαμε, σύμφωνα με τη θεωρία του *Περί Κίνησης*, τα σώματα πέφτουν γρηγορότερα, όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος τους.



*Σχήμα 18- Το παράδοξο της κοιλότητας*

Έστω λοιπόν η σφαίρα a από ξύλο και η σφαίρα b από μολύβι. Η δεύτερη σφαίρα έχει στο εσωτερικό της μία κοιλότητα, ίσου όγκου με την πρώτη σφαίρα. Έστω τώρα ότι η σφαίρα b έχει τέτοιο μέγεθος, ώστε παρά την ύπαρξη της κοιλότητας να έχει μεγαλύτερη «βαρύτητα» (ειδικό βάρος) από την σφαίρα a. Σύμφωνα με την θεωρία του Γαλιλαίου, από την στιγμή που η σφαίρα b έχει μεγαλύτερη «βαρύτητα» από την σφαίρα a, θα πρέπει να πέσει ταχύτερα από αυτήν. Αν τώρα, τοποθετήσουμε τη σφαίρα a στην κοιλότητα της b, και εξετάσουμε την ταχύτητα του νέου σώματος ab, θα καταλήξουμε σε δύο αντιφατικές προτάσεις. Από το ένα μέρος, ο συνδυασμός των σφαιρών πρέπει να αποκτήσει μία ταχύτητα ανάμεσα στην ταχύτητα του μολύβδου και του ξύλου, άρα να είναι βραδύτερος από την αρχική μολύβδινη σφαίρα b. Από το άλλο μέρος, ο συνδυασμός a και b είναι ένα σώμα με μεγαλύτερη «βαρύτητα» από την σφαίρα b, άρα θα πρέπει να είναι ταχύτερο από αυτήν. Από την στιγμή που καταλήγουμε σε δυο αντιφατικές προτάσεις, σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, πρέπει να εγκαταλείψουμε την (δική του) θεωρία ότι η ταχύτητα πτώσης έχει οποιαδήποτε σχέση με το (ειδικό) βάρος, ή με το είδος των σωμάτων. Το συμπέρασμα του Γαλιλαίου είναι ότι απουσία του μέσου, όλα τα σώματα ανεξάρτητα από το βάρος ή το είδος τους, θα έπεφταν στο ίδιο χρόνο.

Ήταν λοιπόν θεωρητικοί ή πειραματικοί λόγοι που ώθησαν τον Γαλιλαίο στην εγκατάλειψη της πρώιμης θεωρίας του και τη χρήση του μοντέλου του ζυγού; Το πιο πιθανό είναι να απέτυχε ακριβώς στην συναρμογή θεωρίας- πειράματος, καθώς οι θεωρητικοί ελιγμοί που επιχείρησε δεν του έλυσαν ούτε τα θεωρητικά προβλήματα, ούτε τα πειραματικά. Πάντως, είναι η περίοδος που στρέφεται στις ακριβείς μετρήσεις και στα πειράματα με τα κεκλιμένα επίπεδα. Όσο βρίσκεται ακόμα σε αυτή την πρώιμη περίοδο, θεωρεί το κατεξοχήν χαρακτηριστικό της κίνησης σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, την επιτάχυνση, μη- ουσιαστικό χαρακτηριστικό της κίνησης. Η θεωρία που παρουσιάζει στο *De Motu* προέβλεπε, όπως είδαμε, ότι το φαινόμενο της

επιτάχυνσης εξαφανίζεται όταν μηδενιστεί η αποθηκευμένη «εντυπωμένη δύναμη». Στο ίδιο έργο (κεφάλαιο 21) αναφέρεται στην παρατηρησιακή επιβεβαίωση της παραπάνω θεωρίας. Ο Γαλιλαίος παρατηρεί σωστά ότι μια σφαίρα, π.χ. από μαλλί, που πέφτει από ένα πύργο αποκτά μετά από ένα διάστημα σταθερή ταχύτητα. Η οριακή αυτή ταχύτητα δεν παρατηρείται κατά τον Γαλιλαίο στην περίπτωση μιας σφαίρας π.χ. από σίδηρο διότι σε αυτήν την περίπτωση, ο χρόνος δεν είναι αρκετός για την κατανάλωση της εντυπωμένης δύναμης (De Motu, 329). Στην περίπτωση τώρα των πειραμάτων που αρχίζει στα κεκλιμένα επίπεδα, επίσης οι χρόνοι είναι πολύ μικροί για να παρατηρήσει αυτές τις οριακές ταχύτητες οι οποίες τον ενδιαφέρουν. Κατά πάσα πιθανότητα λοιπόν, αυτό που μετράει στα κεκλιμένα επίπεδα, είναι συνολικοί χρόνοι, τους οποίους του θεωρεί αντιπροσωπευτικούς μέσω των ή ολικών ταχυτήτων, αγνοώντας το φαινόμενο της επιτάχυνσης. Αυτό που θα ισχυριστώ στο επόμενο και τελευταίο κεφάλαιο, είναι ότι στο υπόλοιπο του έργου του, αντικαθιστά το μοντέλο του ζυγού, ως βάση μιας επιστήμης της κίνησης, με το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου. Μία υπόθεση που θα μπορούσε να γίνει για την αλλαγή του βασικού μοντέλου, είναι η εξής: καθώς αποτυγχάνει να επιβεβαιώσει τη πρόωμη θεωρία του, το ίδιο το εργαλείο που χρησιμοποιεί, το κεκλιμένο επίπεδο, τον έλκει τελικά σε μια άλλη λογική. Ο Γαλιλαίος στρέφει την προσοχή του στη μελέτη της κίνησης όπως ακριβώς συμβαίνει στα κεκλιμένα επίπεδα και μελετάει το φαινόμενο της επιτάχυνσης. Η τελευταία υπόθεση μπορεί να ελεγχθεί φυσικά μόνο με συγκεκριμένη ιστορική έρευνα και η πραγμάτευσή της ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας, στόχος της οποίας παραμένει η ανασυγκρότηση του γαλιλαϊκού έργου ώστε να καταδειχθεί η γονιμότητα της γνωσιολογικής θεωρίας που παρουσιάστηκε στο πρώτο μέρος. Πέρα λοιπόν από τις λεπτομέρειες ή την ερμηνεία αυτής της μετάβασης, θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο ότι η προσπάθεια αναγωγής των προβλημάτων κίνησης στη στατική και στο μοντέλο του ζυγού εξαφανίζεται από το ώριμο έργο του Γαλιλαίου, στο οποίο κυριαρχεί το κεκλιμένο επίπεδο.

---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο Γαλιλαίος και η Περίοδος του Κεκλιμένου Επιπέδου

---

---

### Εισαγωγή: Από την Ομαλή στην Μεταβαλλόμενη Κίνηση

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ότι ο Γαλιλαίος ξεκινάει τα πειράματα με τα κεκλιμένα επίπεδα στο τέλος του 16ου αιώνα. Ο αρχικός στόχος του είναι ο έλεγχος των θεωρητικών προβλέψεων σχετικά με την πτώση των σωμάτων, τις οποίες εξήγαγε με βάση το μοντέλο του ζυγού. Η ίδια η ιδέα του κεκλιμένου επιπέδου συμπυκνώνει το νέο τρόπο «εμπειρίας» ο οποίος εγκαθιδρύεται κατά την περίοδο της επιστημονικής επανάστασης. Θέλοντας ο Γαλιλαίος να μελετήσει ένα φαινόμενο –την πτώση των σωμάτων προς τη γη- το «επιβραδύνει», ώστε να μπορεί να μετρήσει χρόνους κίνησης με τα όργανα που διαθέτει. Με αυτό τον τρόπο, οι νέες θεωρίες που αναδύονται δεν αφορούν άμεσα το φυσικό κόσμο όπως παρουσιάζεται στην καθημερινότητα, αλλά απομονωμένες και ελεγχόμενες όψεις του, όπως αυτές αποκαλύπτονται με συγκεκριμένους τεχνικούς χειρισμούς και με τη χρήση εργαλείων.

Οι συγκεκριμένες θεωρητικές- μαθηματικές σχέσεις, τώρα, που θέλει να επιβεβαιώσει ο Γαλιλαίος, αφορούν «ταχύτητες», ή το «πόσο γρήγορα πέφτουν στα σώματα». Ενώ η «ταχύτητα», όμως, είναι έννοια σαφώς ορισμένη στο πλαίσιο της ομαλής κίνησης, δημιουργεί προβλήματα στο πλαίσιο της μεταβαλλόμενης, καθώς το μέτρο της αλλάζει συνέχεια. Όπως είδαμε στο πρώτο μέρος (κεφ. 4, 1.1), η απάντηση στο ερώτημα «ποια κίνηση είναι γρηγορότερη;» είναι δύσκολο να απαντηθεί στην περίπτωση της μεταβαλλόμενης κίνησης, ακόμα και ποιοτικά. Πόσο μάλλον να προσδιοριστούν αριθμητικοί λόγοι ταχυτήτων, πράγμα αναγκαίο για μια μαθηματική μελέτη της κίνησης. Το ερώτημα λοιπόν, που πρέπει να απαντήσει ο Γαλιλαίος, είναι, τι σημαίνει «ταχύτερο», στην περίπτωση της κίνησης σε ένα κεκλιμένο επίπεδο και η απάντηση που θα δώσει πρέπει να οδηγεί στον αριθμητικό προσδιορισμό ταχυτήτων για κάθε περίπτωση κίνησης.



Οι έρευνες για την κίνηση πρέπει να είχαν ολοκληρωθεί το 1610 (Drake 1978, 77), τα αποτελέσματα όμως δημοσιεύονται τελικά το 1638. Ο λόγος για αυτή την καθυστέρηση είναι ότι στο διάστημα που ακολουθεί ο Γαλιλαίος, χωρίς να εγκαταλείπει ποτέ το πρόβλημα της τοπικής κίνησης, εμπλέκεται όλο και περισσότερο στη διαμάχη του ηλιοκεντρισμού. Το 1632 εκδίδει τον «Διάλογο για τα Δύο Μεγάλα Συστήματα του Κόσμου» (από εδώ και πέρα Dialogue)<sup>164</sup>. Το βιβλίο επιφέρει την οργή της Ιεράς Εξέτασης και τα γνωστά γεγονότα, τα οποία καταλήγουν στην καταδίκη του Γαλιλαίου σε κατ' οίκον περιορισμό και στην απαγόρευση έκδοσης οποιουδήποτε βιβλίου φέρει την υπογραφή του. Παρόλα αυτά, λίγα χρόνια μετά, φυγαδεύεται από μαθητές του ένα χειρόγραφο το οποίο τυπώνεται το 1638, στην Ολλανδία. Το χειρόγραφο έχει τίτλο «Διαλέξεις και Αποδείξεις για Δύο Νέες Επιστήμες» (*Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze*, από εδώ και πέρα Discorsi). Σε αυτό το χειρόγραφο, το οποίο είναι χωρισμένο σε τέσσερις «μέρες», συζητούν τα γνωστά «πρόσωπα» του Γαλιλαίου, ο εκπρόσωπός του Σαλβιάτι (Salviati), ο εκπρόσωπος του αριστοτελισμού Σιμπλίκιο (Simplicio) και ο «ουδέτερος» και καλοπροαίρετος παρατηρητής Σαγκρέντο (Sagredo). Η πρώτη επιστήμη, που αφορά ζητήματα «μηχανικής» (δομής της ύλης και αντοχής υλικών με σημερινούς όρους), εισάγεται τις δύο πρώτες «μέρες» της συζήτησης. Η δεύτερη επιστήμη, εκείνη της «τοπικής κίνησης» που μας ενδιαφέρει εδώ, εισάγεται την τρίτη και την τέταρτη «μέρα».

Στην εισαγωγή της τρίτης μέρας, ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι οι δύο βασικότερες ανακαλύψεις του, ο νόμος του διαστήματος και το παραβολικό σχήμα της τροχιάς στις βολές,

θα ανοίξουν μια πόρτα και ένα δρόμο σε μια μεγάλη και θαυμάσια επιστήμη της οποίας οι εργασίες μας θα είναι τα στοιχεία, (μια επιστήμη) μέσα στην οποία πνεύματα περισσότερο διεισδυτικά από το δικά μας θα προσπελάσουν περιοχές ακόμα βαθύτερες. (Discorsi, 190)<sup>165</sup>

Το παραπάνω απόσπασμα, εισάγει την πρόοδο και την εξέλιξη, ως εγγενές στοιχείο της νέας επιστήμης του Γαλιλαίου. Είναι όμως πραγματικά «νέα» η

---

<sup>164</sup> Ακόμα και την περίοδο που ο Γαλιλαίος στρέφεται στην αστρονομία το πρόβλημα της κίνησης παραμένει στο κέντρο των ενδιαφερόντων του καθώς σχετίζεται και με την υποστήριξη του ηλιοκεντρισμού που επιχειρούσε. Η ιδέα μιας κινούμενης γης απαιτεί μια νέα φυσική που θα χαρακτηρίζεται από τη σχετικότητα της κίνησης.

<sup>165</sup> Από εδώ και πέρα, παραπέμπω στις σελίδες της έκδοσης των απάντων, σε μετάφραση δική μου από το αγγλικό κείμενο του Ντρέικ (Drake 1974)

επιστήμη του Γαλιλαίου ή απλώς συνεχίζει παλιότερες έρευνες; Μήπως απλώς επαναλαμβάνει κάποια συμπεράσματα στα οποία μεσαιωνικοί λόγιοι είχαν φτάσει δύο αιώνες πριν, χωρίς μάλιστα να αναγνωρίζει τις οφειλές του σε εκείνους; Αν πάλι παρουσιάζει πράγματι μια νέα επιστήμη, ποιο είναι το θεμέλιό της; Οι αρχές της θεμελιώνονται στο *a priori* της σκέψης ή επάγονται από την πειραματική εμπειρία; Σε ποια βάση τελικά καλεί ο Γαλιλαίος τους συναδέλφους και επιγόνους του να συνεχίσουν το έργο του; Γιατί, τελικά, έπρεπε κάποιος να εγκαταλείψει το δοκιμασμένο αριστοτελικό πλαίσιο των πανεπιστημίων και να ακολουθήσει τον Γαλιλαίο στην περιπέτειά του;

Σχετικά με αυτά τα ερωτήματα, θα ακολουθήσω την γραμμή ανάλυσης που παρουσιάστηκε στο πρώτο κεφάλαιο, αλλάζοντας τον τρόπο ερώτησης. Το κύριο ερώτημα που θα τεθεί εδώ, δεν είναι το αν οι υποθέσεις του Γαλιλαίου είναι αληθείς *a priori* ή *a posteriori*, ούτε το αν η νέα επιστήμη της τοπικής κίνησης αποτελεί συνέχεια ή όχι με προηγούμενες έρευνες.

Ξεκινώντας από το ζεύγμα συνέχεια- ασυνέχεια, είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι ο Γαλιλαίος θέλοντας να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης στο *De Motu*, ξεκίνησε από το μοντέλο του ζυγού. Στο *Discorsi*, για να αντιμετωπίσει το ίδιο πρόβλημα, ξεκινάει από ένα άλλο «παλιό» πρόβλημα- μοντέλο, τη μελέτη της ομαλής κίνησης. Το ερώτημα λοιπόν της «συνέχειας», σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, τίθεται ως εξής: με ποιο τρόπο, ο Γαλιλαίος επεκτείνει το «παλιό» πλαίσιο, το *μοντέλο της ομαλής κίνησης*, ώστε να αντιμετωπίσει μια άλλη κατηγορία φαινομένων και να κατασκευάσει τελικά το *θεωρητικό μοντέλο της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης*;

Σχετικά με το ζήτημα των επιστημολογικών θεμελίων, το ερώτημα με τους όρους της εργασίας, είναι πρώτον, κατά πόσο το θεωρητικό μοντέλο που κατασκευάζει ο Γαλιλαίος περιγράφει επιτυχώς τα αντίστοιχα φυσικά συστήματα, δηλαδή αν οι θεωρητικές προβλέψεις που εξάγονται απ' αυτό αντιστοιχούν σε μετρήσεις που λαμβάνονται από αντίστοιχα πειράματα σε κεκλιμένα επίπεδα. Δεύτερον, κατά πόσο το κεντρικό μοντέλο του Γαλιλαίου μπορεί να μετασχηματιστεί με τρόπο όσο το δυνατόν αυστηρό, ρητό και εμπειρικά ελέγξιμο, σε άλλα θεωρητικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να περιγράψουν επιτυχώς με την σειρά τους διαφορετικά φαινόμενα.

Αυτή η «εσωτερική» ανάγνωση του έργου με βάση τη έννοια του μοντέλου δεν καταργεί βέβαια τα γνωσιολογικά ερωτήματα σχετικά με την νέα επιστήμη που

εγκαθιδρύει ο Γαλιλαίος, η οποία είναι σε μεγάλο βαθμό η σύγχρονη επιστήμη της φυσικής. Αφού εξετάσω παρακάτω αυτά τα δύο ερωτήματα, θα επιστρέψω στο τέλος του κεφαλαίου στη σχέση τους με τα «κλασικά» επιστημολογικά ερωτήματα, συνοψίζοντας τα πιθανά ιστοριογραφικά και φιλοσοφικά οφέλη της μη-προτασιακής προσέγγισης.

## 1. Η Επέκταση του Μοντέλου της Ομαλής Κίνησης πριν τον Γαλιλαίο

### 1.1 Η Έννοια της Ταχύτητας στη Μεταβαλλόμενη Κίνηση

Κατά τον Αριστοτέλη, ένα σώμα ορίζεται ως ταχύτερο από ένα άλλο, όταν διανύει μεγαλύτερη απόσταση στον ίδιο χρόνο ή την ίδια απόσταση σε λιγότερο χρόνο (*Φυσικά* 7:232a23- 232b15). Η πρόταση αυτή του Αριστοτέλη μεταφράζεται αμέσως στις αναλογίες:

$$\text{Αν } t_1=t_2 \quad v_1:v_2=s_1:s_2 \quad (\text{σχέση 1})$$

$$\text{Αν } s_1=s_2 \quad v_1:v_2=t_1:t_2 \quad (\text{σχέση 2})$$

Σύμφωνα με τους παραπάνω λόγους, η ταχύτητα ενός σώματος μπορεί να αποκτήσει αριθμητική τιμή, μέσω ενός άλλου σώματος το οποίο είτε κινείται στον ίδιο χρόνο, είτε διανύει την ίδια απόσταση. Το «δεύτερο» αυτό σώμα (το οποίο μπορεί να είναι και το ίδιο σώμα σε μία διαφορετική κίνηση) χρησιμοποιείται με αυτό τρόπο ως μονάδα μέτρησης. Ως εκ τούτου, για την απόδοση αριθμητικής τιμής στην ταχύτητα, αρκεί να μετρήσουμε αποστάσεις (σχέση 1) ή χρόνους (σχέση 2). Στην περίπτωση, τώρα, που δύο σώματα δεν κινούνται, ούτε σε ίσες αποστάσεις, ούτε σε ίσους χρόνους<sup>166</sup>, ο λόγος των ταχυτήτων δίνεται από το *συνδυασμένο λόγο*

$$(v_1 : v_2) = (s_1 : s_2) \times (t_2 : t_1) \quad (\text{σχέση 3})^{167}$$

<sup>166</sup> Αυτή μάλιστα η περίπτωση, όπως είδαμε στον τρίτο κεφάλαιο δημιουργεί πρόβλημα στα παιδιά, στην περίπτωση που τα αυτοκινητάκια του πειράματος κινούνται και σε διαφορετικές αποστάσεις και σε διαφορετικούς χρόνους (Μέρος Ι, 3.3.1).

<sup>167</sup> Η απόδειξη της σχέσης (3) είναι απλή. Έστω ένα *τρίτο σώμα* το οποίο κινείται στον ίδιο χρόνο με το πρώτο σώμα και διανύει το ίδιο διάστημα με το δεύτερο σώμα. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τις αναλογίες (1) και (2) παίρνουμε

$$\text{Αφού } t_1=t_3 \quad v_1:v_3=s_1:s_3 \quad (1\alpha)$$

Αν π.χ. ένα κινητό χρειάζεται τον μισό χρόνο για διανύσει τριπλάσια απόσταση σε σχέση με κάποιο άλλο, είναι 6 φορές ( $2 \times 3$ ) πιο γρήγορο. Σύμφωνα με τον σχέση (3), μπορεί να λυθεί οποιοδήποτε πρόβλημα σύγκρισης ταχυτήτων σε ομαλή κίνηση με τα μαθηματικά εργαλεία, τα οποία υπήρχαν ήδη από την αρχαιότητα. Τι γίνεται όμως όταν πηγαίνουμε σε προβλήματα μεταβαλλόμενης κίνησης; Στην περίπτωση που δύο σώματα κινούνται π.χ. σε δύο κεκλιμένα επίπεδα διαφορετικής κλίσης και διανύουν διαφορετικές αποστάσεις σε διαφορετικούς χρόνους, με ποιο κριτήριο θα αποφασίσουμε ποιο είναι ταχύτερο; Το πρόβλημα είναι ότι, όχι μόνο κάθε σώμα περνάει από διαφορετικούς βαθμούς ταχύτητας κατά την διάρκεια του χρόνου αλλά και κανένας από αυτούς του βαθμούς δεν μπορεί να υπολογιστεί αριθμητικά. Η λύση στο παραπάνω το πρόβλημα αλλά και γενικότερα η θεωρητική προσπέλαση στην (ομαλά) μεταβαλλόμενη κίνηση βρισκόταν σε μια απλή ιδέα: αν βρισκόταν ένας τρόπος, ώστε για κάθε μεταβαλλόμενη κίνηση να μπορεί να βρεθεί μια «μέση» αντιπροσωπευτική ταχύτητα, τότε η μεταβαλλόμενη κίνηση θα αναγόταν σε μια ισοδύναμη ομαλή και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η σχέση (3). Ποια όμως από τις «στιγμιαίες» ταχύτητες του σώματος θα έπρεπε να επιλεγεί ως «μέση» ή «αντιπροσωπευτική» και με ποιο κριτήριο θα δικαιολογούσε κάποιος αυτή την επιλογή;

Αυτό το ερώτημα απαντήθηκε τον ύστερο Μεσαίωνα μέσω ενός θεωρήματος το οποίο έμεινε γνωστό ως ο «Κανόνας του Μέρτον». Η βασική μάλιστα τεχνική του Γαλιλαίου, όπως θα δούμε παρακάτω, αποτελεί παραλλαγή του «κανόνα του Μέρτον», μέσω του οποίου επιτυγχανόταν ουσιαστικά η αναγωγή της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, σε μία ισοδύναμη, ομαλή. Πριν δούμε αυτό το κανόνα, θα εξετάσουμε εν συντομία το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο ανακαλύφθηκε. .

---


$$\text{Αν } s_3 = s_2 \quad v_3: v_2 = t_2: t_3 \quad (2\alpha)$$

Αντικαθιστώντας τα  $t_3$  και  $s_3$  με  $t_1$  και  $s_2$  αντίστοιχα, πολλαπλασιάζουμε τις δυο τελευταίες σχέσεις κατά μέλη και παίρνουμε τη σχέση 3.

### 1.2 Η Υστερο- Μεσαιωνική Αναγωγή της Ποιότητας στην Ποσότητα

Η προσπάθεια αναγωγής της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης σε μια ισοδύναμη ομαλή, ξεκινάει ήδη από τον ύστερο Μεσαίωνα στο Παρίσι και κυρίως στο κολέγιο Μέρτον (Merton) του πανεπιστημίου της Οξφόρδης κατά το διάστημα 1330-1350<sup>168</sup>.

Στη θέση της εννοιολογικής ανάλυσης που αποτελούσε την κυρίαρχη τάση της αριστοτελικής-σχολαστικής φυσικής φιλοσοφίας, οι λόγιοι του κολεγίου Μέρτον, τοποθέτησαν την έρευνα ποσοτικών ή ψευδοποσοτικών φαινομένων ή διαδικασιών. Εξ αιτίας μάλιστα αυτής της τάσης τους, έμειναν γνωστοί και ως ‘υπολογιστές’ (calculators). Το ποσοτικό αυτό ιδεώδες που εμφανίζεται στις αρχές του 14<sup>ου</sup> αιώνα δεν στόχευε στην έρευνα κάποιων δευτερευόντων τομέων της φύσης, επιδεικτικών μέτρησης και ποσοτικοποίησης αλλά στην αποκάλυψη της λογικής και των αρχών με τις οποίες η «ανώτερη διάνοια» είχε δομήσει τον κόσμο. Η ανώτερη αυτή διάνοια για τους *Υπολογιστές* «τακτοποίησε όλα τα πράγματα σύμφωνα με το μέγεθος, τον αριθμό και το βάρος» (Maier 1960, 150). Ως εκ τούτου, κάθε προσπάθεια γνωσιακής οικειοποίησης της φύσης έπρεπε να ακολουθήσει τον δρόμο των μαθηματικών. Σύμφωνα με τον Μπραντγουαρντίν (Thomas Bradwardine, π. 1295-1349) ο οποίος αναφέρεται και ως ιδρυτής της σχολής του Μέρτον,

είναι τα μαθηματικά που αποκαλύπτουν κάθε γνήσια αλήθεια... οποιοσδήποτε έχει το θράσος να μελετήσει φυσική ενώ αγνοεί τα μαθηματικά, πρέπει να ξέρει από την αρχή ότι δεν θα περάσει τις πύλες της σοφίας (αναφ. από τον Weisheipl 1971, 73).

Δεν ήταν μόνο η μαθηματικοποίηση που διαφοροποιούσε τις πνευματικές ανησυχίες των *Υπολογιστών*, από το σχολαστικό- αριστοτελικό πλαίσιο αλλά και η προσπάθεια επέκτασης μιας ‘μαθηματικής φυσικής’ σε ολόκληρο το σύμπαν και η επακόλουθη αμφισβήτηση του αριστοτελικού διαχωρισμού υποσελήνιου και υπερσελήνιου χώρου. Οι *Υπολογιστές* επιχείρησαν να κατασκευάσουν μια μαθηματική φόρμουλα, η οποία θα περιέγραφε κάθε κίνηση, τόσο στον γήινο όσο και στον ουράνιο χώρο. Τοποθετούσαν μάλιστα, αυτήν την προσπάθεια τους στα πλαίσια

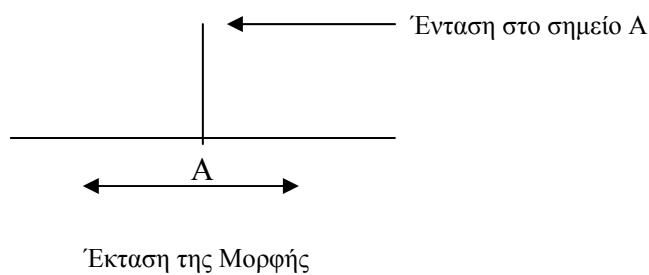
---

<sup>168</sup> Οι γνωστότεροι ‘Μερτονιστές’ είναι ο Thomas Bradwardine (π. 1295-1349) ο William του Heytesbury (π 1313-1372), ο Richard Swineshead (άκμασε γύρω στα 1331- 1349), και ο John του Dumbleton (άκμασε γύρω στα 1331- 1349). Στην ίδια κατεύθυνση με τους ‘Μερτονιστές’ θα κινηθούν στο Παρίσι ο Αλβέρτος της Σαξωνίας ο Marsilius του Inghen και κυρίως ο Oresme.

μιας «ενδιάμεσης επιστήμης» (*scientia media*), ανάμεσα στα καθαρά μαθηματικά και την φυσική επιστήμη (Weisheipl 1971, 85).

Ας έλθουμε τώρα στην συγκεκριμένη μέθοδο των *Υπολογιστών*, η οποία ονομάστηκε «ένταση και μείωση των μορφών και ιδιοτήτων. (*intensio et remissio qualitatum seu formatum*) ή μέθοδος του «πλάτους των μορφών». (*latitudo formatum*).<sup>169</sup> Σκοπός της μεθόδου ήταν η μελέτη του πως μια ποιότητα ή μορφή αυξάνεται ή μειώνεται σε σχέση με μια σταθερή κλίμακα. Μορφή ή ποιότητα ήταν για τους *Υπολογιστές* ο,τιδήποτε υπόκειται σε μεταβολή, όπως η τοπική κίνηση, το φως, η θερμότητα, η λευκότητα, αλλά ακόμα και πνευματικές ιδιότητες όπως η αγάπη ή η αρετή (Maier 1960, 150). Η ένταση ή το πλάτος μιας μορφής (*intensio, latitudo, gradus*) ήταν η αριθμητική τιμή της σε σχέση με μια άλλη αμετάβλητη μορφή γνωστή ως υποκείμενο, έκταση ή μήκος (*extensio, longitudo*). Π.χ. η θερμότητα ενός σημείου (ένταση) σε σχέση με την απόσταση αυτού του σημείου (έκταση) ή η ταχύτητα (ένταση της κίνησης) σε σχέση με τον χρόνο (έκταση της κίνησης). Η ανάγκη κατανόησης της σχέσης ανάμεσα στην *ένταση* και την *έκταση* μιας ποιότητας, οδήγησε στην γεωμετρική αναπαράσταση αυτής της συνάρτησης, μέσω κάποιων πρωτόλειων γραφικών παραστάσεων<sup>170</sup>.

Αν παραστήσουμε την έκταση με μια οριζόντια ευθεία τότε ο βαθμός της έντασης παριστάνεται με μια κατακόρυφη γραμμή.



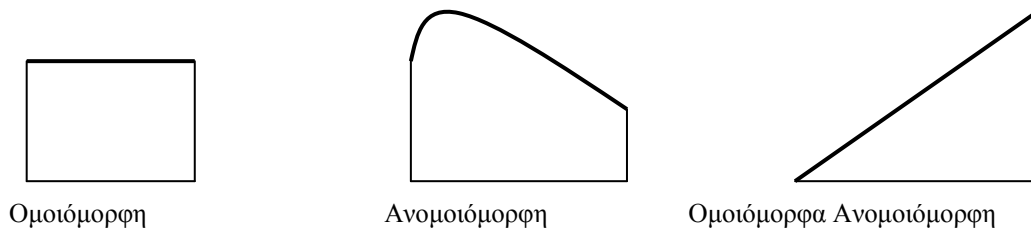
Σχήμα 1

Η γραμμή τώρα που ενώνει τις κορυφές που έχουν οι βαθμοί της έντασης, μπορεί να πάρει διάφορα σχήματα. Π.χ. τα παρακάτω τρία σχήματα, αντιστοιχούν

<sup>169</sup> Φαίνεται ότι οι νέες μέθοδοι εμφανίστηκαν πρώτα στα πλαίσια της ιατρικής και φαρμακολογικής παράδοσης. Η αρχαιότερη αναφορά σχετίζεται με το φάσμα που ξεκινάει από την απόλυτη υγεία και φτάνει μέχρι τον θάνατο (Murdoch & Sylla 1978, 232).

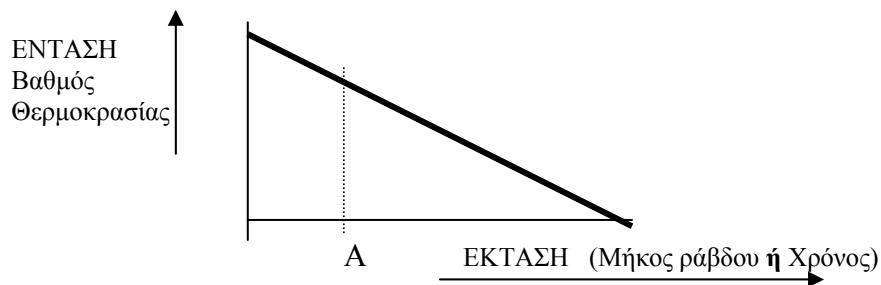
<sup>170</sup> Σε ορισμένες περιπτώσεις οι Έλληνες και οι Άραβες είχαν χρησιμοποιήσει την ιδέα της γραφικής παράστασης. Η παλιότερη γραφική παράσταση χρονολογείται τον 11<sup>ο</sup> αιώνα και δείχνει τις αλλαγές στο εκλειπτικό πλάτος των πλανητών σε σχέση με το εκλειπτικό μήκος (Crombie 1992, τόμος Β, σελ. 97).

στις περιπτώσεις που η ένταση μιας ποιότητας μένει σταθερή (*ομοιόμορφη*), που μεταβάλλεται με τυχαίο τρόπο (*ανομοιόμορφη*), ή που μεταβάλλεται με τρόπο ομοιόμορφο (*ομοιόμορφα ανομοιόμορφη*).



Σχήματα 2α, 2β, 2γ.

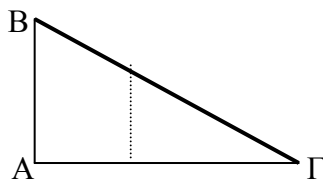
Οι πρωτόλειες αυτές γραφικές παραστάσεις λαμβάνουν ιδιαίτερη σημασία αν η οριζόντια γραμμή ερμηνευθεί σε διαστάσεις χρόνου. Για να εξηγήσω το παραπάνω ως πάρουμε το παράδειγμα της θερμοκρασίας.



Σχήμα 3

Το παραπάνω «τρίγωνο», το οποίο αναπαριστά την *ομοιόμορφα ανομοιόμορφη* (ομαλά μεταβαλλόμενη) μεταβολή της θερμοκρασίας, μπορεί να ερμηνευθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος θα είναι να ερμηνεύσουμε την έκταση με χωρικούς όρους. Σε αυτή την περίπτωση η κεκλιμένη ευθεία θα αναπαριστούσε π.χ. τους βαθμούς θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία μιας ράβδου. Ο δεύτερος τρόπος θα είναι να ερμηνεύσουμε την έκταση με χρονικούς όρους. Σε αυτή την περίπτωση η κεκλιμένη ευθεία θα αναπαριστούσε τη μεταβολή της θερμοκρασίας του *ίδιου σημείου μιας ράβδου*, καθώς περνάει ο χρόνος. Στη δεύτερη περίπτωση εισάγεται η ιδέα της 'κίνησης' στη γεωμετρία και ανοίγει ο δρόμος σύνδεσης των 'στατικών' μαθηματικών με την 'αενάως μεταβαλλόμενη' φύση.

## 1.3 Η Ποιότητα της Κίνησης και ο Κανόνας Μέρτον



Σχήμα 4

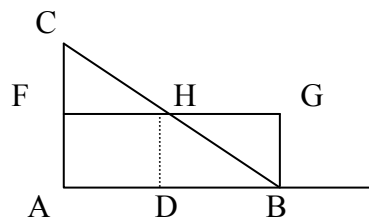
Έστω λοιπόν, ότι το παραπάνω σχήμα αναπαριστά την κίνηση ενός σώματος του οποίου η *ταχύτητα* μειώνεται με ομοιόμορφο (ομαλό) τρόπο, ξεκινώντας από την μέγιστη τιμή AB και καταλήγοντας σε μηδενικό βαθμό στο σημείο Γ. Τι σημαίνει «ταχύτητα» σε αυτή την περίπτωση; Κατ' αρχάς, η ταχύτητα, κατά την διάρκεια του Μεσαίωνα αλλά και της Επιστημονικής Επανάστασης, ορίζεται ως διανυόμενη απόσταση σε συγκεκριμένο χρόνο. Με δεδομένο αυτό τον ορισμό, τώρα, μπορούμε να μιλήσουμε για δύο ειδών «ταχύτητες». Η μια είναι η *στιγμιαία ταχύτητα* του σώματος, η οποία αναπαρίσταται, από το μήκος της κατακόρυφης γραμμής και με αυτή την έννοια είναι αριθμητικά προσδιορίσιμη με βάση το διάγραμμα. Η στιγμιαία ταχύτητα ταυτίζεται με την απόσταση που θα έκανε το κινητό εάν εκινείτο με αυτή ομαλά σε συγκεκριμένο χρόνο. Εκτός από τις στιγμιαίες ταχύτητες, το παραπάνω σώμα διαθέτει μια «ολική» ταχύτητα, σύμφωνα με την ορολογία των *Υπολογιστών*, η οποία ισοδυναμεί με το συνολική απόσταση που θα διανύσει το κινητό στο συγκεκριμένο χρόνο.<sup>171</sup> Το πρόβλημα τώρα, που έθεσαν οι Υπολογιστές είναι η εύρεση αυτής της *ολικής ταχύτητας*, η εύρεση, με άλλα λόγια, της συνολικής απόστασης που θα διανύσει το σώμα στο παραπάνω σχήμα, αν είναι γνωστή η αρχική στιγμιαία ταχύτητά του και ο χρόνος κίνησης. Αυτό λοιπόν που έπρεπε να προσδιοριστεί, ήταν με ποια στιγμιαία ταχύτητα, θα ήταν ίση η *ολική ταχύτητα* («μέση» με σημερινούς όρους) του σώματος. Οι *Υπολογιστές*, χωρίς εξαίρεση συμφώνησαν ότι η ταχύτητα αυτή ήταν ίση την στιγμιαία ταχύτητα στο μεσαίο 'σημείο' της κίνησης, ή ισοδύναμα, με τον μέσο όρο των στιγμιαίων ταχυτήτων. Με αυτό τον τρόπο οι *Υπολογιστές* συνέδεσαν την ομαλή με την ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ως εξής:

<sup>171</sup> Ο Μπραντγουαρντίν είχε κάνει την διάκριση ανάμεσα σε «ποσότητα της κίνησης» εννοώντας την ολική ταχύτητα και «ποιότητα της κίνησης» εννοώντας την ταχύτητα σε οποιαδήποτε στιγμή (Weisheipl 1971, 79).



Μια ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, είναι ισοδύναμη, με την έννοια ότι διανύεται το ίδια απόσταση στον ίδιο χρόνο, με μια ομαλή στην οποία η ταχύτητα είναι ίση από την αρχή μέχρι το τέλος με την στιγμιαία ταχύτητα στο μέσο του χρόνου της μεταβαλλόμενης κίνησης.

Αυτός είναι ο κανόνας έχει έμεινε γνωστός ως ‘κανόνας Μέρτον της μέσης ταχύτητας’ και αποδείχθηκε με διάφορους τρόπους. Κατά τη διάρκεια του 14<sup>ου</sup> και 15<sup>ου</sup> αιώνα, έχουμε γύρω στις δώδεκα προσπάθειες για την απόδειξη του θεωρήματος. Οι περισσότεροι Υπολογιστές, διατύπωσαν αριθμητικές αποδείξεις, κάποιοι άλλοι όμως, και κυρίως λόγιοι που δούλευαν σε παρόμοια κατεύθυνση στο Παρίσι, απέδειξαν τον ‘Κανόνα του Μέρτον’ μέσω της γεωμετρικής απεικόνιση, που θα χρησιμοποιήσει αργότερα και ο ίδιος ο Γαλιλαίος. Θα παρουσιάσω παρακάτω μια τυπική εκδοχή αυτής της απόδειξης, βασισμένη κυρίως στο έργο του Ορέμ (Oresme βλ. Grant 1994, 90 και Crombie 1992, 100).



Σχήμα 5

Έστω ότι το παραπάνω τρίγωνο αναπαριστά μια ταχύτητα που μειώνεται ξεκινώντας με την τιμή  $AC$  στο  $A$  και καταλήγοντας με την τιμή  $0$  στο  $B$ . Αν  $D$  είναι το μέσον της γραμμής  $AB$  που αναπαριστά το υποκείμενο/χρόνος (subjective linea), το παραλληλόγραμμο  $AFGB$  αναπαριστά μια κίνηση με σταθερή ταχύτητα  $AF$  που μένει σταθερή και ισούται με το μισό της αρχικής  $AC$ . Επειδή τα τρίγωνα  $CFH$  και  $HBG$  έχουν ίσο εμβαδόν, η ποσότητα που αναπαρίσταται από το εμβαδόν  $ABC$  είναι ίση με την ποσότητα που αναπαρίσταται από το εμβαδόν  $AFGB$ . Καθώς τώρα τα αντίστοιχα εμβαδά δημιουργούνται από το ‘άθροισμα’ των στιγμιαίων ταχυτήτων, αναπαριστούν την ‘ολική ταχύτητα’ του κινητού, άρα την αντίστοιχη απόσταση σε κάθε περίπτωση. Προκύπτει με αυτόν τον τρόπο μια σωστή σχέση (σύμφωνα με την κλασική φυσική): το διάστημα που διανύει ένα κινητό που επιταχύνεται/πιβραδύνεται ομαλά, ισούται με το διάστημα που διανύει ένα κινητό που κινείται ομαλά με το μισό

της τελικής/αρχικής ταχύτητας του πρώτου. Σύμφωνα με την γενική διατύπωση του Ορέμ:

Κάθε ομαλώς ανομοιομορφη ποιότητα έχει την ίδια ποσότητα που θα είχε αν επηρέαζε ομαλώς το ίδιο αντικείμενο σύμφωνα με το βαθμό του μέσου σημείου. (Crombie 1992, τόμος Β, 99)

Με βάση το σχήμα 5 ο Ορέμ, αποδεικνύει επίσης ένα δεύτερο θεώρημα το οποίο συνδέει τους χρόνους και τις αντίστοιχες διανυόμενες αποστάσεις στην ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση. Αν ένα σώμα ξεκινάει από ταχύτητα 0 στο σημείο Β, η ολική ταχύτητα- άρα και η απόσταση- μέχρι τη μέση της κίνησης είναι ίση με το εμβαδόν του τριγώνου DHB, ενώ αντίστοιχα, η απόσταση μέχρι το τέλος της κίνησης είναι ίση με το τρίγωνο ABC. Καθώς, τώρα, μπορεί να αποδειχθεί εύκολα, ότι το δεύτερο εμβαδόν είναι τετραπλάσιο από το πρώτο, προκύπτει ότι το σώμα στο δεύτερο μισό της απόστασης διανύει τρεις φορές μεγαλύτερη απόσταση ή ισοδύναμα, ότι το σώμα σε διπλάσιο χρόνο διανύει τετραπλάσια απόσταση. Ο Ορέμ αποδεικνύει με αυτό τον τρόπο τον –με σημερινή ορολογία- νόμο του απόστασης, στην ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση:

$$s_1/s_2 = (t_1/t_2)^2$$

Νόμος του διαστήματος: Το διάστημα είναι ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου, ή (στην ορολογία της εποχής) τα διαστήματα βρίσκονται σε διπλή αναλογία σε σχέση με τους αντίστοιχους χρόνους.

Θεωρητικές πραγματεύσεις της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης και αποδείξεις όπως οι παραπάνω παρουσιάζονται, ουσιαστικά χωρίς διακοπή, από τους σχολαστικούς φιλοσόφους του 14<sup>ου</sup> αιώνα, κατόπιν από το Λεονάρντο Ντα Βίντσι (Leonardo da Vinci), τον Ισπανό Ντε Σότο (Domingo de Soto) και τέλος στο Ντεκάρτ τον Μπίκμαν (Beecman) και τον Γαλιλαίο. Ήδη από την εποχή των *Υπολογιστών* και του Ορέμ, φαίνεται ότι οι παραπάνω αποδείξεις περιέχουν τις βασικές αρχές πραγμάτευσης μιας ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, όπως είναι η ελεύθερη πτώση, όπως την συναντάμε σε ένα σύγχρονο βιβλίο φυσικής. Υπάρχει η αύξηση της ταχύτητας ανάλογα με τον χρόνο ( $v \propto t$ ) ως βασική προκειμένη, υπάρχει ο νόμος της

απόστασης ( $s \propto t^2$ ) και υπάρχει και η γεωμετρική απόδειξη, η οποία είναι μια πρώτη εκδοχή, ένα προείκασμα των μεθόδων του διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού, μέσω των οποίων γίνεται σήμερα το πέρασμα από τα προβλήματα της ομαλής στα προβλήματα της μεταβαλλόμενης ταχύτητας και αντίστροφα. Σύμφωνα με τον Ντιέμ, ο οποίος έστρεψε το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας σε αυτές τις εργασίες, ο Γαλιλαίος δεν έκανε τίποτα άλλο παρά να συνεχίσει και να ολοκληρώσει τις εργασίες των μεσαιωνικών προκατόχων του<sup>172</sup>. Πέρα όμως από το γνωστό ιστοριογραφικό πρόβλημα, του αν ο Γαλιλαίος αποτελεί συνέχεια ή τομή σε σχέση με τον Μεσαίωνα, το πέρασμα από τις αναλύσεις των *Υπολογιστών* και του Ορέμ, στο πλαίσιο της κλασικής φυσικής απαιτήσε πραγματικά δύο μεγάλες τομές. Η πρώτη ήταν να συνδεθούν οι θεωρητικές αναλύσεις με συγκεκριμένα φαινόμενα και το πείραμα και η δεύτερη ήταν να λυθούν τα εννοιολογικά προβλήματα και οι αντιφάσεις που κρύβουν οι παραπάνω αποδείξεις. Τα προβλήματα αυτά, σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, προέρχονται από την επιχείρηση επέκτασης του εννοιολογικού και θεωρητικού οπλοστασίου της ομαλής κίνησης σε προβλήματα μεταβαλλόμενης. Παρακάτω, θα παρουσιάσω αναλυτικότερα αυτές τις δύο τομές, στις οποίες έπρεπε να προχωρήσει ο Γαλιλαίος, ώστε να απομακρυνθεί από το αριστοτελικό- μεσαιωνικό πλαίσιο και να βρεθεί, αν όχι εντός της κλασικής φυσικής, πάντως σίγουρα προ των πυλών της.

#### 1.4 Ο Νοητικός Χαρακτήρας της Επέκτασης Μέρτον

Σύμφωνα με τους ιστορικούς της περιόδου, οι εργασίες του κολεγίου Μέρτον και οι αντίστοιχες του Παρισιού χαρακτηρίζονται από τον καθαρά νοητικό χαρακτήρα τους. Σύμφωνα με τον Κρόμπι

Στην Οξφόρδη τα προβλήματα τέθηκαν «*secundum imaginationem*», ως φανταστικές δυνατότητες για θεωρητική ανάλυση και χωρίς εμπειρικές εφαρμογές. Στο Παρίσι... η πλατιά επεξεργασία του θέματος έγινε χωρίς αναφορά στην παρατήρηση ή στο πείραμα. (Crombie 1992, B, 101)

---

<sup>172</sup> Υπάρχουν αμφιβολίες κατά πόσο ο Γαλιλαίος γνώριζε η επηρεάστηκε πραγματικές από τις εργασίες των *Υπολογιστών*. Οι *Υπολογιστές* έγιναν δημοφιλείς στη Γερμανία και στην Ιταλία, ιδιαίτερα στην Πάδοβα. Ανάμεσα στο 1480 και το 1520 εκδόθηκαν τα σημαντικότερα έργα με την εμφάνιση της τυπογραφίας. Ο Γαλιλαίος στο έργο του *Junevilia* αναφέρει κάποιους από τους *Υπολογιστές*, χωρίς να είμαστε σίγουροι ότι τους διάβασε (Crombie, 1992 B, 102).

Σύμφωνα με την Μάγιερ, οι νέες μέθοδοι δεν είχαν σκοπό την γνωσιακή προσπέλαση κάποιων φαινομένων, αλλά την νοητική ευχαρίστηση, η οποία μάλιστα φαίνεται ότι ενισχυόταν από το γεγονός της απεξάρτησης από τα 'αριστοτελικά δεσμά'.

Η έλξη των νέων μεθόδων μπορεί χωρίς αμφιβολία να αποδοθεί στο γεγονός ότι οι φιλόσοφοι ένιωσαν μια νέα ελευθερία από τα όρια που έθεταν οι παραδεδομένες αριστοτελικές ερωτήσεις και τρόποι απόδειξης και έτσι απηύλασαν, όπως έπρεπε, μια νέα ανεξαρτησία. (Maier 1960, 151-2),

Συνεχίζοντας, η Μάγιερ παρατηρεί ότι οι προσπάθειες των μερτονιστών ποτέ δεν προχώρησαν περισσότερο από τις ανακαλύψεις που έκαναν οι Χέτσμπουρι και Σουίσετ (Heutesbury και Suisset) στα 1330 καθώς «το ενδιαφέρον ζήτημα δεν είναι η γνώση (scientia), αλλά μάλλον ένας τρόπος γνώσης (modus sciendi)» (Maier 1960, 152).

Στην ίδια επισήμανση, της έλλειψης πειραματικού και εμπειρικού υποβάθρου, καταλήγουν και άλλοι μελετητές της μεσαιωνικής επιστήμης. Σύμφωνα με τον Ντιγκά «...οι σχολαστικοί ήταν ικανοποιημένοι με την κατασκευή αφηρημένων συστημάτων των οποίων οι λεπτομέρειες αποσπούσαν την προσοχή τους από την θεμελιώδη πειραματική βάση την οποία κατείχαν» (Dugas 1988, 62). Ο Γκράντ (Grant) με τη σειρά του παρατηρεί:

Τα αναρίθμητα συμπεράσματα και θεωρήματα των πραγματειών πάνω στην ένταση και την μείωση των ιδιοτήτων και των ταχυτήτων ήταν κάτι λίγο παραπάνω από διανοητικές ασκήσεις που αντανάκλούσαν την επιδέξια φαντασία και λογική οξύνοια των σχολαστικών στοχαστών. Εκτός από λίγες εξαιρέσεις, τους αρκούσε να πραγματεύονται τις ταχύτητες ως μεταβλητές, εντατικές ιδιότητες διαζευγμένες από την κίνηση των πραγματικών σωμάτων. Ο Ορέμ, π.χ. χαρακτήριζε τις γεωμετρικές παραστάσεις των μεταβολών των ιδιοτήτων ως αποκνήματα της φαντασίας που δεν είχαν σχέση με τη φύση (Grant, 1994 91-92)

Αν κάποιος, λοιπόν, ισχυριστεί ότι ο Γαλιλαίος συνεχίζει απλώς τις εργασίες των *Υπολογιστών*, πρέπει να θεωρήσει ότι η σύνδεση που επιχειρεί ο Γαλιλαίος με το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης, τα πειράματα με τα κεκλιμένα επίπεδα, οι μετρήσεις και γενικότερα η εμπειρική όψη του έργου του, αποτελούν απλώς την

καταδεικτική (demonstrative) όψη μιας επιστήμης, η οποία στην ουσία της συλλαμβάνεται θεωρητικά και νοητικά. Αυτό, όμως, που θα επιχειρήσω να δείξω παρακάτω, είναι ότι η επέκταση του μοντέλου των ομοιόμορφων ταχυτήτων, στο μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου δεν ήταν καθόλου απλή υπόθεση εφαρμογής έτοιμων κανόνων. Ο Γαλιλαίος έπρεπε να παλέψει επί τρεις δεκαετίες με μια σειρά προβλημάτων, αντιφάσεων και παραδόξων η αντιμετώπιση των οποίων οδήγησε τελικά στην επαναδόμηση όλου του εννοιολογικού συστήματος. Τα προβλήματα του Γαλιλαίου δημιουργήθηκαν ακριβώς επειδή επιχείρησε να βγει από το πλαίσιο της «νοητικής άσκησης» και να συνδέσει τις έννοιες με συγκεκριμένα φαινόμενα και πειραματικές διαδικασίες.

Η διαφορά, λοιπόν, του Γαλιλαίου είναι ότι ακόμα και στην περίπτωση που χρησιμοποιεί αυτές τις μεθόδους, τις χρησιμοποιεί ως εργαλεία για να αντιμετωπίσει θεωρητικά μια συγκεκριμένη κατηγορία φαινομένων που σχετίζονται με την ελεύθερη πτώση. Ο Γαλιλαίος δεν μένει προσκολλημένος σε μια μέθοδο αλλά σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα και δεν διστάζει να αλλάξει μεθοδολογικά εργαλεία όταν κρίνει ότι με αυτό τον τρόπο θα έχει μια ικανοποιητικότερη μαθηματική λύση.

### *1.5 «Εννοιολογικά» Προβλήματα του Κανόνα Μέρτον*

Θα παρουσιάσω σε αυτή την παράγραφο τα εννοιολογικά προβλήματα της μερτονικής επέκτασης, τα οποία προέκυψαν στην προσπάθεια εύρεσης συγκεκριμένων εμπειρικών και πειραματικών αντιστοιχών του μοντέλου της μεταβαλλόμενης κίνησης. Θεωρητικά, θα μπορούσαν να αποτελέσουν πρόβλημα ήδη από τον 14<sup>ο</sup> αιώνα, δεν είναι τυχαίο όμως που ιστορικά εμφανίστηκαν μόνο όταν οι πειραματικές παραδόσεις απαίτησαν σκληρότερες δοκιμές του εννοιολογικού πλαισίου. Ως εκ τούτου, μόνο καταχρηστικά θα μπορούσαμε να ονομάσουμε τα προβλήματα που θα εξετάσουμε παρακάτω ‘εννοιολογικά’.

Το πρώτο πρόβλημα είναι η φύση του εμβαδού στην απόδειξη του σχήματος 5. Στην σημερινή αντίστοιχη απόδειξη ερμηνεύεται ως το διανυθέν διάστημα, αλλά η σχετική πλήρης και αυστηρή τεκμηρίωση της ερμηνείας, απαιτεί τα εργαλεία του απειροστικού και ολοκληρωτικού λογισμού, που θα αναπτυχθεί πολύ αργότερα. Το εμβαδόν στις σχετικές αποδείξεις είτε ερμηνεύεται απευθείας, αλλά σχετικά αυθαίρετα, ως απόσταση είτε ερμηνεύεται ως ‘ολική ταχύτητα’, η οποία με τη σειρά

της μετράται με την απόσταση που διένυσε το κινητό στον συγκεκριμένο χρόνο<sup>173</sup>. Στη δεύτερη περίπτωση, είδαμε ότι η ταύτιση του εμβαδού με την έννοια της «ολικής ταχύτητας» γίνεται θεωρώντας ότι το εμβαδόν αποτελείται από το άθροισμα όλων των γραμμών τα οποία αναπαριστούν τις «στιγμιαίες ταχύτητες». Αυτή η ερμηνεία έχει δύο προβλήματα. Το ένα είναι καθαρά μαθηματικής φύσης. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το άθροισμα «αδιάστατων» γραμμών (οι οποίες αναπαριστούν τις στιγμιαίες ταχύτητες) μας δίνει το εμβαδόν επιφάνειας; Αλλά ακόμα και αν ξεπεραστεί το μαθηματικό πρόβλημα, γιατί θα έπρεπε να ταυτιστεί το άθροισμα των στιγμιαίων ταχυτήτων με την «ολική» ταχύτητα; Το ξεπέραςμα αυτών των δύο προβλημάτων, απαίτησε τελικά αφενός τα εργαλεία του απειροστικού λογισμού και αφετέρου, με βάση αυτά τα εργαλεία, ένα νέο ορισμό της ταχύτητας (ως  $ds/dt$ ).

Το δεύτερο πρόβλημα είναι η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας. Είδαμε πως στον κανόνα του Μέρτον η στιγμιαία ταχύτητα ορίστηκε μέσω της απόστασης που θα διένυε ένα σώμα αν κινούνταν ομοιόμορφα με την ίδια ταχύτητα που είχε την χρονική στιγμή που εξετάζουμε. Κατά τον Γκράντ (Grant 1994, 87-88), παρά το ότι «οι μερτονιστές αξίζουν έπαινο για το ότι αναγνώρισαν την ανάγκη μιας τέτοιας έννοιας» ο ορισμός τους είναι κυκλικός: ορίζει την 'στιγμιαία ταχύτητα' με βάση την ομοιόμορφη ταχύτητα που είναι ίση με την στιγμιαία ταχύτητα που πρέπει να οριστεί. Για να σπάσει η κυκλικότητα του ορισμού θα έπρεπε να βρεθεί ένα τρόπος, ώστε η στιγμιαία ταχύτητα να είναι μετρήσιμη ανεξάρτητα από την αντίστοιχη συνολική. Το ότι οι μερτονιστές δεν προχώρησαν σε κάτι τέτοιο επιβεβαιώνει το νοητικό χαρακτήρα της πραγμάτευσής τους και τα εγγενή όρια τα οποία είχε αυτή, ακριβώς λόγω του νοητικού χαρακτήρα της.

Το τρίτο πρόβλημα, στο οποίο θα επιμείνω περισσότερο στη συνέχεια, αφορά την εξάρτηση της ταχύτητας από το διάστημα. Στο πλαίσιο της κλασικής φυσικής, αποδεικνύεται ότι αν η ταχύτητα αυξάνει ανάλογα με το χρόνο (ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση) τότε αυξάνει επίσης ανάλογα με την ρίζα της απόστασης<sup>174</sup>.

$$v \propto t \quad \longleftrightarrow \quad v \propto \sqrt{s}$$

<sup>173</sup> Φαίνεται ότι πρώτος ο Ντεκάρτ ταυτίζει ρητά και απευθείας το εμβαδό με το διάστημα, χωρίς όμως να θεωρεί ότι διαφοροποιείται πουθενά από προηγούμενες προσπάθειες όπου μιλούσε για 'συνολική ταχύτητα' (Damerow et.al 1991, 270-271).

<sup>174</sup> Δηλαδή, αν η απόσταση τετραπλασιαστεί, η ταχύτητα γίνεται δύο φορές μεγαλύτερη, αν η απόσταση εννεαπλασιαστεί η ταχύτητα γίνεται τρεις φορές μεγαλύτερη κοκ.

Καθώς, τώρα, η σχέση ταχύτητας- απόστασης δεν ήταν γνωστή μέχρι τον Γαλιλαίο, υπήρχε μία γενικότερη σύγχυση σχετικά με το τι ακριβώς σημαίνει ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Οι περισσότεροι συγγραφείς θεωρούσαν ότι δεν υπάρχει διαφορά στο να οριστεί η ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ως,

*η κίνηση στην οποία η ταχύτητα αυξάνεται ανάλογα με τον χρόνο, ( $v \propto t$ )*

*ή ισοδύναμα*

*η κίνηση στην οποία η ταχύτητα αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση. ( $v \propto s$ )*

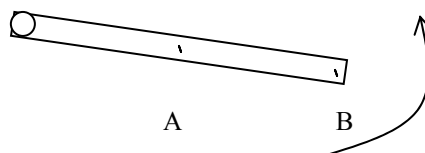
Για παράδειγμα ο Μπουριντάν, ο Αλβέρτος της Σαξωνίας αλλά και ο Λεοντάρντο Ντα Βίντσι υποστήριζαν αδιαφοροποίητα και τις δυο προτάσεις (Grant 1994, 85) Στο ίδιο λάθος υπέπεσαν κατόπιν ο Ντεκάρτ και ο πρώιμος Γαλιλαίος. Όπως το θέτει ο Χάνσον,

Γιατί οι Λεονάρντο (Leonardo), Μπενεντέτι (Benedetti) και Βάρο (Varro) υποστήριζαν την αναλογία των ταχυτήτων ενός σώματος που πέφτει με τις αποστάσεις και όχι με τους χρόνους; Χωρίς αμφιβολία θα τα θεώρησαν ως ισοδύναμα.... Δεδομένα τα εναλλακτικά ( $\alpha$ ) οι ταχύτητες είναι ανάλογες των χρόνων και ( $\beta$ ) οι ταχύτητες είναι ανάλογες των διανυθέντων αποστάσεων οι Λεονάρντο, Βάρο, Γαλιλαίος (1604) και Ντεκάρτ, όλοι επέλεξαν ( $\beta$ ). (Hanson 1958 σελ.39)

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για την διατήρηση αυτού του ‘λάθους’.

Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με το γενικότερο μεσαιωνικό πλαίσιο αντιμετώπισης της έντασης των ‘ποιοτήτων’. Ας επιστρέψουμε στο σχήμα 3 (σελ. 350), της θερμοκρασιακής μεταβολής μιας ράβδου, μπορούμε να δούμε ότι είτε ο οριζόντιος άξονας (της έκτασης) ερμηνευθεί ως απόσταση είτε ως χρόνος, τα αποτελέσματα είναι ίδια. Είτε δηλαδή θεωρήσουμε μια ράβδο με ανομοιόμορφη θερμοκρασία είτε ένα σημείο της ράβδου το οποίο αλλάζει θερμοκρασία, ο κανόνας του Μέρτον ισχύει. Ερχόμενοι τώρα στο μοντέλο της μεταβαλλόμενης κίνησης, κατά τον Ντεκάρτ π.χ., ο άξονας αυτός αναπαριστά «στιγμές κίνησης» όπου οι τελευταίες μπορούν να ερμηνευθούν είτε ως χρόνος είτε ως απόσταση. Συνεπώς, η συμμετρία την οποία παρουσιάζει ο χώρος και ο χρόνος σε κάποια τέτοια παραδείγματα, όπως η μεταβολή θερμοκρασίας σε μια ράβδο, μεταφέρεται, λανθασμένα, όπως αποδεικνύεται, στην περίπτωση της μεταβαλλόμενης κίνησης.

Ο δεύτερος λόγος, είναι ότι η αναλογία ταχύτητας- απόστασης μεταφέρεται από ένα άλλο συνηθισμένο πρόβλημα κατά τον Μεσαίωνα, αυτό μιας περιστρεφόμενης ράβδου.



Σχήμα 6

Σε αυτό το πρόβλημα είναι φανερό, ότι η ταχύτητα αυξάνει γραμμικά με την απόσταση. Πράγματι το σημείο B της ράβδου που απέχει διπλάσια απόσταση από τον άξονα στήριξης σχετικά με το A, κινείται με διπλάσια (γραμμική) ταχύτητα από το σημείο A.

Ένας τρίτος λόγος διατήρησης αυτού του λάθους, σχετίζεται με την κεντρική προβληματική αυτής της εργασίας, δηλαδή τη μεταφορά συμπερασμάτων από το μοντέλο- βάση της ομαλής κίνησης, στο μοντέλο- στόχο της ομαλά μεταβαλλόμενης. Σε αυτό το λόγο, θα επιμείνω περισσότερο.

### *1.6 Το Δίδαγμα μιας Κωμωδίας Παρεξηγήσεων*

Ομαλά μεταβαλλόμενη είναι η κίνηση στην οποία:

1. «η ταχύτητα είναι ανάλογη με τον χρόνο»
2. «η ταχύτητα είναι ανάλογη με την απόσταση»

Ξεκινώντας από την –λανθασμένη- ταύτιση των παραπάνω προτάσεων οι DFLR, επιχειρούν να ερμηνεύσουν ένα επεισόδιο στην αλληλογραφία Ντεκάρτ- Μπίκιμαν, που ο Κοϊρέ ονόμασε κωμωδία παρεξηγήσεων (comedy of errors, Damerow et.al. 1991, 23- 41). Η ιστορία έχει ως εξής: Ο Ντεκάρτ, απαντώντας σε αίτημα του Μπίκιμαν, στέλνει στον τελευταίο μια εκδοχή της μερτονικής απόδειξης, η οποία καταλήγει στην πρόταση ότι οι αποστάσεις είναι ανάλογες με το τετράγωνο του



χρόνου. Όταν ο Ντεκάρτ αντιγράφει στο ημερολόγιο του μια σύντομη έκδοση της απάντησης, ερμηνεύει σαφώς με όρους απόστασης τον άξονα της ανεξάρτητης μεταβλητής. Αντίθετα, ο Μπίκιμαν, χωρίς να σχολιάζει την διαφορά, ερμηνεύει ‘σωστά’ τον ίδιο άξονα, ως χρόνο. Το σχόλιο των συγγραφέων στην υπόθεση αυτής της «κωμωδίας παρεξηγήσεων» είναι ότι ούτε ο ίδιος ο Μπίκιμαν αντιλαμβάνεται την διαφορά μεταξύ της δικής του ‘σωστής’ και της ‘λανθασμένης’ εκδοχής του Ντεκάρτ. Σύμφωνα με τους DFLR., η αδυναμία διάκρισης ξεκινάει από τον αριστοτελικό ορισμό της ταχύτητας ως απόστασης διανυόμενης σε συγκεκριμένο χρόνο. Για τους συγγραφείς, ο ίδιος ο ορισμός παρήγαγε αυτές τις «παρεξηγήσεις» και αυτό που χρειαζόταν στο πλαίσιο της μεταβαλλόμενης κίνησης ήταν ένας νέος ορισμός της έννοιας της ταχύτητας. Σύμφωνα με την ερμηνεία της παρούσας εργασίας, δεν υπάρχει κανένα ‘εγγενές λάθος’ στο να θεωρήσουμε ότι η ταχύτητα είναι διανυόμενη απόσταση σε ένα συγκεκριμένο χρόνο. Όπως θα δούμε παρακάτω, ακόμα και με αυτό τον ορισμό, τα φαινόμενα ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης είναι θεωρητικά προσπελάσιμα. Το πρόβλημα δημιουργείται από την «αυθόρμητη» μεταφορά της συμμετρίας που παρουσιάζουν η απόσταση και ο χρόνος στο μοντέλο-πηγή (ομαλή κίνηση), στο μοντέλο-στόχος (ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση). Πράγματι, στο μοντέλο της ομαλής κίνησης είτε ένα κινητό διανύσει διπλάσια απόσταση στον ίδιο χρόνο είτε την ίδια απόσταση στον μισό χρόνο το αποτέλεσμα είναι το ίδιο: λέμε ότι το κινητό κινείται δυο φορές πιο γρήγορα ή με διπλάσια ταχύτητα. Με άλλα λόγια, στο μοντέλο της ομαλής κίνησης ο χρόνος και η απόσταση προσδιορίζουν με ισοδύναμο και συμμετρικό τρόπο την έννοια του ‘ταχύτερου’. Το πρόβλημα, λοιπόν, δημιουργείται όταν αυτή η συμμετρία μεταφέρεται στο μοντέλο της μεταβαλλόμενης κίνησης.

Η μεταφορά αυτή της συμμετρίας από το ένα πλαίσιο στο άλλο φαίνεται ευκρινέστερα σε ένα άλλο κείμενο-γράμμα του Ντεκάρτ σχετικά με το ίδιο ζήτημα. Ο τελευταίος έχοντας διαβάσει το βιβλίο του Γαλιλαίου (Discorsi), όπου πλέον η παρεξήγηση έχει ξεκαθαριστεί, γράφει στον Μερσέν (Mersenne):

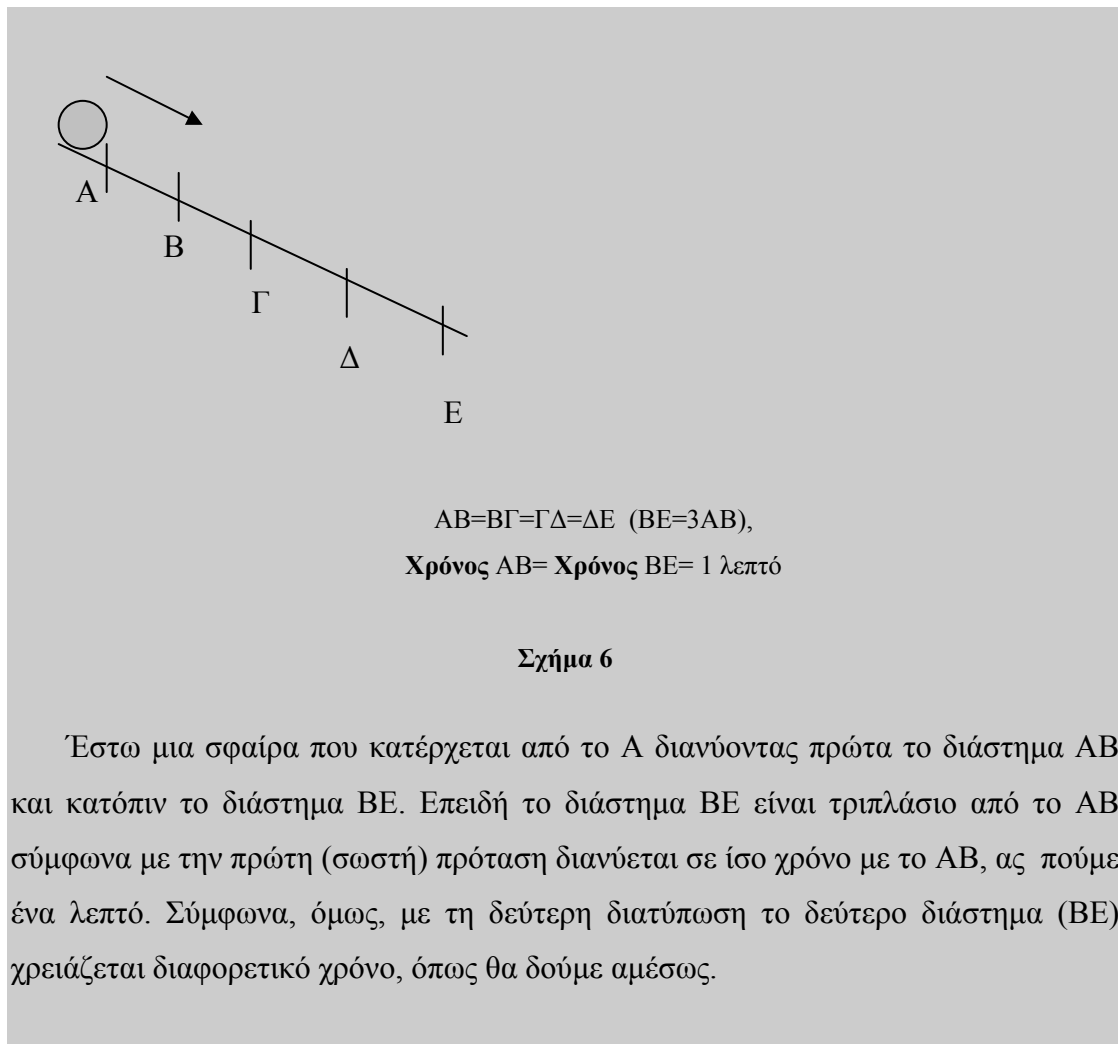
Θα ήθελα παρόλα αυτά να πω ότι βρήκα στο βιβλίο του μερικές από τις δικές μου σκέψεις, μεταξύ άλλων δυο τις οποίες πιστεύω ότι σου έχω γράψει πριν. Η πρώτη είναι ότι οι αποστάσεις που διανύονται από σώματα με βάρος όταν πέφτουν είναι ανάλογα με τα τετράγωνα των χρόνων που χρειάζονται για να κατέλθουν, π.χ., αν μια σφαίρα χρειάζεται τρια λεπτά για να κατέβει από το Α στο Β, θα χρειαστεί μόνο ένα για να συνεχίσει από το Β

στο C κοκ.» (Γράμματα στον Μερσέν, Αύγουστος 18, 1634, AT I, 304-305, αναφ. από τους Damerow e.a, 34)

Μια προσεκτικότερη ανάγνωση της παραγράφου, δείχνει ότι το παράδειγμα το οποίο φέρνει ότι ο Ντεκάρτ, δεν αφορά το νόμο του Γαλιλαίου. Ο Ντεκάρτ παίρνει την γαλιλαική πρόταση, «η σφαίρα στον ίδιο χρόνο διανύει τριπλάσια απόσταση» και στο παράδειγμα που φέρνει αντιστρέφει την αναλογία, («η σφαίρα κάνει την ίδια απόσταση στο ένα τρίτο του χρόνου) θεωρώντας ότι η πρόταση μένει ίδια. Η παρεξήγηση του Ντεκάρτ, είναι κατανοητή καθώς οι δυο προτάσεις

1. ‘το σώμα διανύει στο δεύτερο λεπτό τριπλάσια απόσταση από το πρώτο’ (Γαλιλαίος) και,
2. ‘το σώμα διανύει το δεύτερο μισό της απόστασης στο ένα τρίτο του χρόνου από ότι διανύει το πρώτο’ (Ντεκαρτ)

στο μοντέλο των ομοιόμορφων κινήσεων, εκφράζουν με τρόπο ισοδύναμο την έννοια της «τριπλάσιας ταχύτητας». Το πρόβλημα ξεκινάει από την μεταφορά αυτής της ισοδυναμίας σε ένα άλλο πλαίσιο, αυτό της επιταχυνόμενης κίνησης. Κι όμως, ο Ντεκάρτ θα μπορούσε να είχε αντιληφθεί τη διαφορά στις δυο προτάσεις με τα μαθηματικά εργαλεία της εποχής του.



Σχήμα 6

Έστω μια σφαίρα που κατέρχεται από το Α διανύοντας πρώτα το διάστημα ΑΒ και κατόπιν το διάστημα ΒΕ. Επειδή το διάστημα ΒΕ είναι τριπλάσιο από το ΑΒ σύμφωνα με την πρώτη (σωστή) πρόταση διανύεται σε ίσο χρόνο με το ΑΒ, ας πούμε ένα λεπτό. Σύμφωνα, όμως, με τη δεύτερη διατύπωση το δεύτερο διάστημα (ΒΕ) χρειάζεται διαφορετικό χρόνο, όπως θα δούμε αμέσως.

ΑΒ	ΒΓ +	ΓΔ +	ΔΕ =	ΒΕ
1	1/3 +	1/9 +	1/27 =	14/27 min

Πράγματι, σύμφωνα με την δεύτερη πρόταση, το διάστημα ΒΓ χρειάζεται 1/3 του δευτερολέπτου, σύμφωνα πάλι με την ίδια πρόταση το διάστημα ΓΔ το 1/3 του 1/3, δηλαδή 1/9 κοκ. Συνολικά το διάστημα ΑΕ διανύεται, σύμφωνα πάντα με την δεύτερη πρόταση, σε 14/27 του λεπτού και όχι σε 1 λεπτό, όπως δίνει η πρώτη πρόταση. Μια προσεκτικότερη παρατήρηση, λοιπόν, δείχνει ότι οι δυο προτάσεις δεν είναι ισοδύναμες και δεν μπορεί να είναι και οι δυο αληθείς.

Ο λόγος για τον οποίο ο Γαλιλαίος ανακαλύπτει τελικά αυτή την κρυμμένη αντίφαση δεν είναι ότι είναι πιο προσεκτικός ή καλύτερος μαθηματικός από τον Ντεκάρτ. Καθώς σκοπός του Γαλιλαίου είναι να μετρήσει πειραματικά χρόνους και διαστήματα και μάλιστα να εφεύρει τρόπους ώστε να το κάνει με ευχερέστερο τρόπο, δεν θα μπορούσε, τελικά, παρά να δει το πρόβλημα. Εκτός αυτού, σε αντίθεση με τον

Ντεκάρτ, αυτό που ενδιαφέρει τον Γαλιλαίο δεν είναι η εφαρμογή μιας γενικής ‘μεθόδου’ στο συγκεκριμένο πρόβλημα αλλά η υποδειγματική λύση ώστε να επεκταθεί το μοντέλο και σε άλλες περιπτώσεις. Έχει κάθε λόγο λοιπόν να ενδιαφέρεται για τις λεπτομέρειες και την λεπτή εννοιολογική υφή του συγκεκριμένου μοντέλου.

## 2. Οι Πρώτες Προσπάθειες του Γαλιλαίου

### 2.1 Από τον Κανόνα του Μέρτον στον Κανόνα της Διπλής Απόστασης

Ας υποθέσουμε, μαζί με τον Γαλιλαίο, ότι όταν ένα σώμα πέφτει κατακόρυφα προς τα κάτω ή κατά μήκος ενός κεκλιμένου επιπέδου, εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Σε αυτή την περίπτωση, η «ολική» ταχύτητα, έχει εμπειρικό αντίστοιχο, αφού μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση που θα διανύσει στο χρόνο πτώσης. Με ποιο τρόπο, τώρα, θα μπορούσε να ελεγχθεί ο ισχυρισμός, ότι αυτή η ταχύτητα είναι ίση με την συγκεκριμένη *στιγμιαία* την οποία έχει το σώμα στη «μέση της κίνησης»; Με άλλα λόγια, με ποιο τρόπο θα ελέγχαμε εμπειρικά τον κανόνα του Μέρτον; Κάτι τέτοιο, θα απαιτούσε το πειραματικό ποσοτικό προσδιορισμό της «στιγμιαίας ταχύτητας» ανεξάρτητα από την «ολική» ή τη μέση ταχύτητα.

Είδαμε παραπάνω ότι, σύμφωνα με τον Γκραντ, ο ορισμός της ‘στιγμιαίας ταχύτητας’ από τους *Υπολογιστές* είναι κυκλικός. Ίσως θα ήταν ακριβέστερο να πούμε, ότι από την στιγμή που δεν υπάρχει αυτόνομος τρόπος εμπειρικής μέτρησης «στιγμιαίων» ταχυτήτων, η ορθότητα του κανόνα του Μέρτον, δεν θα μπορούσε να ελεγχθεί σε σχέση με καμία πραγματική κίνηση. Ως εκ τούτου, ο προσδιορισμός «στιγμιαίων» ταχυτήτων μέσω του κανόνα επέιχε ουσιαστικά θέση ορισμού και δεν ήταν με κανένα τρόπο ελέγξιμος εμπειρικά.

Ο Γαλιλαίος το 1603 ανακαλύπτει τον Κανόνα της Διπλής Απόστασης (από εδώ και πέρα ΚΔΑ), ο οποίος θεωρητικά είναι ισοδύναμος με τον κανόνα του Μέρτον. Καθώς, όμως, στόχος του Γαλιλαίου είναι η θεωρητική προσπέλαση συγκεκριμένων φαινομένων, στον ΚΔΑ η *στιγμιαία ταχύτητα* είναι μετρήσιμη ανεξάρτητα από την *μέση* ή *συνολική ταχύτητα* του κινητού και με αυτόν τον τρόπο ο κανόνας αποκτάει εμπειρική επιβεβαίωση. Ας το δούμε λεπτομερέστερα.

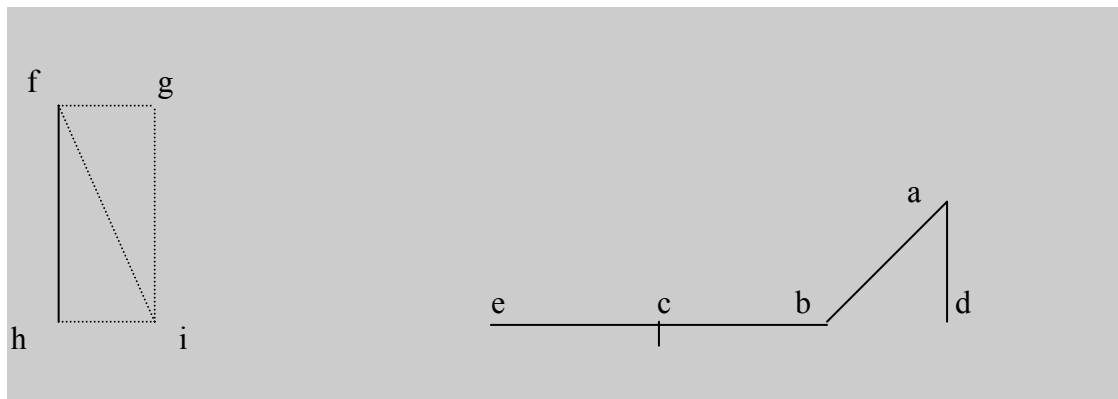


Σχήμα 8

Το κινητό κατέρχεται το κεκλιμένο επίπεδο έχοντας κάθε στιγμή έναν - αυξανόμενο- βαθμό ταχύτητας. Αν κατά τη στιγμή B, το κινητό *εκτραπεί* στο οριζόντιο επίπεδο θα συνεχίσει να κινείται με την ταχύτητα που είχε αποκτήσει την στιγμή B. Με αυτό τον τρόπο η ταχύτητα κατά την ‘στιγμή’ B, αποκτά αυτόνομο νόημα και είναι μετρήσιμη ανεξάρτητα από την (μέση) ταχύτητα κατά την κίνηση AB. Η στιγμιαία ταχύτητα B δεν είναι βέβαια η μέση ταχύτητα, στην οποία αναφέρεται ο κανόνας του Μέρτον, αλλά η τελική ταχύτητα. Το τελευταίο όμως δεν αποτελεί πρόβλημα καθώς η τελική ταχύτητα είναι διπλάσια της ‘μέσης’, σύμφωνα με τον ορισμό της επιταχυνόμενης κίνησης. Το συμπέρασμα που βγαίνει απευθείας, είναι ότι το κινητό μετά το σημείο B, θα εκτελέσει κίνηση, με ταχύτητα ισοδύναμη με το διπλάσιο της μέσης ή «ολικής» ταχύτητας κατά το κεκλιμένο επίπεδο AB, άρα στο ίδιο χρονικό διάστημα θα διανύσει διπλάσια απόσταση. Πράγματι, αυτός είναι ο Γαλιλαϊκός Κανόνας της Διπλής Απόστασης (ΚΔΑ), ο οποίος μπορεί να επιβεβαιωθεί πειραματικά. Η κρίσιμη διαφορά του ΚΔΑ από τον κανόνα του Μέρτον είναι η τεχνική της εκτροπής. Μέσω της τελευταίας, η στιγμιαία ταχύτητα της σφαίρας, μετατρέπεται αμέσως σε σταθερή ταχύτητα μιας ομαλής κίνησης και με αυτό τον τρόπο είναι μετρήσιμη.

Σχετικά με τον ΚΔΑ, θα πρέπει να παρατηρήσουμε δύο πράγματα. Το πρώτο είναι ότι η εφαρμογή του προϋποθέτει ότι το σφαιρίδιο μετά την εκτροπή του εκτελεί ομαλή κίνηση, προϋποτίθεται, δηλαδή, κάποια εκδοχή της «αρχής της αδράνειας». Η δεύτερη παρατήρηση είναι ότι η ανακάλυψη του ΚΔΑ εμπλέκει περισσότερο το Γαλιλαίο την λανθασμένη αναλογία ταχύτητας- διαστήματος, όπως θα δούμε στην απόδειξη που ακολουθεί και βρέθηκε σε κάποια από τα χειρόγραφα της περιόδου.<sup>175</sup>

<sup>175</sup> Damerow et. al. (1984, 171-172), Wisan (1974, 204-207), Drake (1978, 82).



Σχήματα 8α- 8β

Έστω σώμα που πέφτει στο κεκλιμένο επίπεδο από το a στο b (σχήμα 8β).

1. Η ταχύτητα είναι ανάλογη της απόστασης, άρα η ένταση της κάθε φορά βρίσκεται πάνω στην ευθεία fi (σχήμα 8α).
2. Η ολική ταχύτητα κατά την πτώση αναπαρίσταται με το εμβαδόν του τριγώνου fhi.
3. Αν το κινητό είχε συνεχώς -ομοιόμορφη- ταχύτητα, ίση με την τελική, τότε η συνολική ταχύτητά του θα ήταν ίση με το εμβαδόν fhig.
4. Το εμβαδόν fhig είναι διπλάσιο από το εμβαδόν fhi.
5. Άρα το κινητό με την τελική ταχύτητα του θα μπορεί να διανύσει διπλάσιες αποστάσεις στον ίδιο χρόνο, ή την ίδια απόσταση σε μισό χρόνο.

Άμεση συνέπεια της παραπάνω απόδειξης είναι ότι το κινητό στον ίδιο χρόνο που κατέβηκε το επίπεδο ab, θα διανύσει την διπλάσια απόσταση bc. Ο ΚΔΑ έχει εύκολη πειραματική επιβεβαίωση. Αρκεί να μετρηθεί η απόσταση που διανύει η σφαίρα στο οριζόντιο επίπεδο, σε χρόνο ίσο με τον χρόνο κύλισης στο κεκλιμένο, ώστε να ελεγχθεί η αναλογία αποστάσεων 1:2.

Το σημείο που πρέπει να σταθούμε όμως είναι ο τρόπος που ο Γαλιλαίος μεταφέρει την απόδειξη του 8α στην διάταξη του σχήματος 8β. Θεωρεί ότι οι βαθμοί ταχύτητας κατά το ab αυξάνονται ανάλογα με την απόσταση και με αυτό τον τρόπο το κεκλιμένο επίπεδο υποστασιοποιεί την κεκλιμένη ευθεία του 8α. Είναι λογικό, λοιπόν, ο Γαλιλαίος, να θεωρήσει ότι η γραμμή μεταβολής της ταχύτητας ταυτίζεται με την τομή του κεκλιμένου επιπέδου. Παρόλο που φαίνεται περίεργο εκ πρώτης όψεως, η προσπάθεια πειραματικής θεμελίωσης εμπλέκει περισσότερο τον Γαλιλαίο στην παγίδα της αναλογίας ταχύτητας- απόστασης, καθώς παρασύρεται από την

οπτική ομοιότητα της πειραματικής διάταξης (κεκλιμένο επίπεδο- σχήμα 8β) και του διαγράμματος απόδειξης του νόμου (σχήμα 8α).

## 2.2 Τα Μουσικά Κεκλιμένα Επίπεδα και το Πείραμα

Ο Γαλιλαίος στο *Discorsi* αποδεικνύει θεωρητικά το νόμο της ελεύθερης πτώσης, δηλαδή της αναλογία αποστάσεων- τετραγώνων των χρόνων και αναφέρει ότι επιβεβαίωσε το νόμο και πειραματικά. Ο Κοϊρέ, όμως, αμφιβάλλει, όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, κατά πόσο η πειραματική ακρίβεια που θα μπορούσε να επιτύχει ο Γαλιλαίος θα του επέτρεπε έναν πραγματικό εμπειρικό έλεγχο. Αντίθετα, σύμφωνα με τον Ντρέικ, ο Γαλιλαίος όχι μόνο ελέγχει πειραματικά τον νόμο αλλά τον βρίσκει ουσιαστικά μέσα από το πείραμα και τις μετρήσεις. Βασικό επιχείρημα του Ντρέικ για τον συγκεκριμένο ισχυρισμό αποτελεί η ανασυγκρότηση που κάνει ο ίδιος σε ένα χειρόγραφο του Γαλιλαίου. Πριν, όμως την παρουσίαση του χειρογράφου, θα δούμε τους τρόπους που μπορεί να διατυπωθεί ο νόμος της απόστασης.

Ο νόμος της απόστασης διατυπώνεται στη κλασική φυσική ως «οι διανυθείσες αποστάσεις είναι ανάλογες των τετραγώνων των αντίστοιχων χρόνων», σε αλγεβρική μορφή  $s=kt^2$ , όπου το  $k$  είναι σταθερά ίση με το μισό της επιτάχυνσης  $=\frac{1}{2} a$ . Χρησιμοποιώντας τη γλώσσα των αναλογιών, ο ίδιος νόμος διατυπώνεται ως,

Ο λόγος των αποστάσεων βρίσκεται σε διπλάσια αναλογία από τον λόγο των χρόνων

όπου το «διπλάσια» στην τεχνική γλώσσα της εποχής σημαίνει το τετράγωνο του λόγου των χρόνων ( $s_1: s_2 = (t_1: t_2)^2$ ). Για να δούμε, τώρα, την διατύπωση του ίδιου νόμου, την οποία χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος θα πάρουμε ένα απλό αριθμητικό παράδειγμα.

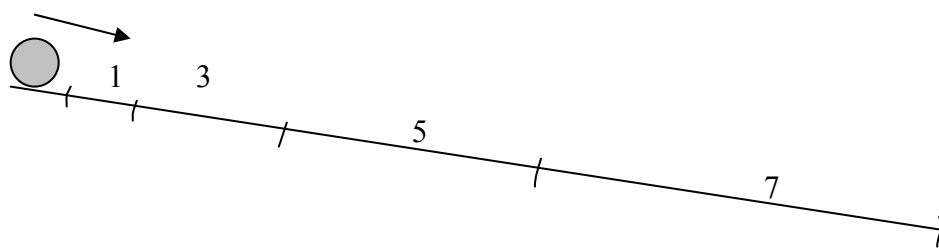
<b>s(απόσταση)</b>	1	(+3)	4	(+5)	9	(+7)	16	(+9)	25	(+11)	36	(+13)
<b>t (χρόνος)</b>	1		2		3		4		5		6	

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται η αναλογία απόστασης- τετραγώνου του χρόνου, αφού η πρώτη οριζόντια στήλη (των αποστάσεων) παράγεται από τον

τετραγωνισμό των χρόνων<sup>176</sup>. Η ίδια όμως στήλη, παράγεται και με ένα άλλο τρόπο: αν στην πρώτη απόσταση, η οποία είναι ίση με τη μονάδα, προσθέτουμε κάθε φορά τον επόμενο μονό αριθμό. Με αυτό τον τρόπο, ο νόμος της απόστασης, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως

Στην περίπτωση της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, οι αποστάσεις που διανύει το σώμα σε ίσους χρόνους, ακολουθούν τη σειρά των μονών αριθμών.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τον Drake<sup>177</sup> γύρω στα 1604, ο Γαλιλαίος καταφέρνει να εξισώσει τα χρονικά διαστήματα, δείχνοντας ότι οι αποστάσεις που διανύει η σφαίρα σε ένα κεκλιμένο επίπεδο πράγματι αυξάνονται όπως οι μονοί αριθμοί. Θεωρώντας, δηλαδή, το πρώτο ως μονάδα, οι αποστάσεις από την αρχή της κίνησης που διανύει η σφαίρα είναι 1,3,5,7,9,11,13,15 κλπ.



Σχήμα 9

Η δυσκολία εδώ, είναι βέβαια, ο πειραματικός προσδιορισμός αυτών των ίσων χρονικών διαστημάτων, τα οποία μάλιστα πρέπει να είναι μικρά σε διάρκεια, ώστε η σφαίρα να προλάβει να διανύσει αρκετές αποστάσεις. Η μέθοδος προσδιορισμού χρόνου, την οποία αναφέρει συνήθως ο Γαλιλαίος, είναι η κλεψύδρα νερού. Ένα δοχείο, δηλαδή, με μία οπή, από όπου ανοίγοντας την στιγμή εκκίνησης της σφαίρας και κλείνοντάς την όταν η σφαίρα έφτανε σε συγκεκριμένο σημείο, ο Γαλιλαίος μετρούσε το συνολικό χρόνο μέσω του βάρους του εξερχόμενου νερού. Σύμφωνα με τον Ντρέικ, ο Γαλιλαίος ανακάλυψε τον νόμο της απόστασης, χρησιμοποιώντας μια

<sup>176</sup> Στη γενικότερη περίπτωση, το τετράγωνο του χρόνου θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με την σταθερά αναλογίας, δηλαδή με το μισό της επιτάχυνσης ( $1/2a$ ). Πρέπει να παρατηρήσουμε πάλι, ότι καθώς ο Γαλιλαίος δουλεύει με αναλογίες και όχι με συναρτήσεις, δεν τίθεται ζήτημα αριθμητικού προσδιορισμού σταθερών αναλογίας (άρα η εύρεση τιμής επιτάχυνσης στη συγκεκριμένη περίπτωση).

<sup>177</sup> f. 107v, πρώτη δημοσίευση Drake, S.: 1975, «The Role of Music in Galileo's Experiments», *Scientific American* 232, σελ. 98-104, βλ και Drake 1978, (86-90) και αναθεωρημένο στο Drake 1990, (9-31).



άλλη τεχνική μέτρησης ή μάλλον εξίσωσης των χρόνων κύλισης των σφαιριδίων, που θα παρουσιάσω αμέσως.

Σύμφωνα πάντα με την ανασυγκρότηση Ντρέικ, ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε κεκλιμένο γωνίας  $1.7^\circ$ . Αφήνοντας τις σφαίρες να κυλήσουν, σιγασφύριζε ένα σκοπό<sup>178</sup>. Κάθε κτύπος (beat) του σκοπού διαρκούσε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (0.55 του δευτερολέπτου). Η θέση που βρίσκεται η σφαίρα σε κάθε κτύπο του σκοπού σηματοδοτούνταν καταρχήν χοντρικά, με μια χορδή από έντερο. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία ο Γαλιλαίος διόρθωνε τις θέσεις των χορδών, έτσι ώστε οι ήχοι που κάνει η σφαίρα καθώς τις χτυπάει να πέφτουν με μεγαλύτερη ακρίβεια πάνω στον κτύπο του σκοπού που σιγασφύριζε. Βλέποντας την τελική θέση των χορδών (σχήμα 9) έφτασε στο συμπέρασμα ότι οι αποστάσεις που διένυε κάθε φορά η σφαίρα ακολουθούσαν τον νόμο των μονών αριθμών. Κατά τον Ντρέικ μάλιστα, ο Γαλιλαίος ξεκίνησε την όλη διαδικασία χωρίς να γνωρίζει τον νόμο, βρίσκοντας τον από την αρχή εμπειρικά.

Η ανασυγκρότηση του χειρογράφου δεν είναι υπεράνω αμφισβήτησης<sup>179</sup>. Ακόμα όμως και αν η ερμηνεία του Drake δεν είναι ιστορικά ακριβής πετυχαίνει το στόχο της σχετικά με το επιχείρημα του Κοϊρέ. Ακόμα και αν ο Γαλιλαίος δεν εκτέλεσε έτσι αυτό το πείραμα, θα μπορούσε με τα μέσα της εποχής του να το εκτελέσει. Άρα, δεν είναι τόσο εύκολο, όσο φαίνεται εκ πρώτης όψεως, να προσδιοριστούν τα όρια της πειραματικής ακρίβειας, όσο καλή γνώση και αν έχουμε για τα τεχνικά μέσα μιας εποχής. Ακόμα και αν δεν μάθουμε ποτέ μετά βεβαιότητας, τις συγκεκριμένες πειραματικές τεχνικές του Γαλιλαίου, φαίνεται ότι στην ήπειρο του πειράματος που εξερευνάται εκείνη την εποχή δεν ανακαλύπτονται μόνο νέα φαινόμενα, αλλά - κυρίως ίσως αυτό- νέοι τρόποι μέτρησης, νέες τεχνικές και ακριβέστερες μέθοδοι προσέγγισης.

Η πειραματική διαδικασία δεν απαιτεί μόνο κάποια ευφάνταστα τεχνικά «τρυκ», όπως η χρήση της μουσικής αλλά παράπλευρες και βοηθητικές θεωρίες. Στην περίπτωση, π.χ., που ο χρόνος μετράται μέσω ενός εκκρεμούς, προϋποτίθεται ο ισοχρονισμός των ταλαντώσεων του εκκρεμούς, μια θεωρία η οποία είναι εμπειρικά και θεωρητικά επισφαλής, τουλάχιστον στον ίδιο βαθμό με τον νόμο της ελεύθερης πτώσης. Το πείραμα δεν είναι απλώς συμπλήρωμα, μια εκ των υστέρων επιβεβαίωση

<sup>178</sup> Ο Γαλιλαίος είχε την ανάλογη παιδεία, καθώς ο πατέρας του ήταν μουσικός.

<sup>179</sup> Ο Νέιλορ ανασυγκροτεί το ίδιο χειρόγραφο στη βάση ενός πειράματος βολής (Naylor 1977, 373-377 και Naylor 1980a, 554).

κάποιων θεωρητικών προτάσεων αλλά όρος συγκρότησης και συστατικό στοιχείο της νέας επιστήμης που δημιουργείται στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Σε αυτό το θέμα θα επανέλθω στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζοντας ένα συγκεκριμένο πείραμα της ύστερης περιόδου του Γαλιλαίου.

### 2.3 Η Εμμονή σε Ένα «Λάθος»

Είτε ο Γαλιλαίος ανακάλυψε με τον παραπάνω πειραματικό τρόπο το νόμο του διαστήματος είτε τον συνέλαβε «θεωρητικά» είτε τον «αντέγραψε» από τους μεσαιωνικούς προκάτοχούς του, επιθυμεί σε κάθε περίπτωση να τον αποδείξει με βάση άλλες απλούστερες αρχές. Η πρώτη, λοιπόν, απόδειξη του σχετικού νόμου βρίσκεται σε ένα γράμμα που στέλνει ο Γαλιλαίος στο συνάδελφο και μέντορά του Σάρπι το 1604 (Drake 1978, 102-3). Όπως και στην περίπτωση του ΚΔΑ, η απόδειξη του Γαλιλαίου ξεκινάει από την ‘λάθος’ προκειμένη της αναλογίας ταχύτητας-απόστασης. Ξεκινάει λοιπόν το γράμμα του Γαλιλαίου ως εξής:

Υποθέτω (και θα πρέπει κάποια στιγμή να μπορώ το αποδείξω) ότι το σώμα που πέφτει με φυσική κίνηση μεγαλώνει συνεχώς την ταχύτητα του ανάλογα με την αύξηση της απόστασης από το μέρος που ξεκίνησε

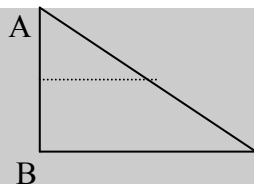
Έχει ενδιαφέρον τώρα να δούμε την πρόσθετη δικαιολόγηση που παραθέτει ο Γαλιλαίος για αυτή την αρχή. Συνεχίζει λοιπόν,

Αυτή η αρχή φαίνεται σε μένα φυσική, και αντιστοιχεί σε όλες τις εμπειρίες που έχουμε δει από εργαλεία και μηχανές που δουλεύουν με κρούση, όπου το κρουστικό εργαλείο έχει τόσο μεγαλύτερο αποτέλεσμα, όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος που πέφτει.

Πράγματι, ένα σώμα που πέφτει από διπλάσιο ύψος, έχει διπλάσια κρουστική «δύναμη» - με σημερινούς όρους, έχει διπλάσια μηχανική ενέργεια. Αφού τώρα, το βάρος του σώματος παραμένει σταθερό, ο μόνος παράγοντας που έχει σημασία είναι η ταχύτητα. Είναι λογικό, λοιπόν, να υποθέσει ο Γαλιλαίος ότι ο λόγος για τον οποίο ένα σώμα που πέφτει από διπλάσιο ύψος αποκτάει διπλάσια «κρουστική δύναμη»,

είναι ότι φτάνει στο έδαφος με διπλάσια ταχύτητα. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι η ταχύτητα είναι ανάλογη της απόστασης (ύψους). Στην πραγματικότητα, η ταχύτητα είναι ανάλογη της ρίζας της απόστασης αλλά η δύναμη κρούσης εξαρτάται από το τετράγωνο της ταχύτητας και όχι από την ταχύτητα. Έτσι, η «δύναμη κρούσης» βρίσκεται τελικά ανάλογη με την απόσταση. Δεν είναι περίεργο, βέβαια, γιατί δεν εξέτασε ο Γαλιλαίος αυτή την υπόθεση, όταν είχε ήδη στα χέρια του την προφανή ‘λύση’, της αναλογίας ταχύτητας- απόστασης, με τη οποία μάλιστα είχε αποδείξει ήδη άλλα θεωρήματα, όπως αυτό του ΚΔΑ. Αυτό που πρέπει να επισημανθεί εδώ, είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση, η σχέση με την εμπειρία και η συνεξέταση άλλων φαινομένων παγιδεύει περισσότερο τον Γαλιλαίο στο «εννοιολογικό» πρόβλημα.

Επιστρέφοντας τώρα στην απόδειξη του νόμου του διαστήματος, βασισμένος στην ‘λάθος προκειμένη’ αναλογίας ταχύτητας- διαστήματος, ο Γαλιλαίος προχωράει ως εξής:



Σχήμα 11

Έστω σώμα που πέφτει από το Α προς το Β. Η ταχύτητά του κάθε στιγμή αναπαρίσταται από το μήκος της οριζόντιας γραμμής.

1. Το εμβαδόν του τριγώνου δημιουργείται από το «άθροισμα» όλων των οριζόντιων γραμμών, οι οποίες αναπαριστούν «στιγμιαίες» ταχύτητες. Με αυτό το τρόπο το εμβαδόν αναπαριστά την «ολική ταχύτητα».

2. Άρα οι (ολικές) ταχύτητες σε δυο τυχαία διαστήματα (που αναπαρίστανται με εμβαδά τριγώνων), είναι ανάλογες με τα τετράγωνα αυτών των διαστημάτων (που αναπαρίσταται με τα αντίστοιχα μήκη της μίας κάθετης αυτών των τριγώνων).

$$v \propto s^2$$

3. (λάθος βήμα) Αφού η (ολική) ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον χρόνο, οι αντίστοιχοι χρόνοι είναι ανάλογοι με τις τετραγωνικές ρίζες των διαστημάτων.

$$t \propto \sqrt{s}$$

4. Υψώνοντας την τελευταία σχέση στο τετράγωνο, ο Γαλιλαίος παίρνει την πρόταση που πρέπει να αποδειχθεί, δηλαδή, ότι τα διαστήματα είναι ανάλογα με τα τετράγωνα των χρόνων.

$$s \propto t^2$$

Στην παραπάνω συλλογιστική το βήμα 3, είναι προφανώς λάθος. Αν η ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον χρόνο, το συμπέρασμα που θα έπρεπε να βγάλει ο Γαλιλαίος είναι ότι οι χρόνοι είναι ανάλογοι με το αντίστροφο των τετραγώνων των αποστάσεων και όχι με την τετραγωνική ρίζα τους.

Προκείμενη:  $v \propto s^2$  (καθώς  $v = \text{εμβαδόν και } s = \text{μήκος}$ )

Συμπέρασμα: Αφού  $v \propto 1/t$  τότε  $t \propto 1/s^2$  (και όχι  $t \propto \sqrt{s}$ )

Η ‘απροσεξία’ του Γαλιλαίου έχει προφανή αιτιολόγηση: κάνοντας ένα δεύτερο λάθος, καταφέρνει να βγάλει το «σωστό» συμπέρασμα (νόμο του διαστήματος) από την «λάθος» προκείμενη (αναλογία ταχύτητας- διαστήματος). Όπως το θέτει ο Ντρέικ,

[Τ]ο φτάσιμο σε σωστό αποτέλεσμα (ελεγμένο πειραματικά) απλώς τον κατέστησε για ένα χρονικό διάστημα μη κριτικό σχετικά με τις υποθέσεις που είχε υιοθετήσει για να φτάσει σε αυτό το αποτέλεσμα. (Drake 1978, 98)

#### 2.4 Εκ των Υστέρων, είναι Απλό

Δεν είναι σαφές το πότε ο Γαλιλαίος εγκαταλείπει την λανθασμένη αναλογία ταχύτητας- απόστασης<sup>180</sup>. Το 1607 πάντως φαίνεται ότι διατυπώνει την σωστή σχέση (ταχύτητα ανάλογη με τη ρίζα της απόστασης) (f. 164-6, Drake 1978, 125).

<sup>180</sup>Σύμφωνα με τους Νταμερόου κ.ά. (Damerow e.a, 179) ο μηχανισμός με το οποίο ανακαλύπτει το λάθος του ίσως είναι ο ακόλουθος: Στο f.91v αποδεικνύει ότι οι ταχύτητες είναι ανάλογες του χρόνου,

Με την αναγνώριση της αναλογίας ταχύτητας- τετραγωνικής ρίζας απόστασης, ο Γαλιλαίος διαθέτει πλέον τα βασικά στοιχεία του εννοιολογικού πλαισίου με το οποίο μπορεί να εξετάσει προβλήματα μεταβαλλόμενης κίνησης. Στο *Discorsi* υπάρχει μια αναφορά σε αυτές τις πρώτες προσπάθειες του Γαλιλαίου, όπου ο τελευταίος αναγνωρίζει τις δυσκολίες που έπρεπε να ξεπεραστούν, δυσκολίες που ξεκινούν από την προφάνεια της αναλογίας ταχύτητας- απόστασης. Για να απορρίψει αυτή την αναλογία, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί την προσφιλή του μέθοδο, δηλαδή κατασκευάζει ένα παράδοξο. Αφού ορίσει την ταχύτητα στην επιταχυνόμενη κίνηση ως ανάλογη του χρόνου, βάζει τον «καλοπροαίρετο» συνομιλητή Σαγκρέντο να προτείνει την 'λάθος' αναλογία ταχύτητας- απόστασης ως ισοδύναμο ορισμό της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης: (*Discorsi*, 203)

Σαγκρέντο: Μου φαίνεται ότι ίσως θα μπορούσαμε να ορίσουμε την έννοια με μεγαλύτερη σαφήνεια χωρίς να την αλλάξουμε: Ομοιόμορφα επιταχυνόμενη κίνηση είναι αυτή που η ταχύτητα αυξάνει ανάλογα με το διανυθείσα απόσταση.

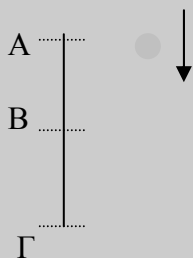
Ο εκπρόσωπος του Γαλιλαίου, Σαλβιάτι απαντάει

Σαλβιάτι: Είναι πολύ ανακουφιστικό να έχω έναν τέτοιο σύντροφο στο λάθος, και μπορώ να σου πω ότι ο συλλογισμός σου είναι τόσο εύλογος και πιθανός, που ο ίδιος ο Συγγραφέας δεν μου αρνήθηκε, όταν του τον πρότεινα, ότι είχε εργαστεί για ένα διάστημα υπό την ίδια πλάνη.

Ο Σαλβιάτι δείχνει αμέσως μετά ότι η αναλογία ταχύτητας- απόστασης οδηγεί σε αντίφαση.

---

χρησιμοποιώντας το ΚΔΑ και το νόμο της πτώσης που έχει ήδη αποδείξει. Αν όμως, η ταχύτητα είναι ανάλογη με τον χρόνο και με το διάστημα, τα δύο τελευταία θα πρέπει να είναι και μεταξύ τους ανάλογα, το οποίο συμβαίνει μόνο στη ομαλή κίνηση.



Σχήμα 12

1. Έστω οι αποστάσεις AB και ΑΓ όπου η πρώτη είναι 2 μονάδες απόστασης (μ.α.) και η δεύτερη 4 μ.α. Αν η ταχύτητα είναι ανάλογη με την απόσταση θα πρέπει η «ολική ταχύτητα» κατά την κίνηση ΑΓ να είναι διπλάσια από την «ολική ταχύτητα» κατά την διάρκεια AB.

2. Σε αυτή την περίπτωση οι «ταχύτητες» κατά την πτώση έχουν την ίδια αναλογία με τις αντίστοιχες αποστάσεις, δηλαδή 1:2. Αν όμως οι ταχύτητες έχουν τον ίδιο λόγο με τις αποστάσεις που πρέπει να διανυθούν, τότε αυτές οι αποστάσεις διανύονται στους ίδιους χρόνους (αφού το κινητό που πρέπει να διανύσει διπλάσια απόσταση είναι «δυο φορές» πιο γρήγορο).

3. Στην περίπτωση όμως που οι αποστάσεις AB και ΑΓ διανύονται στο ίδιο χρόνο, σημαίνει ότι το διάστημα ΒΓ διανύεται σε χρόνο μηδέν, δηλαδή ακαριαία.

Η αναλογία ταχύτητας- απόστασης οδηγεί λοιπόν σε παράδοξο, άρα θα πρέπει να απορριφθεί. Εκ των υστέρων το ζήτημα φαίνεται πράγματι απλό! Βλέποντας κάποιος την παραπάνω απόδειξη του Γαλιλαίου, θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι η αντίφαση 'περιεχόταν' ήδη μέσα στο εννοιολογικό πλαίσιο. Κάτι τέτοιο όμως προϋποθέτει την προτασιακή ανασυγκρότηση της επιστήμης, δηλαδή την ανεξάρτητη εξέταση της σχέσης που έχουν «προτάσεις» μεταξύ τους. Αντίθετα, η τοποθέτηση των εννοιών και των προτάσεων στα δυο διαφορετικά πλαίσια και η συνάρτηση κάθε πλαισίου με συγκεκριμένου είδους πειραματική εμπειρία, μπορεί να εξηγήσει και τη γέννηση της «αντίφασης», αλλά και την δυσκολία των επιστημόνων της εποχής να την αντιληφθούν.

Το πρόβλημα της σχέσης ταχύτητας- απόστασης δεν ήταν το μόνο, που έπρεπε να λύσει ο Γαλιλαίος. Στην προσπάθειά του να συγκροτήσει μια *επιστήμη της κίνησης* είχε να αντιμετωπίσει εννοιολογικά προβλήματα, όπως το παραπάνω, μαθηματικά

προβλήματα αιώνων, όπως τα παράδοξα του Ζήνωνα και τεχνικά- πειραματικά προβλήματα. Επέμεινα στην σχέση ταχύτητας- απόστασης, ως ένα μόνο παράδειγμα του τρόπου που αυτά τα προβλήματα γίνονταν εντονότερα στην προσπάθεια δόμησης μιας *μικτής επιστήμης*, όπου η συναρμογή λογικών αρχών, θεωρίας, μαθηματικών και πειράματος πολλαπλασίαζε τα προβλήματα αλλά και τις ευκαιρίες.

### 3. Η «Ωριμη» Επιστήμη της Κίνησης

#### 3.1 Το Μοντέλο της Ομαλής Κίνησης

Η τρίτη μέρα του Discorsi, η οποία επιγράφεται ‘Περί της Τοπικής Κίνησης’, ξεκινάει με τον ορισμό της *ομοιόμορφης* (ομαλής) *κίνησης*. Πριν δούμε αυτόν τον ορισμό, πρέπει ίσως να θέσουμε ένα ερώτημα: δεν θα φαινόταν πιο φυσικό, η επιστήμη της κίνησης να ξεκινούσε με έναν ορισμό της κίνησης καθεαυτής και όχι ενός συγκεκριμένου είδους της; Δε θα μπορούσε ο Γαλιλαίος να ξεκινήσει παραθέτοντας ένα ορισμό του τύπου ‘ένα σώμα κινείται όταν στη διάρκεια του χρόνου αλλάζει θέσεις σχετικά με άλλα σώματα’ ή κάτι τέτοιο; Πιθανόν απλώς να θεωρούσε κάτι τέτοιο τετριμμένο ή δεδομένο, αν και μια τέτοια υπόθεση θα συμβιβαζόταν δύσκολα με την αξιωματική μέθοδο με την οποία παρουσιάζεται φαινομενικά το αντικείμενο. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, οι πρώτες προτάσεις που παραθέτει ο Γαλιλαίος δεν λειτουργούν ως αξιώματα, αλλά περιγράφουν μία στοιχειώδη κίνηση, ένα απλό μοντέλο πάνω στο οποίο θα βασίσει την επιστήμη του. Το εφιαλτήριο της επιστήμης της κίνησης, δεν είναι ο ορισμός της, αλλά η συγκρότηση του μοντέλου της ομαλής κίνησης. Με βάση αυτό το μοντέλο θα αποκτήσουν το νόημά τους οι έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια.

Αρχίζει λοιπόν ο Γαλιλαίος με τον ορισμό της ομαλής κίνησης ως αυτής στην οποία οι αποστάσεις οι οποίες διανύει το κινητό σε οποιουδήποτε<sup>181</sup> ίσους χρόνους, είναι ίσες. (Discorsi ,191). Αμέσως μετά τον ορισμό, δίνει τέσσερα αξιώματα:

---

<sup>181</sup> Ο Γαλιλαίος προσθέτει το «οποιουδήποτε» για να διορθώσει τον Αριστοτελικό ορισμό (Φυσικά 273b) στον οποίον λείπει αυτή η λέξη. Η προσθήκη είναι απαραίτητη, διότι το κινητό μπορεί να περνάει σε ίσους χρόνους τα ίδια διαστήματα, ενώ σε μικρότερα τμήματα αυτών των χρόνων τα διαστήματα να μην είναι ίσα. Αυτή η διόρθωση, όμως, είχε γίνει ήδη κατά τον ύστερο Μεσαίωνα από τον Richard Swineshead (Drake 1974, 148 και Grant 1994, 87)

Αξίωμα 1. Κατά την διάρκεια της αυτής ομοιόμορφης κίνησης, η απόσταση που διανύεται σε μεγαλύτερο χρόνο, είναι μεγαλύτερη από αυτή που διανύεται σε μικρότερο χρόνο.

Αξίωμα 2. Κατά την διάρκεια της αυτής ομοιόμορφης κίνησης, ο χρόνος στον οποίο μια μεγαλύτερη απόσταση διανύεται είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο στον οποίο διανύεται μία μικρότερη απόσταση.

Αξίωμα 3. Η απόσταση που διανύεται με μεγαλύτερη ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από αυτή που διανύεται, στον ίδιο χρόνο, με μικρότερη ταχύτητα.

Αξίωμα 4. Η ταχύτητα με την οποία διανύεται μεγαλύτερη απόσταση είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα με την οποία, στον ίδιο χρόνο, διανύεται μικρότερη απόσταση.

Ο προφανής λόγος, για τον οποίο ο Γαλιλαίος ονομάζει τις παραπάνω προτάσεις *αξιώματα*, είναι διότι αποτελούν την απλούστερη δυνατή διατύπωση του εννοιολογικού πλαισίου της κίνησης με σταθερή ταχύτητα, όπως αυτή χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ, ότι οι τρεις εμπλεκόμενες έννοιες, *ταχύτητα*, *απόσταση* και *χρόνος*, δεν έχουν το ίδιο καθεστώς. Καθώς η απόσταση και ο χρόνος, αποτελούν στοιχειώδη μεγέθη, μη-επιδεχόμενα ουσιαστικά ορισμού, τα τέσσερα αξιώματα σε τελική ανάλυση, προσδιορίζουν την έννοια της ταχύτητας. Πράγματι, η σημασία της «ίδιας ταχύτητας» ορίζεται στα αξιώματα 1 και 2, ενώ η σημασία της «μεγαλύτερης/μικρότερης ταχύτητας» στα αξιώματα 3 και 4. Τελικά, με βάση τα παραπάνω αξιώματα, κάποιος που γνωρίζει την σημασία των εννοιών απόσταση-χρόνος, μπορεί να αποφασίσει αν δύο σώματα κινούνται με την ίδια ταχύτητα, και αν όχι, ποιο κινείται με μεγαλύτερη. Με βάση αυτά τα αξιώματα ο Γαλιλαίος προχωράει στην ποσοτικοποίηση των σχέσεων ταχύτητας-απόστασης- χρόνου, *αποδεικνύοντας* τις παρακάτω 6 προτάσεις-θεωρήματα (Discorsi 192- 196, η μετάφραση είναι ελεύθερη).



ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ	Σύγχρονος συμβολισμός
1. Εάν ένα κινητό διανύει με την ίδια ταχύτητα δυο αποστάσεις, οι χρόνοι κίνησης θα βρίσκονται στην ίδια αναλογία με αυτές τις αποστάσεις.	$\text{An } v_1 = v_2 \text{ τότε, } s_1 : s_2 = t_1 : t_2$
2. Αν ένα κινητό διανύει δυο αποστάσεις στους ίδιους χρόνους τότε οι αποστάσεις είναι ανάλογα των ταχυτήτων. Και αν οι αποστάσεις είναι ανάλογες των ταχυτήτων τότε οι χρόνοι είναι ίδιοι.	$\text{An } t_1 = t_2 \text{ τότε, } v_1 : v_2 = s_1 : s_2$
3. Αν δυο κινητά διανύουν την ίδια απόσταση, έχοντας άνισες ταχύτητες, τότε οι χρόνοι και οι ταχύτητες είναι αντιστρόφως ανάλογες.	$\text{An } s_1 = s_2 \text{ τότε } v_1 : v_2 = t_1 : t_2$
4. Αν δυο κινητά κινούνται με ομοιόμορφη κίνηση αλλά με άνισες ταχύτητες, τότε οι διανυόμενες αποστάσεις έχουν λόγο ίσο με τον «συνδυασμένο» λόγο ταχυτήτων και χρόνων.	$(s_1 : s_2) = (t_1 : t_2) \times (v_1 : v_2)$
5. Αν δυο κινητά κινούνται με ομοιόμορφη κίνηση αλλά με άνισες ταχύτητες και διανύουν άνισες αποστάσεις, τότε ο λόγος των χρόνων είναι ίσος με τον «συνδυασμό» των λόγων των αποστάσεων και του αντιστρόφου του λόγου των ταχυτήτων.	$(t_1 : t_2) = (s_1 : s_2) \times (v_2 : v_1)$
6. Αν δυο κινητά κινούνται με ομοιόμορφη κίνηση, ο λόγος των ταχυτήτων είναι ίσος με τον «συνδυασμό» του λόγου των αποστάσεων και του αντιστρόφου λόγου των χρόνων.	$(v_1 : v_2) = (s_1 : s_2) \times (t_2 : t_1)$

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι σχέσεις του Γαλιλαίου καλύπτουν κάθε δυνατή περίπτωση, κάθε δυνατό πρόβλημα ομαλής κίνησης. Ουσιαστικά, όλες οι περιπτώσεις μπορούν να προκύψουν από το έκτο θεώρημα, το οποίο ταυτίζεται με την σχέση (3) με τη οποία είδαμε ότι προσδιορίζεται ποσοτικά η έννοια του «ταχύτερου» στο μοντέλο της ομαλής κίνησης (1.1). Κατ' αντίστοιχο τρόπο, όλες οι παραπάνω περιπτώσεις στη σημερινή κλασική φυσική προκύπτουν από τον ορισμό της ταχύτητας ως συνάρτησης του χρόνου και της απόστασης ( $v = \Delta s / \Delta t$  ή  $v = ds/dt$ ). Η γλώσσα των συναρτήσεων έχει κάνει δειλά την εμφάνιση της στην εποχή του Γαλιλαίου αλλά ο τελευταίος συνεχίζει να αντιμετωπίζει τα φυσικά προβλήματα στην

ευκλείδεια γλώσσα των αναλογιών<sup>182</sup>. Σε αυτή την παράδοση ο λόγος απόστασης-χρόνου, μέσω του οποίου προσεγγίζεται σήμερα η ταχύτητα, δεν έχει νόημα, καθώς ο αριθμητής και ο παρονομαστής αποτελούν διαφορετικά μεγέθη. Η ταχύτητα, έτσι, ενός κινητού  $X$  προσδιορίζεται μόνο μέσα από την αναλογία  $V_x / V_A$ , όπου  $V_A$  είναι η ταχύτητα ενός άλλου κινητού ή η ταχύτητα του ίδιου κινητού κάποια άλλη χρονική στιγμή. Η απόδοση λοιπόν, αριθμητικής τιμής, στην ερώτηση «πόσο γρήγορα», ισοδυναμεί με την εύρεση ενός λόγου ταχυτήτων. Η εύρεση αυτού του λόγου, ανάγεται με τη σειρά του σε λόγους αποστάσεων ή χρόνων, καθώς αυτά είναι τα μετρήσιμα μεγέθη στα πλαίσια της κινηματικής.

Με αυτό τον τρόπο, όχι μόνο η έννοια της «ταχύτητας» μπορεί να λειτουργήσει χωρίς αντιφάσεις αλλά μπορεί να προσδιοριστεί με ποσοτικούς όρους σε κάθε περίπτωση ομαλής κίνησης. Αυτό το σημείο, όμως, θα πρέπει να τονιστεί για άλλη μια φορά: Η «ταχύτητα» σύμφωνα με την μη-προτασιακή ανασυγκρότηση, δεν ορίζεται καθολικά αλλά με βάση ένα συγκεκριμένο μοντέλο, αυτό της ομαλής κίνησης. Το πρόβλημα από εκεί και πέρα είναι να χρησιμοποιηθεί αυτή η έννοια σε φαινόμενα στα οποία η κίνηση δεν είναι ομαλή. Η χρήση αυτή πρέπει να είναι συνεπής (με την έννοια ότι δεν θα δημιουργεί λογικά προβλήματα), συνεχής (με την χρήση της στο μοντέλο της ομαλής κίνησης) και εμπειρικά προσδιορίσιμη μέσα από συγκεκριμένες πειραματικές τεχνικές.

### 3.2 Το Πέρασμα στην Ομαλά Μεταβαλλόμενη Κίνηση

Ο Γαλιλαίος αφού παρουσιάσει το μοντέλο της ομαλής κίνησης, προχωράει στον ορισμό της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης,

Καλούμε μία κίνηση ίσα ή ομοιόμορφα επιταχυνόμενη, όταν ξεκινώντας από την ηρεμία, προσθέτει στον εαυτό της ίσες ποσότητες ταχύτητας, σε ίσους χρόνους (Discorsi, 198)

---

<sup>182</sup> Οι αλγεβρικές συναρτήσεις ανακαλύπτονται την περίοδο που γράφει ο Γαλιλαίος και αρχίζουν να γίνονται αποδεκτές από τους μαθηματικούς την εποχή που ο Γαλιλαίος ήταν καθηγητής στην Πίζα. Κατά τον Ντρέικ, ο Γαλιλαίος, ορθώς δεν κάνει χρήση αυτών των εργαλείων, διότι δεν έχουν ακόμα επαρκή θεμελίωση (Drake 1990, 7).

Ο Γαλιλαίος θεωρεί ότι είναι πολύ λογικό μια πέτρα που επιταχύνεται πέφτοντας να ακολουθεί τον παραπάνω κανόνα, καθώς είναι «ο απλούστερος και πιο φανερός». Όπως είδαμε όμως, αυτός ο κανόνας κάθε άλλο παρά απλός ή φανερός είναι. Πρώτον, χρειάστηκε πολύ κόπος και χρόνος, για να γίνει διακριτός από τον άλλο «απλό» κανόνα της αναλογίας ταχύτητας- απόστασης. Δεύτερον, ο «απλός» αυτός κανόνας, αναφέρεται στην έννοια της «στιγμιαίας» ταχύτητας, η οποία όχι μόνο δημιούργησε προβλήματα στον Γαλιλαίο αλλά θα συνέχιζε να δημιουργεί για πολλές δεκαετίες μετά την δημοσίευση του *Discorsi*. Τρίτον και σημαντικότερο, η σύνδεση αυτού του «απλού» κανόνα, με την εμπειρία δεν ήταν κάτι καθόλου απλό και αυτονόητο, όπως παρουσιάζεται εισαγωγικά από τον Γαλιλαίο. Η σύνδεση αυτή δεν έγινε με πέτρες που πέφτουν αλλά με σφαίρες που κυλάνε σε κεκλιμένα επίπεδα και φαίνεται ότι απαίτησε πολύ χρόνο και τεράστια πειραματική φαντασία για να επιτευχθεί. Όλες αυτές οι δυσκολίες προσαρμογής εννοιών, μαθηματικών εργαλείων και πειραματικών τεχνικών κρύβονται από το αξιωματικό- παραγωγικό τρόπο με τον οποίο παρουσιάζει ο Γαλιλαίος την «νέα επιστήμη» που εγκαθιδρύει.

Ο Γαλιλαίος ξεκινάει την μελέτη της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, θέτοντας πριν απ' όλα το αυτονόητο ερώτημα: γιατί επιταχύνονται τα σώματα καθώς πέφτουν προς τα κάτω; Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι ο Γαλιλαίος οδηγήθηκε αρκετά νωρίς στην υιοθέτηση μιας εκδοχής «αδρανειακής» κίνησης και με αυτή την έννοια δεν υπήρχε κανένας λόγος να συνδέσει την σταθερή ταχύτητα ενός σώματος (απουσία τριβών) με κάποιο σταθερό αίτιο. Από το άλλο μέρος όμως, ήταν φανερό, και στον Γαλιλαίο, όπως και στους υπόλοιπους φυσικούς φιλοσόφους, ότι η επιταχυνόμενη κίνηση των σωμάτων προς τα κάτω δεν μπορεί παρά να έχει ένα αίτιο, μια δυναμική εξήγηση. Είδαμε μάλιστα ότι, από αυτήν ακριβώς την δυναμική εξήγηση, ο Γαλιλαίος στο πρώιμο έργο του επιχείρησε να εξάγει τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά της κίνησης των σωμάτων προς τη γη. Στο *Discorsi* όμως, ο Γαλιλαίος στρέφει την έρευνά του στο «πώς» επιταχύνονται τα σώματα, αρνούμενος να κάνει υποθέσεις σχετικά με το «γιατί» επιταχύνονται, σχετικά δηλαδή με το *αίτιο* της επιτάχυνσης.

Ο παρών χρόνος δεν μου φαίνεται κατάλληλος για να μπούμε στην έρευνα για την αιτία της επιτάχυνσης της φυσικής κίνησης, πρόβλημα για το οποίο διάφοροι φιλόσοφοι έχουν προτείνει διάφορες γνώμες: κάποιοι από αυτούς την ανάγουν στην προσέγγιση στο κέντρο, άλλοι στην παρουσία διαδοχικά λιγότερων μερών του μέσου που πρόκειται να διανυθεί και

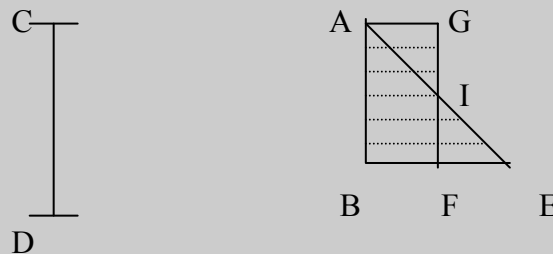
άλλοι σε μια συγκεκριμένη εξώθηση από το περιβάλλον μέσον, το οποίο καθώς ανασυγκροτείται πιεζόμενο από το κινητό, πιέζει με τη σειρά του το σώμα προς τα κάτω. Τέτοιες φαντασίες, και άλλες σαν κι αυτές, μπορούν να εξεταστούν και να αναλυθούν με λίγο όφελος. (Discorsi, 202)

Η μετατόπιση από το «γιατί» στο «πώς» δεν προσιδιάζει μόνο στον Γαλιλαίο, αλλά χαρακτηρίζει ολόκληρη εκείνη την περίοδο που ονομάζεται *επιστημονική επανάσταση*. Θα πρέπει, εν τούτοις, να παρατηρήσουμε τον τρόπο που αυτή η γενικόλογη διαπίστωση εφαρμόζεται στην περίπτωση του. Είδαμε στην προηγούμενη ενότητα ότι ο Γαλιλαίος κατά την πρώτη περίοδο ερευνών, όχι μόνο δεν αρνήθηκε να ερευνησει το «αίτιο» της επιτάχυνσης αλλά αντίθετα, επιχείρησε να επεκτείνει την στατική ώστε να συμπεριλάβει προβλήματα κίνησης στα ρευστά και κατ' επέκταση την ελεύθερη πτώση. Ο ζυγός και η πλεύση των σωμάτων στο νερό, ως 'καλώς λυμένα προβλήματα' της πρώτης περιόδου, συμπεριλάμβαναν την 'δυναμική' εξήγηση, ως συστατικό στοιχείο. Όταν, λοιπόν, αυτά τα μοντέλα επεκτείνονταν, ώστε να εξηγηθεί και να περιγραφεί μαθηματικά το φαινόμενο της ελεύθερης πτώσης, έφεραν μαζί τους τον 'ιό' της δυναμικής εξήγησης. Στην περίπτωση, όμως, του κεκλιμένου επιπέδου, ο Γαλιλαίος βλέπει ότι το βάρος ή το ειδικό βάρος των σωμάτων δεν επηρεάζει την επιτάχυνση των σωμάτων. Αν λοιπόν λείπει το βάρος, το οποίο είναι η μόνη μετρήσιμη ποσότητα που θα μπορούσε να συνδεθεί με τα αίτια της πτώσης, το μόνο που απομένει είναι οι *ad hoc* εξηγήσεις, τις οποίες προτιμάει να αποφύγει.

Από την στιγμή λοιπόν που ο Γαλιλαίος δεν προχωρεί στην εξήγηση των χαρακτηριστικών της επιταχυνόμενης κίνησης με βάση τα αίτια, αυτό που του μένει είναι η απευθείας περιγραφή των κανονικοτήτων της, με την χρήση του εννοιολογικού- μαθηματικού οπλοστασίου της ομαλής κίνησης, το οποίο διαμόρφωσε λίγες σελίδες πριν. Σύμφωνα με την ορολογία της παρούσας εργασίας, αυτό που του χρειάζεται είναι ένας *κανόνας μετασχηματισμού*, ο οποίος θα του επιτρέπει την αναγωγή του μοντέλου της επιταχυνόμενης κίνησης, σε ένα μοντέλο ομαλής. Πράγματι, η πρώτη πρόταση- θεώρημα που αποδεικνύει ο Γαλιλαίος είναι μια εκδοχή του κανόνα του Μέρτον, η οποία στο υπόλοιπο της εργασίας του, θα χρησιμοποιηθεί με αυτό ακριβώς τον τρόπο. Συγκεκριμένα αποδεικνύει ότι

Ο χρόνος στον οποίο διανύεται μία συγκεκριμένη απόσταση από ένα κινητό σε ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση από την ηρεμία, είναι ίσος με τον χρόνο που θα κινηθεί το ίδιο κινητό με ομαλή κίνηση, της οποίας ο βαθμός ταχύτητας είναι ο μισός από τον μέγιστο και τελικό βαθμό της ταχύτητας της προηγούμενης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης

Η μόνη διαφορά της παραπάνω διατύπωσης με τον Κανόνα του Μέρτον είναι ότι ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί, όχι την ‘μέση ταχύτητα’, αλλά την ισοδύναμη έκφραση, ‘μισό της τελικής’. Όπως είδαμε πριν, με αυτό τον τρόπο ο κανόνας είναι πειραματικά ελέγξιμος, αφού η τελική ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί άμεσα μέσω της τεχνικής της εκτροπής. Ας δούμε τώρα την απόδειξη του Γαλιλαίου.



Σχήμα 13

Έστω σώμα που πέφτει από το C στο D. Όπως φαίνεται στο σχήμα, το τρίγωνο ABE του διαγράμματος των ταχυτήτων είναι διακριτό από το ευθύγραμμο τμήμα CD που αναπαριστά την απόσταση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται σαφής η διάκριση των χρονικών διαστημάτων που αναπαρίστανται στον άξονα AB, με τις διανυόμενες αποστάσεις που αναπαρίστανται στο CD. Ως εκ τούτου, φαίνεται ήδη από το σχήμα ότι η ταχύτητα είναι ανάλογη του χρόνου και όχι της απόστασης. Από εκεί και πέρα, η απόδειξη του Γαλιλαίου δεν διαφέρει ουσιαστικά από τις αντίστοιχες των Υπολογιστών. Εν συντομία, έστω μία ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση η οποία ξεκινάει με μηδενική ταχύτητα στο A, για να καταλήξει με ταχύτητα BE και μία ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα BF (το μισό της τελικής). Από την ισότητα των εμβαδών ABE και AGFB προκύπτει ότι στις δύο κινήσεις καταναλώνονται οι ίδιες «ποσότητες ταχυτήτων». Συνεπώς ένα κινητό θα χρειαστεί στις δύο περιπτώσεις τον ίδιο χρόνο για να διανύσει την ίδια απόσταση.

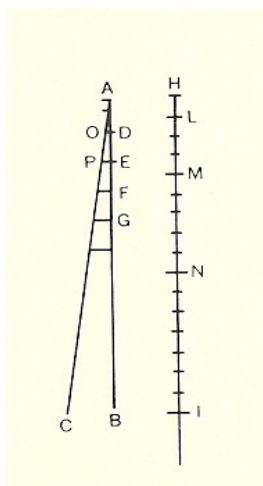
Το αδύνατο σημείο της απόδειξης είναι προφανώς η ταύτιση του εμβαδού, όχι με την απόσταση αλλά με την «ποσότητα ταχυτήτων». Το πρόβλημα του εμβαδού στη

σχετική απόδειξη δεν λυθεί ουσιαστικά μέχρι την εμφάνιση του ολοκληρωτικού και διαφορικού λογισμού.

Σύμφωνα με την ορολογία της εργασίας, η παραπάνω πρόταση που αποδεικνύει ο Γαλιλαίος αποτελεί κανόνα μετασχηματισμού, καθώς συνδέει το μοντέλο της ομαλής κίνησης με το μοντέλο της ομαλά μεταβαλλόμενης. Οι όποιες αδυναμίες της θεωρητικής απόδειξης δεν αναιρούν το γεγονός ότι ο Γαλιλαίος μπορεί να ελέγξει πειραματικά τον παραπάνω κανόνα μέσω της τεχνικής της εκτροπής. Έχοντας, τώρα, στα χέρια του τον κανόνα μετασχηματισμού ο Γαλιλαίος μπορεί πια να μετατρέψει οποιαδήποτε επιταχυνόμενη κίνηση σε μια ισοδύναμή της ομαλή. Με βάση αυτή ακριβώς την τεχνική, στο υπόλοιπο της τρίτης «μέρας» του Discorsi, αποδεικνύει μια σειρά θεωρημάτων τα οποία αφορούν στην ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Ένα τέτοιο θεώρημα είναι η διατύπωση μιας γενικής σχέσης ανάμεσα στην απόσταση και τον χρόνο την οποία θα δούμε αμέσως.

### *3.3 Η Συγκρότηση του Μοντέλου του Κεκλιμένου Επιπέδου*

Η δεύτερη πρόταση που αποδεικνύει ο Γαλιλαίος, είναι με σημερινούς όρους ο νόμος της απόστασης . Θα παρουσιάσω την απόδειξη ως τυπικό δείγμα χρήσης του παραπάνω κανόνα μετασχηματισμού (*κανόνας του Μέρτον*), για την λύση ενός προβλήματος ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης μέσω της αναγωγής του στο μοντέλο της ομαλής.



Σχήμα 14

Το κινητό κατέρχεται από το Η στο Ι, ενώ στο αριστερό μέρος του διαγράμματος οι οριζόντιες γραμμές αναπαριστούν τις στιγμιαίες ταχύτητες στις χρονικές στιγμές του άξονα AB, π.χ. τα DO and EP αναπαριστούν τις στιγμιαίες ταχύτητες στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές D και E. Έστω HL ( $s_1$ ) και HM ( $s_2$ ) οι αποστάσεις που διανύει το κινητό στους αντίστοιχους χρόνους. Αν θεωρήσουμε αυτές τις δύο κινήσεις, ομοιόμορφες, σύμφωνα με την πρόταση 4, του πίνακα 1, τα διανυθέντα διαστήματα θα έχουν μεταξύ τους τον συνδυασμένο λόγο «ταχυτήτων» και χρόνων.

$$(s_1 : s_2) = (v_1 : v_2) \times (t_1 : t_2) \text{ (πρόταση 4- πίνακας 1)}$$

Στην παραπάνω αναλογία, οι «ταχύτητες» βρίσκονται από τον κανόνα μετασχηματισμού (κανόνα του Μέρτον) και είναι ίσες με τις μισές των τελικών ταχυτήτων στα σημεία L και M αντίστοιχα. Σύμφωνα με τον ορισμό τώρα της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, οι τελικές ταχύτητες (άρα και τα μισά τους) είναι ανάλογες των χρόνων:

$$(v_1 : v_2) = (t_1 : t_2)$$

Με βάση τώρα την τελευταία αναλογία, η πρόταση 4 δίνει

$$(s_1 : s_2) = (t_1 : t_2)^2$$

Η απόδειξη του Γαλιλαίου, βασίζεται στην αναγωγή δύο ομαλά επιταχυνόμενων κινήσεων σε ισοδύναμες ομαλές, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει τους κανόνες τους πίνακα 1. Η έννοια της «ταχύτητας» χρησίμευσε στην απόδειξη, αλλά δεν εμφανίζεται στην τελική διατύπωση του θεωρήματος, η οποία αφορά τα μετρήσιμα μεγέθη της απόστασης και του χρόνου. Με τον ίδιο τρόπο, ο Γαλιλαίος προχωράει την «Τρίτη Μέρα» του Discorsi αποδεικνύοντας θεωρήματα ή λύνοντας προβλήματα τα οποία συνδυάζουν, αποστάσεις, χρόνους, ύψη και μήκη των κεκλιμένων επιπέδων. Αυτό που επιχειρεί ο Γαλιλαίος το υπόλοιπο τρίτης μέρας, είναι ουσιαστικά να κατασκευάσει μία άτυπη λίστα προτάσεων, όπως στην περίπτωση του πίνακα 1, οι οποίες να αφορούν κάθε δυνατό πρόβλημα επιταχυνόμενης κίνησης. Η διαφορά εδώ είναι ότι οι μετρήσιμες παράμετροι είναι πολύ περισσότερες. Εκτός από το διάστημα και το χρόνο, μπορούν να αλλάζουν η γωνία κλίσης και το ύψος του κεκλιμένου επιπέδου, ενώ σε πιο σύνθετα προβλήματα μπορεί να υπάρχει συνδυασμός κεκλιμένων επιπέδων.

Ποιες, τώρα, από αυτές τις σχέσεις έλεγξε πειραματικά ο Γαλιλαίος; Για να επιστρέψουμε στο νόμο της απόστασης, ο Σιμπλίκιο αναρωτιέται αμέσως μετά την απόδειξή του (Discorsi, 212) κατά πόσο η θεωρία του Γαλιλαίου συνοδεύεται από πειραματική επιβεβαίωση. Ο εκπρόσωπος του Γαλιλαίου, Σαλβιάτι βρίσκει δίκαιη την απαίτηση του Σιμπλίκιο:

Ως πραγματικός επιστήμονας έχεις μια πολύ λογική αξίωση, διότι αυτό είναι σύνηθες και αναγκαίο σε αυτές τις επιστήμες που εφαρμόζουν μαθηματικές αποδείξεις σε φυσικά συμπεράσματα, όπως μπορούμε να δούμε μεταξύ συγγραφέων στην οπτική, αστρονόμων, μηχανικών, μουσικών και άλλων που επιβεβαιώνουν τις αρχές τους με αισθητηριακές εμπειρίες οι οποίες αποτελούν το θεμέλιο όλης της συνεπαγόμενης δομής. (Discorsi, 212)

Ο Σαλβιάτι αναφέρεται κατόπιν σε πειράματα με κεκλιμένα επίπεδα.

... κάναμε την ίδια σφαίρα να κατέλθει το ένα τέταρτο του μήκους αυτού του καναλιού, και ο χρόνος καθόδου που μετρήθηκε βρέθηκε πάντα να είναι ακριβώς ο μισός του άλλου... από πειράματα που επαναλήφθηκαν πάνω από 100 φορές, τα διαστήματα βρέθηκαν πάντα να είναι ανάλογα με τα τετράγωνα των χρόνων. (Discorsi, 213)



Οι πειραματικές αναφορές του Γαλιλαίου είναι σημαντικές διότι είναι αυτές που προσδιορίζουν τα εμπειρικά αντίστοιχα της *φυσικά (ομαλά) επιταχυνόμενης κίνησης*. Ο Γαλιλαίος ξεκινάει θεωρώντας την κίνηση των σωμάτων προς τα κάτω («φυσική» κίνηση) ως το πρόβλημα το οποίο έπρεπε να λύσει. Δημιουργεί κατόπιν τα κατάλληλο θεωρητικό- μαθηματικό μοντέλο από το οποίο εξάγει τις κανονικότητες που πρέπει να ισχύουν στην ελεύθερη πτώση. Όταν όμως φτάνει η ώρα της πειραματικής επιβεβαίωσης, αναφέρεται όχι σε πειράματα ελεύθερης πτώσης αλλά σε πειράματα κεκλιμένου επιπέδου. Όπως είδαμε άλλωστε στην προηγούμενη ενότητα, μέσω αυτών ακριβώς των πειραμάτων, ο Γαλιλαίος διαμόρφωσε την τελική θεωρία του για την πτώση των σωμάτων. Σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας, οι «θεωρητικές αρχές» του Γαλιλαίου δεν αναφέρονται στον «κόσμο» εν γένει αλλά σε συγκεκριμένες πειραματικές διατάξεις (κεκλιμένα επίπεδα), τα οποία συνοδεύονται από τεχνικές, εργαλεία και θεωρίες «χαμηλότερου επιπέδου», που επιτρέπουν τη χρήση τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η επιτυχία, όμως, του –θεωρητικού- μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου, δεν κρίνεται μόνο από την καλή προσαρμογή του στα πειραματικά αποτελέσματα αλλά και από την ικανότητα του, να αποτελέσει το μοντέλο- πηγή, άλλων θεωρητικών μοντέλων, τα οποία επίσης περιγράφουν με τρόπο επιτυχή διαφορετικά φαινόμενα.

### 3.4 Η Ελεύθερη (;) Πτώση

Ο στόχος του Γαλιλαίου, ήδη από την εποχή του *De Motu* ήταν να δώσει ένα νόμο για την ελεύθερη πτώση. Παρότι ο Γαλιλαίος μεταφέρει αμέσως τα συμπεράσματά του από το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου, στο αντίστοιχο της ελεύθερης πτώσης, πρέπει να σταθούμε σε αυτό το σημείο. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους αυτή η μεταφορά δεν είναι καθόλου αυτονόητη. Πρώτον, οι σφαίρες του Γαλιλαίου δεν έπεφταν, αλλά κυλούσαν, δεύτερον, η πτώση τους δεν ήταν ‘ελεύθερη’, αφού ήταν διαρκώς σε επαφή με τον ξύλινο διάδρομο και τρίτον, δεν κινιόντουσαν κατακόρυφα, αλλά υπό γωνία. Ο Γαλιλαίος όμως θεωρεί φυσικό, αν ένα αποτέλεσμα ισχύει για τις διαφορετικές κλίσεις του επιπέδου, να ισχύει και για την **οριακή περίπτωση** των  $90^\circ$ . Την ίδια στιγμή, θεωρεί ότι αφού τα αποτελέσματά του βελτιώνονται όσο περισσότερο καλά λειαίνει τους διαδρόμους κύλισης, στην **οριακή περίπτωση** της απουσίας τριβών, δεν θα είχε καμία απόκλιση από τις θεωρητικές

προβλέψεις<sup>183</sup>. Με τους όρους της παρούσας εργασίας, το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης προκύπτει θεωρητικά ως οριακή περίπτωση του μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου, αλλά περιγράφει διαφορετικά φαινόμενα. Η ανεξάρτητη επιβεβαίωση των νόμων που προκύπτουν από το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης, απαιτεί ουσιαστικά αντλίες κενού και εξελιγμένες τεχνικές φωτογράφισης. Το μόνο συμπέρασμα από πειράματα πτώσης που έχει ο Γαλιλαίος, φαίνεται να είναι η ανεξαρτησία του βάρους από τον χρόνο πτώσης. Πέρα από την συζήτηση του αν εκτέλεσε ή όχι το περίφημο πείραμα του πύργου της Πίζας, τέτοιου είδους πειράματα δεν ήταν άγνωστα εκείνη την εποχή. Όταν το 1586 ο Γαλιλαίος άρχισε την επιστημονική καριέρα του, ο Στέβιν δημοσίευε τα αποτελέσματα πτώσεων από 30 πόδια που αποδείκνυαν ότι το βάρος δεν έπαιζε ρόλο στο χρόνο πτώσης. (Drake 1990, σελ. 46). Ο ίδιος ο Γαλιλαίος αναφέρεται στο Discorsi σε πειράματα όπου δυο σφαίρες, η μια με δεκαπλάσιο βάρος από την άλλη, πέφτοντας από ύψος 150-200 braccia φτάνουν με «μία πολύ μικρή διαφορά» (Discorsi, 276).<sup>184</sup>

Παρά το γεγονός ότι η συζήτηση στην βιβλιογραφία επικεντρώνεται σε πειράματα όπως το παραπάνω, που σχετίζονται με την ανεξαρτησία της «ταχύτητας» από το βάρος του σώματος, το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης, χρειάζεται επιπλέον επιβεβαίωση. Π.χ., ότι ο νόμος του διαστήματος, ακόμα και αν ισχύει στα κεκλιμένα επίπεδα, δεν είναι απαραίτητο να ισχύει για την περίπτωση της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων ή της πτώσης στον αέρα. Η μεταφορά των συμπερασμάτων από το ένα μοντέλο στο άλλο πρέπει να επιβεβαιωθεί πειραματικά. Όπως θα δούμε παρακάτω, ο Γαλιλαίος έλεγξε πειραματικά με ένα έμμεσο τρόπο το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης και ειδικά το νόμο της απόστασης.

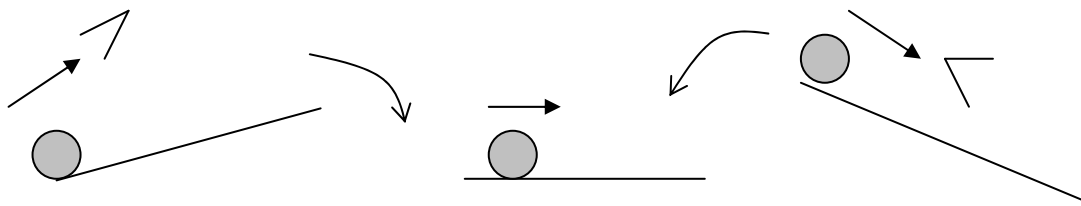
### 3.5 Το Μοντέλο της Αδρανειακής (Ομαλής) Κίνησης.

Μέσω του μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου, ο Γαλιλαίος καταλήγει στο Discorsi, σε μια εκδοχή της αρχής της αδράνειας.

---

<sup>183</sup> Λόγω της κύλισης, οι σφαίρες του Γαλιλαίου κινούνται με μικρότερη επιτάχυνση από αυτή που θα αποκτούσαν αν ολίσθαιναν στο κεκλιμένο επίπεδο. Ο Γαλιλαίος όμως, δεν ορίζει πουθενά την επιτάχυνση ως διακριτό φυσικό μέγεθος, και την χειρίζεται μόνο μέσω λόγων αύξησης της ταχύτητας  $v_1/v_2$ .

<sup>184</sup> Ο Γαλιλαίος εξηγεί την παρουσιαζόμενη διαφορά λόγω της μεγαλύτερης αντίστασης που παρουσιάζει το μέσο στην ελαφρύτερη σφαίρα.



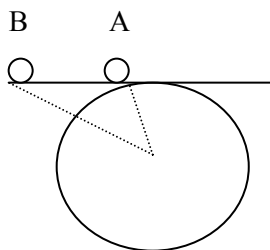
Σχήμα 14

Η κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο καθώς η γωνία κλίσης μικραίνει γίνεται όλο και πιο ‘αργή’. Με σύγχρονους όρους, η επιτάχυνση μειώνεται. Στην περίπτωση που η κλίση γίνει αρνητική, δηλαδή το σώμα ανέρχεται στο επίπεδο, παρουσιάζεται επιβράδυνση η οποία γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Το οριζόντιο επίπεδο έτσι είναι διπλό όριο: από την μια είναι όριο για την επιταχυνόμενη κίνηση και την ίδια στιγμή για το επιβραδυνόμενη. Με αυτή την έννοια, η κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο δεν μπορεί να είναι ούτε επιταχυνόμενη, ούτε επιβραδυνόμενη.

Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η κίνηση στο οριζόντιο είναι αέναη, από τη στιγμή που είναι πραγματικά ομοιόμορφη, δεν ελαττώνεται, ούτε αυξάνεται και ακόμα λιγότερο δεν εξαφανίζεται. (Discorsi 243.)

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο Γαλιλαίος φαίνεται να υιοθετεί την σημερινή εκδοχή της -ευθύγραμμης- αδράνειας. Κατά την τέταρτη ημέρα του Discorsi, όμως, έρχεται ο ίδιος να αμφισβητήσει την παραπάνω αρχή. Η κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο θεωρήθηκε αέναη καθώς το κινητό δεν πλησιάζει το κέντρο της γης, ώστε να επιταχύνεται, ούτε απομακρύνεται από αυτό ώστε να επιβραδύνεται. Θεωρήθηκε με άλλα λόγια ότι το κινητό,

είναι στην ίδια απόσταση από το κέντρο της γης πράγμα που δεν είναι αλήθεια. Επειδή καθώς απομακρυνόμαστε από το μέσο σημείο προς τα άκρα, η [γραμμή] απομακρύνεται ακόμα περισσότερο από το κέντρο της γης και επομένως συνεχώς υψώνεται (Discorsi 274).



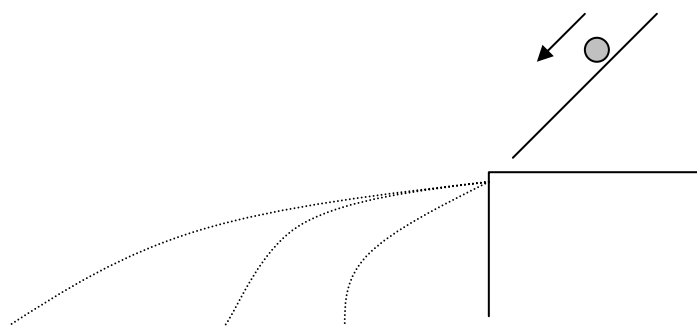
Σχήμα 16

Στο σχήμα 16, όπου το οριζόντιο επίπεδο έχει μέγεθος συγκρίσιμο με τη γη, καθώς το σώμα κινείται από το Α στο Β, απομακρύνεται από το κέντρο της γης, άρα θα πρέπει να επιβραδύνεται. Για να εξηγήσει την αντίφαση ο Γαλιλαίος επικαλείται για άλλη μια φορά την αυθεντία του Αρχιμήδη. Ο τελευταίος θεώρησε ότι όλα τα σημεία της δοκού του ζυγού απέχουν την ίδια απόσταση από τη γη και ότι τα νήματα από τα οποία κρέμονται τα βάρη είναι παράλληλα. Αυτό, όμως, δεν ισχύει, καθώς τα νήματα προεκτεινόμενα, τέμνονται στο κέντρο της γης. Και στα δυο προβλήματα όμως, είναι προφανές ότι οι αποστάσεις είναι πολύ μικρές «σε σχέση με την τεράστια απόσταση από το κέντρο της γήινης μας σφαίρας» (Discorsi 275). Με αυτή την έννοια, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα σημεία μιας ράβδου ή ενός επιπέδου ισαπέχουν από το κέντρο της γης, στα πλαίσια οποιουδήποτε προβλήματος κοντά στην επιφάνεια της.

Στο ζήτημα της σχέσης «κυκλικής» και «ευθύγραμμης» αδράνειας, θα επανέλθω στο τέλος του κεφαλαίου. Αυτό που πρέπει να κρατήσουμε προς το παρόν είναι ότι η αδρανειακή κίνηση για τον Γαλιλαίο δεν αποτελεί μια αφηρημένη αρχή, αλλά ένα συγκεκριμένο μοντέλο κίνησης, το οποίο προκύπτει από το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου. Υπ' αυτή την έννοια, αφορά κίνηση πραγματικών σωμάτων, όσο τουλάχιστον και η κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο. Ως διακριτό μοντέλο, όμως, αφορά διαφορετικό είδος φαινομένων, συγκεκριμένα, την κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο, όπου η κίνηση γίνεται με όσο το δυνατόν λιγότερες τριβές.

Για να έρθουμε τώρα στην πειραματική επιβεβαίωση, το αυτονόητο θα ήταν ο Γαλιλαίος να δοκίμαζε να λειάνει όσο μπορούσε καλύτερα την επιφάνεια ενός οριζοντίου επιπέδου, ώστε να δει αν μια κινούμενη σφαίρα διατηρεί πράγματι την αρχική ταχύτητά της. Σύμφωνα με την ανασυγκρότηση Ντρέικ του f. 116v, ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε έναν άλλο τρόπο για να ελέγξει την αρχή της αδράνειας<sup>185</sup>.

<sup>185</sup> Drake (1973) και αναθεωρημένη ερμηνεία στο Drake (1990) σελ. 99- 115.



Σχήμα 17

Η βασική ιδέα, σύμφωνα πάντα με τον Ντρέικ, είναι η ελαχιστοποίηση του ρόλου των τριβών αφήνοντας την σφαίρα να κινείται όχι σε κάποιο επίπεδο αλλά στον αέρα. Για να το πετύχει αυτό ο Γαλιλαίος αφήνει τη σφαίρα να κυλήσει σε ένα κεκλιμένο επίπεδο ώστε να αποκτήσει μια αρχική ταχύτητα και κατόπιν, μέσω ενός ανακλαστήρα, εκτοξεύεται από τραπέζι συγκεκριμένου ύψους, εκτελώντας οριζόντια βολή. Η σφαίρα καθώς πέφτει στο έδαφος, αφήνει ένα σημάδι το οποίο επιτρέπει την μέτρηση κάθε φορά της απόστασης από τη βάση του τραπεζιού.

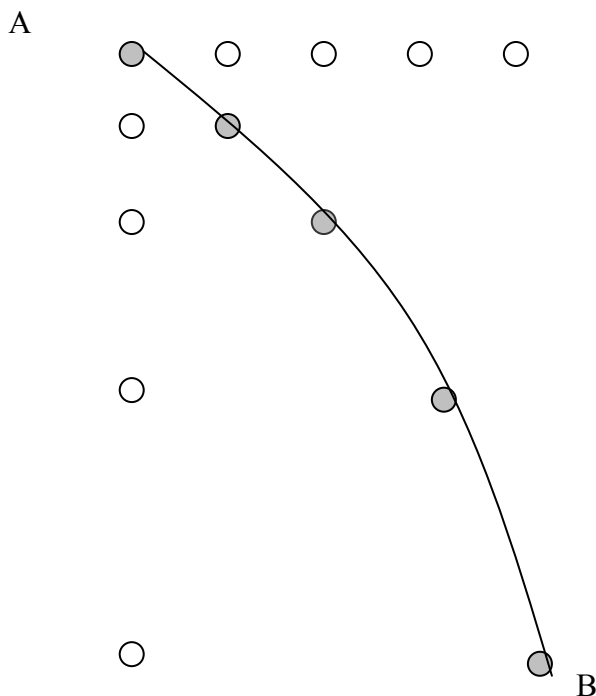
Η βασική ιδέα εδώ, είναι ότι η σφαίρα εκτελεί μια οριζόντια, αδρανειακή κίνηση, ανεξάρτητη από την κατακόρυφη κίνησή της προς τα κάτω. Η αρχική ταχύτητα αυτής της κίνησης, υπολογίζεται με βάση το ύψος του κεκλιμένου επιπέδου από το οποίο ξεκινάει η σφαίρα. Αυτό που ελέγχει κατόπιν ο Γαλιλαίος είναι αν αυτή η ταχύτητα μένει σταθερή κατά την διάρκεια της πτήσης. Ο τρόπος ελέγχου είναι απλός: έχοντας αποδείξει ότι ο χρόνος πτήσης των σφαιρών είναι ίδιος και ανεξάρτητος από την αρχική ταχύτητα<sup>186</sup>, οι αποστάσεις από την βάση του τραπεζιού μπορούν να θεωρηθούν μέτρα των οριζόντιων ταχυτήτων. Αυτό που μένει από εδώ και πέρα, είναι να ελεγχθεί αν όντως οι αναλογίες των αρχικών ταχυτήτων, όπως υπολογίζονται από το κεκλιμένο επίπεδο, ταυτίζονται με τις αναλογίες των οριζόντιων αποστάσεων. Μ' αυτή την τεχνική, σύμφωνα πάντα με τον Ντρέικ, καταφέρνει να μειώσει στο ελάχιστο το ρόλο των τριβών και να ελέγξει πειραματικά το νόμο της αδράνειας.

<sup>186</sup> Ο χρόνος πτήσης εξαρτάται μόνο από το ύψος του τραπεζιού. Η παραδοχή αυτή, απαιτεί την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων. Ο Γαλιλαίος, σε γράμμα στον Antonio de Medici το 1609 υποστηρίζει τον ισοχρονισμό των οριζόντιων βολών (Drake 1990, 120).

Ούτε αυτή τη φορά η ερμηνεία του Ντρέικ, είναι υπεράνω αμφισβήτησης<sup>187</sup>. Πέρα από το συγκεκριμένο χειρόγραφο, όμως, το κρίσιμο ζήτημα είναι αν ο Γαλιλαίος χειρίζεται την αρχή της αδράνειας, ως ένα νόμο ο οποίος μπορεί να επιβεβαιωθεί εμπειρικά, ή όχι. Υπ' αυτή την έννοια η ερμηνεία του Ντρέικ κινείται στην σωστή κατεύθυνση. Όπως θα δούμε αμέσως, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί το «αδρανειακό» μοντέλο, για να περιγράψει φαινόμενα όπως εξελίσσονται στο φυσικό κόσμο και εξάγει με βάση αυτό συμπεράσματα τα οποία μπορούν να ελεγχθούν εμπειρικά.

### 3.6 Βολές

Ο Γαλιλαίος αφιερώνει την τέταρτη «μέρα» του Discorsi, στο πρόβλημα των βολών. Η αντιμετώπιση του προβλήματος βασίζεται στην προϋπόθεση ότι το κινητό κατά την διάρκεια της βολής εκτελεί δυο κινήσεις: πέφτει ελεύθερα κατά τον κατακόρυφο άξονα και κινείται με σταθερή ταχύτητα κατά τον οριζόντιο. Η καινοτομία του Γαλιλαίου στηρίζεται ακριβώς σε αυτή την έννοια της ταυτόχρονης διενέργειας δύο ανεξάρτητων κινήσεων:

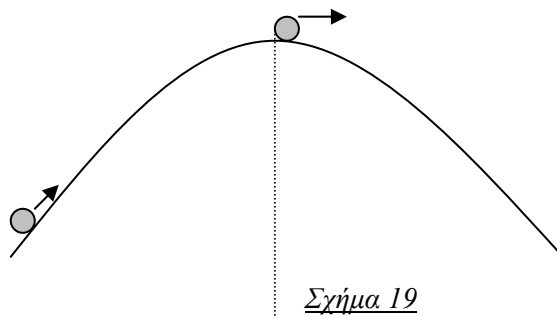


Σχήμα 18

[Ο]ι κινήσεις, ή οι ταχύτητες τους δεν αλλάζουν, διαταράσσουν ή παρεμποδίζουν η μια την άλλη. (Discorsi 273)

<sup>187</sup> βλ. Wisan (1984, 276) και Hill (1986)

Έστω λοιπόν ότι το κινητό πέφτει κατά τον κατακόρυφο άξονα ακολουθώντας τον νόμο της απόστασης, ενώ την ίδια στιγμή στον οριζόντιο άξονα κινείται αδρανειακά, δηλαδή χωρίς να μειώνεται η ταχύτητα του. Χωρίς να μπορούμε σε μαθηματικές λεπτομέρειες, ο Γαλιλαίος από κει και πέρα μπορεί εύκολα να αποδείξει ότι το κινητό που εκτελεί και τις δυο κινήσεις ταυτόχρονα κινείται κατά μήκος της τμήματος παραβολής AB. Η διαδικασία αυτή αντιστρέφεται: αν το κινητό ξεκινήσει από το σημείο B με αρχική ταχύτητα θα διαγράψει το τμήμα παραβολής BA κατά την αντίστροφη φορά. Το πρόβλημα τώρα της πλάγιας βολής, συγκροτείται από δύο συμμετρικά τμήματα οριζόντιων βολών.



Σχήμα 19

Συνοψίζοντας, με τους όρους της παρούσας εργασίας, αυτό που κάνει ο Γαλιλαίος είναι να χρησιμοποιεί τον κανόνα μετασχηματισμού της υπέρθεσης, για να συγκροτήσει το μοντέλο των βολών, από το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης και το αδρανειακό μοντέλο, τα οποία με τη σειρά τους, προήλθαν από οριακό μετασχηματισμό του μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου.

Ας έλθουμε τώρα, στον πειραματικό έλεγχο του μοντέλου των βολών. Ξεκινώντας από το παραβολικό σχήμα της τροχιάς, αυτό είναι πολύ πιθανόν να ήταν γνωστό στο Γαλιλαίο πριν την ανακάλυψη της σχετικής απόδειξης. Σύμφωνα με τους DFLR (Damerow et. al. 1991, 152), ο Γκουιντομπάλντο (Guidobaldo) είχε εκτελέσει ένα πείραμα το οποίο είχε γίνει γνωστό στον Γαλιλαίο. Εκτόξευε μια σφαίρα βουτηγμένη στο μελάνι και παρατηρούσε το σημάδι που άφηνε στον τοίχο. Σύμφωνα με τον Ντρέικ πάλι, ο Γαλιλαίος παρατηρεί το σχήμα της παραβολής στο πείραμα που περιγράφεται από το f.116v (βλ. παραπάνω). Το βέβαιο είναι πάντως, ότι το παραβολικό σχήμα της τροχιάς είναι εμπειρικά ελέγξιμο και μάλιστα σχετικά απλά.

Εκτός από το παραβολικό σχήμα της τροχιάς, στο υπόλοιπο της «τέταρτης μέρας» αποδεικνύει μια σειρά άλλων προτάσεων, οι οποίες είναι επίσης σχετικά

εύκολα ελέγξιμες. Θα σταθώ σε μια μόνο από αυτές, η οποία κάνει τον Γαλιλαίο ιδιαίτερα περήφανο:

Η δύναμη των αναγκαίων αποδείξεων είναι γεμάτη με θαύμα και ευχαρίστηση και τέτοιες είναι μόνο οι μαθηματικές. Ήξερα ήδη, εμπιστευόμενος τις περιγραφές κανονιέρηδων ότι το μέγιστο βεληνεκές όλων των βολών... είναι αυτό που επιτυγχάνεται σε κλίση μισής ορθής. (Discorsi, 296)

Σ' αυτή την περίπτωση, όπως ομολογεί ο ίδιος ο Γαλιλαίος, έχουμε ήδη το αποτέλεσμα του πειραματικού ελέγχου, πριν υπάρξει η μαθηματική απόδειξη. Ο Γαλιλαίος προχωράει κατόπιν και αποδεικνύει ότι πράγματι, με την ίδια αρχική ταχύτητα, το μέγιστο βεληνεκές κατά την βολή επιτυγχάνεται στις  $45^\circ$ .

Σε κάθε περίπτωση πάντως, αυτό που θα πρέπει να κρατήσουμε είναι ότι η πειραματική επιβεβαίωση του μοντέλου των βολών απαιτεί τελείως διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες από τις αντίστοιχες των κεκλιμένων επιπέδων από τα οποία προέρχεται. Απαιτεί κανόνια ή εκτοξευτήρες και συσχετισμούς μεταξύ της γωνίας κλίσης, του βεληνεκούς και του μέγιστου ύψους. Μέσω, όμως, του μοντέλου του βολών, ο Γαλιλαίος ελέγχει εμπειρικά και τα δύο προηγούμενα μοντέλα, το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης και το μοντέλο της αδρανειακής κίνησης, καθώς τα δύο αυτά μοντέλα συνθέτουν το μοντέλο των βολών.

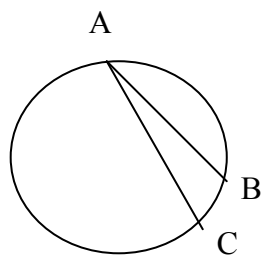
### *3.7 Ισοχρονισμός των Χορδών και Εκκρεμές.*

Ένα από τα θεωρήματα που αποδεικνύει ο Γαλιλαίος στο Discorsi, ο ισοχρονισμός των χορδών, έχει μια ιδιαίτερη σημασία, διότι συνδέει το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου με ένα αρκετά διαφορετικό μοντέλο, αυτό του *εκκρεμούς*. Η σύνδεση των δύο μοντέλων, όπως θα δούμε, έχει κάποια ειδικά χαρακτηριστικά, τα οποία φωτίζουν ένα διαφορετικό τρόπο επέκτασης της νέας επιστήμης του Γαλιλαίου.

Ξεκινώντας λοιπόν, από το θεώρημα ισοχρονισμού των χορδών, ο Γαλιλαίος αποδεικνύει ότι

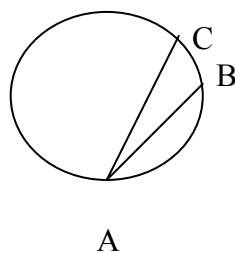


Αν από το ψηλότερο, ή το χαμηλότερο σημείο ενός κατακόρυφου κύκλου, ξεκινάνε οποιαδήποτε κεκλιμένα επίπεδα, τα οποία καταλήγουν στην περιφέρειά του, οι χρόνοι καθόδου κατά μήκος τους, είναι ίσοι. (Discorsi, 221-222)



Σχήμα 20α

Στο σχήμα 20α αναπαριστά την περίπτωση που δύο τυχαία κεκλιμένα επίπεδα AB και AC, ξεκινούν από το ψηλότερο σημείο του κύκλου, ενώ το σχήμα 20β, την περίπτωση που καταλήγουν στο ίδιο σημείο της περιφέρειας του κύκλου:



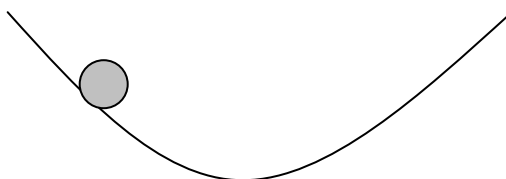
Σχήμα 20β

Σχετικά με το ιστορικό υπόβαθρο του θεωρήματος, φαίνεται ότι ο Γαλιλαίος έχει φτάσει στο θεώρημα το 1602, χρησιμοποιώντας την λανθασμένη παραδοχή αναλογίας ταχύτητας- διαστήματος.<sup>188</sup> Ενδιαφέρον είναι εδώ ότι ο Γαλιλαίος στέλνει το σχετικό θεώρημα στον Γκουιντομπάλντο, ο οποίος όμως έχει δύο αντιρρήσεις. Πρώτον, ο Γκουιντομπάλντο δεν μπορεί να ακολουθήσει την πρόταση του Γαλιλαίου στις ακραίες συνέπειες της, σύμφωνα με τις οποίες, έπρεπε να πιστέψει κανείς ότι ένα κεκλιμένο επίπεδο μήκους λίγων ιντσών διανύεται από ένα σώμα στον ίδιο χρόνο, με το οποίο το ίδιο σώμα διανύει ένα κεκλιμένο επίπεδο χιλιάδων μιλίων (Drake 1978, 69). Η δεύτερη αντίρρηση του Γκουιντομπάλντο αφορά την πειραματική επιβεβαίωση του νόμου. Φαίνεται ότι ο ίδιος<sup>189</sup> προσπάθησε να επιβεβαιώσει τον νόμο του Γαλιλαίου, αφήνοντας ένα σφαιρίδιο να κυλήσει σε μια κοιλότητα,

<sup>188</sup> f. 121, Drake 1978, 67 βλέπε επίσης και Wisan 1974, 162- 171 (f.151r.)

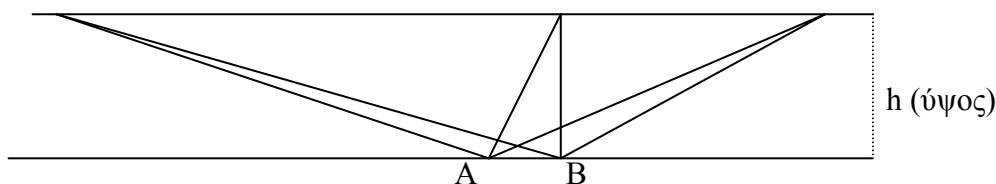
<sup>189</sup> Το γράμμα του Guidobaldo έχει χαθεί. Το τι έγραφε συνάγεται από την απάντηση του Γαλιλαίου.

βρίσκοντας όμως ότι οι χρόνοι που χρειαζόταν το σφαιρίδιο διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους στην περίπτωση που το άφηνε από διαφορετικό ύψος.



Σχήμα 21

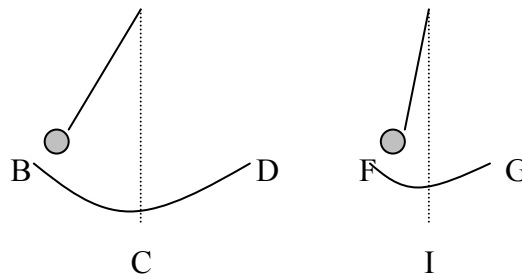
Όσο αφορά την πρώτη αντίρρηση του Γκουιντομπάλντο, σχετικά με την αληθοφάνεια του συμπεράσματος, ο Γαλιλαίος του απαντάει με μια γνωστή γεωμετρική πρόταση.



Σχήμα 22

Οποιαδήποτε τρίγωνα του παραπάνω σχήματος, αφού έχουν την ίδια βάση και το ίδιο ύψος, είναι ισεμβαδικά. Πράγμα που σημαίνει ότι ένα τρίγωνο του οποίου οι δυο πλευρές έχουν μήκος πολλά μίλια είναι ισεμβαδικό με ένα τρίγωνο του οποίου οι πλευρές έχουν μήκος μερικές ίντσες. Ανασυγκροτώντας την απάντηση του Γαλιλαίου με τους όρους της εργασίας, θα λέγαμε ότι δείχνει ότι η συγκεκριμένη πρόταση μπορεί να είναι αληθής στο βαθμό που υπάρχει ένα -τουλάχιστον- μοντέλο στο οποίο είναι αληθής.

Σχετικά με την δεύτερη και σημαντικότερη αντίρρηση του Γκουιντομπάλντο, ο Γαλιλαίος τον προτρέπει να κάνει δυο πράγματα. Πρώτον, να μετρήσει, όχι μια αλλά πολλές ταλαντώσεις του σφαιριδίου στην κοιλότητα και δεύτερον, να μετρήσει ταλαντώσεις εκκρεμούς οι οποίες ξεκινάνε από διαφορετική γωνία.

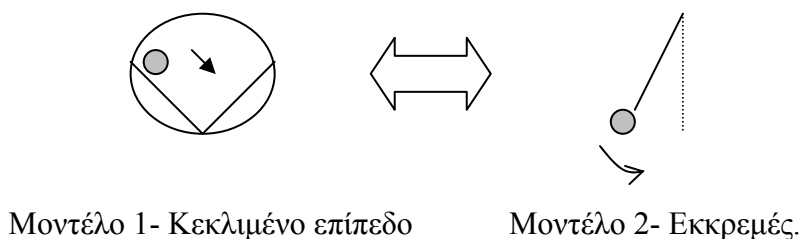


*Σχήμα 23*

Ο Γαλιλαίος αναφέρει ότι μέτρησε εκατό ταλαντώσεις στα δυο εκκρεμή, χωρίς να παρατηρήσει διαφορά στους χρόνους που χρειάστηκε κάθε εκκρεμές για να τις εκτελέσει. Αυτό το αποτέλεσμα είναι κατά τον Γαλιλαίο «το πλέον φανερό σημάδι ότι ένα από αυτά τα μεγάλα τόξα BCD διανύεται στον ίδιο χρόνο όπως τα μικρά τόξα FIG» (ό.π., 70). Σε αυτό το σημείο, όμως, πρέπει να σταθούμε. Τόσο ο Γκουιντομπάλντο όσο και ο Γαλιλαίος ξεκινάνε από ένα θεώρημα το οποίο αφορά χορδές κύκλου και όταν φτάνουν στην πειραματική επιβεβαίωση, αναφέρονται στα αντίστοιχα τόξα. Ξεκινάνε και οι δύο από ένα θεώρημα το οποίο αφορά την κίνηση σε κεκλιμένα επίπεδα και καταλήγουν να μιλάνε για κίνηση στο εσωτερικό κοιλοτήτων και εκκρεμή. Με τους όρους της εργασίας, μιλάνε για ένα διαφορετικό μοντέλο κίνησης.

Πράγματι, ακόμα κι αν έχει δίκιο ο Γαλιλαίος, σχετικά με τον ισοχρονισμό των ταλαντώσεων του εκκρεμούς, δεν έχει αποδείξει ποτέ κάτι τέτοιο. Όπως παραδέχεται εξάλλου ο ίδιος αμέσως μετά, «δεν μπορώ να αποδείξω ότι τα τόξα SIA και IA διανύονται σε ίσους χρόνους, κάτι που αυτή τη στιγμή αναζητώ»<sup>190</sup> (Drake 1978, 71). Αυτό που αναζητά ο Γαλιλαίος, είναι να επεκτείνει τα συμπεράσματα που εξάγει από το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου, στο μοντέλο του εκκρεμούς.

<sup>190</sup> Μια τέτοια γενική απόδειξη δεν υπάρχει, καθώς, όπως γνωρίζουμε σήμερα, ο ισοχρονισμός στην περίπτωση των τόξων ισχύει μόνο για μικρές γωνίες. Ο Μερσέν είχε ήδη παρατηρήσει ότι εκκρεμή με διαφορετική γωνία ταλαντώνονται με διαφορετικές περιόδους (Drake 1990, 17)



Σχήμα 24

Ενώ έχει αποδείξει αυστηρά τον ισοχρονισμό των χορδών (μοντέλο 1) δεν μπορεί να περάσει στην απόδειξη της αντίστοιχης πρότασης για τα τόξα (μοντέλο 2). Γνωρίζει εν τούτοις, δυο πράγματα. Πρώτον, ότι τα μοντέλα *σχετίζονται οριακά*: όσο η γωνία ταλάντωσης μικραίνει, τόσο μικραίνει και η διαφορά μεταξύ τόξου και αντίστοιχης χορδής. Δεύτερον, ότι οι αντίστοιχοι νόμοι στα δύο μοντέλα – ισοχρονισμός των χορδών και ισοχρονισμός των ταλαντώσεων- έχουν ανεξάρτητη πειραματική επιβεβαίωση. Η προσπάθεια λοιπόν του Γαλιλαίου είναι να αντιμετωπίσει θεωρητικά το εκκρεμές, *βλέποντάς το ως κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο*.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της επέκτασης από το κεκλιμένο επίπεδο στο εκκρεμές είναι ο αμφίδρομος χαρακτήρας της. Ο Γαλιλαίος δεν βγάζει μόνο θεωρητικά συμπεράσματα σχετικά με το εκκρεμές, βλέποντας το ως συνδυασμό κεκλιμένων επιπέδων αλλά και αντίστροφα. Θεωρεί ότι πειραματικά δεδομένα που ισχύουν στο εκκρεμές, ισχύουν και κατά την κίνηση σε κεκλιμένα επίπεδα. Συγκεκριμένα, αυτή η «ανάστροφη» αναγωγή φαίνεται ότι είναι ένα από τους λόγους για τους οποίους ο Γαλιλαίος πείθεται ότι οι χρόνοι πτώσης των σωμάτων είναι ανεξάρτητοι του βάρους τους. Από το γράμμα στον Γκουιντομπάλντο είναι φανερό ότι ο Γαλιλαίος γνωρίζει ότι η περίοδος του εκκρεμούς επηρεάζεται μόνο από το μήκος του νήματος και είναι ανεξάρτητη από το βάρος του σώματος. (Drake 1978, 73) Θεωρώντας λοιπόν, ότι τα δύο προβλήματα συνδέονται, μεταφέρει αυτό το συμπέρασμα στην πτώση των σωμάτων, στην οποία εξάλλου έχει ανεξάρτητες πειραματικές μαρτυρίες για την ίδια πρόταση.

Πέρα από αυτό το παράδειγμα ‘αλληλεπιδραστικής’ μεταφοράς, ο ισοχρονισμός των χορδών χρησιμεύει και με έναν άλλο τρόπο στη θεμελίωση του κεντρικού μοντέλου. Όπως θα δούμε παρακάτω, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί το εκκρεμές -

αποδεχόμενος φυσικά τον ισοχρονισμό των ταλαντώσεων- ώστε να μετρήσει χρόνους στα πειράματα της πτώσης.

### 3.8 Επέκταση στο Ηλιακό Σύστημα

Όπως και στην περίπτωση του μοντέλου του ζυγού, ο Γαλιλαίος στην δεύτερη περίοδο του έργου του, επιχειρεί να δει ολόκληρο το *ηλιακό σύστημα*, με τους όρους του κεντρικού μοντέλου του. Στο σχετικό απόσπασμα το οποίο βρίσκεται στο Dialogue<sup>191</sup>, ο Γαλιλαίος επιχειρεί να ερμηνεύσει την εκ Θεού δημιουργία του ηλιακού συστήματος με βάση τους νόμους της επιταχυνόμενης κίνησης. Αυτή η ερμηνεία, όπως θα δούμε, έχει ένα πρόσθετο ιστοριογραφικό ενδιαφέρον, σε σχέση με την αντίστοιχη με όρους ζυγού που επιχειρήσε κατά την περίοδο της Πίζας..

Σύμφωνα με το μοντέλο ηλιακού συστήματος που κατασκευάζει ο Γαλιλαίος, η γη όπως και οι υπόλοιποι πλανήτες, επιταχύνονται, δηλαδή ‘πέφτουν’ προς τον ήλιο, αυξάνοντας συνέχεια την γραμμική ταχύτητα τους. Μόλις οι πλανήτες αποκτήσουν την στιγμιαία εκείνη ταχύτητα ‘η οποία φάνηκε καλή στον Θεϊκό νου’, (Dialogue, 29) εκτρέπονται και τίθενται σε κυκλική τροχιά από τον τελευταίο. Υπολογίζοντας τώρα, με βάση αστρονομικά δεδομένα, τις ταχύτητες με τις οποίες στρέφονται οι πλανήτες γύρω από τον ήλιο, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι όλοι πρέπει να έχουν αρχίσει να επιταχύνονται από το ίδιο σημείο, το οποίο ο Γαλιλαίος το ταυτίζει με το σημείο που ο Θεός κατασκεύασε τους πλανήτες, το σημείο δηλαδή της πλατωνικής κοσμογονίας

Όπως είδαμε προηγουμένως, ο Γαλιλαίος θεωρεί δεδομένη την επιτάχυνση των σωμάτων προς το κέντρο της γης, αρνούμενος να θεωρητικολογήσει πάνω στη φύση ή στα αίτιά της. Το ενδιαφέρον σημείο της αναγωγής του ηλιακού συστήματος στο μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου είναι ότι ο Γαλιλαίος ξεκινάει από την υπόθεση ότι το σημείο του σύμπαντος προς το οποίο επιταχύνονται τα ‘βαριά’ σώματα, δεν είναι η γη, αλλά ο ήλιος. Παρά τη δήλωσή του ότι δεν έχει καμία πειστική εξήγηση για το φαινόμενο της επιτάχυνσης των σωμάτων προς την επιφάνεια της γης, δεν διστάζει να την γενικεύσει σε ολόκληρο το σύμπαν, προετοιμάζοντας με αυτό τον τρόπο την νευτώνεια σύνθεση, που θα επιτευχθεί μισό αιώνα αργότερα.

<sup>191</sup> Το Dialogue εκδίδεται έξι χρόνια πριν το Discorsi, αλλά αυτό δεν έχει σημασία, καθώς φαίνεται ότι εκείνη την περίοδο ο Γαλιλαίος έχει ήδη ολοκληρώσει τις έρευνές του για την κίνηση.

#### 4. Συμπεράσματα και Προοπτικές Έρευνας: Μη- Προτασιακή Προσέγγιση και Ιστορική Ανασυγκρότηση

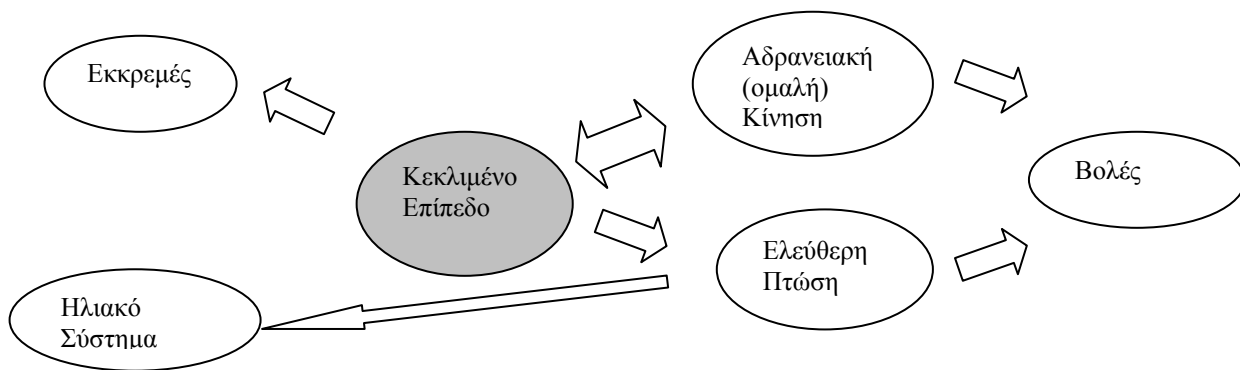
##### 4.1 Οικογενειακές Ομοιότητες και Ενότητα της Επιστήμης

Ποια είναι τελικά η νέα επιστήμη του Γαλιλαίου; Γιατί στα πλαίσια της μελέτης του, ο Γαλιλαίος εξετάζει αυτά ακριβώς τα προβλήματα/μοντέλα και όχι κάποια άλλα; Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι η έννοια της «τοπικής κίνησης» αποτελεί την κατηγορία- «ομπρέλα», στην οποία οι έννοιες «ελεύθερη πτώση», «κίνηση εκκρεμούς» κλπ, αποτελούν ειδικές περιπτώσεις. Γιατί όμως σε αυτή την περίπτωση δεν εξετάζεται από τον Γαλιλαίο η κίνηση ενός σώματος καθώς πέφτει ή ανεβαίνει στο νερό, όπως στο πρώιμο έργο του; Αυτό το πρόβλημα μάλιστα φαίνεται πιο κοντινό στο πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης από το πρόβλημα π.χ. του εκκρεμούς. Δεν φαίνεται, λοιπόν, να υπάρχει ένας αυστηρός ορισμός της «νέας επιστήμης» του Γαλιλαίου, ο οποίος θα παρήγαγε τα συγκεκριμένα προβλήματα τα οποία πραγματεύεται και θα απέκλειε όλα τα υπόλοιπα. Από το άλλο μέρος, αν περιγραφόταν η ενότητα της επιστήμης που εγκαθιδρύει ο Γαλιλαίος με μια γενικόλογη διατύπωση περί *οικογενειακών ομοιοτήτων* θα χανόταν η καινοτομία της όλης επιχείρησης. Τα προβλήματα τα οποία λύνει ο Γαλιλαίος δεν συνδέονται απλώς με κάποιες οικογενειακές ομοιότητες αλλά με κάτι ισχυρότερο: είναι αναγώγιμα το ένα στο άλλο και, σε τελική ανάλυση στο κεντρικό πρόβλημα-μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου. Η αναγωγή του ενός προβλήματος στο άλλο, δεν είναι ένα εξωτερικό χαρακτηριστικό, μια εκ των υστέρων φιλοσοφική ερμηνεία αλλά απετέλεσε, όπως είδαμε, συστατικό στοιχείο της λύσης ενός νέου προβλήματος, ή, ισοδύναμα, της κατασκευής ενός νέου μοντέλου.

Η προσέγγιση μέσω οικογενειακών ομοιοτήτων μειονεκτεί επίσης ερμηνευτικά στο θέμα του τρόπου με τον οποίο το νόημα των εννοιών προσδιορίζεται και επαναπροσδιορίζεται, στην επιστήμη. Σύμφωνα με τον Βιτγκενστάιν, το νόημα μιας λέξης πρέπει να αναζητηθεί στις χρήσεις της στα διάφορα πλαίσια («γλωσσικά παιχνίδια»). Αυτές οι χρήσεις, παρουσιάζουν μεταξύ τους «ομοιότητες εδώ και εκεί», αλλά κατά βάση διαφέρουν, όπως διαφέρουν οι χρήσεις διαφορετικών εργαλείων σε μια εργαλειοθήκη (Wittgenstein 1977, §11). Ακόμα κι αν συμβαίνει αυτό με τις λέξεις της καθημερινής γλώσσας, μια από τις περισσότερο κοινές διαισθήσεις που έχουμε

είναι ότι οι επιστημονικές έννοιες χρησιμοποιούνται με περισσότερο αυστηρό τρόπο. Το τελευταίο δεν σημαίνει απαραίτητα την ύπαρξη ορισμών μέσω ικανών και αναγκαίων συνθηκών, πέρα από την χρήση σε συγκεκριμένες εμπειρικές εφαρμογές. Όπως είδαμε στην περίπτωση της ταχύτητας, μια έννοια ορισμένη στο πλαίσιο της ομαλής κίνησης αναπροσαρμόζεται ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο των μεταβαλλόμενων κινήσεων. Η «ταχύτητα» δεν χρησιμοποιείται με αυτό τον τρόπο, σαν «τανάλια» στο πλαίσιο του «γλωσσικού παιχνιδιού» της μεταβαλλόμενης κίνησης και σαν «σφυρί» στο «γλωσσικό παιχνίδι» της ομαλής. Αν θέλαμε, να χρησιμοποιήσουμε μια μεταφορά, θα λέγαμε ότι ο Γαλιλαίος κάνει κάποιες μετατροπές στο «εργαλείο- ταχύτητα» το οποίο χρησιμοποιείται στην ομαλή κίνηση, για να μπορεί να μπορεί να το χρησιμοποιήσει και στην μεταβαλλόμενη. Σε κάθε περίπτωση όμως μιλάμε για το ίδιο «εργαλείο» με μεγαλύτερη ευελιξία χρήσης και για αυτό ακριβώς τον λόγο ικανό να αντικαταστήσει πλήρως το παλιό εργαλείο. Για να συνεχίσω τη μεταφορά, αν ο Γαλιλαίος μετατρέπει τη μια μεριά ενός σφυριού σε πεπλατυσμένη τσάπα, ανακαλύπτοντας με αυτό τον τρόπο το σκεπάρνι, το πίσω μέρος του «σκεπαρνιού» πρέπει να είναι βαρύ και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάντα σαν σφυρί. Με αυτό τον τρόπο η ύπαρξη ξεχωριστού εργαλείου-σφυριού, δεν είναι απαραίτητη. Η προσέγγιση με βάση τα μοντέλα μοιράζεται ωστόσο την βασική προκείμενη της βιτγκεσταϊνικής οπτικής: κανείς δεν μπορεί να μάθει τι είναι το «σκεπάρνι», χωρίς να εκπαιδευτεί σε συγκεκριμένες λειτουργίες και χρήσεις του.

Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να συνοψίσουμε την μη- προτασιακή ανασυγκρότηση της «νέας επιστήμης» του Γαλιλαίου, ως εξής.



Σχήμα 25

Ο Γαλιλαίος ξεκινάει από το εννοιολογικό πλαίσιο των ομαλών ταχυτήτων, όπως αυτό χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα. Το πλαίσιο αυτό υπάρχει πριν τον Γαλιλαίο, ως θεωρητικό μοντέλο χειρισμού προβλημάτων ομαλής κίνησης. Μέσω ενός κανόνα μετασχηματισμού («κανόνας του Μέρτον»), επεκτείνει αυτό το πλαίσιο, ώστε να μπορεί να χειριστεί προβλήματα ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, όπως αυτή διεξάγεται σε κεκλιμένα επίπεδα. Ξεπερνώντας τα προβλήματα που δημιουργεί αυτή η επέκταση καταφέρνει να συγκροτήσει το *μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου*. Το τελευταίο συνίσταται, πρώτον, σε μία εξιδανικευμένη νοητική κατασκευή στην οποία ορίζονται οι αντίστοιχες έννοιες και νόμοι. Δεύτερον, στον προσδιορισμό των αντίστοιχων πειραματικών διαδικασιών, στις οποίες αυτή η κατασκευή αναφέρεται και τρίτον, στους τρόπους (τεχνικές) με τους οποίους οι θεωρητικές προβλέψεις του μοντέλου ελέγχονται πειραματικά.

Με αυτό τον τρόπο έχει στα χέρια του ένα μοντέλο, ένα υπόδειγμα, ένα καλώς λυμένο πρόβλημα, το οποίο χρησιμοποιεί ως βάση για να κατασκευάσει άλλα μοντέλα, τα οποία με τη σειρά τους περιγράφουν διαφορετικά φαινόμενα και ελέγχονται με διαφορετικούς τρόπους. Η ελεύθερη πτώση και η αδρανειακή κίνηση, είναι δύο μοντέλα, τα οποία κατασκευάζονται από τον –οριακό– μετασχηματισμό του μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου. Ο συνδυασμός- υπέρθεση, αυτών των δύο μοντέλων, δίνει το μοντέλο των βολών. Ο Γαλιλαίος ξέρει επίσης ότι το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου συνδέεται με το εκκρεμές αλλά δεν μπορεί να βρει τον αυστηρό κανόνα μετασχηματισμού, ο οποίος θα του εξασφαλίσει την αναγωγή του ενός στο άλλο. Με την επέκταση τέλος στο ηλιακό σύστημα ο Γαλιλαίος δίνει την



κατευθυντήριες γραμμές για την συνέχιση και την επέκταση της επιστήμης της κίνησης σε προβλήματα εκτός γης.

Σε όλες τις παραπάνω προσπάθειες επέκτασης του κεντρικού μοντέλου δεν χρειάζεται καμία πρόσθετη αρχή. Οι τρόποι επέκτασης εκμαιεύονται από το ίδιο το κεντρικό μοντέλο μέσα από τις ρητές ή υπόρρητες παραδοχές που στηρίζουν τον επιτυχή θεωρητικό και πειραματικό χειρισμό του.

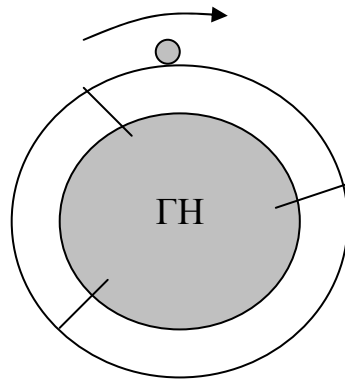
#### *4.2 Αρχή της Αδράνειας και μη Προτασιακότητα*

Θα μπορούσε, βέβαια, κάποιος να απορρίψει όλη την ανασυγκρότηση που αποτυπώνεται στο σχήμα 25 και να επιμείνει στη προτασιακή ανασυγκρότηση της επιστήμης του Γαλιλαίου. Σύμφωνα με αυτήν, αυτό που ανακαλύπτει ο Γαλιλαίος είναι προτάσεις που εκφράζουν φυσικούς νόμους. Οι τελευταίοι, θα πρέπει αφενός, να είναι εμπειρικά ελέγξιμοι και αφετέρου, εφαρμόσιμοι σε διάφορες περιπτώσεις. Όπως είδαμε στο πρώτο μέρος δεν υπάρχει κανένας τρόπος να απορριφθεί η γενική ή μερική χρήση της προτασιακής ανασυγκρότησης καθώς δεν μπορεί να κατασκευαστεί ένα πραγματικά πειστικό επιχείρημα το οποίο θα ακυρώνει το προτασιακό φιλοσοφικό πρότυπο. Αυτό όμως που μπορούμε να κάνουμε σε αυτό το σημείο είναι να ξαναδούμε συγκριτικά την προτασιακή και τη μη προτασιακή ανασυγκρότηση υπό το φως της παρουσίασης που προηγήθηκε και παίρνοντας ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Ως τέτοιο, θα επιλέξω την «αρχή» της αδράνειας.

Ένα από τα ανοιχτά ζητήματα της ιστοριογραφίας είναι το αν ο Γαλιλαίος ήταν από τους πρώτους εισηγητές της –σημερινής- ευθύγραμμης αρχής της αδράνειας, ή, αν αντίθετα, υιοθετεί και χρησιμοποιεί μια δική του αρχή, «κυκλικής» αδράνειας. Ένα συγγενές ερώτημα τίθεται στα πλαίσια της φιλοσοφίας της επιστήμης: η αρχή της αδράνειας είναι εμπειρικά ελέγξιμη ή αποτελεί a priori αρχή που θεμελιώνεται στη λογική και οργανώνει την εμπειρία; Και τα δύο ερωτήματα φέρουν, από την διατύπωσή τους και μόνο, τις προϋποθέσεις του προτασιακής ανασυγκρότησης. Το πρώτο προϋποθέτει ότι το νόημα της «αρχής της αδράνειας» μπορεί να είναι καθορισμένο εκτός των συγκεκριμένων πλαισίων χρήσης ή μοντέλων και το δεύτερο προϋποθέτει την διάκριση ανάμεσα στην «λογική» και την «εμπειρία» ή την «σύνταξη» και την «σημασία». Ας το δούμε πιο συγκεκριμένα.

Σχετικά με το πρώτο ερώτημα, θα ξεκινήσω με μια παρατήρηση του Ντρέικ, σύμφωνα με τον οποίο, πρέπει να απαρνηθούμε «τις σύγχρονες διαμάχες γύρω από

την παραπλανητική ερώτηση σχετικά με το ποια εκδοχή θεώρησε σωστή ο Γαλιλαίος για κάθε δυνατό σκοπό» (Drake 1978, 60). Ξεκινώντας από αυτή τη βάση, πρέπει όμως, να κρατηθούν οι αποστάσεις από κάποιον ακραίο πραγματισμό, ο οποίος θα αλλοίωνε την εικόνα του γαλιλαϊκού έργου. Ο Γαλιλαίος δεν ασκούσε κάποια πρακτική τέχνη μέσω κάποιων 'ελαστικών' και διαφοροποιημένων ανά περίπτωση κανόνων. Ο στόχος του Γαλιλαίου ήταν να εγκαθιδρύσει μια επιστήμη της κίνησης, τόσο αυστηρή όσο η γεωμετρία και με αυτή την έννοια μια γενική επίκληση περί προσαρμογής στον σκοπό δεν μπορεί να αποτελεί την πλήρη απάντηση. Όπως είδαμε παραπάνω, στην πραγματικότητα ο Γαλιλαίος μια και μόνο μια κίνηση θεωρεί αέναη, την κίνηση που κάνει μια σφαίρα σε μια επιφάνεια της οποίας όλα τα σημεία ισαπέχουν από το κέντρο της γης.



Σχήμα 26

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, ο Γαλιλαίος χρησιμοποιεί μια «αδράνεια», την οποία θα χαρακτηρίσω προς στιγμήν «κυκλική», μετατρέψιμη σε ευθύγραμμη στην περίπτωση που το κεκλιμένο επίπεδο είναι πολύ μικρό σχετικά με την ακτίνα της γης. Η ευθύγραμμη αδράνεια, ως εκ τούτου, είναι οριακή περίπτωση της «κυκλικής» αδράνειας για προβλήματα κοντά στη επιφάνεια της γης. Αν λοιπόν θα έπρεπε να απαντήσουμε ποια κίνηση θεωρεί ο Γαλιλαίος αέναη, η απάντηση θα ήταν «την κυκλική». Με τη διαφορά ότι αυτή η κυκλική κίνηση, για να είναι αέναη πρέπει να γίνεται κοντά στην επιφάνεια της γης, σε μια άτριβη επιφάνεια η οποία διατηρεί σταθερή απόσταση από το κέντρο της γης, όπως στο σχήμα 26. Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις όμως, όχι μόνο ο Γαλιλαίος είναι συνεπής ως προς το σύστημά του αλλά είναι απολύτως συμβατός με την κλασική φυσική. Για να εξηγήσουμε το τελευταίο, πρέπει να θυμηθούμε ότι ολόκληρη η επιστήμη της

κίνησης του Γαλιλαίου στηρίζεται στην παραδοχή της ύπαρξης επιτάχυνσης προς το κέντρο της γης. Με δεδομένη αυτή την παραδοχή, η αέναη κίνηση είναι στην πραγματικότητα η κίνηση που γίνεται σε επίπεδο που ακολουθεί την επιφάνεια της γης. Αυτή θα ήταν και σήμερα η απάντηση αν ετίθετο το ερώτημα σχετικά με το «πώς θα μπορούσαμε να πετύχουμε –θεωρητικά– αέναη κίνηση κοντά στην επιφάνεια της γης;». Το τελευταίο μας οδηγεί στα αναπάντεχο στα πλαίσια της προτασιακής ανασυγκρότησης συμπέρασμα, ότι ναι μεν ο Γαλιλαίος υποστηρίζει κάποιο είδος «κυκλικής αδράνειας», αλλά αυτή είναι απολύτως «σωστή» με όλο το αναχρονιστικό νόημα της τελευταίας λέξης. Παρά την κυκλική του «αδράνεια» ο Γαλιλαίος σε αυτό τουλάχιστον το σημείο, βρίσκεται πλήρως ταυτισμένος με την αντιμετώπιση της κίνησης ενός σώματος απουσία τριβών, η οποία γίνεται στα πλαίσια της κλασικής φυσικής. Στην πραγματικότητα, το συγκεκριμένο ζήτημα είναι τόσο σαφές, ώστε δεν τίθεται καν ζήτημα ιστορικής ερμηνείας. Το πρόβλημα τίθεται μόνο όταν κάποιος θεωρήσει σοβαρά, ότι η «αρχή της αδράνειας» επέχει θέση βασικής πρότασης-αξιώματος στη φυσική της οποίας το νόημα είναι καθορισμένο πριν και ανεξάρτητα από το υπόλοιπο εννοιολογικό οικοδόμημα και την εμπειρική χρήση του.

Ας έλθουμε τώρα στο δεύτερο πρόβλημα, σχετικά με την εμπειρική ή νοητική προέλευση της συγκεκριμένης «αρχής» και των δυνατοτήτων πειραματικού ελέγχου της. Όπως είδαμε προηγουμένως, η «αρχή» αυτή, συνδέθηκε από το Γαλιλαίο με την κίνηση ενός σώματος στο αέρα στην περίπτωση οριζόντιας ή πλάγιας βολής. Στην εξήγηση του Γαλιλαίου, η οποία ουσιαστικά ταυτίζεται με αυτή που διδάσκεται σήμερα στα πλαίσια της κλασικής φυσικής, θεωρείται ότι, καθώς οι τριβές από τον αέρα είναι πολύ μικρές, το σώμα κατά τον οριζόντιο άξονα εκτελεί αδρανειακή κίνηση. Αυτή η παραδοχή ελέγχεται έμμεσα, από τα πειραματικά αποτελέσματα, όπως το παραβολικό σχήμα της τροχιάς ή η γωνία μεγίστου βεληνεκούς. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η αρχή αυτή είναι διαψεύσιμη από κάποιο μοναδικό ή «κρίσιμο πείραμα». Αν, π.χ., το σχήμα της πλάγιας βολής δεν ήταν παραβολικό, πιθανόν να έφταιγε η αρχή της αδράνειας, πιθανόν όμως να έφταιγε και κάποια άλλη προϋπόθεση η οποία χρησιμοποιήθηκε στο σχετικό μοντέλο. Οποιαδήποτε αλλαγή, όμως, ή μετατροπή, ή ειδική παραδοχή που γίνεται σε κάποιο μοντέλο, έχει επιπτώσεις σε ολόκληρη την επιστήμη, αφού τα μοντέλα συνδέονται με αυστηρό τρόπο μέσω των κανόνων μετασχηματισμού. Οι σχετικές αιτιάσεις, ως εκ τούτου, για την απόκλιση θεωρητικών προβλέψεων-πειράματος πρέπει να είναι συμβατές με τα υπόλοιπα

μοντέλα και να μπορούν να ελεγχθούν με τη σειρά τους. Ο Γαλιλαίος ελέγχει πράγματι εμπειρικά την «αρχή της αδράνειας» του αλλά αυτός ο έλεγχος αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου ελέγχου (στη συγκεκριμένη περίπτωση του μοντέλου των βολών) και μόνο σε αυτά τα πλαίσια μπορεί να γίνει κατανοητός. Το ερώτημα στην προσέγγιση την οποία επιχειρώ δεν είναι αν η «αρχή» της αδράνειας έχει εμπειρική ή νοητική προέλευση. Το ερώτημα είναι ο τρόπος με τον οποίο επεκτείνεται το αδρανειακό μοντέλο κίνησης ώστε να κατασκευαστεί το μοντέλο των βολών. Με τη σειρά του αυτό το μοντέλο για να φτάσει να έχει πρακτική χρησιμότητα θα πρέπει να διορθωθεί ώστε να ληφθούν υπ' όψη οι τριβές από τον αέρα, πιθανές μεταβολές της επιτάχυνσης κοκ. Αυτό που ισχυρίζομαι με μια πρόταση είναι ότι, σε τελική ανάλυση, τα γνωσιολογικά θεμέλια της λύσης ενός πραγματικού φυσικού ή μηχανικού προβλήματος δεν βρίσκονται ούτε σε νοητικές αρχές, ούτε σε επαγόμενους από την εμπειρία «νόμους». Για να λυθεί ένα σύνθετο πρόβλημα πρέπει να κατασκευαστεί ένα μοντέλο για αυτό. Αυτό με τη σειρά του ανάγεται στην σύνθεση και τον συνδυασμό άλλων απλούστερων μοντέλων. Η παραπάνω τετριμμένη διαδικασία σε επίπεδο καθημερινής επιστημονικής πρακτικής έχει το δικό της φιλοσοφικό ενδιαφέρον και γεννάει καινούργια ερωτήματα γύρω από τον τρόπο και την νομιμοποίηση αυτής της επέκτασης.

#### *4.3 Το Πρόβλημα των Προσεγγίσεων και ο Αναδραστικός Χαρακτήρας της Επιβεβαίωσης*

Για να έρθουμε τώρα στο ζήτημα των σχέσεων θεωρίας- εμπειρίας, στα πλαίσια της μη προτασιακής προσέγγισης, το πρόβλημα δεν είναι πως επιβεβαιώνονται εμπειρικά συγκεκριμένες αρχές, όπως αυτή της αδράνειας ούτε ολόκληρες επιστημονικές θεωρίες, όπως η νευτώνεια μηχανική, αλλά πως επιβεβαιώνονται εμπειρικά συγκεκριμένα μοντέλα, όπως αυτό της αδρανειακής κίνησης ή αυτό των βολών.

Το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου που κατασκευάζει ο Γαλιλαίος, φαίνεται ότι έχει ισχυρή πειραματική επιβεβαίωση. Ακόμα όμως κι αν δεχτούμε την κατά Ντρείκ εικόνα του πειραματιστή Γαλιλαίου, το πείραμα δεν θα μπορούσε ποτέ να του δώσει κάτι καλύτερο από ένα αποτέλεσμα του τύπου:

*με πολύ καλή προσέγγιση οι διανυόμενες αποστάσεις είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των αντίστοιχων χρόνων.*

Αν πάμε τώρα στο μοντέλο της ελεύθερης πτώσης, ακόμα και αν έκανε ο Γαλιλαίος το περίφημο πείραμα της Πίζας, αυτό που θα διαπίστωνε είναι ότι

*Δυο διαφορετικού βάρους σώματα, όταν αφήνονται από το ίδιο ύψος, φτάνουν στο έδαφος σχεδόν μαζί.*

Ο πειραματικός έλεγχος επίσης του μοντέλου των βολών, θα έδειχνε ότι

*Η κίνηση μιας σφαίρας, βρεγμένης με μελάνι, αφήνει μια γραμμή που μοιάζει να είναι παραβολική.*

*Η ότι,*

*Το μέγιστο βεληνεκές μιας βολής, επιτυγχάνεται υπό γωνία 45° εντός της διακριτικής ικανότητας των σχετικών οργάνων.*

Ο ίδιος ο Γαλιλαίος έχει φυσικά αίσθηση αυτής της απόστασης θεωρητικών προβλέψεων και πειραματικών αποτελεσμάτων:

Παραδέχομαι ότι τα συμπεράσματα που αποδεικνύονται με αφηρημένο τρόπο τροποποιούνται (όταν περνάμε) στο συγκεκριμένο και έτσι διαψεύδουν ότι η οριζόντια κίνηση είναι ομοιόμορφη και ότι η φυσική επιτάχυνση εμφανίζεται [ακριβώς] στο λόγο που υποθέσαμε και ότι η γραμμή της βολής είναι ακριβώς παραβολική κοκ. ... (*Discorsi* 274)

Οι εξηγήσεις που δίνει για τις ασυμφωνίες θεωρίας- παρατήρησης είναι οι συνήθειες: ο ρόλος του μέσου και των τριβών, παράγοντες που θεωρήθηκαν αμελητέοι, προσεγγίσεις που έγιναν για λόγους απλοποίησης κ.ο.κ. Πρέπει όμως να προσέξουμε ότι οι ίδιες εξηγήσεις μπορούν να δοθούν στην περίπτωση ασυμφωνίας μιας πρότασης- νόμου και ενός και μοναδικού πειράματος το οποίο την «ελέγχει». Οι δύο περιπτώσεις είναι σαφώς διαφορετικές, καθώς στην περίπτωση της μιας και μοναδικής πρότασης, δεν υπάρχει κανένα κριτήριο εκτίμησης των αποκλίσεων ή ελέγχου των ad hoc υποθέσεων. Αυτό που νομιμοποιεί τις προσεγγίσεις στην περίπτωση του Γαλιλαίου είναι ο *αναδραστικός χαρακτήρα* της πειραματικής

επιβεβαίωσης : η προσέγγιση που επιτυγχάνεται στα πλαίσια κάθε μοντέλου, δεν κρίνεται μόνο αυτόνομα αλλά ενισχύεται από πιθανή ύπαρξη «καλών» προσεγγίσεων σε άλλα μοντέλα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τους κανόνες μετασχηματισμού. Αν το μοντέλο του κεκλιμένου επιπέδου δίνει κατά σύμπτωση καλά αποτελέσματα, τότε πρέπει να εξηγηθεί, γιατί το ίδιο μοντέλο συνεχίζει να δίνει καλά αποτελέσματα ως αυτόνομο μέρος του μοντέλου των βολών. Αλλά και αντίστροφα, αν υπάρχει σημαντική απόκλιση κατά τον πειραματικό έλεγχο του μοντέλου των βολών, αυτό θα έθετε σε αμφιβολία αποκλίσεις που θεωρήθηκαν μη σημαντικές π.χ. κατά τον πειραματικό έλεγχο του μοντέλου του κεκλιμένου επιπέδου. Με αυτό τον τρόπο καταργείται η διαχωριστική γραμμή μεταξύ του «πλαισίου ανακάλυψης» και του «πλαισίου δικαιολόγησης, καθώς το πρώτο αφήνει για πάντα τα ίχνη του στο δεύτερο: Η χρονική και σταδιακή διαδικασία συγκρότησης μιας επιστημονικής θεωρίας και της αντίστοιχης πειραματικής εμπειρίας, αποτυπώνεται στην «άχρονη» δομή του σχήματος 25, μέσω του αναδραστικού χαρακτήρα του εμπειρικού- πειραματικού ελέγχου.

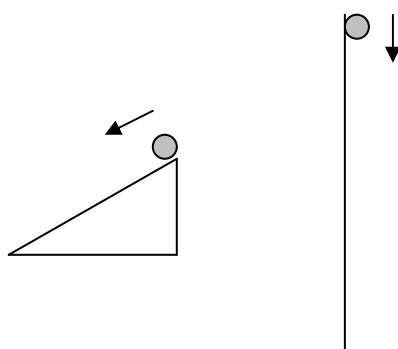
Θα μπορούσε να ισχυριστεί βέβαια κάποιος ότι ο αναδραστικός χαρακτήρας της πειραματικής επιβεβαίωσης μπορεί να αναπτυχθεί και στα πλαίσια μίας προτασιακής φιλοσοφίας ή μιας φιλοσοφίας η οποία δεν χρησιμοποιεί την έννοια του μοντέλου. Η θεωρία των επεκτεινόμενων προτύπων, όμως, έχει ένα επιστημολογικό πλεονέκτημα απέναντι σε αυτές τις προσεγγίσεις. Σε μια κλασική προσέγγιση υπάρχουν δύο δυνατότητες ανάπτυξης του αναδραστικού χαρακτήρα. Η μια είναι να θεωρήσουμε ότι αυτό που ελέγχεται κάθε φορά είναι η ίδια θεωρία σε διαφορετικά προβλήματα-εφαρμογές. Με αυτό τον τρόπο η θεωρία αποδεικνύει την γενικότητά της μέσω της «αντοχής» της σε διαφορετικές υλοποιήσεις της. Ο δεύτερος τρόπος είναι να θεωρήσουμε ότι διαφορετικά τμήματα της θεωρίας χρησιμοποιούνται ως δεδομένα για να δοκιμαστούν πειραματικά κάποια άλλα. Με αυτό τον τρόπο η πειραματική επιβεβαίωση της θεωρίας βασίζεται σε αυτή τη διαδικασία αυτο- θεμελίωσής της. Στην περίπτωση όμως που αντιμετωπίσουμε την θεωρία ως σύμπλεγμα μοντέλων και όχι προτάσεων, ο αναδραστικός χαρακτήρας αποκτάει ένα άλλο νόημα. Στην περίπτωση του πειραματικού ελέγχου μέσω των μοντέλων, δεν ελέγχεται η αλήθεια ή το ψεύδος μιας έτοιμης και συγκροτημένης θεωρίας η οποία αφορά όλο το φυσικό κόσμο και είναι δομημένη σε ένα σύνολο προτάσεων. Αυτό που ελέγχεται είναι αν οι επιτυχείς θεωρητικοί χειρισμοί συγκεκριμένων φαινομένων μπορούν να επεκταθούν σε όλο και μεγαλύτερες περιοχές. Με αυτό τον τρόπο, σε κάθε μοντέλο ελέγχεται

κάθε φορά η ίδια θεωρία αλλά την ίδια στιγμή διαφορετική. Η ίδια, από την στιγμή που ελέγχονται το ίδιο σύνολο των βασικών νόμων και χρησιμοποιείται το ίδιο εννοιολογικό οπλοστάσιο αλλά την ίδια στιγμή διαφορετική, αφού οι νόμοι και οι έννοιες πρέπει σε κάθε μοντέλο να υποστούν τις κατάλληλες προσαρμογές. Με αυτό τον τρόπο, η «αλήθεια» ή η «εμπειρική επάρκεια» μιας θεωρίας ταυτίζεται τελικά, όχι τόσο με την αντιστοιχία της με τον φυσικό κόσμο, όσο με την ικανότητά της να επεκτείνεται σε όλο και μεγαλύτερες περιοχές του.

#### 4.4 Ο «Ολιστικός» Χαρακτήρας της Πειραματικής Δοκιμασίας

Θα κλείσω το κεφάλαιο με ένα παράδειγμα πραγματικής διαδικασίας μέτρησης χρόνου, από τον Γαλιλαίο, ώστε να δούμε τον τρόπο που εμπλέκει διαφορετικά τμήματα της θεωρίας -ή διαφορετικά μοντέλα με την ορολογία της εργασίας- κατά τον πειραματικό έλεγχο μιας «πρότασης».

Σε ερώτηση του Μπαλιάνι (Baliani) για το πως μέτρησε ότι ένα σώμα διανύει 100 braccia σε 5 δευτερόλεπτα ο Γαλιλαίος περιγράφει την ακόλουθη πειραματική διαδικασία (Drake 1978, 399). Ξεκινάει απομονώνοντας δυο προβλήματα που έπρεπε να λύσει ώστε να καταλήξει στην παραπάνω πρόταση. Πρώτον, θα έπρεπε να μετρήσει με ένα τρόπο τον χρόνο πτώσης του σώματος και δεύτερον, να βρει τη σχέση αυτού του χρόνου με τις 24 ώρες (πλήρης περιστροφή της σφαίρας των απλανών).



Σχήμα 27

Καταρχήν, ο Γαλιλαίος υπολογίζει με βάση την θεωρία του το μήκος και την κλίση που πρέπει να έχει ένα κεκλιμένο επίπεδο, ώστε η κίνηση σε αυτό να γίνεται

στον ίδιο χρόνο, με την κίνηση ενός σώματος το οποίο εκτελεί ελεύθερη πτώση από τα 300 braccia<sup>192</sup>. Με αυτό τον τρόπο, ο Γαλιλαίος μετράει την πτώση ενός σώματος από τα 300 braccia χωρίς ποτέ, κανένα σώμα να πέσει από τα 300 braccia! Στην κυριολεξία μετράει τον χρόνο που κάνει το σώμα το οποίο κυλάει στο κεκλιμένο επίπεδο το οποίο διανύει -βάσει της θεωρίας του- ισοδύναμο διάστημα.

Σχετικά τώρα με το πρόβλημα της μέτρησης του χρόνου για την κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο, «[α]υτό θα το αντιμετωπίσουμε με την θαυμάσια ιδιότητα του εκκρεμούς, το οποίο κάνει όλες τις ταλαντώσεις του, μικρές ή μεγάλες, σε ίσους χρόνους». (Drake 1978, 399) Ένα εκκρεμές, λοιπόν, ταλαντώνεται και ο χρόνος πτώσης δίνεται σε αριθμό ταλαντώσεων. Απομένει τώρα το πρόβλημα της εύρεσης του ποσοστού των 24 ωρών, το οποίο αντιπροσωπεύουν οι μετρούμενες ταλαντώσεις. Για να προσδιοριστεί αυτό, ένα άλλο εκκρεμές με βολικότερο ίσως μήκος, παρακολουθείται κατά την διάστημα που ένα αστέρι (απλανής) περνάει δεύτερη φορά από την ίδια θέση. Με αυτό τον τρόπο έχουμε τον αριθμό των ταλαντώσεων τις οποίες εκτελεί σε 24 ώρες αυτό το εκκρεμές- πρότυπο. Κατόπιν μπορούμε να βρούμε τις ταλαντώσεις που θα εκτελούσε οποιοδήποτε άλλο εκκρεμές βάζοντας απλώς να κτυπάει για το ίδιο χρονικό διάστημα με το εκκρεμές- πρότυπο και παίρνοντας την αναλογία των ταλαντώσεων. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται το ποσοστό που οι ταλαντώσεις του εκκρεμούς μέτρησης αντιστοιχούν στις 24 ώρες και καταλήγουμε στα 5 δευτερόλεπτα.

Με τον παραπάνω τρόπο, σε μια μέτρηση χρόνου, διαπλέκονται και συσχετίζονται τουλάχιστον 4 διαφορετικά φαινόμενα και τα αντίστοιχα θεωρητικά μοντέλα. Το πρώτο είναι η κίνηση της σφαίρας των απλανών, την οποία για να την θεωρήσουμε ως μέτρο όλων των χρονικών διαστημάτων πρέπει να υποθέσουμε ότι κάθε περιστροφή της διαρκεί τον ίδιο χρόνο. Το δεύτερο είναι το εκκρεμές και η ιδιότητα του να ταλαντώνεται στον ίδιο χρόνο παρόλο που η γωνία ταλάντωσης μπορεί να μικραίνει. Το τρίτο είναι η κίνηση (κυριολεκτικά η κύλιση) στο κεκλιμένο επίπεδο για την οποία ισχύουν οι γνωστοί νόμοι. Και το τέταρτο είναι η πτώση ενός σώματος από συγκεκριμένο ύψος. Το ερώτημα που τίθεται αφορά το τέταρτο φαινόμενο, κι όμως, είναι το μόνο φαινόμενο που δεν έλαβε χώρα κατά την διαδικασία!

---

<sup>192</sup> Ο Γαλιλαίος έχει αποδείξει ότι σε ίσους χρόνους το κινητό διανύει τέτοια διαστήματα στο κεκλιμένο επίπεδο και στην κατακόρυφο, ώστε το μήκος του κεκλιμένου επιπέδου να είναι ο μέσος ανάλογος μεταξύ το ύψος αυτού του επιπέδου και του μήκους ολόκληρου του διαστήματος που θα διανυθεί στον ίδιο χρόνο.



Το είδος της παραπάνω «εμπειρικής επαλήθευσης» δεν αποτελεί καθόλου εξαιρετική περίπτωση ή προσιδιάζουσα μόνο την εποχή του Γαλιλαίου. Το μόνο που λείπει από το παράδειγμα για να συμπληρωθεί η εικόνα της πειραματικής διαδικασίας στην σύγχρονη φυσική είναι οι πολλαπλοί και ανεξάρτητοι από τη συγκεκριμένη διαδικασία πειραματικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνουν για τον αν π.χ. ισχύει πράγματι ο ισοχρονισμός του εκκρεμούς, αν ένας διαφορετικός τρόπος μέτρησης θα μας έδινε το ίδιο αποτέλεσμα κ.ο.κ. Αν συγκρίνουμε τώρα αυτή την εικόνα με το προτασιακό πρότυπο της επιστήμης όπως διαμορφώθηκε από τον λογικό θετικισμό η απόσταση είναι πράγματι τεράστια. Σύμφωνα με την «σκληροπυρηνική» προτασιακή προσέγγιση η πρόταση,

«ένα σώμα πέφτει από το ύψος 300 braccia σε χρόνο 5 δευτερολέπτων»

μπορεί να ελεγχθεί με βάση κάποια εμπειρικά δεδομένα, με τρόπο τελεσίδικο και ανεξάρτητα βέβαια από την υπό έλεγχο γενικότερη θεωρία. Αυτό το είδος εμπειρικού ελέγχου ήταν τελικά ένα μοντέλο των πρώτων φιλοσόφων της επιστήμης, το οποίο δεν απλοποιεί απλώς την εικόνα που έχουμε για την διαδικασία του πειραματικού ελέγχου στην επιστήμη αλλά ακυρώνει τα βασικά χαρακτηριστικά της, ουσιαστικά την «κανονικοποιεί», σύμφωνα με μια προκαθορισμένη αντίληψη για τον τρόπο με τον οποίο συναρμόζεται η «καθαρή λογική» με την «καθαρή εμπειρία». Φυσικά κανείς δεν θα υποστήριζε σήμερα έναν τέτοιο «καθαρό» τρόπο προτασιακής επιβεβαίωσης. Μετά την διατύπωση της θέσης Ντιέμ- Κουάιν έγινε κοινός τόπος στη φιλοσοφία της επιστήμης ότι οι προτάσεις δεν ελέγχονται αυτόνομα και ότι ο έλεγχος της συγκεκριμένης πρότασης π.χ. βασίζεται σε ένα σύνολο παραδοχών ένα ολόκληρο πλέγμα άλλων προτάσεων, ώστε δεν είναι δυνατή ουσιαστικά μια πειραματική διάψευση μίας πρότασης. Στην περίπτωση πειραματικών αντενδείξεων, σύμφωνα με την θέση Ντιέμ- Κουάιν μπορούν να αναζητηθούν «ευθύνες» σε ολόκληρο το πλέγμα των προτάσεων που συγκροτούν την θεωρία, ώστε σε κάθε «επί μέρους» πείραμα αυτό που ελέγχεται σε τελική ανάλυση είναι ολόκληρη η θεωρία. Με αυτό τον τρόπο, ο Κουάιν αντικατέστησε τον έλεγχο της απομονωμένης πρότασης του λογικού εμπειρισμού με ένα προτασιακό πάλι ολισμό, ο οποίος συνεχίζει να θεωρεί την επιστημονική θεωρία ως πλέγμα προτάσεων, με τη διαφορά ότι αρνείται να προσδώσει σε κάθε μία από αυτές αυτόνομο νόημα και αυτοδύναμη εμπειρική επιβεβαίωση. Αυτό που ισχυρίζομαι είναι ότι, χωρίς να αναιρείται το πνεύμα του

κουαϊνικού ολισμού, στο βαθμό που η επιστήμη βλέπεται ως σύμπλεγμα μοντέλων και όχι προτάσεων δημιουργούνται δύο πλεονεκτήματα. Το ένα είναι ότι το μοντέλο ως μονάδα ανάμεσα στην απομονωμένη πρόταση και στη θεωρία είναι κοντύτερα στην πραγματική πειραματική διαδικασία και δημιουργεί ίσως καλύτερες προϋποθέσεις για μία φιλοσοφική συζήτηση. Δεύτερον, η επιστήμη ως σύμπλεγμα μοντέλων, περιέχει ήδη τον τρόπο συσχετισμού με τον κόσμο, περιέχει ήδη ένα συγκεκριμένο τρόπο αλληλεπίδρασης με τον κόσμο, στοιχείο το οποίο λείπει από ένα προτασιακό ολισμό τύπου Κουαίν, ο οποίος έχει θεωρητικό χαρακτήρα.

Τα παραπάνω, όμως, αποτελούν απλώς νύξεις για παραπέρα έρευνα και δεν φιλοδοξούν να συγκροτήσουν μία νέα απάντηση στο πρόβλημα του εμπειρικού ελέγχου των θεωριών αλλά να υποδείξουν την πιθανότητα ανοίγματος μιας συζήτησης με άλλους όρους. Πιθανόν το προτασιακό πρότυπο ανάλυσης να μην έχει εξαντλήσει τις δυνατότητες του, όπως και είναι πιθανόν η προσέγγιση με βάση τα μη προτασιακά μοντέλα να μην ξεπεράσει ποτέ τις αδυναμίες και την ασάφεια της. Ξεκινώντας όμως από μια 'βάση δεδομένων' πολύ κοντύτερα στην τρέχουσα επιστημονική πρακτική η μη προτασιακή ανάλυση ίσως θέτει σε ένα νέο, πιο ενδιαφέρον πλαίσιο, κάποια κλασικά επιστημολογικά ερωτήματα.



---

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Anapolitanos, D.: 1999, *Leibniz: Representation, Continuity and the Spatio-temporal*, Kluwer Academic Publishers.
- Achinstein, P.: 1963, «Theoretical Terms and Partial Interpretation», *British Journal for the Philosophy of Science* **14**, 89-105.
- Achinstein, P.: 1964, «Models, Analogies and Theories», *Philosophy of Science* **31**, 328- 350
- Achinstein, P.: 1968, *Concepts of Science*, John Hopkins Press.
- Achinstein, P.: 1983, *The Nature of Explanation*, Oxford University Press.
- Alexander, H.: 1958, «The Paradoxes of Confirmation», *British Journal for the Philosophy of Science*, **9**, 227-233.
- Baltas, A.: 1989, «Louis Althusser and Joseph D. Sneed: a Strange Encounter in Philosophy of Science?», στο Gavroglou K. et al. (1989)
- Baltas, A.: 1990, «Once Again on the Meaning of Physical Concepts», στο Nikolakopoulos (1990).
- Bechtel, W. & Abrahamsen, A.: 1990, «Beyond the Exclusively Propositional Era», *Synthese* **82**, 223-253.
- Berkeley, G.: 1993, *Τρεις Διάλογοι μεταξύ Ύλα και Φιλόνου*, Βάνιας, Θεσσαλονίκη.
- Bell, E.: 1992, *Οι Μαθηματικοί*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Beth, E.: 1961, «Semantics of Physical Theories», στο Freudenthal (1961).
- Black, M.: 1962, *Models and Metaphors*, Cornell University Press, New York.
- Boyd, R.: 1973, «Realism, Underdetermination and a Causal Theory of Evidence», *Nous* **7**, 1-12
- Bradie, M.: 1979, «Pragmatism and Internal Realism», *Analysis* **39**
- Bradie, M.: 1980, «Models, Metaphors and Scientific Realism», *Nature and System* **2**, 3-20.
- Braithwaite, R.: 1953, *Scientific Explanation*, Harper Torchbooks, New York.
- Braithwaite, R.: 1954: «The Nature of Theoretical Concepts and the Role of Models in an Advanced Science», *Revue Internationale de Philosophie*, **8**, 34-40.
- Bridgman, P.: 1938, «Operational Analysis», *Philosophy of Science* **5**, 114-131
- Bridgman, P.: 1951 «The Nature of Some of our Physical Concepts», *British Journal for the Philosophy of Science* **1**, 257-272
- Brown, H.: 1993, *Αντίληψη, Θεωρία και Δέσμευση: μια Νέα Φιλοσοφία της Επιστήμης*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Burt, E.: 1924, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Butterfield, H.: 1950, «The Historian and the History of Science», *Bulletin of the British Society for the History of Science* **1**, 49-57.
- Butterfield, H.: 1951, *The Whig Interpretation of History*, Charles Scribners & Sons, New York.
- Butterfield, H.: 1988 (1949), *Η Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης*, MIET, Αθήνα
- Butts, R. & Hintikka, J. (eds): 1977, *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, D.Reidel Publishing Company
- Butts, R., Pitt, J (eds): 1978, *New Perspectives on Galileo*, D. Reidel Publishing Company.
- Campbell, N.: 1920, *Physics: The Elements*, Cambridge University Press.  
(Αναδημοσιευμένο με τίτλο *Foundations of Science*, Dover, New York, 1957).

- Carnap R.: 1937, *The Logical Syntax of Language*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Carnap R.: 1955 (1939), "Foundations of Logic and Mathematics" στο Neurath et al. (1958).
- Carnap R.: 1967 (1928), *The Logical Structure of the World*, University of California Press.
- Cartwright, N.: 1983, *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press.
- Churchland, P., Hooker, C.: 1985, *Images of Science*, University of Chicago Press.
- Clagget, M.: 1959, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin Press.
- Clagget, M (ed): 1962, *Critical Problems in the History of Science*, The University of Wisconsin Press.
- Cohen, I.: 1985, *Revolution in Science*, Harvard University Press.
- Coffa, A.: 1991, *The Semantic Tradition from Kant to Carnap*, Cambridge University Press.
- Colodny, R. (ed): 1972, *Paradigms and Paradoxes*, University of Pittsburgh Press.
- Conant, J.: 1947, *On Understanding Science: An Historical Approach*, Oxford University Press.
- Cooper, L.: 1935, *Aristotle, Galileo and the Tower of Pisa*, Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Crombie.A.: 1989 (1958), *Από τον Αυγουστίνο στο Γαλιλαίο*, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα
- Cushing, J., Delaney, C., Gutting, G. (eds): 1984, *Science and Reality*, University of Notre Dame Press.
- Damerow P., Freudenthal G., McLaughlin P., Renn J.: 1991, *Exploring the Limits of Preclassical Mechanics*, Springer-Verlag.
- Descartes, R: 1988 (1628), *Rules for the Direction of Our Native Intelligence*, στο *Descartes Selected Philosophical Writings*, (translation, Gottinghan J., Stoothoff R., Murdoch D), Cambridge University Press.
- Dijksterhuis, E.: 1961, *The Mechanization of the World Picture*, Oxford University Press.
- Dijksterhuis, E.: 1987, *Archimedes*, Princeton University Press.
- Drabkin, I.: 1960, Εισαγωγή, και σημειώσεις στο πρώτο τμήμα (On Motion) στο *Galileo Galilei, On Motion and On Mechanics*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Drake, S.: 1960, Εισαγωγή και σημειώσεις στο δεύτερο τμήμα (On Mechanics) στο *Galileo Galilei, On Motion and On Mechanics*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Drake, S: 1973, «Galileo's Experimental Confirmation of Horizontal Inertia: Unpublished Manuscripts», *Isis* **64**, 291- 305
- Drake, S: 1974, Εισαγωγή, μετάφραση και σημειώσεις στο *Galileo, Two New Sciences*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Drake, S.: 1975, «The Role of Music in Galileo's Experiments», *Scientific American* **232**, 98-104
- Drake, S.: 1976, «The Evolution of *De Motu*», *Isis* **67**, 239- 250
- Drake, S: 1978, *Galileo at Work*, University of Chicago Press.
- Drake, S.: 1986, «Galileo's pre-Paduan writings: Years, Sources, Motivations», *Studies in History and Philosophy of Science* **17:4**, 429-48
- Drake, S.: 1990, *Galileo: Pioneer Scientist*, University of Toronto Press.
- Drake, S: 1993, *Γαλιλαίος*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο

- Drake, S. & MacLachlan, J.: 1975, «Galileo's Discovery of the Parabolic Trajectory», *Scientific American*, Μάρτιος 1975, σελ. 102- 110.
- Dugas, R: 1988, *A History of Mechanics*, Dover, New York.
- Duhem, P: 1906, *Les Origines de la Statique, Les Sources des Théories Physiques*, 2 vols, A. Hermann, Paris.
- Duhem, P: 1954 (1914), *The Aim and Structure of Physical Theory*, Princeton University Press.
- Edwards Jr. C.: 1979, *The Historical Development of Calculus*, Springer- Verlag, New York.
- Fauvel, J. & Gray, J. (eds): 1987, *The History of Mathematics: A Reader*, Open University, McMillan Press, Hong Kong.
- Feyerabend, P: 1983, *Ενάντια στη Μέθοδο, Σύγχρονα Θέματα*, Θεσσαλονίκη,
- Feynman R: 1990, *Ο Χαρακτήρας του Φυσικού Νόμου*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο
- Frede, M.: 2000, «Experience in the Ancient 'Empiricists'», Ανακοίνωση στο 3d Athens- Pittsburgh Symposium in History and Philosophy of Science and Technology, Ρέθυμνο, Σεπτέμβριος 2000.
- Frege, G: 1959, *Foundation of Arithmetic*, (μετάφραση, J.Austin), Northwestern University Press.
- Frege, G.: 1964, *Basic Laws of Arithmetic: Exposition to the System*, (translation M.Furth), University of California Press.
- Frege, G: 1977 (1892), «Νόημα και Αναφορά», (μετάφραση, Ιόλη Πατέλη), *Δευκαλίων* 17, σελ 19-40
- Freudenthal H. (ed): 1961, *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*. D.Reidel Publishing Company
- Fuchs W.: 1967, *Modern Mathematics*, Weidenfeld and Nicolson, London.
- Galileo Galilei: 1960 (1590/1600), *On Motion and On Mechanics*, (μετάφραση Drabkin, I., Drake, S.) University of Wisconsin Press.
- Galileo Galilei: 1967(1632), *Dialogue concerning the Two Chief World Systems (Dialogue)*, (μετάφραση S. Drake), University of California Press.
- Galileo Galilei: 1638 (1974), *Discourses on the Two New Sciences (Discorsi)*, (μετάφραση S. Drake), The University of Wisconsin Press, Wisconsin .
- Gavroglou, K., Goudaroulis, Y., Nicolacopoulos, P., (eds): 1989, *Imre Lakatos and Theories of Scientific Change*, Kluwer.
- Geach, P., Black, M. (eds): 1980, *Translations from the Philosophical Writing of Gottlob Frege*, Basic Blackwell.
- Gentner, D., Jeziorski, M.: 1993, «The Shift from Metaphor to Analogy in Western Science», στο Ortony (1993).
- Gentner, D., Stevens, A.(eds): 1983, *Mental Models*, Erlbaum, Hillsdale.
- Giere, R: 1984 «Towards a Unified Theory of Science» στο Cushing et al. (1984).
- Giere, R: 1985: «Constructive Realism», στο Churchland & Hooker (1985).
- Giere, R: 1988, *Explaining Science*, The University of Chicago Press.
- Giere, R. (ed): 1992, *Cognitive Models of Science*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol.XV, University of Minnesota Press, Minneapolis, 45- 76.
- Giere, R: 1999, «Using Models to Represent Reality», στο Magnani et al. (1999)
- Glymour, C.: 1998, «Ο Ρεαλισμός και η Φύση των Θεωριών», στο Salmon et alia (1998).
- Good, I.: 1960/1961, «The Paradox of Confirmation», parts I and II, *British Journal for the Philosophy of Science*, (1960) 145-8, (1961), 63-4.

- Gooding, D.: 1992, «The Procedural Turn; or Why Do Thought Experiments Work?» στο Giere (1992)
- Goodman, N.: 1965, *Fact, Fiction and Forecast*, Bobbs-Merrill, New York.
- Goodman, N.: 1968, *Languages of Art- An Approach to a Theory of Symbols*, Bobbs-Merrill, New York
- Graig, W.: 1953, «On Axiomatizability within a System», *Journal of Symbolic Logic*, **18**, 30-32
- Graig, W.: 1956, «Replacement of Auxiliary Expression», *Philosophical Review*, **65**, 38- 55.
- Grant, E.: 1994, *Οι φυσικές επιστήμες τον Μεσαίωνα*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Hall, R.: 1962, «The Scholar and the Craftsman in the Scientific Revolution», στο Clagett (1962)
- Hanson, N.: 1958, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press.
- Harre, R.: 1970, *The Principles of Scientific Thinking*, Macmillan, London.
- Haugeland, J.: 1992, *Τεχνητή Νοημοσύνη- Σχεδιάζοντας τη Νόηση: Από την Υπολογιστική Θεωρία στις Σύγχρονες Ευφυείς Μηχανές*, Κάτοπτρο, Αθήνα.
- Hempel, C.: 1943, «A Purely Syntactical Defination of Confirmation», *Journal of Symbolic Logic* **8**, 122-43
- Hempel, C.: 1945, «Studies in the Logic of Confirmation», *Mind*, 54: 1-26, 97-121.
- Hempel, C.: 1965, *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, New York.
- Hempel, C. & Oppenheim, P.: 1948, «Studies in the Logic of Explanation», *Philosophy of Science* **15**, 135-175.
- Hesse, M.: 1953, «Models in Physics», *British Journal for the Philosophy of Science* **4**, 198- 214.
- Hesse, M.: 1965, *Forces and Fields*, Philosophical Library, New York.
- Hesse, M.: 1966, *Models and Analogies in Science*, University of Notre Dame Press.
- Hill, D.: 1986, «Galileo's Work on 116v: A New Analysis», *Isis* **77**, 283-291.
- Hill, D.: 1988, «Dissecting Trajectories: Galileo's Early Experimentation Projectile Motion», *Isis* **79**, 646- 668
- Hutten, E.: 1949, «On Semantics and Physics», *PAS* **49**, 115- 132
- Hutten, E.: 1953, «The Role of Models in Physics», *British Journal for the Philosophy of Science* **4**, 284- 301.
- Jones, R.: 1990, *Physics as Metaphor*, University of Minnesota Press.
- Katz, V.: 1993, *A History of Mathematics: An Introduction*, HarperCollins College Publishers, New York.
- Kleene, S.: 1967, *Mathematical Logic*, John Wiley & Sons, New York.
- Koyre, A.: 1953, «An Experiment in Measurament», *Proc. Am. Phil. Soc.* **97**, 224-37
- Koyre, A.: 1978, (1939), *Galileo Studies*, Humanities Press, Atlantic Highlands, N.J.
- Koyre, A.: 1989 (1957), *Από τον Κλειστό Κόσμο στο Άπειρο Σύμπαν*, Ευρύαλος, Αθήνα.
- Koyre, A.: 1991, *Δυτικός Πολιτισμός, Ύψιλον*, Αθήνα.
- Koyre, A.: 1994 (1943), «Γαλιλαίος και Πλάτων», *Νεύσις*, **1**, 51-83
- Kragh, H.: 1987, *An Introduction to the Historiography of Science*, Cambridge University Press.
- Kuhn, T.: 1968, *The Relation Between History and Philosophy of Science* στο Kuhn (1977a), 1-20
- Kuhn, T.: 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*, Second Edition, The University of Chicago Press, Chicago and London
- Kuhn, T.: 1970a, «Postcript» -1969, στο Kuhn (1970), 174-210

- Kuhn, T.: 1977, «Second Thoughts on Paradigms», στο Suppe (1977).
- Kuhn, T.: 1977a, *The Essential Tension*, The University of Chicago Press.
- Kuhn, T.: 1977b, «A Function for Thought Experiments» στο Kuhn 1977a.
- Kuhn, T.: 1977c, «Theory-Change as Structure- Change: Comments on the Sneed Fromalism», στο Butts & Hintikka (1977).
- Kuhn, T.: 1987 (1962) *Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων*, Σύγχρονα Θέματα, Θεσσαλονίκη.
- Lakatos, I.: 1978, *The Methodology of Scientific Research Programs*, Cambridge University Press.
- Lakatos, I., Musgrave A (eds): 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge
- Lakoff, G.: 1987, *Woman, Fire, and Dangerous Things*, The University of Chicago Press.
- Lee, H.: 1936, *Zeno of Elea*, Cambridge University Press.
- Leplin, J. (ed): 1984, *Scientific Realism*, University of California Press.
- Lewis, D.: 1970, «How to Define Theoretical Terms», *Journal of Philosophy* **67**, 427-446
- Lewontin, R.: 1963, «Models, Mathematics and Metaphors», *Synthese* **15**, 222- 224
- Lindberg, D.: 1997, *Οι Απαρχές της Δοτικής Επιστήμης*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα.
- Lindberg D. (ed): 1978, *Science in Middle Ages*, University of Chicago Press.
- Lindberg, D., Westman, R. (eds): 1990, *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge University Press.
- Machamer, P. (ed) : 1998, *The Cambridge Companion to Galileo*, Cambridge University Press. Machamer, P.: 1978, «Galileo and the Causes» στο Butts & Pitt (1978)
- Machamer, P. & Andrea Woody: 1994, «A Model of Intelligibility in Science: Using Galileo's Balance as a Model for Understanding the Motion of Bodies», *Science and Education* **3**, 215-244, Kluwer Academic Publishers
- MacLachlan, J.: 1973, «A Test of an 'Imaginary' Experiment of Galileo's», *Isis* **64**, 374-79
- Magnani L., Nersessian N., Thagard P. (eds): 1999, *Model- Based Reasoning in Scientific Discovery*, Kluwer Academic Publishers.
- Masterman, M.: 1970, «The Nature of a Paradigm», στο Lakatos & Musgrave (1970).
- Maier, A.: 1982, «The Achievements of Late Scholastic Natural Philosophy», στο Sargent (1982)
- McMullin, E.: 1970, «The History and Philosophy of Science: A Taxonomy», *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Vol. IV, 12- 67.
- McMullin, E.: 1976, «The Fertility of Theory and the Unit for Appraisal in Science», *Boston Studies in the Philosophy of Science* **39**, 1976.
- McMullin, E.: 1984, «A Case for Scientific Realism» στο Leplin (1984).
- Moody E.: 1951, «Galileo and Avenpace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment», *Journal of the History of Ideas* **12**, 375- 422.
- Moulines C.: 1983, «On how the Distinction between History and Philosophy of Science must not be Drawn», *Erkenntnis* **19**, 285-296
- Murdoch, J., Sylla, E.: 1978 «The Science of Motion», στο Lindberg (1978)
- Nagel, E.: 1979, *The Structure of Science*, Hackett Publishing Company, Indianapolis.
- Nagel, E., Newman, J.: 1991, *Το Θεώρημα του Gödel*, Τροχαλία, Αθήνα.



- Nagel, E., Suppes, P. & Tarski, A. (eds): 1962, *Logic Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*, Stanford University Press, Stanford, California.
- Naylor, R.: 1977, «Galileo's Theory of Motion: Processes of Conceptual Change in the Period 1604-1606», *Annals of Science* **34**, 365-392
- Naylor, R.: 1980a, «Galileo's theory of projectile motion», *Isis* **71**, 550- 570
- Naylor, R.: 1980b, «The Role of Experiment in Galileo's Early Work on the Law of the Fall», *Annals of Science* **37**, 363-378.
- Nersessian, N.: 1992, «How Do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science» στο Giere (1992), 3-44
- Neurath, O., Carnap, R., Morris, C.: 1957, *International Encyclopedia of Unified Science*, University of Chicago Press.
- Nikolakopoulos, P.(ed): 1990, *Greek Studies in the Philosophy and History of Science*, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 121, Kluwer Academic Publishers.
- Ortony, A. (ed): 1993, *Metaphor and Thought*, Cambridge University Press.
- Osawa, Y.: 1989, «Galileo's work on free fall at Padua: some remarks on Drake's interpretation» *Hist. Scientiarum* **37**, 31- 49
- Popper, K.: 1959, *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, London.
- Putnam, H.: 1962, «What Theories are Not», στο Nagel et al. (1962)
- Quine, W : 1953, *From a Logical Point of View*, Harvard University Press.
- Quine, W : 1953a, "Two Dogmas of Empiricism" στο Quine (1953).
- Quine, W : 1960, *Word & Object*, The MIT Press.
- Quine, W.: 1981, *Theories and Things*, Cambridge University Press.
- Quine, W.: 1981a, «Five Milestones of Empiricism» στο Quine (1981).
- Raisis, V.: 1999, "Expansion and Justification of Models: the Exemplary Case of Galileo Galilei" στο Magnani L., Nersessian N., Thagard P. (1999), 149- 164.
- Reichenbach, H: 1938, *Experience and Prediction*, The University of Chicago Press.
- Resnic, M.: 1980, *Frege and the Philosophy of Mathematics*, Cornell University Press, Ithaca and London.
- Rosch, E.: 1978, «Principles of Categorization» in Rosch & Lloyd (1978).
- Rosch E., Lloyd, B., (eds): 1978, *Cognition and Categorization*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Ryle, G.: 1949, *The Concept of Mind*, Barnes and Noble, New York.
- Salmon, M., et al.: 1998, *Εισαγωγή στη Φιλοσοφία της Επιστήμης*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Sargent, S. (ed): 1982, *On the Threshold of Exact Science: Selected Writings of Anneliese Maier on Late Medieval Natural Philosophy*, (μετάφραση S. Sargent), University of Pennsylvania Press
- Segre, M.: 1989, «Galileo, Viviani, and the Tower of Pisa», *Studies in History and Philosophy of Science* **20**, 435- 451.
- Sneed, J.: 1971, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, D.Reidel Publishing Company.
- Sneed, J.:1977, «Describing Revolutionary Scientific Change: a Formal Approach», στο Butts & Hintikka (1977), 245- 268.
- Stegmüller, W.: 1976, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer- Verlag.
- Stegmüller, W.: 1977, «Accidental ('Non Substantial') Theory Change and Theory Dislodgment», στο Butts & Hintikka (1977).

- Stegmüller, W.: 1979 «The Structuralistic View: Survey, Recent Developments and Answers to Some Criticisms», *Acta Philosophica Fennica*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 113-129
- Sarton, G: 1936, *The Study of The History of Science*, Harvard University Press
- Sarton, G: 1937, *The History of Science and New Humanism*, Harvard University Press.
- Settle, T.: 1961, *An experiment in the History of Science*, *Science* **133**, 19-23
- Shapere D.: 1964, «The Structure of Scientific Revolutions», *Philosophical Review*, Vol. 73, 383- 394.
- Shapin, S: 1992, *Discipline and Bounding: The History and Sociology of Science as seen through the Externalism-Internalism Debate*, *History of Science* **30**, 333-369.
- Simon, H.: 1954, «The Axiomatization of Classical Mechanics», *Philosophy of Science* **21**, 340-3
- Suppe, F: 1971, «On Partial Interpretation» *Journal of Philosophy* **68**, 57-76
- Suppe, F: 1972, «What's Wrong with the Received View on the Structure of Scientific Theories?» *Philosophy of Science* **39**, 1-19.
- Suppe, F. (ed): 1977, *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press.
- Suppe, F: 1989, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, University of Illinois Press.
- Suppe, F.: 1977, *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press.
- Suppes, P: 1957, *Introduction to Logic*, Van Nostrand, New York.
- Suppes, P.: 1960, «A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences» *Synthese* **12**, 287- 301
- Suppes, P.: 1961, «A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences» στο Freudenthal (1961), 163-177.
- Suppes, P.: 1962 «Models of Data» στο Nagel et al. (1962).
- Suppes, P.: 1968 «The Desirability of Formalization in Science» *Journal of Philosophy* **65**, 651- 664.
- Swift, J.: 1992 (1697) *Η Μάχη των Βιβλίων*, Καστανιώτης, Αθήνα.
- Tarski, A.: 1956, *Logic, Semantics, Metamathematics*, (μτφρ. J. Woolgar), Clarendon Press.
- Toulmin, S.: 1953, *The Philosophy of Science: An Introduction*, Hutchinson, London.
- van der Waerden: 1961, *Science Awakening*, Oxford University Press, Oxford.
- van Fraassen, B.: 1970, «On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories», *Philosophy of Science* **37**, 325- 339.
- van Fraassen, B.: 1972, «A Formal Approach to the Philosophy of Science» στο Colodny (1972).
- van Fraassen, B.:1980, *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford.
- Vickers B(ed): 1984, *Occult and scientific mentalities in the Renaissance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Vickers B: 1984a, «Analogy versus Identity: The Rejection of Occult Symbolism, 1580- 1680», στο Vickers (1984)
- Weisheipl, J.: 1971, *The Development of Physical Theory in the Middle Ages*, University of Michigan Press.
- Westfall, R.: 1993, *Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Westfall, R.: 1994, «Καταγράφοντας την επιστημονική κοινότητα», *Νεύσις* **1**, 85-97.
- Wisn, W.: 1974, «The New Science of Motion: A Study of Galileo's *De Motu Locali*», *Archive for History of Exact Sciences* **13**, 103- 306

- Wisn, W.: 1984, «Galileo and the Process of Scientific Creation», *Isis* **75**, 269-286
- Wittgenstein, L.: 1961 (1918), *Tractatus Logico-Philosophicus* (Αγγλική μετάφραση των D.Pears, B. McGuinness ) London, Routledge & Kegan Paul, Ελληνική Μετάφραση, στο περιοδικό *Δευκαλίων* τ.7/8.
- Wittgenstein, L.: 1977 (1953), *Φιλοσοφικές Έρευνες*, Παπαζήσης, Αθήνα.
- Αναπολιτάνος, Δ.: 1985, *Εισαγωγή στην Φιλοσοφία των Μαθηματικών*, Νεφέλη, Αθήνα.
- Κάλφας, Β.: 1997, *Επιστημονική Πρόοδος και Ορθολογικότητα*, Νήσος, Αθήνα.
- Κιντή, Β.: 1995, *Kuhn and Wittgenstein- Φιλοσοφική Έρευνα της Δομής των Επιστημονικών Επανάστασεων*. Εκδόσεις Σμίλη, Αθήνα
- Κουτούγκος, Α.: 1983, *Η Σύγκρουση Επιστήμης και Επιστημολογίας*, Σύγχρονα Θέματα, Θεσσαλονίκη.
- Πατέλλη, Ι.: 1991, *Νόημα και Πράξη*, Εξάντας.
- Τσινόρεμα, Σ.: 1995, «Ο Wittgenstein και η Συζήτηση γύρω από τη Γλωσσική Κανονιστικότητα», *Δευκαλίων* **13**, τεύχος 2-3, σελ. 137- 173.
- Χριστιανίδης, Γ.: 2003, *Θέματα από την ιστορία των Μαθηματικών*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, Κρήτη.
- Χριστοδουλίδης, Π.: 1979, *Η Εξήγηση στην Επιστήμη και η Έννοια του Μοντέλου*, Εγνατία, Θεσσαλονίκη.