ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης

HELLENIC REPUBLIC
National and Kapodistrian University of Athens
Philosophy and History of Science Department

Επί του Προβλήματος του Ρεαλισμού και της Έννοιας της Αλήθειας στην Κβαντική Μηχανική

Διδακτορική Διατριβή

Μιχάλης Νικολάου

Επιβλέπων:
Βασίλειος Καρακώστας
Καθηγητής

Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, ΕΚΠΑ

Αθήνα, 2015

Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, ΕΚΠΑ

Τίτλος διδακτορικής διατριβής

Επί του Προβλήματος του Ρεαλισμού και της Έννοιας της Αλήθειας στην Κβαντική Μηχανική

"On the Problem of Realism and the Concept of Truth in Quantum Mechanics"

Μιχάλης Νικολάου
ΑΜ: ΔΤ 10/ 006

Μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή:

Βασίλειος Καρακώστας, Καθηγητής (επιβλέπων)
Ευστάθιος Ψύλλος, Καθηγητής
Ιωάννης Στεφάνου, Επίκουρος Καθηγητής

Υπόλοιπα μέλη:

Θεόδωρος Αραμπατζής, Καθηγητής
Στέλιος Βιρβιδάκης, Καθηγητής
Κωνσταντίνος Δημητρακόπουλος, Καθηγητής
Ελένη Μανωλακάκη, Επίκουρη Καθηγήτρια

Αθήνα 2015

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η παρούσα έρευνα με Κ.Α. 70/3/11010 έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος ΙΙ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

European Union
European Social Fund

OPERATIONAL PROGRAMME
EDUCATION AND LIFELONG LEARNING
investing in knowledge society
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS, CULTURE & SPORTS
MANAGING AUTHORITY

NSRF 2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

This research (70/3/11010) has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program: Heracleitus II. Investing in knowledge society through the European Social Fund.

Περίληψη
Ο επιστημονικός ρεαλισμός φιλοδοξεί να ανακαλύψει την καθορισμένη και ανεξάρτητη από τον νου δομή του κόσμου, υποστηρίζοντας μια αντιστοιχιστικού τύπου θεωρία αλήθειας. Ωστόσο ο εγγενής πιθανοκρατικός χαρακτήρας της κβαντικής μηχανικής δεν συνάδει με τη συνήθη μεταφυσική θεώρηση της πραγματικότητας. Οποιαδήποτε προσδοκία αντικατάστασης της από μια ρεαλιστικής προδιάθεσης επιστημονική θεωρία, προσκρούει μεταξύ άλλων στις επιταγές του θεωρήματος Bell. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι πρέπει να εγκαταλειφθεί η επιδιωκόμενη ρεαλιστική πτυχή της «ανακάλυψης» και να αντικατασταθεί, κατά τρόπο αναγκαίο, από την «επινόηση» όπως διατείνονται αντιρεαλιστές σαν τον Michael Dummett, επειδή αντιπροσωπευτικές προσπάθειες φιλοσόφων - όπως ο Hilary Putnam – απέτυχαν να συμφιλιώσουν τον ρεαλισμό με την θεωρία της κβαντικής μηχανικής. Αξιωματικές δυσλειτουργίες των θεμελίων των κλασικών επιστημονικών θεωριών, καθώς και η δυνατότητα επανεκτίμησης της ερμηνείας του καταστατικού διανύσματος στον χώρο Hilbert της κβαντικής μηχανικής λόγω του θεωρήματος «μοναδικότητας» των Bub-Clifton, ωθούν την έρευνά μας στα τοπικά φυσικά πλαίσια αναφοράς ως πεδία συγκρότησης του ρεαλισμού. Με αυτόν τον τρόπο, επιχειρούμε να διαμορφώσουμε μια πλαισιοκρατική ρεαλιστική ερμηνεία και να αναπτύξουμε ένα πλαισιοκρατικό αντιστοιχιστικό σχήμα αλήθειας κατάλληλο για το πεδίο των κβαντικών αντικειμένων.

Λέξεις κλειδιά: Κβαντική Μηχανική, Διαμάχη Ρεαλισμού/Αντιρεαλισμού, Αντικειμενικότητα, Αλήθεια, Πλαισιοκρατία.

Abstract
Scientific realism purports to discover the determinate and independent from the mind structure of the world, while supporting a correspondence theory of truth. However, the inherent probabilistic character of quantum mechanics is not compatible with the standard metaphysical view of reality. Any expectation for the replacement of quantum mechanics by a realistic kind of scientific theory, impinges on the dictates of Bell's theorem. This does not necessarily mean that the intended realistic aspect of «discovery» should be abandoned and replaced by «invention», as many anti-realists like Michael Dummett allege, on the ground that efforts such as those of Hillary Putnam, to reconcile realism with the theory of quantum mechanics have failed. Axiomatic dysfunctions in the foundations of classical scientific theories, as well as the possibility of re-appraisal of the interpretation of the state vector in Hilbert space quantum mechanics due to Bub-Clifton 'uniqueness theorem', prompt our research towards the local natural frames of reference as fields of constitution of realism. In this way, we attempt to shape a contextual realistic interpretation and develop an account of truth of contextual correspondence appropriate to the quantum domain of discourse.

Key words: Quantum Mechanics, Realism/Antirealism Conflict, Objectivity, Truth, Contextualism.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....iv

1 Αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας: Προβλήματα και προοπτικές

1.1 Εισαγωγή.....1
1.2 Η βασική ιδέα.....3
1.3 Ιστορία της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας.....4
1.4 Φορείς της αλήθειας (Truthbearers) 5
1.5 Αληθοποιητές (Truthmakers).....7
1.6 Αντιστοιχιστικές θεωρίες αλήθειας
1.6.1 Απλές μορφές.....8
1.6.1.1 Προβλήματα απλών μορφών.....,.....9
1.6.2 Ισομορφισμός.....10
1.6.3 Ανιχνεύοντας την αλήθεια
1.6.3.1 Αρχές κλασικής λογικής: Ιστορική προσέγγιση.....11
1.6.3.2 Λογικός ατομισμός (Logical Atomism).....23
1.6.3.3 Σημασιολογικές εκδοχές της αντιστοιχιστικής θεωρίας (Tarski).....26
1.6.3.4 Προβλήματα..... 28
1.6.3.5 Το «Μέγα Γεγονός» (ο καταπέλτης του Φρέγκε)..... 30
1.7 Προοπτικές..... 35
1.8 Συμπεράσματα..... 36

2 Γενικές αρχές κβαντικής μηχανικής

2.1 Συνοπτική ιστορική ανάπτυξη της κβαντικής μηχανικής.....38
2.2 Το πείραμα των Stern-*Gerlach*..... 48
2.3 Το πείραμα των δύο σχισμών.....52
2.4 Χώρος Hilbert.....54
2.5 Καταστάσεις (states)(Αξίωμα 1).....62
2.6 Παρατηρήσιμες ποσότητες ή φυσικά μεγέθη (Αξίωμα 2).....65
2.7 Αίτημα της προβολής: Μέτρηση (Αξίωμα 3) 70
2.8 Εξηγώντας το πείραμα των Stern-Gerlach …..... 74
2.9 Εξηγώντας το πείραμα των δύο σχισμών.....77
2.10 Δυναμικός νόμος κίνησης (Αξίωμα 4).....80
2.11 Μη τοπικότητα και συζευξιμότητα.....85
2.12 Πειραματική επιβεβαίωση της συζευξιμότητας και της μη τοπικότητας...89
2.13 Πλαισιακότητα (Contextuality)..... 98

3 Κριτική επί της επαληθευσιοκρατικής σημασιολογίας του Michael Dummett

3.1 Εισαγωγή....102
3.2 Ρεαλισμός: ιστορική προσέγγιση....106
3.3 Κίνητρα....118
3.4 Η δομή της θεωρίας του Dummett....121
3.4.1 Μετατοπίζοντας το πεδίο αντιπαράθεσης ρεαλισμού-αντιρεαλισμού....122
3.4.2 Η επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του Dummett....124
3.4.2.1 Αλήθεια....126
3.4.2.2 Δισθένεια.... 128
3.4.2.3 Πλαισιακότητα (Contextuality)....134
3.4.2.4 Αντικειμενικότητα....136
3.5 Κριτική 140
3.5.1 Έχοντας κατά νου την έννοια της δυνητικότητας....140
3.5.2 Απαντώντας στην πρόκληση της «απόκτησης»....145
3.5.3 Απαντώντας στην πρόκληση της «εκδήλωσης»....147
3.5.4 Διερευνώντας την επάρκεια της θεωρίας του Dummett ….....150
3.6 Συμπεράσματα....157

4 Αναζητώντας τις συντεταγμένες του Putnam στον χώρο του Ρεαλισμού, της Λογικής και της Αλήθειας

4.1 Εισαγωγή....159
4.2 Συντεταγμένες του «πρώιμου» Putnam στον χώρο ΡxΛxΑ
4.2.1 Ρεαλισμός στον «πρώιμο» Putnam ….....160
4.2.2 Λογική στον «πρώιμο» Putnam....163
4.2.3 Αλήθεια στον «πρώιμο» Putnam ….....173
4.3 Συντεταγμένες του «ενδιάμεσου» Putnam στον χώρο ΡxΛxΑ
4.3.1 Ρεαλισμός στον «ενδιάμεσο» Putnam....174
4.3.2 Λογική στον «ενδιάμεσο» Putnam....180
4.3.3 Αλήθεια στον «ενδιάμεσο» Putnam....187
4.4 Συντεταγμένες του «ύστερου» Putnam στον χώρο ΡxΛxΑ
4.4.1 Ρεαλισμός στον «ύστερο» Putnam ….....189
4.4.2 Λογική στον «ύστερο» Putnam....191
4.4.3 Αλήθεια στον «ύστερο» Putnam....192
4.5 Αναζητώντας τους λόγους της αποτυχίας....193
4.5.1 Αιτιότητα: ιστορική προσέγγιση....194
4.5.2 Αποκλίνοντας από την κλασική αιτιότητα....196
4.6 Συμπεράσματα....200

5 Συμφιλιώνοντας τον Ρεαλισμό, την Λογική και την Αλήθεια

5.1 Από την καθολικότητα στον ρεαλισμό των τοπικών φυσικών πλαισίων....202
5.2 Συμφιλιώνοντας τον ρεαλισμό και την λογική της κβαντικής μηχανικής..208
5.3 Αναζητώντας ένα βιώσιμο σχήμα αλήθειας.....219

6 Συμπεράσματα.....224

Βιβλιογραφία.....229

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι να διερευνήσει το ερώτημα της φύσης της πραγματικότητας, ερώτημα που αφορά εύρος πεδίων όπως την επιστήμη, τα μαθηματικά, τη σημασιολογία, τον καθημερινό κόσμο των μακροσκοπικών υλικών αντικειμένων και των ιδιοτήτων τους, αλλά και το μικροφυσικό επίπεδο. Από φιλοσοφική άποψη, απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα φιλοδοξεί να δώσει η θέση του επιστημονικού ρεαλισμού, μια θέση που δεν υποστηρίζει απλώς ότι η επιστήμη στοχεύει να ανακαλύψει την καθορισμένη και ανεξάρτητη από τον νου δομή του κόσμου, αλλά προσθέτει ότι εν γένει επιτυγχάνει σε αυτόν το σκοπό. Αυτού του είδους την αισιοδοξία την τροφοδοτεί η εμπειρική επιτυχία των ώριμων επιστημονικών θεωριών, κύριος εκπρόσωπος των οποίων είναι η κβαντική θεωρία.

Υποστηρίζοντας και προσβλέποντας στον ρόλο της ανακάλυψης, ο ρεαλισμός αναπόφευκτα εμπλέκεται με την έννοια της αλήθειας. Όμως στο ερώτημα περί του τι είναι αλήθεια, η απάντηση δεν είναι μονοσήμαντη. Δύο σημαντικές προσεγγίσεις έχουν αποτελέσει την βάση για την δημιουργία πολλαπλών αληθειακών σχημάτων. Η προσέγγιση της αντιστοιχίας με τον κόσμο, όπου η αλήθεια νοείται ως μια ιδιότητα των πεποιθήσεών μας δυνάμει της οποίας αυτές αναπαριστούν ορθώς τον κόσμο και η προσέγγιση της επιστημικής ορθότητας βάσει της οποίας η αλήθεια νοείται ως αποτίμηση, ως επιβεβαίωση τού τι είναι γνωστό. Η αντιστοιχιστική προσέγγιση, υπό την παραδοσιακή της εκδοχή, δεν περιορίζεται από τα διαθέσιμα τεκμήρια, παρέχει μια καθολική διάσταση ανεξαρτησίας από το νου, από τι μπορεί να γνωσθεί. Αντιθέτως, η επιστημική προσέγγιση προσθέτει στην αλήθεια ένα ανθρώπινο πρόσωπο, θέτοντας εκτός της σφαίρας του προσβάσιμου και, κατ' επέκταση, του δυνάμενου να ελεγχθεί, οτιδήποτε κατ' αρχήν αδυνατεί να γνωσθεί.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της αλήθειας που προσδοκά να εφαρμόσει ο επιστημονικός ρεαλισμός: η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας. Η συγκεκριμένη επιλογή υποκινείται από το γεγονός της ερμηνευτικής κατάληξης που φαίνεται να παρουσιάζουν όλες οι θεωρίες αλήθειας στην παρουσία διαφόρων ειδών παραδόξων αλλά και τελικών συμπερασμάτων. Το εργαλείο ανίχνευσης της αλήθειας αποτέλεσε και αποτελεί η έννοια της λογικής, γι' αυτό και περιγράφεται η ιστορική διαδρομή της διαμόρφωσής της. Αν και θα αναμέναμε η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας να αποτελεί απλώς κοινοτοπία, ωστόσο η λογική συστηματικοποίησή της ανέδειξε ουσιαστικά προβλήματα κυρίως στο πεδίο του χαρακτηρισμού των αληθοποιητών, ειδικότερα δε εντός του πλαισίου της κβαντικής μηχανικής.

Για να γίνουν αντιληπτά τα συγκεκριμένα προβλήματα, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της κβαντικής μηχανικής μέσω των οποίων αναδεικνύεται πώς ο φορμαλισμός της κβαντικής μηχανικής αποκλίνει από τις συνήθεις ρεαλιστικές προδιαθέσεις των προηγούμενων επιστημονικών θεωριών. Η χρήση σημαντικών παραδειγμάτων εφαρμογής του φορμαλισμού, όπως το πείραμα των Stern-Gerlach και το πείραμα των δύο σχισμών, όπως και η διεξοδική αναφορά στις μαθηματικές δομές που χρησιμοποιεί ο φορμαλισμός, αναδεικνύουν τον βαθμό απόκλισης από τις κλασικές επιστημονικές θεωρίες. Η περαιτέρω πειραματική

διερεύνηση των φυσικών αρχών που αναδύονται από την εφαρμογή του φορμαλισμού όπως η μη-τοπικότητα (non-locality), η συζευξιμότητα (entanglement), η συμπληρωματικότητα (complementarity), η μη διαχωρισιμότητα (non-separability) και η πλαισιακότητα (contextuality) ενισχύουν την κατανόησή μας υπό ένα θεμελιωδέστερο τρόπο.

Η μεταφυσική όμως δέσμευση του επιστημονικού ρεαλισμού ότι η επιστήμη στοχεύει να ανακαλύψει την καθορισμένη δομή του κόσμου φαίνεται να μην παρέχει υποστήριξη ως προς την «ωριμότητα» της κβαντικής μηχανικής ως επιστημονική θεωρία που διατείνεται ότι περιγράφει την φύση της πραγματικότητας. Ο εγγενής πιθανοκρατικός χαρακτήρας της θεωρίας και η, εν γένει, μη καθορισιμότητα των ιδιοτήτων των μικροφυσικών συστημάτων, όπως αυτή περιγράφεται από τον φορμαλισμό της κβαντικής μηχανικής, δεν συνάδει με τη συνήθη μεταφυσική θεώρηση της πραγματικότητας. Έτσι είναι φυσικό, στο πλαίσιο της «αισιοδοξίας» του επιστημονικού ρεαλισμού, να προσδοκούμε για τον ερχομό μιας νέας ωριμότερης επιστημονικής θεωρίας που θα έλθει να αντικαταστήσει την θεωρία της κβαντικής μηχανικής και ως εκ τούτου θα περιγράφει «ορθότερα» - με τον αναμενόμενο ρεαλιστικό τρόπο - την πραγματικότητα. Ωστόσο το θεώρημα Bell, το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο από την ίδια την θεωρία της κβαντικής μηχανικής, αποκλείει τέτοια προσδοκία. Βάσει του θεωρήματος, πειραματικά επιβεβαιωμένου πολλαπλώς μέσω πειραμάτων τύπου Aspect, οποιοσδήποτε «διάδοχος» της θεωρίας της κβαντικής μηχανικής θα πρέπει να ενσωματώσει την αρχή της μη-τοπικότητας στο πλαίσιο του, ως εκ τούτου δεν θα μπορεί να ερμηνευθεί ρεαλιστικά σύμφωνα με την κλασική μεταφυσική οπτική.

Όμως πώς επικράτησε η κυριαρχούσα ρεαλιστική μεταφυσική εικόνα για την πραγματικότητα; Στο τρίτο κεφάλαιο στο πλαίσιο της κριτικής της επαληθευσιοκρατικής σημασιολογίας του Dummett, προσεγγίζεται ιστορικά η δημιουργία της ώστε να μπορέσουμε να εντοπίσουμε τις βασικές προκείμενές της. Η «επικράτεια» της όμως δεν είναι καθολική. Λόγοι όπως ο υποκαθορισμός των θεωριών από τις εμπειρικές ενδείξεις και η «απαισιόδοξη επαγωγή» ως απόρροια του αποδεδειγμένου ψεύδους παλαιότερων θεωριών αν και εμπειρικά επιτυχών, αμφισβητούν την δυνατότητα της επιστήμης να ανιχνεύσει την αλήθεια υπό την παραδοσιακή ρεαλιστική οπτική της αντιστοίχησης. Αν όμως ο ρεαλισμός «πέθανε», κατά την έκφραση του Arthur Fine, τότε φαίνεται ότι χάθηκε η ταυτότητα τού στόχου της επιστημονικής πρακτικής. Ακριβώς αυτή την ταυτότητα φάνηκε να προσπαθεί να επαναπροσδιορίσει το αντιρεαλιστικό στρατόπεδο – σημαντικός εκφραστής του οποίου είναι ο Michael Dummett – με το να μετατοπίσει το φιλοσοφικό ενδιαφέρον από την «ανακάλυψη» στην «επινόηση» ως την μόνη λογική δυνατότητα, θέτοντας στην ρεαλιστική θέση τις σημασιολογικές προκλήσεις της «Απόκτησης» και της «Εκδήλωσης». Ωστόσο στην παρούσα εργασία, μετέχοντας στην «αισιοδοξία» του επιστημονικού ρεαλισμού, επιχειρείται να δοθεί μια ρεαλιστικού τύπου απάντηση στις συγκεκριμένες προκλήσεις ενισχύοντας την άποψη ότι δεν πρέπει να εγκαταλειφθεί ο ρεαλισμός, τουναντίον θα πρέπει να επιδιώξουμε να επαναπροσδιορίσουμε τις βασικές προκείμενές του όπως αυτές διαμορφώθηκαν

ιστορικά από την αρχαιότητα.

Η ανάγκη για τον επαναπροσδιορισμό των βασικών προκείμενων του παραδοσιακού ρεαλισμού αναδεικνύεται επίσης και στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας. Ο Putnam επιχειρεί να συμφιλιώσει την θέση του ρεαλισμού με την κβαντική λογική και κατ' επέκταση με την έννοια της αλήθειας που αυτή επιτάσσει. Βέβαια στην προσπάθεια αυτή ο Putnam επιλέγει να ακολουθήσει έναν διαφορετικό δρόμο από τον Dummett. Ενώ ο Dummett επιλέγει μέσω της υιοθέτησης της ιντουσιονιστικής λογικής να μεταβεί στην θέση του αντιρεαλισμού, ο Putnam επιλέγει οι πολλαπλώς μετασχηματιζόμενες μεταφυσικές του θέσεις ως προς την έννοια του ρεαλισμού να τον καθοδηγήσουν στο σωστό – ως προς αυτόν – είδος λογικής, συμβατό με την θεωρία της κβαντικής μηχανικής. Και επειδή οι λογικές αλήθειες δεν εξαντλούν την έννοια της αλήθειας αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται κατ' επέκταση και η έννοια της αλήθειας που ο ίδιος υιοθετεί. Η αποτυχία όμως αυτής της προσπάθειας να συμφιλιωθεί ο ρεαλισμός με την θεωρία της κβαντικής μηχανικής δεν σημαίνει ότι ο επαναπροσδιορισμός της ρεαλιστικής θέσης είναι ανέφικτος. Αυτό που φαίνεται να μην αντιλήφθηκε ο Putnam είναι ότι η κβαντική λογική δεν θα μπορούσε πια να συνδυαστεί με τη μηχανιστική αντίληψη της αιτιότητας που εξέφραζε η κυριαρχούσα μεταφυσική θεώρηση της περιόδου. Φαίνεται ότι δεν ανέγνωσε ορθά την επιστημολογική θέση που υποδήλωνε η αρχή της «συμπληρωματικότητας» του Bohr, εστιάζοντας αποκλειστικά στην ανάλυση του φορμαλισμού που πρόβαλε η σχολή της Κοπεγχάγης.

Το ερώτημα όμως που τίθεται είναι αν όντως έχει αποκλειστεί κάθε προσπάθεια συμφιλίωσης της κβαντικής λογικής, του ρεαλισμού και ενός βιώσιμου σχήματος αλήθειας που αυτός επιβάλλει. Αυτό επιχειρείται να απαντηθεί στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας. Κατ' αρχάς εστιάζουμε στην αξιωματική θεμελίωση των μαθηματικών δομών που χρησιμοποιούν οι κλασικού τύπου επιστημονικές θεωρίες. Οι οντολογικές παραδοχές τους αντικατοπτρίζονται στα κοινά τους θεμέλια, ήτοι τη θεωρία συνόλων. Αυτό βέβαια δεν εκλαμβάνεται ως μια ταύτιση του κλασικού ρεαλισμού με την συνολοθεωρητική προσέγγιση, επειδή αν και αναγκαία συνθήκη για την ρεαλιστική θεώρηση, τουλάχιστον σύμφωνα με τον Dummett, εντούτοις δεν είναι ικανή συνθήκη για να είναι κάποιος ρεαλιστής. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι την κλασική λογική της συνολοθεωρητικής προσέγγισης δύναται να την υιοθετήσει και κάποιος που δεν ανήκει στο ρεαλιστικό στρατόπεδο, π.χ., Kant, Mach, κ.ά.. Παρουσιάζουν ωστόσο ενδιαφέρον, υπό την ρεαλιστική οπτική, οι δυσλειτουργίες που αναδεικνύονται από την τυπική μελέτη της συνολοθεωρητικής προσέγγισης, θεωρούμενες ως ανάλογες με αυτές των αξιωματικών δυσλειτουργιών της γεωμετρίας. Δυσλειτουργίες που υποδεικνύουν την δυνατότητα της υιοθέτησης μιας διαλεκτικής που αντιμετωπίζει τα μοντέλα της θεωρίας συνόλων ως τοπικά πλαίσια ερμηνείας των μαθηματικών εννοιών. Η φορμαλιστική αυτή υπόδειξη ενισχύει την επιλογή μας για έρευνα στα τοπικά φυσικά πλαίσια αναφοράς ως πεδία συγκρότησης του ρεαλισμού. Βέβαια η μελέτη αυτών των τοπικών φυσικών πλαισίων αναφοράς γίνεται μέσα από το πλαίσιο της θεωρίας της κβαντικής μηχανικής, όντας η κυρίαρχη επιστημονική θεωρία. Στην προσπάθεια αυτή, επιχειρείται επανεκτίμηση της

ερμηνείας του καταστατικού διανύσματος στον χώρο Hilbert έτσι ώστε να επιτύχουμε να διαμορφώσουμε μια ρεαλιστική ερμηνεία χωρίς να διογκώσουμε εννοιολογικά και θεωρητικά τον υπάρχοντα επιτυχή φορμαλισμό της καθιερωμένης κβαντικής μηχανικής. Το συγκεκριμένο ρεαλιστικό σχήμα (Karakostas 2014) διαπιστώνεται ότι προσφέρει διέξοδο στο πρόβλημα του χαρακτηρισμού της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, την οποία και αναπτύσσουμε επιχειρώντας ταυτόχρονα να αποκλείσουμε οποιουδήποτε σχεσιοκρατικού είδους ερμηνείες που θα μπορούσαν να προσδώσουν έναν υποκειμενικό χαρακτήρα στο προτεινόμενο αντιστοιχιστικό σχήμα αλήθειας.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο χρονικό διάστημα από τον Νοέμβριο του 2010 μέχρι και τον Οκτώβριο του 2015 υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του Καθηγητή Φιλοσοφίας της Φυσικής Βασίλειου Καρακώστα.
Ευχαριστώ θερμότατα τον κ. Β. Καρακώστα για τις πολύτιμες συμβουλές, την υπομονή και τη βοήθεια του στην εκπόνηση της διατριβής. Χωρίς την δική του ακαδημαϊκή συμβολή, η παρούσα εργασία θα ήταν ανέφικτη. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή Ιωάννη Στεφάνου για το ενδιαφέρον του κατά την πορεία της εργασίας. Ευχαριστίες εκφράζω προς τον Καθηγητή Στάθη Ψύλλο για το ακαδημαϊκό του έργο που αποτέλεσε βοήθεια για εμένα στην αποσαφήνιση πολλών εννοιών σχετικών με την παρούσα εργασία.
Ολοκληρώνοντας, αυτή η εργασία στάθηκε δυνατόν να ολοκληρωθεί χάρις στην υπομονή και την ολόπλευρη υποστήριξη της συζύγου μου, Νίνας, στην οποία και την αφιερώνω.

Μιχάλης Νικολάου
Ν.Ιωνία, Οκτώβριος 2015

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας: Προβλήματα και προοπτικές

1.1 Εισαγωγή

Η αλληγορία ήταν πάντα ένα χρήσιμο εργαλείο για να αποδοθεί το βαθύτερο νόημα εννοιών που αν και εύκολα αντιληπτές ήταν δύσκολο να ορισθούν. Επειδή η έννοια της «Αλήθειας» εμπεριέχεται σε αυτή την κατηγορία θα ήταν χρήσιμο και παιδαγωγικό να χρησιμοποιήσουμε μια αλληγορικού είδους ιστορία για να παρουσιάσουμε το εύρος των πτυχών της. Έχοντας αυτό το κίνητρο, φαίνεται ότι η πολλαπλώς παραλλαγμένη ιστορία του Βασιλιά, των τυφλών αντρών και του ελέφαντα να μπορεί να παρουσιάσει το συγκεκριμένο εύρος. Έτσι στο ερώτημα «τι είναι αλήθεια» μπορούμε να οραματιστούμε το σκηνικό ενός Βασιλιά που καλεί 6 εκ γενετής τυφλούς άντρες στο παλάτι του για να περιγράψουν έναν ελέφαντα. Αφού, λοιπόν, κάθε τυφλός άντρας αισθάνθηκε – με τις υπόλοιπες αισθήσεις του προφανώς – ένα μέρος του ελέφαντα, κλήθηκαν όλοι να περιγράψουν αυτό που αντιλήφθηκαν. Οι πολλές πτυχές στην έννοια του «ελέφαντα» γρήγορα εκδηλώθηκαν στην πολλαπλότητα των απαντήσεων. Οι τυφλοί άντρες βεβαιώνουν ότι ο ελέφαντας είναι είτε βεντάλια χειρός (αυτί), είτε υνίο (χαυλιόδοντας), είτε κλαδί δέντρου (προβοσκίδα), είτε τοίχος (κοιλιά), είτε κολόνα (πόδι), είτε σχοινί (ουρά), είτε βούρτσα (το τέλος της ουράς). Η λογομαχία είναι αναμενόμενη, απαιτώντας έτσι την τελική ετυμηγορία του Βασιλιά να δώσει ένα τέλος. Το συμπέρασμα του Βασιλιά ήταν το εξής: «Όλοι σας έχετε δίκιο. Ο λόγος που ο καθένας σας τον περιγράφετε διαφορετικά, είναι επειδή ο καθένας από εσάς αγγίξατε διαφορετικό μέρος του ελέφαντα. Έτσι λοιπόν, ο ελέφαντας έχει όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρατε». Θα παραδεχόμασταν όμως στην παραπάνω ιστορία, ότι η πιο ενδιαφέρουσα άποψη για το τι είναι ελέφαντας θα ήταν αυτή του Βασιλιά (ακόμα και αν δεν είχε δει ποτέ ελέφαντα πριν και ούτε είχε αισθανθεί με τις άλλες αισθήσεις του πλην της όρασης του, τον ελέφαντα). Ο Βασιλιάς μπορούσε να δει τον ελέφαντα όπως πραγματικά είναι, τουλάχιστον **με την κοινή έννοια**. Αν και είναι χρήσιμο να έχουμε κατά νου ότι ο Βασιλιάς πιθανόν δεν είχε πλήρη εικόνα και με τις άλλες αισθήσεις του, π.χ. σχετικά με την υφή του δέρματος, την ελαστικότητα κ.λπ., φαίνεται οι απόψεις των τυφλών να ενίσχυσαν την γενική εικόνα που είχε για τον ελέφαντα.

Μετά την παράθεση της αλληγορικής ιστορίας, επιβάλλεται να προσπαθήσουμε να δώσουμε και την ανάλογη ερμηνεία τουλάχιστον σε ότι αφορά την έννοια της Αλήθειας μιας και είναι το αντικείμενο της μελέτης μας. Στο άκουσμα της έννοιας «Αλήθεια» μια πολυφωνία απόψεων εγείρεται ως προς τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης έννοιας και πώς αυτά συνιστούν τον ορισμό της (Engel 2000). Ο

πραγματιστής θα δηλώσει ότι «αληθές είναι το χρήσιμο», ο **επαληθευσιοκράτης** (verificationist) θα υποστηρίξει ότι «αλήθεια είναι η επαλήθευση, ή αλλιώς, η εγγυημένη βεβαιωσιμότητα», θέσεις που χαρακτηρίζονται ως επιστημικές και κατ' επέκταση αντιρεαλιστικές υπό την έννοια ότι αρνούνται πως η αλήθεια μπορεί να είναι τελείως ανεξάρτητη από τις πεποιθήσεις μας. Ο **συνεκτικιστής** (coherentist) θα ισχυριστεί ότι «μια πεποίθηση είναι αληθής εάν βρίσκεται σε σχέσεις συνοχής με το σύνολο των υπόλοιπων πεποιθήσεων που θα διαθέταμε, αν εφαρμόζαμε την κατάλληλη μέθοδο έρευνας, εκείνη που επιτρέπει να αποκτήσουμε σταθερές πεποιθήσεις». Ο υπέρμαχος της **συσταλτικής** (deflationary) προσέγγισης θα προσπαθήσει να υποβαθμίσει τις προσπάθειες που καταβάλλουμε για να αποδώσουμε στην αλήθεια μια ουσιαστική ιδιότητα και θα την υποβιβάσει σε ένα είδος λογικού τελεστή για προτάσεις χωρίς κάποια επιπλέον φύση πέραν της λογικής λειτουργίας, θέση που αποτελεί αφορμή για την ανάδειξη διαφόρων συσταλτικού τύπου ερμηνειών όπως η **απεισαγωγική**[1] (disquotational) και η **σημασιολογική**[2] αντίληψη της Αλήθειας. Ο **μινιμαλιστής** θα προσπαθήσει να αποφύγει την πλήρη συστολή της έννοιας της αλήθειας, αφήνοντας περιθώριο για την ύπαρξη ενός ελάχιστου νοήματος όπως εκδηλώνεται στην ύπαρξη κάποιων κοινοτοπιών (βλ. Engel 2000, σελ. 85,86), που δεν είναι βέβαια αυστηρά τυπικό και κενό περιεχομένου, διατηρώντας έτσι μια έννοια αλήθειας που είναι κατά κάποιο τρόπο σταθερή και ουδέτερη ως προς το πεδίο που εφαρμόζεται.

Στην αναζήτηση όμως του κοινού στοιχείου όλων των παραπάνω απόψεων είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε τα λόγια φιλοσόφων που πρόσκεινται σε κάποιες από τις παραπάνω διιστάμενες απόψεις. Αν στρέψουμε την προσοχή μας π.χ. σε κάποιον υποστηρικτή της συσταλτικής άποψης όπως ο Horwich ή κάποιον υποστηρικτή της επαληθευσιοκρατικής άποψης όπως ο Dummett, θα παρατηρήσουμε ότι υπάρχει ένα κοινό πρότυπο ως προς το οποίο χαρακτηρίζεται η έννοια της Αλήθειας:

> «Είναι πράγματι αδιαμφισβήτητο ότι όποτε μια πρόταση ή ένα εκφώνημα είναι αληθές, είναι αληθές επειδή κάτι στο κόσμο είναι ένα βέβαιο μέσο – κάτι τυπικά εξωτερικό της πρότασης ή του εκφωνήματος.» (Horwich 1998, σ. 104)

> «Εάν μια δήλωση είναι αληθής πρέπει να υπάρχει κάτι δυνάμει του οποίου είναι αληθής. Αυτή η αρχή διέπει τις φιλοσοφικές απόπειρες να εξηγηθεί η αλήθεια ως αντιστοιχία μεταξύ μιας δήλωσης και κάποιου συστατικού της πραγματικότητας, και στην οποία θα αναφέρομαι αναλόγως ως αρχή C. Η αρχή C είναι βέβαια εν μέρει συστατικό της έννοιας που έχουμε για την αλήθεια, αλλά δεν είναι μια αρχή που μπορεί να εφαρμοστεί κατευθείαν.» (Dummett 1976, σελ. 52)

Το πρότυπο πού επί της ουσίας σχεδόν όλοι επικαλούνται για τον προσδιορισμό

1 Όπου το κατηγόρημα «αληθές» εφαρμόζεται σε προτάσεις και λειτουργεί ως μηχανισμός αφαίρεσης εισαγωγικών από μια πρόταση της μορφής «η "π" είναι αληθής», ώστε να οδηγηθούμε στην ίδια την «π» μετά την αφαίρεση των εισαγωγικών.

2 Αντιπροσωπευτικό είναι το έργο του Tarski η κυρίαρχη ερμηνεία του οποίου συνίσταται στο ότι αποτελεί μια τυπική προσπάθεια ορισμού της έννοιας της «Αλήθειας» αποφεύγοντας παράλληλα την λεπτομερή ανάλυση του νοήματος της.

της άποψής τους ως προς την έννοια της Αλήθειας αποτελεί η πραγματικότητα, ο εξωτερικός κόσμος. Το μονοπώλιο όμως της σχέσης με την πραγματικότητα φαίνεται να το έχει η **αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας**, γεγονός που υποδηλώνεται από την ερμηνευτική κατάληξη που φαίνεται να έχουν σχεδόν όλες οι θεωρίες αλήθειας στην παρουσία διαφόρων ειδών παράδοξων αλλά και τελικών συμπερασμάτων. Συνεπώς θα αναγνωρίσω την πρωταρχική αξία της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας ως το βαθύτερο κίνητρο που χαρακτηρίζει το σκοπό των γνωστικών μας προσπαθειών. Ταυτόχρονα όμως, σε αρμονία με την αρχική παραβολή, έχω την εντύπωση ότι στο σύνολό τους όλες οι άλλες θεωρίες αλήθειας δεν έχουν μια αμιγώς αντίπαλη προδιάθεση απέναντι στην αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας, αλλά προσφέρουν ποικίλες πτυχές που έρχονται να συμπληρώσουν την κατανόησή μας για αυτήν. Αντιλαμβανόμενοι, λοιπόν, τον θεμελιώδη ρόλο της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, είναι αναγκαίο να προχωρήσουμε στην ανάλυση του ρόλου της, των προβλημάτων της και κυρίως των προοπτικών της.

1.2 Η βασική ιδέα

Το βασικό δόγμα της αντιστοιχιστικής θεωρίας της αλήθειας είναι απλά η πεποίθηση ότι μερικές από τις **σκέψεις μας** για τον κόσμο, σχετίζονται (αντιστοιχίζονται) με έναν ιδιαίτερο τρόπο με εκείνα τα χαρακτηριστικά του κόσμου (της **πραγματικότητας**) για τα οποία αυτές είναι σχετικές και η ύπαρξη αυτής της συσχέτισης (αντιστοιχίας) τις καθιστά αληθείς και η μη ύπαρξη ψευδείς. Οι διάφορες αντιστοιχιστικές θεωρίες αλήθειας διαχωρίζονται σε δύο στρατόπεδα, τις «**ισχυρές**» και τις «**ασθενείς**». Υπό την «**ισχυρή**» έννοια, η σχέση αντιστοιχίας θεωρείται ως μια ομοιότητα, δομημένη ή μη, μεταξύ **φορέων αλήθειας** (truth-bearers) και **πραγματικότητας**. Η ισχυρή αντιστοιχία περιλαμβάνει μια γενικευμένη και αξιοσημείωτη δομημένη σχέση μεταξύ ενός φορέα αληθείας (πρόταση, δήλωση, σκέψη, βεβαίωση κ.λπ.) και ενός συνόλου στοιχείων (γεγονός, κατάσταση πραγμάτων, συμβάν κ.λπ.) της πραγματικότητας που αυτός περιγράφει. Η ισχυρή αντιστοιχία απαιτεί η αλήθεια να εξηγείται με όρους ενός γενικού χαρακτηρισμού της δομημένης σχέσης μεταξύ ενός φορέα αληθείας και της πραγματικότητας, όταν αυτός είναι αληθής. Αυτό απαιτεί στο ελάχιστο μια ευκρινή γενική περιγραφή της δομής των φορέων, μια γενική περιγραφή της δομής εκείνων των στοιχείων της πραγματικότητας όπως π.χ. τα γεγονότα, και μια θεωρία σχετική με το πότε αυτές οι διαφορετικές οντότητες μπορούν να έχουν παρόμοια δομή.

Υπό την «**ασθενή**» έννοια, η σχέση αντιστοιχίας συνίσταται στον ισχυρισμό μιας σημασιολογικής συσχέτισης μεταξύ εκφράσεων και εξωγλωσσικών οντοτήτων. Η ασθενής αντιστοιχία απαιτεί μόνο, η αλήθεια να εξαρτάται απλά από το πως είναι τα πράγματα στον κόσμο, σε αντίθεση με μια εντελώς ενδογλωσσική σχέση. Συνεπώς, υπό την ασθενή οπτική, η αλήθεια εξηγείται με όρους εξωγλωσσικών στοιχείων της πραγματικότητας. Εάν θέλουμε να καταλάβουμε την ιδιαιτερότητα της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας έναντι άλλων θεωριών αλήθειας, θα πρέπει οι

μόνες αντιστοιχιστικές θεωρίες που έχουν ενδιαφέρον για εμάς να είναι αυτές υπό την ισχυρή έννοια. Στο παρόν κεφάλαιο, δεν πρόκειται να προτείνουμε την δική μας εκδοχή αντιστοιχιστικής θεωρίας, ούτε θα προτείνουμε λύσεις για πάσης φύσης προβλήματα που ενδεχομένως προκύπτουν. Ο σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε την έννοια της αλήθειας μέσα από το πρίσμα της αντιστοιχιστικής θεωρίας, όπως αυτή διαμορφώθηκε στη σύγχρονη βιβλιογραφία και τι προκλήσεις καλείται να αντιμετωπίσει στο μέλλον. Ας διερευνήσουμε, όμως, κατ' αρχάς την εξέλιξη της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας στη ροή του χρόνου.

1.3 Ιστορία της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας

Η αντιστοιχιστική θεωρία φαίνεται να υπονοείται ήδη από την εποχή των προσωκρατικών όπως ο **Παρμενίδης** (6ος αιώνας) (Kahn 1969, σ. 715) αλλά και τους μετέπειτα διαλόγους του **Πλάτωνα** (427-348 π.Χ.) αντιπροσωπευτικός των οποίων ήταν και το έργο του «Σοφιστής»: «Εκείνος που είναι αληθινός λέει για σένα εκείνα που είναι όπως είναι... Ο ψεύτικος λόγος λέει άλλα από εκείνα που είναι...» (Σοφιστής 263b). Παρόμοιους ορισμούς συναντά κανείς και στον **Αριστοτέλη** (384-322 π.Χ.) όπως στο έργο του «Μετά τά Φυσικά» (Γ7,1011b 26) : «Το να λέει κανείς γι' αυτό που είναι πως δεν είναι, ή γι' αυτό που δεν είναι πως είναι, είναι ψευδές, και το να λέει πως αυτό που είναι είναι και πως αυτό που δεν είναι δεν είναι είναι αληθές». Ωστόσο χρειάζεται να αναφέρουμε ότι αυτοί οι ορισμοί δεν αποτυπώνουν την διαίσθηση που έχουμε για την έννοια της αντιστοιχίας υπό την ισχυρή έννοια και αυτό γιατί δεν γίνεται σαφής ούτε η σχέση με την πραγματικότητα, ούτε η δομή των στοιχείων της πραγματικότητας, αφήνοντας έτσι ερμηνευτικά περιθώρια για μινιμαλιστικού τύπου θεωρίες αλήθειας.

Παρόλα αυτά ο Αριστοτέλης φαίνεται να υποστηρίζει μια πιο ισχυρή εκδοχή της αντιστοιχιστικής θεωρίας στο έργο του «Κατηγορίαι» (12b11, 14b14), όπου μιλά για «υποκείμενα πράγματα» που καθιστούν τις δηλώσεις αληθείς και υπονοεί ότι αυτά τα «πράγματα» είναι λογικά δομημένες καταστάσεις ή γεγονότα. Ακόμα πιο ξεκάθαρη υποστήριξη παρέχει στο έργο του «Περί Ερμηνείας» (16a3) όταν λέει ότι οι σκέψεις είναι «ομοίωσις» των πραγμάτων. Αν και πουθενά δεν ορίζει την Αλήθεια με όρους ομοιότητας της σκέψης προς ένα πράγμα ή γεγονός, είναι ξεκάθαρο ότι ένας τέτοιος ορισμός θα ταίριαζε αρκετά στην συνολική φιλοσοφία του περί νου (David 2013).

Στην μεσαιωνική περίοδο διακρίνονται δύο κύριες εκδοχές της αντιστοιχιστικής θεωρίας, οι **μεταφυσικές** και οι **σημασιολογικές**. Η πιο γνωστή μεταφυσική εκδοχή της αντιστοιχίας είναι αυτή του Θωμά του Ακινάτη (1226-1274 μ.Χ.) : «η Αλήθεια είναι η συμφωνία του πράγματος και του νου» (Veritas est adaequatio rei et intellectus), την οποία επαναδιατυπώνει ως εξής: «Μια κρίση είναι αληθής όταν αυτή συμφωνεί με την εξωτερική πραγματικότητα». Η συγκεκριμένη διατύπωση του Ακινάτη «συμφωνία νου και πράγματος» είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να αφήνει περιθώρια για ιδέες όπου το «αληθές» μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο στις σκέψεις και τις κρίσεις αλλά επίσης και σε πράγματα ή πρόσωπα (π.χ. ένας αληθινός φίλος). Οι

μεσαιωνικοί θεολόγοι αποδέχτηκαν και τις δύο θεωρήσεις, την αλήθεια των κρίσεων όσο και την αλήθεια των πραγμάτων-προσώπων, στηριζόμενοι στην βαθύτερη έννοια της αλήθειας, η οποία κατά την Γραφή είναι ο Θεός: «Εγώ είμαι η οδός, και η αλήθεια, και η ζωή» (Ιωάννης ιδ:6). Ωστόσο η έννοια της αλήθειας-πράγμα/πρόσωπο αγνοήθηκε από τους σύγχρονους αναλυτικούς φιλοσόφους αλλά επέζησε σε κάποιο βαθμό στην Υπαρξιστική και ευρωπαϊκή φιλοσοφία (David 2013). Υπάρχουν όμως και μεσαιωνικοί συγγραφείς που εστιάζουν σε αριστοτελικούς ορισμούς του τύπου «μια (διανοητική) πρόταση είναι αληθής αν και μόνο αν, αυτό που αυτή δηλώνει, αυτό και είναι (sicut significat, ita est)», τονίζοντας έτσι την σημασιολογική σχέση του νοήματος (signification) ενώ παράλληλα αφήνουν αδιευκρίνιστο τι είναι αυτό που υποδηλώνεται από μια αληθή πρόταση εξασθενώντας έτσι την αντιστοιχιστική σχέση. Χαρακτηριστική είναι η επιλογή που επεδίωξαν οι Ockham (1285-1349/50 μ.Χ.) και Buridan (1295-1356 μ.Χ.) δίνοντας εξαντλητικές λίστες από συντακτικές προτάσεις συνθηκών αλήθειας για προτάσεις διαφορετικών γραμματικών κατηγοριών, αποφεύγοντας όμως να συσχετίσουν τις αληθείς προτάσεις γενικά με αντικείμενα από μια συγκεκριμένη οντολογική κατηγορία (David 2013).

Στην νεότερη εποχή δίνεται η εντύπωση ότι η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας δεν μπορεί να υπερβεί τον απλοϊκό ορισμό περί συμφωνίας με την πραγματικότητα, όπως καταδεικνύεται από δηλώσεις όπως αυτές του Descartes (1596 – 1650 μ.Χ.) «δεν μπορούμε να δώσουμε έναν ορισμό που να μας βοηθά να γνωρίσουμε την φύση της» (Ariew et al. 2010, σ. 249). Στο ίδιο μήκος κύματος, ο Spinoza (1632-1677 μ.Χ.), ο Locke (1632-1704 μ.Χ.), ο Leibniz (1646-1716 μ.Χ.), ο Hume (1711-1776 μ.Χ.) κ.α.. Ο Kant (1724-1804 μ.Χ.) επίσης φαινόταν κατηγορηματικός στο αν είναι δυνατόν να υπάρξει ένα καθολικό κριτήριο αλήθειας. Ούτε πρότεινε την ταύτιση μεταξύ καθολικών τυπικών λογικών κριτηρίων και της αντικειμενικής αλήθειας (Helfer 2000, σ. 338).

Η αναλυτική φιλοσοφία έμελλε να αναβιώσει το ενδιαφέρον για την αντιστοιχιστική θεωρία μετατοπίζοντας το ενδιαφέρον από εκείνες τις εκδοχές που ήταν βασισμένες στα αντικείμενα προς εκείνες που ήταν βασισμένες στα γεγονότα. Η ανάπτυξη του «**λογικού ατομισμού**» από τους Wittgenstein (Wittgenstein 1921) και Russell (Russell 1918) συνετέλεσε σε μια πιο συστηματική μελέτη της αντιστοιχιστικής προσέγγισης με γεγονότα, τροποποιήσεις της οποίας επανέφεραν τις βασισμένες σε αντικείμενα σημασιολογικές εκδοχές όπως παρουσιάζονται στο έργο του Tarski (Tarski 1936).

Εξετάζουμε στη συνέχεια τα μέρη που συναποτελούν την αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας, τους προβληματισμούς που εγείρονται από τις παραδοσιακές αντιστοιχιστικές θεωρίες αλλά και τις προοπτικές που προσφέρονται.

1.4 Φορείς της αλήθειας (Truthbearers)

Η βασική ερμηνεία του όρου «φορείς αλήθειας» αφορά εκείνα τα πράγματα για τα οποία έχει νόημα να αναρωτιόμαστε αν είναι αληθή ή ψευδή. Τον ρόλο αυτόν

καλούνται να τον αναλάβουν διάφορα είδη γλωσσικών, λεκτικών και νοητικών δομών. «Πεποιθήσεις», «σκέψεις», «ιδέες», «κρίσεις»[3], «δηλώσεις»[4], «βεβαιώσεις»[5], «εκφωνήματα», «προτάσεις» υπό την έννοια του ελάχιστου γραμματικά ορθού τμήματος λόγου αλλά και «Προτάσεις»[6] υπό την έννοια της αφηρημένης νοηματικής οντότητας, του σταθερού περιεχομένου ενός ισχυρισμού που μπορεί να είναι κοινός για προτάσεις διαφορετικών γλωσσών, όπως π.χ. «βρέχει», «It is raining» κλπ. Η πληθώρα όμως των επιλογών και η απουσία αυστηρού προσδιορισμού αφήνει περιθώρια ώστε κάποιες εκφάνσεις αυτών των αντικειμένων να μην κατατάσσονται σε καμμία από τις δύο κατηγορίες ως «αληθείς» ή «ψευδείς».

Ένα επιπλέον σημείο που αξίζει να σημειωθεί είναι η πολυπλοκότητα που διακρίνει την δομή ενός φορέα αλήθειας. Σε περιπτώσεις φορέων που συνίστανται από απλούστερης δομής φορείς ίσως η εφαρμογή της έννοιας της αλήθειας ως αντιστοίχησης με την πραγματικότητα να μην είναι άμεση και να χρειάζεται αυτή να αποδομηθεί σε απλούστερες αντιστοιχιστικές σχέσεις. Θα μπορούσε όμως να συμβαίνει και το αντίθετο. Θα μπορούσε κάποιος, π.χ. ο Μ, να έχει μια διαζευκτική πεποίθηση (το μωρό θα είναι αγόρι ή το μωρό θα είναι κορίτσι) ενώ πιστεύει μόνο τον ένα, ή και κανέναν, από τους διαζευκτέους. Ή ίσως ο Μ έχει μια υπό όρους πεποίθηση (Εάν οι νυχτερίδες είναι θηλαστικά, τότε κάποια θηλαστικά μπορούν να πετάξουν) χωρίς να πιστεύει την προκείμενη ή το προκύπτον συμπέρασμα. Ακόμα ο Μ θα μπορούσε να έχει μια «αρνητική» πεποίθηση (δεν είναι ο καθένας τυχερός) χωρίς να πιστεύει αυτό που αρνείται. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι τιμές αληθείας των σύνθετων πεποιθήσεων του Μ εξαρτώνται από τις τιμές αληθείας των συστατικών μερών τους, αν και τα συστατικά μέρη (ως απλούστερες πεποιθήσεις) δεν αποτελούν απαραίτητα πεποιθήσεις του Μ ή του οποιουδήποτε (David 2013). Το ίδιο θα μπορούσαμε να διατυπώσουμε και για περιπτώσεις όπου αναφερόμαστε σε διαφορετικά είδη φορέων. Ίσως τότε η φύση της αντιστοιχιστικής σχέσης να μετασχηματίζεται σε ένα είδος αναλογικού τύπου αντιστοιχιστική σχέση όπως η λέξη «υγιής» στην φράση «υγιής οργανισμός» και στην φράση «υγιής τρόπος ζωής».

---

3 Ο όρος «κρίση» (λατ: Judicium) γενικά αναφέρεται σε μια νοητική ενέργεια, με την οποία αποφαινόμαστε για τη σχέση δύο εννοιών. Είναι όμως όρος ισοδύναμος με τον όρο «Πρόταση» (proposition).

4 Ο όρος «δήλωση» (statement) αναφέρεται κυρίως στο γλωσσικό ενέργημα του ισχυρισμού.

5 Με τον όρο «βεβαιώσεις» (assertions) ή γενικότερα «βεβαιωτικές κρίσεις» αναφερόμαστε στους ισχυρισμούς.

6 Ο όρος «Πρόταση» αναφέρεται στο πληροφοριακό περιεχόμενο του γλωσσικού ενεργήματος. Το κεφαλαίο αρχικό «π» στον όρο «Πρόταση» που αποδίδει την αγγλική λέξη «proposition», έχει σκοπό να τον διακρίνει από τον όρο «πρόταση» που αποδίδει την αγγλική λέξη sentence και έχει τη σημασία του ελάχιστου γραμματικά ορθού τμήματος λόγου. Μια τέτοια τεχνική λύση έχει προταθεί από τον Στέλιο Βιρβιδάκη («Η Αλήθεια» του Pascal Engel (Εκδόσεις Scripta 2000)) και επιλέγω να την υιοθετήσω.

1.5 Αληθοποιητές (Truthmakers)

Οι «αληθοποιητές» θα μπορούσαμε να πούμε ότι αναλαμβάνουν τον ρόλο του οντολογικού περιεχομένου της έννοιας της αλήθειας. Αληθοποιητής είναι οτιδήποτε καθιστά κάποιον φορέα αλήθειας αληθή. Τον συγκεκριμένο ρόλο καλούνται να τον αναλάβουν διάφορα είδη οντολογικών δομών, καθένα από τα οποία ευελπιστεί να χαρακτηρίσει και μια διαφορετική εκδοχή αντιστοιχιστικής θεωρίας ικανή να αντιμετωπίσει διάφορες παραδοξολογικές πτυχές της. Κυρίαρχη θέση στο πεδίο των αληθοποιητών - στην σύγχρονη φιλοσοφία - κατέχει η έννοια της «**κατάστασης πραγμάτων**». Όπως αναφέρει ο Wittgenstein (Wittgenstein 1921, 2.01): «Η κατάσταση πραγμάτων είναι μια σύνδεση αντικειμένων (πραγμάτων)». Ο Kirkham (Kirkham 1992, σελ. 74) τις περιγράφει ως οτιδήποτε που έχει την δυνατότητα να συμβεί, και αυτή η δυνατότητα να μπορεί να επιβεβαιωθεί (αληθώς η ψευδώς) από μια δηλωτική πρόταση. Υπό αυτήν την οπτική, ο Kirkham περιγράφει το «**γεγονός**» (fact) ως μια κατάσταση πραγμάτων που συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο. Κάθε γεγονός συνιστά μια σύνθετη κατάσταση, που σύγκειται από αντικείμενα, ιδιότητες, σχέσεις και η οποία θα πρέπει να θεωρείται ανεξάρτητη από το νου. Παρόλα αυτά δεν εξαντλείται το πεδίο των αληθοποιητών. Έννοιες όπως π.χ. συμβάντα, πράγματα, τροπαί (tropes)[7] κλπ., καλούνται μερικές φορές να αποσαφηνίσουν την συνήθη χρήση του όρου. Είναι κατάλληλο, λοιπόν, να κάνουμε χρήση του όρου αληθοποιητές όταν θέλουμε να παραμείνουμε ουδέτεροι μεταξύ των παραπάνω επιλογών, χωρίς όμως το συνθετικό της «ποίησης» να αποδίδεται σε αιτιώδεις σχέσεις.

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να εστιάσουμε στην εξάρτηση της έννοιας του αληθοποιητή από την σχεσιακή έννοια της **αληθοποίησης** (truthmaking): ένας αληθοποιητής είναι οτιδήποτε συσχετίζεται στην σχέση αληθοποίησης με έναν φορέα αληθείας. Η ασάφεια που πιθανόν εκδηλώνεται στην παρουσία αυτών των όρων, θα μπορούσε να επεξηγηθεί παρουσιάζοντας δυο δυνατότητες με τις οποίες θα ήταν δυνατόν να χαρακτηριστεί μια κλασική θεωρία αντιστοιχίας (David 2013).

1. Το χ καθίσταται αληθές από ένα γεγονός, από το γεγονός στο οποίο αντιστοιχείται το χ.
2. Το χ καθίσταται αληθές από την αντιστοιχία του χ με ένα γεγονός.

Και οι δύο εκδοχές είναι σωστές και εμφανίζονται στις συζητήσεις περί αληθείας. Αλλά είναι σημαντικά διαφορετικές και πρέπει να διακριθούν μεταξύ τους. Η (1) χρήση είναι συνήθως η επιδιωκόμενη. Εκφράζει μια σχέση που προσιδιάζει σε

7 Με τον όρο trope εκφράζουμε μια συγκεκριμένη περίπτωση εκδήλωσης μιας ιδιότητας ή μιας σχέσης. π.χ. Η ευγλωττία του Ομπάμα, Η ομορφιά της Ακρόπολης κτλ. Η ευγλωττία του Ομπάμα όμως εδώ κατανοείται όχι ως ο Ομπάμα να μετέχει στο «καθολικό» (universal) ευγλωττία, ούτε ως μια περίεργη ποιότητα της ευγλωττίας του Ομπάμα, αλλά απλά ως ένα «κομμάτι» της ευγλωττίας του Ομπάμα, της ευγλωττίας που μόνο αυτός έχει. Η απήχηση των τροπών (tropes) στους φιλοσόφους οφείλεται στο ότι αποτελούν μια οντολογική βάση απαλλαγμένη από αξιωματικές αποδοχές αφηρημένων οντοτήτων όπως οι Προτάσεις και τα «καθολικά» (Universals).

αλήθεια και οδηγεί στην χρήση ενός «αληθοποιητή» ο οποίος συγκεντρώνει όλα αυτά τα στοιχεία που κανονικά θα είχαν υπόψιν τους αυτοί που κάνουν χρήση του φορέα. Η (2) χρήση φαίνεται να είναι μια απλή εφαρμογή του γενικού τύπου «ό,τι κάνει ένα Χ-πράγμα , να είναι Χ» για «Χ»=«αληθές» , η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποσπάσει τα στοιχεία που απαρτίζουν ένα προτεινόμενο ορισμό για το Χ, π.χ. «Ό,τι κάνει έναν άρτιο αριθμό να είναι άρτιος, είναι η διαιρεσιμότητα του με το 2». Έτσι ο καθένας που θέλει να προτείνει έναν ορισμό ή μια θεωρία αλήθειας, μπορεί να κάνει χρήση της έννοιας της αληθοποίησης υπό την (2) έννοια, όπως στην περίπτωση ενός συνεκτικιστή «ό,τι κάνει μια αληθή πεποίθηση να είναι αληθής, είναι η συνεκτικότητα της με άλλες πεποιθήσεις». Η συγκεκριμένη όμως χρήση δεν φαίνεται να είναι συγγενής με την βασική ιδέα μιας «ισχυρής» εκδοχής της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, ενώ υπό την (1) χρήση οι όροι «αληθοποίηση» και «αληθοποιητής» είναι όντως αντιπροσωπευτικοί μιας ισχυρής εκδοχής.

1.6 Αντιστοιχιστικές θεωρίες αλήθειας

1.6.1 Απλές μορφές

Στην προσπάθεια διατύπωσης μιας απλής μορφής αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, θα περίμενε κανείς ότι θα εξαντλούνταν σε μια κοινοτοπία της μορφής:

1. Το χ[8] είναι αληθές ανν[9] το χ αντιστοιχεί σε κάποιο γεγονός.
   Το χ είναι ψευδές ανν το χ δεν αντιστοιχεί σε κανένα γεγονός.

Ωστόσο η χρήση διαφορετικών αληθοποιητών δεν είναι απλώς μια αυθαίρετη φιλοσοφική επιλογή απλά χάριν της διαφοροποίησης. Εάν κάνουμε χρήση της έννοιας «κατάσταση πραγμάτων», προκύπτουν κάποια ενδιαφέροντα ζητήματα.

2. Το χ είναι αληθές ανν το χ αντιστοιχεί σε κάποια κατάσταση πραγμάτων που συμβαίνει.
   Το χ είναι ψευδές ανν το χ αντιστοιχεί σε κάποια κατάσταση πραγμάτων που δεν συμβαίνει.

Αν και πολλοί συγγραφείς χρησιμοποιούν την «κατάσταση πραγμάτων» με την ίδια χρήση των «γεγονότων» (Armstrong 1997), ωστόσο είναι αναγκαίο να επισημανθεί η διαφοροποίηση στον ορισμό του ψεύδους μεταξύ των εκδοχών (1) και (2). Ο ορισμός του ψεύδους στην (2) μορφή δεσμεύεται από την ύπαρξη οντοτήτων που παρόλα αυτά αποτυγχάνουν να συμβούν. Στην (1) μορφή ο ορισμός του ψεύδους δεν δεσμεύεται από κάτι ανάλογο. Το να πεις ότι ένα γεγονός δεν συμβαίνει, σημαίνει ότι δεν υπάρχει τέτοιο γεγονός. Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση έχει την βάση της

8 Οποιοσδήποτε φορέας αλήθειας.
9 Αν και μόνο αν.

στην διαφορά μεταξύ της άποψης του Πλατωνισμού σχετικά με τις ιδιότητες (όπου αποδέχεται μη αντιπροσωπεύσιμες από κάτι ιδιότητες) και του Αριστοτελισμού (όπου απορρίπτει μη αντιπροσωπεύσιμες από κάτι ιδιότητες) (David 2013).

Αν και η μορφή (1) δεν δεσμεύεται να λάβει υπόψη καταστάσεις πραγμάτων που δεν συμβαίνουν - όπως την κατάσταση πραγμάτων ότι το χιόνι είναι πράσινο - ως συστατικά της πραγματικότητας, ωστόσο η μορφή (2) παρέχει περισσότερες ερμηνευτικές δυνατότητες. Επιτρέπει σε αντικείμενα εντός της κατηγορίας των φορέων αλήθειας να είναι ούτε αληθή, ούτε ψευδή. Δηλαδή επιτρέπει την αποτυχία του νόμου του αποκλειόμενου τρίτου. Επιτρέπει επίσης οι «καταστάσεις πραγμάτων» να χαρακτηρισθούν από τις σημασίες και τα περιεχόμενα των προτάσεων μας, σε αντιδιαστολή με τα «γεγονότα» που δεν μπορούν να αναγνωρισθούν από τις σημασίες ή τα περιεχόμενα των προτάσεων, μιας και οι ψευδείς προτάσεις δεν έχουν σημασία ή περιεχόμενο αφού δεν αντιστοιχούν σε κάτι. Χαρακτηριστικό είναι το εξής παράδειγμα: Ας υποθέσουμε ότι έχουμε να διαχειρισθούμε την αλήθεια της πρότασης «χ ή φ» όπου «χ» είναι αληθές και «φ» ψευδές, ποια είναι τότε η σύσταση του αντίστοιχου γεγονότος; Από την στιγμή που το «φ» είναι ψευδές, δεν αντιστοιχείται σε κάποιο γεγονός, ενώ το «χ» αντιστοιχείται. Η μορφή (2) ωστόσο επιτρέπει το γεγονός στο οποίο αντιστοιχείται η «χ ή φ» να είναι μια διαζευκτική κατάσταση πραγμάτων που συμβαίνει, αποτελούμενη από μια κατάσταση πραγμάτων που συμβαίνει και μια κατάσταση πραγμάτων που δεν συμβαίνει.

Υπάρχει σίγουρα πληθώρα σχημάτων απλοϊκών αντιστοιχιστικών θεωριών αλήθειας, ωστόσο θα μπορούσαμε να χειριστούμε τις ανωτέρω δύο μορφές ως παραδειγματικές συμπυκνώνοντας ίσως τις δυο μορφές στην μορφή (1) από την στιγμή που οι υποστηρικτές της (2) μορφής συμφωνούν ότι οι καταστάσεις πραγμάτων που συμβαίνουν είναι γεγονότα, επιλογή που επαρκεί όσο κάποιος δεν καταπιάνεται με θέματα που αφορούν το ψεύδος.

1.6.1.1 Προβλήματα απλών μορφών

Η βασική ένσταση στις απλές μορφές αντιστοιχιστικών θεωρίων αφορά την απλοϊκότητα και την προφάνεια αυτών, χαρακτηριστικά που υποβιβάζουν την θεωρητική τους αξία. Αυτό όμως δεν τις καθιστά ασύμβατες με οποιαδήποτε «βαθιά» θεωρία αλήθειας και ίσως αυτό το χαρακτηριστικό τις καθιστά ικανές να εφαρμόζονται σε διαφορετικά μεταξύ τους πεδία αρκεί να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες του εκάστοτε πλαισίου. Οι κύριοι προβληματισμοί φαίνεται να αφορούν κυρίως την σχέση «αντιστοιχίας» και τις έννοιες «γεγονότα» ή «καταστάσεις πραγμάτων».

Ως προς την σχέση «αντιστοιχίας» αυτό που αναμένεται να εκδηλωθεί είναι μια ομοιότητα μεταξύ των φορέων αλήθειας και των αληθοποιητών της πραγματικότητας. Αλλά η ομοιότητα δεν φαίνεται να αποτυπώνεται ευκρινώς ανάμεσα στις δύο κατηγορίες, παρά μόνο εντός της κάθε κατηγορίας. Οι φορείς αλήθειας δεν φαίνεται να μοιάζουν με τίποτα άλλο παρά με άλλους φορείς αλήθειας.

Ταυτόχρονα αν προσπαθήσουμε να αναζητήσουμε μια εξήγηση μέσα σε ένα φυσιοκρατικό πλαίσιο, αδυνατούμε να αντιληφθούμε το χωροχρονικό πλαίσιο δράσης της αντιστοιχιστικής σχέσης (David 2013).

Ως προς το είδος των αληθοποιητών, η πολυπλοκότητα – και όχι μόνο - των φορέων αλήθειας είναι υπεύθυνη για την ανάδειξη ύπαρξης «**γεγονοτικών μυθευμάτων**» (funny facts) τα οποία είναι οντολογικώς ανυπόληπτα, όπως το γεγονός που αληθοποιεί την πρόταση «είτε η Μαίρη αγαπά τον Γιάννη είτε ο Γιάννης αγαπά την Πηνελόπη». Τα **αρνητικά γεγονότα** έρχονται επίσης να κλονίσουν την αρχή της αληθοποίησης, σύμφωνα με την οποία κάθε αληθής φορέας αλήθειας πρέπει να έχει έναν αληθοποιητή. Αν παρακολουθήσουμε τον στοιχειώδη συλλογισμό «¬χ» είναι αληθής ανν η «χ» είναι ψευδής, δηλαδή, ανν η «χ» δεν αντιστοιχεί σε κανένα γεγονός, τότε θα συμπεράνουμε ότι η «¬χ» αν και αληθής, δεν καθίσταται αληθής από κανένα γεγονός, δηλαδή δεν φαίνεται να έχει κάποιον αληθοποιητή στην πραγματικότητα. Τους ανωτέρω προβληματισμούς έρχεται να συμπληρώσει η άποψη ότι η υπόσταση των γεγονότων της πραγματικότητας προκύπτει ως προβολή των προτάσεων μας στην πραγματικότητα για χάρη της αντιστοίχησης και ως εκ τούτου αυτά δεν μπορούν παρά να θεωρηθούν μυθοπλασίες (Englebretsen 2006, σ. 66).

Υπάρχουν λόγοι λοιπόν ώστε τόσο η αντιστοιχιστική σχέση όσο και η δομή των αληθοποιητών να τύχουν περισσότερης ανάλυσης και γι' αυτόν τον σκοπό είναι απαραίτητο να αναζητήσουμε το αναγκαίο πλαίσιο εντός του οποίου θα επιτευχθεί η συγκεκριμένη ανάλυση.

1.6.2 Ισομορφισμός

Η αντίληψη της αντιστοιχιστικής σχέσης ως μια σχέση ισομορφισμού μεταξύ φορέων αλήθειας και δομών της πραγματικότητας έχει διαμορφωθεί ήδη από την εποχή του Αριστοτέλη (Crivelli 2004, σελ. 152), μια τάση που προκύπτει πολύ φυσιολογικά από την επιθυμία μας για ομοιότητα μεταξύ των πεποιθήσεων μας και των δομών της πραγματικότητας. Όμως αυτού του είδους η ισόμορφη ομοιότητα δεν πρόκειται για μια ποιοτική ομοιότητα, τουτέστιν, ότι ο φορέας αλήθειας έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το γεγονός που αναπαριστά. Η πρόταση «η γάτα είναι πάνω στο χαλί» δεν πρόκειται να αναδείξει την χαρακτηριστική μυρωδιά που ενδεχομένως να αναδείξει μια πραγματική γάτα πάνω στο χαλί. Αντιθέτως πρόκειται για μια αφηρημένη δομική ομοιότητα.

Η βασική ιδέα είναι ότι οι φορείς αλήθειας και τα γεγονότα είναι από κοινού σύνθετα δομημένες οντότητες: οι φορείς αλήθειας απαρτίζονται από λέξεις ή έννοιες και άλλους φορείς-αλήθειας, τα γεγονότα απαρτίζονται από πράγματα, ιδιότητες, σχέσεις και άλλα γεγονότα ή καταστάσεις πραγμάτων. Ο στόχος είναι να δείξουμε πως η αντιστοιχιστική σχέση παράγεται από υποκείμενες σχέσεις μεταξύ των πιο βασικών συστατικών των φορέων και των πιο βασικών συστατικών των αντίστοιχων τους γεγονότων. Στην προσπάθεια αυτή ίσως να χρειαστεί να συσχετισθεί η

σημασιολογία με την αποβλεπτικότητα ανάλογα με το είδος των φορέων αλήθειας που επιλέγει κάποιος να χρησιμοποιήσει.

Υπάρχει ωστόσο κριτική που απορρίπτει την ισομορφική προσέγγιση με το σκεπτικό ότι αυτή προβάλλει την δομή της γλώσσας μας στον κόσμο (Austin 1950, σελ. 155). Υπάρχουν θεωρήσεις της αντιστοιχιστικής σχέσης οι οποίες δέχονται μια δήλωση - ως σύνολο - να σχετίζεται με μια κατάσταση πραγμάτων μέσω αυθαίρετων γλωσσικών συμβάσεων χωρίς να αντανακλά την εσωτερική δομή του σχετιζόμενου (Vision 2004). Αυτή η προσέγγιση, ωστόσο, φαίνεται ευάλωτη στην ένσταση ότι αποφεύγει γεγονοτικά μυθεύματα με κόστος την παραμέληση μιας συστηματικότητας. Η γλώσσα δεν παρέχει ξεχωριστές γλωσσικές συμβάσεις για κάθε δήλωση, αυτό θα απαιτούσε ένα απέραντο πλήθος συμβάσεων. Τουναντίον, φαίνεται ότι οι τιμές αλήθειας των δηλώσεων καθορίζονται συστηματικά, μέσω ενός σχετικά μικρού συνόλου συμβάσεων, από τις σημασιολογικές αξίες (σχέσεις με την πραγματικότητα) των απλούστερων συστατικών τους (David 2013). Η αναγνώριση αυτής της συστηματικότητας έχει δομηθεί ακριβώς πάνω στην ισομορφική προσέγγιση.

Τι μπορεί όμως να μας παράσχει την αναγκαία συστηματικότητα για την ανίχνευση αυτής της δομικής ομοιότητας των πεποιθήσεων μας με τις δομές της πραγματικότητας χωρίς να υποπέσουμε στην χρήση γενικόλογων κοινοτοπιών ελαχιστοποιώντας παράλληλα την παρουσία γεγονοτικών μυθευμάτων; Το εργαλείο ανίχνευσης της αλήθειας αποτέλεσε και αποτελεί η έννοια της «Λογικής», πεποίθηση που φαίνεται να ενστερνιζόταν και ο «παππούς» της αναλυτικής φιλοσοφίας Frege (Fisher 2008, σελ. 17), μιας και αποδεχόταν ότι ο ρόλος της Λογικής έπρεπε να είναι κανονιστικός και όχι απλά περιγραφικός προσφέροντας μόνο το μέσο για την περιγραφή των νόμων της σκέψης. Η σημαντικότητα αυτού του ρόλου ως προς την έννοια της αλήθειας καθιστά αναγκαία την εξερεύνηση της ιστορίας της Λογικής.

1.6.3 Ανιχνεύοντας την αλήθεια

1.6.3.1 Αρχές κλασικής λογικής: ιστορική προσέγγιση

Το πώς θα έπρεπε να ορισθεί η Λογική, αποτελεί θέμα αρκετά αμφιλεγόμενο το οποίο περιλαμβάνει πλήθος πτυχών. Ωστόσο στην προσπάθεια να προσδιορίσουμε έναν πυρήνα αυτής της έννοιας, θα μπορούσαμε να ορίσουμε την Λογική ως το πεδίο που ερευνά τις αρχές της ορθής συναγωγής - ήτοι η εξαγωγή ενός συμπεράσματος από προκείμενες (Audi 2011, σ. 1223) -, των αρχών που οφείλει να ακολουθεί όποιος αναζητεί την αλήθεια.

Ο πυρήνας των βασικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής Λογικής θεωρείται ότι αποτελείται από τις δύο ακόλουθες έννοιες:

I. **Ουδετερότητα:** οι κανόνες της Λογικής χαρακτηρίζονται από ουδετερότητα ως προς το αντικείμενο της εφαρμογής τους. Δηλαδή, ενώ π.χ., οι νόμοι της

βιολογίας ίσως να είναι αληθείς μόνο για τα έμβια όντα ή οι κανόνες της οικονομικής επιστήμης να εφαρμόζονται μόνο σε κοινωνικο-οικονομικά συστήματα, ωστόσο οι αρχές της Λογικής είναι καθολικές αρχές. Εφαρμόζονται σε όλα τα πεδία ερεύνης. Τουλάχιστον για εκείνο το είδος της Λογικής που αποσκοπεί να αποτελέσει το τυπικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπαρίσταται η θεμελιώδης δομή της πραγματικότητας. Γι' αυτό και είναι ένα εργαλείο, το οποίο όλοι οι επιστήμονες είναι υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν, προκειμένου να αποκτήσουν την αλήθεια και να φθάσουν, έτσι, στην έγκυρη γνώση στην οποία στοχεύουν.

II. **Αναγκαιότητα:** ο Αριστοτέλης όρισε την αναγκαιότητα ως «εκείνο που δεν μπορεί να είναι διαφορετικά». Η ανεξαρτησία από οποιοδήποτε ενδεχομενικό χαρακτηριστικό της πραγματικότητας είναι θεμελιώδες χαρακτηριστικό της Λογικής. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν οι φυσικοί νόμοι άλλαζαν στον σύμπαν, οι κανόνες της Λογικής θα παρέμεναν ίδιοι.

Και τα δύο ανωτέρω χαρακτηριστικά δείχνουν τον διαφορετικό χαρακτήρα της Λογικής σε σχέση με τις εμπειρικές επιστήμες όπως η φυσική, η χημεία ή η βιολογία. Ωστόσο δείχνει επίσης και τον στόχο που έχει η επιστημονική πρακτική. Την αναζήτηση της Λογικής που διέπει την πραγματικότητα. Εκείνου του περιγράμματος που εφαρμόζουμε στην εμπειρία μας και το οποίο μας βοηθά να αντιληφθούμε τι είναι αυτό που παραμένει σταθερό σε αυτήν. Επί αυτού του πυρήνα, οι άνθρωποι αποπειράθηκαν να διατυπώσουν τους βασικούς κανόνες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για το ορθώς διανοείσθαι. Ως προς αυτήν την προσπάθεια είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η διάκριση που προτείνει ο Béziau (2010) μεταξύ της «**Λογικής**» ως το διανοείσθαι και της «**λογικής**» ως το πεδίο που μελετά το διανοείσθαι. Έτσι η Λογική είναι το αντικείμενο μελέτης της λογικής.

Όποια και να είναι η αφετηρία της λογικής[10], είναι ευρέως αποδεκτό ότι η λογική που εισηγήθηκε ο **Αριστοτέλης ο Σταγιρίτης** (384-322 π.Χ.) - μέσω πραγματειών[11] που αργότερα αποκαλέστηκαν με τον όρο Όργανον - αποτέλεσε τη βάση της καλούμενης **παραδοσιακής λογικής –** πρόδρομο της κλασικής λογικής -, που κυριάρχησε έως τα μέσα περίπου του 19ου αιώνα. Συγκεκριμένα, την βάση του Αριστοτελικού λογικού συστήματος αποτελεί ο «**συλλογισμός**» όπου η έμφαση στην ανάλυση των επιχειρημάτων δίνεται στην μορφή Υποκείμενο-Κατηγόρημα, αναπτύσσοντας έτσι μια κατηγορική λογική. Αν επιχειρήσουμε να παρουσιάσουμε τον πυρήνα της Αριστοτελικής Συλλογιστικής είναι δυνατόν να λεχθεί ότι αποτελείται από δεκατέσσερις μορφές, οργανωμένες σε τρία «συλλογιστικά σχήματα». Η ιδέα είναι ότι από τις μορφές αυτές, που αργότερα ονομάστηκαν «συλλογιστικοί τρόποι», προκύπτουν έγκυροι (αναλυτικοί) συλλογισμοί, αν αντικαταστήσουμε τις μεταβλητές με συγκεκριμένους γενικούς όρους. Κάθε τρόπος έχει τη μορφή υποθετικής πρότασης, συγκεκριμένα την «αν Α και Β, τότε Γ»

10 Αξίζει να σημειωθεί ότι εισηγητής του όρου «λογική» θεωρείται ο Ζήνων ο Κιτιεύς, εκπρόσωπος της στωικής φιλοσοφίας (336-264 π.Χ.).

11 Κατηγορίαι, Περί ερμηνείας, Αναλυτικά πρότερα, Αναλυτικά ύστερα, Τοπικά, Σοφιστικοί έλεγχοι.

(Δημητρακόπουλος 2009, σ. 107), όπου Α, Β και Γ είναι προτασιακοί τύποι είδους ενός από τα επόμενα τέσσερα:

- **Καθολική καταφατική**: π.χ. «Κάθε άνθρωπος είναι λευκός».
- **Καθολική αποφατική** (άρνηση): π.χ. «Κανείς άνθρωπος δεν είναι λευκός».
- **Μερική καταφατική**: π.χ. «Κάποιος άνθρωπος είναι λευκός».
- **Μερική αποφατική**: π.χ. «Κάποιος άνθρωπος δεν είναι λευκός».

Οι προκείμενες Α και Β έχουν τουλάχιστον έναν κοινό όρο (*μέσον*), ενώ οι υπόλοιποι δύο μη κοινοί όροι των Α και Β εμφανίζονται στο συμπέρασμα Γ. Ο Αριστοτέλης ταξινομεί τους συλλογισμούς σε τρία σχήματα ανάλογα με την θέση του κοινού όρου, και για κάθε σχήμα από αυτά αποφαίνεται για το ποιοι συλλογισμοί είναι έγκυροι. Από την οπτική της σύγχρονης κατηγορικής λογικής, δύο βασικά στοιχεία φαίνεται να λείπουν από το σύστημα του Αριστοτέλη. Το ένα είναι η διαπίστωση ότι η κατηγορική λογική του δεν θα μπορούσε να εκφράσει επιχειρήματα της μορφής «Κάθε Α είναι Β και Γ, άρα κάθε Α είναι Β» τα οποία άπτονται μιας διαφορετικής λογικής προσέγγισης (προτασιακή λογική). Το άλλο στοιχείο που απουσιάζει είναι ένα σχήμα ποσοδείκτη που θα μπορούσε να εκφράσει τα διφορούμενα νοήματα προτάσεων όπως «Κάθε άντρας αγαπάει μια γυναίκα»[12] (May 1977, σελ. 223).

Σε αντιδιαστολή προς τον Αριστοτέλη, η φιλοσοφική σχολή των **Στωικών** (4ο αιώνας π.Χ. - 2ο αιώνας μ.Χ.) ακολούθησε μια διαφορετική λογική προσέγγιση. Χρησιμοποίησαν ως βασική μονάδα της λογικής την πρόταση (λεκτόν), ως εκείνο το στοιχείο που μπορεί να προσλάβει κάποια τιμή αλήθειας. Μελέτησαν έτσι τις λογικές σχέσεις μεταξύ προτάσεων, αποτελώντας κατ' επέκταση τον πρόδρομο μεταγενέστερων λογικών τυπικών συστημάτων (Bonevac and Dever, 2012). Αυτές οι δύο πιο σημαντικές φιλοσοφικές σχολές αν και θεωρούνταν αντίπαλες αρχικά, μετά την Αναγέννηση έγινε σαφές ότι επρόκειτο για συμπληρωματικές και όχι αλληλοσυγκρουόμενες θεωρίες. Φυσικά μετά τον Αριστοτέλη και τους Στωικούς υπήρξαν και άλλοι φιλόσοφοι, οι οποίοι συνεισέφεραν στην εξέλιξη της λογικής, όμως στην αναζήτηση ενός πυρήνα των εργαλείων που χρησιμοποιεί η λογική μπορούμε να δούμε την προσπάθεια τους ως μια προσπάθεια ερεύνης των αρχών των σωστών συλλογισμών επηρεασμένοι από την αρχαία περίοδο της λογικής.

Η σύγχρονη όμως λογική από το εμβρυϊκό της στάδιο - Leibniz (1646-1716) - ακολούθησε μια διαφορετική προσέγγιση. Στο ξεκίνημα αυτής της περιόδου υπήρξαν οραματισμοί, όπως αυτή του Leibniz, για μια καθολική ιδανική γλώσσα στο πλαίσιο της οποίας οι λογικές σχέσεις θα ήταν τόσο διαφανείς, ώστε η χρήση της δεν θα δημιουργούσε κανένα πρόβλημα και δεν θα ήγειρε κανένα θέμα αμφισβήτησης· στην περίπτωση δε που θα ανέκυπτε κάποιο ζήτημα, το μόνο που θα χρειαζόταν, για να λυθεί αυτό και να λήξει κάθε συζήτηση, θα ήταν να γίνουν οι κατάλληλοι

12 Υπάρχει μια ερμηνεία κατά την οποία υπάρχει μια γυναίκα την οποία κάθε άντρας αγαπά, και μια δεύτερη ερμηνεία σύμφωνα με την οποία κάθε άντρας αγαπά κάποια γυναίκα χωρίς απαραίτητα να αγαπούν όλοι την ίδια.

υπολογισμοί (Lenzen, 2004). Δρώντας επί αυτού του πλαισίου, η σύγχρονη λογική δεν επιχείρησε να οικοδομήσει επί ενός συστήματος συλλογισμών ή μέσω ανάλυσης κατηγορικών προτάσεων όπως ο Αριστοτέλης. Απεναντίας ξεκίνησε πρώτα με το να προσδιορίσει τους θεμελιώδεις λογικούς συνδέσμους μέσω των οποίων θα αναπτύξει τα παραγωγικά επιχειρήματά της. Μια τέτοια ανάλυση της παραγωγικής μεθόδου απαιτεί μια **συμβολική γλώσσα**.

Σχεδόν δύο αιώνες αργότερα, με τα άρθρα *Mathematical Analysis of Logic* (Boole, 1847) και *Laws of Thought* (Boole, 1854), ο **Boole** έκανε τα πρώτα αποφασιστικά βήματα προς την υλοποίηση του λογισμού του Leibniz. Το άρθρο του στην λογική εισήγαγε δύο ποσότητες, το «0» και το «1». Χρησιμοποίησε την ποσότητα «1» για να αναπαραστήσει το σύμπαν των νοητών αντικειμένων, και την ποσότητα «0» για να αναπαραστήσει την απουσία οποιωνδήποτε αντικειμένων. Έπειτα μεταχειρίστηκε σύμβολα, όπως, x, y και z για να αναπαραστήσει συλλογές ή **κλάσεις** αντικειμένων που νοηματοδοτούν επίθετα και ουσιαστικά. Εν συνεχεία, εισήγαγε τρεις τελεστές – κοινώς πράξεις – για να συνδυάσει κλάσεις αντικειμένων. Η έκφραση «xy» (δηλ. το x πολλαπλασιασμένο με το y) συνδυάζει τις δύο κλάσεις x, y για να διαμορφώσει την νέα κλάση xy, δηλαδή την κλάση της οποίας τα αντικείμενα ικανοποιούν και τα δύο νοήματα που αναπαρίστανται από τις κλάσεις x και y. Ομοίως, η έκφραση «x + y» συνδυάζει τις δύο κλάσεις x, y για να διαμορφώσει την νέα κλάση x + y της οποίας τα αντικείμενα ικανοποιούν είτε το νόημα που αναπαριστά η κλάση x είτε το νόημα που αναπαριστά η κλάση y. Η έκφραση «1 – x» αναπαριστά αντικείμενα τα οποία δεν κατέχουν το χαρακτηριστικό που αναπαριστά η κλάση x. Κατόπιν έδειξε ότι αυτά τα σύμβολα υπακούουν σε μια πλούσια συλλογή αλγεβρικών νόμων και μπορούσαν να προστεθούν, πολλαπλασιαστούν κ.τ.λ, με ένα όμοιο τρόπο με αυτόν των πραγματικών αριθμών, αποτελώντας έτσι μια **Boolean άλγεβρα**[13] (O'Regan 2013, σελ. 49). Χαρακτηριστικός νόμος μιας Boolean άλγεβρας είναι ο νόμος της επιμεριστικότητας (**distributive law**):

$$x (y + z) = xy + xz$$

Έτσι ο Boole εφάρμοσε σύμβολα για να κωδικοποιήσει την συλλογιστική λογική του Αριστοτέλη - κατηγορικής φύσεως - και έδειξε πώς οι συλλογισμοί (**πρωτεύουσες προτάσεις**) μπορούσαν να αναχθούν σε αλγεβρικές εξισώσεις. Όμως το σύστημα του Boole είχε και μια άλλη ερμηνεία. Τα σύμβολα του θα μπορούσαν να ερμηνευτούν και ως **δευτερεύουσες προτάσεις,** δηλαδή προτάσεις που εκφράζουν σχέσεις μεταξύ άλλων προτάσεων, όπως «Εάν Χ ή Υ τότε Ζ». Εδώ τα σύμβολα Χ, Υ, Ζ δεν αναφέρονται σε κλάσεις αντικειμένων αλλά σε πρωτεύουσες προτάσεις, λαμβάνοντας υπόψιν και τον παράγοντα χρόνο ώστε να αναφέρονται σε εκείνες τις περιπτώσεις για τις οποίες είναι αληθείς οι προτάσεις (Burris 2010).

13 Δεδομένου ότι αν x= άνθρωπος, τότε η πράξη x*x θα έπρεπε να υποδηλώνει πάλι την κλάση x των ανθρώπων. Δηλαδή x*x=x. Ως εκ τούτου, οι μόνες τιμές που μπορούν να πάρουν οι μεταβλητές σε μια τέτοια άλγεβρα είναι μόνο το 0 και το 1, μιας και είναι οι μόνες που ικανοποιούν αυτήν την εξίσωση.

Αλλά ακριβώς λόγω των διαφορετικών ερμηνειών που μπορούσαν να επιδεχτούν τα σύμβολα των μεταβλητών, ο Boole δεν μπορούσε να τυποποιήσει συμπερασμούς όπου υπήρχαν ταυτόχρονα πρωτεύουσες και δευτερεύουσες προτάσεις, δηλ. κατηγορικής και προτασιακής φύσεως (Beaney 1997, σελ. 11). Αυτή ακριβώς την αδυναμία τυποποίησης στο ίδιο σύστημα τόσο του προτασιακού λογισμού όσο και του κατηγορικού λογισμού, ήρθε να άρει το πρώτο βιβλίο του Frege (1879) το *Begriffsschrift*[14], όπου έγινε μια αυστηρή παρουσίαση ενός αξιωματικού συστήματος προτασιακής λογικής εντός του οποίου μπορούσε να εκφράσει με διαφορετικό τρόπο τόσο τις πρωτεύουσες προτάσεις του Boole όσο και τις δευτερεύουσες, μιας και έκανε χρήση ποσοδεικτών (καθολικού $\forall$ και υπαρξιακού $\exists$ με τον σύγχρονο συμβολισμό)[15]. Όπως αναφέρει ο Frege:

> «Η πραγματική διαφορά είναι ότι αποφεύγω την [Boolean] διαίρεση σε δύο μέρη...και δίνω έναν ομοιογενή τρόπο παρουσίασης όλων. Στον Boole τα δύο μέρη πορεύονται το ένα πλάι στο άλλο, έτσι ώστε σαν να είναι το ένα είδωλο του άλλου, αλλά γι' αυτόν ακριβώς το λόγο δεν υπάρχει καμμία οργανική σχέση μεταξύ τους.» (Frege, 1882, σελ. 14, όπως παρατίθεται στον Beaney 1997, σελ. 12)

Αυτό ακριβώς το εγχείρημα είχε ως αποτέλεσμα να θεωρηθεί ο Frege «πατέρας» της σύγχρονης λογικής αν και η διαμόρφωση της πιο διαδεδομένης πρώτης τάξης κατηγορικής λογικής επιτεύχθηκε από τον David Hilbert και Wilhelm Ackermann το 1928 (Hilbert and Ackermann, 1928). Ενδιάμεσα υπήρξε εμφάνιση παράδοξων εντός του τυπικού συστήματος του Frege – όπως το παράδοξο του Russell - και προσπάθειες θεραπείας αυτών (Zermelo 1908 · Whitehead and Russell, 1910-13), με αποκορύφωμα την προσπάθεια του Hilbert να θεμελιώσει το σύνολο των μαθηματικών πάνω σε ένα τυπικό λογικό σύστημα. Ο **πυρήνας** της εσωτερικής δομής των προτάσεων, των επιχειρημάτων και των λογικών συνδέσμων που είναι ουσιώδης σε όλα τα έγκυρα παραγωγικά επιχειρήματα ήταν πια εμφανής:

(1) **Σύζευξη** ($\wedge$): Ένας κλασικός ορισμός της σύζευξης συνήθως διατυπώνεται ως ο λογικός σύνδεσμος που εκφράζει το «και» στην φυσική γλώσσα. Βέβαια η χρήση του «και» στην φυσική γλώσσα μερικές φορές διαφέρει από τον ρόλο του ως λογικού συνδέσμου[16]. Ο ρόλος του «και» στην λογική είναι να συνδέει δύο προτάσεις (στοιχειώδεις ή σύνθετες) με έναν τρόπο ώστε η τιμή αληθείας της σύζευξης των δύο προτάσεων να καθορίζεται αποκλειστικά από τις τιμές αληθείας και των δύο προτάσεων (αρκεί βέβαια να είναι φορείς αλήθειας και όχι

14 Σε μια ελεύθερη απόδοση σημαίνει «η γραφή των εννοιών» (concept script).

15 Αξίζει να σημειωθεί ότι στην σημασιολογία του Frege τα κατηγορήματα αναπαριστούσαν οντότητες, γιαυτό και το τυπικό σύστημα του θεωρείται δεύτερης τάξης.

16 Για παράδειγμα, η πρόταση «Ο Hilbert και ο Frege υπήρξαν λογικοί» δεν αποτελεί σύζευξη με την λογική έννοια. Επίσης η λέξη «και» μερικές φορές μπορεί να δηλώσει χρονική διαδοχή και να μην αποτελέσει τον ρόλο μιας λογικής σύζευξης, όπως η πρόταση «έβγαλε τα παπούτσια του και ξάπλωσε στο κρεβάτι» έχει διαφορετική ερμηνεία από την πρόταση «ξάπλωσε στο κρεβάτι και έβγαλε τα παπούτσια του».

π.χ. προσταγή). Εάν και οι δύο προτάσεις που συνδέονται με την σύζευξη είναι αληθείς, τότε και μόνο τότε η σύζευξη αυτών θεωρείται αληθής πρόταση.

(2) **Διάζευξη** (∨): Ο κλασικός ορισμός της Διάζευξης – τουλάχιστον όπως ήταν αντιληπτός μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα – διατυπώνεται ως ο λογικός σύνδεσμος που εκφράζει το «ή» στην φυσική γλώσσα. Βέβαια υπάρχουν δύο ερμηνείες για το «ή»: Η **συνολική ή εγκλειστική διάζευξη** (inclusive disjunction) συνδέει δύο προτάσεις (που είναι βέβαια φορείς αλήθειας) με έναν λογικό τρόπο σύμφωνα με τον οποίο είτε αληθεύει η μία πρόταση, είτε αληθεύει η άλλη, είτε αληθεύουν και οι δύο[17]. Ενώ η **αποκλειστική διάζευξη** (exclusive disjunction) συνδέει δύο προτάσεις με έναν λογικό τρόπο σύμφωνα με τον οποίο είτε αληθεύει η μία πρόταση, είτε η άλλη αλλά ποτέ και οι δύο[18]. Το είδος της διάζευξης που θα χρησιμοποιήσουμε στην λογική είναι η συνολική διάζευξη όπως συμβολίζεται με το αρχικό γράμμα της λατινικής λέξης vel ∨. Η λογική ιδιότητα αυτού του συνδέσμου είναι να καθιστά την σύνδεση δύο προτάσεων ψευδή μόνο όταν και οι δύο συνδεόμενες προτάσεις είναι ψευδείς. Όμως σύμφωνα με τους Copi, Cohen και McMahon (2011, σελ. 302) το σύμβολο ∨ θα μπορούσε να αφορά το κοινό νόημα των δύο τύπων διαζεύξεων. Αυτό το κοινό νόημα, ότι τουλάχιστον μία από τις υπό σύνδεση προτάσεις είναι αληθής, είναι το πλήρες νόημα της συνολικής διάζευξης και μέρος του νοήματος της αποκλειστικής διάζευξης. Αυτό το κοινό νόημα είναι αρκετό για να παραμένει ο συνήθης διαζευκτικός συλλογισμός – προκείμενες A ∨ B , ¬ A , συμπέρασμα B – έγκυρος.

(3) **Άρνηση** (¬): Ο κλασικός ορισμός της άρνησης διατυπώνεται ως ο λογικός σύνδεσμος που εκφράζει το «δεν» στην φυσική γλώσσα. Αν και το γεγονός ότι δεν συνδέει δύο προτάσεις μεταξύ τους μάλλον τον καθιστά τελεστή, ο ρόλος του οποίου είναι να αντιστρέφει την αληθοτιμή της πρότασης στην οποία εφαρμόζεται.

Απομένει η αναφορά στην λογική σχέση της **συνεπαγωγής** (implication) ως μέρος του πυρήνα των βασικών στοιχείων της λογικής. Υπάρχει η άποψη ότι η συνεπαγωγή θεωρείται λιγότερο βασική από τις λογικές πράξεις της σύζευξης, της διάζευξης και της άρνησης. Και αυτό γιατί το θεώρημα απαγωγής (deduction theorem) ως βασικό θεώρημα ενός παραγωγικού λογικού συστήματος - το οποίο δείχνει πώς μπορεί κάποιος να αποδείξει την συνεπαγωγή - αποδείχθηκε το 1930 από τον Jaques Herbrand (Marciszewski 1981, σελ.79), ενώ όλα τα κλασικά λογικά συστήματα πριν το 1930 όπως των Whitehead and Russell, Hilbert, Ackermann, Post, Skolem, Lukasiewicz, Tarski, κ.α. είχαν διατυπωθεί χωρίς αυτό (Pavicic and Megill 2008, σελ. 3).

Ωστόσο αντιλαμβανόμενος την λογική ως την τέχνη του παραγωγικού συμπερασμού, θα υιοθετήσω την άποψη του Zeman:

«Θα υποστήριζα ότι μια 'λογική' χωρίς συνεπαγωγή...είναι ριζικά ελλιπής, και πράγματι,

17 Τα λατινικά διαθέτουν την ειδική λέξη "vel" για την συνολική χρήση του διαζευκτικού "ή".

18 Τα λατινικά διαθέτουν την ειδική λέξη "aut" για την αποκλειστική χρήση του διαζευκτικού "ή".

δύσκολα πληροί τις προϋποθέσεις ως μια θεωρία της παραγωγής (deduction).» (Zeman 1978, σελ. 225)

Έτσι καταλήγουμε στην περιγραφή και του τελευταίου βασικού στοιχείου του πυρήνα της δομής των λογικών συστημάτων:

(4) **Συνεπαγωγή (implication):** Ο κλασικός ορισμός αναφέρεται στην σχέση που διατηρείται μεταξύ των προκείμενων προτάσεων και του συμπεράσματος, εντός μιας υποθετικής κρίσης. Κατά την συνεπαγωγή, δηλαδή, το συμπέρασμα είναι αληθές υπό την προϋπόθεση ότι οι προκείμενες προτάσεις, από τις οποίες εξάγεται αυτό, είναι αληθείς, πράγμα που σημαίνει ότι κατά τη συνεπαγωγή η αλήθεια του συμπεράσματος είναι υποθετική. Υπάρχουν διάφορα είδη συνεπαγωγών (Copi, Cohen και McMahon 2011, σελ. 301) όπως:

- **Λογική Συνεπαγωγή**: π.χ. «Αν όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί και ο Σωκράτης είναι άνθρωπος, τότε ο Σωκράτης είναι θνητός». Εδώ το συμπέρασμα έπεται λογικά από τις προκείμενες.
- **Συνεπαγωγή Ορισμού:** π.χ. «Εάν ο Κώστας είναι εργένης, τότε ο Κώστας είναι ανύπαντρος». Εδώ το συμπέρασμα ακολουθεί από τις προκείμενες διαμέσου του ορισμού της λέξης «εργένης».
- **Αιτιώδης Συνεπαγωγή:** π.χ. «Αν το πεχαμετρικό χαρτί τοποθετηθεί μέσα σε οξύ, τότε αυτό θα αποκτήσει κόκκινο χρώμα». Το συμπέρασμα εδώ δεν ακολουθεί από τις προκείμενες ούτε με λογικό τρόπο, ούτε μέσω ορισμού. Η σχέση χρειάζεται να ανακαλυφθεί με εμπειρικό τρόπο.
- **Συνεπαγωγή Απόφασης:** π.χ. «Αν χάσει το παιχνίδι ο Ολυμπιακός, τότε θα κολυμπήσω μέχρι την Σαλαμίνα». Εδώ το συμπέρασμα δεν ακολουθεί από τις προκείμενες ούτε με λογικό τρόπο, ούτε μέσω ορισμού και ούτε μέσω κάποιου αιτιώδους νόμου. Προκύπτει απλά από την απόφαση του ομιλητή να συμπεριφερθεί με τον συγκεκριμένο τρόπο υπό τις περιστάσεις που καθορίζουν οι προκείμενες.

Ωστόσο υπάρχει κάτι κοινό στις ανωτέρω συνεπαγωγές. Κάθε υποθετική κρίση αρνείται την ύπαρξη μιας κατάστασης όπου οι προκείμενες είναι αληθείς και το συμπέρασμα είναι ψευδές, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αποτελεί και το πλήρες νόημα της όπως αποφαίνονται τα ανωτέρω είδη συνεπαγωγής. Αυτό ακριβώς το κοινό μέρος όλων θα αποτελέσει και τον νοηματικό πυρήνα της συνεπαγωγής, τον οποίο και θα ταυτοποιήσουμε με το περιεχόμενο μιας σχέσης συνεπαγωγής - όπως αυτή καλείται στην σύγχρονη βιβλιογραφία με τον όρο **Υλική Συνεπαγωγή** (Material Implication). Σε αυτού του είδους την λογική σχέση δεν υπάρχει κανενός είδους «πραγματική σύνδεση» μεταξύ των προκείμενων και του συμπεράσματος. Το μόνο που βεβαιώνει μια υλική συνεπαγωγή είναι ότι δεν υπάρχει μια κατάσταση όπου οι προκείμενες είναι αληθείς όταν το συμπέρασμα είναι ψευδές. Τυπικά συμβολίζεται ως:

$A \Rightarrow B$ ισοδύναμη με την $\neg(A \wedge (\neg B))$ ή την $\neg A \vee B$.

Ποιο είναι το κοινό χαρακτηριστικό όλων των λογικών στοιχείων του πυρήνα της Λογικής έτσι όπως ορίστηκαν αρχικά μέσα από το κλασικό πρίσμα; Όλος ο πυρήνας της κλασικής Λογικής - όπως αυτός διαμορφώθηκε από την αρχαιότητα - είναι **αληθοσυναρτησιακός.** Δηλαδή οι λογικοί σύνδεσμοι συμπεριφέρονται ως συναρτήσεις επί ζευγών αληθοτιμών αποδίδοντας μια καθορισμένη αληθοτιμή για καθένα από τα δυνατά ζεύγη αληθοτιμών. Στην περίπτωση βέβαια της άρνησης αυτή συμπεριφέρεται ως συνάρτηση μίας μεταβλητής και όχι δύο. Το παραπάνω μπορεί να περιγραφεί σχηματικά με τον ακόλουθο πίνακα:

A	B	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \rightarrow B$
Αληθής	Αληθής	Αληθής	Αληθής	Αληθής
Αληθής	Ψευδής	Ψευδής	Αληθής	Ψευδής
Ψευδής	Αληθής	Ψευδής	Αληθής	Αληθής
Ψευδής	Ψευδής	Ψευδής	Ψευδής	Αληθής

A	$\neg A$
Αληθής	Ψευδής
Ψευδής	Αληθής

Υπάρχει όμως ένας τρόπος πιο γεωμετρικός, πιο αφαιρετικός, για να αντιληφθούμε τον πυρήνα των λογικών σχέσεων;

Θεωρήματα ισομορφισμού μεταξύ φαινομενικά διαφορετικών δομών μπορούν να μας υποδείξουν έναν πιο γεωμετρικό τρόπο αναπαράστασης της ερμηνείας των 4 βασικών λογικών σχέσεων. Ένα από τα πρώτα ενδιαφέροντα αποτελέσματα στον τομέα της τυπικής λογικής υπήρξε το θεώρημα του Jacque Herbrand (1930) που ουσιωδώς αποτελεί ένα είδος αναγωγής της πρώτης τάξης κατηγορικής λογικής σε προτασιακή λογική, μιας και αυτό που επιτυγχάνει είναι να αναγάγει οποιαδήποτε απόδειξη στην κατηγορική λογική πρώτης τάξης σε απόδειξη προτασιακού λογισμού (Buss 1995). Ο Tarski (1935) καταδεικνύει τον τρόπο (Lindenbaum-Tarski method) με τον οποίο μπορεί να αναδυθεί μια Boolean άλγεβρα μέσα από τον συνήθη κλασικό προτασιακό λογισμό, καταλήγοντας σε ένα αποτέλεσμα ισομορφισμού μεταξύ Boolean άλγεβρας και προτασιακής λογικής. Ο Stone (1936) με το θεώρημα αναπαράστασης (representation theorem) αποδεικνύει ότι κάθε Boolean άλγεβρα είναι ισόμορφη με μια Boolean άλγεβρα συνόλων, κάτι που θα μας βοηθήσει στην προσπάθειά μας για την αναζήτηση μιας γεωμετρικής αναπαράστασης της λογικής.

Όλα τα παραπάνω θεωρήματα θα μας βοηθήσουν να οπτικοποιήσουμε τις λογικές σχέσεις μεταξύ προτάσεων. Ωστόσο δεν θα είναι μια γενική περιγραφή οπτικοποίησης των λογικών σχέσεων και αυτό γιατί θα μας αποπροσανατόλιζε από το βασικό στόχο του κειμένου. Το κύριο ενδιαφέρον του παρόντος κειμένου είναι οι

προτάσεις που αφορούν ένα φυσικό σύστημα και οι λογικές σχέσεις μεταξύ αυτών. Ως προς αυτήν την κατεύθυνση, σημαντικό ρόλο κατέχει η αναπαράσταση των καταστάσεων ενός κλασικού φυσικού συστήματος εντός ενός μαθηματικού χώρου, μιας και οι προτάσεις που αφορούν ένα φυσικό σύστημα αφορούν δηλώσεις περί της κατάστασης του φυσικού συστήματος. Τι μορφή θα έχει αυτός ο χώρος; Η έννοια του **χώρου-φάσης**, όπως αποκαλείται, άρχισε να αναπτύσσεται από τα μέσα του 19ου αιώνα από τον Γάλλο μαθηματικό Joseph Liouville και εν συνεχεία να διαμορφώνεται στην τελική της μορφή από τους Ludwig Boltzmann, Henri Poincaré και Willard Gibbs (Nolte 2010). Για να τον κατανοήσουμε ας ξεκινήσουμε από τον συνήθη τρισδιάστατο χώρο και το πώς προσδιορίζουμε την θέση ενός σημείου σε αυτόν. Χρειαζόμαστε να ορίσουμε τρεις άξονες που να υποδηλώνουν τρεις ανεξάρτητες διευθύνσεις (διαστάσεις) στον χώρο - κάτι που μας το προσφέρει η καθετότητα αυτών - και ως προς τους οποίους θα προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες του σημείου άρα και την θέση του. Ας γενικεύσουμε την παραπάνω ιδέα και ας προσπαθήσουμε να διανοηθούμε έναν χώρο όπου διαθέτουμε διαστάσεις (διευθύνσεις όλες «κάθετες»[19] μεταξύ τους, άρα ανεξάρτητες) για κάθε συντεταγμένη θέσης, για κάθε συντεταγμένη ορμής και για κάθε σωματίδιο του φυσικού μας συστήματος. Αυτό θα σήμαινε ότι αν το φυσικό μας σύστημα αποτελούνταν από ένα σωματίδιο, ο χώρος-φάσης θα είχε 6 διαστάσεις, 3 για την θέση του σωματιδίου και 3 για τις συντεταγμένες της ορμής ως προς τις 3 χωρικές διευθύνσεις του σωματιδίου. Αν το φυσικό μας σύστημα αποτελούνταν από «N» σωματίδια, αυτό θα σήμαινε ότι ο αντίστοιχος χώρος-φάσης μας θα είχε «6N» διαστάσεις. Ένα και μόνο σημείο A του χώρου-φάσης αντιπροσωπεύει ολόκληρο το κλασικό φυσικό σύστημα, σε μια συγκεκριμένη κινητική κατάσταση για καθένα από τα σωματίδια που το αποτελούν.

19 Η καθετότητα δεν έχει την συνήθη γεωμετρική έννοια της καθημερινότητας.

Επί αυτού του αφηρημένου χώρου-φάσης η κατάσταση-σημείο του φυσικού συστήματος εξελισσόμενη με το πέρασμα του χρόνου δημιουργεί μια τροχιά εντός αυτού του πολυδιάστατου αφηρημένου χώρου, η μορφή της οποίας μπορεί να αναδείξει ιδιότητες του φυσικού συστήματος που διαφορετικά δεν θα ήταν εμφανείς. Γιατί οι άξονες αυτού του χώρου περιορίζονται μόνο σε άξονες θέσης και ορμής; Διότι όλες οι άλλες φυσικές ποσότητες ενός κλασικού φυσικού συστήματος αποτελούν πραγματικές συναρτήσεις της θέσης και της ορμής του συστήματος.

Ας θεωρήσουμε τώρα μια πρόταση που βεβαιώνει ότι μια φυσική ποσότητα έχει μια συγκεκριμένη τιμή. Αυτή η πρόταση θα συσχετισθεί με ένα υποσύνολο του χώρου-φάσης, το οποίο θα αποτελείται από όλες τις καταστάσεις του φυσικού συστήματος για τις οποίες η πρόταση ισχύει. Δηλαδή με αυτόν τον τρόπο τα υποσύνολα του χώρου-φάσης αποτελούν μαθηματικές αναπαραστάσεις των προτάσεών μας.

Το σύνολο όμως των υποσυνόλων ενός συνόλου αποτελεί μια Boolean άλγεβρα όπου οι βασικές πράξεις της είναι οι συνολοθεωρητικές πράξεις της τομής, της ένωσης και του συμπληρώματος. Έτσι την λογική δομή των σχέσεων μεταξύ των προτάσεων για ένα κλασικό φυσικό σύστημα την αντιλαμβανόμαστε με έναν ισόμορφο τρόπο ως μια συνολοθεωρητική δομή Boolean φύσεως (δηλαδή υπακούει στους νόμους μιας Boolean άλγεβρας) μεταξύ υποσυνόλων του χώρου-φάσης του υπό εξέταση φυσικού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα:

- Η **σύζευξη** δύο προτάσεων όσον αφορά το φυσικό μας σύστημα οπτικοποιείται ως η τομή των υποσυνόλων του χώρου-φάσης που αναπαριστούν τις δύο προτάσεις.
- Η **διάζευξη** δύο προτάσεων όσον αφορά το φυσικό μας σύστημα οπτικοποιείται ως η συνολοθεωρητική ένωση των υποσυνόλων του χώρου-φάσης που αναπαριστούν τις δύο προτάσεις.
- Η **άρνηση** μιας πρότασης όσον αφορά το φυσικό μας σύστημα οπτικοποιείται

ως το συνολοθεωρητικό συμπλήρωμα του υποσυνόλου του χώρου-φάσης που αναπαριστά την πρόταση.

- Η **υλική συνεπαγωγή** Α ⇒ Β οπτικοποιείται ως το υποσύνολο του χώρου-φάσης που αναπαριστά την πρόταση Α να αποτελεί υποσύνολο εκείνου του υποσυνόλου του χώρου-φάσης που αναπαριστά την πρόταση Β.

Η συνολοθεωρητική σχέση ανάμεσα στο σημείο που αναπαριστά την κατάσταση του φυσικού συστήματος και το υποσύνολο των σημείων που αναπαριστούν συντακτικά μια στοιχειώδη φυσική πρόταση καθορίζει κατά τρόπο απόλυτο την τιμή αλήθειας της στοιχειώδους φυσικής πρότασης. Αν η κατάσταση του συστήματος εμπεριέχεται στο υποσύνολο που αναπαριστά συντακτικά την πρόταση, τότε η πρόταση είναι αληθής.

Αν η κατάσταση του συστήματος δεν εμπεριέχεται στο υποσύνολο που αναπαριστά συντακτικά την πρόταση, τότε η πρόταση είναι ψευδής.

Φαινόταν έτσι ότι μια Boolean λογική δομή κυριαρχεί σε όλα τα προτασιακά μας συστήματα και σε οποιεσδήποτε αναπαραστάσεις τους. Ωστόσο αυτή η εικόνα επρόκειτο να αλλάξει, κάτι που θα διαπιστώσουμε στις επόμενες ενότητες.

Έτσι συνοψίζουμε όλη την ανωτέρω προσπάθεια από την αρχαιότητα μέχρι και τις αρχές του 20ού αιώνα ως μια προσπάθεια αφαίρεσης επί των σχέσεων που έχουν μεταξύ τους τα αντικείμενα της πραγματικότητας, διαμέσου της οποίας καταφέραμε να αντιληφθούμε την δομή αυτών των σχέσεων και επί αυτής της δομής να συγκροτήσουμε έγκυρους, ορθούς συλλογισμούς. Όμως η όλη αναζήτηση - εκείνου του αναγκαίου περιγράμματος που εφαρμόζουμε στην εμπειρία και το οποίο μας βοηθά να αντιληφθούμε τι είναι αυτό που παραμένει σταθερό σε αυτήν – δεν σταμάτησε εκεί και ούτε ολοκληρώθηκε.

Το επόμενο στάδιο ήταν να προσπαθήσουμε να επανακτήσουμε την ερμηνεία αυτής της αφαιρετικής λογικής δομής, η οποία στην πιο διαδεδομένη έκφρασή της αποτελεί ένα πρώτης τάξης τυπικό σύστημα. Αρχίζει λοιπόν η μεταμαθηματική προσέγγιση της λογικής. Η προσέγγιση κατά την οποία γίνεται προσπάθεια να επανακτήσουν οι τυπικές μαθηματικές θεωρίες την σχέσης τους – το νόημα τους – με την πραγματικότητα. Και εκεί κάπου το όραμα του Leibniz άρχισε να χάνει την ελπίδα της ολοκλήρωσης της «lingua universalis».

Θα αναφερθούμε σε ορισμένα αποτελέσματα της μεταμαθηματικής προσέγγισης τα οποία είναι αναγκαία για να κατανοήσουμε το σύνολο του παρόντος κειμένου. Το πρώτο είναι το Θεώρημα **Löwenheim-Skolem** όπως αυτό παρουσιάζεται στο άρθρο του Löwenheim το 1915, τις τεχνικές ελλείψεις και λάθη του οποίου ήρθε να απομακρύνει ο Skolem με μια σειρά από άρθρα το 1920, 1922, 1928 και 1929 (Arsenijević 2012). Το θεώρημα αφορά την σχέση μεταξύ μιας πρώτης τάξης τυπική θεωρία και την ερμηνεία της. Ο πιο κοινός τρόπος για να προσδιορίσουμε την ερμηνεία μιας τέτοιας θεωρίας είναι ο προσδιορισμός μιας δομής (που συνήθως την αποκαλούμε **μοντέλο**) η οποία αποτελείται από ένα μη κενό σύνολο που αφορά το πεδίο εφαρμογής της θεωρίας (σύμπαν) και μια συνάρτηση (η ερμηνεία μας) που συνδέει τους μη-λογικούς όρους της θεωρίας με το σύμπαν. Αυτό που υπονοεί το θεώρημα Löwenheim-Skolem είναι η ύπαρξη μη καθιερωμένων μοντέλων για οποιαδήποτε πρώτης τάξης τυπική θεωρία, τα οποία επιπλέον δεν είναι ισόμορφα μεταξύ τους. Επιπλέον δεν υπάρχει τυπικό κριτήριο εντός της θεωρίας βάσει του οποίου θα ήταν δυνατόν να διακρίνει κανείς αυτά τα μοντέλα. Τυπικά αυτά τα μοντέλα είναι αδιάκριτα. Έτσι η επαναφορά στην πραγματικότητα από ένα τυπικό σύστημα δεν συνιστά εύκολη υπόθεση.

Το επόμενο και ίσως πιο σημαντικό αποτέλεσμα της μεταμαθηματικής προσέγγισης, είναι το **Θεώρημα μη Πληρότητας** του Gödel (Gödel, 1931). Σύμφωνα με αυτό υπάρχουν δύο δυνατότητες για ένα τυπικό σύστημα:

- Εάν το τυπικό σύστημα είναι **πλήρες**[20], τότε δεν μπορεί να είναι συνεπές. Και το

20 όπου «πλήρες» σημαίνει πως το τυπικό μας σύστημα δύναται να αποδείξει κάθε αληθή πρόταση, ενώ ο όρος «συνεπές» εκφράζει την ιδιότητα του τυπικού συστήματος να μην μπορεί να παραγάγει κάποια τυπική αντίφαση εντός του.

σύστημα θα περιέχει μια αντίφαση ανάλογη του παράδοξου του Ψεύτη.

- Εάν το τυπικό σύστημα είναι **συνεπές**, τότε δεν μπορεί να είναι πλήρες. Και το σύστημα δεν θα μπορεί να αποδείξει όλες τις αληθείς προτάσεις του συστήματος.

Για πολύ απλά τυπικά συστήματα, οι παραπάνω περιορισμοί δεν υφίστανται. Το ειρωνικό είναι ότι όσο το τυπικό μας σύστημα γίνεται πιο «ισχυρό» εκφραστικά, τουλάχιστον ικανό να εκφράσει τυπικά την στοιχειώδη αριθμητική, οι περιορισμοί που διατυπώνει ο Gödel είναι ανυπέρβλητοι. Τέλος θα παραθέσουμε και ένα αποτέλεσμα μη αποκρισιμότητας (undecidability). Ο Church (Church, 1936) απέδειξε ότι δεν υπάρχει αλγόριθμος που να δέχεται μια πρώτης τάξης λογική πρόταση και να αποφασίζει για το αν η πρόταση είναι αποδείξιμη από τα αξιώματα χρησιμοποιώντας τους κανόνες της λογικής.

Μήπως όμως τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι η Λογική απέτυχε; Τουναντίον, ανακαλύφθηκε μια πληθώρα λογικών υπολογιστικών συστημάτων. Ζούμε όντως στην εποχή της λογικής. Τα παραπάνω μεταμαθηματικά θεωρήματα απλά δείχνουν ότι η σημασιολογία δεν μπορεί να ορισθεί με αποκλειστικά συντακτικούς όρους, τουλάχιστον όχι με τους συνηθισμένους συντακτικούς πόρους που χρησιμοποιεί η Λογική σύμφωνα με την καθιερωμένη άποψη περί τυπικών – διατυπωμένων σε συμβολική γλώσσα - συστημάτων. Ωστόσο δεν θα πρέπει να ξεχάσουμε τον αρχικό στόχο. Η Λογική έχει να κάνει με το διανοείσθαι (reasoning), δεν είναι απλά ένα σύνολο - αποτελεσματικών αλλά περιορισμένης χρήσης – εργαλείων. Ακόμα και αν κάποιος ισχυρισθεί ότι η Λογική είναι μία, αλλά οι διάφορες λογικές είναι περιγραφές διαφορετικών πτυχών της Λογικής, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η Λογική αναμένεται να είναι κανονιστική (normative), δηλαδή, Ουδέτερη και Αναγκαία. Ως ένα τέτοιο κανονιστικό μέσο, θα επιχειρήσουμε να διερευνήσουμε πώς χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση της έννοιας της αλήθειας με έναν συστηματικό τρόπο.

1.6.3.2 Λογικός ατομισμός (Logical Atomism)

Έχοντας αναπτυχθεί το λογικό «οπλοστάσιο», αρκετοί φιλόσοφοι επιχείρησαν να διαχειριστούν, με ένα καθαρά λογικό τρόπο, το πρόβλημα που δημιουργούν οι κατηγορίες των γεγονοτικών μυθευμάτων καθώς και των αρνητικών γεγονότων. Αντιπροσωπευτική τάση αυτών των προσπαθειών αποτελεί και το πρόγραμμα του λογικού ατομισμού, όπως προωθήθηκε από τους Russell (Russell 1918) και Wittgenstein (Wittgenstein 1921) στις αρχές του 20ού αιώνα.

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες προτασιακών φορέων αλήθειας για τις οποίες η αναζήτηση ενός αληθοποιητή με την μορφή ενός γεγονότος φαίνεται να στερείται νοήματος. Μερικές από αυτές αφορούν τις κ**αθολικές γενικεύσεις** όπως «κάθε σμαράγδι είναι πράσινο», τους **διαζευκτικούς συλλογισμούς** όπως «είτε η Μαίρη αγαπά τον Γιάννη είτε ο Γιάννης αγαπά την Πηνελόπη», τις **αφηρημένες αναφορές**

όπως «το κόκκινο είναι χρώμα», τις **χρονικές δηλώσεις** όπως «οι Πέρσες νικήθηκαν στην μάχη της σαλαμίνας», τις **αληθείς αρνητικές υπαρκτικές προτάσεις** «δεν υπάρχει ο Χ» και τις **αντιγεγονικές υποθετικές προτάσεις** όπως «εάν ο Πέτρος δεν είχε προσφέρει τα χρήματα, θα τα είχε προσφέρει κάποιος άλλος». Πώς θα μπορούσε κάποιος να διατηρήσει την φυσιολογική επιλογή του ισομορφισμού για την φύση της αντιστοιχιστικής σχέσης και παρόλα αυτά να καταφέρει να διαχειριστεί την ανυπαρξία των αληθοποιητών για τις ανωτέρω προβληματικές περιπτώσεις;

Ο λογικός ατομισμός επιχειρεί να αποφύγει τις οντολογικές δεσμεύσεις με λογικώς σύνθετα γεγονότα μέσω μιας δομικής ανάλυσης των σύνθετων φορέων αλήθειας. Αυτό το επιτυγχάνει ως ένα βαθμό περιορίζοντας αρχικά τον βασικό ορισμό της αλήθειας (1) σε ένα ειδικό υποσύνολο των φορέων αλήθειας – το αποκαλούμενο στοιχειώδες ή ατομικό – στο οποίο η αλήθεια των φορέων του φαίνεται να συνίσταται στην αντιστοιχία τους με «ατομικά» γεγονότα:

(3) Εάν ο χ είναι **στοιχειώδης**, τότε ο χ είναι αληθής ανν ο χ αντιστοιχεί σε κάποιο «**ατομικό**» γεγονός.

Εάν ο φορέας αλήθειας είναι σύνθετος τότε δεν αντιστοιχείται κανένα γεγονός, η αλήθεια τους θα εξηγηθεί αναδρομικά υπό όρους σχετικούς με την λογική δομή τους και τις τιμές αλήθειας των στοιχειωδέστερων συστατικών τους σύμφωνα με τους συναρτησιακούς πίνακες αλήθειας που έχουμε ήδη εξετάσει. Η αντιστοιχία συνεχίζει να είναι ισομορφισμός, αλλά συμβαίνει αποκλειστικά μεταξύ ατομικών αληθειών και ατομικών γεγονότων. Έτσι δεν θα πρέπει να υπάρξει η εντύπωση ότι ο λογικός ατομισμός ερμηνεύει τα σύνθετα γεγονότα στην βάση ατομικών γεγονότων γιατί απλά δεν αποδέχεται τα σύνθετα γεγονότα ως αληθοποιητές για τους σύνθετους φορείς αλήθειας.

Η παραπάνω ερμηνευτική προσέγγιση θα μπορούσε να λύσει κάποια προβλήματα στην περίπτωση π.χ των διαζευκτικών συλλογισμών ή προβληματικών συζεύξεων, όμως προτάσσοντας αρκετές παραδοχές στις πιο προβληματικές κατηγορίες όπως αυτές των καθολικών γενικεύσεων και των αρνητικά υπαρκτικών προτάσεων και αυτό φάνηκε στην ασυμφωνία των απόψεων διάφορων λογικών ατομικιστών. Ενώ ο Wittgenstein απορρίπτει τα καθολικά γεγονότα, - προσπαθώντας να αναλύσει τις καθολικές γενικεύσεις ως άπειρες συζεύξεις των στιγμιότυπών τους - ο Russell και ο Armstrong τα αποδέχονται. Ενώ ο Russell φαίνεται να ωθείται στο να αποδεχθεί τα αρνητικά γεγονότα θεωρώντας τα ως παραδειγματικά ανυπόληπτα κομμάτια της πραγματικότητας, – επιλογή που ακολουθεί και ο Wittgenstein - ο Armstrong (Armstrong 1997) επιλέγει να κάνει χρήση ενός αληθοποιητή δεύτερης τάξης γνωστό ως «**γεγονός ολότητα**»[21] (totality fact) (David 2013). Ένα επιπλέον

21 Ας θεωρήσουμε την πρόταση «ο Μιχάλης δεν είναι δραστήριος». Εάν είναι αληθές ότι «ο Μιχάλης δεν είναι δραστήριος», ο αληθοποιητής αυτής της πρότασης αποτελείται από όλα τα «θετικά» γεγονότα για τον Μιχάλη, το γεγονός ότι δεν υπάρχουν άλλα γεγονότα γι'αυτόν, και την διάκριση της ιδιότητας «δραστήριος» από όλες τις ιδιότητες που εμφανίζονται στα «θετικά» γεγονότα που αφορούν τον Μιχάλη. Από την στιγμή που αυτό το γεγονός «ολότητα» σχετικά με τον Μιχάλη δεν

πρόβλημα αφορούσε την κατηγορία των **αντιγεγονικών υποθετικών λόγων** ή υποθετικών λόγων αντίθετων του πραγματικού (counterfactuals). Ο αναδρομικός μηχανισμός του λογικού ατομισμού δεν μπορούσε να καθορίσει την αληθοτιμή τέτοιων προτάσεων από τις τιμές αλήθειας των ατομικών τους συστατικών, μιας και δεν φαίνεται να υπάρχει μια αναγκαία σύνδεση μεταξύ τους[22].

Φαίνεται λοιπόν ότι η οντολογική κατηγορία των γεγονότων δεν μπορούσε να προσφέρει στην αντιστοιχιστική θεωρία την δυνατότητα να χαρακτηρίσει την αλήθεια των προτάσεων μας στο σύνολο τους. Τι νομιμοποιεί τότε την χρήση τους; Η αναγκαιότητα της χρήσης τους φαίνεται από το γεγονός ότι τα απλά αντικείμενα δεν είναι επαρκή για να αποτελέσουν τους μόνους αληθοποιητές. Εάν ο Μ (αντικείμενο) ήταν ο μόνος αληθοποιητής της πρότασης «ο Μ είναι Φ», τότε το τελευταίο θα υπονοούσε ότι «ο Μ είναι Χ» για οποιοδήποτε Χ. Έτσι ο αληθοποιητής για την πρόταση «ο Μ είναι Φ» χρειάζεται τουλάχιστον να περιέχει ως στοιχεία και το Μ και την ιδιότητα τού να *είσαι* Φ. Αλλά μιας και η ιδιότητα τού να είσαι Φ είναι ένα «καθολικό», αυτό θα μπορούσε τότε να συγκεκριμενοποιηθεί και από ένα άλλο αντικείμενο, έστω Β, ως εκ τούτου η απλή ύπαρξη του Μ και της ιδιότητάς του να είσαι Φ δεν αρκεί για να καταστήσει αληθή τον ισχυρισμό «ο Μ είναι Φ»: ο Μ και η ιδιότητά τού να είσαι Φ, πρέπει να δεθούν μεταξύ τους μέσα στο γεγονός όπου ο Μ γίνεται φορέας της ιδιότητας Φ. Έτσι πολλοί λογικοί ατομιστές υποστηρίζουν ότι τα γεγονότα χρειάζονται για να αποκτά νόημα ο δεσμός που υφίσταται μεταξύ συγκεκριμένων αντικειμένων και «καθολικών». Επίσης δίνεται έμφαση στο ότι τα γεγονότα δεν επισυμβαίνουν απλά πάνω από τα αντικείμενα και τις ιδιότητες τους, και ως εκ τούτου δεν ανάγονται στα επί μέρους συστατικά τους. Τα γεγονότα είναι οντότητες πέρα και πάνω από τα αντικείμενα και τα «καθολικά» από τα οποία απαρτίζονται: η αγάπη του Μ για την Ν, και η αγάπη της Ν για τον Μ, δεν είναι το ίδιο γεγονός, αν και αποτελούνται από τα ίδια συστατικά.

Η αποτυχία όμως των γεγονότων να επιλύσουν ένα μεγάλο αριθμό προβληματισμών ως προς την ικανότητα τους να αληθοποιούν τις προτάσεις μας, σε συνδυασμό με την γενικότερη στάση ότι αυτά αποτελούν προβολή των χαρακτηριστικών της γλώσσας στην δομή της πραγματικότητας, είχε ως αποτέλεσμα την αναζήτηση νέων μηχανισμών για την περιγραφή της αλήθειας. Παρά την φαινόμενη ανεπάρκεια των αντικειμένων να αποτελέσουν τους επαρκείς αληθοποιητές για την αντιστοιχιστική σχέση, κάποιοι προσπάθησαν να αποσυνθέσουν την αντιστοιχιστική σχέση που ίσχυε για τους ατομικούς φορείς αλήθειας σε κατάλληλες σημασιολογικές σχέσεις. Αυτό αποτέλεσε και το νέο εξελικτικό βήμα στην αναζήτηση του χαρακτηρισμού της αντιστοιχιστικής θεωρίας

εμπεριέχει το γεγονός ότι αυτός είναι δραστήριος, πρέπει να είναι αληθές ότι αυτός δεν είναι δραστήριος υπό μια ισχυρή αντιστοιχιστική έννοια. Το ίδιο σύμπλεγμα γεγονότων και μετα-γεγονότος είναι μέρος του αληθοποιητή για κάθε αρνητική αλήθεια σχετική με τον Μιχάλη: κάθε αρνητική αλήθεια γι'αυτόν καθίσταται αληθής από την ολότητα των «θετικών» γεγονότων που αφορούν αυτόν, συν την διάκριση της ιδιότητας που δεν έχει από τις ιδιότητες που αυτός έχει.

22 Υποθετικές προτάσεις, της μορφής «Εάν Χ, τότε Ψ», στην υποτακτική έγκλιση που προϋποθέτουν το ψεύδος της ηγουμένης τους (Χ), όπως «Αν ο Hitler είχε εισβάλει στην Αγγλία, η Γερμανία θα είχε νικήσει» και «Αν ήμουν εσύ, θα είχα τρέξει». (Audi 2011, σ. 108)

της αλήθειας, όπως αναδύθηκε μέσα από το έργο του Tarski.

1.6.3.3 Σημασιολογικές εκδοχές της αντιστοιχιστικής θεωρίας (Tarski)

Η δυσκολία να χαρακτηριστεί η έννοια της αλήθειας επαρκώς μέσω της οντολογίας των γεγονότων, ευνόησε την μετατόπιση του ενδιαφέροντος προς την οντολογία των αντικειμένων, μια οντολογία που ήδη ήταν αποδεκτή από την αρχαιότητα. Η συγκεκριμένη όμως μετατόπιση δεν ήταν μια ριζική μεταβολή από τον λογικό μηχανισμό του λογικού ατομισμού, αντιθέτως ήταν η βάση αυτής της νέας προσέγγισης. Όπως έχουμε ήδη δει, η αντιστοιχιστική θεωρία της αλήθειας μέσω της αναδρομικής στρατηγικής περιοριζόταν μόνο στους ατομικούς φορείς αλήθειας. Μόλις αποκαλύπτονταν αυτοί, τότε η αντιστοιχιστική θεωρία αναζητούσε εκείνον τον αληθοποιητή που θα καθιστούσε αληθείς τους ατομικούς φορείς. Εδώ βρίσκεται και το σημείο της απόκλισης από τις παραδοσιακές τεχνικές του λογικού ατομισμού. Αντί να αναζητηθεί ο αληθοποιητής στην οντολογία των γεγονότων, προτιμήθηκε να αποσυντεθεί η αντιστοιχιστική σχέση που θα ίσχυε για τους ατομικούς φορείς σε κατάλληλες σημασιολογικές υπο-σχέσεις: Τα ονόματα θα αναφέρονται σε αντικείμενα - την μόνη επιτρεπτή οντολογία – και τα κατηγορήματα θα ικανοποιούνται από τα αντικείμενα.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση ως θεωρία αλήθειας έχει βασιστεί πάνω σε ιδέες που διατυπώθηκαν από τον Tarski από το 1931 (Tarski 1931· 1933· 1944) και έπειτα, ο οποίος προσανατολίστηκε στο να παραγάγει ένα κριτήριο επάρκειας για μια θεωρία αλήθειας. Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε το εννοιολογικό βάθος της προσέγγισής του, θα επιχειρήσουμε να εστιάσουμε την περιγραφή μας σε μια καθορισμένη γλώσσα **Γ** της οποίας οι προτάσεις είναι πλήρως ερμηνευμένες, δηλ. ότι κάθε πρόταση της γλώσσας **Γ** έχει και μια αληθοτιμή. Η βασική ερώτηση που θέτει ο Tarski είναι τι καθιστά επαρκή μια θεωρία αλήθειας για την **Γ**. Η απάντηση σύμφωνα με τον Tarski εμπεριέχεται σε αυτό που ο ίδιος αποκαλεί **Σχήμα Τ** (Convention T):

Μια επαρκής θεωρία αλήθειας για την γλώσσα **Γ** πρέπει για κάθε πρόταση της φ, να συνεπάγεται ότι ισχύει και το εξής προτασιακό σχήμα-συνθήκη:

(T) Η $\lceil\varphi\rceil$ είναι αληθής ανν φ

Αυτή είναι μια συνθήκη επάρκειας για θεωρίες, δεν είναι μια θεωρία από μόνη της. Υπό το πρίσμα αυτό, το Σχήμα (Τ) εγγυάται ότι το κατηγόρημα «αλήθεια» που παρέχει η θεωρία θα είναι ορθό, λαμβάνοντας υπόψη και την έκταση (extension) αυτού του κατηγορήματος, δηλαδή τα αντικείμενα που ορίζονται από την συγκεκριμένη σημασία του κατηγορήματος «*αλήθεια*». Οι προτασιακές ισοδυναμίες που δηλώνει το σχήμα (Τ) δεν πρέπει να θεωρηθούν ότι είναι προτάσεις της γλώσσας **Γ** ακόμα και αν περιέχει «κομμάτια» από την γλώσσα **Γ**, όπως το φ, αλλά προτάσεις μιας γλώσσας με την βοήθεια της οποίας θα αποφανθούμε για την αλήθεια των

προτάσεων της **Γ**, γνωστή ως «**μεταγλώσσα**». Ως εκ τούτου, το σύμβολο $\lceil\varphi\rceil$ αναφέρεται στην περιγραφή με την οποία η πρόταση φ αναπαρίσταται μέσα στην μεταγλώσσα. Ο ρόλος της μεταγλώσσας είναι να υποδείξει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ανταποκριθεί μια θεωρία αλήθειας για την γλώσσα **Γ**. Όπως και στην περίπτωση του λογικού ατομισμού, το ενδιαφέρον μας προσανατολίζεται σε γλώσσες με κατάλληλη δομή ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε αυτές ο μηχανισμός της αναδρομής. Συνεπώς μιας και το ενδιαφέρον μας αφορά τον επιστημονικό ρεαλισμό και την έννοια της αλήθειας που τον χαρακτηρίζει, είναι αναμενόμενο να περιοριστούμε στην εξέταση τυπικών γλωσσών, δεδομένης της αποτυχίας τυποποίησης των φυσικών γλωσσών και των παραδοξολογικών δυνατοτήτων που αυτές κατέχουν.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι έχουμε μια απλή τυπική γλώσσα **Γ**, που περιέχει δύο ατομικές προτάσεις «το χιόνι είναι λευκό» και «το γρασίδι είναι πράσινο», και τους προτασιακούς συνδέσμους $\vee$ και $\neg$. Παρά την απλότητα της, η γλώσσα **Γ**, περιέχει άπειρες διακεκριμένες μεταξύ τους προτάσεις. Αρκεί να εφαρμόσεις τους προτασιακούς συνδέσμους στις δύο ατομικές προτάσεις, και μετά ξανά στις σύνθετες προτάσεις που προέκυψαν κ.ο.κ. Η αλήθεια μπορεί να οριστεί για όλες αυτές μέσω αναδρομής, και έτσι να παραχθεί μια θεωρία αλήθειας που να ικανοποιεί την συνθήκη-σχήμα T (Glanzberg 2014).

1. Βάση της αναδρομής, ατομικές συντακτικές προτάσεις:
    1. «το χιόνι είναι λευκό» είναι αληθής ανν το χιόνι είναι λευκό.
    2. «το γρασίδι είναι πράσινο» είναι αληθής ανν το γρασίδι είναι πράσινο.

2. Αναδρομικές συντακτικές προτάσεις. Για κάθε πρόταση φ και ψ της **Γ**:
    1. Η $\lceil \varphi \vee \psi \rceil$ είναι αληθής **ανν**
       η $\lceil \varphi \rceil$ είναι αληθής **ή** $\lceil \psi \rceil$ είναι αληθής

    2. Η $\lceil \neg \varphi \rceil$ είναι αληθής **ανν**
       δεν ισχύει ότι η $\lceil \varphi \rceil$ είναι αληθής.

Η βάση της αναδρομής δεν πρέπει να θεωρηθεί πρόταση της υπό εξέτασης γλώσσας **Γ**, αλλά της «μεταγλώσσας». Μπορεί τα παραπάνω να φαντάζουν τετριμμένα, αλλά ορίζοντας ένα ορθό κατηγόρημα αλήθειας λαμβάνοντας όλη την έκτασή του (extension) για μια άπειρη τυπική γλώσσα με 4 συντακτικές προτάσεις για βάση, έχουμε κάνει μια απλή και κατανοητή εφαρμογή μιας πολύ ισχυρής τεχνικής. Η τεχνική του Tarski προχωράει ακόμα πιο πέρα από το να αναγάγει την αλήθεια ενός σύνθετου φορέα στην αλήθεια ενός ατομικού φορέα υπό όρους αντιστοιχίας με έναν ατομικό αληθοποιητή. Δεν σταματά απλώς στις ατομικές προτάσεις. Ο Tarski υποστηρίζει ότι η αλήθεια για κάθε ατομική πρόταση μπορεί να οριστεί με όρους δύο στενά συνδεδεμένων εννοιών, **αναφορά** (reference) και **ικανοποίηση** (satisfaction). Ας θεωρήσουμε μια γλώσσα **Γ'** ταυτόσημης με την γλώσσα **Γ** εκτός από το ότι η **Γ'**

διασπά τις ατομικές προτάσεις σε όρους και κατηγορήματα. Η **Γ'** περιέχει τους όρους «χιόνι» και «γρασίδι»[23] και τα κατηγορήματα «είναι λευκό» και «είναι πράσινο». Έτσι η **Γ'** είναι σαν την **Γ**, αλλά επιπλέον περιέχει τις προτάσεις «το χιόνι είναι πράσινο» και «το γρασίδι είναι λευκό». Μπορούμε να ορίσουμε την αλήθεια για τις ατομικές προτάσεις της **Γ'** ως εξής.

1. Συντακτικές προτάσεις Βάσης:
    1. ο όρος «χιόνι» αναφέρεται στο χιόνι.
    2. ο όρος «γρασίδι» αναφέρεται στο γρασίδι.
    3. το χ ικανοποιεί το κατηγόρημα «είναι λευκό» **ανν** το χ είναι λευκό.
    4. Το χ ικανοποιεί το κατηγόρημα «είναι πράσινο» **ανν** το χ είναι πράσινο.
2. Για κάθε ατομική πρόταση ⌈ το ω είναι Φ ⌉ :
    ⌈ το ω είναι Φ ⌉ είναι αληθής **ανν**
    το αναφερόμενο στο ⌈ ω ⌉ ικανοποιεί το ⌈ Φ ⌉ .

Από τα παραπάνω μπορούμε να κατανοήσουμε ότι μια θεωρία αλήθειας κατά Tarski είναι μια αναδρομική θεωρία, κατασκευασμένη με όμοιους τρόπους όπως και η παραπάνω θεωρία αλήθειας για την **Γ.** Μια θεωρία αλήθειας κατά Τάρσκι για μια γλώσσα **Γ** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει ότι θεωρίες στην **Γ** είναι συνεπείς. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον Tarski, ο οποίος ενδιαφέρονταν να απεμπλακεί από **παράδοξα τύπου «Ψεύτη»**[24] που καθιστούσαν θεωρίες σε διάφορες γλώσσες ασυνεπείς. Το γεγονός όμως ότι η αντιστοιχιστική σχέση δίνει την θέση της στις σημασιολογικές σχέσεις της αναφοράς και της ικανοποίησης, την κατατάσσει ως μια αντιστοιχιστική θεωρία υπό την ασθενή έννοια και δεν είναι ο μόνος προβληματισμός.

1.6.3.4 Προβλήματα

Η αναζήτηση της λύσης των προβλημάτων του λογικού ατομισμού στις σημασιολογικές τεχνικές του Tarski δεν φάνηκε να παρέχει τελικές απαντήσεις στο πρόβλημα χαρακτηρισμού της αντιστοιχιστικής θεωρίας της αλήθειας. Η ικανοποίηση κατηγορημάτων από τα αντικείμενα αναφοράς ως την καταληκτική

23 Ας κάνουμε την παραδοχή για χάρην της απλότητας του παραδείγματος ότι αυτοί αποτελούν ατομικούς όρους και όχι σύνθετους.

24 Το παράδοξο τύπου «Ψεύτη» είναι το παράδοξο που ανακύπτει όταν αποπειράται κανείς να προσδιορίσει την αληθοτιμή προτάσεων, όπως, «Αυτή η πρόταση είναι ψευδής». Ο Τάρσκι το επίλυσε χρησιμοποιώντας την μεταγλώσσα ως γλώσσα στην οποία θα διαμορφωθεί ο ορισμός της αλήθειας για την γλώσσα αντικείμενο. Το κατηγόρημα «Αλήθεια» δεν περιέχεται πλέον στην γλώσσα αντικείμενο και κατ' επέκταση και η άρνηση του κατηγορήματος «Αλήθεια», ήτοι ψεύδος. Αυτό απαλλάσει την γλώσσα αντικείμενο από παράδοξα τύπου «Ψεύτη».

ερμηνεία της έννοιας της αλήθειας είναι δυνατόν να αμφισβητηθεί. Όπως στην περίπτωση χρήσης κατηγορημάτων που υποδηλώνουν ισχυρισμούς. Στο προτασιακό παράδειγμα «ο Μιχάλης πιστεύει ότι το χιόνι είναι λευκό», για να καταστεί η πρόταση αληθής θα πρέπει το κατηγόρημα «πιστεύει» να ικανοποιηθεί τόσο από τον «Μιχάλη» όσο και από το αντικείμενο «το χιόνι είναι λευκό». Το συγκεκριμένο όμως αντικείμενο εμφανίζεται να αποτελεί μια Πρόταση ή μια κατάσταση πραγμάτων. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα να εισχωρήσουν οντολογικές περιγραφές της πραγματικότητας οι οποίες αναμενόταν να αποκλεισθούν από τις σημασιολογικές προσεγγίσεις του Tarski. Η αναφορική απροσδιοριστία που δύναται να έχουν οι προτασιακοί μας όροι απειλούν να υπονομεύσουν την καθορισιμότητα των τιμών αληθείας των προτάσεων μας. Ως ένα σχετικό παράδειγμα μπορούμε να παραπέμψουμε στην αναφορά του όρου «μάζα» τόσο σε απόλυτες Νευτώνειες ερμηνείες όσο και σε μετέπειτα σχετικιστικές όπου η έννοια της απολυτότητας διαλύεται τουλάχιστον σε αρκετά μεγάλες ταχύτητες (David 2013). Στα παραπάνω έρχεται να προστεθεί και η παρατήρηση ότι η αναδρομική φύση του λογικού μηχανισμού περιορίζει το είδος των φορέων αλήθειας επί των οποίων θα μπορούσε να οριστεί η έννοια της αλήθειας, δεσμεύοντας έτσι την προσπάθεια μας για τον χαρακτηρισμό της έννοιας της αλήθειας στους διαθέσιμους συντακτικούς πόρους.

Ο πιο σημαντικός όμως προβληματισμός προέρχεται από το γεγονός ότι ολόκληρο το οικοδόμημα του λογικού ατομισμού και κατ' επέκταση του Tarski είναι δομημένο πάνω στις αρχές της κλασικής λογικής. Σε αυτήν αποδίδουμε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά και νόμους που την διέπουν. Μια θεμελιώδης κλασική αρχή είναι εκείνη της «**δισθένειας**»: Κάτι μπορεί να είναι είτε αληθές είτε ψευδές. Μια αρχή που έχει ως αποτέλεσμα την ικανοποίηση του λογικού νόμου της **επιμεριστικότητας.** Η εξέλιξη όμως της φυσικής και η ανακάλυψη αρχών όπως η αρχή απροσδιοριστίας του Heisenberg «ότι δεν μπορούμε καταρχήν να γνωρίζουμε ταυτόχρονα την θέση και την ορμή ενός μικροφυσικού αντικειμένου» ανέδειξαν ριζοσπαστικούς προβληματισμούς όσον αφορά τους απαραβίαστους μέχρι τώρα νόμους της κλασικής λογικής.

Όμως δεν είναι μόνο ο χώρος της κβαντικής μηχανικής που αμφισβητεί την παντοδυναμία της κλασικής λογικής. Υπάρχουν εγγενή χαρακτηριστικά του τυπικού συστήματος της, τα οποία προκαλούν σημαντικά σημασιολογικά παράδοξα. Όπως έχουμε ήδη δει από την μεταμαθηματική εποχή της λογικής, η επαναφορά στην πραγματικότητα επιτυγχάνεται μέσω συνολοθεωρητικών σημασιολογικών μοντέλων της πραγματικότητας ασχέτως αν ανταποκρίνονται στην πραγματική της δομή, επιλογή που έχει επιβληθεί μέσω της συνήθους εμπειρίας. Η μετάβαση από τα τυπικά συστήματα στην πραγματικότητα δεν θα μπορούσε να γίνει με κάποιον άλλο τρόπο σύμφωνα με την κλασική αντίληψη της πραγματικότητας. Η ύπαρξη μη καθιερωμένων μοντέλων κατά τους Löwenheim-Skolem δεν είναι το μόνο μελανό σημείο. Η συνολοθεωρητική δομή των αληθοποιητών που χρησιμοποιεί η συνήθης αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας εντός του κλασικού φορμαλισμού μπορεί να αποτελέσει πηγή παράδοξων για την ίδια την αντιστοιχιστική σχέση. Χαρακτηριστικό είναι το ακόλουθο παράδειγμα:

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε να χειριστούμε μέσω κλασικής λογικής τις προτάσεις Π:=«βρίσκομαι στο Παρίσι», Γ:=«βρίσκομαι στην Γαλλία», Τ:=«βρίσκομαι στην Τουρκία», Κ:=«βρίσκομαι στην Κωνσταντινούπολη», εντός του προτασιακού σχήματος $[(\Pi \rightarrow \Gamma) \wedge (K \rightarrow T)] \rightarrow [(\Pi \rightarrow T) \vee (K \rightarrow \Gamma)]$. Αν επιχειρήσουμε να αντικαταστήσουμε τα σύμβολα με την προτεινόμενη ερμηνεία και προσπαθήσουμε να αντιληφθούμε το νόημα του προτασιακού σχήματος, θα συμφωνήσουμε ότι αυτό είναι προφανώς ψευδές. Αν ωστόσο ακολουθήσουμε τον φορμαλισμό της κλασικής λογικής και επιλέξουμε να ανιχνεύσουμε την αλήθεια μέσω των πινάκων αληθείας, θα διαπιστώσουμε ότι το συγκεκριμένο προτασιακό σχήμα είναι αληθές ταυτοτικά, δηλαδή για κάθε σημασιολογικό μοντέλο. Με άλλα λόγια, η κλασική αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας υπονοεί ότι μια ψευδής πρόταση είναι ταυτοτικά αληθής (Hansen 2011, σελ. 17).

Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχουν βάσιμοι λόγοι για τον επαναπροσδιορισμό του κλασικού πλαισίου εντός του οποίου χαρακτηρίζεται η αντιστοιχιστική θεωρία της αλήθειας, γεγονός ως προς το οποίο συνηγορεί και ένα αρκετά διάσημο επιχείρημα γνωστό ως «Καταπέλτης του Frege» (Slingshot argument) και για το οποίο θα αφιερώσουμε την επόμενη ενότητα.

1.6.3.5 Το «Μέγα Γεγονός» (ο καταπέλτης του Φρέγκε)

Εμπνευσμένος από το εννοιολογικό περιεχόμενο της συστηματικοποίησης της λογικής από τον Frege, ο Davidson (Davidson 1969) επιχειρηματολογεί υπέρ της «πτώχευσης» της αντιστοιχιστικής θεωρίας, επειδή, σύμφωνα με αυτόν, δεν μπορεί να αποφύγει την λογική συνέπεια ότι όλες οι αληθείς προτάσεις αντιστοιχούν στο ίδιο γεγονός, το **Μέγα Γεγονός** (Big Fact). Το γεγονός ότι βασίζεται πάνω σε δύο απλές λογικές παραδοχές, του έχει προσδώσει το προσωνύμιο «καταπέλτης» (slingshot argument) ως απόρροια της αφοπλιστικής του απλότητας. Το επιχείρημα αυτό βασίζεται στις ακόλουθες δύο αρχές (Young 2002, σελ. 123):

Την αρχή της Υποκατάστασης για τις **λογικά ισοδύναμες** προτάσεις. Σύμφωνα με αυτήν την αρχή, αν δύο προτάσεις φ και ψ είναι λογικά ισοδύναμες προτάσεις δηλαδή αν είναι αληθείς στα ίδια μοντέλα ή δυνατούς κόσμους, τότε μπορούν να υποκαταστήσουν η μία την άλλη όταν αυτές είναι μέρος άλλων προτάσεων, διατηρώντας παράλληλα την αλήθεια. Σχηματικά αυτή αποδίδεται ως εξής:

(Α.Υ.Λ.Ι.) $\varphi \Leftrightarrow \psi$

$$\frac{\Sigma[\varphi]}{\Sigma[\psi]}$$

Την αρχή της Υποκατάστασης για **αλληλο-αναφερόμενους όρους** (Co-reffering Terms). Σχηματικά αυτή αποδίδεται ως εξής:

(Α.Υ.Α.Ο.) $\alpha = \beta$

$$\frac{\Sigma[\alpha]}{\Sigma[\beta]}$$

όπου οι α και β είναι ατομικοί όροι με την ίδια «έκταση», το οποίο σημαίνει ότι τα αντικείμενα που ορίζονται από την συγκεκριμένη σημασία αυτών των όρων είναι ακριβώς τα ίδια. Τότε αυτοί μπορούν να υποκαταστήσουν ο ένας τον άλλον διατηρώντας παράλληλα την αλήθεια. Για να έχει πιο ισχυρή ισχύ το επιχείρημα αναμένεται η παραπάνω αρχή να εφαρμόζεται μόνο σε περιπτώσεις που το σημασιολογικό πλαίσιο δεν είναι θολό, όπως στην περίπτωση της πρότασης «η Νίνα πιστεύει ότι το πρωινό άστρο είναι όμορφο» όπου η υποκατάσταση του όρου «πρωινό άστρο» από τον όρο «απογευματινό άστρο»[25] δεν επιδιώκεται.

Κάθε εκδοχή του επιχειρήματος «καταπέλτης» ξεκινά ταυτίζοντας δύο οποιεσδήποτε αληθείς προτάσεις οι οποίες διαφέρουν στο νόημα, π.χ. Α («Ο Σωκράτης είναι Αθηναίος») και Η («Ο Σωκράτης είναι Ηθικός»). Στην παρακάτω εκδοχή (Young 2002, σελ. 124), για κάθε πρόταση Π, θεωρούμε την χαρακτηριστική (οριστική) συνάρτηση X_{Π} προκειμένου να χαρακτηρίσουμε την λογικά ισοδύναμη πρόταση της Π:

$X_{\Pi} = 1$ εάν αληθεύει η Π ή 0 εάν αληθεύει η άρνησή της.

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε την πρόταση $(X_{\Pi}=1)$ ως την λογικά ισοδύναμη πρόταση της πρότασης Π μιας και καθίστανται αληθείς στα ίδια δυνατά μοντέλα. Με αυτές τις απλές παραδοχές είναι δυνατόν να παρουσιαστεί το εξής αφοπλιστικό επιχείρημα:

1.	Α	
2.	Η	
3.	η Α αντιστοιχεί στο γεγονός ότι Α[26]	
4.	η Α αντιστοιχεί στο γεγονός ότι $X_A=1$	3, (Α.Υ.Λ.Ι.)
5.	η Α αντιστοιχεί στο γεγονός ότι $X_H=1$	4, (Α.Υ.Α.Ο.)
6.	η Α αντιστοιχεί στο γεγονός ότι Η	5, (Α.Υ.Λ.Ι.)

25 Εναλλακτικά ονόματα του πλανήτη Αφροδίτη.

26 Για λόγους απλότητας θα θεωρήσουμε μια απλή μορφή αντιστοιχιστικής θεωρίας υπό την ασθενή έννοια, τύπου σχήματος Τάρσκι, όπου το Α αριστερά της πρότασης υποδηλώνει το όνομα της πρότασης Α και δεξιά υποδηλώνει το γεγονός στο οποίο αντιστοιχείται η πρόταση Α.

Το επιχείρημα φαίνεται να δείχνει ότι οι προτάσεις «Ο Σωκράτης είναι Αθηναίος» και «Ο Σωκράτης είναι Ηθικός» και κατά συνέπεια όλες οι αληθείς προτάσεις, αντιστοιχούν στο ίδιο γεγονός. Από την στιγμή που αυτές οι προτάσεις είναι προφανές ότι διαφέρουν στο νόημά τους, φαίνεται ότι ο ισχυρισμός ότι προτάσεις με διαφορετικά νοήματα αντιστοιχούν σε διαφορετικά γεγονότα, είναι ψευδής. Συνεπώς η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας είναι πλάνη.

Προκειμένου όμως να ελεγχθεί η εγκυρότητα του επιχειρήματος είναι φυσικό να εξετασθεί η εγκυρότητα κάθε μετάβασης στο ανωτέρω σχήμα. Η μόνη μετάβαση που χρήζει ενός πιο προσεκτικού ελέγχου είναι ο συμπερασμός από την (4) στην (5). Στην συγκεκριμένη μετάβαση ο όρος X_A υποκαθίσταται από τον όρο X_H αφού και οι δύο αναφέρονται στο 1. Φαίνεται λοιπόν εύλογο να συμπεράνουμε ότι το γεγονός $(X_A=1)$ είναι ταυτόσημο με το γεγονός $(X_H=1)$ και ότι η εφαρμογή της αρχής (Α.Υ.Α.Ο.) διατήρησε την αλήθεια.

Ωστόσο αυτή η φαινομενικά λογικά επιτρεπτή υποκατάσταση έχει ως αποτέλεσμα να θεωρηθούν οι όροι $(X_A=1)$ και $(X_H=1)$ ως ονόματα για το ίδιο γεγονός. Αν καταφέρουμε όμως να δείξουμε ότι το γεγονός $(X_A=1)$ και το γεγονός $(X_H=1)$ είναι διαφορετικά, τότε θα μπορούμε να πούμε ότι η αρχή της υποκατάστασης αλληλοαναφερόμενων όρων δεν διατηρεί την αλήθεια. Για τον σκοπό αυτό χρειαζόμαστε ένα κριτήριο ταυτοποίησης των γεγονότων ως προς το οποίο αυτά τα δύο γεγονότα είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Ένα τέτοιο κριτήριο αποτελεί το **υπαρξιστικό κριτήριο ταυτότητας** των γεγονότων (Young 2002, σελ. 126). Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, δύο γεγονότα είναι ταυτόσημα ανν αυτά μπορούν να βρεθούν σε ακριβώς τους ίδιους δυνατούς κόσμους. Έτσι, σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, το γεγονός ότι ο Σωκράτης είναι ηθικός είναι διαφορετικό από το γεγονός ότι ο Σωκράτης είναι Αθηναίος, μιας και σε κάποιους δυνατούς κόσμους, ο Σωκράτης είναι Αθηναίος, αλλά όχι ηθικός και το αντίθετο. Αυτό όμως δεν υποδηλώνει ότι τελικά όλα τα γεγονότα θα είναι μεταξύ τους διαφορετικά. Αν εξετάζαμε το γεγονός ότι ο Σωκράτης είναι πιο κοντός από τον Αλκιβιάδη και το γεγονός ότι ο Αλκιβιάδης είναι πιο ψηλός από τον Σωκράτη, θα παρατηρούσαμε ότι όντως αυτά είναι ταυτόσημα. Επειδή ο Σωκράτης δεν είναι δυνατόν να είναι πιο κοντός από τον Αλκιβιάδη χωρίς ο Αλκιβιάδης να είναι πιο ψηλός από τον Σωκράτη. Έχοντας λοιπόν υιοθετήσει το συγκεκριμένο κριτήριο ταυτοποίησης γεγονότων, είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε γιατί τα γεγονότα $(X_A=1)$ και $(X_H=1)$ είναι διαφορετικά.

Ας αναρωτηθούμε αρχικά ποιο γεγονός δηλώνεται από την $(X_A=1)$. Μιας και όταν δίνεται ότι η πρόταση Α είναι αληθής τότε ο όρος X_A δηλώνει το 1, κάποιος θα μπορούσε να σκεφτεί ότι η $(X_A=1)$ δηλώνει το γεγονός (1 = 1). Αναθέτοντας όμως στη $(X_A=1)$ το **αναγκαίο** γεγονός (1 = 1), φαντάζει ισχυρά αντίθετο προς την διαίσθηση μας, μιας και η $(X_A=1)$ είναι ενδεχομενικώς ορθή. Συνεπώς το γεγονός που αναζητούμε πρέπει να είναι **ενδεχομενικό**. Για να ανακαλύψουμε την ταυτότητα αυτού του γεγονότος, ας αναρωτηθούμε τι πρέπει να συμβαίνει για να είναι η

$(X_A=1)$ αληθής. Προφανώς δύο πράγματα πρέπει να συμβαίνουν: ο Σωκράτης πρέπει να είναι Αθηναίος και το 1 να είναι ίσο με 1. Συνεπώς, το γεγονός που δηλώνεται από την $(X_A=1)$ μπορεί να είναι μόνο το γεγονός ότι $(A \wedge (1=1))$. Αυτό είναι ένα ενδεχομενικό γεγονός. Μπορεί να βρεθεί σε όλους και μόνο σε εκείνους τους κόσμους στους οποίους το γεγονός Α υπάρχει. Ομοίως, η $(X_H=1)$ δηλώνει το γεγονός ότι $(H \wedge (1=1))$. Τώρα μπορούμε να αναρωτηθούμε αν τα γεγονότα $(A \wedge (1=1))$ και $(H \wedge (1=1))$ είναι ταυτόσημα μεταξύ τους. Όχι, δεν είναι. Αυτά τα γεγονότα δεν βρίσκονται σε όλους του ίδιους δυνατούς κόσμους. Σε κόσμους όπου και η Α και η Η είναι ψευδείς, κανένα γεγονός δεν υφίσταται. Σε εκείνους τους κόσμους στους οποίους και η Α και η Η είναι αληθείς, αυτά τα γεγονότα συνυπάρχουν. Επομένως, σε όλους εκείνους τους κόσμους όπου είτε η Α, είτε η Η (αλλά όχι και οι δύο) είναι ψευδείς, το γεγονός ότι $(A \wedge (1=1))$ και το γεγονός ότι $(H \wedge (1=1))$ δεν συνυπάρχουν. Συνεπώς, οι προτάσεις $(X_A=1)$ και $(X_H=1)$ δεν αναφέρονται στα ίδια γεγονότα. Άρα η (5) δεν μπορεί να εξαχθεί από την (4). Η εφαρμογή της αρχής (Α.Υ.Α.Ο.) στο περιεχόμενο των προτάσεων δεν καταφέρνει να διατηρήσει την αλήθεια.

Η υιοθέτηση όμως του υπαρξιστικού κριτηρίου ταυτότητας των γεγονότων μπορεί μεν να υπονομεύει τον «καταπέλτη» του Φρέγκε, αλλά το κόστος φαίνεται να είναι αρκετά υψηλό, όπως εκδηλώνεται στην περίπτωση μαθηματικών αληθειών (Young 2002, σελ.127). Η αντιστοιχιστική θεωρία που χρησιμοποιήθηκε στο επιχείρημα (ασθενής μορφή τύπου Τάρσκι), θα υποδήλωνε ότι η πρόταση «2+2=4» αντιστοιχεί στο γεγονός 2+2=4. Επίσης θα υποδήλωνε ότι «Όλα τα τρίγωνα έχουν το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών τους ίσο με 180°» αντιστοιχεί στο γεγονός ότι όλα τα τρίγωνα έχουν το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών τους ίσο με 180°. Το πρόβλημα είναι ότι το γεγονός 2+2=4 και το γεγονός ότι όλα τα τρίγωνα έχουν το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών τους ίσο με 180° υπάρχουν στους ίδιους ακριβώς δυνατούς κόσμους. Από το υπαρξιστικό κριτήριο ταυτότητας γεγονότων, έπεται ότι αυτά τα δύο γεγονότα που αναφέραμε είναι ταυτόσημα. Συνεπώς φαίνεται ότι οι προτάσεις «2+2=4» και «Όλα τα τρίγωνα έχουν το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών τους ίσο με 180°» αντιστοιχούν στο ίδιο γεγονός. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση του υπαρξιστικού κριτηρίου ταυτότητας των γεγονότων φαίνεται να ενισχύει τον «καταπέλτη» του Φρέγκε και όχι να τον αποδυναμώνει. Σύμφωνα με την αντιστοιχιστική θεωρία, δηλώσεις οι οποίες διαφέρουν στο νόημα, αντιστοιχούν σε διαφορετικά γεγονότα. Όμως εδώ δύο αληθείς δηλώσεις διαφορετικού νοήματος, φαίνεται να αντιστοιχούν στο ίδιο γεγονός. Είναι λοιπόν η αντιστοιχιστική θεωρία πλάνη;

Μια κατάλληλη τροποποίηση της αντιστοιχιστικής θεωρίας θα μπορούσε ωστόσο να αντιμετωπίσει το παραπάνω πρόβλημα, αρκεί να κάνουμε έναν διαχωρισμό μεταξύ των αληθών δηλώσεων. Οι **ενδεχομενικά αληθείς δηλώσεις** που διαφέρουν στο νόημα όντως αντιστοιχούν σε διαφορετικά γεγονότα, ενώ οι **αναγκαία αληθείς δηλώσεις** αντιστοιχούν στα ίδια γεγονότα. Αν και φαίνεται μια ad hoc τροποποίηση, ωστόσο θα μπορούσε να δικαιολογηθεί. Οι αναγκαία αληθείς δηλώσεις και οι ενδεχομενικά αληθείς δηλώσεις έχουν πολύ διαφορετικές ιδιότητες και είναι

αναμενόμενο μια θεωρία αλήθειας να τις χειρίζεται διαφορετικά. Το διαφορετικό νόημα που εκδηλώνουν οι ενδεχομενικά αληθείς δηλώσεις οφείλεται ουσιαστικά στις διαφορετικές συνθήκες υπό τις οποίες αυτές καθίστανται αληθείς. Από την στιγμή που οι αναγκαία αληθείς δηλώσεις έχουν όλες τις ίδιες συνθήκες υπό τις οποίες καθίστανται αληθείς, η διασύνδεση μεταξύ του νοήματος τους και των συνθηκών υπό τις οποίες καθίστανται αληθείς δεν υπάρχει. Ριζοσπαστικές εκδοχές αντιστοιχιστικής θεωρίας θα μπορούσαν να δεχτούν ότι όλες οι αναγκαία αληθείς δηλώσεις είναι ταυτολογίες και αληθείς δυνάμει των νοημάτων των συστατικών τους μερών. Εάν αυτό συμβαίνει τελικά, οι αναγκαία αληθείς δηλώσεις είναι αληθείς εξαιτίας χαρακτηριστικών που αφορούν αυτές τις ίδιες. Η αλήθεια τους δεν εξαρτάται από γεγονότα στα οποία αυτές αντιστοιχούν. Η αλήθεια όμως των ενδεχομενικά αληθών δηλώσεων εξαρτάται από κάτι παραπάνω από κάτι που αφορά μόνο αυτές τις ίδιες. Σύμφωνα με την αντιστοιχιστική θεωρία, αυτή εξαρτάται από αντικειμενικά γεγονότα. Έτσι σύμφωνα με αυτήν την εκδοχή, δεν υπάρχουν αναγκαία γεγονότα αλλά μόνο αναγκαία αληθείς δηλώσεις. Αυτό βέβαια μπορεί να μην γίνει αποδεκτό από κάθε θεωρητικό της αντιστοιχιστικής θεωρίας. Ειδικά από αυτούς που είναι Πλατωνιστές και πιστεύουν στην ύπαρξη μαθηματικών γεγονότων χάριν των οποίων υφίσταται η αλήθεια των μαθηματικών δηλώσεων. Αυτοί οι θεωρητικοί θα χρειαστούν να υιοθετήσουν μια εκδοχή αντιστοιχιστικής θεωρίας σχετική με τα πιστεύω τους.

Λαμβάνοντας υπόψιν τον ανωτέρω διαχωρισμό σε ενδεχομενικές και αναγκαίες αληθείς δηλώσεις, παρατηρούμε ότι η πρόταση $(A \wedge (1=1))$ αφορά ουσιαστικά το γεγονός Α μιας και ο όρος (1=1) είναι ταυτολογία άρα αναγκαία αληθής δήλωση και συνεπώς δεν έχει εμπειρικό περιεχόμενο. Ομοίως για τα $(H \wedge (1=1))$ και Η. Η διαφορετικότητα όμως των γεγονότων $(A \wedge (1=1))$ και $(H \wedge (1=1))$ και κατά συνέπεια των Α και Η, καθιστά προβληματική την Α.Υ.Α.Ο και την μετάβαση από την (4) στην (5).

Προκύπτει ίσως ένας συλλογισμός σχετικός με τις μαθηματικές αλήθειες. Ότι αφού δηλώσεις όπως «2+2=4» δεν καθίστανται αληθείς δυνάμει κάποιων αντικειμενικών γεγονότων, άρα η μαθηματική αλήθεια δεν υπάγεται σε σχέση αντιστοιχίας με την πραγματικότητα. Συνεπώς, η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας δεν μπορεί να είναι το πιο γενικό και βασικό είδος αλήθειας. Για χάριν συντομίας, δεν θα αναπτύξω πλήρως αυτόν τον προβληματισμό. Αυτό όμως που θα τονίσω είναι ότι ο συγκεκριμένος προβληματισμός δεν βάλλει κατ' ουσίαν ενάντια στην «πραγματικότητα» της αντιστοιχιστικής θεωρίας, αλλά μόνο στο πεδίο εφαρμογής της. Εάν προκύψει τελικά ότι αυτό που καλείται αλήθεια στα μαθηματικά δεν είναι σχετικό με αντιστοιχία, τότε ο όρος «αλήθεια» θα χρησιμοποιείται στα μαθηματικά για να υποδηλώσει μια διαφορετική ιδιότητα από εκείνη της αντιστοιχίας μιας σκέψης με ένα γεγονός. Αυτό απλώς θα σήμαινε ότι τα μαθηματικά εκπίπτουν από το «βασίλειο» της αντιστοιχίας. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι εγκαταλείπουμε την ιδέα ότι η αλήθεια στα μαθηματικά μπορεί τελικά να δειχθεί ως αντιστοιχία με ένα γεγονός, αλλά αν δειχθεί ότι εντέλει δεν συνιστά αντιστοιχία, αυτό απλώς θα περιορίσει το πεδίο εφαρμογών της αντιστοιχίας και όχι ότι θα την απαλείψει ολοκληρωτικά.

1.7 Προοπτικές

Είναι εύλογο το ερώτημα για το αν υπάρχει βιώσιμη προοπτική για την αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας, όταν τόσο λογικοί όσο και σημασιολογικοί και φυσικοί λόγοι συνηγορούν για το αντίθετο. Παρατηρήσαμε ότι αν και η ισομορφική προσέγγιση της αλήθειας είναι η πιο φυσική επιλογή που μπορούμε να κάνουμε στην προσπάθεια να συσχετίσουμε τις προτάσεις μας με την πραγματικότητα, ωστόσο η επιλογή εκείνων των οντολογικών δομών της πραγματικότητας που θα σταθούν απέναντι στην αντιστοιχιστική σχέση φαίνεται να μην δίνει καταληκτικές απαντήσεις. Είτε κάποιος επιλέξει την οντολογία των γεγονότων ή ισοδύναμα καταστάσεων πραγμάτων που συμβαίνουν είτε επιλέξει την οντολογία των αντικειμένων μέσω σημασιολογικών τεχνικών, θα έρθει αντιμέτωπος με ένα εύρος προβλημάτων.

Όπως έγινε αντιληπτό το κύριο μέσο για την ανίχνευση της αλήθειας αποτελεί η έννοια της λογικής, μια άποψη που αποδεχόταν και ο Frege ως ένας από τους πρωτεργάτες της αναλυτικής φιλοσοφίας. Αν και στην σύγχρονη ιστορία η συστηματικοποίηση της λογικής έχει αποφέρει έναν σαφή χαρακτηρισμό της κανονικότητας της, παρέχοντας ένα αρκετά ισχυρό φορμαλιστικό μηχανισμό, ωστόσο η χρήση της για την επαναφορά στην πραγματικότητα από τα τυπικά γλωσσικά συστήματα της επιστημονικής πρακτικής δεν παρέχει πάντα επιθυμητά αποτελέσματα συμβατά με την εμπειρία μας. Αυτό έγινε αντιληπτό από μεταμαθηματικά αποτελέσματα αντιπροσωπευτικά των οποίων είναι το έργο των Löwenheim-Skolem σχετικά με την ύπαρξη μη καθιερωμένων μοντέλων και του Gödel με το θεώρημα μη πληρότητας. Φαίνεται ότι η συνολοθεωρητική δομή των μοντέλων που χρησιμοποιούμε για να χαρακτηρίσουμε τους αληθοποιητές των προτάσεων μας σε συνδυασμό με την ισομορφική προσέγγιση, μπορεί να αποτελέσει πηγή λογικών παράδοξων για την ίδια την αντιστοιχιστική σχέση υπονοώντας ακόμα και ότι μια ψευδής πρόταση μπορεί να είναι ταυτοτικά αληθής.

Ποιο στοιχείο θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι είναι υπεύθυνο για την ανάδειξη παραδόξων; Βασικό χαρακτηριστικό της συνολοθεωρητικής δομής είναι το στοιχείο του καθορισμού υπό την απόλυτη έννοια, τουτέστιν την κατοχή των ίδιων καθορισμένων ιδιοτήτων μιας οντότητας σε κάθε μοντέλο που αυτή μετέχει. Υπάρχουν όμως ενδείξεις οι οποίες μας υποδεικνύουν την επανεξέταση μιας τέτοιας παραδοχής, τόσο τυπικές όσο και φυσικές. Ως προς τις τυπικές ενδείξεις θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στην παρουσία της αναφορικής απροσδιοριστίας σε πλήθος σημασιολογικών παραδειγμάτων όπως και στην επιθυμία να θέλουμε να αποφύγουμε να μας χρεώσει κάποιος ότι προβάλλουμε την δομή των προτάσεων μας στην πραγματικότητα. Ο φαινομενικά ad hoc διαχωρισμός των προτάσεων σε ενδεχομενικά αληθείς και αναγκαία αληθείς, σύμφωνα με τον οποίο το διαφορετικό νόημα που εκδηλώνουν οι ενδεχομενικά αληθείς δηλώσεις οφείλεται ουσιαστικά στις διαφορετικές συνθήκες υπό τις οποίες αυτές καθίστανται αληθείς, θα μπορούσε επίσης να αποτελεί μια ένδειξη.

Ως προς τις φυσικές ενδείξεις, η επιθυμία μας για καθολικότητα της έννοιας της

αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας σε όλα τα πεδία της πραγματικότητας, μας ωθεί να εξετάσουμε την απροσπέλαστη από την κοινή εμπειρία περιοχή του μικρόκοσμου. Σε αυτήν την περιοχή της πραγματικότητας, οι αληθοποιητές των σχετικών με αυτή προτάσεων δεν φαίνεται να είναι καθορισμένες οντολογικές γεγονοτικές δομές. Η πραγματικότητα παρουσιάζεται όχι ως μια προδιαμορφωμένη συνολοθεωρητική δομή αλλά ως μια δομή που αναμένει την διαμόρφωση ή την οργάνωσή της στην παρουσία κατάλληλων συνθηκών (Karakostas 2014, σ. 17). Υπάρχουν λοιπόν ισχυρές ενδείξεις για την υιοθέτηση ενός πλαισιοκρατικού σχήματος αλήθειας, όχι όμως υπό την απόλυτη επιστημική έννοια εκφυλίζοντας το σε μια επαληθευσιοκρατικού τύπου έννοια αλήθειας. Εξετάζοντας ακολούθως το έργο του Dummett θα παρουσιάσουμε λόγους για τους οποίους δεν χρειάζεται να δεσμευτούμε σε μια τόσο περιοριστική εκδοχή αλήθειας. Στην πορεία του συνολικού κειμένου θα ενισχυθεί το δέλεαρ για ένα πλαισιοκρατικό σχήμα αλήθειας τόσο από την μελέτη του προβλήματος του ρεαλισμού όσο και από την μελέτη της λογικής που προσφέρεται από την σύγχρονη φυσική θεωρία της κβαντικής μηχανικής.

1.8 Συμπεράσματα

Έχοντας κατά νου ότι ο ρόλος της επιστήμης είναι να θέτει τα κατάλληλα ερωτήματα και κατόπιν να προσπαθεί να βρει απαντήσεις σε αυτά, στο ερώτημα «τι είναι αλήθεια» εμείς επιχειρήσαμε να απαντήσουμε με όρους «κοινής έννοιας». Ότι «αλήθεια» είναι η αντιστοιχία των σκέψεων μας - ή οτιδήποτε παρεμφερές με αυτές - με κατάλληλες χαρακτηριστικές δομές της πραγματικότητας. Γιατί όμως εμφανίζονται στο προσκήνιο πολλές διαφορετικές θεωρίες περί αλήθειας; Πραγματιστικές, Συνεκτικές, Συσταλτικές, Επιστημικές κ.α. θεωρίες. Άποψή μου είναι ότι κάθε θεωρία απαντά σε διαφορετικό ερώτημα σχετικό με την Αλήθεια. Είναι διαφορετικές απαντήσεις σε διαφορετικές ερωτήσεις που αφορούν διαφορετικές πλευρές αυτού του πολύ σύνθετου θέματος. Όπως και οι τυφλοί στην παραβολή που αναφερθήκαμε στην αρχή, σχετικά με το τι είναι ελέφαντας, ο καθένας τους έδωσε και μια διαφορετική εξήγηση για το τι είναι ελέφαντας, αλλά παρόλα αυτά όλες οι απαντήσεις έκαναν τον Βασιλιά να πει ότι όλοι τους είχαν δίκιο. Ερωτήσεις, όπως, «τι είναι αλήθεια», «πώς ξέρω ότι κάτι είναι αληθές», και «ποια είναι η ερμηνεία της λέξης "αλήθεια" στις φυσικές ή τυπικές γλώσσες» όντως αφορούν διαφορετικές πλευρές της έννοιας που αποκαλούμε «αλήθεια».

Πολλά μπορούν να λεχθούν, και έχουν λεχθεί, σχετικά με τα προβλήματα κατασκευής μιας απαλλαγμένης από ασάφειες και αντινομίες αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας. Ποια είναι η φύση των γεγονότων που καθιστούν τις Προτάσεις αληθείς; Ποιοι είναι κατάλληλοι φορείς αλήθειας; Τι ακριβώς είναι η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας; Τι καθιστά τις αρνήσεις αληθείς; Τι είναι τα αρνητικά γεγονότα; Η παρούσα προσπάθεια να παρουσιάσω και να σχολιάσω την έννοια της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, σε καμμία περίπτωση δεν έχει δώσει καταληκτικές απαντήσεις σχετικές με αυτά τα ερωτήματα. Η βασική παραδοχή μου

είναι ότι η αντιστοιχιστική θεωρία είναι προς το παρόν ένα υπό κατασκευή έργο, του οποίου η βαρύτητα έγκειται αποκλειστικά στις δυσκολίες που έχουμε να αντιμετωπίσουμε όταν προσπαθούμε να δράσουμε χωρίς αυτήν. Το βασικό στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για την κατασκευή μιας πιο βιώσιμης εκδοχής αφορά την έννοια της πλαισιακότητας όχι όμως με την απόλυτη επιστημική μορφή της που αφήνει χώρο για αντιρεαλιστικού τύπου ερμηνείες αλλά για εκείνη την εκδοχή που χειρίζεται την πλαισιακότητα ως εκείνες τις συνθήκες που η ίδια η πραγματικότητα παρέχει ώστε να καταστεί δυνατόν μια πρόταση να λάβει μια καθορισμένη αληθοτιμή και ως εκ τούτου έναν καθορισμένο αληθοποιητή.

Παράλληλα έχω την εντύπωση ότι στο σύνολο τους όλες οι άλλες θεωρίες αλήθειας δεν έχουν μια καθαρά αντίπαλη προδιάθεση απέναντι στην αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας. Επειδή δεν φαίνεται να διαψεύδουν με προφανή τρόπο την αντιστοιχιστική θεωρία. Τουναντίον, αυτές παρέχουν πολύτιμες ιδέες που συμπληρώνουν την γενική εικόνα που αφορά το ζήτημα «τι είναι αλήθεια και πως εμείς αποφαινόμαστε και μιλάμε περί αλήθειας». Φαίνεται να αποδεικνύεται πιο παραγωγικό να επιδιώκουμε την έρευνα περί αλήθειας, έχοντας κατά νου ότι οι διαφορετικές θεωρίες αλήθειας, είναι θεωρίες διαφορετικών πτυχών αυτού του γενικού ζητήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Γενικές αρχές κβαντικής μηχανικής

2.1 Συνοπτική ιστορική ανάπτυξη της κβαντικής μηχανικής

Είναι γνωστό ότι κεντρική θέση στην επιστημονική σκέψη κατέχει η αναζήτηση του συγκροτητικού στοιχείου των αντικειμένων μελέτης της επιστήμης και η υπαρξιακή του σταθεροποίηση μέσω καθορισμένων ιδιοτήτων για να μπορέσει να αποτελέσει αντικείμενο της γνώσης. Παρακολουθώντας κάποιος την ιστορική διαδρομή της φιλοσοφικής θέσης του ρεαλισμού για την πραγματικότητα από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα θα διαπιστώσει ότι τελικά στην σύγχρονη περίοδο επικράτησε η εκδοχή του ατομισμού. Πολλές ήταν οι ενδείξεις για μια τέτοια αποδοχή στην διάρκεια του 19ου αιώνα. Αντιπροσωπευτικά θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στις θεωρητικές ενδείξεις του John Dalton[27] στις αρχές του 1800 και την παρατηρούμενη - με μικροσκόπιο - ακανόνιστη κίνηση κόκκων γύρης που επέπλεαν πάνω σε νερό από τον Robert Brown το 1827 (κίνηση Brown) (Psillos 2011), κίνηση που αποδόθηκε στις συγκρούσεις των κόκκων με τα μόρια που απαρτίζουν το νερό. Φαινόταν έτσι ότι η φυσική πραγματικότητα ήταν προϊόν αυτής της σωματιδιακής οντολογίας όπως αυτή οργανώνεται κάτω από τους απόλυτους νόμους της διατήρησης της ενέργειας, της ορμής και της στροφορμής και χαρακτηρίζεται μέσω φυσικών ποσοτήτων συνεχούς εύρους.

Καθώς θεμελιωνόταν η κλασική οντολογία μιας και η ατομική υπόθεση συγκέντρωνε όλο και πιο πολλές αποδείξεις ήταν αναμενόμενο ο επόμενος στόχος να εστιάσει σε εκείνο τον μηχανισμό που εξηγεί τις εμπειρικές κανονικότητες των μακροσκοπικών ιδιοτήτων της ύλης στην βάση των μηχανιστικών νόμων που κυβερνούν την ατομική ή μοριακή κίνηση. Σύνοψη αυτής της προσπάθειας αποτελεί το έργο των Maxwell και Boltzmann οι οποίοι γύρω στο 1860 (Maxwell 1860 a,b· Boltzmann 1872· Boltzmann 1877 a,b), πολύ πριν γίνει εφικτό να μετρηθούν πειραματικά οι ταχύτητες των μορίων, υπολόγισαν *θεωρητικά* πώς κατανέμονται[28] τα μόρια ενός αερίου στις διάφορες ταχύτητες για δεδομένη θερμοκρασία. Οι οντολογικές παραδοχές του κλασικού ατομισμού και του αντιγεγονοτικού τρόπου σκέψης ήταν εμφανείς. Η στατιστική κατανομή Maxwell-Boltzmann οικοδομήθηκε πάνω στην οντολογική αποδοχή μιας ασθενούς εκδοχής της αρχής της ταυτότητας του αδιακρίτου όπως αυτή αποδίδεται στον Leibniz θεμελιώνοντας την

27 Ο οποίος παρατήρησε ότι για την δημιουργία χημικών ενώσεων έπρεπε να συνδυάζει πάντα αναλογία ποσοτήτων των συστατικών στοιχείων που αντιστοιχούσε σε μικρό ρητό π.χ 1/2 κτλ. Αυτό το σύνηθες πρότυπο έκανε τον Dalton να υποθέσει ότι κάθε ποσότητα στοιχείου ήταν ένα πολλαπλάσιο κάποιων διακριτών μονάδων, δηλαδή ατόμων.

28 Από αυτήν την κατανομή των ταχυτήτων, είναι δυνατόν να εξηγηθούν φαινόμενα, όπως η χημική σύσταση της ατμόσφαιρας των πλανητών, η διαπίδυση των αερίων μέσα από τους πόρους των δοχείων στα οποία αυτά περιέρχονται, κ.α.

διακρισιμότητα των ταυτόσημων μορίων στις χωροχρονικές σχέσεις που αυτά συμμετέχουν (French and Krause, 2006, σ 39, 70, 83). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οποιαδήποτε μετάθεση μεταξύ δύο μορίων του αερίου που μελετάται επί μιας διαμέρισης[29] του χώρου φάσης να θεωρηθεί ότι επιφέρει και μια νέα δυνατότητα που θα έπρεπε να συμπεριληφθεί στον υπολογισμό της στατιστικής πιθανότητας όντας αυτά διακρίσιμα μεταξύ τους. Η δομή του ρεαλισμού που υιοθετούσε η κλασική πρακτική ήταν εμφανής: Η ύπαρξη του νέφους ενός αερίου συνίσταται στην ύπαρξη μεμονωμένων μορίων, τα οποία διακρίνονται μεταξύ τους - μιας και η ύπαρξη καθαυτή υποδηλώνει εκείνη την κατάσταση που διακρίνει κάτι από κάτι άλλο[30] - ικανοποιώντας έτσι την ρεαλιστική απαίτηση μιας «αυθύπαρκτης ουσιαστικὴς ατομικότητας» ενός «τοῦτο-ἐδώ»[31]. Ο στατιστικός χειρισμός αυτού του νέφους υιοθετήθηκε για λόγους πρακτικής ευκολίας, μιας και θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να χειριστεί κάποιος τον υπερβολικά μεγάλο αριθμό ατομικών και μοριακών σωματιδίων. Ένας χειρισμός που πραγματικά αποδίδει την εμπειρικά παρατηρούμενη συμπεριφορά του αερίου όταν οι συνήθεις συνθήκες αφορούν «χαμηλή» συγκέντρωση σωματιδίων με «υψηλή» μάζα και θερμοκρασία.

Ενώ η κινητική θεωρία των Maxwell-Boltzmann θεωρήθηκε ότι εξηγούσε τις αναδυόμενες φυσικές ιδιότητες (θερμοκρασία, πίεση, όγκο) των μακροσκοπικών συστημάτων μέσω των ιδιοτήτων των ατομικών ή μοριακών συνιστώντων μερών τους, ένα άλλο σημαντικό εξίσου πρόβλημα ήταν η κατανόηση της **θερμότητας** (ενέργειας) που φαίνεται να ανταλλάσσουν δυο διαφορετικά φυσικά συστήματα μεταξύ τους ή με το περιβάλλον τους. Και αυτό ήταν ένα πρόβλημα που απασχόλησε προτού γίνει κατανοητή η ατομική φύση της ύλης και το οποίο έμελλε να αναδείξει μια νέα οπτική σε σχέση με το πρόβλημα του ρεαλισμού.

Η πρώτη συστηματική μελέτη της θερμότητας θεωρείται ότι άρχισε με την πειραματική πρακτική του della Porta στα τέλη του 16ου αιώνα (Ring and Phillips 1984, σ. 151). Αυτή αποτέλεσε την βάση ώστε μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα οι συλλογικές πειραματικές προσπάθειες των Pictet, de Saussure, Prevost, Rumford, Davy και πολλών άλλων, να καταφέρουν να καθιερώσουν την αντίληψη ότι όλα τα σώματα εκπέμπουν θερμότητα υπό τις κλασικές κοινοτοπίες ότι «*όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα*» και «*μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικών θερμοκρασιών παρατηρείται εκπομπή θερμότητας από το θερμό προς το ψυχρό μέχρι την αποκατάσταση θερμοκρασιακής ισορροπίας*». Χρειαζόταν όμως μια θεωρητική εξήγηση που να αναδεικνύει τον μηχανισμό των παραπάνω κοινοτοπιών. Πολλές ήταν οι προσπάθειες για θεωρητική θεμελίωση των εμπειρικών δεδομένων οι οποίες όμως δεν φαινόταν να οδηγούν σε μια σαφή εικόνα αυτού του μηχανισμού. Υπήρχε ανάγκη η κλασική ατομική οντολογία να εμπλουτισθεί. Την δυνατότητα αυτή

29 Μιας διαμέρισης η οποία απλά είχε σκοπό να δημιουργήσει τις προυποθέσεις για την μαθηματική σύγκλιση σε συνεχή ενεργειακή κατανομή και όχι για να διακριτοποιήσει την ενέργεια. (French and Krause, 2006, σ 31)

30 Το ρήμα «exist» προέρχεται από το λατινικό «exsistere» το οποίο παράγεται από το ex- (έξω) και την ρίζα -stare που δηλώνει την ιδιότητα του «να διακρίνεις».

31 Αριστοτέλης, Μετά τα Φυσικά 1001b.

παρείχε ο Maxwell το 1873 (Maxwell 1873) όταν - βασισμένος σε μελέτες του Faraday και άλλων - εισήγαγε μια άυλη φυσική οντότητα, την έννοια «**πεδίο**». Βέβαια αυτή παρουσιάστηκε στην πιο ειδική μορφή του «ηλεκτρομαγνητικού πεδίου» ωστόσο η γενικότερη οντολογική αξία φάνηκε αργότερα και στην γενική θεωρία της σχετικότητας από τον Einstein. Μέσα σε αυτό το οντολογικό πλαίσιο το φως αλλά και η θερμότητα μπορούσε πια να κατανοηθεί ως κυματισμός του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ήτοι «ηλεκτρομαγνητικό κύμα»[32] με μήκος κύματος εντός ενός συνεχούς εύρους τιμών. Όμως η μηχανική αντίληψη των κυμάτων απαιτούσε την ύπαρξη ενός μέσου για να επιτευχθεί η διάδοση. Η παλαιότερη εκδοχή του αιθέρα της αρχαιότητας και της πρώιμης σύγχρονης περιόδου (Νεύτωνας) έμελε να αναβιωθεί, ορίζοντας έτσι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ως καταστάσεις μηχανικής συμπίεσης ενός αόρατου αλλά υπαρκτού ελαστικού υλικού που γεμίζει τον χώρο και ίσως να ταυτοποιείται με τον νευτώνειο απόλυτο χώρο (Gibbins 1987, σ. 5), μέχρι ο Einstein να απορρίψει την υπόθεση του αιθέρα το 1905. Ωστόσο μέχρι να συμβεί αυτό, η αποδεκτή κλασική μεταφυσική εικόνα ήταν διακρίσιμα άτομα (χωροχρονική διακρισιμότητα) και καθέκαστα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που διαδίδονται μέσα σε ένα συνεχές αόρατο ελαστικό μέσο με οποιοδήποτε μήκος κύματος (αντίστοιχα συχνότητα) από το σύνολο των πραγματικών αριθμών.

Έχοντας καταλήξει στην κλασικά παραδεδομένη μεταφυσική εικόνα, επόμενο ήταν αυτή να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει - θεωρητικά πια - την παρατηρούμενη θερμική εκπομπή των σωμάτων. Όμως η θεωρητική εξέταση ενός οποιουδήποτε σώματος δεν θα ήταν και η πιο εύκολη υπόθεση. Ήταν ήδη αποδεκτό ότι τα σώματα απορροφούν, αντανακλούν αλλά και εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Το να εξετάσει κανείς την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία ενός τυχαίου σώματος θα τον υποχρέωνε να συμπεριλάβει πολλές διαφορετικές παραμέτρους. Η σημαντικότερη εξ' αυτών είναι η ανακλώμενη ακτινοβολία από τον περιβάλλοντα χώρο και η οποία προφανώς θα μας εμπόδιζε να προσδιορίσουμε επακριβώς την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία του ιδίου σώματος. Η απομόνωση όλων αυτών των παραγόντων που θα μπορούσαν να δράσουν παραμορφωτικά στις ενδείξεις της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας θεωρήθηκε ότι θα μπορούσε να επιτευχθεί με την χρήση ιδανικών μελανών σωμάτων, τα οποία δεν ανακλούν καμία ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αλλά αντιθέτως απορροφούν οποιαδήποτε ακτινοβολία προσπέσει σε αυτά. Ένα τέτοιο σώμα θα εκπέμπει σύνολο ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων το οποίο θα εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του σώματος και όχι από το υλικό της δομής του ή οποιαδήποτε άλλη αλληλεπίδραση. Μια πρακτική δυνατότητα κατασκευής ενός μέλανος σώματος είναι να θεωρήσουμε ένα κοίλο σώμα (π.χ. μια κοίλη μεταλλική σφαίρα) και μέσω μιας μικρής οπής να εισάγουμε σ' αυτό ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η τελευταία θα ανακλάται στα εσωτερικά τοιχώματα μέχρι να απορροφηθεί από το σώμα οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας του. Τότε οποιαδήποτε κατανομή ακτινοβολιών εξέλθει από αυτή την κατασκευή αναμένεται να είναι αποκλειστικά κατανομή της θερμικής ακτινοβολίας που επανεκπέμπεται

32 Η πειραματική επιβεβαίωση των οποίων επιτεύχθηκε το 1887 από τον Hertz.

από την κοιλότητα του μέλανος σώματος ως προϊόν της ταλάντωσης των ατόμων του μελανού σώματος. Εφόσον μπορούν να απορροφήσουν οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα εισέρχεται στην κοιλότητα άρα μπορούν να επανεκπέμψουν ακτινοβολίες όλων των μηκών κύματος, έχοντας όμως μη ομοιόμορφη κατανομή ισχύος όπως υποστηρίζεται από πλήθος πειραμάτων.

Μέχρι τα τέλη του 19ου αιώνα έγιναν πολλές προσπάθειες να ερμηνευθούν θεωρητικά οι πειραματικές καμπύλες της φασματικής κατανομής της «αφετικής ικανότητας» – όπως αλλιώς καλείται - του μελανού σώματος στηριζόμενες στο μεταφυσικό υλικό της κλασικής φυσικής. Αντιπροσωπευτικές ήταν οι προσπάθειες των νόμων των Rayleigh-Jeans και Wilhelm Wien οι οποίοι όμως πέτυχαν μερική συμφωνία με την πειραματική καμπύλη. Η εξίσωση του Rayleigh απέδιδε σωστά την κατανομή μόνο για τα μεγάλα μήκη κύματος ενώ η εξίσωση του Wien μόνο για τα μικρά μήκη κύματος. Χαρακτηριστική του προβληματισμού που προκαλούσε η αποδοχή των προκείμενων της κλασικής μεταφυσικής ήταν και η δήλωση του λόρδου Kelvin:

> «Η ομορφιά και η σαφήνεια της δυναμικής θεωρίας, βάσει της οποίας η θερμότητα και το φως είναι τρόποι κίνησης, σκιάζεται προς το παρόν από δύο σύννεφα. Ι. Το πρώτο αφορά την κυματοειδή θεωρία του φωτός, και...περιλαμβάνει την ερώτηση, Πώς θα μπορούσε η γη να κινείται διαμέσου ενός ελαστικού στερεού, όπως είναι επί της ουσίας ο φωτεινός (luminiferous) αιθέρας; ΙΙ. Το δεύτερο είναι η θεωρία των Maxwell-Boltzmann όσον αφορά την κατανομή της ενέργειας." (Kelvin 1882 as quoted in Grometstein 1999, σ. 174)

Πράγματι ο Kelvin διαπίστωσε ότι ο ρεαλιστικός στατιστικός χειρισμός της κινητικής θεωρίας των Maxwell-Boltzmann που ενδείκνυτο για να εξαγάγει κάποιος γενικά συμπεράσματα για τα μακροσκοπικά φαινόμενα - όπως αυτός εφαρμόζεται υπό την οπτική της οντολογίας της κλασικής μεταφυσικής – δεν ήταν επαρκής για να προβλέψει την κατανομή της θερμικής ακτινοβολίας. Και αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι ο συγκεκριμένος ρεαλιστικός στατιστικός χειρισμός είναι ισοδύναμος με την αρχή της ισοκατανομής της ενέργειας (Poirier 2014, σ. 44). Μια αρχή που έμελλε να αμφισβητήσει ο Planck προκειμένου να υποστηρίξει θεωρητικά τον εμπειρικό τύπο που κατάφερε να δημιουργήσει από τον συνδυασμό των νόμων των Rayleigh και Wien.

Τι ακριβώς δέχεται η αρχή της ισοκατανομής της ενέργειας; Ότι αν δοθεί ενέργεια σε ένα απομονωμένο φυσικό σύστημα και αυτή απορροφηθεί από τα μόρια (ή άτομα) του συστήματος, τότε αυτή θα μοιραστεί ισόποσα σε κάθε διαφορετικό

τρόπο[33] (βαθμοί ελευθερίας) που είναι δυνατόν να δράσει το φυσικό σύστημα. Οπότε ας οραματιστούμε τον κλασικό χειρισμό στον υπολογισμό της θερμικής ακτινοβολίας του μελανού σώματος. Η κοιλότητα γεμίζει με ακτινοβολία σε μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαφορετικών μηκών κύματος. Η γεωμετρία του χώρου επιτρέπει μόνο ηλεκτρομαγνητικούς κυματισμούς που δημιουργούν δεσμούς στην επαφή τους με την επιφάνεια της εσωτερικής κοιλότητας (στάσιμο κύμα). Κάθε επιτρεπτό μήκος κύματος ισοδυναμεί και με έναν τρόπο δράσης του φυσικού συστήματος, συνεπώς η ενέργεια εντός της κοιλότητας κατανέμεται μεταξύ αυτών. Μέχρι εδώ φαίνεται οι κλασικοί συλλογισμοί μας να μην διαθέτουν κάποιο ψεγάδι. Στην κλασική φυσική όμως υπάρχει πάντα μια ανάγκη για μια αναγωγιστική αναζήτηση των θεμελιωδών στοιχείων της πραγματικότητας κάτι που δεν παύει να υπάρχει ακόμα και όταν μελετάμε την πιο «εξωτική» οντολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτό φάνηκε και στο έργο της αρμονικής ανάλυσης οποιασδήποτε περιοδικής συνάρτησης του Jean-Baptiste Joseph Fourier ο οποίος το 1822 την εφάρμοσε στο φαινόμενο της θερμότητας. Ενδεικτική του θεμελιοκρατικού τρόπου σκέψης είναι και η ακόλουθη δήλωση του:

> «Η βαθυστόχαστη μελέτη της φύσης είναι η πιο γόνιμη πηγή των μαθηματικών ανακαλύψεων. Όχι μόνο διαθέτει αυτή η μελέτη – προσφέροντας ένα καθορισμένο αντικείμενο για έρευνα – το πλεονέκτημα του να αποκλείει ασαφείς ερωτήσεις και υπολογισμούς χωρίς έκβαση· αποτελεί επιπλέον και μια βέβαιη μέθοδο διαμόρφωσης της ίδιας της ανάλυσης, και της ανακάλυψης των στοιχείων που μας ενδιαφέρει να γνωρίσουμε, και τα οποία η φυσική επιστήμη οφείλει πάντα να διατηρεί: *αυτά είναι τα θεμελιώδη στοιχεία τα οποία αναπαράγονται σε όλα τα φυσικά φαινόμενα.*» (Fourier 2007, σ. 7)

Έτσι εφαρμόζοντας την αρμονική ανάλυση του Fourier στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα της θεωρίας του Maxwell, αναδεικνύουμε την ύπαρξη άπειρων αρμονικών κυμάτων ως συνιστώσες ενός υπό εξέταση ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Αυτές οι συνιστώσες δρουν ως ανεξάρτητα αρμονικά κύματα εντός της κοιλότητας του μελανού σώματος και αποτελούν τους άπειρους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να δράσει ένα και μόνο ηλεκτρομαγνητικό κύμα και να διεγείρουν τα όμοια με αρμονικούς ταλαντωτές άτομα του μελανού σώματος (άπειροι βαθμοί ελευθερίας) (Tsvelik 2007, σ. 5· Aitchison and Hey 2012, σ. 14).

Ως εκ τούτου η κλασική θεωρία ανάλυσης συμπεραίνει ότι εντός της κοιλότητας υπάρχουν άπειροι δυνατοί τρόποι για να δράσει το φυσικό σύστημα. Ο ρεαλιστικός στατιστικός χειρισμός των Maxwell-Boltzmann απαιτεί η παρεχόμενη ενέργεια στην κοιλότητα του μελανού σώματος να διαμερισθεί ισόποσα σε όλες αυτές τις άπειρες συνιστώσες των επιτρεπτών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Έτσι όμως εισέρχεται το παράδοξο που δημιουργεί ο κλασικός τρόπος σκέψης. Ένα πεπερασμένο ποσό ενέργειας όσο και αν το διαμερίσουμε ισόποσα και το διαθέσουμε στους άπειρους

33 Ένα μονοατομικό αέριο θα μπορούσε να κινηθεί σε τρεις διαφορετικές διευθύνσεις, ένα διατομικό μόριο θα μπορούσε να κινηθεί όπως και ένα άτομο αλλά επιπλέον θα μπορούσε να δράσει και περιστροφικά αλλά και μέσω εσωτερικών δονήσεων μεταξύ των ατόμων του.

βαθμούς ελευθερίας, αθροιστικά θα προκύψει ένα άπειρο ποσό ολικής ενέργειας. Ο προβληματισμός που ήταν επόμενο να δημιουργηθεί στον Planck αντικατοπτρίζεται στην ακόλουθη δήλωση του:

> «ήταν μια πράξη απελπισίας. Για έξι χρόνια πάλευα με την θεωρία του μελανού σώματος. Ήξερα το πρόβλημα...και ήξερα την απάντηση. Έπρεπε να βρω μια θεωρητική εξήγηση με οποιοδήποτε κόστος.» (Planck όπως παρατίθεται στον Grometstein 1999 σ. 163)

Ο Planck αναγκάστηκε να αμφισβητήσει τον συνεχή τρόπο με τον οποίο διαδίδεται η ενέργεια κατά την κλασική αντίληψη διάδοσης μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που μεταδίδονται μηχανικά μέσα στον αόρατο αιθέρα, αλλά και τον απόλυτα ελεύθερο τρόπο με τον οποίο μπορούν να ταλαντωθούν τα άτομα της επιφάνειας του μελανού σώματος από αυτόν τον συνεχή τρόπο αλληλεπίδρασης της ενέργειας. Θεώρησε ότι τα σωματίδια των τοιχωμάτων είναι αρμονικοί ταλαντωτές με συγκεκριμένες ιδιοσυχνότητες που αποτελούν πολλαπλάσια μιας θεμελιώδους συχνότητας f όπως αυτή καθορίζεται από το μέγεθος της κοιλότητας που εμπεριέχει την παγιδευμένη ακτινοβολία (Yates and Johnson 2007, σ. 48). Η ενέργεια που ανταλλάσσει κάθε αρμονικός ταλαντωτής με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα της κοιλότητας συνίσταται σε διακριτές (ασυνεχείς) ποσότητες πολλαπλάσια της ποσότητας h*f' όπως αυτή διαμορφώνεται από την ιδιοσυχνότητα του f'[34] και την αναγκαία σταθερά **h** προκειμένου η θεωρητική κατανομή του Planck να ταυτιστεί με την πειραματική κατανομή. Έτσι όταν η ενέργεια εισέρχεται εντός της κοιλότητας θα διεγείρει τα σωματίδια της επιφάνειας της κοιλότητας με μικρά πακέτα ενέργειας h*f (κβάντα) ή πολλαπλάσια τους μέχρι να εξαντληθεί. Ως εκ τούτου οι ηλεκτρομαγνητικές συνιστώσες της αρμονικής ανάλυσης fourier ενός επιτρεπτού ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαθέτουν υψηλές συχνότητες δεν θα τους επιτραπεί να ενεργοποιηθούν αν δεν υπάρξει διαθέσιμο υπόλοιπο ενέργειας για αυτές. Το πώς θα κατανεμηθεί διακριτά αυτή η ενέργεια στους διάφορους ταλαντωτές είναι αποτέλεσμα στατιστικού χειρισμού, ενός χειρισμού που διαφοροποιήθηκε σημαντικά από τον ρεαλιστικό στατιστικό χειρισμό των Maxwell-Boltzmann και έμελλε να αναδείξει έναν νέο τρόπο λειτουργίας της φυσικής πραγματικότητας.

Ο Planck έλαβε υπόψη του μόνο το πλήθος των κβάντων ενέργειας που εκχωρήθηκαν σε κάθε ταλαντωτή-σωματίδιο και όχι το ποια κβάντα κατέχονται από ποιους ταλαντωτές. Οι στατιστικές μεταθέσεις των κβάντων δεν θεωρούνται ως να εγείρουν νέες διαφορετικές δυνατότητες. Εκεί που ο Boltzmann εξέτασε την κατανομή ταυτόσημων, ως προς τις εγγενείς ιδιότητες τους, αλλά διακρίσιμων ατόμων επί μιας διαμέρισης στο χώρο φάσης, ο Planck ενδιαφέρθηκε για την κατανομή μη διακρίσιμων κβάντων επί του συνόλου των ταλαντωτών της επιφανείας (French and Krause, 2006, σ. 87), υπονοώντας την στατιστική μη διακρισιμότητα των ταλαντωτών που είναι ενεργοποιημένοι με την ίδια συχνότητα. Το έργο του Planck οδήγησε στη δημιουργία ενός στατιστικού χειρισμού όπου οι συνιστώσες ενός φυσικού συστήματος δεν μετέχουν μιας εξατομικευμένης κατάστασης όπως ο κλασικός ρεαλισμός θα

34 Πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας f

απαιτούσε, κάτι που στην αρχή ο ίδιος το αντιμετώπισε ως μια καθαρά μαθηματική βοηθητική κατασκευή για την θεωρητική παραγωγή της πειραματικά προσδιορισμένης κατανομής της ακτινοβολίας του μελανού σώματος. Όμως – έχοντας ήδη ανακαλυφθεί το ηλεκτρόνιο το 1897 από τον Thomson - το 1905 ο Einstein έμελλε να συνειδητοποιήσει καθώς μελετούσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο[35], ότι η κβάντωση της ενέργειας δεν παίζει απλώς τον ρόλο μιας μαθηματικής βοηθητικής κατασκευής, αλλά παριστά μια καθαυτό θεμελιώδη ιδιότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η πειραματική ανάδειξη του πυρήνα του ατόμου το 1911 από τον Ernest Rutherford και η αποτυχία της κλασικής ερμηνείας για τα φάσματα εκπομπής των ατόμων, οδήγησε τον Bohr το 1913 στο να επιχειρήσει πρώτος να εφαρμόσει το κβάντο δράσης h του Planck για να εξηγήσει την σταθερότητα της ατομικής υλικής δομής και το παρατηρούμενο διακριτό φάσμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας της. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθούμε στη συμβολή του Einstein ως προς την πιθανοκρατική φύση της κβαντικής θεωρίας την περίοδο 1916-1917. Ο Einstein (Einstein 1916) θεώρησε οντότητες με δύο ενεργειακές στάθμες σε θερμική ισορροπία με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Κατάφερε να εξαγάγει τον νόμο του Planck για την ακτινοβολία με το να υποθέσει ενεργειακές μεταβάσεις σε τυχαίες χρονικές στιγμές μεταξύ των δύο ενεργειακών σταθμών. Για να το πετύχει αυτό χρησιμοποίησε μεταβάσεις τριών τύπων: απορρόφησης, **αυθόρμητης εκπομπής** και εξαναγκασμένης εκπομπής. Με αυτόν τον τρόπο παρείχε απευθείας σύνδεση μεταξύ του νόμου του Planck και της κβαντικής υπόθεσης του Bohr (Whitaker 1996, σ. 120). Παραμένει ωστόσο άξιο απορίας το γεγονός ότι στα μετέπειτα χρόνια - παρά το πιθανοκρατικό στοιχείο που εισήγαγε στις κβαντικές διαδικασίες – ο Einstein δεν εγκατέλειψε την πεποίθηση ενός υποκείμενου αιτιώδους μηχανισμού που προκαλεί αυτές τις φαινόμενες ως αυθόρμητες ενεργειακές μεταβάσεις.

Με την ανακάλυψη του πρωτονίου το 1917 από τον Rutherford και τη θεωρητική ένδειξη του νετρονίου – όπως αυτή επιβεβαιώθηκε πειραματικά από τον Chadwick το 1932 - νέες τάξεις σωματιδίων εμπλούτισαν τη φυσική οντολογία, τα μη κλασικά χαρακτηριστικά των οποίων σταδιακά αναδεικνύονταν. Η μέχρι άλλοτε πειραματικά επιβεβαιωμένη κυματική φύση του φωτός μέσω των – τύπου διπλής σχισμής – πειραμάτων του Thomas Young το 1801, ήρθε αντιμέτωπη με την ασύμβατη σωματιδιακή συμπεριφορά που εκδηλώνει το φως τόσο στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο όσο και στο φαινόμενο του Compton[36] το 1923 επιβεβαιώνοντας πειραματικά την αντίληψη του φωτός ως σωματίδια που φέρουν ορμή (hf/c) και κατ' επέκταση ικανά να σκεδάσουν υλικά σωματίδια. Σχεδόν την ίδια περίοδο, το 1924, ο Louis de Broglie διαπίστωσε αντιστρόφως την κυματοειδή συμπεριφορά που μπορούν να επιδείξουν ακόμα και υλικά υποατομικά σωματίδια όπως το ηλεκτρόνιο.

Η κυριότερη ιδιομορφία της στατιστικής συμπεριφοράς – αυτών των νέων τάξεων σωματιδίων - ήταν το γεγονός ότι για να καταστεί δυνατή η εξήγηση των εμπειρικών ευρημάτων, αυτά έπρεπε να θεωρηθούν *μη διακρίσιμες* οντότητες. Είναι,

35 Το φαινόμενο της απόσπασης ηλεκτρονίων από μια μεταλλική επιφάνεια, όταν αυτή ακτινοβολείται με φως.

36 Πειράματα σκέδασης ακτινοβολίας X σε γραφίτη.

λοιπόν, κατάλληλη η προσφώνηση της κβαντικής φυσικής ως η «χώρα της ανωνυμίας» από τους Dalla Chiara και Toraldo di Francia (Dalla Chiara and Toraldo di Francia 1993). Βέβαια είναι εφικτή μια διαμέριση αυτής της «χώρας» σε δύο κατηγορίες σωματιδίων με βάση του πώς συμπεριφέρονται στην αλληλεπίδραση τους με την διάταξη των Stern-Gerlach[37](1922) - τα μποζόνια (φωτόνια, κ.α.) και τα φερμιόνια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια, κ.α) -, ωστόσο κάθε κατηγορία βυθιζόταν στην προσωπική της ανωνυμία. Δύο στατιστικοί τρόποι διαχειρίστηκαν την μη διακρισιμότητα αυτών των νέων κατηγοριών. Ο ένας αναπτύχθηκε από τον Satyendra Nath Bose το 1924 οικοδομώντας τον πάνω στην μη διακρισιμότητα των φωτονίων θεωρώντας τα πια ως ένα νέφος αδιάκριτων – χωρίς μάζα – σωματιδίων και τον οποίο επέκτεινε ο Einstein στα άτομα λίγο αργότερα διαμορφώνοντας έτσι την Bose-Einstein κατανομή, υποδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο μπορεί μια συλλογή μη διακρίσιμων σωματιδίων να καταλαμβάνει ένα σύνολο διακριτών ενεργειακών καταστάσεων σε θερμοδυναμική ισορροπία επιτρέποντας την ταυτόχρονη κατάληψη μιας κατάστασης από δύο ή περισσότερα μποζόνια. Η «συμπύκνωση» των μποζονίων - όπως υποδηλωνόταν από την κατανομή Bose-Einstein – θεωρήθηκε πώς είχε αρχικά θεωρητικό χαρακτήρα και δεν μπορούσε να παρατηρηθεί στον πραγματικό κόσμο, ωστόσο η πειραματική επιβεβαίωση θα υπονοούνταν με την μελέτη των υπερρευστών το 1938 από τον Fritz London και θα επιδεικνύονταν τόσο στην τάξη των φωτονίων με την κατασκευή λέιζερ φωτός όσο και σε πληθυσμούς ατόμων το 1995 από τους David Lee, Douglas Osheroff και Robert Richardson (Bolles 2004, σ. 209· Hey and Walters 2003, σ. 166· French and Krause 2006, σ. 96-98). Ο δεύτερος στατιστικός τρόπος χειρισμού μη διακρίσιμων σωματιδίων θα αφορούσε την τάξη των φερμιονίων και θα αναπτύσσονταν από τους Enrico Fermi και Paul Dirac το 1926, περιγράφοντας την κατανομή των σωματιδίων επί ενός συνόλου διακριτών ενεργειακών καταστάσεων σε θερμοδυναμική ισορροπία μη επιτρέποντας όμως την ταυτόχρονη κατάληψη μιας κατάστασης από δύο ή περισσότερα φερμιόνια ως απόρροια της ισχύος της απαγορευτικής αρχής του Wolfgang Pauli όπως αυτή διατυπώθηκε το 1925. Η στατιστική κατανομή Fermi-Dirac χρησιμοποιήθηκε από τον Ralph Fowler το 1926 για να περιγράψει την κατάρρευση ενός αστέρα σε λευκό νάνο, από τον Arnold Sommerfeld το 1927 για την ηλεκτρονιακή θεωρία των μετάλλων και από τους Fowler και Lothar Wolfgang Nordheim το 1928 για την εκπομπή ηλεκτρονίων από τα μέταλλα στην παρουσία ηλεκτροστατικού πεδίου, συνεχίζοντας να είναι μια από τις πιο σημαντικές κατανομές μη διακρίσιμων σωματιδίων.

Υπήρχε ανάγκη ωστόσο ώστε το σύνολο όλων αυτών των κβαντικών διαδικασιών (ο χαρακτηρισμός τους αλλά και ο υπολογισμός τους) να εκφραστεί μέσω

37 Ένα σωματίδιο έχει σπιν s όταν το πέρασμα μιας δέσμης τέτοιων σωματιδίων μέσα από μια συσκευή Stern-Gerlach δίνει 2s+1 ίχνη, αν και στην περίπτωση του φωτονίου επειδή έχει μηδενική μάζα ηρεμίας αποκλείεται το ένα από τα 3 ίχνη που κανονικά θα επιδείκνυε έχοντας ακέραιο σπιν 1 καθιστώντας το μέλος της τάξης των μποζονίων. Τα σωματίδια που αφήνουν άρτιο αριθμό ιχνών τούς προσδίδεται η ιδιότητα του ημιακέραιου σπιν 1/2, 3/2 κ.ο.κ. αποτελώντας έτσι την τάξη των φερμιονίων. Βέβαια τα πειράματα υποδεικνύουν ότι τα στοιχεία με άρτιο αριθμό φερμιονίων συμπεριφέρονται ως μποζόνια (Hey and Walters 2003, σ. 164).

ενός εκτεταμένου και συνεπούς φορμαλισμού χωρίς να χρειάζεται να αναζητηθεί η σχέση αυτών με την κλασική φυσική στην χρήση της αρχής της αντιστοιχίας του Bohr. Μια αλγεβρική τεχνική συσχετισμού των αρμονικών της ανάλυσης Fourier της κλασικής μηχανικής με τα κβαντικά ενεργειακά «άλματα» μεταξύ στάσιμων καταστάσεων, που δεν μπορούσε ωστόσο να εξηγήσει πλήθος κβαντικών φαινομένων συμπεριλαμβανομένου και του φαινομένου Zeeman[38].

Η πρώτη φορμαλιστική προσπάθεια ήταν το έργο του Heisenberg το 1925 σε συνεργασία με τους Born και Jordan. Ο Heisenberg, επικέντρωσε την προσοχή του στις υπαρκτές διακριτές πειραματικές τιμές των διάφορων κβαντικών διαδικασιών - όπως τις ενέργειες των φασματικών γραμμών του ατόμου του Bohr – και προσπάθησε να τις ενσωματώσει σε ανάλογης διακριτής φύσης μαθηματικά αντικείμενα όπως οι μήτρες (πίνακες). Οι εξισώσεις της κίνησης στη νευτώνεια μηχανική αντικαταστάθηκαν από όμοιες εξισώσεις μεταξύ πινάκων, για να ανακαλυφθεί ότι πολλά από τα παλαιότερα αποτελέσματα της νευτώνειας μηχανικής – όπως διατήρηση της ενέργειας κτλ. - μπορούσαν να εξαχθούν και μέσα από το νέο φορμαλιστικό σχήμα των μητρών (Heisenberg 1958, σ. 39). Η μη αντιμεταθετικότητα αυτών των διακριτών μαθηματικών αντικειμένων ήταν κατάλληλη για να αναπαραστήσουν την ασυνεχή δομή των κβαντικών διαδικασιών και να παράσχουν έναν συνεπή φορμαλισμό για τις κβαντικές διαδικασίες, τη **μηχανική των μητρών**. Παράλληλα, οικοδομώντας πάνω στα ευρήματα του de Broglie, ο Schrödinger ερμήνευσε αυτές τις ιδιόμορφες στατικές ενεργειακές καταστάσεις των ατόμων ως κατάλληλες στάσιμες κυματικές δονήσεις και τους μυστηριώδεις κβαντικούς αριθμούς ως αριθμούς ανάλογους μουσικών αρμονικών (Born 1953, σ. 98), διαμορφώνοντας έτσι την **κυματική μηχανική** και παράλληλα ικανοποιώντας την ανάγκη για «οπτικοποίηση» της θεωρητικής εξήγησης των φαινομένων. Ωστόσο ο Born σε μια προσπάθεια να αντικρούσει τους υπερβάλλοντες ισχυρισμούς του Schrödinger για το μονοπώλιο της έννοιας των κυμάτων ως το μόνο μέσο να εξηγηθούν τα φυσικά φαινόμενα, παρείχε την πιθανοτική ερμηνεία της κυματοσυνάρτησης του Schrödinger. Η κυματοσυνάρτηση δεν αντιπροσώπευε ένα φυσικά παρατηρήσιμο κλασικό κύμα αλλά ένα κύμα πιθανότητας. Το *πιθανοκρατικό στοιχείο* επανήλθε στο προσκήνιο, αυτή τη φορά με διαφορετική μορφή:

> "Η κβαντική μηχανική του Schrödinger [...] παρέχει μια αρκετά καθορισμένη απάντηση στην ερώτηση περί της επίδρασης της πρόσκρουσης· αλλά δεν υπάρχει κάποια ερώτηση σχετική για οποιαδήποτε αιτιοκρατική περιγραφή. Κανείς δεν λαμβάνει απάντηση στην ερώτηση «ποια είναι η κατάσταση μετά την πρόσκρουση» αλλά μόνο στην ερώτηση, «πόσο πιθανό είναι ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα από την πρόσκρουση» [...] Εδώ εγείρεται ολόκληρο το πρόβλημα της αιτιοκρατίας. Από την άποψη της κβαντικής μηχανικής δεν υπάρχει κάποια ποσότητα η οποία σε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση αιτιοκρατικά να ορίζει το επακόλουθο μιας σύγκρουσης.[...] εγώ ο ίδιος τείνω προς την εγκατάλειψη της αιτιοκρατίας στον κόσμο των ατόμων." (Born 1926, σ. 866)

38 Ο διαχωρισμός μιας φασματικής γραμμής σε διάφορες συνιστώσες στην παρουσία στατικού μαγνητικού πεδίου.

Αν και η ισοδυναμία αυτών των δύο φορμαλισμών είχε επιτευχθεί εν μέρει από τον ίδιο τον Schrödinger το 1926, ο Heisenberg στην προσπάθεια να προσδώσει και αυτός μια ενορατική απεικονιστική χροιά στον φορμαλισμό του και έτσι να μην φαίνεται ότι υστερεί έναντι της πιο απεικονιστικής κυματικής μηχανικής, κατέφυγε στη φορμαλιστική συμπεριφορά της μη αντιμεταθετικότητας των πινάκων της ορμής και της θέσης. Και ήταν αρχικά αυτή η φορμαλιστική πτυχή – σε συνδυασμό με το κβάντο δράσης h του Planck - που τον οδήγησε στη συνθήκη της ανισοτικής σχέσης γνωστής ως **αρχή απροσδιοριστίας του Heisenberg** (Heisenberg 1927) καθιστώντας έτσι σύμφωνα με τον ίδιο πιο εμφανή τη διαφορά μεταξύ κβαντικής μηχανικής και κλασικής μηχανικής (Heisenberg 1958, σ. 39). Ο στόχος για μια πιο απεικονιστική χρήση του φορμαλισμού οδήγησε τελικά στην ανάπτυξη κοινοτοπιών του είδους *«όσο στενότερη είναι η φυλακή ενός σωματιδίου, τόσο ζωηρότερο αυτό γίνεται»*, κοινοτοπία που αποτελεί χαρακτηριστικό για την ανάδειξη στατιστικών σχέσεων στην κβαντική μηχανική που αφορά ακόμα και μεμονωμένα συστήματα (Heisenberg 1927, σ. 172, 189) και οδήγησε στην παραγωγή πολλών άλλων σχέσεων απροσδιοριστίας.

Αρχικά ο Heisenberg όπως φαίνεται από τις διαλέξεις που είχε παραδώσει την άνοιξη του 1929 (Heisenberg 1950, preface), αντιλαμβανόταν τη φυσική ερμηνεία της απροσδιοριστίας ως μια κατάσταση που προκύπτει από την αναπόφευκτη επίδραση του παρατηρητή. «Ας υποθέσουμε ότι η ταχύτητα ενός ελεύθερου ηλεκτρονίου είναι επακριβώς γνωστή, ενώ η θέση του είναι εντελώς άγνωστη. Τότε η αρχή δηλώνει ότι κάθε επόμενη παρατήρηση της θέσης θα μεταβάλλει την ορμή κατά ένα άγνωστο και απροσδιόριστο ποσό έτσι ώστε μετά την διεκπεραίωση του πειράματος, η γνώση μας για την κίνηση του ηλεκτρονίου να περιορίζεται από την αρχή της απροσδιοριστίας.» (Heisenberg 1950, σελ. 20). Ωστόσο ακριβώς περίπου την ίδια περίοδο ο Bohr παρουσίασε τις σχέσεις απροσδιοριστίας ως συμβολική περιγραφή μιας ευρύτερης αρχής γνωστής ως **συμπληρωματικότητα (complementarity)**. Οι απροσδιοριστίες δεν προκύπτουν επειδή ο παρατηρητής διαταράσσει το σύστημα κατά μια απροσδιόριστη ποσότητα αλλά επειδή δεν είναι δυνατόν να εκδηλωθούν και οι δύο συμπεριφορές των ατομικών αντικειμένων (θέση και ορμή) μέσω της ίδιας μετρητικής διάταξης:

> «[Αυτό] υπαινίσσεται ότι είναι αδύνατος οποιοσδήποτε σαφής διαχωρισμός μεταξύ της συμπεριφοράς των ατομικών αντικειμένων και της αλληλεπίδρασης με τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται για να ορίσουν τις συνθήκες μέσω των οποίων εμφανίζονται τα φαινόμενα. Στην πραγματικότητα, η ιδιομορφία των τυπικών κβαντικών φαινομένων βρίσκει την καταλληλότερη έκφρασή της στην περίπτωση που οποιαδήποτε προσπάθεια να υποδιαιρεθούν τα φαινόμενα απαιτείται αλλαγή στην πειραματική διάταξη, εισάγοντας έτσι νέες πιθανότητες αλληλεπίδρασης οι οποίες δεν είναι κατ' αρχήν δυνατόν να ελεγχθούν. Κατά συνέπεια, τα τεκμήρια που έχουν ληφθεί κάτω από διαφορετικές πειραματικές συνθήκες δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά από μόνα τους, αλλά θα πρέπει να θεωρούνται συμπληρωματικά, υπό την έννοια ότι μόνο η ολότητα των φαινομένων εξαντλεί όλες τις πιθανές πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα.» (Bohr 1949, σ. 232)

Οι διάφορες ατέλειες στην απόδειξη της ισοδυναμίας των δύο αυτών

φορμαλισμών, κατά Heisenberg και κατά Schrödinger, άρχισαν να απομακρύνονται με την ανάδειξη της διανυσματικής δομής τους από τον Paul Dirac το 1930 μέσω της γεωμετρίας του χώρου Hilbert και ολοκληρώθηκε με την αξιωματική θεμελίωση του John von Neumann το 1932 (Casado 2008). Με την ολοκλήρωση της φορμαλιστικής περιγραφής των κβαντικών διαδικασιών κατέστη δυνατό πλέον ώστε το καταστατικό διάνυσμα[39] του χώρου Hilbert που αναπαριστά ένα κβαντικό σύστημα να επιτρέπει τη μέγιστη περιγραφή όλων των ιδιοτήτων που αποδίδονται σε αυτό το σύστημα, με τέτοιο τρόπο ώστε συστήματα που αναπαρίστανται από το ίδιο καταστατικό διάνυσμα να καθίστανται μη διακρίσιμα. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα, εξωτερική της θεωρίας, για να διακριθούν μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο η «φαινομενική» μη διακρισιμότητα των στατιστικών χειρισμών των κβαντικών σωματιδίων κατέστη φορμαλιστική ιδιότητα της μηχανικής όλων των κβαντικών διαδικασιών.

Στη συνέχεια του κειμένου θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε πειράματα που αναδεικνύουν τη συμπεριφορά των μικροφυσικών αντικειμένων καθώς επίσης και τις γενικές αρχές του φορμαλισμού της Κβαντικής Μηχανικής (ΚΜ) που εξηγούν ακριβώς αυτή τη συμπεριφορά. Η ανάπτυξη είναι εσκεμμένα απλουστευμένη από μαθηματικής σκοπιάς και αυτό γιατί σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να αναδείξει τις βασικές ερμηνευτικές δυνατότητες του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής και ό,τι προβλήματα αυτό συνεπάγεται.

2.2 Το πείραμα των Stern-Gerlach

Στα τέλη του 1921, ο Otto Stern και ο Walther Gerlach πραγματοποίησαν μια σειρά πειραμάτων σε σχέση με τις μαγνητικές ιδιότητες διαφόρων ατόμων (Jammer, 1966, σελ. 134-136). Εξάτμισαν άργυρο σε έναν επισμαλτωμένο φούρνο και επέτρεψαν μερικά από τα άτομα να διαφύγουν, ευθυγραμμίζοντας τα σε μια λεπτή δέσμη μέσω κατάλληλων διαφραγμάτων. Η δέσμη τότε διήλθε διαμέσου των πόλων ενός κατάλληλα διαμορφωμένου μαγνήτη και επακολούθησε περαιτέρω η πρόσπτωση σε μια γυάλινη πλάκα. Το ίχνος που αυτά τα άτομα αποτύπωσαν στην γυάλινη πλάκα έδειξε ότι αυτά είχαν εκτραπεί καθώς διέσχιζαν το μαγνητικό πεδίο, και η δέσμη είχε διαχωρισθεί σε δύο δέσμες. Τα μισά άτομα είχαν εκτραπεί προς τα πάνω και τα άλλα μισά προς τα κάτω (Σχήμα 1).

Έκτοτε το πείραμα των Stern και Gerlach επαναλήφθηκε για διάφορα είδη σωματιδίων, όπου σε κάθε τέτοιου είδους πείραμα κάποιος παρατηρεί ότι η δέσμη διαχωρίζεται σε ένα σταθερό αριθμό δεσμών που αντιστοιχούν σε καθορισμένες εκτροπές. Το πλήθος αυτών των δεσμών είναι πεπερασμένο και σταθερό και εξαρτάται μόνο από το είδος των σωματιδίων. Στην περίπτωση που έχουμε να κάνουμε με ηλεκτρόνια (φερμιόνια), το πλήθος των εκτρεπόμενων δεσμών είναι 2. Καλούμε την κάθε δυνατή απόκλιση των σωματιδίων, σπιν (ως προς τον κάθετο

39 Αυτά τα καταστατικά διανύσματα επί του χώρου Hilbert αντιστοιχούν σε κατάλληλα πιθανοτικά μέτρα επί του πλέγματος των υποχώρων του χώρου Hilbert.

άξονα Oz). Στην περίπτωση των ηλεκτρονίων, μπορούμε να μιλήσουμε για σπιν «+1» στην περίπτωση που έχει υπάρξει εκτροπή προς τα πάνω ή «-1» στην περίπτωση που έχει υπάρξει εκτροπή προς τα κάτω. Εάν κάποιος μειώσει την ένταση της δέσμης, έτσι ώστε κάθε φορά να διέρχεται ένα ηλεκτρόνιο μέσα από το μαγνητικό πεδίο, θα παρατηρήσει ότι αυτά επιλέγουν τυχαία μια κατεύθυνση σπιν (πάνω εκτροπή-κάτω εκτροπή). Το ποια εκτροπή θα παρουσιάσει το κάθε ένα από αυτά, είναι ένα εντελώς τυχαίο γεγονός. Δεν μπορεί να προβλεφθεί με βεβαιότητα. Το μόνο προβλέψιμο γεγονός είναι ότι μετά από έναν μεγάλο αριθμό διελεύσεων ηλεκτρονίων από την συσκευή μας, θα υπάρχει μια σταθερή και προβλέψιμη αναλογία πλήθους ηλεκτρονίων που έχουν επιλέξει κάθε εκτροπή.

Εικόνα 1. Η συσκευή του πειράματος Stern-Gerlach.

Ας υποθέσουμε ότι απομονώνουμε την δέσμη των ηλεκτρονίων που αντιστοιχεί στην πάνω εκτροπή που έχει παραχθεί από το κάθετο σύστημα μαγνητών (άξονας Oz) και στην οποία αντιστοιχούμε την τιμή σπιν «+1». Αν κάποιος τοποθετήσει στην συνέχεια αυτού του κάθετου συστήματος μαγνητών ένα πανομοιότυπο, τότε θα παρατηρήσει ότι τα ηλεκτρόνια αυτής της δέσμης συνεχίζουν να έχουν την ίδια εκτροπή που αντιστοιχεί στην τιμή σπιν «+1». Αυτά τα ηλεκτρόνια φαίνεται να «*θυμούνται*» ότι έχουν αυτήν την ιδιότητα του σπιν «+1» (Εικόνα 2).

Τώρα ας υποθέσουμε ότι η πορεία αυτής της δέσμης συνεχίζεται διαμέσου ενός μαγνητικού πεδίου του οποίου η κατεύθυνση είναι οριζόντια, δηλαδή κάθετη στο αρχικό μαγνητικό πεδίο (Εικόνα 3). Τότε παρατηρούμε ότι η δέσμη αυτή διαχωρίζεται σε άλλες δύο οριζόντιες δέσμες, μια προς τα αριστερά και μια προς τα δεξιά, με ίσες αναλογίες.

Εικόνα 2.

Εικόνα 3.

Εικόνα 4.

Αν παρεμποδίσουμε την δεξιά δέσμη (Εικόνα 4) και στην συνέχεια τοποθετήσουμε στην σειρά των προηγούμενων πειραματικών διατάξεων και μια τρίτη συσκευή με κάθετο προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου, όπως και η πρώτη συσκευή, τότε τι θα αναμέναμε για την αριστερή δέσμη; Ας θυμηθούμε ότι αυτή η δέσμη μέχρι στιγμής έχει διέλθει διαμέσου δύο μαγνητικών πεδίων, ένα κάθετο και ένα οριζόντιο, τα οποία έχουν προσδιορίσει για αυτήν την δέσμη ότι διαθέτει την ιδιότητα του «πάνω σπιν» και του «αριστερού σπιν». Συνεπώς αν αυτή η δέσμη διέλθει πάλι διαμέσου συσκευής με κάθετο προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου, θα αναμέναμε να «θυμηθεί» την αρχική της ιδιότητα – ότι έχει «πάνω σπιν» – και έτσι κανενός είδους εκτροπή ή διαχωρισμός να μην γίνει. Ωστόσο, ενάντια στις προσδοκίες μας, δεν συμβαίνει αυτό. Η δέσμη θα διαχωριστεί εκ νέου σε άλλες δύο δέσμες με ίσες αναλογίες πάλι. Φαίνεται ότι η δέσμη έχει απολέσει την αρχική της μνήμη, όσον αφορά το σπιν της ως προς την κάθετη διεύθυνση, με την διέλευση της από την συσκευή με τον οριζόντιο προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου. Πώς μπορεί να εξηγηθεί αυτή η μη κλασική συμπεριφορά;

Θα χρειαστεί - πριν επιχειρήσουμε να εξηγήσουμε θεωρητικά τις ανωτέρω συμπεριφορές των κβαντικών σωματιδίων - να εμπλουτίσουμε την γνώση μας με ακόμα ένα αντιπροσωπευτικό πείραμα εκδήλωσης κβαντικών φαινομένων: Το πείραμα των δύο σχισμών.

2.3 Το πείραμα των δύο σχισμών

Ένα άλλο - ιδιαίτερου ενδιαφέροντος - πείραμα, είναι το γνωστό πείραμα των δύο σχισμών. Σύμφωνα με αυτό, σωματίδια (ηλεκτρόνια, φωτόνια....) εκπέμπονται από μια πηγή προς μια κάθετη επιφάνεια που διαθέτει δύο σχισμές, την «1» και την «2». Πίσω από αυτήν την επιφάνεια υπάρχει μια άλλη επιφάνεια στην οποία προσπίπτουν όσα σωματίδια καταφέρουν να διέλθουν από τις σχισμές αποτυπώνοντας κάποιο ίχνος σε αυτήν. Ας υποθέσουμε ότι η ένταση της δέσμης αυτών των σωματιδίων είναι τόσο ασθενής ώστε κάθε φορά ένα σωματίδιο να διέρχεται από την επιφάνεια με τις δύο σχισμές, έτσι ώστε σε περίπτωση που έχουμε και τις δύο σχισμές ανοικτές να αποφύγουμε τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο σωματιδίων που διέρχονται ταυτόχρονα από τις δύο σχισμές αντίστοιχα.

Αν υποθέσουμε ότι είχαμε μόνο την σχισμή «1» ανοικτή, τότε τα σωματίδια που θα διέρχονταν από αυτήν, θα κατευθύνονταν σε μια περιοχή της τελικής επιφάνειας αποτυπώνοντας ίχνη σε κάποια σημεία της, με κατανομή της συχνότητας αυτών που περιγράφεται μέσω της καμπύλης P_1. Αν είχαμε μόνο την σχισμή «2» ανοικτή, τότε παρομοίως τα σωματίδια θα κατευθύνονταν σε μια περιοχή της τελικής επιφάνειας αφήνοντας ίχνη σε κάποια σημεία της, με κατανομή της συχνότητας αυτών που περιγράφεται μέσω της καμπύλης P_2. Αν αφήναμε και τις δύο σχισμές ανοικτές, τότε θα αναμέναμε η κατανομή των ιχνών πρόσπτωσης στην τελική επιφάνεια, να είναι το άθροισμα των κατανομών των ιχνών από τις δύο επιμέρους καμπύλες P_1 και P_2 (Εικόνα 5).

Εικόνα 5.

Όμως συμβαίνει κάτι εντελώς ασύμβατο με την αναμενόμενη εικόνα των ιχνών στην τελική επιφάνεια. Εκεί που υπήρχαν αρκετά ίχνη πρόσπτωσης - όταν ήταν μόνο η μία σχισμή ανοικτή από τις δύο - τώρα δεν υπάρχει σχεδόν κανένα ίχνος ή υπάρχουν πολλά περισσότερα. Μάλιστα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η τελική

κατανομή των ιχνών πρόσπτωσης παρουσιάζει μια εικόνα «συμβολής» στην τελική επιφάνεια, μια εικόνα που εμφανίζεται μόνο όταν δύο κυματικές διαταραχές συναντηθούν στον χώρο.

Η συγκεκριμένη εικόνα όμως δεν συνάδει με το γεγονός ότι τα ίχνη πρόσπτωσης πάνω στην τελική επιφάνεια προσδίδουν μια σωματιδιακή περιγραφή στα ηλεκτρόνια. Συνεπώς υπάρχει ανάγκη να εξηγηθεί η παρουσία των δύο ασύμβατων περιγραφών – κύμα, σωματίδιο - για το ίδιο αντικείμενο. Αξίζει να σημειωθεί επιπλέον, ότι για να εμφανιστεί αυτή η εικόνα συμβολής στην κατανομή των ιχνών στην τελική επιφάνεια απαιτείται μια βασική προϋπόθεση. Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να τοποθετήσουμε ανιχνευτές που θα προσπαθήσουν να προσδιορίσουν από ποια σχισμή διήλθε το ηλεκτρόνιο. Γιατί από την στιγμή που συμβεί αυτό - δηλαδή προσπαθήσουμε να ανιχνεύσουμε από ποια σχισμή περνάει το ηλεκτρόνιο - τότε η εικόνα συμβολής στην κατανομή των ιχνών καταστρέφεται και αρχίζει να εμφανίζεται μια κλασική κατανομή των ιχνών πάνω στην τελική επιφάνεια.

Οι παραπάνω πειραματικές περιγραφές υποδεικνύουν φυσικές καταστάσεις που δεν μπορούν να εξηγηθούν με κλασικούς όρους περιγραφής. Ωστόσο ο φορμαλισμός της **κβαντικής μηχανικής** δίνει μια αρκετά απλή, δομημένη απάντηση. Γι' αυτό, προκειμένου να κατανοήσουμε αυτήν την απάντηση, κρίνεται αναγκαίο να προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε τα βασικά στοιχεία αυτού του φορμαλισμού καθώς και τις γενικές αρχές που τον διέπουν.

2.4 Χώρος Hilbert

Για την περιγραφή του φορμαλισμού της Κβαντικής Μηχανικής είναι αναγκαίο να εξοικειωθούμε με την έννοια του «διανυσματικού χώρου», ενός αφηρημένου χώρου, τα αντικείμενα του οποίου είναι προσανατολισμένα ευθύγραμμα τμήματα – τα διανύσματα. Ένα **διάνυσμα** είναι ένα αντικείμενο για την περιγραφή του οποίου χρειάζονται τρεις πληροφορίες. Η **διεύθυνσή** του, η οποία αναφέρεται στην ευθεία πάνω στην οποία κείτεται αυτό το προσανατολισμένο ευθύγραμμο τμήμα. Η **φορά** του, η οποία αναφέρεται σε μία από τις δύο επιλογές προσανατολισμού που έχει κάτι που μπορεί να κινηθεί επί μιας ευθείας και το **μέτρο** του, το οποίο αναφέρεται στο μήκος αυτού του προσανατολισμένου ευθύγραμμου τμήματος.

Ο χώρος που εμπεριέχει τέτοιου είδους αντικείμενα, ήτοι διανύσματα, για να χαρακτηριστεί ως διανυσματικός είναι αναγκαίο να διέπεται από ορισμένους στοιχειώδεις κανόνες:

1. Για κάθε διάνυσμα x του χώρου (συνήθης συμβολισμός $\vec{\chi}$) και οποιονδήποτε αριθμό λ, το λx[40] είναι επίσης διάνυσμα του χώρου.
2. Για δύο οποιαδήποτε διανύσματα x, y του χώρου, το λx+μy είναι επίσης διάνυσμα του χώρου[41].

Είναι εμφανές ότι οι συγκεκριμένες διαδικασίες παράγουν μια απειρία διανυσμάτων, μιας και το διάνυσμα που προκύπτει από μια διαδικασία μπορεί να τροφοδοτήσει ξανά κάποια από τις διαδικασίες για την παραγωγή ενός νέου διανύσματος. Πώς είναι δυνατόν τότε να καταφέρει κάποιος να διακρίνει μεταξύ τους τα αντικείμενα ενός τέτοιου χώρου; Αποδεικνύεται ότι για κάθε διανυσματικό χώρο, υπάρχει ένα ελάχιστο σύνολο διανυσμάτων (**βάση**) μέσω του οποίου μπορεί να παραχθεί κάθε άλλο διάνυσμα του χώρου αρκεί να επιλεχθούν οι κατάλληλοι συντελεστές για κάθε διάνυσμα αυτού του συνόλου. Το ελάχιστο πλήθος διανυσμάτων που χρειαζόμαστε για να παράγουμε όλα τα υπόλοιπα διανύσματα του χώρου, καλείται **διάσταση** του χώρου.

Για παράδειγμα, αν θελήσουμε να περιγράψουμε όλα τα διανύσματα ενός επιπέδου, αρκεί να επιλέξουμε δύο οποιαδήποτε μη παράλληλα διανύσματα $\vec{\alpha}$ και $\vec{\beta}$ του επιπέδου, να τα μεταφέρουμε παράλληλα ώστε να αποκτήσουν κοινή αρχή και τότε με κατάλληλη επιλογή δύο συντελεστών κ και λ μπορούμε να παραγάγουμε οποιοδήποτε άλλο διάνυσμα $\vec{\gamma}$ του επιπέδου: $\vec{\gamma}=\kappa\vec{\alpha}+\lambda\vec{\beta}$ (**γραμμικός**

40 Με τον όρο λ δεν εννοούμε απαραίτητα αριθμούς μεγαλύτερους της μονάδας που έχουν σαν αποτέλεσμα μια *επιμήκυνση* του διανύσματος, αλλά κάθε είδους αριθμό. Συγκεκριμένα στην περίπτωση των πραγματικών αριθμών, αν ο αριθμός είναι αρνητικός το αποτέλεσμα θα είναι *αλλαγή φοράς* στην διεύθυνση του διανύσματος και αν ο αριθμός λ είναι $0<\lambda<1$, το αποτέλεσμα θα είναι *σμίκρυνση* του αρχικού διανύσματος. Επιπλέον η επιλογή αριθμών θα μπορούσε να γίνει από ένα οποιοδήποτε άλλο «σώμα» (π.χ. μιγαδικούς) και όχι απαραίτητα τους πραγματικούς.

41 Γεωμετρική περιγραφή του αθροίσματος αποτελεί η διαγώνιος του παραλληλογράμμου που σχηματίζεται από τα πολλαπλάσια λx, μy των διανυσμάτων x και y.

συνδυασμός). Αν επιπλέον εφαρμόσουμε μια διάταξη στην βάση των $\vec{\alpha},\vec{\beta}$ τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την πλειάδα (κ,λ) ως τις **συντεταγμένες** του διανύσματος $\vec{\gamma}$ ως προς την βάση των $\vec{\alpha},\vec{\beta}$.

Παρά τον δομημένο χαρακτηρισμό του διανυσματικού χώρου (δ.χ), δεν παύει όμως να αποτελεί μια δομή που δεν φαίνεται να έχει συνάφεια με δομές που χρησιμοποιούμε ως επί το πλείστων για να περιγράψουμε την φυσική πραγματικότητα και συγκεκριμένα τους «πραγματικούς αριθμούς». Ως εκ τούτου, χρειάζεται να εμπλουτίσουμε τον δ.χ. με μια διαδικασία που να παρέχει δυνατότητα εξόδου από τον χώρο των διανυσμάτων στον χώρο των «πραγματικών» αριθμών. Αυτόν τον ρόλο τον επιτελεί το «**εσωτερικό γινόμενο**» δύο διανυσμάτων $\vec{\gamma},\vec{\delta}$ το οποίο και υπολογίζεται με δύο τρόπους:

1. Είτε με χρήση της κυρτής γωνίας «φ» που σχηματίζουν οι διευθύνσεις των δύο διανυσμάτων $\vec{\gamma},\vec{\delta}$ και των μέτρων τους: $\vec{\gamma}*\vec{\delta}=|\vec{\gamma}||\vec{\delta}|\text{συν}\varphi$.
2. Είτε με χρήση των συντεταγμένων $(\gamma_1,\ldots,\gamma_\nu)$ και $(\delta_1,\ldots,\delta_\nu)$ που έχουν αποκτήσει τα δύο διανύσματα $\vec{\gamma},\vec{\delta}$ ως προς μια επιλεχθείσα βάση του χώρου $\vec{\alpha}_1,\ldots,\vec{\alpha}_\nu$: $\vec{\gamma}*\vec{\delta}=\gamma_1*\delta_1+\ldots+\gamma_\nu*\delta_\nu$.

Είναι αξιοσημείωτη η αναφορά στην επιλογή μιας **ορθοκανονικής** βάσης δηλαδή μιας βάσης που τα διανύσματα της είναι κάθετα ανα δύο και μοναδιαίου μήκους. Και αυτό επειδή με αυτή την επιλογή ο προσδιορισμός των συντεταγμένων $(\gamma_1,\ldots,\gamma_\nu)$ ενός διανύσματος $\vec{\gamma}$ ως προς μια ορθοκανονική βάση $\vec{\alpha}_1,\ldots,\vec{\alpha}_\nu$ είναι απλά ο υπολογισμός των εσωτερικών γινομένων $\gamma_i=\vec{\gamma}*\vec{\alpha}_i$.

Έχοντας λοιπόν έναν τρόπο να παραγάγουμε «πραγματικούς» αριθμούς μέσα από διανυσματικές διαδικασίες, η επόμενη σημαντική διαδικασία είναι ο **μετασχηματισμός** ενός διανύσματος σε ένα άλλο. Για να αξιοποιηθεί η ύπαρξη των βάσεων στους δ.χ. και το γεγονός ότι αυτές παράγουν οποιοδήποτε διάνυσμα του δ.χ. χρειάζεται να επικεντρωθούμε σε εκείνους τους μετασχηματισμούς[42] των οποίων η δράση τους επί ενός τυχαίου διανύσματος του δ.χ. καθορίζεται από το πώς μετασχηματίζουν τα διανύσματα της βάσης του δ.χ. (**Γραμμικός μετασχηματισμός ή τελεστής**):

$$A(c_1*\psi_1+c_2*\psi_2)=c_1(A\psi_1)+c_2(A\psi_2)$$

Μπορεί να γίνει ακόμα πιο σαφής η αναπαράσταση ενός γραμμικού μετασχηματισμού (Α) και κατ' επέκταση η αλγοριθμική του λειτουργικότητα, κάνοντας χρήση των συντεταγμένων που αποδίδει μια επιλεγμένη βάση σε κάθε διάνυσμα του χώρου. Τότε είναι δυνατόν ο οποιοσδήποτε γραμμικός μετασχηματισμός να αναπαρασταθεί ως μια ορθογώνια διάταξη αριθμών[43] (**μήτρα** ή

42 Συνηθίζεται η χρήση κεφαλαίων γραμμάτων για τον συμβολισμό γραμμικών μετασχηματισμών ή αλλιώς γραμμικών τελεστών.

43 Η ανωτέρω περιγραφή των γραμμικών τελεστών είναι εύχρηστη για δ.χ. πεπερασμένης διάστασης.

πίνακας) και η αποδιδόμενη δράση του ως ένας αλγοριθμικός πολλαπλασιασμός μεταξύ των συντεταγμένων ενός διανύσματος και της μήτρας του με τελικό προϊόν τις νέες συντεταγμένες. Θα πρέπει να σημειωθεί ωστόσο, ότι η βάση ενός δ.χ. καθορίζει και τη μορφή της μήτρας ενός γραμμικού τελεστή, όπερ σημαίνει ότι η αλλαγή βάσης ενός δ.χ. επιφέρει αλλαγή και στη μορφή της μήτρας που περιγράφει τον γραμμικό τελεστή.

Έχοντας κάνει πιο σαφή την αναπαράσταση ενός γραμμικού τελεστή, το ενδιαφέρον προσανατολίζεται σε εκείνα τα διανύσματα του χώρου στα οποία η δράση του τελεστή έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της αρχικής διεύθυνσης του διανύσματος. Ο μόνος μετασχηματισμός που επιτελείται σε αυτά τα διανύσματα είναι ο πολλαπλασιασμός ενός χαρακτηριστικού αριθμού για τον τελεστή με το ιδιάζων διάνυσμα, παράγωντας ως τελικό αποτέλεσμα τη διατήρηση της αρχικής διεύθυνσης του διανύσματος και την πιθανή αλλοίωση του μήκους του αρχικού διανύσματος και της φοράς του σύμφωνα με την αξία αυτού του χαρακτηριστικού αριθμού. Τα διανύσματα που παρουσιάζουν τη συγκεκριμένη συμπεριφορά με τον υπό εξέταση τελεστή, καλούνται **ιδιοδιανύσματα** του τελεστή και οι χαρακτηριστικοί αριθμοί που εμφανίζονται ως προϊόν της δράσης του πάνω σε αυτά τα ιδιοδιανύσματα, καλούνται **ιδιοτιμές του** τελεστή. Η εύρεση των ιδιοδιανυσμάτων κάποιου τελεστή Α ισοδυναμεί με την επίλυση της εξίσωσης $A\vec{x}=\lambda\vec{x}$ όπου λ είναι αριθμός πραγματικός ή μιγαδικός ανάλογα με την κατασκευή του διανυσματικού χώρου, και αντιπροσωπεύει τις ιδιοτιμές του τελεστή.

Η δράση δύο διαδοχικών τελεστών Α και Β επί ενός διανύσματος του χώρου, μπορεί να περιγραφεί μέσω του μαθηματικού φορμαλισμού, ως το γινόμενο $(B*A)*\vec{x}=B*(A*\vec{x})$. Δηλαδή ως το γινόμενο των μητρών (πινάκων) που περιγράφουν τους τελεστές σύμφωνα με τον αλγόριθμο πολλαπλασιασμού αυτών των αντικειμένων το οποίο με τη σειρά του αν πολλαπλασιαστεί με την αρχική πλειάδα συντεταγμένων του διανύσματος μέσω κατάλληλου πολλαπλασιαστικού αλγορίθμου, θα παράσχει την τελική πλειάδα συντεταγμένων του μετασχηματισμένου πια διανύσματος. Ένα ενδιαφέρον ερώτημα που προκύπτει από τη χρήση γραμμικών τελεστών σε έναν διανυσματικό χώρο είναι αν η σειρά διαδοχής με την οποία δρουν δύο γραμμικοί τελεστές, σε ένα τυχαίο διάνυσμα του χώρου, έχει σημασία για το ποιό τελικό διάνυσμα θα προκύψει. Αποδεικνύεται ότι δεν ισχύει πάντα B*A = A*B. Ως αποτέλεσμα, η σειρά με την οποία δρουν δύο τελεστές πάνω σε ένα διάνυσμα, κάποιες φορές διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο ποιό θα είναι το τελικό αποτέλεσμα. Για να κατανοηθεί πως είναι δυνατόν να συμβαίνει αυτό, ας αρκεστούμε σε δύο παραδείγματα χρήσης τελεστών. Ας περιοριστούμε σε έναν ευκλείδειο διανυσματικό χώρο δύο διαστάσεων, κοινώς το επίπεδο, όπου έχουμε ήδη καθορίσει μια ορθοκανονική βάση ως σύστημα αναφοράς. Ως τελεστές μπορούμε να

Ωστόσο, στην πραγματικότητα οι συνεχείς μήτρες μπορούν να αναπαραστήσουν όλων των ειδών τους γραμμικούς τελεστές αρκεί να κάνουμε χρήση και κατάλληλων γενικευμένων συναρτήσεων, αλλά για τους σκοπούς ενός εισαγωγικού κειμένου στις αρχές της κβαντομηχανικής η παρουσίαση αυτών των συνεχών μητρών είναι υπερβολικά τεχνική και αποπροσανατολίζει από τους σκοπούς του παρόντος κειμένου.

θεωρήσουμε έναν μετασχηματισμό P_{+90° που προκαλεί στροφή ως προς την αρχή των αξόνων κατά μια συγκεκριμένη γωνία έστω 90° δεξιόστροφα (π/2 rad), έναν μετασχηματισμό P_{-30° που προκαλεί στροφή 30° αριστερόστροφα (π/6 rad), αλλά και τον μετασχηματισμό P_χ που προβάλλει ένα διάνυσμα πάνω σε έναν άξονα-ευθεία π.χ. τον οριζόντιο άξονα χχ', ως αποτέλεσμα το διάνυσμα να υποστεί συστολή στο μήκος του και να κείτεται τελικά πάνω στην διεύθυνση του άξονα χχ'. Αν σε ένα τυχαίο διάνυσμα του χώρου, δράσουμε πρώτα με τον P_{+90° και μετά με τον P_{-30°, το διάνυσμα που θα προκύψει θα είναι το ίδιο με το αν είχαμε δράσει στο αρχικό διάνυσμα πρώτα με τον τελεστή P_{-30° και μετά με τον P_{+90°. Στην περίπτωση αυτή λοιπόν λέμε ότι οι τελεστές P_{+90° και P_{-30° αντιμετατίθενται ή κατά μαθηματικό τρόπο ότι $P_{+90^\circ}*P_{-30^\circ}=P_{-30^\circ}*P_{+90^\circ}$. Αν όμως στο τυχαίο διάνυσμα του χώρου είχε δράσει πρώτα ο τελεστής P_{-30° και μετά ο τελεστής P_χ θα προέκυπτε ένα σαφώς διαφορετικό διάνυσμα από το αν είχαμε δράσει πρώτα με τον τελεστή P_χ και κατόπιν με τον τελεστή P_{-30°. Συνεπώς εδώ είναι προφανές ότι ισχύει $P_\chi*P_{-30^\circ}\neq P_{-30^\circ}*P_\chi$. Μάλιστα στην περίπτωση του τελεστή P_χ μπορούμε να προβούμε στην ακόλουθη πρόσθετη διαπίστωση σε σχέση με τα παραπάνω. Κάθε διάνυσμα που κείτεται στον άξονα χχ', παραμένει αναλλοίωτο από τη δράση του τελεστή P_χ μιας και δεν έχει νόημα η προβολή ενός διανύσματος σε μια ευθεία αν κείτεται ήδη σε αυτήν την ευθεία, συνεπώς όλα τα διανύσματα του άξονα χχ' αποτελούν ιδιοδιανύσματα του τελεστή P_χ και μάλιστα με ιδιοτιμή 1 μιας και κάθε διάνυσμα του χχ' διατηρεί εκτός από την διεύθυνση του και την φορά του και το μήκος του.

Επειδή η μη αντιμεταθετικότητα των γραμμικών τελεστών θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη θεμελίωση της κβαντικής μηχανικής, για τον σκοπό αυτόν θα εισαγάγουμε την έννοια του μεταθέτη μέσω του ορισμού:

$$[A,B]\underset{\text{ορ}}{=}AB-BA$$

οπότε ο μηδενισμός ή μη του μεταθέτη καθορίζει αν οι τελεστές αντιμετατίθενται ή όχι. Οι βασικές ιδιότητες του μεταθέτη είναι οι εξής:

1. $[A,B]=-[B,A]$
2. $[A,B+C]=[A,B]+[A,C]$
3. $[A,BC]=[A,B]C+B[A,C]$

με τη βοήθεια των οποίων μπορούν μεταθέτες σύνθετων τελεστών να αναχθούν σε μεταθέτες βασικών τελεστών. Μπορεί η μη αντιμεταθετικότητα μαθηματικών αντικειμένων να φαντάζει ξένη ως προς τον κόσμο των καθημερινών φαινομένων, ωστόσο μπορούμε να σκεφτούμε καταστάσεις στις οποίες το αποτέλεσμα πράγματι εξαρτάται από τη σειρά με την οποία εκτελούνται δύο λειτουργίες. Ένα τολμηρό

παράδειγμα θα ήταν να θεωρήσουμε την περίπτωση στην οποία τραβάμε πρώτα τη σκανδάλη ενός γεμάτου όπλου και έπειτα σημαδεύουμε το κεφάλι μας αντί να κάνουμε τις πράξεις με την αντίθετη σειρά.

Η κατασκευή όμως διανυσματικών χώρων σύμφωνα με τους δύο στοιχειώδεις κανόνες που προαναφέραμε, δεν εξαντλείται με την χρήση αποκλειστικά «πραγματικών» συντελεστών λ. Η δυνατότητα να εμπλουτίσουμε την ανωτέρω κατασκευή με εναλλακτικά σύνολα αριθμών (σώματα), καθιστά πιο διευρυμένο το πεδίο εφαρμογής τους. Ένα από τα πιο «χρήσιμα» αριθμητικά συστήματα είναι το σύνολο των μιγαδικών αριθμών, το οποίο και θα περιγράψουμε συνοπτικά ακολούθως.

Η εκτεταμένη χρήση του αριθμητικού συστήματος των μιγαδικών οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν την ιδιότητα να «επιταχύνουν» την διαδικασία αλγεβρικής επίλυσης διαφόρων προβλημάτων. Το κυριότερο όμως όφελος βρίσκεται στο γεγονός ότι η λογική τους μπορεί να εκφράσει «σχέσεις» τις οποίες αδυνατεί να περιγράψει το συμβατικό αριθμητικό σύστημα των πραγματικών αριθμών. Ο καλύτερος τρόπος για να αντιληφθούμε εννοιολογικά την διαφορετικότητα του αριθμητικού συστήματος των μιγαδικών έναντι των πραγματικών είναι η οπτική αναπαράσταση των μοντέλων τους:

Αλγεβρικές αναπαραστάσεις $Z=x+yi$ **ή** $Z=re^{i\theta}$

Συζυγής $\bar{Z}=x-yi$

Μέτρο Μιγαδικού $|z|=\sqrt{(x^2+y^2)}=r$

$Z*\bar{Z}=(x+yi)*(x-yi)=x^2-xyi+yix-y^2i^2$

$=x^2-y^2*(-1)=x^2+y^2=r^2$

(**Μιγαδικοί αριθμοί** - $\mathbb{C}$)

Ένας μιγαδικός αριθμός μπορεί να ειδωθεί ως σημείο του επιπέδου (εικόνα του μιγαδικού), ως διάνυσμα με αρχή την αρχή των ορθογώνιων αξόνων και πέρας την εικόνα του μιγαδικού ή ως μια αλγεβρική ποσότητα της μορφής **Z=Re(Z)+Im(Z)i** (ή **z=x+yi** όπου οι αριθμοί x και y συμβολίζουν το πραγματικό και το φανταστικό μέρος αντίστοιχα του μιγαδικού). Η «εξωπραγματική» αλγεβρική ιδιότητα του συμβόλου i , $i^2=-1$, δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό «φανταστικό» για την μια συντεταγμένη του. Ένα πρώτο σημείο διαφοροποίησης αποτελεί η απουσία διάταξης στον χώρο των μιγαδικών, σε αντίθεση με τον χώρο των πραγματικών αριθμών. Η ύπαρξη κατάλληλων συμμετριών, όπως η **συζυγία**, συνεισφέρει στην δημιουργία διαδικασιών «εξόδου» από το αριθμητικό σύστημα των μιγαδικών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την συμμετρία της συζυγίας, ο τυχαίος μιγαδικός Z μετασχηματίζεται στον είδωλο-μιγαδικό του $\bar{Z}$ ως προς τον οριζόντιο άξονα των πραγματικών αριθμών[44]. Η σημαντικότητα αυτής της συμμετρίας έγκειται στο γεγονός ότι το γινόμενο ενός μιγαδικού με τον συζυγή του είναι ένας πραγματικός αριθμός. Ο συγκεκριμένος αριθμός συνδέεται άμεσα με το «μέγεθος» ενός μιγαδικού, το μέτρο του. Ως **μέτρο**

44 Στην βιβλιογραφία, συνηθίζεται και η χρήση του συμβόλου Z^* .

ενός μιγαδικού ορίζουμε την απόσταση της εικόνας του μιγαδικού από την αρχή των αξόνων. Συμβολίζεται ως $|z|$ και υπολογίζεται με την βοήθεια των συντεταγμένων του εύκολα ως $r=|z|=\sqrt{(x^2+y^2)}$ ή κάνοντας χρήση του τύπου $|z|^2=\bar{z}*z$. Επί αυτών των αριθμών ορίζονται οι 4 συνήθεις πράξεις κάνοντας χρήση της αλγεβρικής μορφής τους, η γεωμετρικότητα των οποίων αναδεικνύεται μέσω της διανυσματικής μορφής τους.

Ωστόσο υπάρχει μια επιπλέον αλγεβρική μορφή που αναδεικνύει με πιο σαφή τρόπο την αξία του να διεκπεραιώνει κάποιος πράξεις με μιγαδικούς αριθμούς έναντι των πραγματικών. Αυτή είναι η πολική του μορφή $\mathbf{Z=r\sigma\upsilon\nu(\theta)+r\eta\mu(\theta)i}$, ταυτοποιώντας τον μιγαδικό μέσω της γωνίας θ που σχηματίζει η διανυσματική ακτίνα του με τον θετικό πραγματικό ημιάξονα και το μέτρο του. Η συγκεκριμένη μορφή μετασχηματίζεται στην ακόμα πιο λιτή αλγεβρική περιγραφή $\mathbf{Z=re^{i\theta}}$ [45]. Εκφράζοντας έτσι τον μιγαδικό αριθμό συναρτήσει της γωνίας θ (φάση) γίνεται έκδηλη η απουσία «απλής» σχέσης μεταξύ των μέτρων των προσθετέων και του μέτρου του αθροίσματος τους όπως στην περίπτωση των πραγματικών αριθμών. Οι γωνίες τους είναι σημαντικές για το αποτέλεσμα του αθροίσματος ή της διαφοράς δύο μιγαδικών. Και αυτό είναι ένα φορμαλιστικό χαρακτηριστικό που μπορεί να περιγράψει το φαινόμενο της κυματικής συμβολής που παρατηρείται στα κβαντικά φαινόμενα. Έχοντας κατά νου το ανωτέρω εννοιολογικό υπόβαθρο, μπορούμε πλέον να περιγράψουμε έναν ιδιαίτερο διανυσματικό χώρο, τον χώρο Hilbert, ο οποίος αποτελεί τον μαθηματικό χώρο αναπαράστασης των καταστάσεων ενός τυχόντος κβαντικού συστήματος.

Αφού μελετήσαμε τη γενική δομή διανυσματικών χώρων πεπερασμένης διάστασης $\mathbb{R}^n$, είναι φυσικό να μεταφερθούμε στον $\mathbb{R}^\infty$, που περιέχει όλα τα διανύσματα $\upsilon=(\upsilon_1,\upsilon_2,\upsilon_3,...)$ που έχουν μια άπειρη ακολουθία συνιστωσών. Ο χώρος αυτός, όταν δεν υπάρχει έλεγχος των συνιστωσών υ_j , είναι πολύ μεγάλος ώστε να δειχθεί χρήσιμος. Μια καλή ιδέα είναι να διατηρήσουμε τον γνωστό ορισμό του μήκους, ως την τετραγωνική ρίζα του Πυθαγόρειου αθροίσματος των τετραγώνων των συνιστωσών, και να θεωρήσουμε μόνον εκείνα τα διανύσματα που έχουν πεπερασμένος μήκος. Η άπειρη σειρά $\|\upsilon\|^2=\upsilon_1^2+\upsilon_2^2+\upsilon_3^2+...$ πρέπει να συγκλίνει σ'ένα πεπερασμένο άθροισμα. (Όσο περίεργο και αν φαίνεται αποδεικνύεται μαθηματικά ότι ορισμένα αθροίσματα άπειρων όρων καταλήγουν να είναι πεπερασμένα). Μ' αυτόν τον περιορισμό απομένει ακόμη ένα απειροδιάστατο σύνολο διανυσμάτων που συμπεριλαμβάνει το διάνυσμα (1,1/2,1/3,...) αλλά αποκλείει το (1,1,1,...). Τα διανύσματα με πεπερασμένο μήκος, μπορούν να προστεθούν μεταξύ τους και να πολλαπλασιασθούν με αριθμούς, άρα αποτελούν διανυσματικό χώρο. Αυτός είναι ο περίφημος χώρος Hilbert. Ο χώρος Hilbert επιτρέπει την απειρία των διαστάσεων αυτού του αφηρημένου μαθηματικού χώρου και ταυτοχρόνως τη διατήρηση της

45 Η αλγεβρική ταυτοποίηση αυτών των δύο εκφράσεων οφείλεται στην περίφημη εξίσωση του Euler $e^{i\theta}=\sigma\upsilon\nu\theta+i\eta\mu\theta$, προϊόν συσχετισμού είτε των δυναμοσειρών των συναρτήσεων e^x , ημθ, συνθ είτε των λύσεων της διαφορικής εξίσωσης $\frac{d^2y}{dx^2}+y=0$.

γεωμετρίας του συνηθισμένου Ευκλείδειου χώρου. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η κατασκευή του χώρου Hilbert προϋποθέτει την ύπαρξη ενός εσωτερικού γινομένου μέσω του οποίου ορίζεται το μήκος αυτών των διανυσμάτων.

Ο χώρος αυτός έχει και μία άλλη αξιοσημείωτη ιδιότητα: Τον συναντάμε υπό ποικίλες μεταμφιέσεις. Τα «διανύσματα» του μπορεί να είναι **συναρτήσεις**. Μπορούμε μια τυχαία συνεχή συνάρτηση f ορισμένη σε ένα διάστημα να τη θεωρήσουμε ως ένα διάνυσμα που διαθέτει ολόκληρο συνεχές από συνιστώσες, τις τιμές της συνάρτησης κατά μήκος του διαστήματος στο οποίο είναι ορισμένη. Είναι αδύνατον πλέον να εφαρμόσουμε τον συνηθισμένο κανόνα πρόσθεσης των τετραγώνων των συνιστωσών ώστε να προσδιορίσουμε το μήκος ενός τέτοιου διανύσματος. Το άθροισμα αυτό αντικαθίσταται, κατά φυσιολογικό και αναπόφευκτο τρόπο, από την ολοκλήρωση. Αφού επί της ουσίας είναι και αυτή άθροισμα άπειρων όρων αλλά υπό προϋποθέσεις. Παρά όμως την γενικά απειροδιάστατη κατασκευή του χώρου Hilbert, ένας χώρος Hilbert μπορεί να έχει και πεπερασμένη διάσταση, απλώς η κατασκευή του επιτρέπει σε κάθε περίπτωση – πεπερασμένη ή απειροδιάστατη - μόνο την ύπαρξη διανυσμάτων πεπερασμένου μήκους.

Θα χρειαστούμε ωστόσο στη συνέχεια μια πιο εμπλουτισμένη εκδοχή του χώρου Hilbert. Θα επιτρέψουμε οι συνιστώσες των διανυσμάτων αυτού του γενικά απειροδιάστατου χώρου να είναι μιγαδικοί αριθμοί, οπότε μιλούμε για τον χώρο $\mathbb{C}^{\infty}$. Θα χρειαστεί επιπλέον να τον εφοδιάσουμε με ένα εσωτερικό γινόμενο διανυσμάτων κατάλληλο όμως για διανύσματα με την ιδιομορφία των μιγαδικών αριθμών ως συντεταγμένων τους. Έτσι αν τα $X=(\chi_1,\dots,\chi_N)$ και $Y=(y_1,\dots,y_N)$ είναι διανύσματα με μιγαδικές συντεταγμένες, το εσωτερικό τους γινόμενο ορίζεται ως εξής:

$$(X,Y)=\sum_i \bar{x}_i y_i$$

δηλαδή το άθροισμα των γινομένων των συζυγών συντεταγμένων του πρώτου διανύσματος επί τις αντίστοιχες συντεταγμένες του δεύτερου. Η συγκεκριμένη μιγαδική ποσότητα πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Θετικότητα υπό την έννοια: $\sum_i \bar{y}_i y_i > 0$, $\forall\ Y=(y_1,\dots,y_N)\neq\vec{0}$
- Γραμμικότητα: $(X,\alpha Y+\beta Z)=\alpha(X,Y)+\beta(X,Z)$, $\forall\ \alpha,\beta\ \in\mathbb{C}$
- Συμμετρία: $(X,Y)=(Y,X)^*$

Με τη βοήθεια λοιπόν του εσωτερικού γινομένου μπορούμε να ορίσουμε ως μήκος ή μέτρο (norm) ενός διανύσματος ψ, την έκφραση

$$\|\psi\|=(\psi,\psi)^{1/2}$$

Έχοντας ολοκληρώσει την παρουσίαση όλων των απαιτούμενων φορμαλιστικών στοιχείων για την κατανόηση των βασικών αξιωμάτων της κβαντικής μηχανικής, θα προχωρήσουμε στην αναλυτική περιγραφή καθενός από αυτά.

2.5 Καταστάσεις (States) (Αξίωμα 1)

Με τον τεχνικό όρο «**Κατάσταση**» ενός φυσικού συστήματος σε μια δεδομένη στιγμή αναφερόμαστε στο σύνολο εκείνων των πειραματικά ελέγξιμων πληροφοριών σχετικές με τις ιδιότητες του συστήματος που μεταβάλλονται με τον χρόνο. Η χρήση του όρου «φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων» είναι αρκετά πιο διευκρινιστική και παρέχει μια αίσθηση ρεαλισμού έναντι της αίσθησης που δημιουργεί η χρήση ενός φορμαλισμού που υιοθετεί εκ πρώτης όψεως αφηρημένα συστήματα αριθμών.

Ένα κβαντικό σύστημα του οποίου η κατάσταση παρέχει τη μέγιστη δυνατή πληροφορία για αυτό, λέγεται τότε ότι βρίσκεται σε μια **καθαρή κατάσταση** (pure state). Επικρατεί όμως η άποψη ότι ο όρος «καθαρή κατάσταση» είναι συνώνυμος με τον όρο «καθαρή κβαντική συλλογή», δηλαδή μιας **συλλογής** κβαντικών συστημάτων που όλα περιγράφονται από την ίδια κβαντική κατάσταση. Άλλωστε η έννοια της συλλογής (enseble) είναι συστατικό στοιχείο της συνήθους στατιστικής ερμηνείας της κβαντομηχανικής. Όμως στην πράξη οι συλλογές που τίθενται στη διάθεσή μας δεν είναι πάντα καθαρές. Συντίθενται από επιμέρους συλλογές που καθεμιά τους αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη κβαντική κατάσταση διαφορετική από τις άλλες. Ένα τέτοιο στατιστικό μίγμα, μια τέτοια **μικτή συλλογή** (mixed state), θα είναι πλήρως γνωστή αν έχουν δοθεί τα ποσοστά συμμετοχής των επιμέρους καθαρών συλλογών σε αυτήν, ωστόσο παρέχει μερική (ή και καθόλου[46]) πληροφορία για το σύστημα. Βάση των ανωτέρω μπορούμε να διατυπώσουμε το πρώτο αξίωμα του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής.

Αξίωμα 1:

«Η καθαρή κατάσταση ενός κβαντικού συστήματος αναπαρίσταται από ένα διάνυσμα μοναδιαίου μήκους σε έναν χώρο Hilbert.»

Για συγκεκριμένους σκοπούς δεν χρειάζεται να προσδιορίσουμε όλες τις συντεταγμένες αυτού του διανύσματος. Είναι δυνατόν, ένα συγκεκριμένο πρόβλημα να αφορά μόνο ένα μέρος του συνολικού χώρου Hilbert. Τότε ο χώρος Hilbert που αφορά το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ένας υπόχωρος[47] του συνολικού χώρου Hilbert (Schumacher and Westmoreland 2010, σ. 48,49). Για παράδειγμα, εάν ενδιαφερόμαστε μόνο για το σπιν ενός ηλεκτρονίου, χρειαζόμαστε να επικεντρωθούμε μόνο σε δύο συντεταγμένες, ενώ αν ενδιαφερόμαστε για φυσικά μεγέθη (observable) που εξαρτώνται μόνο από τη θέση και την ορμή μπορούμε να παραβλέψουμε τις συντεταγμένες που αναφέρονται στο σπιν. Γι' αυτό σε ορισμένα παραδείγματα (σχετικά με το σπιν) θα χρησιμοποιήσουμε ζεύγη μιγαδικών αριθμών για να αναπαραστήσουμε την κατάσταση ενός ηλεκτρονίου, ενώ σε άλλα

46 Στην περίπτωση που όλα τα ποσοστά συμμετοχής ισούνται με 1/N.

47 Ένας υπόχωρος είναι ένα υποσύνολο του συνολικού διανυσματικού χώρου, το οποίο είναι επίσης ένας καθαυτός διανυσματικός χώρος. Κάθε γραμμικός συνδυασμός διανυσμάτων του υποχώρου είναι επίσης διάνυσμα του υποχώρου.

παραδείγματα θα αναπαραστήσουμε την κατάσταση μέσω μιας συνάρτησης που όπως έχουμε δει είναι στοιχείο ενός διανυσματικού χώρου άπειρης διάστασης (Hughes 1997, σ. 63). Ένα ηλεκτρόνιο έχει ταυτόχρονα κατάσταση που περιγράφει το σπιν του και κατάσταση που περιγράφει τη θέση του. Όταν αυτές οι καταστάσεις είναι καθαρές, κάθε μία από αυτές μπορεί να περιγραφεί με ένα διάνυσμα, το καταστατικό διάνυσμα του σπιν εμπεριέχεται σε ένα διδιάστατο χώρο Hilbert και το καταστατικό διάνυσμα της θέσης εμπεριέχεται επί ενός απειροδιάστατου χώρου. Και τα δύο διανύσματα θα πρέπει να κανονικοποιηθούν, δηλαδή να αποκτήσουν μοναδιαίο μήκος, προκειμένου να αποκτήσουν άμεση ερμηνεία ως πιθανοκρατικά μέτρα όπως θα δούμε εν συνεχεία. Επειδή η κατάσταση του σπιν και η κατάσταση της θέσης είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, και σχεδόν οτιδήποτε αναφέρεται εφαρμόζεται εξίσου και στις δύο, θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο κατάσταση για να αναφερθούμε σε μία από αυτές. Ονομάζουμε τον χώρο Hilbert στον οποίο οποιαδήποτε κατάσταση είναι αναπαραστάσιμη, **καταστατικό χώρο** του συστήματος.

Συνεπώς ένας χώρος Hilbert του οποίου γίνεται χρήση στην κβαντομηχανική για την αναπαράσταση της κατάστασης του φυσικού συστήματος θα μπορούσε να είναι και απειροδιάστατος. Επιπλέον δύο διαφορετικά διανύσματα θα μπορούσαν να αναφέρονται στην ίδια κατάσταση, αν και τα δύο κείτονται στην ίδια ακτίνα (αν δηλαδή υπάρχει μιγαδικός κ τέτοιος ώστε χ=κψ). Πράγματι, είναι κάπως πιο ακριβές να θεωρούμε μια ακτίνα ως αναπαράσταση μιας καθαρής κατάστασης, αλλά μερικές φορές η διαχείριση του φορμαλισμού απαιτεί τη χρήση ενός αντιπροσωπευτικού διανύσματος από αυτήν την ακτίνα (ray), και έτσι δεχόμαστε το συγκεκριμένο διάνυσμα να προσδιορίζει την κατάσταση. Και ως εκ τούτου, θεωρούμε ότι το διάνυσμα είναι κανονικοποιημένο.

Με τη χρήση της γεωμετρικής γλώσσας που είναι σύμφυτη με την έννοια του διανυσματικού χώρου ο κβαντομηχανικός φορμαλισμός αποκτά μαθηματική διαύγεια. Ήρθε λοιπόν η στιγμή να περιγράψουμε στοιχειωδώς τον φορμαλισμό αυτής της μαθηματικής περιγραφής των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων, τον οποίο οφείλουμε στον Dirac (Dirac 1930) και ο οποίος επινοήθηκε ακριβώς για να αναδείξει τον αφηρημένο μαθηματικό χαρακτήρα της θεωρίας – τη δομή του διανυσματικού χώρου.

Το διάνυσμα που περιγράφει μια φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση ψ, δηλώνεται με το σύμβολο $|\psi\rangle$ **(ket)**. Έτσι, ό,τι πληροφορία είναι γνωστή για ένα φυσικό σύστημα, εμπεριέχεται σε ένα ket. Για παράδειγμα, το σύμβολο $|p\rangle$ εκφράζει το γεγονός ότι ένα σωματίδιο έχει ορμή p. Ή ακόμα πιο συγκεκριμένα: το σύμβολο $|p=5\rangle$ εκφράζει ότι το σωματίδιο έχει ορμή ίση με 5, το σύμβολο $|\chi=3.4\rangle$ εκφράζει ότι το σωματίδιο βρίσκεται στη θέση 3,4 ως προς έναν άξονα προσανατολισμού ονόματι «χ», κ.ο.κ. Το ket θα μπορούσε να ερμηνευθεί και ως η αρχική κατάσταση σε μια μετάβαση ή ένα συμβάν. Το σύμβολο $\langle\,|$ **(bra)**[4] αντιπροσωπεύει την τελική κατάσταση ή την γλώσσα στην οποία επιθυμείς να εκφράσεις το περιεχόμενο ενός

4 Οι ονομασίες προέρχονται από τα δύο μισά της αγγλικής λέξης bracket (παρένθεση) που δήλωνε το εσωτερικό γινόμενο στον παλαιότερο συμβολισμό.

(ket) $|\ \rangle$. Η πληροφορία που μπορεί να εξαχθεί από την έκφραση της αρχικής κατάστασης-διάνυσμα $|\psi\rangle$ με όρους της τελικής κατάστασης -διάνυσμα $|\varphi\rangle$, θα αποκτηθεί μέσω της χρήσης του εσωτερικού γινομένου των διανυσμάτων $|\varphi\rangle * |\psi\rangle$. Ωστόσο επειδή το διάνυσμα $|\varphi\rangle$ θα αποτελέσει την κατάσταση ως προς την οποία θα εκφράσουμε το περιεχόμενο της $|\psi\rangle$, θα την αναπαραστήσουμε μέσω μιας ισομορφικής έκφρασης $\langle\varphi|$. Έτσι λοιπόν το **εσωτερικό γινόμενο** $|\varphi\rangle * |\psi\rangle$ θα αναπαρασταθεί με τον συμβολισμό $\langle\varphi|\psi\rangle$. Αν και προς το παρόν δεν κατανοούμε τι είδους πληροφορία θα μπορούσε να παρέχει ένα τέτοιο εσωτερικό γινόμενο, η αλγεβρική σχέση ενός «ket» μιας κατάστασης ψ και του «bra» της ίδιας κατάστασης ψ είναι άμεση. Ας μην λησμονούμε ότι βρισκόμαστε πλέον σε έναν διανυσματικό χώρο με διανύσματα που περιγράφονται μέσω μιγαδικών συντεταγμένων ως προς κάποια βάση. Υπό αυτήν την οπτική μπορεί να λεχθεί ότι το διάνυσμα $\langle\varphi|$ περιέχει ως συντεταγμένες τους συζυγείς μιγαδικούς των συντεταγμένων του διανύσματος $|\varphi\rangle$. Στη βιβλιογραφία αυτό αναπαρίσταται συνήθως ως $(|\varphi\rangle)^{\dagger} = \langle\varphi|$ και έχει επιπλέον τη μορφή μιας πλειάδας-γραμμής σε αντίθεση με το ket που έχει τη μορφή μιας πλειάδας-στήλης. Έτσι για τον γενικά απειροδιάστατο χώρο των καταστάσεων ενός κβαντικού συστήματος, δηλαδή το σύνολο όλων των διανυσμάτων ket, υπάρχει και ένας ισόμορφος χώρος που αποτελείται από τα αντίστοιχα διανύσματα bra.

Η κατασκευή όμως του μιγαδικού διανυσματικού χώρου Hilbert ως τον χώρο στον οποίο αναπαριστούμε φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις με την μορφή διανυσμάτων ket, έχει ως συνέπεια να θεωρήσουμε ως φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση και οποιονδήποτε μιγαδικό γραμμικό συνδυασμό ket. Αυτό εκ πρώτης όψεως φαντάζει εξωπραγματικό. Αρκεί να αναλογιστούμε τις προηγούμενες πειραματικές διατάξεις. Στο πείραμα Stern-Gerlach κατά τον κατακόρυφο άξονα z οι δυνατές φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις για την δέσμη ηλεκτρονίων είναι δύο. Ένα καταστατικό διάνυσμα του χώρου Hilbert θα αναπαριστά την κατάσταση κατά την οποία η δέσμη αποκλίνει προς τα πάνω $|Z+\rangle$ και ένα άλλο καταστατικό διάνυσμα θα αναπαριστά την κατάσταση κατά την οποία αποκλίνει προς τα κάτω $|Z-\rangle$. Όμως η δομή του διανυσματικού χώρου, επιβάλλει την ύπαρξη φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων που αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των προηγούμενων φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων. Ως εκ τούτου, και η κατάσταση $w * |Z+\rangle + z * |Z-\rangle$ όπου οι w, z είναι μιγαδικοί αριθμοί θα αποτελεί φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση. Πώς γίνεται ένα τέτοιο συμπέρασμα να έχει οποιοδήποτε φυσικό περιεχόμενο;

Το ίδιο θα μπορούσαμε να αποφανθούμε στην περίπτωση του πειράματος των δύο σχισμών. Εκεί όταν και οι δύο σχισμές είναι ανοικτές, πάλι οι δυνατές φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις είναι δύο. Ένα καταστατικό διάνυσμα του χώρου Hilbert θα περιγράφει την κατάσταση κατά την οποία το ηλεκτρόνιο διέρχεται από τη σχισμή 1 - $|\text{σχισμή}\,1\rangle$ - και ένα άλλο θα περιγράφει την κατάσταση κατά την οποία το ηλεκτρόνιο διέρχεται από τη σχισμή 2 - $|\text{σχισμή}\,2\rangle$. Η δομή όμως του διανυσματικού χώρου Hilbert επιβάλλει ως φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση και

οποιονδήποτε γραμμικό συνδυασμό αυτών, δηλαδή $m*|\text{σχισμή}1\rangle + n*|\text{σχισμή}2\rangle$ όπου m, n μιγαδικοί αριθμοί. Ο ίδιος προβληματισμός ισχύει και εδώ. Πώς γίνεται ένα τέτοιο συμπέρασμα να έχει οποιοδήποτε φυσικό περιεχόμενο; Οι ανωτέρω συλλογισμοί, λοιπόν, αναδεικνύουν την ύπαρξη των λεγόμενων **καταστάσεων επαλληλίας** (ή **καταστάσεων υπέρθεσης**) και θα εξηγήσουμε στη συνέχεια πώς τέτοιες καταστάσεις προκύπτουν εντελώς φυσικά μέσω του πειράματος των δύο σχισμών.

Μέχρι τώρα η περιγραφή των καταστατικών διανυσμάτων αφορούσε ένα σωματίδιο ή ένα σύνολο σωματιδίων που είχαν ακριβώς την ίδια κατάσταση (καθαρή συλλογή – pure state). Στην περίπτωση όμως μιας μικτής συλλογής κβαντικών συστημάτων, δεν υπάρχει αναπαράσταση ως καταστατικού διανύσματος σε έναν χώρο Hilbert. Καθώς όμως εμπλουτίζουμε τα αξιώματα της κβαντικής μηχανικής, θα διαπιστώσουμε φορμαλιστικούς τρόπους για την περιγραφή καταστάσεων κβαντικών συστημάτων διαφορετικών από τις καθαρές καταστάσεις που περιγράψαμε παραπάνω. Θα διαπιστώσουμε επίσης να αναδύονται ενδιαφέροντες συνδυασμοί καταστάσεων που εμπεριέχουν αρχές πέρα από την κλασική αντίληψη.

2.6 Παρατηρήσιμες ποσότητες ή φυσικά μεγέθη (Αξίωμα 2)

Κάθε παρατηρήσιμη φυσική ποσότητα (**observable**), σε σχέση με το κβαντικό σύστημα, που μπορεί να μετρηθεί, όπως η θέση, η ταχύτητα, η ενέργεια, το σπιν, κ.τ.λ. αναπαρίσταται από έναν **γραμμικό αυτοσυζυγή τελεστή (Ερμιτιανό)** που δρα επί του χώρου Hilbert που αναπαριστά όλες τις φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις του κβαντικού συστήματος.

Μια πρώτη εικόνα ως προς τα ποια μορφή μπορεί να έχει ένας ερμιτιανός τελεστής, προκύπτει από το γεγονός ότι ένας τελεστής δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας μετασχηματισμός ο οποίος δρώντας στα διανύσματα του χώρου Hilbert τα μετασχηματίζει σε άλλα διανύσματα. Όμως κάθε διάνυσμα του χώρου προσδιορίζεται μονοσήμαντα από μια πλειάδα μιγαδικών αριθμών ως προς μια δεδομένη βάση διανυσμάτων του χώρου. Ο ερμιτιανός τελεστής θα μετασχηματίσει αυτήν την πλειάδα αριθμών σε μια νέα πλειάδα αριθμών. Συνεπώς υπάρχει ανάγκη μιας αναπαράστασης του ερμιτιανού τελεστή ως ορθογώνια διάταξη αριθμών (μήτρα ή πίνακας) η οποία με έναν κατάλληλο αλγόριθμο πολλαπλασιασμού μεταξύ αυτής και της αρχικής πλειάδας, να παράγει τη νέα πλειάδα αριθμών ως προς δεδομένη βάση και κατά συνέπεια το νέο διάνυσμα.

Η μορφή του πίνακα ενός ερμιτιανού τελεστή είναι άμεσα αναγνωρίσιμη αρκεί να γνωρίζουμε την έννοια του ανάστροφου πίνακα και του συμμετρικού πίνακα. Δεδομένου ενός πίνακα A με ίδιο πλήθος γραμμών και στηλών, ο **ανάστροφος** πίνακας A^T προκύπτει αν απλώς ανταλλάξουμε κάθε γραμμή του πίνακα με την αντίστοιχη στήλη του. **Συμμετρικός** θα είναι ο πίνακας, αν αυτή η ανταλλαγή αφήσει τον αρχικό πίνακα A αναλλοίωτο, δηλαδή $A = A^T$. Στην περίπτωση όμως που τα

αριθμητικά στοιχεία του χώρου είναι μιγαδικοί αριθμοί, χρειαζόμαστε μια επέκταση της έννοιας της συμμετρίας. Και επειδή στους μιγαδικούς αριθμούς, η πιο ισχυρή συμμετρία είναι αυτή της συζυγίας, έτσι και εδώ ορίζουμε ως ερμιτιανό πίνακα εκείνον που ισούται με τον συζυγή ανάστροφό του, όπερ σημαίνει ότι αν σε έναν πίνακα Α εφαρμόσουμε πέραν της αναστροφής των στοιχείων του και την συζυγία σε κάθε στοιχείο του και παρόλα αυτά ο πίνακας Α διατηρεί την ίδια μορφή, τότε ο πίνακας Α είναι ερμιτιανός.

παράδειγμα: $$A=\begin{bmatrix} 2 & 3-3i \\ 3+3i & 5 \end{bmatrix}=A^{\dagger}$$

Ας προσανατολιστούμε σε εκείνα τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ερμιτιανού τελεστή τα οποία θα μας βοηθήσουν να μεταβούμε από τον αφηρημένο χώρο των πινάκων και των διανυσμάτων στις ποσότητες της καθημερινές μας εμπειρίας, τους πραγματικούς αριθμούς. Όπως είχαμε ήδη αναφέρει στα περί διανυσματικών χώρων, τα διανύσματα του χώρου που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής σε σχέση με τη δράση ενός τελεστή (μετασχηματισμού) είναι αυτά που διατηρούνται αναλλοίωτα ως προς τη διεύθυνσή τους μετά το πέρας της δράσης του τελεστή. Αυτά καλούνται **ιδιοδιανύσματα (ιδιοκαταστάσεις)** και αποτελούν ένα πολύ σημαντικό σύνολο διανυσμάτων για τον χώρο. Διότι αποδεικνύεται ότι αποτελούν μια πλήρη «ορθοκανονική» βάση διανυσμάτων για τον υπό εξέταση χώρο Hilbert τού εκάστοτε κβαντικού συστήματος. Αυτό έχει ως συνέπεια κάθε διάνυσμα (φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση) του υπό εξέταση χώρου Hilbert να μπορεί να γραφεί ως μιγαδικός γραμμικός συνδυασμός των ιδιοδιανυσμάτων (φυσικές πραγματοποιήσιμες καταστάσεις) ενός ερμιτιανού τελεστή. Η «ορθογωνιότητα» αυτών των ιδιοδιανυσμάτων έχει ως αποτέλεσμα οι συντεταγμένες ενός τυχαίου διανύσματος του χώρου ως προς τη βάση των ιδιοδιανυσμάτων να υπολογίζονται με τη βοήθεια του εσωτερικού γινομένου του χώρου με όμοιο τρόπο όπως δείξαμε στην περίπτωση συνηθισμένων ευκλείδειων διανυσματικών χώρων.

Το επόμενο χρήσιμο χαρακτηριστικό ενός τελεστή είναι εκείνες οι αριθμητικές τιμές με τις οποίες πολλαπλασιάζονται τα ιδιοδιανύσματα τού τελεστή όταν δρα επ' αυτών, οι **ιδιοτιμές** του. Αν και ένας ερμιτιανός τελεστής δρα επί διανυσμάτων με μιγαδικές συντεταγμένες και επιπλέον ακόμα και η ίδια του η αναπαράσταση ως πίνακα περιέχει μιγαδικούς αριθμούς, ωστόσο οι ιδιοτιμές του είναι πραγματικές, ποσότητες της καθημερινής μας εμπειρίας. Το σύνολο των ιδιοτιμών ενός ερμιτιανού τελεστή ονομάζεται **φάσμα** και μπορεί να είναι είτε διακριτό είτε συνεχές. Τα ανωτέρω φορμαλιστικά χαρακτηριστικά είναι αρκετά για να καταστεί εφικτή η διατύπωση του δεύτερου αξιώματος του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής.

Αξίωμα 2:

«Τα παρατηρήσιμα ή φυσικά μεγέθη ενός κβαντικού συστήματος αναπαρίστανται με ερμιτιανούς τελεστές. Οι δυνατές τιμές τους είναι οι ιδιοτιμές του τελεστή.»

Όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει, ο ρόλος ενός τελεστή εντός ενός διανυσματικού χώρου είναι να μετασχηματίζει ένα διάνυσμα του χώρου σε ένα άλλο. Ωστόσο ο ρόλος ενός ερμιτιανού τελεστή που αναπαριστά ένα φυσικό μέγεθος δεν είναι απαραίτητα ο μετασχηματισμός ενός καταστατικού διανύσματος σε ένα άλλο καταστατικό διάνυσμα. Το παραχθέν διάνυσμα θα μπορούσε να μην αντιστοιχεί σε ένα διάνυσμα «καταστατικής» φύσης (Michelsen 2014, σ. 56). Τότε σε τι αποσκοπεί η δράση ενός ερμιτιανού τελεστή; Εφόσον έχουμε ήδη υπονοήσει στην ιστορική εξέλιξη της κβαντικής θεωρίας την πιθανοκρατική της φύση, είναι σημαντικό να αναφερθούμε στις βασικές στατιστικές έννοιες που χρειάζονται για την περιγραφή της. Τη **μέση τιμή** ενός φυσικού μεγέθους ως αντιπροσωπευτική ποσότητα όλων των δυνατών τιμών που μπορεί να λάβει ένα φυσικό μέγεθος και την **αβεβαιότητα** ως το μέτρο της απόκλισης των τιμών ενός φυσικού μεγέθους από την αναμενόμενη μέση τιμή (τυπική απόκλιση). Με το συμβολισμό του Dirac η έκφραση της μέσης τιμής ενός φυσικού μεγέθους δίνεται από τη σχέση $\langle A\rangle=(\psi, A\psi) \overset{\text{ορ}}{=} \langle\psi|(A|\psi\rangle)\equiv\langle\psi|A|\psi\rangle$ υποδηλώνοντας έτσι και τον ρόλο ενός τελεστή «φυσικού μεγέθους» A. Όπως είναι φανερό, η δράση ενός τέτοιου τελεστή A επί ενός καταστατικού διανύσματος $|\psi\rangle$ παράγει ένα μαθηματικό αποτέλεσμα, ήτοι ένα διάνυσμα, το οποίο είναι το μεταβατικό στάδιο για τον υπολογισμό της στατιστικής των δυνατών μετρήσεων για αυτό το φυσικό μέγεθος όταν το φυσικό σύστημα χαρακτηρίζεται από το καταστατικό διάνυσμα $|\psi\rangle$. Ωστόσο η αξία των ιδιοδιανυσμάτων ενός ερμιτιανού τελεστή θα φανεί στην διαδικασία της μέτρησης μέσα από έναν μη γραμμικό χειρισμό. Μέχρι να αναφερθούμε σε αυτόν τον χειρισμό, αξίζει να εστιάσουμε την προσοχή μας στην μη μεταθετική δράση των ερμιτιανών τελεστών.

Όπως σε κάθε διανυσματικό χώρο, έτσι και στον καταστατικό χώρο Hilbert η σειρά δράσης δύο τελεστών A, B επί μιας κατάστασης έχει σημασία. Σημαντικό ρόλο για τη μελέτη της μεταθετικότητας ερμιτιανών τελεστών έχει όπως αναφέρθηκε η έννοια του **μεταθέτη** [A,B]. Αφού τα μεγέθη θέση και ορμή είναι τα βασικά φυσικά μεγέθη, και όλα τα άλλα εκφράζονται συναρτήσει αυτών, τότε αρκεί να υπολογίσουμε τον μεταθέτη [x, p] – ας περιοριστούμε αρχικά στη μία διάσταση - και να προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε τους μεταθέτες άλλων μεγεθών που θα είναι πάντα της μορφής [A(x,p), B(x,p)] και επομένως θα μπορούν να αναχθούν στο βασικό μεταθέτη [x, p] με χρήση των ιδιοτήτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στον κβαντομηχανικό φορμαλισμό οι τελεστές της θέσης και της ορμής είναι:

$$x \qquad \text{και} \qquad p=-i\hbar\frac{d}{dx}$$

και για τους οποίους ισχύει ο μεταθέτης $[x,p]=i\hbar$ [48].

48 Μπορεί η συναρτησιακή περιγραφή των τελεστών θέσης και ορμής να αποπροσανατολίζει από την μορφή των μητρών που είχαμε ως τώρα περιγράψει, ωστόσο δεν θα πρέπει να λησμονήσουμε ότι κάθε διάνυσμα – και δη καταστατικό – του χώρου Hilbert μπορεί να θεωρηθεί και ως συνάρτηση, οι τιμές της οποίας αποτελούν τις συνιστώσες του διανύσματος.

Ειδικά ο τελεστής της ορμής πραγματώνει στην κβαντομηχανική την απλούστερη γεωμετρική πράξη που μπορεί να επιτελεσθεί σε ένα φυσικό σύστημα· τη μεταφορά του από μια θέση του χώρου σε μια άλλη. Αποτελεί λοιπόν τον γεννήτορα των μετατοπίσεων στον χώρο. Αποδεικνύεται επίσης ότι ο μεταθέτης της ορμής με ένα φυσικό μέγεθος A δίνει την απειροστή μεταβολή αυτού του μεγέθους κατά μια απειροστή μετατόπιση του φυσικού συστήματος:

$$[p,A]=-i\frac{\partial A}{\partial x}$$

Όμως τι φυσική συνέπεια έχει το γεγονός ότι ο μεταθέτης δύο τελεστών που αναπαριστούν δύο μεγέθη είναι μη μηδενικός; Η απάντηση είναι ότι τότε τα φυσικά μεγέθη είναι **ασυμβίβαστα**, δηλαδή δεν μπορούν να μετρηθούν ταυτόχρονα με απόλυτη ακρίβεια: ο ταυτόχρονος μηδενισμός των αβεβαιοτήτων τους είναι αδύνατος! Αυτό μας οδηγεί στη μελέτη του γινομένου αβεβαιότητας ΔA*ΔB και κατ' επέκταση, στη διερεύνηση αν υπόκειται σε κάποιο ελάχιστο όριο. Το αποτέλεσμα αυτής της διερεύνησης διατυπώνεται υπό μορφή θεωρήματος ως ακολούθως (Τραχανάς 2009, σελ. 123):

ΘΕΩΡΗΜΑ (Γενικευμένη αρχή αβεβαιότητας): Το γινόμενο των αβεβαιοτήτων δύο ασυμβίβαστων φυσικών μεγεθών δεν μπορεί να είναι μικρότερο από το ήμισυ της απόλυτης μέσης τιμής του μεταθέτη τους. Είναι δηλαδή

$$\Delta A*\Delta B\geq\frac{1}{2}|\langle[A,B]\rangle|$$

Από την παραπάνω έκφραση μπορούν να προκύψουν όλες οι πειραματικά επιβεβαιωμένες αρχές απροσδιοριστίας μεταξύ ασυμβίβαστων φυσικών μεγεθών. Η πιο διάσημη αρχή απροσδιοριστίας είναι αυτή των δύο ασυμβίβαστων φυσικών μεγεθών της θέσης και της ορμής. Προηγουμένως αναφερθήκαμε στον μεταθέτη τους $[x,p]=i\hbar$, ο οποίος αποδεικνύεται ότι είναι σταθερά, αρά το ίδιο και η μέση τιμή του για κάθε δυνατή κατάσταση ψ. Θα είναι λοιπόν $\langle[x,p]\rangle=\langle i\hbar\rangle=i\hbar$, συνεπώς το γινόμενο των αβεβαιοτήτων τους σύμφωνα με το παραπάνω θεώρημα θα είναι $\Delta x*\Delta p\geq\frac{\hbar}{2}$. Η ύπαρξη αυτού του σταθερού κάτω ορίου για το γινόμενο των αβεβαιοτήτων Δx και Δp έχει ως αποτέλεσμα την αντιστρόφως ανάλογη λειτουργία τους. Πράγματι η ποιητική περιγραφή «όσο στενότερη είναι η "φυλακή" ενός σωματιδίου, τόσο "ζωηρότερο" γίνεται το σωματίδιο» χαρακτηρίζει κατάλληλα την ανωτέρω αρχή . Αυτή η αντίσταση στον εντοπισμό είναι σίγουρα το πιο σημαντικό απ' όλα τα κβαντικά φαινόμενα που εμφανίζονται στη φύση. Αν όμως η κβαντομηχανική είναι όντως μια θεμελιώδης φυσική θεωρία, τότε σίγουρα θα πρέπει να ισχύει όχι μόνο στον ατομικό μικρόκοσμο, χάριν του οποίου αναπτύχθηκε, αλλά και στη μακροσκοπική περιοχή όπου «βασιλεύει» η κλασική θεωρία. Για να μην υπάρχει

«σύγκρουση» μεταξύ των δύο θεωριών θα πρέπει λοιπόν η εφαρμογή των κβαντικών νόμων στο μακροσκοπικό επίπεδο να αναπαράγει τα κλασικά αποτελέσματα. Πράγματι, η εφαρμογή της αρχής της αβεβαιότητας θέσης-ορμής σε μακροσκοπικά αντικείμενα ή μικροσκοπικά σωματίδια, που όμως κινούνται σε τροχιές μακροσκοπικών διαστάσεων, δεν έχει μετρήσιμες συνέπειες.

Πότε όμως θα μπορούσε ο μεταθέτης δύο ερμιτιανών τελεστών [A,B]=0; Αυτό θα συνέβαινε όταν και οι δύο ερμιτιανοί τελεστές έχουν το ίδιο σύνολο ιδιοδιανυσμάτων. Τότε θα ήταν δυνατός ο ταυτόχρονος μηδενισμός των αβεβαιοτήτων ΔΑ και ΔΒ των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών και συνεπώς η ταυτόχρονη μέτρησή τους.

Η χρήση των ερμιτιανών τελεστών ως μαθηματικά αντικείμενα που αναπαριστούν φυσικά μεγέθη, μπορεί να έχει και μια πιο γενική εφαρμογή στην περιγραφή των μικτών συλλογών (mixed state) που ως γνωστόν δεν μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα καταστατικό διάνυσμα στον χώρο Hilbert. Η ιδέα είναι ότι από τη στιγμή που δεν μπορούμε να περιγράψουμε όλες τις δυνατές συλλογές κβαντικών αντικειμένων καθαρές και μικτές ως διανύσματα στον καταστατικό χώρο, μπορούμε να αναπαραστήσουμε οποιαδήποτε συλλογή – καθαρή ή μικτή – ως τελεστή. Στην περίπτωση μιας καθαρής κατάστασης $|\psi\rangle$, ο αντίστοιχος τελεστής που την χαρακτηρίζει είναι ο $|\psi\rangle\langle\psi|$ [49] και ο οποίος ουσιαστικά εκφράζει τον προβολικό τελεστή επί της κατεύθυνσης του διανύσματος $|\psi\rangle$. Έτσι ορίζουμε ως **τελεστή πυκνότητας** της καθαρής κατάστασης $|\psi\rangle$ τον τελεστή $\rho=|\psi\rangle\langle\psi|$. Στην περίπτωση όμως ενός στατιστικού μίγματος από διαφορετικές καθαρές καταστάσεις $|\psi_i\rangle$, μιας **μικτής συλλογής** (mixed state), η οποία είναι πλήρως γνωστή αν έχουν δοθεί τα ποσοστά συμμετοχής p_i των επιμέρους καθαρών συλλογών σε αυτήν, ο τελεστής πυκνότητας που θα την περιγράφει θα είναι ο $\rho=\sum_i p_i|\psi_i\rangle\langle\psi_i|$.

Υπάρχει ωστόσο η ανάγκη ενός φορμαλιστικού κριτηρίου για να μπορούμε να διακρίνουμε την καθαρή από τη μικτή φύση της κατάστασης ενός φυσικού συστήματος, δεδομένου ότι με τη μορφή του τελεστή αναπαρίστανται και οι δύο από πίνακες που δρουν στο χώρο Hilbert. Το κριτήριο είναι το ίχνος του πίνακα ρ^2 (Trace - Tr) που δεν είναι τίποτα άλλο από το άθροισμα των στοιχείων της διαγωνίου του. Αν το $\mathrm{Tr}(\rho^2)<1$ τότε ο τελεστής πυκνότητας ρ αντιπροσωπεύει μια μικτή συλλογή, ενώ αν $\mathrm{Tr}(\rho^2)=1$ τότε ο τελεστής πυκνότητας ρ αντιπροσωπεύει μια καθαρή συλλογή. Υπάρχει όμως μια θεμελιώδη διάκριση μεταξύ στατιστικών μιγμάτων καταστάσεων (mixed state) και καταστάσεων επαλληλίας. Για την κατανόηση αυτής, χρειαζόμαστε την διατύπωση του τρίτου κατά σειρά αξιώματος της κβαντικής μηχανικής.

---

49 Όντως από την στιγμή που το καταστατικό διάνυσμα $|\psi\rangle$ περιγράφει ουσιαστικά ένα διάνυσμα στήλη διάστασης έστω (nx1) και το $\langle\psi|$ ένα διάνυσμα γραμμή διάστασης (1xn), ο αλγόριθμος πολλαπλασιασμού πινάκων θα είχε ως προϊόν ένα πίνακα διάστασης (nxn), μορφή που διαθέτουν οι πίνακες όλων των ερμιτιανών τελεστών που δρούν επί του καταστατικού χώρου.

2.7 Αίτημα της προβολής: Μέτρηση (Αξίωμα 3)

Το μόνο δυνατό αριθμητικό δεδομένο μιας μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους Χ είναι κάποιο στοιχείο του φάσματος του ερμιτιανού τελεστή που το αναπαριστά στον καταστατικό χώρο Hilbert του υπό εξέταση κβαντικού συστήματος. Ποια ιδιοτιμή του τελεστή θα καταγραφεί κατά τη μέτρηση, είναι πιθανοκρατικό συμβάν. Η μόνη δυνατή γνώση όσον αφορά το αποτέλεσμα της μετρητικής διαδικασίας συνίσταται στην κατανομή των πιθανοτήτων για τις δυνατές ιδιοτιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Πώς όμως αναδεικνύει ο φορμαλισμός της κβαντομηχανικής αυτές τις πιθανότητες εμφάνισης των ιδιοτιμών του υπό εξέταση φυσικού μεγέθους;

Από την στιγμή που ο τελεστής του φυσικού μεγέθους ετοιμάζεται να δράσει επί του καταστατικού χώρου Hilbert του υπό εξέταση κβαντικού συστήματος, τα ιδιοδιανύσματα αυτού σχηματίζουν μια διανυσματική βάση για την κατάσταση του συστήματος. Αυτό έχει ως συνέπεια η κατάσταση $|\psi\rangle$ του κβαντικού συστήματος να αποτελεί γραμμικό συνδυασμό των ιδιοδιανυσμάτων $|\psi_i\rangle$ του ερμιτιανού τελεστή του υπό μέτρηση φυσικού μεγέθους, μια κατάσταση **επαλληλίας** των ιδιοκαταστάσεων του τελεστή ή αλλιώς μια κατάσταση **υπέρθεσης** των ιδιοκαταστάσεων του. Ας έχουμε υπόψη ότι τα διανύσματα του χώρου Hilbert που αναπαριστούν φυσικώς πραγματοποιήσιμες καταστάσεις, είναι μοναδιαίου μήκους.

Ως αποτέλεσμα της μέτρησης του φυσικού μας μεγέθους, η κατάσταση του συστήματος ***προβάλλεται*** *(καταρρέει, ανάγεται) σε μία από τις ιδιοκαταστάσεις* $|\psi_i\rangle$ *του ερμιτιανού τελεστή που αντιστοιχεί στο μετρήσιμο φυσικό μέγεθος.*

Αίτημα της προβολής

Σχηματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επίδραση της μετρητικής συσκευής στο μετρούμενο σύστημα θα έχει τη μορφή:

$$|\psi\rangle \quad (=\sum_i c_i|\psi_i\rangle) \quad \rightarrow \quad |\psi_i\rangle$$

και είναι φανερό ότι αυτή η επίδραση ούτε αμελητέα είναι (ή μπορεί να γίνει) ούτε όμως και προβλέψιμη ώστε να διορθωθεί το αποτέλεσμα εκ των υστέρων. Όταν η κατάσταση $|\psi\rangle=\sum_i c_i|\psi_i\rangle$ «εισέρχεται» στη μετρητική συσκευή είναι αδύνατο να προβλεφθεί ποια από τις ιδιοσυναρτήσεις $|\psi_i\rangle$ θα επιλεγεί και άρα ποιο από τα δυνατά αποτελέσματα της μέτρησης θα εμφανιστεί στην «οθόνη» της συσκευής. Η έκβαση μιας μετρητικής διαδικασίας είναι θεμελιωδώς μη προβλέψιμη στην κβαντομηχανική (Καρακώστας 2000, σ. 7).

Προκειμένου να κατανοηθεί πώς συμμετέχουν οι πιθανότητες των μετρητικών αποτελεσμάτων στον φορμαλισμό της κβαντομηχανικής, ας συνοψίσουμε τα εξής στοιχεία:

1. Το καταστατικό διάνυσμα $|\psi\rangle$ του κβαντικού συστήματος έχει μοναδιαίο μήκος.
2. Η βάση των ιδιοδιανυσμάτων του τελεστή που εκπροσωπεί το υπό μέτρηση φυσικό μέγεθος είναι ορθοκανονική, όπερ σημαίνει ότι ανά δύο τα ιδιοδιανύσματα $|\psi_i\rangle$ είναι κάθετα και μοναδιαίου μήκους το καθένα.
3. Ο καταστατικός χώρος Hilbert του κβαντικού συστήματος είναι εφοδιασμένος με εσωτερικό γινόμενο, συνεπώς οι συντελεστές c_i του γραμμικού συνδυασμού του καταστατικού διανύσματος ως προς την ανωτέρω βάση προσδιορίζονται άμεσα από το εσωτερικό γινόμενο $\langle\psi_i|\psi\rangle$ για κάθε ένα

ιδιοδιάνυσμα του τελεστή.

4. Σε οποιονδήποτε χώρο Hilbert που έχει διαμορφωθεί μια ορθοκανονική βάση, ισχύει ο γνωστός ορισμός του μήκους, ως η τετραγωνική ρίζα του Πυθαγόρειου αθροίσματος των τετραγώνων των συνιστωσών (οι συντελεστές του γραμμικού συνδυασμού των ιδιοδιανυσμάτων). Συνεπώς:

$$\|\left|\psi\right\rangle\|^2 = \|\langle\psi_1|\psi\rangle\|^2 + \|\langle\psi_2|\psi\rangle\|^2 + \ldots + \|\langle\psi_n|\psi\rangle\|^2 \quad .$$

Ισχύει λοιπόν ότι το καταστατικό διάνυσμα $\left|\psi\right\rangle$ είναι μοναδιαίου μήκους και επίσης ότι μολονότι κάθε εσωτερικό γινόμενο $\langle\psi_i|\psi\rangle$ είναι μιγαδικός αριθμός, ωστόσο το τετράγωνο του μέτρου του $\|\langle\psi_i|\psi\rangle\|^2 \geq 0$. Από τη σχέση λοιπόν $1 = \|\langle\psi_1|\psi\rangle\|^2 + \|\langle\psi_2|\psi\rangle\|^2 + \ldots + \|\langle\psi_n|\psi\rangle\|^2$ και τον αξιωματικό ορισμό της πιθανότητας, προκύπτει φυσιολογικά η υιοθέτηση των ποσοτήτων $\|\langle\psi_i|\psi\rangle\|^2 \geq 0$ ως πιθανότητες εμφάνισης των ιδιοτιμών του μετρούμενου μεγέθους. Επειδή οι κβαντομηχανικές πιθανότητες $\|\langle\psi_i|\psi\rangle\|^2$ προέρχονται μέσω των εκφράσεων των μιγαδικών αριθμών $\langle\psi_i|\psi\rangle$, συνηθίζεται να αποκαλούμε αυτούς τους μιγαδικούς αριθμούς «**πλάτη πιθανότητας**» (probability amplitude). Κατ' επέκταση το εσωτερικό γινόμενο ενός ket με ένα bra αποκτά σημαντικό ρόλο στην περιγραφή των αποτελεσμάτων της μετρητικής διαδικασίας σε κβαντικά συστήματα. Η έκφραση $\langle\chi|\psi\rangle$ δηλώνει άμεσα το πλάτος πιθανότητας ενός συστήματος ευρισκόμενο στην κατάσταση ψ να βρεθεί στην κατάσταση χ. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι ένα ζεύγος bra-ket μπορεί να αναπαραστήσει ένα συμβάν, για παράδειγμα, το αποτέλεσμα μιας μετρητικής διαδικασίας.

Από την στιγμή που η αρχική μας κατάσταση $\left|\psi\right\rangle$ προβλήθηκε (κατάρρευσε, ανάχθηκε) σε κάποιο ιδιοδιάνυσμα $c_i\left|\psi_i\right\rangle$ του κατασταστικού χώρου της μετρητικής συσκευής-φυσικό μέγεθος, αυτό έχει ως συνέπεια η πράξη της μέτρησης να καθορίζει την κατάσταση του κβαντικού συστήματος όχι πριν αλλά μετά τη μέτρηση. Μετά την πράξη της μέτρησης λοιπόν και δεδομένης της κανονικοποίησης που απαιτείται για τα καταστατικά διανύσματα που περιγράφουν φυσικώς πραγματοποιήσιμες καταστάσεις, το κβαντικό μας σύστημα περιγράφεται πλέον από κάποιο ιδιοδιάνυσμα $\left|\psi_i\right\rangle$ του τελεστή-μέτρησης του καταστατικού χώρου και όχι από το προηγούμενο καταστατικό διάνυσμα $\left|\psi\right\rangle$. Η πράξη της μέτρησης λοιπόν μεταβάλλει εν γένει την κατάσταση ενός κβαντικού συστήματος.

Αξίωμα 3: «Ως αποτέλεσμα της μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους, η κατάσταση του συστήματος προβάλλεται κατά τρόπο πιθανοκρατικό σε μία από τις ιδιοκαταστάσεις του ερμιτιανού τελεστή που αντιστοιχεί στη μετρούμενη ιδιοτιμή του φυσικού μεγέθους».

Τώρα είμαστε σε θέση να περιγράψουμε τη διαφορά μεταξύ ενός στατιστικού

μίγματος (mixed state) αποτελούμενου από τις καθαρές καταστάσεις $|\psi_1\rangle,\dots,|\psi_N\rangle$ με πιθανότητες $p_1,\dots,p_N$ και μιας κατάστασης επαλληλίας της μορφής $|\psi\rangle=c_1|\psi_1\rangle+\dots+c_N|\psi_N\rangle$ με $p_i=|c_i|^2$ (ο γραμμικός συνδυασμός καθαρών καταστάσεων είναι πάλι καθαρή κατάσταση ως ιδιότητα του διανυσματικού χώρου). Ας διαπιστώσουμε ποια είναι η μέση τιμή ενός τυχόντος φυσικού μεγέθους A σε κάθε περίπτωση:

- Για τη μικτή συλλογή θα έχουμε $\langle A\rangle=\sum_i p_i\langle A\rangle_i\equiv\sum_i p_i\langle\psi_i|A|\psi_i\rangle$ που ουσιαστικά δεν είναι τίποτα άλλο παρά ο σταθμισμένος μέσος όρος των κβαντομηχανικών μέσων τιμών που αντιστοιχούν στις καθαρές κβαντικές καταστάσεις της συλλογής.
- Αντίθετα, για μια καθαρή συλλογή όπως περιγράφεται από το καταστατικό διάνυσμα $|\psi\rangle=c_1|\psi_1\rangle+\dots+c_N|\psi_N\rangle$, η μέση τιμή του φυσικού μεγέθους A θα είναι $\langle A\rangle=\langle\psi|A|\psi\rangle=\sum_{i,j}c_i^*c_j\langle\psi_i|A|\psi_j\rangle=\sum_i|c_i|^2\langle\psi_i|A|\psi_i\rangle+\sum_{i\neq j}c_i^*c_j\langle\psi_i|A|\psi_j\rangle=$
$=\sum_i|c_i|^2\langle A\rangle_i+\sum_{i\neq j}c_i^*c_jA_{ij}$

Η διαφορά πλέον είναι φανερή. Παρότι στην κατάσταση επαλληλίας $|\psi\rangle=c_1|\psi_1\rangle+\dots+c_N|\psi_N\rangle$ οι πιθανότητες εμφάνισης των επιμέρους καταστάσεων $|\psi_i\rangle$ είναι οι ίδιες όπως και στο αντίστοιχο στατιστικό μίγμα – αφού υποθέσαμε ότι $p_i=|c_i|^2$ - εντούτοις οι μέσες τιμές δεν είναι καθόλου οι ίδιες στις δύο περιπτώσεις λόγω των μη διαγώνιων όρων – των όρων συμβολής όπως λέγονται – που είναι παρόντες στην τελευταία εξίσωση αλλά όχι στην πρώτη. *Μια στατιστική ανάμιξη κβαντικών καταστάσεων είναι λοιπόν θεμελιωδώς διαφορετική από μια κατάσταση επαλληλίας τους.* Στην πραγματικότητα ένα στατιστικό μίγμα κβαντικών καταστάσεων είναι αδύνατον να περιγραφεί από μια κβαντική κατάσταση κοινή για όλα τα μέλη του.

Στατιστικά μίγματα αυτού του είδους προκύπτουν τελείως φυσιολογικά στην πράξη. Το απλούστερο σχετικό παράδειγμα είναι ένα ατομικό αέριο – π.χ. ένα αέριο ατόμων υδρογόνου – σε θερμοδυναμική ισορροπία με θερμοκρασία T. Η συλλογή των ατόμων αυτού του αερίου θα αποτελεί τότε μικτή συλλογή στην οποία ένα ποσοστό των ατόμων θα βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, ένα άλλο θα βρίσκεται στην πρώτη διεγερμένη και ούτω καθεξής. Μικτές καταστάσεις προκύπτουν επίσης φυσιολογικά κατά τη δημιουργία δεσμών από σωματίδια με σπιν, όταν ο τρόπος παραγωγής τους δεν προκαθορίζει τον προσανατολισμό του σπιν όποτε η προκύπτουσα δέσμη δεν είναι πολωμένη ή είναι μερικώς πολωμένη ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής των διαφόρων προσανατολισμών του σπιν στα σωματίδια της δέσμης. Σε αυτήν την περίπτωση η αρχική καθαρή κατάσταση των ηλεκτρονίων πριν εισέλθουν στη συσκευή Stern-Gerlach μετασχηματίζεται μετά τη διαδικασία της μέτρησης σ' ένα μίγμα καθαρών καταστάσεων με πιθανότητες συμμετοχής στο

μίγμα, τις παρατηρούμενες αναλογίες εκτροπής.

Από τα προηγούμενα είναι επίσης φανερό πώς μπορούν να παραχθούν καθαρές καταστάσεις (pure state) όπου όλα τα σωματίδια θα περιγράφονται από την ίδια κβαντική κατάσταση. Στην περίπτωση του ατομικού αερίου σε θερμοδυναμική ισορροπία η «συνταγή» είναι απλή. Η ψύξη του αερίου σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει ως συνέπεια ότι όλα – ή πρακτικώς όλα – τα διεγερμένα άτομα θα μεταπέσουν στη θεμελιώδη κατάσταση και έτσι όλα τα άτομα του αερίου θα περιγράφονται πλέον από την ίδια κατάσταση. Στην περίπτωση της μη πολωμένης δέσμης η διαδικασία είναι εξίσου απλή και στην πραγματικότητα πιο θεμελιώδης. Στηρίζεται στη βασική αρχή της κβαντικής μέτρησης· την αρχή του φιλτραρίσματος. Αν τα σωματίδια της δέσμης διέλθουν από μια μετρητική συσκευή που μετρά την προβολή του σπιν τους επί ενός άξονα – και η συσκευή «προνοεί» ώστε να εξέρχονται από διαφορετικές «εξόδους» τα σωματίδια που έχουν μετρηθεί με σπιν «πάνω» ή «κάτω» - τότε ασφαλώς θα λάβουμε δύο καθαρές δέσμες με καθορισμένη κατάσταση σπιν των σωματιδίων τους. Η κατάλληλη συσκευή για αυτή τη διεργασία είναι η ήδη γνωστή μας διάταξη Stern-Gerlach.

Έχουμε πλέον εκείνο το εννοιολογικό πλαίσιο μέσω του οποίου δύναται να εξηγηθούν και να υπολογιστούν τα παρατηρούμενα φαινόμενα όπως αυτά που εκδηλώνονται στις διατάξεις των Stern-Gerlach και των δύο-σχισμών.

2.8 Εξηγώντας το πείραμα των Stern-Gerlach

Το πρώτο βήμα για την εξήγηση των φαινομένων που εκδηλώνονται στις διατάξεις τύπου Stern-Gerlach, είναι να αντιληφθούμε τη μορφή του καταστατικού χώρου Hilbert, δηλαδή του χώρου των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων για το συγκεκριμένο πείραμα. Από τη στιγμή που μια δέσμη ηλεκτρονίων κατά τη διέλευσή της από την πειραματική διάταξη του μαγνήτη εκτρέπεται σε άλλες δύο δέσμες, το φυσικό μέγεθος του σπιν για το ηλεκτρόνιο διαμορφώνει τον καταστατικό χώρο του ηλεκτρονίου εφαρμόζοντας σε αυτόν μια βάση δύο καταστατικών διανυσμάτων ανεξάρτητων μεταξύ τους. Στην περίπτωση που ο προσανατολισμός της πειραματική διάταξης είναι κατακόρυφος, ένα καταστατικό διάνυσμα εκφράζει την εκτροπή προς τα πάνω $|+\rangle$ και ένα καταστατικό διάνυσμα εκφράζει την εκτροπή προς τα κάτω $|-\rangle$, η ανεξαρτησία των οποίων δηλώνεται μέσω της καθετότητας αυτών στον καταστατικό χώρο Hilbert. Έχουμε λοιπόν ως καταστατικό χώρο του ηλεκτρονίου κατά τη διέλευσή του από την προσανατολισμένη διάταξη Stern-Gerlach ως προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση, τον χώρο Hilbert $\mathbb{C}^2$. *Η φύση όμως του διανυσματικού χώρου δημιουργεί ως φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση για το ηλεκτρόνιο και οποιονδήποτε γραμμικό συνδυασμό αυτών των καταστατικών διανυσμάτων που διαμορφώνει η πειραματική διάταξη.* Έτσι λοιπόν πριν τη διέλευσή του από τη διάταξη, το κάθε ηλεκτρόνιο της δέσμης βρίσκεται σε μια υπέρθεση ή κατάσταση επαλληλίας των βασικών καταστατικών διανυσμάτων $|+\rangle$ και $|-\rangle$.

Ο φορμαλισμός της κβαντομηχανικής αναπαριστά το φυσικό μέγεθος του σπιν ως προς κάποια κατεύθυνση (x,y,z) με τον ακόλουθο γραμμικό τελεστή έχοντας ως μορφή μήτρας την:

$$S_{(x,y,z)}=\begin{bmatrix} z & x-yi \\ x+yi & -z \end{bmatrix}$$

Στην περίπτωση της κατακόρυφης διεύθυνσης (άξονας z), η μήτρα του σπιν αποκτά την μορφή:

$$S_{(0,0,1)}=\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Ο συγκεκριμένος τελεστής παρουσιάζει τις ιδιοτιμές «+1» και «-1» όταν εφαρμοστεί στα ιδιοδιανύσματα του καταστατικού χώρου $\mathbb{C}^2$ $|z+\rangle=(1,0)$ και $|z-\rangle=(0,1)$ (Είναι εμφανές ότι αποτελούν μια ορθοκανονική βάση). Η φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση $|\psi\rangle$ του ηλεκτρονίου πριν την πράξη της μέτρησης αποτελεί έναν γραμμικό συνδυασμό των παραπάνω ιδιοδιανυσμάτων του τελεστή, οι συντελεστές του οποίου καθορίζονται επακριβώς από το εσωτερικό γινόμενο που διαθέτει ο καταστατικός χώρος Hilbert $\mathbb{C}^2$:

$$|\psi\rangle=\langle z_+|\psi\rangle|z_+\rangle+\langle z_-|\psi\rangle|z_-\rangle$$

Έχοντας αναπαραστήσει την φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση του ηλεκτρονίου με ένα καταστατικό διάνυσμα $|\psi\rangle$ μοναδιαίου μήκους και λαμβάνοντας υπόψη ότι στον καταστατικό χώρο επί μιας ορθοκανονικής βάσης ισχύει το πυθαγόρειο θεώρημα, προκύπτει από τα παραπάνω η ακόλουθη σχέση:

$$1=\|\langle z_+|\psi\rangle\|^2+\|\langle z_-|\psi\rangle\|^2$$

η οποία μεταφράζεται ως εξής:

- η πιθανότητα το ηλεκτρόνιο να παρουσιάζει εκτροπή προς τα πάνω (σπιν +1) είναι:

$$p=\|\langle z_+|\psi\rangle\|^2$$

- η πιθανότητα το ηλεκτρόνιο να παρουσιάζει εκτροπή προς τα κάτω (σπιν -1) είναι:

$$1-p=\|\langle z_-|\psi\rangle\|^2$$

Αφού διέλθει η δέσμη από το κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο, εκείνα τα

ηλεκτρόνια που παρατηρήθηκαν με σπιν «+1» (εκτροπή προς τα πάνω) βρίσκονται πλέον στην κατάσταση:

$$|\psi'\rangle = \frac{\langle z_+|\psi\rangle z_+}{\|\langle z_+|\psi\rangle z_+\|}$$

η οποία επί της ουσίας είναι η $|\psi'\rangle = |z_+\rangle$ εφόσον ο φορμαλισμός αντιμετωπίζει καταστατικά διανύσματα που διαφέρουν κατά μια μιγαδική σταθερά μέτρου 1, ως την ίδια φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση. Αν στη συνέχεια η δέσμη των ηλεκτρονίων με σπιν «+1» (πάνω δέσμη) ως προς την κατακόρυφη διεύθυνση, διέλθει και πάλι από μια όμοια πειραματική διάταξη με κατακόρυφο προσανατολισμό, τότε λαμβάνουμε με τη βοήθεια του εσωτερικού γινομένου την πιθανότητα να καταγραφεί με σπιν «+1»:

$$p = \|\langle z_+|\psi'\rangle\|^2 = \|\langle z_+|z_+\rangle\|^2 = 1$$

και την πιθανότητα να καταγραφεί με σπιν «-1»:

$$p = \|\langle z_-|\psi'\rangle\|^2 = \|\langle z_-|z_+\rangle\|^2 = 0 \quad .$$

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι η δέσμη «θυμάται» ότι φέρει σπιν «+1» κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Αν στη συνέχεια διέλθει η δέσμη διαμέσου μιας διάταξης Stern-Gerlach προσανατολισμένη οριζόντια κατά τον άξονα y, η μήτρα του ερμιτιανού τελεστή του σπιν αποκτά τη μορφή:

$$S_{(0,1,0)} = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ +i & 0 \end{bmatrix} \quad .$$

Τα ιδιοδιανύσματα αυτού του τελεστή επί του καταστατικού χώρου Hilbert $\mathbb{C}^2$, είναι τα:

$$|y+\rangle = \left(\frac{-\sqrt{2}}{2}i, \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \qquad \text{και} \qquad |y-\rangle = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\sqrt{2}}{2}i\right)$$

με ιδιοτιμές «+1» και «-1» αντιστοίχως ενώ οι πιθανότητες τα ηλεκτρόνια της δέσμης στην κατάσταση $|\psi'\rangle = |z_+\rangle$ να μεταβούν στις ιδιοκαταστάσεις $|y+\rangle$ (αριστερή εκτροπή κατά την οριζόντια διεύθυνση) και $|y-\rangle$ (δεξιά εκτροπή κατά την οριζόντια διεύθυνση) του τελεστή σπιν ως προς τον οριζόντιο άξονα y, υπολογίζονται από το εσωτερικό γινόμενο:

$$p_+ = \|\langle y_+|\psi'\rangle\|^2 = \frac{1}{2} \qquad \text{και} \qquad p_- = \|\langle y_-|\psi'\rangle\|^2 = \frac{1}{2} \ .$$

Οι ανωτέρω πιθανότητες πράγματι ανταποκρίνονται στην παρατηρούμενη αναλογία των εκτρεπόμενων ηλεκτρονίων κατά την οριζόντια διεύθυνση y. Όντως το 50% των ηλεκτρονίων της πάνω δέσμης εκτρέπεται προς τα αριστερά κατά την οριζόντια διεύθυνση και το υπόλοιπο 50% εκτρέπεται προς τα δεξιά. Έτσι τα ηλεκτρόνια που εμφανίζουν σπιν «+1» (αριστερή εκτροπή κατα την οριζόντια διεύθυνση y) βρίσκονται πλέον στην κατάσταση $|\psi''\rangle = |y_+\rangle$ στον καταστατικό χώρο Hilbert.

Τελικά αν παρακολουθήσουμε αυτήν την δέσμη των ηλεκτρονίων στην κατάσταση $|\psi''\rangle$ να διέρχεται εκ νέου διαμέσου μιας κατακόρυφου προσανατολισμού συσκευής Stern-Gerlach η οποία διαθέτει βάση ιδιοκαταστάσεων στον καταστατικό χώρο Hilbert ίδια με την αρχική, οι παρατηρούμενες αναλογίες στις εκτροπές της δέσμης πάνω και κάτω κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, εναρμονίζονται πλήρως με τις πιθανότητες που παράγει ο φορμαλισμός της κβαντομηχανικής μιας και

$$p_+ = \|\langle z_+|\psi''\rangle\|^2 = \frac{1}{2} \qquad\qquad p_- = \|\langle z_-|\psi''\rangle\|^2 = \frac{1}{2}$$

Είναι πραγματικά εκπληκτικό πως ο φορμαλισμός της κβαντομηχανικής επιτυγχάνει να περιγράψει και να προβλέψει τα παρατηρούμενα αλλόκοτα φαινόμενα της μικροφυσικής πραγματικότητας, όπως εκδηλώνονται εδώ στην περίπτωση ενός απλού κβαντικού συστήματος.

2.9 Εξηγώντας το πείραμα των δύο σχισμών

Ο φανερός προβληματισμός που προκύπτει από την προσπάθεια να εξηγήσουμε το πείραμα των δύο σχισμών έχει ήδη διατυπωθεί παραπάνω. Εδώ θα επιχειρήσουμε με τη βοήθεια του κβαντομηχανικού φορμαλισμού να παρέχουμε μια ακριβή εξήγηση του παρατηρούμενου φαινομένου της «**συμβολής**». Στο πείραμα των δύο σχισμών, η όλη διάταξη επιβάλλει δύο φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις στον χώρο Hilbert των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων για το εκπεμπόμενο ηλεκτρόνιο.

- Την κατάσταση $|1\rangle$ η οποία περιγράφει την κατάσταση κατά την οποία το ηλεκτρόνιο διέρχεται από τη σχισμή 1.
- Την κατάσταση $|2\rangle$ η οποία περιγράφει την κατάσταση κατά την οποία το ηλεκτρόνιο διέρχεται από τη σχισμή 2.

Η ανεξαρτησία τους είναι προφανής και ως εκ τούτου θα αποτελούν μια ορθοκανονική βάση για τον καταστατικό χώρο Hilbert του εκάστοτε ηλεκτρονίου της δέσμης. Όμως ο διανυσματικός χαρακτήρας του χώρου Hilbert επιβάλλει να θεωρηθεί ως φυσικά πραγματοποιήσιμη κατάσταση του ηλεκτρονίου και οποιοσδήποτε μιγαδικός γραμμικός συνδυασμός των παραπάνω δύο βασικών καταστάσεων. Συνεπώς το ηλεκτρόνιο της εκπεμπόμενης δέσμης βρίσκεται σύμφωνα με τη δομή του καταστατικού χώρου σε μια επαλληλία των δύο αυτών βασικών καταστάσεων. Για να εξηγήσουμε με τη βοήθεια του κβαντομηχανικού φορμαλισμού το παρατηρούμενο φαινόμενο «συμβολής», πρέπει να έχουμε κατά νου το βασικό αλγεβρικό στοιχείο εξαγωγής της κλασικής πιθανότητας. Όπως έχουμε αναφέρει, η πιθανότητα ένα κβαντικό σύστημα στην κατάσταση $|\psi\rangle$ να παρατηρηθεί τελικά στην κατάσταση $|\varphi\rangle$ δίνεται με τη βοήθεια του εσωτερικού γινομένου ή «πλάτους πιθανότητας» $\langle\varphi|\psi\rangle$ που είναι ένας μιγαδικός αριθμός, υπό την προϋπόθεση ότι προσδιορίζουμε το τετράγωνο του μέτρου του:

$$P(\psi\rightarrow\varphi)=|\langle\varphi|\psi\rangle|^2$$

Άρα για να υπολογίσουμε την πιθανότητα πραγματοποίησης ενός συμβάντος σε ένα κβαντικό σύστημα, πρέπει να προσδιορίσουμε πρώτα το «**ολικό** πλάτος πιθανότητας» τού συμβάντος και ύστερα να εφαρμόσουμε την ύψωση στο τετράγωνο για να μεταβούμε στις πιθανότητες της συνήθους εμπειρίας μας. Οι μιγαδικοί αριθμοί $\langle\varphi|\psi\rangle$ καλούνται «πλάτη πιθανότητας» επειδή αυτοί προστίθενται και πολλαπλασιάζονται όπως οι συνήθεις πιθανότητες. Έτσι :

- Το «πλάτος πιθανότητας» για το συμβάν $\varphi\rightarrow\psi$ και εν συνεχεία $\psi\rightarrow\chi$ είναι το γινόμενο $\langle\chi|\varphi\rangle$ * $\langle\varphi|\psi\rangle$.
- Το «πλάτος πιθανότητας» για το συμβάν $\psi\rightarrow\varphi$ ή $\psi\rightarrow\chi$ είναι το άθροισμα $\langle\varphi|\psi\rangle$ + $\langle\chi|\psi\rangle$.

Όμως για να μεταβούμε στις πιθανότητες της συνήθους εμπειρίας μας, πρέπει την τελική μιγαδική ποσότητα που αντιπροσωπεύει το πλάτος πιθανότητας να την υψώσουμε στο τετράγωνο. Οπότε έχουμε:

$$P(\psi\rightarrow\varphi\rightarrow x)=|\langle\varphi|\psi\rangle*\langle x|\varphi\rangle|^2=|\langle\varphi|\psi\rangle|^2*|\langle x|\varphi\rangle|^2=P(\psi\rightarrow\varphi)*P(\varphi\rightarrow x)$$

και έτσι δεν διαπιστώνουμε καμμία τυπική διαφορά ανάμεσα στα μιγαδικά πλάτη πιθανότητας και την κλασική πιθανότητα (μιας και η άλγεβρα των μιγαδικών αριθμών επιτρέπει το μέτρο του γινομένου δύο μιγαδικών να γραφεί ως γινόμενο των μέτρων των δύο μιγαδικών). Όταν όμως προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε την κλασική πιθανότητα του ακόλουθου συμβάντος, $\psi\rightarrow\varphi$ ή $\psi\rightarrow\chi$ μιας ένωσης ανεξάρτητων μεταξύ τους συμβάντων του οποίου το μιγαδικό «πλάτος πιθανότητας» είναι το άθροισμα $\langle\varphi|\psi\rangle$ + $\langle\chi|\psi\rangle$, θα πρέπει να εφαρμόσουμε την ύψωση στο

τετράγωνο στο μέτρο του συνολικού αθροίσματος προκειμένου να μεταβούμε στην πιθανότητα της καθημερινής μας εμπειρίας. Η άλγεβρα όμως των μιγαδικών αριθμών εμφανίζει κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα τα οποία απεικονίζουν αξιόπιστα τις παρατηρήσεις μας.

$$P((\psi\to\varphi)\vee(\psi\to x))=|\langle\varphi|\psi\rangle+\langle x|\psi\rangle|^2=|\langle\varphi|\psi\rangle|^2+|\langle x|\psi\rangle|^2+2\mathrm{Re}\langle\varphi|\psi\rangle^*\langle x|\psi\rangle=$$

$$=P(\psi\to\varphi)+P(\varphi\to x)+2\mathrm{Re}\langle\varphi|\psi\rangle^*\langle x|\psi\rangle$$

Ο τελευταίος όρος $2\mathrm{Re}\langle\varphi|\psi\rangle^*\langle x|\psi\rangle$ είναι δυνατόν να είναι αρνητικός αριθμός, θετικός ή και μηδέν. Αυτό όμως καθιστά εφικτή την δυνατότητα να μηδενισθεί η ανωτέρω πιθανότητα αν αυτός ο όρος έχει κατάλληλη αρνητική αριθμητική τιμή. Όπερ σημαίνει ότι ακόμα και αν οι επιμέρους πιθανότητες να συμβούν μεμονωμένα τα δύο κβαντικά συμβάντα είναι μη μηδενικές, είναι δυνατόν η πιθανότητα να συμβεί η ένωση αυτών να είναι μηδενική. Γι' αυτό ακριβώς τον λόγο είναι κατάλληλος ο χαρακτηρισμός του ως όρο συμβολής (**interference term**).

Ας εφαρμόσουμε, λοιπόν, την ανωτέρω θεωρητική περιγραφή του φορμαλισμού της κβαντομηχανικής στο πείραμα των δύο σχισμών. Ας θεωρήσουμε το καταστατικό διάνυσμα $|\text{πηγή}\rangle$ που αναπαριστά την κατάσταση του εκπεμπόμενου από την πηγή κβαντικού σωματιδίου (π.χ. ηλεκτρονίου) και ας συμβολίσουμε το καταστατικό διάνυσμα $|\text{ίχνος}\rangle$ που αναπαριστά την τελική κατάσταση του κβαντικού σωματιδίου στην επιφάνεια πρόσπτωσης. Και τα δύο καταστατικά διανύσματα είναι μέλη του καταστατικού χώρου Hilbert του κβαντικού σωματιδίου και περιγράφουν φυσικώς πραγματοποιήσιμες καταστάσεις του. Θεωρούμε ότι και οι δύο σχισμές «1» και «2» του ενδιάμεσου πετάσματος είναι ανοικτές και δεν προσπαθούμε να παρατηρήσουμε από ποια σχισμή διέρχεται το σωματίδιο. Τότε το μιγαδικό «πλάτος πιθανότητας» για ένα κβαντικό σωματίδιο να βρεθεί από την αρχική κατάσταση $|\text{πηγή}\rangle$ στην τελική κατάσταση $|\text{ίχνος}\rangle$ είναι:

$$\langle\text{ιχνος}|\text{πηγή}\rangle=\langle\text{ιχνος}|\text{σχισμή}1\rangle\langle\text{σχισμή}1|\text{πηγή}\rangle+\langle\text{ιχνος}|\text{σχισμή}2\rangle\langle\text{σχισμή}2|\text{πηγή}\rangle$$

Για να υπολογισθεί όμως η πιθανότητα ένα κβαντικό σωματίδιο να μεταβεί από την αρχική κατάσταση $|\text{πηγή}\rangle$ σε μια συγκεκριμένη θέση ίχνους στην τελική επιφάνεια $|\text{ίχνος}\rangle$, απαιτείται η ύψωση στο τετράγωνο. Έτσι:

$$P(\text{πηγή}\to\text{ίχνος})=|\langle\text{ιχνος}|\text{πηγή}\rangle|^2=$$

$$=|\langle\text{ιχνος}|\text{σχισμή}1\rangle\langle\text{σχισμή}1|\text{πηγή}\rangle|^2+|\langle\text{ιχνος}|\text{σχισμή}2\rangle\langle\text{σχισμή}2|\text{πηγή}\rangle|^2+$$

$$+«\text{όρος συμβολής}»$$

Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν σε ένα συγκεκριμένο σημείο της τελικής επιφάνειας πρόσπτωσης υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αποτυπωθεί ίχνος από ένα κβαντικό σωματίδιο διερχόμενο είτε διαμέσου της μίας σχισμής είτε διαμέσου της άλλης σχισμής όταν δεν είναι ταυτόχρονα ανοικτές, εν τούτοις, αυτή μπορεί να καταστεί μηδενική όταν οι δύο δυνατότητες διέλευσης είναι παρούσες ταυτόχρονα. Και για όλα αυτά τα «αλλόκοτα» συμπεράσματα είναι υπεύθυνος ένας αλγεβρικός όρος συμβολής που μπορεί να λάβει μηδενικές, αρνητικές ή θετικές τιμές. Και όμως αυτά τα φαινόμενα είναι παρατηρήσιμα και μόνο ένας φορμαλισμός που διέπεται από κανόνες διαχείρισης μιγαδικών ποσοτήτων μπορεί όχι μόνο να τα εξηγήσει, αλλά και να τα προβλέψει. Το ερώτημα από ποια σχισμή διέρχεται το ηλεκτρόνιο, είναι μια μη αποκρίσιμη (undecidable) πρόταση. Είναι μέρος της «ιδιωτικής εικόνας» του κβαντικού σωματιδίου και συνεπώς ένα μεταφυσικό ερώτημα το οποίο θα κληθούμε να απαντήσουμε στα επόμενα κεφάλαια.

Αν όμως προσπαθήσουμε να εισβάλλουμε στην «ιδιωτική εικόνα» αυτού του κβαντικού σωματιδίου και να πληροφορηθούμε από ποια σχισμή διήλθε, τότε η επαλληλία των δυνατών πραγματοποιήσιμων καταστάσεων καταρρέει μιας και η μία συνιστώσα της επαλληλίας (η σχισμή από την οποία δεν διήλθε) δεν υφίσταται πλέον και καταλήγει η κατάσταση του κβαντικού σωματιδίου να περιγράφεται από το μιγαδικό «πλάτος - πιθανότητας» $\langle \text{ιχνος}|\text{σχισμή}\,1\rangle\langle \text{σχισμή}\,1|\text{πηγή}\rangle$ ή $\langle \text{ιχνος}|\text{σχισμή}\,2\rangle\langle \text{σχισμή}\,2|\text{πηγή}\rangle$, των οποίων η ύψωση στο τετράγωνο παρέχει τις παρατηρούμενες κατανομές συχνοτήτων των ιχνών των κβαντικών αντικειμένων πάνω στην τελική επιφάνεια πρόσπτωσης.

2.10 Δυναμικός νόμος κίνησης (Αξίωμα 4)

Επειδή κοινή διαπίστωση είναι ότι «τα πάντα ρει, μηδέποτε κατά τ'αυτό μένειν», φυσική θεωρία που δεν περιγράφει τις μεταβολές των καταστάσεων των φυσικών συστημάτων δεν μπορεί να θεωρηθεί άξια λόγου. Πώς λοιπόν η κβαντική θεωρία αναπαριστά την εξέλιξη μιας φυσικά πραγματοποιήσιμης κατάστασης ενός φυσικού συστήματος;

Για την περιγραφή της εξέλιξης μιας φυσικά πραγματοποιήσιμης κατάστασης ενός κβαντικού συστήματος στον χώρο Hilbert απαιτείται η δράση μιας άλλης κατηγορίας γραμμικών τελεστών (μετασχηματισμών) σε αυτόν τον χώρο, των **μοναδιαίων τελεστών (unitary operators)**. Οι τελεστές αυτού του τύπου δεν αντιπροσωπεύουν φυσικά μεγέθη συνιστούν όμως ουσιώδες στοιχείο του μαθηματικού φορμαλισμού της θεωρίας διότι αποτελούν γενίκευση της απλούστερης γραμμικής απεικόνισης ενός διανυσματικού χώρου πάνω στον εαυτό του· της στροφής γύρω από έναν τυχόντα άξονα. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός μετασχηματισμού στροφής είναι ότι η δράση του διατηρεί αναλλοίωτο το μέτρο ενός διανύσματος και τις γωνίες μεταξύ δύο στραμμένων διανυσμάτων άρα και το εσωτερικό γινόμενο τους.

Πότε λοιπόν ένας γραμμικός τελεστής είναι μοναδιαίος; Όταν ο συζυγής του ισούται με τον αντίστροφό του. Δηλαδή όταν θελήσουμε να αναιρέσουμε τον μετασχηματισμό που προκαλεί ένας τελεστής U σε ένα καταστατικό διάνυσμα θα πρέπει να δράσουμε με τον συζυγή του, $U^{\dagger}$, προκειμένου να επιστρέψουμε στο αρχικό καταστατικό διάνυσμα. Με μαθηματικό συμβολισμό $U^{\dagger}=U^{-1}$, για τους οποίους ισχύει $U^{\dagger}*U=I$ όπου I ο ταυτοτικός τελεστής του οποίου η δράση διατηρεί ένα καταστατικό διάνυσμα αναλλοίωτο.

Απαιτείται ωστόσο και η ύπαρξη ενός ερμιτιανού τελεστή που θα περιγράφει το φυσικό μέγεθος «**ενέργεια**». Διότι η εμπειρία αποδεικνύει ότι αυτό το φυσικό μέγεθος ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο ένα σύστημα εξελίσσεται στον χρόνο. Δεδομένου ότι η ολική ενέργεια ενός φυσικού συστήματος συνίσταται από δύο μορφές ενέργειας, την κινητική ενέργεια των σωματιδίων του συστήματος και τη δυναμική του ενέργεια ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων εντός και εκτός του συστήματος, ο τελεστής «ενέργεια» είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι προκύπτει από την κλασική έκφραση της ολικής ενέργειας

$$E_{\text{ολ}}=H_{(\text{Χαμιλτονιανή})}=K+\Delta=\frac{(\vec{p})^2}{2m}+V(\vec{r})=\frac{p_x^2+p_y^2+p_z^2}{2m}+V(x,y,z)$$

αντικαθιστώντας τα βασικά φυσικά μεγέθη ορμής και θέσης με τους αντίστοιχους κβαντομηχανικούς τελεστές αυτών

$$x\rightarrow x \qquad \text{και} \qquad p_x\rightarrow -i\hbar\frac{\partial}{\partial x},\quad p_y\rightarrow -i\hbar\frac{\partial}{\partial y},\quad p_z\rightarrow -i\hbar\frac{\partial}{\partial z}\ .$$

Ο προκύπτων ερμιτιανός τελεστής $\hat{H}=\frac{-\hbar^2}{2m}\nabla^2+V(\vec{r})$ καλείται **χαμιλτονιανός τελεστής** και εκφράζει την ενέργεια ενός συστήματος ως δράση επί του καταστατικού διανύσματος στον χώρο Hilbert των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων. Στο παρόν κείμενο θα απαλείφουμε ορισμένες φορές το χαρακτηριστικό σύμβολο ενός τελεστή για λόγους απλούστευσης του κειμένου, χωρίς όμως να αποποιηθούμε την ιδιότητα του τελεστή.

Στις προηγούμενες ενότητες διαπιστώσαμε ότι το μοναδιαίο μέτρο ενός καταστατικού διανύσματος ήταν αναγκαίο για να ενσωματώσει όλες τις πιθανοτικές εκδηλώσεις ενός κβαντικού αντικειμένου. Συνεπώς αν θελήσουμε να περιγράψουμε κβαντομηχανικά την εξέλιξη ενός καταστατικού διανύσματος θα πρέπει αυτή να περιγραφεί μέσω ενός μοναδιαίου τελεστή του οποίου η δράση διατηρεί τα μέτρα των καταστατικών διανυσμάτων. Ο μοναδιαίος τελεστής λοιπόν που θα εκφράζεται μέσω της χαμιλτονιανής του συστήματος και θα καθορίζει την εξέλιξη του καταστατικού διανύσματος του συστήματος στον χώρο Hilbert, φέρει την ακόλουθη μορφή

$$U(t)=e^{\frac{-iHt}{\hbar}}$$

διαθέτοντας επιπροσθέτως τα ίδια ιδιοδιανύσματα-καταστάσεις με τον ερμιτιανό τελεστή Η της ενέργειας ως συνάρτηση του Η. Έτσι λοιπόν καταλήγουμε στη διάσημη εξίσωση του Schrödinger

$$|\psi_t\rangle=U(t)|\psi_0\rangle$$

όπου $|\psi_t\rangle$ το καταστατικό διάνυσμα του φυσικού συστήματος τη χρονική στιγμή t, και $|\psi_0\rangle$ το καταστατικό διάνυσμα την αρχική χρονική στιγμή t=0. Είναι φανερό ότι η χαμιλτονιανή Η αντιπροσωπεύει τον γεννήτορα μετατοπίσεων στον χρόνο. Η διατήρηση της ενέργειας συνδέεται με τη συμμετρία της χρονικής μετατόπισης με τον ίδιο τρόπο που η διατήρηση της ορμής απορρέει από τη συμμετρία της χωρικής μετατόπισης του συστήματος. Η ανωτέρω μορφή του δυναμικού νόμου που διέπει τη χρονική εξέλιξη μιας φυσικής κατάστασης καλείται **εικόνα του Schrödinger**. Επειδή όμως ο κβαντομηχανικός φορμαλισμός οικοδομείται επί ενός διανυσματικού χώρου όπου η μορφή αναπαράστασης ενός αντικειμένου (διάνυσμα ή τελεστής) εξαρτάται από την επιλεγείσα βάση διανυσμάτων, μπορούμε να έχουμε μια ποικιλία αναπαραστάσεων των κβαντικών αντικειμένων. Είναι δηλαδή δυνατόν να μεταβάλουμε τον τρόπο περιγραφής, χρησιμοποιώντας στη θέση των καταστάσεων $|\psi\rangle$ τις καταστάσεις $|\psi'\rangle=U|\psi\rangle$ και στη θέση των τελεστών Α τους τελεστές $A'=UAU\dagger$ όπου U τυχών μοναδιαίος τελεστής - δηλαδή $U^{\dagger}*U=I$ -, ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της κανονικοποίησης των καταστάσεων. Οι ανωτέρω μετασχηματισμοί φορμαλιστικών αντικειμένων (διανύσματα, τελεστές) είναι επιτρεπτοί διότι κανένα από αυτά δεν έχουν άμεσο φυσικό νόημα, παρά μόνο οι μέσες τιμές φυσικών μεγεθών που προκύπτουν από αυτά.

Ο Heisenberg προσπάθησε στον δυναμικό νόμο της εξέλιξης μιας φυσικής κατάστασης να μεταφέρει τη χρονική εξέλιξη από τις φυσικές καταστάσεις στους τελεστές. Ως μία από τις δυνατές εναλλακτικές περιγραφές που ο κβαντομηχανικός φορμαλισμός επιτρέπει, επέλεξε ως τελεστή μετασχηματισμού U τον e^{iHt}. Τότε οι νέες καταστάσεις κατά Heisenberg είναι οι $|\psi_H\rangle=e^{iHt}|\psi_t\rangle$ και όχι οι $|\psi_t\rangle$, οι οποίες όπως φαίνεται από τον μετασχηματισμό θα είναι ανεξάρτητες από τον χρόνο αφού $|\psi_H\rangle=e^{iHt}e^{-iHt}|\psi_0\rangle=|\psi_0\rangle$. Ενώ οι νέοι τελεστές θα δίνονται από τον τύπο $A_H(t)=e^{iHt}Ae^{-iHt}$ και θα εξαρτώνται, προφανώς, από τον χρόνο. Οι προηγούμενες σχέσεις ορίζουν τη λεγόμενη **εικόνα του Heisenberg**, σύμφωνα με την οποία η χρονική εξέλιξη φέρεται από τους τελεστές και όχι από το καταστατικό διάνυσμα που περιγράφει το σύστημα, η δυναμική είναι αποτυπωμένη στους τελεστές και όχι πλέον στα καταστατικά διανύσματα. Το φυσικό περιεχόμενο και των δύο εικόνων είναι βεβαίως το ίδιο αφού οι μέσες τιμές των φυσικών μεγεθών παραμένουν αμετάβλητες. Ενώ η μη-σχετικιστική κβαντική μηχανική διαμορφώνεται συνήθως με όρους της

εικόνας του Schrödinger, η εικόνα του Heisenberg συχνά προτιμάται για ένα σχετικιστικό πλαίσιο. Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να διατυπώσουμε το εξής αξίωμα.

Αξίωμα 4: «Η δυναμική ενός απομονωμένου κβαντικού συστήματος περιγράφεται από την εξίσωση του Schrödinger $\left|\psi_t\right\rangle = e^{\frac{-iHt}{\hbar}}\left|\psi_0\right\rangle$ όπου H η **Χαμιλτονιανή** του συστήματος δηλαδή ο ερμιτιανός τελεστής που σχετίζεται με την ολική ενέργεια.»

Η ανωτέρω όμως μορφή της εξίσωσης Schrödinger ίσως δεν θυμίζει την πιο διάσημη μορφή $i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = \hat{H}\psi$ όπου $\hat{H}$ ο χαμιλτονιανός τελεστής που εκφράζει την ολική ενέργεια του φυσικού συστήματος, η λύση της οποίας μας παρέχει την λεγόμενη μιγαδική κυματοσυνάρτηση **ψ(x)** η οποία χαρακτηρίζει το φυσικό σύστημα. Στην περίπτωση ενός κβαντικού αντικειμένου, οι «κυματικές» ιδιότητες της συνάρτησης ψ(x) προσέδιδαν μια κυματική φύση στο κατά τ' άλλα εντοπισμένο και αδιαίρετο χαρακτήρα του σωματιδίου που εκδηλωνόταν στην πρόσπτωση με κατάλληλες επιφάνειες. Ωστόσο οι κυματικές ιδιότητες της κυματοσυνάρτησης ψ(x) δεν δύνανται να ερμηνευθούν με όρους ενός συμβατικού κλασικού κύματος. Ένας λόγος είναι ότι οι λύσεις της εξίσωσης Schrödinger είναι υποχρεωτικά μιγαδικές και επομένως δεν είναι δυνατόν να αντιπροσωπεύουν μια μετρήσιμη φυσική διαταραχή. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι ότι η εξίσωση Schrödinger είναι πρώτης τάξης ως προς τον χρόνο ενώ η αντίστοιχη κλασική κυματική εξίσωση είναι δευτεροτάξια. Αυτό συνεπάγεται ότι για τον πλήρη καθορισμό της λύσης της εξίσωσης Schrödinger αρκεί να γνωρίζουμε μόνο την αρχική μορφή ψ(r,t=0) της κυματοσυνάρτησης, ενώ για την κλασική κυματική εξίσωση[50] χρειαζόμαστε όχι μόνο την αρχική μορφή $u(r,0)=f(r)$ αλλά και την αρχική ταχύτητα όλων των σημείων του παλλόμενου σώματος $u_t(r,0)=g(r)$. Έτσι οδηγούμαστε στην περίφημη πλέον στατιστική ερμηνεία της ψ (Born 1926). Η κυματοσυνάρτηση δεν αντιπροσωπεύει ένα φυσικά παρατηρήσιμο κλασικό κύμα αλλά ένα «**κύμα πιθανότητας**». Το τετράγωνο της απόλυτης τιμής της κυματοσυνάρτησης παρέχει την πυκνότητα πιθανότητας – δηλαδή την πιθανότητα ανά μονάδα μήκους (ή όγκου) – να εντοπίσουμε το σωματίδιο σε μια περιοχή του χώρου.

Πώς μπορούν οι δύο περιγραφές της κατάστασης ενός κβαντικού σωματίδιου ως διάνυσμα σε έναν χώρο Hilbert και ως «κυματοσυνάρτηση ψ(x)» να αποτελούν ισοδύναμες περιγραφές; Το βασικό πλεονέκτημα του συμβολισμού του Dirac έγκειται στη χρησιμοποίηση αφηρημένων καταστατικών διανυσμάτων ανεξάρτητων από οποιαδήποτε εκλογή βάσης στο χώρο (Hilbert). Έτσι παρέχεται η ευχέρεια να επιλέξει

---

50 $\nabla^2 u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$,όπου u(x,t) η μετατόπιση του σημείου χ από τη θέση ισορροπίας κατά τη χρονική στιγμή t.

κανείς «ανά πάσα στιγμή» οποιαδήποτε βάση κρίνει κατάλληλη. Στην κβαντομηχανική, βεβαίως, οι χρησιμοποιούμενες βάσεις αποτελούνται από τα ιδιοδιανύσματα ενός πλήρους συστήματος φυσικών μεγεθών και η συνηθέστερη εκλογή είναι οι τρεις συνιστώσες του διανύσματος της θέσης. Περιοριζόμενοι για απλότητα στη μονοδιάστατη περίπτωση η σχετική εξίσωση ιδιοτιμών του τελεστή θέσης $\hat{\chi}$, $\hat{\chi}|x\rangle = x|x\rangle$ παρέχει ένα άπειρο σύνολο ιδιοδιανυσμάτων θέσης $|x\rangle$ στον καταστατικό χώρο Hilbert. Όμως γνωρίζουμε ότι το σύνολο των ιδιοδιανυσμάτων ενός ερμιτιανού τελεστή αποτελεί μια πλήρη βάση για τον διανυσματικό χώρο Hilbert. Το τυχόν καταστατικό διάνυσμα-θέσης $|\psi\rangle$ θα αναπαριστάνεται από τις συντεταγμένες του c(x) που δίνονται από το εσωτερικό γινόμενο $c(x) = \langle x|\psi\rangle$ το οποίο εκφράζει το πλάτος πιθανότητας θέσης του σωματιδίου και ταυτίζεται βεβαίως με τη γνωστή μας κυματοσυνάρτηση θέσης ψ(χ). Θα είναι λοιπόν

$$\psi(x) = \langle x|\psi\rangle$$

οπότε η ψ(x) δεν είναι παρά η αναπαράσταση συντεταγμένων του αφηρημένου καταστατικού διανύσματος $|\psi\rangle$ στη βάση των ιδιοκαταστάσεων της θέσης. Εντελώς ανάλογα, αν ως βάση επιλεγούν τα ιδιοδιανύσματα $|p\rangle$ της ορμής, το αφηρημένο ket $|\psi\rangle$ θα αναπαριστάνεται από την κυματοσυνάρτηση ορμής $\psi(p) = \langle p|\psi\rangle$.

2.11 Μη τοπικότητα και συζευξιμότητα

Παρά τη δυνατότητα της φορμαλιστικής μη διακρισιμότητας, μπορεί κάποιος να εφαρμόσει τον φορμαλισμό για ένα συγκεκριμένο σωματίδιο; Ο Dirac ήδη είχε υποδείξει το 1930 στο βιβλίο του «The Principles of Quantum Mechanics» (Dirac 1930, σ. 7) τη θεωρητική εφαρμογή του σε μεμονωμένο φωτόνιο. Ωστόσο οι ασύμβατες συμπεριφορές του σωματιδίου και του κύματος που εκδηλώνονταν σε αντίστοιχα πειράματα φαίνονται να δημιουργούν αντίφαση αν αποδοθούν σε συγκεκριμένα καθέκαστα σωματίδια ή συστήματα. Έτσι η μόνη επιλογή συμφιλίωσης φαίνεται να είναι η εγκατάλειψη του ενδιαφέροντος για μεμονωμένα συμβάντα καθέκαστων σωματιδίων και η αποδοχή της στατιστικής οπτικής ενός πειράματος όπως αυτό εφαρμόζεται σε ένα σύνολο κβαντικών αντικειμένων, θέση που χαρακτήριζε τον Einstein σε όλη την πορεία του επιστημονικού του έργου. Έπρεπε λοιπόν να ελεγχθεί αν ο φορμαλισμός περιγράφει μεμονωμένα φυσικά συστήματα κατά τρόπο πλήρη, δηλαδή αν περιγράφει επαρκώς όλες τις πτυχές που χαρακτηρίζουν την εξατομίκευσή τους. Μια από τις πιο γνωστές προσπάθειες αυτού του ελέγχου αποτέλεσε και το νοητικό πείραμα των EPR (Einstein, Podolsky and Rosen 1935), θέτοντας τον προβληματισμό ως εξής: Εάν κάποιος μπορεί να χαρακτηρίσει ένα μεμονωμένο κβαντικό σύστημα, το καταστατικό διάνυσμα του φορμαλισμού θα πρέπει να αναπαριστά αυτόν τον χαρακτηρισμό. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό λόγω κάποιας ιδιαιτερότητας του φορμαλισμού, τότε η επιτυχία του φορμαλισμού θα πρέπει να αποδοθεί αποκλειστικά σε στατιστικούς λόγους.

Η δομή του επιχειρήματος διαμορφώθηκε ως εξής: Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύστημα **(I)** το οποίο συσχετίσθηκε με ένα άλλο σύστημα **(II)**[51] κάποια στιγμή χωρίς όμως να υφίσταται δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ τους στην διάρκεια Δt του πειράματος. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί επιλέγοντας μια απόσταση Δs μεταξύ των (I) και (II) έτσι ώστε να είναι πάντα μεγαλύτερη από τη διαδρομή που διανύει το φως στον χρόνο διεξαγωγής Δt του πειράματος. Η συσχέτιση τους εκφράστηκε μέσα από τη διατήρηση ενός φυσικού μεγέθους (A) το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των συστημάτων μας. Και αυτή ακριβώς η συσχέτιση είναι εκείνη που μας δίνει την δυνατότητα να καθορίσουμε την κατάσταση του συστήματος π.χ. (II) χωρίς να το διαταράξουμε μέσω μέτρησης, συμπεραίνοντας την από την μέτρηση της κατάστασης του συστήματος (I). Ο φορμαλισμός όμως της κβαντικής μηχανικής διαμερίζει το σύνολο των υπόλοιπων φυσικών μεγεθών σε μεγέθη συμβατά με το (A) και μεγέθη ασύμβατα με το (A). Υπενθυμίζουμε ότι η ταυτόχρονη μέτρηση ασύμβατων μεγεθών είναι καταρχήν αδύνατη και στερεί οποιαδήποτε δυνατότητα απόδοσης νοήματος σε ένα ασύμβατο ως προς το (A) μέγεθος (B) για το ίδιο σύστημα (I) από την στιγμή που η μέτρηση του (A) διαταράσσει με μη αντιστρεπτό τρόπο την

51 π.χ. όταν ένα σωματίδιο με σπιν μηδέν διασπαστεί σε δύο άλλα σωματίδια, η αρχή διατήρησης της στροφορμής επιβάλλει το σύστημα των δύο σωματιδίων να διατηρήσει το συνολικό σπιν μηδέν αναπτύσσοντας μεταξύ τους αντίθετα διανύσματα σπιν. Άλλο παράδειγμα είναι η εκπομπή δύο φωτονίων από το ίδιο άτομο κατά την αποδιέγερση του, έχοντας ως ολικό σύστημα πάντα κάθετες πολώσεις μεταξύ τους.

κατάσταση του (I) και κατ' επέκταση το αρχικό σύστημα. Η μέτρηση του (B) ακολούθως δεν θα αφορούσε το αρχικό σύστημα (I) αλλά το διαταραγμένο λόγω της μέτρησης του (A). Έτσι έχοντας κατά νου ότι κάθε μέτρηση στο (I) αποδίδει στο (II) και ένα καταστατικό διάνυσμα λόγω της συσχέτισης τους, ο Einstein διατύπωσε την εξής απορία: Ξέρουμε ότι αν μετρήσουμε το μέγεθος (A) στο σύστημα (I) ο φορμαλισμός θα αποδώσει ακαριαία ένα καταστατικό διάνυσμα στο σύστημα (II) λόγω της συσχέτισης τους. Εναλλακτικά αν μετρήσουμε το ασύμβατο ως προς το (A) μέγεθος (B) στο σύστημα (I) τότε ο φορμαλισμός θα αποδώσει ακαριαία ένα διαφορετικό της πρώτης περίπτωσης καταστατικό διάνυσμα στο σύστημα (II) λόγω της συσχέτισης τους. Αλλά μιας και υποθέσαμε ότι το σύστημα (I) είναι αρκετά μακριά από το σύστημα (II) ώστε στο χρόνο διεξαγωγής του πειράματος μας να μην προλάβει να ενημερωθεί το σύστημα (II) σχετικά με το τι είδους μέτρηση έχουμε τελικά κάνει στο (I), φαίνεται ότι ο φορμαλισμός για να μπορεί να αποδίδει ακαριαία τα διαφορετικά καταστατικά διανύσματα στο σύστημα (II) - ανάλογα με την μέτρηση που γίνεται στο σύστημα (I) - θα πρέπει αυτά να προϋπάρχουν των μετρήσεων. Όμως η απόδοση δύο καταστατικών διανυσμάτων για το ίδιο σύστημα προφανώς εκδηλώνει μια φορμαλιστική αδυναμία και ο αρχικός ισχυρισμός της κβαντικής μηχανικής ότι ένα καταστατικό διάνυσμα στο χώρο Hilbert αποτελεί πλήρη περιγραφή για ένα μεμονωμένο σύστημα παρουσιάζεται ψευδής.

Αυτό ακριβώς το επιχείρημα οδηγεί τον Einstein στο συμπέρασμα ότι για να αποφύγει κάποιος να ακυρώσει έναν κατά τα άλλα πετυχημένο ως προς τις προβλέψεις φορμαλισμό, θα αναγκαστεί να επιλέξει ανάμεσα σε δύο ερμηνείες. Είτε θα πρέπει να δεχθεί την ύπαρξη μιας μυστηριώδους δράσης από απόσταση που υπερβαίνει οποιαδήποτε φυσικά όρια και μέσα διάδοσης (Born 1971, σ. 158), είτε θα πρέπει να δεχθεί ότι ο επιτυχής φορμαλισμός της κβαντικής μηχανικής σχετίζεται αποκλειστικά με συλλογές κβαντικών αντικειμένων και όχι μεμονωμένα κβαντικά συστήματα (Born 1971, σ. 209), επιλογή που συνηγορεί υπέρ της μη πληρότητας της κβαντικής μηχανικής και την οποία υιοθέτησε ο Einstein.

Μάλιστα ο ανωτέρω συλλογισμός του Einstein φαινόταν τόσο έγκυρος που οδήγησε τον Dirac να δηλώσει ότι «τώρα πρέπει να ξεκινήσουμε από την αρχή, επειδή ο Einstein απέδειξε ότι [η κβαντική θεωρία] δεν λειτουργεί» (Kumar 2008, σ. 320). Όμως ο Bohr διαπίστωσε ότι το επιχείρημα των EPR οικοδομήθηκε σε προϋποθέσεις που δεν ήταν μέρος του κβαντικού φορμαλισμού ούτε της μεταφυσικής που αυτός υποδήλωνε. Ο Einstein ως καθαρόαιμος ρεαλιστής θεώρησε προϋπόθεση για την ερμηνεία του νοητικού του πειράματος την αποδοχή των βασικών αρχών της **διαχωρισιμότητας** και της **τοπικότητας**:

> "οι έννοιες της φυσικής αφορούν ένα πραγματικό εξωτερικό κόσμο, δηλαδή, οι ιδέες καθιερώνονται αναφορικά με πράγματα όπως σώματα, πεδία, κτλ, που διεκδικούν μια «πραγματική ύπαρξη» ήτοι ανεξάρτητη από το προσλαμβάνον υποκείμενο – ιδέες οι οποίες, αφ'ετέρου, έχουν συγκροτηθεί σε μια όσο το δυνατόν πιο ασφαλή σχέση με τα αισθητηριακά δεδομένα. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό αυτών των φυσικών αντικειμένων είναι ότι νοούνται ως διατεταγμένα εντός ενός χωροχρονικού συνεχούς. Ουσιώδης πτυχή αυτής της διάταξης των πραγμάτων στη φυσική είναι ότι διεκδικούν, σε μια δεδομένη

στιγμή, μια ύπαρξη ανεξάρτητη του ενός από το άλλο, υπό την προϋπόθεση ότι αυτά τα αντικείμενα «βρίσκονται σε διαφορετικά τμήματα του χώρου». Εάν κάποιος δεν κάνει αυτού του είδους την υπόθεση ως προς την ανεξαρτησία της ύπαρξης των αντικειμένων που τίθενται μακριά στον χώρο το ένα από το άλλο – το οποίο πηγάζει πρωταρχικά από τον κοινό νου – τότε ο φυσικός συλλογισμός στην οικεία του μορφή δεν θα ήταν δυνατός.[..] Η ακόλουθη ιδέα χαρακτηρίζει την ανεξαρτησία των σχετικά απομακρυσμένων ως προς τον χώρο αντικειμένων (A και B): η εξωτερική επίδραση στο A δεν έχει καμμία άμεση επίδραση στο B· αυτή είναι γνωστή ως η «**αρχή της γειτνίασης**», η οποία χρησιμοποιείται με συνέπεια μόνο στη θεωρία πεδίου. Εάν αυτό το αξίωμα έπρεπε να καταργηθεί τελείως, τότε η ιδέα της ύπαρξης (οιονεί-) κλειστών συστημάτων, και ως εκ τούτου η αξιωματικοποίηση νόμων που δύνανται να ελεγχθούν εμπειρικά υπό την αποδεκτή έννοια, θα καθίστατο αδύνατη." (Einstein 1948 in Born 1971, σ. 170,171)

Ήταν αυτές οι αρχές - τις οποίες ο Einstein αποσαφήνισε στην αλληλογραφία του με τον Born το 1948 – που αποτέλεσαν το μεταφυσικό υπόβαθρο για τη διαμόρφωση του «κριτηρίου της πραγματικότητας» ως τη βάση πάνω στην οποία οικοδόμησε το επιχείρημα της αποδυνάμωσης του κβαντικού φορμαλισμού:

«Εάν, χωρίς να διαταράξουμε με οποιονδήποτε τρόπο ένα σύστημα, μπορούμε να προβλέψουμε με βεβαιότητα την τιμή μιας φυσικής ποσότητας, τότε υπάρχει ένα στοιχείο της φυσικής πραγματικότητας που αντιστοιχεί σε αυτήν τη φυσική ποσότητα.» (Einstein, Podolsky and Rosen 1935, σ. 777)

Το συγκεκριμένο κριτήριο που χρησιμοποίησε ο Einstein μαζί με τους Podolsky και Rosen αποδέχεται ότι οι ιδιότητες που συνιστούν την ύπαρξη ενός στοιχείου της πραγματικότητας είναι ανεξάρτητες από το εάν επιχειρείται ή όχι οποιαδήποτε μέτρηση επ' αυτών. Η συγκεκριμένη όμως παραδοχή – αν και αληθοφανής – δεν υποδηλωνόταν από το μεταφυσικό υπόβαθρο του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής. Όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει, ο Bohr από την αρχή της γέννησης του φορμαλισμού ανέδειξε την αρχή της **συμπληρωματικότητας** ως κύρια υπεύθυνη για τον καθορισμό των ιδιοτήτων των στοιχείων της πραγματικότητας. Οι ιδιαίτερες συνθήκες υπό τις οποίες διερευνάται το κβαντικό αντικείμενο συν-καθορίζουν τις ιδιότητες που θα φέρει αυτό ως υπαρκτό εξατομικευμένο στοιχείο της πραγματικότητας. Αν και αποδέχτηκε ότι δεν υφίσταται κάποιου είδους μηχανική διατάραξη του συστήματος (II) από τη διαδικασία της μέτρησης στο σύστημα (I), ωστόσο θεώρησε ότι τίθεται το «ερώτημα της επιρροής επί των συνθηκών που καθορίζουν τους δυνατούς τύπους προβλέψεων όσον αφορά τη μελλοντική συμπεριφορά του συστήματος» (II) (Bohr 1935, σ. 700). Με αυτόν τον τρόπο ο Bohr αποδυνάμωσε το επιχείρημα των EPR επισημαίνοντας επί της ουσίας ότι δεν μπορεί κάποιος να προσπαθεί να καταρρίψει μια θεωρία στη βάση μεταφυσικών δεσμεύσεων που δεν υποδεικνύονται από την ίδια τη θεωρία. Παράλληλα όμως ήγειρε τη δυνατότητα μη τοπικών δράσεων που υπερβαίνουν το σχετικιστικό όριο της ταχύτητας του φωτός, δυνατότητα που αξιοποίησε ο Schrödinger και χρησιμοποίησε με τον γνωστό όρο «**συζευξιμότητα**» (entanglement) στην διάρκεια του ίδιους έτους (1935):

> «Οποιαδήποτε **σύζευξη** των προβλέψεων που λαμβάνουν χώρα μπορεί να αναχθεί στο γεγονός ότι τα δύο σώματα σε κάποιον προγενέστερο χρόνο σχημάτισαν υπό μια πραγματική έννοια ένα σύστημα, δηλαδή αλληλεπέδρασαν, και άφησαν πίσω τους ίχνη το ένα στο άλλο.» (Schrödinger 1935a, σ. 161)

> "Δεν θα το αποκαλούσα απλώς ένα αλλά μάλλον «το» χαρακτηριστικό γνώρισμα της κβαντικής μηχανικής, εκείνο που επιβάλλει την πλήρη παρέκκλιση από τις κλασικές οδούς σκέψης." (Schrödinger 1935b, σ. 555)

Στην απουσία όμως θεωρητικών όπως και πειραματικών αποδείξεων, δύσκολα θα μπορούσε να πεισθεί ένας ορκισμένος ρεαλιστής όπως ο Einstein για την αποτυχία - έστω και μερική - των αρχών της διαχωρισιμότητας και της τοπικότητας. Μετά τον θάνατό του, όμως, επιπλέον πρόοδος υπήρξε ως προς την αποσαφήνιση των παραδόξων που είχε παραγάγει η κβαντική μηχανική. Η θεωρητική υποστήριξη ήλθε από τον Bell το 1964 με το άρθρο ορόσημο «On the Einstein Podolsky Rosen Paradox» (Bell 1964) όπου απέδειξε την ύπαρξη αντίφασης μεταξύ της αρχής της τοπικής διαχωρισιμότητας και των εμπειρικά επιβεβαιωμένων προβλέψεων της κβαντικής μηχανικής για συστήματα δύο συσχετισμένων σωματιδίων και παρήγαγε εκείνες τις σχέσεις (ανισότητες Bell) μέσω των οποίων κατέστη εμφανής η διάκριση μεταξύ της υπόθεσης της τοπικής διαχωρισιμότητας και της κβαντικής θεωρίας. Έτσι οποιαδήποτε θεωρία ρεαλιστικού τύπου αποδέχεται ότι η ύπαρξη «κρυμμένων» μεταβλητών – εξαρτώμενες από τις ρεαλιστικές αρχές της τοπικότητας και της διαχωρισιμότητας - είναι υπεύθυνες για την επιτυχία της κβαντικής μηχανικής, θα πρέπει να συμφωνεί με τις ανισότητες Bell. Ανισότητες που ωστόσο δεν ικανοποιούνται από τα εμπειρικά ευρήματα της κβαντικής μηχανικής. Έκτοτε πλήθος πειραματικών διαδικασιών συνηγορούν υπέρ των κβαντικών φαινομένων που ανέδειξε η κβαντική θεωρία. Το ιδιαίτερο φαινόμενο της συζευξιμότητας και η παραβίαση των ανισοτήτων Bell επετεύχθει για πρώτη φορά με το πείραμα των Freedman και Clauser το 1972 (Freedman and Clauser 1972) και επιβεβαιώθηκε με υψηλότερη ακρίβεια με την εκτέλεση του πειράματος από τον Alain Aspect (Aspect et al. 1981, 1982). Παράλληλα η άλλοτε αποκλειστικά στατιστική ερμηνεία της επιτυχίας της κβαντικής μηχανικής επί συλλογών κβαντικών αντικειμένων επερωτήθηκε από την επιτυχή διεκπεραίωση του πειράματος των δύο σχισμών με ρυθμό διέλευσης **ενός** ηλεκτρονίου κάθε φορά το 1974 από τον Pier Giorgio Merli (Merli et al. 1974, 1976) και την μετέπειτα επιβεβαίωση με πειράματα συμβολομετρίας και με άλλα είδη κβαντικών σωματιδίων. Ακόμα και η «εξωτική» κατάσταση της υπέρθεσης ως την κατάσταση συνύπαρξης διαφορετικών δυνητικοτήτων - συνηγορώντας έτσι στην αποδοχή οντικών δυνητικοτήτων (Karakostas 2007) - κατέστη εφικτό να παρατηρηθεί μέσα από το ερευνητικό έργο των Wineland και Haroche για το οποίο βραβεύτηκαν με το Nobel του 2012 (Wineland and Haroche 2012).

Πράγματι ο φορμαλισμός της κβαντικής μηχανικής μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα κβαντικό σωματίδιο. Πράγματι μπορεί να εξηγηθεί η κυματική φύση ενός σωματιδίου στην παρουσία επιλογών (welcher-weg) - όπως αυτές αναπαρίστανται από διανύσματα του χώρου Hilbert – από το διανυσματικό συνδυασμό αυτών των

επιλογών δημιουργώντας έτσι καταστάσεις που εμποδίζουν καταρχήν την απόκτηση σταθερής γνώσης για τη φυσική πραγματικότητα. Ταυτόχρονα μπορεί να εξηγηθεί η εκδήλωση ασύμβατων μεταξύ τους φύσεων στην παρουσία κατάλληλων συνθηκών που παρέχει το εκάστοτε περιβάλλον, εκδήλωση που δεν προκαθορίζεται απλώς από την παρουσία των συνθηκών υπό το αιτιοκρατικό μοτίβο «όταν παρουσιαστούν αυτές οι συνθήκες θα εκδηλωθεί ακριβώς αυτή η συμπεριφορά». Τουναντίον οι συνθήκες δύνανται μόνο να καθορίσουν το είδος της εκδήλωσης που θα λάβει χώρα και όχι τον ακριβή τρόπο εκδήλωσης αυτού, γεγονός που εισάγει το πιθανοκρατικό στοιχείο ως εγγενές στοιχείο της περιγραφής της φυσικής πραγματικότητας.

2.12 Πειραματική επιβεβαίωση της συζευξιμότητας και της μη τοπικότητας

Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε το εννοιολογικό βάθος της αρχής της συζευξιμότητας, επιβάλλεται να την παρουσιάσουμε μέσα από ένα παράδειγμα πειραματικής επιβεβαίωσης της συγκεκριμένης αρχής. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το φως μπορεί να αποτελέσει αντιπροσωπευτικό παράδειγμα κβαντικής οντότητας, γι' αυτό και το πειραματικό πλαίσιο που θα χρησιμοποιήσουμε αφορά το φως. Αρχικά θα επιχειρήσουμε να το περιγράψουμε μέσα από την κυματική του φύση όπως αυτή εκδηλώνεται σε πληθώρα πειραμάτων όπως και στο πείραμα των δύο σχισμών, για να μπορέσουμε να αντιληφθούμε μια συγκεκριμένη ιδιότητα του, την **πόλωση**.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το φως μπορεί να κατανοηθεί ως κυματισμός ενός άυλου πεδίου. Ένα απλό μοντέλο περιγραφής του μπορεί να αποτελέσει η περιοδική ταλάντωση ενός φορτισμένου σωματιδίου που διεγείρει σε ταλαντώσεις το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο που το περιβάλλουν. Ως εκ τούτου η ενέργεια ταλάντωσης του σωματιδίου διαδίδεται ως διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον χώρο. Πώς ακριβώς μπορούμε να φανταστούμε αυτά τα ταλαντούμενα μαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία;

Όπως φαίνεται καθαρά, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ταλαντώνεται σε δύο διευθύνσεις. Τα διανύσματα της έντασης του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι πάντοτε κάθετα μεταξύ τους. Τα δύο πεδία

ταλαντώνονται σε φάση, δηλαδή σε ίσους χρόνους έχουν πάντα την ίδια απομάκρυνση (από την θέση ηρεμίας) και τέμνουν ταυτόχρονα τον άξονα. Έτσι, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο του κύματος ταλαντώνονται πάντα κάθετα μεταξύ τους, ενώ είναι επίσης κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Επομένως, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι (όπως και τα κύματα μιας χορδής ή τα υδάτινα κύματα) **εγκάρσια κύματα**, των οποίων η διεύθυνση ταλάντωσης είναι κάθετη στην διεύθυνση διάδοσης του κύματος, σε αντίθεση με τα διαμήκη κύματα (π.χ. τα ηχητικά κύματα), των οποίων η διεύθυνση ταλάντωσης συμπίπτει με τη διεύθυνση διάδοσης. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα των εγκάρσιων κυμάτων είναι ότι διαθέτουν μια ιδιότητα που ονομάζεται **πόλωση**. Αν το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος ταλαντώνεται σε ένα επίπεδο, τότε το κύμα είναι γραμμικά πολωμένο. Το φως του ήλιου, για παράδειγμα, δεν είναι πολωμένο. Η μελέτη της πόλωσης, θα μας βοηθήσει να αναδείξουμε μια πολύ σημαντική αρχή της κβαντικής θεωρίας, την **κβαντική συζευξιμότητα** (quantum entanglement).

Υπενθυμίζουμε λοιπόν, ότι **γραμμικά** ή **επίπεδα πολωμένο** φως, καλούμε εκείνο το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του βρίσκεται πάντα στο ίδιο επίπεδο, το **επίπεδο πόλωσης**. Η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου καλείται **διεύθυνση πόλωσης**[52]**.** Μπορούμε να δημιουργήσουμε πολωμένο φως με διάφορους τρόπους. Ο ευκολότερος τρόπος είναι να μετατρέψουμε το κοινό φως σε πολωμένη δέσμη χρησιμοποιώντας ειδικά υλικά γνωστά ως «polaroid». Αυτά είναι λεπτά φύλλα από νιτροκυτταρίνη που στο εσωτερικό της έχουν ενσωματωθεί εξαιρετικά λεπτοί κρύσταλλοι και μπορούν να «φιλτράρουν» κατά κάποιο τρόπο όλες τις διευθύνσεις ταλάντωσης του φωτός εκτός από μία, της πόλωσης. Κατά την πρόσπτωση φυσικού μη πολωμένου φωτός σε φύλλο polaroid, το φως που εξέρχεται από την άλλη πλευρά του φύλλου είναι πολωμένο αλλά η ένταση του είναι περίπου η μισή από εκείνη της προσπίπτουσας δέσμης. Η διεύθυνση πόλωσης του εξερχόμενου φωτός είναι πάντα σταθερή και συμπίπτει με μια χαρακτηριστική διεύθυνση του φύλλου που την ονομάζουμε άξονα του polaroid.

52 Η ιδέα της πόλωσης είναι περισσότερο οικεία σε όσους ασχολούνται με τη λήψη ραδιοφωνικών ή τηλεοπτικών σημάτων. Για να πετύχουμε στο δέκτη μας καλό σήμα πρέπει να προσανατολίσουμε το δίπολο της κεραίας παράλληλα προς τη διεύθυνση πόλωσης των ραδιοκυμάτων. Μ'αυτόν τον τρόπο το ηλεκτρικό πεδίο αναπτύσει ένα ρεύμα στην κεραία που μέσω αυτής διοχετεύεται στο δέκτη.

Το polaroid μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για να βρούμε τη διεύθυνση πόλωσης φωτός που είναι ήδη πολωμένο: απλούστατα, περιστρέφουμε το φύλλο αργά ώσπου από την άλλη πλευρά του να εμφανιστεί φως με ένταση ίση με αυτή της προσπίπτουσας δέσμης. Πρέπει να τονίσουμε ότι για την έξοδο του φωτός δεν είναι υποχρεωτικός ο παραλληλισμός του άξονα του polaroid με τη διεύθυνση πόλωσης. Το φως εξαφανίζεται τελείως όταν οι δύο άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους. Το κλάσμα του εξερχόμενου φωτός αυξάνει κανονικά καθώς το polaroid στρέφεται, και παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν οι δύο άξονες γίνουν παράλληλοι.

Ένας άλλος τρόπος για να προκαλέσουμε πόλωση του φωτός είναι να χρησιμοποιήσουμε έναν **κρύσταλλο ασβεστίτη** που έχει την ιδιότητα να χωρίζει το φως σε δύο συνιστώσες με κάθετη πόλωση μεταξύ τους. Σε αντίθεση με το polaroid που απορροφά τη συνιστώσα που είναι κάθετη στον άξονα του, ο κρύσταλλος του ασβεστίτη επιτρέπει τη διέλευση όλου του φωτός, αλλά τώρα οι συνιστώσες εξέρχονται κατά μήκος διαφορετικών δρόμων. Η συνολική ένταση του φωτός που εξέρχεται με τις δύο δέσμες είναι ίση με αυτή του προσπίπτοντος φωτός.

Στην ανωτέρω περιγραφή της πόλωσης του φωτός, η κυματική περιγραφή του φωτός ήταν κυρίαρχη. Έτσι εκ πρώτης όψεως, η πόλωση φαίνεται ως αποκλειστικά κυματική ιδέα που δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε διακριτά φωτόνια. Όμως είναι σημαντικό να θυμηθούμε πως ορίσαμε αρχικά το σπιν ενός κβαντικού σωματιδίου. Τι σημαίνει ένα σωματίδιο έχει σπιν s; Ένα σωματίδιο έχει σπιν s όταν το πέρασμα μιας δέσμης τέτοιων σωματιδίων μέσα από μια συσκευή Stern-Gerlach δίνει 2s+1 ίχνη. Η παραπάνω περιγραφή όμως διαμορφώνει τη βασική αντίληψη της κβαντομηχανικής για τον ορισμό των φυσικών μεγεθών: *Στην κβαντομηχανική τα φυσικά μεγέθη ορίζονται με τον τρόπο που μετρώνται.* Έτσι μπορούμε να αποκτήσουμε έναν λειτουργικό ορισμό της πόλωσης ενός φωτονίου. Από την στιγμή που η σωματιδιακή φύση του φωτός στο πείραμα των δύο σχισμών μπορεί να αποτυπωθεί στην τελική φωτογραφική επιφάνεια μέσω μιας πολύ «ασθενής» έντασης δέσμη φωτός, αν κατευθύνουμε μια παρόμοια δέσμη σε έναν πολωτή-ασβεστίτη, οι δύο εξερχόμενες δέσμες μπορούν να καταλήξουν σε κατάλληλους ανιχνευτές που είναι σχεδιασμένοι

να απαριθμούν διακριτά φωτόνια. Επειδή τα φωτόνια ακολουθούν τη μία ή την άλλη οδό (εφόσον δεν μπορούν να κατευθυνθούν πουθενά αλλού), μπορούμε να δεχτούμε ότι η πόλωση είναι ιδιότητα καθενός διακριτού φωτονίου και να ονομάσουμε τα φωτόνια που εξέρχονται από την μία οδό «οριζόντια πολωμένα», ενώ όσα αναδύονται από την άλλη οδό «κατακόρυφα πολωμένα». Μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την ορθότητα της συλλογιστικής αν αντί να ανιχνεύσουμε απευθείας τα φωτόνια, κάνουμε και άλλες μετρήσεις της πόλωσης τους χρησιμοποιώντας επιπλέον πολωτές-ασβεστίτη, όπου όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα πολωμένα φωτόνια εξέρχονται από τις αντίστοιχες οδούς των δεύτερων πολωτών. Έτσι φτάνουμε σε ότι ονομάζουμε **λειτουργικό ορισμό** της πόλωσης του φωτονίου. Δηλαδή, ακόμη και αν δεν είμαστε σε θέση να πούμε τι είναι η πόλωση, μπορούμε ωστόσο να την ορίσουμε με βάση τους χειρισμούς που πρέπει να κάνουμε για να τη μετρήσουμε όπως περιγράψαμε παραπάνω[53].

Ήρθε όμως η στιγμή να γίνει ακόμα πιο φανερή η κβαντική φύση ενός φωτονίου. Έχουμε πάντα υπόψη ότι τα κβαντικής φύσεως αντικείμενα είναι κατά βάση μη προβλέψιμα στην συμπεριφορά τους. Και αυτό ακριβώς συμβαίνει όταν ένα πολωμένο φωτόνιο υπό γωνία 45° πλησιάζει σ' έναν πολωτή-ασβεστίτη προσανατολισμένο ως προς το οριζόντιο και το κατακόρυφο επίπεδο. Είναι αδύνατο να προβλέψουμε το αποτέλεσμα, δηλαδή την οδό απ' όπου θα εξέλθει. Το εξαγόμενο της μέτρησης είναι πιθανοκρατικό. Ξέρουμε βέβαια ότι αν χρησιμοποιήσουμε πολλά φωτόνια, από κάθε οδό θα εμφανιστούν κατά μέσο όρο τα μισά, ενώ αν περιοριστούμε σε ένα μόνο φωτόνιο, η συμπεριφορά του είναι εντελώς τυχαιοκρατική.

53 Στο παρόν κείμενο δεν αναφερθήκαμε σε έννοιες κυκλικής πόλωσης, γιατί αυτό θα ξέφευγε από τους στόχους μας, που είναι η απλή παρουσίαση ενός σημαντικού φαινομένου, της συζεύξιμότητας.

Αυτή η έλλειψη προβλεψιμότητας οφείλεται στο γεγονός ότι το φως αποτελείται από φωτόνια, ενώ, αν το κυματικό μοντέλο ήταν το μόνο αληθινό, δεν θα προέκυπτε τέτοιο θέμα γιατί ένας πολωτής-ασβεστίτη επιτρέπει να περάσει από κάθε οδό του το μισό ενός κύματος πολωμένου υπό γωνία 45°. Στην περίπτωση του φωτονίου, η απροσδιοριστία προκύπτει από το ότι το φωτόνιο είναι προφανώς υποχρεωμένο να διέλθει είτε από τη μία είτε από την άλλη οδό.

Γενικεύοντας τα ανωτέρω για οποιαδήποτε γωνία θ και περιγράφοντας σχηματικά πιο απλά τον πολωτή-ασβεστίτη, αποδεικνύεται ότι αν ο άξονας πόλωσης ενός γραμμικού πολωτή σχηματίζει γωνία θ με τον άξονα της πόλωσης ενός φωτονίου τότε η πιθανότητα διέλευσης είναι $\cos^2\theta$.

Με τη βοήθεια της ανωτέρω κβαντικής συμπεριφοράς ενός φωτονίου, θα μπορέσουμε να περιγράψουμε τις συναρπαστικές ιδιότητες της συζευξιμότητας και της μη τοπικότητας. Ας θεωρήσουμε ένα φυσικό σύστημα αποτελούμενο από άτομα, στο οποίο σημειώνεται η μετάβαση ενός ατόμου από μια διεγερμένη κατάσταση στη θεμελιώδη, με αποτέλεσμα την άμεση και διαδοχική εκπομπή δύο φωτονίων. Τα μήκη κύματος αυτών των φωτονίων είναι διαφορετικά, αντιστοιχούν δηλαδή σε δύο διαφορετικά χρώματα (ας πούμε κόκκινο και πράσινο). Η σημαντικότερη ιδιότητα τους όμως είναι ότι οι πολώσεις τους είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους. Αν το «κόκκινο» φωτόνιο είναι κατακόρυφα πολωμένο, τότε το «πράσινο» είναι οριζόντια

πολωμένο. Αν πάλι το ένα φωτόνιο είναι πολωμένο υπό γωνία +45° ως προς την οριζόντια διεύθυνση το άλλο θα έχει πόλωση -45°, κ.ο.κ. Φυσικά, αυτή την ιδιότητα δεν την έχουν όλα τα άτομα που εκπέμπουν φωτόνια κατά ζεύγη, αλλά μερικά μόνο. Πώς ξέρουμε ότι οι πολώσεις του ζεύγους των φωτονίων είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους; Η σημαντικότερη αιτιολόγηση είναι ότι αυτή η ιδιότητα μπορεί να μετρηθεί άμεσα.

Αρκετά μεγάλη απόσταση μεταξύ των πολωτών, ώστε η μέτρηση της πόλωσης στον έναν πολωτή, να μην μπορεί να επηρεάσει με καμμία γνωστή φυσική αλληλεπίδραση την μέτρηση της πόλωσης στον άλλον πολωτή.

Το ανωτέρω σχήμα είναι μια απλουστευμένη περιγραφή μιας διάταξης αποτελούμενη από δύο πολωτές-ασβεστίτη σε αρκετά μεγάλη απόσταση μεταξύ τους μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται το υπό διέγερση άτομο που εκπέμπει με την αποδιέγερση του δύο φωτόνια. Η μεγάλη απόσταση μεταξύ των πολωτών είναι αναγκαία ώστε να μην υπάρχει επιροή μέσω καμμίας γνωστής φυσικής αλληλεπίδρασης στην μέτρηση της πόλωσης στον δεξιό πολωτή από την μέτρηση της πόλωσης στον αριστερό πολωτή (Δεν λησμονούμε ότι σύμφωνα με την θεωρία της σχετικότητας του Einstein η μεγαλύτερη εφικτή ταχύτητα μετάδοσης πληροφορίας είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό). Αν διεξαγάγουμε ένα παρόμοιο πείραμα, θα παρατηρήσουμε ότι όταν το αριστερό φωτόνιο μετρηθεί να έχει κατακόρυφη πόλωση, τότε το δεξί φωτόνιο παρατηρείται μετά από την διέλευση του από τον δεξί πολωτή να αποκτά οριζόντια πόλωση. Αντίστοιχα αν παρατηρήσουμε το αριστερό φωτόνιο να αποκτά οριζόντια πόλωση, τότε το δεξί φωτόνιο αποκτά κατακόρυφη πόλωση.

Ίσως να φαίνεται απολύτως φυσιολογικό το παραπάνω γεγονός, στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι στο συγκεκριμένο πείραμα η καθετότητα των πολώσεων των φωτονίων που εκπέμπονται από το άτομο εμφανίζεται από την στιγμή της εκπομπής πριν καν διέλθουν από τους πολωτές, ως μια καθορισμένη ιδιότητα του συγκεκριμένου ατόμου να δημιουργεί πάντα φωτόνια με κάθετες πολώσεις μεταξύ τους. Τα πάντα είναι προκαθορισμένα, ντετερμινιστικά και συμφωνούν με τους κανόνες της κλασικής μηχανικής. Μπορεί βέβαια να μην γνωρίζουμε ακριβώς τις μεταβλητές που καθορίζουν το φαινόμενο μέσω των νόμων της κλασικής μηχανικής, αλλά είμαστε σίγουροι για την ύπαρξη τους και το όλο φαινόμενο φαντάζει σε εμάς απόλυτα φυσιολογικό υπό την κλασική έννοια. Έτσι θα

ήμασταν σίγουροι για την ύπαρξη «κρυμμένων μεταβλητών», που αν τις γνωρίζαμε, θα περιέγραφαν και θα καθόριζαν αυστηρά με απόλυτη βεβαιότητα τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων.

Έχουμε όμως με αυτόν τον τρόπο λησμονήσει την γενικώς παρατηρούμενη κβαντική συμπεριφορά ενός φωτονίου. Ότι αν ο άξονας πόλωσης ενός γραμμικού πολωτή σχηματίζει γωνία θ με τον άξονα της πόλωσης ενός φωτονίου τότε η πιθανότητα διέλευσης είναι $\cos^2\theta$,που σημαίνει ότι δεν είναι βέβαιο ότι θα διέλθει το φωτόνιο από τον συγκεκριμένο άξονα ως προς τον οποίο ο άξονας της πόλωσης του σχηματίζει γωνία θ. Και ειδικά στην περίπτωση που ένα φωτόνιο διέρχεται από έναν πολωτή με δύο εξόδους κάθετων πολώσεων μεταξύ τους, η πιθανότητα να διέλθει από τον άξονα του πολωτή που σχηματίζει γωνία θ με τον άξονα της πόλωσης του είναι $\cos^2\theta$, ενώ η πιθανότητα να διέλθει από τον άλλο άξονα του πολωτή που είναι κάθετος ως προς τον προηγούμενο είναι $\sin^2\theta$. Έτσι παρατηρούμε ότι στην συμπεριφορά ενός φωτονίου δεν υπάρχει τίποτα το βέβαιο που να μας δημιουργεί την αίσθηση του απόλυτα καθορισμένου.

Συνεπώς ας προσπαθήσουμε να κάνουμε σκέψεις που λαμβάνουν υπόψη την κβαντική συμπεριφορά του φωτονίου. Ήδη από τις προηγούμενες συναντήσεις μας με διάφορες κβαντικές οντότητες γνωρίζουμε ότι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των «κβαντικών» μετρήσεων είναι ότι η ίδια η μέτρηση επηρεάζει το μετρούμενο σύστημα. Έτσι και εδώ, δεν γνωρίζουμε πριν από τη μέτρηση ποια ήταν πραγματικά η πόλωση του προς τα αριστερά κινούμενου φωτονίου, αλλά είναι απίθανο να ήταν ακριβώς οριζόντια ή ακριβώς κατακόρυφη. Ενδεχομένως ο πολωτής έστρεψε τη διεύθυνση πόλωσης του «αριστερού» φωτονίου έτσι ώστε να γίνει οριζόντια ή κατακόρυφη, προφανώς όμως δεν μπορεί αυτός ο πολωτής να επηρέασε το «δεξιό» φωτόνιο που βρίσκεται αρκετά πιο μακριά από τον αριστερό πολωτή την ίδια στιγμή που γινόταν η μέτρηση στ' αριστερά. Έτσι αναδύονται πολύ φυσιολογικά η αρχή της συζευξιμότητας και της μη τοπικότητας. Πώς περιγράφονται όμως οι συζευγμένες καταστάσεις ενός συστήματος κβαντικών σωματίδιων σύμφωνα με τον κβαντομηχανικό φορμαλισμό;

Τέτοιου είδους καταστάσεις αφορούν συστήματα δύο κβαντικών σωματιδίων. Ωστόσο για ένα σύστημα δύο κβαντικών σωματιδίων, μπορούν να υπάρξουν δύο δυνατότητες για την περιγραφή της κατάστασης τους. Δύο **μη αλληλεπιδρώντα** κβαντικά σωματίδια που ανήκουν στο ίδιο φυσικό σύστημα, με καταστατικά διανύσματα στο χώρο Hilbert των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων $|\alpha\rangle$ και $|\beta\rangle$, με «κινήσεις» τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους, περιγράφονται από το τανυστικό γινόμενο των $|\alpha\rangle$ και $|\beta\rangle$ και συμβολίζεται ως $|\alpha\rangle \otimes |\beta\rangle$ ή απλούστερα ως $|\alpha\rangle * |\beta\rangle$ ή $|\alpha\rangle|\beta\rangle$ δηλαδή χωρίς κανένα σύμβολο πολλαπλασιασμού αλλά ως μια απλή παράθεση των δύο διανυσμάτων. Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης πάνω στο ένα σωματίδιο δεν εξαρτάται καθόλου από το «πώς ενεργεί» το άλλο. Το αποτέλεσμα αυτής της μέτρησης αφήνει τελείως ανεπηρέαστη την κατάσταση του άλλου σωματιδίου. Δεν υπάρχει καμία συσχέτιση, κανενός είδους «επικοινωνία», μεταξύ των δύο σωματιδίων. Ποιο είναι όμως το μαθηματικό περιεχόμενο ενός τέτοιου γινομένου; Δεδομένης της αναπαράστασης διανυσμάτων ως πλειάδες

αριθμών-συντεταγμένων ως προς κάποια βάση, η ανωτέρω έκφραση δεν μπορεί να νοηθεί παρά μόνο ως μια απλή «παράθεση» δύο τέτοιων διανυσμάτων που σίγουρα δεν πολλαπλασιάζονται με τον συνήθη τρόπο αφού ο πολλαπλασιασμός στήλης-διάνυσμα επί στήλης-διάνυσμα δεν έχει μαθηματικό νόημα (το εσωτερικό γινόμενο ορίστηκε διαφορετικά από το τανυστικό γινόμενο). Το τανυστικό όμως γινόμενο αποκτά παρ' όλα αυτά λειτουργικό περιεχόμενο αν ορίσουμε συνεπείς κανόνες χειρισμού του που θα μας επιτρέπουν να υπολογίζουμε τις κατ' εξοχήν ποσότητες που απαιτεί η κβαντική θεωρία. Δηλαδή μέσες τιμές κβαντικών τελεστών (φυσικών μεγεθών) που ισοδυναμούν με υπολογισμούς εσωτερικών γινομένων ανάμεσα στα διανύσματα του χώρου. Η λεπτομερειακή όμως περιγραφή τους ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτού του εισαγωγικού κειμένου.

Η κατάσταση όμως αλλάζει ριζικά όταν το καταστατικό διάνυσμα του συστήματος δεν έχει πλέον τη μορφή γινομένου αλλά είναι ένας γραμμικός συνδυασμός τέτοιων γινομένων δηλαδή αθροίσματα της μορφής

$$|1,2\rangle = c_1|1\rangle_\alpha|2\rangle_\beta + c_2|1\rangle_\beta|2\rangle_\alpha$$

όπου τα δύο σωματίδια χαρακτηρίζονται από τις ιδιοτιμές α ή β κάποιου φυσικού μεγέθους Α. Μη όντας γινόμενο μονοσωματιδιακών καταστάσεων, η κατάσταση αυτή εισάγει τώρα ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των δύο σωματιδίων. Αν, παραδείγματος χάριν, μετρηθεί το μέγεθος Α στο σωματίδιο «1» και η τιμή του βρεθεί ίση με α, τότε η κατάσταση θα καταρρεύσει στον πρώτο μόνο όρο της, $|1\rangle_\alpha|2\rangle_\beta$, οπότε και η τιμή του μεγέθους Α για το σωματίδιο «2» θα δεσμευτεί στην τιμή β ενώ πριν από τη μέτρηση η τιμή αυτή μπορούσε να ήταν α ή β με πιθανότητα $|c_2|^2$ και $|c_1|^2$ αντίστοιχα.

Υπάρχει λοιπόν θεμελιώδης διαφορά στις καταστάσεις δύο σωματιδίων που έχουν την μορφή γινομένου έναντι εκείνων που δεν έχουν. Και η διαφορά αυτή είναι τόσο σημαντική ώστε θεωρήθηκε αναγκαίο να αποδοθεί με την εισαγωγή ενός κατάλληλου νέου όρου. Στο εξής λοιπόν οι καταστάσεις που περιγράφονται ως γραμμικοί συνδυασμοί τανυστικών γινομένων και οι οποίες δεν μπορούν να γραφτούν ως γινόμενα καταστάσεων με κανέναν φορμαλιστικό τρόπο, θα αποκαλούνται **συζευγμένες καταστάσεις** (entangled states) και οι ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των δύο σωματιδίων που παρατηρούνται σε τέτοιες καταστάσεις θα αποδίδονται με τον όρο **κβαντική σύζευξη** (quantum entanglement). Ένας πιο τεχνικός όρος για το ίδιο πράγμα είναι **διαχωρίσιμες** και **μη διαχωρίσιμες καταστάσεις**.

Στην περίπτωση του κβαντικού συστήματος των δύο φωτονίων που προέρχονται από την αποδιέγερση ενός ατόμου - όπου η μια φυσικώς πραγματοποιήσιμη κατάσταση ενός φωτονίου είναι η $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{οριζόντια}}$ πόλωση και η άλλη η $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{κατακόρυφη}}$ πόλωση - η κβαντική κατάσταση του συστήματος περιγράφεται με την βοήθεια του κβαντομηχανικού φορμαλισμού από την συζευγμένη κατάσταση (**singlet state**):

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{οριζόντια}}|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατακόρυφη}} - \frac{1}{\sqrt{2}}|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατακόρυφη}}|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{οριζόντια}}$$

Η συγκεκριμένη κατάσταση έχει την φορμαλιστική ιδιότητα να μην μπορεί να γραφτεί ως τανυστικό γινόμενο άλλων καταστάσεων και κατά συνέπεια να διαχωριστεί σε άλλες ανεξάρτητες μεταξύ τους καταστάσεις. Και αυτό ακριβώς αποδίδει με τον πιο κομψό τρόπο την παρατηρούμενη σύζευξη. Ας προσπαθήσουμε να δείξουμε στοιχειωδώς τον παραπάνω ισχυρισμό. Ας υποθέσουμε ότι υπάρχουν δύο άλλα καταστατικά διανύσματα στον χώρο Hilbert που εκφράζουν δύο άλλες φυσικά πραγματοποιήσιμες καταστάσεις για ένα φωτόνιο εκτός από την οριζόντια και την κατακόρυφη πόλωση. Ας τις συμβολίσουμε $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{κατάσταση}\,1}$ και $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{κατάσταση}\,2}$. Θα θέλαμε την παραπάνω συζευγμένη κατάσταση του κβαντικού συστήματος να την γράψουμε ως το τανυστικό γινόμενο των δύο ανεξάρτητων καταστάσεων $|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατάσταση}\,1} \otimes |\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατάσταση}\,2}$. Μπορούμε;

Αφού είμαστε μέσα στον διανυσματικό χώρο των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων, άρα οποιοδήποτε καταστατικό διάνυσμα του χώρου μπορεί να γραφεί ως γραμμικός συνδυασμός μιας βάσης από ανεξάρτητα καταστατικά διανύσματα. Μια τέτοια βάση αποτελούν τα ιδιοδιανύσματα της διάταξης $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{οριζόντια}}$ και $|\text{φωτόνιο}\rangle_{\text{κατακόρυφη}}$. Τότε θα είχαμε:

$$|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατάσταση}\,1} = \kappa|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{οριζόντια}} + \lambda|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατακόρυφη}} \quad \text{και}$$

$$|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατάσταση}\,2} = \mu|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{οριζόντια}} + \nu|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατακόρυφη}}$$

Συνεπώς αν υπήρχε ένα τέτοιο τανυστικό γινόμενο θα οδηγούσε στους εξής υπολογισμούς:

$$\begin{aligned} &|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατάσταση}\,1} \otimes |\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατάσταση}\,2} = \\ &= \kappa\mu|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{οριζόντια}} * |\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{οριζόντια}} + \kappa\nu|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{οριζόντια}}|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατακόρυφη}} + \\ &\quad + \lambda\mu|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατακόρυφη}} * |\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{οριζόντια}} + \lambda\nu|\varphi\omega\tau\,1\rangle_{\text{κατακόρυφη}}|\varphi\omega\tau\,2\rangle_{\text{κατακόρυφη}}. \end{aligned}$$

Για να προκύψει λοιπόν η προηγούμενη συζευγμένη κατάσταση, θα πρέπει ο πρώτος και ο τέταρτος όρος της ανωτέρω παράστασης να είναι μηδενικοί. Δηλαδή θα πρέπει οι όροι (κ*μ) και (λ*ν) να είναι μηδενικοί, το οποίο δηλώνει ότι ένας αριθμός από κάθε σύνολο { κ, μ} και {λ, ν} θα πρέπει να είναι μηδέν. Όμως τότε οι συντελεστές (κ*ν) και (λ*μ) θα ήταν μηδενικοί και όχι $\frac{1}{\sqrt{2}}$ και $-\frac{1}{\sqrt{2}}$. Έτσι ο φορμαλισμός της κβαντικής μηχανικής αποδίδει ορθά την παρατηρούμενη σύζευξη των δύο φωτονίων και την μη διαχωρισιμότητα τους.

2.13 Πλαισιακότητα (Contextuality)

Η ισχυρή κλασική αντίληψη περί ρεαλισμού συνίσταται στην ύπαρξη μιας εξωτερικής και ανεξάρτητης πραγματικότητας από τον παρατηρητή, η οποία επιβάλλει ως βεβαιότητα την πεποίθηση ότι οτιδήποτε υπάρχει στον φυσικό κόσμο είναι αιτιωδώς ανεξάρτητο από τις μετρήσεις μας γι' αυτό, που σκοπό έχουν απλά να το αποκαλύψουν και όχι να το δημιουργήσουν ή να το διαμορφώσουν. Η παραπάνω αντίληψη έχει ως συνέπεια στην περίπτωση της μέτρησης φυσικών μεγεθών, την υιοθέτηση της ακόλουθης κλασικής φυσικής αρχής για οποιοδήποτε φυσικό σύστημα, της **μη-πλαισιακότητας**. Με τον όρο μη-πλαισιακότητα στην κβαντική φυσική δηλώνουμε τα εξής:

«Εάν ένα κβαντικό φυσικό σύστημα κατέχει μια ιδιότητα (αριθμητική τιμή ενός φυσικού μεγέθους), τότε την κατέχει ανεξαρτήτως του πλαισίου που γίνεται χρήση για τον υπολογισμό της. Δηλαδή ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο την μετράμε».

Παρά την προφανή και λογικοφανή αναγκαιότητα της αρχής της μη-πλαισιακότητας, οι S. Kochen και E. P. Specker το 1967 (Kochen and Specker 1967) διατύπωσαν και απέδειξαν ένα θεώρημα σύμφωνα με το οποίο κβαντική μηχανική και μη-πλαισιακότητα είναι ασύμβατες έννοιες. Για την κατανόηση της δομής του θεωρήματος ας προσπαθήσουμε να θυμηθούμε 4 βασικές υποθέσεις του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής:

- (**ΚΜ1**) Κάθε φυσικά παρατηρήσιμη ποσότητα (φυσικό μέγεθος - observable) αναπαρίσταται με έναν ερμιτιανό τελεστή σε έναν διανυσματικό χώρο Hilbert.
- (**ΚΜ2**) Τα δυνατά αποτελέσματα μιας μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους αντιστοιχούν στις ιδιοτιμές του τελεστή που αναπαριστά αυτό το φυσικό μέγεθος.
- (**ΚΜ3**) (Συνμετρήσιμα μεγέθη ⇔ Αντιμεταθετικότητα μεγεθών). Δύο φυσικά μεγέθη είναι **συμβιβαστά** ή **συνμετρήσιμα** (μπορούν δηλαδή να μετρηθούν ταυτόχρονα με άπειρη ακρίβεια) εάν οι αντίστοιχοι τελεστές τους μετατίθενται, [A,B]=AB-BA=0.
- (**ΚΜ4**) (Σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών ⇔ Σχέσεις μεταξύ μετρητικών αποτελεσμάτων). Δοθέντων δύο συμβιβαστών φυσικών μεγεθών, A και B, και των αποτελεσμάτων α και β των μετρήσεων τους, εάν αυτά τα φυσικά μεγέθη ικανοποιούν κάποια συναρτησιακή σχέση, $f(A,B)=0$, τότε τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους θα ικανοποιούν την ίδια σχέση, $f(\alpha,\beta)=0$.

Οι Kochen και Specker απέδειξαν ότι εάν η διάσταση του καταστατικού χώρου Hilbert είναι μεγαλύτερη από δύο, τότε οι προηγούμενες υποθέσεις της κβαντικής μηχανικής είναι ασύμβατες με την κλασική αρχή της μη-πλαισιακότητας. Όμως πως θα μπορούσαμε να αποτυπώσουμε φορμαλιστικά την αρχή της μη-πλαισιακότητας;

Προηγουμένως είδαμε ότι ένα φυσικό μέγεθος περιγράφεται από έναν τελεστή του οποίου τα ιδιοδιανύσματα αποτελούν μια ορθοκανονική βάση (ορθογώνιες ανεξάρτητες κατευθύνσεις και μοναδιαίου μήκους) στον χώρο των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων Hilbert. Οι ιδιοτιμές του αποτελούν και τις μοναδικές τιμές που μπορεί να λάβει το φυσικό μέγεθος. Δύο φυσικά μεγέθη θα είναι

συνμετρήσιμα ή πλήρως συμβιβαστά, αν έχουν ακριβώς τα ίδια ιδιοδιανύσματα ή ιδιοκαταστάσεις. Αυτό βέβαια θα έχει ως συνέπεια την αντιμετάθεση των τελεστών τους, και τον μηδενισμό του μεταθέτη τους. Μη μηδενικός μεταθέτης δύο φυσικών μεγεθών υποδηλώνει ότι οι τελεστές τους δεν έχουν τα ίδια ιδιοδιανύσματα.

Ας υποθέσουμε ότι ένα φυσικό μέγεθος Α μετριέται βάσει ενός μετρητικού πλαισίου που έχει διαμορφώσει ένα φυσικό μέγεθος Β (μέσω των ιδιοδιανυσμάτων του που διαμόρφωσαν τον καταστατικό χώρο του φυσικού συστήματος) με το οποίο όμως μοιράζεται τα ίδια ιδιοδιανύσματα, τις ίδιες ιδιοκαταστάσεις (όχι τις ίδιες ιδιοτιμές). Αυτό θα έχει ως συνέπεια φορμαλιστικά να ισχύει [Α,Β]=0. Έστω τώρα ότι το ίδιο φυσικό μέγεθος Α το μετράμε βάσει ενός άλλου μετρητικού πλαισίου που έχει διαμορφώσει ένα άλλο φυσικό μέγεθος Γ στον καταστατικό χώρο, με το οποίο επίσης μοιράζεται τις ίδιες ιδιοκαταστάσεις. Αυτό θα έχει ως συνέπεια φορμαλιστικά επίσης ότι [Α,Γ]=0. Αν τώρα οι επιλογές των δύο μετρητικών πλαισίων Β και Γ που χρησιμοποιήσαμε δεν έχουν τις ίδιες ιδιοκαταστάσεις άρα δεν αποτελούν τις ίδιες βάσεις του καταστατικού χώρου Hilbert, τότε αναμένουμε ότι το αποτέλεσμα της μέτρησης του φυσικού μεγέθους Α, να είναι ανεξάρτητο από το αν μετριέται στην βάση που διαμορφώνει το Β ή στην βάση που διαμορφώνει το Γ στον καταστατικό χώρο Hilbert του φυσικού συστήματος. Με βάση τους παραπάνω συλλογισμούς, μπορούμε να διατυπώσουμε φορμαλιστικά την αρχή της μη-πλαισιακότητας ως εξής:

Εάν [Α,Β]=0 και [Α,Γ]=0, αλλά [Β,Γ]≠0, τότε το αποτέλεσμα της μέτρησης του Α είναι ανεξάρτητο από το αν το φυσικό μέγεθος Α μετρήθηκε μαζί με το Β ή μαζί με το Γ. Το παρακάτω σχήμα έχει σκοπό να αναπαραστήσει εποπτικά το ανωτέρω φορμαλιστικό σχήμα.

Αν λοιπόν ένα φυσικό μέγεθος Α είναι συμβιβαστό με το φυσικό μέγεθος Β, - οπότε διαθέτει τις ίδιες ιδιοκαταστάσεις με αυτό - και η διαδικασία της μέτρησης με την βοήθεια της πειραματικής διάταξης του Β παρέχει την ιδιοτιμή του φυσικού

μεγέθους Α ως τον πολλαπλασιαστικό παράγοντα που δρα επί της κοινής με το Β ιδιοκατάστασης $|\beta_3\rangle$, η κλασική αρχή της μη-πλαισιακότητας επιβάλλει την ανεξαρτησία αυτής της τιμής ως προς οποιοδήποτε άλλο μετρητικό πλαίσιο με το οποίο το μέγεθος Α μπορεί να μετρηθεί, έστω φυσικό μέγεθος Γ. Από την στιγμή που σύμφωνα με την κλασική θεώρηση η ιδιότητα ενός φυσικού μεγέθους Α προϋπάρχει και αναμένει απλά την αποκάλυψή του από το εκάστοτε μετρητικό πλαίσιο, η ιδιοκατάσταση στην οποία πρόβαλε ο τελεστής Α το καταστατικό διάνυσμα του φυσικού συστήματος μέσα από το μετρητικό πλαίσιο του Β θα πρέπει να είναι η ίδια με την ιδιοκατάσταση που πρόβαλε ο τελεστής Α το καταστατικό διάνυσμα του φυσικού συστήματος μέσα από το μετρητικό πλαίσιο του Γ.

Οι Kochen και Specker απέδειξαν ότι κάτι τέτοιο είναι αδύνατο στα πλαίσια του κβαντομηχανικού φορμαλισμού. Διατύπωσαν τον συλλογισμό ότι αν όλες οι ιδιότητες ενός φυσικού συστήματος αναπαρασταθούν ως τελεστές[54] που δρουν σε έναν καταστατικό χώρο Hilbert, τότε αυτές οι ιδιότητες δεν μπορούν να έχουν ταυτόχρονα καθορισμένες τιμές. Χρησιμοποίησαν ως καταστατικό χώρο τον χώρο των φυσικά πραγματοποιήσιμων καταστάσεων ενός σωματίδιου με σπιν «1», το οποίο σημαίνει τρεις δυνατές τιμές για κάθε συνιστώσα του σπιν (όσα είναι τα ίχνη που αφήνει σε μια διάταξη Stern-Gerlach), άρα ήταν αναγκαίος ένας τρισδιάστατος καταστατικός χώρος Hilbert. Ωστόσο η επιλογή των ερμιτιανών τελεστών που αναπαριστούν τις συνιστώσες του σωματιδίου με σπιν «1» δεν ήταν η κατάλληλη. Διότι δεν ήταν συμβιβαστοί, συνμετρήσιμοι, συνεπώς, δεν είχαν το ίδιο σύνολο ιδιοδιανυσμάτων.

Η μορφή των πινάκων Pauli για το σπιν ενός σωματιδίου με σπιν 1 είναι η ακόλουθη:

$$S_x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & i & 0 \end{bmatrix} \qquad S_y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & i \\ 0 & 0 & 0 \\ -i & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad S_z = \begin{bmatrix} 0 & -i & 0 \\ i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ενώ λοιπόν οι παραπάνω μήτρες (πίνακες) δεν μετατίθενται με ότι συνεπάγεται αυτό, ωστόσο αν υπολογίζαμε τα τετράγωνα των παραπάνω τελεστών θα ανακαλύπταμε μια ενδιαφέρουσα ιδιότητα.

$$S_x^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad S_y^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad S_z^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Οι τελεστές S_x^2, S_y^2, S_z^2 μετατίθενται ανα δύο, ως συνέπεια διαθέτουν τα ίδια ιδιοδιανύσματα οπότε μπορούν να συνμετρηθούν στον ίδιο καταστατικό χώρο Hilbert. Οι ιδιοτιμές που εμφανίζει ο καθένας τους είναι 0 και 1. Και το άθροισμα τους είναι

54 Επισημαίνουμε την ισοδυναμία μεταξύ τελεστών προβολής και υποχώρων στον χώρο Hilbert.

$$S_x^2+S_y^2+S_z^2=2I$$

Μιας και όλα τα καταστατικά διανύσματα του χώρου $\mathbb{C}^3$ είναι ιδιοδιανύσματα του 2I, με ιδιοτιμή 2, συνεπάγεται ότι η μετρήσεις του φυσικού μεγέθους που αντιπροσωπεύεται από το άθροισμα τους θα αποδίδουν πάντα τιμή 2. Συνεπώς, από την τριάδα των φυσικών μεγεθών S_x^2, S_y^2, S_z^2 , δύο θα έχουν τιμή 1 και ένα τιμή 0. Λόγω συμμετρίας αυτό θα είναι αληθές για οποιαδήποτε τριάδα $S_\alpha^2, S_\beta^2, S_\gamma^2$ αρκεί οι α, β και γ να αντιπροσωπεύουν ανά δύο κάθετες διευθύνσεις στον χώρο.

Με αναπαραστατικές μεθόδους της θεωρίας γραφημάτων, προσπάθησαν να δείξουν σχηματικά για 117 τέτοιους τελεστές που δρουν στον τρισδιάστατο καταστατικό χώρο Hilbert, την αδυναμία να έχουν μια καθορισμένη ιδιοκατάσταση κοινή σε όλες τις ορθογώνιες βάσεις του καταστατικού χώρου που διαμορφώνουν όλοι οι υπόλοιποι τελεστές. Η τεχνική απόδειξη αυτού του θεωρήματος ξεφεύγει από τους σκοπούς του παρόντος κειμένου, στην οποία ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία.

Έτσι διαπιστώνουμε ότι ενώ η κβαντική μηχανική αντιλαμβάνεται την κατάσταση ενός κβαντικού φυσικού συστήματος ως μια υπέρθεση των ιδιοκαταστάσεων ενός φυσικού μεγέθους η οποία καταρρέει την στιγμή της μέτρησης του φυσικού μεγέθους σε κάποια από τις δυνατές ιδιοκαταστάσεις του, η κλασική ρεαλιστική προσέγγιση θεωρεί ότι η ταύτιση της κατάστασης του φυσικού συστήματος με την ιδιοκατάσταση ενός φυσικού μεγέθους προϋπάρχει της μέτρησης και απλά η κβαντική μέτρηση είναι ένας ευφυής αλγόριθμος που αποκαλύπτει αυτήν την κατάσταση. Όμως οι Kochen-Specker απέδειξαν με το θεώρημα τους ότι αν όλες οι φυσικές ιδιότητες (οι τιμές των φυσικών μεγεθών) ήταν καθορισμένες δηλαδή καταλάμβαναν η κάθε μία ένα ιδιοδιάνυσμα του καταστατικού χώρου για κάθε τελεστή φυσικού μεγέθους που δρα επί του χώρου, τότε η ταυτόχρονη κατάληψη των συγκεκριμένων ιδιοκαταστάσεων των φυσικών μεγεθών από τις καθορισμένες φυσικές ιδιότητες θα ήταν μη εφικτή. Ως συνέπεια *κβαντική μηχανική και μη-πλαισιακότητα δεν είναι συμβατές*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Κριτική επί της επαληθευσιοκρατικής σημασιολογίας του Michael Dummett

3.1 Εισαγωγή

Η εμφάνιση της κβαντικής θεωρίας στις αρχές του 20ού αιώνα ήταν αδιαμφισβήτητα μια από τις μεγαλύτερες προόδους της επιστήμης. Η προβλεπτική της αξία όχι μόνο την έχει καθιερώσει, αλλά επιπλέον έχει θέσει την βάση για να επαναπροσδιορίσει ακόμα και την μεταφυσική διάσταση της πραγματικότητας. Ανατρέχοντας στο ιστορικό ανάπτυξης της κβαντικής θεωρίας, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι την πιο διαδεδομένη ερμηνεία της κβαντικής θεωρίας αποτελούσε και αποτελεί η **ερμηνεία της Κοπεγχάγης**. Η συγκεκριμένη ερμηνεία διαμορφώθηκε σταδιακά στην διάρκεια της τρίτης δεκαετίας του 20ού αιώνα στην Κοπεγχάγη από τους Niels Bohr, Werner Heisenberg, Max Born, John von Neuman κ.ά. Ταυτόχρονα όμως με την ανάπτυξη της εν λόγω ερμηνείας της κβαντικής θεωρίας, υπήρξε και η ανάπτυξη του **Λογικού Θετικισμού**, ενός φιλοσοφικού ρεύματος που αποτελείται από ένα σύνολο φιλοσοφικών θέσεων που γεννήθηκαν μέσα από την αλληλεπίδραση πνευματικών ανθρώπων που συνυπήρχαν στην Βιέννη μετά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο (Κύκλος της Βιέννης). Οι περισσότεροι φιλόσοφοι θεωρούν ότι ο λογικός θετικισμός είναι «νεκρός...αλλά έχει αφήσει κληρονομιά πίσω.» (Passmore 1967, σ. 57). Πράγματι, ο λογικός θετικισμός είχε αποδειχτεί αποδοτικός τουλάχιστον σε σχέση με την φιλοσοφική αρχή της **επαληθευσιμότητας** (verifiability principle) και την επίδραση που αυτή είχε στον σχηματισμό της ερμηνείας της Κοπεγχάγης από τον κύριο εκφραστή αυτής, τον Niels Bohr.

Μία συνοπτική διατύπωση της αρχής της επαληθευσιμότητας έχει δοθεί από τον A.J.Ayer:

> «Η αρχή της επαληθευσιμότητας υποτίθεται ότι παρέχει ένα κριτήριο μέσω του οποίου μπορεί να καθοριστεί εάν ή όχι μια πρόταση έχει νόημα κυριολεκτικά. Ένας απλός τρόπος για να το διατυπώσουμε θα ήταν να πούμε ότι η πρόταση έχει κυριολεκτικό νόημα εάν και μόνο εάν η Πρόταση[55] που αυτή εκφράζει είναι αναλυτική[56] ή εμπειρικά επαληθεύσιμη.» (Ayer 1936, σ. 7)

---

55 Ο όρος «Πρόταση» (με κεφαλαίο αρχικό «Π») ως απόδοση της αγγλικής λέξης proposition, έχει την έννοια της αφηρημένης νοηματικής οντότητας, του σταθερού περιεχομένου ενός ισχυρισμού που μπορεί να είναι κοινός για προτάσεις διαφορετικών γλωσσών. Σε αντιδιαστολή με τον όρο «πρόταση» (με πεζό αρχικό «π») ως απόδοση της αγγλικής λέξης sentence, που έχει την σημασία του ελάχιστου γραμματικά ορθού τμήματος λόγου.

56 Μια αναλυτική πρόταση είναι αληθής σε κάθε λογικά δυνατό κόσμο.

Πολλοί σχολιαστές (Jammer 1974, σ. 109· Faye 2007) έχουν αναφερθεί στην επιρροή του λογικού θετικισμού στην επιστημονική στάση του Bohr και ιδιαίτερα μέσω της **επαληθευσιοκρατίας** (verificationism), μια επαληθευσιοκρατία εργαλειοκρατικής φύσεως. Άλλωστε ο Bohr δεν διατηρούσε την θέση ότι η κβαντική μηχανική αποκάλυπτε την θεμελιώδη φύση της πραγματικότητας με μια μεταφυσική οπτική. Τουναντίον, είχε την άποψη ότι η κβαντική θεωρία ήταν ένα εργαλείο με το οποίο οι επιστήμονες μπορούσαν να περιγράψουν και να προβλέψουν πειραματικά αποτελέσματα· μια θέση που αποτυπώνεται ξεκάθαρα στην ακόλουθη δήλωση του:

> «Η περιγραφή μας για τη φύση δεν έχει σκοπό να αποκαλύψει την πραγματική ουσία των φαινομένων, αλλά μόνο να εντοπίσει - στο μέτρο του δυνατού - τις σχέσεις μεταξύ των πολλαπλών πτυχών της εμπειρίας μας.» (Bohr 1934, σ. 18)

Συγκεκριμένα, ο Faye (2007) περιγράφει το πώς ο Bohr – προκειμένου να υπερασπιστεί την κβαντική μηχανική ως πλήρη απέναντι στην πρόκληση των EPR[57] [1935] – αναγκάστηκε να εγκαταλείψει κάθε διατύπωση που υποδείκνυε την ύπαρξη μιας φυσικής πραγματικότητας πίσω από τον κόσμο της εμπειρίας. Μιας πραγματικότητας που έχει διαφορετικές ιδιότητες από αυτές που θα είμασταν ικανοί να παρατηρήσουμε. Παραθέτοντας αποσπάσματα από την αλληλογραφία μεταξύ μελών του κύκλου όπως του Neurath προς τον Carnap τον Νοέμβριο του 1934, του ίδιου του Bohr με τον Philipp Frank τον Ιανουάριο του 1936 κ.ά. δείχνει ότι ο Bohr συμμερίζονταν με τους θετικιστές την άποψη ότι η φυσική πραγματικότητα πέραν της εμπειρίας στερείται νοήματος. Κάτι που είναι εμφανές και σε δηλώσεις του ίδιου του Bohr:

> «...η όλη κατάσταση στην ατομική φυσική στερεί από κάθε νόημα τις εγγενείς ιδιότητες που αποδίδουν οι εξιδανικεύσεις της κλασικής φυσικής στο αντικείμενο.» (Bohr 1937, σ. 293)

Ωστόσο ο λογικός θετικισμός θεωρήθηκε «νεκρός» φιλοσοφικά, επειδή δεν κατάφερε αυτή η απλή εκδοχή της αρχής της επαληθευσιμότητας να σταθεί απέναντι στην κριτική. Τρία είναι τα βασικά επιχειρήματα ενάντια σε αυτήν την αρχή. Το σύνηθες επιχείρημα ενάντια σε αυτήν ήταν ότι δεν μπορούσε η ίδια η αρχή να εφαρμοστεί στον εαυτό της. Η δεύτερη αρνητική διαπίστωση ήταν το γεγονός ότι ενώ αυτή στοχεύει στη διασφάλιση του κύρους των προτάσεων της επιστήμης, ωστόσο οι φυσικοί νόμοι, πάνω στους οποίους στηρίζονται οι επιστημονικές θεωρίες, δεν πληρούν το κριτήριο της αρχής της επαληθευσιμότητας. Οι φυσικοί νόμοι μπορεί μεν να αποτελούν συμπυκνωμένες περιγραφές της εμπειρίας του παρελθόντος, όμως η προβλεπτική τους αξία για το μέλλον έχει ισχύ υπό την προϋπόθεση ότι είναι αληθής η αρχή της ομοιομορφίας της φύσης, ότι το μέλλον της φύσης θα είναι το ίδιο με το παρελθόν της. Μια τέτοια αρχή όμως θα πρέπει να θεωρηθεί ως μία μεταφυσική, στερούμενη νοήματος πρόταση, αφού ούτε αναλυτική ούτε εμπειρικώς επαληθεύσιμη είναι. Το τρίτο βασικό αρνητικό επιχείρημα προέρχεται μέσα από την

57 Einstein, Podolski και Rosen

ίδια την φιλοσοφία της γλώσσας. Ως μια γενική θεωρία γλωσσικής νοηματικότητας, η αρχή της επαληθευσιμότητας αποτυγχάνει. Γιατί αποτυγχάνει να εξηγήσει τις διάφορες λειτουργίες της γλώσσας, όπως αυτής της μετάδοσης πληροφορίας.

Παρόλα αυτά ο ύστερος Wittgenstein ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 30[58] παράλληλα με τον κύκλο της Βιέννης και της Κοπεγχάγης οδήγησε σε μια νέα φάση την αναλυτική φιλοσοφία η οποία ήδη είχε επηρεάσει τον λογικό θετικισμό[59]. Η περίφημη φράση του «*το νόημα μιας λέξης είναι η χρήση της εντός της γλώσσας*» (Wittgenstein 1953, μέρος I, 43) διαμόρφωσε φιλοσοφικές τάσεις που είχαν σκοπό να επανακτήσουν το χαμένο γόητρο της βασικής αρχής της επαληθευσιμότητας. Πράγματι, δεδομένης και της επιρροής που είχε στην διαμόρφωση επιστημονικών θεωριών όπως και της κβαντικής θεωρίας, υπήρξαν πολλές προσπάθειες να αρθεί η εντύπωση ότι η αρχή της επαληθευσιμότητας οδηγεί σε αντίφαση ή ακόμα και να την επαναπροσδιορίσουν. Μία από αυτές τις προσπάθειες είναι και η **επαληθευσιοκρατική σημασιολογία** του Dummett. Εφόσον το παρόν κείμενο είναι μια προσπάθεια κριτικής της συγκεκριμένης σημασιολογίας, θα είναι χρήσιμο να δούμε τον δικό του χαρακτηρισμό για την αρχή της επαληθευσιμότητας, μιας και θα αποτελέσει την βάση για την επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του.

> «Κανένας δεν είχε το δικαίωμα να ρωτήσει το πώς μπορεί η αρχή της επαληθευσιμότητας να επαληθευθεί: έχοντας κατανοηθεί σωστά, αυτή δεν φιλοδοξεί να εφαρμοστεί στον εαυτό της. Δεν προορίζονταν να ληφθεί ούτε ως συνθετική πρόταση - όπου της αποδίδεται νόημα μόνο εάν είναι επαληθεύσιμη – ούτε ως αναλυτική πρόταση, συνεπεία συμβάσεων που διέπουν την χρήση των λέξεων: βρίσκεται έξω από το πεδίο εφαρμογής αυτής της διχοτόμησης. Μάλλον ήταν μέρος μιας θεωρίας που εξηγούσε πώς η υπόλοιπη γλώσσα λειτουργούσε: όχι μόνο το καθημερινό τμήμα της γλώσσας, αλλά τα εξειδικευμένα και επιστημονικά μέρη της γλώσσας – όλα αυτά τα τμήματα εκτός από το τμήμα που εξυπηρετεί μόνο στην κατασκευή της θεωρίας. Φυσικά, οι λέξεις "νόημα" (meaning) και "επαλήθευση" (**verification**) ανήκουν στην αγγλική γλώσσα, αλλά, για την παρούσα χρήση, θα κατανοηθούν αποκλειστικά ως θεωρητικοί όροι. Είτε η θεωρία θα έπρεπε να ερμηνευτεί ως να εφαρμόζεται μόνο σε ένα κομμάτι της αγγλικής γλώσσας που δεν τις περιέχει, ή η χρήση τους εντός της θεωρίας δεν θα ήταν υπαίτια για την χρήση τους εντός εκείνου του τμήματος της αγγλικής γλώσσας στο οποίο η θεωρία εφαρμόζεται: και στις δύο περιπτώσεις, θα αποκτούσαν το νόημα που θα είχαν στις δηλώσεις της θεωρίας – περιλαμβανομένης και της ίδιας της αρχής της επαληθευσιμότητας – αποκλειστικά από τον ρόλο τους εντός της θεωρίας.» (Dummett 1992, σ. 132, 133)

Ποιά ήταν η στάση του Bohr απέναντι σε όλη αυτή την φιλοσοφική στάση της «γλωσσολογικής στροφής»[60] που χαρακτηρίζει τον τελευταίο αιώνα και η οποία

---

58 Ο Wittgenstein στον πρόλογο του βιβλίου του «Philosophical Investigations» αναφέρει ότι στο συγκεκριμένο βιβλίο περιγράφονται οι σκέψεις του επί πληθώρα θεμάτων που τον απασχόλησαν τα τελευταία 16 χρόνια. Συνδυάζοντας το με τη σημείωση του εκδότη του, όπου αναφέρεται το έτος 1945 ως το έτος που ήταν ολοκληρωμένο το πρώτο μέρος, προκύπτει το ανωτέρω συμπέρασμα.

59 Όπως είναι εμφανές από την διατύπωση της αρχής της επαληθευσιμότητας. Όμως και ο Dummett (1993β, σ.4) περιγράφει την γενικότερη επιρροή της αναλυτικής φιλοσοφίας από το σύνολο των φιλοσοφικών σχολών της εποχής.

60 Όρος που έχει αποδοθεί στον Richard Rorty από την ανθολογία του, "Linguistic turn" το 1967.

χρησιμοποιεί την φιλοσοφία της γλώσσας ως μια καινοτόμο προσέγγιση σε διαχρονικά φιλοσοφικά προβλήματα ακόμα και για το **πρόβλημα του ρεαλισμού**;

Ο επί δέκα έτη βοηθός του Bohr (1952-1962), Aage Petersen, περιγράφει αυτή την στάση:

> «Η παραδοσιακή φιλοσοφία μας έχει συνηθίσει να θεωρούμε την γλώσσα σαν κάτι δευτερεύον και την πραγματικότητα σαν κάτι πρωτεύον. Ο Bohr θεώρησε αυτή την στάση προς την σχέση μεταξύ γλώσσας και πραγματικότητας ακατάλληλη. Όταν κάποιος του είπε ότι δεν μπορεί να είναι η γλώσσα το θεμέλιο, αλλά η πραγματικότητα η οποία, ούτως ειπείν, βρίσκεται κάτω από την γλώσσα, εικόνα της οποίας είναι η γλώσσα, αυτός θα απαντήσει "είμαστε αιωρούμενοι μέσα στην γλώσσα με τέτοιον τρόπο που δεν μπορούμε να πούμε τι είναι πάνω και τι είναι κάτω. Η λέξη 'πραγματικότητα' είναι επίσης μια λέξη, μια λέξη την οποία πρέπει να μάθουμε να χρησιμοποιούμε ορθά." » (Petersen 1963, σ. 11)

Αν και ο Bohr ποτέ δεν έγραψε κάποιο άρθρο με αποκλειστικό θέμα τις ιδέες του περί γλώσσας, ωστόσο πολλά άρθρα του περιέχουν σχόλια σχετικά με την γλώσσα όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Petersen:

> «Στα γραπτά του ποτέ δεν έδωσε μια λεπτομερή έκθεση αυτής της άποψης [ότι είμαστε αιωρούμενοι μέσα στην γλώσσα]. Ούτε συζήτησε την σχέση της με άλλες αντιλήψεις από το επίπεδο της φιλοσοφίας της γλώσσας.» (Petersen 1963, σ. 10)

Φαίνεται λοιπόν ότι οι αντιλήψεις του Bohr συγκλίνουν με αυτές του Dummett ως προς το ποιο μέσο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να διερευνήσουμε το φιλοσοφικό πρόβλημα του ρεαλισμού. Αυτό ίσως να είναι μια αφορμή ώστε ασκώντας κριτική στην σημασιολογική θεωρία του Dummett να καταφέρουμε να «μάθουμε» να χρησιμοποιούμε ορθά την λέξη «πραγματικότητα». Η επιθυμία που μόλις τώρα διατύπωσα αποτελεί ένα διαχρονικό πρόβλημα για τους φυσικούς – και όχι μόνο - κάτι που είχε γίνει αντιληπτό και από τον Dummett:

> «Οι φυσικοί, παρομοίως, γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιούν την κβαντική μηχανική και, εντυπωσιασμένοι με την επιτυχία της, αισθάνονται πεπεισμένοι ότι είναι αληθής· αλλά οι ατέλειωτες συζητήσεις τους πάνω στην ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής δείχνει ότι, ενώ αυτοί πιστεύουν ότι είναι αληθής, δεν γνωρίζουν τι αυτή σημαίνει.» (Dummett 1991, σ. 13)

Τι προτείνει ο Dummett για την διερεύνηση μεταφυσικών ερωτημάτων που άπτονται της φύσης της πραγματικότητας όπως αυτή υποδηλώνεται από την επιτυχή χρήση της κβαντικής μηχανικής τον τελευταίο αιώνα;

> «...ερωτήσεις που αφορούν στην φύση της πραγματικότητας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με το πώς μπορούμε να μιλήσουμε για την πραγματικότητα...». (Dummett 2010, σ. 17)

Έτσι το βασικό ερώτημα που θα μας απασχολήσει είναι το εξής: Μπορεί η φιλοσοφία της γλώσσας να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε ή να επιλύσουμε το

πρόβλημα του ρεαλισμού; Πρωτίστως όμως, είναι αναγκαίο να εξερευνήσουμε το πώς καθιερώθηκε η κλασική αντίληψη της ρεαλιστικής θέσης για να μπορέσουμε να αντιληφθούμε οποιεσδήποτε αποκλίσεις της.

3.2 Ρεαλισμός: ιστορική προσέγγιση

Αρχικά η αναζήτηση των απαντήσεων στα ερωτήματα που αφορούσαν τη φυσική πραγματικότητα είχε συνδεθεί σχεδόν άρρηκτα με τη θρησκευτική πρακτική, γεγονός που μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί διαβάζοντας πρώιμα αρχαιοελληνικά κείμενα όπως τα ομηρικά έπη και τη Θεογονία του Ησίοδου. Ωστόσο από τον 6ο αιώνα π.Χ. το ζήτημα της πραγματικότητας μετατοπίστηκε από τη θεολογική εξήγηση στην επιστημονική εξήγηση μέσα από τους προσωκρατικούς φιλόσοφους. Αν και η ποιητική παράδοση απηχεί στα έργα των προσωκρατικών φιλοσόφων, θεωρείται ότι ήταν εκείνοι που διαμόρφωσαν το γνωσιοθεωρητικό υπόβαθρο για το πέρασμα από το μύθο στο λόγο. Πραγματοποιείται έτσι η μετάβαση από την αυθεντία των μύθων που εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα, στις θεωρίες που διατυπώνονται από στοχαστές μέσω επιχειρημάτων και αποδείξεων που διατυπώνονται με λογική συνοχή. Τα αίτια πια αναζητούνται στη φύση των πραγμάτων και όχι στις θεϊκές παρεμβάσεις, και αυτό είχε ως αποτέλεσμα νέες ερωτήσεις να τεθούν ως προς το τι εστί πραγματικότητα. Το ερώτημα της καταγωγής και των θεμελιωδών συστατικών του κόσμου και το ερώτημα αν θα πρέπει να αμφιβάλλουμε για το αν αυτά τα θεμελιώδη συστατικά θα είναι αμετάβλητα. Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα σηματοδότησαν την ιστορία της προσωκρατικής φιλοσοφίας, ως μια ιστορία φιλοσοφικής διαμάχης, γνωστή ως σύγκρουση του κόσμου του Ηρακλείτου με τον κόσμο του Παρμενίδη, ήτοι του κόσμου του **γίγνεσθαι** (της συνεχούς μεταβολής, εναλλαγής, γένεσης και φθοράς) και του κόσμου του **είναι**, ήτοι της ενιαίας αδιαφοροποίητης πραγματικότητας (Cornford 1935, σ. 229).

Κατά τον Ηράκλειτο (περίπου το 544 π.Χ. - περίπου το 484 π.Χ.) η μεταβολή είναι το κύριο χαρακτηριστικό της φυσικής πραγματικότητας (Πλάτων, Κρατύλος 402a· Πλούταρχος, Περί του ΕΙ του εν Δελφοίς 18, 392b), πράγμα που καθιστά – στην ροή του χρόνου - μη σταθερή την ύπαρξη ενός αντικειμένου στην φυσική πραγματικότητα. Οτιδήποτε «**είναι**» μια δεδομένη στιγμή, αλλάζει την ίδια στιγμή, έτσι ***δεν είναι***, συμπεραίνοντας αναπόφευκτα την ταυτόχρονη ύπαρξη του όντος και του μη όντος (Αριστοτέλης, *Μετά τά Φυσικά* Γ 3-1005b 23). Αυτού του είδους ο χαρακτηρισμός της μεταβολής και κατ' επέκταση της κίνησης υπονοεί την **αρχή της σύμπτωσης των αντιθέτων**[61] η οποία σε συνδυασμό με μια ενιαία πραγματικότητα δεν αφήνει περιθώριο για εξατομικευμένες διαχωρισμένες οντότητες («*τα πάντα είναι ένα*») (Verelst & Coecke 1999, σ. 2). Μια κατάσταση φαινόμενης γενικής ισορροπίας ή

61 Η συγκεκριμένη αρχή ήταν βασική θέση του γερμανού φιλόσοφου Nicolaus Cusanus (1407-1464) σύμφωνα με την οποία είναι δυνατή η ύπαρξη αντιφάσεων. Ο λόγος, ο οποίος δεν μπορεί να ανεχθεί τις αντιφάσεις, είναι αδύνατον να συλλάβει την απόλυτη και άπειρη αλήθεια, η οποία περιλαμβάνει αντιφάσεις.

σταθερότητας ενδέχεται να αποκρύπτει τη μεταβολή, με την μορφή εξισορρόπησης δυνάμεων ή ανταγωνισμού των αντιθέτων (Ιππόλυτος, Έλεγχος IX 9). Η μοναδικότητα της πραγματικότητας δεν υπονοεί την ανυπαρξία των πραγμάτων της εμπειρίας, αλλά υποδηλώνει την απόλυτη διασύνδεση τους με την πραγματικότητα που βιώνουμε.

Το αντίπαλο δέος της προσωκρατικής φιλοσοφικής διαμάχης, ο Παρμενίδης (501 π.Χ. - 450 π.Χ.) ήρθε για να προσεγγίσει το πρόβλημα με έναν σχεδόν λογικό τρόπο για να αποκαταστήσει την χαμένη ισορροπία (Παρμενίδης Περί Φύσεως (Το Ποίημα), VII, VIII). Αποδέχεται τη μοναδικότητα, την ενότητα και την αιωνιότητα του κόσμου, όπως την ορίζει ο Ηράκλειτος, αρνείται όμως ότι στον κόσμο αυτόν επικρατεί αλλαγή και κίνηση, γιατί αυτό θα απαιτούσε τη συνύπαρξη του όντος με το μη ον την ίδια χρονική στιγμή σε μια δεδομένη θέση. Οι αισθήσεις είναι πράγματι απατηλές, όχι όμως γιατί δείχνουν μια σταθερή πραγματικότητα, όπως έλεγε ο Ηράκλειτος, αλλά αντιθέτως γιατί δείχνουν μια μεταβαλλόμενη πραγματικότητα. Συνεπώς ο αισθητός κόσμος δεν μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο έγκυρης γνώσης και δεν μπορούμε να αναζητήσουμε σταθερό σημείο αναφοράς στις αισθήσεις μας. Το μόνο σταθερό σημείο αναφοράς βρίσκεται στο νου μας, στις έννοιες που έχουμε μέσα στο μυαλό μας για τα αισθητά πράγματα και οι οποίες παραμένουν αναλλοίωτες, ωσάν η πραγματικότητα να ταυτίζεται με την σκέψη. Την υπεράσπιση αυτών των θέσεων ανέλαβε ο Ζήνων ο Ελεάτης (490 π.Χ. - 430 π.Χ.) με το να παρουσιάσει μερικούς παραδοξολογικούς συλλογισμούς οι οποίοι είχαν σκοπό να αποδείξουν ότι η κίνηση και τα διαχωρισμένα αντικείμενα δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν. Τα πιο αντιπροσωπευτικά παράδοξα από αυτά, είναι το **παράδοξο της Διχοτομίας**[62] και το **παράδοξο της Πολλαπλότητος**[63].

Η απάντηση στην Ελεατική παραδοξολογία αποπειράθηκε να δοθεί από τη σχολή των **Ατομικών** (Λεύκιππος, Δημόκριτος) (Αριστοτέλης, Περί γενέσεως και φθοράς, I, 8, 325α23), χωρίς όμως να αποτελεί καθολική απόρριψη της Παρμενίδειας

---

62 Ένας δρομέας ξεκινά με σκοπό να φτάσει στο τέρμα του στίβου. Όμως για να φτάσει στο τέρμα θα πρέπει να τρέξει άπειρο αριθμό από διαδρομές που προστίθενται η μία στην άλλη. Καταρχάς πρέπει να φτάσει στο μέσο της διαδρομής ως το τέρμα. Στη συνέχεια πρέπει να φτάσει στο ενδιάμεσο σημείο μεταξύ του μέσου και του τέρματος, μετά στο μέσο του δεύτερου μέσου, κ.ο.κ. Όσο ο χώρος μπορεί και χωρίζεται (κάθε φορά στο μισό του μισού κλπ) σε όλο και πιο μικρά μέρη, οι διαδρομές όλο και προστίθενται και τελικά γίνονται άπειρες σε αριθμό. Όμως κανείς δε μπορεί να τρέξει άπειρο αριθμό διαδρομών. Ακόμα και αν η απόσταση από την αρχή ως το τέρμα είναι μόνο ένα μέτρο, ή ένα εκατοστό, ή ακόμα και μόνο ένα χιλιοστό του μέτρου, μια άπειρη σειρά διαδρομών δεν μπορεί να την εκτελέσει κανείς. Συνεπώς η κίνηση είναι αδύνατη.

63 Η πολλαπλότητα είναι ανέφικτη· τα πάντα είναι Ένα: Αν υπήρχε πολλαπλότητα, τα πάντα θα διαχωρίζονταν από άλλα αντικείμενα που θα βρίσκονταν ανάμεσά τους. Εκεί γεννιέται το παράδοξο, καθώς από τη μία τα πράγματα είναι πεπερασμένα και αριθμούνται, αφού μπορούμε να μετρήσουμε μια συγκεκριμένη ποσότητα από αυτά, και από την άλλη, όταν πάντα υπάρχουν ενδιάμεσα αντικείμενα για οποιοδήποτε πράγμα, τα πράγματα απειρίζονται. Επειδή λοιπόν είναι αδύνατο να είναι ταυτόχρονα πεπερασμένη και άπειρη μια ποσότητα, τα πράγματα δεν είναι πολλαπλά αλλά συμπίπτουν και οι αισθήσεις μας απλώς μας εξαπατούν. Τα πάντα είναι Ένα και ο αληθινός κόσμος έχει τη μορφή του Σφαίρου του Παρμενίδη, που είναι τέλειος από κάθε άποψη και αδιαίρετος.

θέσης. Πράγματι, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος δέχτηκαν τη διάκριση του Παρμενίδη ανάμεσα στο «ον» και το «μη ον» (Αριστοτέλης, *Μετά τα φυσικά* 985b4-6), απέδωσαν όμως τις ιδιότητες του μοναχικού παρμενίδειου όντος σε κάθε ένα από τα πολλά όντα που αποτελούν τη βάση της δικής τους κοσμοθεωρίας, τα άτομα. Αυτά είναι αιώνια, αναλλοίωτα, δεν υπόκεινται σε γέννηση, σε φθορά, η κίνηση των οποίων στο κενό δημιουργεί τη «δίνη» χάρη στην οποία αυτά αναμειγνύονται και διαχωρίζονται σε συμπτωματικούς συνδυασμούς δημιουργώντας έτσι τα πράγματα που υπόκεινται τις μεταβολές. Επιπλέον το παρμενίδειο «μη ον» δεν είναι αυτό που δεν υπάρχει, το ανύπαρκτο, αλλά ο κενός χώρος - το κενό είναι κάτι που υπάρχει στην πραγματικότητα, απλώς είναι κάτι το εντελώς άδειο. Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος θεώρησαν δεδομένο ότι τα άτομα ήταν εξαρχής κινούμενα, και, απ᾽ ό,τι φαίνεται, δεν αισθάνθηκαν την υποχρέωση να αιτιολογήσουν την ύπαρξη αυτής της κίνησης. Το να μιλάς όμως για κάτι που δεν υπάρχει (μη ον) με τρόπο που να έχει νόημα (Αριστοτέλης, Φυσικά 213b), χωρίς επιπλέον να δίνεις μια εξήγηση για την αρχή της φαινόμενης κίνησης των πραγμάτων, φάνηκε να αφήνει τους Ελεατικούς γρίφους άλυτους.

Τα αντικρουόμενα συμπεράσματα της προσωκρατικής φιλοσοφίας είχαν ως αποτέλεσμα να προκαλέσουν την ίδια την ύπαρξη της αλήθειας και της βεβαιότητας για τον κόσμο. Οι συνέπειες των προσωκρατικών θέσεων καθιστούσαν αδύνατη την ανάπτυξη σταθερής, βέβαιης γνώσης για τη φυσική πραγματικότητα. Δεν ήταν δυνατή η απόδοση σταθερών και αντικειμενικών χαρακτηριστικών σε κανένα αντικείμενο της εμπειρίας (Πλάτωνας, Θεαίτητος 183a· Πλάτωνας, Σοφιστής 260d), γεγονός έκδηλο σε βασικούς αντιπροσώπους του αρχαίου σκεπτικισμού (Σοφιστές).

Παρά όμως τις διχαστικές εντυπώσεις των προσωκρατικών φιλοσόφων, μπορούμε να εντοπίσουμε το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών, γιατί αυτό θα σημάνει και την βάση για ένα νέο ρεύμα φιλοσοφικής πρακτικής το οποίο καθόρισε την επιστημονική σκέψη μέχρι τις ημέρες μας. Αυτό που χαρακτηρίζει την προσωκρατική περίοδο είναι το είδος της επίγνωσης του να υπάρχει κάποιος μέσα στον κόσμο. Δεν φαίνεται αυτή η επίγνωση να βασίζεται σε κανενός είδους διαχωρισμό μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου (Verelst & Coecke 1999, σ. 3). Και ίσως αυτό παρατήρησε ο Πλάτωνας και εν συνεχεία ο Αριστοτέλης όταν αναζήτησαν εκείνη την κοσμική εικόνα που θα εξασφάλιζε την αναγκαία σταθερότητα των πραγμάτων - ως στέρεη βάση για την γνώση - και την ύπαρξη του μη όντος (Πλάτωνας, Σοφιστής 256c) ως το αναγκαίο στοιχείο για την ύπαρξη της κίνησης, της μεταβολής και άλλων αισθητών εμπειριών. Το κοινό χαρακτηριστικό και των δύο λύσεων τους ήταν η διαίρεση του κόσμου σε δύο διαχωρίσιμα – αν και συνδεδεμένα – σύμπαντα. Ένα ακίνητο και αμετάβλητο Παρμενίδειο σύμπαν που θα παρείχε τη ζητούμενη σταθερότητα τόσο για τα αντικείμενα όσο και για τα ονόματα και ένα δεύτερο κινούμενο και μεταβαλλόμενο Ηρακλείτειο σύμπαν το οποίο θα επέτρεπε τη μεταβολή και την αλλαγή στον κόσμο όπως παρουσιάζεται στις αισθήσεις μας. Αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό είναι που κάνει τις κοσμοθεωρίες τους μεταφυσικές (Verelst & Coecke 1999, σ. 4).

Ο Πλάτωνας (427 π.Χ. - 347 π.Χ.) θέλοντας να διαφυλάξει το αγαθό της γνώσης

και της αντικειμενικής αλήθειας από σοφιστείες που την απέρριπταν καταδικάζοντας τον άνθρωπο σε μια μόνιμη άγνοια υποστήριξε ότι τα αντικείμενα της γνώσης, τα αντικείμενα που θα μπορούσαν να οριστούν, υπήρχαν, αλλά δεν έπρεπε να ταυτιστούν με τίποτε στον αισθητό κόσμο· υπήρχαν σε έναν νοητό κόσμο, πέραν χώρου και χρόνου. Στο φιλοσοφικό του σύστημα το παρμενίδιο επίπεδο της ύπαρξης ήταν το σύμπαν των «**ιδεών**» (Αριστοτέλης, *Μετά τα φυσικά* A6, 987b1-9· Πλάτωνας, Σοφιστής 246c). Σε αντιδιαστολή, το Ηρακλείτειο επίπεδο της ύπαρξης είναι το σύμπαν των **αισθητών** πραγμάτων. Την φύση των αντικειμένων της αισθητής πραγματικότητας την εξηγεί το οντικό παρμενίδειο σύμπαν των «ιδεών». Αυτές είναι η γνωσιολογική τους αιτία και η προϋπόθεση της ύπαρξης τους, αυτές ορίζουν την αξία κάθε αντικειμένου της πραγματικότητας (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1078b· Πλάτωνας, Φαίδων 79a). Έτσι κατά τον Πλάτωνα, τα αισθητά αντικείμενα της εμπειρίας μας ορίζονται ως το σύνολο των ιδιοτήτων τους τις οποίες αποκτούν μέσα από τη μέθεξη - τη συμμετοχή τους - με το νοητό, υπαρκτό, αμετάβλητο και αιώνιο κόσμο των ιδεών. Μπορεί οι ιδιότητες τους να αλλάζουν συνεχώς μιας και κατοικούν στο Ηρακλείτειο επίπεδο της μεταβολής ωστόσο δεν παύουν κάθε στιγμή να έχουν κάποιες ιδιότητες. Ο Πλάτωνας για να αποφύγει το Ηρακλείτειο συμπέρασμα της αρχής της σύμπτωσης των αντιθέτων στην περιγραφή του φαινομένου της κίνησης (Πλάτωνας, Σοφιστής 256c), εφάρμοσε τη **διαλεκτική** (Πλάτωνας, Σοφιστής 253d), τη μέθοδο μέσω της οποίας ταξινομούνται οι Ιδέες σε «γένη», έτσι ώστε να διακριθούν οι συγγενείς από τις διαφορετικές, να καταστεί εμφανές ποιες επικοινωνούν μεταξύ τους και ποιες όχι και πώς το κάνουν αυτό. Η ταξινόμηση αυτή τις οργανώνει σε κατιούσα διάταξη η οποία καταλήγει στην περιγραφή των μεμονωμένων ιδεών που αποτελούν και τη βάση των ουσιών των φυσικών αντικειμένων: κίνηση, στάση, ον, ίδιο και διαφορετικό (Πλάτωνας, Σοφιστής 254d,e). Έτσι η διαλεκτική καθιστά τη δυνατότητα ένα αντικείμενο να φαίνεται να έχει αντίθετες ιδιότητες χωρίς να δημιουργεί αντίφαση από την ταυτόχρονη παρουσία του όντος και του μη-όντος. Πώς το επιτυγχάνει αυτό; Ο Πλάτωνας παρέχει νόημα στο μη ον, ορίζοντας το ως η διαφορετικότητα, ως ετερότητα, ως το σχετικά αντίθετο του (Πλάτωνας, Σοφιστής 257b) και όχι ως το πλήρες αντίθετο του όντος. Κάθε ον σε σχέση προς τα άλλα όντα μπορεί να νοηθεί ως μη ον. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγει το παρμενίδειο επιχείρημα πώς ότι δεν είναι ον είναι καταδικασμένο σε ένα είδος ανυπαρξίας για το οποίο δεν μπορεί να γίνει καν συζήτηση. Πώς θα μπορούσε αυτή η εννοιολογική τοποθέτηση του Πλάτωνα να εξηγήσει τον θεμελιώδη γρίφο περί της κίνησης του όντος (ον και μη ον); Ας θυμηθούμε ότι όλες οι έννοιες έχουν οντολογική υπόσταση ως μέλη του σύμπαντος των ιδεών. Συνεπώς για να απαντηθεί ο προσωκρατικός γρίφος της κίνησης αρκεί κάποιος να θεωρήσει την κίνηση ως ον όταν αυτή συσχετίζεται με τον εαυτό της (ίδιο), αλλά ταυτόχρονα να την θεωρεί ως μη ον όταν αυτή συσχετίζεται με την στάση (διαφορετικό). Στο κάθε ον συνυπάρχει η ταυτότητα του ως όντος και η ταυτότητα του ως μη όντος στη σχέση του με την πολλαπλότητα των διαφορετικών όντων, όπως ανάλογα στο μη ον συνυπάρχει η ταυτότητα του ως μη όντος με την ταυτότητα του ως όντος (Πλάτωνας, Σοφιστής 256c). Έτσι καταφέρνει

να υιοθετήσει την αρχή της **μη αντίφασης** στο επιστημολογικό[64] επίπεδο, αφού αναδεικνύει επί της ουσίας τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να μιλάμε για τις ιδιότητες αυτής της πραγματικότητας (Verelst & Coecke 1999, σ. 5).

Ο Αριστοτέλης (384 π.Χ. - 322 π.Χ.) όμως, διαφοροποιήθηκε από το δάσκαλο του, Πλάτωνα, απορρίπτοντας τον διαχωρισμό του σταθερού παρμενίδειου σύμπαντος των ιδεών και του μεταβλητού ηρακλείτειου σύμπαντος των αισθητών αντικειμένων. Οι δυσκολίες του φιλοσοφικού συστήματος του Πλάτωνα αναδεικνύονταν από την αδυναμία εξήγησης της αιτίας του θεμελιώδους φυσικού φαινομένου της κίνησης και της διαδικασίας της πλατωνικής μέθεξης των ιδεών (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 991a). Πώς μπορεί μια ιδέα ως το πιο αληθινό όν να βρίσκεται ταυτόχρονα σε τόσα διαφορετικά αισθητά; Εφόσον τα αισθητά «μοιάζουν» με τις ιδέες, πώς να εξηγηθεί η μεταξύ τους σχέση ομοιότητας χωρίς τη χρήση ενός τρίτου όρου κάτι το οποίο θα οδηγούσε σε απεριόριστη αναγωγή[65];

Πού όμως μπορούσε ο Αριστοτέλης να αναζητήσει την αναγκαία σταθερότητα που επιζητεί ο ανθρώπινος νους, αν όχι στο σύμπαν των αμετάβλητων και αιώνιων ιδεών; Πρώτα ο Αριστοτέλης αποδέχτηκε την ανάγκη που είχε ο κοινός νους για εξατομικευμένες υπάρξεις (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 999a, 1001b, 1005a). Διαχωρίζοντας έτσι το αντικείμενο (το όν) από το περιβάλλον του, αναζήτησε την φύση του στην ενοποίηση του παρμενίδειου σύμπαντος των ιδεών και του ηρακλείτειου σύμπαντος των αισθητών του Πλάτωνα. Κάθε αντικείμενο της φυσικής πραγματικότητας αποτελούσε μια ένωση δύο διακριτών αλλά αδιαίρετων επιπέδων. Της **ύλης** που αποτελούσε το σταθερό συνεχές υπόστρωμα του αντικειμένου και της **μορφής** (ή ουσίας, είδους) που ήταν εκείνη που διαμόρφωνε και κυριαρχούσε επί της ύλης και κατ' επέκταση εκείνη που έφερε τις αναγκαίες ιδιότητες που καθορίζουν επακριβώς αυτό που είναι το αντικείμενο (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1022a, 983a). Τα αισθητά αντικείμενα έχουν πια αυτόνομη ύπαρξη, γιατί απ' αυτά αποτελείται ο πραγματικός κόσμος, έχοντας ιδιότητες που εκπορεύονται από τα ίδια τα αντικείμενα, ενώ αποκτούν το νόημα τους μόνο σε σχέση με τα ίδια (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1029a).

Αυτό που έπρεπε να ερμηνευθεί, στη συνέχεια, ήταν η σχέση μεταξύ της μορφής και της ύλης. Για να εξηγηθούν τα φαινόμενα της μεταβολής και της κίνησης, ήταν αναγκαίο να βρεθεί μια αρχή ή μια φυσική διαδικασία που να παρακινεί την ύλη να προσλάβει κάποια προσδιορισμένη μορφή, ή αντιστρόφως, που να καθιστά ικανή την μορφή να εμπραγματώνεται μέσα στην ύλη. Ως λύση στο παραπάνω πρόβλημα, ο Αριστοτέλης θεώρησε αναγκαίο να εισάγει τη διπλή έννοια του όντος, τη δυνητική (**δυνάμει ὄν**) και την πραγματική (**ἐνεργεία ὄν**) (Αριστοτέλης, Μετά τα Φυσικά 1069b). Το « δυνάμει ὄν» είναι το ον που υπάρχει με τον τρόπο της δυνατότητας, ως η άμορφη ύλη συγκεκριμένου κάθε φορά είδους. Το «ἐνεργεία ὄν» είναι το ον που, «υπάρχει πλέον πραγματωμένο, με έναν συγκεκριμένο και ολοκληρωμένο τρόπο: το ον ως

64 Εναλλακτικοί όροι της επιστημολογίας είναι η γνωσιολογία (theory of knowledge). Ως αντικείμενο ερεύνης έχει την αντιμετώπιση προβλημάτων της γνώσης. Π.χ. αν είναι δυνατή η γνώση και μέχρι ποιου σημείου, το ζήτημα της πηγής, το πρόβλημα της εγκυρότητας, αν είναι απόλυτη ή σχετική.

65 Το επιχείρημα του Τρίτου Ανθρώπου.

είδος-μορφή, **το ον ως φαινόμενον**, αφενός όπως προσφέρεται στη σχέση του με τα υπόλοιπα όντα, αφετέρου ως το αντικείμενο που προσάγεται στη σχέση με το ανθρώπινο υποκείμενο.». Με την εισαγωγή της διπλής έννοιας του όντος, είναι εφικτό πια να γίνει αντιληπτή η φυσική αρχή μέσω της οποίας η ύλη προσλαμβάνει κάποια προσδιορισμένη μορφή, αυτή είναι η **«ἐντελέχεια»** (Αριστοτέλης, Φυσικά 186a). Η έννοια της εντελέχειας είναι διττή: με τη λέξη αυτή αφενός σημαίνεται η ολοκληρωμένη, πραγματωμένη ύπαρξη ενός πράγματος (δεν απομένει τίποτε να γίνει), αφετέρου σημαίνεται η πορεία, η διαδικασία προς την ολοκλήρωση-πραγμάτωση (απομένει να γίνει κάτι). Μέσα σε όλο αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο, το φαινόμενο της κίνησης και της μεταβολής μπορούσε να ορισθεί ως εξής:

> «Με δεδομένη, τώρα, σε κάθε γένος όντων τη διάκριση πραγματωμένης ύπαρξης και δυνητικής ύπαρξης, κίνηση είναι η διαδικασία της πραγμάτωσης του ως – δυνατότητα - υπαρκτού όντος, εκείνη η πραγμάτωση όμως που αντιστοιχεί ακριβώς στον τρόπο με τον οποίο υπάρχει δυνητικά το εκάστοτε ον·» (Αριστοτέλης, Φυσικά 201a)

Η φύση επομένως, κατά τον Αριστοτέλη, φαίνεται να λειτουργεί «**τελεολογικά**». Κάθε φυσικό ον τείνει να πραγματώσει τον προδιαγεγραμμένο σκοπό του, το «τέλος» του, όταν αυτό ενεργοποιείται από το «κινητικόν»[66]. Υπό την οπτική του Αριστοτέλη, ο κόσμος φαίνεται να είναι ένας κόσμος σκοπιμότητας, τα αντικείμενα του οποίου συμπεριφέρονται προβλέψιμα λόγω της φύσης τους, μια οπτική που αποτέλεσε θεμελιώδες χαρακτηριστικό για τη μεταγενέστερη επιστημονική πρακτική. Ωστόσο έπρεπε και αυτός να δώσει μια απάντηση σε αυτό που απέφυγαν να δώσουν οι Ατομικοί για την αρχή της φαινόμενης κίνησης. Για να μην καταλήξει σε μια αέναη αλυσίδα από «κινητικόν – κινητόν[67]», το αριστοτελικό μεταφυσικό σύστημα αποδέχθηκε την ύπαρξη του πρώτου «κινοῦν ἀκίνητον» (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1072a, 1071b) ως μια αναγκαιότητα την οποία μάλιστα χαρακτήρισε ως θεό, σημειολογία που έχει προκαλέσει αντιπαραθέσεις ως προς το πώς νοείται αυτή. Έτσι μια οντότητα δεν είναι ποτέ πλήρως η ίδια -αυτόνομα- πραγματωμένη, παρά μόνο αναφορικά με κάτι άλλο έχει εντελέχεια (Αριστοτέλης, Φυσικά 201a). Το μόνο αληθινά πραγματωμένο ον είναι ο Αριστοτελικός Θεός.

Όλα τα παραπάνω, είχαν ως συνέπεια η παλιά αντίθεση - ως προς το πρόβλημα της μεταβολής - ανάμεσα στο ον και στο μη ον, στο «τι υπάρχει» και στο «τι δεν υπάρχει» να μεταφερθεί στο επίπεδο του «ενεργεία» και του «δυνάμει» όντος. Επινοώντας έτσι την εναλλακτική κατηγορία του «δυνάμει» ο Αριστοτέλης απεμπλέκεται από την ένσταση του Παρμενίδη πώς το τίποτα παράγει τίποτα (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1009a). Τώρα πια που το φαινόμενο της μεταβολής δεν λάμβανε χώρα εντός του αντιφατικού διπόλου ον και μη ον, μπόρεσε να τεθεί η οντολογική βάση για την αρχή της **μη-αντίφασης:** μια οντότητα δεν μπορεί να βρίσκεται ταυτόχρονα στη δυνητική και στην πραγματωμένη κατάσταση αναφορικά ως προς την ίδια οπτική. Αυτό ακριβώς επιτρέπει τον Αριστοτέλη να ενοποιήσει το παρμενίδειο και ηρακλείτειο σύμπαν του μεταφυσικού του συστήματος, το «ενεργεία»

---

66 "αυτό που έχει τη δυνατότητα να προκαλεί την κίνηση-μεταβολή". (Αριστοτέλης, Φυσικά 200b12)

67 "εκείνο που έχει τη δυνατότητα να την υφίσταται".(Αριστοτέλης, Φυσικά 200b12)

και το «δυνάμει» (Verelst & Coecke 1999, σ. 5). Τι συνέπειες όμως είχε το ανωτέρω φιλοσοφικό σύστημα του Αριστοτέλη για την επιστημονική πρακτική; Οντολογική σταθερότητα (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1005a). Η οντολογική όμως σταθερότητα που επιτεύχθη, έπρεπε τώρα να γίνει προσβάσιμη στη νόηση. Ο Αριστοτέλης χρησιμοποίησε την μεταφορική εικόνα του νου ως κεριού για να περιγράψει την παθητικότητα της αισθητηριακής αντίληψης (Αριστοτέλης, Περί ψυχής 424a18-20). Με αυτό το χαρακτηριστικό έπρεπε να αναπτυχθεί ένας τρόπος με τον οποίο θα μπορεί να αποκτηθεί η γνώση για αυτήν τη σταθερή πραγματωμένη οντολογία (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1005b, 1005a). Ακριβώς αυτή η προσπάθεια σηματοδοτεί την γέννηση της Αριστοτελικής λογικής για την οποία έχουμε ήδη εξετάσει το πώς επηρέασε και διαμόρφωσε το περίγραμμα της δυτικής επιστημονικής σκέψης. Επειδή ο στόχος μας είναι σε αυτό το σημείο να αντιληφθούμε το πώς η λογική χειρίζεται οντολογικά τη φυσική πραγματικότητα, δεν θα αναπαράγουμε ξανά τους παραγωγικούς κανόνες της αριστοτελικής συλλογιστικής, αλλά θα εστιάσουμε στις βασικές αρχές που τους διέπουν. Αυτές είναι η γνωστή μας αρχή της μη αντίφασης η οποία αποτέλεσε και την αδιάκοπη απαίτηση για να είναι έγκυρη η αναζήτηση της γνώσης και η αρχή της **ταυτότητας**[68]. Με την αρχή της ταυτότητας σε πρώτη φάση αποδέχεται την ύπαρξη των αντικειμένων της γνώσης μας και κατά δεύτερη απαιτεί σε κάθε στιγμή αυτά τα αντικείμενα να είναι ίσα με τον εαυτό τους, παρέχοντας την αναγκαία σταθερότητα σε αυτά ώστε να ταυτοποιηθούν, να τους αποδοθεί όνομα (Αριστοτέλης, Μετά τα Φυσικά 1041a). Έχοντας αποδεχθεί την ύπαρξη των αντικειμένων της γνώσης μας και σταθεροποιώντας τα εν συνεχεία, η αρχή της αντίφασης αν και θεμελιώθηκε οντολογικά μέσα από την διάκριση του «δυνάμει» και του «ενεργεία» ωστόσο χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο θα μιλήσουμε για τη στατική πραγματωμένη οντολογία. Τρόπο που αφορά το αν τα αντικείμενα κατέχουν ή όχι τις ιδιότητες τους και όχι για το αν υπάρχουν ή όχι (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1009a, 1006a).

Η συλλογιστική διαδικασία της λογικής του Αριστοτέλη είχε ως αποτέλεσμα να περιορίσει τη φαινόμενη δυναμικότητα της πραγματικότητας, του «γίγνεσθαι», μέσα σε ένα στατικό πλαίσιο, εντός του οποίου δεν μπορούσαν πια να εκφραστούν τα φαινόμενα της κίνησης και της μεταβολής (η μετάβαση από το «δυνάμει» στο «ενεργεία») (Verelst & Coecke 1999, σ. 6). Αν και ο Αριστοτέλης διαχώρισε τις οντολογικές του αρχές από την θεωρία του «συλλογίζεσθαι», ωστόσο αυτή η «κενή» λογική δεν έπαψε να περιέχει μια ελεατική οντολογία η οποία επιτρέπει μόνο στατικές περιγραφές του κόσμου. Αυτό μπορεί να γίνει πιο εμφανές αν ανατρέξουμε στην αρχαϊκή σημασία των σχετικών όρων «συλλογή»[69] και «συλλογίζομαι»[70] για να διαπιστώσουμε πώς η ικανότητα της σκέψης ισοδυναμούσε με την ικανότητα να

68 «αὐτὸ τὸ πρᾶγμα εἶναι αὐτὸ ποὺ εἶναι»

69 Προέρχεται από την λέξη (συν+λέγω) με αρχαϊκή σημασία την έννοια του «συγκεντρώνω, μετρώ, απαριθμώ, συναθροίζω, συνάγω, μαζεύω» (Μπαμπινιώτης 2010, σ. 766· Liddell and Scott 2007, σ. 69,70)

70 Η αρχαϊκή σημασία παραπέμπει στην έννοια του «συγκεντρώνω και παρουσιάζω μαζί, συγκεφαλαιώνω» (Μπαμπινιώτης 2010, σ. 1355· Liddell and Scott 2007, σ. 70)

σχηματίζει κάποιος συλλογές, να εξατομικεύει καθεαυτά και να διαχωρίζει. Τι επιτεύχθη με αυτή την αποστασιοποίηση;

> «η σχέση μεταξύ της γνώσης και του πραγματικού κόσμου που εμμέσως υποτίθεται εδώ, αντικαθίσταται στην επιστήμη από την σχέση μεταξύ της γνώσης και μιας ανοικοδόμησης του πραγματικού κόσμου μέσω μιας «εμπειρικής» διαδικασίας που περιλαμβάνει ένα οντολογικό κανόνα ο οποίος διαμορφώνει την σχέση μεταξύ του ανθρώπινου «παρατηρητή» και της πραγματικότητας σε ένα πολύ βαθύτερο επίπεδο. *Ο διαχωρισμός μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου έχει ήδη ολοκληρωθεί*.» (Verelst & Coecke 1999, σ. 7).

Απέναντι στις προτεινόμενες «in re» (μέσα στο πράγμα) και «ante rem» (πριν από το πράγμα) θεωρήσεις για την σταθεροποίηση της ουσίας των αισθητών και την απόκτηση σταθερής γνώσης για τα αντικείμενα της φυσικής πραγματικότητας, ο μεσαίωνας θα παρείχε μια τρίτη εναλλακτική, τον **νομιναλισμό** (ονοματοκρατία), στοιχεία του οποίου εμφανίζονται στον Ηράκλειτο και στους αρχαίους σοφιστές. Ο νομιναλισμός θα απέρριπτε την ύπαρξη των ουσιών (καθόλου, universalia) και θα τις απέδιδε σε μια αποκλειστικά νοητική διαδικασία απαλείφοντας το οντολογικό υπόβαθρο αυτών των θεωρήσεων και εκφυλίζοντας τες αποκλειστικά σε επιστημολογική υπόθεση (post res: το πράγμα υπάρχει πρώτα, οτιδήποτε μετά είναι στο νου). Ωστόσο είναι δύσκολο να χρησιμοποιήσει κάποιος μια αποκλειστικά νομιναλιστική γλώσσα στο σύνολο των επιστημονικών πλαισίων και πρακτικών. Στην περίπτωση των μαθηματικών, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι δεν «αναφερόμαστε» σε αριθμούς, συναρτήσεις κ.ο.κ. αλλά σε άνευ νοήματος σύμβολα και εκφράσεις που χειριζόμαστε σύμφωνα με προκαθορισμένους τυπικούς κανόνες. Στην φυσική, ωστόσο, είναι δύσκολο να αποφύγει κάποιος την αναφορά στις αμφισβητήσιμες οντότητες δεδομένου ότι η γλώσσα της φυσικής εξυπηρετεί την επικοινωνία των προβλέψεων και ως εκ τούτου δεν μπορεί να θεωρηθεί απλός λογισμός (Carnap 1950, σ. 85). Παρά τις νομιναλιστικές ερμηνευτικές τάσεις των μεσαιωνικών «σχολαστικών», το αριστοτελικό μοντέλο κυριάρχησε ως και την εποχή της Αναγέννησης.

Αυτό που έμελλε να συμφιλιώσει η μετέπειτα επιστημονική σκέψη, ήταν ο εγγενής στατικός χαρακτήρας της αριστοτελικής λογικής με το διαρκώς μεταβαλλόμενο κόσμο των αισθητών. Και η προσπάθεια της πρώιμης σύγχρονης περιόδου είχε ως σκοπό να λύσει αυτό το πρόβλημα με το να εφοδιάσει την λογική με εκείνο το οντολογικό περιεχόμενο που θα μπορούσε να επιτρέψει την περιγραφή ενός μεταβαλλόμενου κόσμου όπως ακριβώς υποδεικνύει η αισθητηριακή μας εμπειρία. Η αρχή έγινε με τον Γαλιλαίο (1564 - 1642) με το να επαναφέρει τον δημοκρίτειο ατομισμό ως μια θεωρία της ύλης και της αντίληψης μας γι' αυτή, δίνοντας μια ποσοτική εξήγηση - στο επίπεδο των βασικών δομικών στοιχείων της ύλης - για την παρατηρούμενη ποιοτική μεταβολή της εμπειρίας μας στο μακρόκοσμο. Η αναγέννηση του ατομισμού υπήρξε συλλογική προσπάθεια των René Descartes (1596 – 1650), Pierre Gassendi (1592 - 1655), Robert Boyle (1627 - 1691) μέσω της οποίας παραμερίστηκε η αριστοτελική οντολογία του «δυνάμει» και του «ενεργεία», αναζητώντας το ελεατικό μεταφυσικό επίπεδο της σταθερότητας στην έννοια του

χώρου και το ηρακλείτειο μεταφυσικό επίπεδο της μεταβολής στην έννοια του χρόνου (Verelst & Coecke 1999, σ. 9). Παράλληλα, το αριστοτελικό πρότυπο της ενοποίησης του αισθητού με το αόρατο νοητό τίθεται υπό αμφισβήτηση. Ο **σκεπτικισμός** της αρχαιότητας αναζωπυρώνεται κατά την περίοδο της «αναγέννησης» κυρίως ως απόρροια των μεταρρυθμιστικών τάσεων στα πλαίσια της θρησκευτικής παράδοσης αλλά και της αμφισβήτησης καθιερωμένων θεωριών όπως το γεωκεντρικό σύστημα. Είτε με την πλήρη μορφή του (Montaigne, Charrot) είτε με την μετριοπαθή μορφή του (Gassendi, Mersenne και Grotius) υποστήριξε ότι δεν μπορούμε να γνωρίσουμε την πραγματική φύση της πραγματικότητας, αλλά μόνο πως τα πράγματα εμφανίζονται στο χώρο και τον χρόνο. Η περιορισμένη γνώση μας γύρω από τα φαινόμενα επαρκεί σαν ένας οδηγός για να ζούμε, θέση που οδήγησε στο να διαμορφωθεί μια εμπειρική πραγματική μοντέρνα επιστημονική έρευνα (Popkin 1991, σ. 294). Σε αντιμετώπιση αυτής της σκεπτικιστικής ατμόσφαιρας, οι Descartes, Spinoza, Locke και Berkeley προσπάθησαν να αναιρέσουν τον Σκεπτικισμό ιδρύοντας μια νέα βάση για την γνώση. Η προσπάθεια αυτή εκδηλώθηκε με την εμφάνιση δύο αντιτιθέμενων φιλοσοφικών τάσεων, του **ορθολογισμού** (rationalism) - ως η θέση ότι όλη η γνώση προκύπτει από διανοητικούς και παραγωγικούς συλλογισμούς - και του **εμπειρισμού** (empiricism) ως η θέση ότι η προέλευση της γνώσης είναι η αισθητηριακή εμπειρία.

Ο Descartes (1596-1650) ως ένας από τους κύριους εκφραστές του ορθολογισμού με γνώμονα ένα είδος μεθοδολογικού σκεπτικισμού ξεκινώντας από την καθολική αμφιβολία κατέληξε σε μία πρόταση, για την αλήθεια της οποίας δεν θα μπορούσε να υπάρξει η παραμικρή αμφιβολία: Σκέπτομαι, άρα υπάρχω (cogito ergo sum). Οδηγείται έτσι στην πρώτη αναμφισβήτητη αλήθεια στην καρτεσιανή αναζήτηση της γνώσης – την ύπαρξη του σκεπτόμενου εγώ. Με αυτό το κριτήριο ο Descartes μπόρεσε να υποστηρίξει ότι μια σειρά προϋποθέσεων γύρω από τον αιτιώδη ορθολογισμό είναι καθαρές και ευκρινείς και γι'αυτό αληθείς. Παρόλα αυτά, πάντως, παραμένει η αβεβαιότητα για όλον τον υπόλοιπο εξωτερικό κόσμο. Ο Descartes με ένα αιτιακό επιχείρημα που έχει δεχθεί πολλές επικρίσεις συλλογίζεται ότι το αναπαραστασιακό περιεχόμενο (ή «αντικειμενική πραγματικότητα») αυτής της ιδέας είναι τόσο μεγάλο, που δεν μπορεί να έχει προέλθει από το εσωτερικό του δικού του ατελούς νου, αλλά θα πρέπει να έχει εμφυτευθεί σε αυτόν από ένα ενεργό τέλειο ον – τον Θεό. Μόλις αποδειχθεί η ύπαρξη του Θεού, ο Descartes πείθεται ότι ο εξωτερικός κόσμος όπως μας παρουσιάζεται ερμηνεύεται ως πραγματικός γιατί οι ιδέες μας είναι ευκρινείς και σαφείς, αφού ο Θεός δεν μας εξαπατά και μας κάνει να πιστεύουμε ότι και οι δικές μας ιδέες είναι αληθείς. Όμως η αναζήτηση της βεβαιότητας στο «cogito» και στο Θεό, κατέστησε την μεθοδολογική του προσέγγιση ευάλωτη στην κριτική από τον σκεπτικιστικό χώρο. Το ίδιο ευάλωτες ήταν και οι θέσεις άλλων ορθολογιστών όπως ο Spinoza (1632-1677) και ο Leibniz (1646-1716). Ούτε η εμπειριστική προσέγγιση έτυχε ευνοϊκής αντιμετώπισης. Ο Locke (1632–1704) χωρίς δυσκολία υποστήριξε πως δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την πραγματική και αληθή φύση των πραγμάτων (real essences of things). Μπορούμε ωστόσο να έχουμε αδιαφιλονίκητη διαισθητική γνώση του τι μπορεί να αποδειχθεί από τις ιδέες μας και αισθητηριακή γνώση, όπως ότι η φωτιά ζεσταίνει (Popkin 1991, σ. 296). Ο Berkeley (1685-1753) πρότεινε πως αν κάποιος

ισχυρίζεται ότι το φαινόμενο είναι πραγματικότητα, τότε δεν θα υπήρχε σκεπτικό πρόβλημα πάνω στην άποψη ότι η εμπειρία ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Ωστόσο και οι δύο δεν υπήρξαν απόλυτα συνεπείς προς τη βασική θέση του εμπειρισμού: τίποτα δεν υπάρχει στο νου, που δεν υπήρξε προηγουμένως στην αίσθηση. Η ύπαρξη πέρα από τις παραστάσεις μας τόσο της υλικής όσο και της πνευματικής υπόστασης, που εισηγήθηκαν αντιστοίχως ο Locke και ο Berkeley, αντιφάσκει προς την ανωτέρω εμπειρική θέση και ταυτόχρονα αφήνει έκθετη την επιχειρηματολογία τους στον σκεπτικισμό. Η συμμόρφωση του Hume προς τη βασική θέση του εμπειρισμού είχε ως συνέπεια να οδηγηθεί σε μια ακραία μορφή σκεπτικισμού αμφισβητώντας την αξιοπιστία του ορθού λόγου και τα αποτελέσματα της αισθητηριακής εμπειρίας. Η αμφισβήτηση δεν τίθεται εξαρχής, όπως στην περίπτωση του Descartes, αλλά συνάγεται ύστερα από τον έλεγχο των νοητικών λειτουργιών και των γνωστικών δυνατοτήτων του ανθρώπου. Στο πλαίσιο ενός τέτοιου ελέγχου, ο Hume, πείσθηκε ότι ο άνθρωπος μπορεί να γνωρίζει μόνο εντυπώσεις και ιδέες, τις οποίες έχει σχηματίσει εντός του μέσω των αισθήσεων. Αυτό σημαίνει ότι οτιδήποτε δεν αντιστοιχεί σε κάποια από τις παραστάσεις μας είναι καθαρή φαντασιοκοπία. Αυτό συμπεριλαμβάνει ακόμα και βασικές αρχές της γνώσης όπως αυτή της αιτιότητας. Ο αναγκαίος δεσμός μεταξύ της αιτίας και του αποτελέσματος παρουσιάζεται ως αυθαίρετος από τον Hume ως απόρροια του γεγονότος ότι δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε τις αιτιώδεις σχέσεις. Αλλά, αν οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των γεγονότων δεν είναι αναγκαίες, τότε και οι νόμοι της φύσης δεν είναι αναγκαίοι. Αφού οι νόμοι της φύσης δεν είναι κατ'ανάγκην αληθείς, η γνώση την οποία έχουμε για τη φύση είναι αμφισβητήσιμη.

Αν προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε ένα κοινό στοιχείο στις φιλοσοφικές απόπειρες των Descartes, Locke και Hume ως προς τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου, θα διαπιστώσουμε ότι αυτό είναι η αντίληψη ότι η συνεισφορά του υποκειμένου στην γνώση της εξωτερικής πραγματικότητας κινδυνεύει να οδηγήσει σε παραμόρφωση, πλάνη και γενικότερα αναλήθεια. Ενώ ο Descartes και ο Locke αναζητούν την αληθινή γνώση στις μαθηματικές και αναλυτικές σχέσεις που διαφεύγουν της αισθητηριακής επιρροής, ο Hume δέχεται αυτήν την παραμόρφωση ως να είναι αναπόφευκτη. Μπορεί ο διαχωρισμός μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου και η θεμελίωση της βεβαιότητας να επιτεύχθη από τα αριστοτελικά-πλατωνικά συστήματα, παρόλα αυτά φάνηκε από την αναγεννησιακή και μετέπειτα περίοδο ότι η ενότητα μεταξύ νοητικών παραστάσεων του υποκειμένου (σκέψεις) και υπαρκτών αντικειμένων να μην μπορεί να επιδειχθεί. Το αναπόφευκτο δίλημμα που φαίνεται να προκύπτει είναι είτε δογματικός ρεαλισμός – δεχόμαστε την «ενότητα» δογματικά - είτε σκεπτικισμός. Χρειαζόταν λοιπόν μια επαναστατική κατανόηση της σχέσης μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου προκειμένου να θεμελιωθεί πάνω σε μια στέρεη βάση. Ο Kant (1724-1804), έχοντας ξυπνήσει από τον δογματικό του λήθαργο με αφορμή τον ολοκληρωτικό σκεπτικισμό του Hume, επιχειρεί ώστε να απαλλάξει την συνεισφορά του υποκειμένου από τον παραμορφωτικό και κατ' επέκταση «σχετικιστικό» της ρόλο. Μέχρι εκείνη την στιγμή όλη η γνώση έπρεπε να ρυθμίζεται με γνώμονα τα αντικείμενα, είτε αυτά ήταν

πλατωνικές ιδέες είτε παραστάσεις τις εμπειρίας μας. Έτσι όμως αποκλείονταν οποιαδήποτε συμμετοχή του υποκειμένου στην γνωστική διαδικασία. Ο Kant κατάφερε να επινοήσει ένα φιλοσοφικό σύστημα (**transcendental idealism**) σύμφωνα με το οποίο η συνεισφορά του υποκειμένου δεν διακινδυνεύει να παραμορφώσει την βασισμένη στην εμπειρία γνώση μας, τουναντίον αποτελεί αναγκαίο στοιχείο της γνώσης μας. Εξοπλίζει τον παρατηρητή με τις **a priori μορφές της εποπτείας** (χώρος, χρόνο) και τις **νοητικές κατηγορίες**[71], κοινές σε όλους, μέσω των οποίων οργανώνονται οι παραστάσεις τις εμπειρίας προκειμένου να αποτελέσουν γνώση. Αντί να αποκλείσει την συνεισφορά του υποκειμένου, την καθιστά αναγκαία για να παραχθεί η γνώση των πραγμάτων στα οποία αντιστοιχούν οι παραστάσεις της εμπειρίας. Η παρουσία αυτών των κατηγοριών[72] σε κάθε πράξη σκέψης, αποκλείει την δυνατότητα ύπαρξης μιας εμπειρίας που να παραβιάζει ή να στερείται από εκείνα τα χαρακτηριστικά που πάντα κάθε παρατηρητής συνεισφέρει, καθιστώντας αυτά τα χαρακτηριστικά αναγκαία και καθολικά σε όλη την τάξη των φαινομένων. Αυτό εξασφαλίζει διυποκειμενική αξιοπιστία και αποφυγή της σχετικότητας των γνωμών. Μέχρι στιγμής, το ανωτέρω φιλοσοφικό σύστημα παρουσιάζεται ως καθαρός ιδεαλισμός, μιλώντας μόνο για τον κόσμο των φαινομένων και της νοητικής εξάρτησης αυτών από τον παρατηρητή. Δέχεται ωστόσο την ύπαρξη ενός απρόσιτου επιπέδου της πραγματικότητας, το πράγμα καθεαυτό (**νοούμενο**) ήτοι ένα επίπεδο ύπαρξης ενός φυσικού αντικειμένου που είναι αδύνατο να συλλάβουμε με κάποια από τις αισθήσεις μας και ως εκ τούτου δεν αποτελεί αντικείμενο γνώσης, αλλά μπορούμε μόνο να το σκεφθούμε με το νου. Γιατί, αν πράγματι, πέρα από τις παραστάσεις της εμπειρίας μας, δεν υπήρχαν τα ίδια τα πράγματα που αναπαριστούν, οι παραστάσεις της εμπειρίας μας δεν θα ήταν παρά χίμαιρες, φαντάσματα. Παρέχει λοιπόν ανεξαρτησία στην καθεαυτή πραγματικότητα (νοούμενα) αλλά ταυτόχρονα νοητική εξάρτηση στη φαινόμενη πραγματικότητα. Ο στόχος του συνεπώς δεν είναι αντικειμενικότητα με την έννοια της αντιστοιχίας με μια ανεξάρτητη πραγματικότητα, μιας και αυτό είναι αδύνατον έως και στερούμενου νοήματος εντός του συστήματος του. Τουναντίον, ο επιστημολογικός του στόχος είναι ο διυποκειμενισμός. Η ευελιξία του φιλοσοφικού συστήματος του Kant έχει ως αποτέλεσμα να μπορεί να χαρακτηριστεί ακόμα και ως μεταφυσικός ρεαλιστής (Braver 2007, σ. 39, 44, 49), ωστόσο ο συνηθέστερος χαρακτηρισμός είναι αυτός του ιδρυτή του **αντιρεαλισμού**, θέση που θα μας απασχολήσει πλήρως στη συνέχεια.

Η προσπάθεια του Kant ν' απαντήσει στο Hume μορφοποίησε το χαρακτήρα της φιλοσοφίας στους νεότερους χρόνους - επιρροή που είναι έκδηλη στον γερμανικό

71 όπως η αιτιότητα, η δυνατότητα, η αναγκαιότητα, η ύπαρξη (12 κατηγορίες κατά τον Καντ).

72 Σύμφωνα με τον Kant, υπάρχει *μόνο ένα* θεμελιώδες εννοιολογικό σχήμα (με τις κατηγορίες και τις χωροχρονικές μορφές της καθαρής εποπτείας ως τα βασικά του συστατικά) και μόνο ένας φαινόμενος κόσμος, ο οποίος συγκροτείται ως τέτοιος και γίνεται γνώσιμος μέσω του εννοιολογικού σχήματος. Τα χαρακτηριστικά αυτού του φαινόμενου κόσμου, ο οποίος, για τον Kant, συνέπιπτε με τον κόσμο της νευτώνειας μηχανικής, θεωρήθηκαν ότι είναι αναγκαία, καθολικά και αμετάβλητα. Η ανάπτυξη των μη ευκλείδειων γεωμετριών και των θεωριών της σχετικότητας έκαναν σαφές ότι ο Kant είχε άδικο στην άρνηση της δυνατότητας για αναίρεση και αλλαγή στα εννοιολογικά σχήματα που χρησιμοποιεί η επιστήμη για να μελετήσει τον κόσμο (Ψύλλος 2008, σ. 108).

ιδεαλισμό (Fichte, Schelling, Hegel) - δημιουργώντας μια μέση οδό ανάμεσα στο δογματισμό και τον σκεπτικισμό. Η συγκεκριμένη επιρροή αντικατοπτρίστηκε σε πολλά από τα χαρακτηριστικά του επιστημονικού αντιρεαλισμού του 19ου αιώνα: διαχωρισμός της επιστήμης από την μεταφυσική, έμφαση στην οργανωτική και προβλεπτική αξία των θεωριών έναντι της εξηγητικής τους αξίας, σκεπτικισμός σχετικά με μη παρατηρήσιμες οντότητες (π.χ. άτομα) (Psillos 1999, σ. 144). Ωστόσο, η ασάφεια και το δυσνόητο των απόψεων του εγελιανισμού προκάλεσαν την αντίδραση φιλοσόφων όπως ο Russell και ο Moore υπό την μορφή αιτήματος να μην διατυπώνεται τίποτε αν αυτό δεν είναι σαφές και κατανοητό. Το συγκεκριμένο αίτημα είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός φιλοσοφικού ρεύματος, την **αναλυτική φιλοσοφία**, που σκοπό είχε να παράσχει σαφήνεια μέσα από ένα σύνολο εισηγήσεων ως προς τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να αντιμετωπίζουμε και να καταλαβαίνουμε τη γλώσσα. Η φιλοσοφική καινοτομία του Russell συνίσταται στην χρήση μιας εμπειριστικής επιστημολογίας διαμορφωμένη μέσα σε ένα πλαίσιο αυστηρών λογικών τεχνικών, δείγμα της οποίας αποτελεί η θεωρία των περιγραφών. Άλλωστε ο ίδιος πίστευε ότι η μελέτη της λογικής παρέχει την μέθοδο για την φιλοσοφική έρευνα, όπως τα μαθηματικά παρέχουν την μέθοδο για την φυσική έρευνα (Braver 2007, σ. 27). Για πολλούς, η αναλυτική φιλοσοφία γεννήθηκε από τους Moore και Russell ως μια προσπάθεια αναβίωσης του ρεαλισμού ενάντια στο βρετανικό ιδεαλισμό με τον οποίο είχαν γαλουχηθεί. Και οι δύο είχαν πρωτίστως επικεντρωθεί στην απόρριψη ολόκληρου του καντιανού συστήματος των a priori εποπτειών και κατηγοριών ως διαμορφωτικό καλούπι της εμπειρίας μας. Σύμφωνα με την άποψη του Russell, όλη η γνώση πρέπει να είναι αναγνώριση αν δεν θέλουμε να καταστεί πλάνη, για να συμπληρώσει ο Moore ότι υπάρχει απόλυτη ανεξαρτησία των αντικειμένων της γνώσης από το γνωρίζον υποκείμενο (Braver 2007, σ. 24, 26). Αν και η αναλυτική φιλοσοφία έμελλε να διαδραματίσει έναν διαφορετικό ρόλο από αυτόν του αποκλειστικού υπερασπιστή του ρεαλισμού, ωστόσο έκανε πιο σαφή τα κριτήρια ταυτοποίησης του (Braver 2007, σ. xix):

P1 **Ανεξαρτησία**: «Ο κόσμος αποτελείται από ένα καθορισμένο σύνολο αντικειμένων ανεξάρτητων από το νου» (Putnam 1981, σ. 49).

P2 **Αντιστοιχία**: «Η αλήθεια περιλαμβάνει κάποιου είδους αντιστοιχιστική σχέση μεταξύ λέξεων ή σκέψεων και των εξωτερικών πραγμάτων και συνόλων πραγμάτων» (Putnam 1981, σ. 49).

P3 **Μοναδικότητα**: «Υπάρχει ακριβώς μια αληθής και πλήρης περιγραφή του τρόπου με τον οποίο υπάρχει ο κόσμος» (Putnam 1981, σ. 49).

P4 **Δισθένεια**: «Το πρωταρχικό αξίωμα του ρεαλισμού, όπως αυτό εφαρμόζεται σε κάποια δοθείσα κατηγορία δηλώσεων, είναι ότι κάθε δήλωση της κατηγορίας καθορίζεται ως αληθής ή όχι αληθής - ανεξάρτητα της γνώσης μας - από μια αντικειμενική πραγματικότητα της οποίας η ύπαρξη και η σύσταση είναι, επίσης, ανεξάρτητη της γνώσης μας» (Dummett 1981, σ. 434).

P5 **Παθητικός γνώστης**: «Η κοινή βασική παραδοχή είναι ότι ο ρεαλισμός

απαιτεί ότι κάποιο βασικό επίπεδο της γνωστικής λειτουργίας είναι αμιγώς παθητικό, στο οποίο η αναγνώριση κάποιας υποτιθέμενης μεμονωμένης κατάστασης πραγμάτων δεν απαιτεί κάποια ερμηνεία αυτής.» (Westphal 2003, σ. 72).

Η απόκλιση σε κάποια από τις παραπάνω πτυχές του ρεαλισμού, θα είχε ως αποτέλεσμα κάποιος να χαρακτηριστεί ως αντιρεαλιστής. Αυτό όμως αφήνει την δυνατότητα για ένα συνεχές φάσμα από χαρακτηρισμούς για την αντιρεαλιστική θέση ανάλογα με το βαθμό απόκλισης. Στο παρόν κεφάλαιο, το ενδιαφέρον μας δεν θα επικεντρωθεί στο σύνολο των αντιρεαλιστικών θέσεων που αναδύονται τόσο από την καντιανή κριτική, όσο και από τα μετέπειτα ιδεαλιστικά κινήματα. Κάτι τέτοιο θα αποπροσανατόλιζε από την προσπάθεια κριτικής του φιλοσοφικού έργου του Dummett. Ωστόσο είναι χρήσιμο να αναφερθούμε επιγραμματικά στα βασικά κίνητρα που μπορούν να οδηγήσουν έναν φιλόσοφο στην άρνηση της πραγματικότητας όπως αυτή είναι αντιληπτή μέσα από το πλαίσιο του ρεαλισμού.

3.3 Κίνητρα

Στην προσπάθεια να αντιληφθούμε τα κίνητρα που υποκινούν κάποιον να επιλέξει ανάμεσα στην ρεαλιστική και την αντιρεαλιστική θέση, είναι χρήσιμο να αναζητήσουμε τον πυρήνα των προηγούμενων ρεαλιστικών θέσεων (P1 – P5) και κατ' επέκταση τον πυρήνα της απόκλισης από αυτές. Για τον σκοπό αυτό, εξυπηρετεί ο χαρακτηρισμός του ρεαλισμού από τον Alex Miller κάνοντας χρήση μόνο δύο εννοιών (Miller, 2012· βλ. επίσης Psillos, 1999):

• **Ύπαρξη** (Existence): ένας ρεαλιστής σε σχέση με κάποιο πεδίο, τυπικά αποδέχεται την ύπαρξη των ειδών του υπό εξέταση πεδίου (οντολογική δέσμευση). Έτσι π.χ. ένας ρεαλιστής σχετικά με την σελήνη, δεσμεύεται στην άποψη ότι το φεγγάρι υπάρχει.

• **Ανεξαρτησία** (Independence): ένας ρεαλιστής επίσης τυπικά πιστεύει ότι τα υπό εξέταση είδη υπάρχουν και έχουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες που τους αποδίδονται, ανεξάρτητα από το τι κάποιος αναφέρει ή σκέπτεται για αυτά. Έτσι στο προηγούμενο παράδειγμα, ένας ρεαλιστής σχετικά με τα τραπέζια και την σελήνη δεσμεύεται ως προς την άποψη ότι η σελήνη υπάρχει και είναι περίπου σφαιρική, εντελώς ανεξάρτητα από το τι έχει κάποιος να πει, να σκεφτεί σχετικά με αυτό.

Ο παραπάνω χαρακτηρισμός έχει ως συνέπεια να μπορούμε να διαμορφώσουμε ρεαλισμούς για κάθε είδους αντικείμενα. Εξωτερικός κόσμος, αριθμοί, χρώματα, ηθική, τροπικότητα (modality), επιστήμη, θρησκεία, κ.τ.λ. Στο παρόν κείμενο όμως ο στόχος μας είναι ο **επιστημονικός ρεαλισμός**, η κατανόησή του, και αν είναι δυνατόν, η επαναδιατύπωσή του. Επί του ανωτέρου χαρακτηρισμού, πώς θα εκδήλωνε κάποιος στάση **αντιρεαλιστή;** Προφανώς με το να προκαλέσει την μία ή την άλλη ή και τις δύο παραπάνω ιδέες.

• Τα υπό εξέταση είδη *δεν υπάρχουν*.

• Τα υπό εξέταση είδη και τα χαρακτηριστικά τους ή οι ιδιότητές τους *εξαρτώνται*

με κάποιο τρόπο από το τι λέμε ή σκεφτόμαστε σχετικά με αυτά, ή από τον τρόπο που τα βιώνουμε. Βέβαια αυτού του είδους η εξάρτηση δεν αποτελεί μια απλοϊκή σχέση του τύπου «τα τραπέζια εξαρτώνται από τους ανθρώπους υπό την έννοια ότι αυτοί τα κατασκευάζουν και συνεπώς αυτοί αποδίδουν το χαρακτηριστικό σχέδιο σε αυτά». Ο αντιρεαλισμός είναι κάτι πιο βαθύ από αυτή την έμμεση αναφορά.

Αντιλαμβανόμενοι, λοιπόν, τον πυρήνα της απόκλισης από την ρεαλιστική θέση, είναι φυσικό να αναρωτηθούμε για το ποια είναι τα βασικά κίνητρα που οδηγούν κάποιους φιλοσόφους στην άρνηση της πραγματικότητας για κάποια είδη. Θα αναφερθούμε επιγραμματικά σε ορισμένα από αυτά:

- **Φυσιοκρατία**[73]. Εφόσον η συγκεκριμένη φιλοσοφική θέση δέχεται ότι οτιδήποτε υπάρχει είναι φυσικό και, ως εκ τούτου, μέρος του κόσμου που αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις. Συνεπώς οτιδήποτε δεν μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο ερεύνης των φυσικών επιστημών είναι μη υπαρκτό. Η μεταφυσική όμως προέκταση της φυσιοκρατίας, ιδιαίτερα της αναγωγιστικής, δημιουργεί αντιρεαλιστικές διαθέσεις.
- **Ερμηνευτικοί**. Σύμφωνα με την αρχή οικονομίας - το ξυράφι του Occam -, οι οντότητες δεν θα έπρεπε να πολλαπλασιάζονται πέραν αναγκαιότητας. Η αποδοχή μεταφυσικών οντοτήτων ή ιδιοτήτων θα παραβίαζε σε ένα βαθμό την παραπάνω αρχή.
- **Επιστημολογικοί**. Η διαπίστωση ότι υπάρχουν θεωρίες που ενώ είναι ασύμβατες μεταξύ τους ως προς την δομή και τις θεμελιώδεις παραδοχές τους, ωστόσο υποστηρίζονται εξίσου από τα εμπειρικά δεδομένα. (**Υποκαθορισμός** των θεωριών από τα εμπειρικά δεδομένα). Φαίνεται λοιπόν ότι τα εμπειρικά τεκμήρια δεν μπορούν να καθορίσουν ποια από τις αντίπαλες θεωρίες είναι πιο πιθανόν να είναι αληθής. Αυτό είναι ένα πολύ σοβαρό κίνητρο για να θεωρήσει κάποιος άνευ νοήματος την αναζήτηση της υποκείμενης πραγματικότητας και έτσι να υιοθετήσει μια αντι-ρεαλιστική στάση.
- **Ιστορικοί**. Σε κάθε ιστορική περίοδο της επιστήμης υπήρχαν θεωρίες που θεωρούνταν εμπειρικά έγκυρες και ως εκ τούτου κάτοχοι της αλήθειας. Αυτές όμως στην συνέχεια αποδεικνύονταν ψευδείς και αντικαθίσταντο από πιο σύγχρονες θεωρίες με μεγαλύτερη επεξηγηματική ισχύ. Άρα η εμπειρική επιτυχία μιας τρέχουσας θεωρίας δεν αποτελεί ικανή και αναγκαία συνθήκη για να την αποδεχτούμε ως αληθή υπό την ρεαλιστική έννοια, δηλαδή ότι οι οντότητες που αυτή θέτει κατοικούν στον κόσμο.

Ποιοι είναι οι λόγοι για τους οποίους κάποιος θα έπρεπε να είναι **ρεαλιστής**;

- Είναι γεγονός ότι δεν μας επιτρέπεται να πιστεύουμε σε οποιαδήποτε συμπαθή προς εμάς θεωρία. Μπορεί μια θεωρία να είναι συνεπές κομψοτέχνημα φορμαλισμού, ωστόσο να διαψεύδεται από τα πειράματα. Κάτι φαίνεται να

73 Νατουραλισμός (Naturalism)

μας αντιστέκεται και η ιδέα ότι αυτό το κάτι πρέπει να είμαστε εμείς οι ίδιοι, φαίνεται ακατάληπτο. Συνεπώς, πρέπει να υπάρχει κάτι που δεν είναι νοητικά εξαρτώμενο από εμάς. Το γεγονός ότι μια επιστημονική θεωρία πρέπει να περάσει πρώτα από τον πειραματικό έλεγχο, ίσως είναι και ο πιο πειστικός λόγος για να αποδεχόμαστε την ύπαρξη μιας ανεξάρτητης πραγματικότητας από εμάς.

- Πέρα από μια λεπτομερή ανάλυση του γνωστού αποφθέγματος του Καρτέσιου - «Σκέπτομαι άρα υπάρχω» (Cogito ergo sum) - ως προς το τι ακριβώς αποδεικνύει, μπορούμε να εστιάσουμε σε αυτά που υπονοεί. Εκφράζει την εσωτερική μας εμπειρία της ύπαρξης ενός «κάτι» - συνείδηση, σκέψη - το οποίο υπάρχει όχι απλά ως αναπαράσταση (γιατί τότε η συνείδηση θα ήταν μια αναπαράσταση του εαυτού της, το οποίο είναι αντιληπτό ως άνευ νοήματος) αλλά ως κάτι – η έδρα των αναπαραστάσεων – σίγουρα πιο θεμελιώδες από οποιαδήποτε άλλη αναπαράσταση: με άλλα λόγια όντας υπαρκτό υπό μια πιο βαθιά έννοια. Αυτή ακριβώς η εσωτερική εμπειρία επαρκεί για να δείξει ότι μια τέτοια έννοια ύπαρξης - υπό μια βαθύτερη οπτική απ' ό,τι τα φαινόμενα υποδηλώνουν - έχει νόημα. Και από την στιγμή που για να μπορέσουμε να σκεφτούμε πρέπει πρώτα να υπάρξουμε, είναι προφανές ότι μια τέτοια βασική έννοια ύπαρξης είναι προγενέστερη εκείνης της σκέψης. Υπό το πρίσμα των παραπάνω ιδεών, το να θεωρήσουμε ότι αυτού του είδους η βαθύτερη ύπαρξη δεν περιορίζεται μόνο στην συνείδηση, φαίνεται αρκετά φυσικό. Πράγματι, θα φαινόταν πολύ αλαζονικό να πιστέψουμε ότι το σύνολο όλων αυτών που υπάρχουν υπό την παραπάνω βαθύτερη έννοια συνίσταται απλά από εμάς. (Espagnat 2011, σ. 1711)
- Μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν θεωρίες ρεαλισμού όπως ο «**ενεργός επιστημονικός ρεαλισμός**» (active scientific realism) (Καρακώστας 2005) που περιλαμβάνουν, εκτός από την οντολογική υπόθεση μιας ανεξάρτητης ως προς τον παρατηρητή πραγματικότητας, και την αποδοχή μιας θέσης, όπου η γνωστική οικειοποίηση της πραγματικότητας συναρτάται, ως προς τη συγκρότησή της, και από τη δράση του υποκειμένου. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ενσωματώσουμε τα θετικά στοιχεία και των δύο φιλοσοφικών στάσεων σε μία. Κάτι βέβαια που θα γίνει μέσα από την φιλοσοφική ανάλυση των ευρημάτων που παρέχουν οι διάφοροι τομείς της επιστήμης και όχι για λόγους ευκολίας.
- Η αποδοχή της γνωστής ρήσης του Putnam «το θετικό επιχείρημα για τον ρεαλισμό είναι ότι είναι η μόνη φιλοσοφία που δεν παρουσιάζει την επιτυχία της επιστήμης ως θαύμα» (Putnam 1975, σ. 73).

Έτσι για όλους τους παραπάνω λόγους είναι λογικό να οδηγηθούμε σε πληθώρα αντιπαραθέσεων τύπου ρεαλισμός-αντιρεαλισμός εντός πεδίων όπως τα μαθηματικά, η ηθική, η θρησκεία, η επιστήμη (εργαλειοκρατία) και θεωρίες νοήματος όπως θα δούμε στην συνέχεια. Μπορούμε να βρούμε έναν κοινό παρονομαστή σε όλες αυτές τις αντιπαραθέσεις;

Η μεγάλη συνεισφορά του M. Dummett σε αυτήν την αντιπαράθεση, είναι η χρήση της γλώσσας για μια καταφατική απάντηση στο παραπάνω ερώτημα. Πρότεινε έναν ριζοσπαστικό τρόπο χαρακτηρισμού των αντιπαραθέσεων μεταξύ ρεαλισμού και αντιρεαλισμού. Ενός χαρακτηρισμού της σχέσης μεταξύ μιας σημασιολογικής προσέγγισης και της παραδοσιακής προσέγγισης του ρεαλισμού.

> «Η διαμάχη [μεταξύ ρεαλισμού και των αντιπάλων] αφορά την έννοια της αλήθειας κατάλληλη για δηλώσεις του υπό εξέταση πεδίου· και αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για μια διαφωνία που αφορά το είδος του νοήματος που αυτές οι δηλώσεις έχουν.» (Dummett 1978, σ. 146)

Το πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμόρφωσε αυτόν τον χαρακτηρισμό, πρόκειται να περιγράψουμε στις επόμενες παραγράφους.

3.4 Η δομή της θεωρίας του Dummett

Η μεταμαθηματική περίοδος της επιστημονικής πρακτικής - η περίοδος κατά την οποία μελετάται το πώς ο τυπικός φορμαλισμός των μαθηματικών θεωριών ανακτά την σχέση του, το νόημα του, με την φυσική πραγματικότητα – καθόρισε τον μεταφιλοσοφικό χαρακτήρα της αναλυτικής φιλοσοφίας και κατ' επέκταση το σημασιολογικό και επιστημικό χαρακτήρα του σύγχρονου αντιρεαλισμού. Ανέδειξε την αδυναμία των τυπικών γλωσσών να πραγματευτούν όλα τα χαρακτηριστικά του νοήματος. Οι τυπικές μαθηματικές θεωρίες της κλασικής φυσικής ταυτίζουν το νόημα με την αναφορά. Ωστόσο, ήδη από την εποχή του Αριστοτέλη[74], υπήρξε η διάκριση ανάμεσα στην «αναφορά» ενός γλωσσικού όρου και στο «νόημα»[75]. Το νόημα δεν εξαντλείται κάνοντας χρήση μόνο της έννοιας της αναφοράς. Το νόημα μιας γλωσσικής έκφρασης έχει έκταση[76] (extension), έχει ένταση[77] (intension), μπορεί να γίνει ασαφές. Η επαναφορά, λοιπόν, στην φυσική πραγματικότητα που νοηματοδοτεί τις προτάσεις (τυπικές ή μη) μας για αυτήν, δεν θα είναι απλή υπόθεση. Και το ερώτημα είναι: Μπορούμε να επαναφερθούμε σε μια ανεξάρτητη από εμάς πραγματικότητα, ή η επαναφορά μας δεσμεύεται από τους επιστημικούς μας περιορισμούς και ως εκ τούτου αμφισβητείται η οποιαδήποτε υπαρκτική πεποίθηση που δεν βεβαιώνεται; Αυτό το προκρούστειο επιστημολογικό δίλημμα έθεσε το έργο

74 «τὸ ὂν λέγεται πολλαχῶς» (Αριστοτέλης, Μετά τα Φυσικά 1003b)

75 Κλασικό παράδειγμα, που παρέθεσε ο Frege, είναι οι όροι «Αυγερινός», «Αποσπερίτης» και «πλανήτης Αφροδίτη». Και οι τρεις όροι έχουν την ίδια αναφορά, αναφέρονται στο ίδιο ουράνιο σώμα, όμως έχουν διαφορετικό νόημα, μιλούν για το αντικείμενο αυτό από διαφορετική σκοπιά. Στην περίπτωση αναλυτικών φράσεων όπως «ο 5 είναι άρτιος», «η σελήνη είναι σφαιρική», η αναφορά τους είναι η τιμή αλήθειας τους. Στις δε σύνθετες φράσεις δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός τρόπος ορισμού του νοήματος.

76 Το σύνολο των πραγμάτων που περιγράφει μια έννοια όπως αυτή εκφράζεται μέσα από ένα κατηγόρημα.

77 Οι προϋποθέσεις που ένα πράγμα πρέπει να πληροί για να μπορέσει να δηλωθεί από ένα κατηγορούμενο.

του Michael Dummett στον ενεργό φιλόσοφο καθώς αυτός αναζητεί το νόημα των δηλώσεων μας για την πραγματικότητα. Η απουσία μεταφυσικών δεσμεύσεων από μέρους του Dummett, θεωρήθηκε από τον ίδιο ως το ιδανικό πλαίσιο για να προσεγγίσει την πραγματικότητα και να αντιληφθεί το νόημα των δηλώσεων μας για αυτήν. Οι αρχές μιας κατάλληλης θεωρίας νοήματος για την φυσική γλώσσα θα ήταν αυτές, που σύμφωνα με τον Dummett, θα τον οδηγούσαν στο σωστό είδος μεταφυσικής.

3.4.1 Μετατοπίζοντας το πεδίο αντιπαράθεσης ρεαλισμού-αντιρεαλισμού

Οι δύο βασικοί ισχυρισμοί του Dummett σχετικά με τον χαρακτήρα των αντιπαραθέσεων τύπου ρεαλισμός-αντιρεαλισμός (Ρ/ΑΡ) είναι οι εξής:

• Οι αντιπαραθέσεις Ρ/ΑΡ δεν είναι θεμελιωδώς σχετικές με «οντότητες», αλλά για συγκεκριμένες κατηγορίες *δηλώσεων* (statements).

• Επιπλέον, οι αντιπαραθέσεις δεν είναι σχετικές με το εάν οι οντότητες υπάρχουν, αλλά με το *τι θεωρία αλήθειας* είναι κατάλληλη για την υπό εξέταση κατηγορία δηλώσεων (disputed class – αμφισβητήσιμη κλάση).

Με τον όρο «αμφισβητήσιμη κλάση», αναφερόμαστε σε εκείνη την κατηγορία δηλώσεων που είναι σχετική με το περιεχόμενο της συνομιλίας μας. Π.χ., στην περίπτωση που η συνομιλία μας αφορά την ηθική, η αμφισβητήσιμη κλάση θα ήταν εκείνες οι δηλώσεις που θα περιλάμβαναν τους όρους «οφείλω», «καλό», «δίκαιο», «εσφαλμένο» κ.ο.κ. Στην περίπτωση των μαθηματικών, η αμφισβητήσιμη κλάση θα ήταν οποιεσδήποτε δηλώσεις που θα περιλάμβαναν αριθμούς ή μαθηματικές έννοιες όπως « + », « * » , « / » κ.ο.κ. Τι οδήγησε όμως τον Dummett στην υιοθέτηση αυτών των ισχυρισμών. Γιατί η μεταφυσική να στηρίζεται πάνω στην σημασιολογία;

Ψήγματα σκέψεων - νέων και παλαιών - που τον ώθησαν να προτείνει την υιοθέτηση της γλώσσας ως μέσο κατανόησης και επίλυσης της αντιπαράθεσης ρεαλισμός-αντιρεαλισμός αποτυπώνονται στα επόμενα αποσπάσματα:

> «Ο Wittgenstein άρχισε το Tractatus Logico-Philosophicus με το να δηλώνει ότι ο κόσμος είναι το σύνολο των γεγονότων, όχι των πραγμάτων. Η σύνθεση της πραγματικότητας βασίζεται όχι απλά στο ποια αντικείμενα αυτή περιέχει, αλλά στο ποια γεγονότα (facts) αφορούν αυτά τα αντικείμενα. Τα γεγονότα είναι **αληθείς** Προτάσεις (propositions), ως εκ τούτου, **η θεμελιώδης έννοια της μεταφυσικής** είναι αυτή της έννοιας της **αλήθειας**. Κάθε σημασιολογική θεωρία ή θεωρία νοήματος έχει ανάγκη, και πρέπει να παρέχει, μια έννοια αλήθειας.» (Dummett 2010, σ. 127)

Όταν πραγματεύτηκε το θέμα του μέλλοντος και του παρελθόντος έγραψε:

> «Σε μερικές περιπτώσεις – π.χ. την διαφωνία σχετικά με τον ρεαλισμό που αφορά το μέλλον και τον ρεαλισμό που αφορά το παρελθόν - δεν φαίνονταν να υπάρχουν υπό εξέταση αντικείμενα...» (Dummett 1993α, σ. 465)

και λίγο πιο κάτω ανέφερε:

> «...από την στιγμή που αυτές οι μεταφυσικές διαφωνίες ενσωματώνουν διιστάμενες εικόνες της πραγματικότητας ως προς την οποία είναι σχετικές οι υπό εξέταση δηλώσεις μας, φάνηκε σε εμένα προφανές ότι εκείνο που αποτελεί την βάση αυτών είναι οι διιστάμενες εικόνες του νοήματος αυτών των δηλώσεων. Από την στιγμή που κανένα μέσο δεν ήταν άμεσα διαθέσιμο για να κρίνουμε ποια εικόνα της πραγματικότητας ήταν αληθής, η πιο καρποφόρα προσέγγιση αφορά τον καθορισμό της σωστής εικόνας του νοήματος, δεδομένου ότι στην περίπτωση αυτή έχει κατασκευαστεί μια θεωρία νοήματος και μια γλωσσική πρακτική βάση της οποίας θα γίνει ο έλεγχος.» (Dummett 1993α, σ. 465)

Θα πρέπει όμως να προσέξουμε ώστε να αποφύγουμε μια πιθανή σύγχυση. Ο Dummett δεν συνηγορεί υπερ της άποψης ότι οι αντιπαραθέσεις Ρ/ΑΡ στην πραγματικότητα είναι μεταμφιεσμένες σημασιολογικές αντιπαραθέσεις. Αντιθέτως, προτείνει έναν νέο τρόπο να προσεγγίσουμε και να κατανοήσουμε αυτές τις αντιπαραθέσεις εστιάζοντας στην σημασιολογική τομή αυτής της σαφώς πιο πολυδιάστατης διαμάχης. Διαφορετικά υπάρχει ο κίνδυνος, η αντιπαράθεση Ρ/ΑΡ να φανεί «απλά σημασιολογική», το οποίο θα αποτελούσε μια απλή σημασιολογική διαφωνία διαφορετικών ανθρώπων που προσδίδουν διαφορετικά νοήματα σε διάφορες λέξεις.

Η νέα αυτή προσέγγιση δεν αποκλείει τις έννοιες της **ύπαρξης** και της **ανεξαρτησίας**. Ωστόσο, ο Dummett, εξηγεί αυτήν την κοινή ρεαλιστική πεποίθηση που έχουμε όλοι μας ως μια αποκτηθείσα ικανότητα και όχι ως μια a-priori αναγκαία αντίληψη της πραγματικότητας:

> «Φυσικά δεν αρνήθηκα ότι εμείς αντιλαμβανόμαστε την πραγματικότητα ως να υπάρχει ανεξάρτητα από το αν αυτή παρατηρείται, [...] αντιθέτως, είπα ότι αποκτούμε μια τέτοια αντίληψη. Είπα μόνο ότι τα παιδιά δεν είναι εφοδιασμένα με μια τέτοια αντίληψη πριν αυτά αρχίσουν να μαθαίνουν πώς να εκθέτουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων τους.» (Dummett 2005, σ. 676)

Πέραν όμως της επιλογής της γλώσσας ως μέσο περιγραφής της αντιπαράθεσης ρεαλισμός-αντιρεαλισμός, ποια προσέγγιση θα έπρεπε να ακολουθήσουμε εντός της γλώσσας; Σύμφωνα με τον Dummett (2010) οι περισσότερες σημασιολογικές θεωρίες που έχουν επινοηθεί από τους φιλοσόφους προκειμένου να αντισταθούν στην φαινομενοκρατία (phenomenalism) και την συμπεριφοροκρατία (behaviorism) έχουν μολυνθεί από δύο εσφαλμένες πρακτικές. Η πρώτη είναι ότι οι φιλόσοφοι επιχειρούν να ανάγουν ρεαλιστικά δυσνόητες προτάσεις σε προτάσεις ενός πιο διαχειρίσιμου είδους. Η δεύτερη είναι η υιοθέτηση πάντα μιας δίτιμης λογικής, υποστηρίζοντας την αρχή της δισθένειας ως αναγκαία αρχή για την θεμελίωση του ρεαλισμού.

Μία μόνο παραδοσιακή θεωρία απαρνιέται να υιοθετήσει ένα είδος ρεαλισμού και ταυτόχρονα να αποφύγει την χρήση των δύο προηγούμενων πρακτικών. Ο **ιντουισιονισμός** ή **θεωρία της ενορασιοκρατίας** (intuitionism), το πρόγραμμα που εισήγαγε ο L.E.J. Brouwer για να αναδιατυπώσει το σύνολο των μαθηματικών στην βάση της απόρριψης μιας ρεαλιστικής ερμηνείας των μαθηματικών δηλώσεων. Ο

ιντουισιονισμός δεν κάνει καμμία προσπάθεια να ανάγει τις μαθηματικές δηλώσεις σε δηλώσεις κάποιου άλλου είδους. Ούτε εξηγεί τα νοήματα τους, ή αυτά των λογικών σταθερών - με όρους συνθηκών υπό την ισχύ των οποίων οι δηλώσεις είναι αληθείς - χωρίς να τους αποδίδεται μια προϋπάρχουσα κατοχή αληθοτιμής. Τις εξηγεί με το να δημιουργεί την απόδειξη αυτών των μαθηματικών δηλώσεων. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στην απόδειξη της πρότασης «Α ή Β» αναφερόμαστε σε εκείνα τα αποτελεσματικά μέσα εύρεσης μιας απόδειξης του Α ή του Β· και η απόδειξη του «εάν Α, τότε Β» είναι οποιοσδήποτε αποτελεσματικός τρόπος μετασχηματισμού οποιασδήποτε απόδειξης του Α σε απόδειξη του Β. Είναι ιδιαίτερης σημασίας το γεγονός ότι, σύμφωνα με τα ενορασιοκρατικά κριτήρια, αποδείξεις, οι οποίες βασίζονται στην αρχή του αποκλειομένου μέσου ή τρίτου, δεν είναι πάντα έγκυρες. Μια δήλωση της μορφής «Α ή όχι Α» μπορεί να βεβαιωθεί μόνο όταν έχουμε τα μέσα είτε για να αποδείξουμε το Α είτε για να το διαψεύσουμε. Και αν μια μαθηματική δήλωση είναι αληθής μόνο εάν υπάρχει μια απόδειξη αυτής, και ψευδής μόνο όταν υπάρχει μια απόδειξη της άρνησής της, δεν υπάρχει καμμία εγγύηση ότι μια τυχαία μαθηματική δήλωση θα είναι είτε αληθής είτε ψευδής. Η ιντουισιονιστική λογική είναι μια λογική που **δεν** είναι χτισμένη πάνω στην αρχή της δισθένειας και ως εκ τούτου διαφοροποιείται ριζικά από την κλασική λογική των παραδοσιακών μαθηματικών. Ως εκ τούτου, τα ενορασιοκρατικά μαθηματικά, παρέχουν ένα υπόδειγμα για το πώς θα μπορούσε μια αντιρεαλιστική θεωρία να είναι.

Έχουμε λοιπόν εξετάσει σε ένα βαθμό το εννοιολογικό υπόβαθρο των πεποιθήσεων του Dummett πάνω στο οποίο βασίστηκε η ανάπτυξη του σημασιολογικού αντιρεαλισμού.

3.4.2 Η επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του Dummett

Η επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του Dummett επιδιώκει να αποτελέσει μια θεωρία νοήματος για την γλώσσα. Ωστόσο δεν αποβλέπει να καταστεί συστηματική. Γιατί μια συστηματική θεωρία νοήματος θα έπρεπε σε μια μεταγλώσσα να καθορίσει το νόημα κάθε λέξης, κάθε πρότασης και κάθε γραμματικού κανόνα της γλώσσας. Αυτό στην φυσική γλώσσα φαντάζει αν όχι αδύνατο, τουλάχιστον μη πρακτικό. Όπως αναφέρει ο Dummett:

> «Κανένας δεν πρόκειται πράγματι να κατασκευάσει μια θεωρία νοήματος για την φυσική γλώσσα· οι ερωτήσεις που πρέπει να κάνουμε, ως φιλόσοφοι της γλώσσας, αφορούν το **πώς** μια τέτοια θεωρία θα έπρεπε να κατασκευαστεί.» (Taylor 1987, σ. 254)

Ο έντονα υπονοούμενος χαρακτήρας του νοήματος της φυσικής γλώσσας, πιστεύω ότι συνηγορεί υπέρ της παραπάνω άποψης. Χρειαζόμαστε λοιπόν να κατανοήσουμε τις βασικές αρχές που θα πρέπει να διέπουν το πλαίσιο κατασκευής μιας θεωρίας νοήματος για την φυσική γλώσσα, την γενική δομή αυτής. Μια τέτοια προσέγγιση φαίνεται πολύ πιο αποδοτική, γιατί η μετάβαση από το γενικό στο ειδικό

είναι πολύ πιο στέρεη απ' ό,τι από το ειδικό στο γενικό. Για τον Dummett μια θεωρία νοήματος είναι μια θεωρία κατανόησης. Για να αντιληφθούμε αυτόν τον χαρακτηρισμό χρειάζεται να αποσαφηνίσουμε δύο βασικούς όρους της θεωρίας του. Τους όρους **συνθήκες-αλήθειας** (truth-conditions) και **θεωρία της κατανόησης** (theory of understanding).

- **Συνθήκες-αλήθειας:** Το νόημα μιας δήλωσης ή πρότασης δίνεται από τις συνθήκες-αλήθειας, δηλαδή τις συνθήκες υπό τις οποίες αυτή καθίσταται αληθής. Π.χ., η δήλωση «το αλάτι είναι διαλυτό» είναι αληθής, εάν και μόνο εάν, σε περίπτωση που τοποθετήσουμε αλάτι μέσα σε νερό, αυτό θα διαλυθεί. Είναι φυσικό και χρήσιμο – σύμφωνα με την κοινή λογική – να σκεφτεί κάποιος ότι η ικανοποίηση των συνθηκών αλήθειας μας παρέχει (σε μεγάλο βαθμό) το νόημα της πρότασης.
- **Θεωρία κατανόησης:** Είναι σημαντικό να μπορούμε να εξακριβώσουμε την αντιληπτική κατάσταση κάποιου ως προς το αν γνωρίζει το νόημα μιας πρότασης – αν την καταλαβαίνει, αν την κατανοεί. Όπως το συνοψίζει ο Dummett:

> «η κατανόηση μιας δήλωσης συνίσταται στην ικανότητα να αναγνωρίζει κανείς οτιδήποτε θεωρείται ως **επαλήθευσή** της.» (Dummett 1993α, σ. 70)

Σύμφωνα με τον Dummett, λοιπόν, το νόημα μιας πρότασης δεν μπορεί να αποκτηθεί κάνοντας χρήση μιας έννοιας αλήθειας ως αντιστοίχησης με τον κόσμο, ανεξάρτητα από το αν είναι εφικτό να επιτευχθεί αυτή η αντιστοίχηση ή όχι. Χρειαζόμαστε, τουναντίον, να υπάρξει μια επιστημική[78] προσέγγιση της έννοιας της αλήθειας. Εδώ η αλήθεια των προτάσεων δεν υπερβαίνει τα διαθέσιμα τεκμήρια, αλλά είναι ουσιωδώς περιορισμένη από ό,τι μπορεί να γίνει γνωστό, να αναγνωρισθεί ως αληθές, ή να επιβεβαιωθεί, **δικαιολογηθεί**, έστω και καταρχήν. Συνεπώς η έννοια της αλήθειας εξηγείται με όρους επιστημικών εννοιών. Αυτός ο επιστημικός τρόπος δικαιολόγησης αποδίδεται από τον Dummett με τον όρο justificationism και συνιστά τον πυρήνα της θεωρίας κατανόησής του. Επί της ουσίας η δικαιολόγηση αφορά στη γενίκευση του ιντουισιονιστικού τρόπου σκέψης στο πεδίο της γλώσσας (ομιλούμενης και μη). Από την μαθηματική απόδειξη των αυστηρά φορμαλιστικών μαθηματικών προτάσεων, στην δικαιολόγηση της αλήθειας των προτάσεων της φυσικής γλώσσας. Η δυνατότητα απόδειξης, δικαιολόγησης, είναι αυτό που καθιστά την δήλωση αληθή ή ψευδή. *Η δικαιολόγηση εξαντλεί το νόημα*.

Αυτή όμως η θεωρία κατανόησης δεν προτίθεται να αποτελέσει μια ψυχολογική θεωρία (Dummett 1993α, σ. 37). Ο στόχος εδώ δεν είναι να εξιχνιαστούν οι ψυχολογικές διαδικασίες μέσω των οποίων κάποιος είναι ικανός να κατανοεί.

78 Ο όρος «επιστημικός», προέρχεται από το αρχαίο «επίσταμαι», που σήμαινε «γνωρίζω καλά», «κατανοώ επακριβώς». Παράγωγα αυτού είναι η «επιστήμη» και το «επιστητό». Έτσι ο όρος «επιστημικός» αναφέρεται περισσότερο στη γνωστική προσέγγιση του επιστητού, ό,τι μπορεί να γνωρίσει και να προσεγγίσει ο ανθρώπινος νους μέσω της γνώσης.

Αντίθετα μια θεωρία κατανόησης θα πρέπει να δώσει απάντηση στο ποια είναι εκείνη η πρακτική ικανότητα που θα πρέπει να έχει κάποιος προκειμένου να δείξει ότι έχει καταλάβει την υπό εξέταση πρόταση. Η κατανόηση μιας πρότασης περιλαμβάνει το να συλλάβει, να αντιληφθεί κάποιος τις συνθήκες-αλήθειας της. Το να αντιληφθεί κάποιος τις συνθήκες-αλήθειας μιας πρότασης περιλαμβάνει το να αποκτήσει την ικανότητα να αναγνωρίζει τις περιστάσεις στις οποίες αυτή καθίσταται αληθής και εκείνες τις περιστάσεις στις οποίες αυτή καθίσταται ψευδής. Αυτού του είδους η αναγνώριση περιλαμβάνει ένα είδος συμπερασματικού συλλογισμού ιντουσιονιστικής φύσεως που είναι έκδηλος στο σύνολο των παρατηρητών.

Η αποσαφήνιση των λεπτομερειών της επαληθευσιοκρατικής θεωρίας νοήματος του Dummett θα γίνει μέσα από την προσπάθεια να δούμε τα σημεία διάκρισης ενός ρεαλιστή και ενός αντιρεαλιστή ως προς τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά της. Την αλήθεια, την αρχή της δισθένειας, την πλαισιακότητα και την αντικειμενικότητα. Για τον σκοπό αυτό, όμως, χρειαζόμαστε πρώτα να δούμε ποιος είναι ο γενικότερος χαρακτηρισμός του Dummett όσο αφορά την αντιπαράθεση μεταξύ ρεαλισμού-αντιρεαλισμού στο σημασιολογικό επίπεδο:

> «Χαρακτηρίζω ως **ρεαλισμό** την πεποίθηση ότι οι δηλώσεις της αμφισβητήσιμης κλάσης κατέχουν μια αντικειμενική αληθοτιμή, ανεξάρτητα από τα μέσα που έχουμε για να την γνωρίσουμε: είναι αληθείς ή ψευδείς δυνάμει μιας πραγματικότητας που υπάρχει ανεξάρτητα από εμάς. Ο **αντιρεαλιστής** αντιθέτως υιοθετεί την άποψη ότι οι δηλώσεις της αμφισβητήσιμης κλάσης μπορούν να κατανοηθούν μόνο με αναφορά στο είδος του πράγματος το οποίο εμείς θεωρούμε ως αποδεικτικό στοιχείο για μια δήλωση αυτής της κλάσης...Η αντιπαράθεση έτσι αφορά την έννοια της αλήθειας που είναι κατάλληλη για τις δηλώσεις της αμφισβητήσιμης κλάσης· και αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για μια αντιπαράθεση που αφορά το είδος του νοήματος που έχουν αυτές οι δηλώσεις.» (Dummett 1978, σ. 146)

3.4.2.1 Αλήθεια

Πώς λοιπόν διαφοροποιούνται ως προς την αλήθεια, ο ρεαλιστής και ο αντι-ρεαλιστής του Dummett;

- Ο **ρεαλιστής** ισχυρίζεται ότι οι δηλώσεις της αμφισβητήσιμης κλάσης έχουν ένα συγκεκριμένο είδος συνθηκών αλήθειας υπό μια ισχυρή έννοια. Την έννοια της αλήθειας που υπερβαίνει τη διαδικασία της επαλήθευσης, δηλαδή, η αλήθεια αυτών των δηλώσεων υπερβαίνει την ικανότητα μας - ακόμα και κατ'αρχήν - να τις επαληθεύσουμε. Κατ' επέκταση, ο ρεαλιστής πιστεύει ότι οι δηλώσεις της υπό εξέταση κλάσης μπορούν να είναι αληθείς ή ψευδείς, ακόμα και αν δεν τις επαληθεύουμε ή δεν μπορούμε να τις επαληθεύσουμε μέσω των συγκεκριμένων συνθηκών αλήθειας.
- Ο **αντιρεαλιστής** προκειμένου να αποδώσει μια αληθοτιμή σε μια δήλωση

της αμφισβητήσιμης κλάσης, χρειάζεται να γνωρίζει δύο πράγματα:

- Κριτήρια μέσω των οποίων θα κρίνει, θα **δικαιολογήσει**, θα αναγνωρίσει, ή θα επιβεβαιώσει εάν η δήλωση είναι αληθής ή όχι (**justificationism**, ο -ισμός της δικαιολόγησης). Μέχρι να υπάρξει η δικαιολόγηση (απόδειξη), τίποτα δεν καθιστά την δήλωση αληθή ή ψευδή.
- Τις ικανές και αναγκαίες συνθήκες που πρέπει να ικανοποιήσει μια πρόταση για να είναι αληθής (**συνθήκες-αλήθειας**). Αν και από πραγματιστική σκοπιά, τα κριτήρια δικαιολόγησης με τις συνθήκες αλήθειας φαίνονται ταυτόσημες έννοιες, ωστόσο θα εξηγήσουμε στην συνέχεια την μεταξύ τους διάκριση. Έτσι η αλήθεια για τον αντιρεαλιστή ισοδυναμεί με μια έννοια επιστημικής (γνωσιακής) ορθότητας.

Η ανωτέρω περιγραφή της διαφοροποίησης μεταξύ του ρεαλιστή και του αντιρεαλιστή - ως προς την σημασιολογική έννοια της αλήθειας - μπορεί να διευκρινιστεί μέσω του ακόλουθου αποσπάσματος του Dummett:

> «Ο αντιρεαλιστής κατηγορεί τον ρεαλιστή ότι ερμηνεύει προτάσεις υπό το φως μυθικών καταστάσεων πραγμάτων, όχι άμεσα παρατηρήσιμες από εμάς, καθιστώντας τες αληθείς ή ψευδείς. Σύμφωνα με τον αντι-ρεαλιστή, αυτό που καθιστά τις προτάσεις αληθείς ή ψευδείς είναι οι παρατηρήσιμες καταστάσεις πραγμάτων βάσει των οποίων κρίνουμε την αληθοτιμή τους. Υπό την ερμηνεία του ρεαλιστή, αυτές απλά παρέχουν ενδείξεις (evidence) για την αλήθεια ή το ψεύδος των δηλώσεων, ή συνιστούν έναν έμμεσο τρόπο κρίσης της αλήθειας ή του ψεύδους αυτών· ο αντι-ρεαλιστής αντιτείνει ότι αυτές είναι ο πιο άμεσος τρόπος που θα μπορούσε να υπάρχει.» (Dummett 1993α, σ. 469)

Για να γίνει όμως πιο αντιληπτό, ας θεωρήσουμε το εξής παράδειγμα. Έστω ότι εκφέρουμε την πρόταση «Βρέχει στην Αθήνα». Οι συνθήκες δικαιολόγησης (justification conditions) συνίστανται στο να κοιτάξουμε έξω για να δούμε εάν οι δρόμοι είναι υγροί, εάν πέφτει νερό από τον ουρανό, κ.τ.λ. Ωστόσο οι συνθήκες αλήθειας συνίστανται στο να είναι οι δρόμοι υγροί χωρίς να χρειάζεται εμείς να δούμε ότι οι δρόμοι είναι υγροί, στο να πέφτει το νερό από τον ουρανό χωρίς να χρειάζεται εμείς να δούμε να πέφτει νερό από τον ουρανό, κ.τ.λ.

Ο αντιρεαλιστής ισχυρίζεται ότι αν οι συνθήκες δικαιολόγησης πληρούνται, τότε η πρόταση είναι αληθής. Είναι σαφές ότι ο αντιρεαλιστής είναι ένας γνήσιος επαληθευσιοκράτης όσον αφορά το νόημα, τουλάχιστον όπως αντιλαμβάνεται την επαληθευσιοκρατία ο Dummett, όπως θα δούμε παρακάτω.

Ο ρεαλιστής ισχυρίζεται ότι οι συνθήκες δικαιολόγησης όταν πληρούνται δίνουν απλά μια ένδειξη ότι βρέχει, αλλά η αλήθεια της πρότασης συνίσταται στην ικανοποίηση των συνθηκών αλήθειας, μια ικανοποίηση που μπορεί να υπερβαίνει τη διαδικασία της επαλήθευσης, πέρα δηλαδή από το αν γίνεται εις γνώση μας.

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται να υπάρχει ακραία διαφοροποίηση μεταξύ των δύο θέσεων. Η αντιρεαλιστική στάση είναι προφανώς ενάντια στο κοινό αίσθημα ότι ο

κόσμος λειτουργεί και χωρίς να τον αντιλαμβανόμαστε, κινδυνεύοντας να οδηγήσει σε σολιψιστικές εντυπώσεις. Ωστόσο στην συνέχεια θα επιδιώξουμε να μετριαστεί αυτή η εντύπωση και θα επιχειρήσουμε μέσω της κριτικής που θα ασκήσουμε να αμβλύνουμε τις μεταξύ τους αντιθέσεις.

3.4.2.2 Δισθένεια

Ο Dummett χρησιμοποιεί επίσης την αρχή της δισθένειας για να ταυτοποιήσει τον ρεαλισμό στο σημασιολογικό επίπεδο. Ως αρχή της **δισθένειας** ορίζουμε την αρχή κατά την οποία «*μία πρόταση είναι είτε αληθής είτε ψευδής*». Η αρχή της δισθένειας είναι μια σημασιολογική αρχή, και ως εκ τούτου είναι χρήσιμο να την διαφοροποιήσουμε από τον φαινομενικά ισοδύναμο λογικό νόμο του **αποκλειόμενου μέσου** του οποίου η συντακτική λογική μορφή είναι «Π∨¬Π» . Αν και η σημασιολογική αρχή της δισθένειας συνεπάγεται την ισχύ του αποκλειόμενου μέσου, ωστόσο το αντίστροφο δεν ισχύει (Dummett 1978, σ. xix). Ένα από τα πιο γνωστά αρχαία παραδείγματα αυτής της διαπίστωσης αποτελεί (Αριστοτέλης, Περί Ερμηνείας IX) η πρόταση «αύριο θα γίνει ναυμαχία». Εδώ και τώρα, σήμερα, η αρχή της δισθένειας δεν ισχύει ακριβώς γιατί δεν υπάρχει κάτι στην πραγματικότητα την δεδομένη στιγμή που θα μπορούσε να καταστήσει την πρόταση αληθή ή ψευδή, γεγονός που υπονοεί ακόμα και την ανάγκη μιας επιπλέον σημασιολογικής τιμής ήτοι αντικειμενικής απροσδιοριστίας. Παρόλα αυτά η διάζευξη του αποκλειόμενου μέσου «αύριο θα γίνει ναυμαχία ή αύριο δεν θα γίνει ναυμαχία» είναι αληθής εδώ και τώρα. Ως εκ τούτου, ο νόμος του αποκλειόμενου μέσου ισχύει πάραυτα.

Επειδή η αρχή της δισθένειας επιτελεί ουσιώδη σημασιολογικό ρόλο ως προς την περιγραφή της πραγματικότητας, είναι σημαντικό να ερευνήσουμε το πώς διαφοροποιούνται ως προς την αρχή της δισθένειας οι δύο «παρατάξεις» σύμφωνα με τον Dummett.

- Ο ρεαλιστής

> «Το δόγμα του ρεαλισμού υποστηρίζει ότι η πραγματικότητα – ή εκείνος ο τομέας της στον οποίο ο ρεαλισμός εμμένει να εφαρμοστεί – συγκροτείται με τρόπο καθορισμένο (determinately), ανεξάρτητα από την γνώση μας ή τα μέσα που έχουμε για την γνώση μας, και εξυπηρετεί στο να καθιστά τις δηλώσεις μας σχετικά με αυτήν, αληθείς ή ψευδείς. Το να λέμε ότι αυτή είναι συγκροτημένη με τρόπο καθορισμένο, είναι σαν να λέμε ότι οποιαδήποτε καλώς-ορισμένη ερώτηση σχετικά με την πραγματικότητα, έχει καθορισμένη απάντηση, γνωστή στον Θεό, είτε γνωστή σε εμάς είτε όχι. Γι' αυτό η αποδοχή της αρχής της δισθένειας είναι χαρακτηριστικό σημάδι του ρεαλισμού.» (Dummett, 1995, σ. 210)

Μάλιστα σε προηγούμενη χρονική στιγμή ο Dummett είχε υποστηρίξει ότι:

> «Η αποδοχή της δισθένειας δεν είναι ικανή για ρεαλισμό, αλλά είναι αναγκαία για

αυτόν» (Dummett 1993α, σ. 230)

Τι θα μπορούσε όμως να είναι ένδειξη για διαφοροποίηση ως προς την στάση του ρεαλιστή για την αρχή της δισθένειας; Ίσως η ίδια προσπάθεια του ρεαλιστή να διασφαλίσει την πίστη του στην δισθένεια με το να αποβάλλει από το πεδίο των υπό εξέταση δηλώσεων, δηλώσεις που θα μπορούσαν να καταστούν προβληματικές ως προς τις τιμές αληθείας τους (μη αποκρίσιμων). Αυτή ακριβώς την προσπάθεια την περιγράφει ο Dummett (1995), μέσω μιας σειράς συλλογισμών που θα μπορούσε να κάνει ο ρεαλιστής για να εξουδετερώσει τις προβληματικές προτάσεις, την οποία και θα αναπτύξουμε στην συνέχεια. Στην αρχή ο ρεαλιστής θα έλεγε αυθόρμητα ότι:

«Κάθε Πρόταση είναι είτε αληθής είτε ψευδής».

Όμως κάποιος ως αντιπαράδειγμα θα μπορούσε να τον ρωτήσει αν η πρόταση «Αυτή η δήλωση είναι ψευδής» υπόκειται στην παραπάνω αρχή. Ο ρεαλιστής θα αρνιόταν ότι η εκφώνηση αυτής της πρότασης εκφράζει μια Πρόταση και έτσι θα προσπαθούσε να βελτιώσει την αρχή της δισθένειας. Η νέα εκδοχή θα ήταν τώρα:

«Κάθε δήλωση είναι είτε αληθής είτε ψευδής».

Εμπόδια όμως μπορούν να τεθούν και με τις δηλώσεις που αφορούν το μέλλον. Η δήλωση «Ο Μιχάλης Νικολάου θα είναι ο επόμενος πρωθυπουργός της Ελλάδας» θα μπορούσε να είναι αληθής σε κάποιο δυνατό μέλλον και ψευδής (το πιο πιθανό) σε κάποιο άλλο δυνατό μέλλον, έτσι ενώ ο ρεαλιστής θεωρεί ότι η εν λόγω πρόταση έχει μια αληθοτιμή, ωστόσο δεν θεωρεί ότι είναι καθορισμένη την στιγμή της εκφώνησης της. Η διόρθωση είναι αναγκαία και έτσι ο ρεαλιστής αναγκάζεται να διατυπώσει την εξής μορφή της δισθένειας για το σύνολο εκείνων των δηλώσεων για τις οποίες ισχύει ότι:

«Κάθε δήλωση είναι καθοριστικά είτε αληθής είτε ψευδής».

Συνεχίζοντας την λίστα των αντιπαραδειγμάτων, θα μπορούσαμε να εκφωνήσουμε μια **διφορούμενη** (ambiguous) δήλωση, δηλαδή μια δήλωση που επιδέχεται πολλαπλές ερμηνείες. Όπως η δήλωση «ο Νίκος αρέσκεται στο πικάντικο φαγητό», της οποίας η αληθοτιμή ίσως διαφοροποιείται ανάλογα με το εάν αναφέρομαι στον γείτονα μου ή στον ξάδελφο μου. Οδηγούμαστε λοιπόν στην εξής διατύπωση της αρχής της δισθένειας:

«Κάθε μονοσήμαντη δήλωση ή κάθε αμφίσημη δήλωση θεωρούμενη υπό μια συγκεκριμένη ερμηνεία, είναι καθοριστικά είτε αληθής είτε ψευδής.»

Ακόμα όμως και αν καθορίσουμε το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα θεωρήσουμε μια συγκεκριμένη ερμηνεία μιας διφορούμενης δήλωσης, υπάρχει η περίπτωση να

εγερθούν δηλώσεις **ασάφειας** (vagueness). Π.χ. κάποιος λέει ότι «το φόρεμα στην βιτρίνα του μαγαζιού είναι κόκκινο», και επιπλέον η αναφορά του υποκειμένου «το φόρεμα στην βιτρίνα του μαγαζιού» είναι ξεκάθαρη στο πλαίσιο αναφοράς που έχω επιλέξει. Μπορεί όμως κάποιος να πει, «δεν θα το έλεγα κόκκινο, μάλλον σκούρο ροζ». Αν ρωτήσουμε άλλους για την γνώμη τους επί του χρώματος, το σίγουρο είναι ότι θα συλλέξουμε διιστάμενες απόψεις. Έχουμε τότε μια ακραία, αμφισβητούμενη περίπτωση εφαρμογής του **ασαφούς** κατηγορήματος «κόκκινο». Ο επίμονος ρεαλιστής θα προσπαθούσε να εξουδετερώσει και τις ασαφείς (vague) δηλώσεις από το πεδίο δράσης της αρχής της δισθένειας και να προτείνει το τελικό ορισμό της αρχής της δισθένειας:

«Κάθε μονοσήμαντη, ακριβής δήλωση είναι καθοριστικά είτε αληθής είτε ψευδής».

Όμως το κόστος αποκλεισμού, όλων αυτών των ειδών δηλώσεων από το πεδίο δράσης της αρχής της δισθένειας, είναι μεγάλο. Η μεγάλη δυσκολία στην προσπάθεια να διαχειριστούμε την ασάφεια είναι ότι αυτή προσομοιάζει με σκόνη και έτσι εισβάλλει στο καθετί. Η απόρριψη των ασαφών εκφράσεων από το πεδίο εφαρμογής της αρχής της δισθένειας αποδυναμώνει την ισχύ της και έτσι παρουσιάζεται πολύ ασθενής και όχι ως ισχυρό χαρακτηριστικό της γλώσσας που περιγράφει την πραγματικότητα. Τι προσπαθεί να κάνει ο ρεαλιστής σε αυτήν την περίπτωση;

Κατανοεί ότι οποιοδήποτε κατηγόρημα, σχεσιακή έκφραση και ποσοδείκτης μπορεί να γίνει ασαφές. Η έκταση ενός ασαφούς κατηγορήματος μπορεί να ποικίλει, ανάλογα σε τι εφαρμόζεται. Το γεγονός ότι η αρχή της δισθένειας αποτυγχάνει να εφαρμοστεί σε ένα δεδομένο ασαφές κατηγόρημα επί ενός αντικειμένου, ο ρεαλιστής μπορεί να το ερμηνεύσει ως μια έλλειψη γλωσσικής επάρκειας να βεβαιώσει την αληθή ή ψευδή εφαρμογή του κατηγορήματος επί του αντικειμένου. Τι προσπαθεί να κάνει; Ακριβοποίηση (**precisification**), έναν όρο που παραθέτει ο Dummett (Dummett 1995), ο οποίος περιγράφει το σύνολο των τρόπων που έχει κάποιος για να καταστήσει κάτι ακριβές. Στην περιοχή της γλώσσας, αυτή η ακριβοποίηση ενός ασαφούς κατηγορήματος καθίσταται από την αντικατάσταση του με ένα άλλο κατηγόρημα το οποίο εφαρμόζεται ρητά σε κάθε αντικείμενο όπου και το αρχικό κατηγόρημα εφαρμοζόταν ρητά, αλλά εφαρμόζεται ρητά και στα αντικείμενα που ανήκαν στην περιοχή ασάφειας του αρχικού κατηγορήματος. Αν και το νέο κατηγόρημα συνεχίζει να εμφανίζεται ασαφές ως προς μια υποπεριοχή της αρχικής έκτασης, ο ρεαλιστής προσπαθεί να κάνει μια εκ νέου ακριβοποίηση, δηλαδή, ξανά πάλι αντικαθιστά το κατηγόρημα με ένα νέο το οποίο αναμένει να μην παρουσιάζει φαινόμενα ασάφειας ως προς ένα αντικείμενο, κ.ο.κ.

Πρόκειται όμως το όριο όλων αυτών των προσπαθειών ακριβοποίησης του ρεαλιστή να καταλήξει σε μια συγκεκριμένη αληθοτιμή για το τελικό κατηγόρημα όταν εφαρμοστεί στο συγκεκριμένο αντικείμενο; Γιατί εάν κάθε ασαφές κατηγόρημα δεν είναι τελείως ακριβοποιήσιμο, έπεται ότι η ασάφεια δεν είναι εξ ολοκλήρου χαρακτηριστικό της γλώσσας, αλλά πρέπει να μπορεί να βρεθεί και στην

πραγματικότητα.

Όμως η αποτυχία ακριβοποίησης ενός ασαφούς κατηγορήματος δεν συνιστά απαραίτητα και αποτυχία του ρεαλιστή. Γιατί το να προσπαθείς να ακριβοποιήσεις το κατηγόρημα «διασκεδαστικό» θα είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή της έννοιας «διασκεδαστικό». Δεν μπορεί κάποιος να έχει μια ρεαλιστική άποψη για αυτό το κατηγόρημα, ότι αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε κάποια περίπτωση ανεξάρτητα από τις ανθρώπινες αντιδράσεις που σχετίζονται με την περίπτωση. Συνεπώς μπορούμε τώρα να αποσαφηνίσουμε την προηγούμενη δήλωση μας: *Εάν κάθε έκφραση για μια φυσική έννοια είναι ανίκανη για μια πλήρη ακριβοποίηση, τότε υπάρχει αοριστία (vagueness) και στην φυσική πραγματικότητα.* Στο σημείο αυτό όμως θα πρέπει να αναφερθούμε στο ότι η ασάφεια (vagueness) δεν είναι μια ιδιότητα των αντικειμένων, αλλά των ιδιοτήτων και των σχέσεων ή ακόμα καλύτερα των εκφράσεων για τις ιδιότητες και τις σχέσεις, όπως και η παρατηρησιμότητα (observationality) είναι μια ιδιότητα τέτοιων εκφράσεων.

Ο Dummett (1995) για να περιγράψει με ένα γλαφυρό τρόπο τα παραπάνω, χρησιμοποιεί το παράδειγμα του χρώματος. Τα χρώματα διαμορφώνουν έναν χώρο, έναν τοπολογικό (πιθανόν μετρικό) χώρο που εμπεριέχει τις σχέσεις της εγγύτητας και της απομάκρυνσης μεταξύ των διάφορων χρωμάτων: π.χ. το πορτοκαλί βρίσκεται μεταξύ του κόκκινου και του κίτρινου και είναι εγγύ στο κίτρινο αλλά όχι στο πράσινο· απλώνεται μέχρι το κίτρινο, αλλά όχι μέχρι το πράσινο. (Ο χώρος των χρωμάτων συνήθως απεικονίζεται ως ένας τρισδιάστατος χώρος, οι διαστάσεις του οποίου είναι η «απόχρωση», ο «κορεσμός» και η «φωτεινότητα»). Τώρα κοινά επίθετα χρώματος όπως το κόκκινο ταυτοποιούν, όχι ένα σημείο του χρωματικού χώρου, αλλά μια περιοχή του. Από την στιγμή που αυτά είναι αόριστα (vague), μια τέτοια περιοχή έχει απροσδιόριστα σύνορα. Έχουμε όρους, όπως «ερυθρό», «άλικο» και «βυσσινί» για πιο συγκεκριμένες αποχρώσεις του κόκκινου, άλλα έχουμε ακόμα και ειδικά επίθετα μέσω των οποίων να χαρακτηρίσουμε διαφορετικές αποχρώσεις του κόκκινου, «φωτεινό κόκκινο», «θαμπό κόκκινο», «σκούρο κόκκινο», «ανοικτό κόκκινο» κ.ο.κ. Ένας ρεαλιστής σχετικά με οποιοδήποτε τομέα της πραγματικότητας πρέπει να είναι ακριβολόγος όσον αφορά τις εκφράσεις που χαρακτηρίζουν αυτόν τον τομέα. Ένας ακριβολόγος σχετικά με το χρώμα πρέπει να διατηρεί την άποψη ότι ο όρος «κόκκινο» μπορεί κατ'αρχήν να αντικατασταθεί από έναν όρο που να οριοθετεί μια ακριβή περιοχή του χρωματικού χώρου, εντός του οποίου βρίσκεται οτιδήποτε είναι ακριβώς κόκκινο. Αλλά αυτός ο όρος θα περιγράφει ακόμα μια περιοχή και όχι ένα συγκεκριμένο σημείο. Ο ρεαλιστής ακριβολόγος πιστεύει ότι «ακριβοποιώντας» τα παραπάνω κατηγορήματα των διαφορετικών αποχρώσεων του κόκκινου και επαναλαμβάνοντας αυτήν την «ακριβοποίηση» όσες φορές είναι αναγκαίο, θα φτάσει στην επίτευξη κατηγορημάτων που θα παρέχουν μια καθορισμένη αληθοτιμή για πολύ συγκεκριμένες αποχρώσεις των χρωμάτων. Όμως θα χαρακτηρίζουν αυτά, ένα συγκεκριμένο σημείο στον χρωματικό χώρο ή απλά ένα πρακτικά εφικτό μικρό τομέα αυτού του χώρου, όπου «πρακτικά» δεν φαίνεται να υπάρχει διάκριση αν συνέχιζε η ακριβοποίηση;

Εδώ ο ρεαλιστής φαίνεται να σκέφτεται με όρους του «φαινομενικού»

χρωματικού χώρου – τα χρώματα όπως εμείς τα βλέπουμε. Το χρώμα όμως είναι όχι απλά ένα φαινόμενο αλλά μια φυσική ιδιότητα. Ο χώρος του φυσικού χρώματος δεν έχει τις ίδιες διαστάσεις με τον φαινομενικό χρωματικό χώρο. Το φυσικό χρώμα μιας επιφάνειας συνίσταται στην τάση της επιφάνειας να ανακλά το φώς διαφορετικών μηκών κύματος σε διαφορετικές αναλογίες, όπως αυτές αναπαρίστανται από την φασματική καμπύλη ανακλαστικότητας. Ο ρεαλιστής που θα είχε λοιπόν γνώση της φυσικής θεωρίας του φωτός και ίσως μέσα για να παρατηρήσει αυτές τις αναλογίες, θα έπρεπε πάλι να εφαρμόσει μηχανισμούς «ακριβοποίησης» για να καταφέρει την ταυτοποίηση της έκτασης του τελικού ορίου αυτής της ακριβοποίησης με ένα συγκεκριμένο σημείο αυτού του χώρου. Λόγω της συνεχούς δομής αυτού του χώρου, έτσι όπως έχει δομηθεί από την αντίληψη του κλασικού συνεχούς, δεν θα μπορούσε ποτέ να επιτευχθεί πρακτικά ένα σημειακό όριο αυτής της ακριβοποίησης ή τουλάχιστον δεν έχουμε καμμία ένδειξη για μια τέτοια σημειακή επίτευξη.

Υπάρχουν τελικά κίνητρα για να απαρνηθεί κάποιος τον ρεαλισμό; Από την στιγμή που υπάρχουν ενδείξεις ότι τέτοια όρια «ακριβοποιήσεων» τείνουν να είναι περιοχές των τομέων της πραγματικότητας με τις οποίες αυτές ασχολούνται και όχι σημεία αυτών των τομέων, η πραγματικότητα φαίνεται να είναι απροσδιόριστη. Η αοριστία και αποτυχία ακριβούς προσδιορισμού, παραβιάζει την πεποίθηση του ρεαλιστή ότι η πραγματικότητα είναι εξ ολοκλήρου καθορισμένη. Ο Dummett έχει προσπαθήσει με την παρουσίαση και άλλων γλωσσικών μηχανισμών να δείξει το πώς η μη αποκρισιμότητα (undecidability) εισέρχεται εντός της γλώσσας. Όπως οι αντιγεγονικές υποθετικές προτάσεις[79], η ποσοποίηση επί άπειρων ολοτήτων όπως αυτή εκφράζεται μέσα από λέξεις «ποτέ» και οι παρελθοντικού χρόνου προτάσεις. (Dummett 1993α, σ.46, 60· 2004 σ. 69). Υπάρχουν λοιπόν σημασιολογικά κίνητρα (εκτός από επιστημονικά) για την υιοθέτηση μιας αντιρεαλιστικής θέσης όσον αφορά την πραγματικότητα. Πώς θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αυτή;

- Αντιρεαλιστής

> «Ένας αντιρεαλιστής που απορρίπτει την δισθένεια πρέπει να διατηρήσει την άποψη ότι υπάρχουν κενά στην πραγματικότητα: καλώς-ορισμένες ερωτήσεις που θα μπορούσαν να είχαν απαντήσεις, αλλά δεν έχουν, μιας και δεν υπάρχει γεγονός που να υποστηρίζει κάποια από τις δύο δυνατότητες...δεν μπορεί να υποθέσει ότι η δίτιμη σημασιολογία είναι επαρκής για οποιαδήποτε γλώσσα μέσω της οποίας είναι δυνατόν να δοθεί μια πλήρης περιγραφή της πραγματικότητας· γι' αυτό αυτός πρέπει να οραματιστεί την πραγματικότητα ως έχουσα κενά **απροσδιοριστίας**...» (Dummett 1995, σ. 211)

Δηλώσεις της υπό εξέτασης κλάσης μπορούν να κατανοηθούν μόνο από την αναφορά σε εκείνο το είδος πραγμάτων που εμείς θεωρούμε ως απόδειξη για τις

79 Υποθετικοί λόγοι (εάν Χ, τότε Ψ) στην υποτακτική έγκλιση που προϋποθέτουν το ψεύδος της ηγουμένης τους, όπως «αν ο Hitler είχε εισβάλει στην Αγγλία, η Γερμανία θα είχε νικήσει και «Αν ήμουν εσύ, θα είχα τρέξει». Το συγκεκριμένο είδος προτάσεων δεν είναι αληθοσυναρτησιακό, ήτοι η αληθοτιμή τους δεν προσδιορίζεται πλήρως από τις αληθοτιμές των συνιστωσών τους. (Audi 2011, σ. 108)

δηλώσεις αυτής της κλάσης. Στην περίπτωση του αντιρεαλιστή, το νόημα είναι ισοδύναμο με τις συνθήκες-δικαιολόγησης ή αλλιώς επαληθευσιακές μη υπερβατικές συνθήκες. Οι συνθήκες-δικαιολόγησης κάνουν αναφορά σε εκείνα τα πράγματα στα οποία έχουμε πρόσβαση ως μαρτυρίες, π.χ. μετρήσεις, φαινόμενα που μπορούμε να αντιληφθούμε, κτλ.

Έτσι η **επαληθευσιοκρατική σημασιολογική** θεωρία νοήματος του Dummett, δίνει μια νέα οπτική ως προς την πεποίθηση μιας προϋπάρχουσας αληθοτιμής των δηλώσεων ενός υπό εξέταση πεδίου:

> «Η **επαληθευσιοκρατική θεωρία νοήματος** θα περιλαμβάνει την ύπαρξη **κενών** στην πραγματικότητα· δηλαδή, ότι υπάρχουν δηλώσεις με νόημα, τις οποίες μπορούμε να κατανοήσουμε και ως εκ τούτου να αντιληφθούμε την επιβολή της αλήθειας ή της αναλήθειας τους στην κοινή συνείδηση, για τις οποίες, παρόλα αυτά, η ερώτηση εάν αυτές είναι αληθείς ή ψευδείς δεν φέρει απάντηση· αυτές αφορούν έναν τομέα της πραγματικότητας, ο οποίος είναι απλά **απροσδιόριστος**.» (Dummett 1992, σ. 146)

Μήπως όμως η σημασιολογική θεωρία του Dummett, επαναφέρει πλήρως από τις στάχτες του, τον Λογικό Θετικισμό; Σε μία συνέντευξη του Fabrice Pataut με τον Michael Dummett, ο Dummett αναφέρει:

> «Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της επαληθευσιοκρατίας του κύκλου της Βιέννης και του είδους της θεωρίας νοήματος υπέρ της οποίας συνηγορώ, η οποία έγκειται στην απόρριψη – για μένα αυτό είναι – του είδους του ατομισμού που υπονοείται στην ιδέα των θετικιστών. Οι θετικιστές μιλούσαν ως να θεωρούσαν ότι κάθε πρόταση έχει σημασία ή νόημα ανεξάρτητα από το εάν ανήκει σε μια γλώσσα· δηλαδή, ανεξάρτητα από την ύπαρξη οποιωνδήποτε άλλων προτάσεων που σχετίζονται με αυτήν. Η επαληθευσιμότητα θα συνίστατο τελικά από μια ακολουθία αισθητηριακών εμπειριών. Τώρα, αυτό είναι προφανώς ανοησία. Δεν μπορείς να έχεις μια θεωρία νοήματος που αγνοεί το γεγονός ότι οι προτάσεις μας είναι μέρος της γλώσσας και φέρουν συσχετίσεις με άλλες προτάσεις. Γενικά, η δικαιολόγηση (justification) οποιασδήποτε βεβαίωσης, οποιασδήποτε δήλωσης, *θα είναι κάτι που περιλαμβάνει όχι μόνο μια εμπειρία άλλα επίσης έναν συμπερασμό* (inference).» (Pataut 1996, σ. 20)

Συλλογιζόμενοι όμως την ανωτέρω πειστική επιχειρηματολογία του Dummett ως προς την αρχή της δισθένειας, θα μπορούσαμε να αναρωτηθούμε τα εξής. Αυτά τα κενά της πραγματικότητας, παρουσιάζονται απροσπέλαστα από εμάς, ωστόσο επιβάλλονται σε εμάς με έναν ανεξάρτητο τρόπο από το πώς μιλάμε για αυτά. Πώς όμως θα μπορούσαν να προσδιοριστούν; Ως το απόλυτο τίποτα; Πώς αναδύεται η πραγματικότητα μέσα από αυτά τα κενά όταν υπάρξουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις, εάν ταυτοποιούνται ως το απόλυτο κενό; Φαίνεται, λοιπόν, ότι πρέπει να γίνει μια προσπάθεια να εκτιμηθεί, εάν όχι η φύση, τουλάχιστον η δομή αυτών των κενών.

3.4.2.3 Πλαισιακότητα (Contextuality)

Η αρχή της πλαισιακότητας του γλωσσικού νοήματος είναι η θέση σχετικά με την επεξηγηματική υπεροχή του προτασιακού νοήματος επί του νοήματος των υποπροτασιακών εκφράσεων. Ακριβέστερα, η ιδέα είναι ότι υποπροτασιακές εκφράσεις αντλούν οποιαδήποτε σημασία έχουν από τους ρόλους τους, ή τις συστηματικές συνεισφορές τους, στα νοήματα των προτάσεων στις οποίες αυτές εμφανίζονται.

Η εμφάνιση της συγκεκριμένης αρχής μπορεί να αναζητηθεί στην θεωρία νοήματος του Frege. Η γνωστή φράση του «μόνο στο πλαίσιο μιας πρότασης οι λέξεις έχουν κάποιο νόημα» (Frege 1884, xxii) φαίνεται να επηρέασε τόσο τον πρώιμο Wittgenstein όσο και τον ύστερο, και εν συνεχεία τους μετέπειτα αναλυτικούς φιλοσόφους. Δεν είναι τυχαίο λοιπόν που ο Dummett αποκαλεί τον Frege, «παππού της αναλυτικής φιλοσοφίας» (Dummett 1993β, σ. 129). Πράγματι στο Tractatus υπάρχουν χωρία που υποδηλώνουν την προσκόλληση στην αρχή της πλαισιακότητας. Χωρία όπως, «μόνο η πρόταση έχει νόημα· μόνο στο συναπαρτισμό της πρότασης ένα όνομα έχει σημασία» (Wittgenstein 1921, 3.3), «η έκφραση έχει σημασία μόνο στην πρόταση...» (Wittgenstein 1921, 3.314) και «ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να κατασκευάζει γλώσσες με τις οποίες είναι δυνατό να εκφράζεται κάθε νόημα, χωρίς να έχει ιδέα πώς και τι σημαίνει κάθε λέξη.» (Wittgenstein 1921, 4.002). Στον ύστερο Wittgenstein, μέσα από την περίφημη φράση του «το νόημα μιας λέξης είναι η χρήση της εντός της γλώσσας» (Wittgenstein 1953, μέρος I, 43), φαίνεται να διατηρείται η αποδοχή της αρχής της πλαισιακότητας, μιας και αυτή η φράση επί της ουσίας ταυτίζει την κατανόηση μιας λέξης με την γνώση του πώς να την χρησιμοποιείς εντός διαφορετικών πλαισίων.

Για να προσδιορίσουμε την αρχή της πλαισιακότητας εντός της θεωρίας νοήματος του Dummett για την φυσική γλώσσα, χρειάζεται να επισημάνουμε δύο βασικές διακρίσεις. Η πρώτη διάκριση είναι ανάμεσα στην σημασία (**sense**), ως τον τρόπο αναγνώρισης της αναφοράς, και την ελλεκτική[80] ισχύ (**force**) (Dummett, 1993α σ. 41). Αυτή η διάκριση είναι βασισμένη στην πεποίθηση ότι μπορούμε να απομονώσουμε το νόημα μιας πρότασης που μπορεί να παραμείνει σταθερό κάτω από διαφορετικές εκφορές λόγου. Έτσι, η ερώτηση «Ήρθε ο Μιχάλης στην ώρα του;», η βεβαίωση «Ο Μιχάλης ήρθε στην ώρα του», και η ευχή «Ας ερχόταν ο Μιχάλης στην ώρα του!», όλες προβάλλουν την ίδια σημασία (sense), αλλά με διαφορετική ισχύ (force). Οι συγκεκριμένες έννοιες είναι πολύ σημαντικές στην θεωρία νοήματος του Dummett γιατί αποτελούν δύο πτυχές της **κατανόησης** που συνιστά την γλωσσική ικανότητα ενός ομιλητή.

Η άλλη διάκριση είναι αυτή μεταξύ σημασίας (**sense**) και αναφοράς (**reference**). Όπως το έθεσε ο Dummett (1993α, σ. 40), η θεωρία της αναφοράς είναι ο πυρήνας της θεωρίας νοήματος. Αυτόν τον πυρήνα, όμως, τον περιβάλλει ένα κέλυφος, που

80 Ή, εναλλακτικά, ενδοϊδιωματική που αφορά στο τι πράττουμε διατυπώνοντας μια πρόταση. Η ανωτέρω περιγραφή των συγκεκριμένων όρων έχει αντληθεί από το εγχειρίδιο του Αλέξιου Καρπούζου «Οι Γλώσσες του Κόσμου, οι Κόσμοι της Γλώσσας» , Εργαστήριο Σκέψης (2010).

συνίσταται στην θεωρία σημασίας (sense) ως ένα κριτήριο αναγνώρισης της αναφοράς. Η θεωρία της σημασίας θα μας περιγράψει σε τι συνίσταται η γνώση του ομιλητή ως προς την αναφορά. Αυτό επιτυγχάνεται συσχετίζοντας συγκεκριμένες πρακτικές ικανότητες του ομιλητή με συγκεκριμένες προτάσεις. Τέτοιες πρακτικές ικανότητες συνίστανται στην εκδήλωση της γνώσης που έχει ο ομιλητής για τα νοήματα των εκφράσεων που αυτός χρησιμοποιεί.

Στην φιλοσοφία του Dummett για την γλώσσα, η πλαισιακότητα του νοήματος ισοδυναμεί με μια θέση για την σημασία (sense). Η ύπαρξη ενός πλαισίου έχει ως αποτέλεσμα η διάκριση μεταξύ αναφοράς και σημασίας να εξαφανίζεται και οι δύο αυτές έννοιες να συγχωνεύονται (Dummett 1993α, σ. 85). Γι' αυτό και η εξάρτηση μιας λέξης από την πρόταση που χρησιμοποιείται δεν χρειάζεται να δηλωθεί μέσω της αναφοράς στην πραγματικότητα, αλλά σε σχέση με τον ρόλο της εντός της πρότασης και κατ' επέκταση των προτάσεων του πλαισίου. Αυτό συμβαίνει γιατί ο Dummett είναι υπέρ μιας ιντουισιονιστικής προσέγγισης, η οποία δεν αποτελεί αντανάκλαση μιας προϋπάρχουσας πραγματικότητας, αλλά συνίσταται στη νοητική προσέγγιση που εκδηλώνεται μέσω αναγνωρίσιμων ικανοτήτων από το σύνολο των συνομιλητών. Όμως έτσι ο Dummett αποφεύγει οποιαδήποτε αναφορά στην οντολογική διάσταση μιας θεωρίας νοήματος, κινδυνεύοντας κατ' αυτόν τον τρόπο να οδηγηθεί στη θεώρηση ότι η πραγματικότητα είναι ένα κατασκευαστικό προϊόν του νου μας. Χρειάζεται λοιπόν προκειμένου να μην χαρακτηριστούμε ιδεαλιστές να επαναπροσδιορίσουμε την σχέση της ιντουσιονιστικής προσέγγισης και της πραγματικότητας.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω μπορούμε να παρουσιάσουμε την αρχή της πλαισιακότητας υπό τον Dummett όπως περιγράφεται από το επόμενο απόσπασμα:

> «Γνωρίζω χωρίς απόδειξη ότι μια ατομιστική[81] θεωρία νοήματος είναι κατ' αρχήν αδύνατη· αλλά επειδή, με ασήμαντες εξαιρέσεις, η μονάδα της ομιλίας (η πιο μικρή έκφραση, της οποίας η εκφώνηση επιτελεί σημαντική γλωσσική πράξη) είναι η πρόταση, δεν μπορεί να υπάρξει μια γενική απαίτηση ώστε μια θεωρία νοήματος να είναι ατομιστική. Αυτό που ο ομιλητής γνωρίζει, γνωρίζοντας την γλώσσα, είναι το πώς να χρησιμοποιεί την γλώσσα για να λέει πράγματα, δηλαδή στο να επιτελεί γλωσσικές πράξεις διαφόρων ειδών.[...] Η χρησιμοποίηση των λέξεων συνίσταται μόνο στην χρησιμοποίηση διαφόρων προτάσεων που περιέχουν αυτές τις λέξεις, και ως εκ τούτου δεν χρειάζεται να υπάρχει καμία άμεση συσχέτιση αυτής της γνώσης που θεωρείται συστατικό της κατανόησης οποιασδήποτε λέξης με μια συγκεκριμένη γλωσσική ικανότητα.» (Dummett 1993α, σ. 38)

Αυτού του είδους η εξάρτηση της λέξης από την πρόταση που την εγκολπώνει, κατά τον Dummett φαίνεται να είναι εννοιολογική (Dummett 1991, σ. 101) και όχι αποκλειστικά πραγματιστική όπως στον Davidson. Ο Keskinen αναλύει αυτήν την διαφοροποίηση μεταξύ των δύο διατυπώσεων της αρχής της πλαισιακότητας από τους Dummett και Davidson (Antii Keskinen, 2007).

Επίσης θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η επεξηγηματική υπεροχή του

81 Μια ατομιστική θεωρία νοήματος σύμφωνα με τον Dummett δέχεται ότι κάθε λέξη έχει ένα συγκεκριμένο νόημα και κάθε πρόταση ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο (Dummett 1993α, σ. 16).

προτασιακού νοήματος επί του νοήματος των υποπροτασιακών εκφράσεων φαίνεται να διευρύνεται από την σημασιολογική θεωρία του Dummett. Σύμφωνα με τον Dummett, «Η αρχή της **συνθετικότητας** δεν είναι η απλή κοινοτοπία [...] ότι το νόημα μιας πρότασης καθορίζεται από την σύνθεσή της. Το δέλεαρ της προέρχεται από την θέση ότι η κατανόηση μιας λέξης συνίσταται στην ικανότητα να κατανοούμε μέλη μιας συγκεκριμένης κλάσης προτάσεων που περιέχουν την λέξη» (Dummett, 1991, σ. 225). Ο Dummett, εισάγει με αυτόν τον τρόπο την έννοια της «**μοριακότητας**» του νοήματος μιας πρότασης (Dummett, 1993α σ. 38) διακρίνοντας την ωστόσο από μια **ολιστική** οπτική της γλώσσας, όπου προκειμένου να κατανοήσουμε μια λέξη ή πρόταση πρέπει να κατανοούμε ολόκληρη την γλώσσα (Dummett 1993α, σ. 44). Η συγκεκριμένη διάκριση ενισχύει την πλαισιακότητα του νοήματος και είναι σε αρμονία με την προδιάθεση που έχουμε να σκεφτόμαστε ότι είναι επικίνδυνο να εκτιμούμε την αναφορά ενός όρου σε απομόνωση, μιας και θα μπορούσε να είναι ευαίσθητος στα συμφραζόμενα ή στο γενικότερο πλαίσιο αναφοράς (**context-sensitive**). Αυτό είναι μια επιπλέον ένδειξη γιατί η αντιπαράθεση ρεαλισμού-αντιρεαλισμού στρέφεται εντελώς φυσιολογικά σε μία συζήτηση σχετικά με προτάσεις ή δηλώσεις και την σημασιολογική τους διάσταση. Η εξάρτηση από το πλαίσιο αναφοράς συνήθως εκλαμβάνεται ως αντιρεαλιστικό χαρακτηριστικό και έτσι η ανεξαρτησία του νοήματος μιας δήλωσης από τον εκφωνητή της δήλωσης φαίνεται να μην είναι πρακτικά εφικτή. Ωστόσο είναι αναγκαίο να επανακτηθεί ο ρόλος της αναφοράς και να επαναπροσδιοριστεί η σχέση της ιντουσιονιστικής προσέγγισης και της πραγματικότητας ώστε να αποφευχθούν σολιψιστικές εντυπώσεις στο νόημα των προτάσεων.

3.4.2.4 Αντικειμενικότητα

Ο όρος «Αντικειμενικότητα» ενώ φαίνεται να είναι κάτι εύκολα προσδιορίσιμο ως προς μια πρώτη ανάγνωση, ωστόσο μια πιο ενδελεχή προσπάθεια ορισμού οδηγεί σε ένα πλήθος ορισμών και περιγραφών. Παρ' όλα αυτά θα μπορούσαμε να κάνουμε μια πρώτη διάκριση ανάμεσα στην εσωτερικιστική και την εξωτερικιστική αντίληψη της αντικειμενικότητας. Με τον όρο **εσωτερικιστική αντικειμενικότητα** αναφερόμαστε σε εκείνο το είδος αντικειμενικότητας που εκφράζει τον αμερόληπτο, δημόσιο, παρατηρήσιμο και προσβάσιμο (άρα επιστημικό) χαρακτήρα της προσέγγισης μας. Ενώ με τον όρο **εξωτερικιστική αντικειμενικότητα** αναφερόμαστε σε εκείνο το είδος αντικειμενικότητας που εκφράζει μια ανεξάρτητη ύπαρξη ως προς εμάς, την καθεαυτή ύπαρξη όπως αυτή είναι. Ωστόσο θεωρώ ότι όλες οι αντιλήψεις περί αντικειμενικότητας μοιράζονται μια κοινή δομή η οποία θα μπορούσε να ενοποιήσει όλες τις παραπάνω αντιλήψεις και τελικά να αποδειχθεί ότι αυτές αποτελούν διαφορετικές οπτικές αυτού του γενικού ζητήματος.

Ποια είναι όμως η άποψη του Dummett για την αντικειμενικότητα; Αν και είναι γενικά δύσκολο να αποσαφηνιστεί η πολυπλοκότητα των διάφορων θέσεων του, μια πρώτη άποψη που μπορεί κάποιος να σχηματίσει είναι αυτή της

διυποκειμενικότητας:

> «Ο αντιρεαλιστής [justificationist] δεν είναι σολιψιστής, ή ακόμα και φαινομεναλιστής: δεν πιστεύει ότι η πραγματικότητα – ό,τι υπάρχει – συνίσταται αποκλειστικά από τις εμπειρίες του. Έτσι ο αντιρεαλιστής δέχεται ότι υπάρχει ένας εξωτερικός κόσμος, ένα περιβάλλον κοινό σ'αυτόν και στις άλλες ανθρώπινες υπάρξεις – και στα άλλα ζώα, επίσης. Ο αντιρεαλιστής έτσι διακρίνει το υποκειμενικό από το αντικειμενικό. Δέχεται τον διυποκειμενισμό, γενικώς, να είναι αντικειμενικός, όπως κάνει και ο ρεαλιστής. Τι, τότε, ξεχωρίζει τον αντιρεαλιστή από τον ρεαλιστή; Η διαφορά στην άποψη τους αφορά, σε πρώτη φάση, την διαφωνία τους σχετικά με το **πώς δίνεται το νόημα των γλωσσικών δηλώσεων**.» (Dummett 2005, σ. 672, 673)

Στο παραπάνω απόσπασμα φαίνεται να διακρατεί την άποψη ότι υπάρχει ταύτιση απόψεων μεταξύ ρεαλιστή και αντιρεαλιστή στο θέμα της αντικειμενικότητας. Αλλά αυτό όμως δεν συνάδει με την παραδοσιακή αντίληψη του ρεαλιστή για την αντικειμενικότητα. Όπου το σίγουρο είναι ότι η άποψη του δεν εκφυλίζεται απλά στην σύμπτωση γνωμών μεταξύ κάποιων ανθρώπων, δηλαδή μια εσωτερικιστική αντίληψη της αντικειμενικότητας. Τουναντίον στην πιο απλοϊκή της μορφή αυτή εκφράζεται μέσα από την ανεξαρτησία της από οποιονδήποτε νου, μια εξωτερικιστική αντίληψη της αντικειμενικότητας. Φαίνεται ωστόσο ότι ο Dummett προσπαθεί μέσω μιας μεθοδολογικής προσέγγισης να αποδυναμώσει τον πιθανό δημαγωγικό χαρακτήρα του απλοϊκού διυποκειμενισμού και θέτει ως αντικειμενική βάση ένα σύνολο συνθηκών, που η καθεμιά τους χωριστά μεν δεν είναι επαρκής, αλλά όλες μαζί συγκροτούν την αναγκαία αιτία για την αλήθεια ενός ισχυρισμού. Συγκεκριμένα αναφέρει:

> «Ο ρεαλιστής και ο αντιρεαλιστής ίσως να συμφωνούν ότι είναι ένα αντικειμενικό ζήτημα, στην περίπτωση οποιασδήποτε δήλωσης της υπό εξέταση κλάσης, τα κριτήρια που χρησιμοποιούμε για να κρίνουμε αληθή μια τέτοια δήλωση εάν ικανοποιούνται: η διαφορά μεταξύ αυτών έγκειται στο γεγονός ότι, για τον αντιρεαλιστή, η αλήθεια μιας δήλωσης μπορεί μόνο να συνίσταται στην ικανοποίηση αυτών των κριτηρίων, ενώ για τον ρεαλιστή, η δήλωση μπορεί να είναι αληθής ακόμα και αν εμείς δεν έχουμε μέσα για να την αναγνωρίσουμε ως αληθή» (Dummett 1978, σ. 147)

Ποια είναι όμως η φύση αυτών των κριτηρίων; Όπως φαίνεται στο παρακάτω απόσπασμα ο Dummett θεωρεί ότι η λογική μορφή παράγει αντικειμενικότητα, δηλαδή ότι η αντικειμενική αντίληψη του νοήματος μιας πρότασης παράγεται μέσα από την ανάλυση των λογικών σχέσεων μεταξύ της έννοιας και του αντικειμένου.

> «Οι Προτάσεις δεν είναι αντικείμενα που ανακαλύπτονται σε μια εξωτερική πραγματικότητα, είτε υλικά είτε άϋλα· είναι οντότητες που έχουν αντληθεί από την πρακτική της χρήσης της γλώσσας στην οποία όλοι οι άνθρωποι απασχολούμαστε. Η φράση «έχουν αντληθεί» δεν αναφέρεται στις νοητικές διεργασίες της αφαίρεσης οι οποίες παραβλέπουν τα χαρακτηριστικά των συνεκτικών αντικειμένων...είναι όντως μια διαδικασία σχηματισμού εννοιών, αλλά μια λογική παρά μια νοητική διαδικασία...Μιας και τα γεγονότα είναι αληθείς Προτάσεις, ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζονται ή

διακρίνονται οι Προτάσεις που εκφράζονται από διαφορετικά εκφωνήματα έχει σχέση με τον χαρακτήρα των γεγονότων που αυτές δηλώνουν όταν αυτές είναι αληθείς.» (Dummett 2006, σ. 11)

Η παραπάνω αντίληψη ως προς την λογική βάση της αντικειμενικότητας φαίνεται να έχει διαμορφωθεί από τον Frege, όπως αυτή περιγράφεται από τον Dummett στο βιβλίο του «Frege Philosophy of Language» (1973, σ. 630, 631, 680). Μια άποψη που διαμόρφωσε το σύνολο της αναλυτικής φιλοσοφίας και των επηρεασμένων από αυτήν φιλοσοφικών ρευμάτων. Όπως το έθεσε ο Hans Hahn[82]:

«Η λογική με κανένα μέσο δεν μεταχειρίζεται την ολότητα των πραγμάτων, δεν μεταχειρίζεται αντικείμενα καθόλου παρά μόνο τον τρόπο με τον οποίο μιλάμε για τα αντικείμενα· η λογική παράγεται πρωτίστως από την γλώσσα. Η βεβαιότητα και η καθολική ισχύς, ή καλύτερα, η μη διαψευσιμότητα μιας Πρότασης της λογικής απορρέει απλά από το γεγονός ότι αυτή δεν λέει τίποτα σχετικά με αντικείμενα οποιουδήποτε είδους.» (Hans Hahn 1959, σ. 152)

Ωστόσο στην διάρκεια του 20ού αιώνα η θέση της λογικής φαίνεται να αναθεωρείται. Άπαξ και ανακαλύφτηκε ότι υπάρχει η δυνατότητα εναλλακτικών συστημάτων λογικής καθένα από τα οποία μπορεί να αναπτύξει την δικιά του οντολογία και μεταφυσική, φάνηκε ότι η πρωτοκαθεδρία της κλασικής λογικής δεν είναι βάσιμη. Αν και η χρήση της κλασικής λογικής σε πολλές περιπτώσεις είναι η πιο αξιόπιστη επιλογή, η δυνατότητα ωστόσο εναλλακτικών είχε ως αποτέλεσμα να φαντάζει αβάσιμη η άποψη ότι η λογική αποτελεί το ουδέτερο υπόβαθρο πάνω στο οποίο όλοι οι άνθρωποι θα συμφωνήσουν να διατυπώσουν τις οποιεσδήποτε θέσεις τους. Επίσης δεν μπορούμε να αγνοήσουμε το γεγονός ότι όλοι μας είμαστε ως ένα βαθμό δεκτικοί ως προς κάποιες πτυχές της εξωτερικιστικής αντίληψης της αντικειμενικότητας μέσα από την καθημερινή εμπειρία. Η απουσία οντολογίας από την άποψη του Dummett για την αντικειμενικότητα θεωρώ ότι είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα και ως εκ τούτου η άποψη ότι η βάση για την αντικειμενικότητα μπορεί να είναι αποκλειστικά λογική φαντάζει ιδεαλιστική και θυμίζει τον υποκειμενικό ιδεαλισμό του Berkeley.

Τι όμως θα μπορούσε να αποτελέσει την αμερόληπτη βάση πάνω στην οποία θα μπορούσε να οικοδομηθεί η αντικειμενικότητα; Υπάρχει η άποψη ότι αυτό που μπορεί να μεταδοθεί μεταξύ συνομιλητών είναι η δομή μιας εμπειρίας και όχι το περιεχόμενο, μια άποψη που μπορεί να συναντήσει κανείς σε αρκετούς φιλοσόφους (Stace 1935, σ. 433, 443· Elaine Landry 2001, σ. 86). Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι προκειμένου να εμπλακούν σε μια λογική συζήτηση δύο συνομιλητές αρκεί να μετέχουν ενός κοινού συστήματος κανόνων λογικά δομημένου εντός του οποίου να είναι εφικτή η μετάδοση της δομής. Γιατί θα μπορούσε κάλλιστα οι συνομιλητές να υιοθετούν διαφορετικούς κανόνες ως προς την προσωπική τους σημασιολογία. Τι θα μπορούσε να περιγράψει την διαπροσωπική επικοινωνία μεταξύ δύο ατόμων πέραν

82 Ο μαθηματικός και φιλόσοφος Hans Hahn (1879 – 1934) ήταν συνδημιουργός του μανιφέστου του κύκλου της Βιέννης.

της λογικής και της απλοϊκής αφαιρετικής αντίληψης της στοιχειώδους δομής των εννοιών. Τα εννοιολογικά εργαλεία που μπορούν να αναβαθμίσουν τον τρόπο κατανόησης μας σε σχέση με την θεωρία νοήματος της γλώσσας, μπορούν συνήθως να γίνουν αντιληπτά μέσω έρευνας σε επικαλυπτόμενες περιοχές διαφορετικών επιστημονικών πεδίων. Μια θεωρία που δεν αναζητά απόλυτες και έσχατες κατασκευές είναι η **θεωρία κατηγοριών**. Η θεωρία κατηγοριών είναι ένας πολύ γενικός φορμαλισμός που αποτελείται από **αντικείμενα** (objects) και **μορφισμούς** (morphisms) τα οποία αναπαριστούν πράγματα και τους τρόπους μετάβασης μεταξύ αυτών. Στην φυσική, τα αντικείμενα είναι συχνά φυσικά συστήματα, και οι μορφισμοί είναι διαδικασίες που μετατρέπουν την κατάσταση ενός φυσικού συστήματος σε μια κατάσταση ενός άλλου συστήματος. Συγκεκριμένα στην κβαντική φυσική τον ρόλο των αντικειμένων διαδραματίζουν οι χώροι Hilbert και συγκεκριμένα τα λογικά πλέγματα προτασιακών συστημάτων που προκύπτουν από αφαιρετικές προσπάθειες αυτών, ενώ το ρόλο των μορφισμών οι αλγεβρικοί ομομορφισμοί (Karakostas and Zafiris 2015). Στον χώρο της λογικής τον ρόλο των αντικειμένων αποτελούν οι προτάσεις ενώ οι μορφισμοί αναπαριστούν τις αποδείξεις. Όπου ως απόδειξη νοείται η διαδικασία μετάβασης από την μία πρόταση (υπόθεση) στην άλλη πρόταση (συμπέρασμα). Ακόμα και στον χώρο της πληροφορικής η κατηγορική θεώρηση έχει ως συνέπεια τα δεδομένα να εκλαμβάνονται ως αντικείμενα και τα προγράμματα ως μορφισμοί.

Αν και κάθε μορφισμός για να υλοποιηθεί χρειάζεται να προσδιορισθεί το αντικείμενο-εκκίνησης και το αντικείμενο-στόχος, ωστόσο αυτά τα αντικείμενα δεν χαρακτηρίζουν τον μορφισμό γιατί θα μπορούσαν πολλοί μορφισμοί να έχουν το ίδιο αντικείμενο-εκκίνησης και το ίδιο αντικείμενο-στόχο. Κάθε αντικείμενο είναι εφοδιασμένο με ένα ταυτοτικό μορφισμό του οποίου η εκκίνηση και ο στόχος είναι το ίδιο το αντικείμενο. Οι μορφισμοί μπορεί να είναι προιόν σύνθεσης άλλων, η σύνθεση των οποίων να είναι προσεταιριστική. Φαίνεται λοιπόν ότι η κατηγορική θεωρία έχει μια αρκετά απλή μαθηματική δομή. Όμως τι παραπάνω θα μπορούσε να μας πει σε σχέση με την λογική θεώρηση;

Η λογική θεώρηση της έννοιας της μορφής συνίσταται σε μια σχέση ισοδυναμίας μεταξύ όλων εκείνων των αντικειμένων που έχουν την ίδια μορφή. Μέσω όμως της κατηγορικής θεώρησης η έννοια της μορφής – εκτός της προηγούμενης σχέσης ισοδυναμίας – φέρει επιπλέον και μια αντίστοιχη έννοια μετασχηματισμού μεταξύ των αντικειμένων της. Η αξία αυτής της θεωρητικής προσέγγισης έγκειται στην δυναμική φύση αυτού του φορμαλισμού όπως αυτή αναδύεται μέσα από την χρήση μορφισμών (μετασχηματισμών), έναντι μιας στατικής προσέγγισης που προβάλλεται από την υιοθέτηση μιας λογικής σχέσης ισοδυναμίας. Έτσι αυτό που μπορεί να καταστήσει εφικτή μια λογική συζήτηση μεταξύ διαφορετικών ανθρώπων είναι ένα κατάλληλα λειτουργικό δίκτυο μεταφράσεων (μορφισμών-μετασχηματισμών) - όχι απαραίτητα ισόμορφων - μεταξύ των συνομιλητών. Η κατηγορική θεώρηση θα προσπαθήσει να διαχειριστεί αυτές τις μεταφράσεις διατηρώντας τις αληθοτιμές. Δεν αναμένεται βέβαια να δώσει απόλυτες απαντήσεις μιας και οι απαντήσεις αυτές έχουν πλαισιακή εξάρτηση.

Έχουν γίνει προσπάθειες για να διατυπωθούν γλωσσικά κατηγορικά μοντέλα (Semin and Fiedler, 1988), όπως και για να περιγραφεί η σχέση ανάμεσα στην ιντουσιονιστική πρακτική και την θεωρία κατηγοριών (Longo 2003). Το ενδιαφέρον της κατηγορικής προσέγγισης οφείλεται στο γεγονός ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πλήθος επιστημονικών πεδίων. Μπορεί να διερευνήσει τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών ειδών, να δώσει γενικότερους ορισμούς με το να δρα αφαιρετικά επί μη αναγκαίων λεπτομερειών, να εστιάσει στο πώς τα πράγματα συμπεριφέρονται και όχι στο ποιες είναι οι εσωτερικές περιγραφές τους κ.ά. Βέβαια εδώ δεν έχω παρουσιάσει αναλυτικά την έννοια των κατηγοριών και αυτό γιατί θα μας αποπροσανατόλιζε από τον βασικό στόχο να ασκήσουμε κριτική στην σημασιολογική θεωρία του Dummett. Ωστόσο έχω περιγράψει αρκετά ώστε να αποτελέσει έναυσμα για περισσότερη έρευνα.

Πέραν όμως του πώς παγιώνεται η αντικειμενικότητα μεταξύ των συνομιλητών της φυσικής γλώσσας, θα πρέπει επίσης να παρουσιάσουμε το πώς επιβάλλεται αυτή από την εξωτερική πραγματικότητα. Η συνιστώσα αυτή θα γίνει αντιληπτή μέσα από την επισκόπηση της έννοιας της δυνητικότητας.

3.5 Κριτική

Ο Dummett αφού έχει μεταφέρει την αντιπαράθεση ρεαλισμός-αντιρεαλισμός στο σημασιολογικό επίπεδο (σημασιολογικός ρεαλισμός), όπου και η θέση του ρεαλισμού και του αντιρεαλισμού έχει εκφραστεί με σημασιολογικούς όρους και έχουν ταυτοποιηθεί, θέτει δύο προκλήσεις και στις δύο θέσεις. Καλούνται προκλήσεις, γιατί δεν προτίθενται να αποτελέσουν πειστικές ενστάσεις για την απόρριψη ή αποδοχή του σημασιολογικού ρεαλισμού ή του αντιρεαλισμού. Το πώς όμως θα ανταποκριθούν σε αυτές θα καθορίσει ίσως την στάση μας απέναντι στο ποια φαίνεται, τελικά, να είναι και η πιο ζώσα. Ωστόσο πριν παρουσιάσω τις δύο προκλήσεις που θέτει ο Dummett, θα περιγράψω την έννοια της δυνητικότητας και αυτό γιατί θα αποτελέσει το βασικό κορμό της κριτικής μου ως προς την σημασιολογική θεωρία του Dummett.

3.5.1 Έχοντας κατά νου την έννοια της δυνητικότητας

«Έτι όσα μέν φύσει ημίν παραγίνεται, τάς **δυνάμεις** τούτων πρότερον κομιζόμεθα, ύστερον δέ τάς **ενεργείας** αποδίδομεν.» (Αριστοτέλης, Ηθικά Νικομάχεια, βιβλίο 2, 1103α). Η αριστοτελική κατηγορία του «δυνάμει» δεν αποτελεί έναν αδρανή φιλοσοφικό όρο που απλά προσεγγίζουμε ιστορικά όταν μας ζητηθεί. Τουναντίον είναι υπεύθυνος για την εισαγωγή της έννοιας της «**δυνητικότητας**» στην επιστημονική σκέψη και πρακτική. Η εισαγωγή αυτή όμως δεν έχει απλώς μια φιλολογική εφαρμογή των δυνατοτήτων που μπορεί να έχει μια επιστημονική πρακτική σε βάθος χρόνου. Αντίθετα χαρακτηρίζει θεμελιωδώς την οντολογική διάσταση διάφορων επιστημονικών θεωρίων. Όπως την περιγράφει ο Καρακώστας

(2005):

> «Η σημασία της δυνητικότητας συνίσταται στο ότι ό,τι αποτυπώνεται ως ενεργεία πραγματικό θα μπορούσε να μην ήταν 'πραγματικό' και ό,τι δεν είναι 'πραγματικό' (δηλαδή είναι απομονωμένο στην περιοχή της δυνατότητας) θα μπορούσε να ήταν 'πραγματικό' στην παρουσία κατάλληλων συνθηκών.» (Καρακώστας 2005, σ. 14)

Η κβαντική θεωρία έχει αποτελέσει το βασικό κίνητρο για την αποδοχή από μέρους μου της έννοιας της δυνητικότητας ως καθοριστικό στοιχείο για την περιγραφή της πραγματικότητας. Μια απλή παρουσίαση της αξίας της δυνητικότητας στην περιγραφή της πραγματικότητας μπορεί να αποτελέσει το πείραμα των δύο σχισμών. Στο συγκεκριμένο πείραμα η συνεισφορά και των δύο δυνητικοτήτων - ως προς το από ποια σχισμή μπορεί να περάσει το ηλεκτρόνιο – μέσα από τον κβαντομηχανικό φορμαλισμό είναι καθοριστική για την τελική θέση πρόσπτωσης του ηλεκτρονίου όσο δεν έχουμε παρέμβαση οποιουδήποτε παρατηρητή. Αυτό στην επιστημονική ορολογία διατυπώνεται ως το ηλεκτρόνιο να βρίσκεται σε μια υπέρθεση των δύο δυνητικοτήτων η οποία καθορίζει κατά τρόπο ουσιαστικό και αντικειμενικό την τελική θέση πρόσπτωσης του ηλεκτρονίου, ως να είναι προϊόν συμβολής και των δύο δυνητικοτήτων. Παρουσία παρατηρητή όμως η συνύπαρξη αυτών των δυνητικοτήτων καταρρέει στην πραγμάτωση μίας εξ αυτών με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται η τελική θέση πρόσπτωσης έναντι της προηγούμενης. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά των κβαντικών αντικειμένων παρουσιάζεται από τον Καρακώστα (Karakostas, 2012) ως εξής:

> «...ένα κβαντικό αντικείμενο δεν είναι μια ατομική οντότητα που κατέχει καλώς ορισμένες εγγενείς ιδιότητες ανά πάσα στιγμή ακόμα και πέρα από μετρητικές αλληλεπιδράσεις, ούτε είναι μια καλώς εντοπισμένη οντότητα στον χώρο και στον χρόνο που διατηρεί ντετερμινιστικές αιτιώδεις σχέσεις με τις προηγούμενες και τις επακόλουθες καταστάσεις του, επιτρέποντας το, έτσι, να διαγράφει καθορισμένες τροχιές. Στην πραγματικότητα, ένα κβαντικό αντικείμενο υπάρχει, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε λειτουργική διαδικασία, μόνο υπό την έννοια της «δυνητικότητας», δηλαδή, ως χαρακτηρισμένο από ένα σύνολο ενδεχομενικών δυνατών τιμών για τις διάφορες φυσικές ποσότητες οι οποίες πραγματώνονται όταν το αντικείμενο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του ή ένα σχετικό πειραματικό πλαίσιο.» (Karakostas 2012, σ. 13)

Είναι λοιπόν πειραματικά επικυρωμένο ότι η έννοια της δυνητικότητας παίζει καθοριστικό ρόλο στην συμπεριφορά που επιδεικνύει ο μικρόκοσμος. Άρα θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι αυτό το γεγονός πρέπει να παίζει κάποιο ρόλο στο νόημα των προτάσεων που αφορούν το μικρόκοσμο. Όμως ποια θα μπορούσε να ήταν η σχέση της έννοιας της δυνητικότητας με το νόημα των προτάσεων μιας γλώσσας που αφορούν την καθημερινή μας εμπειρία στο μακροσκοπικό επίπεδο;

Την δυσκολία υιοθέτησης της αρχής της υπέρθεσης των δυνητικοτήτων στο μακροσκοπικό επίπεδο προσπάθησε να περιγράψει ο Schrödinger στο περίφημο νοητικό πείραμα του το 1935. Σε αυτό περιέγραψε ένα κλειστό κουτί μέσα στο οποίο τοποθετήθηκε μια γάτα και μια μικρή ποσότητα ραδιενεργού υλικού. Η διάσπαση της

ραδιενεργού ουσίας μπορούσε να γίνει αντιληπτή από έναν μετρητή Geiger, ο οποίος σε περίπτωση διάσπασης της ραδιενεργού ουσίας έθετε σε λειτουργία έναν κατάλληλο μηχανισμό διαφυγής δηλητηριώδους αερίου, έχοντας ως τελικό αποτέλεσμα την θανάτωση της γάτας. Ο χρόνος ημιζωής της ραδιενεργού ουσίας θεωρείται τέτοιος ώστε η πιθανότητα να διασπασθεί τουλάχιστον ένα άτομο σε χρονικό διάστημα μίας ώρας να είναι 0.5. Έχοντας ως προκείμενη την αρχή της υπέρθεσης στο υποατομικό επίπεδο - δηλαδή της συνύπαρξης δυνητικοτήτων ως στατιστικό ρυθμιστικό παράγοντα στα πειραματικά αποτελέσματα – προσπάθησε να την εφαρμόσει και στο μακροσκοπικό επίπεδο που περιγράφεται στο νοητικό του πείραμα. Αυτό έχει ως συνέπεια στο τέλος της μίας ώρας η γάτα μέσα στο κλειστό κουτί – απουσία παρατηρητή - να θεωρηθεί ότι βρίσκεται σε μια υπέρθεση δύο δυνητικοτήτων, της ζωής και του θανάτου. Προφανώς η έννοια της νεκροζώντανης γάτας αποτελεί μια μακάβρια αντίφαση, ως εκ τούτου το παράδοξο.

Προσπάθειες για να απαντηθεί το παράδοξο έχουν υπάρξει πολλές. Η συνηθέστερη είναι να εκλάβουμε την κατάσταση της γάτας μέσα στο κλειστό κουτί ως μια μικτή κατάσταση, δηλαδή ένα στατιστικό μίγμα καταστάσεων. Τότε αυτή η κατάσταση θα αναπαριστά την κατάσταση της γνώση μας και όχι την κατάσταση της ίδιας της γάτας. Θα πρέπει όμως να εξηγηθεί πώς έγινε η αναγωγή της κατάστασης της γάτας σε μια από τις συνιστώσες καταστάσεις του μίγματος. Οι S. Rinner και E. Werner (2008) δίνουν μια αρκετά εύληπτη απάντηση περιγράφοντας μέσω του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής γιατί συμβαίνει αυτό. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι για να δημιουργήσει κάποιος μακροσκοπικές καταστάσεις υπέρθεσης χρειάζεται να συζεύξει μακροσκοπικά αντικείμενα με μικροσκοπικά συστήματα (ικανά για υπέρθεση) έτσι ώστε η κατάσταση του συζευγμένου συστήματος μέσω γραμμικής εξέλιξης να μετασχηματιστεί στην υπερτιθέμενη κατάσταση του συστήματος όπως αυτή παρουσιάζεται στο νοητικό πείραμα του Schrödinger. Το επόμενο πολύ σημαντικό βήμα στην προετοιμασία της πειραματικής διαδικασίας για να πετύχει κάποιος μακροσκοπικές υπερθέσεις είναι η εξάλειψη της Welcher-Weg (ποιο - μονοπάτι) πληροφορίας η οποία οδηγεί το σύστημα σε μια τέτοια κατάσταση όπου μια μέτρηση στο μικροσκοπικό σύστημα αφήνει το μακροσκοπικό σύστημα σε υπέρθεση. Ωστόσο αυτό το τελευταίο πολύ σημαντικό βήμα λείπει από την αρχική προσέγγιση του Schrödinger. Το βασικό τους συμπέρασμα είναι ότι «η υπογραφή μιας συνεκτικής υπέρθεσης είναι το φαινόμενο της συμβολής σε μια κατάλληλη μετρήσιμη ποσότητα» (Rinner and Werner 2008, σ. 181). Ως εκ τούτου, η συμβολή απαιτεί το σύστημα να έχει την δυνατότητα να ακολουθήσει δύο ή περισσότερα μονοπάτια προκειμένου να φτάσει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική κατάσταση. Στο παράδοξο με την γάτα αυτά τα δύο ή περισσότερα μονοπάτια που να οδηγούν στην ίδια τελική κατάσταση λείπουν. Προσωπικά δεν μπορώ να φανταστώ στην καθημερινότητα μου πώς θα μπορούσαν να υπάρξουν όλες αυτές οι κατάλληλες συνθήκες – που υποδεικνύονται από τον φορμαλισμό της κβαντικής μηχανικής - προκειμένου να έρθω αντιμέτωπος με μια τέτοια μακροσκοπική κατάσταση σε υπέρθεση. Συνεπώς θα θεωρήσω ότι οι μακροσκοπικές καταστάσεις της καθημερινότητας μου παρουσιάζονται ως μικτές

καταστάσεις, δηλαδή στατιστικά μίγματα καταστάσεων, μίγματα επιστημικών δυνητικοτήτων με τα οποία η πραγματικότητα έρχεται σε επαφή μαζί μου πριν πραγματώσω κάποια από αυτές μέσα σε ένα κατάλληλο πλαίσιο αναφοράς. Ωστόσο ακόμα και αν έρθω σε επαφή με μια υπέρθεση δυνητικοτήτων (αν παραστώ στις ανωτέρω ευνοικές συνθήκες) ο κατασκευαστικός τρόπος αντίληψης της συνείδησης μου όπως θα δούμε παρακάτω θα οδηγήσει στην κατάρρευση αυτής της υπέρθεσης σε μια πραγματωμένη δυνητικότητα. Σε κάθε περίπτωση η πραγματικότητα θα μου προσφέρει ένα σύνολο δυνητικοτήτων, είτε ως σύνολο επιστημικών δυνητικοτήτων, είτε ως σύνολο δυνητικοτήτων σε υπέρθεση το οποίο μπορεί και αυτό να μετασχηματιστεί σε ένα στατιστικό σύνολο επιστημικών δυνητικοτήτων (μικτή κατάσταση).

Η έννοια της δυνητικότητας φαίνεται ότι δεν συνεισφέρει μόνο στην περιγραφή της συμπεριφοράς της πραγματικότητας. Φαίνεται ότι συνεισφέρει και στην περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες στο πεδίο της γνωστικής επιστήμης καθιερώνονται απόψεις του είδους «...η δυνητικότητα κυβερνά την εμπειρία» (Declerck and Gapenne 2009, σ. 290). Αυτό δεν φαίνεται παράξενο μιας και στην καθημερινότητα μας ακόμα και στο άκουσμα της αξίας ενός αντικειμένου ή ενός ανθρώπου κάνουμε συνειρμούς ως προς το τι είναι ικανό αυτό το αντικείμενο να πραγματώσει, την αξιοποίηση των δυνητικοτήτων του. Μια επίσης ενδιαφέρουσα τοποθέτηση που αποπειράται να κάνει μια άμεση συσχέτιση των δυνητικών συστημάτων της ανθρώπινης συνείδησης με τις χαρακτηριστικές αρχές της κβαντικής θεωρίας (μη τοπικότητα, συζευξιμότητα, συμβολή και αρχή απροσδιοριστίας του Heisenberg) είναι αυτή του F. K. Jansen (2008). Μέσω αρκετά γλαφυρών παραδειγμάτων περιγράφεται ο μερικός ισομορφισμός μεταξύ της κβαντική θεωρίας και του τρόπου που λειτουργεί η συνείδηση. Ωστόσο θεωρώ ότι υπεραπλουστεύει την αρχή της υπέρθεσης μιας και την εξισώνει με την ταυτόχρονη συνειδητοποίηση των επιστημικών δυνητικοτήτων που μπορεί να έχει κάποιος σε μια συγκεκριμένη περίπτωση. Παρ' όλα αυτά αν θελήσουμε να μην είμαστε αρκετά αυστηροί, οι συσχετίσεις μεταξύ των αρχών της κβαντικής θεωρίας και του τρόπου λειτουργίας της συνείδησης είναι αρκετά ενδιαφέρουσες.

Όμως και στον Dummett βρίσκουμε αναφορές ενός πρωτογενούς επιπέδου σκέψης (proto - thoughts) (Dummett 1993β, σ. 124) που περιλαμβάνει μη γλωσσικές ικανότητες έμφυτες στον άνθρωπο και στα ζώα και το οποίο όντας δυναμικό είναι υπεύθυνο για την αντίληψη των δυνατοτήτων (posibilities) και των πιθανοτήτων της κίνησης. Ωστόσο κατά τον Dummett αυτό το πρωτογενές επίπεδο σκέψης αφορά μόνο την χωρική αντίληψη της θέσης και του τρισδιάστατου σχήματος των υλικών αντικειμένων καθώς και μερικών γενικών ιδιοτήτων τους. Δεν βρίσκω όμως για ποιο λόγο δεν θα μπορούσε ένας άνθρωπος να αντιληφθεί και να κατανοήσει επίσης μια δυνητικότητα νοημάτων (ένα πεδίο νοηματικών δυνητικοτήτων) που αναδύεται μέσα από την εκτός πλαισίου ερμηνεία μιας συγκεκριμένης γλωσσικής πρότασης.

Η πρόθεση μας όμως δεν είναι να αντιληφθούμε μια δυνητικότητα νοημάτων ως μια ψυχολογική διεργασία που κινητοποιεί τις πράξεις μας. Διαφορετικά μια θεωρία νοήματος που θα υιοθετούσε μια τέτοια έννοια δεν θα απέφευγε την

υποκειμενικότητα. Μιας και πολλές φορές η δυνητικότητα την οποία σκέφτομαι δεν είναι η δυνητικότητα με την οποία πραγματικά είμαι συζευγμένος και την οποία μπορώ να βιώσω υπό προϋποθέσεις. Παρά την στρέβλωση που μπορεί να προκαλέσει η ανθρώπινη αντίληψη στο πεδίο των δυνητικοτήτων με το οποίο ο καθένας μας είναι συζευγμένος, πρέπει να παραδεχτούμε ότι η στρέβλωση του καθενός μας - ως προς το περιεχόμενο αυτών των δυνητικοτήτων - διατηρεί τουλάχιστον την δομή της προσέγγισης με την οποία αντιλαμβανόμαστε την πραγματικότητα. Και φαίνεται ότι σε όλους μας η δομή αυτή χαρακτηρίζεται ως ένα πεδίο συνύπαρξης δυνητικοτήτων. Τώρα το αν το περιεχόμενο της δομής της ανθρώπινης αντίληψης διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο είναι κάτι που δεν μας αφορά στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η προσπάθεια βελτίωσης της στρέβλωσης μέσω διυποκειμενικών τεχνικών (επιλογή πλαισίου, κατηγορική συσχέτιση του νοήματος μεταξύ των συνομιλητών κ.τ.λ.) θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα. Αυτό που μας αφορά είναι ότι η ανθρώπινη αντίληψη παρουσιάζεται να εξαρτάται από δομές ισόμορφες με πεδία δυνητικοτήτων τα οποία δεν εξαρτώνται από τον άνθρωπο αλλά επιβάλλονται από μια εξωτερική πραγματικότητα.

Η επιλογή του κατάλληλου πλαισίου αναφοράς θα παράσχει την δυνατότητα στον άνθρωπο να αξιοποιήσει τις επιστημικές δυνητικότητες με τις οποίες τον έχει συζεύξει η εξωτερική πραγματικότητα και έτσι να αντιληφθεί την πραγματωμένη δυνητικότητα και κατ' επέκταση το νόημα των προτάσεων που την περιγράφουν. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο θα μπορέσει τελικά το νόημα να γίνει αντικειμενικά αποδεκτό. Για να συμβεί όμως αυτό, υιοθετώντας την άποψη του Dummett, θα πρέπει αυτή η πραγματωμένη επιστημική δυνητικότητα να αντιστοιχεί σε μια αναγνωρίσιμη ικανότητα μέσω της οποίας θα περιγράψουμε τις συνθήκες που καθιστούν αληθείς τις προτάσεις που περιγράφουν αυτήν την δυνητικότητα. Το λάθος του Dummett κατά την άποψη μου είναι ότι φαίνεται να αγνοεί ότι για να κατασκευάσεις κάτι χρειάζεσαι μια πρώτη ύλη. Δεν μπορεί το νόημα των προτάσεων που αφορούν την πραγματικότητα να είναι αμιγώς διανοητικό προϊόν που μπορεί να επικοινωνικοποιηθεί μέσω αναγνωρίσιμων ικανοτήτων. Η πρώτη ύλη είναι οι επιστημικές δυνητικότητες που σου παρέχει η ανεξάρτητη προς εσένα πραγματικότητα με την οποία είσαι συζευγμένος. Έτσι θα μπορούσα να πω ότι είμαι υπέρ μιας **δυναμικής επαληθευσιοκρατίας**. Δυναμικής για να δώσω έμφαση στην αλληλεπίδραση μεταξύ ενόρασης (intuition) και εξωτερικής ως προς εμάς πραγματικότητας.

Η παράθεση των αποτελεσμάτων από έρευνες στο πεδίο της γνωστικής επιστήμης έγινε ώστε να φανεί η πολύπλευρη εφαρμογή της έννοιας της δυνητικότητας στο σύνολο της ανθρώπινης δραστηριότητας και όχι μόνο στην ερμηνεία των μικροφυσικών φαινομένων. Το ισχυρό όμως κίνητρο για την υιοθέτηση της ως ερμηνευτικό εργαλείο του νοήματος της πραγματικότητας παραμένει η πειραματική επιβεβαίωση της μέσα από την πρακτική της κβαντικής μηχανικής ανεξάρτητα από οποιαδήποτε υποκειμενική θεώρηση. Οι επιστημονικές ενδείξεις από τον χώρο της γνωστικής επιστήμης ενισχύουν την γενίκευση της στο σύνολο των προτάσεων της καθημερινότητας. Έχοντας λοιπόν κατά νου την έννοια της

δυνητικότητας, ας προσπαθήσουμε να αντιμετωπίσουμε τις σημασιολογικές προκλήσεις του Dummett.

3.5.2 Απαντώντας στην πρόκληση της «απόκτησης»

> «Αυτό είναι ακριβώς εκείνο το οποίο ο αντίπαλος του ρεαλιστικού μοντέλου νοήματος βρίσκει απίστευτο: δεν μπορεί να πιστέψει ότι, η σύλληψη μιας έννοιας της αλήθειας που υπερβαίνει τις ικανότητες μας για την αναγνώριση της, μπορεί να αποκτηθεί, και να επιδειχθεί, μόνο με την αποδοχή συγκεκριμένων μορφών συλλογισμών. Αντιθέτως συμπεραίνει, ότι αυτές οι μορφές συλλογισμών, αν και γενικώς αποδεκτές, είναι απατηλές.» (Dummett 1978, σ. 318)

Το συγκεκριμένο επιχείρημα - το επιχείρημα που προκύπτει από την απόκτηση της γλώσσας - οδηγεί κατευθείαν στην επαληθευσιοκρατία, το είδος που δημιούργησε ο Dummett. Αφορά το πώς εμείς αποκτούμε την κατανόηση του γλωσσικού νοήματος. Για τον Dummett, η σύλληψη του νοήματος μιας δήλωσης μπορεί να αποκτηθεί μέσω αναφοράς στις συνθήκες τις οποίες μπορεί ο ομιλητής να βιώσει. Για να κατανοήσει κάποιος το νόημα, θα πρέπει να μπορεί να συνδέσει το νόημα με τις εμπειρίες που μπορεί να έχει. Διαφορετικά δεν θα μπορούσε να μάθει πότε οι έννοιες με αυτό το νόημα εφαρμόζονται και πότε όχι. Έτσι φτάνουμε να κατανοούμε το νόημα, μαθαίνοντας να αναγνωρίζουμε τις συνθήκες υπό τις οποίες είναι κατάλληλο να εφαρμόζουμε την έννοια με το συγκεκριμένο νόημα. Μαθαίνουμε λοιπόν το νόημα, όταν μαθαίνουμε τους κανόνες του γλωσσικού παιχνιδιού που εμείς παίζουμε.

Η πρόκληση στον ρεαλιστή είναι να προσδιορίσει το πώς ένας ομιλητής μπορεί να αποκτήσει κατανόηση νοημάτων που καθορίζονται από μη επαληθεύσιμες συνθήκες αλήθειας, συνθήκες τις οποίες ο ομιλητής δεν είναι σε θέση να βιώσει. Πώς κάποιος αποκτά γνώση αυτών των συνθηκών - και ως εκ τούτου το νόημα της δήλωσης - όταν δεν μπορεί να αναγνωρίσει αυτές τις συνθήκες; Ας θυμηθούμε ότι η διαφωνία μεταξύ ρεαλιστή και αντιρεαλιστή δεν αφορά δηλώσεις που είναι αποτελεσματικά αποκρίσιμες (decidable), δηλαδή δηλώσεις των οποίων οι συνθήκες αλήθειας μπορούν εύκολα να ικανοποιηθούν μέσω της επαλήθευσης, π.χ., «το χιόνι είναι λευκό». Η διαφωνία αφορά προβληματικές προτάσεις, αυτές που δεν είναι αποτελεσματικά αποκρίσιμες, αλλά για τις οποίες ο ρεαλιστής ακόμα πιστεύει ότι έχουν καθορισμένες αληθοτιμές, π.χ., «Κάθε άρτιος αριθμός μεγαλύτερος του 2 είναι το άθροισμα δύο πρώτων» (Εικασία του Goldbach). Είναι προφανές, ότι η συγκεκριμένη πρόκληση αποτελεί πρόκληση μόνο για τον ρεαλιστή και όχι για τον αντιρεαλιστή, μιας και η θέση που αυτός έχει, δικαιολογεί το πώς απόκτησε την οποιαδήποτε γνώση περί της αλήθειας μιας πρότασης μέσω συνθηκών δικαιολόγησης και αναγνωρίσιμων ικανοτήτων. Οποιαδήποτε άλλη προσέγγιση θεωρείται άνευ νοήματος.

Ο ρεαλιστής διατηρεί την άποψη ότι το να κατανοήσουμε μια πρόταση συνίσταται στο να κατανοήσουμε τις συνθήκες αλήθειας, συνθήκες που υπερβαίνουν την εμπειρία μας. Αλλά πώς να αποκτήσουμε τέτοια κατανόηση, εάν ο μόνος τρόπος

για να αποκτήσουμε κατανόηση είναι με αναφορά στις συνθήκες που μπορούμε να βιώσουμε. Έτσι φαίνεται ότι δεν μπορούμε να αποκτήσουμε. Ο ρεαλιστής φαίνεται να αποτυγχάνει να εξηγήσει την απόκτηση της κατανόησης του. Ο αντιρεαλιστής τουναντίον με την θέση του, δεν έχει δυσκολία να την εξηγήσει. Σύμφωνα με τον αντιρεαλιστή του Dummett εφόσον όντως αποκτούμε την ικανότητα να κατανοούμε μερικές προβληματικές προτάσεις, φαίνεται ότι η κατανόηση δεν πρέπει αποκλειστικά να δηλωθεί ως η κατανόηση των συνθηκών-αλήθειας. Αυτό που καταλαβαίνουμε όταν εμείς κατανοούμε μια τέτοια πρόταση, είναι οι συνθήκες υπό τις οποίες η δήλωση είναι κατάλληλα ικανή να βεβαιωθεί σύμφωνα με τους κανόνες της γλωσσικής μας κοινότητας. Τέτοιες βεβαιωτικές συνθήκες πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες από τον ομιλητή. Όπως το τοποθετεί ο Dummett:

> «[Ο αντιρεαλιστής] υποστηρίζει ότι η διαδικασία με την οποία συλλαμβάνουμε την σημασία των δηλώσεων της υπό εξέταση κλάσης, και ακολούθως η χρήση αυτών των δηλώσεων, είναι τέτοιες έτσι ώστε να μην μπορούμε να αντλήσουμε από αυτές κάποια έννοια του τι θα μπορούσε να καθιστά μια δήλωση αληθή ανεξάρτητα από το είδος των πραγμάτων που έχουμε μάθει για να αναγνωρίζουμε ως καθιερωμένη την αλήθεια αυτών των προτάσεων.» (Dummett 1978, σ. 362)

Ως ένα παράδειγμα εφαρμογής των παραπάνω μπορούν να αποτελέσουν οι προτάσεις για το παρελθόν. Ας θεωρήσουμε μια πρόταση για το παρελθόν, π.χ. «Πέρσι το καλοκαίρι, ήμουν στην Σαντορίνη». Πώς εμείς καταφέρνουμε να κατανοήσουμε αυτήν την αορίστου χρόνου δήλωση; Μαθαίνουμε να χρησιμοποιούμε αορίστου χρόνου δηλώσεις με το «να μαθαίνουμε να αναγνωρίζουμε ορισμένες καταστάσεις ως δικαιολογητικά των ισχυρισμών συγκεκριμένων δηλώσεων που έχουν εκφραστεί μέσω αυτού του χρόνου» (Dummett 1978, σ. 363). Αυτές οι καταστάσεις περιλαμβάνουν εκείνες στις οποίες εμείς θυμόμαστε την εμφάνιση ορισμένων συμβάντων των οποίων υπήρξαμε μάρτυρες, έτσι εμείς αποκτούμε την ικανότητα να κάνουμε αορίστου χρόνου δηλώσεις όταν έχουμε εκπαιδευτεί να εκφράζουμε μνήμες κάνοντας αορίστου χρόνου δηλώσεις. Έτσι εμείς αποκτούμε γνώση των συνθηκών αλήθειας της δήλωσης «Πέρσι το καλοκαίρι, ήμουν στην Σαντορίνη», με το να αναγνωρίσουμε μια κατάσταση στην οποία η δήλωση αυτή είναι βεβαιώσιμη, μια κατάσταση στην οποία εμείς θυμόμαστε την εμφάνιση του συμβάντος ότι ήμασταν στην Σαντορίνη. Έτσι λοιπόν το επιχείρημα του αντιρεαλιστή για τις δηλώσεις του παρελθόντος είναι ότι:

> «δεν υπάρχει τρόπος με τον οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι έχουμε περάσει από μια σύλληψη εκείνου του είδους κατάστασης που δικαιώνει την βεβαίωση μιας δήλωσης σχετικής με το παρελθόν, σε μια αντίληψη του τι θα ήταν για μια δήλωση να είναι αληθής ανεξάρτητα από οποιαδήποτε τέτοια κατάσταση η οποία θα δικαιολογούσε την τωρινή της βεβαίωση». (Dummett 1978, σ. 363)[83]

83 Αν και σε νεότερα συγγράμματα του ο Dummett δεν συνηγορεί πλέον υπέρ μιας αποκλειστικά αντιρεαλιστικής στάσης σε σχέση με το παρελθόν. (Dummett 2004, σ. 70)

Είναι εμφανές ότι ο αντιρεαλιστής δεν κάνει καμία αναφορά σε μια εξωτερική πραγματικότητα αν δεν είναι άμεσα προσπελάσιμη από εμάς. Οτιδήποτε δεν είναι προσπελάσιμο από εμάς - μέσω επαληθευτικών μηχανισμών - στερείται νοήματος και επομένως οποιασδήποτε κατανόησης, μιας και για τον αντιρεαλιστή του Dummett η κατανόηση είναι ισοδύναμη του νοήματος.

Ωστόσο θεωρώ ότι ο ρεαλιστής μπορεί να απαντήσει επιτυχώς στην πρόκληση της «απόκτησης» του Dummett. Και αυτό, γιατί η βασική προκείμενη που υιοθετεί ο Dummett για να ταυτοποιήσει την θέση του ρεαλιστή και ακολούθως να θέσει την πρόκληση είναι υπερβολικά περιοριστική. Σύμφωνα με τον Dummett ο ρεαλιστής διατηρεί την άποψη ότι το να κατανοήσουμε μια πρόταση συνίσταται στο να κατανοήσουμε τις συνθήκες αλήθειας της, συνθήκες που πιθανόν υπερβαίνουν την εμπειρία μας. Όμως η υπερβατικότητα αυτών καθιστά αδύνατη την απόκτηση της κατανόησης του ρεαλιστή. Άρα θα πρέπει ο ρεαλιστής να αποποιηθεί της πίστης του σε μια μεταφυσική εξωτερική πραγματικότητα και να αναζητήσει τις ρίζες της κατανόησης του στις αντιρεαλιστικές τεχνικές των συνθηκών δικαιολόγησης. Όμως θεωρώ ότι ο Dummett δεν λαμβάνει υπόψιν του τον δυναμικό χαρακτήρα της πραγματικότητας με τον οποίο ερχόμαστε σε επαφή. Η εξωτερική πραγματικότητα - όπως έχουμε δει - έρχεται σε επαφή με εμάς μέσω ενός πεδίου δυνητικοτήτων (επιστημικών ή και οντικών). Επομένως ο ρεαλιστής είναι σε θέση να κατανοήσει μια πρόταση που οι συνθήκες αλήθειας της υπερβαίνουν την εμπειρία μας μέσω ενός πεδίου νοηματικών δυνητικοτήτων, η ταυτόχρονη συνειδητοποίηση των οποίων σηματοδοτεί την κατανόηση των πιθανών νοημάτων που είναι δυνατόν να αναδυθούν μέσα από την υπό εξέταση πρόταση. Το νόημα όμως της υπό εξέτασης πρότασης θα είναι προσδιορίσιμο μόνο εντός ενός πλαισίου. Αυτό είναι άμεση συνέπεια της πλαισιοκρατικής εξάρτησης του νοήματος στις σημασιολογικές θεωρίες νοήματος. Στην περίπτωση εφαρμογής του πλαισίου τότε ο ρεαλιστής θα μπορέσει να δράσει με τις τεχνικές του διυποκειμενισμού επί του πεδίου των νοηματικών δυνητικοτήτων προκειμένου να παραγάγει το νόημα και να το μεταδώσει στους συνομιλητές του. Όσο όμως δεν υπάρχει το κατάλληλο πλαίσιο για την παραγωγή του νοήματος της υπό εξέτασης πρότασης, η κατανόηση μας για την πρόταση θα παραμείνει στο πεδίο των νοηματικών δυνητικοτήτων που μας επιβάλλει η εξωτερική πραγματικότητα.

3.5.3 Απαντώντας στην πρόκληση της «εκδήλωσης»

Η επόμενη βασική πρόκληση του Dummett ως προς την ρεαλιστική θέση είναι η πρόκληση της **«εκδήλωσης» (manifestation)**. Η ανάγκη για «εκδήλωση», είναι απόρροια της απαίτησης της «μοριακότητας» του νοήματος και του δημόσιου χαρακτήρα του. Όπως την περιγράφει ο Dummett:

> «Συνεχίζω να πιστεύω ότι κάθε γνώση που αποδίδεται σε έναν ομιλητή ως συγκροτητική συνιστώσα της γνώσης του για την γλώσσα, πρέπει να εκδηλώνεται στην απασχόληση του

με αυτήν την γλώσσα, περιλαμβανομένων και των αντιδράσεων του ως προς πράγματα που ειπώθηκαν προς αυτόν από άλλους. Συνεχίζω να νομίζω, επιπλέον, ότι αυτός ο περιορισμός θέτει μια σοβαρή δυσκολία στους υποστηρικτές των θεωριών νοήματος που βασίζονται σε συνθήκες-αλήθειας.» (Dummett 1993α, σ. xii)

Όμως σε τι συνίσταται η εκδήλωση αυτής της γνώσης; Μιας και γνωρίζουμε τις ιντουσιονιστικές επιρροές του Dummett ως προς τον σχηματισμό της θεωρίας νοήματός του, η παράθεση των ακόλουθων σκέψεων του μερικά χρόνια πριν μας βοηθάει να απαντήσουμε σε αυτό το ερώτημα:

«**Το νόημα μιας τέτοιας δήλωσης** δεν μπορεί να είναι, ή να περιλαμβάνει ως συστατικό, οτιδήποτε που δεν εκδηλώνεται **στην χρήση** που αυτή κατέστησε, ευρισκόμενο αποκλειστικά μέσα στον νου του ατόμου που συλλαμβάνει αυτό το νόημα: εάν δύο άτομα συμφωνούν πλήρως ως προς την χρήση που καθίσταται από μια δήλωση, τότε αυτά συμφωνούν ως προς το νόημα της. Ο λόγος είναι ότι το νόημα μιας δήλωσης συνίσταται αποκλειστικά στον ρόλο της ως εργαλείο επικοινωνίας μεταξύ ατόμων, όπως οι αρμοδιότητες ενός πιονιού στο σκάκι συνίστανται αποκλειστικά στον ρόλο του εντός του παιχνιδιού σύμφωνα με τους κανόνες. Ένα άτομο δεν μπορεί να μεταδώσει [επικοινωνιακά] αυτό που δεν μπορεί να παρατηρηθεί ότι μεταδίδεται από αυτόν: Εάν ένα άτομο συνέδεσε με ένα μαθηματικό σύμβολο ή έκφραση κάποιο νοητικό περιεχόμενο, η οποία σύνδεση δεν έγκειται στην χρήση που αυτός κάνει με αυτό το σύμβολο ή έκφραση, τότε δεν θα μπορεί να μεταδώσει αυτό το περιεχόμενο μέσω του συμβόλου ή της έκφρασης, επειδή το ακροατήριο του θα αγνοούσε αυτήν την σύνδεση και δεν θα είχε τα μέσα να γίνει γνώστης αυτού.» (Dummett 1978, σ. 216)

Το ανωτέρω κείμενο αποσαφηνίζει το τι ακριβώς περιγράφουμε με τον όρο χρήση. Όμως τι είδους γνώση εκδηλώνεται μέσω της χρήσης;

«Η γνώση του νοήματος ενός συγκεκριμένου συμβόλου ή έκφρασης είναι συχνά **γνώση ικανή να εκφραστεί**, δηλαδή, γνώση που συνίσταται στην δυνατότητα να δηλώνει τους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους η έκφραση ή το σύμβολο χρησιμοποιείται... Αλλά το να υποθέτουμε ότι, γενικά, η γνώση του νοήματος συνίσταται σε γνώση ικανή να εκφραστεί, οδηγεί σε μια άπειρη παλινδρόμηση: Εάν η σύλληψη του νοήματος μιας έκφρασης συνίσταται, γενικά, στην ικανότητα να δηλώνει [εκθέτει] το νόημα, τότε θα ήταν αδύνατο για οποιονδήποτε να μάθει μια γλώσσα για την οποία δεν ήταν ήδη εφοδιασμένος με μια αρκούντως εκτενή γλώσσα. Ως εκ τούτου η γνώση η οποία, γενικά, συνιστά την κατανόηση της ... γλώσσας...πρέπει να είναι μια **υπονοούμενη (implicit) γνώση**. Η υπονοούμενη γνώση δεν μπορεί, όμως, ουσιαστικά να αποδοθεί σε κάποιον εκτός εάν είναι δυνατόν αυτός να πει στο τι συνίσταται η εκδήλωση αυτής της γνώσης: θα πρέπει να υπάρχει μια παρατηρήσιμη διαφορά μεταξύ της συμπεριφοράς ή τις ικανότητες κάποιου που θεωρείται ότι έχει αυτήν την γνώση και κάποιου που θεωρείται ότι στερείται αυτής. Ως εκ τούτου, συνάγεται, για μια ακόμη φορά, ότι η σύλληψη του νοήματος μιας...δήλωσης πρέπει, γενικά, να συνίσταται στην ικανότητα να χρησιμοποιεί κανείς την δήλωση με ένα συγκεκριμένο τρόπο.» (Dummett 1978, σ. 217)

Τι πρόβλημα θα μπορούσε να δημιουργήσει η αναγκαιότητα να εκδηλώνεται το νόημα μιας πρότασης μέσω χρήσης στην γλώσσα;

> «Είναι αρκετά ασαφές στο τι συνίσταται η γνώση της συνθήκης υπό την οποία μια δήλωση είναι αληθής, όταν αυτή η συνθήκη δεν είναι τέτοια ώστε να αναγνωρίζεται την στιγμή που αυτή επικρατεί [υπερβαίνουσα της επαλήθευσης]... Όταν η πρόταση...δεν είναι αποτελεσματικά αποκρίσιμη,...η συνθήκη που πρέπει, γενικά, να επικρατεί για να είναι αληθής, δεν είναι τέτοια ώστε να είμαστε ικανοί να αναγνωρίζουμε οποτεδήποτε αυτή επικρατεί. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε συμπεριφορά που επιδεικνύει μια ικανότητα αναγνώρισης της πρότασης ως αληθή σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες η συνθήκη για την αλήθεια της μπορεί να αναγνωρισθεί ως να συμβαίνει, θα υπολείπεται μιας πλήρους εκδήλωσης της γνώσης της συνθήκης αληθείας της....Η πλατωνική [ρεαλιστική] θεωρία νοήματος δεν μπορεί να είναι μια θεωρία στην οποία το νόημα είναι πλήρως καθορισμένο από την χρήση.» (Dummett 1978, σ. 224, 225)

Έτσι εδώ ο Dummett τοποθετεί τον ρεαλιστή στην δύσκολη θέση να εξηγήσει πώς θα ήταν δυνατόν να εκδηλώσει την κατανόηση που έχει για μία δήλωση της αμφισβητήσιμης κλάσης, εάν αυτές οι δηλώσεις έχουν ρεαλιστικές συνθήκες αλήθειας (που υπερβαίνουν την επαλήθευση). Και είναι προφανές - σύμφωνα με τον Dummett - ότι αποτυγχάνει να δώσει αυτήν την εξήγηση σε αντίθεση με τον αντιρεαλιστή. Αν και οι παραπάνω συλλογισμοί του Dummett αφορούσαν το πεδίο των μαθηματικών, ωστόσο σε μεταγενέστερη δήλωσή του φαίνεται ότι αυτή ακριβώς ήταν η επιχειρηματολογία του και για το πεδίο της φυσικής γλώσσας η οποία προσπαθεί να αναπαραστήσει την πραγματικότητα:

> «Αυτός ο τρόπος απόρριψης μιας ρεαλιστικής αντίληψης των μαθηματικών φάνηκε σε εμένα ως ένα πρότυπο για ένα βιώσιμο είδος αντι-ρεαλισμού για όλες τις άλλες περιπτώσεις. Οι παραδοσιακές αντιρεαλιστικές θεωρίες αποτυγχάνουν λόγω της αναγωγιστικής τους μορφής: αλλά ο ρεαλισμός (συμπεριλαμβανομένου του επιστημονικού ρεαλισμού) σημείωσε πολύ εύκολα μια νίκη, επειδή η αναγωγιστική θέση δεν ήταν ουσιώδης για να προκαλέσει τον ρεαλισμό. Αυτό που χρειαζόταν, επομένως, ήταν να προβούμε σε μια συγκριτική μελέτη, όχι των διαφωνιών τους περί των ιστορικών μορφών τους, αλλά των εκδοχών αυτών στις οποίες η αντιρεαλιστική οπτική ακολουθούσε το ιντουισιονιστικό πρότυπο στηριζόμενη, όχι σε μια αναγωγή της αμφισβητήσιμης κλάσης των δηλώσεων σε μια άλλη διαχωρισμένη κλάση, αλλά σε μια αντιρεαλιστική, δηλαδή, όχι τυπική αληθειακή, θεωρία νοήματος για αυτές.» (Dummett 1993α, σ. 470, 471)

Έχοντας έτσι διατυπώσει το πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμορφώθηκε η πρόκληση της «εκδήλωσης» του Dummett, γεννάται το ερώτημα του πώς θα μπορούσε να ανταπαντήσει ο ρεαλιστής στην συγκεκριμένη πρόκληση. Εδώ ο ρεαλιστής θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την συλλογιστική του Dummett. Μιας και η έννοια των μη αποκρίσιμων (undecidable) προτάσεων ήταν καθοριστική για την δημιουργία της σημασιολογικής θεωρίας του Dummett και είναι βασικά το μήλον της έριδος μεταξύ των ρεαλιστών και των αντιρεαλιστών, είναι ενδιαφέρον να δούμε πώς χαρακτηρίζει ο Dummett τις μη αποκρίσιμες προτάσεις σε σχέση με την αρχή της πλαισιακότητας.

> «Μια μη αποκρίσιμη πρόταση είναι απλά αυτή της οποίας η σημασία είναι τέτοια ώστε, αν και την αναγνωρίζουμε ως αληθή σε ορισμένες αποτελεσματικά αναγνωρίσιμες καταστάσεις, ψευδή σε άλλες, και σε άλλες ακόμη καμία απόφανση δεν είναι δυνατή, ωστόσο δεν κατέχουμε κανένα αποτελεσματικό μέσο για να οργανώσουμε εμείς μια

κατάσταση η οποία να είναι μια εκ των δύο πρώτων ειδών.» (Dummett 1973, σ. 467)

Η παραπάνω ρήση φαίνεται να υποστηρίζει τον πλαισιοκρατικό ρόλο στην απόδοση του νοήματος. Όπως όμως έχουμε δει φαίνεται ότι η σπουδαιότητα του πλαισίου υιοθετείται και από τον ρεαλιστή. Το ότι κατανοεί ένας ρεαλιστής μια πρόταση – που οι συνθήκες αλήθειας της υπερβαίνουν την εμπειρία μας – μέσω ενός πεδίου νοηματικών δυνητικοτήτων, δεν σημαίνει ότι έχει αντιληφθεί ένα νόημα έτοιμο προς εκδήλωση. Μόνο στην ύπαρξη ενός κατάλληλου πλαισίου θα μπορέσει να παραγάγει το νόημα της πρότασης μέσα από το πεδίο νοηματικών δυνητικοτήτων που έχει συζεύξει η εξωτερική πραγματικότητα με αυτό το πλαίσιο. Έτσι τόσο ο ρεαλιστής όσο και ο αντιρεαλιστής έχουν ανάγκη ένα κατάλληλο πλαίσιο για να παραχθεί το νόημα και εν συνεχεία να είναι δυνατόν να εκδηλωθεί. Απλά ο αντιρεαλιστής θεωρεί ότι η κατανόηση γίνεται μόνο εντός πλαισίου ενώ ο ρεαλιστής θεωρεί ότι η κατανόηση γίνεται και εκτός πλαισίου ως μια ταυτόχρονη συνειδητοποίηση των νοηματικών δυνητικοτήτων που αναδύονται μέσα από την εκτός πλαισίου ερμηνεία της συγκεκριμένης γλωσσικής πρότασης. Ως εκ τούτου, στην πρόκληση της «εκδήλωσης» ο ρεαλιστής απαντά όπως και ο αντιρεαλιστής. Βέβαια θα υπάρξουν και μη αποκρίσιμες προτάσεις για τις οποίες ένα τέτοιο πλαίσιο δεν θα είναι δυνατόν να επιλεχθεί. Τότε τόσο ο ρεαλιστής όσο και ο αντιρεαλιστής δεν θα μπορέσουν να εκδηλώσουν κάποια αναγνωρίσιμη ικανότητα που να γνωστοποιεί το νόημα της πρότασης. Θα μπορούσαμε όμως να δεχτούμε περιπτώσεις όπου η εκδήλωση της κατανόησης του ρεαλιστή για προτάσεις που υπερβαίνουν τα τεκμήρια συνίσταται στην προσομοίωση δυνητικοτήτων σε υποθετικές περιπτώσεις πραγμάτωσής τους. Αλλά αυτό δεν αφορά όμως την εκδήλωση αυτού που πραγματικά επιζητούμε. Και αυτό είναι το νόημα που πραγματώνεται και που βιώνουμε. Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι ο τρόπος με τον οποίο αναπτύσσεται η γνώση και παγιώνεται, είναι αυτός που περιγράφει ο Longo:

«...σίγουρα όχι με παραγωγή από ένα σταθερό σύνολο αξιωμάτων, αλλά εμπλουτίζοντας την μέσω μιας αμοιβαίας αλληλεπίδρασης μεταξύ ημών και του κόσμου, μέσα σε συνεχώς μεταβαλλόμενα και αναδιαρθρώμενα φαινομενικά πλαίσια.» (Longo 2003, σ. 460)

3.5.4 Διερευνώντας την επάρκεια της θεωρίας του Dummett

Το σύνολο της κριτικής που έχει δεχτεί η επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του Dummett, έχει ως βασικό χαρακτηριστικό την καθολική απόρριψη της μιας ή της άλλης θέσης ανάλογα με τις βασικές προκείμενες που υιοθετεί κάποιος και την προσπάθεια βελτίωσης της υιοθετημένης θέσης. Ωστόσο - όπως έχω ήδη δείξει - πιστεύω ότι θα πρέπει να γίνει μια προσπάθεια εναρμόνισης των δύο θέσεων με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν μέσα απο την επιστημονική έρευνα, όπως αυτή περιγράφεται στις προηγούμενες παραγράφους.

Είναι αλήθεια ότι στο παρόν κεφάλαιο η διερεύνηση του προβλήματος του

ρεαλισμού έγινε στα πλαίσια αναζήτησης των αρχών μιας κατάλληλης θεωρίας νοήματος. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι «ο ρεαλισμός δεν λέει τίποτα σημασιολογικό» (Devitt 1983, σ. 76), δηλαδή ότι υφίσταται μια ανεξάρτητη προς τον παρατηρητή πραγματικότητα η οποία όμως δεν δεσμεύεται από το πώς μιλάμε εμείς για αυτήν. Πρέπει ωστόσο να παραδεχθούμε ότι τουλάχιστον ο Dummett ξεκινά με την προϋπόθεση ότι «μια θεωρία νοήματος πρέπει [...] να συλληφθεί ως να μην λαμβάνει τίποτα δεδομένο...» (Dummett 1993α, σ. 131). Και εφόσον η γλώσσα μας είναι ένα είδος αναπαράστασης της πραγματικότητας, πιστεύω ότι μια τέτοια ακραία τοποθέτηση περί απόλυτης ανεξαρτησίας της πραγματικότητας από μια τόσο βιώσιμη αναπαράσταση της όπως η γλώσσα, ακούγεται αν μη τι άλλο αβάσιμη. Βέβαια, η απλή συζήτηση περί της αλήθειας δεν θα αποφέρει κάποια συγκεκριμένη οντολογία (Devitt 1983, σ. 77). Αυτό σίγουρα είναι ένα πρόβλημα μιας και ο Dummett θεωρεί - επηρεασμένος από τον Wittgenstein – ότι ο κόσμος είναι το σύνολο των γεγονότων και όχι των πραγμάτων και ως εκ τούτου η διαμάχη ρεαλισμός-αντιρεαλισμός αφορά τις δηλώσεις ενός υπό εξέταση πεδίου και όχι τις οντότητες. Και αυτή είναι μια βασική προϋπόθεση για να μπορεί ο σημασιολογικός χαρακτηρισμός της διαμάχης ρεαλισμός-αντιρεαλισμός να γίνει αποδεκτός και από τα δύο στρατόπεδα.

Ως εκ τούτου η σχέση μεταξύ του μεταφυσικού ρεαλισμού και του σημασιολογικού ρεαλισμού που εκθέτει ο Dummett φαίνεται να είναι ελαττωματική (Miller 2003). Μια πλήρης ρεαλιστική κοσμοθεώρηση δεν συνίσταται απλά στην αποδοχή της απλής θέσης ότι η πραγματικότητα περιγράφεται από την ανεξάρτητη προς εμάς ύπαρξη οντοτήτων που χρησιμοποιούν οι καλύτερες επιστημονικές θεωρίες μας και τις μεταξύ τους σχέσεις. Αντιθέτως, μια κοσμοθεωρία καλείται να περιγράψει τρεις τομείς. Την μεταφυσική, την επιστημολογία και την σημασιολογία, οι οποίοι θα πρέπει να είναι τουλάχιστον συμβατοί. Η έλλειψη αναφοράς στην οντολογία από τον Dummett – η απουσία μεταφυσικής - δείχνει ότι η κοσμοθεώρηση του Dummett δεν είναι μια πλήρης κοσμοθεώρηση. Κινδυνεύει με αυτόν τον τρόπο να παρερμηνευθεί ως μια υποκειμενική θεωρία νοήματος. Ακόμα και αν όλες οι συνιστώσες του συμπεράσματος του Dummett είναι σωστές, η ταύτιση του μεταφυσικού ρεαλισμού με τον σημασιολογικό ρεαλισμό μέσω των συνθηκών αλήθειας και η αποτυχία μιας θεωρίας αλήθειας βασισμένης αποκλειστικά στις συνθήκες αλήθειας δεν συνεπάγεται απαραιτήτως την απόρριψη του μεταφυσικού ρεαλισμού. Τουναντίον, αποτελεί κίνητρο ώστε ο ρεαλιστής να προσπαθήσει να αντιληφθεί την σωστή θεωρία αλήθειας για μια ρεαλιστική κοσμοθεωρία. Είναι αναγκαίο λοιπόν να συσχετιστεί η θεωρία νοήματος του Dummett με μια οντολογική θεωρία (Hinzen 1997).

Μια επιπλέον διαπίστωση είναι ότι η αντιρεαλιστική θεωρία του Dummett δεν φαίνεται να αποδεικνύει την αναγκαιότητά της έναντι άλλων θεωριών αλήθειας και συγκεκριμένα του Donald Davidson (Ward 1988). Αρκεί να εξετάσουμε την αντίληψη που έχει ο Dummett και ο Davidson ως προς τις έννοιες των αποκρίσιμων και μη αποκρίσιμων προτάσεων. Η θεωρία νοήματος του Davidson έχει ως κεντρική έννοια τις συνθήκες αλήθειας, συνεπώς η θεωρία νοήματός του θα πρέπει να παρέχει μια

εξήγηση του πώς αποδίδεται σε κάποιον η γνώση των συνθηκών, η επικράτηση των οποίων, θα καθιστούν αληθή μια πρόταση. Σύμφωνα με τον Dummett η γνώση αυτή θα πρέπει να συνίσταται σε μια ικανότητα, η οποία θα καθορίζει εάν οι συνθήκες υπό τις οποίες μια πρόταση αληθεύει επικρατούν ή όχι. Αυτό κατά τον Dummett θα απαιτούσε κάθε πρόταση της γλώσσας να είναι αποκρίσιμη (decidable), δηλαδή να υπάρχει πάντα μια διαδικασία αναγνώρισης της επικράτησης εκείνων των συνθηκών που καθιστούν αληθή την πρόταση. Όμως «η φυσική γλώσσα είναι γεμάτη από προτάσεις οι οποίες δεν είναι αποτελεσματικά αποκρίσιμες» (Dummett 1993α, σ.46). Συνεπώς μια θεωρία νοήματος τύπου συνθηκών αλήθειας δεν είναι επαρκής για την γλώσσα. Όμως ο Davidson έχει διαφορετική αντίληψη του τι εστί αποκρίσιμη πρόταση. Στο πλαίσιο της ριζικής ερμηνείας (**radical interpretation**) του Davidson, μια πρόταση είναι αποκρίσιμη μόνο υπό την έννοια ότι ο προσδιορισμός των συνθηκών αλήθειας της είναι προϊόν της εμπειρικής επικύρωσης των υποθετικών αποδόσεων που φέρουν αυτές οι συνθήκες αλήθειας σε όλες τις προτάσεις της γλώσσας (ή τουλάχιστον ικανών διαστάσεων υποσύνολο προτάσεων). Η βασική ιδέα είναι ότι η εμπειρική επικύρωση των συνθηκών αλήθειας των προτάσεων γίνεται μέσω προβολής του ρόλου τους μέσα στο ολιστικό ιστό των προτάσεων που απαρτίζουν την γλώσσα. Έτσι ο Davidson υιοθετεί μια θεωρία συνεκτικότητας όσον αφορά την αποκρισιμότητα (decidability) των συνθηκών αλήθειας. Ενώ ο Dummett βασίζει την δικιά του θεωρία νοήματος, μέσω της υπονοούμενης γνώσης, σε ένα είδος «απευθείας δεσμού» μεταξύ γλώσσας και πραγματικότητας.

Ελλειμματικός και ασύμβατος φαίνεται να παρουσιάζεται ο αντιρεαλισμός του Dummett και στην αντιπαράθεση του με τον λειτουργισμό (**functionalism**) ως κυρίαρχη θεωρία του νου (Appiah 1984). Μια εμπειρικά επαληθεύσιμη θεωρία λειτουργισμού χαρακτηρίζεται από δύο βασικά είδη ισχυρισμών. Το πρώτο είδος είναι οι «παραγωγικοί ισχυρισμοί» (output claims) οι οποίοι αναφέρονται σε εκείνες τις προτάσεις που χαρακτηρίζουν εκείνα τα συμβάντα εξωτερικά του νου που προκαλούνται από αλλαγές στις πεποιθήσεις (beliefs) (επιθυμία, ή άλλες νοητικές καταστάσεις). Το δεύτερο είδος είναι οι «εισαγωγικοί ισχυρισμοί» (input claims) οι οποίοι αναφέρονται σε εκείνες τις προτάσεις που χαρακτηρίζουν το πώς οι αλλαγές στο περιβάλλον οδηγούν σε αλλαγές στις νοητικές καταστάσεις. Ως προς την ανωτέρω κατηγοριοποίηση φαίνεται ότι οι συνθήκες δικαιολόγησης - που χαρακτηρίζουν την αντιρεαλιστική θέση - εμπίπτουν αποκλειστικά στο είδος των «εισαγωγικών» ισχυρισμών. Ωστόσο για να εξατομικευτούν οι νοητικές καταστάσεις που εκφράζει μια πρόταση – σύμφωνα με την θεωρία του λειτουργισμού - χρειάζονται και παραγωγικοί ισχυρισμοί. Όπως το εκφράζει ο Appiah «δεν γνωρίζεις τι πιστεύει ένα άτομο απλά γνωρίζοντας ότι αυτό έχει εσωτερικές καταστάσεις οι οποίες μεταβάλλονται με συγκεκριμένους τρόπους ως αντίδραση στο περιβάλλον. Χρειάζεσαι επίσης να γνωρίζεις πώς το άτομο θα δράσει υπό αυτές τις καταστάσεις. Με το να επικεντρωνόμαστε στην είσοδο [εισαγωγικούς ισχυρισμούς], αφήνουμε εκτός την μισή ιστορία.» (Appiah 1984, σ. 563). Άρα η βασισμένη στις συνθήκες δικαιολόγησης θεωρία νοήματος του Dummett φαίνεται να μην μπορεί να αποτελέσει μια πλήρη θεωρία νοήματος. Ωστόσο το συγκεκριμένο επιχείρημα προϋποθέτει μια

θεωρία του νου ως την βάση των ισχυρισμών του, ενώ ο Dummett δεν αποσκοπεί στο να αποτελέσει η θεωρία νοήματος του μια ψυχολογική θεωρία (Dummett 1993*α*, σ. 37). Ούτε να εξιχνιάσει τις ψυχολογικές διαδικασίες μέσω των οποίων κάποιος είναι ικανός στο να κατανοεί. Όποιο και αν είναι τελικά το πλήρες λογισμικό του νου, αυτό που έχει αντικειμενική σημασία είναι το τι τελικά πραγματώνεται. Και είναι βεβαιωμένο ότι δύο αλγόριθμοι μπορεί και σε έκταση και σε πολυπλοκότητα να είναι εντελώς διαφορετικοί και ωστόσο να υπολογίζουν το ίδιο αποτέλεσμα. Συνεπώς προκειμένου να αποφύγουμε υποκειμενικές θεωρήσεις του νοήματος θα πρέπει να εστιάσουμε σε αναγνωρίσιμες καταστάσεις και όχι σε υποκειμενικές.

Το δίλημμα που θέτει ο αντιρεαλιστής ανάμεσα σε μια υπερβατικής φύσεως αλήθεια που υπερβαίνει την επαλήθευση και μιας επιστημικής προσέγγισης της αλήθειας έχει επιχειρηθεί να απαντηθεί μέσω μιας εναλλακτικής έννοιας αλήθειας που δεν είναι επιστημικά περιορισμένη: τους συνδέσμους τιμών αλήθειας (**Truth-Value Links**) (Weiss 1996). Ο ρόλος της προσδοκά να δώσει μια εναλλακτική απάντηση στην πρόκληση της απόκτησης που θέτει ο αντιρεαλιστής του Dummett. Η βασική ιδέα είναι ότι οι τιμές αλήθειας των προτάσεων «φαίνεται» να διατηρούνται στις διάφορες χρονικές μετατοπίσεις.

Έτσι αν κάποιος σήμερα βεβαιώνει ότι η πρόταση «Βρέχει σήμερα» είναι αληθής, σίγουρα μπορούμε να αντιληφθούμε ότι αν κάποιος αύριο διατυπώσει την πρόταση «Έβρεξε χτες» αυτή θα είναι επίσης αληθής. Υπάρχει λοιπόν ένας δεσμός αλήθειας μεταξύ των δύο προτάσεων. Οι χρονικοί μετασχηματισμοί μιας πρότασης φαίνεται να μην αλλοιώνουν την αληθοτιμή της. Ένας υποστηρικτής της θεωρίας των truth-value links θεωρεί ότι αυτός ο δεσμός υπάρχει επίσης ανάμεσα σε προτάσεις παρελθοντικές και σε προτάσεις του παρόντος. Έτσι η πρόταση «Έβρεξε χτες» είναι αληθής σήμερα αν και μόνο αν η πρόταση «Βρέχει σήμερα» ήταν αληθής χτες. Έτσι κατανοώντας τον σύνδεσμο της αληθοτιμής τότε μπορεί να κατανοήσει τι καθιστά μια πρόταση για το παρελθόν αληθή. Βάσει λοιπόν αυτού του συνδέσμου, ένας ρεαλιστής προσπαθεί να αντιληφθεί την αλήθεια μιας προβληματικής πρότασης (εκφοράς της σε παρελθοντικό χρόνο) μέσω της αλήθειας της συνδεόμενης με αυτήν μη προβληματικής πρότασης (εκφοράς της μετασχηματισμένης μορφής της στο παρόν). Ποια πρόταση όμως μπορεί να θεωρηθεί μη προβληματική; Είναι προφανές ότι οι

μόνες χρονικές μορφές μιας πρότασης που είναι προσιτές στον εμπειρικό έλεγχο είναι όχι μόνο ενεστωτικού χρόνου αλλά και ενεστωτικής χρήσης ή εκφοράς. Το να προσπαθώ να προσεγγίσω την αλήθεια της προβληματικής πρότασης «Βρέχει σήμερα» η εκφορά της οποίας έγινε χτες με την αλήθεια της επίσης προβληματικής πρότασης «Έβρεξε χτες» της οποίας η εκφορά έγινε σήμερα, δεν νομίζω ότι θα με βοηθήσει - όντας ρεαλιστής - να απαντήσω στην πρόκληση του αντιρεαλιστή. Γιατί ίσως δεν έχω πρόσβαση σε εκείνη την κατάσταση πραγμάτων που εκφράζει η πρόταση που εκφέρω σήμερα. Τόσο ο Dummett (1978, σ. 363) όσο και ο McDowell (1998, σ. 297 - 306) έχουν ασκήσει κριτική σε αυτού του είδους την θεωρία όσον αφορά τον ρεαλισμό του παρελθόντος και τον ρεαλισμό των νοητικών καταστάσεων.

Τον ίδιο ρόλο όμως επιχειρεί να εκπληρώσει και ο ισχυρισμός της «μερικής προσβασιμότητας» (**partial accessibility**) ως ένα εναλλακτικό τρόπο κατανόησης των μη ανιχνεύσιμων συνθηκών αλήθειας κάποιων προτάσεων (McGinn 2002, σ. 234). Όπως και το προηγούμενο επιχείρημα των συνδέσμων αληθοτιμών έτσι και ο ισχυρισμός της «μερικής προσβασιμότητας» επιχειρεί να απαντήσει στην πρόκληση της απόκτησης που θέτει ο αντιρεαλιστής για το παρελθόν, επεκτείνοντας την εφαρμογή του και στην περίπτωση των νοητικών καταστάσεων. Θεωρεί ότι για τις – προβληματικές (σύμφωνα με τον αντιρεαλιστή) - προτάσεις των παραπάνω πεδίων αν και δεν μπορούμε πάντα να αντιληφθούμε αν επικρατούν οι συνθήκες αλήθειας τους, ωστόσο μπορούμε μερικές φορές κάτω από ευνοϊκές συνθήκες να αντιληφθούμε μερικές από αυτές να πραγματοποιούνται. Το ότι αντιληφθήκαμε την επικράτηση των συνθηκών αλήθειας μερικών προβληματικών προτάσεων, επαρκεί για να ενσταλάξει σε εμάς μια γενική αντίληψη επεκτάσιμη και στις άλλες προτάσεις της προβληματικής κλάσης των οποίων η επικράτηση των συνθηκών αλήθειας τους δεν είναι αντιληπτή από εμάς. Στην περίπτωση του πεδίου των προτάσεων για το παρελθόν, κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι μερικές φορές η μνήμη του λειτουργεί άψογα και έτσι μπορεί να αναγνωρίσει την αλήθεια μιας πρότασης σχετικά με το παρελθόν. Αυτό το γεγονός μέσω αναλογίας και επέκτασης των ερμηνευτικών συνεπειών αυτής της εμπειρίας θα μπορέσει να τον βοηθήσει να κατανοήσει και τις μη αντιληπτές συνθήκες αλήθειας των άλλων προτάσεων που αφορούν το παρελθόν. Ωστόσο είναι αντιληπτό ότι ένας τέτοιος ισχυρισμός δεν είναι καθόλου συστηματικός, συνεπώς δύσκολα θα μπορούσε να αποτελέσει μέρος μιας θεωρίας νοήματος. Υπάρχουν προτάσεις για το παρελθόν των οποίων η επικράτηση των συνθηκών αλήθειας ίσως θα μπορούσε να γίνει αντιληπτή από εμάς υπό ορισμένες ευνοϊκές συνθήκες, ωστόσο υπάρχουν περισσότερες προτάσεις από αυτό το πεδίο των οποίων οι συνθήκες αλήθειας είναι αδύνατον να γίνει αντιληπτό από εμάς αν επικρατούν ή όχι. Προφανή παραδείγματα, προτάσεις που αφορούν το απώτερο παρελθόν (αρχαιότητα, προϊστορικών περιόδων κ.τ.λ.). Συνεπώς ένας τέτοιος ισχυρισμός δεν θα ήταν μια πλήρης απάντηση στην πρόκληση του Dummett.

Κάποιοι έχουν επιστρατεύσει ακόμη και την φαντασία ως το μέσο για να κατανοήσουμε προτάσεις που έχουν υπερβατικής φύσεως συνθήκες αλήθειας: απλά φανταστείτε πλάσματα με κατάλληλες διευρυμένες δυνάμεις αναγνώρισης. Για αυτού του είδους τα πλάσματα η επικράτηση συνθηκών αλήθειας υπερβατικής

φύσεως είναι αντιληπτή. Ο ανωτέρω ισχυρισμός προκύπτει από την πεποίθηση ότι φαίνεται η απόφανση του ποιες προτάσεις έχουν υπερβατικής φύσεως συνθήκες αλήθειας και ποιες όχι να εξαρτάται από τους δικούς μας γνωστικούς περιορισμούς. Θα μπορούσαμε να απαντήσουμε στον ανωτέρω ισχυρισμό κάνοντας χρήση και των δύο προκλήσεων που έθεσε ο Dummett στον ρεαλιστή στο σημασιολογικό επίπεδο. Αν υποθέσουμε ότι αποκτάμε αυτήν την γνώση που υπερβαίνει την επαλήθευση μας, τότε δεν μπορούμε να εξηγήσουμε το πώς οι έννοιες που αποκτήθηκαν με αυτόν τον τρόπο μπορούν να εκδηλωθούν μέσω μιας αναγνωρίσιμης πρακτικής ικανότητας της οποίας ο κάτοχος θα κάνει χρήση καθώς θα χρησιμοποιεί αυτές τις προτάσεις (Dummett 1993α, σ. 61, 62). Έτσι φαίνεται ότι δεν είμαστε σε θέση να δείξουμε ότι έχουμε κατανοήσει αυτές τις προτάσεις οπότε η πρόκληση του αντιρεαλιστή συνεχίζει να παραμένει άθικτη.

Απάντηση στην πρόκληση της απόκτησης του Dummett έχει επιχειρηθεί να δοθεί και μέσω της αρχής της συνθετικότητας (**compositionality**). Σύμφωνα με αυτή, φαίνεται εύλογο να ισχυριστούμε ότι η κατανόηση που έχουμε για τις περισσότερες προτάσεις προέρχεται, όχι μέσω ενός απευθείας απατηλού δεσμού μεταξύ αυτών και αναγνωρίσιμων καταστάσεων πραγμάτων ικανές να τις δικαιολογήσουν, αλλά είναι προϊόν της κατανόησης μας για τις εκφράσεις που τις συνιστούν σε συνδυασμό με τον τρόπο κατασκευής τους (συντακτικό). Μαθαίνουμε πώς να χρησιμοποιούμε λέξεις και εκφράσεις, πώς να τις συνδυάζουμε μέσω διάφορων κατασκευών και όχι πώς να χρησιμοποιούμε ολόκληρες προτάσεις. Όπως περιγράφει ο Hale «στην απουσία ενός επιχειρήματος που δείχνει ότι οι αντίληψη των συνθηκών αλήθειας του ρεαλιστή δεν μπορεί να προκύψει, μέσω της συνθετικότητας, από συμφωνηθέντα μη προβληματικά σημεία εκκίνησης ... φαίνεται ότι αυτό είναι αρκετό για να εξουδετερώσει την πρόκληση της απόκτησης» (Hale and Wright 1997, σ. 280). Το επιχείρημα αυτό φαίνεται λογικό και απλό. Θα μπορούσαμε όμως να το ελέγξουμε εξετάζοντας μια απλή πρόταση και το αν οι συνθήκες αλήθειας της θα μπορούσαν να προκύψουν μέσα από την αρχή της συνθετικότητας.[84] Ας θεωρήσουμε την πρόταση «Το α είναι Φ» για την οποία ένας ρεαλιστής δέχεται ότι έχει συνθήκες αλήθειας που η επικράτηση τους υπερβαίνει την επαλήθευση. Ως εκ τούτου ο αντιρεαλιστής δέχεται ότι στερείται νοήματος μιας και δεν υπάρχει μια αναγνωρίσιμη κατάσταση πραγμάτων που να δικαιολογεί το αποκτηθέν νόημα. Πώς γίνεται να αποκτήσουμε κατανόηση για μια πρόταση της οποίας οι συνθήκες αλήθειας επικαλούνται μια κατάσταση πραγμάτων η οποία δεν είναι δυνατόν να αναγνωρισθεί ως επικρατούσα; Ο ρεαλιστής επικαλείται την αρχή της συνθετικότητας. Όσο κατανοούμε τα μέρη αυτής της πρότασης, θα μπορέσουμε να κατανοήσουμε και την πρόταση. Η κατανόηση του α θα συνίσταται στο να αναγνωρίσουμε το α ως το αναφερόμενο του «α» σε περιπτώσεις που αυτό είναι έκδηλο. Η κατανόηση της ιδιότητας Φ θα συνίσταται στο να αναγνωρίσουμε τις περιπτώσεις που η εφαρμογή του κατηγορήματος «Φ» είναι εμφανής. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι όλες οι περιπτώσεις εφαρμογής του κατηγορήματος «Φ» είναι αναγνωρίσιμες. Τώρα ο συλλογισμός προχωράει ως εξής: Το ότι εμείς έχουμε μια

84 Η πηγή του συγκεκριμένου παραδείγματος προέρχεται από blog του καθηγητή Robert Williams στο πανεπιστήμιο του Leeds.

αντίληψη του α μέσα από περιπτώσεις που η αναφορά του ήταν έκδηλη, και το ότι έχουμε αντίληψη του «Φ» μέσα από περιπτώσεις όπου η εφαρμογή του σε κάποια αναφερόμενα ήταν έκδηλη, αυτό δεν συνεπάγεται ότι κατανοούμε και την πρόταση «Το α είναι Φ». Γιατί η κατάσταση πραγμάτων όπου το «Φ» εφαρμόζεται στο α δεν είναι αναγνωρίσιμη. Η αρχή της συνθετικότητας, λοιπόν, δεν μπορεί να αναδείξει σε τι συνίσταται η γνώση εκείνων των συνθηκών αλήθειας η επικράτηση των οποίων υπερβαίνει την επαλήθευση μας.

Όσον αφορά την πρόκληση της εκδήλωσης, για την αντιμετώπιση της έχουν επιστρατευτεί ισχυρισμοί όπως αυτός της **επεξηγηματικής απόδοσης** (explanatory ascription). Σύμφωνα με αυτόν τον ισχυρισμό μπορεί κάποιος να κατέχει γνώση συνθηκών αλήθειας – η επικράτηση των οποίων υπερβαίνει την επαλήθευση – μορφοποιημένη ως μια θεωρητική περιγραφή της συμπεριφοράς του (Hale and Wright 1997, σ. 280). Δεν χρειάζεται αυτή η γνώση να εκδηλωθεί άμεσα από τον κάτοχο αυτής της γνώσης, αλλά ίσως χρειαστεί εμείς να την υποθέσουμε ή να την επικαλεστούμε προκειμένου να εξηγήσουμε την συμπεριφορά του ομιλητή. Αλλά και εμείς με την σειρά μας μπορούμε να εκδηλώσουμε την κατανόησή μας για την γνώση των συνθηκών αλήθειας (μη αναγνωρίσιμων) της οποίας κάτοχοι είναι οι συνομιλητές μας. Αυτό μπορεί να συμβεί με το να είμαστε ικανοί να ερμηνεύουμε αυτά που οι συνομιλητές μας λένε και να τους αποδίδουμε συγκεκριμένες πεποιθήσεις. Εάν μπορούμε να αποδίδουμε στους άλλους πεποιθήσεις των οποίων η αλήθεια υπερβαίνει την επαλήθευση, θα μπορούμε τότε να εκδηλώνουμε την γνώση αυτών των συνθηκών αλήθειας. Ωστόσο θα μπορούσε αυτή η προσπάθεια απόδοσης πεποιθήσεων «ρεαλιστικού» χαρακτήρα στους συνομιλητές μας μέσω της ερμηνευτικής διαδικασίας να αποτελεί μέρος του σχηματισμού των συνθηκών δικαιολόγησης και όχι των - ρεαλιστικού τύπου - συνθηκών αλήθειας. Το περιεχόμενο ενός τέτοιου χαρακτηρισμού φαίνεται λοιπόν λίγο ασαφές και δεν φαίνεται ότι μπορεί να σταθεί με βεβαιότητα απέναντι στην πρόκληση της εκδήλωσης. Η καθημερινή πρακτική ενασχόληση στον κλασικό τρόπο εκλογίκευσης όπου οι λογικές αρχές του αποκλειόμενου μέσου και της διπλής άρνησης διέπουν τον τρόπο που κάνουμε επιλογές, συμπεραίνουμε και αποφασίζουμε, φαίνεται να είναι ένα ισχυρό κίνητρο για να δεχτούμε ότι η ικανοποίηση των συνθηκών αλήθειας πολλών προτάσεων υπερβαίνει την επαλήθευση μας (Hale and Wright 1997, σ. 280, 281). Στην καθημερινότητα μας χρησιμοποιούμε και κατανοούμε πλειάδα αποκρίσιμων προτάσεων για τις οποίες διαθέτουμε διαδικασίες αναγνώρισης των συνθηκών αλήθειας τους που κάνουν χρήση της κλασικής λογικής. Όμως αυτό το γεγονός από μόνο του δεν δικαιολογεί την αναγκαιότητα της κλασικής λογικής και για το πεδίο των μη αποκρίσιμων προτάσεων. Εδώ ο αντιρεαλιστής θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν υποπίπτει στο σφάλμα της ευλογοφανούς γενίκευσης που ίσως να κάνει ο ρεαλιστής.

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση ως προς την πρόκληση της εκδήλωσης συνίσταται στην μεταφορά του προβληματισμού από το άτομο που προσπαθεί να εκδηλώσει την κατανόησή του στο ακροατήριο που θα δεχτεί αυτήν την εκδήλωση. Φαίνεται να υπάρχει ένα είδος εξάρτησης της εκδήλωσης της κατανόησης κάποιου

από το ακροατήριο που θα την απευθύνει (Hale and Wright 1997, σ. 281, 282). Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στην ερμηνεία της γνωστής ρήσης του Dummett «Ένα άτομο δεν μπορεί να μεταδώσει [επικοινωνιακά] αυτό που δεν μπορεί να παρατηρηθεί ότι μεταδίδεται από αυτόν» (Dummett 1978, σ. 216). Διατυπώνεται έτσι ο εξής προβληματισμός: Ας υποθέσουμε ότι κάποιος προσπαθεί να εκδηλώσει την κατανόησή του για πράγματα που βρίσκονται εκτός της άμεσης παρατήρησης όπως το παρελθόν, οι αισθητηριακές εμπειρίες των άλλων ή τα υποατομικά σωματίδια. Πώς όμως θα καταφέρει να εκδηλώσει την κατανόησή του για τα παραπάνω σε κάποιον ο οποίος είναι μόνο ικανός για να παρατηρεί άμεσα; Το ερώτημα αν και εύλογο φαίνεται να είναι προϊόν παρερμηνείας του αποσπάσματος του Dummett. Και αυτό γιατί είναι σημαντικό να αποφευχθεί η σύγχυση μεταξύ εκδήλωσης της γνώσης μας ή της κατανόησης μας και της εκδήλωσης των οντοτήτων στις οποίες αναφερόμαστε μέσω των προτάσεων μας, πριν τεθούν τέτοιου είδους ερωτήματα.

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι η επαληθευσιοκρατική σημασιολογία του Dummett αποτελεί αφορμή για διεξοδική κριτική λόγω του ιδιαίτερου προσανατολισμού που έχει ως προς το μείζον φιλοσοφικό ζήτημα της έννοιας του ρεαλισμού. Σκοπός μου όμως δεν είναι μια επισκόπηση του συνόλου της κριτικής που έχει δεχτεί ο Dummett η οποία θα χρειαζόταν την συγγραφή ενός πολυσέλιδου βιβλίου, αλλά η δική μου συμβολή στην κριτική της σημασιολογικής θεωρίας του. Ο προσανατολισμός μου ήταν στα χνάρια πολλών φιλοσόφων που συνειδητοποίησαν την ανάγκη ύπαρξης μιας οντολογικής διάστασης στην σημασιολογική του θεωρία περί νοήματος, ιδιαίτερα για εκείνα τα κενά πραγματικότητας που αναδύονται μέσα από την απροσδιοριστία των μη αποκρίσιμων προτάσεων. Οι νοηματικές δυνητικότητες που επιβάλλει η εξωτερική πραγματικότητα σε οποιαδήποτε γλωσσική πρόταση είναι για μένα η μόνη λύση να αποφευχθεί η πληθώρα των παρερμηνειών και των ακραίων τοποθετήσεων. Η γένεση του νοήματος μιας πρότασης είναι η κατασκευαστική επενέργεια του νου επί των επιστημικών δυνητικοτήτων που προσφέρει ένα πλαίσιο σε σύζευξη με την εξωτερική πραγματικότητα. Η διαμάχη μεταξύ ρεαλισμού και αντιρεαλισμού νομίζω ότι μπορεί να τερματίσει σε μια ενοποιητική θεωρία νοήματος.

3.6 Συμπεράσματα

Έχοντας κάνει μια γενική επισκόπηση των βασικών στοιχείων της επαληθευσιοκρατικής σημασιολογίας του Dummett, βλέπουμε ότι υπάρχουν κίνητρα για την υιοθέτηση τόσο της αντιρεαλιστικής όσο και της ρεαλιστικής θέσης. Η θεωρία νοήματος που τροποποιήσαμε μέσω της κριτικής φαίνεται να εξηγεί τον τρόπο που η γλώσσα αναπαριστά την πραγματικότητα. Η πεπλεγμένη σχέση μεταξύ προτάσεων και πλαισίων μας εμποδίζει να γίνουμε κάτοχοι όλων των συνθηκών που νοηματοδοτούν μια πρόταση και επομένως δεν μπορούμε να αντικειμενοποιήσουμε υπό μια απόλυτη έννοια το νόημα. Το σημασιολογικό όμως αυτό χαρακτηριστικό αντανακλά χαρακτηριστικά της πραγματικότητας. Αυτό υποστηρίζεται με τον πλέον αντικειμενικό τρόπο μέσα από την μελέτη των κβαντικών φαινομένων.

> «Σε αντίθεση με μια αμετάβλητη και καθολική "θέαση από το πουθενά" του κλασικού παραδείγματος, η κβαντική μηχανική αναγνωρίζει με έναν ουσιαστικό τρόπο τον προοπτικό/ πλαισιακό χαρακτήρα της γνώσης.» (Karakostas 2012, σ. 14)

Έτσι φαίνεται ότι η γλώσσα δεν είναι απλά ένα ατελές μέσο περιγραφής της πραγματικότητας αλλά αντιθέτως διαθέτει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που η σύγχρονη κβαντική φυσική αναδεικνύει επιμελώς σχεδόν ένα αιώνα. Η αποδοχή μιας εξωτερικής πραγματικότητας είναι η λογική αποδοχή ενός κόσμου που λειτουργεί χωρίς απαραίτητα να γίνεται αντιληπτός από εμάς. Όμως παρ' όλη την αναγκαιότητα της ρεαλιστικής στάσης θα πρέπει να αποφύγουμε την πεποίθηση του ακραίου ρεαλισμού ότι ό,τι είναι πραγματικό πρέπει να είναι κατανοητό σε εμάς στην ολότητα του. Η πλαισιακότητα του νοήματος αναπαριστά ένα ρεαλιστικό χαρακτηριστικό της πραγματικότητας σε αντίθεση με την εντύπωση που δίνεται ότι πρόκειται για ένα αντιρεαλιστικό χαρακτηριστικό. Όπως το θέτει ο Καρακώστας (2012, σ. 16) «στην έρευνα μας στο κβαντικό πεδίο θα ήταν απατηλό να αναζητούμε ένα ολικό πλαίσιο δυνάμει του οποίου κάποιος θα μπορούσε να εκφωνήσει 'αυτό' ή 'εκείνο', 'πράγματι είναι' ανεξάρτητα από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς».

Υπάρχουν βάσιμοι λόγοι για να είμαστε υπέρ μιας **δυναμικής επαληθευσιοκρατίας**. Η συγκεκριμένη αντίληψη θα μπορούσε να αποτελέσει την βάση για μια θεωρία νοήματος της γλώσσας απόλυτα εναρμονισμένης με τα φαινόμενα της πραγματικότητας. Από μια κατασκευασιοκρατική οπτική, οι άνθρωποι ενεργά κατασκευάζουν νέα γνώση καθώς αυτοί αλληλεπιδρούν με τις δυνητικότητες που τους επιβάλλει το περιβάλλον τους. Οτιδήποτε κάποιος διαβάζει, βλέπει, ακούει, αισθάνεται και αγγίζει ελέγχεται έναντι της προηγούμενης γνώσης του και αν είναι βιώσιμη εντός του νοητικού του κόσμου, μπορεί να αποτελέσει νέα γνώση την οποία θα φέρει από την στιγμή της αποδοχής και μετά. Δεν είμαστε απλά τράπεζα πληροφοριών που παθητικά αφομοιώνει πληροφορία. Αυτό που απομένει να εξεταστεί είναι ο ρόλος της δυναμικής επαληθευσιοκρατίας ως μια μεταγλώσσα που θα μπορούσε να ερμηνεύσει την κβαντική μέτρηση και να διαχειριστεί τον αυτοαναφορικό της χαρακτήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Αναζητώντας τις συντεταγμένες του Putnam στον χώρο του Ρεαλισμού, της Λογικής και της Αλήθειας

4.1 Εισαγωγή

Οι αλλαγές στις φιλοσοφικές θέσεις του Hilary Putnam – μια κεντρική φυσιογνωμία στον χώρο της αναλυτικής φιλοσοφίας από την δεκαετία του 60 και έπειτα - έχουν χαρακτηριστεί ποικιλοτρόπως, δείγμα της επιρροής που αυτές έχουν ασκήσει σε πληθώρα τομέων της φιλοσοφίας της επιστήμης[85] και όχι μόνο. Ο ίδιος χαρακτηρίζει την φιλοσοφική του ζωή ως «ένα μακρύ ταξίδι από τον ρεαλισμό στον ρεαλισμό» (Putnam 1999, σ. 49) αλλά όχι πίσω σε εκείνο το είδος του μεταφυσικού ρεαλισμού από το οποίο ξεκίνησε. Άλλοι τις βλέπουν ως ένα μέσο να παρουσιαστεί ιστορικά η εξέλιξη της σύγχρονης φιλοσοφίας όπως δηλώνει ο Passmore:

> «Η Ρασσελιανή ικανότητα του Putnam να αλλάζει την άποψη του, τον καθιστά πολύ χρήσιμο για τους σκοπούς μας. Αποτελεί το περίγραμμα της ιστορίας της σύγχρονης φιλοσοφίας.» (Passmore 1988, σ. 97)

Η μεταβολή των απόψεων του Putnam ως προς την λογική που θα πρέπει να υιοθετεί κάποιος, παρομοιάστηκε από τον Maudlin (2005) ως η ιστορία ενός πειρασμού. Το «μήλο» του πειρασμού τέθηκε ενώπιον του Putnam από τον καθηγητή του, τον W. V. Quine, όπως αναφέρει και ο ίδιος ο Putnam (Putnam et al. 2012 σ. 173). Στο πιο σημαίνον άρθρο του Quine «*Τα δύο Δόγματα του Εμπειρισμού*» (1953) υποστηρίζεται ότι όλες οι κρίσεις είναι κατ'αρχήν υποκείμενες σε αναθεώρηση υπό το φως εμπειρικών δεδομένων, ακόμα και οι προτάσεις που οι άλλοι φιλόσοφοι θα αποκαλούσαν αναλυτικές. Αυτό αποτέλεσε την αφορμή ο Putnam να «δαγκώσει» δύο φορές το «μήλο» του Quine. Η πρώτη φορά συνέβη με το άρθρο του «*Είναι η Λογική Εμπειρική;*» (Putnam, 1968), ενώ η δεύτερη φορά με το άρθρο του «*Η Κβαντική Μηχανική και ο Παρατηρητής*» (Putnam, 1981b). Τελικά ο Putnam κατάφερε να ξεφύγει από τα θέλγητρα του πειρασμού μέσα από την απάντηση σε ένα άρθρο του Michael Redhead (Clark and Hale 1994, σ. 280).

Η συγκεκριμένη όμως παράκαμψη στην λογική δεν ήταν μια ανεξάρτητη μεταβολή ως προς τις άλλες απόψεις του. Όπως θα επιχειρήσουμε να εξετάσουμε στην συνέχεια, αυτό ήταν επίσης συνέπεια της αλλαγής των περί ρεαλισμού απόψεών του. Συγκεκριμένα, ο Putnam φαίνεται να ακολουθεί ένα διαφορετικό δρόμο από τον Dummett. Ενώ ο Dummett επιλέγει μέσω της υιοθέτησης της ιντουισιονιστικής λογικής να μεταβεί στην θέση του αντιρεαλισμού (Dummett 1991), ο Putnam επιλέγει οι μεταφυσικές του θέσεις ως προς την έννοια του ρεαλισμού να τον καθοδηγήσουν στο σωστό – ως προς αυτόν - είδος λογικής. Και επειδή οι λογικές αλήθειες δεν

85 Φιλοσοφία του νου, της γλώσσας, της επιστημολογίας, των μαθηματικών, της μεταφυσικής.

εξαντλούν την έννοια της αλήθειας αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται κατ' επέκταση και η έννοια της αλήθειας που αυτός υιοθετεί.

Ο Stoutland (2002) χρησιμοποιεί εγελιανούς όρους για να χαρακτηρίσει το πέρασμα του Putnam από τον μεταφυσικό ρεαλισμό στον εσωτερικό ρεαλισμό (internal realism) και μετέπειτα στον ρεαλισμό του κοινού νου (commonsense realism). Ταυτοποιεί σύμφωνα με το τριαδικό σχήμα της διαλεκτικής του Hegel ως **θέση** τον μεταφυσικό ρεαλισμό, ως **αντίθεση** τον εσωτερικό ρεαλισμό και ως **σύνθεση** την πρόσφατη άποψη του Putnam περί ρεαλισμού του κοινού νου. Η παραπάνω περιγραφή αναδεικνύει ουσιαστικά και την βασική κατηγοριοποίηση των απόψεων του Putnam - που έχει επιτελεστεί από το σύνολο των φιλοσόφων - στις περιόδους του πρώιμου (early), ενδιάμεσου (interim, middle) και ύστερου (later) Putnam. Αυτή ακριβώς την κατηγοριοποίηση θα χρησιμοποιήσουμε και εμείς προκειμένου να εξερευνήσουμε τις θέσεις του Putnam ως προς τον ρεαλισμό, την λογική και την αλήθεια και πώς αυτές αλληλοεξαρτώνται ως συνιστώσες ενός «τριπλού σχοινιού» για να χρησιμοποιήσω τον όρο που δανείστηκε ο Putnam από τα λόγια του Εκκλησιαστή στην Αγία Γραφή (Εκκλησιαστής δ': 12).

4.2 Συντεταγμένες του «πρώιμου» Putnam στον χώρο Ρ x Λ x Α

4.2.1 Ρεαλισμός στον «πρώιμο» Putnam

Σύμφωνα με τον πρώιμο Putnam ο **Μεταφυσικός Ρεαλισμός (ΜΡ)** υπήρξε η κυρίαρχη θέση στην φιλοσοφία κάθε ιστορικής περιόδου, τουλάχιστον μέχρι τον Kant. (Putnam, 1978, σ. 1). Παρά την εμφάνιση ανταγωνιστικών θεωριών στην σύγχρονη εποχή, ο Putnam για περίπου 17 χρόνια[86] υπήρξε ένας από τους πολλούς υποστηρικτές του. Αυτό ίσως είναι εμφανές στα εξής λόγια του:

> «Είναι πέρα από κάθε αμφισβήτηση ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν όρους ως εάν τα σχετιζόμενα με αυτούς κριτήρια να μην είναι αναγκαίες και επαρκείς συνθήκες, αλλά μάλλον προσεγγιστικά ορθοί χαρακτηρισμοί ενός κόσμου από ανεξάρτητες ως προς την θεωρία οντότητες και ότι μιλούν ως εάν οι ύστερες θεωρίες εντός μιας ώριμης επιστημονικής πρακτικής ήταν, γενικά, καλύτερες περιγραφές των ίδιων οντοτήτων στις οποίες οι προηγούμενες θεωρίες αναφέρονταν. Κατά την γνώμη μου, η υπόθεση ότι αυτό είναι σωστό, είναι η μόνη υπόθεση που μπορεί να ευθύνεται για την μεταδοτικότητα των επιστημονικών αποτελεσμάτων, τον εγκλεισμό των αποδεκτών επιστημονικών θεωριών υπό το πλαίσιο της πρώτης τάξης λογικής, και πολλά άλλα χαρακτηριστικά της επιστημονικής μεθόδου.» (Putnam, 1975b σ. 237)

Ωστόσο ο Putnam δεν θεωρεί τον εαυτό του σταυροφόρο του ΜΡ, αλλά πιο πολύ προσπαθεί να τον χρησιμοποιήσει ως φιλοσοφική βάση για τον **Επιστημονικό**

86 Το χρονικό διάστημα των 17 ετών προκύπτει από το άθροισμα των ετών που ο ίδιος ο Putnam αναφέρει στις εισαγωγές του (Putnam 1975a vii, 1978 vii) ως το διάστημα μέχρι την αποκήρυξη τού ΜΡ με την συγγραφή του «Realism and Reason» (Putnam 1978).

Ρεαλισμό (ΕΡ) που αυτός προσπαθεί να οικοδομήσει, όπως αφήνει να εννοηθεί:

> «Το ενδιαφέρον μου τα τελευταία 15 χρόνια δεν ήταν εστιασμένο στο να μάχομαι[87] για την ορθότητα του ρεαλισμού, αλλά ήταν μάλλον εστιασμένο στο να ασχολούμαι με συγκεκριμένες ερωτήσεις στην φιλοσοφία της επιστήμης εκφρασμένες μέσα από μια συγκεκριμένη ρεαλιστική οπτική...ότι ένας συνεπής ρεαλιστής πρέπει να είναι ρεαλιστής όχι μόνο για την ύπαρξη των υλικών αντικειμένων με την συνήθη έννοια, αλλά πρέπει επίσης να είναι ρεαλιστής όσον αφορά την αντικειμενικότητα της μαθηματικής αναγκαιότητας και της μαθηματικής δυνατότητας (ή, ισοδύναμα, σχετικά με την ύπαρξη των μαθηματικών αντικειμένων) και τις οντότητες οι οποίες ούτε υλικά αντικείμενα ούτε μαθηματικά αντικείμενα είναι – ειδικότερα, τα πεδία και τα φυσικά μεγέθη.» (Putnam 1975a, vii, viii)

Πώς το αποπειράται αυτό; Ο ΜΡ φαίνεται να προσφέρει φιλοσοφικό στήριγμα στον ΕΡ του πρώιμου Putnam με το να παράσχει μια θεωρία αλήθειας και αναφοράς που εφαρμόζεται σε όλες τις θεωρίες, επιτρέποντας έτσι την δυνατότητα όροι διαφορετικών επιστημονικών θεωριών να αναφέρονται στις ίδιες ανεξάρτητες ως προς την θεωρία οντότητες. Η θεωρία αλήθειας που είναι συμβατή με τον ΜΡ (η αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας[88]) θα προσέφερε την δυνατότητα ώστε ακόμα και οι καλύτερες επιστημονικές θεωρίες να μπορούν να αποδειχτούν εν μέρει εσφαλμένες. Με αυτόν τον τρόπο όμως αποκτά νόημα η ιδέα ότι οι επόμενες θεωρίες - που θα διαδεχθούν τις παλαιότερες - συγκλίνουν στην μία και μοναδική αληθή περιγραφή της πραγματικότητας, μιας και θα περιέχουν περισσότερες αληθείς προτάσεις απ' ότι οι παλιές θεωρίες.

Ωστόσο η πιο σημαντική συμβολή του Putnam ως προς την υπεράσπιση του ΕΡ ήταν η διαμόρφωση της **αιτιώδους θεωρίας αναφοράς** με σκοπό να υποστηρίξει ισχυρισμούς που αφορούν διαθεωρητική αναφορά. Ο Putnam πρότεινε μια θεωρία νοήματος η οποία θα επέτρεπε την διατήρηση της αναφοράς στην περίπτωση αλλαγής των θεωρητικών πλαισίων, τον **σημασιολογικό εξωτερικισμό** (semantic externalism). Έτσι προσπάθησε να αντικαταστήσει τον υποκειμενικό τρόπο θέασης του κόσμου που επέβαλε ο καρτεσιανός τρόπος σκέψης - εδραιώνοντας την γνώση πάνω στην υποκειμενική εμπειρία - με έναν αντι-υποκειμενικό τρόπο θέασης του κόσμου. Το βασικό επιχείρημα υπερ του σημασιολογικού εξωτερικισμού αποτέλεσε το επιχείρημα της **δίδυμης Γης** (twin earth) (Putnam 1975b, σ. 223), ένα νοητικό πείραμα μέσω του οποίου ο Putnam είχε σκοπό να υποστηρίξει ότι τα νοήματα των λέξεων «απλώς δεν βρίσκονται μέσα στο κεφάλι» (Putnam 1975b, σ. 227) αλλά ότι, ως ένα βαθμό τουλάχιστον, εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο υφίστανται τα πράγματα έξω από εμάς. Συνοπτικά το επιχείρημα έχει ως εξής: ο Putnam επικαλέστηκε έναν φανταστικό πλανήτη, έναν πλανήτη ακριβώς όπως η Γη, μια δίδυμη Γη, με μία μόνο διαφορά· ότι οι λίμνες και τα ποτάμια της δίδυμης Γης περιέχουν ένα υγρό όμοιο με το νερό της Γης – ακόμα και το όνομά του είναι ίδιο με της Γης, «νερό» - , του οποίου, όμως, η χημική σύνθεση δεν είναι, όπως του νερού της

87 Το «μάχομαι» αποτελεί ελεύθερη απόδοση του όρου «beating my breast about».

88 Αν και υπάρχουν απόψεις όπως του Devitt (Devitt 2012, σ. 4), όπου η έννοια του ρεαλισμού δεν συνεπάγεται κάποια έννοια αλήθειας.

Γης, H_2O , αλλά XYZ. Έτσι, όταν οι κάτοικοι της δίδυμης Γης προφέρουν ή γράφουν την λέξη «νερό», δεν εννοούν ό,τι εννοούν οι κάτοικοι της Γης με τη λέξη «νερό»· για μεν τους κατοίκους της Γης «νερό» σημαίνει τη σύνθεση H_2O ενώ για τους κατοίκους της δίδυμης Γης «νερό» σημαίνει μία διαφορετική σύνθεση, XYZ.

Ως συνέπεια του επιχειρήματος της δίδυμης Γης τα νοήματα «δεν βρίσκονταν πια μέσα στο κεφάλι», αλλά ήταν αποτέλεσμα μιας ιστορικο-αιτιώδους διαδικασίας – εξού και ο τίτλος αιτιώδης θεωρία της αναφοράς - η οποία καθόριζε την αναφορά. Πιο συγκεκριμένα κάθε όνομα συνδέεται εξαρχής με κάποιο πράγμα. Μέσω χρήσης της έκφρασης συντηρείται αιτιωδώς μία αλυσίδα, που συνδέει το όνομα με το πράγμα προς το οποίο εξαρχής είχε συνδεθεί. Η σύνδεση γίνεται διαμέσου της επιστήμης, μιας και η επιστήμη αποφασίζει τα ουσιώδη γνωρίσματα των αντικειμένων στα οποία αναφέρονται οι λέξεις. Η διαδικασία της αναφοράς έτσι αποκτά μια κοινωνική διάσταση και ιστορικό χαρακτήρα. Το γεγονός όμως ότι η σύνδεση γίνεται διαμέσου της επιστήμης και ότι η **Κβαντική Μηχανική** (**ΚΜ**) αποτελούσε και αποτελεί την πιο ώριμη επιστημονική θεωρία μέχρι στιγμής, γεννά το ερώτημα για το ποια είναι η σχέση του πρώιμου ΕΡ του Putnam με την ΚΜ. Την απάντηση σε αυτό το ερώτημα προσπάθησε ο Putnam να δώσει το 1965 στο άρθρο του «A philosopher looks at quantum mechanics» (Putnam 1975a, σ. 130) αφού πρώτα έθεσε το σωστό θεωρητικό πλαίσιο κατά την άποψή του:

> «Σύμφωνα με την [οπερασιοναλιστική προσέγγιση] δηλώσεις σχετικές με [συγκεκριμένα μεγέθη όπως θέση, φορτίο, μάζα] είναι απλές στενογραφίες δηλώσεων σχετικές με τα αποτελέσματα μετρητικών διαδικασιών...θα υποθέσω εδώ ότι αυτή η προσέγγιση είναι εσφαλμένη...Κατά τη γνώμη μου, η ορθή άποψη είναι ότι όταν ο φυσικός μιλά για το ηλεκτρικό φορτίο, μιλά αρκετά απλά σχετικά για ένα συγκεκριμένο μέγεθος που μπορούμε να διακρίνουμε από τα άλλα εν μέρει από τις "τυπικές" του ιδιότητες..., εν μέρει από την δομή του συστήματος νόμων που αυτό το μέγεθος υπακούει..., και εν μέρει από τις επιδράσεις του. Γνωρίζουμε ότι [ένας μετρητής φορτίου] μετρά ηλεκτρικό φορτίο, όχι επειδή έχουμε υιοθετήσει μια "σύμβαση", ή έναν "ορισμό του ηλεκτρικού φορτίου εξαρτώμενο από τις μετρητικές ενδείξεις", αλλά επειδή έχουμε αποδεχτεί ένα σώμα θεωρίας που περιλαμβάνει μια περιγραφή του μετρητή στην γλώσσα της επιστημονικής θεωρίας. Και ακολουθεί από την θεωρία [...] ότι ο μετρητής μετράει φορτίο...» (Putnam 1965 in 1975a, σ.130,131)
>
> «εάν η μη-οπερασιοναλιστική άποψη είναι γενικά ορθή,...τότε ο όρος "μέτρηση" δεν παίζει θεμελιώδη ρόλο στην φυσική θεωρία αυτός καθαυτός...η "μέτρηση" δεν μπορεί ποτέ να είναι ένας απροσδιόριστος όρος εντός μιας ικανοποιητικής φυσικής θεωρίας, και οι μετρήσεις δεν μπορούν ποτέ να υπακούσουν οποιουσδήποτε "ύστατους" νόμους διαφορετικούς από τους νόμους που "τελικά" υπακούουν όλες οι φυσικές αλληλεπιδράσεις.» (Putnam 1965 in 1975a, σ. 132)
>
> «Δεν χρειάζεται να επισημάνω ότι αυτή η κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης συνιστά μια πολύ περίεργη συμπεριφορά...» (ibid., σ.135)

Εντός αυτού του θεωρητικού πλαισίου ο Putnam προσπάθησε να ερμηνεύσει την ΚΜ με ένα τρόπο που είναι συμβατός με τον ΕΡ του. Στο ίδιο άρθρο του 1965 έκανε επισκόπηση των εναλλακτικών ερμηνειών που υπήρχαν για την ΚΜ, τον οδηγό-κύμα του de Broglie, την «αρχική» ερμηνεία του Born, ερμηνείες κρυμμένων μεταβλητών

και την ερμηνεία της Κοπεγχάγης. Το συμπέρασμά του;

> «Εν κατακλείδι, λοιπόν, δεν υπάρχει σήμερα καμία ικανοποιητική ερμηνεία της Κβαντικής Μηχανικής.» (Putnam 1975a, σ. 157)

Στο επόμενο άρθρο του το 1968 «Is Logic Empirical?» ανατυπωμένο το 1975 (Putnam 1975a, σ. 174) υπό τον τίτλο «The Logic of Quantum Mechanics» κάνει την επόμενη απόπειρα να διασαφηνίσει το μυστήριο της ΚΜ:

> «ίσως κάποιος ισχυρισθεί ότι η κβαντική μηχανική δεν είναι ορθή σε όλες τις λεπτομέρειες· αλλά η συμπληρωματικότητα (**complementarity**) και η υπέρθεση των καταστάσεων είναι πιθανόν σωστές. Εάν αυτές είναι σωστές, και η κλασική λογική είναι επίσης σωστή, τότε είτε υπάρχουν κρυμμένες μεταβλητές, ή υπάρχει μία μυστηριώδης τομή μεταξύ του παρατηρητή και του συστήματος, ή κάτι αυτού του είδους. Αλλά νομίζω ότι είναι πιο πιθανό η κλασική λογική να είναι εσφαλμένη από ότι να υπάρχουν είτε κρυμμένες μεταβλητές ή "τομές μεταξύ του παρατηρητή και του συστήματος", κ.τ.λ.» (Putnam 1975a, σ. 189)

Αυτό αποτελεί και το πρώτο δάγκωμα του «μήλου» που έθεσε ενώπιόν του ο Quine - σύμφωνα με τον Maudlin (2005) - για την αναθεώρηση της Λογικής ως το μέσο να ερμηνευτούν τα παράδοξα της ΚΜ με ένα τρόπο συμβατό με τον ΕΡ του. Στην συνέχεια θα δούμε πώς αναπτύχθηκε η πρώιμη άποψή του περί Λογικής.

4.2.2 Λογική στον «πρώιμο» Putnam

Ποια ήταν η θέση του πρώιμου Putnam ως προς την Λογική;

> «θα μπορούσαν κάποιες από τις "αναγκαίες αλήθειες" της Λογικής να αποδειχθούν ψευδείς για εμπειρικούς λόγους; Θα υποστηρίξω ότι η απάντηση σε αυτήν την ερώτηση είναι καταφατική, και ότι η Λογική είναι, κατά κάποιον τρόπο, μια φυσική επιστήμη.» (Putnam 1968, σ. 174)

Η συγκεκριμένη θέση του Putnam δεν αποτελούσε «καινά δαιμόνια», αλλά διαμορφώθηκε επηρεασμένη από τις απόψεις των καθηγητών του, **Hans Reichenbach** και **W.V. Quine**. Συγκεκριμένα, ο Reichenbach (1944) προσπάθησε να θέσει ένα κριτήριο ως προς το ποιες φυσικές θεωρίες είναι αποδεκτό να υιοθετούμε. Το κριτήριο της «**κανονικής αιτιότητας**» (normal causality), το οποίο - σύμφωνα με την σύγχρονη ορολογία – επιτρέπει εκείνες τις ερμηνείες που περιγράφονται μέσω «τοπικών[89] στοχαστικών αιτίων». Αποτυχία να ικανοποιηθεί αυτό το κριτήριο έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αιτιωδών ανωμαλιών (causal anomalies). Αυτό είχε ως συνέπεια να υποστηρίξει ότι μια γλώσσα που προσπαθεί να περιγράψει τον κβαντικό κόσμο και θέλει να είναι απαλλαγμένη αιτιωδών ανωμαλιών θα πρέπει να

89 Υπό την έννοια ότι τα αντικείμενα τα οποία μελετά μια θεωρία επηρεάζονται άμεσα από τον περιβάλλοντα χώρο.

κατασκευαστεί με όρους μιας **τρίτιμης λογικής** (Reichenbach 1944· Jones 1997, σ. 45· Putnam et al. 2012, σ. 166). Μια λογική που ο Putnam υπερασπίστηκε στα αρχικά στάδια της πρώιμης περιόδου του (Putnam 1957), προβάλλοντας τον ισχυρισμό ότι η κλασική λογική ήταν μια οριακή περίπτωση της τρίτιμης λογικής του Reichenbach[90]. Η συγκεκριμένη λογική χρησιμοποιήθηκε ως επιχείρημα και από έναν άλλο καθηγητή του Putnam, τον Quine. Στο αρκετά δημοφιλές άρθρο του «*Τα δύο δόγματα του Εμπειρισμού*» (Quine 1951) ισχυρίστηκε ότι καμία δήλωση δεν είναι απρόσβλητη από την δυνατότητα αναθεώρησης, ούτε καν οι κρίσεις που οι άλλοι θα αποκαλούσαν αναλυτικές και κατ' επέκταση η λογική. Έχοντας λοιπόν το ανωτέρω πλαίσιο επιρροής, εντός του οποίου διαμορφώθηκε η πρώιμη φιλοσοφική σκέψη του Putnam, δεν φαίνεται παράξενο γιατί ο ίδιος επιχείρησε να αναζητήσει εκείνο το λογικό πλαίσιο που θα εξηγούσε τα παράδοξα της κβαντικής μηχανικής. Καθοριστικής σημασίας, σε αυτήν την αναζήτηση, υπήρξε η εξοικείωση - που του παρείχε ο φυσικός **David Finkelstein** το 1960 - με την κβαντική λογική, την λογική που διαμόρφωσε ο John von Neumann (1932) με αποκορύφωμα το άρθρο του «*Η λογική της κβαντικής μηχανικής*» (Birkhoff and Neuman, 1936). Ο Putnam ήταν τώρα έτοιμος να δαγκώσει το «μήλο» του Quine για πρώτη φορά.

Η πρώτη ερμηνευτική απόπειρα - των εμπειρικών δεδομένων της κβαντικής μηχανικής διαμέσου ενός νέου λογικού πλαισίου – του Putnam συνέβη στο άρθρο του «*Είναι η Λογική Εμπειρική;*» (Putnam, 1968). Η επιχειρηματολογία του ξεκίνησε παρουσιάζοντας πρώτα μια αναλογία μεταξύ των νόμων της λογικής και των νόμων της γεωμετρίας. Στο παρελθόν, τα αξιώματα του Ευκλείδη θεωρούνταν αναγκαίες αλήθειες, αλλά οι σημερινές φυσικές θεωρίες - όπως η γενική θεωρία της σχετικότητας - βασίζονται πάνω σε μη Ευκλείδειες γεωμετρίες. Ό'τι ήταν «η χθεσινή προφανής αδυνατότητα είναι η σημερινή δυνατότητα, ακόμα και πραγματικότητα...» (Putnam 1968, σ. 175). Συνεπώς η όλη κατηγορία των «αναγκαίων» αληθειών αμφισβητείται. Σε αρμονία με τον Quine αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει ακόμα και σε αναθεώρηση της «αναγκαίας» κλασικής λογικής υπό το φως εμπειρικών δεδομένων. Ποια είναι αυτά τα νέα εμπειρικά δεδομένα;

Μία από τις πηγές αυτών των νέων εμπειρικών δεδομένων που χρησιμοποιεί ο Putnam, είναι και η πειραματική διάταξη των δύο σχισμών. Μια ασθενής έντασης φωτεινή πηγή εκπέμπει με ρυθμό ένα φωτόνιο κάθε φορά προς μια κάθετη επιφάνεια που περιέχει δύο σχισμές. Πίσω από αυτήν την επιφάνεια υπάρχει μια άλλη επιφάνεια στην οποία προσπίπτουν όσα φωτόνια καταφέρουν να διέλθουν από τις σχισμές αποτυπώνοντας κάποιο ίχνος σε αυτήν. Με την πάροδο του χρόνου αρχίζει να εμφανίζεται μια κατανομή από ίχνη πρόσπτωσης πάνω στην τελική επιφάνεια. Και το ερώτημα που τίθεται: Ποια είναι η πιθανότητα να εμφανιστεί ένα συγκεκριμένο ίχνος;

Η πρώτη σκέψη κάποιου – σύμφωνα με τον Putnam – είναι να επικαλεστεί την κλασική θεωρία πιθανοτήτων γεννημένη εντός του κλασικού λογικού πλαισίου.

90 Βέβαια η συγκεκριμένη άποψη του Putnam έχει αναθεωρηθεί από τον ίδιο (Putnam et al. 2012, σ. 170). Ένα από τα επιχειρήματα της αναθεώρησης είναι το γεγονός ότι η αιτιώδης ανωμαλία της «μη τοπικότητας» δεν εξαφανίζεται αν κάποιος χρησιμοποιήσει τρίτιμη λογική.

Συγκεκριμένα αν συμβολίσουμε με «Π» την πρόταση «το φωτόνιο προσπίπτει στο σημείο Π της επιφάνειας», « Σ_1 » την πρόταση «το φωτόνιο διέρχεται από την πρώτη σχισμή», και « Σ_2 » την πρόταση «το φωτόνιο διέρχεται από την δεύτερη σχισμή» τότε η κλασική δεσμευμένη πιθανότητα P(Π| $\Sigma_1 \vee \Sigma_2$)[91] υπολογίζεται ακολουθώντας τα εξής αλγεβρικά βήματα:

$$P(\Pi|\ \Sigma_1 \vee \Sigma_2\ ) = \frac{P(\Pi \wedge (\Sigma_1 \vee \Sigma_2))}{P(\Sigma_1 \vee \Sigma_2)} \overset{(1)}{=} \frac{P((\Pi \wedge \Sigma_1) \vee (\Pi \wedge \Sigma_2))}{P(\Sigma_1 \vee \Sigma_2)} =$$

$$= \frac{P(\Pi \wedge \Sigma_1)}{P(\Sigma_1 \vee \Sigma_2)} + \frac{P(\Pi \wedge \Sigma_2)}{P(\Sigma_1 \vee \Sigma_2)} = \frac{P(\Pi \wedge \Sigma_1)}{2 * P(\Sigma_1)} + \frac{P(\Pi \wedge \Sigma_2)}{2 * P(\Sigma_2)} =$$

$$= \frac{1}{2} P(\Pi|\Sigma_1) + \frac{1}{2} P(\Pi|\Sigma_2) \ .$$

Ωστόσο η συγκεκριμένη πιθανότητα που υπολογίζει κάποιος μέσω χρήσης της κλασικής λογικής, δεν αντιστοιχεί στην παρατηρούμενη πιθανότητα. Δεν είναι όμως το μόνο εμπειρικό έρεισμα που δημιουργεί σκεπτικισμό. Ο Putnam χρησιμοποιεί και το εμπειρικό δεδομένο της αδυνατότητας ύπαρξης πειραματικών διατάξεων που θα μπορούσαν να μετρήσουν ταυτόχρονα με απόλυτη ακρίβεια τα φυσικά μεγέθη της θέσης και της ορμής (η αρχή της συμπληρωματικότητας (**complementarity**)). Που θα μπορούσε να οδηγήσει αυτή η διαπίστωση;

Ας συμβολίσουμε με «Ο» το μέγεθος της ορμής ενός ηλεκτρονίου και με «Θ» το μέγεθος της θέσης του ηλεκτρονίου. Κατόπιν με $O_1, O_2, ..., O_n$ και $\Theta_1, \Theta_2, ..., \Theta_n$ τις προτάσεις που διατυπώνουν ότι τα παραπάνω μεγέθη κατέχουν συγκεκριμένες τιμές μέσα από το δυνατό εύρος τιμών. Η αρχή της συμπληρωματικότητας καθιστά οποιαδήποτε σύζευξη της μορφής $O_i \wedge \Theta_j$ ψευδή ακόμα και αν π.χ. γνωρίζουμε ότι το ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε μια δεδομένη θέση Θ_e . Συνεπώς η διάζευξη $(\Theta_e \wedge O_1) \vee (\Theta_e \wedge O_2) ... \vee (\Theta_e \wedge O_n)$ είναι ψευδής. Όμως σύμφωνα με τον κλασικό τρόπο λογίκευσης αυτή η διάζευξη είναι ισοδύναμη με την σύζευξη $\Theta_e \wedge (O_1 \vee O_2 ... \vee O_n)$. Για να είναι ψευδής αυτή η σύζευξη θα πρέπει η διάζευξη $O_1 \vee O_2 ... \vee O_n$ να είναι ψευδής. Το αποτέλεσμα; Η απουσία Ρεαλισμού για την φυσική ποσότητα της ορμής.

Γιατί οδηγηθήκαμε όμως σε αυτές τις λανθασμένες εκτιμήσεις; Άλλωστε σε όλη την πορεία του συλλογισμού ακολουθήσαμε την κλασική λογίκευση, δηλαδή εκείνο το «αναγκαίο» περίγραμμα που εφαρμόζουμε στην εμπειρία μας προκειμένου να αντιλαμβανόμαστε τι παραμένει σταθερό σε αυτήν. Ο Putnam καταλήγει στο συμπέρασμα ότι και στις δύο περιπτώσεις ο βασικός νόμος της επιμεριστικότητας (1) στην κλασική λογική αποτυγχάνει να καθοδηγήσει ορθά τον λογικό μας συμπερασμό. Ως εκ τούτου φαίνεται ότι η κλασική λογική δεν μπορεί να αποτελέσει εκείνο το αναγκαίο περίγραμμα που καθοδηγεί τους συλλογισμούς μας. Υπάρχει όμως τρόπος να υπολογιστεί η παρατηρούμενη πιθανότητα στο πείραμα των δύο

91 Δηλαδή η πιθανότητα το φωτόνιο να προσπέσει στο σημείο Π της τελικής επιφάνειας δεδομένου ότι έχει περάσει από τις σχισμές Σ_1 ή Σ_2 .

σχισμών και να αποφευχθεί το παράδοξο της απουσίας Ρεαλισμού;

Ναι υπάρχει, ο φορμαλισμός της κβαντικής μηχανικής την υπολογίζει επιτυχώς. Ένας φορμαλισμός η αναπαράσταση του οποίου έχει μια σημαντικά διαφορετική λογική δομή από την αναπαράσταση του χώρου φάσης των προτάσεων της κλασικής μηχανικής. Η αναπαράσταση αυτή καλείται **χώρος Hilbert**. Σε αυτήν την αναπαράσταση κάθε στοιχειώδης φυσική πρόταση αντιστοιχεί σε μια ευθεία που περνά από την αρχή ενός διανυσματικού χώρου, δηλαδή σε έναν υπόχωρο διάστασης 1. Τι θεωρείται **στοιχειώδης φυσική πρόταση**; Είναι μια πρόταση που δηλώνει ότι μια φυσική ποσότητα έχει μια συγκεκριμένη τιμή. Ως εκ τούτου, για κάθε δυνατή τιμή μιας φυσικής ποσότητας υπάρχει μια στοιχειώδης πρόταση που την δηλώνει και κατ' επέκταση μια ευθεία στον χώρο Hilbert που την αναπαριστά. Για μια δεδομένη φυσική ποσότητα, όλες οι ευθείες του χώρου Hilbert που αναπαριστούν τις διαφορετικές τιμές της είναι κάθετες ανά δύο[92]. Δικαίως, αποτελούν ένα σύστημα συντεταγμένων για τον χώρο Hilbert εντός του οποίου αναπαρίσταται η φυσική κατάσταση ενός συστήματος ως ένα διάνυσμα. Αν ενδιαφερθούμε για κάποια άλλη φυσική ποσότητα που περιγράφει το φυσικό μας σύστημα, τότε οι ευθείες που αναπαριστούν τις στοιχειώδεις προτάσεις αυτής της φυσικής ποσότητας θα σχηματίζουν μια γωνία (όχι 90°) σε σχέση με τις ευθείες που αναπαριστούν τις στοιχειώδεις προτάσεις μιας άλλης φυσικής ποσότητας. Πώς όμως μπορούμε να δημιουργήσουμε πιο σύνθετες προτάσεις σε αυτήν την αναπαράσταση; Αυτό συντελείται με τους ακόλουθους αλγεβρικούς τελεστές ή πράξεις επί των υποχώρων $\Upsilon(\pi)$ που αναπαριστούν τις στοιχειώδεις φυσικές προτάσεις μας «π»:

- $\Upsilon(\pi_1 \vee \pi_2)$ = ο υπόχωρος που συμπεριλαμβάνει κάθε γραμμικό συνδυασμό των υπόχωρων $\Upsilon(\pi_1)$ και $\Upsilon(\pi_2)$. Δηλαδή αν οι υπόχωροι $\Upsilon(\pi_1)$ και $\Upsilon(\pi_2)$ είναι **ευθείες διάστασης 1**, τότε η πράξη της κβαντικής διάζευξης παράγει τον υπόχωρο $\Upsilon(\pi_1 \vee \pi_2)$ που είναι το **επίπεδο** που αυτές ορίζουν.

92 Για χώρους μεγαλύτερους από τρεις διαστάσεις, η ορθογωνιότητα δεν έχει την συνήθη γεωμετρική εικόνα, αλλά εκφράζει τον μηδενισμό του εσωτερικού γινομένου σε αυτόν τον χώρο.

- $\Upsilon(\pi_1 \wedge \pi_2)$ = η τομή των υπόχωρων $\Upsilon(\pi_1)$ και $\Upsilon(\pi_2)$.

- $\Upsilon(\neg\pi)$ = το ορθογώνιο συμπλήρωμα του υποχώρου $\Upsilon(\pi)$, το οποίο αποτελείται από το σύνολο των υποχώρων που είναι ορθογώνιοι στον υπόχωρο $\Upsilon(\pi)$.

Οι παραπάνω κανόνες, σύμφωνα με τον Putnam, μπορούν κάλλιστα να επεκταθούν ώστε να συμπεριλάβουν ποσοδείκτες, μιας και ως γνωστόν ο υπαρξιακός ποσοδείκτης λειτουργεί όπως μια επεκτεταμένη διάζευξη και ο καθολικός ποσοδείκτης ως μια επεκτεταμένη σύζευξη. Όσον αφορά την υλική συνεπαγωγή ορίζεται από την εξής σχέση :

- Η $\pi_1 \leq \pi_2$ αναπαρίσταται από τον συνολοθεωρητικό εγκλεισμό όπου ο υπόχωρος $\Upsilon(\pi_1)$ εμπεριέχεται στον υπόχωρο $\Upsilon(\pi_2)$.

Μέχρι τώρα όμως είδαμε το **συντακτικό** μέρος της αναπαράστασης των φυσικών προτάσεων μέσω του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής. Ποια είναι όμως η **σημασιολογία** των προηγούμενων συντακτικών κανόνων;

Εντός του διανυσματικού χώρου που αναπαρίστανται οι φυσικές προτάσεις, αναπαρίσταται και η φυσική κατάσταση του συστήματος ως ένα διάνυσμα μοναδιαίου μήκους (ισοδύναμα ως μονοδιάστατη ευθεία-υπόχωρος). Τι καθιστά αληθή μια φυσική πρόταση; Η περίπτωση που το διάνυσμα - που αναπαριστά την φυσική κατάσταση του συστήματος – κείτεται εντός του υποχώρου που αναπαριστά την φυσική πρόταση. Ως συνέπεια αυτού, η πρόταση που αναπαρίσταται από ολόκληρο τον διανυσματικό χώρο είναι ταυτολογικά αληθής, μιας και το διάνυσμα της φυσικής κατάστασης του συστήματος πάντα βρίσκεται εντός αυτού του χώρου, ενώ η κοινή αρχή όλων των διανυσμάτων του διανυσματικού χώρου – ήτοι το κοινό σημείο όλων των υποχώρων - λαμβάνεται ως ταυτολογικά ψευδής. Όταν λοιπόν εντός ενός υποχώρου βρίσκεται το διάνυσμα της φυσικής κατάστασης του συστήματος, τότε όλες οι προτάσεις που αναπαρίστανται από τους κάθετους υπόχωρους - ως προς αυτόν - καθίστανται ψευδείς. Αυτή ακριβώς η σημασιολογική απόδοση, δεν αποδίδει όμως κάποια αληθοτιμή στις προτάσεις-υπόχωρους που σχηματίζουν γωνία (διάφορη των 90°) με τον «αληθή» υπόχωρο μας. Αυτές απλά καθίστανται «**απροσδιόριστες**», γιαυτό και χαρακτηρίζονται ως ασύμβατες ή μη-συμμετρήσιμες (**incompatible - incomeasurable**) με το σύνολο των «αληθών-ψευδών» υποχώρων μας. Η υλική συνεπαγωγή εδώ καθιστά μια πρόταση αληθή αρκεί ο υπόχωρος που την αναπαριστά να εμπεριέχει τον υπόχωρο που φιλοξενεί το διάνυσμα της φυσικής κατάστασης του συστήματος.

Ο Putnam βλέποντας ότι η κλασική λογίκευση αποτυγχάνει να υπολογίσει την παρατηρούμενη πιθανότητα - σε συνδυασμό με ότι υπάρχει ο ανωτέρω εμπειρικά επιτυχής φορμαλισμός που την υπολογίζει - καταλήγει στο συμπέρασμα ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουμε «απλά την λογική που υπαγορεύει ο χώρος Hilbert» (Putnam 1968, σ. 179). Όμως ο Putnam δεν είναι πρόθυμος να εγκαταλείψει όλες τις ρεαλιστικές του δεσμεύσεις για αυτόν τον σκοπό. Τουναντίον θα προσπαθήσει η υιοθέτηση του κβαντικού τρόπου λογίκευσης να παρουσιαστεί ως μια συνέχιση των προηγούμενων επιστημονικών θεωριών με σκοπό την διατήρηση της διαθεωρητικής αναφοράς μεταξύ των κλασικών θεωρητικών πλαισίων και του πλαισίου της κβαντικής μηχανικής, απόρροια της θέσης του σημασιολογικού εξωτερικισμού που αυτός πρέσβευε την συγκεκριμένη περίοδο. Αυτό έχει ως συνέπεια να προσπαθήσει να δείξει ότι οι σύνδεσμοι της κβαντικής λογικής επί της ουσίας διατηρούν το κλασικό τους νόημα. Πώς το επιχειρεί αυτό;

Ο Putnam θεώρησε ότι το νόημα των συνδέσμων της κβαντικής λογικής λαμβάνεται μόνο από τους τυπικούς κανόνες που αυτοί ακολουθούν. Προς αυτήν την κατεύθυνση βοήθησε και το γεγονός ότι είχαν και έχουν υπάρξει πολλές προσπάθειες αφαίρεσης της κβαντικής λογικής από την πηγή της προέλευσής της - τον χώρο Hilbert – προς μια πιο τυπική μορφή θεμελίωσης, τα γενικά λογικά πλέγματα προτασιακών συστημάτων ή **lattices** όπως αυτά καλούνται στην διεθνή βιβλιογραφία. Μάλιστα αυτά τα λογικά πλέγματα - τα οποία εφεξής θα τα αποκαλούμε απλά lattices ή πιο ειδικά **ortholattices** – που προκύπτουν από αυτήν την προσπάθεια αφαίρεσης, ικανοποιούν τον ίδιο πυρήνα κανόνων (αξιωμάτων) που ικανοποιούν και οι άλγεβρες Boole εκτός από τον κανόνα της επιμεριστικότητας (distributivity). Αυτή

ακριβώς η ιδιότητα - σύμφωνα με τον Putnam - αφήνει αναλλοίωτο το νόημα των λογικών συνδέσμων, κατά την μετάβαση από την κλασική λογική στην κβαντική λογική αφού το μόνο που καταργείται είναι ο επιμεριστικός νόμος. Μάλιστα για να μην φανεί το επιχείρημά του ad-hoc προσπάθησε να εξηγήσει επίσης το νόημα των κβαντικών λογικών συνδέσμων με οπερασιοναλιστικούς όρους βασιζόμενος σε αυτό που ο Finkelstein αποκαλεί λογική των tests. Τώρα ο Putnam ήταν έτοιμος να ερμηνεύσει τα προηγούμενα παράδοξα του πειράματος των δύο σχισμών και της απουσίας ρεαλισμού για τις μετρήσιμες ιδιότητες όπως η ορμή ενός σωματιδίου.

Ως προς το πείραμα των δύο σχισμών, απλά αποδίδει την αποτυχία προσδιορισμού της παρατηρούμενης πιθανότητας στην χρήση του επιμεριστικού κανόνα (1), ενός κανόνα ασύμβατου με την κβαντική λογική, χωρίς όμως να προσπαθήσει να εξηγήσει το πώς αυτό το γεγονός ερμηνεύει το φαινόμενο της συμβολής που δημιουργούν τα παρατηρούμενα ίχνη πρόσπτωσης των φωτονίων.

Ως προς την απουσία ρεαλισμού κάνει χρήση μέρους της σημασιολογίας της κβαντικής λογικής όπως αυτή ορίζεται μέσω του χώρου Hilbert. Συγκεκριμένα ερμηνεύει την διάζευξη $O_1 \vee O_2 ... \vee O_n$ ως μια κβαντική διάζευξη η οποία όπως έχει οριστεί εντός του χώρου Hilbert είναι ταυτολογικά ισοδύναμη με όλον τον χώρο Hilbert και επομένως ταυτολογικά αληθής. Συνεπώς, αφού το διάνυσμα που αναπαριστά την φυσική κατάσταση του ηλεκτρονίου βρίσκεται κάπου εντός αυτού του χώρου αυτό ερμηνεύεται από τον Putnam ως να έχει το ηλεκτρόνιο καθορισμένη ορμή πάντα. Αυτό θα ισχύει για οποιαδήποτε ιδιότητα του ηλεκτρονίου ακόμα και για την θέση του μιας και η διάζευξη $\Theta_1 \vee \Theta_2 ... \vee \Theta_n$ ταυτίζεται και αυτή με ολόκληρο τον υπό εξέταση χώρο Hilbert. Είναι όμως οι παραπάνω συλλογισμοί αρκετοί για να επιλύσουν τα παράδοξα των πειραματικών δεδομένων;

Δυστυχώς το πρώτο δάγκωμα του «μήλου» του Quine δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο Gardner (1971) διαπίστωσε ότι στην πραγματικότητα ο επιμεριστικός λογικός νόμος στο πείραμα των δύο σχισμών ισχύει, μια διαπίστωση που ο Gibbins (1981) την παρουσίασε με αρκετά περιεκτικό και σαφή τρόπο. Συγκεκριμένα, απέδειξε ότι οι προτάσεις-υπόχωροι Σ_1 - «το φωτόνιο διέρχεται από την πρώτη σχισμή» και Σ_2 - «το φωτόνιο διέρχεται από την δεύτερη σχισμή» είναι ασύμβατες (incompatible) με την πρόταση-υπόχωρο Π - «το φωτόνιο προσπίπτει στο σημείο Π της επιφάνειας» και αυτό διότι και τα δύο μέλη του επιμεριστικού νόμου είναι ταυτολογικά ψευδή μιας και αντιστοιχούν στο μηδενικό διάνυσμα του χώρου Hilbert, το οποίο εξασφαλίζει την ισχύ του επιμεριστικού νόμου στο πείραμα των δύο σχισμών. Βέβαια μπορεί το ανωτέρω συμπέρασμα - σύμφωνα με τον Redhead (Clark and Hale 1994, σ. 168) - να παρακίνησε τον Putnam να προσπαθήσει να βελτιώσει την προσέγγιση του, ωστόσο δεν επρόκειτο για ένα απόλυτα ακριβές επιχείρημα. Για να διερευνήσει κάποιος τον επιμεριστικό νόμο στο πλαίσιο του πειράματος των δύο σχισμών, είναι χρήσιμο να λάβει υπόψιν του την απόσταση «Α» μεταξύ της επιφάνειας των δύο σχισμών και της τελικής επιφάνειας πρόσπτωσης. Στην περίπτωση που η απόσταση «Α» είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με το μήκος κύματος του φωτός που χρησιμοποιείται, ο επιμεριστικός νόμος αποτυγχάνει για οποιοδήποτε σημείο της επιφάνειας πρόσπτωσης. Η εγκυρότητα του επιμεριστικού

νόμου επιτεύχθηκε από τον Gardner υπό συνθήκες μικρών αποστάσεων μεταξύ των δύο επιφανειών, καθιστώντας περιττά τα σημεία της επιφάνειας πρόσπτωσης που δεν περιέχονταν στο παρατηρούμενο επί αυτής είδωλο περίθλασης των δύο σχισμών (Stachel 1986, σ. 307, 348). Ως εκ τούτου, χωρίς να γνωρίζει κάποιος την τιμή της απόστασης «Α» δεν μπορεί να αποφανθεί ως προς το αν ο επιμεριστικός νόμος αποτυγχάνει ή όχι στο πείραμα των δύο σχισμών, ένδειξη που ισχυροποιεί την πλαισιακή θεώρηση της συμπληρωματικότητας.

Ο ρεαλισμός που φάνηκε να επιζητεί ο Putnam ως προς οποιαδήποτε φυσική ιδιότητα ενός σωματιδίου δεν απέδωσε την λεπτομέρεια με την οποία θα έπρεπε να τεθεί το ερώτημα του ρεαλισμού στην συγκεκριμένη περίπτωση. Επί της ουσίας αυτό που προβληματίζει έναν ρεαλιστή είναι π.χ. ως προς τον ρεαλισμό της Θέσης ενός σωματιδίου - όπως π.χ. αυτό διατυπώνεται εντός της πειραματικής διάταξης των δύο σχισμών – είναι για το αν η πράξη της μέτρησης (πρόσπτωση στην φωτογραφική πλάκα) αποκαλύπτει μια προϋπάρχουσα θέση ακριβώς πριν την πρόσπτωση, *χωρίς η πράξη της μέτρησης να την διαμορφώνει*. Τέτοιες όμως ρεαλιστικές προσδοκίες δεν θα μπορούσαν να επιβεβαιωθούν αν κάποιος υιοθετούσε την κβαντική λογική. Αρκεί να αναλογιστούμε ένα απλό πείραμα στο οποίο δημιουργούμε ένα ηλεκτρόνιο με μια δεδομένη ορμή p με κατεύθυνση μια φωτογραφική πλάκα και την μετέπειτα εμφάνιση ενός ίχνους σε μια συγκεκριμένη θέση χ της πλάκας. Αν η πράξη της μέτρησης (πρόσπτωση) απλώς αποκαλύπτει μια προϋπάρχουσα θέση, τότε ακριβώς πριν την πρόσπτωση μπορούμε να πούμε ότι το ηλεκτρόνιο είχε ταυτόχρονα ορμή p και θέση χ. Όμως στην κβαντική λογική η πρόταση «το ηλεκτρόνιο έχει ορμή p $\wedge$ το ηλεκτρόνιο έχει θέση χ» είναι ταυτολογικά ψευδής. Κανένα διάνυσμα του χώρου Hilbert που αναπαριστά την φυσική κατάσταση του ηλεκτρονίου δεν μπορεί να προσδώσει σημασιολογική τιμή «αληθής» σε αυτήν πρόταση.

Ούτε ακόμα και η θέση περί διατήρησης του νοήματος των λογικών συνδέσμων κατά την μετάβαση από την κλασική λογική στην κβαντική λογική απέδιδε τα πραγματικά σημασιολογικά χαρακτηριστικά των συνδέσμων της κβαντικής λογικής. Αυτό έγινε εμφανές σε άρθρα όπως των Bell και Hallett (1982) όπου κατέστησαν σαφές ότι ο Putnam αγνοεί τον τρόπο που οι λογικοί σύνδεσμοι διαμορφώνονται εντός της δομής του χώρου Hilbert, ο οποίος είναι αυτός που ουσιαστικά δίνει νόημα στους κβαντικούς λογικούς συνδέσμους και όχι απλά η ικανοποίηση τυπικών κανόνων της λογικής. Και όπως φαίνεται από το παρακάτω απόσπασμα είχε εσφαλμένη άποψη όσον αφορά την ερμηνεία τους στην πρώιμη περίοδό του:

> «έκρινα ότι η κβαντική λογική διάζευξη ήταν επιλεκτική (selective): Η διάζευξη $q_1 \vee q_2 \ldots \vee q_n$ σήμαινε ότι υπήρχε κάποιος δείκτης j για τον οποίο η q_j είναι αληθής...ο εν λόγω δείκτης j ίσως πράγματι είναι υπεράνω των ανθρώπινων δυνατοτήτων για να προσδιορισθεί. Αλλά ακόμα και αν δεν μπορούσαμε να προσδιορίσουμε αυτόν τον δείκτη j, υποτίθεται ότι από ένα θεϊκό σημείο αναφοράς υπήρχε ένας τέτοιος δείκτης j.» (Clark and Hale 1994, σ. 276)

Το σφάλμα της παραπάνω δήλωσης γίνεται εμφανές αν προσπαθήσουμε να συγκρίνουμε τους δύο τελεστές διάζευξης στην κλασική και κβαντική λογική. Η κλασική πράξη της ένωσης δύο συνόλων, – μέσω της οποίας αναπαρίσταται ο λογικός

σύνδεσμος της διάζευξης στην κλασική λογική – επιδρά μόνο επί των σημείων των δύο συνόλων παράγοντας την ενοποιητική εικόνα ενός συνόλου που απλά εμπεριέχει συγκεντρωτικά όλα αυτά τα σημεία. Η κβαντική πράξη της ένωσης όμως είναι θεμελιωδώς διαφορετική. Η κβαντική πράξη της ένωσης δύο υποχώρων δεν είναι απλά η συνολοθεωρητική κλασική ένωση των σημείων αυτών των υποχώρων. Τουναντίον επιδρά και σε σημεία πέραν αυτών που εφαρμόζεται η ένωση, γιαυτό και ενώ ξεκινάμε να «ενώσουμε» κβαντικά δύο ευθείες καταλήγουμε να λαμβάνουμε ως αποτέλεσμα της ένωσης το επίπεδο που ορίζουν αυτές. Αυτό έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση νοήματος. Γιατί ακόμα και αν το καταστατικό διάνυσμα που αναπαριστά την φυσική κατάσταση ενός συστήματος κείτεται επί του επιπέδου που παράγει η κβαντική ένωση δύο ευθειών, – και επομένως καθιστά αληθή την πρόταση που αναπαρίσταται από αυτό το επίπεδο - αυτό δεν σημαίνει ότι θα πρέπει το καταστατικό διάνυσμα να κείτεται ακριβώς επί κάποιας από τις δύο αρχικές ευθείες-υπόχωροι. Αν δεν συμβαίνει αυτό, θα μπορούμε τότε να έχουμε μια αληθή κβαντική ένωση χωρίς να έχουμε αληθείς του αρχικούς υποχώρους που ενώσαμε και κατ' επέκταση τις προτάσεις που αυτοί αναπαριστούν. Συνεπώς οι κβαντικοί σύνδεσμοι είναι θεμελιωδώς διαφορετικοί από τους κλασικούς συνδέσμους οι οποίοι είναι συναρτησιακά αληθείς, δηλαδή υπόκεινται στους αληθο-συναρτησιακούς πίνακες, ενώ οι κβαντικοί σύνδεσμοι δεν τους ακολουθούν πάντα.

Αυτή ακριβώς η λανθασμένη αντίληψη που είχε ο Putnam περί της κβαντικής διάζευξης τον απέτρεψε να πετύχει τον στόχο του να προσδώσει μια εμπειρική διάσταση - στην δική του εκδοχή περί κβαντικής λογικής – μέσω της λογικής των tests του Finkelstein, προσπαθώντας να θεμελιώσει την σημασιολογία επαληθευσιοκρατικά. Το πλαίσιο διεξαγωγής ενός **test** περιελάμβανε την χρήση δεσμών από σωματίδια (**beams**) και επιφανειών (**filters**) που είχαν την ιδιότητα να επιτρέπουν την διέλευση των σωματιδίων που είχαν μια συγκεκριμένη ιδιότητα P και να απορροφούν εκείνα τα σωματίδια που δεν την είχαν. Ο Putnam και ο Finkelstein προσπάθησαν να δείξουν ότι η λογική δομή του συνόλου αυτών των tests ήταν ισοδύναμη με την λογική δομή του χώρου Hilbert και κατά συνέπεια την κβαντική λογική. Ωστόσο απέτυχαν να ορίσουν και επί της ουσίας να αποδείξουν την ύπαρξη της διάζευξης στο σύνολο αυτών των test (την ύπαρξη της διάζευξης δύο test ως το test που αποτελεί το ελάχιστο άνω φράγμα αυτών στον χώρο των tests), ώστε να τεκμηριώσουν την λογική δομή των ortholattices στον χώρο των tests και να αναδείξουν έτσι την αντιστοιχία μεταξύ της δομής διαδικαστικών tests και της δομής του χώρου Hilbert (Hellman 1980, σ. 503).

Παρά τις ανωτέρω δυσκολίες που ανάδειξε η κριτική στο πρώιμο έργο του, ο Putnam δεν εγκατέλειψε ποτέ τον ρεαλισμό, τουλάχιστον όχι όπως τον αντιλαμβανόταν ο ίδιος:

> «Εγώ πάντα θεωρούσα τον εαυτό μου έναν επιστημονικό ρεαλιστή, αν και φυσικά όχι μόνο έναν επιστημονικό ρεαλιστή.» (Putnam et al. 2012, σ. 55)

Πώς όμως θα μπορούσε να συμφιλιωθεί η ρεαλιστική θέση με τα εμπειρικά ερείσματα της κβαντικής μηχανικής όπως αυτά του πειράματος των δύο σχισμών και

κατά συνέπεια της κβαντικής λογικής; Χρειάστηκε πραγματικά να μεταβεί στην εγελιανή «αντίθεση» της αρχικής του θέσης για να αποπειραθεί να τις συμφιλιώσει. Η μετατόπιση όμως αυτή συνέβη βαθμιαία. Μέχρι να συμβεί αυτό, η έννοια της αλήθειας που υιοθέτησε στην πρώιμη περίοδο του ήταν φανερά εξαρτώμενη από τις αρχικές πεποιθήσεις του περί ρεαλισμού και λογικής. Τι όμως διαφοροποιούσε την περί αλήθειας θέση του από τον βασικό πυρήνα της έννοιας της Αλήθειας; Αυτό είναι και το αντικείμενο της επόμενης υποενότητας.

4.2.3 Αλήθεια στον «πρώιμο» Putnam

Θεμελιώδες στοιχείο του μεταφυσικού ρεαλισμού αποτελεί η αντιστοιχιστική θεωρία της αλήθειας η οποία δεν εξαντλείται στην απλή κοινοτοπία περί συμφωνίας με την πραγματικότητα αλλά προσδοκά να χαρακτηρίσει την έννοια της αλήθειας ως μια ουσιώδη ιδιότητα[93] και να παράσχει τον μηχανισμό αντιστοιχίας (αναφοράς) μιας αληθούς πρότασης με την κατάσταση πραγμάτων που αυτή αναπαριστά.

Ο Putnam ως υποστηρικτής της μεταφυσικής βάσης του επιστημονικού ρεαλισμού στην πρώιμη περίοδο του ήταν επόμενο να υιοθετήσει μια αντιστοιχιστικού τύπου εκδοχή θεωρίας αλήθειας εμφανή σε σχόλια του τύπου «...υπάρχει παρ' όλα αυτά μια τέτοια αντιστοιχία, και εξηγεί την επιτυχία του τι κάνει κάποιος». (Putnam 1978, σ. 111). Η εκδοχή του Putnam για την αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας παρέκκλινε από τις παραδοσιακές εκδοχές με δύο ενδιαφέρουσες καινοφανείς οπτικές (Stoutland 2002, σ. 4).

Η πρώτη παρέκκλιση αποσύνδεσε τον μηχανισμό κατανόησης μιας γλώσσας από την έννοια της αλήθειας και κατ' επέκταση την έννοια της αναφοράς: «Η υπονοούμενη γνώση των συνθηκών αληθείας δεν προϋποτίθεται με κανέναν τρόπο από την κατανόηση μιας γλώσσας» (Putnam 1978, σ. 110). Αντίθετα συσχέτισε την κατανόηση μιας πρότασης ή ενός όρου με την χρήση τους, σύμφωνα με τον τρόπο που γενικά χρησιμοποιούνται από το σύνολο των ομιλούντων μια δεδομένη γλώσσα (Putnam 1978, σ. 99), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο Putnam εννοούσε ότι οι προτάσεις και οι όροι που χρησιμοποιούνται δεν αναφέρονται σε κάποιες καταστάσεις πραγμάτων. Η συγκεκριμένη αποσύνδεση της χρήσης με την αντιστοιχία προϋπόθετε την διάκριση μεταξύ του χαρακτηρισμού μιας γλώσσας και του προσδιορισμού της ερμηνείας της, μια διάκριση που πηγάζει από την θεωρητική μελέτη διαφόρων τυπικών γλωσσών και την οποία ο Putnam επιχείρησε να την εφαρμόσει και στις γλώσσες της επιστήμης και της καθημερινότητας. Έτσι οι ομιλητές μπορούν να χρησιμοποιούν τις εκφράσεις μιας γλώσσας χωρίς απαραιτήτως να γνωρίζουν την ερμηνεία τους, δηλαδή, χωρίς να κατέχουν την γνώση σε ποιες καταστάσεις πραγμάτων αυτές αντιστοιχούν ή σε ποια αντικείμενα αναφέρονται. Πώς όμως επιτυγχάνουμε να γνωρίσουμε την σωστή ερμηνεία των εκφράσεων της γλώσσας που

93 Ο όρος «ουσιώδης ιδιότητα» αφορά μια ιδιότητα που καθορίζει τα περιστατικά στα οποία αυτή εμφανίζεται και όχι μια ιδιότητα που καθορίζεται από αυτά τα περιστατικά (όπως η έννοια του συνόλου που καθορίζεται από τα μέλη του).

χρησιμοποιούμε;

Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα μας φέρνει στην επόμενη παρέκκλιση από τις παραδοσιακές αντιστοιχιστικές θεωρίες αλήθειας. Ο Putnam θεμελίωσε την αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας του όχι πάνω σε μια ανάλυση των εννοιών της αλήθειας, της αναφοράς και των σχετικών εννοιών (όπως νόημα, βεβαίωση, πεποίθηση, μαρτυρία), αλλά πάνω σε μια εμπειρική θεωρία ο σκοπός της οποίας ήταν να εξηγήσει γιατί οι τρόποι που χρησιμοποιούμε εκφράσεις στην επιστήμη και στην καθημερινή ζωή είναι επιτυχείς από διάφορες απόψεις. Το ζητούμενο για να είναι επιτυχής μια γλώσσα – είτε επιστημονική είτε κοινή – είναι να μας καθιστά ικανούς να προβλέπουμε και να εξηγούμε ένα ευρύ φάσμα φαινομένων είτε επιστημονικών είτε της καθημερινότητας μακροπρόθεσμα.

> «...η αναφορά και η αλήθεια ερμηνεύεται με τέτοιον τρόπο [τουλάχιστον στις συνήθεις περιστάσεις] ώστε οι προτάσεις να τείνουν να γίνονται αποδεκτές μακροπρόθεσμα μόνο και μόνο αν αυτές είναι αληθείς, και τα κατηγορήματα θα εφαρμόζονται στα πράγματα μόνο και μόνο αν αυτά τα πράγματα έχουν τις ιδιότητες που αντιστοιχούν σε αυτά τα κατηγορήματα». (Putnam 1975b, σ. 289)

Όλες αυτές οι επιστημονικές θεωρίες που προσδοκούν να αναλάβουν ρόλο επεξήγησης της εμπειρίας, δεν αποτελούν «αυτόνομες» θεωρίες αλήθειας αλλά στοιχεία μιας πιο διευρυμένης μεταθεωρίας η οποία επιδιώκει να λειτουργήσει ως μια θεωρία αλήθειας (Putnam 1994, σ. 303, 304). Αυτή η θεωρία αλήθειας δεν εξαντλείται στη χρήση βεβαιωτικών σχημάτων αλήθειας, αφήνοντας έτσι το περιθώριο λάθους στις επεξηγηματικές δυνατότητες των εκάστοτε επιστημονικών θεωριών. Στην παρουσία σφάλματος, νέες επιστημονικές θεωρίες – εμπλουτισμένες με περισσότερες αληθείς προτάσεις – θα επιχειρήσουν να το διορθώσουν, επιτυγχάνοντας έτσι την σύγκλιση διαμέσου της διαθεωρητικής αναφοράς προς τη μοναδική αληθή περιγραφή της πραγματικότητας. Προϋπόθεση για την εφαρμογή της διαθεωρητικής αναφοράς είναι η θεώρηση ότι τα αντικείμενα – στα οποία καταλήγει η αναφορά σε κάθε εκδοχή των επιστημονικών θεωριών – είναι μέλη της ίδιας καθορισμένης και μοναδικής συλλογής αντικειμένων που αποτελεί την πραγματικότητα. Η βελτίωση μιας επιστημονικής θεωρίας αφορά μόνο τον τρόπο οργάνωσης ή κατηγοριοποίησης αυτών των αντικειμένων ανάλογα με την γλώσσα της επιστημονικής θεωρίας που χρησιμοποιούμε.

4.3 Συντεταγμένες του «ενδιάμεσου» Putnam στον χώρο Ρ x Λ x Α

4.3.1 Ρεαλισμός στον «ενδιάμεσο» Putnam

Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1970 και σχεδόν όλη την δεκαετία του 1980, ο Putnam εγκατέλειψε την μακρόχρονη υπεράσπιση του Μεταφυσικού Ρεαλισμού μέσα από το πρίσμα του πρώιμου Επιστημονικού του Ρεαλισμού. Τι ήταν αυτό που τον έκανε να

αλλάξει θέση ως προς τον άξονα του ρεαλισμού και ποια είναι η συντεταγμένη της ενδιάμεσης θέσης του; Ο Norris (2001) παρουσιάζει μια λίστα μερικών από τα επιχειρήματα και τις θεωρίες που φαίνεται να άσκησαν επίδραση στην φιλοσοφική σκέψη του Putnam για να τον ωθήσουν να διαμορφώσει την επόμενη θέση του:

- Η θεωρία της «Οντολογική Σχετικότητας» του Quine (1951).
- Η τάση του Wittgenstein (1953) να θεωρεί εν τέλει την επιστημολογική έρευνα ως ένα «γλωσσικό - παίγνιο».
- Η αντίθεση του Goodman (1978) ως προς την ιδέα ενός προκατασκευασμένου (ready-made) κόσμου και η έμφαση στην διαπίστωση ότι πολλές εκδοχές της πραγματικότητας είναι συμβατές με το ίδιο σύνολο εμπειρικών δεδομένων.
- Η λογικό-σημασιολογική θέση του Dummett (1978) για τον αντιρεαλισμό.
- Γνωστά παράδοξα στην θεωρία συνόλων συμπεριλαμβανομένου και του προβλήματος των μερεολογικών αθροισμάτων.
- Η ίδια η άποψη του Putnam (1983, σσ. 46-68, 248-270) ότι η κβαντική μηχανική έθεσε μεγάλο εμπόδιο για μια ισχυρότερη ρεαλιστική θέση.

Η μετατόπιση της θέσης του Putnam δεν ήταν όμως μια ακραία μετατόπιση. Αλλά έγινε βαθμιαία θέτοντας πρώτα μια πρόκληση στον μεταφυσικό ρεαλιστή που ο ίδιος μέχρι πρότινος υπεράσπιζε. Μπορεί ένας μεταφυσικός ρεαλιστής να δείξει ότι οι λέξεις που χρησιμοποιεί στέκονται εντός μιας σταθερής καθορισμένης αναφορικής σχέσης, όπως επιτάσσει η ρεαλιστική του θέση; Αυτό που στην πραγματικότητα έκανε ο Putnam αρχικά ξεκινώντας από το 1976 (Putnam 1978, σ. vii) ήταν να θέσει με σαφή τρόπο τον παραπάνω προβληματισμό και όχι απαραίτητα να τον επιλύσει. Αυτό προσπάθησε να το επιτύχει με μια σειρά επιχειρημάτων τα οποία διαμόρφωναν με την σειρά τους και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της θέσης του Putnam ως προς τον ρεαλισμό στην ενδιάμεση φάση του. Ένα από τα πιο δημοφιλή επιχειρήματά του είναι το μοντελο-θεωρητικό επιχείρημα όπως αυτό διαμορφώθηκε στο άρθρο «Μοντέλα και Πραγματικότητα» (Putnam 1977, σ. 1). Σε αυτό το άρθρο αναπτύσσει το θεώρημα του Löwenheim-Skolem με σκοπό να δείξει ότι καμμία απόδοση τιμών αλήθειας σε οποιαδήποτε συλλογή προτάσεων δεν είναι αρκετή για να καθορίσει την αναφορά των όρων και των κατηγορημάτων, μιας και το συγκεκριμένο θεώρημα υπονοεί την ύπαρξη μη καθιερωμένων μοντέλων για οποιαδήποτε πρώτης τάξης τυπική θεωρία, τα οποία επιπλέον δεν είναι ισόμορφα μεταξύ τους. Θέση που ενισχύεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει τυπικό κριτήριο εντός της θεωρίας για να μπορέσει να διακρίνει κανείς αυτά τα μοντέλα.

Όμως θα μπορούσε ο μεταφυσικός ρεαλιστής να ανταπαντήσει (Hale and Wright, 1997) ότι η αποβλεπτικότητα παίζει ένα ζωτικό ρόλο στην απόδοση τιμών αλήθειας ή ότι αυτό που μετράει δεν είναι οι τιμές αληθείας αυτών των προτάσεων αλλά οι συνθήκες αλήθειας τους. Τέτοιου είδους επιχειρήματα προσπαθεί να αντικρούσει ο Putnam με το βιβλίο του «Reason, Truth and History» (1981a) επικαλούμενος τον σημασιολογικό εξωτερικισμό της πρώιμης περιόδου του σύμφωνα με τον οποίο «το νόημα δεν είναι μέσα στα κεφάλια». Συνεπώς η οποιαδήποτε

αποβλεπτικότητα δεν μπορεί να προσφέρει σταθερή και καθορισμένη αναφορά. Επιπλέον η αναφορά υπο-προτασιακών όρων δεν μπορεί να προσδιορισθεί καθορίζοντας – διαμέσου τελεστικών και θεωρητικών περιορισμών – είτε τις τιμές αληθείας των προτάσεων είτε ακόμα και τις συνθήκες αλήθειας. Χρησιμοποιώντας την τεχνική της μετάθεσης διατύπωσε την άποψη ότι δοθέντος ενός συστήματος αναφοράς - το οποίο επάγει σε κάθε δυνατό κόσμο τις τάδε αληθοτιμές στις πλήρεις προτάσεις – θα μπορούσαμε να βρούμε όσα συστήματα αναφοράς θέλουμε, τα οποία να συμφωνούν με τον αναμενόμενο συνδυασμό αληθοτιμών για τις πλήρεις προτάσεις σε κάθε κόσμο, αλλά να διαφέρουν ως προς τις αναθέσεις που κάνουμε στους όρους και τα κατηγορήματα. Ακόμα και αν επικαλούμασταν μη αποβλεπτικές συνθήκες – π.χ. αιτιώδεις – ως την αναγκαία πηγή για τον αναφορικό καθορισμό, αυτό κατά τον Putnam θα μπορούσε να θεωρηθεί ως επίκληση σε επιπρόσθετους θεωρητικούς περιορισμούς (Putnam 1983, σ. x-xii) η οποία εντέλει για τους ίδιους ανωτέρω λόγους θα υπόκειται και αυτή σε μη αναμενόμενες ερμηνείες.

Ο Putnam εμπλούτισε την επιχειρηματολογία του χρησιμοποιώντας ακόμα και παλαιότερα νοητικά πειράματα που είχαν τεθεί ακόμα και από την εποχή του Πλάτωνα[94] υπέρ του φιλοσοφικού σκεπτικισμού, και τα οποία στην σύγχρονη μορφή αποδίδονται όπως αυτό του εγκεφάλου στο δοχείο. Η βασική ιδέα είναι ότι υποθέτουμε ότι υπάρχει ένας τρελός επιστήμονας ο οποίος αφαιρεί τον εγκέφαλο κάποιου ατόμου από το υπόλοιπο σώμα του, το φυλάσσει μέσα σε ένα δοχείο που εμπεριέχει υγρό που μπορεί να συντηρήσει τον εγκέφαλο. Στην συνέχεια ο τρελός επιστήμονας συνδέει τους νευρώνες του εγκεφάλου μέσω καλωδίων με έναν υπερυπολογιστή ο οποίος θα μπορούσε να παράξει όμοιους ηλεκτρικούς παλμούς με εκείνους που θα δεχόταν κανονικά αν ο εγκέφαλος βρισκόταν εντός του αρχικού σώματος του. Το συμπέρασμα τέτοιων νοητικών πειραμάτων είναι ότι εν τέλει ο υπερυπολογιστής θα μπορούσε να προσομοιώσει την πραγματικότητα - παρέχοντας την δυνατότητα της ψευδαίσθησης ότι ο εγκέφαλος μπορεί να αντιδρά μέσω ηλεκτρικών παλμών με τα ηλεκτρικά ερεθίσματα που δέχεται – έτσι ώστε ο αποσπώμενος εγκέφαλος να συνεχίζει να έχει απολύτως κανονικές συνειδητές εμπειρίες χωρίς αυτές να συσχετίζονται με αντικείμενα ή γεγονότα στον πραγματικό κόσμο.

Ο Putnam χρησιμοποιώντας τον σημασιολογικό εξωτερικισμό της πρώιμης περιόδου του επιχείρησε να δείξει ότι ένα τέτοιο σενάριο δεν θα μπορούσε να είναι εφικτό. Αυτό προσπάθησε να το πετύχει με το να παρουσιάσει έναν συλλογισμό σύμφωνα με τον οποίο η εκφορά της πρότασης «Είμαι εγκέφαλος μέσα σε δοχείο» είναι μια παραδοξολογική πρόταση η οποία αντικρούει την ίδια. Πώς όμως η άρνηση ενός τέτοιου σεναρίου θα μπορούσε να προσφέρει επιχειρήματα εναντίον του Μεταφυσικού Ρεαλισμού;

Ο παραδοσιακός Μεταφυσικός Ρεαλισμός υποθέτει την ύπαρξη ενός χάσματος μεταξύ του πώς ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον κόσμο και του πώς στην πραγματικότητα είναι ο κόσμος. Μια τέτοια παραδοχή αφήνει ενδεχόμενα όπως το

94 Όπως ο μύθος του σπηλαίου του Πλάτωνα.

νοητικό πείραμα του εγκεφάλου εντός δοχείου να είναι δυνατόν να περιγράφουν μια πραγματική κατάσταση. Ο Putnam με το να αρνείται την δυνατότητα ύπαρξης ενός τέτοιου σεναρίου, επιχειρεί να δείξει ότι η έννοια ενός χάσματος – μεταξύ της ανθρώπινης αντίληψης του κόσμου και του κόσμου καθεαυτόν – είναι παράλογη. Ως εκ τούτου η βασική θέση του Μεταφυσικού Ρεαλισμού είναι ψευδής.

Τι θα μπορούσε να αντικαταστήσει τότε την θέση του μεταφυσικού ρεαλισμού; Σε αυτό το ερώτημα επιχειρεί να απαντήσει η ενδιάμεση θέση του Putnam, ο **Εσωτερικός Ρεαλισμός** (Internal Realism). Η βασική του θέση είναι ότι ο κόσμος μπορεί να είναι αιτιωδώς ανεξάρτητος από τον ανθρώπινο νου, ωστόσο η δομή του κόσμου – δηλαδή η διαίρεσή του σε είδη, σε άτομα και κατηγορίες – είναι μια διανοητική διαδικασία, ως εκ τούτου ο κόσμος δεν είναι οντολογικά ανεξάρτητος. Ο όρος «εσωτερικός» αναφέρεται στο υποτιθέμενο γεγονός ότι μπορούμε μόνο να θεωρητικολογούμε για τον κόσμο μέσα από τα εννοιολογικά σχήματά μας, ενώ ο όρος «ρεαλισμός» αναφέρεται στον ισχυρισμό ότι, διαμέσου ενός τέτοιου σχήματος, οι υπαρξιακοί ισχυρισμοί και οι αποδόσεις των ιδιοτήτων μπορούν να ερμηνευθούν ρεαλιστικά. Μιλώντας διαμέσου ενός τέτοιου εννοιολογικού σχήματος, ο κόσμος είναι όπως είναι, ανεξάρτητα από το πώς εμείς πιστεύουμε ότι είναι ή θα θέλαμε να είναι – το οποίο σύμφωνα με τον Putnam μας προσφέρει «όλον τον ρεαλισμό που θέλουμε ή χρειαζόμαστε» (Putnam 1978, σ. 130).

Ποια είναι όμως η σχέση μεταξύ διαφορετικών εννοιολογικών σχημάτων; Η συγκεκριμένη σχέση μπορεί να κατανοηθεί μέσα από το ακόλουθο απόσπασμα:

> «Φανταστείτε μια περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν ακριβώς τρεις μπάλες μπιλιάρδου πάνω σε κάποιο τραπέζι και κανένα άλλο αντικείμενο (π.χ., τα άτομα και άλλες οντότητες από τις οποίες αποτελούνται οι μπάλες του μπιλιάρδου, δεν υπολογίζονται ως "αντικείμενα" σε αυτό το πλαίσιο). Σκεφτείτε τις δύο περιγραφές, "Υπάρχουν μόνο επτά αντικείμενα πάνω στο τραπέζι: τρεις μπάλες μπιλιάρδου και τέσσερα μερεολογικά αθροίσματα που περιλαμβάνουν περισσότερες από μία μπάλα μπιλιάρδου" και "Υπάρχουν μόνο τρία αντικείμενα πάνω στο τραπέζι, αλλά υπάρχουν επτά σύνολα από καθέκαστα[95] που μπορούν να σχηματιστούν από αυτά τα αντικείμενα." Αυτό που σημαίνει το να είσαι ρεαλιστής που αναγνωρίζει την εννοιολογική σχετικότητα (**conceptual relativity**) σε σχέση με αυτήν την περίπτωση είναι να πιστεύεις ότι υπάρχει μια όψη της πραγματικότητας η οποία είναι ανεξάρτητη από το τι εμείς σκεφτόμαστε την δεδομένη στιγμή...και η οποία είναι ορθώς περιγράψιμη με τον ένα ή τον άλλο τρόπο.» (Putnam et al. 2012, σ. 63)

Πέρα όμως από την χρήση φιλοσοφικών παραδειγμάτων που εμπλέκουν τις λογικές σχέσεις μέρους και όλου, ο Putnam παραθέτει παραδείγματα από την ενεργό φυσική:

> «...υπάρχουν κβαντομηχανικά σχήματα, εκ των οποίων μερικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τα σωμάτια ενός συστήματος σαν μποζόνια, ενώ άλλες τα απεικονίζουν ως φερμιόνια. Όπως υποδηλώνει η χρήση του όρου "αναπαραστάσεις" από τους πειραματικούς φυσικούς...αυτό δεν εκλαμβάνεται ως μια περίπτωση άγνοιας. Κατά την άποψη τους, τα "μποζόνια" και τα "φερμιόνια"[96] είναι απλώς κατασκευές των

95 Ή "επιμέρους" (individuals)

96 Με μια πολύ γενική περιγραφή, τα μποζόνια είναι σωμάτια-φορείς των τριών αλληλεπιδράσεων της

αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται. Αλλά το σύστημα είναι πραγματικά ανεξάρτητο από τον νου, εντούτοις, κάθε κατάσταση του είναι μια ανεξάρτητη του νου πραγματική συνθήκη που μπορεί να αναπαρασταθεί με καθέναν από αυτούς τους **διαφορετικούς** τρόπους. Και αυτό είναι ακριβώς το συμπέρασμα που συνηγορώ.» (Putnam et al. 2012, σ. 64)

Αν και τα ανωτέρω παραδείγματα είναι αντιπροσωπευτικά του τρόπου με τον οποίο εκδηλώνεται – σύμφωνα με τον Putnam - το φαινόμενο της εννοιολογικής σχετικότητας, η θεωρητική της θεμελίωση ήταν εκείνη που την κατέστησε «καρδιά» του εσωτερικού ρεαλισμού (Putnam 1991, σ. 404). Η συχνή χρήση όρων όπως «**αλληλοδιασύνδεση**» (interpenetration) και «**αλληλεξάρτηση**» (interdependence) για τον χαρακτηρισμό της σχέσης μεταξύ γεγονότος (fact) και σύμβασης (convention) φιλοδοξεί την διάκριση της θεωρίας της εννοιολογικής σχετικότητας από τον σχετικισμό, ο οποίος προϋποθέτει την έννοια μιας απόλυτης σύμβασης και όχι την έννοια μιας σύμβασης που διαπερνάται από το γεγονός (Putnam 1995, σ. 58· Putnam 1988, σ. 112-113). Ο Putnam επιχειρεί να απορρίψει το ιδεώδες ότι η γνώση που θα μπορούσε να έχει κάποιος για το οτιδήποτε είναι δυνατόν να συζευχθεί σε ένα ενιαίο κείμενο (Putnam 1983, σ. 264). Αποδέχεται την ύπαρξη πολλών εννοιολογικών σχημάτων ή «κειμένων», οι προτάσεις των οποίων είναι δυνατόν να φαίνονται ασυνεπείς, ασύμβατες σε σχέση με τις προτάσεις διαφορετικών εννοιολογικών σχημάτων. Παρόλα αυτά η μεταξύ τους ασυνέπεια δεν τις εμποδίζει από το να χαρακτηριστούν ως αληθείς. «Δηλώσεις οι οποίες είναι ασυνεπείς εάν ειδωθούν ως προς την ονομαστική τους αξία (π.χ. "υπάρχουν μερεολογικά αθροίσματα", "μερεολογικά αθροίσματα δεν υπάρχουν") μπορούν και οι δύο να είναι αληθείς (το οποίο σημαίνει, ότι η καθεμία είναι αληθής ως προς τον τρόπο εκφοράς στον οποίο ανήκουν)» (Clark and Hale 1994, σ. 244). Πώς μπορεί όμως να αποφευχθεί η αντίφαση στην παρουσία ασύμβατων μεταξύ τους προτάσεων; Ο Putnam απαντά με την απαγόρευση οποιασδήποτε σύνδεσης γνήσια ασυνεπών προτάσεων:

«ο εσωτερικός ρεαλισμός δέχεται ότι γνήσια ασυνεπείς προτάσεις μπορούν να είναι αληθείς. Αλλά οι γνήσια ασυνεπείς προτάσεις δεν μπορούν να συνδεθούν σε καμμία γλώσσα. Ως εκ τούτου, εάν ο εσωτερικός ρεαλισμός είναι ορθός, υπάρχουν αλήθειες (ζευγάρια προτάσεων, καθεμία αληθής στην γλώσσα της) οι οποίες δεν μπορούν να συνδεθούν. Επομένως πρέπει να εγκαταλείψουμε την ιδέα ότι όλες οι αλήθειες μπορούν να συνδεθούν εάν εμείς αποδεχθούμε τον εσωτερικό ρεαλισμό, και αυτό θα σήμαινε ότι πρέπει να εγκαταλείψουμε το κανονιστικό ιδεώδες της ενότητας της γνώσης.» (Clark and Hale 1994, σ. 247)

Η φύση αυτής της ασυμβατότητας φαίνεται να παραμένει ασαφής, ωστόσο ο Putnam επιχειρεί να αποσαφηνίσει την ασυμβατότητα που σχετίζεται με το φαινόμενο της εννοιολογικής σχετικότητας με το να την διαχωρίσει από την ασυμβατότητα των γνήσια ασυνεπών προτάσεων (Case 1997, σ. 8). Αποκλείει την ασυνέπεια με το να σχετικοποιεί κάθε τέτοια πρόταση σε διαφορετικά εννοιολογικά σχήματα:

φύσης (ηλεκτρομαγνητική, ασθενής και ισχυρή πυρηνική) ενώ τα φερμιόνια είναι οι δομικοί λίθοι της ύλης.

> «η πρόταση (sentence) "υπάρχουν τρία αντικείμενα πάνω στο τραπέζι," εκφερόμενη σε μια γλώσσα στην οποία τα μερεολογικά αθροίσματα δεν υπολογίζονται ως "αντικείμενα," δεν διαψεύδει την πρόταση "υπάρχουν επτά αντικείμενα πάνω στο τραπέζι," εκφερόμενη σε μια γλώσσα...στην οποία τα μερεολογικά αθροίσματα υπολογίζονται ως αντικείμενα. Δεν υπάρχει τέτοιο πράγμα όπως η "Πρόταση" (proposition) την οποία η μία εκ των δύο προτάσεων (sentences) βεβαιώνει και η άλλη αρνείται.» (Putnam 1991, σ. 404)

> «...όλα περιλαμβάνουν δηλώσεις που εμφανίζονται να είναι αντιφατικές (εάν απλώς τις συνδέσουμε, αγνοώντας τις διαφορετικές χρήσεις που αυτές έχουν στις σχετικές με αυτές προαιρετικές (optional)[97] γλώσσες, τότε λαμβάνουμε μια αντίφαση), αλλά δεν είναι πράγματι αντιφατικές εάν κατανοήσουμε καθεμιά από αυτές ως να ανήκουν σε διαφορετικές προαιρετικές γλώσσες, και αναγνωρίσουμε ότι οι δύο προαιρετικές γλώσσες περιλαμβάνουν την επιλογή ασύμβατων συμβάσεων. Αυτό που είναι «ασύμβατο» δεν είναι οι δηλώσεις αυτές καθεαυτές, οι οποίες δεν μπορούν απλά να συνδεθούν, αλλά οι συμβάσεις.» (Putnam 2004, σ. 46)

Στο ερώτημα ποιο εννοιολογικό σχήμα - ή «προαιρετική» γλώσσα - είναι θεμελιωδέστερο ή ορθότερο, ο Putnam υποστηρίζει ότι διαφορετικά εννοιολογικά σχήματα είναι γνωστικά ισοδύναμα, ήτοι δεν διαφέρουν ως προς την προβλεπτική ή επεξηγηματική τους ισχύ. Κάθε πρόταση εντός ενός εννοιολογικού σχήματος μπορεί να συσχετισθεί αποτελεσματικά μέσω μιας «μετάφρασης» με ένα άλλο εννοιολογικό σχήμα επί του οποίου θα συνεχίσει να έχει την ίδια αληθοτιμή και την ίδια εξηγητική ισχύ. Αυτό το είδος «μετάφρασης» δεν παρέχει μια γλωσσικά συνώνυμη πρόταση ή έκφραση, ούτε διατηρεί την «οντολογία» (Putnam et al. 2012, σ. 57). Πέρα από το γεγονός ότι δεν είναι μοναδικές, τέτοιου είδους μεταφράσεις δεν επιδιώκουν σημασιολογική συνωνυμία γιατί δεν περιλαμβάνουν το «νόημα» με την συνήθη έννοια. Συνεπώς παρέχεται ισοδυναμία στις προτάσεις των διαφορετικών εννοιολογικών σχημάτων χωρίς να περιλαμβάνεται συνωνυμία όπως σε ένα σύνηθες μεταφραστικό έργο της φυσικής γλώσσας. Ενώ λοιπόν η συνήθης μετάφραση μιας πρότασης προσδοκά στην διατήρηση του νοήματος της, η σχετική ερμηνεία στο πλαίσιο της εννοιολογικής σχετικότητας δεν την επιδιώκει. Τα εννοιολογικά σχήματα δεν παρέχουν ούτε διαφορετικές συντακτικές μορφές για να περιγράψουν τα ίδια νοήματα, ούτε τρόπους για να εκφραστούν διαφορετικά νοήματα με τα ίδια συντακτικά σχήματα. Αυτό που διακρίνει μεταξύ τους τα εννοιολογικά σχήματα – σύμφωνα με τον Putnam – είναι οι διαφορετικές **χρήσεις** των ίδιων λέξεων (Putnam 1991, σ. 405).

Έχοντας λοιπόν διερευνήσει το θεωρητικό πλαίσιο του Εσωτερικού Ρεαλισμού είναι φυσικό να μας απασχολήσει το πώς αυτό επηρέασε την ερμηνεία - κατά τον Putnam - της κβαντικής μηχανικής. Η συγκεκριμένη επιρροή αντικατοπτρίζεται στο πώς ο Putnam ερμηνεύει τον πυρήνα της λογικής, μιας και στην ενδιάμεση περίοδο του η λογική συνεχίζει να αποτελεί την βέλτιστη ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής.

---

97 Οι γλώσσες θεωρούνται προαιρετικές (optional) υπό την έννοια ότι αυτές είναι προαιρετικοί τρόποι εκφοράς – όχι «καθορισμένοι» ή καθιστάμενοι «αναγκαίοι» από την πραγματικότητα – χρησιμοποιώντας μια προϋπάρχουσα φυσική γλώσσα όπως τα Αγγλικά ή τα Ελληνικά.

4.3.2 Λογική στον «ενδιάμεσο» Putnam

Το θεωρητικό πλαίσιο του «εσωτερικού ρεαλισμού» έδινε τώρα στον Putnam την ευκαιρία να απαντήσει στην κριτική που δέχθηκε στην πρώιμη περίοδο του ως προς την περί λογικής θέση του. Η επιρροή του Dummett (Putnam 1978, σ. viii), ως προς τον χαρακτηρισμό της έννοιας του ρεαλισμού (Dummett 1978, σ. 269-289), - του οποίου ουσιώδης αρχή είναι η αρχή της επιμεριστικότητας σύμφωνα με τον Dummett – παρότρυνε τον Putnam να αναιρέσει την εγκατάλειψη του επιμεριστικού νόμου. Πώς όμως αποπειράται ο Putnam να συμφιλιώσει τις ρεαλιστικές του θέσεις με την μη-κλασική λογική του κβαντικού φορμαλισμού;

Ο Putnam προσπάθησε να χρησιμοποιήσει τις «αρετές» της εννοιολογικής σχετικότητας για να εξηγήσει τα «παράδοξα» της κβαντικής μηχανικής μέσω ενός ρεαλιστικού τύπου κβαντικής λογικής. Ας θυμηθούμε ποια ήταν η βασική πεποίθηση της εννοιολογικής σχετικότητας: Η ύπαρξη ασύμβατων μεταξύ τους εννοιολογικών σχημάτων που ορθώς περιγράφουν πτυχές της πραγματικότητας. Πώς θα μπορούσε αυτή η θεώρηση να χρησιμοποιηθεί από τον Putnam; Σε πρώτη φάση ο Putnam αποδέχθηκε την ύπαρξη πολλών καταστατικών διανυσμάτων για ένα φυσικό σύστημα, ένα καταστατικό διάνυσμα για κάθε ένα μη-εκφυλισμένο παρατηρήσιμο μέγεθος (observable) (Putnam 1974, σ. 61), μια αποδοχή που την είχε διατυπώσει ήδη από την πρώιμη περίοδό του (Putnam 1968, σ. 185) ως καταστάσεις που περιγράφουν τις «πιο λογικά ισχυρές συνεπείς δηλώσεις». Κάθε όμως καταστατικό διάνυσμα συσχετίζεται με ένα σύνολο προτάσεων η αναπαράσταση των οποίων συγκροτεί ένα σύμπλεγμα συμβατών υποχώρων εντός του χώρου Hilbert. Από τον τρόπο που χειρίστηκε ο Putnam αυτά τα προτασιακά σύνολα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι κάθε τέτοιο σύνολο προτάσεων αποτελούσε γι' αυτόν και ένα εννοιολογικό σχήμα, συνεπώς αυτό που επιχείρησε ο Putnam ήταν η διαμόρφωση εννοιολογικών σχημάτων μέσα από τα οποία καθίσταται δυνατή η απόφανση - διαμέσου του χώρου Hilbert - για τις φυσικές ιδιότητες των φυσικών συστημάτων. Υπάρχουν πολλά τέτοια εννοιολογικά σχήματα. Άλλο είναι το εννοιολογικό σχήμα της θέσης και άλλο της ορμής ενός σωματιδίου. Κατά τον Putnam, όλα τα ορθά εννοιολογικά σχήματα μπορούν να είναι αληθή αν και ασύμβατα μεταξύ τους. Ωστόσο λόγω της ασυμβατότητας αυτών, μόνο ένα εννοιολογικό σχήμα μπορεί να εξετάζει κάθε φορά την πραγματικότητα, δηλαδή μόνο ένα καταστατικό διάνυσμα μπορεί να αναφέρεται στο φυσικό σύστημα μια δεδομένη στιγμή.

Αυτό ακριβώς το πλαίσιο καθόρισε την στρατηγική του Putnam ώστε να περιορίσει την έρευνά του στα σύνολα των **«μερικώς συμβατών φυσικών προτάσεων» (ΜΣΦΠ)**[98], όρος που υποδηλώνει ότι δεν είναι όλες οι προτάσεις ενός τέτοιου συνόλου «συμβατές» **(compatible)**[99] ανά δύο μεταξύ τους αλλά ότι κάθε πρόταση είναι συμβατή με τουλάχιστον μία άλλη πρόταση αυτού του συνόλου. Εντός αυτών των συνόλων οι λογικοί σύνδεσμοι περιορίζονται μόνο επί των «συμβατών»

98 Partial Boolean Algebras (PBA)

99 Δύο προτάσεις p και q είναι συμβατές μεταξύ τους ανν το υποπλέγμα (sublattice) που παράγεται από τις p, q , ¬p, ¬q, ικανοποιεί τον επιμεριστικό νόμο (**distributivity**).

φυσικών προτάσεων (Friedman and Putnam, 1978) με σκοπό να επιτρέψει την ισχύ του επιμεριστικού νόμου. Ας θυμηθούμε όμως ότι υπάρχουν διαφορετικά ΜΣΦΠ, επομένως δεν θα μπορεί κάποιος να συνδέει με λογικούς συνδέσμους προτάσεις διαφορετικών ΜΣΦΠ. Ο περιορισμός όμως αυτός δεν σημαίνει ακόμα ότι έχουμε καταλήξει στο εννοιολογικό προτασιακό σχήμα με το οποίο θα εξετάσουμε με ρεαλιστικό τρόπο την πραγματικότητα. Ακόμα και επί ενός ΜΣΦΠ δεν μπορεί να υπάρξει ένας ομομορφισμός[100] που να το συνδέει με το δίτιμο αληθειακό σύμπαν (Αλήθεια, Ψεύδος) (Bacciagaluppi 1993, σ. 1837). Θα πρέπει να περιοριστούμε σε υποσύνολα των ΜΣΦΠ των οποίων τα μέλη δημιουργούν μια μέγιστη[101] Boolean άλγεβρα. Τέτοια υποσύνολα αφορούν και τα προτασιακά σχήματα μη εκφυλισμένων παρατηρήσιμων μεγεθών καθένα από τα οποία χαρακτηρίζει και ένα διαφορετικό καταστατικό διάνυσμα. Αυτά διαμορφώνουν και την προοπτική (**perspective**) του παρατηρητή σύμφωνα με τον Putnam (Putnam 1981b, σ. 211· Friedman and Putnam, 1978, σ. 314). Μόνο μια «προοπτική» μπορεί να εξετάζει κάθε φορά την πραγματικότητα. Ωστόσο υπάρχουν «προοπτικές» – δηλαδή Boolean προτασιακά σχήματα – που ανήκουν σε διαφορετικά ΜΣΦΠ, αλλά και διαφορετικές «προοπτικές» που ανήκουν στο ίδιο ΜΣΦΠ και μάλιστα ίσως έχουν και κάποια κοινή πρόταση (μερική συμβατότητα)[102]. Πώς προσπαθεί να διαχειριστεί αυτές τις προοπτικές με ρεαλιστικό τρόπο ο Putnam;

100 Δηλαδή ένας μετασχηματισμός που να διατηρεί τις σχέσεις των αντικειμένων της μιας δομής και εντός της άλλης δομής.

101 Να εμπεριέχει όσο το δυνατόν περισσότερες προτάσεις καθορισμένης αληθοτιμής υπό μια επιτρεπτή σημασιολογική απόδοση και οι οποίες να υπακούν τους κανόνες μιας Boolean άλγεβρας.

102 Partial compatibility.

Η βασική προκείμενη του «ενδιάμεσου» θεωρητικού πλαισίου του Putnam αφορά αυτή την φορά την κβαντική σύζευξη. Προκειμένου η προϋπάρχουσα ύπαρξη αριθμητικών τιμών για κάθε φυσική ιδιότητα να είναι εφικτή, ο Putnam δεν επιτρέπει την κβαντική σύζευξη προτάσεων που ανήκουν σε διαφορετικές «προοπτικές», δηλαδή Boolean υποάλγεβρες διαφορετικών ΜΣΦΠ του χώρου Hilbert εντός του οποίου αναπαρίστανται όλες οι ιδιότητες. Αυτό είναι σε αρμονία με τις θέσεις του εσωτερικού ρεαλισμού ότι μόνο ένα εννοιολογικό σχήμα εξετάζει την πραγματικότητα κάθε φορά.

Αν είναι προοπτικές που μοιράζονται κάποια κοινή πρόταση και ανήκουν στο ίδιο ΜΣΦΠ, τότε ο Putnam θεωρεί ότι οι κοινές προτάσεις (υπόχωροι) - μεταξύ διαφορετικών Boolean υποαλγεβρικών δομών του ίδιου ΜΣΦΠ - διατηρούν την αληθοτιμή τους ασχέτως το ότι συμμετέχουν σε διαφορετικά εννοιολογικά προτασιακά σχήματα - «προοπτικές» (Friedman and Putnam 1978, σ. 311,313) -, ασχέτως «μέτρησης» για να μιλήσουμε με συμβατικούς όρους. Ωστόσο ο Bacciagaluppi (Bacciagaluppi 1993, σ. 1841) παραθέτει την περίπτωση δύο «προοπτικών» A και B, οι οποίες μοιράζονται κάποια κοινή πρόταση αλλά η αληθοτιμή της δεν διατηρείται απαραίτητα κατά την μετάβαση από την μια προοπτική A στην μερικώς συμβατή προοπτική B. Ο μόνος τρόπος εξήγησης αυτής της ασυμφωνίας εντός του θεωρητικού πλαισίου του Putnam, είναι η επίκληση της «ασθενούς διαταραχής» (**weak disturbance**), μιας αρχής την οποία ο Putnam κάνει χρήση ήδη από την πρώιμη περίοδό του (Putnam 1968, σ. 186) και η οποία δεν είναι άλλη παρά η «κλασική» διαταραχή που επιφέρει κάποιος π.χ. σε ένα πρωτόνιο, όταν στην προσπάθεια να εντοπίσει (μετρήσει) την θέση του μέσω ρίψης ενός φωτονίου, διαταράσσει την ορμή του. Καλείται «ασθενής» σε αντιδιαστολή με την «ισχυρή» διαταραχή που προκαλεί η πράξη της μέτρησης κατά την οποία διαταράσσεται το ίδιο υπό μέτρηση μέγεθος καθεαυτό.

Η «ασθενής» διαταραχή είναι και το μόνο μέσο με το οποίο επιτρέπει ο Putnam την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών προοπτικών - όπως αυτές χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη διαφορετικών καταστατικών διανυσμάτων – που δεν ανήκουν στο ίδιο ΜΣΦΠ (όπως η προοπτική της θέσης και της ορμής). Μάλιστα αν και ο μηχανισμός της δεν είναι εμφανής στα κείμενα του Putnam, αυτό που μπορεί να εννοηθεί είναι ότι αυτή παρουσιάζεται ως λογική αναγκαιότητα, ως απευθείας συνέπεια της δομής της λογικής (Putnam 1968, σ. 186· Putnam 1974, σ. 61· Bacciagaluppi 1993, σ. 1840).

Τι θα συνέβαινε όμως αν κάποιος επιχειρούσε να συζεύξει λογικά προτάσεις που ανήκουν σε διαφορετικές προοπτικές; Αυτό θα επέφερε συνέπειες στην προβλεπτική αξία των προτάσεων. Αν και κάθε πρόταση θα μπορούσε να είναι αληθής ως προς την προοπτική που αυτή συμμετέχει, η σύζευξή τους θα είχε ως αποτέλεσμα μόνο μια πρόταση εκ των δύο να είχε προβλεπτική αξία για εμάς (Putnam 1981b, σ. 262). Έτσι ο Putnam οικοδόμησε στην πραγματικότητα μια λογική μελλοντικής προβλεπτικής αξίας (Maudlin 2005, σ. 180), αντί μιας λογικής που αποτελεί το περίγραμμα της έννοιας της αλήθειας. Αν δεν είχαμε όμως επιλέξει ήδη κάποια από τις προοπτικές στις οποίες ανήκουν δύο ασύμβατες προτάσεις, ποια θα

ήταν αυτή που θα είχε την προβλεπτική αξία; Στο συγκεκριμένο ερώτημα ο Putnam απαντά με τον κανόνα του Lüder: Επιλέγεται η πρόταση της οποίας η αναπαράσταση (υπόχωρος) είναι πλησιέστερη στην ευθεία που αναπαριστά την δεδομένη στιγμή την κατάσταση του συστήματος.

Τι θα μπορούσε να προσφέρει το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο κατά τον Putnam;

Το γεγονός ότι ενώ κάθε πρόταση σε ένα ΜΣΦΠ κατέχει μια αληθοτιμή σχετική με την οποιαδήποτε προοπτική που μπορεί να διαμορφωθεί εντός του ΜΣΦΠ, ωστόσο αυτές οι τιμές δεν είναι αναγκαίο να ταυτίζονται μεταξύ διαφορετικών προοπτικών. Αυτό ακριβώς δίνει την δυνατότητα στον Putnam να αποφύγει αντιφάσεις τύπου Kochen-Specker (Bacciagaluppi 1993, σ. 1838).

Το μη-ρεαλιστικό χαρακτηριστικό της «κατάρρευσης» της κυματοσυνάρτησης ή καταστατικού διανύσματος στον χώρο Hilbert σε κάποια από τις ιδιοκαταστάσεις του παρατηρήσιμου μεγέθους μπορεί να εξηγηθεί ως αλλαγή προοπτικής (Putnam 1981b, σ. 217, 209). Από την στιγμή που επιλέγεται μια προοπτική δεν δεσμευόμαστε ως προς τον ρεαλισμό ιδιοτήτων που είναι ασύμβατες με την προοπτική μας, γιατί μόνο μια προοπτική μπορεί να εξετάσει την πραγματικότητα κάθε φορά. Με αυτόν τον τρόπο «εξηγείται» ακόμα και το παράδοξο της γάτας του Schrödinger, όπου η φαινομενολογία της κατάρρευσης της υπέρθεσης της γάτας οφείλεται στο γεγονός ότι μεταβαίνουμε από μια προοπτική όπου η πρόταση της υπέρθεσης της κατάστασης της γάτας είναι αληθής, σε μια προοπτική όπου αληθής είναι μία εκ των δύο καταστάσεων της γάτας. Η αίσθηση ότι δεν μπορούμε εν συνεχεία να υποθέσουμε ότι - πριν κοιτάξουμε - η γάτα είχε μια καθορισμένη κατάσταση, οφείλεται στη θεώρηση ότι πάντα είχαμε την ίδια προοπτική. Ωστόσο πριν την πράξη της μέτρησης είχαμε υιοθετήσει την προοπτική της υπέρθεσης. Παρόλα αυτά και οι δύο προοπτικές είναι αληθείς απλά δεν έχουν και οι δύο προτάσεις (Υπέρθεση – (Ζωντανή, Νεκρή)) την ίδια προβλεπτική αξία. Δηλαδή μετά την πράξη της μέτρησης της κατάστασης της γάτας, μόνο οι προτάσεις «Ζωντανή», «Νεκρή» έχουν προβλεπτική αξία για μελλοντική χρήση και όχι η πρόταση «Υπέρθεση» που ανήκει στην προηγούμενη προοπτική (ibid., σ. 209), ενώ πριν την πράξη της μέτρησης μόνο η πρόταση «Υπέρθεση» είχε προβλεπτική αξία και όχι κάποια από τις αληθείς - ως προς την δική τους προοπτική - προτάσεις «Ζωντανή», «Νεκρή».

Την δυνατότητα υπολογισμού της παρατηρούμενης πιθανότητας στο πείραμα των δύο σχισμών. Ο κλασικός τρόπος υπολογισμού της δεσμευμένης πιθανότητας $P(\Pi \mid \Sigma_1 \vee \Sigma_2) = \dfrac{P(\Pi \wedge (\Sigma_1 \vee \Sigma_2))}{P(\Sigma_1 \vee \Sigma_2)}$ αποτυγχάνει, όχι επειδή αποτυγχάνει ο επιμεριστικός νόμος, αλλά επειδή δεν μπορούμε πια να συζεύξουμε τις δύο ασύμβατες προτάσεις «Π» και «$\Sigma_1 \vee \Sigma_2$» . Ποια είναι τότε η εναλλακτική άλγεβρα για τον υπολογισμό αυτής της πιθανότητας; Ας υποθέσουμε ότι μας δίνεται η αλήθεια της μονοδιάστατης-πρότασης «Φ» που αναπαριστά την κατάσταση του φυσικού μας συστήματος εντός της προοπτικής που έχουμε αρχικά υιοθετήσει. Λόγω της συμβατότητας με όλες τις προτάσεις της αρχικής προοπτικής, οι αληθοτιμές

αυτών θα είναι τότε καθορισμένες, αρκεί να δούμε την σχέση συνεπαγωγής που έχουν αυτές με τον μονοδιάστατο υπόχωρο της «Φ». Δεδομένης της αλήθειας της «Φ», αν ενδιαφερθούμε όμως για την αλήθεια μιας πρότασης «Ε» (μονοδιάστατος υπόχωρος) που ανήκει σε μια άλλη προοπτική, τότε αυτό που μπορεί να μας προσφερθεί είναι η πληροφορία της πιθανότητας να είναι αυτή αληθής σύμφωνα με το μέτρο $P(E|\Phi)=P_{\Phi}(E) = <\Phi, E\Phi>$. Αν τώρα μας δοθεί η αλήθεια της πρότασης «Κ» (μονοδιάστατος υπόχωρος) μιας άλλης προοπτικής διαφορετικής από αυτή που μετέχει η «Φ» και η «Ε», τότε απλά το ενδιαφέρον μας για την αλήθεια της «Ε» θα πρέπει να προσαρμόσει την προηγούμενη πιθανότητα στην νέα πληροφορία της αλήθειας της «Κ». Δηλαδή απλά θα χρειαστεί να μεταβούμε από την $P_{\Phi}(E)$ στην $P_K(E)$ σύμφωνα με το παραπάνω μέτρο. Αυτή η αλλαγή δεν παραπέμπει σε κάποια φυσική αλλαγή, αλλά είναι μια **επιστημική αλλαγή** που αφορά την γνώση μας επί των διαφορετικών προοπτικών (Friedman and Putnam 1978, σ. 314).

Το πρόβλημα είναι όταν - στην προηγούμενη περίπτωση αλλαγής της δοθείσας πληροφορίας από «Φ» σε «Κ» - η πρόταση «Κ» έχει για αναπαράσταση υπόχωρο μεγαλύτερης διάστασης από ένα (όπως π.χ. η πρόταση «$\Sigma_1 \vee \Sigma_2$» στο πείραμα των δύο σχισμών). Τότε το ενδιαφέρον μας για την πιθανότητα αλήθειας της πρότασης Ε, δεν μπορεί να ικανοποιηθεί από το προηγούμενο μέτρο πιθανότητας το οποίο εφαρμόζεται σε προτάσεις των οποίων οι αναπαραστάσεις είναι μονοδιάστατοι υπόχωροι. Σύμφωνα με τον Putnam, όποιος δύναται να υπολογίσει αυτό το μέτρο πιθανότητας, θα βρίσκεται σε θέση να εξηγήσει και το **φαινόμενο της υπέρθεσης** όπως εμφανίζεται σε πειράματα τύπου δύο-σχισμών (ibid. σ. 306). Ας εστιάσουμε, λοιπόν, στο πως - το θεωρητικό πλαίσιο του Putnam – επιχειρεί να απαντήσει στον υπολογισμό της παρατηρούμενης πιθανότητας σε αυτήν την προβληματική περίπτωση.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στο θεωρητικό πλαίσιο του Putnam το καταστατικό διάνυσμα κάθε προοπτικής είναι διάστασης ένα και αυτό καθορίζει τις αληθοτιμές των προτάσεων της προοπτικής ανάλογα με την σχέση συνεπαγωγής που αυτές έχουν με το μονοδιάστατο υπόχωρο του καταστατικού διανύσματος. Χάριν απλότητας και αναλογίας με το παράδειγμα που χρησιμοποίησαν οι Friedman και Putnam ας υποθέσουμε ότι αναφερόμαστε σε ένα φυσικό σύστημα που σχετίζεται με ένα τριδιάστατο χώρο Hilbert, ήτοι οι φυσικές ποσότητες που το αφορούν έχουν το πολύ τρεις διακριτές δυνατές τιμές οι οποίες αναπαρίστανται από τρεις ορθογώνιες ανά δύο μονοδιάστατες ευθείες. Ας θυμηθούμε επίσης τι ακριβώς είχαμε αποκαλέσει «προοπτική» στο θεωρητικό πλαίσιο του Putnam: προτασιακά σχήματα μη εκφυλισμένων παρατηρήσιμων μεγεθών, τα μέλη των οποίων δημιουργούν μέγιστες Boolean άλγεβρες. Συνεπώς εντός του τριδιάστατου χώρου Hilbert του φυσικού συστήματος ενυπάρχουν άπειρες «προοπτικές». Αν μας δοθεί η αλήθεια μιας πρότασης «Κ» η οποία έχει διδιάστατη αναπαράσταση στην νέα προοπτική, τότε που ακριβώς εντός της αναπαράστασης της «Κ» βρίσκεται το καταστατικό διάνυσμα της νέας προοπτικής; Γιατί αυτό είναι ζωτικό για να υπολογίσουμε την πιθανότητα αλήθειας μιας πρότασης Ε αναφορικά με τη νέα μας προοπτική και σύμφωνα με το

παραπάνω μέτρο. Στην περίπτωση μας, η διδιάστατη αναπαράσταση της πρότασης «Κ» δημιουργεί μια μη-μέγιστη Boolean άλγεβρα εντός του τριδιάστατου χώρου Hilbert του φυσικού συστήματος - τα στοιχεία της οποίας είναι οι προτάσεις {0, «Κ», ¬«Κ» , 1[103]} - η οποία όμως περιλαμβάνεται σε μια άπειρη οικογένεια μέγιστων Boolean υποαλγεβρών ή αλλιώς «προοπτικών»[104]. Ποια προοπτική όμως από αυτές που περιέχουν την «Κ» είναι κατάλληλη για να την αντιπροσωπεύσει στον υπολογισμό της πιθανότητας που αφορά την αλήθεια της πρότασης «Ε» παρέχοντας το καταστατικό της διάνυσμα;

Ο Putnam εντοπίζει το καταστατικό διάνυσμα της νέας προοπτικής - και κατ' επέκταση ολόκληρη την νέα προοπτική - εντός της διδιάστατης αναπαράστασης της αληθούς πρότασης «Κ» ως εξής: Ας υποθέσουμε ότι η «Κ» αναπαρίσταται από ένα διδιάστατο υπόχωρο εντός της νέας προοπτικής. Εμείς όμως αρχικά, είχαμε στην προηγούμενη προοπτική την μονοδιάστατη αλήθεια της «Φ» όντας καταστατικό διάνυσμα αυτής. Ο Putnam ορίζει ένα διδιάστατο υπόχωρο που εμπεριέχει την «Φ» της αρχικής προοπτικής, αλλά ταυτόχρονα τέμνει κάθετα τον διδιάστατο υπόχωρο της «Κ» στη νέα προοπτική. Εφόσον αυτοί οι δύο διδιάστατοι υπόχωροι είναι κάθετοι μεταξύ τους, καθίστανται συμβατοί, συνεπώς επιτρέπεται η τομή τους παρέχοντας

103 Ο όρος «1» υποδηλώνει ολόκληρο τον τριδιάστατο χώρο Hilbert.

104Αρκεί κάποιος να χρησιμοποιήσει δύο οποιεσδήποτε κάθετες μεταξύ τους ευθείες του επιπέδου της «Κ» και θα παράξει με την βοήθεια των λογικών συνδέσμων μια μέγιστη Boolean άλγεβρα που θα περιέχει την μη-μέγιστη boolean υποάλγεβρα της «Κ».

έτσι το καταστατικό διάνυσμα της νέας προοπτικής το οποίο θα μπορούσαμε να το συμβολίσουμε ως Φ_K . Στην συνέχεια ο Putnam απέδωσε ισχύ **«υλικής ισοδυναμίας»** (Putnam 1978, σ. 314· Clark and Hale 1994, σ. 173) μεταξύ της πρότασης που αναπαρίσταται από τον διδιάστατο υπόχωρο K και της πρότασης Φ_K που αντιπροσωπεύει τώρα το καταστατικό διάνυσμα της νέας προοπτικής δεδομένης της αλήθειας της πρότασης «Φ», αφού βάση του τρόπου κατασκευής τους η «Φ_K» είναι αληθής ανν η «K» είναι αληθής. Αυτού του είδους η «υλική ισοδυναμία» παρείχε έναν ρόλο υποκατάστασης, όπου δεδομένης της αλήθειας της «φ» η βεβαίωση της πρότασης «K» επιτρέπει την αντικατάσταση της από την «Φ_K» οπουδήποτε αυτή εμφανίζεται. Τώρα το ενδιαφέρον μας για την αλήθεια της πρότασης «E» μετά από την μετάβαση στην προοπτική της «K» μπορεί να ικανοποιηθεί με την πιθανότητα $P_{\Phi_K}(E)$. Η χρήση, λοιπόν, πολλών καταστατικών διανυσμάτων - ένα για κάθε προοπτική – και η δημιουργία κατάλληλων «υλικών» ισοδυναμιών, επιχείρησε να εξηγήσει την παρατηρούμενη πιθανότητα συμβολής σε πειράματα τύπου δύο-σχισμών ως λογική αναγκαιότητα μεταξύ διαφορετικών προοπτικών, χωρίς να γίνεται επίκληση σε αντιρεαλιστικές τεχνικές κατάρρευσης ενός καταστατικού διανύσματος για το σύνολο των προτάσεων του χώρου Hilbert. Έτσι σύμφωνα με τον συμβολισμό των προτάσεων που αφορούν το πείραμα των δύο σχισμών έχουμε την εξής πιθανότητα:

$$P_{\Phi}(\Pi|\Sigma_1 \vee \Sigma_2) \overset{\text{υλική ισοδυναμία}}{=} P_{\Phi}(\Pi|\Phi_{\Sigma_1 \vee \Sigma_2}) \overset{\text{αλλαγή προοπτικής}}{=} P_{\Phi_{\Sigma_1 \vee \Sigma_2}}(\Pi) \ .$$

Ποιες είναι όμως οι βασικές αδυναμίες του ενδιάμεσου θεωρητικού πλαισίου του Putnam στον χώρο της Λογικής; Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στον υπολογισμό της παρατηρούμενης πιθανότητας στο πείραμα των δύο-σχισμών κάνει χρήση μιας «υλικής» ισοδυναμίας μέσω της οποίας επιτυγχάνει την κατάλληλη αντικατάσταση που χρειάζεται ο υπολογισμός της παρατηρούμενης πιθανότητας. Αυτό όμως από μόνο του δεν είναι γενικά μια κίνηση που διατηρεί την αλήθεια του λογικού συμπερασμού από την προκείμενη στο συμπέρασμα. Συνεπώς δεν φαίνεται να είναι ένα ισχυρό επιχείρημα. Αυτή την θέση την ενισχύει το γεγονός ότι αυτή η υλική ισοδυναμία προσπαθεί να επιτευχθεί μέσω κβαντικών προτάσεων οι οποίες επί της ουσίας δεν μπορούν να συζευχθούν σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο του Putnam, μιας και ανήκουν σε διαφορετικές προοπτικές (Clark and Hale 1994, σ. 170).

Αποδεικνύεται επίσης (Bacciagaluppi 1993, σ. 1842) ότι αν κάποιος χρησιμοποιήσει το θεωρητικό πλαίσιο του ενδιάμεσου Putnam με σκοπό την οικοδόμηση μιας ρεαλιστικού τύπου κβαντικής λογικής, θα καταλήξει στο να παραβιάσει ένα βασικό χαρακτηριστικό της ρεαλιστικής θέσης και αυτό είναι η αρχή της τοπικότητας. Όπως το θέτει ο Bacciagaluppi (ibid. σ. 1842) «η προσέγγιση του Putnam είναι πιο μη-τοπική απ' ότι η ορθόδοξη ερμηνεία της Κοπεγχάγης».

Ακόμα και πρόθεση του Putnam να δημιουργήσει μια λογική μελλοντικής προβλεπτικής αξίας (Maudlin 2005, σ. 180) αντί μιας λογικής που αποτελεί το περίγραμμα της έννοιας της αλήθειας, είχε και αυτή οδηγηθεί σε αδιέξοδο. Σύμφωνα

με τον Putnam αν συζεύξουμε τις παραπάνω προτάσεις «Φ» (μονοδιάστατης αναπαράστασης) και «Κ» (διδιάστατης αναπαράστασης) που ανήκουν σε διαφορετικές προοπτικές άρα ασύμβατες μεταξύ τους, τότε μόνο μία εκ των δύο θα είχε προβλεπτική αξία. Ωστόσο ο προσδιορισμός της κατάλληλης «ευθείας» $«\Phi_K»$ - η οποία στην συνέχεια θα μας βοηθούσε να προβλέψουμε την αληθοτιμή μιας πρότασης «Ε» (μονοδιάστατης αναπαράστασης) ως προς τη νέα προοπτική που περιέχει την «Κ» – εξαρτάται και από τις δύο ασύμβατες προτάσεις «Φ» και «Κ». Συνεπώς και οι δύο ασύμβατες προτάσεις «Φ» και «Κ» έχουν προβλεπτική αξία. Είναι προφανές ότι αρκετές πτυχές του θεωρητικού πλαισίου της λογικής του Putnam είναι αλληλοσυγκρουόμενες.

Επόμενο είναι, όλες οι παραπάνω μετατοπίσεις του ενδιάμεσου Putnam στον χώρο του Ρεαλισμού και της Λογικής, να επιφέρουν μετατόπιση της θέσης του Putnam και στον χώρο της Αλήθειας. Αυτήν ακριβώς πρόκειται να παρακολουθήσουμε και στην επόμενη ενότητα.

4.3.3 Αλήθεια στον «ενδιάμεσο» Putnam

Σύμφωνα με τον Stoutland (2002, σ. 10), η περίοδος του εσωτερικού ρεαλισμού του Putnam ήταν η αντίθεση του μεταφυσικού ρεαλισμού σύμφωνα με την οποία όχι μόνο αμφισβήτησε την θεμελιώδη έννοια αλήθειας για τον μεταφυσικό ρεαλισμό – την αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας – αλλά υιοθέτησε ένα είδος αλήθειας που συναντά κανείς σε αντιρεαλιστικές θεωρήσεις της πραγματικότητας.

Σε αυτήν την θέση κατέληξε γιατί αποπειράθηκε ακριβώς το αντίθετο απ' ότι στην πρώιμη περίοδό του. Ενώ στην πρώιμη περίοδο έκανε διάκριση μεταξύ του χαρακτηρισμού (της χρήσης) μιας γλώσσας και του προσδιορισμού της ερμηνείας της - απόρροια της θεωρητικής μελέτης διαφόρων τυπικών συστημάτων -, στην ενδιάμεση περίοδό του αυτό το θεώρησε προβληματικό:

> «Το να υιοθετήσουμε μια θεωρία νοήματος σύμφωνα με την οποία μια γλώσσα, η χρήση της οποίας είναι πλήρως προσδιορισμένη, συνεχίζει να στερείται κάτι – ήτοι την ερμηνείας της – είναι ως να δεχόμαστε ένα πρόβλημα το οποίο μπορεί να έχει μόνο παράλογες λύσεις...Είτε η χρήση ήδη ορίζει την 'ερμηνεία' ή τίποτα δεν μπορεί...Χρειαζόμαστε, ως εκ τούτου, μια οπτική που να συνδέει την χρήση και την αναφορά με τέτοιον τρόπο που ο μεταφυσικός ρεαλιστής να αρνείται να το πράξει.» (Putnam 1983, σ. 24)

Ο παραπάνω προβληματισμός δικαιολογείται από το σύνολο των επιχειρημάτων που χρησιμοποιείται από τον Putnam για να θέσει την πρόκληση της σταθερής αναφορικής σχέσης στον μεταφυσικό ρεαλιστή όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να χαρακτηρίσει την αλήθεια με επαληθευσιοκρατικούς όρους. Μιας επαλήθευσης που δεν είναι πάντα άμεσα προσβάσιμη αλλά που θα πραγματοποιούσε κάποιος που βρίσκεται σε **ιδανικές** επιστημικές συνθήκες (Putnam 1978, σ. 115). Η απαίτηση για «ιδανικές» επιστημικές συνθήκες, παρείχε μια σταθερότητα με την πάροδο του χρόνου, παραπέμποντας σε

μια επαλήθευση που δεν θα παρείχε απλώς μια δικαιολόγηση η οποία θα μπορούσε να διαψευσθεί με την εμφάνιση νέων εμπειρικών δεδομένων. Έτσι ενώ υπάρχει κίνδυνος γενικά μια βεβαίωση ή δικαιολόγηση μιας πρότασης να αποδειχθεί λανθασμένη, η αλήθεια της πρότασης ως βεβαίωση υπό ιδανικές συνθήκες θα καταφέρει να παραμείνει αναλλοίωτη. Τι καθορίζει ποιες είναι αυτές οι ιδανικές συνθήκες; Όπως ο ίδιος αναφέρει: «Πολλά πράγματα:- δεν έχω μια γενική θεωρία. Η αλήθεια είναι τόσο πλουραλιστική, ασαφής, ανοικτού τύπου, όσο είμαστε και εμείς» (Putnam 1982, σ. 198). Αυτή ακριβώς η παραδοχή δείχνει ότι ο Putnam δεν προσπαθεί να προσφέρει έναν ορισμό της έννοιας της αλήθειας, αλλά να παρέχει μια εξήγηση του γιατί οι αληθείς προτάσεις έχουν αυτήν την ιδιότητα, προσφέροντας όμως μια επιστημική εξήγηση αυτού του γεγονότος σε αντίθεση με την υπερβατικής φύσεως εξήγηση του μεταφυσικού ρεαλισμού. Στην προσπάθεια του αυτή, η αλήθεια περιγράφτηκε με όρους αντιστοίχησης με την πραγματικότητα (Putnam 1981a, σ. 52). Όχι μιας αντιστοίχησης που καταλήγει σε ανεξάρτητες του νου και της γλώσσας καταστάσεις πραγμάτων, αλλά μιας αντιστοίχησης που καταλήγει σε συγκεκριμένα αντικείμενα της πραγματικότητας διαμέσου του εννοιολογικού σχήματος που χρησιμοποιεί κάποιος για να οργανώσει την εξωτερική πραγματικότητα και όχι απαραίτητα να την διαμορφώσει όπως ένα ιδεαλιστής θα υποστήριζε.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο «αλήθειας» πώς αντιλαμβάνεται ο Putnam τις υποστηρικτικές έννοιες της κατανόησης και της αναφοράς; Ο Putnam συνοψίζει το σκεπτικό του εσωτερικού ρεαλισμού του στην φράση: «η αλήθεια δεν υπερβαίνει την χρήση» (Putnam 1988, σ. 115). Αν η αλήθεια δεν υπερβαίνει την χρήση, τότε ούτε η αναφορά την υπερβαίνει. Η επιστημική εξήγηση της έννοιας της αλήθειας, χρειάζεται και μια επιστημική εξήγηση της έννοιας της αναφοράς. Αυτή όμως η εξήγηση δεν διατείνεται να ορίσει την «αναφορά», αλλά να εξηγήσει γιατί ένας όρος αναφέρεται στο τάδε ή δείνα αντικείμενο. Πώς επιτυγχάνεται αυτό;

> «...η κατανόηση της γλώσσας μας γίνεται μέσω της εσωτερικοποίησης των βεβαιωτικών συνθηκών, και όχι διαμέσου της γνώσης των συνθηκών αλήθειας υπό την ρεαλιστική οπτική.» (Putnam 1983, σ. xv)

Ως εκ τούτου, η γνώση της αναφοράς ενός όρου ανέρχεται στην γνώση πώς να χρησιμοποιεί κάποιος τις προτάσεις που εμπεριέχουν τον όρο, δηλαδή, να γνωρίζει εκείνες τις συνθήκες που εγγυώνται να βεβαιώσουν τις προτάσεις που περιλαμβάνουν τον υπό εξέταση όρο. Εάν αυτές οι προτάσεις έχουν βεβαιωθεί τότε έχουμε διεκπεραιώσει την αναφορά στους υπό εξέταση όρους. Το status των αντικειμένων στα οποία οι όροι αναφέρονται εξαρτάται από την γλώσσα ή το εννοιολογικό σχήμα που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε την πραγματικότητα. Όπως ήδη έχουμε δει, ο Putnam υποστηρίζει ότι «τεμαχίζουμε τον κόσμο σε αντικείμενα, όταν εισάγουμε το ένα ή το άλλο εννοιολογικό σχήμα περιγραφής» (Putnam 1981a, σ. 52). Με αυτόν τον τρόπο ο Putnam καθιστά την αναφορά των όρων καθορισμένη ακριβώς επειδή εξαρτάται από την γλώσσα ή το εννοιολογικό σχήμα, και έτσι διαφοροποιείται από την θέση του Quine περί «απροσδιοριστίας της

αναφοράς» και «οντολογικής σχετικότητας». «Το ποια αντικείμενα αποτελούν τον κόσμο, είναι μια ερώτηση που έχει νόημα μόνο όταν την κάνει κάποιος εντός μιας περιγραφικής θεωρίας» (Putnam 1981a, σ. 49).

Φαίνεται ως - η μέχρι τώρα πορεία του Putnam – να έχει εξαντλήσει τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαμε να θεωρητικολογήσουμε για την πραγματικότητα. Ωστόσο ο Putnam της δεκαετίας του 90 και έπειτα προσέφερε και άλλους τρόπους για να μας εκπλήξει αλλά κυρίως για να μας θέσει νέους προβληματισμούς μέσω των οποίων καλούμαστε να εδραιώσουμε τις αντιλήψεις μας περί ρεαλισμού, λογικής και αλήθειας.

4.4 Συντεταγμένες του «ύστερου» Putnam στον χώρο Ρ x Λ x Α

4.4.1 Ρεαλισμός στον «ύστερο» Putnam

Το κοινό χαρακτηριστικό της πρώιμης και ενδιάμεσης θέσης του Putnam ως προς την έννοια του ρεαλισμού είναι η ύπαρξη ενός «πέπλου» ή «χάσματος» μεταξύ της πραγματικότητας καθεαυτή και της περιγραφής της που προσπαθεί να διενεργήσει ο άνθρωπος διαμέσου των εννοιολογικών σχημάτων και επιστημονικών θεωριών του. Στην πρώιμη περίοδο υιοθέτησε την άποψη ότι υπήρχε μόνο μια αληθής περιγραφή αυτής της κρυμμένης πραγματικότητας και την οποία αναζητούν προσεγγιστικά όλες οι σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες. Ο «αληθής» χαρακτηρισμός της αναφοράς ανιχνευόταν διαμέσου της αιτιώδους θεωρίας η οποία είχε σκοπό να διατηρήσει την διαθεωρητική αναφορά καθώς μεταβαίναμε από την παλαιότερη επιστημονική θεωρία στην πιο σύγχρονη. Στην ενδιάμεση περίοδο, ωστόσο, στη μία πλευρά του «χάσματος» η πραγματικότητα παρουσιάστηκε «ωμή», μη-εννοιολογικά διαμορφωμένη, ενώ στην άλλη πλευρά του «χάσματος» διάφορα εννοιολογικά σχήματα ή περιγραφές - όλες αληθείς μεταξύ τους – είχαν σκοπό να καθορίσουν την οντολογία της ανεξάρτητης κατά τα άλλα πραγματικότητας και να διαμορφώσουν τους υπαρξιακούς ισχυρισμούς και εν κατακλείδι την αναφορά σε αυτήν.

Ο ύστερος Putnam θεωρεί ότι ο σωστός χαρακτηρισμός για την θεμελιώδη – όσον αφορά τον ρεαλισμό – σχέση της αναφοράς μπορεί να αναζητηθεί μέσω μελέτης ζητημάτων που αφορούν την έννοια της **αντίληψης** (perception) (Putnam 1993, σ. 181). Ο ύστερος Putnam πιστεύει ότι η προηγούμενη πεποίθηση περί «χάσματος» οφείλεται στην πτυχή της θεωρίας του **λειτουργισμού** (functionalism) η οποία θεωρεί ότι τα αισθητηριακά δεδομένα - τα οποία συνδέονται αιτιωδώς με την εξωτερική πραγματικότητα - είναι αυτά που ενεργοποιούν τους εγγενείς μηχανισμούς αναγνώρισης διαφόρων ειδών και κατ' επέκταση τους συμπερασμούς εντός των νοητικών αναπαραστάσεων. «Ο συμπερασμός ξεκινά με τα αισθητηριακά δεδομένα και όχι με το εξωτερικό αντικείμενο» (ibid. σ. 181). Αυτή ακριβώς η θεώρηση δημιουργεί την αίσθηση μιας «**διεπαφής**» (interface) (Putnam 1999, σ. 41) μεταξύ των εννοιολογικών μας ικανοτήτων και του εξωτερικού κόσμου, επειδή δεν παρέχει κάποιου είδους ορθολογική σύνδεση μεταξύ των επιφανειακών ερεθισμάτων και του

αντικειμένου που τα προκαλεί. Ποια θα μπορούσε να είναι η εκδοχή ενός πιο φιλελεύθερου λειτουργισμού;

Αυτή είναι η εκδοχή του «**άμεσου**» (direct) ρεαλισμού. Η συγκεκριμένη θέση του Putnam επί της ουσίας αφορά τα αναπαραστατικά συστήματα γενικά, τόσο τα νοητικά όσο και τα γλωσσικά και είναι σχετική με το πώς αποκτά κάτι εννοιολογικό περιεχόμενο εντός των αναπαραστατικών συστημάτων και πώς στην συνέχεια αυτό ενσωματώνεται στην εξωτερική πραγματικότητα.

Στα παραδοσιακά αναπαραστατικά συστήματα, κάποιο στοιχείο αποκτά εννοιολογικό περιεχόμενο με το να εντοπίζεται πρώτα η θέση του εντός του συστήματος και κατόπιν αυτό να υπεισέρχεται σε περιγραφικές σχέσεις - εντός του συστήματος – εξαρτώμενες αιτιωδώς από εξωτερικά ερεθίσματα. Αυτό το εννοιολογικό περιεχόμενο δεν σχετίζεται με τα αναπαριστώμενα στοιχεία αυτά καθεαυτά. Έτσι η νοητική εικόνα, π.χ., ενός ελαφιού, αναπαριστά ένα ελάφι επειδή εξωτερικές αιτιώδεις σχέσεις την συντηρούν χωρίς αυτή να εμπεριέχει κάποιο εσωτερικό αναπαραστατικό περιεχόμενο αλλά η οποία το αποκτά μέσα από μια βεβαιωτική ερμηνευτική διαδικασία εντός εγγενών αναπαραστατικών συστημάτων του νου. Ο Putnam σε μια από τις προσπάθειες να αμφισβητήσει την παραπάνω παραδοσιακή οπτική έκανε χρήση του γνωστού σχεδίου «πάπια-κουνέλι» του Wittgenstein. Είναι γνωστή η ασάφεια ενός σχεδίου τύπου «πάπια-κουνέλι» για τον λόγο ότι αυτό δεν γίνεται αντιληπτό από το σύνολο των παρατηρητών. Η ασάφεια αυτή όμως είναι δύσκολο να αποτυπωθεί σε μια αντίστοιχη νοητική εικόνα. Ο Putnam ισχυρίζεται ότι οποιαδήποτε νοητική εικόνα που δημιουργείται σχετικά με το εξωτερικό σχέδιο «πάπια-κουνέλι» δεν είναι καθόλου ασαφής. Γενικά είτε θα απεικονίζει ένα σαφές σχέδιο πάπιας είτε ένα σαφές σχέδιο κουνελιού, αν και με κάποια προσπάθεια και εξάσκηση μπορεί κάποια στιγμή να απεικονίζει ένα σαφές σχέδιο «πάπια-κουνέλι». Συνεπώς φαίνεται ότι η νοητική εικόνα δεν αναμένει κάποια ερμηνεία όπως το εξωτερικό σχέδιο, αλλά κάπως αυτή εμπεριέχει εντός της την ερμηνεία της. Τι θα μπορούσε να περιλαμβάνει αυτή; Ακολουθώντας την οπτική του Wittgenstein, ο Putnam θεωρεί ότι οι νοητικές εικόνες ή γενικώς οι εκφράσεις που αυτές αναπαριστούν αποκτούν αναπαραστατική αξία ή εννοιολογικό περιεχόμενο όταν επικεντρωνόμαστε στον τρόπο με τον οποίο αυτές χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων εκφράσεων και όχι απλά στις περιγραφικές σχέσεις εντός των οποίων αυτές εισέρχονται (Putnam 1993, σ. 182). Εξασκώντας τον τρόπο χρήσης τους, εισερχόμαστε σε ένα **γλωσσικό παίγνιο** με την εξωτερική πραγματικότητα και έτσι επιτυγχάνουμε να αντιληφθούμε με άμεσο τρόπο τα εξωτερικά αντικείμενα (Putnam et al. 2012, σ. 88). Την άποψη αυτή - ότι η αντίληψη είναι κάτι παραπάνω από μία εννοιολογική αναγνώριση εντός των αναπαραστάσεων του νου μας – την υποστηρίζει ο Putnam μέσω παραδειγμάτων όπως το ακόλουθο: Μπορεί μετά από ένα ατύχημα στο κεφάλι μου, όταν δω μπροστά μου ένα τηλέφωνο, να έχω αρχικά μια αίσθηση «αναγνώρισης», αλλά αμέσως μετά θα συνειδητοποιούσα ότι δεν έχω την παραμικρή ιδέα τι ακριβώς ήταν αυτό το αντικείμενο μπροστά μου (Putnam 1993, σ. 187). Ποιο ακριβώς είναι το status αυτού του γλωσσικού παιχνιδιού κατά τον Putnam;

> «Η κατανόηση ενός τέτοιου γλωσσικού παιχνιδιού είναι να σαν να μοιράζεσαι μια μορφή ζωής. Και οι μορφές ζωής δεν μπορούν να περιγραφούν μέσω μίας σταθερής θετικιστικής μεταγλώσσας» (Putnam 1995, σ. 48).

Αυτή ακριβώς η δήλωση δείχνει το πώς διατηρείται η εννοιολογική σχετικότητα στην νέα του θέση ως προς τον ρεαλισμό. Αν και ενδεχομενικά και μεταβλητά αυτά τα γλωσσικά «παιχνίδια» που παίζουμε με την πραγματικότητα, δεν είναι απλά αφελείς περιγραφές τις πραγματικότητας. Τουναντίον αυτά καθοδηγούνται από μια ανθεκτική και ανεξάρτητη πραγματικότητα, γιαυτό και καταλήγει να συμπεράνει ο Putnam ότι τελικά η αντίληψη και ότι είναι γνωστικό είναι η αλληλεπίδραση με αυτήν (Putnam 1993, σ. 187).

Τι αποτέλεσμα θα είχε η θέση του ύστερου Putnam - ως προς τον ρεαλισμό - όσον αφορά την ερμηνεία του επικρατέστερου «γλωσσικού παιχνιδιού», της κβαντικής μηχανικής;

> «...δεν φανταζόμαστε πια τα σωματίδια της κβαντικής μηχανικής ως κυριολεκτικά 'σωματίδια'. Πράγματι, αυτή την στιγμή δεν γνωρίζουμε καθόλου πώς να τα φανταστούμε, εκτός από τις αλληλεπιδράσεις τους με τις μετρητικές συσκευές.» (Putnam 1999, σ. 56).

Η ανωτέρω δήλωση είναι αρκετή για να υποψιαστούμε ποια θα είναι η θέση του ύστερου Putnam στον χώρο της λογικής.

4.4.2 Λογική στον «ύστερο» Putnam

Το ενδιαφέρον τόσο του πρώιμου Putnam όσο και του ενδιάμεσου ως προς την αναθεώρηση της λογικής, επηρεάστηκε κυρίως από τις απόψεις του Quine (Quine 1951· Putnam et al. 2012, σ. 173) περί δυνατότητας αναθεώρησης των αναλυτικών προτάσεων, την εξοικείωση με την εναλλακτική κβαντική λογική που του παρείχε ο Finkelstein και την ανάγκη για μια ρεαλιστική ερμηνεία της επικρατέστερης επιστημονικής θεωρίας, της κβαντικής μηχανικής.

Ωστόσο ο Putnam το 1990 (Putnam et al. 2012, σ. 175) αναγκάστηκε να εγκαταλείψει την προσπάθεια αναθεώρησης της κλασικής λογικής, όχι γιατί δεν πίστευε στην δυνατότητα αναθεώρησης των αναλυτικών προτάσεων, αλλά γιατί δεν επέτυχε να συγκροτήσει μια βιώσιμη ρεαλιστική ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής μέσω της κβαντικής λογικής (Clark and Hale 1994, σ. 280). Πέρα από την κριτική που δέχτηκε, όπως έχουμε ήδη διερευνήσει, παρέθεσε λόγους που αφορούν την προοπτικιστικού είδους ερμηνεία της πραγματικότητας που ο ίδιος είχε παραγάγει στην ενδιάμεση περίοδο του και η οποία αποτέλεσε το πλαίσιο εντός του οποίου προσπάθησε να διαμορφώσει την κβαντική λογική. Η προοπτικιστικού είδους θεώρηση που είχε υιοθετήσει ήταν μια απόπειρα γενίκευσης της ερμηνείας της κβαντικής μηχανικής από τον θεμελιωτή της κβαντικής λογικής Von Neumann (Von Neumann, 1932), ωστόσο ο τρόπος που χειριζόταν ο Neumann την προοπτικιστικού

είδους θεώρηση διατηρούσε την μέση τιμή ενός παρατηρήσιμου μεγέθους μεταξύ διαφορετικών προοπτικών που θα μπορούσε να επιλέξει ένας παρατηρητής. Ο Putnam αναγνώρισε ότι στο δικό του θεωρητικό πλαίσιο δεν είναι κάποιος ελεύθερος να επιλέξει την προοπτική που επιθυμεί και παρόλα αυτά να διατηρήσει την μέση τιμή ενός παρατηρήσιμου μεγέθους μεταξύ διαφορετικών προοπτικών. Στην επεξήγηση αυτής της αναγνώρισης χρησιμοποίησε το νοητικό πείραμα της γάτας του Schrödinger (Clark and Hale 1994, σ. 271-274).

Πιο πρόσφατα όμως (Putnam et al. 2012, σ. 175) παρέθεσε έναν πιο απλό λόγο για την εγκατάλειψη της αναθεώρησης της κλασικής λογικής. Σύμφωνα με αυτόν, πριν κάποιος αποφασίσει να αναθεωρήσει την κλασική λογική, οφείλει πρώτα να εξασφαλίσει ότι δεν υπάρχουν συνεπείς ρεαλιστικές ερμηνείες που συμφωνούν με την κλασική λογική. Σύμφωνα με τον Putnam υπάρχουν τουλάχιστον τρεις τέτοιες ερμηνείες: η θεωρία του οδηγού-κύματος του Bohm και οι διάδοχοι της, η θεωρία της αυθόρμητης-κατάρρευσης των Ghirardi-Rimini-Weber (GRW) και οι διάδοχοι της και η ερμηνεία των πολλών-κόσμων και οι διάφορες εκδοχές της. Αν και η θεωρία του Bohm υπήρχε από το 1952 και ακόμη πιο πριν ως μέρος της θεωρίας του Louis de Broglie (1927), ο Putnam απολογήθηκε ότι δεν είχε ασχοληθεί σοβαρά με αυτήν – όπως όφειλε - όταν έγραφε το άρθρο του για την αναθεώρηση της κλασικής λογικής «*Είναι η Λογική Εμπειρική;*» (Putnam, 1968). Έτσι καταλήγει ότι «δεν είναι αναγκαίο να οδηγηθούμε τόσο μακριά [στην αναθεώρηση της κλασικής λογικής] για να δώσουμε νόημα στα κβαντικά φαινόμενα» (Putnam et al. 2012, σ. 175). Αν και ο σκοπός εδώ δεν είναι να ασκήσουμε κριτική στις ρεαλιστικού τύπου κβαντικές θεωρίες, οι οποίες δεν είναι ελεύθερες θεωρητικών και εννοιολογικών προβλημάτων, νομίζω ότι αν ο Putnam είχε δώσει λίγο παραπάνω προσοχή στο βραβείο Nobel του 2012 (Wineland and Haroche, 2012)[105] ίσως δεν θα είχε βιαστεί να υποθέσει ότι υπάρχουν συνεπείς ρεαλιστικές ερμηνείες των κβαντικών φαινομένων. Το ερώτημα είναι αν έχει κλείσει η προσπάθεια ρεαλιστικής ερμηνείας της κβαντικής λογικής (Karakostas 2014) και αυτό είναι κάτι που θα μας απασχολήσει στο επόμενο κεφάλαιο. Αυτό που απομένει να δούμε είναι πώς αυτή η υποχώρηση του ύστερου Putnam πίσω στην γνώριμη κλασική λογική - την λογική του κοινού ανθρώπου - επηρεάζει την θέση του ως προς την αλήθεια.

4.4.3 Αλήθεια στον «ύστερο» Putnam

Ο ύστερος Putnam φαίνεται να αποδυναμώνει την έννοια της αλήθειας από την ισχυρή αντιστοιχιστική θέση του πρώιμου μεταφυσικού του ρεαλισμού και την μετέπειτα περιοριστική επιστημική θέση του εσωτερικού ρεαλισμού. Ο άμεσος ρεαλισμός του Putnam υποστηρίζει μια βιτγκενσταινική προσέγγιση προς την έννοια της αλήθειας. Η αλήθεια και το ψεύδος, οι οποίες συνδέονται με τις συγγενείς ιδέες

105Όπου παρατηρήθηκε η υπέρθεση ενός και μόνο ατόμου (και όχι ενός στατιστικού συνόλου) από την πειραματική διάταξη του Wineland και η υπέρθεση ενός και μόνο φωτονίου από την πειραματική διάταξη του Haroche.

του ορθού και του λάθους, βεβαιώνονται εντός του πλαισίου ενός γλωσσικού παιγνίου ή εννοιολογικού σχήματος.

> «Η κατανόηση σε τι έγκειται η αλήθεια [μιας πρότασης], σε κάθε περίπτωση (και μπορεί να έγκειται σε πολύ διαφορετικά πράγματα), δίνεται από την κατανόηση της Πρότασης, και αυτή εξαρτάται από την γνωστική επάρκεια του 'γλωσσικού-παιγνίου', μέσω του οποίου ο Wittgenstein εννοεί 'το σύνολο που αποτελείται από την γλώσσα και τις δράσεις με τις οποίες αυτή είναι συνυφασμένη.'[...] Υπάρχει ένας συγκεκριμένος 'ολισμός' εδώ· το να γνωρίζουμε τι είναι αλήθεια σε μια συγκεκριμένη περίπτωση εξαρτάται από την γνώση της χρήσης των σημείων ενός γλωσσικού παιγνίου όπως η γνώση του τι είναι το σκάκι εξαρτάται από την γνώση της χρήσης των διάφορων κομματιών της σκακιέρας». (Putnam 1999, σσ. 72,73)

> «Νομίζω πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι υπάρχουν κάποια είδη αντικειμενικών ιδιοτήτων όσον αφορά την ορθότητα και τη σφαλερότητα τα οποία συσχετίζονται με την ομιλία και τη σκέψη, πριν ακόμα αντιμετωπίσουμε το ζήτημα του αν θα έπρεπε να τα θεωρήσουμε πρωταρχικά, να δώσουμε μια μεταφυσική εξήγηση για αυτά ή να δώσουμε μια ιδεαλιστική εξήγηση ή να αναζητήσουμε γενικά μια νέα εξήγηση.» (Putnam 1994, σ. 322)

Η διεκδίκηση της γνώσης σχετικά με την πραγματικότητα μπορεί να συμβεί με μια πληθώρα τρόπων, οι οποίοι θέτουν το ερώτημα της αλήθειας ή του ψεύδους ώστε να εξαρτάται από μια πολλαπλότητα γλωσσικών παιγνίων. 'Ετσι ο Putnam φαίνεται να αποδέχεται ότι το «αληθές» δεν έχει μονοσήμαντο νόημα όπως το «υπάρχω» (Putnam 1999, σ. 65). Αντιθέτως, η κατανόηση τι είναι αλήθεια εξαρτάται από τα γλωσσικά παίγνια με τα οποία είμαστε εμπλεκόμενοι και τον ρόλο των προτάσεων – ως φορείς αλήθειας – εντός αυτών. Αυτή η προσέγγιση φαίνεται να οδηγεί σε μια είδους μινιμαλιστική προσέγγιση της έννοιας της αλήθειας, είτε «απεισαγωγική» (disquotational) (Baghramian 2008, σ. 33) είτε «συσταλτική» (deflationary) (Stoutland 2002, σ. 19) αν και αυτό το σημείο δεν είναι ευδιάκριτο για τον λόγο ότι ο Putnam φαίνεται να μην αποδέχεται τέτοιου είδους ταυτοποιήσεις (Putnam 1992, σ. 436).

Το βασικό πρόβλημα όμως με την επί της ουσίας μινιμαλιστική προσέγγιση της αλήθειας από τον Putnam πιστεύω ότι είναι η αδυναμία παροχής μιας ισχυρής ρεαλιστικής θέσης τόσο για τις υποατομικές οντότητες όσο και για τις μη-παρατηρήσιμες θεωρητικές οντότητες που αξιωματικά χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες. Ο «άμεσος» ρεαλισμός του Putnam όντως μοιράζεται κοινά σημεία με τον ρεαλισμό του κοινού ανθρώπου για τα αντικείμενα του μακρόκοσμου, αλλά νομίζω ότι απέχει πολύ από το να παράσχει ένα βιώσιμο ρεαλιστικό μηχανισμό για την περιγραφή του μικρόκοσμου.

4.5 Αναζητώντας τους λόγους της αποτυχίας

Η εμμονή στον κλασικό μεταφυσικό ρεαλισμό όπως αυτός διαμορφώθηκε στο πέρασμα δύο χιλιετιών και πλέον, υπήρξε διαμορφωτικός παράγοντας για την ερμηνεία των εμπειρικών δεδομένων της κβαντικής μηχανικής. Αυτή ακριβώς

χαρακτήρισε και το επιστημονικό έργο του Putnam, που σκοπό είχε να συμφιλιώσει τον κλασικό μεταφυσικό ρεαλισμό με τα πειραματικά ευρήματα της ΚΜ όπως αυτά αναδεικνύονταν από την πειραματικά επιβεβαιωμένη αρχή της **συμπληρωματικότητας** (complementarity) και των άλλων αναδυόμενων κβαντικών χαρακτηριστικών που αυτή δύναται να φέρει σε ύπαρξη. Για τον Putnam όλες οι περιπτώσεις της συμπληρωματικότητας αντιστοιχούσαν σε λογικές ασυμβατότητες στην κβαντική λογική (Putnam 1975a, σ. 180). Ωστόσο η αποτυχία αυτής της προσπάθειας μπορεί να αποδοθεί στο θεμελιώδες πρότυπο που χρησιμοποιεί η κλασική εμπειρική πρακτική για την ανακάλυψη της γνώσης για την φυσική πραγματικότητα, την αρχή της αιτιότητας.

4.5.1 Αιτιότητα: ιστορική προσέγγιση

Όλη η βεβαιότητα που επικαλούμαστε για τους διάφορους συσχετισμούς που κάνουμε για τη φυσική πραγματικότητα, στηρίζεται πάνω στην αναγνώριση της αρχής της αιτιότητας. Η ουσία της αιτιότητας είναι η παραγωγή και ο καθορισμός ενός φαινομένου (αποτέλεσμα) από ένα άλλο (αιτία). Σε αυτήν την παραγωγική σχέση, η αιτία είναι το πρωταρχικό μέλος και αυτό που ενεργεί επί του αποτελέσματος και όχι το αντίθετο. Πέρα όμως από αυτή την απλή και συνάμα οικεία περιγραφή της αρχής της αιτιότητας, η ιστορική εξέλιξη αυτής της αρχής μπορεί να εξηγήσει την εμμονή στον κλασικό μεταφυσικό ρεαλισμό και στις παραδοχές του, - φιλοσόφων όπως ο Putnam - εμμονή που έχει παγιωθεί μέσω χιλιάδων ετών επιστημονικής πρακτικής.

Αν και η έννοια της αιτιότητας υπήρξε στοιχείο της προσωκρατικής φιλοσοφίας, φαίνεται ότι ο Πλάτωνας προσπάθησε πρώτος να την διατυπώσει:

> «Καθετί που γίνεται, αναγκαστικά γίνεται από κάποιο αίτιο. Τίποτε δεν γνωρίζει την γένεση χωρίς αίτιο.» (Πλάτωνας, Τίμαιος 28b)

Ωστόσο είναι γενικά αποδεκτό ότι ο Αριστοτέλης έδωσε ένα πιο ενδελεχή ορισμό της αιτιότητας, αναδεικνύοντας 4 πτυχές αυτής:

> «Εἶναι λοιπὸν φανερὸ ὅτι πρέπει νὰ ἀποκτήσωμε ἐπιστήμη τῶν ἀρχικῶν αἰτίων (γιατὶ τότε λέμε ὅτι ἔχομε καθαρὴ γνώση γιὰ κάτι, ὅταν ἔχωμε τὴν ἰδέα ὅτι διακρίνομε τὴν πρώτη αἰτία). τὰ αἴτια ὅμως ἔχουν τετραπλῆ σημασία, μιὰ ἀπὸ τὶς αἰτίες αὐτὲς λέμε πὼς εἶναι ἡ οὐσία καὶ τὸ τί ἤτανε νὰ εἶναι· δεύτερη αἰτία λέμε τὴν ὕλη καὶ αὐτὸ ποὺ κάτω ἀπὸ κάθε μεταβολὴ εἶναι βαλμένο ὡς ὑποκείμενο, τρίτη ἀπὸ ὅπου ἡ ἀρχὴ τῆς κίνησις, τετάρτη αὐτὴ ποὺ στέκει ἀντίκρυ της, τὸ ὅτινος ἕνεκα καὶ τὸ ἀγαθὸ (γιατὶ τελικὸς σκοπὸς κάθε κίνησης καὶ γένεσης εἶναι αὐτό).» (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 983a)

Συνεπώς κατά τον Αριστοτέλη η απάντηση στο ερώτημα της γνώσης της ταυτότητας του «τόδε τι» είναι μια σύνθετη διαδικασία η οποία θα αναζητηθεί στην ανάλυση της αρχής της αιτιότητας στις εξής πτυχές: Το **υλικό αίτιο** δηλαδή αυτό από το οποίο είναι φτιαγμένο κάτι, το **ποιητικό αίτιο** δηλαδή αυτό το οποίο έφτιαξε κάτι, το **μορφικό αίτιο**, δηλαδή αυτό στο οποίο έγινε κάτι, και το **τελικό αίτιο** δηλαδή

αυτό για χάρη του οποίου έγινε κάτι. Από αυτές τις πτυχές, ο Αριστοτέλης υποστήριξε ότι το μορφικό αίτιο είναι από τις πιο σημαντικές και καθοριστικές αιτίες «αίτιο λέγεται το είδος (μορφή) και το υπόδειγμα ενός όντος· αυτό είναι αφενός ο ορισμός της ουσίας του όντος» (Αριστοτέλης Φυσικά Β 3, 194b). Ωστόσο το ποιητικό αίτιο ήταν εκείνο το είδος αιτίας που τώρα συνδέουμε με την αρχή της αιτιότητας. Τι περιλάμβανε αυτό;

> «γιατὶ τὸ εἶδος (μορφή) εἶναι αὐτὸ ποὺ μέσα σέ ἄλλο γίνεται μὲ τὴν ἐνέργεια ἢ τῆς τέχνης, ἢ τῆς φύσης ἢ τῆς δύναμης· [...] γιατὶ συμμορφώνει ἡ ποίηση ἕνα ὑλικὸ σύμφωνα μὲ ἕνα ὡρισμένο εἶδος» (Αριστοτέλης Μετά τα Φυσικά, 1033b).

Αυτό, λοιπόν, που περιλάμβανε η ποιητική αιτιότητα ήταν η μετάδοση μορφής από το ποιητικό αίτιο στο αποτέλεσμα. Αυτή η μορφή αιτιότητας ήταν τελικά και εκείνη που κυριάρχησε στην διαλεκτική των μεταγενέστερων φιλοσόφων. Εμπλουτίζοντας την, οι Στωικοί εστίασαν στην ανάδειξη της αναγκαιότητας και της κανονικότητας που την διέπει (Hulswit 2002, σ. 6), ενώ οι μετέπειτα μεσαιωνικοί φιλόσοφοι όπως ο Ακινάτης (1225 - 1274) προσανατολίστηκαν στην άποψη ότι το ποιητικό αίτιο αφορά την δημιουργία ύλης και μορφής. Επιπλέον, λέγοντας ότι «όλα τα φυσικά πράγματα συμβαίνουν κατά τον ίδιο τρόπο», ο Ακινάτης αποδέχθηκε ότι τα πράγματα που ανήκουν στο ίδιο είδος δρουν με όμοιο τρόπο κάτω από όμοιες αιτιώδεις καταστάσεις. Έτσι με το να συνδέσει το ποιητικό αίτιο με την φυσική αναγκαιότητα, και την φυσική αναγκαιότητα με την νομοτελειακή συμπεριφορά, ο Ακινάτης είχε κύρια επίδραση στην ανάπτυξη της σύγχρονης αντίληψης για την αρχή της αιτιότητας (Hulswit 2002, σ. 9,10). Μέχρι τον 17ο αιώνα η χρήση του μορφικού και τελικού αιτίου είχε εγκαταλειφθεί. Οι μόνες έγκυρες εξηγήσεις της αρχής της αιτιότητας αφορούσαν το ποιητικό αίτιο. Η τελεολογία – ότι κάθε ποιητικό αίτιο δρα για να εκπληρώσει κάποιο σκοπό - που χαρακτήριζε την Αριστοτελική αιτιότητα και των μετέπειτα σχολαστικών αντικαταστάθηκε από την αιτιοκρατία, την ύπαρξη ενός μηχανισμού ώσεων και έλξεων που καθορίζει επακριβώς αυτό που ακολουθεί του αιτίου. Ωστόσο αυτή η μετατόπιση επέφερε διαφωνίες ως προς την φύση της αιτιοκρατίας. Η **ορθολογιστική** αντίληψη της αιτιότητας δεχόταν την σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος ως μια λογική σχέση και ως εκ τούτου η φυσική αναγκαιότητα εκδηλωνόταν μέσα από τον συμπερασμό. Συνεπώς η πλήρης γνώση των αιτιών συνίσταται στην γνώση των προκείμενων από τις οποίες μέσω λογίκευσης μπορούν να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Μια θέση, την οποία αποδέχθηκαν – με διάφορες παραλλαγές – φιλόσοφοι όπως ο Descartes, ο Hobbes, ο Spinoza και ο Leibniz χωρίς όμως να εκλείψει και η τελεολογική χροιά της Αριστοτελικής θέσης στο πρόσωπο του Θεού (Ψύλλος 2008, σ. 122 – 124· Hulswit 2002, σ. 42,43). Η **εμπειριστική** όμως αντίληψη – ένας από τους κύριους εκφραστές της οποίας ήταν και ο Hume (1711-1776) – απέδωσε την ιδέα της αναγκαίας σύνδεσης που υπάρχει στην έννοια της αιτιότητας εν μέρει στην εμπειρική παρατήρηση της «σταθερής σύζευξης»[106] και εν μέρει στην εσωτερική διανοητική αίσθηση που έχουμε για την ύπαρξη μιας αναγκαίας σύνδεσης. Η συνήθεια που καλλιεργείται από τις εντυπώσεις που

106«όμοια αντικείμενα να έχουν πάντα όμοιες σχέσεις γειτνίασης και διαδοχής» (Ψύλλος 2008, σ. 125)

προκαλεί αυτή η σταθερή σύζευξη, δημιουργεί την αίσθηση της αναγκαιότητας, ως να υποχρεώνεται ο νους να πάει από την μια κατάσταση (αίτιο) στην άλλη (αποτέλεσμα). Η αναγκαία σύνδεση δεν ανακαλύπτεται εντός του κόσμου αλλά προβάλλεται πάνω σε αυτόν από τις διάνοιες μας. Αυτό ακριβώς το χάσμα μεταξύ της ορθολογιστικής και της εμπειριστικής αντίληψης ήρθε να γεφυρώσει η κριτική διδασκαλία του Kant (1724-1804), με το να μην αποδεχθεί ότι η αναγκαιότητα είναι μια ψυχολογική αίσθηση που συντηρεί η συνήθεια, αλλά με το να εξοπλίσει την διάνοια με εκείνες τις οργανωτικές δομές (κατηγορίες) οι οποίες θα αποτελούν την προϋπόθεση για την ίδια την δυνατότητα αντικειμενικής εμπειρίας. Μια από αυτές τις κατηγορίες ήταν και η αιτιώδης σχέση που επιβάλλει κάποιος στα φαινόμενα της εμπειρίας, όχι όμως και στα μη γνώσιμα πράγματα καθεαυτά (νοούμενα). Ωστόσο και η προσπάθεια συμφιλίωσης του Kant δεν μπόρεσε να επανακτήσει την αντικειμενική αναγκαιότητα, μιας και αυτός - όπως και ο Hume – θεώρησε ότι η αναγκαιότητα των αιτιακών αλληλουχιών προβάλλεται μεν από τον νου στον κόσμο, αλλά με το status της νοητικής προϋπόθεσης για την κατανόηση του κόσμου. Με αυτόν τον τρόπο, φάνηκε ότι οι φυσικοί νόμοι καταλήγουν να περιορίζονται σε καθολικές κανονικότητες (Ψύλλος 2008, σ. 128) που διαμορφώνει a-priori ο νους. Αυτό όμως δεν φάνηκε να απαντά στο πρόβλημα της αντικειμενικής αναγκαιότητας, μιας και δεν είναι όλες οι κανονικότητες αιτιακές, ούτε μπορεί κάποιος να θεωρήσει όλες τις κανονικότητες ως νόμους της φύσης[107].

Συνέπεια της ανωτέρω φιλοσοφικής διαμάχης για την αρχή της αιτιότητας, ήταν η διαμόρφωση και η ανάπτυξη κάποιων κοινοτοπιών σε σχέση με αυτήν, παρά τις φιλοσοφικές αποκλίσεις που επιχείρησε ο κάθε φιλόσοφος να εδραιώσει. Η Αριστοτελική–σχολαστική κοινοτοπία παρουσίαζε την αιτία ως τον ενεργό υποκινητή μιας αλλαγής. Σε αντίθεση, η επιστημονική αντίληψη όπως αυτή διαμορφώθηκε από το 17ο αιώνα και έπειτα, συνίσταται στο ότι οι αιτίες αποτελούν τους αδρανείς κόμβους εντός μιας νομοτελειακής συμπερασματικής αλυσίδας γεγονότων (Hulswit 2002, σ. 44,45). Αυτή ακριβώς η κοινοτοπία περιγράφεται συνήθως **αντιγεγονοτικά**, δηλαδή σύμφωνα με την άποψη ότι εάν η αιτία δεν υπήρχε, ούτε το αποτέλεσμα θα είχε υπάρξει, άποψη που παρουσίασε συνοπτικά ο Hume «εάν το πρώτο αντικείμενο δεν υπήρχε, το δεύτερο δεν θα είχε υπάρξει ποτέ» (Hume 1748, σ. 146 όπως παρατίθεται στον Ψύλλος 2008, σ. 135) και πολύ αργότερα ανέλυσε ο Lewis (1986) καθιστώντας την βάση για την αρχή της Χιουμιανής επιγένεσης ως θεμελιώδες στοιχείο συγκρότησης της φυσικής πραγματικότητας (Karakostas 2009).

4.5.2 Αποκλίνοντας από την κλασική αιτιότητα

Αυτή η συγκεκριμένη αντίληψη περί της φυσικής αιτιότητας φαντάζει τόσο θεμελιώδης και προφανής, ώστε τίποτα άλλο δεν θα μπορούσε ποτέ να την

107 «Η νύχτα πάντα ακολουθεί τη μέρα, αλλά δεν προκαλείται από τη μέρα. Και παρόλο που είναι κανονικότητα, δεν είναι νόμος της φύσης ότι όλα τα νομίσματα στην τσέπη μου είναι ευρώ» (Ψύλλος 2008, σ. 133)

αντικαταστήσει. Ωστόσο στις αρχές του 20ου αιώνα υπήρξε μια πειραματικά επιβεβαιωμένη αρχή η οποία έμελλε να αλλάξει εντελώς την οπτική μας για την φυσική πραγματικότητα *και ειδικά για το μικροφυσικό υπόβαθρο αυτής*. Αυτήν ήταν η αρχή της «**συμπληρωματικότητας**»[108] (complementarity). Όπως το εξέφρασε ο Bohr:

> «Η αναγνώριση της απολύτου αναγκαίας εξάρτησης οποιουδήποτε φυσικού φαινομένου από το σύστημα αναφοράς του παρατηρητή, που διαμορφώνει το χαρακτηριστικό γνώρισμα της θεωρίας της σχετικότητας, δεν συνεπάγεται ωστόσο – ιδιαίτερα όπως ο ίδιος ο Einstein έχει τονίσει – καμμία απολύτως εγκατάλειψη των υποκείμενων υποθέσεων του ιδεώδους της αιτιότητας, ότι η συμπεριφορά ενός φυσικού αντικειμένου σε σχέση με ένα δοθέν σύστημα συντεταγμένων είναι μοναδικά καθορισμένη, εντελώς ανεξάρτητη από το αν αυτό παρατηρείται ή όχι. Ωστόσο έκτοτε, μια περαιτέρω αναθεώρηση του προβλήματος της παρατήρησης έχει γίνει αναγκαία από την ανακάλυψη του καθολικού κβάντου δράσης, το οποίο μας έχει διδάξει ότι ολόκληρος ο τρόπος περιγραφής της κλασικής φυσικής, συμπεριλαμβανομένου της θεωρίας της σχετικότητας, διατηρεί την επάρκεια του μόνο όσο οι ποσότητες που δρουν και που υπεισέρχονται στην περιγραφή είναι αρκετά μεγάλες συγκριτικά ως προς το κβάντο του Planck. Όταν δεν είναι αυτή η περίπτωση, όπως στο πεδίο της ατομικής φυσικής, τότε εμφανίζονται νέες ομοιομορφίες οι οποίες δεν ταιριάζουν με το πλαίσιο της συνήθους αιτιακής περιγραφής (A_I). Αυτή η περίπτωση, εκ πρώτης όψεως παραδοξολογική, διευκρινίζεται στην αναγνώριση ότι σε αυτό το πεδίο (της ατομικής φυσικής) δεν είναι πλέον δυνατόν επακριβώς να διακρίνουμε μεταξύ μιας αυτόνομης συμπεριφοράς ενός φυσικού αντικειμένου και της αναπόφευκτης αλληλεπίδρασης με άλλα σώματα που χρησιμεύουν ως μετρητικά όργανα, η άμεση εξέταση της οποίας αποκλείεται από την ίδια την φύση της έννοιας της παρατήρησης καθαυτή (A_{II}). Πράγματι αυτή η περίπτωση μας φέρνει σε επαφή με μια κατάσταση σχετική με την ανάλυση και την σύνθεση της εμπειρίας η οποία είναι εντελώς νέα στην φυσική και μας επιβάλλει να αντικαταστήσουμε το ιδεώδες της αιτιότητας με μια πιο γενική οπτική καλούμενη συνήθως ως "**συμπληρωματικότητα**"». (Bohr 1937, σ. 290-291)

> «[Αυτό] υπαινίσσεται ότι είναι αδύνατος οποιοσδήποτε σαφής διαχωρισμός μεταξύ της συμπεριφοράς των ατομικών αντικειμένων και της αλληλεπίδρασης με τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται για να ορίσουν τις συνθήκες μέσα στις οποίες εμφανίζονται τα φαινόμενα. Στην πραγματικότητα, η ιδιομορφία των τυπικών κβαντικών φαινομένων βρίσκει την καταλληλότερη έκφρασή της στην περίπτωση που οποιαδήποτε προσπάθεια να υποδιαιρεθούν τα φαινόμενα απαιτεί αλλαγή στην πειραματική διάταξη, εισάγοντας έτσι νέες πιθανότητες αλληλεπίδρασης οι οποίες δεν είναι κατ' αρχήν δυνατόν να ελεγχθούν. Κατά συνέπεια, τα τεκμήρια που έχουν ληφθεί κάτω από διαφορετικές πειραματικές συνθήκες δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά από μόνα τους, αλλά θα πρέπει να θεωρούνται συμπληρωματικά, υπό την έννοια ότι μόνο η ολότητα των φαινομένων εξαντλεί όλες τις πιθανές πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα.» (Bohr 1949, σ. 232)

Η μηχανιστική αντίληψη της αιτίας ως μιας *προϋπάρχουσας συμπεριφοράς* που εκδηλώνεται στην αλληλεπίδραση με ένα άλλο σώμα (μετρητικό όργανο) και προκαλεί την ύπαρξη του αποτελέσματος φάνηκε να μην μπορεί να εξηγήσει τις ασύμβατες συμπεριφορές – κυματική και σωματιδιακή - που εκδηλώνει το ίδιο κβαντικό σωματίδιο όταν αλληλεπιδράσει με διαφορετικά σώματα ή γενικότερα πειραματικές διατάξεις, κατάσταση που είναι έκδηλη στο γνωστό πείραμα των δύο σχισμών. Ο Bohr απέρριψε ότι η φύση της αλληλεπίδρασης που υποκινείται από μια

108 Την οποία παρουσίασε για πρώτη φορά το 1927 στο Como της Ιταλίας (Bohr 1949, σ. 39)

αιτία στο κβαντικό επίπεδο είναι μηχανιστική δηλαδή αντιγεγονοτική. Η τυπική αναλογία που έκανε μεταξύ της κβαντικής μηχανικής και της θεωρίας της σχετικότητας ανέδειξε την πλαισιοκρατική εξάρτηση της συμπεριφοράς ενός κβαντικού αντικειμένου (Bohr 1937, σ. 292), ως το νέο χαρακτηριστικό γνώρισμα της εξατομίκευσης των κβαντικών φαινομένων (Bohr 1949, σ. 39). Αυτό είχε ως σημασιολογικό αποτέλεσμα την εξάρτηση των συνθηκών αλήθειας των προτάσεων που αφορούν τις κινηματικές και δυναμικές ποσότητες των ατομικών αντικειμένων, από τις πειραματικές συνθήκες εντός των οποίων αυτά υπόκεινται. Το 1927 που παρουσίασε για πρώτη φορά ο Bohr την έννοια της συμπληρωματικότητας, φαινόταν να παρέχει επεξηγηματική υποστήριξη στην νεοανακαλυφθείσα **αρχή της αβεβαιότητας** από τον Heisenberg - όπως αυτή θεμελιώθηκε από τον τότε αναδυόμενο φορμαλισμό της κβαντικής μηχανικής[109]:

> «Ο Bohr επέστησε την προσοχή μου στο γεγονός ότι [...] η αβεβαιότητα στην παρατήρηση δεν οφείλεται αποκλειστικά στην ύπαρξη ασυνεχειών, αλλά είναι άμεσα σχετιζόμενη με την απαίτηση του να αποδίδεται η ίδια εγκυρότητα ταυτόχρονα στις διαφορετικές εμπειρίες όπως αυτές εκφράζονται αφ' ενός από την σωματιδιακή θεωρία, αφ'ετέρου από την κυματική θεωρία.» (Heisenberg 1927, σ. 197)

Για τον λόγο αυτό, η αποδοχή του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής ως το επαρκές μέσο για να περιγραφεί ο συμπληρωματικός τρόπος αντίληψης δεν δέσμευσε τον Bohr να τον θεωρήσει ως να αντιστοιχεί αυτός σε κάτι πραγματικό (Bohr 1949, σ. 40). Η ύπαρξη της φανταστικής ποσότητας «i» στον φορμαλισμό δεν άφηνε περιθώριο για κάτι τέτοιο. Όπως ο ίδιος είχε κάνει σαφές: «Ήθελα μόνο να δώσω έμφαση στο ότι σε αυτούς τους τομείς (θεωρία της σχετικότητας και κβαντική μηχανική) οι λογικοί συσχετισμοί μπορούν να κερδηθούν μόνο από μια εκτεταμένη αποκήρυξη των συνήθων απαιτήσεων για οπτικοποίηση» (Bohr 1937, σ. 292). Αυτό αποτελεί ένα καινοτόμο στοιχείο στην δημιουργία φορμαλισμών για την φυσική πραγματικότητα. Όπως είδαμε, η ανάπτυξη μαθηματικών φορμαλισμών για την φυσική πραγματικότητα είχε σαφείς δεσμούς με συγκεκριμένες οντολογικές παραδοχές που γινόταν φανερές στα κοινά συνολοθεωρητικά θεμέλια αυτών. Η εξέλιξη αυτής της κλασικής οντολογίας ήταν η διακριτοποίηση της (κβάντωση), ως απόρροια των προσπαθειών της παλιάς κβαντικής θεωρίας[110]. Η νέα όμως φορμαλιστική θεμελίωση της κβαντικής θεωρίας - αρχής γενομένης με την μηχανική των «μητρών» του Heisenberg και την κυματική μηχανική του Schrödinger - αποδεσμεύτηκε πλήρως από την κλασική οντολογία και οποιαδήποτε απεικονιστική απόπειρα. Η δημιουργία του φορμαλισμού συντελέστηκε πριν αποφασιστεί κάποια ερμηνεία για αυτόν και αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό ίσως είναι και το κυρίως υπεύθυνο για την μεγάλη φιλοσοφική διαμάχη περί του σε ποια πραγματικότητα αυτός αναφέρεται. Αυτό ίσως

109 Μια συλλογική προσπάθεια των Heisenberg, Schrödinger, Born, Jordan και Dirac (Bohr 1949, σ. 37, 38)

110 Μια περίοδο που ξεκινά από το 1900 με την εξήγηση του Planck για την ακτινοβολία του μέλανος σώματος, την εξήγηση του Einstein για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο το 1905, την θεωρία του Bohr για το άτομο του υδρογόνου το 1913, την θεωρία του Bohr-Sommerfeld για το άτομο το 1916 και το έργο των φασματοσκόπων μέχρι και το 1925.

εξηγεί και το γεγονός ότι δεν ευνοήθηκε από τον Bohr η «φορμαλιστική» κατάρρευση του καταστατικού διανύσματος για την περιγραφή της πραγματικότητας της κβαντικής μέτρησης (Plotnitsky 2006, σ. 41· Howard 2004, σ. 675· Gomatam 2007, σ. 746), παρά μόνο για την ανάδειξη της λογικής του συμπληρωματικού τρόπου αντίληψης, μια στάση που χαρακτήρισε τον Bohr ως αντιρεαλιστή σε σχέση με τον φορμαλισμό όπως αφήνει να εννοηθεί ο Heisenberg όταν είπε ότι «...ο Bohr δεν θα ήθελε να πει ότι η φύση μιμείται ένα μαθηματικό σχήμα» (Heisenberg 1963, σ. 15 όπως παρατίθεται στον Folse 1986, σ. 99). Η αντιρεαλιστική στάση όμως του Bohr ως προς τον φορμαλισμό δεν τον εμπόδιζε από το να εμπιστεύεται μια ρεαλιστική θεώρηση ως προς την πραγματικότητα των μικροφυσικών αντικειμένων:

> «Ταυτόχρονα καθώς κάθε αμφιβολία έχει αφαιρεθεί όσον αφορά την πραγματικότητα των ατόμων και καθώς έχουμε αποκτήσει μια λεπτομερή γνώση της εσωτερικής δομής των ατόμων, μας υπενθύμισαν με έναν πληροφοριακό (instructive) τρόπο τον φυσικό περιορισμό των αντιληπτικών μας μορφών.» (Bohr 1929, σ. 103 όπως παρατίθεται στον Folse 1986, σ. 98)

Παρόλα αυτά, ο Heisenberg θεωρήθηκε υπεύθυνος για την καθιέρωση μιας «ορθόδοξης» αντίληψης για την μελέτη των κβαντικών φαινομένων (Σχολή της Κοπεγχάγης), σύμφωνα με την οποία η «φορμαλιστική» ασυνεχή κατάρρευση του καταστατικού διανύσματος θεωρείτο μια αντικειμενική φυσική διαδικασία (Howard 2004, σ. 676). Αυτό ίσως να ήταν απόρροια των διάφορων επιρροών του λογικού θετικισμού από την περίοδο της δεκαετίας του 30 όπου φαινόταν ότι ο ρόλος του παρατηρητή – ο οποίος τονίστηκε από τον von Neumann[111] – σε αυτή την κατάρρευση δικαίωνε επιστημονικά την επαληθευσιοκρατία του λογικού εμπειρισμού. Ως συνέπεια, οι απόψεις του Bohr ως τον πρωτεργάτη της σχολής της Κοπεγχάγης φαίνεται να κρυπτογραφήθηκαν από τις φορμαλιστικές δυνάμεις του Heisenberg και η αρχική αξία της αρχής της «συμπληρωματικότητας» να κρύφτηκε εντός του φορμαλισμού. Η «πραγματικότητα» του Bohr δεν φαινόταν πια τόσο πραγματική.

Ως εκ τούτου, η παραπάνω καθιέρωση ενίσχυσε την κριτική όσον αφορά τον υποκειμενικό χαρακτήρα της κβαντικής θεωρίας (Bohm, Feyerabend, Popper)[112]. Έτσι δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι πολλοί φιλόσοφοι σαν τον Putnam επιχείρησαν να ερμηνεύσουν ρεαλιστικά τον φορμαλισμό της κβαντικής θεωρίας, ο οποίος ως «εκ θαύματος» ήταν εμπειρικά επιτυχής. Τα εμπειρικά δεδομένα αναγνωρίζονταν ως έγκυρα: «ίσως κάποιος πολύ καλά αποφασίζει ότι η κβαντική μηχανική ίσως δεν είναι ορθή σε όλες τις λεπτομέρειες· αλλά η συμπληρωματικότητα (**complementarity**) και η υπέρθεση των καταστάσεων είναι πιθανόν σωστές» (Putnam 1975, σ. 189), αλλά ο αναδυόμενος θετικισμός που προβαλλόταν από την καθιερωμένη ερμηνεία της Κοπεγχάγης δεν ικανοποιούσε την έμφυτη ανάγκη για μια ανεξάρτητη πραγματικότητα από εμάς:

111«είναι γενικά πλήρως ορθό ότι η μέτρηση ή η σχετική διαδικασία της υποκειμενικής αντίληψης είναι μια νέα οντότητα σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον η οποία δεν ανάγεται σε αυτό.» (Neumann 1932, σ. 223, όπως παρατίθεται στον Rédei and Stöltzner 2001)

112 Howard 2004, σ. 677

> «Δεν χρειάζεται να πω, ότι αυτή η κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης συνιστά μια πολύ περίεργη συμπεριφορά...» (Putnam 1965 in 1975, σ. 135).
> «...τις προσωπικές παρατηρήσεις του Bohr, τις οποίες ερμηνεύω ως μια απόρριψη της δυνατότητας για μια επιστημονική ρεαλιστική ερμηνεία...» (Putnam et al. 2012, σ. 133).

Για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, σχεδόν τριάντα χρόνια[113], ο Putnam υποστήριξε ότι η μόνη βιώσιμη ερμηνεία του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής - όπως αυτός αναπαρίσταται από τον χώρο Hilbert - είναι η λογική που αυτός υποδεικνύει, μια αντίληψη που όπως είδαμε υπονοούσε και ο Bohr. Αυτό όμως που ίσως δεν αντιλήφθηκε ο Putnam σε σχέση με τον Bohr ήταν ότι η κβαντική λογική δεν θα μπορούσε πια να συνδυαστεί με την κυριαρχούσα ρεαλιστική μεταφυσική θεώρηση και την αιτιότητα που αυτή εξέφραζε. Η αποτυχία συμφιλίωσης των ρεαλιστικών του θέσεων - και όποιο σχήμα αλήθειας αυτές διαμορφώνουν - με την κβαντική λογική, φαίνεται να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν προσπάθησε να αναγνώσει σωστά την επιστημολογική θέση που υποδήλωνε η αρχή της «συμπληρωματικότητας» του Bohr και στο ότι εστίασε αποκλειστικά στην ανάλυση του φορμαλισμού που πρόβαλε η σχολή της Κοπεγχάγης. Το ερώτημα όμως που τίθεται είναι το αν όντως έχει αποκλειστεί κάθε προσπάθεια συμφιλίωσης της κβαντικής λογικής, του ρεαλισμού και ενός βιώσιμου σχήματος αλήθειας που αυτός επιβάλλει. Αυτό θα επιχειρηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

4.6 Συμπεράσματα

Στο παρόν κείμενο έγινε μια εξερεύνηση του φιλοσοφικού ταξιδιού του Putnam στον χώρο του Ρεαλισμού, της Λογικής και της Αλήθειας. Ήταν ένα ταξίδι «ζωής» κυριολεκτικά και μεταφορικά, και αυτό γιατί όντως αποτελεί το περίγραμμα της ιστορίας της σύγχρονης φιλοσοφίας. Σε αυτό το ταξίδι ο Putnam κάθε φορά προσπαθούσε να συμφιλιώσει τις απόψεις του μεταξύ των τριών πεδίων, επιδιώκοντας παράλληλα να είναι συμβατές με την κυρίαρχη επιστημονική θεωρία της κβαντικής μηχανικής. Σε κάθε σταθμό όμως αυτού του ταξιδιού προέκυπτε και ένα σημείο ασυμφωνίας μεταξύ των θέσεων του, και αυτό αποτελούσε το έναυσμα για την μετάβαση στον νέο σταθμό του φιλοσοφικού ταξιδιού του. Στον τελευταίο σταθμό του προσπαθεί να αποβάλει το βαρύ εννοιολογικό φορτίο που πρόσθεσαν οι προηγούμενοι δύο, με το να στραφεί στην φιλοσοφική θέση του κοινού νου, και έτσι να προσφέρει μια απλοϊκή εξήγηση για τα μακροσκοπικά φαινόμενα. Ωστόσο με αυτόν τον τρόπο αποφεύγει να δώσει έναν βιώσιμο ρεαλιστικό μηχανισμό για τα φαινόμενα του μικρόκοσμου. Ίσως σε αυτό συνετέλεσε το γεγονός ότι στους προηγούμενους σταθμούς του, κάθε προσπάθεια συμφιλίωσης των ρεαλιστικών του θέσεων με τον φορμαλισμό της καθιερωμένης κβαντικής μηχανικής αποτύγχανε. Είναι όντως ο τελευταίος σταθμός του Putnam το τέλος αυτής της προσπάθειας

113 Putnam et al. 2012, σ. 174,175

συμφιλίωσης; Υπάρχουν εννοιολογικά πλαίσια που συμφιλιώνουν τις θέσεις του Ρεαλισμού, της Λογικής και της Αλήθειας σε αρμονία με τα εμπειρικά δεδομένα της Κβαντικής Μηχανικής; Η αναζήτηση της απάντησης σε αυτά τα ερωτήματα φαίνεται να αποτελεί ανοικτό ζήτημα (Karakostas 2014, 2012) και την οποία θα χρειαστεί να ανιχνεύσουμε παρακολουθώντας την εξέλιξη του προβλήματος του ρεαλισμού αναζητώντας μια κατάλληλη ρεαλιστική ερμηνεία της κβαντικής λογικής για τον επιτυχή επαναπροσδιορισμό του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Συμφιλιώνοντας
τον Ρεαλισμό, την Λογική και την Αλήθεια

5.1 Από την καθολικότητα στον ρεαλισμό των τοπικών φυσικών πλαισίων

Η έναρξη της πρώιμης σύγχρονης περιόδου όπως αυτή σηματοδοτείται από το έργο του Γαλιλαίου παρέχει έναν νέο τρόπο θέασης της φυσικής πραγματικότητας, τρόπος που επηρέασε την μετέπειτα επιστημονική σκέψη και πρακτική. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στο φιλοσοφικό σύστημα του Πλάτωνα, το καθαυτό αντικείμενο της επιστημονικής γνώσης δεν ήταν τα φυσικά φαινόμενα της εμπειρίας, τα αισθητά, αλλά το νοητό σύμπαν των Ιδεών. Η επιστήμη των αισθητών αποτελούσε απλή γνώμη (δόξα), εν αντιθέσει με την επιστήμη του νοητού αλλά υπαρκτού σύμπαντος των ιδεών (Πλάτωνας, Φαίδρος 247d,e). Η προσέγγιση αυτής της «αληθινής επιστήμης» είχε ως βάση τις μαθηματικές επιστήμες της αριθμητικής, της γεωμετρίας (Πλάτωνας, Πολιτεία 525 a-d, 527b), της στερεομετρίας, της αστρονομίας και της αρμονίας. Οι υπόλοιπες μορφές γνώσεις, καθώς σχετίζονται με τα αισθητά, δεν αποτελούν επιστήμες αλλά τέχνες. Συνεπώς, κατά τον Πλάτωνα, το αντικείμενο των μαθηματικών δεν φαίνεται να έχει τον υλικό χαρακτήρα της αντίστοιχης ενασχόλησης που έχουν οι φυσικές επιστήμες. Εν συνεχεία, ο Αριστοτέλης, από την στιγμή που ενοποιεί το αισθητό με το αόρατο νοητό, υποστηρίζει ότι ο αισθητός κόσμος πρέπει να αποτελεί το καθαυτό αντικείμενο της επιστημονικής γνώσης. Μπορεί τα μαθηματικά, κατά τον Αριστοτέλη, να προκύπτουν από την παρατήρηση των αισθητών και των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους μέσα από την αφαιρετική διαδικασία (Αριστοτέλης, Μετά τα φυσικά 1061a), ωστόσο αυτό δεν τα καθιστά το αναγκαίο μέσο για την μελέτη της μεταβαλλόμενης φυσικής πραγματικότητας:

> «Η φυσική, λοιπόν, έχει να κάνει με τα πράγματα που έχουν μέσα τους την αρχή της κίνησης, ενώ η μαθηματική είναι μια επιστήμη θεωρητική που έχει να κάνει με πράγματα που μένουν ακίνητα, χωρίς, όμως, να είναι χωριστά» (Αριστοτέλης, Μετά τα Φυσικά 1064a).

Ο Ατομισμός όμως, της πρώιμης σύγχρονης περιόδου, επρόκειτο να επαναπροσδιορίσει την σχέση της επιστήμης της φυσικής πραγματικότητας και των μαθηματικών. Ο Γαλιλαίος ήταν ένας από τους πρωτοπόρους της πρώϊμης σύγχρονης περιόδου που ανέδειξε το κεντρικό ρόλο των μαθηματικών στον θεϊκό σχεδιασμό του σύμπαντος:

> «[Η φύση] είναι γραμμένη σε αυτό το μεγαλειώδες βιβλίο το οποίο κείτεται εμπρός στα μάτια μας – εννοώ το σύμπαν – αλλά δεν μπορούμε να κατανοήσουμε αν δεν μάθουμε πρώτα την γλώσσα και δεν συλλάβουμε τα σύμβολα με τα οποία αυτό είναι γραμμένο. Το βιβλίο είναι γραμμένο στην μαθηματική γλώσσα, και τα σύμβολα είναι τρίγωνα, κύκλοι

και άλλες γεωμετρικές μορφές, χωρίς την βοήθεια των οποίων είναι αδύνατον να κατανοήσουμε έστω και μια λέξη του· χωρίς το οποίο κάποιος θα περιπλανιέται μάταια μέσα σε ένα σκοτεινό λαβύρινθο.» (Γαλιλαίος 1610, όπως παρατίθεται στον Kline [1972], σ. 328-329)

Αυτή ακριβώς η παραδοχή σηματοδοτεί μια νέα εποχή κατά την οποία τα μαθηματικά δεν βρίσκονται πάνω από την φυσική επιστήμη ή δίπλα σε αυτή, αλλά ταυτίζονται με αυτήν. Αυτή ακριβώς την αλληλεξάρτηση περιγράφει ο Kline με τα εξής λόγια:

«...τα μαθηματικά έγιναν η ουσία των επιστημονικών θεωριών [...] η κατάληξη όλης αυτής της αλληλεξάρτησης ήταν μια πραγματική συγχώνευση των μαθηματικών και κάποιων αρκετά αχανών περιοχών της επιστήμης» (Kline 1972, σ. 394,395).

Ως εκ τούτου, οι οντολογικές παραδοχές του ατομισμού και η ανάδειξη της δυνατότητας τα μαθηματικά να μπορούν να περιγράψουν την μεταβαλλόμενη φυσική πραγματικότητα παρείχε την έμπνευση στον Isaac Newton (1642-1726) για να μπορέσει να αναπτύξει τις αρχές της σύγχρονης κλασικής φυσικής. Ενσωμάτωσε τον υλισμό και τον μηχανιστικό τρόπο θέασης[114] υιοθετώντας μια σωματιδιακή οντολογία, για τις κινήσεις της οποίας υπεύθυνες είναι δυνάμεις[115], χωρίς να εξηγεί τον μηχανισμό που τις προκαλεί, παρέχοντας ωστόσο την μαθηματική περιγραφή για την πρόβλεψη αυτών των κινήσεων.

«Όλα αυτά τα πράγματα που εξετάζονται, φαίνεται πιθανό σε εμένα, ότι ο Θεός στην αρχή δημιούργησε ύλη σε στερεά, συμπαγή, σκληρά, αδιαπέραστα, κινητά σωματίδια, τέτοιων μεγεθών και μορφών, και με τέτοιες άλλες ιδιότητες, και σε αναλογία με τον χώρο, καθώς τα περισσότερα συνετέλεσαν τον σκοπό για τον οποίο αυτός τα σχημάτισε: και ότι αυτά τα θεμελιώδη σωματίδια όντας στερεά, είναι ασύγκριτα πιο σκληρά από οποιαδήποτε πορώδη σώματα που συντίθενται από αυτά: ακόμα και τόσο πολύ σκληρά, καθώς ποτέ δεν φθείρονται ή σπάνε σε κομμάτια; καμμιά κοινή δύναμη δεν είναι ικανή να διαιρέσει ότι ο Θεός ο ίδιος έφτιαξε στην πρώτη Δημιουργία...Και ως εκ τούτου το ότι η φύση μπορεί να είναι μόνιμη, οι μεταβολές των υλικών πραγμάτων πρέπει να αποδωθούν στους διάφορους διαχωρισμούς και στις νέες συνδέσεις και κινήσεις των μόνιμων σωματιδίων.» (Newton 1704, όπως παρατίθεται στον Gibbins 1987, σ. 5)

«έχω εξηγήσει τα φαινόμενα των ουρανών και της θάλασσας μας μέσω της δύναμης της βαρύτητας, αλλά δεν έχω ακόμη προσδιορίσει μια αιτία για την βαρύτητα...δεν προσποιούμαι υποθέσεις. Για ότι δεν συνάγεται από τα φαινόμενα θα πρέπει να ονομαστεί υπόθεση; και οι υποθέσεις, είτε μεταφυσικές είτε φυσικές, ή βασισμένες σε απόκρυφες ποσότητες, ή μηχανιστικές, δεν έχουν καμμία θέση στην πειραματική φιλοσοφία...είναι αρκετό ότι η βαρύτητα πράγματι υπάρχει και δρά σύμφωνα με τους νόμους που έχουμε παραθέσει.» (Newton [1687] όπως παρατίθεται στην Maddy 2011, σ. 9)

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, ο τρόπος με τον οποίο χειρίζεται την σωματιδιακή του οντολογία είναι αναγωγιστικός. Προκειμένου να καταλάβει κάποιο σύνθετο φαινόμενο, αρκεί να το αναγάγει στα εξατομικευμένα συστατικά του. Η Νευτώνια επιστημολογία βασίζεται σε μια αντιστοιχιστική οπτική της γνώσης για

114Αν και η βαθιά του πεποίθηση περί θεϊκής παρέμβασης στον κόσμο αποκλείει μια καθαρά μηχανιστική εικόνα του κόσμου.

115Εμπλούτισε την οντολογία των αισθητών με άυλες εξ' αποστάσεως δυνάμεις αποφαίνοντας ότι αυτές είναι αναγκαία ενεργοποίηση του χώρου.

την φυσική πραγματικότητα, κατά την οποία η γνώση είναι απλά η αντανάκλαση συγκεκριμένων διατάξεων της ύλης εξωτερικά από εμάς. Ως εκ τούτου η επιστημονική πρακτική εξαντλείται στον προσδιορισμό της αντιστοιχίας μεταξύ των εξωτερικών, υλικών αντικειμένων και των εσωτερικών, γνωστικών εννοιολογικών και συμβολικών δομών που αναπαριστούν αυτά με όσο πιο ακριβή τρόπο είναι δυνατόν. Έτσι τίθεται η βάση για την αρχή της Χιουμιανής επιγένεσης, άρρηκτα συνδεδεμένη με την αρχή της διαχωρισιμότητας της κλασικής φυσικής, ως απόηχο της φυσικής φιλοσοφίας του ατομισμού κατά την εξελικτική του πορεία των δύο χιλιάδων και πλέον χρόνων:

> «Η ονομασία χιουμιανή επιγένεση δίνεται προς τιμήν του ύψιστου αρνητή της ύπαρξης αναγκαίων συνδέσεων [στη φύση]. Είναι η θέση ότι το σύνολο των υπαρχόντων του κόσμου συνιστά ένα απέραντο μωσαϊκό τοπικών γεγονότων .[...] Έχουμε ένα σύστημα γεωμετρίας, δηλαδή, ένα σύστημα εξωτερικών χωροχρονικών σχέσεων μεταξύ σημείων.[...] Και σε αυτά τα σημεία έχουμε τοπικές ποιότητες: φυσικώς εγγενείς ιδιότητες, η πραγμάτωση των οποίων δεν προϋθέτει μεγαλύτερη έκταση από ένα σημείο. Εν συντομία, έχουμε μια κατανομή ποιοτήτων. Τίποτε άλλο. Ουδεμία διαφορά υφίσταται χωρίς ταυτόχρονη διαφορά στην κατανομή των ποιοτήτων. Ό,τι άλλο υπάρχει επιγεννάται αυτής της κατανομής». (Lewis 1986, σ. ix, όπως παρατίθεται στον Karakostas 2009, σ. 2)

> «Αρχή της διαχωρισιμότητας: Οι καταστάσεις των υποσυστημάτων $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_v$ ενός σύνθετου κλασικού συστήματος Σ είναι ατομικώς καλώς-ορισμένες, ενώ οι καταστάσεις του σύνθετου συστήματος καθορίζονται πλήρως και επακριβώς μέσω αυτών και των χωροχρονικών τους σχέσεων.» (Karakostas 2012, σ. 3)

Επί αυτής της οντολογίας, ο Νεύτωνας, δεν υπονοεί ότι παράσχει μια γενική θεωρία ή μέθοδο πρόβλεψης της φαινόμενης κίνησης της. Κάθε κίνηση προμηθεύει και ένα νέο πρόβλημα το οποίο χρήζει εξατομικευμένης αντιμετώπισης ως προς την μαθηματική του διατύπωση και επίλυση. Ωστόσο έθεσε την βάση για τις μετέπειτα προσπάθειες μαθηματικοποίησης[116] της μηχανιστικής ερμηνείας της φύσης, αντιπροσωπευτικές των οποίων είναι αυτές των Leibniz (1646-1716) και Euler (1707-1783) ολοκληρώνοντας τες ο Laplace (1749-1827) με το έργο «Ουράνια Μηχανική». Οι μετέπειτα πιο συστηματικές προσπάθειες αφαίρεσης – αυτές του Poincaré (1854-1912), του Russell (1872-1970) και του Carnap (1891-1970) – κατέστησαν την αφηρημένη μαθηματική δομή πεδίο συνάντησης φαινομένων και πραγματικότητας μέσα από την εμφάνιση του δομικού ρεαλισμού στις αρχές του 20ου αιώνα, ο οποίος αν και αποδεχόταν την ύπαρξη εξατομικευμένων φυσικών οντοτήτων ωστόσο υποστήριζε ότι δεν είχε ανάγκη τις εγγενείς ιδιότητες τους προκειμένου να αποκτήσει γνώση για την φυσική πραγματικότητα:

---

116 Αν και ο Καρτέσιος, ο Νεύτωνας, ο Euler και όλοι οι άλλοι της περιόδου τους, πίστευαν ότι τα μαθηματικά ήταν η ακριβής περιγραφή της φυσικής πραγματικότητας, ωστόσο στην διάρκεια του 19ου αιώνα οι μαθηματικοί άρχισαν να εισάγουν μαθηματικές έννοιες που δεν είχαν κανένα φυσικό νόημα. (Kline 1972, σ. 1028-1029). Ωστόσο με την χρήση αφηρημένων μαθηματικών δομών από τους θεωρητικούς φυσικούς ως μέσα για την περιγραφή των φυσικών φαινομένων, φάνηκε ότι τα μαθηματικά αποτελούν μια καλά εφοδιασμένη αποθήκη αφηρημένων δομών από την οποία μπορεί ο φυσικός επιστήμονας να επιλέξει εκείνο το εργαλείο που ταιριάζει στις ανάγκες του για την αναπαράσταση του κόσμου. (Maddy 2011, σ. 8)

> «Όμως τα πράγματα καθεαυτά δεν είναι αυτό στο οποίο [η επιστήμη] μπορεί να φτάσει, όπως οι αφελείς δογματικοί θα υποστήριζαν, αλλά μόνον οι σχέσεις μεταξύ των πραγμάτων. Εκτός αυτών των σχέσεων δεν υπάρχει άλλη γνώσιμη πραγματικότητα». (Poincaré 1902, σ. 25 όπως παρατίθεται στον Ψύλλος 2008, σ. 97)

> «Σύμφωνα με [τον Russell] μπορούμε να γνωρίσουμε μόνο τη δομή, δηλαδή την ολότητα των τυπικών λογικο-μαθηματικών ιδιοτήτων του εξωτερικού κόσμου (δηλαδή του κόσμου των ερεθισμάτων [stimuli] πέραν των αισθητηριακών δεδομένων), ενώ όλες οι εγγενείς του ιδιότητες παραμένουν άγνωστες στο γνωρίζον υποκείμενο.» (Ψύλλος 2008, σ. 87)

Προς το τέλος όμως του 19ου αιώνα και παράλληλα με την ανάπτυξη του δομισμού, υπήρξε ενδιαφέρον για την αξιωματική θεμελίωση όλων αυτών των μαθηματικών δομών που φαινόταν να αποτελούν την ακριβή περιγραφή των φυσικών φαινομένων. Οι οντολογικές παραδοχές όλων αυτών των μαθηματικών μεθόδων θα αντικατοπτρίζονταν στα κοινά τους θεμέλια.

> «Αυτό που προέκυψε σταδιακά [...] είναι ότι η **θεωρία συνόλων** παρέχει έναν φυσικό χώρο εντός του οποίου μπορούν να ερμηνευθούν οι μυριάδες δομικές περιγραφές των μαθηματικών.» (Maddy 2011, σ. 32)

Αν και ο κλασικός ρεαλισμός υποδηλώνει την κυριαρχία της κλασικής λογικής και κατ' επέκταση τα συνολοθεωρητικά μοντέλα που την εκφράζουν, ωστόσο αυτό δεν πρέπει να εκληφθεί ως μια ταύτιση του κλασικού ρεαλισμού με την συνολοθεωρητική προσέγγιση. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι την κλασική λογική της συνολοθεωρητικής προσέγγισης δύναται να την υιοθετήσει και κάποιος που δεν ανήκει στο ρεαλιστικό στρατόπεδο, π.χ. Kant και Ernst Mach. Στην περίπτωση όμως που κάποιος αποδέχεται την θέση του κλασικού ρεαλισμού αναπόφευκτα αποδέχεται την συνολοθεωρητική προσέγγιση, η τυπική μελέτη της οποίας - όπως αυτή εκφράζεται μέσα από ένα πρώτης τάξης προτασιακό σύστημα – φαίνεται να παρουσίαζει μερικές δυσλειτουργίες, τόσο τυπικές όσο και σημασιολογικές. Στο σημείο αυτό για να φανεί η γονιμότητα των δυσλειτουργιών της θεωρίας συνόλων θα μπορούσαμε να τις αντιπαραβάλουμε με αρχαιότερες προσπάθειες αξιωματικοποίησης γνωστικών πεδίων και συγκεκριμένα εκείνου της γεωμετρίας. Ας θυμηθούμε τα παράδοξα του Ζήνωνα του Ελεάτη ως μια επιχειρηματολογία που σκοπό είχε να υπερασπίσει την Παρμενίδια οπτική για την φυσική πραγματικότητα. Η αλόγιστη χρήση των ενορατικών εννοιών της «ευθείας» και του «σημείου» όπως αυτές θεμελιώθηκαν από τον Θαλή τον 6ο αιώνα π.χ., οδηγούσε σε αντιφάσεις οποιονδήποτε αποδεχόταν την φυσική μεταβολή. Αυτό είχε ως συνέπεια 300 χρόνια αργότερα οι Ευκλείδειες – και όχι μόνο - προσπάθειες να δώσουν μια πιο αξιωματική χροιά σ'αυτές τις ενορατικές έννοιες. Με αυτόν τον τρόπο η γεωμετρία κατέστη πιο ασφαλής επειδή στηρίζονταν μόνο σε λογικά συμπεράσματα τα οποία προέκυπταν από ένα μικρό αριθμό ξεκάθαρα δηλωμένων παραδοχών (αξιώματα). Συνεπώς πια δεν γίνονταν δεκτά οποιαδήποτε ενορατικά επιχειρήματα, αλλά μόνο αυτά που ήταν αξιωματικά κατοχυρωμένα. Ωστόσο η αποδοχή όλων των αξιωμάτων του Ευκλείδη δεν ήταν προφανής για όλους. Συγκεκριμένα το 5ο αίτημα των παραλλήλων δεν είχε τον αυταπόδεικτο χαρακτήρα που προτιμάμε για τους θεμέλιους λίθους μιας μαθηματικής θεωρίας. Το να ορίζεις δυο ευθείες παράλληλες εκείνες που δεν

συναντιούνται ποτέ, ακόμα και αν επεκταθούν απεριόριστα, δεν μπορούσε να επαληθευθεί με την άμεση παρατήρηση των αισθήσεων. Οι πρώτες έρευνες για το πέμπτο αίτημα του Ευκλείδη επιχείρησαν να κατευνάσουν τις αμφιβολίες σχετικά με την αξία του προσπαθώντας να το συμπεράνουν λογικά από τα άλλα αξιώματα, που φαίνονταν αυταπόδεικτα. Τότε θα γινόταν θεώρημα και η θέση του θα ήταν διασφαλισμένη. Αν όντως αυτή ήταν η μόνη λογική δυνατότητα, τότε δεν θα έπρεπε να υπάρχει μοντέλο δηλαδή μια κατάσταση στην οποία να ισχύουν τα πρώτα τέσσερα αξιώματα αλλά ταυτόχρονα και η άρνηση του 5ου αιτήματος. Μια τέτοια δομή έγινε αντιληπτή το 1868 από τον Beltrami (Stillwell 2010, σ. 359, 366-369). Το μοντέλο του Beltrami έδειξε ότι τα 5 αξιώματα του Ευκλείδη δεν ήταν η μόνη λογική αναγκαιότητα για την περιγραφή του χώρου. Η εξέλιξη της χωρικής αντίληψης στην διάρκεια του 20ου αιώνα είναι γνωστή – τοπικά ευκλείδια, γενικευμένα μη ευκλείδια -, και αντικατροπτίζει την γονιμότητα που μπορεί να προκύψει από την απόκλιση των καθιερωμένων φορμαλιστικών προτύπων για συγκεκριμένες έννοιες που αφορούν την οργάνωση και την αντίληψη της φυσικής πραγματικότητας.

Η εξέλιξη του συνολοθεωρητικού φορμαλισμού, ενός φορμαλισμού που ευελπιστούσε να αποτελέσει το θεμέλιο του συνόλου των μαθηματικών όντας αυτά εκφραστές της φυσικής πραγματικότητας, ακολούθησε μια σχεδόν ανάλογη πορεία με τον ευκλείδιο γεωμετρικό φορμαλισμό. Αν και η έννοια του συνόλου έχει χρησιμοποιηθεί από τους αρχαιότατους χρόνους, – αρκεί να θυμηθούμε την αρχαϊκή ερμηνεία του συλλογίζεσθαι - ωστόσο η συστηματική μελέτη των συνόλων άρχισε μόνο στα τέλη του 19ου αιώνα με την εργασία του George Cantor. Η περιγραφή της ενορατικής έννοιας του συνόλου δόθηκε από τον Cantor:

> «Με την λέξη «σύνολο» εννοούμε μια οποιαδήποτε συνάθροιση σε ολότητα οριστικών και διακεκριμένων στοιχείων της διαίσθησης ή του στοχασμού μας» (Μοσχοβάκης 1993,σ. 2).

Η αλόγιστη χρήση όμως αυτής της ενορατικής έννοιας του συνόλου μπορεί να οδηγήσει σε αντινομίες σαν τις αντιφάσεις του τύπου που προτάθηκαν αργότερα από τον Russell (το παράδοξο του κουρέα). Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι αντινομίες, χρειάστηκε να δοθεί στην έννοια του συνόλου μια αξιωματική χροιά, ακριβώς όπως έκανε και ο Ευκλείδης. Η αξιωματικοποίηση της θεωρίας συνόλων ήταν και αυτή μια συλλογική προσπάθεια αντιπροσωπευτική της οποίας – όπως και στην περίπτωση του Ευκλείδη – ήταν το έργο του Ernst Zermelo (Zermelo 1908). Όπως όμως και στην Γεωμετρία, έτσι και στην Θεωρία Συνόλων υπήρχε ένα ιδιαίτερο αξίωμα το οποίο δεν είχε εκείνη την κατασκευαστική φύση που είχαν τα υπόλοιπα αξιώματα. Αυτό ήταν το **αξίωμα της Επιλογής** (Μοσχοβάκης 1993, σ. 129). Αν και υπάρχουν αρκετοί ισοδύναμοι χαρακτηρισμοί αυτού του αξιώματος, μια απλούστερη εκδοχή είναι αυτή που από μια συλλογή από μη κενά σύνολα καθίσταται υπαρκτό και το σύνολο που έχει για στοιχεία μεμονωμένα στοιχεία καθένα από τα οποία επιλέγεται και από ένα διαφορετικό σύνολο της συλλογής. Όλα τα άλλα αξιώματα ενεργούν επί δοθέντων συνόλων και μέσω μιας επακριβούς προσδιορισμένης διαδικασίας δημιουργούν μια συλλογή που αποτελεί και αυτή σύνολο. Αντιθέτως, το αξίωμα της επιλογής ισχυρίζεται ότι υπάρχει μια κάποια διαδικασία επιλογής η οποία δημιουργεί ένα νέο

σύνολο, αλλά δεν παρέχει μια σαφή μέθοδο για να προσδιορίσει αυτήν την διαδικασία (Augenstein 1996, σ. 1769). Οι προβληματισμοί ήταν ακριβώς όμοιοι με εκείνους που υπήρχαν και στην αξιωματική θεμελίωση της Γεωμετρίας. Αν όντως αυτά τα αξιώματα ήταν η μόνη λογική δυνατότητα, τότε δεν θα έπρεπε να υπάρχει μοντέλο δηλαδή μια κατάσταση στην οποία να ισχύουν όλα τα άλλα αξιώματα (ZF) αλλά ταυτόχρονα και η άρνηση του αξιώματος της επιλογής. Ένα τέτοιο μοντέλο όμως έγινε αντιληπτό το 1963 από τον Paul J. Cohen (Cohen 1963).

Φάνηκε λοιπόν ότι ούτε η αξιωματική θεμελίωση της θεωρίας συνόλων θα ήταν εύκολη υπόθεση. Αυτό έγινε αντιληπτό και από μεταμαθηματικά αποτελέσματα όπως αυτά του Skolem (Skolem 1922) σύμφωνα με τα οποία τα αξιώματα της κλασικής θεωρίας συνόλων εφόσον διατυπώνονται με όρους λογικής πρώτης τάξης επιδέχονται πολλές ουσιωδώς διαφορετικές ερμηνείες, όπως έχουμε ήδη δει στο σχετικό με τον Putnam κεφάλαιο. Ωστόσο η αμφισημία που προκύπτει από τον έργο του Cohen, όσον αφορά τις τιμές αληθείας των μαθηματικών προτάσεων, θεωρήθηκε από πολλούς συνολοθεωρητικούς, ως ένα πολύ πιο σοβαρό ζήτημα από την απλή αμιφισημία αναφοράς των μαθηματικών εννοιών, που είχε ήδη καταδειχθεί από τον Skolem (Bell 1986, σ.4). Ποια θα μπορούσε να είναι η εναλλακτική απάντηση απέναντι στην **διαλεκτική του Απόλυτου**[117] Σύμπαντος των Συνόλων, της «Σταθερότητας», η οποία φαίνεται και αξιωματικά να μην μπορεί να θεμελιωθεί πλήρως *χωρίς να κάνει την απαραίτητη συνθηκολόγηση* (Μοσχοβάκης 1993, σ. 135);

Αυτή είναι η διαλεκτική διαδικασία της αντικατάστασης του σταθερού από το μεταβαλλόμενο όπως αυτή παρουσιάστηκε από τον Bell το 1986 (Bell 1986), μια διαλεκτική που αντιμετώπισε τα μοντέλα της θεωρίας συνόλων ως τοπικά πλαίσια ερμηνείας των μαθηματικών εννοιών, έχοντας αντικαταστήσει την έννοια του μοναδικού σύμπαντος συνόλων με την έννοια του μεταβαλλόμενου πλαισίου ερμηνείας. Βέβαια ο Bell την παραπάνω διαλεκτική προσπάθησε να την διατυπώσει με όρους της εννοιολογικής γλώσσας της θεωρίας κατηγοριών, όμως εμείς δεν θα επιχειρήσουμε να δώσουμε μια πλήρη περιγραφή της μέσα σε αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο. *Το ενδιαφέρον αυτής της διαλεκτικής είναι ότι προτείνει οι μαθηματικοί ισχυρισμοί να μην κατέχουν απόλυτες τιμές αλήθειας, αλλά αντίθετα να κατέχουν τέτοια νοήματα ή τιμές αλήθειας μόνο τοπικά, δηλαδή σε σχέση με κάποια τοπικά πλαίσια, και αυτή ακριβώς την δυνατότητα είναι που θα χρησιμοποιήσουμε για να επαναπροσδιορίσουμε την έννοια του ρεαλισμού για την φυσική πραγματικότητα.* Αυτή η επιλογή δεν είναι μια νοητική αυθαιρεσία, αλλά παίρνει το εύνασμα μέσα από τις ήδη εμπειρικά παγιωμένες σύγχρονες φυσικές θεωρίες. Όπως αναγνωρίζει ο Bell:

> «Υπάρχει μία προφανής αναλογία μεταξύ τοπικών μαθηματικών πλαισίων και τοπικών συστημάτων συντεταγμένων της θεωρίας της σχετικότητας: το κάθε ένα χρησιμεύει ως το κατάλληλο πλαίσιο αναφοράς για τον προσδιορισμό του νοήματος των μαθηματικών ή των φυσικών εννοιών αντίστοιχα.[...] Κατά συνέπεια, τα κλασικά σταθερά μαθηματικά τοπικά πλαίσια αντιστοιχούν στα αδρανειακά συστήματα συντεταγμένων και το Αξίωμα

117 Απόλυτου, διότι κάθε σχέση που αποτυπώνεται μαθηματικά και αποδεικνύεται από το αξιωματικό σώμα της θεωρίας συνόλων αληθεύει σε κάθε δυνατό κόσμο που μπορεί να νοηματοδοτήσει μέσω της αναφοράς αυτήν την σχέση.

της Επιλογής στον πρώτο νόμο κίνησης του Νεύτωνα.» (Bell 1986, σ. 418-420)

Αν θυμηθούμε την ανάλογη αξιωματική προσπάθεια της γεωμετρίας, θα παρατηρήσουμε και εδώ την επιστημολογική αξία της τοπικής ερμηνείας της ευκλείδιας γεωμετρίας έναντι της μη-ευκλείδιας που επικρατεί στον γενικότερο χώρο. Παρέχεται η δυνατότητα έτσι στο δίλημμα ποια είναι η λογική της πραγματικότητας, κλασική ή κβαντική, να μην λάβουμε την απόλυτη στάση περί της μίας αναγκαίας λογικής για την φυσική πραγματικότητα. Το ποιές και το πώς εκφράζονται οι ιδιότητες μιας φυσικής οντότητας δεν θα εκφράζεται αποκλειστικά με όρους της συνολοθεωρητικής σχέσης το «$\mathbf{x}\in\mathbf{y}$» (το χ - *και όποια ιδιότητα αυτό έχει κατά απόλυτο τρόπο*[118] - ενσωματώνεται στο y) αλλά με όρους της σχέσης **«το χ είναι συστατικό του y»** μια σχέση που ξεπερνά τις αναγωγιστικές υπεραπλουστεύσεις της αρχής της χιουμιανής επιγένεσης και της διαχωρισιμότητας του κλασικού ρεαλισμού. Η λογική που διέπει τις μαθηματικές δομές που περιγράφουν την φυσική πραγματικότητα, δεν χρειάζεται να είναι αποκλειστικά μία, αλλά είναι εφικτό τοπικά στην παρουσία φυσικού πλαισίου να επιβάλλεται μια πιο ισχυρή εκδοχή της. Δεν είναι φορμαλιστικά άτοπο να δεχθούμε ότι το νομοτελειακό πλαίσιο της κβαντικής λογικής που διέπει το μικροφυσικό υπόβαθρο της υλικής πραγματικότητας να μπορεί να μετασχηματιστεί τοπικά - στην ύπαρξη κατάλληλου φυσικού πλαισίου – σε εκείνο της κλασικής λογικής. Θα μπορούσαμε να τολμήσουμε να πούμε ότι οι δηλώσεις περί των ιδιοτήτων μιας μικροφυσικής οντότητας λαμβάνουν χαρακτήρα τοπικό, εξαρτώμενες αναγκαία από το φυσικό πλαίσιο εντός του οποίου αυτή είναι εγκολπωμένη. Η απόλυτη κλασική συνολοθεωρητική συμπεριφορά δεν είναι απαραίτητα η μόνη λογική δυνατότητα. Το ζητούμενο σταθερό Ελεατικό μεταφυσικό επίπεδο της ύπαρξης μπορεί να αναζητηθεί πλέον στο τοπικό φυσικό πλαίσιο αναφοράς. Το ερώτημα που θα μας απασχολήσει είναι το πώς η κυρίαρχη επιστημονική θεωρία της κβαντικής μηχανικής μπορεί να εξηγήσει την σχέση «το χ είναι συστατικό του y» και κατ' επέκταση να χαρακτηρίσει την έρευνα του ρεαλισμού στα τοπικά φυσικά πλαίσια αναφοράς.

5.2 Συμφιλιώνοντας τον ρεαλισμό και την λογική της κβαντικής μηχανικής

Η καινοτόμος προσέγγιση της φυσικής πραγματικότητας μέσω του εννοιολογικού πλαισίου της ΚΜ, φαίνεται να καθιστά δυσδιάκριτο τον αρχικό σκοπό της επιστημονικής πρακτικής, ήτοι η ανακάλυψη μιας ανεξάρτητης προς εμάς πραγματικότητας. Η έννοια της ύπαρξης ενός αντικειμένου της φυσικής πραγματικότητας, εκλαμβανόμενη ως γεγονός που διακρίνεται από την κατοχή συγκεκριμένων ιδιοτήτων που το εξατομικεύουν, καθίσταται ασαφής στο πλαίσιο της ΚΜ τόσο από την αρχή **απροσδιοριστίας** όσο και από το φαινόμενο της **υπέρθεσης** και της **συζευξιμότητας**. Στην περίπτωση του φαινομένου της υπέρθεσης καταστάσεων ενός και του αυτού κβαντικού συστήματος, αδυνατούμε να

118 Δηλαδή σε κάθε συνολοθεωρητική δομή.

αποδώσουμε συγκεκριμένες ιδιότητες που θα εξατομικεύσουν το σύστημα και θα το καθιστούν υπαρκτό κατά την κοινή αντίληψη. Στην περίπτωση της συζευξιμότητας καταστάσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων κβαντικών υποσυστημάτων ενός σύνθετου συστήματος, αδυνατούμε να αναλύσουμε ή να αναγάγουμε τις ιδιότητες του συνολικού συστήματος στις ιδιότητες των συνιστώντων μερών του, όπως θα επιδίωκε να πράξει ο κλασικός ρεαλιστής. Είναι επόμενο να αναρωτηθούμε για την βιωσιμότητα της ρεαλιστικής θέσης και ότι αυτή εκφράζει (κλασική λογική, αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας), μιας θέσης η οποία πράγματι είναι επιτυχής στο πλαίσιο της καθημερινής μας πρακτικής στο μακροσκοπικό επίπεδο.

Στην αναζήτηση του ρεαλισμού που κρύβεται πίσω από τον φορμαλισμό της ΚΜ, κάποιοι πιστεύουν ότι αυτός αποκαλύπτεται στο γεγονός ότι κάποιες ιδιότητες των κβαντικών αντικειμένων - όπως το ηλεκτρικό φορτίο, η μάζα ηρεμίας ή το σπιν - δεν συμμετέχουν στο «αντιρεαλιστικό» φαινόμενο της υπέρθεσης και αναπαρίστανται στον φορμαλισμό ως ανεξάρτητες της παρατήρησης. Όπως το θέτει η Ben-Menahem:

> «έτσι, αν και η ΚΜ μεταβάλλει την αντίληψη μας για κάποιες κλασικές ιδιότητες, δεν μας στερεί εντελώς τις αντικειμενικές ιδιότητες. Το σύνολο των ιδιοτήτων τις οποίες δέχεται η ΚΜ ως πραγματικές είναι όντως διαφορετικό από το σύνολο που δέχεται ως πραγματικό η Κλασική Μηχανική, αλλά δεν είναι κενό. Φαίνεται σε εμένα ότι όσο κάποιος είναι στο ελάχιστο ανεκτικός ως προς την ρεαλιστική κατανόηση των δηλώσεων, ήτοι, όσο κάποιες ιδιότητες εννοούνται ρεαλιστικά, τότε ο ρεαλισμός διατηρείται» (Ben-Menahem 1997, σ. 289)

Ωστόσο όπως σωστά μπορεί κάποιος να παρατηρήσει «οι ανεξάρτητες από το εκάστοτε πειραματικό πλαίσιο ιδιότητες των κβαντικών αντικειμένων, όπως 'μάζα ηρεμίας', 'φορτίο' ή 'σπιν', δεν είναι δυνατόν να θεωρηθούν ως ιδιότητες εξατομικευμένων αντικειμένων, διότι προσδιορίζουν μόνο κατηγορίες φυσικών ειδών. [...] Μέσω των συγκεκριμένων ιδιοτήτων είναι αδύνατη η διάκριση μεταξύ σωματιδίων του ιδίου είδους, [...] Οι συγκεκριμένες ιδιότητες όμως δεν επαρκούν ως προς τη διακρισιμότητα ενός ηλεκτρονίου μεταξύ ενός συνόλου ομοειδών σωματιδίων ή ως προς την εξατομίκευσή του σε επιμέρους φυσικές καταστάσεις» (Καρακώστας 2011, σ. 13). Συνεπώς η αναζήτηση του τρόπου με τον οποίο αναδύεται το γεγονός του ρεαλισμού μέσα από το μικροφυσικό υπόβαθρο δεν θα πρέπει να εξαντλείται σε γενικόλογες κατηγοριοποιήσεις. Μα πώς όμως να αναδείξεις τον ρεαλισμό μέσα από έναν φορμαλισμό που χαρακτηρίζεται από «εξωτικούς» θεωρητικούς όρους χωρίς προφανή ή σαφή αντιστοίχηση με την πραγματικότητα; Η μόνη βιώσιμη επιλογή να δικαιολογηθεί η νομιμοποίηση της χρήσης του φορμαλισμού της ΚΜ για να περιγράψει την πραγματικότητα βρίσκεται στην λογική που αυτός αναπαριστά, παράλληλα με την φορμαλιστική υπόδειξη για έρευνα σε τοπικά πλαίσια αναφοράς.

Η λογική του φορμαλισμού όπως έχουμε ήδη δει στο περί Putnam κεφάλαιο αναδεικνύεται μέσα από την διανυσματική δομή του χώρου Hilbert, η οποία αναπαριστά με ισοδύναμο τρόπο τους φορμαλισμούς της κυματικής μηχανικής του

Schrödinger και της μηχανικής μητρών του Heisenberg. Πλέγματα (**lattices**) υποχώρων[119] που οργανώνονται λογικά - υπό την καθοδηγία της συνολοθεωρητικής **τομής (∧)**, της διανυσματικής **ένωσης (∨)** υποχώρων ως τον ελάχιστο υπόχωρο που τους εμπερικλείει, της **άρνησης (⌐)** ως την μετατόπιση στο ορθογώνιο συμπλήρωμα υποχώρων και της συνολοθεωρητικού τύπου εγκλεισμού υποχώρων **συνεπαγωγή (≤)** – εντός μιας σχέσης μερικής διάταξης. Επί αυτών των πλεγμάτων καταστατικά διανύσματα αποδίδουν πιθανοτικά μέτρα για την σημασιολογική απόδοση της αλήθειας και του ψεύδους σύμφωνα με τον κανόνα του Born.

Ωστόσο αυτά τα πλέγματα διαφοροποιούνται από τα πλέγματα προτάσεων που διαμορφώνει η κλασική λογική σε αρκετά θεμελιώδη σημεία. Ένα κλασικό κατά Kolmogorov μέτρο πιθανότητας έχει σκοπό να περιγράψει την άγνοια μας για μια υποκείμενη υπαρκτή ρεαλιστική κατάσταση με το να λάβει υπόψη όλες τις δυνατές ρεαλιστικές καταστάσεις που είναι δυνατόν κανείς να συναντήσει σε μια περίπτωση και να αποδώσει ως μέτρο της επιστημικής μας άγνοιας την σχετική συχνότητα εμφάνισης της υπό εξέτασης ρεαλιστικής κατάστασης. Στην περίπτωση όμως του πλέγματος των υποχώρων του χώρου Hilbert δεν μπορεί να υπάρξει μια τέτοια υποκείμενη υπαρκτή ρεαλιστική κατάσταση που να αφορά το σύνολο (ή ακόμα και ένα αρκετά μικρότερο υποσύνολο) των ιδιοτήτων που θα έπρεπε να φέρει ένα κβαντικό σύστημα. Αυτό φάνηκε με τον πιο χαρακτηριστικό τρόπο με το θεώρημα Kochen - Specker (Kochen and Specker 1967) σύμφωνα με το οποίο δεν είναι δυνατόν να υπάρξει κάποια απόδοση τιμών αλήθειας (0 για το ψεύδος και 1 για την αλήθεια) στο σύνολο των υποχώρων-προτάσεων[120], ο περιορισμός της οποίας σε κάθε κλασικό (Boolean) υποπλέγμα υποχώρων να αναδεικνύεται ομομορφισμός[121]. Η αδυναμία ύπαρξης μιας υποκείμενης ρεαλιστικής κατάστασης αναδεικνύει την μη επιστημική φύση της κβαντικής πιθανότητας γεγονός στο οποίο συνηγορούν και οι όροι συμβολής σε πειράματα τύπου δύο σχισμών.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο διαφοροποίησης της κβαντικής λογικής από την κλασική λογική αποτέλεσε και η προσπάθεια αξιωματικοποίησης της. Για την αποφυγή αντινομιών από την αλόγιστη χρήση των λογικών συνδέσμων της λογικής που υποδεικνύει ο χώρος Hilbert[122], προσπάθειες τυποποίησης και αξιωματικοποίησης – με σκοπό την δημιουργία ενός συνεπούς παραγωγικού λογικού συστήματος – οδήγησαν σε έναν λαβύρινθο[123] κβαντικών λογικών συστημάτων η χαρτογράφηση του οποίου φαντάζει σχεδόν απελπιστική. Την κύρια είσοδο σε αυτόν τον λαβύρινθο

119Θυμίζουμε ότι οι μονοδιάστατοι υπόχωροι-ευθείες αναπαριστούν δηλώσεις περί της κατοχής συγκεκριμένων ποσοτήτων από το υπό εξέταση σύστημα, και κατ' επέκταση της κατοχής συγκεκριμένων ιδιοτήτων.

120 Ο Mermin (Mermin 1990), για παράδειγμα, παρήγαγε μια αντίφαση από την απεικόνιση ενός συνόλου προτάσεων-υποχώρων που χαρακτήριζαν 9 φυσικά μεγέθη (observable) εντός ενός 8-διάστατου χώρου Hilbert στο δίτιμο αληθειακό σύμπαν.

121Δηλαδή ένας μετασχηματισμός που να διατηρεί τις σχέσεις των αντικειμένων της μιας δομής (υπόχωροι-προτάσεις) και εντός της άλλης δομής {0,1}.

122 Όπως η αποτυχία να παραχθεί λογικά η πιθανότητα πρόσπτωσης στο πείραμα των δύο σχισμών στην περίπτωση που κάνουμε χρήση του επιμεριστικού νόμου αν και κλασικά επιτυχής.

123 Όρος που εισηγήθηκε ο van Fraassen το 1974 (van Fraassen 1974).

αποτελεί η καθιερωμένη εκδοχή της κβαντικής λογικής όπως αυτή παρουσιάζεται μέσα από την δομή ενός **ορθορυθμιστικού** (orthomodular) πλέγματος υποχώρων του χώρου Hilbert. Ουσιαστικά πρόκειται για το προηγούμενο πλέγμα υποχώρων που χειριζόμαστε μέσω των κβαντικών συνδέσμων της τομής, της ένωσης, της άρνησης και της συνεπαγωγής, όπως έχουμε αναπτύξει στο περί Putnam κεφάλαιο. Το βασικό χαρακτηριστικό της αξιωματικοποίησης αυτού του λογικού πλέγματος είναι η αποτυχία της καθολικής εφαρμογής ενός άλλοτε έγκυρου αξιώματος της κλασικής λογικής, του **επιμεριστικού νόμου**: A∨(B∧C)=(A∨B)∧(A∨C)[124]. Χρειάστηκε λοιπόν να αντικατασταθεί από μια πιο ασθενή εκδοχή, τον κανόνα της **modularity:** Εάν A ≤ B, τότε A ∨ (B ∧ C) = (A ∨ B) ∧ (A ∨ C). Ωστόσο στην περίπτωση των χώρων Hilbert άπειρης διάστασης ακόμα και ο κανόνας της modularity αποτυγχάνει (Rédei 2007, σ.110), οπότε χρειάζεται να αντικατασταθεί από την ακόμα πιο ασθενή εκδοχή του κανόνα της **orthomodularity**: Εάν A ≤ B και $A^{\perp} \leq C$ τότε A∨(B∧C)=(A∨B)∧(A∨C). Παράλληλα για να επιτραπεί η αυστηρή μελέτη των κανόνων διαχείρησης αυτού του πλέγματος υποχώρων επιχειρήθηκε η αφαιρετική δημιουργία ενός λογικού πλέγματος εντός του οποίου μπορούσαν να τυποποιηθούν όλοι οι λογικοί χειρισμοί χωρίς καμμία αναφορά στο μοντέλο του χώρου Hilbert από το οποίο προήλθαν. Έτσι εγέρθηκαν και οι πρώτοι προβληματισμοί σχετικά με την αξιωματικοποίηση της κβαντικής λογικής και η αρχή δημιουργίας του προαναφερθέντα λαβύρινθου των κβαντικών λογικών κάθε κόμβος του οποίου καλούνταν να απαντήσει σε ερωτήματα όπως τα ακόλουθα:

Ποιος ειναι ο αυταπόδεικτος χαρακτήρας του αξιώματος της modularity, δηλαδή ποιο είναι το ουσιαστικό κίνητρο για την υιοθέτηση του συγκεκριμένου αξιώματος; Προβληματισμός που είχε τεθεί ήδη από την αρχή της γένεσης της κβαντικής λογικής από τους von Neumann και Birkhoff (Birkhoff and von Neumann 1936, σ. 837). Ένας επιπλέον προβληματισμός είναι η αδυναμία ερμηνείας της κβαντικής συνεπαγωγής με ένα αμιγώς τυπικό τρόπο χωρίς καμμία αναφορά στο μοντέλο από το οποίο προήλθε αρχικά. Ενώ η κλασική υλική συνεπαγωγή A ⇒ B αναπαρίσταται εσωτερικά εντός του κλασικού λογικού τυπικού συστήματος από την έκφραση (⌐A∨B), στην περίπτωση της κβαντικής συνεπαγωγής η A ≤ B στερείται μιας τυπικής αναπαράστασης γεγονός που καθιστά τυπικά ανέκφραστη την «υλικότητα»[125] της παρά μόνο πάντα αναφορικά με τον χώρο Hilbert από τον οποίο προήλθε, δηλαδή «εξωτερικά» του τυπικού λογικού πλέγματος. Το γεγονός αυτό είναι απόρροια της αποτυχίας της καθολικής ισχύς του επιμεριστικού νόμου. Αν και έχουν προταθεί τυπικές αναπαραστάσεις που εκφράζουν την «υλικότητα» της κβαντικής συνεπαγωγής τοπικά σε κλασικά συμπεριφερόμενα υποπλέγματα όπως η γνωστή «Sasaki hook» - ⌐A∨(A∧B) - το ζήτημα παραμένει ανοικτό μιας και γενικά το θεώρημα Απαγωγής (Deduction theorem) ως βασικό θεώρημα ενός παραγωγικού λογικού

124 Εδώ το σύμβολο «∨» αναπαριστά την κβαντική διάζευξη και όχι την κλασική διάζευξη μιας και εδώ επιχειρείται η εφαρμογή του επιμεριστικού νόμου επί του πλέγματος των υποχώρων.

125Υπενθυμίζουμε ότι με τον όρο «υλική συνεπαγωγή» (material implication) υποδηλώνουμε την λογική σχέση που βεβαιώνει ότι δεν υπάρχει μια κατάσταση όπου οι προκείμενες είναι αληθείς όταν το συμπέρασμα είναι ψευδές, χωρίς να γίνεται αναφορά σε κανενός είδους «πραγματική σύνδεση» μεταξύ των προκειμένων και του συμπεράσματος.

συστήματος αποτυγχάνει (Smets 2010, σ. 12,13) επειδή δεν είναι αρκετά ισχυρό να παράξει όλες τις δηλώσεις που είναι έγκυρες στον χώρο Hilbert (Rédei 2007, σ. 110). Ένας τελευταίος αλλά σημαντικός προβληματισμός αφορά την προσπάθεια του να περιγράψουμε λογικά σύνθετα συστήματα που αποτελούνται από υποσυστήματα που δύνανται να εκδηλώσουν κβαντική σύζευξη μεταξύ τους. Η περιγραφή ενός σύνθετου συστήματος γίνεται μέσω του τανυστικού γινομένου $|\psi\rangle \otimes |\varphi\rangle$ των χώρων Hilbert $|\psi\rangle$ και $|\varphi\rangle$ των υποσυστημάτων, που επί της ουσίας δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας διανυσματικός χώρος τα διανύσματα του οποίου είναι είτε καταστατικά γινόμενα της μορφής $|\psi\rangle|\varphi\rangle$ - η απλή παράθεση των οποίων απλώς υποδηλώνει την ανεξαρτησία των δύο συστημάτων-, είτε γραμμικοί συνδυασμοί τανυστικών γινομένων οι οποίοι δεν μπορούν να γραφτούν ως τανυστικό γινόμενο καταστάσεων υπό κανένα φορμαλιστικό τρόπο και οι οποίοι αναπαριστούν μη διαχωρίσιμες συζευγμένες καταστάσεις (entangled states) του συνολικού συστήματος. Το ενδιαφέρον αποτέλεσμα είναι ότι αν συζευχθούν δύο συστήματα που περιγράφονται το καθένα από την ορθορυθμιστική λογική του δικού τους χώρου Hilbert, η παραγόμενη συζευγμένη κατάστασή τους όπως περιγράφεται από το τανυστικό τους γινόμενο δεν ακολουθεί την ίδια αξιωματικοποίηση (Pykacz and Santos 1995, σ. 207· Pulmannová 2003, σ. 908). Έτσι όλοι οι παραπάνω λόγοι αποτέλεσαν το έναυσμα για την κατασκευή ενός λαβύρινθου κβαντικών λογικών με σκοπό να ανακαλυφθεί εκείνο το λογικό σύστημα που να μπορεί να επιλύσει όλα τα παραπάνω προβλήματα τυποποίησης της καθιερωμένης κβαντικής λογικής. Διέξοδο σε αυτόν τον λαβύρινθο φαίνεται να αποτελεί η τυποποίηση που παρέχει το εννοιολογικό περιεχόμενο της Θεωρίας Κατηγοριών (Coecke 2012), ωστόσο στην παρούσα φάση αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ο τρόπος με τον οποίο χειρίζεται η καθιερωμένη εκδοχή της κβαντικής λογικής το πρόβλημα του ρεαλισμού. Παρά τα προβλήματα αξιωματικοποίησης της κβαντικής λογικής δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι η λογική του φορμαλισμού της ΚΜ χειρίζεται ιδιότητες φυσικών συστημάτων όπως αυτές αναπαρίστανται από τους υπόχωρους του χώρου Hilbert και είναι αυτός ο χειρισμός που εκτελεί ο ενεργός φυσικός καθώς διεκπεραιώνει πειράματα. Το γεγονός της εμπειρικής επιτυχίας του φορμαλισμού της ΚΜ σε συνδυασμό με τον τρόπο που ορίζεται ρεαλιστικά μια φυσική οντότητα – ως το σύνολο των καθορισμένων ιδιοτήτων που την εξατομικεύουν – συνηγορεί ως προς την επιλογή να χρησιμοποιήσουμε την καθιερωμένη εκδοχή της κβαντικής λογικής όχι για να την αξιωματικοποιήσουμε υπό μια τυπική έννοια, αλλά για να προσδιορίσουμε το σύνολο εκείνων των καθορισμένων ιδιοτήτων που αποδίδουν τον ρεαλισμό μιας φυσικής οντότητας καθώς και τις συνθήκες υπό τις οποίες αυτός αναδύεται.

Τι καθιστά καθορισμένες τις ιδιότητες ενός φυσικού συστήματος σύμφωνα με τον φορμαλισμό της καθιερωμένης ΚΜ; Όπως έχουμε δει στο περί Putnam κεφάλαιο, κάθε υπόχωρος που φιλοξενεί το καταστατικό διάνυσμα του συστήματος έχει ως αποτέλεσμα να αποδίδεται αλήθεια στην πρόταση που αυτός αναπαριστά, ενώ ταυτόχρονα κάθε υπόχωρος που είναι ορθογώνιος ως προς αυτόν καθιστά ψευδή την πρόταση που αυτός αναπαριστά. Οποιοιδήποτε άλλοι υπόχωροι καθιστούν απροσδιόριστες τις προτάσεις που αναπαριστούν. Η συγκεκριμένη όμως τεχνική για

τον καθορισμό ιδιοτήτων δεν είναι ικανή για να συλλάβει τον συνήθη ρεαλισμό. Ο προβληματισμός εγείρεται όταν είμαστε αντιμέτωποι με μια κατάσταση όπου το καταστατικό διάνυσμα του φυσικού μας συστήματος «Σ» εκφράζεται ως υπέρθεση ρεαλιστικών καταστάσεων. Τότε καμμία από τις δυνατές ρεαλιστικές καταστάσεις δεν καθορίζεται σύμφωνα με τον παραπάνω κανόνα. Μήπως η πράξη της μέτρησης συνεισφέρει στον καθορισμό; Αν ακολουθήσουμε πιστά τον καθιερωμένο φορμαλισμό της ΚΜ τότε η υπέρθεση του φυσικού μας συστήματος «**Σ**» $|\varphi\rangle=\sum_i a_i|\Sigma_i\rangle$ σε περίπτωση αλληλεπίδρασης με μια μετρητική συσκευή «**Μ**» που βρίσκεται στην κατάσταση $|M_0\rangle$ θα μετασχηματιστεί σε μια συζευγμένη κατάσταση $|\varphi'\rangle=\sum_i a_i|M_i\rangle|\Sigma_i\rangle$ του τανυστικού γινομένου $H_\Sigma \otimes H_M$ ως απόρροια της γραμμικής φύσης της εξέλιξης που προωθεί ο δυναμικός νόμος της ΚΜ, όπου $|M_i\rangle$ οι διαφορετικές ιδιοκαταστάσεις-υπόχωροι των ενδείξεων της μετρητική συσκευής ο ρόλος των οποίων είναι να καταγράψουν τα καθορισμένα αποτελέσματα που αναπαριστούν οι υπόχωροι $|\Sigma_i\rangle$ όταν το καταστατικό διάνυσμα βρεθεί εντός τους. Αν τώρα ένας παρατηρητής «**Π**» επιχειρήσει να εξακριβώσει το αποτέλεσμα, η εξέλιξη θα οδηγήσει το καταστατικό διάνυσμα πάλι σε μια συζευγμένη κατάσταση της μορφής $|\varphi''\rangle=\sum_i a_i|\Pi_i\rangle|M_i\rangle|\Sigma_i\rangle$ του τανυστικού γινομένου $H_\Sigma \otimes H_M \otimes H_\Pi$ όπου $|\Pi_i\rangle$ οι διαφορετικές ιδιοκαταστάσεις-υπόχωροι της αναπαράστασης της αντίληψης του παρατηρητή που μπορούν να καταγράψουν τα δυνατά καθορισμένα αποτελέσματα σε περίπτωση που το καταστατικό διάνυσμα βρεθεί εντός τους. Το πρόβλημα είναι ότι σύμφωνα με την καθιερωμένη ερμηνεία των καταστατικών διανυσμάτων στην τελική κατάσταση του συστήματος $|\varphi''\rangle=\sum_i a_i|\Pi_i\rangle|M_i\rangle|\Sigma_i\rangle$ καμμία καθορισμένη ιδιότητα δεν προκύπτει γεγονός που οφείλεται στο ότι το καταστατικό διάνυσμα δεν φιλοξενείται από κανέναν υπόχωρο που να αναπαριστά εντός του κάποια από τις καταστάσεις $|\Sigma_i\rangle$. Επιπλέον αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον π.χ. από έναν άλλο παρατηρητή που παρατηρεί τον άλλο παρατηρητή κ.ο.κ. θα συνεισφέρουν απλά στην διόγκωση της συζευγμένης υπέρθεσης και θα μεταφέρουν διαρκώς το πρόβλημα της καθορισιμότητας στο επόμενο επίπεδο χωρίς όμως να το επιλύουν. Αυτό όμως δεν συνάδει με την εντύπωση που προκαλείται ότι η μετρητική συσκευή μας παρέχει ένα καθορισμένο αποτέλεσμα ή πιο συγκεκριμένα ότι η αντίληψη μας καταγράφει ένα καθορισμένο αποτέλεσμα. Φαίνεται λοιπόν ως το καταστατικό διάνυσμα του σύνθετου συστήματος να μην αποτελεί μια πλήρη περιγραφή του τι ακριβώς συμβαίνει μιας και δεν αναδεικνύει τις καθορισμένες ιδιότητες που προκύπτουν από το γεγονός του ρεαλισμού.

Πώς απαντά σε αυτό το πρόβλημα του καθορισμού η καθιερωμένη ερμηνεία του φορμαλισμού όπως αυτή εδραιώθηκε από τους von Neumann και Dirac; Αυθόρμητη κατάρρευση του καταστατικού διανύσματος σε κάποια από τις ιδιοκαταστάσεις ώστε να καταστεί καθορισμένη σύμφωνα με την καθιερωμένη ερμηνεία του φορμαλισμού της ΚΜ. Στην περίπτωση ενός στατιστικού συνόλου (ensemble) πανομοιότυπων κβαντικών συστημάτων που περιγράφονται από το ίδιο διάνυσμα $|\varphi\rangle=\sum_i a_i|\Sigma_i\rangle$, η

κατάρρευση του καταστατικού διανύσματος οδηγεί σε ένα στατιστικό μίγμα ιδιοκαταστάσεων $|\varphi\rangle \to |\Sigma_1\rangle$, $|\varphi\rangle \to |\Sigma_2\rangle$,..., $|\varphi\rangle \to |\Sigma_i\rangle$,... με αντίστοιχα στατιστικά βάρη (ή πιθανότητες) $|\alpha_1|^2 = |\langle \Sigma_1 | \varphi \rangle|^2$, $|\alpha_2|^2 = |\langle \Sigma_2 | \varphi \rangle|^2$,..., $|\alpha_i|^2 = |\langle \Sigma_i | \varphi \rangle|^2$,... . Όμως σε ποιο τμήμα της αλυσίδας των αλληλεπιδράσεων συμβαίνει η συγκεκριμένη κατάρρευση; Πρώτος ο von Neumann υπογράμμισε τη σημασία της συνείδησης του παρατηρητή στην ερμηνεία της ΚΜ, θέση που θεωρήθηκε ως η «ορθόδοξη» πίστη και υιοθετήθηκε από φυσικούς του διαμετρήματος του Heitler και του Wigner (κάτοχος Nobel) (Καρακώστας 2000, σ. 9,10) και χαιρετίσθηκε ως η μοναδική ερμηνεία της κβαντικής μέτρησης που συμβιβάζεται με την πειραματική διαδικασία. Η συγκεκριμένη όμως ερμηνεία μας απομακρύνει αναπόφευκτα από τον κανονιστικό στόχο του επιστημονικού ιδεώδους. Όπως πολύ εύστοχα επισημαίνει ο Καρακώστας:

> «Η ερμηνεία αυτή της κβαντομηχανικής μέτρησης, που ιστορικά έχει χαρακτηρισθεί ως η 'ορθόδοξη ή πρότυπη ερμηνεία', ανήκει περισσότερο στο χώρο των ανεξέλεγκτων (παραψυχολογικών) υποθέσεων, αφού αναγνωρίζει μια ουσιαστική επίδραση του ανθρώπινου πνεύματος επί της ύλης. Η θέση ότι μια πλήρης και λογικά συνεπής θεωρία της κβαντικής μέτρησης θα θεωρούσε το δείκτη της μετρητικής συσκευής αντικειμενικά απροσδιόριστο, αιωρούμενο μεταξύ των εναλλακτικών δυνατών καταστάσεών του, έως ότου ένας παρατηρητής θα αποκτούσε συνείδηση του αποτελέσματος της μέτρησης, εναρμονίζεται με μια σολιψιστική υποκειμενική εικόνα της φύσης, η οποία αποδίδει στην εξωτερική πραγματικότητα μια έκδηλα ιδεαλιστική χροιά. Εάν θεωρηθεί ότι κανονιστική αρχή της φυσικής επιστήμης είναι η αντικειμενική αποτίμηση του εξωτερικού κόσμου στην μακροσκοπική και μικροσκοπική του διάσταση, η άποψη αυτή θα πρέπει είτε να απορριφθεί είτε να αγνοηθεί.» (Καρακώστας 2000, σ. 11)

Μήπως όμως η ανωτέρω μη-ρεαλιστικού είδους ερμηνεία της ΚΜ είναι ικανή να απομακρύνει τα λογικά παράδοξα κάνοντας αποκλειστική χρήση μόνο του καθιερωμένου φορμαλισμού της ΚΜ και της κατάρρευσης; Ας προσπαθήσουμε να κάνουμε πιο συγκεκριμένη την αναφορά μας στο φυσικό σύστημα «Σ» ως το ασταθές άτομο η διάσπαση του οποίου μπορεί να ενεργοποιήσει έναν κατάλληλο μηχανισμό διαφυγής δηλητηριώδους αερίου, την μετρητική συσκευή «Μ» ως γάτα και τον παρατηρητή «Π», έχοντας να αντιμετωπίσουμε έτσι το γνωστό παράδοξο της «γάτας του Schrödinger». Σύμφωνα με την καθιερωμένη ερμηνεία του φορμαλισμού της ΚΜ, η σύζευξη της γάτας «Μ» με το ραδιενεργό υλικό «Σ» θα φέρει με την πάροδο του χρόνου την κατάσταση της γάτας σε μια μακάβρια συνύπαρξη ζωής και θανάτου τον καθορισμό της οποίας καλείται να προσδώσει ο παρατηρητής «Π» με την συνείδηση του. Ο Bub (Bub 1992, σ. 1863) προτείνει να δούμε το ίδιο νοητικό πείραμα δοσμένο υπό μια εναλλακτική εκδοχή, πριν επιχειρήσουμε να εξηγήσουμε το παράδοξο. Ας υποθέσουμε ότι η γάτα «Μ» είναι αρχικά νεκρή γεγονός που επιβεβαιώνει η μέτρηση που κάνουμε με έναν κατάλληλο τελεστή Χ επί του χώρου Hilbert της γάτας. Αν επιχειρήσουμε να μετρήσουμε μια ποσότητα που αναπαρίσταται από ένα τελεστή Υ ασύμβατο με τον τελεστή Χ και μετά επιχειρήσουμε εκ νέου να μετρήσουμε την κατάσταση της γάτας με τον τελεστή Χ τότε θα ο φορμαλισμός δίνει την δυνατότητα να υπάρχει πιθανότητα ο τελεστής Χ να βρει την γάτα ζωντανή πριν η συνείδηση του

παρατηρητή καταρρεύσει την κατάσταση της γάτας σε μία εκ των δύο δυνατοτήτων. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα της νεκρανάστασης, υποδεικνύει στον Bub ότι αν θέλουμε να αποφύγουμε τα λογικά παράδοξα που γεννά ο φορμαλισμός, θα πρέπει να επιβληθούν περιορισμοί στην αρχή της υπέρθεσης όπως καλούνται κανόνες «υπερεπιλογής» (superselection), δηλαδή περιορισμοί σύμφωνα με τους οποίους κάποιες γραμμικές υπερθέσεις να είναι θεωρητικά αδύνατο να συμβούν.

Υπάρχουν βάσιμοι λόγοι λοιπόν για τους οποίους πρέπει να επανερμηνευθεί το αξίωμα της κατάρρευσης και να επανεκτιμηθεί η ερμηνεία του καταστατικού διανύσματος στο χώρο Hilbert, έτσι ώστε να μπορέσουμε να διαμορφώσουμε μια ρεαλιστική ερμηνεία χωρίς να διογκώσουμε εννοιολογικά και θεωρητικά τον υπάρχοντα επιτυχή φορμαλισμό της καθιερωμένης ΚΜ. Υπάρχουν δύο κύριες στρατηγικές στην αναζήτηση ρεαλιστικής ερμηνείας. Η πρώτη, όπως αυτή επιλέχτηκε από τον Putnam, αφορά τον καθορισμό του συνόλου των ιδιοτήτων ενός κβαντικού συστήματος. Όπως έχουμε ήδη δει, πρόκειται για μια μη βιώσιμη ρεαλιστική ερμηνεία. Τι θα μπορούσε να προταθεί ως εναλλακτική ρεαλιστική ερμηνεία;

Ο καθορισμός των ιδιοτήτων ενός φυσικού συστήματος είναι βασικό στοιχείο για την ύπαρξη υπό την ρεαλιστική οπτική. Είδαμε ότι κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατόν να συμβεί επαρκώς σύμφωνα με την καθιερωμένη ερμηνεία του φορμαλισμού της ΚΜ μιας και κανένας υπόχωρος που κωδικοποιεί καθορισμένες ιδιότητες δεν φιλοξενεί το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle = \sum_i a_i |\Sigma_i\rangle$ ή $|\varphi'\rangle = \sum_i a_i |M_i\rangle |\Sigma_i\rangle$ ή $|\varphi''\rangle = \sum_i a_i |\Pi_i\rangle |M_i\rangle |\Sigma_i\rangle$. Καθορισμός ιδιοτήτων όμως μπορεί να επιτευχθεί με έναν άλλο ερμηνευτικό κανόνα επηρεασμένο από «**τροπικού**» (modal) είδους ερμηνείες. Σύμφωνα με αυτόν, το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ δεν προσδιορίζει το τι ακριβώς είναι καθορισμένο υπό τον όρο να φιλοξενείται από τον υπόχωρο που το αναπαριστά. Ας θυμηθούμε ότι ο φορμαλιστικός ρόλος του καταστατικού διανύσματος είναι εκείνου του μέτρου πιθανότητας επί του συνόλου των υποχώρων-προτάσεων $|x\rangle$ του χώρου Hilbert ενός συστήματος όπως εξασφαλίζεται από τον κανόνα του Born $|\langle x|\varphi\rangle|^2$, ένα μέτρο πιθανότητας που δεν μπορεί να θεωρηθεί επιστημικό και γιαυτό δεν αναφέρεται σε μια υποκείμενη καθορισιμότητα ιδιοτήτων. Αυτόν ακριβώς τον φορμαλιστικό ρόλο θα χρησιμοποιήσουμε για να καταστεί όμως μέτρο πιθανότητας επί ενός υποσυνόλου υποχώρων επί του οποίου είναι εφικτό να γίνουν αποδόσεις τιμών αλήθειας χωρίς να παραβιάζεται το θεώρημα Kochen-Specker. Τότε είναι εφικτό το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ να αποτελέσει ένα επιστημικό μέτρο πιθανότητας επί αυτού του υποσυνόλου υποχώρων. Ο ρόλος του δεν θα είναι τότε εκείνος που καθορίζει ακριβώς ποια είναι η καθορισμένη ιδιότητα, αλλά εκείνος που καθορίζει *το είδος των ιδιοτήτων που εκδηλώνονται στην δεδομένη στιγμή* (Dieks 2007, σ. 296) επί του οποίου μπορούμε να έχουμε μια επιστημική προσέγγιση σύμφυτη με μια υποκείμενη ρεαλιστική πραγματικότητα. Μπορούμε να έχουμε έναν ποιο σαφή προσδιορισμό του υποσυνόλου των ιδιοτήτων που μπορούν να θεωρηθούν καθορισμένες υπό την καθοδηγία του καταστατικού διανύσματος $|\varphi\rangle$;

Στην αναζήτηση του μέγιστου υποσυνόλου ιδιοτήτων που μπορούν να καταστούν καθορισμένες για ένα φυσικό σύστημα οι Bub και Clifton έχουν προσφέρει

ένα θεώρημα «**μοναδικότητας**» (uniqueness theorem) (Bub and Clifton 1996) του καθορισμένου πλέγματος υποχώρων-προτάσεων που ορίζεται επί της ουσίας από το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ μαζί με ένα «**προτιμητέο**» (preferred) φυσικό μέγεθος **R** όπως αυτό αναπαρίσταται από τις $m \leq n$ διακεκριμένες ιδιοκαταστάσεις του $|r_i\rangle$ (i=1,...,m) εντός ενός χώρου Hilbert διάστασης n. Προτιμητέο υπό την έννοια ότι επιλέγεται να αναπαραστήσει μια ιδιότητα που είναι πάντα καθορισμένη. Ας θεωρήσουμε τις $j \leq m$ μη μηδενικές προβολές $|\varphi_{r_i}\rangle$ (i=1,...,j) του καταστατικού διανύσματος $|\varphi\rangle$ πάνω στις ιδιοκαταστάσεις $|r_i\rangle$ του R. Το περιεχόμενο αυτού του καθορισμένου υποπλέγματος υποχώρων (Bub 1995, σ. 1258,1259· Bub and Clifton 1996, σ. 186· Karakostas 2014, σ. 350) αποτελείται από τους εξής υποχώρους $|\kappa\rangle$:

$$\{ \ |\kappa\rangle : |\varphi_{r_i}\rangle \leq |\kappa\rangle \ \ ή \ \ |\varphi_{r_i}\rangle \leq |\kappa\rangle^{\perp}, \textit{για κάθε } i = 1,2,\ldots j \ \}$$

Το συγκεκριμένο υποπλέγμα υποχώρων είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να υπάρξουν αρκετές διαφορετικές δυνατότητες απόδοσης αληθοτιμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κβαντικές πιθανότητες που ορίζονται σε αυτό το καθορισμένο υποπλέγμα να κατανοηθούν ως μέτρα της επιστημικής μας άγνοιας σχετικά με τις πραγματικές τιμές των φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με τις προτάσεις του υποπλέγματος (Bub 1996, σ. 213,215). Έτσι στην περίπτωση του παραδόξου της «γάτας του Schrödinger», εάν λάβουμε το φυσικό μέγεθος **R** ως το μέγεθος της κατάστασης της γάτας με ιδιοκαταστάσεις $|\textit{ζωντανή}\rangle$ και $|\textit{νεκρή}\rangle$, τότε προκύπτει ότι η γάτα είναι οριστικά ζωντανή ή οριστικά νεκρή στην κατάσταση μετά την αλληλεπίδραση με το ραδιενεργό υλικό (Bub 2013, σ. 3367), με τις πιθανότητες του φορμαλισμού να είναι όντως επιστημικής φύσεως. Το γεγονός ότι η επιλογή του «προτιμητέου» φυσικού μεγέθους **R** αφήνεται ελεύθερη (Bub and Clifton 1996, σ. 185), επιτρέπει την ανάδειξη διάφορων ερμηνευτικών προσεγγίσεων αντιπροσωπευτική των οποίων είναι η επιλογή του Bohm (Bohm 1952) να θεωρήσει την θέση ως καθορισμένο μέγεθος **R**, εμπλουτίζοντας τον φορμαλισμό με έναν πολυδιάστατο χώρο διαμόρφωσης θέσεων (configuration space), χώρος που ορίζεται υπό την καθοδηγία ενός μυστηριώδους κβαντικού οδηγού-πεδίου στο οποίο οφείλονται τα φαινόμενα συμβολής των κατά τα άλλα καθορισμένης θέσης σωματιδίων. Αν και προσφέρει μια ρεαλιστική ερμηνεία της υποκείμενης οντολογίας εντούτοις δεν παύει να είναι μη τοπική ως απόρροια του κβαντικού οδηγού-πεδίου.

Ωστόσο, αν κάποιος επιθυμεί να παραμείνει στο φορμαλιστικό πλαίσιο της καθιερωμένης ΚΜ και να αποφύγει την εισαγωγή επιπρόσθετου εννοιολογικού περιεχομένου, η πιο φυσική επιλογή για το «προτιμητέο» φυσικό μέγεθος **R** είναι το εκάστοτε υπό μέτρηση μέγεθος. Επιλογή που σύγχρονοι ερευνητές όπως ο Καρακώστας (Karakostas 2014, σ. 351) έχουν ακολουθήσει, το έργο του οποίου έχει σκοπό την αποσαφήνιση και τον επαναπροσδιορισμό της έννοιας του ρεαλισμού υπό αυτήν την νέα - εμπειρικά και θεωρητικά επιβαλλόμενη – οπτική. Για να μπορέσουμε να αναδείξουμε τον ρεαλισμό που χαρακτηρίζει η συγκεκριμένη θέση, θα πρέπει να περιγράψουμε και να επαναπροσδιορίσουμε με ένα σαφή τρόπο τις έννοιες **Ύπαρξη**

και **Ανεξαρτησία** που συναποτελούν την ρεαλιστική θεώρηση. Ωστόσο για να επιτύχουμε μια βιώσιμη ρεαλιστική ερμηνεία θα πρέπει να αποσυνδέσουμε την έννοια του ρεαλισμού από ιδέες που εδραιώθηκαν μέσω της πλατωνικής, αριστοτελικής και μετέπειτα νευτώνειας φιλοσοφικής διαλεκτικής, όπως ο ατομισμός, η διαχωρισιμότητα, η τοπικότητα και ο πλήρης διαχωρισμός του υποκειμένου από το αντικείμενο. Ο στατικός χειρισμός της οντολογίας από την αριστοτελική λογική αδυνατεί να συλλάβει την δυναμική φύση της μικροφυσικής πραγματικότητας.

Πώς τελικά μπορούν να περιγραφούν οι έννοιες της ύπαρξης και της ανεξαρτησίας στο πλαίσιο της ΚΜ; Η καθιερωμένη ερμηνεία της ΚΜ όπως αυτή συνδιαμορφώθηκε από τους Bohr και Heisenberg, επανεισάγει την έννοια της αριστοτελικής δυνητικότητας:

> «Το πιθανοτικό κύμα όμως των Bohr, Kramers και Slater, σήμαινε [...] μια τάση για κάτι. Ήταν μια ποσοτική εκδοχή της παλαιάς έννοιας του «δυνάμει» στην Αριστοτελική φιλοσοφία. Εισήγαγε κάτι που κείτεται ανάμεσα στην ιδέα ενός συμβάντος και ενός πραγματωμένου συμβάντος, ένα περίεργο είδος φυσικής πραγματικότητας ακριβώς ανάμεσα στην δυνατότητα και την πραγματικότητα. [...] Η πιθανοτική συνάρτηση συνδυάζει αντικειμενικά και υποκειμενικά στοιχεία. Περιλαμβάνει δηλώσεις σχετικές με δυνατότητες ή καλύτερα τάσεις ("δυνάμει" στην Αριστοτελική φιλοσοφία), οι οποίες είναι πλήρως **αντικειμενικές**, δεν εξαρτώνται από κανένα παρατηρητή· και περιλαμβάνει δηλώσεις σχετικές με την γνώση μας για το σύστημα, οι οποίες βεβαίως είναι **υποκειμενικές** στο μέτρο που ίσως αυτές είναι διαφορετικές για διαφορετικούς παρατηρητές.» (Heisenberg 1958, σ. 42,73).

Μέσα σε αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο (**υπέρθεση**, **συζευξιμότητα**) η εξωτερική μικροφυσική πραγματικότητα νοείται ως ανεξάρτητη από οποιονδήποτε παρατηρητή χωρίς όμως να γίνεται αντιληπτή ως ύπαρξη προδεδομένη αλλά ως μια *συνύπαρξη ενός συνόλου πολλαπλών δυνητικοτήτων*, ιδιότητα που προσδίδει μια δυναμική φύση έναντι της καθιερωμένης στατικής φύσης της Αριστοτελικής συλλογιστικής (Karakostas 2004, σ. 297). Σε αυτό το εσώτερο πεδίο της πραγματικότητας οποιαδήποτε προσπάθεια οπτικοποίησης μέσω χωροχρονικών τροχιών είναι καταρχήν αδύνατη γιαυτό και η φορμαλιστική αναπαράσταση της κατάστασης επικεντρώνεται στον αιτιοκρατικό έλεγχο των «δυνάμει» ιδιοτήτων που μπορεί να εκδηλώσει ένα αντικείμενο της μικροφυσικής πραγματικότητας. Η αντικειμενικότητα όμως όλων των παραπάνω δεν συνάδει με την κλασική έννοια της αντικειμενικότητας ως εκείνη που χαρακτηρίζει μια αυθύπαρκτη με καθορισμένες ιδιότητες οντότητα. Πώς είναι δυνατόν αυτές οι δύο μεταξύ τους ασύμβατες μορφές της αντικειμενικότητας να πορευτούν σε μια ενιαία περιγραφή της πραγματικότητας; Ο Heisenberg προσδίδει έναν υποκειμενικό χαρακτήρα στον συσχετισμό αυτών των δύο μορφών αντικειμενικότητας, γεγονός που υποδηλώνεται από την φορμαλιστική τυχαιοκρατική κατάρρευση του καταστατικού διανύσματος στην παρουσία παρατηρητή. Έτσι όμως δεν μπορούμε να αποφύγουμε την κριτική περί σολιψιστικής ή ιδεαλιστικής ερμηνείας, γιαυτό αν θέλουμε πράγματι να αναζητήσουμε μια ρεαλιστική ερμηνεία θα πρέπει να αποσαφηνίσουμε τις πτυχές που συναπαρτίζουν

την έννοια της αντικειμενικότητας υπό το πρίσμα της ΚΜ. Η αντικειμενικότητα στα πλαίσια της ΚΜ δεν βρίσκεται αποκλειστικά στο αντικείμενο, δεν συνιστά απλώς προϊόν σύγκρισης ή αντιπαράθεσης με ένα δεδομένο αντικείμενο κατά το κλασικό πρότυπο (Καρακώστας 2011, σ. 17). Τα κβαντικά αντικείμενα δεν μπορούν να συλληφθούν ως «πράγματα καθεαυτά», ως απόλυτα καθέκαστα της πραγματικότητας, απολαμβάνοντας εγγενή ατομικότητα ή διαχρονική ταυτότητα. Τουναντίον γίνονται αντιληπτά ως φορείς αντικειμενικών πλαισιοκρατικών ιδιοτήτων (Karakostas 2012, σ. 56). Για να συγκροτηθεί ένα καλώς-ορισμένο αντικείμενο από την «δυνάμει» φύση ενός κβαντικού αντικειμένου απαιτείται η παρουσία φυσικού συστήματος το οποίο θα αναλάβει τον ρόλο να παράσχει εκείνες τις αντικειμενικές συνθήκες μέσω των οποίων θα γίνει ο παραγωγικός καθορισμός των ιδιοτήτων που υποστασιοποιούν το μικροφυσικό αντικείμενο. Ένα τέτοιο φυσικό σύστημα νομιμοποιείται να αναλάβει αυτόν τον ρόλο, εάν και μόνο εάν δεν είναι ολικώς συσχετισμένο ή κβαντικώς συζευγμένο με το υπό εξέταση κβαντικό αντικείμενο (Καρακώστας 2005, σ. 16). Το προκύπτον κβαντικό αντικείμενο που πραγματώνεται κατ' αυτόν τον τρόπο *είναι* το κβαντικό αντικείμενο που εκδηλώνει μια καθέκαστη ιδιότητα σε σχέση με το συγκεκριμένο φυσικό σύστημα ή εναλλακτικά πειραματικό πλαίσιο. Ο πλαισιακός χαρακτήρας της απόδοσης καθορισμένων ιδιοτήτων υπονοεί, ότι οι καταστατικές ιδιότητες ενός κβαντικού αντικειμένου δεν είναι καλώς ορισμένες ιδιότητες πριν την «είσοδο» του εντός ενός κατάλληλου φυσικού πλαισίου. Υποδηλώνει επιπλέον το γεγονός ότι δεν μπορούν όλες οι «πλαισιακώς» εγγενείς καθορισμένες ιδιότητες του κβαντικού αντικειμένου να αποδοθούν σε αυτό ταυτόχρονα. Το ίδιο κβαντικό αντικείμενο επιδεικνύει διαφορετικές καθορισμένες ιδιότητες σε σχέση με τα διαφορετικά φυσικά συστήματα ή πειραματικά πλαίσια βάσει των οποίων αυτό διερευνάται (Karakostas 2012, σ. 57).

Έτσι το «δυνάμει» κβαντικό σύστημα όπως χαρακτηρίζεται από το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ στον χώρο Hilbert στην παρουσία κατάλληλου φυσικού πλαισίου που παρέχει τις αντικειμενικές συνθήκες **R** θα **συνκαθορίσουν** μαζί εκείνο το υποσύνολο των ιδιοτήτων που υποστασιοποιούν το κβαντικό αντικείμενο[126], το οποίο υποσύνολο ιδιοτήτων γεννάται επί ενός συνόλου ιδιοτήτων για το οποίο είναι εφικτό οι κβαντικές πιθανότητες του φορμαλισμού να ερμηνευτούν ως επιστημικές. Η ανωτέρω θεώρηση, βρίσκεται σε συμφωνία με την φορμαλιστική υπόδειξη του κλασικού ρεαλισμού για έρευνα στα τοπικά φυσικά πλαίσια για την αναζήτηση της παρατηρούμενης κλασικής συμπεριφοράς της υποκείμενης μικροφυσικής οντολογίας. Η ΚΜ παρέχει το ακριβές εννοιολογικό πλαίσιο για τον καθορισμό των ιδιοτήτων και κατ' επέκταση τον «ρεαλισμό» της συμπεριφοράς των μικροφυσικών οντοτήτων εντός του εκάστοτε τοπικού φυσικού συστήματος. Ωστόσο η συγκεκριμένη οπτική ως προς την έννοια του ρεαλισμού έχει ουσιώδεις επιπτώσεις ως προς τον χαρακτηρισμό της έννοιας της αλήθειας, οι οποίες και θα αποτελέσουν το αντικείμενο της επόμενης και τελευταίας ενότητας.

126 Χωρίς απαίτητα να αφορούν χωρικές ιδιότητες.

5.3 Αναζητώντας ένα βιώσιμο σχήμα αλήθειας

Η φυσική επιλογή για την έννοια της αλήθειας υπό την κλασική έννοια συνίσταται στην ισόμορφη αντιστοίχηση των προτάσεων μας με κατάλληλους αληθοποιητές ως μέρος της οντολογίας μιας ανεξάρτητης ως προς εμάς πραγματικότητας. Η ανεξαρτησία αυτών των αληθοποιητών νοούνταν ως μια προϋπάρχουσα καθορισμένη οντολογία γεγονότων συνολοθεωρητικής δομής που απλά ανάμενε να λάβει τον ρόλο να προσδώσει εγκυρότητα στις προτάσεις μας την στιγμή της εκφοράς τους. Η απόλυτη όμως καθορισιμότητα της οντολογίας των γεγονότων[127] δηλαδή η κατοχή των ίδιων καθορισμένων ιδιοτήτων μιας οντότητας σε κάθε μοντέλο που αυτή μετέχει μπορεί να παραγάγει τέτοιου είδους λογικά παράδοξα ώστε η κλασική αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας να υπονοήσει ότι μια «ψευδής» πρόταση είναι ταυτοτικά «αληθής» (Hansen 2011, σελ. 17).

Είναι ουσιώδες να αναγνωρίσουμε ότι η έννοια του αληθοποιητή είναι αναγκαίο συστατικό σε θεωρήσεις αλήθειας που έχουν ρεαλιστικές προσδοκίες όπως στην περίπτωση της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας. Το εγχείρημα του χαρακτηρισμού των αληθοποιητών καθοδηγήθηκε από την προκείμενη ότι η *αλήθεια εξαρτάται από την έννοια της ύπαρξης*, προκείμενη που έχει προφανείς δεσμούς με τον λογικό ατομισμό του Russell και Wittgenstein καθώς και με τις αρχαιότερες θεωρήσεις του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη. Προκειμένου να αντιληφθούμε μια πιο αποδοτική κατηγορία αληθοποιητών θα περιορίσουμε την έρευνα μας στις ενδεχομενικά αληθείς προτάσεις, αποκλείοντας τις άνευ όρων αναγκαίες προτάσεις της λογικής και των μαθηματικών μιας και δεν εξαρτώνται απο την ύπαρξη κάποιου στοιχείου της πραγματικότητας. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι στερείται οποιουδήποτε νοήματος η χρήση των συγκεκριμένων αναγκαίων προτάσεων, τουναντίον διέπεται από διαφορετικά αντικειμενικά κριτήρια όπως το πρότυπο της «αποδειξιμότητας» στον μαθηματικό ιντουσιονισμό.

Ως προς τις ενδεχομενικά αληθείς προτάσεις, το εγχείρημα να εστιάσουμε στην ύπαρξη **«ατομικών»** γεγονότων και εν συνεχεία να προσδιορίσουμε την αλήθεια πιο σύνθετων φορέων αλήθειας, δεν είχε το επιθυμητό αποτέλεσμα όπως έχουμε ήδη εξετάσει. Θα μπορούσαμε να αναγνωρίσουμε κάποιους από τους λόγους που οδηγούν στην αποτυχία, στην «απόλυτη» χρήση ορισμένων αρχών όπως η αρχή της **κλασικής συνεπαγωγής**: Οι αληθοποιητές οποιασδήποτε πρότασης είναι επίσης αληθοποιητές όλων των άλλων προτάσεων που αυτή συνεπάγεται. Η **αναγκαιοκρατία** (Necessitarianism), επίσης, κατέχει ρυθμιστικό ρόλο στην δημιουργία των κλασικών αληθοποιητών. Σύμφωνα με αυτήν, η ύπαρξη ενός αληθοποιητή καθιστά αναγκαία την αλήθεια μιας πρότασης: κάθε δυνατός κόσμος εντός του οποίου υπάρχει ο αληθοποιητής είναι ένας κόσμος επί του οποίου η πρόταση είναι αληθής. Οι ανωτέρω αρχές έχουν καταστεί προβληματικές στην απόπειρα εύρεσης κατάλληλων αληθοποιητών για τις αρνητικά υπαρκτικές προτάσεις και τις καθολικές γενικεύσεις. Μια επιπλέον αρχή που συμμετέχει στην παραγωγή αληθοποιητών είναι και η

127 Ή εναλλακτικά καταστάσεων πραγμάτων που συμβαίνουν.

οντολογική υπόθεση, ήτοι ότι πάντα οι αληθοποιητές είναι σχέσεις μεταξύ μίας ή περισσότερων οντοτήτων και μιας αλήθειας (Pendlebury 2010, σ. 141, 142). Ακόμα και αν μια πρόταση ρητά αρνείται την ύπαρξη κάποιου πράγματος και δεν υπονοεί ή προϋποθέτει οποιαδήποτε οντολογική δέσμευση, η οντολογική υπόθεση εξακολουθεί να συνεπάγει ότι αυτή είναι αληθής λόγω υπαρκτών οντοτήτων. Καθιστά την βάση όλων των αληθειών υπαρξιακή, απαιτώντας οντότητες πέραν του αναγκαίου. Είναι προφανές, ότι προκειμένου να επιλυθούν οι αδυναμίες της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας, πρέπει οι ανωτέρω αρχές τουλάχιστον να αμβλυνθούν και να επαναπροσδιορισθεί ο τρόπος συγκρότησης των αληθοποιητών.

Πριν όμως επιχειρηθεί να διατυπωθεί το ορθότερο κατά την άποψη μου πλαίσιο συγκρότησης των αληθοποιητών, είναι αναγκαίο να κατηγοριοποιηθούν πρώτα οι προτάσεις που εκφέρουμε για την πραγματικότητα προκειμένου να γίνει αντιληπτό για ποιες μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα μια κατάλληλη αντιστοιχιστική σχέση με την πραγματικότητα. Προτάσεις που είναι σχετικές με αντικείμενα της πραγματικότητας καλούνται **πρώτης τάξης** (first-order) προτάσεις και χαρακτηρίζουν υπάρξεις ή υπαρκτικές σχέσεις, οντότητες στο πεδίο της πραγματικότητας. Προτάσεις που είναι σχετικές με τις προτάσεις πρώτης τάξης, καλούνται προτάσεις **δεύτερης τάξης** (second-order) και είναι αυτές που είναι σχετικές με την επιστημονική πρακτική (επιστημικής φύσεως). Προτάσεις που είναι σχετικές με τις προτάσεις δεύτερης τάξης, καλούνται προτάσεις **τρίτης τάξης** (third-order) και οι οποίες αποτελούν το σώμα της φιλοσοφικής πρακτικής (Young 1995, σ. 195).

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι υιοθετώντας την έννοια μιας μη-επιστημικής αλήθειας, δεν σημαίνει ότι δεσμευόμαστε στην ιδέα ότι η αλήθεια είναι εντελώς ανεξάρτητη από εμάς. Ενώ αναγνωρίζουμε ότι το θεμέλιο της επιτυχίας της αλήθειας έγκειται στον τρόπο με τον οποίο τα πρώτης-τάξης γεγονότα σχηματίζονται ή δομούνται εντός της πραγματικότητας, παρόλα αυτά δεν μπορούμε να παραβλέψουμε την δεύτερης-τάξης σχέση που εμείς αποκτούμε με την πραγματικότητα π.χ. στην επιλογή του πειραματικού πλαισίου και των συνθηκών που αυτό επιβάλλει. Η σχέση μεταξύ των δεύτερης-τάξης ισχυρισμών μας και των πρώτης-τάξης προτάσεων αν ειδωθεί ως ανεξάρτητη οδηγεί σε αντιρεαλιστικού είδους θεωρήσεις. Ωστόσο για λόγους που εξετάσαμε στο σύνολο αυτού του κειμένου θα δεχτούμε ένα είδος επιγένεσης των δεύτερης-τάξης ισχυρισμών μας επί των πρώτης-τάξης προτάσεων, όπου δεν μπορεί να επέλθει καμία αλλαγή ή διαφοροποίηση στους δεύτερης-τάξης ισχυρισμούς μας χωρίς, προηγουμένως, να έχει επέλθει μία ορισμένη αλλαγή ή διαφοροποίηση στις πρώτης-τάξης προτάσεις που αφορούν την πραγματικότητα. Το πώς δομείται το συγκεκριμένο είδος επιγένεσης χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, ωστόσο δεν θα αποτελέσει αντικείμενο της έρευνας μας. Τουναντίον, θα εστιάσουμε στην εύρεση ενός ορθότερου χαρακτηρισμού των αληθοποιητών για τις πρώτης-τάξης προτάσεις μιας και αποτελούν την βάση της αληθειακής προσέγγισης.

Το κβαντομηχανικό Παράδειγμα έρχεται για να προσφέρει μια διέξοδο στο πρόβλημα του χαρακτηρισμού της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας. Το βασικό στοιχείο αυτής της αληθειακής προσέγγισης είναι ότι ο αληθοποιητής που καθιστά

αληθή κάποια πρώτης-τάξης πρόταση δεν είναι προκαθορισμένος. Τότε πώς θα μπορέσει να αποδώσει καθορισμένη αληθοτιμή στην πρόταση; Αυτό θα επιτευχθεί μόνο με την συνεργασία του εν δυνάμει αληθοποιητή και το πλαίσιο αναφοράς εντός του οποίου εκφέρεται η πρόταση. Μόνο εντός ενός κατάλληλου πλαισίου είναι δυνατόν να υπάρξει καθορισμένος αληθοποιητής για να καταστεί αληθής η πρόταση μας (Karakostas 2014, σελ. 354). Ως εκ τούτου, μπορούμε να εμπλουτίσουμε το εννοιολογικό περιεχόμενο ενός αληθοποιητή περιλαμβάνοντας *όχι απλά την έννοια του γεγονότος αλλά και τις συνθήκες της ύπαρξης και της μη-ύπαρξης που εξηγούν ένα γεγονός*. Οι συνθήκες αυτές δεν πρέπει να νοηθούν ως εννοιολογικά ευρισκόμενες αποκλειστικά στο δεύτερης-τάξης επιστημικό επίπεδο, όπως ίσως υπονοεί η επιλογή του πειραματικού πλαισίου από τον παρατηρητή, αλλά ως πραγματικές συνθήκες που ικανοποιούν συγκεκριμένους περιορισμούς και οι οποίες συνδιαμορφώνουν από κοινού την ύπαρξη του γεγονότος. Μιας και η έννοια του πλαισίου θα μπορούσε να δώσει την εντύπωση μιας αποκλειστικά «τυπικής» έννοιας είναι αναγκαίο να προσπαθήσουμε να την αντιληφθούμε μέσα από ένα επίπεδο πρώτης-τάξης, αποκτώντας έτσι μια πιο τοπολογική χροιά. Σε ένα τέτοιο επίπεδο, η μορφή, η διάρθρωση, ή η τοπολογία ενός συστήματος περιορίζει ή εμποδίζει ορισμένες πιθανές συμπεριφορές που ενδεχομένως να είχαν τα επιμέρους τμήματα από μόνα τους, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται νέες δυνατότητες για αυτά δυνάμει των καταστάσεων που μπορεί να έχει πρόσβαση το σύστημα ως σύνολο.

Εντός του ανωτέρω εννοιολογικού πλαισίου θα μπορούσε να εξηγηθεί η αλήθεια προβληματικών προτάσεων όπως αυτές των αρνητικά υπαρκτικών προτάσεων. Στην αναζήτηση ενός αληθοποιητή για μια αρνητική αλήθεια, το καθιερωμένο εννοιολογικό πλαίσιο των καταστάσεων πραγμάτων δεν παρείχε κάποιον αληθοποιητή για να πιστοποιήσει την αλήθεια της αρνητικής πρότασης. Ωστόσο αν εμπλουτισθεί η κλάση των αληθοποιητών ώστε να συμπεριλάβει τις συνθήκες ύπαρξης και της μη-ύπαρξης που εξηγούν ένας γεγονός, τότε μια αρνητική πρόταση καθίσταται αληθής επειδή *υπάρχουν* εκείνες οι συνθήκες για τις οποίες δεν συμβαίνει το γεγονός. Καθίσταται, λοιπόν, δυνατή η αντιστοίχηση της αρνητικής πρότασης με έναν αληθοποιητή. Βέβαια, ο σκοπός μας δεν είναι περιγράψουμε με έναν συστηματικό τρόπο το πώς δημιουργούνται αληθοποιητές για το σύνολο των προβληματικών προτάσεων, αλλά να υποδείξουμε μια βιώσιμη αναθεώρηση της αντιστοιχιστικής σχέσης αλήθειας όπως αυτή υποδεικνύεται από τα εμπειρικά ευρήματα της κβαντικής μηχανικής.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο εξής αληθειακό σχήμα (Karakostas 2014, σελ. 354):

(**Πλαισιακό Αντιστοιχιστικό Σχήμα Αλήθειας**): Η πρόταση «Π» εντός του πλαισίου C είναι αληθής ann υπάρχει μια κατάσταση πραγμάτων X για την οποία ισχύουν τα εξής:

(1) Η «Π» αναπαριστά την X εντός του πλαισίου C,
(2) η κατάσταση πραγμάτων X συμβαίνει.

Επαναλαμβάνουμε ότι ο συγκεκριμένος χαρακτηρισμός της αλήθειας δεν αφορά μια ακόμα επιστημική προσέγγιση της αλήθειας. Η αναφορά στο πλαίσιο δεν γίνεται για να του αποδοθεί ο ρόλος της επαλήθευσης της αλήθειας της πρότασης, τουναντίον *παρέχει εκείνες τις κατάλληλες συνθήκες* ώστε να είναι δυνατόν να αποδοθεί μια καθορισμένη αληθοτιμή σε μια πρόταση, διαφορετικά μια πρόταση θα είναι γενικά σημασιολογικώς απροσδιόριστη. Με αυτόν τον τρόπο η αληθοποιητική σχέση δεν χαρακτηρίζεται από μια ανεξάρτητη εννοιολογικώς αδιαμόρφωτη πραγματικότητα επί της οποίας προβάλλουμε την δομή των προτάσεων μας προκειμένου να χαρακτηριστούν αληθείς. Αντιθέτως η αληθοποιητική σχέση καθιερώνεται από κοινού από ένα καλώς ορισμένο τοπικό πλαίσιο της πραγματικότητας και το προτασιακό περιεχόμενο που αναφέρεται σε αυτό το πλαίσιο (Karakostas 2014, σελ. 356,357). Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ο κλασικός ορισμός της αντιστοιχιστικής θεωρίας αλήθειας στερείται οποιουδήποτε νοήματος, αλλά μπορεί να θεωρηθεί ως οριακή περίπτωση σε καταστάσεις επί των οποίων ο ρητός προσδιορισμός του πλαισίου αναφοράς δεν δημιουργεί κάποια επιπλέον συνέπεια.

Ωστόσο αρκετοί φιλόσοφοι (Feldman 1999· Mackie 1977) υποστηρίζουν ότι μια εξάρτηση από το πλαίσιο οδηγεί αναπόφευκτα στο σχετικισμό και ως εκ τούτου στον υποκειμενισμό. Υπάρχει ανάγκη, λοιπόν, να αποσαφηνίσουμε την διαφορά του ανωτέρου αντιστοιχιστικού σχήματος αλήθειας από οποιεσδήποτε σχετικιστικές ή σχεσιοκρατικές θεωρήσεις που μπορούν να βλάψουν την αντικειμενικότητα που αυτό προσδοκά να παραγάγει. Θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι η αναφορά στο πλαίσιο, δηλαδή στις περιστάσεις που επηρεάζουν την απόφανσή μας για την αλήθεια μιας πρότασης, δεν οδηγεί κατ'ανάγκην σε **σχετικισμό** (relativism) ή **σχεσιοκρατία** (relationism). Αν και είναι σύνηθες να συγχέονται οι δύο όροι, ωστόσο μπορούμε να τους διαχωρίσουμε προκειμένου να γίνει πιο σαφής ο ρόλος τους στις θεωρήσεις αλήθειας. Στη σχεσιοκρατική θεώρηση η γνώση για τον κόσμο εξαρτάται από τη σκοπιά του υποκειμένου, κι άρα το ζήτημα της αλήθειας και του ψεύδους τίθεται με βάση τον τρόπο με τον οποίο βλέπει το υποκείμενο τον κόσμο, ήτοι την σχέση που αυτό έχει με τον κόσμο. Από την άλλη πλευρά, ο σχετικισμός συγκρίνει τα πρότυπα αξιολόγησης για να περιορίσει το εύρος των οικουμενικών αξιώσεων του κάθε προτύπου εφόσον αυτό εξαρτάται από την επιμέρους οπτική γωνία του υποκειμένου. Ενώ ο σχετικισμός συνεπάγεται την σχεσιοκρατία, το αντίστροφο δεν είναι αναγκαίο, θέση η οποία μπορεί να υποκρύπτει έναν υποκείμενο ρεαλισμό (Κιντή 2001, σ. 180). Ο σημασιολογικός ισχυρισμός του σχετικισμού είναι ότι οι τιμές αλήθειας των προτάσεων μας όντως μπορεί να αλλάξουν αλλά όχι επειδή μεταβάλλεται το πλαίσιο αναφοράς αλλά επειδή ακολουθούνται διαφορετικά πρότυπα αξιολόγησης κανένα από τα οποία δεν θεωρείται περισσότερο κατάλληλο. Είναι φανερό, λοιπόν, ότι αν το ανωτέρω πλαισιακό σχήμα αλήθειας είναι σχεσιοκρατικό τότε η απόδοση αληθοτιμής μέσω αυτού, θα είχε ως αποτέλεσμα διαφορετικοί παρατηρητές να αποδίδουν διαφορετικές αληθοτιμές εντός του ίδιου πλαίσιου. Κάτι τέτοιο θα αφαιρούσε την δυνατότητα για αντικειμενικότητα. Ωστόσο η παραπομπή σε ένα πλαίσιο αναφοράς δεν είναι σχεσιακή πρώτης τάξης. Η ανωτέρω πλαισιακή θεώρηση επιτρέπει την απολυτότητα στην τιμή αληθείας της πρότασης που αναπαρίσταται εντός του

πλαισίου. Η πλαισιακή θεώρηση το μόνο που ισχυρίζεται είναι ότι υπάρχει ένα σταθερό περιεχόμενο στις προτάσεις που αναπαρίστανται εντός του πλαισίου, οι αληθοτιμές των οποίων εξαρτώνται αποκλειστικά από το πλαίσιο στο οποίο αναφέρονται και όχι από τους χρήστες αυτού του πλαισίου.

Αυτό το χαρακτηριστικό είναι εμφανές και στην ερμηνεία που επιδιώξαμε για το καθιερωμένο φορμαλιστικό πλαίσιο της ΚΜ. Σύμφωνα με τον καθιερωμένο φορμαλισμό η γραμμική φύση της εξέλιξης που προωθεί ο δυναμικός νόμος της ΚΜ έχει ως αποτέλεσμα ένα κβαντικό φυσικό σύστημα να οδηγείται σε συζευγμένες υπερθέσεις με πειραματικά πλαίσια, παρατηρητές κ.ο.κ. Αν υιοθετήσουμε την κατάρρευση της συζευγμένης υπέρθεσης για να εξηγήσουμε το πώς προκύπτουν οι καθορισμένες ιδιότητες του κβαντικού συστήματος, τότε εισάγουμε αναπόφευκτα το στοιχείο του υποκειμενισμού στην θεώρηση μας. Αν ωστόσο επιλέξουμε να αποδώσουμε στο καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ τον ρόλο να καθορίζει το είδος των ιδιοτήτων που εκδηλώνονται μια δεδομένη στιγμή, τότε το θεώρημα «μοναδικότητας» των Bub και Clifton παρέχει ένα καθορισμένο υποσύνολο ιδιοτήτων για το κβαντικό μας σύστημα όπως αυτό συνκαθορίζεται από το υπό μέτρηση φυσικό μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο η διόγκωση της συζευγμένης υπέρθεσης στην παρουσία μιας «αλυσίδας» παρατηρητών αποφεύγεται. Έτσι στην αλληλεπίδραση του πειραματικού πλαισίου και του κβαντικού συστήματος ο καθορισμός των ιδιοτήτων του κβαντικού συστήματος είναι προϊόν της από κοινού συνεργασίας των δύο αλληλεπιδρώντων μερών. Εν συνεχεία, ο αποκλειστικός ρόλος που έχει ο οποιοσδήποτε παρατηρητής είναι να καταγράψει ποιες ιδιότητες του κβαντικού συστήματος καθορίστηκαν στο συγκεκριμένο πλαίσιο. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα θα είναι αποδεκτό από το σύνολο των παρατηρητών και αυτό επειδή δεν υπάρχει κανενός είδους επιρροή των παρατηρητών επί του αποτελέσματος. Ως εκ τούτου, οι μετρήσεις και κατ' επέκταση η αλήθεια των προτάσεων που αφορούν τις ιδιότητες του κβαντικού συστήματος θα είναι πλαισιοκρατικής και όχι σχεσιοκρατικής φύσεως.

Η ανωτέρω πλαισιακή θεώρηση της αντιστοιχιστικής σχέσης αλήθειας είναι συμβατή με μια ρεαλιστική θεώρηση της έννοιας της αλήθειας. Σε σχέση με το μικροφυσικό κόσμο, η εμπειρική πρόσβαση μπορεί να αποκτηθεί μόνο αν υιοθετήσουμε μια συγκεκριμένη προοπτική. Προοπτική που ορίζεται από ένα καθορισμένο υποπλέγμα προτάσεων σχετικών με τις ιδιότητες του μικροφυσικού κόσμου, όπως αυτό διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση πειραματικού πλαισίου και κβαντικών οντοτήτων. Σε σχέση με τον μακρόκοσμο, αν οι περιστάσεις δεν είναι σημαντικές για την απόφανση της αλήθειας μιας πρότασης, τότε η κλασική αντιστοιχιστική θεωρία αλήθειας μπορεί να θεωρηθεί ως οριακή περίπτωση του ανωτέρω πλαισιακού αντιστοιχιστικού σχήματος αλήθειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Συμπεράσματα

Έχοντας ως στόχο την διερεύνηση του ερωτήματος περί της φύσης της πραγματικότητας, αναπόφευκτα τιθέμεθα αντιμέτωποι με ερωτήματα που αφορούν την *οντολογία* των φαινομένων της μικροφυσικής πραγματικότητας. Η δυναμική φύση της πραγματικότητας μας υποχρέωσε να αναρωτηθούμε περί του περιγράμματος των αναγκαίων κανόνων - ήτοι *λογική* - που διέπουν την συμπεριφορά των φυσικών φαινομένων. Και επειδή οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις διατυπώνονται μέσω της γλώσσας, ήταν φυσικό ο στοχασμός να οδηγήσει σε ερωτήματα που αφορούν την νοηματοδότηση των δηλώσεων που εκφέρουμε για την ανεξάρτητη πραγματικότητα, ώστε αυτές να αποφέρουν αντικειμενικές αληθοτιμές (*αλήθεια*).

Στην παρούσα εργασία διαπιστώσαμε ότι αν και η ισομορφική προσέγγιση της αλήθειας δείχνει η πιο φυσική επιλογή στην προσπάθεια να συσχετίσουμε τις προτάσεις μας με την πραγματικότητα, ωστόσο είναι αναγκαίο να εμπλουτίσουμε τις οντολογικές δομές της πραγματικότητας που θα σταθούν απέναντι στην αντιστοιχιστική σχέση. Επιχειρηματολογήσαμε ότι η συνολοθεωρητική δομή των μοντέλων που χρησιμοποιούμε για να χαρακτηρίσουμε τους αληθοποιητές των προτάσεων μας συνιστά πηγή λογικών παραδόξων. Το στοιχείο του καθορισμού υπό την απόλυτη έννοια, τουτέστιν την κατοχή των ίδιων καθορισμένων ιδιοτήτων μίας οντότητας σε κάθε μοντέλο που αυτή μετέχει, είναι υπεύθυνο για την ανάδειξη αυτών των παραδόξων. Η συγκεκριμένη πεποίθηση πηγάζει τόσο από τυπικές ενδείξεις, όπως η παρουσία αναφορικής απροσδιοριστίας σε πλήθος σημασιολογικών παραδειγμάτων, αλλά και από φυσικές ενδείξεις που αφορούν την απροσπέλαστη από την κοινή εμπειρία περιοχή του μικρόκοσμου. Σε αυτήν την περιοχή της πραγματικότητας, οι αληθοποιητές των σχετικών με αυτή προτάσεων δεν είναι καθορισμένες οντολογικές γεγονοτικές δομές. Η έννοια της ύπαρξης ενός αντικειμένου της φυσικής πραγματικότητας, εκλαμβανόμενη ως γεγονός που διακρίνεται από την κατοχή συγκεκριμένων ιδιοτήτων που το εξατομικεύουν, καθίσταται ασαφής στο πλαίσιο της κβαντικής μηχανικής τόσο από την αρχή απροσδιοριστίας όσο και από το φαινόμενο της υπέρθεσης και της συζευξιμότητας. Στην περίπτωση του φαινομένου της *υπέρθεσης* καταστάσεων ενός και του αυτού κβαντικού συστήματος, αδυνατούμε να αποδώσουμε συγκεκριμένες ιδιότητες που θα εξατομικεύουν το σύστημα και θα το καθιστούν υπαρκτό κατά την κοινή αντίληψη. Στην περίπτωση της *συζευξιμότητας* καταστάσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων κβαντικών υποσυστημάτων ενός σύνθετου συστήματος, αδυνατούμε να αναλύσουμε ή να αναγάγουμε τις ιδιότητες του συνολικού συστήματος στις ιδιότητες των συνιστώντων μερών του. Η πραγματικότητα παρουσιάζεται λοιπόν όχι ως προδιαμορφωμένη συνολοθεωρητική δομή αλλά ως δομή που αναμένει την διαμόρφωση ή την οργάνωσή της στην παρουσία κατάλληλων συνθηκών. Οι ανωτέρω

διαπιστώσεις οδηγούν φυσιολογικά στην υιοθέτηση ενός πλαισιοκρατικού σχήματος αλήθειας, όχι όμως υπό την απόλυτη επιστημική έννοια εκφυλίζοντας το σε μια επαληθευσιοκρατικού τύπου έννοια αλήθειας.

Οι λόγοι για τους οποίους δεν χρειάζεται να δεσμευτούμε σε μια τόσο περιοριστική εκδοχή αλήθειας, αφορούν τη δυνατότητα στοιχειοθέτησης μιας ρεαλιστικού τύπου απάντησης στις επαληθευσιοκρατικές προκλήσεις του Dummett, την «Απόκτηση» και την «Εκδήλωση». Η αριστοτελική κατηγορία του «δυνάμει» εισάγει την έννοια της «*δυνητικότητας*» στην επιστημονική σκέψη και πρακτική χαρακτηρίζοντας θεμελιωδώς την οντολογική διάσταση της κβαντικής θεωρίας. Αυτή ακριβώς η έννοια, κατάλληλα θεωρούμενη, καθιστά δυνατή την απάντηση στις σημασιολογικές προκλήσεις του Dummett. Σε σχέση με την σημασιολογική πρόκληση της «*Απόκτησης*», ήτοι πώς μπορεί να αποκτηθεί η σύλληψη μιας έννοιας της αλήθειας που υπερβαίνει τις ικανότητες μας για την αναγνώριση της, είναι εφικτό να δοθεί μια ρεαλιστικού τύπου απάντηση αρκεί να λάβουμε υπόψιν τον δυναμικό χαρακτήρα της πραγματικότητας με τον οποίο ερχόμαστε σε επαφή. Ορμώμενοι από ερευνητικά αποτελέσματα τόσο στο πεδίο της κβαντικής μηχανικής όσο και στο πεδίο της γνωστικής επιστήμης, είναι θεμιτό να ισχυριστούμε ότι προσεγγίζουμε την εξωτερική πραγματικότητα μέσω ενός πεδίου δυνητικοτήτων (επιστημικών ή και οντικών). Επομένως ο ρεαλιστής είναι σε θέση να κατανοήσει μια πρόταση που οι συνθήκες-αλήθειας της υπερβαίνουν την εμπειρία μας μέσω ενός πεδίου νοηματικών δυνητικοτήτων, η ταυτόχρονη συνειδητοποίηση των οποίων σηματοδοτεί την κατανόηση των πιθανών νοημάτων που είναι δυνατόν να αναδυθούν μέσα από την υπό εξέταση πρόταση. Το νόημα όμως της υπό εξέτασης πρότασης θα είναι προσδιορίσιμο μόνο εντός ενός πλαισίου ως άμεση συνέπεια της πλαισιοκρατικής εξάρτησης του νοήματος στις σημασιολογικές θεωρίες νοήματος. Μιας εξάρτησης που δεν υποδηλώνει υποκειμενικότητα, τουναντίον παρέχει εκείνες τις αντικειμενικές συνθήκες μέσω των οποίων ο ρεαλιστής μπορεί να δράσει με τις τεχνικές του διυποκειμενισμού προκειμένου να παραγάγει το νόημα και να το μεταδώσει στους συνομιλητές του. Την ύπαρξη πλαισίου χρειάζεται ο ρεαλιστής για να απαντήσει και στην σημασιολογική πρόκληση της «*Εκδήλωσης*», ήτοι να εκδηλώσει μέσω μιας ικανότητας την κατανόηση που έχει για μία δήλωση που χαρακτηρίζεται από υπερβατικές συνθήκες-αλήθειας. Το ότι κατανοεί ένας ρεαλιστής μια πρόταση – που οι συνθήκες αλήθειας της υπερβαίνουν την εμπειρία μας – μέσω ενός πεδίου νοηματικών δυνητικοτήτων, δεν σημαίνει ότι έχει αντιληφθεί ένα νόημα έτοιμο προς εκδήλωση. Μόνο στην ύπαρξη ενός κατάλληλου πλαισίου θα μπορέσει να παραγάγει το νόημα της πρότασης μέσα από το πεδίο νοηματικών δυνητικοτήτων που έχει συζεύξει η εξωτερική πραγματικότητα με αυτό το πλαίσιο. Θα μπορούσαμε βέβαια να δεχτούμε περιπτώσεις όπου η εκδήλωση της κατανόησης του ρεαλιστή για προτάσεις που υπερβαίνουν τα τεκμήρια συνίσταται στην προσομοίωση δυνητικοτήτων σε υποθετικές περιπτώσεις πραγμάτωσής τους. Αλλά αυτό δεν αφορά όμως την εκδήλωση αυτού που πραγματικά επιζητούμε. Και αυτό είναι το νόημα που πραγματώνεται και που βιώνουμε. Οι προηγούμενοι συλλογισμοί έχουν ως αποτέλεσμα να είναι εφικτό να εμπλουτισθεί η θεωρία νοήματος του Dummett με μια

μεταφυσική διάσταση η οποία θα αποτρέψει τον κίνδυνο να παρερμηνευθεί ως μια υποκειμενική θεωρία νοήματος.

Η ανωτέρω ρεαλιστικού τύπου πλαισιοκρατική αντίληψη ενισχύεται από το γεγονός της αποτυχίας του Putnam να συμφιλιώσει τον παραδοσιακό ρεαλισμό με την κυρίαρχη επιστημονική θεωρία της κβαντικής μηχανικής. Οι πολλαπλές πτυχές αυτής της αποτυχίας αναδείχθηκαν μέσα από το συνολικό φιλοσοφικό έργο του Putnam καθώς εξετάσαμε τους λόγους για τους οποίους δεν μπορεί η *κβαντική λογική* να συνδυαστεί με την μηχανιστική αντίληψη της αιτιότητας. Προκειμένου να υπάρξει συμφιλίωση ανάμεσα στην ρεαλιστική θεώρηση και την κβαντική λογική, επιβάλλεται μια «ορθότερη» ανάγνωση της επιστημολογικής θέσης που υποδηλώνει η αρχή της «*συμπληρωματικότητας*» του Bohr. Η πεποίθηση αυτή ενισχύθηκε και από την φορμαλιστική υπόδειξη για έρευνα στα *τοπικά φυσικά πλαίσια αναφοράς*. Μια υπόδειξη που έγινε εντελώς ανεξάρτητα από το πεδίο της κβαντικής θεωρίας, εξετάζοντας τις φορμαλιστικές δυσλειτουργίες που ανέδειξε η αξιωματικοποίηση της θεωρίας συνόλων ως το θεμέλιο όλων των μαθηματικών δομών της κλασικής φυσικής. Δυσλειτουργίες όμοιες με αυτές που παρουσιάστηκαν κατά την προσπάθεια αξιωματικοποίησης της ευκλείδειας γεωμετρίας και οι οποίες συνηγορούν προς την επιλογή να ερευνήσουμε τα τοπικά φυσικά πλαίσια όπως ακριβώς συνέβη και με την επιστημολογική αξία της *τοπικής ερμηνείας* της ευκλείδειας γεωμετρίας έναντι μη ευκλείδειων γεωμετρίων που ενδέχεται να επικρατούν στο γενικότερο χώρο. Παρέχεται λοιπόν η δυνατότητα να υιοθετηθεί μια παρόμοια διαλεκτική και ως προς την θεωρία συνόλων όντας αναγκαία – αλλά όχι ικανή - μαθηματική δομή για την περιγραφή του παραδοσιακού ρεαλισμού. Δεν είναι, λοιπόν, φορμαλιστικά άτοπο να ισχυριστούμε ότι εντός τοπικών φυσικών πλαισίων αναφοράς μπορεί να περιοριστεί η συνολοθεωρητική συμπεριφορά ήτοι η «κλασική» συμπεριφορά της μικροφυσικής πραγματικότητας, ενώ στο γενικότερο μικροφυσικό σύμπαν επικρατεί μια ασθενέστερη[128] αξιωματικά λογική, ήτοι η κβαντική λογική του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής.

Το πώς αναδύεται το γεγονός του ρεαλισμού στα τοπικά φυσικά πλαίσια αναφοράς μπορεί να εξηγηθεί μέσα από τον *επαναπροσδιορισμό* της ερμηνείας του καταστατικού διανύσματος του φορμαλισμού. Η καθιερωμένη ερμηνεία του καταστατικού διανύσματος του αποδίδει τον ρόλο του μέτρου πιθανότητας επί του συνόλου των υποχώρων-προτάσεων $|x\rangle$ του χώρου Hilbert του συστήματος όπως εξασφαλίζεται από τον κανόνα του Born $|\langle x|\varphi\rangle|^2$, ένα μέτρο πιθανότητας που δεν μπορεί να θεωρηθεί επιστημικό (θεώρημα Kochen-Specker) και γι' αυτό δεν αναφέρεται σε μια υποκείμενη καθορισιμότητα ιδιοτήτων. Αυτόν ακριβώς τον φορμαλιστικό ρόλο χρησιμοποιήσαμε για να καταστεί όμως μέτρο πιθανότητας επί ενός υποσυνόλου υποχώρων επί του οποίου είναι εφικτό να γίνουν αποδόσεις τιμών αλήθειας χωρίς να παραβιάζεται το θεώρημα Kochen-Specker. Τότε είναι εφικτό το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ να αποτελέσει ένα επιστημικό μέτρο πιθανότητας επί αυτού του υποσυνόλου υποχώρων. Ο ρόλος του δεν είναι εκείνος που καθορίζει

128 Δεν ισχύει ο επιμεριστικός νόμος.

ακριβώς ποια είναι η καθορισμένη ιδιότητα, αλλά εκείνος που καθορίζει *το είδος των ιδιοτήτων που εκδηλώνονται στην δεδομένη στιγμή* επί του οποίου μπορούμε να έχουμε μια επιστημική προσέγγιση συμβατή με μια υποκείμενη ρεαλιστική πραγματικότητα. Το πώς προσδιορίζεται αυτό το καθορισμένο υποσύνολο ιδιοτήτων, το *θεώρημα «μοναδικότητας»* (uniqueness theorem) των Bub και Clifton παρέχει τον τρόπο. Αρκεί το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ και οι ιδιοκαταστάσεις ενός *«προτιμητέου»* φυσικού μεγέθους R προκειμένου να δημιουργηθεί ένα υποπλέγμα υποχώρων στον χώρο Hilbert αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να υπάρξουν αρκετές διαφορετικές δυνατότητες απόδοσης αληθοτιμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κβαντικές πιθανότητες που ορίζονται σε αυτό το καθορισμένο υποπλέγμα να κατανοηθούν ως μέτρα της επιστημικής μας άγνοιας σχετικά με τις πραγματικές τιμές των φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με τις προτάσεις του υποπλέγματος. Αν και η επιλογή του «προτιμητέου» φυσικού μεγέθους R αφήνεται ελεύθερη, προκειμένου ωστόσο να αποφύγουμε την εισαγωγή επιπρόσθετου εννοιολογικού περιεχομένου, η πιο φυσική επιλογή είναι το εκάστοτε υπό μέτρηση μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο αναδεικνύεται η πλαισιοκρατική εξάρτηση της συμπεριφοράς του υπό εξέταση κβαντικού αντικειμένου από το τοπικό φυσικό πλαίσιο αναφοράς - που λειτουργεί ως πειραματική διάταξη – βάσει της οποίας το κβαντικό αντικείμενο διερευνάται.

Μέσα σε αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο οι αναγκαίες προκείμενες του ρεαλισμού, ύπαρξη και ανεξαρτησία, μπορούν να χαρακτηριστούν με έναν τρόπο που θα καθιστά βιώσιμη την ρεαλιστική θεώρηση και συμβατή με το καθιερωμένο πλαίσιο της κβαντικής μηχανικής. Η εξωτερική μικροφυσική πραγματικότητα νοείται ως *ανεξάρτητη* από οποιονδήποτε παρατηρητή χωρίς όμως να γίνεται αντιληπτή ως ύπαρξη προδεδομένη αλλά ως μια συνύπαρξη ενός συνόλου πολλαπλών δυνητικοτήτων, συλλαμβάνοντας έτσι τα κβαντικά αντικείμενα ως φορείς αντικειμενικών πλαισιοκρατικών ιδιοτήτων. Σε αυτό το εσώτερο πεδίο της πραγματικότητας οποιαδήποτε προσπάθεια οπτικοποίησης μέσω χωροχρονικών τροχιών είναι καταρχήν αδύνατη γι' αυτό και η φορμαλιστική αναπαράσταση της κατάστασης επικεντρώνεται στον αιτιοκρατικό έλεγχο των «δυνάμει» ιδιοτήτων που μπορεί να εκδηλώσει ένα αντικείμενο της μικροφυσικής πραγματικότητας. Για να συγκροτηθεί ένα καλώς-ορισμένο αντικείμενο από την «δυνάμει» φύση ενός κβαντικού αντικειμένου απαιτείται η παρουσία φυσικού συστήματος το οποίο θα αναλάβει τον ρόλο να παράσχει εκείνες τις αντικειμενικές συνθήκες μέσω των οποίων επιτυγχάνεται ο παραγωγικός καθορισμός των ιδιοτήτων που υποστασιοποιούν το μικροφυσικό αντικείμενο. Ένα τέτοιο φυσικό σύστημα νομιμοποιείται να αναλάβει αυτόν τον ρόλο, εάν και μόνο εάν δεν είναι ολικώς συσχετισμένο ή κβαντικώς συζευγμένο με το υπό εξέταση κβαντικό αντικείμενο. Το προκύπτον κβαντικό αντικείμενο που πραγματώνεται κατά αυτόν τον τρόπο *είναι* το κβαντικό αντικείμενο που εκδηλώνει μια καθέκαστη ιδιότητα σε σχέση με το συγκεκριμένο φυσικό σύστημα ή εναλλακτικά πειραματικό πλαίσιο. Ο πλαισιακός χαρακτήρας της απόδοσης καθορισμένων ιδιοτήτων δηλώνει ότι οι καταστατικές ιδιότητες ενός κβαντικού αντικειμένου δεν είναι καλώς ορισμένες ιδιότητες πριν την «είσοδο» του εντός ενός κατάλληλου φυσικού πλαισίου. Εκφράζει επιπλέον το

γεγονός ότι δεν μπορούν όλες οι *πλαισιακώς καθορισμένες ιδιότητες* του κβαντικού αντικειμένου να αποδοθούν σε αυτό ταυτόχρονα. Το ίδιο κβαντικό αντικείμενο επιδεικνύει διαφορετικές καθορισμένες ιδιότητες σε σχέση με τα διαφορετικά φυσικά συστήματα ή πειραματικά πλαίσια βάσει των οποίων διερευνάται. Το ποιες θα είναι αυτές είναι αποτέλεσμα συνκαθορισμού από το καταστατικό διάνυσμα $|\varphi\rangle$ στον χώρο Hilbert του κβαντικού αντικειμένου και των αντικειμενικών συνθηκών R που παρέχει το εκάστοτε κατάλληλο φυσικό πλαίσιο.

Η ανωτέρω ρεαλιστική θεώρηση για το μικροφυσικό υπόβαθρο της πραγματικότητας έχει ως αποτέλεσμα την αναγκαία αναθεώρηση του κλασικού αντιστοιχιστικού σχήματος ως προς την έννοια της αλήθειας. Η γεγονοτική δομή των αληθοποιητών των προτάσεων μας θα πρέπει να εμπλουτιστεί *με τις συνθήκες της ύπαρξης και της μη-ύπαρξης που εξηγούν ένα γεγονός*. Το συγκεκριμένο αντιστοιχιστικό σχήμα αλήθειας δεν θα αφορά απλώς ένα μικροφυσικό σύστημα αλλά και οποιοδήποτε μακροσκοπικό σύστημα για το οποίο οι περιστάσεις είναι σημαντικές για την απόφανση της αλήθειας μιας πρότασης που το αφορά. Σε οποιαδήποτε άλλη φυσική κατάσταση για την οποία οι περιστάσεις δεν διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, το κλασικό αντιστοιχιστικό σχήμα αλήθειας είναι επαρκές και μπορεί να θεωρηθεί ως οριακή περίπτωση του γενικότερου πλαισιακού αντιστοιχιστικού σχήματος αλήθειας.

Βιβλιογραφία

[1]. Aitchison, I. and Hey, A. (2012). *Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction, Volume 1: From Relativistic Quantum Mechanics to QED.* 4th ed. CRC Press.

[2]. Appiah, A. (1984). An Argument Against Anti-realist Semantics. *Mind*, XCIII(372), pp. 559-565.

[3]. Ariew, R., Chene, D., Jesseph, D., Schmaltz, T. and Verbeek, T. (2010). *The A to Z of Descartes and Cartesian Philosophy*. Lanham: Scarecrow Press.

[4]. Armstrong, D. M. (1997). *A World of States of Affairs.* Cambridge: Cambridge University Press.

[5]. Arsenijević, M. (2012). The Philosophical Impact of the Löwenheim-Skolem Theorem. In M. Trobok et al. (eds.), *Between Logic and Reality: Modeling Inference, Action and Understanding Volume 25 of Logic, Epistemology, and the Unity of Science.* Springer, pp. 59-81.

[6]. Aspect, A., Grangier, P. and Roger, G. (1981). Experimental Tests of Realistic Local Theories via Bell's Theorem. *Phys. Rev. Lett.* 47(7), pp. 460–463.

[7]. Aspect, A., Dalibard, J., Roger, G. (1982). Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers. *Phys. Rev. Lett.* 49(25), pp. 1804–1807.

[8]. Audi, R. (ed.)(2011). *Το Φιλοσοφικό Λεξικό του Cambridge*, Στ. Βιρβιδάκης & Γ. Ξηροπαϊδης (επιμ. ελληνικής έκδ.). Αθήνα: Κέδρος.

[9]. Augenstein, B. (1996). Links Between Physics and Set Theory. *Chaos Solitons & Fractals,* 7(11), pp. 1761-1798.

[10]. Austin, J. L. (1950/1979). Truth. In Urmson, J. O., Warnock, G. J. (eds.), *Philosophical Papers, Third Edition*. Oxford: Oxford University Press, pp. 117-133.

[11]. Ayer, A.J. (1936/1952). *Language, Truth and Logic.* New York: Dover Publications.

[12]. Bacciagaluppi, G. (1993). Critique of Putnam's Quantum Logic. *International Journal of Theoretical Physics*, 32(10), pp. 1835-1846.

[13]. Baghramian, M. (2008). From Realism Back to Realism. *Philosophical Topics*, 36(1), pp. 17-35.

[14]. Beaney, M. (1997). *The Frege Reader.* Oxford: Blackwell 1997.

[15]. Bell, J. (1964). On the Einstein Podolsky Rosen Paradox. *Physics* 1(3), pp. 195-200.

[16]. Bell, J. and Hallett, M. (1982). Logic, Quantum Logic and Empiricism. *Philosophy of Science,* 49(3), pp. 355-379.

[17]. Bell, J. (1986). From Absolute to Local Mathematics. *Synthese,* 69(3), pp. 409-426.

[18]. Ben-Menahem, Y. (1997). Dummett vs. Bell on Quantum Mechanics. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 28(2), pp. 277-290.

[19]. Béziau, J.Y. (2010). Logic is not Logic. *Abstracta,* 6(1), pp. 73 – 102.

[20]. Birkhoff, G. and Neumann, J. (1936). The Logic of Quantum Mechanics. *The Annals of Mathematics*, 37(4), pp. 823-843.

[21]. Bohm, D. (1952). A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. I&II. *Physical Review*, 85(2), pp. 166-193.

[22]. Bohr, N. (1934). *Atomic Theory and the Description of Nature: Four Essays With an Introductory Survey.* New York: The Macmillan Company.

[23]. Bohr, N. (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?. *Physical Review*, 48(8), pp. 696–702.

[24]. Bohr, N. (1937). Causality and Complementarity. *Philosophy of Science*, 4(3), pp. 289-298.

[25]. Bohr, N. (1949). Discussion with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics. In P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist (third edition)*. La Salle, Illinois: Open Court, pp. 199-241.

[26]. Bolles, E. (2004). *Einstein Defiant*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.

[27]. Bonevac D. and Dever J. (2012). A History of the Connectives. In Gabbay D. M., Pelletier F. J., Woods J. (eds), *Logic: A History of its Central Concepts, Handbook of the History of Logic Volume XI.* Amsterdam: Elsevier North Holland, pp. 175-234.

[28]. Boole, *G.* (1847). *The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning.* Cambridge: Macmillan, Barclay and Macmillan.

[29]. Boole, G. (1854). *An Investigation of The Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities.* London: Walton and Maberly.

[30]. Born, M. (1926). Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge. *Zeitschrift für Physik*, 37(12), pp. 863-67.

[31]. Born, M. (1953). The Interpretation of Quantum Mechanics. *The British Journal for the Philosophy of Science.* 4(14), pp. 95-106.

[32]. Born, M. (1971). *The Born-Einstein Letters.* Macmillan Press.

[33]. Braver, L. (2007). *A Thing of This World*. Evanston, Ill.: Northwestern University Press.

[34]. Bub, J. (1992). Quantum Logical Solution to the Measurement Problem of Quantum Mechanics. *International Journal of Theoretical Physics*, 31(10), pp. 1857-1871.

[35]. Bub, J. (1995). Maximal Structures of Determinate Propositions in Quantum Mechanics. *International Journal of Theoretical Physics*, 34(8), pp. 1255-1264.

[36]. Bub, J. (1996). Complementarity and the Orthodox (Dirac-Von Neumann) Interpretation of Quantum Mechanics. In Clifton, R. (ed.), *Perspectives on Quantum Reality.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 211-226.

[37]. Bub, J. (2013). Quantum Correlations and the Measurement Problem. *International Journal of Theoretical Physics*, 53(10), pp. 3346-3369.

[38]. Bub, J. and Clifton, R. (1996). A Uniqueness Theorem for 'No Collapse' Interpretations of Quantum Mechanics. *Studies in History and Philosophy of*

Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, 27(2), pp. 181-219.

[39]. Burris, S. (2010). *''George Boole''*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2010 Edition), Edward N. Zalta (ed.), http://plato.stanford.edu/archives/sum2010/entries/boole/

[40]. Buss, Samuel R. (1995). On Herbrand's Theorem. In Maurice, D., Leivant, R., (eds), *Logic and Computational Complexity, Lecture Notes in Computer Science, Berlin.* New York: Springer – Verlag, pp. 195–209.

[41]. Carnap, R. (1950/1991). Empiricism, Semantics, and Ontology. In Boyd, R., Gasper, P. and Trout J. D. , (eds), *The Philosophy of Science.* Massachusetts: MIT press, pp. 85-98.

[42]. Casado, C., M, M. (2008). A Brief History of the Mathematical Equivalence Between the Two Quantum Mechanics. *Latin American Journal of Physics Education,* 2(2), pp. 104–108.

[43]. Case, J. (1997). On the Right Idea of a Conceptual Scheme. *Southern Journal of Philosophy* 35(1), pp. 1-18.

[44]. Church, A. (1936). A Note on the Entscheidungsproblem. *Journal of Symbolic Logic*, 1(01), pp. 40–41.

[45]. Clark, P., and Hale, B. (eds.) (1994). *Reading Putnam.* Oxford: Blackwell.

[46]. Coecke, B. (2012). *The Logic of Quantum Mechanics – take II.* ArXiv:1204.3458.

[47]. Cohen, J. P. (1963). The Independence of the Continuum Hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 50(6), pp. 1143–1148.

[48]. Cornford, F. M. (1935). *Plato's Theory of Knowledge, The Theaetetus and the Sophist of Plato*. New York: Harcourt, Brace and Company.

[49]. Copi I. M., Cohen C. and McMahon K. D. (2011). *Introduction to Logic.* 14th ed. Pearson Education.

[50]. Crivelli, P. (2004). *Aristotle on Truth*. Cambridge: Cambridge University Press.

[51]. Dalla Chiara, M. L. and Toraldo di Francia, G. (1993). Individuals, Kinds and Names in Physics. In Corsi G., et al. (eds), *Bridging the Gap: Philosophy, Mathematics, Physics.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 261-283.

[52]. David, M. (2013). "*The Correspondence Theory of Truth*", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2013 Edition), Edward N. Zalta (ed.), http://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/truth-correspondence/.

[53]. Davidson, D. (1969). True to the Facts. *The Journal of Philosophy*, 66(21), pp. 748-764.

[54]. Declerck, G. and Gapenne, O. (2009). Actuality and Possibility: On the Complementarity of Two Registers in the Bodily Constitution of Experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8(3), pp. 285-305.

[55]. Devitt, M. (1983). Dummett's Anti-realism. *The Journal of Philosophy*, 80(2), pp. 73-99.

[56]. Devitt, M. (2012). Hilary and Me: Tracking Down Putnam of the Realism Issue. In Baghramian, M. (ed.), *Permutations: Essays on Hilary Putnam.* Abingdon:

Routledge, pp. 101-120.

[57]. Δημητρακόπουλος, Κ. (2009). Η Αριστοτέλεια Συλλογιστική. *Στιγμές και Διάρκειες*, Δ. Αναπολιτάνος (επιμ.), Νεφέλη, 101-118.

[58]. Dieks, D. (2007). Probability in Modal Interpretations of Quantum Mechanics. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 38(2), pp. 292-310.

[59]. Dirac, P. A. M. (1930/1958). *The Principles of Quantum Mechanics*. 4th ed. Oxford: Claredon Press.

[60]. Dummett, M. (1973). *Frege's Philosophy of Language.* Harper & Row Publishers.

[61]. Dummett, M. (1976). What is a Theory of Meaning? (II). In Evans, G., and Mc Dowell, J., (eds), *Truth and Meaning*. Oxford: Clarendon Press.

[62]. Dummett, M. (1978). *Truth and Other Enigmas.* Cambridge: Harvard University Press.

[63]. Dummett, M. (1981). *The Interpretation of Frege's Philosophy.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

[64]. Dummett, M. (1991). *The Logical Basis of Metaphysics.* Cambridge and Massachusetts: Harvard University Press.

[65]. Dummett, M. (1992). The Metaphysics of Verificationism. In Hahn L. E. (eds), *The Philosophy of A. J. Ayer, Library of Living Philosophers*. La Salle, IL: Open Court, pp. 128—148.

[66]. Dummett, M. (1993α). *The Seas of Language.* Oxford: Oxford University Press.

[67]. Dummett, M. (1993β). *The Origins of Analytical Philosophy.* Cambridge Massachusetts: Harvard University Press.

[68]. Dummett, M. (1995). Bivalence and Vagueness. *Theoria*, 61(3), pp. 201–216.

[69]. Dummett, M. (2004). *Truth and the Past.* New York: Columbia University Press.

[70]. Dummett, M. (2005). The Justificationist's Response to a Realist. *Mind*, 114(455), pp. 671-688.

[71]. Dummett, M. (2006). *Thought and Reality.* Oxford: Oxford University Press.

[72]. Dummett, M. (2010). *The Nature and Future of Philosophy.* New York: Columbia University Press.

[73]. Einstein, A. (1905). Über die von der Molekularkinetischen Theorie der Wärme Geforderte Bewegung von in Ruhenden Flüssigkeiten Suspendierten Teilchen. *Annalen der Physik* (in German), 322(8), pp. 549–560.

[74]. Einstein, A. (1916). Strahlungs-Emission und - Absorption nach der Quantentheorie. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, 18, pp. 318–323.

[75]. Einstein, A., Podolsky B. and Rosen N. (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?. *Physical Review* 47(10), pp. 777-780.

[76]. Engel, P. (2000). *Η Αλήθεια: Στοχασμοί πάνω σε Μερικές Προφανείς Αλήθειες*. Μετάφραση Σ. Βιρβιδάκης. Αθήνα: Scripta.

[77]. Englebretsen, G. (2006). *Bare Facts and Naked Truths*. Aldershot, England: Ashgate

Pub. Ltd.

[78]. Espagnat, B. De. (2011). Quantum Physics and Reality. *Foundations of Physics*, 41(11), pp. 1703-1716.

[79]. Faye, J. (2007/2010). Niels Bohr and the Vienna Circle. In Manninen, J. and Stadler, F., (eds) *The Vienna Circle in the Nordic Countries*. Springer Verlag, pp. 33-45.

[80]. Feldman, R. (1999). Contextualism and Skepticism. In Tomberlin, J., (ed.) *Philosophical Perspectives*. Atascadero. CA: Ridgeview, pp. 91-114.

[81]. Fisher, J. (2008). *On the Philosophy of Logic*. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth.

[82]. Folse, H. J. (1986). Niels Bohr, Complementarity, and Realism. In Fine, A. and Machamer, P., (eds) *PSA 1986, Vol. 1.* East Lansing: Philosophy of Science Association, pp. 96-104.

[83]. Fourier, C. (2007). *Selections from the Works of Fourier*. Montana: Kessinger.

[84]. Freedman, S. J. and Clauser, J. F. (1972). Experimental Test of Local Hidden-Variable Theories. *Physical Review Letters,* 28(14), pp. 938-941.

[85]. Frege, G. (1879). *Begriffsschrift: eine der Arithmetischen Nachgebildete Formelsprache des Reinen Denkens*. Halle: L. Nebert.

[86]. Frege, G. (1884). *Grundlagen der Arithmetik. Eine Logisch-mathematische Untersuchung Über den Begriff der Zahl.* Breslau: W. Koebner.

[87]. French, S. and Krause, D. (2006). *Identity in Physics*. Oxford: Clarendon Press.

[88]. Friedman, M. and Putnam, H. (1978). Quantum Logic, Conditional Probability, and Interference. *Dialectica*, 32(3-4), pp. 305–315.

[89]. Gardner, M. (1971). Is Quantum Logic Really Logic?. *Philosophy of Science*, 38(4), pp. 508-529.

[90]. Gibbins, P. (1981). Putnam on the Two-Slit Experiment. *Erkenntnis*, 16(2), pp. 235-241.

[91]. Gibbins, P. (1987). *Particles and Paradoxes, The Limits of Quantum Logic*. Cambridge: Cambridge University Press.

[92]. Glanzberg, M. (2014). "*Truth*", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/truth/.

[93]. Gleason, A. M. (1957). Measures on the Closed Subspaces of a Hilbert Space. *Indiana University Mathematics Journal*, 6(4), pp. 885-893.

[94]. Gödel, K. (1931). Über Formal Unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und Verwandter Systeme, I. *Monatshefte für Mathematik und Physik 38,* pp. 173-98.

[95]. Gomatam, R. (2007). Niels Bohr's Interpretation and the Copenhagen Interpretation – Are the Two Incompatible?. *In Philosophy of Science*, 74(5), pp. 736-748.

[96]. Goodman, N. (1978). *Ways of Worldmaking.* Indianapolis: Hackett.

[97]. Grometstein, A. (1999). *The Roots of Things*. New York: Kluwer.

[98]. Hahn, H. (1959). Logic, Mathematics, and Knowledge of Nature. In A. J. Ayer

(ed.), *Logical positivism. New* York: The Free Press, pp. 147-161.

[99]. Hale B. and Wright C. (eds) (1997). *Blackwell Companions to Philosophy, A Companion to the Philosophy of Language.* Oxford: Blackwell Publishers Ltd.

[100]. Hansen, K. B. (2011). Formal Logic, Models, Reality. In Sliwinski, R. and Svensson, F. (eds), *Neither/Nor, 58*. Uppsala: Uppsala Philosophical Studies.

[101]. Heisenberg, W. (1927). Uber den Anschaulichen Inhalt der Quantentheoretischen Kinematik und Mechanic. *Zeitschrift fur Physik*, 43(3-4), pp. 172-198.

[102]. Heisenberg, W. (1950). *The Physical Principles of the Quantum Theory*. New York: Dover Publications.

[103]. Heisenberg, W. (1958). *Physics and Philosophy*. New York: Harper.

[104]. Heisenberg, W. (1963). *Interview Conducted by T. S. Kuhn*. Munich: 25 Feb., 1963. Archive for the History of Quantum Physics. Tape 53a.

[105]. Helfer, M. (2000). *Rereading Romanticism*. Amsterdam: Rodopi.

[106]. Hellman, G. (1980). Quantum Logic and Meaning. *Philosophy of Science Association (of America),* 2, pp. 493-511.

[107]. Herbrand J. (1930). Recherches sur la Theorie de la Demonstration. *Travaux de la Societe des Sciences et des Lettres de Varsovie, Class III, Sciences Mathematiques et Physiques*, 33, pp. 33-160.

[108]. Hey, A. and Walters, P. (2003). *The New Quantum Universe*. Cambridge University Press.

[109]. Hilbert D. and Ackermann W. (1928). *Grundzüge der Theoretischen Logik*. Berlin: J. Springer.

[110]. Hinzen, W. (1997). Ways From Meaning to Metaphysics – A Critical Study of Dummett's 'The Logical Basis of Metaphysics'. *Kriterion*, 11, pp. 16-25.

[111]. Horwich, P. (1998). *Truth*. Oxford: Clarendon Press.

[112]. Howard, D. (2004). Who Invented the 'Copenhagen Interpretation'? A Study in Mythology. *Philosophy of Science*, 71(5), pp. 669-682.

[113]. Hughes, R. I. G. (1997). *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*. 4th printing. USA: Harvard University Press.

[114]. Hulswit, M. (2002). *From Cause to Causation. A Peircean Perspective.* Dordrecht: Kluwer Publishers.

[115]. Jammer, M. (1966). *The Conceptual Development of Quantum Mechanics.* New York: McGraw Hill.

[116]. Jammer, M. (1974). *The Philosophy of Quantum Mechanics.* New York: Wiley & Sons.

[117]. Jansen, F. K. (2008). Partial Isomorphism of Superposition in Potentiality Systems of Consciousness and Quantum Mechanics. *NeuroQuantology*, 6(3), pp. 278-288.

[118]. Jones R. (1997). Causal Anomalies and the Completeness of Quantum Theory. *Synthese,* 35(1), pp. 41-78.

[119]. Kahn, C. H. (1969). The Thesis of Parmenides. *Review of Metaphysics* 22(4), pp. 700-724.

[120]. Καρακώστας, Β. (2000). «Επί του Προβλήματος της Κβαντικής Μέτρησης:

Πραγματικότητα, Αντικειμενικότητα και Πιθανοκρατία στη Σύγχρονη Φυσική». *Νεύσις 9*, 95-115.

[121]. Karakostas, V. (2004). Forms of Quantum Nonseparability and Related Philosophical Consequences. *Journal for General Philosophy of Sciences,* 35, pp. 283-312.

[122]. Καρακώστας, Β. (2005). «Περί της Φύσεως και Ερμηνείας της Κβαντικής Πραγματικότητας: Το Πρότυπο του Ενεργού Επιστημονικού Ρεαλισμού». *Νεύσις 14*, 48-77.

[123]. Karakostas, V. (2007). Nonseparability, Potentiality and the Context-Dependence of Quantum Objects. *Journal for General Philosophy of Science,* 38, pp. 279-297.

[124]. Karakostas, V. (2009). Humean Supervenience in the Light of Contemporary Science. *Metaphysica,* 10, pp. 1-26.

[125]. Καρακώστας, Β. (2011). «Αντικειμενικότητα και Σύγχρονη Φυσική: Από τη Μεταφυσική της Υπόστασης στη Μεταφυσική των Σχέσεων», *Οι Ανθρωπιστικές και Κοινωνικές Επιστήμες στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, Γ. Μηλιός & Κ. Θεολόγου (επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ, σσ. 81-94.

[126]. Karakostas, V. (2012). Realism and Objectivism in Quantum Mechanics. *Journal for General Philosophy of Science* ,43, pp. 45-65.

[127]. Karakostas, V. (2014). Correspondence Truth and Quantum Mechanics. *Axiomathes*, 24(2), pp. 343-358.

[128]. Karakostas, V. and Zafiris, E. (2015). Contextual Semantics in Quantum Mechanics from a Categorical Point of View. Υπό δημοσίευση, *Synthese* (32 pp.), DOI 10.1007/s11229-015-0970-3.

[129]. Keskinen, A. (2007). The Contextuality of Linguistic Meaning. *Graduate seminar in philosophy*, Finland: University of Tampere, April 17.

[130]. Κιντή, Β. (2001). Σχετικισμός: Παρανοήσεις και Προβλήματα. *Ισοπολιτεία*, V(2), σσ. 161-182.

[131]. Kirkham, R. L. (1992). *Theories of Truth: A Critical Introduction.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

[132]. Kline, M. (1972). *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times. Volume 1*. New York: Oxford University Press.

[133]. Kochen, S. and Specker, E.P. (1967). The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics. *Indiana University Mathematics Journal,* 17(1), pp. 59–87.

[134]. Kumar, M. (2008). *Quantum: Einstein, Bohr and the Great Debate About the Nature of Reality*. Icon Books.

[135]. Landry, E. (2001). Logicism, Structuralism and Objectivity. *Topoi*, 20(1), pp. 79-95.

[136]. Lenzen, W. (2004). Leibniz's Logic. In Gabbay, D., and Woods, J. (eds), *Handbook of the History of Logic, Vol. 3: The Rise of Modern Logic from Leibniz to Frege*. North-Holland, pp. 1-84.

[137]. Lewis, D. (1986). *Philosophical Papers: Volume II*. New York: Oxford University Press.

[138]. Liddell, H. and Scott, R. (2007). *Liddell and Scott's Greek-English Lexicon, Abridged*. Simon Wallenberg Press.

[139]. Longo, G. (2003). The Constructed Objectivity of Mathematics and the Cognitive Subject. In Mugur-Schächter, M. and Van der Merwe, A. (eds), *Quantum Mechanics, Mathematics, Cognition and Action: Proposals for a Formalized Epistemology.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 433-462.

[140]. Löwenheim, L. (1915). Über Möglichkeiten in Relativkalkül. *Mathematische Annalen*, 76(4), pp. 447-470.

[141]. Mackie, J. L. (1977). *Ethics: Inventing Right and Wrong.* New York: Viking Press.

[142]. Maddy, P. (2011). *Defending the Axioms: On the Philosophical Foundations of Set Theory*. Oxford: Oxford University Press.

[143]. Marciszewski, W. (ed.)(1981). *Dictionary of Logic as Applied in the Study of Language. Concepts, Methods, Theories*. The Hague: Nijhoff.

[144]. Maudlin, T. (2005). The Tale of Quantum Logic. In Ben-Menahem, Y. (ed.), *Hilary Putnam.* Cambridge: Cambridge University Press, pp. 156-187.

[145]. Maxwell, J.C. (1860a). Illustrations of the Dynamical Theory of Gases. Part I. On the Motions and Collisions of Perfectly Elastic Spheres. *Philosophical Magazine*, 19(124), pp. 19-32.

[146]. Maxwell, J.C. (1860b). Illustrations of the Dynamical Theory of Gases. Part II. On the Process of Diffusion of Two or More Kinds of Moving Particles Among One Another. *Philosophical Magazine*, 20(130), pp. 21-37.

[147]. Maxwell, J. C. (1873). *A Treatise on Electricity and Magnetism Vol I & II*. Oxford: Clarendon Press.

[148]. May, R. (1977/1990). *The Grammar of Quantification.* New York and London: Garland.

[149]. McDowell, J. H. (1998). *Meaning, Knowledge, and Reality.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

[150]. McGinn, C. (2002). *Knowledge and Reality: Selected Essays*. Oxford: Clarendon Press.

[151]. Merli, P. G., Missiroli, G. F., and Pozzi, G. (1974). Electron Interferometry with the Elmiskop 101 Electron Microscope. *Journal of Physics E: Scientic Instruments*, 7(9), pp. 729-732.

[152]. Merli, P. G., Missiroli, G. F., and Pozzi, G. (1976). On the Statistical Aspect of Electron Interference Phenomena. *American Journal of Physics*, 44(3), pp. 306-307.

[153]. Mermin, N. D. (1990). Simple Unified Form for the Major No-Hidden-Variables Theorems. *Physical Review Letters*, 65(27), pp. 3373-3376.

[154]. Michelsen, E. (2014). *Quirky Quantum Concepts*. New York: Springer.

[155]. Miller, A. (2003). The Significance of Semantic Realism. *Synthese,* 136(2), pp. 191-217.

[156]. Miller, A. (2012). "*Realism*", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2012 Edition), Edward N. Zalta(ed.), http://plato.stanford.edu/entries/realism/ .

[157]. Μοσχοβάκης, Γ. Ν. (1993). *Σημειώσεις στη Συνολοθεωρία*. Αθήνα: Εκδόσεις Νεφέλη.

[158]. Μπαμπινιώτης, Γ. (2010). *Ετυμολογικό Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας. Ιστορία των λέξεων*. Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας.

[159]. Nolte, D. D. (2010). The Tangled Tale of Phase Space. *Physics Today,* 63 (4), pp. 33–31.

[160]. Norris C. (2001). Putnam on Realism, Reference and Truth: The Problem with Quantum Mechanics. *International Studies in the Philosophy of Science,* 15(1), pp. 65-91.

[161]. O' Regan, G. (2013). *Giants of Computing: A Compendium of Select, Pivotal Pioneers.* London: Springer-Verlag.

[162]. Passmore, J. (1967). Logical Positivism. In Edwards, P. (ed.), *The Encyclopedia of Philosophy (Vol. 5)*. New York: Macmillan, pp. 52-57.

[163]. Passmore, J. (1988). *Recent Philosophers: A Supplement to A Hundred Years of Philosophy.* London: Duckworth.

[164]. Pataut, F. (1996). An Anti-Realist Perspective on Language, Thought, Logic and the History of Analytic Philosophy: An Interview with Michael Dummett. *Philosophical Investigations*, 19(1), pp. 1–33.

[165]. Pavicic, M. and Megill, N. D. (2008). Is Quantum Logic a Logic? In Engesser, K., Gabbay, D. and Lehmann, D. (eds), *Handbook of Quantum Logic and Quantum Structures: Quantum Logic*. Amsterdam: Elsevier, pp. 23-47.

[166]. Pendlebury, M. (2010). Facts and Truth-making. *Topoi*, 29(2), pp. 137-145.

[167]. Perrin, J. (1910). *Brownian Movement and Molecular Reality*. (F. Soddy, Trans.). London: Taylor and Francis.

[168]. Petersen, A. (1963). The Philosophy of Niels Bohr*. Bulletin of the Atomic Scientists*, 19(7), pp. 8–14.

[169]. Plotnitsky, A. (2006). *Reading Bohr: Physics and Philosophy*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.

[170]. Poincaré, H. (1902). *La Science et L'Hypothèse*. Paris: Flammarion.

[171]. Poirier, B. (2014). *A Conceptual Guide to Thermodynamics*. Hoboken: Wiley.

[172]. Popkin, R. (1991). Σκεπτικισμός στη Νεώτερη Φιλοσοφία. *Ελληνική Φιλοσοφική Επιθεώρηση*, 8, σσ. 293-299.

[173]. Psillos, S. (1999). *Scientific Realism: How Science Tracks the Truth*. London: Routledge.

[174]. Ψύλλος, Σ. (2008). *Επιστήμη & Αλήθεια, Δοκίμια στη Φιλοσοφία της Επιστήμης*. Αθήνα: Εκδόσεις Οκτώ.

[175]. Psillos, S. (2011). Moving Molecules Above the Scientific Horizon: On Perrin's Case for Realism. *Journal for General Philosophy of Science*, 42(2), pp. 339-363.

[176]. Pulmannová, S. (2003). Tensor Products of Quantum Structures and Their Applications in Quantum Measurements. *International Journal of Theoretical Physics*, 42(5), pp. 907-919.

[177]. Putnam, H. (1957). Three-Valued Logic. *Philosophical Studies,* 8(5), pp. 73-80; reprinted in Putnam 1975a, pp. 166-173.

[178]. Putnam, H. (1968). Is Logic Empirical? In Cohen, R. and Wartofsky, M. (eds), *Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 5.* Dordrecht: D. Reidel. Reprinted as "The Logic of Quantum Mechanics" in Putnam 1975a, pp. 174-187.

[179]. Putnam, H. (1974). How to Think Quantum-Logically. *Synthese,* 29(1-4), pp. 55-61.

[180]. Putnam, H. (1975a). *Mathematics Matter and Method: Philosophical Papers, Volume 1*. Cambridge: Cambridge University Press.

[181]. Putnam, H. (1975b). *Mind, Language and Reality. Philosophical Papers, vol. 2*. Cambridge: Cambridge University Press.

[182]. Putnam, H. (1977). Models and Reality. In Putnam 1983, pp. 1-25.

[183]. Putnam, H. (1978). *Meaning and the Moral Sciences*. London: Routledge and Kegan Paul.

[184]. Putnam, H. (1981a). *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press.

[185]. Putnam, H. (1981b). Quantum Mechanics and the Observer. *Erkenntniss,* 16(2), σσ. 193-219. Reprinted in (Putnam 1983), pp. 248-270.

[186]. Putnam, H. (1982). Three Kinds of Scientific Realism. *The Philosophical Quarterly,* 32(128), pp. 195-200.

[187]. Putnam, H. (1983). *Philosophical Papers, Vol. 3: Realism and Reason.* Cambridge: Cambridge University Press.

[188]. Putnam, H. (1988). *Representation and Reality*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

[189]. Putnam, H. (1991). Replies and Comments. *Erkenntnis,* 34(3), pp. 401-424.

[190]. Putnam, H. (1992). Truth, Activation Vectors and Possession Conditions for Concepts. *Philosophy and Phenomenological Research*, 52(2), pp. 431-447.

[191]. Putnam, H. (1993). Realism without Absolutes. *International Journal of Philosophical Studies,* 1(2), pp. 179-192.

[192]. Putnam, H. (1994). *Words and Life.* Cambridge: Harvard University Press.

[193]. Putnam, H. (1995). *Pragmatism: An Open Question*. Oxford: Blackwell Publishers.

[194]. Putnam, H. (1999). *The Threefold Cord.* New York: Columbia University Press.

[195]. Putnam, H. (2004). *Ethics without Ontology*. Cambridge: Harvard University

Press.

[196]. Putnam, H., De Caro, M. and Macarthur, D. (2012). *Philosophy in an Age of Science.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

[197]. Pykacz, J. and Santos, E. (1995). Bell-Type Inequalities on Tensor Products of Quantum Logics. *Foundations of Physics Letters*, 8(3), pp. 205-212.

[198]. Quine, W. (1951). Two Dogmas of Empiricism. *The Philosophical Review,* 60(1), pp. 20-43; reprinted in Quine 1953, pp. 20-46.

[199]. Quine, W. (1953). *From a Logical Point of View*. New York: Harper Torchbooks.

[200]. Rédei, M. and Stöltzner, M. (eds.)(2001). *John von Neumann and the Foundation of Quantum Physics, Vol. 8*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

[201]. Rédei, M. (2007). The Birth of Quantum Logic. *History and Philosophy of Logic*, 28(2), pp. 107-122.

[202]. Reichenbach, H. (1944). *Philosophical Foundations of Quantum Mechanics.* Berkeley: University of California Press.

[203]. Ring, E. and Phillips, B. (1984). *Recent Advances in Medical Thermology*. New York: Plenum Press.

[204]. Rinner, S. and Werner, E. (2008). On the Role of Entanglement in Schrödinger's Cat Paradox. *Central European Journal of Physics*, 6(1), pp. 178-183.

[205]. Russell, B. (1918). The Philosophy of Logical Atomism. *Monist*, 28(4), pp. 495-527.

[206]. Schrödinger, E. (1935a). Die Gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. *Die Naturwissenschaften,* 23, pp. 807-812, 823-828, 844-849. Translated into English in: Wheeler, J. A. and Zurek, W. H. (eds) (1983). *Quantum Theory and Measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press, pp. 152-167.

[207]. Schrödinger, E. (1935b). Discussion of Probability Relations Between Separated Systems. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 31(4), pp. 555–563.

[208]. Schumacher, B. and Westmoreland, M. (2010). *Quantum Processes, Systems, and Information*. New York: Cambridge University Press.

[209]. Semin, G. R. and Fiedler, K. (1988). The Cognitive Functions of Linguistic Categories in Describing Persons: Social Cognition and Language. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(4), pp. 558-568.

[210]. Skolem, T. (1922). Some Remarks on Axiomatized Set Theory. Reprinted in van Heijenoort 1967, pp. 290–301.

[211]. Smets, S. (2010). Logic and Quantum Physics. *Journal of the Indian Council of Philosophical Research Special Issue*, XXVII(2), pp. 203-227.

[212]. Stace, W.T. (1935). Metaphysics and Meaning. *Mind*, 44(176), pp. 417-436.

[213]. Stachel, J. (1986). Do Quanta Need a New Logic? In Colodny R., G. (ed.), *From Quarks to Quasars: Philosophical Problems of Modern Physics*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 229-347.

[214]. Stillwell, J. (2010). *Mathematics and Its History*. New York: Springer.

[215]. Stone, M. H. (1936). The Theory of Representations of Boolean Algebras. *Transactions of the American Mathematical Society,* 40(1), pp. 37-111.

[216]. Stoutland, F. (2002). Putnam on Truth. In Gustafsson, M. and Hertzberg, L. (eds), *The Practice of Language.* Netherlands: Springer, pp. 147-176.

[217]. Tarski, A. (1931). Sur les Ensembles Définissables de Nombres Réels, I. *Fundamenta Mathematicae,* 17(1), pp. 210-239.

[218]. Tarski, A. (1933). *Projecie Prawdy w Jezykach Nauk Dedukcyjnych* (The concept of truth in the languages of deductive sciences), Warsaw. Expanded English translation in Tarski 1983, pp. 152-278.

[219]. Tarski, A. (1935). Foundations of the Calculus of Systems. In Tarski, A., 1983, pp. 342–383

[220]. Tarski, A. (1936/1983). The Concept of Truth in Formalized Languages. In Corcoran, J. (ed.), *Logic, Semantics, Metamathematics: Papers by Alfred Tarski from 1922–1938*. Indianapolis: Hackett, pp. 152–278.

[221]. Tarski, A. (1944). The Semantic Conception of Truth. *Philosophy and Phenomenological Research*, 4(3), pp. 341-376.

[222]. Tarski, A. (1983). *Logic, Semantics, Metamathematics, Papers from 1923 to 1938, ed. John Corcoran*. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

[223]. Taylor, B. (1987). *Michael Dummett: Contributions to Philosophy*. Dordrecht: M. Nijhoff.

[224]. Τραχανάς, Σ. (2009). *Κβαντομηχανική ΙΙ, Θεμελιώδεις Αρχές και Μέθοδοι· Κβαντικοί Υπολογιστές.* Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

[225]. Tsvelik, A. (2007). *Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.

[226]. Van Fraassen, B. (1974). The Labyrinth of Quantum Logics. In Cohen, R., et al. (eds), *Logical and Epistemological Studies in Contemporary Physics.* Dordrecht: D. Reidel, pp. 224-254.

[227]. Van Heijenoort, J. (ed.)(1967). *From Frege to Gödel: A Source Book in Mathematicaal Logic, 1879-1931*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

[228]. Verelst K. & Coecke B. (1999). Early Greek Thought and Perspectives for the Interpretation of Quantum Mechanics: Preliminaries to an Ontological Approach. In Smets, S., Van Bendegem, J., P., and Cornelis, G., C. (ed.), *Metadebates on Science: The blue book of 'Einstein Meets Magritte'*. Dordrecht and Brussels: Kluwer and VUB-Press, pp. 163-195.

[229]. Vision, G. (2004). *Veritas: The Correspondence Theory and Its Critics,* Cambridge, Mass.: The MIT Press.

[230]. von Neumann, J. (1932/1955). *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics.* Princeton, NJ.: Princeton University Press.

[231]. Ward, A. (1988). A 'Semantic Realist' Response to Dummett's Antirealism. *Philosophy and Phenomenological Research*, 48(3), pp. 553-555.

[232]. Weiss, B. (1996). Anti-Realism, Truth-Value Links and Tensed Truth Predicates. *Mind*, 105(420), pp. 577-602.

[233]. Westphal, K. R. (2003). *Hegel's Epistemology: A Philosophical Introduction to the*

"Phenomenology of Spirit". Indianapolis: Hackett.

[234]. Whitaker, A. (1996). *Einstein, Bohr, and the Quantum Dilemma*. Cambridge: Cambridge University Press.

[235]. Whitehead, A. N., and Russell, B. (1910-13). *Principia Mathematica.* Cambridge: Cambridge University Press.

[236]. Wineland D. J. and Serge Haroche S. (2012). *For Ground-Breaking Experimental Methods that Enable Measuring and Manipulation of Individual Quantum Systems.* The 2012 Nobel Prize in Physics - Press Release. Nobelprize.org.

[237]. Wittgenstein, L. (1921/1978). *Tractatus Logico – Philosophicus.* Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

[238]. Wittgenstein, L. (1953). *Philosopical Investigations.* Oxford: Blackwell.

[239]. Yates, J. and Johnson, J. (2007). *Molecular Physical Chemistry for Engineers*. Sausalito, Calif.: University Science Books.

[240]. Young, F. (1995). *Richard M. Weaver, 1910-1963*. Columbia: University of Missouri Press.

[241]. Young, J. (2002). The Slingshot Argument and the Correspondence Theory of Truth. *Acta Analytica*, 17(2), pp. 121-132.

[242]. Zeman, J. (1978). Generalized Normal Logic. *J. Philos Logic,* 7(1), pp. 225 – 243.

[243]. Zermelo, E. (1908). Untersuchungen Über die Grundlagen der Mengenlehre. I. *Mathematische Annalen,* 65(2), pp. 261-281.