

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ Μ.Ι.Θ.Ε.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σ.Ε.Μ.Φ.Ε
ΤΟΜΕΑΣ Α.Κ.Ε.Δ

διαπανεπιστημιακό - διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών (Π.Μ.Σ.)

Ιστορία και την Φιλοσοφία των Επιστημών και Τεχνολογίας (ΙΦΕΤ)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Ο θάνατος της ύλης” - Η πολιτισμική ιστορία της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Πελοπίδας Κοπακάκης

2014

Α.Μ.: 0011/11



Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του διπλωματικού προγράμματος σπουδών “Ιστορία και Φιλοσοφία της Επιστήμης και της Τεχνολογίας (ΙΦΕΤ)” που έχει οργανωθεί και λειτουργεί με τη συνεργασία του Τμήματος Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης (ΜΙΘΕ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και του Τομέα Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου· υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Θεόδωρου Αραμπατζή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Θεόδωρο Αραμπατζή για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης.

Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ακόμη, όπως και τον καθηγητή κ Κώστα Γαβρόγλου, για την ευκαιρία που μου έδωσαν να έρθω σε επαφή, μέσα από τα εξαιρετικά ενδιαφέροντα μαθήματα του προγράμματος, με τις πιο ενδιαφέρουσες πλευρές του κλάδου της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης. Καθώς και για την καθοδήγησή τους για το πώς θα πρέπει να δουλεύεται ένα έργο της ιστορίας της επιστήμης, και ποιοι κίνδυνοι θα πρέπει να αποφεύγονται.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη τον κύριο Στάθη Αραποστάθη, Λέκτορα, μέλος της τριμελούς επιτροπής εξέτασης της εργασίας.

Ευχαριστώ ακόμα τους συνάδελφους συμφοιτητές μου που είχαν δημιουργήσει ένα περιβάλλον εντός και εκτός των αιθουσών, κριτικής σκέψης, συζήτησης και αφομοίωσης του περιεχομένου των μαθημάτων, πραγματικά σπάνιας ποιότητας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να εκφράσω προς την οικογένειά μου και κυρίως τους γονείς μου, Εμμανουήλ και Ευθυμία – Φλώρα Κοπακάκη, για τη διαχρονική συμπαράστασή τους και την υλική και ηθική στήριξη των επιλογών μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τη σύντροφό μου Εύα Νταλαγιάννη, για την υποστήριξη που έδωσε βοηθώντας και συζητώντας τα προβλήματα που συναντούσα καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, καθώς και για το αφανές και κοπιώδες έργο της επιμέλειας μεγάλου μέρους αυτής.

“Ο θάνατος της ύλης” - Η πολιτισμική ιστορία της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Πελοπίδας Κοπακάκης

Περιεχόμενα:

Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων	σελ. 3
1 Περίληψη	σελ. 5
2. Η επιστήμη και το περιβάλλον στο τέλος εποχής	σελ. 10
2.1 Επίθεση στον Λόγο – Fin de siècle	σελ. 10
2.2 Η ύλη έχει πεθάνει	σελ. 13
2.3 Η αίσθηση της κρίσης	σελ. 18
2.4 Πολιτισμική επίδραση	σελ. 21
2.5 Δυο κατευθύνσεις για την πολιτική της επιστήμης	σελ. 22
2.5.1 Lebon – Μαύρο φως	σελ. 23
2.5.2 Υλισμός και εμπειριοκριτικισμός	σελ. 27
3. Η εμφάνιση του προγράμματος του ατόμου-δίνη	σελ. 31
3.1 Επιστημονικές και φιλοσοφικές καταβολές	σελ. 31
3.2 Η εμφάνιση του προγράμματος· από το 1867 ως τον J.J. Thomson	σελ. 34
3.3 Οι συγγένειες του ατόμου-δίνη με τις ιδεολογίες της Αγγλίας του 19ου αιώνα	σελ. 38
3.4 Το άτομο-δίνη στο Αγγλικό εκπαιδευτικό σύστημα	σελ. 40
4. Προβλήματα στο άτομο-δίνη και μετάβαση στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας (J.J. Thomson, Larmor)	σελ. 42
4.1 Προβλήματα στο πρόγραμμα του ατόμου-δίνη	σελ. 42
4.2 J. Larmor και J.J. Thomson· από το άτομο-δίνη στην ηλεκτρομαγνητική μάζα	σελ. 43
4.2.1 J. Larmor, μια θεωρία για την ύλη	σελ. 44
4.2.2 J.J. Thomson, από τη χημεία του ατόμου-δίνη στο ηλεκτρόνιο	σελ. 52
4.2.2.1 Η πρώτη εμφάνιση της ηλεκτρομαγνητικής μάζας	σελ. 52

4.2.2.2 Η χημεία του ατόμου-δίνη	σελ. 55
4.2.2.3 Το ηλεκτρόνιο του Thomson, το άτομο-δίνη και η ηλεκτρομαγνητική μάζα	σελ. 57
4.2.2.4 Η ηλεκτρομαγνητική μάζα του ηλεκτρονίου	σελ. 60
5 Η ηλεκτρομαγνητική εικόνα και τα πειράματα Kaufmann	σελ. 65
5.1 Wiechert-Wien. Το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας	σελ. 65
5.2 Από τον Lorentz ως τον Abraham	σελ. 68
5.2.1 Η εξήγηση του πειράματος των Michelson-Morley από τον Lorentz	σελ. 68
5.2.2 Τα πρώτα πειράματα του Kaufmann	σελ. 73
5.2.3 Οι διορθώσεις του Abraham στο πείραμά του Kaufmann	σελ. 77
5.3 Ακόμα περισσότερα μοντέλα για το ηλεκτρόνιο	σελ. 82
5.3.1 Το ηλεκτρόνιο του Lorentz και οι αντιρρήσεις του Abraham ως προς αυτό	σελ. 82
5.3.2 Το ηλεκτρόνιο του Bucherer και ο Einstein	σελ. 86
5.3.3 Νέα πειράματα από τον Kaufmann	σελ. 90
5.3.4 Η θριαμβευτική παρουσία του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας	σελ. 94
5.4 Οι πρώτες αντιδράσεις στα πειράματα του Kaufmann	σελ. 95
5.5 Το τέλος του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας	σελ. 101
6 Η επίδραση του πολιτισμικού περιβάλλοντος του τέλους του 19ου αιώνα στη φυσική	σελ. 105
6.1 Η παραλληλία της θέσης Forman με τη φυσική της περιόδου του Fin de siecle	σελ. 105
6.2 Η θέση Fin de siecle του Heilbron	σελ. 110
6.3 Σχόλια επάνω στην εφαρμογή της θέσης Forman στη φυσική του τέλους του 19ου αιώνα	σελ. 112
7. Βιβλιογραφία	σελ. 115

Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων:

[Εικόνα 2.1] Το διάγραμμα του K. Pearson όπως παρατίθεται, και προφανώς υιοθετείται, από τον Λένιν στο <i>Υλισμός και Εμπειριοκριτικισμός</i> (Λένιν 1908)	σελ 26
[Εικόνα 3.1] Η συσκευή που χρησιμοποίησε ο Tait για τη δημιουργία δακτυλίων καπνού. (Kragh 2002, 38)	σελ 30
[Εικόνα 3.2] Κάποιοι από τους “κόμπους” που πρότεινε ο ίδιος ο W. Thomson το 1869 (Kragh 2002, 46)	σελ 34
[Εικόνα 4.1] Οι σχηματισμοί που δημιουργούνταν στο πείραμα με τους επιπλέοντες μαγνήτες του Mayer (Kragh 2002, 61)	σελ 52
[Εικόνα 4.2] Διάγραμμα της συσκευής που χρησιμοποίησε ο J.J. Thomson για να μετρήσει την εκτροπή της ακτίνας εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου (J.J. Thomson 1897, 295)	σελ 55
[Εικόνα 4.3] Διάγραμμα της δεύτερης συσκευής του Thomson για τον δεύτερο υπολογισμό του λόγου m/q , με ταυτόχρονη παρουσία ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. (J.J. Thomson 1897, 296)	σελ 56
[Εικόνα 4.5] Σύγκριση των τιμών του J.J. Thomson με αυτές του πειράματος του W. Kaufmann το 1901 (J.J. Thomson 1907, 33)	σελ 59
[Εικόνα 5.1] Σχηματική αναπαράσταση της αρχής λειτουργίας του πειράματος των Michelson-Morley (Darrigol 2002, 317)	σελ 66
[Εικόνα 5.2α και 5.2β] Διάγραμμα της βασικής αρχής της συσκευής του Kaufmann (Miller 1981, 47) (Kaufmann 1906, 501)	σελ 71
[Εικόνα 5.3] Η τροχιά του ηλεκτρονίου κατά το πείραμα του Kaufmann (Cushing 1981, 1139)	σελ 71
[Εικόνα 5.4] Προβολή της τροχιάς του ηλεκτρονίου στους άξονες x-z (Cushing 1981, 1139)	σελ 72
[Εικόνα 5.5] Προβολή της τροχιάς του ηλεκτρονίου στους άξονες x-y	

(Cushing 1981, 1140)	σελ 72
[Εικόνα 5.6] Ανάλυση μιας τυχαίας δύναμης σε δύο συνιστώσες. Εγκάρσια και διαμήκη. Από αυτές προκύπτουν η εγκάρσια και η διαμήκη μάζα αντίστοιχα (Cushing 1981, 1136)	σελ 77
[Πίνακας 5.1] Τα αποτελέσματα του πειράματος του 1905 του Kaufmann (Cushing 1981, 1142)	σελ 87

1 Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα καθώς και στις αρχές του 20ού στο πολιτισμικό περιβάλλον κυριάρχησε μια αντίδραση στην επιστήμη και την τεχνολογία. Αυτή η ανάδυση νεορομαντικών ιδεών πήγαζε από την απογοήτευση από τη μη εκπλήρωση των στόχων του ορθολογισμού καθώς και από την όλο και μεγαλύτερη ταύτιση των ιδεών της μηχανικής με αυτές του υλισμού και της αθεΐας. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον η επιστήμη ανακηρύχθηκε ως χρεωκοπημένη ενώ η ίδια η έννοια της ύλης μπήκε στο στόχαστρο. Ένα σύνολο μεταφυσικών, θρησκευτικών και πνευματιστικών ιδεών κυριάρχησαν στην Ευρώπη.

Ένα μέρος της επιστημονικής κοινότητας ανταποκρίθηκε σε αυτό το περιβάλλον δουλεύοντας πάνω σε ιδέες και θεωρίες πως είχαν την τάση να υποβαθμίζουν τη σημασία της ύλης στο σύνολο της φυσικής.

Χαρακτηριστική της έκτασης της συζήτησης για το αίτημα της αφυλοποίησης της ύλης, είναι η συζήτηση έξω από την κοινότητα των επιστημόνων, στον ενδιάμεσο χώρο των εκλαϊκευτικών ιδεών ή της πραγμάτευσης των θεωριών από πρόσωπα που δεν ανήκαν στην επιστημονική κοινότητα. Η προσπάθεια του LeBon, μέσω της ερασιτεχνικής του ενασχόλησης με τη φυσική, να υποβαθμίσει την έννοια της ύλης, ή η προσπάθεια του Λένιν να διασώσει τον υλισμό από τις πρόσφατες εξελίξεις στην φυσική αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Στο μεγάλο σύνολο τέτοιων θεωριών ξεχωριστή θέση έχει το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη που είδε το άτομο σαν μια κινητική κατάσταση του αιθέρα, αντίθετα από τις κλασικές ατομικές απόψεις που θέλανε το άτομο σε πλήρη διάκριση από το κενό. Δεδομένου ότι ο αιθέρας νοούνταν ως μια μη μηχανική ουσία που πληρεί το χώρο (αντίθετα από τις κλασικές θεωρίες που απέδιδαν και στον αιθέρα ατομική δομή), η θεωρία του ατόμου-δίνη υπήρξε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα της φυσικής που προσπάθησε να υπαγάγει το σύνολο της ύλης σε ένα επιφανόμενο του αιθέρα· χαρακτηριστικό της εχθρότητας της εποχής προς την ύλη.

Καθώς το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη άρχισε να συναντάει τα θεωρητικά και πειραματικά

ορία του, η “ανακάλυψη” του ηλεκτρονίου έδωσε μια νέα ώθηση στην όλη συζήτηση. Ανάμεσα στα κεντρικά πρόσωπα της ανακάλυψης του ηλεκτρονίου ήταν οι J.J. Thomson και Joseph Larmor, που ως τότε ήταν οργανικά συνδεδεμένοι με το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη. Οι Thomson και Larmor θα ξεκινήσουν από εικόνες και θεωρίες για το άτομο-δίνη που σταδιακά θα μετασχηματιστούν στην έννοια του ηλεκτρονίου, συσχετίζοντας σε αρκετά μεγάλο βαθμό την έννοια του ηλεκτρονίου με την ως τότε συζήτηση για το άτομο-δίνη και τους αντι-υλιστικούς σκοπούς του.

Ο J.J. Thomson, πολύ πριν την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου, θα μιλήσει για την πιθανότητα ύπαρξης της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Της υπαγωγής δηλαδή του συνόλου της μάζας στην αυτεπαγωγή των κινούμενων φορτίων.

Από τις αρχές του 20ου αιώνα η συζήτηση θα εξελιχθεί κατά κύριο λόγο στην ηπειρωτική Ευρώπη και θα αφορά την ηλεκτρομαγνητική μάζα του ηλεκτρονίου. Κεντρικό ρόλο σε αυτό το πρόγραμμα θα παίξουν τα πειράματα του Kaufmann, που είχαν ως στόχο να διακρίνουν ανάμεσα σε τρεις θεωρίες για το σχήμα του ηλεκτρονίου και την ποσοτική εξάρτηση της μάζας του από την ταχύτητά του. Κατά βάση και οι τρεις θεωρίες θα βρίσκονται εντός του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας.

Η θεωρία του Einstein για την ειδική σχετικότητα, που δημοσιοποιείται λίγους μήνες πριν τα πειράματα του Kaufmann, θα δεχτεί την πρώτη της δοκιμασία. Μιας και η μαθηματική διατύπωση της εργασίας του Einstein ταυτίζεται με αυτήν του Lorentz, το πείραμα του Kaufmann το 1905, θα βρεθεί να κρίνει και τη θεωρία του Einstein και μάλιστα αρνητικά.

Τελικά το πείραμα του Kaufmann, δεν θα μπορέσει να αποτελέσει ένα “κρίσιμο πείραμα” ανάμεσα σε τέσσερεις θεωρίες και θα προκαλέσει πληθώρα απαντήσεων, ανταπαντήσεων και νέων πειραμάτων μέχρι που η συζήτηση θα έχει μετατοπιστεί από το αρχικό ερώτημα, αυτό της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Ενώ η θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, παρότι δεν διαψεύδεται, σταδιακά θα παρακμάσει αδυνατώντας να παραγάγει ενδιαφέρουσες τοποθετήσεις στη συζήτηση που σταδιακά μεταφέρεται προς τη σχετικότητα και την κβαντομηχανική. Η θεωρία της

ηλεκτρομαγνητικής μάζας αποτέλεσε πράγματι μια “αποτυχημένη επανάσταση” όπως την χαρακτήρισε ο ιστορικός της επιστήμης H. Kragh.

Αξίζει να σημειώσουμε, όμως, πως αντίθετα από τη διαδεδομένη άποψη πως η θεωρία της σχετικότητας κλόνισε τη βεβαιότητα της κλασικής μηχανικής, η κλασική μηχανική είχε εμπλακεί ήδη στην αμφισβήτηση των θεμελιωδέστερων αρχών της, δύο δεκαετίες πριν την εμφάνιση της θεωρίας της σχετικότητας.

Η αντιστοίχιση της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας με το αντιυλιστικό περιβάλλον της εποχής, θυμίζει αρκετά τη θέση Forman για την επίθεση στην αιτιότητα από το πολιτισμικό περιβάλλον της Βαϊμάρης. Στο τέλος της εργασίας θα συγκριθεί η θέση Forman με τα αποτελέσματα της παρούσας εξιστόρησης.

2. Η επιστήμη και το περιβάλλον στο τέλος εποχής.

2.1 Επίθεση στον Λόγο – Fin de siecle

Το αίσθημα που κυριάρχησε στην Ευρώπη από το 1871 ως και την αρχή του Α' παγκοσμίου πολέμου ήταν ένα αίσθημα “ανασφάλειας”. Αυτό το αίσθημα μόνο αδικαιολόγητο δεν ήταν. Ο Γάλλο-Πρωσικός πόλεμος έβαλε ένα τέλος στην “ειρήνη” που επικράτησε στην Ευρώπη από τη λήξη των Ναπολεόντειων πολέμων. Μιας ειρήνης βασισμένης σε μια πολυπολική ισορροπία δυνάμεων που εγγυόταν πως η σύγκρουση θα διεξαγόταν πάντα εκτός των ευρωπαϊκών κέντρων, στην εγγύς, στη μέση, και στην άπω ανατολή (Mearsheimer 2001, 381). Η επαναφορά της προοπτικής του πολέμου στην Ευρώπη συνοδεύτηκε από εξελίξεις ίσως χειρότερες για την “τάξη”. Η εξέγερση των πολιτών του Παρισιού το 1871 σήμανε μια αλλαγή στους όρους της διαχείρισης των εσωτερικών και εργατικών προβλημάτων της κάθε χώρας, μια αλλαγή που έγινε αισθητή εκατέρωθεν των αντιμαχόμενων στρατοπέδων. Πλέον τα εργατικά κινήματα είχαν αποκτήσει τέτοια δύναμη που αποτελούσαν ένα, αδύνατον να αγνοηθεί, παράγοντα των ευρωπαϊκών κοινωνιών. Η ανάγκη νομιμοποίησης των εργατικών συνδικάτων, η εισαγωγή της μαζικής ψήφου αλλά και η έκταση της άμεσης και έμμεσης καταστολής της “Παρισινής Κομμούνας” αντανακλούν τις νέες συνθήκες.

Ο Β.Ι.Λένιν το 1913, τέσσερα χρόνια πριν αναλάβει τη διοίκηση του μεγαλύτερου και πολυπληθέστερου Ευρωπαϊκού κράτους περιέγραφε την περίοδο ως εξής:

Η δεύτερη περίοδος (1872-1904) διακρινόταν από την πρώτη [1848-1871] από τον “ειρηνικό” της χαρακτήρα, από τη απουσία επαναστάσεων. Η δύση είχε ολοκληρώσει τις αστικές επαναστάσεις. Ενώ η ανατολή δεν είχε φτάσει ακόμα σε αυτό το σημείο. Η δύση μπήκε σε μια περίοδο “ειρηνικών” προετοιμασιών για τις αλλαγές που θα έρχονταν. Σοσιαλιστικά κόμματα, κατά βάση προλεταριακά, ιδρύονταν παντού, και μάθαιναν πως να χρησιμοποιούν τον αστικό κοινοβουλευτισμό και πως να ιδρύουν τον δικό τους καθημερινό τύπο, τα μορφωτικά τους ιδρύματα, τα εργατικά τους σωματεία, και τους συνεταιρισμούς τους. Οι ιδέες του Μαρξ πραγματοποίησαν μια ολοκληρωτική νίκη και άρχισαν να διαδίδονται. Η

επιλογή και ωρίμανση των δυνάμεων του προλεταριάτου για τις επερχόμενες μάχες έκανε αργή αλλά σταθερή πρόοδο (Lenin 1913).

Ποιος θα μπορούσε, υπό το φως των ύστερων γνώσεων, να κατηγορήσει την αισιοδοξία του Λένιν; Και τι αισθήματα να δημιουργούσε στους αντιπάλους του αυτή η περίοδος της, σε εισαγωγικά, ειρήνης;

Οι δεκαετίες του 1880 και 1890 έχουν χαρακτηριστεί ως περίοδοι απαισιοδοξίας, ως περίοδοι εσωτερικισμού, πνευματισμού, επανεμφάνισης του ρομαντισμού και κριτικής του ορθού λόγου και της επιστημονικής μεθόδου. Οι διακηρύξεις του διαφωτισμού για τις υλικές και ηθικές συνέπειες του ορθού λόγου, έναν αιώνα μετά, είχαν φανεί στα μάτια πολλών ως υπερφίαλες· η υπόσχεση υλικής ευημερίας είχε μετατραπεί στην οικονομική κρίση του 1873-1879 ενώ οι ιδέες του Δαρβίνου είχαν χρησιμοποιηθεί και ασπασθεί από άθεους και αγνωστικιστές. Η δε επιστημονική μέθοδος συναντούσε τα όρια της, ενώ φιλοσοφίες όπως αυτή του Bergson υποστήριζαν πως “η διαίσθηση μόνο θα μπορούσε να δώσει στον άνθρωπο αληθινή γνώση της φύσης και της ζωής” (Baumer 1977, 374).

Ο ιστορικός Macleod βλέπει μια σειρά από αλλαγές στο σύνολο της πολιτισμικής ζωής της εποχής, από τη λογοτεχνία που απορρίπτει τον ρεαλισμό και επαναφέρει τον ρομαντισμό μέχρι τον αισθητικισμό του Oskar Wilde και του Art Nouveau, μια εποχή που ταυτόχρονα συνάντησε την ανάπτυξη της διανόησης και έναν “υψηλά εξειδικευμένο αντιδιανοητισμό”· η πίστη στην επιστήμη σαν μέσο γνώσης αντικαταστάθηκε από την αντίληψη της επιστήμης ως μέσο πράξης. Η επιστήμη επενδύθηκε με νέες αξίες, αυτές της εργαλειοκρατίας, της εμπορευματοποίησης και της χρηστικότητας. Η περίοδος αυτή, που έμεινε γνωστή ως fin de siecle [τέλος του αιώνα] χαρακτηρίστηκε από τους ιστορικούς του πολιτισμού ως “εξέγερση ενάντια στον θετικισμό”, ή ως “εξέγερση ενάντια στο λόγο” (MacLeod 1982, 3). Ο ιστορικός των ιδεών F.L. Baumer χαρακτηρίζει την περίοδο ως μια “εξέγερση ενάντια στην αίρεση της επιστήμης και της κοσμοεικόνας που παρουσίαζε, που όπως πιστευόταν δυσφημούσε τη ζωή και τη σκέψη”. Μια εξέγερση ενάντια στην προσπάθεια της επιστήμης να υπαγάγει όλη τη γνώση κάτω από το “σφικτό χέρι” του νόμου και

του ντετερμινισμού, ο οποίος θεωρούνταν ως το αντίθετο της ελευθερίας (Baumer 1977, 373). Ο Macleod περιγράφει μια συνολική απαξίωση των επιστημονικών αξιών:

Μεταξύ του 1880 και του 1895, σχεδόν 40 χρόνια μετά την είσοδο των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και τα πανεπιστήμια των περισσότερων ευρωπαϊκών χωρών, μια ασυνήθιστη συμμαχία ιερωμένων, ακαδημαϊκών, και φιλοσόφων επιτέθηκαν στην επιστήμη. Η επιστήμη, είπαν, είχε “χρεωκοπήσει”. Αυτή η πρόκληση δεν ήταν το αποκλειστικό αποτέλεσμα μιας ρομαντικής αντίδρασης στην εκβιομηχάνιση [...] παρότι υπήρχαν και τέτοια στοιχεία. [...] Κοινωνικοί μεταρρυθμιστές όπως ο Frances Cobbe άσκησαν κριτική στους ανθρώπους της επιστήμης για την “επιστημονική τους αλαζονεία”, ενώ άλλοι τους κατηγόρησαν πως “ηγούνται του υλικού πνεύματος της εποχής”, σχηματίζοντας “κάποιου είδους ριζοσπαστικού κόμματος ανάμεσα στους ανθρώπους των γραμμάτων”. Οι έννοιες της συνέχειας και της ομοιομορφίας δεν εμφανίστηκαν ως μια αποδοχή του “θείου” στη φύση, αλλά σαν μια τρομαχτική προοπτική που ενσωματώνει τον αθεϊστικό υλισμό, μια προοπτική που όχι μόνο καθιστούσε τους επιστήμονες ύποπτους, αλλά και έφερνε εξαιρετικά κακή φήμη στην επιστημονική γνώση (MacLeod 1982, 2-4).

Η έκφραση *fin de siècle*, στο καθημερινό λεξιλόγιο της εποχής, ήθελε να εκφράσει αυτήν την απογοήτευση. Δεν μιλάγε όμως απλώς για το τέλος μιας εποχής, όσο και για την έναρξη μιας νέας. Καθώς ένα κομμάτι των κοινωνιών απέρριπτε σταδιακά όλο και περισσότερο τις αξίες και τις μεθόδους της επιστήμης, το χώρο που έμενε τον κάλυπταν μεταφυσικοί προβληματισμοί, ψυχικές έρευνες και ο πνευματισμός. Ο ιστορικός της επιστήμης Morus περιγράφει την περίοδο ως το απόγειο των εναλλακτικών επιστημονικών πρακτικών. Μια σειρά πνευματικών και πνευματιστικών πρακτικών και θεωριών, ο μεσμερισμός ή οι πνευματικές επικλήσεις πχ, άνθισαν σε τέτοιο βαθμό, στην αλλαγή του αιώνα, που από πολλούς δε θεωρήθηκαν ως ανταγωνιστικές της επιστήμης, αλλά ως επιστημονικές οι ίδιες (Morus 2005, 174).

Δεν ένιωθαν όμως όλοι αυτήν την ανάγκη για την καταγγελία της επιστήμης, για απόκλιση από τις παραδοσιακές αξίες και ήθη· και την αναζήτηση για εναλλακτικές οδούς προς την γνώση. Ο

ιστορικός Hobsbawm περιγράφει αντίθετα τη σταδιακή πρόσδεση των ιδεών της αριστεράς και των εργατικών κινημάτων με τις επιστημονικές αξίες κατά τον 19ο αιώνα:

Η μόνη ιδεολογία σοβαρής υφής που παρέμενε σταθερά προσκολλημένη στην πίστη που έτρεφε ο 19ος αιώνας στην επιστήμη, τον ορθό λόγο και την πρόοδο ήταν ο μαρξισμός, ο οποίος δεν είχε επηρεαστεί από την απογοήτευση που προκαλούσε το παρόν, αφού προσέβλεπε στο μελλοντικό θρίαμβο εκείνων ακριβώς των “μαζών” των οποίων η ανάδυση προκαλούσε τόση αμηχανία μεταξύ των μεσοαστών διανοητών (Hobsbawm 1987, 399). [...] Από πολλές απόψεις ο μαρξισμός, ήταν ο τελευταίος θρίαμβος της θετικιστικής επιστημονικής βεβαιότητας του 19ου αιώνα. Ήταν υλιστικός, ντετερμινιστικός, πίστευε στον εξελικτισμό και στους αναπόδραστους “νόμους της ιστορίας”, τους οποίους ταύτιζε σταθερά με τους “νόμους της επιστήμης” (Hobsbawm 1987, 410).

Από όλες σχεδόν τις απόψεις μοιάζει η “αριστερά” να βρισκόταν σε διαμετρική σχεδόν αντίθεση επάνω στο ζήτημα της επιστήμης, των αξιών της, τις προσδοκίες από αυτήν, από τους εχθρούς της που επέστρεφαν στον ρομαντισμό, τη θρησκεία και τον πνευματισμό. Από την μία μεριά, οι ιδέες για την επιστήμη συνοδεύονταν από την πίστη στον “επιστημονικό σοσιαλισμό”, την επιστήμη ως αγγελιοφόρο της προόδου, τον δαρβινισμό και των τεχνικών ικανοτήτων της κοινωνίας που θα συνθέσουν τις συνθήκες που θα επιτρέψουν ή θα επιφέρουν τον σοσιαλισμό. Ενώ από την άλλη η επιστήμη κατηγορήθηκε για υπόθαλψη του υλισμού και της αθεΐας, για ανικανότητα να προσφέρει όλα όσα υποσχέθηκε. Η επιστημονική μέθοδος εμφανίστηκε ως στείρα και ενάντια στην έμπνευση και τη δημιουργία, και πως σκοπός της ήταν η εκτόπιση κάθε τι πνευματικού από τον κόσμο και η αντικατάστασή του από ντετερμινιστικούς μηχανισμούς.

2.2 Η ύλη έχει πεθάνει

Η επιστημονική δραστηριότητα της περιόδου πριν τον Αϊνστάιν, κάθε άλλο παρά ανιαρή ή στάσιμη ήταν. Αντίθετα μια σειρά από νέες ανακαλύψεις και σχετικές θεωρίες και εφαρμογές κάνουν την εμφάνισή τους. Ταυτόχρονα το νεορομαντικό πνεύμα της εποχής έστρεψε τους

φυσικούς επιστήμονες στη δημιουργία και ευδοκίμηση μιας σειράς θεωριών κριτικών στην κλασική φυσική και την έννοια της ύλης. Τουλάχιστον έτσι τις ερμήνευσε ένα μέρος της κοινωνίας. Ατομοδίνη, ανακάλυψη ακτίνων, ραδιενέργειας κλπ είναι μερικές από τις εξελίξεις της επιστήμης της εποχής. Από τα πιο κεντρικά σημεία της εποχής είναι οι έννοιες της ενέργειας και των νόμων της καθώς και ο ηλεκτρομαγνητισμός. Έννοιες που επηρέασαν τις εξελίξεις στις επιστημονικές θεωρίες της εποχής.

Το πρόγραμμα του ενεργητισμού αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1890, με πιο γνωστά ονόματα τον φυσικό Georg Helm και τον φυσικοχημικό Wilhelm Ostwald. Κατά την γνώμη όσων στήριζαν τον ενεργητισμό η έννοια της ενέργειας ήταν μια έννοια θεμελιωδέστερη της ύλης. Τα προβλήματα εξήγησης του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, με υλικούς ή κλασικούς όρους υποδεικνύουν αυτό. Έτσι οι ενεργητιστές προσπάθησαν να ανάγουν τους νόμους της μηχανικής του Νεύτωνα στις ενεργειακές αρχές· θεώρησαν δηλαδή τα αξιώματα της θερμοδυναμικής θεμελιωδέστερα από τους νόμους του Νεύτωνα και προσπάθησαν να τους εξαγάγουν από αυτούς, ως ειδικότερες περιπτώσεις όμως.

Η ενεργητική υπήρξε έντονα επηρεασμένη από τον θετικισμό και απέφευγε να προχωρήσει σε “περιττές υποθέσεις”. Ακολουθώντας την φιλοσοφία του Ernst Mach πίστευαν σε μια φαινομεναλιστική κατανόηση της φυσικής, ενώ οι φυσικές θεωρίες συνιστούσαν οικονομικούς τρόπους οργάνωσης των δεδομένων. Έτσι η ενεργητική αρνούσαν τον ατομισμό ως κάτι περισσότερο από μια χρήσιμη νοητική κατασκευή. Μέρος όμως των “περιττών υποθέσεων” ήταν κατά την γνώμη των ενεργητιστών και η ίδια η έννοια της ύλης. Ο Ostwald επέμενε πως η ενεργητική ήταν “εξολοκλήρου αντι-υλιστική, μια αναγκαία εξέγερση ενάντια στην κυριαρχία της ύλης στην επιστήμη”. Η ενέργεια ακόμα ήταν μια τόσο ευρεία κατηγορία που δεν περιλάμβανε μόνο φυσικά φαινόμενα αλλά και νοητικά όπως η θέληση ή τα συναισθήματα (Kragh 2012, 6).

Το πρόγραμμα του ενεργητισμού είχε κυρίως απήχηση στην Γερμανία αλλά επηρέασε και άλλες χώρες όπως τη Γαλλία, τη Σουηδία, την Ιταλία και τις ΗΠΑ. Αξίζει να σημειώσουμε ότι οι ενεργητιστές υπήρξαν ενάντια στην θρησκεία. Ταυτόχρονα όμως αυτό δεν εμπόδισε τον P. Duhem

να παρουσιάσει την δική του “Γαλλική” εκδοχή του ενεργητισμού συμβατού με την καθολική εκκλησία.

Οι ιδέες των ενεργητιστών συζητήθηκαν στην ετήσια συνέλευση της ένωσης Γερμανών ιατρών και επιστημόνων το 1895. Στη συνέλευση αυτή οι ιδέες των Ostwald και Helm δέχτηκαν τη δριμυτία κριτική του Boltzman. Ταυτόχρονα όμως κανείς δεν υπερασπίστηκε και τον μηχανικισμό. Και παρότι ο Boltzman προτιμούσε να εργάζεται μέσα σε ένα μηχανικιστικό πλαίσιο, ως το πιο εξελιγμένο, ταυτόχρονα σημείωνε “πως η άποψη ότι ουδεμία άλλη εξήγηση δύναται να υπάρξει πλην εκείνης δια της κίνησης των υλικών σημείων, της οποίας οι νόμοι καθορίζονται από κεντρικές δυνάμεις, είχε γενικώς εγκαταλειφθεί πολύ πριν από τις επισημάνσεις του κυρίου Ostwald” (Kragh 2012, 7).

Οι ιδέες του Ostwald, ο θετικισμός και ο αγνωστικισμός που τις συνόδευαν, είχαν μικρή επιρροή στην Αγγλία. Αντίθετα οι συζητήσεις της επιστημονικής κοινότητας στην Αγγλία περιστρεφόντουσαν γύρω από τον αιθέρα.

Ο (φωτοφόρος) αιθέρας θεωρήθηκε εξ αρχής ως ένα απαραίτητο εξηγητικό στοιχείο της κίνησης του φωτός ως κύμα, και άρα συνυφασμένος με την κλασική μηχανική. Στη συνέχεια τα διάφορα μοντέλα που προτάθηκαν από τον Maxwell και τον Λόρδο Kelvin ήταν σε αυτή την κατεύθυνση και συμβατά με τον μηχανικισμό. Καθώς όμως σιγά σιγά τα μοντέλα αυτά μετατρέποντουσαν σε απλούς ευρετικούς κανόνες, η φύση του αιθέρα απομακρυνόταν όλο και πιο πολύ από την κλασική εικόνα του. Τελικά η συζήτηση γύρω από τον αιθέρα μεταφέρθηκε στο αν “ο αιθέρας ήταν το στοιχειώδες υπόστρωμα μέσα από το οποίο πήγαζε η ύλη. Ή ήταν η ύλη θεμελιωδέστερη οντολογικά κατηγορία από την οποία ο αιθέρας ήταν απλώς ένα στιγμιότυπο;” (Kragh 1999, 26). Μια από τις απαντήσεις αυτού του ερωτήματος ήταν το μοντέλο για τα άτομα-δίνη του W. Thomson το 1867, το οποίο παρουσίαζε τα άτομα της ύλης ως κινητικές δομές του αιθέρα και άρα υπήγαγε το σύνολο της ύλης στον αιθέρα, ο οποίος αναγκαστικά ήταν κάτι διαφορετικό της κλασικής μηχανικής ύλης.

Έτσι, ο αιθέρας έχανε σταδιακά τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Κάποιοι φυσικοί

επιστήμονες είδαν τελικά σε αυτόν ψυχικά και μεταφυσικά χαρακτηριστικά. Ο Larmor τον χαρακτήρισε “υπεραισθητό” (Suprasensual) ενώ ο O. Lodge είδε στον αιθέρα όχι μόνο την αρχέγονη πηγή της ύλης αλλά και το “το κύριο όργανο του νου, το όχημα της ψυχής[...] τη ζωντανή μορφή του θεού”. Φυσικά η θέση του O. Lodge θεωρήθηκε ακραία από τους σύγχρονους του επιστήμονες, αλλά βοήθησε να καταστήσει τον αιθέρα μια δημοφιλή έννοια μεταξύ των μη επιστημόνων και ένα βασικό στοιχείο πολλών εικασιών της fin de siècle πέρα από τα όρια της συμβατικής επιστήμης (Kragh 2012, 13).

Το 1887 ο Hertz εντοπίζει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, δείχνοντας με τον πιο κατηγορηματικό τρόπο ότι ο αιθέρας και η θεωρία του Maxwell δεν είναι απλές υποθέσεις, “ο αιθέρας ήταν αληθινός γιατί μπορούσε να χειραγωγηθεί, μπορούσε να αναγκαστεί να ανταποκριθεί” (Morris 2005, 181). Ενώ το 1895 ανακαλύπτονται οι ακτίνες X από τον W. Rontgen, και ένα χρόνο μετά ο H Becquerel ανακαλύπτει τη ραδιενέργεια.

Οι θεωρίες σχετικά με κύματα, εκπομπές και ακτίνες που αναδύθηκαν ταυτόχρονα τα τελευταία χρόνια του αιώνα προκάλεσαν ένα έντονο ενδιαφέρον τόσο των επιστημόνων όσο και του ευρύτερου κοινού. Από τη μία δημιουργούν την προσδοκία για την ανακάλυψη και άλλων ακτίνων, ακόμα και πιέζοντας τις υποθέσεις στα άκρα. Από την άλλη σύντομα όλες αυτές οι νέες ανακαλύψεις προσαρμόστηκαν, κατά κύριο λόγο από τον περίγυρο της επιστημονικής κοινότητας, στο πνεύμα της εποχής.

Από την ανακάλυψη των κυμάτων του Hertz όλο και περισσότεροι υποστήριζαν ότι λαμβάνουν μηνύματα από τους νεκρούς (Morris 2005, 158). Ενώ η ραδιενέργεια, καθώς πίστευαν ότι αποτελεί χαρακτηριστικό του συνόλου της ύλης, δημιούργησε απορίες για την “εξαύλωση της ύλης” ή την υποβάθμισή της. Εξαύλωση όμως προς τι; Και αν η ύλη καταστρέφονταν προφανώς δεν θα πρέπει να θεωρείται θεμελιακή έννοια αλλά ένα επιφανόμενο (Kragh 2012, 20). Τέτοιες θεωρίες θα δούμε λίγο παρακάτω με το “μαύρο φως” του G. LeBon. Τελικά ίσως και το ευρύτερο κοινό να ασχολήθηκε πιο πολύ με τις θρησκευτικές, πνευματικές προεκτάσεις της ανακάλυψης της ραδιενέργειας, παρά με την καθαυτό επιστημονική της αξία. Ακόμα και επιστήμονες, όπως ο W.

Crookes που έγραφε:

Σε κάποιο μέρος του ανθρώπινου εγκεφάλου μπορεί να βρίσκεται ένα όργανο ικανό να μεταδίδει και να λαμβάνει τέτοιες ηλεκτρικές ακτίνες μη ανιχνεύσιμου μήκους κύματος μέσω οργάνων. Αυτές θα μπορούσαν να χρησιμοποιούνται για την μεταφορά σκέψεων από τον ένα εγκέφαλο στον άλλο¹.

Τέλος θα πρέπει να σταθούμε λίγο στο κοσμολογικό περιεχόμενο που έπαιρνε η θερμοδυναμική της εποχής του fin de siècle.

Λίγο μετά την ανακάλυψη του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής διάφοροι φυσικοί, αναμεταξύ τους ο W. Thomson στην Αγγλία και ο H. Helmholtz στη Γερμανία, υποστήριξαν ότι μια από τις συνέπειες του 2ου νόμου ήταν πως θα οδηγούμασταν σε μια “υποβάθμιση” της ενέργειας στο σύνολο του Κόσμου. Η ποσότητα της ενέργειας θα παρέμενε σταθερή αλλά στο μακρινό μέλλον δεν θα μπορούσε να συντηρήσει την φυσική δραστηριότητα πια (Kragh 2012, 9).

Η ιδέα αυτή έγινε γνωστή ως “θερμικός θάνατος”. Συνοδεύτηκε δε από την ιδέα της “εντροπικής δημιουργίας”: Μιας και η εντροπία τείνει να αυξάνεται θα πρέπει να ξεκίνησε από ένα ελάχιστο. “Κάθε κοσμική αρχή όμως υπονοεί δημιουργία, και κάθε δημιουργία υπονοεί δημιουργό” (Kragh 2012, 9). Οι ιδέες αυτές πέρα από τις προφανείς θεολογικές τους χρήσεις, είχαν και πολιτικές. Η εντροπική “σπατάλη” υποχρέωσε τις γυναίκες να κάθονται σπίτι και να φυλάνε την εντροπία τους για την τεκνοποιία, η σπατάλη της οποίας τις καθιστούσε αποκλειστικά υπεύθυνες για οποιοδήποτε πρόβλημα στη γέννα, αλλά και η αναγκαιότητα μιας χρηστής και ηθικής ζωής αποτελούσε πλέον νόμο της φύσης και όχι της κοινωνίας (Kragh 2012, 9).

2.3 Η αίσθηση της κρίσης

Ο Kuhn στην *δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* γράφει:

Η εμφάνιση νέων θεωριών, επειδή απαιτεί καταστροφή παραδειγμάτων σε μεγάλη κλίμακα

¹ W. Crookes, “some possibilities of electricity”, Fortnightly review, 1892, 52:176 αναφέρεται στο Morus, I. R. 2005, σελ 177

και εκτεταμένες τροποποιήσεις στα προβλήματα και τις τεχνικές της φυσιολογικής επιστήμης έρχεται κατά κανόνα μετά από μια περίοδο έκδηλης επαγγελματικής αβεβαιότητας. Όπως είναι φυσικό αυτή η αβεβαιότητα προκαλείται από τη συνεχιζόμενη αδυναμία να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση στους γρίφους της φυσιολογικής επιστήμης. Η αποτυχία των καθιερωμένων κανόνων είναι φυσιολογικό να οδηγεί στην αναζήτηση νέων (Kuhn 1962, 139).

Είναι όμως πράγματι έτσι στην περίπτωση που παρακολουθούμε; Ποιο ήταν το συνεχιζόμενο πρόβλημα που προκαλούσε την αποτυχία των καθιερωμένων κανόνων; Το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος των Michelson–Morley; Αυτό όμως είχε ήδη λάβει ικανοποιητικές απαντήσεις χωρίς να απαιτήσει αλλαγή παραδείγματος (Holton 1988). Και αν είναι έτσι, αυτό σημαίνει πως κρίση δεν υπήρχε;

Μια σειρά εξεχόντων επιστημόνων της εποχής όπως οι Kelvin, Plack και Poincare φαίνεται ότι διαισθάνονταν μια κρίση, μια αντίφαση ή μια αναντιστοιχία, στο εσωτερικό των επιστημονικών θεωριών και προαναγγέλλουν μια “επανάσταση” που θα τη διόρθωνε. Και οι τρεις επιστήμονες αναφέρθηκαν συγκεκριμένα σε αυτή.

Η φιλοσοφία του Planck ήταν αυστηρά ρεαλιστική. Υποστήριζε παρόλα αυτά ότι οι νόμοι της φύσης πηγάζουν από την εμπειρία και πως σταδιακά διαχωρίζονται από την πηγή τους καθώς υπόκεινται σε έναν σταδιακό αποανθρωπισμό. Αυτό συμβαίνει με δύο τρόπους. Πρώτον, νόμοι και έννοιες που εφαρμόζονται σε μία περίπτωση σταδιακά μεταφέρονται σε παρεμφερή φαινόμενα και γενικεύονται, μέχρι που τελικά εφαρμόζονται και ενοποιούν εντελώς διαφορετικούς κλάδους. Και δεύτερον οι σταδιακές αφαιρέσεις σταδιακά απομακρύνουν την επιστημονική γνώση από το πεδίο της άμεσης εμπειρίας. Ο Planck δεν θα συμφωνήσει με τους θετικιστές, πως οι θεωρίες είναι απλώς μια προσπάθεια οικονομικής οργάνωσης της εμπειρίας. “Αν ο φυσικός θέλει να προάγει την επιστήμη του, πρέπει να είναι ρεαλιστής και όχι οικονόμος” γράφει, ενώ υποστηρίζει πως άνθρωποι όπως ο Κοπέρνικος, ο Κέπλερ, ο Νεύτωνας ή ο Φάραντεϊ κινούνταν από την πίστη τους στην αλήθεια των εικόνων που κατασκεύαζαν, και δεν θα είχαν καμία χρήση για την αρχή της οικονομίας (Goldberg 1976, 145).

Ταυτόχρονα ο Planck βλέπει στην σταθερότητα κάποιων βασικών αρχών, και σταθερών, όπως της ταχύτητας του φωτός ή της αρχής της διατήρησης της ενέργειας την σωρευτική πρόοδο της επιστημονικής γνώσης. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο όμως ο Planck δεν νιώθει πως η εικόνα της εποχής του ήταν ολοκληρωμένη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συνεχείς εναλλαγές της μίας κοσμοεικόνας με την άλλη δεν καθορίζονται από την ανθρώπινη επιλογή αλλά από μία ακατανίκητη δύναμη. Τέτοια αλλαγή λαμβάνει χώρα όποτε η επιστημονική έρευνα συναντά ένα νέο στοιχείο της φύσης το οποίο η τρέχουσα κοσμοεικόνα δεν περιελάμβανε. Και για να αναφερθούν συγκεκριμένα παραδείγματα, ένα τέτοιο είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό και ένα ακόμη είναι ο ρόλος του στοιχειώδους κβάντου δράσης στην ατομική συμπεριφορά. Αυτά τα δύο, και πολλά ακόμη, δεν μπορούν να ενσωματωθούν στην κλασική κοσμοεικόνα και συνεπώς μια νέα θα πρέπει να πάρει τη θέση της (Goldberg 1976, 150)²

Ο Poincare, ακολουθώντας μια τελείως διαφορετική συμβασιοκρατική φιλοσοφία, επικεντρώνοντας όμως εξίσου στη σημασία των βασικών αρχών το 1895 αποδεικνύει ότι καμία θεωρία δεν μπορεί να είναι συνεπής ταυτοχρόνως με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, την αρχή δράσης-αντίδρασης, την αρχή διατήρησης του φορτίου και τα αποτελέσματα του πειράματος του Fizeau για την παράσυρση του αιθέρα [aether drag]. Η εξήγηση που δίνεται στο πείραμα (τη παράσυρση δηλαδή του αιθέρα), κατά την γνώμη του, αντιβαίνει την αρχή δράσης-αντίδρασης, μιας και η ύλη μοιάζει να επιδρά στο αιθέρα χωρίς να συμβαίνει το αντίθετο. Όπως λέει χαρακτηριστικά “μοιάζει να ακουμπάμε τον αιθέρα με το δάχτυλο”. Ο Poincare πιστεύει πως η παραβίαση της αρχής δράσης-αντίδρασης θα άνοιγε τον δρόμο για το “αεικίνητο”, μιας και θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε το μη μηδενικό άθροισμα των δυνάμεων ενός κλειστού συστήματος. Και ο Poincare, έτσι, αναγνωρίζει μια κρίση στα αξιώματα της φυσικής της εποχής: “Κάποια μέρα θα πρέπει να τροποποιήσουμε τις ιδέες μας σε κάποιο σημαντικό σημείο και να σπάσουμε το πλαίσιο μέσα στο οποίο προσπαθούμε να στριμώξουμε ταυτόχρονα τα οπτικά και τα

² M. Planck, Scientific autobiography and other papers, trans Frank Geyger (New York, 1949) αναφέρεται στο Goldberg, S. 1976, σελ 150

ηλεκτρικά φαινόμενα” θα γράψει (Darrigol 1996, 273).

Ενώ λίγο αργότερα, το 1905, θα υποστηρίξει σε μια συλλογή άρθρων του με τίτλο “Η αξία της επιστήμης” [the value of science], πως η φυσική βρίσκεται σε κατάσταση κρίσης, όχι μόνο εξαιτίας της αβεβαιότητας σχετικά με την ύλη και την διατήρηση της ενέργειας, τα προβλήματα του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, και το νέο μυστηριώδες ηλεκτρόνιο, αλλά και εξαιτίας του μυστηριώδους Ραδίου - “*αυτού του μεγάλου επαναστάτη της εποχής μας*” (Kragh 2012, 25).

Τέλος, υπήρχε και η ασυνέπεια της κινητικής θεωρίας των αερίων με τα φασματοσκοπικά αποτελέσματά, τα οποία παρείχαν ισχυρές ενδείξεις για την ύπαρξη εσωτερικών δονήσεων. Το συγκεκριμένο πρόβλημα αναγνωρίστηκε ως ανωμαλία αρκούντως σοβαρή ώστε να περιγραφεί ως το ένα από τα δύο ανησυχητικά σύννεφα στην ονομαστή διάλεξη με τίτλο “τα σύννεφα του 19ου αιώνα πάνω από τη δυναμική θεωρία της θερμότητας και του φωτός” την οποία έδωσε ο λόρδος Kelvin το 1900. Η άλλη απειλή συνίστατο στην αποτυχία των προσπαθειών να εξηγηθεί η κίνηση της Γης δια μέσου του αιθέρα, όπως κατέδειξε το πείραμα ανίχνευσης του αιθερικού ανέμου που πραγματοποίησαν οι Michelson–Morley (Kragh 1999, 25).

Την ίδια στιγμή που φυσικοί βλέπουν κρίση και προαναγγέλλουν επαναστάσεις που θα οδηγήσουν στην ξεπέραςμα τους, άλλοι, εξίσου ονομαστοί, βλέπουν στην εποχή τους το ακριβώς αντίθετο. Η πιο γνωστή και χαρακτηριστική δήλωση αυτής της εποχής αποδίδεται στον Α. Michelson:

“Ενώ δεν είναι ποτέ ασφαλές να προκαταβάλλεις πως το μέλλον των Φυσικών επιστημών δεν έχει πια εκπλήξεις να προσφέρει το ίδιο εντυπωσιακές όσο αυτές του παρελθόντος, μοιάζει πιθανό πως οι περισσότερες από τις υποκείμενες αρχές έχουν εδραιωθεί και πως η μελλοντική πρόοδος θα βασιστεί κατά κύριο λόγο στην εφαρμογή αυτών των αρχών σε όλα τα φαινόμενα. Είναι εδώ που η επιστήμη της μέτρησης δείχνει την αξία της -όπου τα ποσοτικά συμπεράσματα είναι πιο σημαντικά από τα ποιοτικά. Ένας σύγχρονος φυσικός έχει υποστηρίξει ότι οι μελλοντικές αλήθειες των φυσικών επιστημών θα βρεθούν στην έκτη θέση των δεκαδικών ψηφίων” (Badash 1972, 52).

Πως γίνεται δηλώσεις σαν αυτές να συνυπάρχουν χρονικά με τις προηγούμενες; Τα κορυφαία ονόματα της επιστήμης μοιάζει να συμφωνούν. Βρίσκονται προ επαναστατικών επιστημονικών αλλαγών. Αλλαγών που θα λύσουν τα προβλήματα της θεωρίας. Σε αυτό που δεν μοιάζει να συμφωνούν όμως είναι το ποια είναι αυτά τα προβλήματα. Η ταχύτητα του φωτός; Το κβάντο δράσης; Η σχέση ύλης-αιθέρα; Η αρχή δράσης-αντίδρασης και η σχετικότητα της κίνησης; Η δυσκολία να ερμηνευτεί ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής; Η αποτυχία πρόβλεψης της κίνησης του Ερμή; Η ανακάλυψη της ραδιενέργειας; Τα προβλήματα της κινητικής θεωρίας; Και ταυτοχρόνως, άλλοι να μην θεωρούν κανένα από τα παραπάνω ως κρίσιμο. Είναι αλήθεια πως μέσα στις επόμενες δύο δεκαετίες θα προταθούν λύσεις για όλα αυτά τα προβλήματα. Είναι κάποιο όμως από αυτά που έριχνε την σκιά του πάνω στην επιστημονική κοινότητα με τον τρόπο που περιέγραψε ο Kuhn; Πιστεύω πως το μόνο στο οποίο μπορούσαν να συμφωνήσουν στην επιστημονική κοινότητα της εποχής είναι πως πέρασαν μια πολύ σοβαρή κρίση και πως “κάποιο πρόβλημα υπήρχε με τον αιθέρα”. Κατά τα άλλα τα περισσότερα από αυτά, όπως το πείραμα του Fizeau, συνόδευσαν την επιστημονική κοινότητα για χρόνια, ενώ άλλα ήταν τόσο πρόσφατα που δεν είχαν εξετασθεί αρκετά ώστε να χαρακτηριστούν “επίμονα προβλήματα”.

2.4 Πολιτισμική επίδραση

Όλο το παραπάνω θεωρητικό και πειραματικό έργο της επιστημονικής κοινότητας μοιάζει να ακολουθεί το κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον της εποχής. Οι επιστήμονες οι ίδιοι σίγουρα έβαζαν ως πρωταρχική τους προτεραιότητα την απάντηση των επιστημονικών τους ερωτημάτων, την εξέλιξη των θεωριών τους, και την καλύτερη απάντηση των προβλημάτων που είχαν θέσει. Ταυτόχρονα όμως πολλοί από αυτούς δεν έκλειναν και το δρόμο στις μεταφυσικές, θρησκευτικές και πολιτικές προεκτάσεις των θεωριών τους. Και αν κάποιοι απλώς δεν κλείνανε αυτούς τους δρόμους, άλλοι συμμετείχαν ενεργά στη δημιουργία αυτού του περιβάλλοντος, ενώ όσο μεταφερόμαστε από τον σκληρό πυρήνα της επιστημονικής κοινότητας σε έναν ενδιάμεσο χώρο μεταξύ επιστημονικής κοινότητας - κοινωνίας ή και της κοινωνίας της ίδιας, τα επιστημονικά

ερωτήματα έδιναν τη θέση τους σε πολιτικοκοινωνικές θέσεις και θεολογικές πεποιθήσεις.

Κάτι που μοιάζει να είναι κοινό, είναι σίγουρα η υποβάθμιση της ύλης έναντι του αιθέρα/ενέργειας, και η αμφισβήτηση του κλασικού νευτώνειου παραδείγματος. Η φυσική επιστήμη έμοιαζε να εγκαταλείπει τον υλικό κόσμο για να βάλει κάτω από την επικράτειά της και το νου και το πνεύμα. Η απουσία του οποίου τόσο τη δυσφήμιζε (Noakes 2005, 14). Είτε μέσω θετικιστικών, συμβασιοκρατικών φιλοσοφιών, είτε μέσω θρησκευτικών αντιλήψεων η σημασία της ύλης υποβαθμιζόταν σε ένα επιφανόμενο.

Ο ιστορικός της επιστήμης Kragh θα περιγράψει αυτή την σχέση του περιβάλλοντος με την επιστημονική κοινότητα με τα παρακάτω λόγια:

Η τάση που επικρατούσε στη θεωρητική φυσική γύρω στο 1900 [...] συνιστούσε μέρος μια αλλαγής κοσμοαντίληψης που είχε πολυσχιδείς ρίζες έξω από τη φυσική και την οποία εξέθρεψε το συγκεκριμένο Zeitgeist, το οποίο ενίοτε και χαρακτηρίζεται νεορομαντικό. Ο ιστορικός Russel McCormmach συνόψισε εύστοχα την κατάσταση ως εξής: “Στη στροφή από τη μηχανή προς την ηλεκτρομαγνητική σκέψη ενέχονταν ολόκληρη η πολιτισμική δομή στο γύρισμα του αιώνα. Οι άυλες ηλεκτρομαγνητικές έννοιες ήταν ελκυστικές στον ίδιο βαθμό που ήταν απωθητικές οι αδρανείς, υλικές αναπαραστάσεις της μηχανικής”. Σημαντικό στοιχείο αυτής της πολιτισμικής δομής αποτελούσε ένας ευρέως διαδεδομένος αντιυλισμός. Αν και στο καθένα από τα επιστημονικά έθνη προσλάμβανε και κάποια ιδιαίτερη μορφή, το αντιυλικό δόγμα σε τελική ανάλυση συνοψιζόταν στην πεποίθηση ότι “η ύλη είναι νεκρή” (Kragh 1999, 27).

Το ερώτημα του αν, και πως οι επιστημονικές θεωρίες και η επιστημονική κοινότητα της εποχής επηρεάστηκε ή όχι από το πολιτισμικό και κοινωνικό περιβάλλον της εποχής θα εξετασθεί πιο εκτενώς παρακάτω.

2.5 Δυο κατευθύνσεις για την πολιτική της επιστήμης

Ίσως η πιο σημαντική συζήτηση για την σημασία των επιστημονικών θεωριών και την

κατεύθυνση που πρέπει να πάρουν να μην συνέβη εντός του σκληρού πυρήνα της επιστημονικής κοινότητας, αλλά στον ευρύτερο κοινωνικό χώρο. Θα αναφερθώ σε δύο παραδείγματα που πιστεύω αναδεικνύουν το ενδιαφέρον της πολιτικής και κοινωνικής ζωής για τις εξελίξεις στον χώρο των επιστημών, και το έντονο ενδιαφέρον που υπήρχε για τις κατευθύνσεις τους. Το πρώτο αφορά το ενδιαφέρον του G. Lebon για το “μαύρο φως”, μια ακόμα ενέργεια που πίστευε πως είχε ο ίδιος ανακαλύψει. Ενώ το δεύτερο αφορά το βιβλίο του Λένιν *υλισμός και εμπειριοκριτικισμός* και ειδικότερα το πέμπτο του κεφάλαιο το οποίο αναφέρεται στις τότε εξελίξεις στην φυσική. Οι δύο αυτοί συγγραφείς δεν είναι φυσικοί επιστήμονες, ο πρώτος έχει μείνει γνωστός για το έργο του *η ψυχολογία των μαζών*, μια συντηρητική ψυχολογική κοινωνική προσέγγιση του χαρακτήρα των κοινωνιών, ενώ ο δεύτερος υπήρξε ηγέτης του κομμουνιστικού κινήματος. Βρίσκονται λοιπόν έξω από την επιστημονική κοινότητα και σε αντιδιαμετρικά αντίθετες πολιτικές θέσεις. Και οι δύο όμως ένιωσαν την ανάγκη να παρέμβουν στην επιστημονική συζήτηση της εποχής, και μάλιστα να τοποθετηθούν επάνω στο ίδιο επίδικο, την “εξαφάνιση της ύλης”. Και οι δύο υπήρξαν έτσι εκλαϊκευτές των επιστημονικών εξελίξεων στο, πολύ διαφορετικό, κοινό τους, μεταφέροντας και μεταφράζοντας τις επιστημονικές εξελίξεις προς το κοινό τους, υποδεικνύοντας το πού πρέπει να δοθεί έμφαση και πού όχι.

2.5.1 Lebon – Μαύρο φως.

Η Γαλλία συμμετείχε και αυτή στο πεσιμιστικό κλίμα του fin de siècle. Στην Γαλλία όμως οι τελευταίες δύο δεκαετίες του αιώνα έδιναν παραπάνω αφορμές για αυτή την απαισιοδοξία. Η ταπεινωτική ήττα της Γαλλίας στον πόλεμο της με την Πρωσία, όπως και οι κοινωνικές εξεγέρσεις που την ακολούθησαν, έθεσαν στην Γαλλία ένα “ηθικό” ζήτημα. Διανοούμενοι στην Γαλλία έβλεπαν ένα φυλετικό πρόβλημα. “Ο Γάλλος φοβόταν πως ο συμπολίτης του έπασχαν από έλλειψη θέλησης (volonte) και ισχύς απαραίτητης για να ανταγωνιστούν αποτελεσματικά τα γειτονικά κράτη” (Nye 1974, 165). Και για αυτή την έλλειψη θέλησης κατηγορήθηκε η στήριξη στην διανόηση και ο υλισμός που χαρακτηρίζει την επιστήμη. Η επιστήμη χαρακτηρίστηκε

χρεωκοπημένη.

Αργότερα· στα χρόνια αυτά στη Γαλλία, αναγνωρίστηκε μια φιλοσοφική επανάσταση, με κύρια χαρακτηριστικά την αντι-διανόηση, τη διαίσθηση και τον ανορθολογισμό, και κύριο εκφραστή τους τον φιλόσοφο Henri Bergson. Η σκέψη της εποχής υπήρξε αντι-υλιστική κατα μια έννοια ταυτόχρονα ηθική και επιστημονική· από την μια εμφάνιζε μια αποστροφή προς τα “υλικά” κίνητρα, ενώ ταυτόχρονα υπήρξε και αντι-υλιστική αρνούμενη την ύλη ως το μηχανικό υπόστρωμα του φυσικού κόσμου. Σύμφωνα με τον Bergson δεν υπήρχαν σταθερές οντότητες αλλά μόνο “δράση”, ενώ ο LeRoy υποστήριξε πως “το άτομο δεν είναι ούτε στερεό, ούτε υγρό, ούτε αέριο, ούτε ελαστικό ή ανελαστικό, περιορισμένο ή άπειρο, είναι το κέντρο των δυνάμεων”(Nye 1974, 168).

Η επίθεση προς τα ιδανικά της επιστήμης και του ορθολογισμού δεν πέρασε απαρατήρητη, όπως και οι υπόρρητες επιπτώσεις της. Ο πρωθυπουργός της Γαλλίας Henri Brisson σε έναν λόγο του προειδοποίησε πως “το θέμα της χρεωκοπίας της επιστήμης δεν είναι μια εσωτερική φιλοσοφική διαμάχη, αλλά μια επίθεση ενάντια στη δημοκρατική πολιτική. Η επιστήμη είναι η βάση της δημοκρατίας και της ελεύθερης σκέψης”(Nye 1974, 166).

Ο LeBon, ήταν σαφώς μέρος του φιλοσοφικού κινήματος της εποχής, και υποστήριξε τον αντί-υλισμό της εποχής και τη σημασία της διαίσθησης στην επιστημονική ανακάλυψη, ταυτόχρονα όμως αναζήτησε επιστημονική τεκμηρίωση αυτής της νέας φιλοσοφίας. Τα γραπτά του έδιναν έμφαση στο ρόλο του συναισθήματος και της ψυχολογικής φόρτισης, ενώ έβλεπε την κοινωνία ως έναν ζωντανό οργανισμό “που συμμετέχει στην παγκόσμια οργανική εξέλιξη” (Nye 1974, 179). Προαναγγέλλοντας ως ένα βαθμό ιδέες όπως αυτές του Spengler και του Friedrich Ratzel (του ιδρυτή της γεωπολιτικής).

Το 1896, όταν αναφέρθηκε πρώτη φορά στην ανακάλυψη του “μαύρου φωτός”, είχε ήδη γράψει το βιβλίο που θα τον καταξίωνε στις κοινωνικές επιστήμες, *η ψυχολογία των μαζών*· στο οποίο υποστήριξε πως η ψυχολογία του πλήθους είναι ανορθολογική και μη αθροιστική (κάτι παραπάνω από ένα άθροισμα των μερών του). Άλλα του έργα είναι η *ψυχολογία του σοσιαλισμού*,

και η *ψυχολογία της εκπαίδευσης*. Ο LeBon υπήρξε ένας έντονα συντηρητικός διανοητής, και το έργο του επηρέασε ανθρώπους όπως ο Χίτλερ και ο Μουσολίνι.

Το 1892 ο LeBon ίδρυσε μια λέσχη που διοργάνωνε ένα μηνιαίο δείπνο σε κάποιο προάστιο του Παρισιού. Σε αυτή τη λέσχη συμμετείχαν από τα σημαντικότερα ονόματα αυτής της φιλοσοφικής στροφής της Γαλλίας μέχρι επιστήμονες όπως ο Poincare και ο Emile Picard, καθώς και συντηρητικοί πολιτικοί. Συχνά στις συναντήσεις συζητιόταν πολιτική (για την ανάγκη μιας πιο επιθετικής εξωτερικής πολιτικής) καθώς και διεξάγονταν πειράματα σύγχρονης φυσικής, όπως πειράματα με ακτίνες X και καθοδικές ακτίνες.

Το 1896 ο LeBon παρουσίασε στη λέσχη μία νέα ακτινοβολία που πίστευε πως είχε ανακαλύψει. Σε ένα πείραμα που διεξήγαγε στο διαμέρισμά του, πίστευε πως είχε βρει κάτι απρόσμενο. Υποστήριξε πως το φως από φυσιολογική λάμπα πετρελαίου παράγει αόρατες ακτινοβολίες όταν προσκρούει σε ένα κλειστό μεταλλικό κουτί. Αυτή η ακτινοβολία ανιχνευόταν με μια φωτογραφική πλάκα μέσα στο κουτί, στην οποία αποτυπωνόταν το σχήμα μεταλλικών γραμμμάτων, που βρισκόταν και αυτά μέσα στο κουτί. Η ακτινοβολία αυτή ήταν διαφορετική από τις καθοδικές ακτίνες μιας και δεν εκτρέποταν σε μαγνητικό πεδίο, ενώ οδηγούσε στην αποφόρτιση ενός φορτισμένου ηλεκτροσκοπίου, και άρα κάπως σχετιζόταν με την ηλεκτρισμό. Αργότερα θα συμπληρώσει πως όλα τα σώματα όταν φωτίζονται εμφανίζουν ένα τοπικό ηλεκτρικό φορτίο ενώ ταυτόχρονα εκπέμπουν “μαύρο φως”. Οι ανακαλύψεις του LeBon προκάλεσαν κάποια συζήτηση μέσα στην επιστημονική κοινότητα, ενδεικτικά το 1896 κατατέθηκαν 14 άρθρα πάνω στο “μαύρο φως”, ενώ οι ακτίνες X κυριαρχούσαν με πάνω από 100 άρθρα (Nye 1974, 173).

Ο LeBon θα διαφωνήσει με την M. Curie πως η ραδιενέργεια είναι χαρακτηριστικό μόνο του θορίου και του ουρανίου και θα υποστηρίξει πως η ραδιενέργεια είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό της ύλης. Η ραδιενέργεια έδειχνε τον δυναμικό χαρακτήρα των ατόμων. Τα “χημικά είδη” (όπως ονόμαζε τα χημικά στοιχεία), είναι τόσο δυναμικά όσο και τα βιολογικά είδη.

Τα επόμενα χρόνια θα κάνει γνωστή τη θεωρία του με διάφορα άρθρα με τίτλους όπως “Η αφυλοποίηση της ύλης” ή “ο ενδιάμεσος χώρος μεταξύ ύλης και αιθέρα”, τα οποία θα

ανακεφαλαιώσσει στο “η εξέλιξη της ύλης”, στο οποίο θα υποστηρίξει πως η ύλη δεν είναι αιώνια και πως μπορεί να εξαφανιστεί χωρίς επιστροφή. Για τον LeBon η ύλη δεν αποτελείται από άτομα, αλλά η ύλη περνώντας από διάφορες διαδοχικές φάσεις σταδιακά χάνει τα υλικά χαρακτηριστικά της μέχρι που τελικά επιστρέφει στον ακίνητο αιθέρα, από τον οποίο και προερχόταν. Με την θερμική και ηλεκτρική ενέργεια να αποτελούν τα τελευταία στάδια της μετατροπής της ύλης σε αιθέρα (Nye 1974, 179). Όσον αφορά τα ίδια τα άτομα, αυτά αποτελούσαν συμπύκνωση ενέργειας στον αιθέρα, και συμφωνούσε με την άποψη που ήθελε τα άτομα να είναι δίνες αιθέρα. Όταν το 1902 ο J.J. Thomson ανακάλυψε ένα ραδιενεργό υπόστρωμα σχεδόν σε όλη την φύση (Nye 1974, 183), ο LeBon θεώρησε πως οι απόψεις του δικαιώθηκαν.

Η εξελικτική (ή καλύτερα, αποεξελικτική) θεωρία των ατόμων του LeBon χαιρετίστηκε εκείνη την εποχή με ενθουσιασμό. Ο φιλόσοφος Sagaret είπε για τον LeBon “πως θα πρέπει να του αναγνωριστεί η ίδια θέση στη φυσική επιστήμη με αυτή του Δαρβίνου στη φυσική ιστορία”. Ο Jean Perrin είπε πως καταλαβαίνει το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής σαν “μία εξελικτική αρχή”. Ενώ ο υπουργός εξωτερικών της Γαλλίας εκείνη την εποχή, Hanotaux αναφερόταν στον LeBon ως τον σπουδαίο φυσικό που “κατέστρεψε την ύλη” (Nye 1974, 186,188). “Οι συντηρητικοί είδαν στον LeBon την αντεπίθεση της θρησκείας έναντι της επιστήμης, ως μια φιλοσοφία ενάντια στον διαλεκτικό υλισμό του Μαρξισμού, σαν επανεπιβεβαίωση της κυριαρχίας του νου επάνω στον μηχανικό και ντετερμινιστικό υλισμό” (Nye 1974, 189). Τελικά ο LeBon θα προταθεί για νόμπελ το 1903 (Kragh 2012, 23).

Πολλοί επιστήμονες φυσικά δεν έμειναν ικανοποιημένοι από τις πειραματικές και θεωρητικές, ασάφειες και ακροβασίες του Lebon. Παρόλα αυτό όμως ένα μέρος της ίδιας της κοινότητας των επιστημόνων έβλεπε στο έργο του LeBon μια πολύ σημαντική δουλειά, αυτή της εκλαΐκευσης και μεταφοράς στο ευρύ κοινό των εξελίξεων της σύγχρονης, τότε, επιστήμης. Και ακόμα πιο σημαντικό, μια εκλαΐκευση, που διατυπώνει μια εικόνα τέτοια που εναρμονίζεται με το πνεύμα της εποχής.

2.5.2 Υλισμός και εμπειριοκριτικισμός

Το 1909 ο Λένιν εξέδωσε το βιβλίο *υλισμός και εμπειριοκριτικισμός*. Αυτό αποτελεί εν μέρει ένα βιβλίο φιλοσοφίας της διαλεκτικής και του διαλεκτικού υλισμού και εν μέρει ένα βιβλίο πολεμικής ενάντια στον επίσης κομμουνιστή Bogdanov. Ο Bogdanov, που ηγούνταν μιας μικρής ακροαριστερής, εξωκοινοβουλευτικής οργάνωσης, είχε προσαρμόσει τις ιδέες του Mach στο ιδεολογικό του πλαίσιο, σε μια θεωρία που αποκαλούσε “εμπειριομονισμό”. Οι ιδέες του Bogdanov, για την επιστήμη και τη διαμάχη “προλεταριακής – αστικής επιστήμης”, που αργότερα θα σχηματισθούν στο κίνημα του proletkult, είχαν αρχίσει να έχουν επιρροή μεταξύ των σοσιαλιστών (Lecourt, D. 1977). Έτσι ο Λένιν αποφάσισε να τοποθετηθεί εναντίον του.

Στο βιβλίο αυτό ο Λένιν αφιερώνει ένα ολόκληρο κεφάλαιο για τις εξελίξεις επάνω στην φυσική, και τη σχέση ύλης-αιθέρα, και τις ιδέες αφυλοποίησης της ύλης. Ίσως να προκαλεί έκπληξη αλλά ο Λένιν θα στηρίζει όλες τις νέες εξελίξεις στην φυσική ως προοδευτικές ενώ θα στρέψει την επίθεσή του μόνο ενάντια στο πρόγραμμα της ενεργητικής το οποίο θα το χαρακτηρίσει ιδεαλιστικό.

Το ενδιαφέρον του Λένιν για το ζήτημα μας δίνει μια εικόνα της έκτασης της συζήτησης για τη φύση της ύλης. Μπορούμε να δούμε πως η συζήτηση αυτή από ένα σημείο και μετά παίρνει τον χαρακτήρα της ανοικτής πολιτικής και ιδεολογικής αντιπαράθεσης.

Ο Λένιν, ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Πουανκαρέ για τα συμπτώματα σοβαρής κρίσης στην φυσική, θα συμφωνήσει μαζί του.

Ποια είναι όμως η ουσία αυτής της κρίσης; Στη διάρκεια των πρώτων δυο τρίτων του 19ου αιώνα, οι φυσικοί ήταν σύμφωνοι μεταξύ τους, σε όλα τα ουσιαστικά σημεία. Πίστευαν σε μια καθαρά μηχανική εξήγηση της φύσης, δέχονταν ότι η φυσική δεν είναι πάρα μια πολύπλοκη μηχανική. [...] Την προηγούμενη ομοφωνία ήρθαν να την αντικαταστήσουν οι πιο ακραίες διαφορές γνώμων όχι μόνο στις λεπτομέρειες αλλά στις θεμελιακές, καθοδηγητικές ιδέες. [...] Η χρεωκοπία του πατροπαράδοτου μηχανικισμού, ή ακριβέστερα, η κριτική στην οποία υποβλήθηκε, οδήγησε στη θέση ότι και η ίδια η επιστήμη έχει χρεοκοπήσει (Λένιν 1908,

272).

Θα γράψει ο Λένιν

Οι θετικιστές, κατά τον Λένιν, ως αιτία της κρίσης είδαν την πίστη στο ρεαλιστικό περιεχόμενο των θεωριών. Αναζητώντας την έξοδο από αυτήν υιοθετώντας έναν σχετικισμό, οδηγούνται απευθείας στον ιδεαλισμό, θα υποστηρίξει. “Το νέο ρεύμα της φυσικής, βλέπει τις θεωρίες σαν απλά σύμβολα, σημεία, σημάδια για την πράξη, δηλαδή αρνιέται την ύπαρξη αντικειμενικής πραγματικότητας, ανεξάρτητης από τη συνείδησή μας και ανακλώμενης απ' αυτήν” (Λένιν 1908, 275).

Ο Λένιν θα κάνει μια διάκριση μεταξύ μεταφυσικού υλισμού και διαλεκτικού υλισμού. Στον πρώτο θα μπορούσε να κατατάξει κανείς αυτό που γενικώς ονομάζεται μηχανικισμός, μια πίστη στην πρωταρχικότητα της ύλης και στις μηχανικές εξηγήσεις. Ενώ η δεύτερη είναι μια ρεαλιστική μεν θεωρία για τη φύση, μιας και αναγνωρίζει την ανεξάρτητη από το νου υπόστασή της, αλλά ταυτόχρονα δεν θέτει ως πρωταρχική έννοια την ύλη ή τη μάζα όπως την ορίζει η φυσική, αλλά την ύλη ως αντικειμενική πραγματικότητα.

Η ύλη εξαφανίζεται σημαίνει ότι εξαφανίζεται το όριο εκείνο μέχρι το οποίο γνωρίζαμε ως τώρα την ύλη, ότι η γνώση μας προχωράει βαθύτερα· εξαφανίζονται οι ιδιότητες της ύλης που προηγούμενα μας φαίνονταν απόλυτες, αμετάβλητες, πρωταρχικές (το αδιαχώρητο, η αδράνεια, η μάζα κτλ) και που τώρα αποκαλύπτονται σχετικές, χαρακτηριστικές μόνο για ορισμένες καταστάσεις της ύλης. Γιατί η μοναδική “ιδιότητα” της ύλης, που με την αναγνώρισή της συνδέεται ο φιλοσοφικός υλισμός είναι η ιδιότητα να είναι αντικειμενική πραγματικότητα (Λένιν 1908, 279) [...] Ο διαλεκτικός όμως υλισμός επιμένει στον κατά προσέγγιση, στο σχετικό χαρακτήρα κάθε επιστημονικής θέσης για τη δομή της ύλης και τις ιδιότητές της, στην απουσία απόλυτων ορίων στη φύση, στη μετατροπή της κινούμενης ύλης από μια κατάσταση στην άλλη, που από την άποψη μας φαίνεται ασυμβίβαστη με την πρώτη (Λένιν 1908, 280).

Ο Λένιν δεν βλέπει καμία κρίση στη φυσική να προκύπτει από τον πλουραλισμό των

φυσικών θεωριών, ο πλουραλισμός αυτός αντανακλά την ίδια την διαλεκτική κατάσταση της φύσης. Ακόμα δεν βλέπει κάποια επίθεση ενάντια στον υλισμό όσο οι φυσικές θεωρίες παραμένουν ρεαλιστικές και δεν προσχωρούν στον σχετικισμό, τον θετικισμό και τη συμβασιοκρατία.

Ο Ενγκελς γράφει “με κάθε ανακάλυψη που αφήνει εποχή, ακόμη και στη σφαίρα των φυσικών επιστήμων ο υλισμός είναι υποχρεωμένος να αλλάξει την μορφή του”. Τέτοιες είναι οι υποχρεώσεις που βλέπει ο Λένιν να απευθύνονται στη σοσιαλιστική φιλοσοφία, τη διάσωση των επιστημονικών θεωριών από τον σχετικισμό και την προσαρμογή τους στο σοσιαλιστικό και υλιστικό πλαίσιο. *“διερευνώντας το ζήτημα του δεσμού μιας από τις σχολές των νεότατων φυσικών με την αναβίωση του φιλοσοφικού ιδεαλισμού, δεν σκεπτόμαστε καθόλου να θίξουμε τις ειδικές θεωρίες της φυσικής”*(Λένιν 1908, 270)γράφει. Έτσι ο Λένιν θα αποδεχτεί και θα χαιρετίσει συλλήβδην τις θεωρίες της ηλεκτρομαγνητικής μάζας του ηλεκτρονίου ή της αιθερικής φύσης του ατόμου. Θα τις χαιρετίσει γιατί σπάνε την στατικότητα του μηχανικισμού και την αντικαθιστούν με μια διαλεκτική εικόνα.

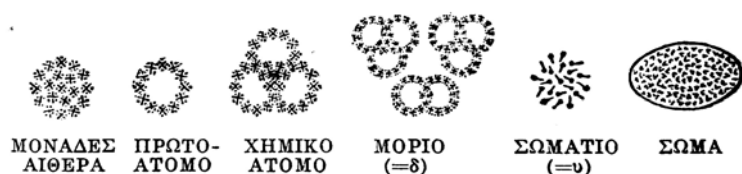
Όσο αλλόκοτη κι αν φαίνεται από την άποψη της “κοινής λογικής” η μετατροπή του αβαρούς αιθέρα σε βαριά ύλη και αντίστροφα, όσο “περίεργη” και αν φαίνεται η απουσία από το ηλεκτρόνιο κάθε άλλης μάζας, εκτός από την ηλεκτρομαγνητική [...] όλα αυτά δεν είναι παρά μια ακόμα επιβεβαίωση του διαλεκτικού υλισμού. Βασικά η νέα φυσική παραστράτησε προς τον ιδεαλισμό ακριβώς επειδή οι φυσικοί δεν γνώριζαν τη διαλεκτική. Καταπολεμούσαν τον μεταφυσικό υλισμό (Λένιν 1908, 280).

Το ζήτημα για τον Λένιν είναι το εξής: Η έννοια της ύλης και η έννοια της κίνησης είναι αξεδιάλυντες και η μία ορίζει την άλλη. Μια αντίληψη της ύλης χωρίς κίνηση είναι αυτή του μεταφυσικού υλιστή. “ο μεταφυσικός, δηλαδή ο αντιδιαλεκτικός, υλιστής μπορεί να δέχεται την ύπαρξη της ύλης χωρίς κίνηση. Ο διαλεκτικός υλιστής όχι μόνο θεωρεί την κίνηση αξεχώριστη ιδιότητα της ύλης αλλά και απορρίπτει την απλουστευμένη άποψη για την κίνηση” (Λένιν 1908, 289). Ενώ μια αντίληψη της κίνησης χωρίς ύλη καταλήγει στον ιδεαλισμό. Αυτός είναι και ο λόγος της επίθεσης στο πρόγραμμα της ενεργητικής: “Οι φιλοσοφικές ατυχίες του Μπογκντάνοφ άρχισαν

κυρίως πριν από την γνωριμία του με τον Μαχ, άρχισαν από τότε που πίστεψε το μεγάλο χημικό, αλλά μικρό φιλόσοφο Όστβαλντ, ότι η κίνηση μπορεί τάχα να νοηθεί χωρίς την ύλη” (Λένιν 1908, 288).

Ο Λένιν πίστευε πωςηγούνταν ενός προοδευτικού, επιστημονικού κινήματος που στον αντίποδα του υπήρχε ο ρομαντισμός. Υπό αυτό το πρίσμα ο Λένιν δεν θα μπορούσε ούτε να αρνηθεί αλλά ούτε καν να δει ως εχθρικές οποιαδήποτε νέες ανακάλυψης στην φυσική. Αντίθετα όλες οι επιστήμες θα πρέπει, να φαίνεται, πως τείνουν να στηρίζουν τον διαλεκτικό υλισμό, την επίσημη, και σύντομα κρατική, ιδεολογία του σοσιαλιστικού κινήματος της Ρωσίας, ακόμα και αν καμιά φορά πρόκειται για καθαρή ακροβασία, όπως στην περίπτωση αυτή.

Η σύγχρονη φυσική κοιλοπονά. Γεννά τον διαλεκτικό υλισμό. Οδυνηρός τοκετός. Κοντά στο ζωντανό και το βιώσιμο ον γεννιούνται αναπότρεπτα και μερικά νεκρά προϊόντα, κάτι απορρίμματα που προορίζονται να πεταχτούν στα σκουπίδια. Στα απορρίμματα αυτά ανήκει ολόκληρος ο φυσικός ιδεαλισμός, ολόκληρη η εμπειριοκριτική φιλοσοφία, μαζί με τον εμπειροσυμβολισμό, τον εμπειριομονισμό κ.ο.κ. (Λένιν 1908, 338).



[Εικόνα 2.1] Το διάγραμμα του K. Pearson όπως παρατίθεται, και προφανώς υιοθετείται, από τον Λένιν στο *Υλισμός και Εμπειριοκριτικισμός*. Πέρα από την υιοθέτηση μιας συνεχούς/διαλεκτικής συγκρότησης της ύλης, αξίζει να παρατηρήσει κανείς πως το “πρωτο-άτομο” έχει την μορφή μιας δίνης (αν και συγκροτείται από έναν ατομικό αιθέρα). (Λένιν 1908).

3. Η εμφάνιση του προγράμματος του ατόμου-δίνη

Θα αφιερώσουμε εδώ κάποιο χώρο για να αναφέρουμε λίγες παραπάνω πληροφορίες για τη θεωρία του ατόμου-δίνη. Όπως αναφέραμε, το άτομο-δίνη εντάσσεται μέσα σε ένα σύνολο θεωριών που εμφανίστηκαν ταυτοχρόνως και ανεξαρτήτως μεταξύ τους στη Βόρεια Ευρώπη και στην Αγγλία τις τρεις τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα. Αυτό που συνέδεε όλες αυτές τις θεωρίες ήταν μια τάση για υποβάθμιση, απαξίωση της ύλης, η οποία συνέπλεε με το αντιυλιστικό περιβάλλον που διέτρεχε τους συντηρητικούς κύκλους της εποχής.

Ξεχωρίζουμε τη θεωρία του ατόμου-δίνη πρώτον γιατί αποτελούσε ίσως το πιο πετυχημένο παράδειγμα από όλες τις προαναφερθείσες θεωρίες, τουλάχιστον στην επιστημονική κοινότητα της Αγγλίας, ενταγμένο αρμονικά στην επιστημονική παράδοση, τον τρέχοντα επιστημονικό προβληματισμό και την κυρίαρχη ιδεολογία της Αγγλίας των τελών του 19ου αιώνα. Η θεωρία του ατόμου-δίνη χρωστάει πολλά σε ένα τόσο κορυφαίο όνομα όπως αυτό του W. Thomson (Λόρδος Kelvin μετά το 1892), κάτι που καθιστούσε τη θεωρία στο κέντρο των επιστημονικών προβληματισμών της εποχής.

Τέλος αν γίνεται ειδική αναφορά στη θεωρία του ατόμου-δίνη είναι γιατί, όπως θα δούμε, η παρακμή του προγράμματος στην τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα συνδέεται με τη σταδιακή μετατροπή ή αφομοίωσή του από το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, με το οποίο συνδέεται με έναν τρόπο συνεχή.

3.1 Επιστημονικές και φιλοσοφικές καταβολές

Από τα πρώτα βήματα των θεωριών του ατομισμού ήδη από την αρχαιότητα εμφανιζόταν μια αντίθεση που ως άλυτο πρόβλημα παρέμενε και κληρονομήθηκε στην επανεμφάνισή του τον 17ο αιώνα. Η ύλη για τις θεωρίες της μηχανικής αποτελείται από ομοιογενή, συμπαγή, αδιάσπαστα ξεχωριστά σωματίδια ύλης. Η κίνηση στον ατομισμό αποτελούσε ένα ξεκάθαρα εξωτερικό φαινόμενο της ύλης. Όσον αφορά τώρα το πώς η κίνηση πηγάζει από τη “νεκρή” ύλη, αναγκαστικά, προτάθηκε η έννοια της δύναμης. Έτσι οδηγούμαστε σε έναν αναπόφευκτο όμως

δυϊσμό της ύλης και της δύναμης.

Ο Καρτέσιος προσπαθώντας να αποφύγει την έννοια της δύναμης, στην εξήγησή του για την κίνηση των πλανητών, εξήγησε τη “δράση από απόσταση” ως το αποτέλεσμα ενός υλικού πλήρους (plenum) το οποίο περιελάμβανε την κυκλική κίνηση απείρως μικρών σωματιδίων, χωρίς να καταλήγει κάπου συγκεκριμένα όμως. Ο Νεύτωνας αντίθετα δέχτηκε την ύπαρξη δράσης από απόσταση, στη θεωρία του για την βαρύτητα, και άρα και τον διαχωρισμό μεταξύ παθητικής αδρανειακής μάζας και ενεργητικής δύναμης που ευθύνεται για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ύλης και την αλλαγή της κινητικής της κατάστασης. Τελικά η σύγχυση παρέμενε. Ήταν η δύναμη το αποτέλεσμα της επαφής μεταξύ της ύλης, και άρα αποτελούσε ένα εξωτερικό φαινόμενο της ύλης; Ή είναι η δύναμη εσωτερική της ύλης και άρα και η ύλη έχει κάποιας μορφής δυναμική υπόσταση (Doran 1975, 139);

Από τον Καρτέσιο ξεκινάει μια σειρά ιδεών όπου το μοντέλο της δίνης εμφανίζετε διαρκώς για να καλύψει την ένταση μεταξύ της ασυνέχειας του μοντέλου του ατόμου και του κενού, και της δράσης από απόσταση. Αντιστρέφοντας την συνήθη μηχανική εικόνα των σωματιδίων σε κενό και αντικαθιστώντας την με αυτή των δινών σε έναν συνεχή αιθέρα, όλες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωματιδίων αποκτούσαν τον χαρακτήρα της δράσης εξ επαφής, και άρα λυνόταν ένα από τα σημαντικότερα “παράδοξα” της μηχανικής.

Ομοίως ο Leibniz, θα προτείνει μια έξοδο που θα λύνει το πρόβλημα του δυϊσμού. Θα θεωρήσει το βασικό υπόβαθρο της ύλης ως δυναμικό, παρά αδρανειακό. Θα θεωρήσει την ύλη και την δραστηριότητα ως ένα. Ο Leibniz θα προσπαθήσει να ξεπεράσει την ένταση μεταξύ συνέχειας και ασυνέχειας και της δράσης από απόσταση δίνοντας, όπως και ο Καρτέσιος, την πρωτοκαθεδρία στη συνέχεια. Η θεωρία του Leibniz βρίσκονταν ταυτοχρόνως εντός του παραδείγματος της μηχανικής και ταυτόχρονα το υπέσκαπτε, ενώ αποτέλεσε την αφετηρία για μια σειρά θεωριών ενοποίησης της φυσικής και της έννοιας της ύλης, μέσω του πεδίου. Τον απόηχο των ιδεών του Leibniz για την φύση ως δυναμική οντότητα και τον χώρο ως πλήρες δυνάμεων θα τον βρούμε ακόμα στην ρομαντική Naturphilosophie, που αποτέλεσε ένα παράδειγμα εναλλακτικό της

μηχανικής στις αρχές του 19ου αιώνα (Doran 1975, 146).

Το παράδειγμα της δίνης εντός του αιθέρα θα συνεχιστεί να προτίνεται ως λύση και κατά τον 18ο και 19ο αιώνα. Τον 18ο αιώνα ο J. Bernoulli, ο νεότερος, εξήγησε την κίνηση του φωτός υποθέτοντας έναν υγρό αιθέρα που όφειλε την ελαστικότητά του στις δίνες που εμπεριείχε. Το 1839 ο J. MacCullagh επικαλέστηκε έναν αντίστοιχο αιθέρα στην οπτική του· ενώ το 1849 ο W.J.M. Rankine χρησιμοποίησε μία υπόθεση μορίων-δινών σε μια σειρά άρθρων του για τη θερμοδυναμική (Silliman 1963, 468).

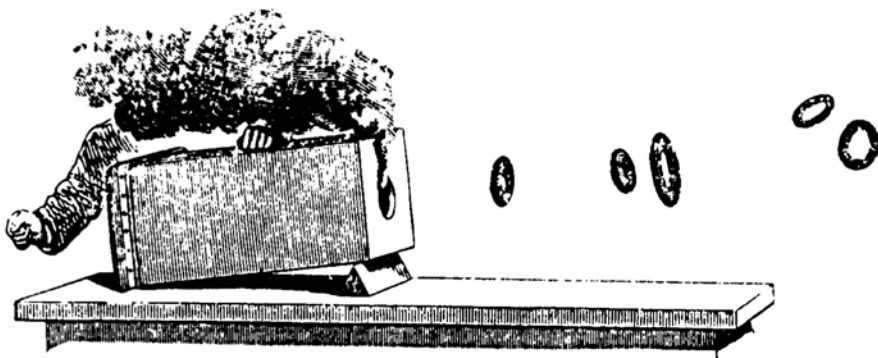
Ο W. Thomson, που πραγματοποίησε την πρώτη επίσημη παρουσίαση του ατόμου-δίνη, γνώριζε τις παρατηρήσεις του Leibniz και συμφωνούσε με τον προβληματισμό του για τη λογική ασυνέπεια των ατόμων σε κενό και της δράσης από απόσταση· και δεχόταν τη δυναμική διέξοδο που πρότεινε (Doran 1975, 183). “Δεν πιστεύω στα άτομα”, θα γράψει το 1862 (Kragh 2002, 36).

Η ιδέα του ατόμου ως “ανωμαλία” του αιθέρα ή της δύναμης, που θεωρούνταν πως γέμιζαν τον χώρο θα φτάσει στον W.Thomson μέσω της θεωρίας για το άτομο του Boscovich που το θεώρησε ως ένα σημειακό κέντρο των δυνάμεων που εκτείνονται στο χώρο (Doran 1975, 146)· του Faraday που θα αντικαταστήσει την έννοια του υλικού αιθέρα με αυτή των δυναμικών γραμμών, τέτοιων ώστε να μπορούν να υπάρξουν στο εσωτερικό των σωμάτων (Doran 1975, 170)· και του ατόμου του Rankine, το οποίο αποτελούσε ένα επιφανόμενο του, ατομικού όμως, αιθέρα (Doran 1975, 186).

Τις δύο πιο άμεσες επιρροές στο έργο του W. Thomson για το άτομο δίνη όμως θα αποτελέσει το έργο του Helmholtz στη θερμοδυναμική, και η μελέτη του P.G. Tait για τα δαχτυλίδια καπνού. Ο Helmholtz το 1858 θα παρουσιάσει μια μαθηματική πραγμάτευση των κινήσεων που μπορούν να εμφανιστούν σε ένα τέλειο, χωρίς τριβές υγρό. Αφού όρισε τι είναι ένα νήμα-δίνης, το σωληνοειδές που δημιουργείται από τις εφαπτόμενες δίνες σε κάθε σημείο μιας καμπύλης, έδειξε πως τα νήματα-δίνης σε ένα τέτοιο τέλειο υγρό συγκροτούν δαχτυλίδια. Τα δαχτυλίδια αυτά ήταν μόνιμα και σταθερά με την έννοια πως δεν μπορούν να δημιουργηθούν ή να καταστραφούν άπαξ και εμφανιστούν (Kragh 2002, 36).

Ο P.G. Tait, προσωπικός φίλος του W. Thomson, το 1867 θα κάνει μια επίδειξη με μια συσκευή που έχει κατασκευάσει που δημιουργεί δακτυλίδια καπνού [Εικόνα 3.1].

Ο W. Thomson αμέσως είδε τη σύνδεση μεταξύ του πειράματος του Tait και της θεωρίας του Helmholtz, και πιθανώς μιας θεωρίας για το άτομο. Ο W. Thomson θα γράψει στον Helmholtz στις 22/1/1867: “Η απόλυτη σταθερότητα της περιστροφής και η αναλλοίωτη σχέση που έχεις αποδεικνύει ανάμεσα σε μια ποσότητα υγρού, από τη στιγμή που αποκτά μια τέτοια κίνηση σε ένα τέλειο υγρό δείχνει ότι αν υπάρχει ένα τέτοιο τέλειο υγρό στον χώρο, που θα αποτελεί τη θεμελιώδη υπόσταση όλης της ύλης, ένας δακτύλιος δίνης θα ήταν τόσο μόνιμος όσο και τα σταθερά σκληρά άτομα που υπέθετε ο Λουκρήτιος και οι οπαδοί του (όπως και οι προκάτοχοί του) ως αποτέλεσμα των μόνιμων ιδιοτήτων των σωμάτων (όπως του χρυσού, του χαλκού κλπ) και στη διαφορά των χαρακτηριστικών τους. Έτσι, αν δύο δακτύλιοι δινών είχαν δημιουργηθεί σε ένα τέλειο υγρό ώστε να περνάει ο ένας μέσα από τον άλλο σαν τους κρίκους μιας αλυσίδας, δεν θα μπορούσαν να συγκρουστούν ή να αποχωριστεί το ένα από το άλλο, θα δημιουργούσαν ένα άφθαρτο άτομο. Όλη η ποικιλία των συνδυασμών θα μπορούσε να υπάρξει” (Kragh 2002, 38).



[Εικόνα 3.1] Η συσκευή που χρησιμοποίησε ο Tait για τη δημιουργία δακτυλίων καπνού.

(Kragh 2002, 38)

3.2 Η εμφάνιση του προγράμματος: από το 1867 ως τον J.J. Thomson

Σε μια διάλεξη του W. Thomson τον Φεβρουάριο του 1867 θα γίνει η πιο εμφανής και δημόσια κατάθεση του προγράμματος του ατόμου-δίνης. Ο W. Thomson θα συσχετίσει όλα όσα

θεωρούσε ως προβλήματα και εξελίξεις της ως τότε φυσικής σε ένα εννιαίο πρόγραμμα. Τα μαθηματικά του Helmholtz, τα δακτυλίδια καπνού του Tait, τις ατομικές υποθέσεις των Boscovich και Rankine, το πρόβλημα του συμπαγούς ατόμου, το φάσμα των ουσιών, που υποδείκνυε πως το άτομο έχει εσωτερική δομή, θα συσχετιστούν σε μία ενιαία λύση, αυτή του προγράμματος του ατόμου-δίνη.

Σε αυτή την ίδια τη διάλεξη ο W. Thomson θα καταθέσει και τις θρησκευτικές προεκτάσεις του προγράμματός του. Αναφερόμενος στην αφθαρσία αυτών των δακτυλίων, συμπέρανε πως ο μόνος τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαν να δημιουργηθούν θα ήταν μέσω της “παρέμβασης μιας δημιουργού δύναμης” (Kragh 2002, 39).

Στους επόμενους μήνες από την παρουσίαση του ατόμου-δίνη ο W. Thomson θα ασχοληθεί με τη μαθηματική θεμελίωση του προγράμματός του, μια προσπάθεια να εξειδικεύσει τη μαθηματική πραγμάτευση του Helmholtz στο άτομο-δίνη. Αυτή η δουλειά “γίνεται για να επιδειχθεί η υπόθεση πως ο χώρος είναι κατειλημμένος πλήρως από ένα ασυμπίεστο τέλει υγρό που δεν επηρεάζεται από καμία δύναμη, και πως τα υλικά φαινόμενα κάθε είδους εξαρτώνται αποκλειστικά από αυτό το υγρό” θα γράψει (Kragh 2002, 40).

Βλέπουμε λοιπόν πως ήδη από τα πρώτα του βήματα το άτομο-δίνη έθετε δύο βασικές παραδοχές ως στόχους του: τη συμβατότητα της θεωρίας με τη θρησκεία ή τουλάχιστον με κάποιου είδους “φυσικής θεολογίας”, και δεύτερον, την αφυλοποίηση της ύλης ή τουλάχιστον την υπαγωγή της ύλης σε ένα επιφανόμενο του αιθέρα. Και οι δύο παραδοχές σίγουρα κινούνταν προς την αντίθετη κατεύθυνση από τον υλισμό και την αθεΐα.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να εξετάσουμε το ερώτημα κατά πόσο η υπαγωγή της ύλης στον αιθέρα αποτελεί απομάκρυνση από την εικόνα της μηχανικής. Ο αιθέρας είναι μια έννοια που συναντάται ήδη στο έργο του Νεύτωνα, και αποτελούσε ένα απαραίτητο συστατικό της μηχανικής. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ όμως πως ο αιθέρας, όπως εννοούνταν στην μηχανική από την εποχή Νεύτωνα μέχρι και το πρώτο μισό του 19ου αιώνα, ήταν ένας αιθέρας με κάποιου είδους ατομική σύνθεση, ένας αιθέρας “κοκκιώδης” με σωματίδια και κενό (Doran 1975, 140). Το τέλει

υγρό για το οποίο μιλάει εδώ ο W. Thomson είναι αρκετά διαφορετικό από αυτόν τον κλασικό αιθέρα. Η έννοια του αιθέρα, τις τελευταίες τρεις δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα, εξαιτίας του ηλεκτρομαγνητισμού αλλά και του ατόμου-δίνη, υπέστη έναν μετασχηματισμό χάνοντας σταδιακά τα κλασικά χαρακτηριστικά του. Η ιστορικός της επιστήμης B.G. Doran αναφέρεται σε αυτήν την έννοια του αιθέρα στα τέλη του 19ου αιώνα:

Ο Maxwell όπως και ο Thomson καθώς και άλλοι Βρετανοί φυσικοί, αποκαλούσαν τον αιθέρα “υλική ουσία” γιατί είχε ένα από τα χαρακτηριστικά της ύλης, την αδράνεια. Αλλά οι Βρετανοί φυσικοί αντιλαμβάνονταν την αδράνεια του αιθέρα ως μια μη μηχανική έννοια, διαφορετική από την αδράνεια της ύλης [...] Αυτή η ιδιότητα του αιθέρα θεωρείται ως απόδειξη ότι οι Βρετανικός αιθέρας δεν αποτελούσε καθαρή ή πραγματική έκφραση του πεδίου αλλά μια μηχανική ουσία. Το 1884 ο Stokes θα διευκρινίσει την έννοια της αδράνειας του αιθέρα “[...] Όταν μιλάω για αυτό το μέσο ως υλικό, εννοώ ότι πρέπει να διαθέτει το χαρακτηριστικότερο χαρακτηριστικό της ύλης, την αδράνεια, και αυτό σημαίνει πως απαιτείται πεπερασμένος χρόνος για να παραχθεί σε πεπερασμένο χώρο μια ταχύτητα”. Η αδράνεια του αιθέρα είναι αυτή η ιδιότητα που υποχρεώνει τη μετάδοση δια μέσω αυτού να παίρνει συγκεκριμένο χρόνο και να μην συμβαίνει ακαριαία. [...] Ο Einstein, όπως και οι Βρετανοί φυσικοί, απέρριπτε την δράση από απόσταση και απαιτούσε ένα πεδίο διαμέσου του οποίου η δράση μεταδίδεται. Ο αιθέρας των Βρετανών, ακόμα και διαθέτοντας αδράνεια, δεν είναι πιο μηχανικός από το πεδίο του Einstein. [...] Ήδη τελείως απομηχανοποιημένος και απόλυτα ταυτόσημος με το σύγχρονο πεδίο, ο αιθέρας του 1880 είχε αναγνωριστεί ως η βάση για μια νέα εικόνα του κόσμου (Doran 1975, 206, 209-210).

Αν δεχτούμε τη θέση της Doran για τον αιθέρα, τότε η κίνηση του W. Thomson να υπαγάγει το σύνολο της ύλης σε έναν τέτοιο αιθέρα αποτελούσε μια πλήρη αναστροφή των αρχών της μηχανικής εικόνας.

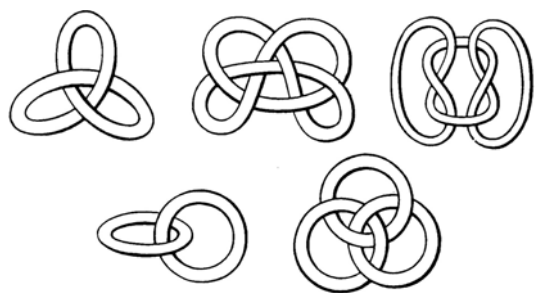
Τη μη μηχανική κατάσταση του αιθέρα μπορούμε να την εντοπίσουμε και στα λόγια μεγάλων ονομάτων της επιστημονικής κοινότητας της εποχής. Έτσι ο O. Lodge θα περιγράψει τον

αιθέρα το 1883 ως «μια συνεχή ουσία που πληροί όλο τον χώρο· που μπορεί να δονείται σαν φως· που μπορεί να χωριστεί σε θετικό και αρνητικό ηλεκτρισμό· που περιστρεφόμενη συνιστά την ύλη· και που μεταδίδει μέσω της συνέχειάς του, και όχι μέσω κρούσεων, κάθε δράση και αντίδραση για την οποία η ύλη είναι ικανή» (Kragh 2002, 51).

Η έννοια του ατόμου-δίνη, υποστηριζόμενη από το κύρος του W. Thomson, προκάλεσε στην Αγγλία ένα έντονο ενδιαφέρον, όπου δεκάδες από τα μεγαλύτερα ονόματα της εποχής, κατά κύριο λόγο εκπαιδευμένα στο Cambridge, εργάστηκαν για να εξειδικεύσουν και να εφαρμόσουν το άτομο-δίνη σε διάφορους τομείς. Ιδιαίτερη ώθηση έδωσε η εικόνα του ατόμου-δίνη στα μαθηματικά (Kragh 2002, 42).

Χαρακτηριστική είναι η θεωρία των κόμπων που αναβίωσε από τους W. Thomson και Tait στην δεκαετία του 1870. Η θεωρία του W. Thomson δεν απαιτούσε πουθενά οι ατομικές δίνες να είναι κυκλικού σχήματος, αντίθετα αν η θεωρία ήθελε να απαντήσει στα προβλήματα που έθεταν τα ατομικά φάσματα θα έπρεπε να αναπτυχθεί μια πιο σύνθετη δομή. Έτσι ο Tait ασχολήθηκε με τα μαθηματικά μιας τέτοιας πιθανής τοπολογίας του ατόμου αντιστοιχώντας διάφορους τέτοιους “κόμπους” με τα άτομα, ή συσχετίζοντας διάφορους “κόμπους” με μόρια. Η θεωρία αυτή έβρισκε σύμφωνο και τον ίδιο τον W. Thomson [Εικόνα 3.2].

Το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη σύντομα περιελάμβανε μια ολόκληρη σειρά από παραλλαγές της αρχικής θεωρίας όπου μελετούνται σφαιρικές δίνες ή κυλινδρικές δίνες. Και εδώ, όπως και στην περίπτωση των “κόμπων”, και των μαθηματικών της υδροδυναμικής των δινών, σύντομα εξελίχθηκε σε έναν αυτοτελή κλάδο των μαθηματικών αποσπασμένο από την αρχική του καταγωγή από το άτομο-δίνη, όπου και συνέχισε να εξελίσσεται μέχρι και αρκετά αργότερα στον 20ο αιώνα (Kragh 2002, 45, 48).



[Εικόνα 3.2] Κάποιοι από του “κόμπους” που πρότεινε ο ίδιος ο W.Thomson το 1869

(Kragh 2002, 46).

3.3 Οι συγγένειες του ατόμου-δίνη με τις ιδεολογίες της Αγγλίας του 19ου αιώνα

Η θεωρία του ατόμου-δίνη ήταν μια επιστημονική θεωρία, πήγαζε από άλλες παλιότερες επιστημονικές θεωρίες και ερχόταν να απαντήσει σε επιστημονικά ερωτήματα. Παρ’ όλα αυτά η θεωρία είχε και μια ακόμα πτυχή, την ιδεολογική συμπόρευση με το κυρίαρχο πολιτισμικό περιβάλλον, και κυρίως με έννοιες όπως η ενότητα, η συνέχεια και ο αντιυλισμός: “κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα η καθιερωμένη αρμονία μεταξύ επιστήμης και θρησκείας δέχτηκε επίθεση από αγνωστικιστές ή ‘επιστημονικούς φυσιοκράτες (naturalists)’ που υποστήριζαν πως ο υλικός και ο πνευματικός κόσμος ήταν ολοκληρωτικά διαχωρισμένες σφαίρες. Ό,τι ήταν να εξηγηθεί, υποστήριζαν, θα μπορούσε να εξηγηθεί αναφορικά με την ύλη και την ενέργεια” (Kragh 2002, 86). Ο μη υλικός χαρακτήρας της θεωρίας του ατόμου-δίνη δεν ήταν συμβατός με τον επιστημονικό αγνωστικισμό, και αυτό ήταν κάτι που προσέδιδε κύρος στη θεωρία αυτή.

Ταυτόχρονα, και καθώς ο αιθέρας σταδιακά απέβαλε τα μηχανικά χαρακτηριστικά του, αποκτούσε όλο και περισσότερο μεταφυσικές, πνευματιστικές και θρησκευτικές ποιότητες. “Τα σωματίδια που ενσωματώνονται στον αιθέρα δεν είναι ανεξάρτητα από αυτόν, σχετίζονται άμεσα, πιθανώς να κατάγονται από αυτόν: Δεν είναι σαν κόκκοι άμμου διαλυμένοι σε νερό, μοιάζουν περισσότερο με μικροσκοπικούς κρυστάλλους δημιουργημένους από ένα μητρικό υγρό [...] Ο Αιθέρας είναι το κύριο μέσο του μυαλού, το όχημα της ψυχής, η κατοικία του πνεύματος. Πραγματικά θα μπορούσαμε να το αποκαλέσουμε τη ζωντανή εμφάνιση του θεού”, θα επιμείνει ο O. Lodge ακόμα και το 1925 (Kragh 2002, 32). Όπως έγραφε και ο FitzGerald το 1888: “Η

υποβάθμιση της ύλης στην κίνηση και τη δυναμική και κινητική ενέργεια, βασίζεται και σε μεταφυσικά θεμέλια” (Kragh 2002, 51). Τα θεμέλια αυτά ήταν η συμφιλίωση της επιστήμης με την θρησκεία και τη μεταφυσική και η αντεπίθεση της επιστήμης στον υλισμό.

Ίσως από τις χαρακτηριστικότερες των περιπτώσεων ήταν το βιβλίο *The unseen universe* των B. Stewart και Tait το 1875. Σε αυτό υποστηρίζουν την ύπαρξη ενός παράλληλου μη υλικού κόσμου, στον οποίο εδράζονται οι πνευματικές δυνάμεις. Σε αυτό το αόρατο σύμπαν βρίσκονται οι δυνάμεις και η διάνοια που δημιούργησε το ορατό σύμπαν. Το βιβλίο των Stewart και Tait προκάλεσε έντονη συζήτηση στους επιστημονικούς κύκλους της εποχής, και ενώ από άλλους κατηγορήθηκε ως προσπάθεια αναβίωσης της φυσικής θεολογίας, από άλλους δέχτηκε επαίνους ακριβώς για τον ίδιο λόγο (Kragh 2002, 88).

Ως μέρος του έργου τους οι Stewart και Tait θα εξετάσουν μια σειρά από μοντέλα του ατόμου της εποχής τους, το συμπαγές άτομο, το άτομο του Bosconich, το επ' άπειρο διαιρετό άτομο, και το άτομο-δίνη του Kelvin. Θα δουν στη θεωρία του ατόμου-δίνη ένα από τα πιο συμβατά με τη θεωρία τους, και τους σκοπούς τους, μοντέλα του ατόμου, αλλά δεν θα πάρουν καταληκτική θέση· θεωρώντας πως δεν απαντώνται όλα τα προβλήματα του υλισμού με αυτή τη θεωρία και πως ίσως στο μέλλον να εμφανιστούν άλλες εξίσου συμβατές θεωρίες με τη δικιά τους. Έτσι θα γράψουν:

Η ιδέα του William Thomson υποστηρίζει πώς αυτό που αποκαλούμε ύλη συνίσταται από στροβιλιζόμενα μέρη ενός τέλει υγρού που γεμίζει συνεχώς τον χώρο. Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει την αναγκαιότητα μίας πράξης δημιουργίας για την παραγωγή ή την καταστροφή του μικρότερου μέρους της ύλης, μιας και η περιστροφή μπορεί να παραχθεί ή να καταστραφεί από εμάς σε ένα υγρό εξαιτίας του ιξώδους του (ή της εσωτερικής τριβής), αλλά σε ένα τέλει υγρό δεν υπάρχει κάτι τέτοιο. Φυσικά μπορεί να αντιτάξει κανείς σε αυτή τη θεωρία ότι ίσα που μετατοπίζει το πρόβλημα ένα βήμα πίσω. Στο τέλος, το να εξηγήσει κανείς αυτό που ονομάζουμε ύλη ως την κίνηση κάποιας ουσίας που έχει την ιδιότητα της αδράνειας, μοιάζει να μας καλεί να την αποκαλέσουμε υλική και αυτή. Αναφέραμε αυτή την

τελευταία υπόθεση για τη φύση της ύλης για τρεις λόγους: Πρώτον γιατί θα κάνουμε εκτεταμένη χρήση στο επιχείρημα, χάριν παραδείγματος· δεύτερον, γιατί υποδεικνυε μια συνολική οπτική για τη μορφή της ύλης· και τρίτον γιατί δείχνει την πιθανότητα μιας θεωρίας του ατόμου που δεν απαιτεί ούτε για την τέλεια ελαστικότητα την ασύλληπτη ιδιότητα της τέλει σκληρότητας που περιλαμβάνει το άτομο του Λουκρήτιου (Steward, Tait 1881, 141).

Βλέπουμε στο παραπάνω απόσπασμα τα ζητούμενα ακόμα και των ίδιων των δημιουργών του ατόμου-δίνη: Την αναγκαιότητα μιας πράξης δημιουργίας, την υποβάθμιση της θεωρίας του ατόμου, και την αφυλοποίηση της έννοιας της ύλης. Ενώ διατηρώντας μια επιστημονική στάση αναμένουν την εγκατάλειψη και του τελευταίου απόηχου της μηχανικής φύσης του αιθέρα, της αδράνειας, και έτσι η χρήση του ατόμου-δίνη δεν τους δεσμεύει, αλλά αντίθετα εμφανίζεται “χάριν παραδείγματος”. Πράγματι η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου θα είναι πιο χρήσιμη για τέτοιους σκοπούς από τον αιθέρα.

3.4 Το άτομο-δίνη στο Αγγλικό εκπαιδευτικό σύστημα

Θα κάνουμε μια σύντομη στάση σε αυτό το σημείο για να αναφερθούμε στο Αγγλικό εκπαιδευτικό σύστημα και ειδικότερα στις εξετάσεις tripos του Cambridge. Αυτός ο διαγωνισμός που διοργάνωνε το Cambridge κάθε χρόνο αποτελούσε μια δοκιμασία εννέα ημερών, και σκοπό είχε να αναδειχθούν οι ικανότεροι σπουδαστές στον τομέα των μαθηματικών και της μαθηματικής φυσικής. Αξίζει να σημειώσουμε πως ένα μεγάλο μέρος των επιστημόνων της Αγγλίας του τέλους του 19ου αιώνα που ασχολήθηκε με τον αιθέρα και το άτομο-δίνη είχε αποφοιτήσει από το Cambridge και είχε περάσει ή κερδίσει στη διαδικασία του tripos. Η επιτυχία στο tripos συνοδευόταν από σημαντική αύξηση στο κύρος του επιτυχόντα (Goldberg 1985, 237).

Είναι προφανές πως το πρόγραμμα σπουδών του Cambridge και οι εξετάσεις του tripos καθόριζαν σε μεγάλο βαθμό την εκπαίδευση και τον τρόπο σκέψης των νεαρών Βρετανών επιστημόνων. Η σύνδεση του ατόμου-δίνη με τις εξετάσεις του tripos προσέδιδε στη θεωρία εξαιρετική αντοχή στο χρόνο και μετατροπή της σε ένα ισχυρό υπόδειγμα στην κοινότητα των

επιστημόνων.

Μερικά παραδείγματα από τα θέματα του τρίτος είναι αποκαλυπτικά. Έτσι κάποια από τα θέματα της περιόδου 1900-1909 είχαν τις εξής διατυπώσεις:

Διερευνήστε με τη βοήθεια ενός διανυσματικού δυναμικού την έκφραση του Helmholtz σχετικά με την ταχύτητα ενός ρευστού που βρίσκεται σε κίνηση δίνης.

Υποθέτοντας ότι ο ρυθμός περιστροφής σε οποιοδήποτε σημείο ενός κυκλικού δακτυλίου δίνης πεπερασμένης διατομής είναι ανάλογος προς την απόσταση του σημείου από τον άξονα του δακτυλίου, να αποδείξετε ότι το διανυσματικό δυναμικό σε οποιοδήποτε σημείο P σχηματίζει ορθή γωνία με το αξονικό επίπεδο που διέρχεται από το P, και είναι ίσο σε μέγεθος με την τιμή που έχει το βαρυτικό δυναμικό του δακτυλίου στο P [...]

Απλοποιήστε τη διατύπωση της συνάρτησης ροής στην περίπτωση της σφαιρικής δίνης του Hill και εκφράστε την ταχύτητα μεταφοράς ως προς την ένταση της δίνης (Goldberg 1985, 238).

Ενώ μια από τις επαναλαμβανόμενες ερωτήσεις ήταν: «Περιγράψτε τη θεωρία των Helmholtz και Lord Kelvin περί της κίνησης δίνης» (Goldberg 1970b, 122).

4. Προβλήματα στο άτομο-δίνη και μετάβαση στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας (J.J. Thomson, Larmor)

4.1 Προβλήματα στο πρόγραμμα του ατόμου-δίνη

Στα τέλη της δεκαετίας του 1880 το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη είχε αρχίσει σιγά σιγά να χάνει τη δυναμική του. Μια σειρά από προβλήματα που είχε συναντήσει καθώς και η δυσκολία να απαντηθούν, όπως και ο *ad hoc* χαρακτήρας των όποιων απαντήσεων, μπορεί να μην οδήγησε ποτέ στην απευθείας διάψευσή του, αλλά σταδιακά όλο και λιγότεροι το υποστήριζαν ή έβλεπαν σε αυτό τη θεωρία που θα έλυνε τα επιστημονικά προβλήματα της εποχής. Κατά το τέλος της δεκαετίας το ενδιαφέρον για αυτό προερχόταν κατά κύριο λόγο από τους μαθηματικούς και τα μαθηματικά προβλήματα που έθετε και όχι από την κοινότητα των φυσικών. Το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη είχε αρχίσει να αποκτά τα χαρακτηριστικά ενός, κατά Lakatos, εκφυλιζόμενου ερευνητικού προγράμματος.

Η πραγμάτευση της θεωρίας του ατόμου-δίνη, σε όποιο βαθμό και να ήταν συμβατή με τις ιδέες της εποχής, δεν ήταν μια θεωρία, μόνο “ιδεολογική” ή επιβληθείσα μόνο από “εξωτερικούς παράγοντες”. Αντίθετα, πέρα από όποια αντιστοιχία μπορεί να δει κανείς με το πολιτισμικό περιβάλλον της εποχής, η θεωρία του ατόμου-δίνη υιοθετήθηκε από επιστήμονες γιατί έδινε απαντήσεις σε επιστημονικά ερωτήματα της εποχής (όπως η κίνηση της ύλης στον αιθέρα) ενώ αντίστοιχα άρχισε να εγκαταλείπεται σταδιακά εξαιτίας των πειραματικών και θεωρητικών προβλημάτων της.

Τρία από τα κεντρικότερα προβλήματα του ατόμου-δίνη ήταν τα εξής: Πρώτον, ενώ, σε αντίθεση με την ανταγωνιστική θεωρία του συμπαγούς ατόμου, μπορούσε να εξηγήσει την ποικιλία και πολυπλοκότητα των φασματικών γραμμών των αερίων, που υποδείκνυαν μια δομή πολύ πιο σύνθετη, παρόλα αυτά δεν κατάφερνε να καταλήξει σε μια εξήγηση που να μην περιλαμβάνει αυθαιρεσία στο μέγεθος του ατόμου-δίνη. Οι φασματικές γραμμές θεωρούνταν το αποτέλεσμα της παλμικής ταλάντωσης του ατόμου-δίνης, η θεωρία του ατόμου-δίνη όμως δεν έδινε καμία εξήγηση για το μέγεθος των ατόμων, και θα περίμενε κανείς μια συνεχή κατανομή στα μεγέθη τους. Έτσι, αν

και εξηγούταν η πολυπλοκότητα των γραμμών δεν εξηγούταν η συγκεκριμένη μορφή τους. Δεύτερον, δεν εξηγούνταν οι δυνάμεις μεταξύ των ιόντων· αν οι δυνάμεις αποδίδονταν στην υδροδυναμική δράση μεταξύ δύο δινών τότε θα έπρεπε όλα τα υλικά να έχουν μαγνητικές ιδιότητες, κάτι που προφανώς δεν συνέβαινε. Τρίτον θα περίμενε κανείς το άτομο-δίνη να αυξάνει σε μέγεθος και να μειώνεται η ταχύτητά του με την αύξηση της θερμοκρασίας, κάτι που ερχόταν σε προφανή αντίθεση με τα συμπεράσματα της θερμοδυναμικής (Darrigol 2002, 250). Τέλος η εξήγηση των ηλεκτρικών δυνάμεων με βάση το άτομο-δίνη έδινε δυνάμεις αντίθετου πρόσημου από το αναμενόμενο (Darrigol 2002, 337).

Αν και όλα τα παραπάνω θα μπορούσαν να θεωρηθούν περισσότερο ανωμαλίες στη θεωρία παρά διαψεύσεις, αυτό που βάρυνε αποφασιστικά ήταν η ανικανότητά του να δώσει μία εξήγηση της βαρύτητας. Ο Tait το 1876 θα γράψει, χαρακτηριστικά: “Η θεωρία του ατόμου-δίνη πρέπει να απορριφθεί αυτοστιγμεί αν αποδειχτεί ανίκανη να εξηγήσει αυτόν τον μεγάλο νόμο της φύσης” (Kragh 2002, 55). Τελικά ακόμα και ο W. Thomson άρχισε να απομακρύνεται από την θεωρία που ο ίδιος είχε προτείνει. Δεν είναι βέβαιο το σημείο στο οποίο έγινε αυτή η αλλαγή, όμως το 1898 έγραφε πως “φοβάμαι πως δεν είναι δυνατόν να εξηγήσει κανείς όλες τις ιδιότητες της ύλης με βάση τη θεωρία του ατόμου-δίνη και μόνο, δηλαδή απλώς από την κίνηση ενός ασυμπίεστου υγρού” (Kragh 2002, 75). Τελικά ο W. Thomson το 1902, στο άρθρο του “aepinus atomized”, θα εγκαταλείψει πλήρως το μοντέλο του ατόμου-δίνη για ένα νέο μοντέλο που, παραπέρα εξελισσόμενο από τον J.J. Thomson, θα γίνει η αφετηρία της σκέψης που θα καταλήξει στη σύγχρονη οπτική του ατόμου.

4.2 J. Larmor και J.J. Thomson· από το άτομο-δίνη στην ηλεκτρομαγνητική μάζα

Καθώς όμως το ενδιαφέρον απομακρυνόταν από το άτομο-δίνη, ακόμα και από τον αρχικό εμπνευστή του, τον Λόρδο Kelvin, δύο επιστήμονες, ο J. Larmor και ο J.J. Thomson θα ασχοληθούν με αυτό. Οι δύο αυτοί επιστήμονες θα μας απασχολήσουν σε αυτό το σημείο για δύο λόγους.

Ο πρώτος είναι πως και οι δύο είχαν μια ιδιαίτερα κοινή διαδρομή. Και οι δύο κατάγονταν από το πανεπιστήμιο του Cambridge, όπου μάλιστα πέρασαν από τις εξετάσεις του tripos, με ό,τι αυτό συνεπάγεται όπως εξηγήσαμε λίγο πιο πάνω, και μάλιστα την ίδια χρονιά καταλαμβάνοντας ο πρώτος την πρώτη θέση, ενώ ο δεύτερος τη δεύτερη. Και οι δύο στην αρχή της σταδιοδρομίας τους ενεπλάκησαν στο πρόγραμμα του ατόμου-δίνη, αν και από αρκετά διαφορετική σκοπιά. Και οι δύο βραβεύτηκαν με το ίδιο βραβείο (Adams prize) για την προσπάθειά τους να απαντήσουν σε παρόμοιους προβληματισμούς: τη φύση της ύλης και τα δομικά της χαρακτηριστικά. Τέλος και οι δύο έμειναν στην ιστορία για την εμπλοκή τους στην ανακάλυψη/κατασκευή του ηλεκτρονίου, ενός “ηλεκτρονίου” με χαρακτηριστικά περισσότερο κοντά στην εποχή του, παρά με το “ηλεκτρόνιο” του 20ου αιώνα, το οποίο το έβλεπαν ως σημειακή διαταραχή του αιθέρα και συνδεδεμένο με την έννοια της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, μια έννοια που πρότεινε ο ίδιος ο J.J. Thomson το 1881.

Έτσι ερχόμαστε στον δεύτερο λόγο για τον οποίο η ιστορία των J.J. Thomson και J. Larmor μας ενδιαφέρει ιδιαίτερος εδώ. Θα μπορούσε να δει κανείς την ανακάλυψη/κατασκευή του ηλεκτρονίου στα τελευταία χρόνια του 19ου αιώνα, ως μια ενδιάμεση “περιοχή” μεταξύ των επιστημονικών θεωριών, αντιλήψεων και παραδοχών που κυριάρχησαν στην περίοδο του fin de siecle και τη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας που συζητήθηκε στις αρχές του 20ού. Η μετακίνηση των J.J. Thomson και J. Larmor από το άτομο-δίνη στο ηλεκτρόνιο ως δομικό λίθο της ύλης, και από εκεί στους προβληματισμούς για την ηλεκτρομαγνητική μάζα, δείχνει τη συνέχεια, ή μάλλον την “εξέλιξη”, της έννοιας του ατόμου-δίνη στην έννοια του ηλεκτρονίου. Μια συνέχεια στην οποία ο αιθέρας χάνει σταδιακά όσα μηχανικά χαρακτηριστικά του είχαν απομείνει, για να τα αντικαταστήσει με ηλεκτρομαγνητικά, διατηρώντας όμως το, τόσο χαρακτηριστικό για την εποχή του fin de siecle, πνεύμα της “αφυλοποίησης” της ύλης και της μετατροπής της σε ένα επιφανινόμενο του αιθέρα/πεδίου.

4.2.1 J. Larmor, μια θεωρία για την ύλη

Ο Larmor αποφοίτησε από το Cambridge το 1880 βγαίνοντας πρώτος στις εξετάσεις του

trípos, και από το 1885 δίδασκε στο ίδιο πανεπιστήμιο. Από την πρώτη στιγμή υποστήριξε την θεωρία του ατόμου-δίνη και τις σχετικές θεωρίες του αιθέρα. Ενώ ενδιαφέρθηκε για το ζήτημα της συγκρότησης της ύλης και της σχέσης ύλης-αιθέρα.

Αρχικά ασχολήθηκε με την θεωρία του Maxwell. Ο Larmor δεν ήταν ικανοποιημένος με μια μακροσκοπική μαθηματική περιγραφή του μηχανισμού του ηλεκτρομαγνητισμού, και το 1892 άσκησε κριτική στον Maxwell για την έλλειψη συγκεκριμένων αναφορών για τη δομή του αιθέρα, τη δομή της ύλης και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών των δομών και των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων (Bordoni 2011, 38). Έτσι προσπάθησε να φέρει μικροσκοπικές περιγραφές και εικόνες που θα αντιστοιχούσαν στη θεωρία· ήθελε μια “δυναμική” εξήγηση του ηλεκτρομαγνητισμού. Για να το πετύχει αυτό επανέφερε τον λιγότερο μηχανικό και περισσότερο μαθηματικό αιθέρα του MacCullagh και προσπάθησε μέσα σε αυτόν να αποδείξει τη μαθηματική ευστάθεια δομών σαν το άτομο-δίνη του W. Thomson.

Την προσπάθειά του να συνενώσει αυτές τις τρεις θεωρίες, δηλαδή το άτομο-δίνη του W. Thomson, τον αιθέρα του MacCullagh και τη θεωρία του Maxwell για τον ηλεκτρομαγνητισμό, τις παρουσίασε σε μια σειρά τριών άρθρων που δημοσιεύτηκαν μεταξύ του 1893-1897 στο περιοδικό *Philosophical Transactions* με τίτλο “A dynamical theory of the electric and luminiferous medium” [μια δυναμική θεωρία του ηλεκτρικού και φωτοφόρου αιθέρα]. Αυτή η σειρά άρθρων αποτελεί και το κεντρικό έργο του Larmor μιας και κατά την έκδοση και μέσω των παρατηρήσεων που του άσκησε ο FitzGerald σταδιακά εγκαταλείπει το άτομο-δίνη για να προτείνει το ηλεκτρόνιο.

Προσπαθώντας να περιγράψει τις ιδιότητες της ύλης με όρους ενός περιστροφικά ελαστικού αιθέρα, γράφει πως κάθε θεωρία που θέλει να πετύχει μια τέτοια αναπαράσταση θα πρέπει “να λαμβάνει υπόψιν ότι είναι γνωστό στο θέμα της σύνδεσης μεταξύ αιθέρα και ύλης, τόσο τα φαινόμενα της αστρονομικής αποπλάνησης [aberration] του φωτός όσο και των πρόσφατων πειραματικών ερευνών [εννοώντας τα πειράματα των Michelson-Morley του 1881, 1886 και 1887] όσον αφορά την κίνηση του αιθέρα σχετικά με τη γη και σχετικά με διαφανή κινούμενα σώματα” (Darrigol 2002, 240· Larmor 1894, 772). Προϋποθέσεις που συνδεόντουσαν με τη θεωρία του

ατόμου-δίνη, καθώς σε αυτήν έβλεπε την απαραίτητη σύνδεση μεταξύ αιθέρα-ύλης αλλά και ότι “έλυνε το πρόβλημα της ακτινοβολίας”, το πως γίνετε, δηλαδή, η ύλη να παράξει, τη θεωρούμενη ως το αντίθετό της, ακτινοβολία, και πως ένα υλικό μέσο μπορεί “να είναι τόσο ελαστικό ώστε να δέχεται την κίνηση των ουρανίων σωμάτων χωρίς την παραμικρή αντίσταση” (Doran 1975, 237).

Έτσι η αρχική εικόνα βασιζόταν έντονα στη θεωρία του ατόμου-δίνη. “Αν φανταστούμε μια θεωρία των ατόμων βασισμένη σε ένα δακτύλιο δίνης, κατά την οποία η ταχύτητα του αρχέγονου υγρού αναπαριστά τη μαγνητική δύναμη, και τα άτομα με συνήθεις δίνες χωρίς πυρήνα, θα έχουμε κάνει ένα βήμα προς μια πιο συνεκτική περιγραφή των φυσικών φαινομένων” γράφει. Η στήριξη προς το άτομο-δίνη είναι παραπάνω από εμφανής. Η αναπαράσταση όμως παρέμενε ακόμα μερική και τα προβλήματα αρκετά. Έτσι ακριβώς ο Larmor συνεχίζει: “Σε ένα τέτοιο υγρό οι δίνες θα ενώνονται μεταξύ τους σε μόρια και μοριακές ομάδες, οι δίνες της κάθε ομάδας θα τείνουν παρόλα αυτά να συμπεριφέρονται σαν στοιχειώδεις μαγνήτες, κι έτσι αντί να εξουδετερώνει το ένα τη μαγνητική επιρροή του άλλου, θα τείνει να την ενισχύει. Κατ' αυτή την οπτική οι ουσίες θα πρέπει να είναι κατά ίδιο τρόπο μαγνητικές σε όλες τις θερμοκρασίες αντί να επιδεικνύεται, όπως κάνει ο σίδηρος, μια ξαφνική απώλεια του μαγνητισμού τους. Θα πρέπει έτσι να βρούμε μια άλλη σχέση για τα άτομα του μορίου, επιπροσθέτως του υδροδυναμικού και τουλάχιστον της ίδιας τάξης μεγέθους” (Larmor 1894, 765). Άλλο ένα πρόβλημα του μοντέλου του ατόμου-δίνη προστίθεται σε όλα τα υπόλοιπα.

Αρχικά ο Larmor δεν θεώρησε κανένα από τα προβλήματα αυτά αποτρεπτικό ή πως διαψεύδει τη θεωρία του, κι έτσι έστειλε το άρθρο για δημοσίευση, προτείνοντας διάφορες ad hoc λύσεις για όλα τα παραπάνω προβλήματα. Για παράδειγμα, για να εξηγήσει το αντίθετο από το αναμενόμενο πρόσημο στις μαγνητικές δυνάμεις πρότεινε ταλαντώσεις του αιθέρα γύρω από κάθε ρεύμα που αποκαθιστούσαν το σωστό πρόσημο στις μαγνητικές δυνάμεις και εξηγούσαν την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Όπως αναφέρει ο ιστορικός Buchwald: “Ο Larmor αντικατέστησε τις αντιφάσεις με μυστήρια” (Darrigol 2002, 338).

Στην περίοδο μεταξύ της συγγραφής του αρχικού άρθρου και της δημοσίευσής του ο

Larmor θα αλληλογραφήσει με τον FitzGerald επάνω στα προβλήματα του ατόμου-δίνη. Θα γράψει ο FitzGerald: “Δεν βλέπω πού απαιτείς μια διακριτή δομή πέρα από το ότι λες πως χρειάζεται μια τέτοια ώστε να καταστούν τα ηλεκτρικά ρεύματα κλειστά. Παρόλα αυτά νομίζω πως η ηλεκτρόλυση και άλλα φαινόμενα αποδεικνύουν την ύπαρξη αυτής της διακριτής δομής, και πως θα πρέπει να καταστεί απαιτητή [...] Λες πως τα ηλεκτρικά ρεύματα είναι ανοιχτές δίνες αλλά δεν βλέπω πώς αυτό συνεπάγεται μια μοριακή δομή, γιατί στην ύλη η ανοιχτότητα μπορεί να αποτελεί μια συνεχή ιδιορρυθμία [peculiarity]” (Arabatzis 2006, 88). Αυτό δηλαδή που ζητάει ο FitzGerald από τον Larmor, είναι πως αν και κάποιου είδους σωματιδιακή φύση του ηλεκτρισμού προκύπτει από την πειραματική πραγματικότητα, ο ίδιος δεν την έχει συμπεριλάβει με απαραίτητο τρόπο στη θεωρία του, αλλά μόνο επιπροσθέτως. Ακόμα εξετάζει το πως θα μπορούσε μια τέτοια διακριτή δομή να συμπεριληφθεί μέσα σε μια παράδοση που τονίζει τη συνέχεια και τον αιθέρα έναντι μιας σωματιδιακής, ασυνεχούς οπτικής.

Ο Larmor θα δεχτεί αυτές τις παρατηρήσεις και σε μία σειρά προσθηκών στο αρχικό άρθρο θα προχωρήσει σε αλλαγές όπου τελικά θα εισαγάγει την έννοια του ηλεκτρονίου. Έτσι σε μια αρχική προσθήκη τον Ιούνιο του 1894 θα γράψει “Όπως παρουσιαζόταν η θεωρία ως τώρα οι ηλεκτρικές εκκενώσεις αναπαριστώνταν ως διαταραχές στην ελαστικότητα του αιθέρα κατά τη διαδρομή της εκκένωσης, και αυτό ήταν ίσως το πιο αφύσικο χαρακτηριστικό της παρούσας περιγραφής [scheme]”. Η αλλαγή που θα προτείνει, θα επαναφέρει τη συζήτηση στο αρχικό της σημείο, στο πρόβλημα δηλαδή του πώς μπορεί να εξαχθεί η συνέχεια από την ασυνέχεια και το αντίστροφο, μια συζήτηση που, όπως είδαμε, ξεκινάει από τη διαμάχη του Leibnitz με τον Νεύτωνα.

Το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό σχετικά με τη κατανομή της ύλης στο σύμπαν είναι πως ενώ συνενώνεται σε μεγάλες ποσότητες, σε αρκετά, αν και διαχωρισμένα σημεία, παρόλα αυτά, αποτελείται σχεδόν σίγουρα από τον ίδιο περιορισμένο αριθμό στοιχείων. Αυτό μας οδηγεί στο να δεχτούμε πως τα άτομα όλων των χημικών στοιχείων είναι χτισμένα από συνδυασμούς ενός τύπου αρχέγονου ατόμου, που το ίδιο αναπαριστά ή

αποτελεί μετεξέλιξη τις ίδιες δομικά ομοιογενούς ιδιότητας του αιθέρα. [...] Θα μπορούσαμε να υποθέσουμε πως αυτά τα έσχατα άτομα, ή ας τα πούμε μονάδες, που σχηματίζονται από απλά σημεία στον αιθέρα, και πως τα χημικά άτομα είναι σημεία υψηλότερης μοναδικότητας που σχηματίζονται από συνδυασμούς αυτών. Αυτές οι μονάδες πρέπει να θεωρούνται όλες ποιοτικά ίδιες, πέρα από το ότι έχουν θετική ή αρνητική ηλέκτριση· τα μεν με τα δε, να διαφέρουν μόνο ως προς τα δυναμικά τους χαρακτηριστικά, ως απλές αναστροφές ή κατοπτρικά αντίγραφα. Με μια τέτοια οπτική η ηλεκτρική μεταφορά από ιόν σε ιόν θα προκύπτει από την ανταλλαγή μονάδων μέσω μεταφοράς χωρίς να διαταράσσεται η συνέχεια του αιθέρα. (Larmor 1894, 771 §70).

Σε αυτό το σημείο βρισκόμαστε σε μια μεταβατική στιγμή στη σκέψη του Larmor. Από την μια έχει αρχίσει να εγκαταλείπει το πρόγραμμα του ατόμου δίνη, από την άλλη έχει αρχίσει να στρέφεται προς μια θεωρία του ηλεκτρονίου. Η μετάβαση αυτή όμως είναι ομαλή. Έτσι μπορούμε να δούμε μια στιγμή από τη γενεαλογία του ηλεκτρονίου, μια στιγμή που σαφώς πηγάζει από την αποδοχή και τους προβληματισμούς του ατόμου-δίνη. Αν και ο Larmor θεωρεί τη θεωρία του για την ύλη ανώτερη από τη θεωρία των δινών, τη βλέπει ταυτοχρόνως ως ιδίου τύπου: “Το άτομο της ύλης έχει όλες τις δυναμικές ιδιότητες ενός δακτυλίου δίνης σε ένα υγρό χωρίς τριβές, έτσι ό,τι μπορεί να γίνει μέσω της αναπαράστασης του ατόμου-δίνη, μπορεί να μεταφερθεί και στην παρούσα θεωρία” θα γράψει (Kragh 2002, 73).

Η μετεξέλιξη από το άτομο δίνη στο ηλεκτρόνιο, ακολουθεί μια διαδρομή που δεν είναι απλή. Από τη μια η σταδιακή εγκατάλειψη του ατόμου-δίνη και των άλλων αιθερικών μοντέλων βασίζεται στα προβλήματα που συνάντησαν και τα αποτελέσματα της πειραματικής πραγματικότητας, δηλαδή τα προβλήματα στην εξήγηση του μαγνητισμού. Από την άλλη όμως υπάρχει ακόμα μια παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν. Η εισαγωγή του ηλεκτρονίου από τον Larmor προσπάθησε να ξεπεράσει τα προβλήματα της προηγούμενης θεωρίας, μένοντας όμως πιστή στις φιλοσοφικές και πολιτισμικές δεσμεύσεις της. Οι οποίες είναι η απαίτηση για συνέχεια έναντι της ασυνέχειας, η έννοια της “μονάδας” ως δομικής οντότητας που υπερβαίνει

αυτό το πρόβλημα, καθώς και η εχθρική στάση προς την ύλη και την προσπάθεια υπαγωγής της σε ένα επιφανόμενο του αιθέρα/πεδίου. Η θεωρητική οντότητα που προτείνει ο Larmor στη θέση του ατόμου-δίνη αποτελεί μια σχεδόν “δαρβινική” μετεξέλιξη του, παραμένοντας ισχυρά συμβατή με το πολιτισμικό περιβάλλον της εποχής του fin de siècle.

Ο Larmor εισάγοντας την έννοια του σωματιδίου, μοιάζει να κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη δέσμευση της συνέχειας έναντι της ασυνέχειας, καθώς το ηλεκτρικό φορτίο μεταφέρεται κοντύτερα στην έννοια της ύλης, αποκτώντας διακριτή δομή, και όχι ως ιδιότητα του πεδίου όπως θα περίμενε κανείς μένοντας πιστός στον Maxwell. Καθώς όμως το ενοποιητικό στοιχείο παραμένει ο αιθέρας, αυτή η διακριτότητα τόσο του φορτίου, αλλά όσο και της ύλης πια, “αποτελεί μετεξέλιξη της ίδιας δομικά ομοιογενούς ιδιότητας του αιθέρα”. Όπως γράφει ο ιστορικός Bordoni: “Το ηλεκτρικό φορτίο υπέστη μια εννοιολογική μετακίνηση από ένα φαινόμενο συνδεδεμένο με τη διανομή και μεταφορά ενέργειας σε ένα φαινόμενο συνδεδεμένο με τη διανομή και μεταφορά της ύλης. Εν ολίγοις η ύλη έγινε μια περίεργη οντότητα που πηγάζει από δυναμικές δράσεις που λαμβάνουν χώρα εντός του αιθέρα”. Σταδιακά τα διάφορα μοντέλα του αιθέρα θα δώσουν τη θέση τους σε μια ηλεκτρομαγνητική εικόνα της ύλης (Bordoni 2011, 41).

Δύο μήνες αργότερα, τον Αύγουστο του 1894, θα γίνει άλλη μια προσθήκη στο αρχικό άρθρο με τίτλο “εισαγωγή των ελεύθερων ηλεκτρονίων”, στην οποία ο Larmor απομακρύνεται όλο και περισσότερο από το άτομο-δίνη. Σε αυτήν παρατηρεί πως πολλά από τα προβλήματα και τις αναντιστοιχίες που συναντούσαμε με την προηγούμενη θεώρηση αντιμετωπίζονται αν θεωρήσουμε το ρεύμα ως ένα φαινόμενο της μετακίνησης σωματιδίων, αν φανταστούμε “για παράδειγμα τον πυρήνα του δακτυλίου της δίνης ως ένα ηλεκτρικό κέντρο ή ένα σημείο της ακτινικής συστροφής του μέσου”. Αυτές οι “μονάδες” ηλεκτρισμού, τώρα βαφτίζονται ηλεκτρόνια από τη θεωρία του G. J. Stoney. Ενώ ένα άτομο “θα μπορούσε να αποτελείται από ένα θετικό, ή δεξιού-χειριού ηλεκτρόνιο και ένα αρνητικό, ή αριστερού-χειριού ηλεκτρόνιο που περιστρέφονται το ένα γύρω από το άλλο” (Larmor 1894, 806).

Θα μπορούσε κάποιος να φανταστεί την κατασκευή του ηλεκτρονίου ως εξής: “αφαιρούμε

την ποσότητα του μέσου μεταξύ δύο σημείων M M' , πιάνουμε τα τοιχώματα της δημιουργημένης κυλινδρικής κοιλότητας και τα στρέφουμε σε μια συγκεκριμένη γωνία, ξαναγεμίζουμε την κοιλότητα με το μέσο και το αφήνουμε. Το αποτέλεσμα θα είναι μια εγκλεισμένη διαταραχή που αναπαριστά δύο ηλεκτρόνια στα σημεία M και M' . Η αδράνεια αυτών των ηλεκτρονίων είναι αποκλειστικά ηλεκτρομαγνητικής φύσης, ή πιο συγκεκριμένα: αιθερική. Η ύλη για τον Larmor δεν είναι τίποτα παραπάνω από σμήνη διαταραχών του αιθέρα” (Darrigol 2002, 339).

Η έννοια της δίνης εδώ διατηρείται αποκτώντας όμως ένα στατιστικό χαρακτήρα. Επικαλούμενος την προσέγγιση του Gauss για τις πλανητικές κινήσεις, που τις μελέτησε, όχι μελετώντας την κίνηση των πλανητών σε κάθε σημείο της τροχιάς τους, αλλά θεωρώντας τη μάζα τους διαμοιρασμένη σε ολόκληρη τη διαδρομή τους: “με τον ίδιο τρόπο και εδώ, αν κάθε ηλεκτρόνιο θεωρηθεί ως διαμοιρασμένο στο σύνολο της κυκλικής του τροχιάς, σχηματίζεται έτσι ο δακτύλιος μιας δίνης”(Larmor 1894, 807). Σε αυτό το σημείο παρουσιάζει μια ιδέα εντυπωσιακά όμοια με αυτές που θα εμφανιστούν πάνω από δυο δεκαετίες αργότερα στα πλαίσια της κβαντομηχανικής, τον κυματοσωματικό δυισμό. Ο διπλός χαρακτήρας του ηλεκτρονίου, ως δομικός λίθος της ύλης και ως δυναμική δομή του αιθέρα, επηρεάζει τη συμπεριφορά του. Όσο η ταχύτητά του παραμένει πολύ μικρότερη της ταχύτητας της ακτινοβολίας, μπορούμε να μιλήσουμε για τη θέση του ηλεκτρονίου στο χώρο και το χρόνο, ενώ για πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες θα “πρέπει να χρησιμοποιούνται μέθοδοι που ταιριάζουν σε συνεχή”, δηλαδή αναλόγως της ταχύτητάς του το ηλεκτρόνιο θα πρέπει να θεωρείται είτε ως σώμα, είτε ως ακτινοβολία (Bordoni 2011, 47).

Συγκρίνοντας τις δύο θεωρίες, του ατόμου-δίνη και της νέας θεωρίας των ηλεκτρονίων, θα γράψει: “Κατά πόσο μια θεωρία σαν την παρούσα μπορεί να πάρει τη θέση ή να συμπληρώσει τη θεωρία των δινών είναι ένα αναπάντητο ερώτημα. [...] Η ακριβής σχέση μεταξύ της απτής ύλης και της αδράνειάς της και της βαρύτητας με τον αιθέρα είναι ακόμα άγνωστη” (Kragh 2002, 72). Τελικά η θεωρία του ατόμου-δίνη παρέμεινε για τον Larmor μια καθοδηγούσα αρχή μέχρι το τέλος, ενώ και τα ερωτήματα που ενδιαφέρουν και κρίνουν τις δύο θεωρίες είναι τα ίδια.

Ο Larmor είδε μια συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας και του σχήματος των ηλεκτρονίων.

Καθώς ένα σώμα κινείται όλο και ταχύτερα, τα ηλεκτρόνια παραμορφώνονται στη διεύθυνση της κίνησης τους (συστέλλονται), όταν το σώμα φτάσει την ταχύτητα της ακτινοβολίας, τότε θα έχει μετασχηματιστεί όλο σε ένα επίπεδο. Αυτή είναι και η οριακή ταχύτητα που μπορεί να φτάσει ένα σώμα μιας και καθώς την πλησιάζει η “ηλεκτρική αδράνεια αυξάνει απεριόριστα”. Ο Larmor τελικά αναρωτήθηκε αν η αδράνεια εν γένει μπορεί να διαχωριστεί σε μια ηλεκτρική και μια υλική αδράνεια και σε τι ποσοστό. Βρίσκουμε εδώ άλλο ένα σημείο της αναδυόμενης ηλεκτρομαγνητικής εικόνας του Larmor (Bordoni 2006, 46).

Ακολουθώντας την παραπάνω σκέψη, ο Larmor, είδε στα πειράματα των Michelson-Morley μια επιβεβαίωση των θεωριών του. Αντίθετα με τους Lorentz και Poincare, ο Larmor δεν ξεκίνησε από το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος για να καταλήξει στις εξισώσεις συστολής, αλλά ξεκίνησε απευθείας από την υπόθεσή του για την ηλεκτρική-διαταραχή στον αιθέρα ως θεμελιωδέστερο και συγκροτητικό στοιχείο του συνόλου της ύλης, και από εκεί εξήγαγε τις εξισώσεις συστολής. Οι δύο προκείμενές του ήταν η υπόθεση της μέγιστης ταχύτητας του φωτός, και οι επιπτώσεις της κίνησης των σωμάτων στον αιθέρα. Η κίνηση ενός σώματος διαμέσου του αιθέρα είναι ανάλογη της κίνησης ενός κόμπου σε ένα σχοινί, επηρεάζοντας την ελαστικότητα στη φορά της κίνησης. Από εδώ πήγαζε για τον Larmor η ανισοτροπία της μεταφοράς της ενέργειας των κινούμενων σωμάτων, και από εδώ εξήγαγε τελικά τις εξισώσεις μετασχηματισμού (Doran 1975, 243).

Προσπάθησα να περιγράψω εδώ ένα μικρό μέρος από το έργο του Larmor, εστιάζοντας στην δεκαετία του 1890, και στην πρότασή του για τα ηλεκτρόνια. Πιστεύω πως μέσα από αυτή τη διαδρομή μπορούμε να δούμε τη σταδιακή μετεξέλιξη της έννοιας του ατόμου-δίνη σε αυτή του ηλεκτρονίου, όπως τουλάχιστον την παρουσίασε ο Larmor. Αυτή η διαδρομή ξεκινάει με την πλήρη παραδοχή της θεωρίας του ατόμου-δίνη, που γίνεται αναγκαίο να μετασχηματιστεί εξαιτίας των πειραματικών προβλημάτων. Ο μετασχηματισμός όμως αυτός δεν γινόταν ερήμην των αντιλήψεων της εποχής και του ίδιου του Larmor³, που παραμένει πιστός στην υποβάθμιση της ύλης ως

³ Γράφει ο ιστορικός Noakes για τον Larmor: “Έχοντας ενδιαφέρον να μην θεωρείται ο φυσικός το “αντίστοιχο του υλιστή” ο Larmor τόνιζε τις θρησκευτικές συνεπαγωγές του αιθέρα (Noakes 2005 § 8).

υποφαινόμενο του αιθέρα.

Τέλος ο Larmor είχε την ευκαιρία να αποκτήσει ένα εργαλείο που θα έκανε τη θεωρία του λίγο πιο “πραγματική” από όσο θα του επέτρεπαν τα επιστημονικά του επιχειρήματα και οι απαντήσεις στα προβλήματα που έδινε. Καταλαμβάνοντας μια θέση στο Cambridge που του έδινε τον έλεγχο στις εξετάσεις του τρίτος των μαθηματικών είχε την ικανότητα να κατευθύνει ένα σημαντικό τμήμα του Βρετανικού εκπαιδευτικού συστήματος προς τη δυναμική θεωρία του, των ηλεκτρονίων. Μια θέση που επηρέασε την επόμενη γενιά επιστημόνων με τον ίδιο τρόπο που είχε επηρεάσει και τον ίδιο η επιτυχία του στις ίδιες εξετάσεις δυο δεκαετίες πιο πριν (Darrigol 2002, 343).

4.2.2 J.J. Thomson, από τη χημεία του ατόμου-δίνη στο ηλεκτρόνιο

4.2.2.1 Η πρώτη εμφάνιση της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Ο J.J. Thomson αποφοίτησε από το Cambridge την ίδια χρονιά με τον Larmor, καταλαμβάνοντας τη δεύτερη θέση, μετά τον Larmor, στο διαγωνισμό του μαθηματικού τρίτος. Έχει συνδέσει το όνομά του με την “ανακάλυψη” του ηλεκτρονίου. Θα προσπαθήσω να υποστηρίξω και εδώ, όπως και στην περίπτωση του Larmor, πως η εικόνα είναι πολύ πιο σύνθετη· ο Thomson υπήρξε, και αυτός, αρχικά ένας από τους πιο ένθερμους υποστηρικτές της θεωρίας του ατόμου-δίνη του, συνονόματου του, W. Thomson (λόρδος Kelvin). Όπως και στην περίπτωση του Larmor, ο Thomson αναγκάστηκε να μετριάσει τη βεβαιότητά του για το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη εξαιτίας των πειραματικών προβλημάτων και της αποτυχίας του να φέρει σημαντικές τομές στο χώρο της φυσικής. Παρέμεινε παρόλα αυτά η θεωρία του ατόμου-δίνη ως καθοδηγητική αρχή και ευρετικός κανόνας καθ' όλη τη διάρκεια του έργου του, και σίγουρα κατά την περίοδο που πρότεινε το ηλεκτρόνιο (αν και δεν το ονόμασε έτσι μέχρι το 1913 όπου και υιοθέτησε και αυτός τον όρο). Και για τον Thomson το ηλεκτρόνιο αποτελούσε μια σημαντική τομή όσον αφορά το άτομο-δίνη, μια τομή όμως που δεν συνεπαγόταν απομάκρυνση από τις βασικές αξίες του ατόμου-δίνης και ταυτόχρονα και της εποχής· την αφυλοποίηση της ύλης. Η σκέψη του Thomson, έτσι,

αποτελεί και αυτή ένα ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των ιδεών του ατόμου-δίνη και της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, πατώντας ταυτόχρονα και στις δύο περιοχές και μεταφέροντας τις αξίες από τη μια θεωρία στην άλλη.

Το 1881 ο Thomson παρουσίασε το άρθρο “On the Electric and Magnetic Effects produced by the Motion of Electrified Bodies” [για τα ηλεκτρικά και μαγνητικά αποτελέσματα της κίνησης των ηλεκτρισμένων σωμάτων] στο οποίο βρίσκουμε μια από τις πρώτες αναφορές στην ηλεκτρομαγνητική μάζα. Το άρθρο αυτό χαρακτηρίστηκε ως “ίδρυση μιας νέας εποχής”, από το φυσικό Lodge (Hon 1985, 282).

Παρατηρήσεις επάνω στη φαινόμενη μάζα είχαν γίνει ήδη από υδροδυναμική σκοπιά, όταν το 1842 ο Stokes περιέγραψε την κίνηση μιας σφαίρας διαμέσου ενός τέλειου ασυμπίεστου ρευστού και κατέληξε πως σε μια τέτοια κίνηση τα σώματα συμπεριφέρονται σαν να είχαν επιπρόσθετη μάζα. Μια σφαίρα μάζας m χρειάζεται $\frac{1}{2}mv^2$ ενέργεια για να φτάσει από αρχική ταχύτητα μηδέν, σε ταχύτητα v . Αν τώρα η ίδια κίνηση γίνει μέσα σε κάποιο υγρό, εξαιτίας του ότι θέτει και σε κίνηση το υγρό γύρω από το σώμα [της αντίστασής του υγρού δηλαδή], θα χρειαζόταν περισσότερη ενέργεια. Ο Stokes πρότεινε πως μπορεί να δει κανείς τη μάζα της σφαίρας σαν να ήταν $m+m'$, όπου m' η “ψευδομάζα” από την αντίσταση του υγρού και εξαρτάται από την ακτίνα της σφαίρας και την πυκνότητα του υγρού (Hon 1985, 282).

Μια αντίστοιχη εικόνα παρουσίασε και ο Thomson για την κίνηση μιας φορτισμένης σφαίρας διαμέσου ενός μαγνητικού πεδίου. Καθώς η σφαίρα κινείται, μια αντίθετη δύναμη της ασκείται από το μαγνητικό πεδίο. Έτσι περισσότερη ενέργεια θα πρέπει να δαπανηθεί για να επιταχύνει ή να επιβραδύνει τη σφαίρα από ότι αν ήταν αφόρτιστη. Υπολογίζοντας όλες τις

δυνάμεις κατέληξε στον τύπο $m = \left(\frac{m}{2} + \frac{2}{15} \frac{\mu e^2}{a}\right) p^2$ ή πώς η σφαίρα θα συμπεριφερόταν σαν να είχε

$\frac{4}{15} \frac{m e^2}{a}$ περισσότερη μάζα (JJ. Thomson 1881, 134).

Εφόσον η μάζα χωρίζεται σε δύο μέρη ένα κανονικό (μηχανικό) και ένα φαινομενικό (ηλεκτρομαγνητικό), η επόμενη ερώτηση είναι, "σε ποια αναλογία"; Ο προβληματισμός που έθετε το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας αφορούσε την αναστροφή αυτής της ερώτησης, θεωρούσε όλη τη μάζα ως ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης και άρα έβλεπε τη “φαινομενική” μάζα ως τη μόνη πραγματική. Ο ιστορικός M. Jammer υποστηρίζει πως ο Thomson έκανε αυτό το βήμα “φανταζόμενος την πιθανότητα να υπαχθεί η αδράνεια στον ηλεκτρομαγνητισμό” (Doran 1975, 224).

Το 1889 ο O. Heaviside βασισμένος στην εργασία του Thomson, εξήγαγε τον τύπο

$$m' = \left(\frac{2}{3}\right) \frac{e^2}{Rc^2} \quad (\text{Kragh 1999, 134})$$

και επηρεασμένος από τη θεωρία του ατόμου-δίνη θεώρησε την αύξηση της μάζας ως ένα πραγματικό αδρανειακό γεγονός.

Η επιρροή του άρθρου του Thomson ήταν σημαντική. Η ιστορικός Doran όμως γράφει:

Παρότι βασισμένοι σε εκ των υστέρων γνώση, η εξέλιξη που προέκυψε από το άρθρο του J.J. Thomson το 1881 μπορεί να εμφανίζεται σαν το θεμέλιο της ηλεκτρομαγνητικής εικόνας της ύλης, αλλά δεν είναι παρά ένα από τα διάφορα στοιχεία που συνεισέφεραν σε αυτό. Η αλήθεια είναι πως δεν προκάλεσε άμεσα την πρώτη σαφή διατύπωση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας της μάζας από τον Larmor το 1893 [...] Οι κύριες πηγές της ηλεκτρομαγνητικής εικόνας του Larmor ήταν οι υποθέσεις διαφόρων φυσικών για τη φύση του φορτίου και την αλληλεπίδρασή του με τον αιθέρα και την ύλη (Doran 1975, 225).

Ίσως και να έχει δίκιο η Doran, και να μην είναι η εργασία του Thomson το αίτιο της ανάπτυξης του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Αυτό που έχει περισσότερο σημασία, πιστεύω, είναι πως η ιδέα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας εμφανίζεται σχεδόν ταυτόχρονα με διάφορες μορφές, τα τελευταία χρόνια του 19ου και τα πρώτα του 20ου. Κι αν οι ιδέες του Thomson δεν προκάλεσαν τις αντίστοιχες του Larmor, σίγουρα και οι δυο ακολουθούσαν παράλληλες διαδρομές, ακαδημαϊκά, κοινωνικά και επιστημονικά. Αν θα θέλαμε να είμαστε πιο ακριβείς όμως θα πρέπει να αναγνωρίσουμε πως ο Larmor είχε υπόψιν το έργο του Thomson, και το αποδεχόταν ως το βαθμό

που να το χρησιμοποιήσει το 1897 για να υπολογίσει το μέγεθος του ηλεκτρονίου, σε συνδυασμό με τα δεδομένα των πειραμάτων του Zeeman. Μια πρόβλεψη που ερχόταν σε άμεση αντίθεση με τις αρχικές προβλέψεις του Larmor (που θεωρούσε το ηλεκτρόνιο αντίστοιχου μεγέθους με του υδρογόνου) (Arabatzis 2006, 93).

4.2.2.2 Η χημεία του ατόμου-δίνη

Χαρακτηριστική του ενδιαφέροντος του Thomson για το πρόγραμμα του ατόμου-δίνη, την περίοδο πριν του έργου του στο ηλεκτρόνιο, είναι η προσπάθειά του να αναπτύξει μια χημεία του ατόμου-δίνη στις αρχές της δεκαετίας του 1880. Οι χημικοί της εποχής δεν είχαν δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη θεωρία του ατόμου-δίνη. Το άτομο ήταν ακόμα μια υπόθεση, και τέτοιες θεωρίες απομακρύνονταν αρκετά από τα ενδιαφέροντά τους.

Το 1878 ο Αμερικάνος φυσικός A. M. Mayer έκανε ένα πείραμα που έγινε γνωστότερο εξαιτίας της παρουσίας του, σε δημόσιες διαλέξεις, από τον Kelvin. Ο Mayer τοποθετούσε μια σειρά από μαγνητισμένες βελόνες στην επιφάνεια νερού, οι οποίες απωθούνταν. Βάζοντας έναν ακόμα ισχυρότερο μαγνήτη για να τις συγκεντρώνει στο κέντρο παρατήρησε πως οι βελόνες σχημάτιζαν σταθερά σχήματα, οι τρεις τρίγωνα, οι τέσσερις τετράγωνα, οι πέντε είτε πεντάγωνο είτε τετράγωνο με μία στο κέντρο κλπ. [εικόνα 4.1] Ο Mayer χρησιμοποιούσε το πείραμα για να επιδείξει έννοιες όπως η ισομέρεια. Για αρκετά μεγάλο αριθμό βελονών εμφανιζόταν μια περιοδικότητα όπου τα ίδια σχήματα επανεμφανίζονταν είτε σε μεγαλύτερη κλίμακα, είτε ως επιμέρους περιοχές (Kragh 2002, 62).

Κάποιες από τις πρώτες εργασίες του Thomson αφορούσαν τη συσχέτιση του πειράματος του Mayer με τη θεωρία του ατόμου-δίνη. Με κυριότερο το βραβευμένο με το Adams prize, *A treatise on the motion of vortex rings* [πραγματεία πάνω στην κίνηση δακτυλίων δίνης] το 1883, μια μαθηματική πραγμάτευση της συμπεριφοράς δινών σε τέλειο υγρό. Ο Thomson μελέτησε τη σταθερότητα κυλινδρικών δινών, τοποθετημένων σε ίσες αποστάσεις στην περιφέρεια ενός κύκλου. Μέσα από τη μαθηματική επεξεργασία τους κατέληξε πως δομές με $n=2,3,4,5$ και 6 δίνες θα είναι

σταθερές, αλλά πως με 7 το σύστημα θα καθίστατο ασταθές.

Ταυτόχρονα αναβίωσε τη θεωρία του Prout του 1815, που υποστήριζε πως τα χημικά στοιχεία αποτελούνται από υποατομικές μονάδες, οι οποίες κατά τον Prout ήταν το υδρογόνο.

Ο Thomson προσπάθησε μέσω της θεωρίας του ατόμου-δίνη, να εξηγήσει το σθένος, τη μοριακή δομή, και τη χημική αντίδραση. “Η ένωση δύο δινών διαφορετικού είδους είναι αυτό που συμβαίνει όταν δύο στοιχεία ενώνονται χημικά, ενώ αν δύο δίνες του ίδιου είδους ενώνονται δημιουργούν μόρια”, θα γράψει (Kragh 2002, 64). Αυτό που είχε σημασία για το αν θα συμβεί μια χημική αντίδραση ήταν το αν δύο διαφορετικές δίνες μπορούν να συνενωθούν σε ευσταθή ισορροπία, κι ο χρόνος που παραμένουν ελεύθερες. Ενώ κατάφερε να παρουσιάσει ποσοτικά τη θεωρία του με τέτοιο τρόπο που να ταιριάζει με τα ως τότε γνωστά πειραματικά δεδομένα της χημικής κινητικής. Μια άλλη πρόβλεψη της θεωρίας που επαληθευόταν ήταν πως δεν μπορούν να υπάρξουν διατομικά μόρια με περισσότερους από 6 υποκατάστατες, κάτι που επίσης επαληθευόταν με τα δεδομένα της εποχής.

Το ενδιαφέρον σε αυτό το σημείο είναι η δέσμευση του Thomson στη θεωρία του ατόμου-δίνη ώστε να προσπαθήσει να εξαγάγει εμπειρικά χρήσιμες θεωρίες με εφαρμογή τόσο στη φυσική όσο και στη χημεία (Kragh 2002, 60-65).

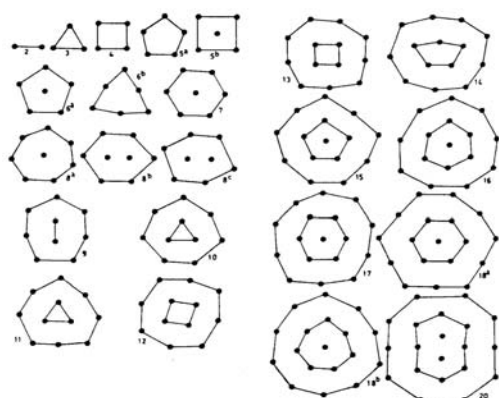


Fig. 3. Mayer's configurations of floating magnets. Source: Mayer 1879, pp. 100-101.

[Εικόνα 4.1] Οι σχηματισμοί που δημιουργούνταν στο πείραμα με τους επιπλέοντες μαγνήτες του Mayer (Kragh 2002, 61)

4.2.2.3 Το ηλεκτρόνιο του Thomson, το άτομο-δίνη και η ηλεκτρομαγνητική μάζα

Ίσως έχει σημασία να παρατηρήσει κανείς πως και το αρχικό ενδιαφέρον του Thomson για τις ηλεκτρικές εκκενώσεις, ένα ενδιαφέρον που θα συνδέσει το όνομά του με την ανακάλυψη/κατασκευή του ηλεκτρονίου, ξεκίνησε σε ένα πλαίσιο εντός του ατόμου-δίνη.

Στη θεωρία του Thomson, η συνολική ενέργεια δύο μεμονωμένων δινών είναι μεγαλύτερη από αυτή ενός μορίου δινών. Έτσι όταν δύο ή παραπάνω άτομα συνδέονται, τότε ενέργεια αποβάλλεται με τη μορφή θερμότητας. Κατά τον Thomson η χημική ανασύνθεση ήταν το απαραίτητο επακόλουθο των ηλεκτρικών εκκενώσεων και όχι απλώς ένα παράπλευρο αποτέλεσμα (Kragh 2002, 66).

Το 1897 ο Thomson αρχίζει να απομακρύνεται από τη θεωρία του ατόμου-δίνη, τουλάχιστον ως μια ρεαλιστική αναπαράσταση, και ανακοινώνει την υπόθεσή του για τα σωματίδια [corpuscles]. Κατά τη γνώμη του οι καθοδικές ακτίνες αποτελούνταν από σωματίδια, με τα εξής χαρακτηριστικά: Πρώτον· τα σωματίδια αυτά ήταν πολύ μικρού μεγέθους, όπως συμπεράνε από τα αποτελέσματα των πειραμάτων του P. Lenard για το ρυθμό απορρόφησης των καθοδικών ακτίνων από αέρια. Πολύ μικρότερου μεγέθους από, οποιοδήποτε άλλο γνωστό άτομο (Arabatzis 2006, 96). Και δεύτερον· η αναλογία μάζας-φορτίου m/q (που την υπολόγισε όπως θα δούμε παρακάτω) παρέμενε σταθερή και ανεξάρτητη της χημικής σύνθεσης των αερίων του σωλήνα ή του υλικού των ηλεκτροδίων. Από αυτά τα δύο, το μέγεθος και την ανεξαρτησία τους από το υλικό, συμπεράνε πως αυτά τα σωματίδια αποτελούν στοιχειώδη υποατομικά σωματίδια, θεμέλιους λίθους της ύλης (Arabatzis 2006, 101).

Ο υπολογισμός της αναλογίας m/q , ήταν ένα πολύ σημαντικό σημείο στην συγκρότηση της θεωρητικής έννοιας του ηλεκτρονίου, μιας και αποτελούσε ένα σταθερό μέγεθος που εμφανιζόταν ξανά και ξανά στα διάφορα σχετικά πειράματα, και αποτελούσε κατά μια έννοια την ταυτότητά του.

Ο Thomson έδωσε δύο πειράματα από τα οποία εξήγαγε την τιμή του m/q . Στην πρώτη μετρούσε το συνολικό φορτίο $Q=ne$ μέσω ενός ηλεκτρόμετρου, τη συνολική τους κινητική ενέργεια

$W=1/2 \text{ nmv}^2$, και τέλος μετρώντας την εκτροπή της ακτίνας εξαιτίας της επίδρασης μαγνητικού

πεδίου (H), η τροχιά της ακτίνας δινόταν από τον τύπο $\frac{mv}{e} = H\rho = I$. Από αυτά τα τρία στοιχεία

οδηγούμαστε στην εξίσωση $\frac{m}{e} = I^2 \frac{Q}{2W}$ [εικόνα 4.2] (Arabatzis 2006, 98).

Το δεύτερο πείραμα αφορούσε τη μέτρηση της εκτροπής της ακτίνας αρχικά μέσω ηλεκτρικού πεδίου (F), στη συνέχεια μέσω μαγνητικού πεδίου (H) και τέλος και με μαγνητικό και ηλεκτρικό ταυτόχρονα [εικόνα 4.3]. Επεξεργαζόμενος μαθηματικά τις τρεις εξισώσεις κατέληγε

στην εξίσωση $\frac{m}{e} = H^2 \frac{l}{F\theta}$, όπου θ η εκτροπή της ακτίνας στην περίπτωση του ηλεκτρικού πεδίου.

Και τα δύο πειράματα κατέληγαν σε παρόμοιες τιμές της τάξης του 10^{-7} , μια τιμή χίλιες φορές μικρότερη “από τη μικρότερη ως τότε γνωστή, που ήταν η τιμή του ιόντος του υδρογόνου κατά την ηλεκτρόλυση” (Arabatzis 2006, 102).

Η σύνθεση των μαθηματικών και πειραματικών δεδομένων που έκανε ο Thomson δεν μας ξεκαθαρίζει την πορεία της σκέψης του, όπως και τις αφετηρίες από όπου εκκινούσε· ούτε και για τη φύση του σωματιδίου του. Δεν θα είναι όμως λάθος να υποθέσουμε πως ο Thomson ήταν πεισμένος για τη σωματιδιακή/διακριτή φύση των καθοδικών ακτίνων πριν τα πειράματά του το 1897.

Μένει να δούμε τη σχέση της φύσης του σωματιδίου του Thomson με τις προηγούμενες ιδέες του σχετικά με το άτομο-δίνη, αλλά και τη σχέση ηλεκτρομαγνητικής μάζας-φορτίου.

Μπορούμε να βρούμε νύξεις για τη φύση του σωματιδίου, αν δούμε το σημείο που αφορά την πραγμάτευση της σταθερότητας των ατόμων στην ίδια εργασία.

Αν θεωρήσουμε το άτομο σαν άθροιση ενός αριθμού αρχέγονων ατόμων, το πρόβλημα της εύρεσης μιας διάταξης σταθερής ισορροπίας, για ένα σύνολο ίδιων σωματιδίων που αλληλεπιδρούν βάση κάποιου νόμου δύναμης, είναι μεγάλης σημασίας, όσον αφορά τη σχέση των ιδιοτήτων ενός στοιχείου και του ατομικού του βάρους. Δυστυχώς οι εξισώσεις

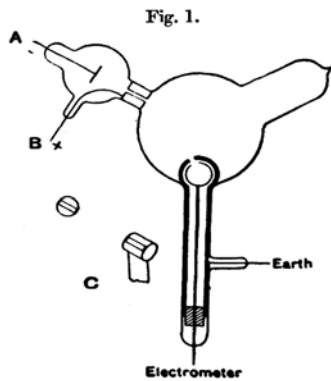
που καθορίζουν τη σταθερότητα μιας τέτοιας συλλογής σωματιδίων αυξάνουν τόσο γρήγορα σε πολυπλοκότητα, καθώς αυξάνει ο αριθμός των σωματιδίων, που μια μαθηματική πραγμάτευση είναι μάλλον απίθανη. Μπορούμε παρόλα αυτά να αποκτήσουμε μια εικόνα των γενικών νόμων που διαπνέουν αυτές τις διατάξεις χρησιμοποιώντας μοντέλα, το απλούστερο εξ αυτών είναι αυτό των πλωτών μαγνητών του καθηγητή Mayer (J.J. Thomson, 1897, 313).

Θα μπορούσε να πει κανείς πως η επιστροφή σε αυτή την προηγούμενη δουλειά του, στη χημεία του ατόμου-δίνη, αποτελεί και ταυτόχρονα και μια ένδειξη του πως έβλεπε ο Thomson τη φύση του σωματιδίου (Kragh 2002, 71).

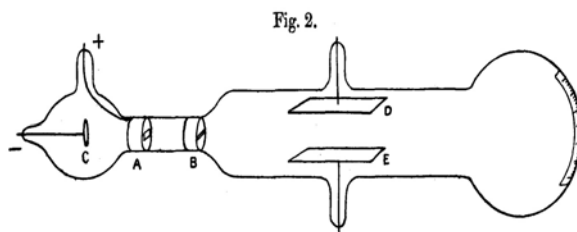
Τελικά ο Thomson δεν θα εγκαταλείψει ποτέ τη θεωρία του ατόμου-δίνη ως νοητική εικόνα. Το 1898 θα γράψει στην αλληλογραφία του με τον φυσικό S. Holman:

Σχετικά με τη θεωρία του ατόμου-δίνη, δεν γνωρίζω κάποιο φαινόμενο που να μην μπορεί να εξηγηθεί από αυτή, και προσωπικά προτιμώ γενικώς (συχνά όμως χωρίς κάποια επιτυχία) να φανταστώ κάποια εικόνα των φαινομένων μέσω κάποιου μηχανισμού που περιλαμβάνει δακτυλίους δίνης. [...] θεωρώ παρόλα αυτά το άτομο-δίνη ως την εξήγηση στην οποία θα πρέπει να στοχεύουμε.

Ενώ στο βιβλίο του *The corpuscular theory of matter* [η σωματιδιακή θεωρία της ύλης] που εκδόθηκε δέκα χρόνια αργότερα, το 1907, θα χαρακτηρίσει τη θεωρία του ως “όχι τόσο θεμελιακή όσο η θεωρία του ατόμου-δίνη της ύλης” (Silliman 1963, 472).



[εικόνα 4.2] Διάγραμμα της συσκευής που χρησιμοποίησε ο J.J. Thomson για να μετρήσει την εκτροπή της ακτίνας εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου (J.J. Thomson 1897, 295)



[εικόνα 4.3] Διάγραμμα της δεύτερης συσκευής του Thomson για τον δεύτερο υπολογισμό του λόγου m/q , με ταυτόχρονο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. (J.J. Thomson 1897, 296)

4.2.2.4 Η ηλεκτρομαγνητική μάζα του ηλεκτρονίου

Κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έργου του Thomson η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, όπως και αυτή του ατόμου-δίνη, παρέμενε στο υπόβαθρο. Θα αναφερθώ παρακάτω σε δύο παραδείγματα για να στηρίξω τη θέση αυτή. Το πρώτο αφορά την ίδια την εργασία του 1897 για τις καθοδικές ακτίνες, και το δεύτερο την αναφορά του στην ηλεκτρομαγνητική μάζα στο βιβλίο *The corpuscular theory of matter* που συνόψιζε το ως τότε έργο του.

Γράφει το 1897:

Θα μπορούσε να υποθέσει κανείς πως η ανεξαρτησία της μάζας των φορέων του αερίου, το οποίο διασχίζει η εκκένωση, οφείλεται στη φαινόμενη μάζα που ένα φορτισμένο σώμα διαθέτει εξαιτίας του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή του. Το κινούμενο σώμα δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο, και άρα μια ποσότητα ενέργειας που είναι σχετική με το τετράγωνο

της ταχύτητας. Αυτό κάνει το φορτισμένο σώμα να συμπεριφέρεται σαν η μάζα του να αυξάνεται κατά μια ποσότητα, που στην περίπτωση της φορτισμένης σφαίρας είναι $(1/5)e^2/μα$, όπου e το φορτίο και a η ακτίνα της σφαίρας. Αν υποθέσουμε ότι είναι αυτή η μάζα για την οποία μιλάμε, στην περίπτωση των καθοδικών ακτίνων το m/e θα πρέπει να μεταβάλλεται κατά e/a , κάτι που δεν επηρεάζει τις εξηγήσεις που δώσαμε για τις ιδιότητές τους [πως τα σωματίδια είναι ίδια ανεξαρτήτως του υλικού, και πως η ελεύθερη διαδρομή τους αφορά μόνο την πυκνότητα του αερίου του σωλήνα]. Αυτά δεν προκαλούν κανένα πρόβλημα στις αρχικές υποθέσεις, και το αναφέρω μόνο για να δείξω πως δεν έχει παραβλεφθεί (J.J. Thomson 1897, 311).

Παρότι λοιπόν ο Thomson δεν κάνει ρητή αναφορά στην ηλεκτρομαγνητική μάζα του ηλεκτρονίου, ήδη στο άρθρο όπου εισάγεται το “σωματίδιο” η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής μάζας βρίσκεται εκεί. Αν η εστίαση δεν είναι εκεί, αυτό περισσότερο αφορά τις στοχεύσεις του άρθρου παρά κάποια μετακίνηση από τους αρχικούς προβληματισμούς του 1881 του Thomson.

Στο βιβλίο *The corpuscular theory of matter* βρίσκουμε την συνέχεια της σκέψης του Thomson για την ηλεκτρομαγνητική μάζα. “Η πηγή της μάζας του σωματιδίου είναι ενδιαφέρουσα, γιατί έχει δειχθεί ότι η μάζα του πηγάζει εξολοκλήρου από το ηλεκτρικό φορτίο του σωματιδίου” γράφει (J. J. Thomson 1907, 28). Και παρακάτω εξηγεί: Αν κινήσουμε ένα αφόρτιστο σώμα από αρχική ταχύτητα μηδέν μέχρι ταχύτητα v τότε θα καταναλώσουμε $1/2mv^2$ ενέργεια, αν τώρα το σώμα είναι φορτισμένο τότε δημιουργεί στον περιβάλλοντα χώρο του πεδίο, και καθώς κινείται δημιουργείται μαγνητικό πεδίο που αντιτίθεται στην κίνησή του. Για να υπερνικήσουμε αυτή την αντίδραση θα πρέπει να δώσουμε επιπλέον ενέργεια, οπότε τελικά θα παρουσιάζεται σαν να έχει

μάζα $m + \frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$ αντί για m , όπου το a η ακτίνα. Έτσι η φαινόμενη μάζα θα φαίνεται ως μεγαλύτερη από την πραγματική. “Η μάζα αυτή δεν εδράζεται στο ίδιο το ηλεκτρισμένο σώμα αλλά στο χώρο γύρω του, σαν ο αιθέρας σε αυτό το χώρο να ετίθετο σε κίνηση από το πέρασμα των δυναμικών γραμμών που εκκινούν από το φορτισμένο σώμα” (J. J. Thomson 1907, 30).

Σε ποια αναλογία όμως αυτή η φαινόμενη μάζα αποτελείται από κλασική μηχανική μάζα, και σε ποιο βαθμό από μάζα ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης; “Θα δείξουμε τώρα πως πράγματι για τα σωμάτια δεν υπάρχει άλλη [μηχανική] μάζα: Όλη η μάζα είναι ηλεκτρική”, γράφει (J. J. Thomson 1907, 30). Για να το αποδείξει αυτό ο Thomson υποθέτει πως το πεδίο που δημιουργείται από το σωματίο επηρεάζεται από την ταχύτητά του, έτσι οι δυναμικές γραμμές που δημιουργούνται θα είναι πιο πυκνές προς τη φορά της κίνησής του και πιο αραιές από την αντίθετη φορά. Αυτό για χαμηλές ταχύτητες είναι κάτι που δεν επηρεάζει τους υπολογισμούς, αλλά όσο πλησιάζουμε την ταχύτητα του φωτός η επίπτωση αυτής της πύκνωσης [crowding effect] γίνεται σημαντική. Έτσι το μέρος της μάζας ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης θα έχει μια εξάρτηση από την ταχύτητα. Την

εξάρτηση αυτή ο Thomson την υπολογίζει και πάλι ως $m + \frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$ όπου το a , τώρα, είναι μια σταθερά που εξαρτάται από την ταχύτητα. “και μιας το a εξαρτάται από το v -την ταχύτητα του σωματιδίου- η ηλεκτρική μάζα θα εξαρτάται και αυτή από την ταχύτητα και αυτό το κομμάτι της μάζας θα έχει την ιδιαιτερότητα πως θα εξαρτάται από την ταχύτητα του σωματιδίου” (J. J. Thomson 1907, 32).

Το ράδιο, σχολιάζει, εκπέμπει σωματίδια ταχύτητας συγκρίσιμης με αυτή του φωτός, και άρα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για τον πειραματικό έλεγχο της αναλογίας της φαινόμενης μάζας. “Αυτός ο έλεγχος έχει γίνει από τον Kaufmann για τον υπολογισμό του m/e ” γράφει. Παίρνοντας τα δεδομένα του Kauffman, ο Thomson υπολογίζει το a . Τέλος συγκρίνοντας τις τιμές που υπολογίζει για το a , με αυτές του m/e του Kauffman [εικόνα 4.4], γράφει: “Βλέπουμε ότι αυτές είναι πρακτικά ίσες μεταξύ τους και άρα συμπεράνουμε ότι η συνολική μάζα του σωματιδίου είναι ηλεκτρική. Αυτή η ηλεκτρική μάζα πηγάζει από την περιοχή γύρω από το σωματίδιο, και δεν εδράζεται στο σωματίδιο το ίδιο. Με αυτή τη οπτική μπορούμε να πούμε πως κάθε σωματίδιο εκτείνεται σε ολόκληρο το σύμπαν, ένα ενδιαφέρον συμπέρασμα σε σχέση με το δόγμα πως δύο σώματα δεν μπορούν να καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο” (J. J. Thomson 1907, 33). Τέλος

επιστρέφοντας στον τύπο $m + \frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$ υπολογίζει την ακτίνα του ηλεκτρονίου ως 10^{-10} m (J. J. Thomson 1907, 28-34). Βλέπουμε πως στο πιο ώριμο σημείο της σκέψης του Thomson οι ιδέες για την ηλεκτρομαγνητική μάζα παρέμεναν κεντρικές στο έργο του, όπως και μια συνεχής αντίληψη για την ύλη. Για τα πειράματα του Kauffman όμως, θα πούμε περισσότερα παρακάτω.

Προσπάθησα να δείξω εδώ ότι για την περίπτωση του J.J. Thomson, όπως στην περίπτωση του Larmor⁴, η εισαγωγή του ηλεκτρονίου δεν ήταν ερήμην του προηγούμενου έργου τους, ένα έργο που βασιζόταν σε μεγάλο βαθμό στην προσκόλλησή τους στο πρόγραμμα του ατόμου-δίνη. Οι πειραματικές και θεωρητικές απαιτήσεις της εποχής απαιτούσαν όμως την εγκατάλειψή του. Όπως και έγινε. Πολύ περισσότερο όμως μετασχηματίστηκε μέσω του έργου των Larmor και J.J. Thomson στις ιδέες του ηλεκτρονίου, της ηλεκτρονιακής σύστασης της ύλης και στην έννοια της ηλεκτρομαγνητικής μάζας.

Η διαδικασία εμφάνισης μιας θεωρητικής οντότητας όπως του ηλεκτρονίου είναι μια σύνθετη διαδικασία. Από τη μια απαντάει στις επιστημονικές και πειραματικές προκείμενες της εποχής. Ο τρόπος όμως με τον οποίο θα συνενωθούν όλα τα πειραματικά δεδομένα περιέχει έναν βαθμό ελευθερίας που μας επιτρέπει να μιλάμε για “κατασκευή” της έννοιας του ηλεκτρονίου και όχι για απλή παθητική ανάγνωση (Arabatzis 2006, 97). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας κατασκευής οι υποστηρικτές του ατόμου-δίνη αναγκάστηκαν να μετακινηθούν από τις αρχικές μηχανικές εικόνες τους, εξαιτίας των πειραματικών ασυνεπειών της θεωρίας τους, αλλά παρέμειναν πιστοί στις πολιτισμικές και φιλοσοφικές αξίες της εποχής τους. Συνέχεια έναντι ασυνέχειας, και υποβάθμιση της ύλης και της μάζας σε ένα επιφαινόμενο του αιθέρα ή του πεδίου.

⁴ Άλλωστε, όσον αφορά και τις δύο θεωρίες για το ηλεκτρόνιο και σωματίδιο, ο ίδιος ο J.J. Thomson χαρακτήριζε την θεωρία του Larmor μόνο εκφραστικά διαφορετική από τη δική του (Arabatzis 2006, 102)

Velocity of Corpuscle.	Ratio of Mass to that of a Slow Corpuscle.	α
$2.85 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$	3.09	3.1
$2.72 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$	2.43	2.42
$2.59 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$	2.04	2.0
$2.48 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$	1.83	1.66
$2.36 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$	1.65	1.5

[Εικόνα 4.5] Σύγκριση των τιμών του J.J. Thomson με αυτές του πειράματος του W. Kaufmann του 1901 (J.J. Thomson 1907, 33)

5 Η ηλεκτρομαγνητική εικόνα και τα πειράματα Kaufmann

5.1 Wiechert-Wien. Το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Από την άλλη μεριά τη Μάγχης, η τάση για τον υποβιβασμό της ύλης σε υποφαινόμενο του αιθέρα θα πάρει πιο σαφή και ακριβή χαρακτηριστικά στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Κορυφαία ονόματα της επιστήμης της εποχής θα εμπλακούν στην υπόθεση αυτή, όπως οι Wiechert, Wien, Lorentz, Poincare, Abraham και Kaufman.

Ο Πρώσος E. Wiechert, γνωστότερος για το έργο του στη γεωλογία, είναι από τους πρώτους που θα προτείνει μια εκδοχή της ηλεκτρομαγνητική μάζας, ήδη από το 1894. Ο Wiechert θα θέσει τέσσερα θεμελιώδη αξιώματα για την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του: α) Οι εξισώσεις του Maxwell εξηγούν τις διαδικασίες στον αιθέρα, β) ο ηλεκτρισμός έχει ατομική φύση, γ) Ο αιθέρας είναι στάσιμος και δ) δεν υπάρχει καμία άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ της ύλης και του αιθέρα, κάθε αλληλεπίδραση συμβαίνει μέσω των ηλεκτρικών ατόμων.

Ο Wiechert έβλεπε τις παραπάνω αρχές ως το συμπέρασμα που προκύπτει από τα κυριότερα πειράματα της εποχής. Οι πρώτες δύο αρχές εξάγονταν από τα πειράματα του Hertz και τους νόμους της ηλεκτρόλυσης, η τρίτη από την αστρική αποπλάνηση (stellar aberration), ενώ την τελευταία την έβλεπε ως το αποτέλεσμα της συμπεριφοράς των ακτινών X.

Τον Μάρτιο του 1894 ο Wiechert θα προτείνει την υπαγωγή όλης της ύλης σε μια πληθώρα “σημειακών διαταραχών του αιθέρα” που φέρουν μια μάζα αποκλειστικώς ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης. Αυτή η υπόθεση θα εξηγούσε την αστρική αποπλάνηση (κάτι που έχριζε εξήγησης δεδομένου ότι η κυρία άποψη της εποχής ήθελε τον αιθέρα να παρασύρεται από την κίνηση της γής) μιας και αυτές οι “σημειακές διαταραχές” θα μπορούσαν να ταξιδεύουν ελεύθερα μέσα από τον αιθέρα. “Ας έχουμε υπ’ όψιν την παρατήρηση πως τα κύματα στον ωκεανό ταξιδεύουν με μεγάλη ταχύτητα αλλά παρ’ όλα αυτά αφήνουν τον φορέα τους, το νερό, πίσω τους” θα πει. Ενώ παρακάτω θα συμπληρώσει πως υπάρχει μόνο ενός είδους “σημειακή διαταραχή” και αυτή ταυτίζεται με το “άτομο του ηλεκτρισμού” του Helmholtz, όπου και αποτελεί τον θεμέλιο λίθο όλης της ύλης. Παρ’ όλα αυτά ο Wiechert θα θεωρήσει τη θεωρία του πολύ υποθετική για να την

υποστηρίζει πλήρως και μέχρι το 1898 θα την αναφέρει απλώς στο περιθώριο του υπόλοιπου έργου του, δίνοντας μόνο ένα γενικό περίγραμμα και χωρίς αρκετή μαθηματική επεξεργασία (Darrigol 2002, 344).

Η πιο καθαρή μορφή του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας όμως δίνεται από τον W. Wien. Από το 1898, ο Wien έδειχνε την κατεύθυνση που ακολουθούσε η σκέψη του όταν έγραφε για τη βαρύτητα· παρατήρησε μια αναλογία στα αποτελέσματα της επιτάχυνσης και της βαρύτητας, και θεώρησε πως η περαιτέρω διερεύνηση θα έχει κεφαλαιώδη αποτελέσματα για τη θεωρητική φυσική. Κατέληξε τελικά πως η αναλογία που συναντάται όταν ορίσουμε τη μάζα μέσω της επιτάχυνσης και όταν την ορίσουμε μέσω της βαρύτητας, υποδεικνύει ότι το μέγεθος της μάζας εξαρτάται από τον αριθμό των φορτίων που βρίσκονται εντός του σώματος, δεδομένου ότι θεωρούσε την αδράνεια ένα ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο.

Το ενδιαφέρον του Wien για τη βαρύτητα πήγαζε από μια βαθύτερη προσπάθεια ενοποίησης της μηχανικής με τον ηλεκτρομαγνητισμό. Αυτή η προσπάθεια δεν ξεκινάει με τον Wien. Προς την ίδια κατεύθυνση στόχευαν και οι προγενέστερες προσπάθειες των Boltzman, Maxwell και Hertz. Αντίθετα όμως από τους παραπάνω, που προσπαθούσαν να εξηγήσουν τον ηλεκτρομαγνητισμό εισάγοντας μηχανικά μοντέλα, ο Wien προσπάθησε να υπαγάγει τους νόμους της μηχανικής στον ηλεκτρομαγνητισμό. Τελικά στη χαρακτηριστικότερη εργασία του, “περί τις δυνατότητας μιας ηλεκτρομαγνητικής θεμελίωσης της μηχανικής”, το 1900, θα υποστηρίξει πως οι νόμοι του Νεύτωνα για την κίνηση είναι απλώς ειδικές περιπτώσεις των αρκετά ευρύτερων νόμων του ηλεκτρομαγνητισμού, ενώ θα υποστηρίξει πως ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ταυτίζεται με την αρχή διατήρησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια θα ερμηνεύσει τον δεύτερο νόμο ως την ισότητα του έργου μιας δύναμης με τη μεταβολή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Ενώ για τον τρίτο νόμο θα θεωρήσει πως εφαρμόζεται μόνο στην ειδική περίπτωση φορτίων ακίνητων ως προς τον αιθέρα (McCormmach 1970, 478).

Τέλος ο Wien επιβεβαίωσε τη θεωρία του J.J. Thomson, όπως και τις διορθώσεις αυτής από τον Heaviside, προσθέτοντας όμως το σημαντικό στοιχείο πως καθώς προχωράμε σε μεγάλες

ταχύτητες, συγκρίσιμες με αυτές του φωτός, τότε θα εμφανίζεται μια εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα. Το ποια ακριβώς είναι αυτή η εξάρτηση όπως θα δούμε παρακάτω έπαιξε μεγάλο ρόλο μεταξύ των διαφόρων θεωριών για το ηλεκτρόνιο. Ο Wien παραδεχόταν ανεπιφύλακτα πως όλη η μάζα του ηλεκτρονίου ήταν ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης, και μιας και η ύλη συνίστατο από ηλεκτρόνια και τα ηλεκτρόνια ήταν σωματίδια ηλεκτρισμού και όχι μικροσκοπικές σφαίρες στις οποίες έδρευε ο ηλεκτρισμός, έτσι και το σύνολο της μάζας ήταν ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης (Kragh 1999, 134).

Ο Wien στο γύρισμα του 19ου ενάτου αιώνα, λοιπόν, καθόριζε επακριβώς τους σκοπούς του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας: Την προσπάθεια για εγκαθίδρυση των στοιχειωδών φορτίων ως δομικών στοιχείων της ύλης· την πλήρη υπαγωγή της μάζας του ηλεκτρονίου στην ηλεκτρομαγνητική μάζα και άρα και του συνόλου της ύλης· την υπαγωγή του συνόλου της μηχανικής στην ηλεκτρομαγνητική συμπεριφορά του αιθέρα χωρίς τη χρήση μηχανικών μοντέλων. Τέλος, ο Wien κάλεσε σε μια προσπάθεια εναρμόνισης της θεωρίας με τα μέχρι τότε πειραματικά αποτελέσματα όπως και σε νέα πειράματα που θα επιβεβαιώσουν τη συμπεριφορά του ηλεκτρονίου.

5.2 Από τον Lorentz ως τον Abraham

5.2.1 Η εξήγηση του πειράματος των Michelson-Morley από τον Lorentz

Θα αναφερθούμε σε αυτό το σημείο συνοπτικά στη θεωρία του H. A. Lorentz και στον τρόπο που προσπάθησε να απαντήσει στα αποτελέσματα πειραμάτων για την ανίχνευση της κίνησης διαμέσου του αιθέρα, με κεντρικότερα αυτών, τα πειράματα των Michelson-Morley. Ο λόγος είναι πως με τις θεωρίες του Lorentz φτάνουμε σε μια από τις πρώτες θεωρίες για το ηλεκτρόνιο και τη σχέση της μάζας του με την ταχύτητα που θα αποτελέσει την κύρια πειραματική πραγμάτευση της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας.

Το πείραμα του Michelson πραγματοποιήθηκε το 1881 και σκοπό είχε να μετρήσει τις επιπτώσεις της κίνησης της γης διαμέσου του αιθέρα με δεύτερης τάξης ακρίβεια ως προς v/c . Στο

πείραμα [Εικόνα 5.1] μία δέσμη φωτός διαχωριζόταν σε δύο τμήματα μέσω ενός ημιπερατού κατόπτρου. Οι δύο δέσμες ταξίδευαν κάποια απόσταση (όσο τα δυο στελέχη του οργάνου) και ανακλώμενες πίσω ενώνονταν, παρουσιάζοντας μια εικόνα συμβολής. Το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος ερμηνεύτηκε ως ένδειξη πως ο αιθέρας παρασυρόταν από την κίνηση της γης. Πολλοί που δεν θεωρούσαν βολική την απόρριψη του σταθερού αιθέρα, μεταξύ των οποίων και ο Lorentz, κάλεσαν σε επανάληψη του πειράματος, όπως και έγινε το 1887 με ίδιο όμως αποτέλεσμα (Darrigol 2002, 317).

Ο H.A. Lorentz, Ολλανδός φυσικός, δεν άνηκε σε κάποια συγκεκριμένη παράδοση αλλά αντλούσε ταυτοχρόνως στοιχεία τόσο από την ηπειρωτική παράδοση όσο και από την βρετανική, αποτελώντας έναν διάυλο επικοινωνίας μεταξύ των παραδόσεων. Οι αναφορές του στους Maxwell, Helmholtz και Fresnel δείχνουν τις αντικρουόμενες πηγές του.

Ο Lorentz παρέμενε πιστός σε εξηγήσεις που ενώνουν την ατομική δομή του ηλεκτρισμού με τον σταθερό αιθέρα του Fresnel. Όσον αφορά την σχέση μεταξύ αυτών των δύο, βρίσκουμε για άλλη μια φορά το, γνώριμο πια, επιχείρημα υπέρβασης του προβλήματος της συνέχειας/ασυνέχειας. “Θα μπορούσε αυτό που αποκαλούμε άτομο να καταλαμβάνει τον ίδιο χώρο με ένα τμήμα του αιθέρα· αν ένα άτομο δεν είναι τίποτα άλλο από μια μετατροπή της κατάστασης αυτού του μέσου. Τότε θα μπορούσε κάποιος να αντιληφθεί γιατί ένα άτομο θα μπορούσε να κινείται εντός του χωρίς να παρασύρει τον περιβάλλοντα αιθέρα” (Darrigol 2002, 325). Αυτό έγραψε το 1886, πραγματευόμενος την οπτική των κινούμενων σωμάτων, ένα θέμα που αποκτούσε όλο και μεγαλύτερη σημασία.

Σε μια σειρά άρθρων, από το 1892 ως το 1895, θα ασχοληθεί με το πρόβλημα που προέκυπτε από τα πειράματα αναζήτησης του αιθερικού άνεμου, δηλαδή από τη μη ανίχνευσή του, και θα δώσει μια εξήγηση για τα φαινόμενα πρώτης τάξης ως προς v/c , εισάγοντας την έννοια του “τοπικού χρόνου”, που θα παραμένει χαρακτηριστική καθ’ όλο το έργο του.

Αρχικά θα αναφερθεί ξανά στο ότι ο αιθέρας και ένα φορτισμένο σωματίδιο μπορούν να καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο. Η μόνη αλληλεπίδραση που επιτρέπεται μεταξύ ύλης και αιθέρα

είναι διαμέσου των φορτίων, τα οποία θεωρείται ότι εμπεριέχονται στην ύλη (McCormmach 1970, 464). Θα πάρει τις εξισώσεις του Maxwell ως αξίωμα χωρίς να προσπαθήσει να τις εξαγάγει από τους νόμους της μηχανικής. Στη συνέχεια θα μεταβάλει τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου για ένα κινούμενο σύστημα, ως προς ένα σύστημα αναφοράς, ως εξής: Διατηρεί τους αρχικούς μετασχηματισμούς ως έχουν, $x'=x-vt$, $y'=y$, $z'=z$ αλλά αντικαθιστά το $t'=t$ με το $t' = t - \frac{vx}{c^2}$. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι πως βάζοντας τον τοπικό χρόνο στους αρχικούς τύπους του Maxwell προέκυπτε η ίδια η αρχική μορφή τους, και άρα οι εξισώσεις Maxwell εμφανίζονται ως αδιάφορες ως προς την κίνηση. Η μεταβλητή t' ονομαζόταν “τοπικός χρόνος” και δεν θεωρούνταν πως περιέγραφε μια φυσική πραγματικότητα αλλά περισσότερο ένα μη-φυσικό μαθηματικό βοήθημα. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1905, ο ίδιος μετασχηματισμός, εκκινώντας από τελείως διαφορετική αφετηρία και απόδειξη, θα επανεμφανιστεί στη διάσημη εργασία του A. Einstein.

Μιας και οι εξισώσεις του Maxwell περιγράφουν τα οπτικά φαινόμενα, όπως η κίνηση της γης διαμέσου του αιθέρα, και μιας και παραμένουν ανεξάρτητες της κίνησης, τότε και τα αποτελέσματά τους δεν θα μπορούν να ανιχνευτούν. Το μόνο πρόβλημα ήταν πως η παραπάνω εξήγηση μπορούσε να εφαρμοστεί μόνο σε φαινόμενα πρώτης τάξης ως προς v/c και άρα δεν κάλυπτε το αποτέλεσμα του πειράματος Michelson-Morley (Miller 1977, 1040).

Για να μπορέσει να εξηγήσει το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος Michelson-Morley ο Lorentz θα εισαγάγει μια ακόμα υπόθεση, που αργότερα θα θεωρηθεί *ad hoc*: τη συστολή του μήκους στη διεύθυνση της κίνησης. Ο Lorentz υπέθεσε πως όλα τα σώματα που κινούνται διαμέσου του αιθέρα συστέλλονται κατά έναν παράγοντα $\gamma^{-1} = \sqrt{1 - v^2/c^2}$, η συστολή αυτή ήταν αρκετά μικρή ώστε να μην γίνει αισθητή με τα μέχρι τότε πειράματα γιατί δεν έφταναν σε τέτοια ακρίβεια. Όπως και με τον τοπικό χρόνο έτσι και στην περίπτωση της συστολής ο ίδιος ακριβώς τύπος θα προκύψει ξανά στη θεωρία του Einstein το 1905, με τελείως διαφορετική όμως εξήγηση. Ο Lorentz θα αποδώσει αυτό το φαινόμενο στις ενδομοριακές δυνάμεις. “Τι καθορίζει το σχήμα και το μέγεθος ενός στερεού σώματος; Προφανώς η ένταση των μοριακών δυνάμεων [...] Σήμερα

μπορούμε να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι οι ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις δρουν δια μέσου του αιθέρα. Δεν είναι υπερβολικό να υποθέσουμε το ίδιο για τις μοριακές δυνάμεις. Αλλά τότε μπορεί να έχει σημασία το αν η ευθεία που ενώνει δύο υλικά σωματίδια που κινούνται δια μέσου του αιθέρα, βρίσκεται παράλληλα ή κάθετα στη φορά αυτής της κίνησης” (Darrigol 1994, 291) θα γράψει το 1892..

Ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα της θεωρίας του Lorentz ήταν πως ερχόταν σε σύγκρουση με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, μιας και έχουμε δυνάμεις που δρουν στο σώμα οδηγώντας το σε παραμόρφωση, ενώ ο αιθέρας παραμένει αναλλοίωτος. Το 1895 ο H. Poincare θα κάνει ακριβώς αυτήν την παρατήρηση. Το άθροισμα των δυνάμεων στο σύστημα του Lorentz δεν είναι μηδενικό. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει και σε παράβαση του πρώτου νόμου της θερμοδυναμικής. Αν ένωνε κανείς δύο σώματα με μια μπάρα θα μπορούσε να παραγάγει έργο απλώς από την κίνηση της γης. Το άθροισμα των δυνάμεων θα πρέπει να προκύπτει μηδενικό ανεξαρτήτως της απόλυτης θέσης και κίνησης αν θέλουμε ακόμα να εφαρμόζεται η αρχή της σχετικότητας, παρατηρεί ο Poincare (Darrigol 1996, 274). Ο ίδιος ο Lorentz σχολιάζοντας το πρόβλημα θα εξαγάγει το συμπέρασμα πως δεν θα έπρεπε να αναγάγουμε τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα σε έναν νόμο καθολικής ισχύος (McCormmach 1970, 469).

Τελικά το 1895 ο Lorentz θα επανέλθει στο όλο πρόβλημα. Μεταξύ των άλλων θα υποστηρίξει πως η συστολή δεν αφορά μόνο τις διαμοριακές αποστάσεις αλλά και τις διαστάσεις του ίδιου του σωματιδίου. Ενώ τέσσερα χρόνια αργότερα, το 1899, θα γενικεύσει την όλη υπόθεση της “συστολής” όχι μόνο για τα “ηλεκτρόνια” (και αυτή είναι η πρώτη φορά που υιοθετεί τον όρο) αλλά και στο σύνολο της ύλης (McCormmach 1970, 470, 473).

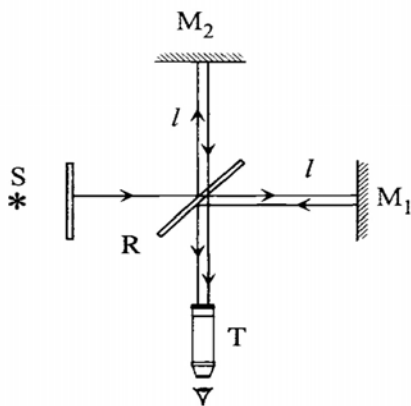
Η υπόθεση πως η μάζα εξαρτάται από την ταχύτητα και τη διεύθυνση της ως προς τον αιθέρα είναι λογική, όσον αφορά τα ηλεκτρόνια τουλάχιστον, μιας και, για τον Lorentz, αυτά αποτελούν ανωμαλίες στον αιθέρα. Η μεταφορά όμως της υπόθεσης στο σύνολο της ύλης, και όχι μόνο στη μάζα του ηλεκτρονίου δεν είναι προφανής. Ταυτοχρόνως, θεωρώντας πως όλη η ύλη μπορεί να υποβληθεί σε τέτοια συστολή, αναγκάζεται να υπονοήσει πως η νευτώνεια μηχανική δεν

μπορεί να εφαρμοστεί σε κανένα σώμα (McCormmach 1970, 474).

Έτσι βλέπουμε πως ο Lorentz αντιμετώπισε το όλο πρόβλημα που προέκυπτε από το πείραμα των Michelson-Morley, ως ένα πρόβλημα κίνησης φορτίων διαμέσου του αιθέρα και έδωσε απαντήσεις πολύ κοντινές στη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, την οποία και ασπαζόταν ως έναν βαθμό. Ξεκινώντας από το πρόβλημα της συνέχειας/ασυνέχειας και της ταυτόχρονης ύπαρξης του αιθέρα και της ύλης, που όπως είδαμε απασχολούσε εντόνως την σκέψη της εποχής, κατέληξε και αυτός σε μια θεωρία αφυλοποίησης της ύλης και υπαγωγής της στον ηλεκτρομαγνητικό αιθέρα. Όλα τα παραπάνω θα εκφραστούν τελικά μέσα από μια θεωρία για το ηλεκτρόνιο και την εξάρτηση της μάζας και του σχήματός του από την ταχύτητα.

Για το ηλεκτρόνιο του Lorentz θα επανέρθουμε συνοπτικώς λίγο παρακάτω.

Το 1898 ο Theodor DesCoudres σχολιάζοντας τις εξελίξεις στην φυσική της εποχής του, από τα πειράματα με τον καθοδικό σωλήνα μέχρι και τις πρόσφατες θεωρίες, θα εξετάσει την πιθανότητα μιας εμπειρικής μελέτης που θα αποφανθεί αν η μάζα του ηλεκτρονίου πηγάζει από την αυτεπαγωγή του. Ενώ και ο ίδιος ο Lorentz θα θεωρήσει το ζήτημα της μάζας πρώτης προτεραιότητας και θα ζητήσει πειράματα που θα βοηθήσουν να διαλευκανθεί το ζήτημα και θα προσδιορίσουν την ακριβή σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της μάζας, και της αναλογίας πραγματικής και φαινόμενης μάζας (McCormmach 1970, 475).



[Εικόνα 5.1] Σχηματική αναπαράσταση της αρχής λειτουργίας του πειράματος των Michelson-Morley (Darrigol 2002, 317)

5.2.2 Τα πρώτα πειράματα του Kaufmann

Στη στροφή του αιώνα, το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας είχε διατυπωθεί καθαρά στην Ευρώπη, ενώ είχε αρχίσει να εμφανίζεται και η απαίτηση για πειραματική επιβεβαίωση. Είχε αρχίσει να ξεδιαλύνεται μάλιστα και το ποια θα πρέπει να είναι η κατεύθυνση που θα πρέπει να ακολουθήσουν αυτά τα πειράματα· και αυτή δεν είναι άλλη από την εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα ηλεκτρονίων που κινούνται με ταχύτητες κοντινές σε αυτές του φωτός.

Είχε γίνει ακόμα γνωστό στις αρχές του 20ου αιώνα πως οι καθοδικές ακτίνες και οι ακτίνες β είναι το ίδιο πράγμα. Κάτι που επέτρεπε τα σχετικά πειράματα μιας και τα ηλεκτρόνια των καθοδικών ακτινών επιταχυνόντουσαν μέχρι ταχύτητα $0.3c$, ενώ αυτά της ακτινοβολίας β είχαν μετρηθεί να φτάνουν μέχρι και ταχύτητες $0.9c$.

Τα πρώτα πειράματα που προσπαθούσαν να απαντήσουν στο ερώτημα της ποιοτικής και ποσοτικής εξάρτησης της μάζας από την ταχύτητα, και της αναλογίας φαινόμενης και πραγματικής μάζας, πραγματοποιήθηκαν από τον W. Kaufmann το 1901. Ο Kaufmann, πειραματικός φυσικός από το Göttingen, το 1901 θεωρούνταν ήδη πετυχημένος, και είχε εργαστεί και ο ίδιος την ίδια περίοδο με τον J.J. Thomson επάνω στις καθοδικές ακτίνες.

Το πείραμα του Kaufmann το 1901 αποτελεί το πρώτο από μια σειρά παραπλήσιων πειραμάτων που πραγματοποίησε κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας του 20ού αιώνα, προσπαθώντας να πετύχει μεγαλύτερη ακρίβεια και πραγματοποιώντας διαφορετικές ερμηνείες των αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά, όλα τα επόμενα πειράματα συνιστούν απλώς μικρές παραλλαγές και βελτιώσεις του αρχικού, βασιζόμενα στις ίδιες αρχές και μεθόδους. Για αυτό το πρώτο πείραμα θα το δούμε λίγο πιο αναλυτικά.

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποίησε ο Kaufmann το 1901 [Εικόνα 5.2] αποτελείται από μία πηγή ηλεκτρονίων (C), έναν πυκνωτή για την παραγωγή ομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου (P1, P2), ένα διάφραγμα (D) και μια φωτογραφική πλάκα (E), ενώ όλη η συσκευή βρίσκεται στο εσωτερικό ενός ηλεκτρομαγνήτη που παράγει ομοιογενές μαγνητικό πεδίο (N-S). Τέλος, όλη η

συσκευή βρίσκεται σε κενό.

Ο λόγος που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο είναι γιατί ζητείται να υπολογιστούν δύο άγνωστοι· η ταχύτητα v , και ο λόγος φορτίου–μάζας q/m . Ενώ τα πεδία βρίσκονται παράλληλα μεταξύ τους ώστε αντί να παραγάγουν ένα μόνο σημείο στην πλάκα, όπως στο πείραμα του J.J. Thomson, να παραχθεί ταυτοχρόνως μια ολόκληρη καμπύλη, όπου κάθε σημείο της να αποτελεί και μια διαφορετική μέτρηση ως προς την ταχύτητα v .

Το ηλεκτρόνιο ξεκινά από το σημείο $(0,0,0)$ [εικόνα 5.3], διανύει την απόσταση x_1 , την απόσταση κατά την οποία βρίσκεται εντός του πυκνωτή και άρα υφίσταται και τα δύο πεδία, περνάει από το διάφραγμα στο σημείο $(x_1,0,0)$, και τέλος διανύει την υπόλοιπη απόσταση, επηρεαζόμενο μόνο από το μαγνητικό πεδίο, ως το x_2 , όπου και βρίσκεται η φωτογραφική πλάκα, αφήνοντας ένα στίγμα στο σημείο (x_2, y', z') .

Αν το ηλεκτρόνιο δεν συναντούσε το ηλεκτρικό πεδίο τότε θα έκανε ομαλή κυκλική κίνηση και θα χτύπαγε στο σημείο $(x_2, 0, z')$. Εξαιτίας όμως του ηλεκτρικού πεδίου η δέσμη εκτρέπεται προς τον άξονα y , για αυτό και καταλήγει στο σημείο (x_2, y', z') .

Στην εικόνα 5.4 φαίνεται η προβολή της τροχιάς του σωματιδίου στους άξονες x - z , όπου η κίνηση παρουσιάζεται σαν να μην επηρεαζόταν από το ηλεκτρικό πεδίο· ενώ στην εικόνα 5.5 φαίνεται η προβολή της τροχιάς στους άξονες x - y , όπου η κίνηση παρουσιάζεται σαν να μην επηρεαζόταν από το μαγνητικό πεδίο. Όπου και κάνει παραβολική κίνηση όσο βρίσκεται εντός του πυκνωτή, ενώ συνεχίζει ευθεία από το σημείο που περνά το διάφραγμα.

Από την πειραματική συσκευή γνωρίζουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου B , και του ηλεκτρικού E , καθώς και τις αποστάσεις x_1 και x_2 . Ενώ μπορούμε να μετρήσουμε την απόκλιση εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου y' και του ηλεκτρικού πεδίου x' , από την φωτογραφική πλάκα. Σκοπός είναι να παραχθούν εξισώσεις που να συνδέουν αυτά τα μεγέθη με την αναλογία φορτίου–μάζας q/m .

Ο Kaufmann θεώρησε την ταχύτητα v σταθερή σε όλη την κίνηση, θεωρώντας το ηλεκτρικό πεδίο αρκετά ομοιογενές. Αργότερα, θα δούμε, του ασκήθηκε κριτική σε αυτό το σημείο

από τον Planck.

Όσον αφορά, τώρα, την κίνηση στο πεδίο x-z, όπου το σώμα κάνει κυκλική κίνηση,

μπορούμε να βρούμε την φυγόκεντρο δύναμη: $\frac{mv^2}{\rho} = \frac{q}{c} vB \rightarrow \rho = \frac{mcv}{qB}$ (1), όπου ρ η ακτίνα του

κύκλου. Ενώ στον άξονα x-y έχουμε $F=ma$ και $F=Eq \Rightarrow a = \frac{q}{m} E$ (2). Γνωρίζουμε όμως δύο σημεία

της τροχιάς, την αφετηρία (0,0,0) και το διάφραγμα ($x_1, 0, 0$). Χρησιμοποιώντας αυτά τα δύο σημεία

και με τις εξισώσεις (1) και (2) βρίσκω τις εξισώσεις κίνησης, που προκύπτουν ως:

$$y' = \left(\frac{qE}{2mv^2} \right) x(x - x_1) \text{ για } 0 \leq x \leq x_1 \text{ και}$$

$$y' = \left(\frac{qE}{2mv^2} \right) x_1(x_2 - x_1) \text{ για } x_1 < x \leq x_2$$

μιας και από το x_1 κάνει ευθύγραμμη κίνηση.

Και $z' = \left(\frac{qB}{2mcv} \right) x_2(x_2 - x_1)$ για την κίνηση στο πεδίο x-z.

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι $\frac{e}{m} = \left[\frac{2Ec^{2x_1}}{B^2} x_2^2(x_2 - x_1) \right] \frac{z'^2}{y'}$, όλος ο όρος στην

αγκύλη όμως αποτελείται από χαρακτηριστικά μεγέθη της πειραματικής συσκευής και άρα

μπορούμε να την ξαναγράψουμε ως $\frac{e}{m} = C \frac{z'^2}{y'}$ (Cushing 1981, 1138-1141).

Τέλος χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις του Searle, που δίνουν την ενέργεια μιας κινούμενης φορτισμένης σφαίρας σε αναλογία με την ταχύτητα της, υπολόγισε τη φαινόμενη (ηλεκτρομαγνητική) μάζα ως εξαρτώμενη από την ταχύτητα του ηλεκτρονίου.

Για να πάρει τις πειραματικές τιμές, ο Kaufmann, εξέθεσε τη φωτογραφική πλάκα στη δέσμη των ηλεκτρονίων για 48 ώρες. Από την πλάκα μέτρησε τις αποκλίσεις με ένα μικρόμετρο, και από αυτές κατέληξε πως ο λόγος q/m μειώνεται καθώς η ταχύτητα του ηλεκτρονίου προσεγγίζει

αυτή του φωτός. Έγραψε μάλιστα τον λόγο ως $\frac{q}{m} = \frac{q}{(m_0 + m_e \eta)}$, όπου η ένα παράγοντας

εξαρτώμενος από την ταχύτητα. Τέλος υπολόγισε την αναλογία “πραγματικής μάζας” και “φαινόμενης μάζας” ως $m_0/m_e=1/3$, δηλαδή η “πραγματική” μάζα αποτελεί το ένα τρίτο του συνόλου της μάζας (Miller 1981, 51).

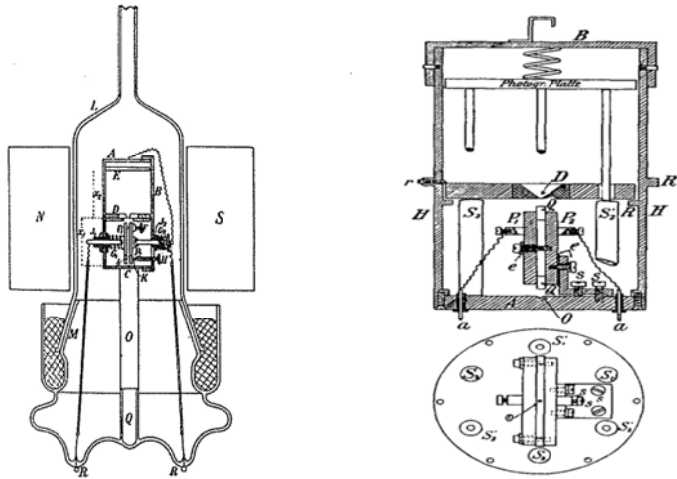
Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ πως οι διαστάσεις της συσκευής ήταν όσο πιο μικρές μπορούσαν να γίνουν με αποτέλεσμα η φωτογραφική πλάκα να έχει εμβαδόν μικρότερο από 2cm^2 . Ο G.N. Lewis μερικά χρόνια αργότερα θα παρατηρήσει πως οι μετρήσεις του Kaufmann, αν και αρκετά προσεκτικές, “αποτελούνταν από τον προσδιορισμό μιας ελάχιστης απόκλισης μίας θολής κηλίδας σε μια φωτογραφική πλάκα” (Hon 1985, 294).

Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο ίδιος ο Kaufmann, παρότι ικανοποιημένος με την πειραματική διάταξή του, ήταν σχετικά απογοητευμένος με το αποτέλεσμα της. Ο ίδιος προσδοκούσε να επικυρώσει τη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και να δείξει πως η ηλεκτρομαγνητική μάζα αποτελούσε το σύνολο της μάζας του ηλεκτρονίου. Έθετε μάλιστα και τα προβλήματα που θα έπρεπε να λυθούν προτού το πρόγραμμα γίνει πλήρως αποδεκτό: “Να δειχτεί ότι η μάζα του ηλεκτρονίου είναι πλήρως ηλεκτρομαγνητική, να υπαχθεί η μηχανική στον ηλεκτρομαγνητισμό, να αποδειχτεί ότι η ύλη αποτελείται αποκλειστικά από ηλεκτρόνια, να συσχετιστεί η χημική περιοδικότητα με τις δυναμικές διατάξεις των ηλεκτρονίων, και να επιβεβαιωθεί πειραματικά η ηλεκτρονιακή θεωρία της βαρύτητας του Wien” (Hon 1985, 296).

Ο ίδιος, στο τέλος της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων του πειράματός του, θα δείξει την έξοδο προς μια πλήρως ηλεκτρομαγνητική μάζα. Θα παρατηρήσει πως εξήγαγε την ενέργεια του ηλεκτρονίου από την εξίσωση του Searle, που υποθέτει όμως πως το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι διαμοιρασμένο στο απείρως λεπτό κέλυφος της επιφάνειάς του. “Μιας και δεν ξέρουμε τίποτα για τη δομή του ηλεκτρονίου δεν θα έπρεπε να χρησιμοποιούμε στο ηλεκτρόνιο a priori ιδιότητες. Είναι πολύ πιθανό πως η ενεργειακή σχέση του ηλεκτρονίου μπορεί να εξαχθεί και από άλλες κατανομές του φορτίου, και θα μπορούσε να υπάρχει μια κατανομή που, εφαρμοζόμενη στην παραπάνω ανάλυση, να δίνει μηδενική πραγματική μάζα” (Hon 1985, 295).

Αυτή ακριβώς η οδός θα ακολουθηθεί λίγο αργότερα από τον συνάδελφο του Kaufmann,

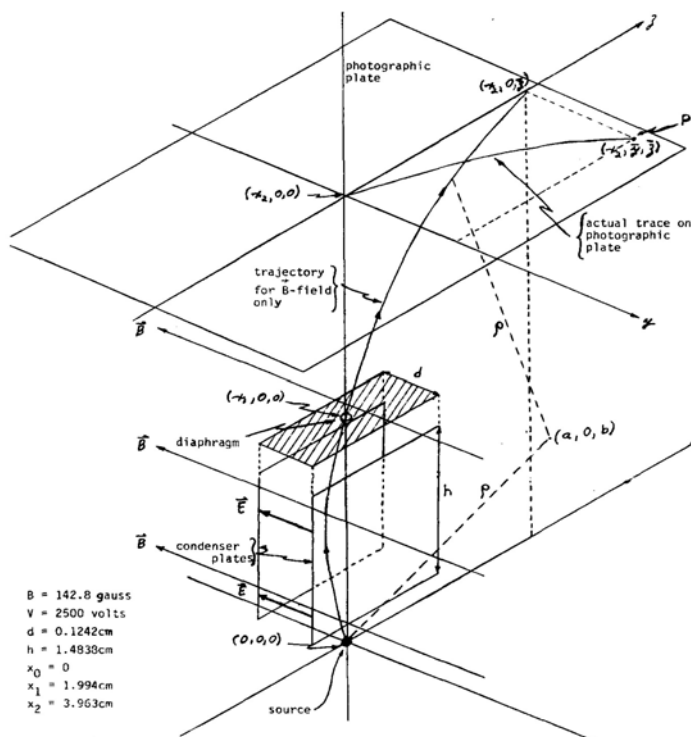
στο ίδιο πανεπιστήμιο, M. Abraham.



[Εικόνα 5.2α και 5.2β] Διάγραμμα της βασικής αρχής της συσκευής του Kaufmann

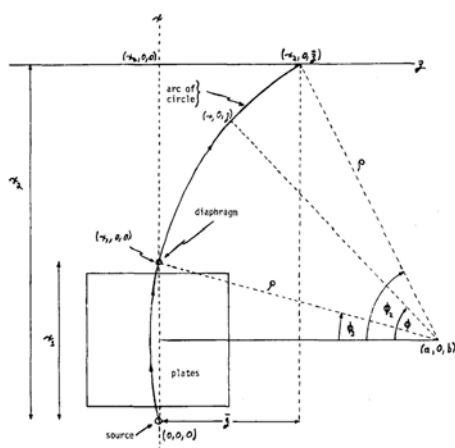
(Miller 1981, 47)

(Kaufmann 1906, 501)

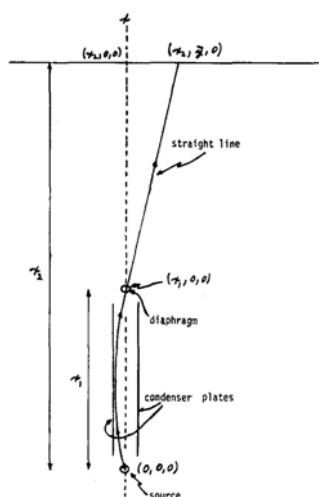


[Εικόνα 5.3] Η τροχιά του ηλεκτρονίου κατά το πείραμα του Kaufmann

(Cushing 1981, 1139)



[Εικόνα 5.4] Προβολή της τροχιάς του ηλεκτρονίου στους άξονες x-z
(Cushing 1981, 1139)



[Εικόνα 5.5] Προβολή της τροχιάς του ηλεκτρονίου στους άξονες x-y
(Cushing 1981, 1140)

5.2. Οι διορθώσεις του Abraham στο πείραμά του Kaufmann

Ο M. Abraham τελείωσε το διδακτορικό του κάτω από την επίβλεψη του Planck το 1897. Παρότι το έργο του αναγνωριζόταν ως σημαντικό, ο, θεωρούμενος ως εριστικός, χαρακτήρας του (δεν δίσταζε να αμφισβητήσει τους ανωτέρους του από την πρώτη στιγμή) καθώς και η Εβραϊκή καταγωγή του, τον εμπόδισαν στην ακαδημαϊκή του διαδρομή. Έτσι ο Abraham παρέμεινε σε θέση Privatdozent στο πανεπιστήμιο του Göttingen μέχρι το 1908 (καθ' όλη δηλαδή την περίοδο που μας ενδιαφέρει) όπου και αναγκάστηκε να δεχτεί μια έδρα στο πανεπιστήμιο του Illinois (Goldberg

1970, 9)

Η θεωρία του Abraham για το ηλεκτρόνιο πρωτοεμφανίστηκε το 1902, δηλαδή ακριβώς μετά τη δημοσίευση των πειραμάτων του Kaufmann, με τον οποίο βρίσκονταν στο ίδιο πανεπιστήμιο και τους ένωνε δεσμός στενής φιλίας (Goldberg 1970, 14). Το έργο του Abraham σαφώς εκκινούσε από την προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων και των προβλημάτων του πειράματος του Kaufmann, αλλά μια δεύτερη πηγή της σκέψης του Abraham ήταν η προσπάθεια να προχωρήσει το πρόγραμμα του Wien για την ηλεκτρομαγνητική μάζα. Έτσι και στο έργο του Abraham κεντρική ήταν η προσπάθεια απάντησης της ερώτησης “ποια η αναλογία ηλεκτρομαγνητικής και πραγματικής μάζας”, αρχικά στο ηλεκτρόνιο και κατ’επέκταση στο σύνολο της ύλης. Η προτίμηση προς την υπαγωγή του συνόλου της μάζας στην ηλεκτρομαγνητική ήταν προφανής. “Μπορεί για την αδράνεια των ηλεκτρονίων να ευθύνεται αποκλειστικά η δυναμική δράση του πεδίου, χωρίς να καταφεύγουμε σε μια μάζα ανεξάρτητη του ηλεκτρικού φορτίου;” θα αναρωτηθεί το 1901 (Goldberg 1970,12).

Σε αδρές γραμμές η γενική μέθοδος που εφάρμοσε ο Abraham σε αυτή την πρώτη εργασία είναι η εξής: Υπολόγισε αρχικά την αδράνεια ενός κινούμενου ηλεκτρονίου με βάση την αυτεπαγωγή του, στη συνέχεια υπολόγισε την αδράνειά του εξαιτίας της μηχανικής του μάζας και συγκρίνοντας τους υπολογισμούς με τα αποτελέσματα του Kaufmann αναζήτησε την αναλογία ηλεκτρομαγνητικής/μηχανικής μάζας· όπου και κατέληξε πως η μάζα του ηλεκτρονίου είναι αποκλειστικά ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης. Υπέθεσε ακόμα, για λόγους σταθερότητας, πως το ηλεκτρόνιο είναι μια συμπαγής σφαίρα της οποίας το σχήμα δεν επηρεάζεται από την κίνηση, κάτι που όπως θα δούμε αποτέλεσε το σημείο τριβής της θεωρίας του με άλλες αντίστοιχες (Goldberg 1970, 12).

Σκοπός του Abraham ήταν να ασκήσει κριτική στις εξισώσεις του Searle, που όπως είδαμε είχε χρησιμοποιήσει ο Kaufmann για να εξαγάγει την ενέργεια του κινούμενου ηλεκτρονίου, και από εκεί την αναλογία ηλεκτρομαγνητικής/μηχανικής μάζας.

Θα περιγράψω τώρα ένα μικρό τμήμα της σκέψης του Abraham όσον αφορά την εγκάρσια

και διαμήκη μάζα. Όταν μια τυχαία δύναμη ασκείται σε ένα κινούμενο φορτίο, μπορούμε να την αναλύσουμε σε δύο συνιστώσες, σε κάθετη και παράλληλη της κίνησης. Κάτω από την επίδραση της κάθε δύναμης το σώμα κάνει μια σύνθετη κίνηση, ομαλά επιταχυνόμενη στον άξονα της κίνησης, και κυκλική στον κάθετο [Εικόνα 5.6]. Εφόσον περιμένουμε να βρούμε κάποια εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα, τότε θα πρέπει να κάνουμε και μια διάκριση μεταξύ της εγκάρσιας μάζας [transverse] m_t , και της διαμήκουσ μάζας [longitudinal] m_l .

Ας παρακολουθήσουμε συνοπτικώς πως προέκυψε η μαθηματική έκφραση της κάθε μάζας: Αν $m_{\eta\mu}$ είναι η ηλεκτρομαγνητική μάζα, και $m_{\mu\eta\chi}$ η μηχανική, μπορούμε να γράψουμε τον δεύτερο

νόμο του Newton ως: $(m_{\mu\eta\chi} + m_{\eta\mu}) \frac{du}{dt} = F$ (i). Όπως είχε δείξει ο Lorentz το 1895, η μεταβολή στην ηλεκτρομαγνητική και μηχανική ενέργεια οφείλεται σε εξωτερικές δυνάμεις, κάτι που μπορούμε να

το γράψουμε ως: $\frac{d}{dt}(\frac{1}{2} m_{\mu\eta\chi} v^2 + W) = \vec{F} \cdot \vec{v}$ (ii). Η ηλεκτρομαγνητική ορμή G , μια έννοια που είχε

εισαγάγει ο Poincare ορίζεται ως: $G = \frac{1}{c^2} \iiint S dV$ (όπου S το διάνυσμα Poynting $S = E \times B$ όπου και

αναπαριστά τη διεύθυνση διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής). Η συνολική ορμή του συστήματος θα αποτελείται από το άθροισμα της μηχανικής ορμής και της ηλεκτρομαγνητικής

ορμής: $\frac{d}{dt}(m_{\mu\eta\chi} v + G) = F$ (iii). Αν F_s είναι η συνισταμένη της δύναμης που ασκείται στο σώμα

προς τη φορά της κίνησης, μπορούμε να γράψουμε την εξίσωση (ii) ως $(m_{\mu\eta\chi} v + \frac{dW}{dv}) \frac{dv}{dt} = F_s v$

(iv). Συγκρίνοντας τις εξισώσεις (iv) και (i) βλέπουμε ότι $m_l = \frac{1}{v} \frac{dW}{dv}$ και με μια ανάλογη

διαδικασία μπορούμε να πάρουμε τη διαμήκη μάζα ως συνάρτηση της ηλεκτρομαγνητικής ορμής

$m_l = \frac{dG}{dv}$. Αν τώρα F_t η συνισταμένη στη δύναμη κάθετη στη φορά της κίνησης, τότε αυτή θα είναι

η κεντρομόλος και θα μπορούμε να την γράψουμε ως $F_r = (m_{\mu\eta\chi} + G) \frac{v}{r}$ όπου συγκρίνοντας πάλι με

την (I) παίρνουμε την εγκάρσια μάζα: $m_t = \frac{G}{v}$ (Goldberg 1970, 13-14).

Μένει λοιπόν, από την πραγμάτευση του Abraham ο υπολογισμός των G και W. Για να φτάσει στην απάντησή του, ο Abraham, χρησιμοποιεί τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την δομή του άκαμπτου σφαιρικού ηλεκτρονίου· καταλήγοντας σε εξισώσεις που δίνουν απευθείας την εξάρτηση της μάζας του ηλεκτρονίου από την ταχύτητά του:

$$m_t = m_0 \left(1 + \frac{6}{5} \beta^2 + \frac{9}{7} \beta^4 + \dots \right) \text{ και}$$

$$m_t = m_0 \left(1 + \frac{6}{3 \cdot 5} \beta^2 + \frac{9}{5 \cdot 7} \beta^4 + \dots \right)$$

Όπου m_0 είναι η μάζα του ηλεκτρονίου στο όριο $\beta=0$, η μάζα αδράνειάς του δηλαδή: $m_0^e = \frac{2}{3} \frac{e^2}{Rc^2}$

Τις δύο παραπάνω εξισώσεις θα τις γράψουμε για συντομία ως:

$$m_t = m_0 f_{Abraham}(\beta) \text{ και}$$

$$m_t = m_0 g_{Abraham}(\beta),$$

μιας και θα συναντήσουμε και άλλα αντίστοιχα ζεύγη εξισώσεων (Miller 1981, 56· Cushing 1981, 1137).

Βλέπουμε λοιπόν ότι για τον Abraham, εφόσον οι δύο μάζες αποτελούν έκφραση δύο διαφορετικών εξισώσεων της ηλεκτρομαγνητικής ορμής, τότε θα προκύπτει και διαφορετική επιτάχυνση από μια δύναμη αναλόγως της διεύθυνσης της σχετικά με την κίνηση του σώματος. Εν ολίγοις, για τον Abraham η μάζα παύει να είναι μονόμετρο μέγεθος, όπως συνέβαινε στην κλασική μηχανική, και μετατρέπεται σε διανυσματικό (Hon 1985, 297).

Στην περίπτωση του πειράματος του Kaufmann, μιας και το ηλεκτρόνιο κάνει κατά κύριο λόγο κυκλική κίνηση θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει την εγκάρσια μάζα m_t , αντίθετα όμως ο Kaufmann χρησιμοποίησε τη διαμήκη μάζα m_l (Cushing 1981, 1138).

Σχολιάζοντας τώρα το πείραμα του Kaufmann, ο Abraham θα βρει τις δικές του προβλέψεις

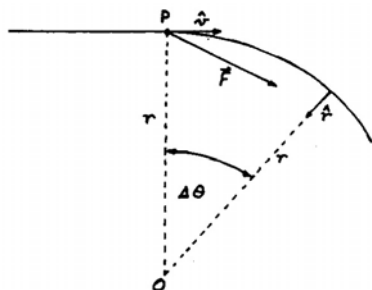
να έχουν μικρές αλλά σημαντικές αποκλίσεις από τις πειραματικές τιμές. Παρόλα αυτά θα μείνει ικανοποιημένος από τη συγγένεια των δύο τιμών, σχολιάζοντας πως, καταρχάς είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί μεγάλη ακρίβεια στις πειραματικές μετρήσεις, και άρα κάποιο σφάλμα είναι αναμενόμενο, και δεύτερον πως αν υποθέσουμε την ύπαρξη μιας μηχανικής μάζας τότε οι τιμές θα αποκλίνουν ακόμα περισσότερο. Έτσι θα καταλήξει πως “η αδράνεια του ηλεκτρονίου οφείλεται αποκλειστικά στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο” (Goldberg 1970, 14).

Ας σημειώσουμε ακόμα, σε αυτό το σημείο, πως και ο Abraham ασχολήθηκε με τα προβλήματα της “συνύπαρξης του συνεχούς με την ασυνέχεια” του “σήματος κατατεθέν της εποχής” όπως θα την χαρακτηρίσει και ο ιστορικός της επιστήμης A. Miller. Μιλώντας για την ατομική δομή του ηλεκτρισμού το 1902, θα γράψει πως “Παρ' ότι ο αιθέρας κατορθώνει να γεμίζει το χώρο συνεχώς, ο ηλεκτρισμός έχει ατομική δομή”, και θα συμπληρώσει λίγο παρακάτω, “Η αδράνεια του ηλεκτρονίου παράγεται αποκλειστικά από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Έτσι: Ατομική δομή του ηλεκτρισμού, αλλά συνεχής κατανομή του αιθέρα! Αυτή είναι η λύση” (Miller 1981, 51).

Το 1903 ο Kaufmann, γνωρίζοντας πια τις παρατηρήσεις του Abraham, θα επαναλάβει το πείραμα του 1901. Οι βασικές αλλαγές από το αρχικό πείραμα είναι οι εξής δύο: Πρώτον, θα χρησιμοποιήσει ως πηγή ακτινών β μια ράβδο 0,2mm χλωριδίου του ραδίου, που θα δανειστεί από τους Curie και που, εξαιτίας της δραστικότητάς του, θα του επιτρέψει να μειώσει περαιτέρω τις διαστάσεις του διαφράγματος και άρα να πετύχει πιο καθαρά αποτελέσματα με έκθεση 20 ωρών αυτή τη φορά. Και δεύτερον θα εγκαταλείψει τις εξισώσεις του Searle και θα χρησιμοποιήσει το μοντέλο του Abraham, χρησιμοποιώντας την εγκάρσια μάζα m_t . Αυτή τη φορά θα καταλήξει πως το σύνολο της μάζας του ηλεκτρονίου είναι ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης και πως δεν υπάρχει καθόλου μηχανική μάζα (Miller 1981, 61). “Η εξάρτηση [της μάζας από την ταχύτητα] περιγράφεται επακριβώς από την εξίσωση του Abraham. Συνεπώς η μάζα του ηλεκτρονίου είναι αποκλειστικώς ηλεκτρομαγνητικής φύσης”, θα γράψει, επικυρώνοντας όχι μόνο την υπόθεση αλλά και τη μορφή της (Goldberg 1970, 15).

Το 1903, σε ένα επόμενο άρθρο πάνω στο θέμα, ο Abraham θα παραδεχτεί πως η απόκλιση

των προβλέψεών του από το αρχικό πείραμα του Kaufmann δεν ήταν ικανοποιητική, ανακαλώντας την αρχική του εκτίμηση. Ενώ και ο ίδιος ο Kaufmann αναγνωρίζει τα προβλήματα του πειράματός του και τα διορθώνει. Η θεωρία και το πείραμα πλέον ταυτίζονταν απολύτως (Goldberg 1970, 17).



[Εικόνα 5.6] Ανάλυση μιας τυχαίας δύναμης σε δύο συνιστώσες. Εγκάρσια και διαμήκη.

Από αυτές προκύπτουν η εγκάρσια και η διαμήκη μάζα αντίστοιχα. (Cushing 1981, 1136)

5.3 Ακόμα περισσότερα μοντέλα για το ηλεκτρόνιο

5.3.1 Το ηλεκτρόνιο του Lorentz και οι αντιρρήσεις του Abraham ως προς αυτό

Οι θεωρίες των Abraham και Kaufmann συζητήθηκαν στην εποχή τους, και αυτό είναι φυσιολογικό μιας και το μοντέλο του Abraham για το ηλεκτρόνιο ήταν το μόνο που μπορούσε να προβλέψει ποιοτικά και ποσοτικά την εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα. Η πρώτη αμφισβήτηση της θεωρίας του, όμως, ήρθε δυο χρόνια αργότερα όταν εμφανίστηκαν τα πρώτα ανταγωνιστικά μοντέλα για το σχήμα του κινούμενου ηλεκτρονίου.

Το πρώτο και σημαντικότερο από αυτά εμφανίζεται στην εργασία του Lorentz το 1904, “Ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα σε ένα σύστημα κινούμενο με ταχύτητα μικρότερη από αυτή του φωτός”. Σε αυτό το άρθρο ο Lorentz πραγματεύεται ξανά τις διαδικασίες μετασχηματισμού του ηλεκτρονίου, και υποθέτει ξανά πως η συστολή που είχε εισαγάγει εφαρμόζεται και στην περίπτωση των ηλεκτρονίων. Έτσι οι διαστάσεις του ηλεκτρονίου και αντίστοιχα και η μάζα του θα συμπίεζονται στη φορά της κίνησης αποκτώντας σχήμα ελλειψοειδές.

Γνωρίζοντας το σχήμα του ηλεκτρονίου κατά τη φορά της κίνησης μπόρεσε να υπολογίσει την ηλεκτρομαγνητική ορμή G και από εκεί τη διαμήκη και εγκάρσια μάζα:

$$m_t = m_0 \frac{1}{\sqrt{(1-\beta^2)}}$$

$$m_t = m_0 \left(1 + \frac{1}{2} \beta^2 + \frac{3}{8} \beta^4 + \dots\right)$$

$$m_l = m_0 \left(1 + \frac{3}{2} \beta^2 + \frac{9}{8} \beta^4 + \dots\right)$$

(Miller 1981, 69· Goldberg 1970, 18· Cushing 1981, 1138) τους οποίους μπορούμε να τους γράψουμε, όπως και στην περίπτωση του Abraham ως:

$$m_r = m_0 f_{Lorentz}(\beta)$$

$$m_l = m_0 g_{Lorentz}(\beta)$$

Αν συγκρίνουμε το m_t που δίνει ο Lorentz με το m_t που δίνει ο Abraham⁵ τότε θα δούμε πως οι διαφορές μεταξύ των δύο είναι πολύ μικρές. Ο Lorentz θα γράψει σχετικά με τις τιμές του Abraham:

Οι τιμές που έδωσα για τη διαμήκη και την εγκάρσια μάζα του ηλεκτρονίου, εκφρασμένες ως αναλογίες της ταχύτητας δεν είναι ίδιες με αυτές που είχε εξαγάγει προηγουμένως ο Abraham. Η πηγή αυτής της διαφοράς έγκειται αποκλειστικά στο ότι σε αυτή τη θεωρία τα ηλεκτρόνια αντιμετωπίζονται ως άκαμπτες σφαίρες. Τώρα όσον αφορά την εγκάρσια μάζα αυτή έχει επιβεβαιωθεί σε μεγάλη ακρίβεια από τις μετρήσεις του Kaufmann ... έτσι αν δεν υπάρχει κάποια σοβαρή διαφωνία στη θεωρία που πρότεινα, θα πρέπει να είναι δυνατόν να δείξω ότι αυτές οι μετρήσεις συμφωνούν και με τις δικές μου τιμές εξίσου καλά με αυτές του Abraham (Goldberg 1970,18).

Η όλη συζήτηση για την εξάρτηση της μάζας του ηλεκτρονίου από την ταχύτητα, γινόταν στο πλαίσιο του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και της προσπάθειας υπαγωγής της μάζας σε ένα ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο. Ο Lorentz το γνώριζε αυτό και για αυτό τοποθετήθηκε και ο ίδιος επάνω στο επίδικο θέμα. Αν και μέχρι την εργασία του 1904, δίσταζε να δεχτεί τις συνέπειες του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας στο έπακρό τους, καταλάβαινε πως η συστολή που πρότεινε για τα ηλεκτρόνια και την ύλη, υπονοούσε πως η ύλη αποτελεί ένα επιφανόμενο του αιθέρα. Τελικά το 1904 θα γράψει “Θα υποθέσω πως δεν υπάρχει καμία άλλη

⁵ $m_t = m_0 \left(1 + \frac{6}{3 \cdot 5} \beta^2 + \frac{9}{5 \cdot 7} \beta^4 + \dots\right)$

[πέραν της ηλεκτρομαγνητικής] μάζα, δεν υπάρχει “πραγματική” ή “μηχανική” μάζα” (Miller 1981,62).

Παρ όλα αυτά, θα πρέπει να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο το εξής: Από όσα είδαμε μέχρι στιγμής το ενδιαφέρον του Lorentz δεν ήταν επικεντρωμένο στο ζήτημα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας· αν και σίγουρα και η υπόθεση αυτή έπαιζε κάποιο ρόλο στο έργο του. Το ενδιαφέρον του Lorentz βρισκόταν στην προσπάθεια απάντησης των πειραμάτων ανίχνευσης των επιπτώσεων της κίνησης της γης δια μέσου του αιθέρα. Το μοντέλο για το ηλεκτρόνιο του Abraham αν υιοθετούνταν, θα επέτρεπε την ύπαρξη τέτοιων ανιχνεύσιμων φαινομένων, και άρα δεν μπορούσε να γίνει αποδεκτό από τον Lorentz (Darrigol 2002, 365).

Ο Abraham, αντίθετα από το Lorentz, δεν προσπάθησε να χτίσει ένα θεωρητικό οικοδόμημα που να εξηγεί όλα τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα των κινούμενων σωμάτων. Ο Abraham μάλιστα δεχόταν όλες τις εξηγήσεις του Lorentz για τα φαινόμενα πρώτης και δεύτερης τάξης. Ήταν μόνο στο σημείο της περιγραφής του σχήματος του ηλεκτρονίου που διαφωνούσε με αυτόν (Goldberg 1970,16), και ο λόγος της διαφωνίας του πήγαζε από τη δέσμευσή του στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Αν κάποιος δεχόταν το παραμορφώσιμο ηλεκτρόνιο του Lorentz τότε θα έπρεπε να δεχτεί την εισαγωγή δυνάμεων μη ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης. Ο Abraham θα γράψει χαρακτηριστικά:

Αν αυτό [το μοντέλο του ηλεκτρονίου του Lorentz] καθίστατο απαραίτητο τότε το ηλεκτρομαγνητικό θεμέλιο της θεωρίας για τις καθοδικές ακτίνες ως καθαρά ηλεκτρικές διαδικασίες θα εμφανιζόταν ως αδύνατο, και τότε, ήδη από την αρχή, η ηλεκτρομαγνητική θεμελίωση της μηχανικής θα έπρεπε να ανασταλεί. Είναι ο παρόν σκοπός μας να ανακαλύψουμε τη δυναμική των ηλεκτρονίων με καθαρά ηλεκτρομαγνητικές προκείμενες, έτσι δεν μπορούμε να αποδίδουμε στο ηλεκτρόνιο υλική μάζα. Αντίθετα ελπίζουμε να ερμηνεύσουμε την αδράνεια και ελαστικότητα της μάζας με όρους ηλεκτρομαγνητικής αντίληψης (Goldberg 1970,17).

Ο Abraham δε· θεωρούσε θεμελιώδεις για τους σκοπούς του την απόδειξη της

ηλεκτρομαγνητικής προέλευσης του ηλεκτρονίου. Όπως θα γράψει στο άρθρο του, του 1904, “Οι βασικές παραδοχές της θεωρίας των ηλεκτρονίων”, δίνοντας μια από τις χαρακτηριστικότερες εκφράσεις του ηλεκτρομαγνητικού προγράμματος:

Αν η δυναμική του ηλεκτρονίου είναι πλήρως ηλεκτρομαγνητική και η αδράνειά του υπαχθεί στην αυτεπαγωγή του, δηλαδή στην αλληλεπίδραση των πεδίων, τότε θα έχουμε κερδίσει ένα φρούριο από το οποίο θα μπορούμε να εξαπολύουμε επιθέσεις που θα ταράζουν τη μηχανική εικόνα της φύσης από τα θεμέλια. Θα μπορούμε να ερμηνεύσουμε τη δυναμική και κινητική ενέργεια σαν μαγνητική και ηλεκτρική και άρα να αντικαταστήσουμε τη μηχανική εικόνα του σύμπαντος με μια ηλεκτρομαγνητική (Goldberg 1970, 21).

Βλέπουμε λοιπόν πως αν και τις απόψεις των Lorentz και Abraham δεν τις χωρίζει μεγάλη απόσταση, ήταν τα ίδια τα αξιώματα και οι συνέπειες αυτών ως προς τους ιδιαίτερους σκοπούς του καθενός, που τα καθιστούσαν αντιθετικά.

Ο Abraham, στο ίδιο άρθρο του 1904, θα συγκρίνει τις βασικές παραδοχές των δύο θεωριών. Τέσσερα αξιώματα ήταν κοινά: Α. Στο κενό οι εξισώσεις Maxwell περιγράφουν τη συμπεριφορά του πεδίου. Β. Ο ηλεκτρισμός αποτελείται από διακριτά σωματίδια, τα ηλεκτρόνια, που μεσολαβούν την αλληλεπίδραση μεταξύ ύλης και αιθέρα. Γ. Η κίνηση των ηλεκτρονίων αποτελεί τον ηλεκτρισμό και την πηγή του μαγνητικού πεδίου, όπως περιγράφονται από τη θεωρία του Maxwell. Δ. Σε ένα κινούμενο φορτίο εντός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ασκείται η δύναμη Lorentz.

Στη συνέχεια ακολουθούν τρεις αρχές που εφαρμόζονται μόνο στη θεωρία του Abraham: Ε. Όλες οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, εσωτερικές και εξωτερικές, πηγάζουν μόνο από τα ηλεκτρόνια. Στ. Αλλαγή στη μορφή του ηλεκτρονίου δεν είναι δυνατή. Ζ. Το ηλεκτρόνιο είναι μια σφαίρα με ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο.

Οι τελευταίες τρεις αρχές αντικαθίστανται από τον Lorentz όπως παρακάτω: Ε. Όλα τα σώματα συστέλλονται στη φορά της κίνησης. Στ. Η δύναμη που επαναφέρει τα ηλεκτρόνια στις θέσεις ισορροπίας σε όλη την ύλη υφίσταται μια αλλαγή εξαιτίας της κίνησης της γης, αντίστοιχη

με αυτή των διαμοριακών ηλεκτρικών δυνάμεων. Ζ. Τα κινούμενα ηλεκτρόνια συστέλλονται στη φορά της κίνησης κατά γ . Και Η. Η μάζα των μορίων είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσης (Goldberg 1970, 19).

Ενώ το διακύβευμα φαινόταν τεράστιο, οι πειραματικές διαφορές ήταν ελάχιστες. Ο Abraham κλείνει το άρθρο του το 1904 καλώντας σε περισσότερα πειράματα, ακρίβειας τέτοιας που θα επιτρέψουν την επιλογή μεταξύ των δύο θεωριών. Ο Kaufmann δέχτηκε να επαναλάβει το πείραμά του κατευθύνοντας το προς τη σύγκριση των δύο θεωριών, όπως και θα γίνει το 1905.

5.3.2 Το ηλεκτρόνιο του Bucherer και ο Einstein

Άλλο ένα μοντέλο του ηλεκτρονίου προτάθηκε από τον A. Bucherer. Το 1904 ο Bucherer πρότεινε μια μέση λύση μεταξύ του ηλεκτρονίου του Abraham και του ηλεκτρονίου του Lorentz. Ο Bucherer ήθελε να κρατήσει τις εξισώσεις του Lorentz αλλά είχε πειστεί από τα προηγούμενα πειράματα για την ανίχνευση της κίνησης διαμέσου του αιθέρα, ότι δηλαδή θα έπρεπε να εγκαταλειφθεί ο αιθέρας ως προνομιακό σύστημα αναφοράς. Έτσι αναγνώριζε τους μετασχηματισμούς του Lorentz μεν, αλλά ήθελε να επανερμηνευτούν οι ταχύτητες των σωμάτων ως σχετικές από ύλη σε ύλη και όχι ως σχετικές ως προς τον ακίνητο αιθέρα. Ο αιθέρας ήταν απλώς η “σκαλωσιά” που βοήθησε στην κατασκευή της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας και την ενοποίηση της φυσικής. Η θεωρία είχε ωριμάσει αρκετά “ώστε να πέσουν οι σκαλωσιές και να φανεί το μεγαλείο της κατασκευής” (Darrigol 2002, 370).

Ο Bucherer υποστήριζε ότι μπορούσε να αναπαραγάγει όλους τους νόμους της ηλεκροδυναμικής των κινούμενων σωμάτων χωρίς τις “περίπλοκες και ιδιαίτερα τεχνικές υποθέσεις σχετικά με τις αλλαγές στις διαστάσεις των σωμάτων” (Darrigol 1996, 286). Έτσι το μοντέλο του ηλεκτρονίου που πρότεινε ο ήταν μεν παραμορφώσιμο, αλλά ο όγκος του παρέμενε σταθερός. Η διαφορά στο σχήμα όπως είδαμε ήταν κεντρική στον υπολογισμό της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και της εξίσωσης που έδινε την εγκάρσια μάζα, που όπως είδαμε έβρισκε εφαρμογή στο πείραμα του Kaufmann. Έτσι ο Bucherer την υπολόγιζε ως:

$$m_t = m_0 \sqrt[3]{1 - \beta^2}$$

$$m_t = m_0 \left(1 + \frac{1}{3} \beta^2 + \frac{2}{9} \beta^4 + \dots \right)$$

δηλαδή έχουμε άλλη μια εξίσωση της μορφής $m_t = m_0 f_{\text{Bucherer}}(\beta)$ που προβλέπει την εξάρτηση της μάζας του ηλεκτρονίου από την ταχύτητά του (Darrigol 1996, 286· Cushing 1981, 1138).

Το μοντέλο του Bucherer και αυτά των Abraham και Lorentz έχουν ελάχιστη διαφορά αριθμητικώς, και άρα έδιναν τόσο κοντινές προβλέψεις που δεν μπορούσαν να διακριθούν από τη μέχρι εκείνη την στιγμή ακρίβεια του πειράματος του Kaufmann.

Στο σημείο που βρίσκεται η αφήγησή μας, το 1904, οι προβληματισμοί της κοινότητας των φυσικών μοιάζει να είχαν μπει σε μια ξεκάθαρη τροχιά. Η μηχανική έμοιαζε να υπάγεται στον ηλεκτρομαγνητισμό, ενώ έμενε να πραγματοποιηθούν τα πειράματα που θα έδιναν την τελική απάντηση σχετικά με τη μορφή του ηλεκτρονίου, ένα ζήτημα πλήρως συνδεδεμένο με την πειραματική θεμελίωση του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Τα πράγματα όμως πολύ σύντομα θα ακολουθούσαν μια πολύ διαφορετική τροπή από αυτή που θα ανέμενε κανείς το 1904. Το 1905 ο Einstein δημοσίευσε το άρθρο του “Για την ηλεκτροδυναμική των κινούμενων σωμάτων”, όπου και εισήγαγε την ειδική θεωρία της σχετικότητας, που σταδιακά θα ανέτρεπε το σκηνικό.

Σίγουρα ο Einstein αποτελεί το πιο αναγνωρίσιμο πρόσωπο της ιστορίας της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, και των πειραμάτων του Kaufmann. Παρ όλα αυτά ο ρόλος του ίδιου του Einstein είναι ελάχιστος. Ο Einstein κατ’ ουσίαν δεν συμμετείχε στη συζήτηση της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, και οι προβληματισμοί του ήταν πολύ διαφορετικοί.

Ο Einstein θα αντιστρέψει τη λογική του Lorentz και θα καταστήσει τη σχετικότητα σε αξίωμα αντί για ζητούμενο, ενώ από αυτήν και από την σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός θα καταλήξει και ο ίδιος ακριβώς στους ίδιους τους μετασχηματισμούς του Lorentz και άρα και σε όλα τα υπόλοιπα συμπεράσματα της θεωρίας του Lorentz. Παρά τη μαθηματική ομοιότητα, δύο διαφορές των δύο θεωριών ήταν πως ο Einstein θεωρούσε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς ως ισοδύναμα και άρα δεν υπήρχε η ανάγκη της αναφοράς στον αιθέρα ως ένα κυρίαρχο

τέτοιο σύστημα. Και δεύτερον θεώρησε τον “τοπικό χρόνο” του Lorentz ως τον πραγματικό χρόνο (McCormmach 1970, 488).

Μια βασική συνέπεια της μαθηματικής ομοιότητας των δύο θεωριών ήταν πως ήταν αξεδιάλυτες πειραματικά και εμπειρικά. Αυτός είναι ο λόγος που η θεωρία του Einstein έγινε γνωστή, τα πρώτα χρόνια της εμφάνισής της, ως θεωρία Lorentz-Einstein, μιας και θεωρήθηκε ως μια εναλλακτική διατύπωση της θεωρίας του Lorentz. Η θεωρία του Einstein ήταν όμως πολύ ευρύτερη από τις θεωρίες του Abraham, του Lorentz, και του Bucherer, και σκοπός της δεν ήταν να περιγράψει τη μορφή του ηλεκτρονίου ή των ζητημάτων της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας της εποχής. Παρ' όλα αυτά ο προβληματισμός της εποχής δεν επικεντρώθηκε στις δύο αρχές του Einstein αλλά στο κατά πόσο μπορεί να θεωρηθεί η μάζα ως ένα επιφανόμενο του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Έτσι η θεωρία του Einstein όχι μόνο θεωρήθηκε μια απλή αναδιατύπωση της θεωρίας του Lorentz, αλλά θεωρήθηκε μια αρκετά συντηρητική αναδιατύπωση της θεωρίας του Lorentz, που προσπαθούσε να διασώσει ότι μπορούσε να διασωθεί από την κλασική μηχανική. Παραδόξως η θεωρία του Einstein θεωρήθηκε, σύμφωνα με το “επαναστατικό” πνεύμα της εποχής της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, ως μια οπισθοδρόμηση σε ζητήματα που θεωρούνταν ληγμένα. Η εικόνα σήμερα παρουσιάζεται εντελώς αντεστραμμένα.

Παρά το ότι όμως δεν ήταν μέσα στους σκοπούς του Einstein να παραγάγει άλλη μια θεωρία για τη μορφή του ηλεκτρονίου αλλά να εμφανίσει μια γενική θεωρία μέτρησης, η εξαγωγή των ίδιων των εξισώσεων του Lorentz, τουλάχιστον ως προς την μορφή, κατέληγε αναγκαστικά σε μια θεωρία για τα ηλεκτρόνια. Έτσι ο Einstein στη δέκατη και τελευταία παράγραφο της εργασίας της ειδικής σχετικότητας, με τίτλο “δυναμική του σταδιακώς επιταχυνόμενου ηλεκτρονίου”, θα εφαρμόσει τη συστολή στο σχήμα του ηλεκτρονίου εξαιτίας της κίνησης του, και θα εξαγάγει με τη σειρά του εξισώσεις για την εγκάρσια και τη διαμήκη μάζα:

$$m_l = m_0 \frac{1}{\sqrt[3]{(1-\beta^2)^2}} \text{ και } m_t = m_0 \frac{1}{1-\beta^2}$$

Οι παραπάνω εξισώσεις, όπως και αναμένονταν, είναι ίδιες με αυτές του Lorentz. Και άρα

βρίσκονται και αυτές εξίσου κοντά στις τιμές που είχαν δώσει τα μέχρι τότε πειράματα του Kaufmann.

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ όμως το εξής, όσον αφορά τη θεωρία του Einstein: αντίθετα από τις προηγούμενες τρεις θεωρίες ο Einstein βάσισε τη θεωρία του σε δύο γενικές αρχές που δεν υπονοούσαν τίποτα σχετικά με τη δομή της ύλης ή της ακτινοβολίας. Όπως γράφει ο ιστορικός της επιστήμης Darrigol:

Παρά την συμπάθειά του για ενοποιητικές, μονιστικές θεωρίες, ο Einstein δεν θα μπορούσε να τρέφει μεγάλη συμπάθεια για τις νέες θεωρίες του ηλεκτρονίου για τουλάχιστον τρεις λόγους. Πρώτον, καμίας η μορφή ή οι εμπειρικές προβλέψεις δεν ταίριαζαν με το αξίωμα της σχετικότητας. Δεύτερον, η μαθηματική τους πολυπλοκότητα ήταν ξένη στο δικό του στιλ φυσικής. Τρίτον, κάπου μεταξύ του 1900 και του 1905, ως απόρροια του ενδιαφέροντός του για τη θερμοδυναμική, ο Einstein πείστηκε πως οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής καταρρέουν σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ ύλης και υψηλής συχνότητας ακτινοβολίας. Αυτό καθιστούσε τις έρευνες για τη δομή των ηλεκτρονίων πρόωρες, αν όχι άνευ νοήματος (Darrigol 1996, 299).

Ο ίδιος ο Einstein δεν ήταν οπαδός τη μηχανικής κοσμοεικόνας. Αντίθετα, επηρεασμένος από τη φιλοσοφία του Mach είχε πειστεί πως οι νόμοι της μηχανικής δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιώματα γιατί κατά καιρούς απαιτούν αναπροσαρμογή. Ωστόσο ο Einstein συμεριζόταν κάποιους από τους φιλοσοφικούς προβληματισμούς της εποχής που προσπαθούσε να απαντήσει το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Όπως θα γράψει στην αυτοβιογραφία του, “Αν κάποιος παρακολουθήσει κριτικά αυτή τη φάση της ανάπτυξης της θεωρίας, θα τραβήξει την προσοχή του ο δυισμός που έγκειται στο ότι το υλικό σημείο, με την Νευτώνεια έννοια, και το πεδίο ως συνεχές χρησιμοποιούνται δίπλα δίπλα ως θεμελιώδεις έννοιες” (Miller 1981, 123). Τελικά όμως ο Einstein δεν έκλινε προς καμία από τις δύο εικόνες, τη μηχανική και την ηλεκτρομαγνητική δηλαδή. Αντίθετα, θεωρούσε πως οι νόμοι του Planck προανήγγειλαν μια κρίση στα θεμέλια της φυσικής, γιατί η παραβίαση των αρχών που αναδείκνυε έφτανε βαθύτερα, καθώς η μηχανική επιτρέπει κάθε

μορφή ταλάντωσης των ηλεκτρονίων και, σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία, η ακτινοβολία εκπέμπεται συνεχώς. Έτσι οι νόμοι του Planck παραβίαζαν ταυτοχρόνως και τη μηχανική και τον ηλεκτρομαγνητισμό (Miller 1981, 124).

Σε τελική ανάλυση, η αφυλοποίηση της ύλης δεν ήταν μέσα στους σκοπούς του Einstein.

Πράγματι, παρότι η θεωρία ήταν γνωστή ως Lorentz-Einstein, άνθρωποι σαν τον Abraham αντιλαμβάνονταν τις θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ των δύο. Όπως θα γράψει το 1914,

Πολλοί υποστηρικτές της θεωρίας της σχετικότητας εξάγουν από την πρώτη αρχή τη μη αναγκαιότητα του πληρόντος του χώρου αιθέρα. Και πράγματι αυτή η αρχή καθιστά τον αιθέρα μη ανιχνεύσιμο όσον αφορά την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ... Η δεύτερη αρχή, αυτή της σταθερότητας της ταχύτητας του φωτός, δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή χωρίς αναφορά στην κυματική θεωρία ... το δεύτερο αξίωμα μαρτυρά την καταγωγή της θεωρίας της σχετικότητας από τη θεωρία πεδίου ... Οι ακραίοι σχετικιστές, οι εχθροί του αιθέρα θέλουν να απαρνηθούν αυτή την καταγωγή” (Goldberg 1970,24).

Το ζήτημα του σχήματος του ηλεκτρονίου ήταν ένα πειραματικό ζητούμενο στη διαδρομή προς την πλήρη υπαγωγή της ύλης στον αιθέρα. Προφανώς η άρνηση ή η υποβάθμιση της έννοιας του αιθέρα κινούνταν προς την αντίθετη κατεύθυνση. Και αυτό ήταν κάτι που συνέβαινε μόνο με τη θεωρία του Einstein και όχι σε αυτή του Lorentz.

5.3.3 Νέα πειράματα από τον Kaufmann

Ο Kaufmann θα επαναλάβει για άλλη μια φορά το πείραμά του, αυτή τη φορά όχι για να επαληθεύσει μια θεωρία, αυτή του Abraham, αλλά για να συγκρίνει τις 3 θεωρίες για το σχήμα του ηλεκτρονίου και την εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα, που είχαν εμφανιστεί στο εν τω μεταξύ. Τις θεωρίες των Abraham, Bucherer, Lorentz και αυτή του Einstein που ο Kaufmann θεωρούσε ταυτόσημη με του Lorentz. Ο Kaufmann θα πραγματοποιήσει τα πειράματά του, μεταξύ 1905-1906 και θα δημοσιοποιήσει τα αποτελέσματά του το 1906 σε ένα άρθρο με τίτλο “Για τη συγκρότηση του ηλεκτρονίου”.

Αξιίζει να σημειωθεί πως αυτή είναι η πρώτη αναφορά στην εργασία του Einstein για την ειδική σχετικότητα του 1905. Ο Kaufmann θα της αφιερώσει κάποιο χώρο, θα σχολιάσει τα δύο αξιώματα και το πως προκύπτουν οι μετασχηματισμοί Lorentz με πιο ακριβή τρόπο, αλλά εν τέλει θα τη θεωρήσει μια φαινομενολογική γενίκευση της θεωρίας του Lorentz (Miller 1981, 215).

Το πείραμα του Kaufmann θα ακολουθήσει στις βασικές του αρχές τα προηγούμενα, η αύξηση της ακρίβειας θα προέλθει από την χρήση μιας νέας αντλίας κενού, κατασκευής του ίδιου του Kaufmann.

Για να γίνει πιο εμφανής η σύγκριση μεταξύ των θεωριών ο Kaufmann θα γράψει τις βασικές εξισώσεις της ηλεκτρικής και μαγνητικής απόκλισης συναρτήσει δύο σταθερών, των A και A' , που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της συσκευής:

$$y' = \frac{q}{m} \frac{A}{v^2}$$

$$z' = \frac{q}{m} \frac{A'}{v}$$

Όπου το m είναι $m = m_0 f(\beta)$. $f(\beta)$ είναι οι εξισώσεις που συσχετίζουν την κίνηση του ηλεκτρονίου με την ταχύτητα, και όπως είδαμε η κάθε μία από τις προηγούμενες θεωρίες κατέληγε σε μια διαφορετική εξίσωση $f(\beta)$. Με βάση τις παραπάνω εξισώσεις μπορούμε να γράψουμε:

$$z' = \frac{q}{m} \frac{A}{c} \frac{1}{\beta f(\beta)} \quad \text{και}$$

$$y' = \frac{q}{m} \frac{A'}{c^2} \frac{1}{\beta^2 f(\beta)} \quad (\text{Coushing 1981, 1142})$$

Ο Kaufman πήρε εννιά πειραματικά ζεύγη τιμών z' και y' [Πίνακας 5.1] και συνέκρινε αυτά με τα αντίστοιχα ζεύγη της κάθε θεωρίας. Η απόκλιση των θεωρητικών τιμών από τις πειραματικές ήταν :

Abraham: -3.5%

Lorentz: -10.4%

Bucherer: -2.5%

Στη συνέχεια ο Kaufmann πραγματοποίησε άλλη μια σύγκριση, συγκρίνοντας τις προβλέψεις της κάθε θεωρίας για το λόγο φορτίου-μάζας q/m με την πειραματική τιμή, όπου οι

αποκλίσεις ήταν:

Abraham: -2.9

Lorentz: -11.6

Bucherer: -3.7 (Miller 1981, 219)

Αυτή θεωρήθηκε μια αρκετά κακή επίδοση για τη θεωρία του Lorentz και μια αρκετά κακή εξέλιξη για τη θεωρία του Einstein, που βρίσκεται εδώ να διαψεύδεται πειραματικώς μέσα σε ελάχιστο διάστημα από τη δημοσίευσή της, και στην πρώτη δημόσια αναφορά της.

Κατόπιν τούτων ο Kaufmann θα γράψει, πως “η προσπάθεια να βασίσουμε όλη τη φυσική συμπεριλαμβανομένης και της ηλεκτροδυναμικής και οπτικής επάνω στην αρχή της σχετικότητας της κίνησης προς το παρόν θα πρέπει να θεωρείται ως αποτυχημένη”. Πράγματι, η θεωρία του Einstein μπορεί να εξηγεί την απουσία ανιχνεύσιμων φαινομένων από την κίνηση διαμέσου του αιθέρα, αλλά όπως έδειξε το πείραμά του δεν είναι ορθή. Οπότε, θα υποστηρίξει πως τα πειράματα για την ανίχνευση του “απόλυτου ακίνητου αιθέρα” θα πρέπει να συνεχιστούν (Miller 1981, 219)

$\bar{z}$	$\bar{y}_{exp}$	Weight	$\bar{y}_{theo}$			$\delta = (\bar{y}_{exp} - \bar{y}_{theo}) \times 10^4$			β		
			(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
0.1350	0.0246	1/2	0.0251	0.0246	0.0254	- 5	0	- 8	0.974	0.924	0.971
0.1919	0.0376	1	0.0377	0.0375	0.0379	- 1	+ 1	- 3	0.922	0.875	0.919
0.2400	0.0502	1	0.0502	0.0502	0.0502	0	0	0	0.867	0.823	0.864
0.2890	0.0545	1	0.0649	0.0651	0.0647	- 4	- 6	- 2	0.807	0.765	0.805
0.3359	0.0811	1	0.0811	0.0813	0.0808	0	- 2	+ 3	0.752	0.713	0.750
0.3832	0.1001	1	0.0995	0.0997	0.0992	+ 6	+ 4	+ 9	0.697	0.661	0.695
0.4305	0.1205	1	0.1201	0.1202	0.1200	+ 4	+ 3	+ 5	0.649	0.616	0.647
0.4735	0.1404	1/4	0.1408	0.1405	0.1409	- 4	- 1	- 5	0.610	0.579	0.608
0.5252	0.1666	1/4	0.1682	0.1678	0.1687	- 16	- 12	- 21	0.566	0.527	0.564

[Πίνακας 5.1] Τα αποτελέσματα του πειράματος του 1905 του Kaufmann. Στις πρώτες δύο στήλες οι πειραματικές μετρήσεις. Στην τρίτη, τέταρτη και πέμπτη στήλη οι θεωρητικές τιμές, του Abraham (1), του Bucherer (2) και των Lorentz-Einstein (3). Οι τιμές του Abraham ταιριάζουν καλύτερα με τις πειραματικές (Coushning 1981, 1142).

5.3.4 Η θριαμβευτική παρουσία του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Η αντίληψη που κυριαρχούσε στη φυσική γύρω από την ηλεκτρομαγνητική μάζα τα πρώτα χρόνια του 20ου αιώνα ήταν θριαμβευτική. Μια διάχυτη αίσθηση επικρατούσε πως το από καιρό

προαναγγεληθέν πρόγραμμα της υπαγωγής της ύλης στην ενέργεια/πεδίο είχε αρχίσει να παίρνει, και πειραματικώς πια, σάρκα και οστά. Η εικόνα που θέλει τη θεωρία του Einstein να συγκρούεται με την κλασική μηχανική, που κυριαρχεί σήμερα, πιστεύω πως φαίνεται από τα παραπάνω πως δεν είναι απόλυτα ακριβής. Οι σκοποί της κλασικής μηχανικής είχαν κλονιστεί από το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας θεμελιωδώς· σε τέτοιο βαθμό που μια επικείμενη αλλαγή θεωρούταν από όλους προφανής. Όλα έδειχναν όμως πως η αλλαγή αυτή θα συνέβαινε προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που συνέβη τελικά, προς αυτήν της υπαγωγής της μηχανικής στον ηλεκτρομαγνητισμό.

Μπορεί να αντιληφθεί κανείς τη σημασία που είχε αρχίσει να αποκτά το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας από το ότι είχε αρχίσει σταδιακά να ξεφεύγει από τους κλειστούς επιστημονικούς κύκλους και να περνά στα διδακτικά συγγράμματα. Δύο τέτοια συγγράμματα κυκλοφόρησαν από τον Bucherer το 1904· και από τον Abraham το 1905, όπου επωφελούμενος από την επανέκδοση του συγγράμματός του A. Föppl, αντέστρεψε την ιεραρχία μηχανικής και ηλεκτρομαγνητισμού (Kragh 1999, 137).

Μια άλλη όψη της προοδευτικής επέκτασης των ιδεών της ηλεκτρομαγνητικής μάζας στην κοινότητα των φυσικών μπορεί να δει κανείς μέσα από τα σχετικά συνέδρια που πραγματοποιήθηκαν τις χρονιές 1904 και 1905.

Ένα τέτοιο συνέβη στο Saint Luis το 1904. Σε αυτό βρίσκουμε τον Poincare να δηλώνει και αυτός την πίστη του στο πρόγραμμα. “Η μάζα των ηλεκτρονίων, ή τουλάχιστον των αρνητικών ηλεκτρονίων, είναι αποκλειστικώς ηλεκτροδυναμικής προέλευσης. [...] Δεν υπάρχει άλλη μάζα πέραν της ηλεκτροδυναμικής αδράνειας” θα δηλώσει. Ενώ στο ίδιο συνέδριο ο Langevin θα υπερασπιστεί το μοντέλο του ηλεκτρονίου (που ταυτιζόταν με αυτό του Bucherer), αλλά θα αναγνωρίσει πως η σημασία δεν βρίσκεται στις λεπτομέρειες για το σχήμα του ηλεκτρονίου αλλά στην έλευση μιας νέας εποχής για τη φυσική, που ανοίγει το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. “Η ηλεκτρική ιδέα, η τελευταία που ανακαλύφθηκε, σήμερα εμφανίζεται να δεσπόζει πάνω στο σύνολο, ως η ενδεδειγμένη θέση από όπου ο εξερευνητής νιώθει ότι μπορεί να ιδρύσει μια

βάση προτού προχωρήσει σε νέα εδάφη”, θα πει για τη σταδιακή επικράτηση της ηλεκτρομαγνητικής επί της μηχανικής (Kragh 1999, 138).

Ακόμα πιο εμφανής γίνεται η δυναμική του προγράμματος σε μια συνάντηση της Γερμανικής Ένωσης Επιστημόνων στη Στουτγάρδη το 1906, όπου θα εκθειαστεί το μοντέλο του Abraham και θα ασκηθεί κριτική στον Lorentz λόγω της αναγκαιότητας της ύπαρξης μη ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων στη θεωρία του. Μόνο ο Planck θα υπερασπιστεί τη θεωρία της σχετικότητας, και άρα κατά μία έννοια και του Lorentz. Ο Sommerfeld θα χαρακτηρίσει τότε την θεωρία των Einstein-Lorentz “ως απελπιστικά συντηρητική, μια προσπάθεια να σωθούν τα όσα λίγα μπορούν να σωθούν από την παλιά μηχανοκρατική κοσμοαντίληψη που πνέει τα λοίσθια” (Kragh 1999, 139). Ενώ στη συνέχεια θα εξηγήσει την όποια αντίδραση στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας μέσω του “χάσματος των γενεών” και της συντηρητικότητας της παλιάς γενιάς φυσικών. “Πάνω στο ζήτημα των αρχών που διατύπωσε ο κύριος Planck τείνω να υποπεύομαι ότι από τους κυρίους οι μεν κάτω των 40 θα προτιμήσουν το ηλεκτροδυναμικό αίτημα, οι δε άνω των 49 το μηχανικό-σχετικιστικό” θα πει χαρακτηριστικά, με μία δήλωση που θα αποκτήσει τη δική της φήμη (Kragh 1999, 139).

Το 1905, ο W. Wien, πέντε χρόνια μετά την πιο χαρακτηριστική έκφραση του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, θα δει την επίτευξη των στόχων του να πλησιάζει χάρη στα πειράματα του Kaufman. Όπως θα πει σε μια διάλεξη του στη Λειψία,

Δεν πρέπει να υπερεκτιμάμε τη γνωσιακή αξία της θεωρίας του ηλεκτρονίου. Οι δυσκολίες που έχουμε συναντήσει μάλλον δείχνουν ότι η αυτή η θεωρία θα πρέπει να αντικατασταθεί από μια πιο γενική. Αλλά αυτή η θεωρία μας έχει δείξει ότι όλες οι φυσικές έννοιες, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που θεωρούσαμε σταθερότερες -για παράδειγμα η έννοια της μάζας- μπορεί να αποδειχτούν μεταβλητές σε προσεκτικότερη ανάλυση.

Και θα κλείσει με τα λόγια του Goethe: “Ό,τι εφήμερο είναι μια ψευδαίσθηση” (Darrigol 2002, 366).

5.4 Οι πρώτες αντιδράσεις στα πειράματα του Kaufmann

Η μέχρι στιγμής αφήγηση παρουσιάστηκε με έναν σχετικά τεχνικό χαρακτήρα. Πράγματι η συζήτηση του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας έγινε σε ένα υψηλό μαθηματικό και πειραματικό περιβάλλον. Αυτό δεν σημαίνει όμως πως τα δρώντα πρόσωπα δεν διατηρούσαν τις προσωπικές τους προτιμήσεις και σκοπούς. Γιατί αυτό το πείραμα και όχι κάποιο άλλο; Γιατί αυτή η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και όχι κάποια άλλη κλπ. Φυσικά όσο πιο πολύ προσεγγίζει κανείς την κοινότητα των επαγγελματιών επιστημόνων τόσο λιγότερο αυτοί οι σκοποί γίνονται φανεροί. Πιστεύω πως η δέσμευση του καθενός από τα δρώντα πρόσωπα στον έναν ή στον άλλο σκοπό μπορεί να γίνει πιο ευδιάκριτη από τον τρόπο που αντέδρασε ο καθένας στα πειράματα του Kaufmann. Και οι δεσμεύσεις των εμπλεκομένων ήταν αρκετά διαφορετικές. Από τη μια μεριά οι Kaufmann, Abrahams, και Bucherer παρέμειναν δεσμευμένοι στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και στην προσπάθεια υπαγωγής της μηχανικής στον ηλεκτρομαγνητισμό και από την άλλη ο Einstein είχε πολύ διαφορετικούς σκοπούς από τη θεμελίωση της φυσικής στον ηλεκτρομαγνητισμό. Σε μια ενδιάμεση ίσως θέση μπορούμε να τοποθετήσουμε τον Lorentz που παρότι δεν είχε πρόβλημα να ασπαστεί την ιδέα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, το ενδιαφέρον του κατ' ουσίαν ήταν να ερμηνεύσει τα πειράματα της κίνησης της γης διαμέσου του αιθέρα, διατηρώντας την έννοια του σταθερού αιθέρα. Αν σκοπός του Kaufmann ήταν να πετύχει ένα Experimentum crucis μεταξύ των τριών ή τεσσάρων θεωριών, κρίνοντας εκ του αποτελέσματος, από τις ποικίλες αντιδράσεις σε αυτό δηλαδή, μπορούμε να τον χαρακτηρίσουμε ως μη επιτυχή.

Ο Lorentz, ο οποίος όπως είδαμε, είχε χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα των πειραμάτων του Kaufmann το 1903 για να στηρίξει και τη δική του θεωρία για το ηλεκτρόνιο. Το γεγονός αυτό, όπως και η σχετική δέσμευσή του στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και του αιθέρα, τον έθεταν σε μια αρκετά δυσάρεστη θέση. Ο Lorentz εργαζόταν εντός του ίδιου παραδείγματος με τους Abraham και Kaufmann, αν και ίσως όχι στα ίδια σημεία. Αυτή του η θέση τον υποχρέωνε να πάρει αρκετά σοβαρά τα αποτελέσματα των πειραμάτων του Kaufmann. Η αντίδρασή του αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στο γράμμα που έγραψε στον Poincare το 1906:

Δυστυχώς η υπόθεσή μου για την συστολή των ηλεκτρονίων είναι σε αντίθεση με τα νέα αποτελέσματα του Kaufmann και πρέπει να την εγκαταλείψω. Κατόπιν τούτου δεν έχω την παραμικρή ιδέα τι πρέπει να κάνω. Δεν βλέπω πως να εγκαθιδρύσω μια θεωρία που απαιτεί την απόλυτη απουσία οποιασδήποτε επιρροής της κίνησης στα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και της οπτικής (Miller 1981, 316).

Ο Lorentz δέχτηκε, προς το παρόν, τα αποτελέσματα ως έχουν.

Ο M. Planck είναι ίσως ο μόνος που υπερασπίστηκε δημοσίως τη θεωρία του Einstein, τουλάχιστον τα πρώτα τρία χρόνια μετά την έκδοσή της. Όμως, όπως θα γράψει ο ιστορικός της επιστήμης S. Goldberg:

Η αποδοχή της θεωρίας της ειδικής σχετικότητας δεν τον μετατρέπει σε επαναστάτη, παρόλα αυτά. Η αντίδραση του Planck και η αρχική συνεισφορά του στη θεωρία της ειδικής σχετικότητας συμβάδιζαν πλήρως με τον συντηρητισμό του, με την οπτική του για την φύση ως φυσική πραγματικότητα και με τον κύριο στόχο του στη φυσική έρευνα, δηλαδή, να αποκαλύψει και να επιβεβαιώσει τα απόλυτα της φύσης (Goldberg 1976, 125).

Έχουμε ήδη πει κάποια πράγματα για τη θετικιστική ρεαλιστική φιλοσοφία του Planck. Από τις απόψεις αυτές πήγαζε και η συμφωνία του με τον Einstein. Ο Planck ήθελε να διασώσει την παλιά θεωρία και όχι να την αντικαταστήσει. Ταυτόχρονα η πίστη του στην επιστημονική μέθοδο τον υποχρέωνε να απαντήσει στα πειράματα του Kaufmann.

Έτσι ο Planck, σε ένα πρώτο άρθρο του που δημοσιεύτηκε το 1906, θα αναγνωρίσει τα αποτελέσματα του Kaufmann, ωστόσο δεν θα θεωρήσει πως επαρκούν για μια τελική απάντηση και θα ζητήσει να μην εγκαταλειφθεί η θεωρία της σχετικότητας πριν εξεταστούν οι συνέπειές της, και να συνεχίσει η έρευνα σε αυτή.

Το 1906 ο A. Bestelmeyer θα πραγματοποιήσει άλλο ένα πείραμα για τη μέτρηση της αναλογίας φορτίου-μάζας q/m , χρησιμοποιώντας μια συσκευή πολύ παραπλήσια αυτής του Kaufmann, μόνο που θα χρησιμοποιήσει κάθετα μεταξύ τους ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, κάτι που θα του επιτρέψει να μικρύνει αρκετά τις διαστάσεις και να χρησιμοποιήσει αρκετά μικρότερο

διάφραγμα. Ο Bestelmeyer θα πάρει αποτελέσματα πολύ καθαρότερα από αυτά του Kaufmann ενώ θα υποστηρίξει πως οι μικρότερες διαστάσεις του επέτρεψαν να πετύχει ένα πολύ πιο ομοιόμορφο ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή (Miller 1981, 321).

Ο Planck θα χρησιμοποιήσει αυτό το σχόλιο σε ένα δεύτερο άρθρο του, το 1907, επάνω στο πείραμα του Kaufmann. Αρχικά ο Planck θα επεξεργαστεί μαθηματικά τα αποτελέσματα του Kaufmann και θα βρει πως για κάποιο σημείο προκύπτει $\beta > 1$, κάτι που δεν προβλέπεται από καμία από τις θεωρίες. Θα υποστηρίξει πως πηγή του προβλήματος είναι πως ο Kaufmann θεωρεί το ηλεκτρικό πεδίο E ως σταθερό και άρα και την ταχύτητα ως σταθερή, ενώ στα άκρα του πυκνωτή το ηλεκτρικό πεδίο μεταβάλλεται, και θα προτείνει να αντικατασταθεί το E με $E = E_m f(x)$. Λύνοντας τις νέες εξισώσεις κίνησης για το ηλεκτρόνιο θα καταλήξει σε νέες τιμές. Σε αυτές τις νέες τιμές η θεωρία του Abraham συνεχίζει να ταιριάζει καλύτερα από αυτή των Lorentz-Einstein, οι αποκλίσεις όμως δεν είναι τέτοιες που να μπορούν να χαρακτηριστούν ως διάψευση (Cushing 1981, 1144). Σε μια τρίτη εργασία, την ίδια χρονιά, θα υποστηρίξει πως το κενό δεν ήταν αρκετά ισχυρό στα πειράματα του Kaufmann και θα προτείνει μια νέα εξίσωση $E = af(\chi)$ όπου τα νέα αποτελέσματα θα επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις του Einstein αυτή τη φορά. Όπως και να έχει, δεδομένου ότι για κάποιες τιμές των x', y' προκύπτει $\beta > 1$, αυτό σημαίνει πως είτε το πείραμα δεν μπορεί να θεωρηθεί αρκετά μεγάλης ακρίβειας για την επιλογή μεταξύ των θεωριών, είτε πως διαψεύδονται και οι τέσσερις θεωρίες ταυτοχρόνως. Σε κάθε περίπτωση, ο Planck κατάφερε να διασώσει τη θεωρία της σχετικότητας από την πρόωρη διάψευση.

Ο Einstein, τώρα, αρχικά θα αγνοήσει εντελώς τα πειράματα του Kaufmann, θα βρει μάλιστα την ευκαιρία να τον ευχαριστήσει μιας και ήταν ο πρώτος που αναφέρθηκε στην εργασία του, παρέχοντας και μια μικρή σύνοψή της, χωρίς να αναφερθεί καθόλου στο ίδιο το πείραμα και τα αποτελέσματά του (Miller 1981, 323) Η απόφαση του Einstein να αγνοήσει τον Kaufmann δείχνει την πεποίθηση του πως τα αποτελέσματα του Kaufmann ήταν λανθασμένα. Τελικά, και μετά τις παρατηρήσεις του Planck, το 1907 ο Einstein θα σχολιάσει το πείραμα του Kaufmann. Αφού επεξεργαστεί και αυτός τις μετρήσεις του Kaufmann θα καταλήξει πως “δεδομένης της δυσκολίας

του πειράματος, μπορούμε να θεωρήσουμε τη συμφωνία [μεταξύ των τιμών που εξήγαγε ο ίδιος και των μετρήσεων του Kaufmann] ως ικανοποιητική” (Miller 1981, 325). Θα σχολιάσει αντίθετα πως η σταθερή απόκλιση προς τα πάνω των τιμών του ίδιου ως προς τις μετρήσεις, υποδεικνύει κάποιο συστηματικό σφάλμα.

“Κατά τη γνώμη μου και οι δύο θεωρίες [του Abraham και του Bucherer] έχουν μάλλον μικρές πιθανότητες, διότι οι θεμελιώδεις παραδοχές τους σχετικά με τη μάζα των κινούμενων ηλεκτρονίων δεν εξηγούνται στη βάση κάποιων θεωρητικών συστημάτων που να καλύπτουν ένα ευρύτερο σύμπλεγμα φαινομένων” θα γράψει ο Einstein το 1907 (Kragh 1999, 142).

Ούτε ο Einstein, ούτε ο Planck βρίσκονταν εντός του παραδείγματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. Για αυτό και κανένας από τους δύο, αν και για διαφορετικούς λόγους τελικά, δεν δέχτηκε τα αποτελέσματα των πειραμάτων ως είχαν. Αντίθετα η αντίδρασή τους κινήθηκε από την αδιαφορία ως την επανεξέταση με σκοπό να βρεθεί πού είναι το πειραματικό λάθος.

Το πείραμα του Bestelmeyer αποτελεί το πρώτο από μια σειρά αντίστοιχων πειραμάτων, που θα συνεχιστούν μέχρι τα μέσα της επόμενης δεκαετίας. Σε συνδυασμό με τα σχόλια του Planck θα θολώσουν ακόμα περισσότερο το αποτέλεσμα του 1905 του Kaufmann, αλλά δεν θα μας απασχολήσουν εδώ.

Ας σημειώσουμε εδώ και την στάση του Abraham το 1905, τον “νικητή” των πειραμάτων του Kaufmann.

Στο άρθρο του 1906 του Planck “Οι μετρήσεις του Kaufmann για την εκτροπή των ακτινών β και η σημασία τους για την δυναμική των ηλεκτρονίων” παρατίθεται και η συζήτηση που ακολούθησε της παρουσίασης του, στην οποία συμμετείχε και ο Abraham. Εκεί ο Abraham λέει:

Αν κοιτάξει κανείς τα νούμερα, είναι προφανές πως οι αποκλίσεις του Lorentz είναι διπλάσιες από τις δικές μου, έτσι μπορεί να πει κανείς ότι η θεωρία του σφαιρικού ηλεκτρονίου αναπαριστά την εκτροπή των ακτινών β δύο φορές καλύτερα από την θεωρία της σχετικότητας [έντονα γέλια]. Όταν αναπολώ ποια ήταν η κατάσταση του ερωτήματος

πέντε χρόνια πριν όταν ξεκίνησε και η εμπλοκή μου [όταν δηλαδή οι προβλέψεις του Abraham δεν ταίριαζαν με τα αρχικά αποτελέσματα του Kaufmann], νιώθω ικανοποιημένος με τα αποτελέσματα μιας και δεν πίστευα αρχικά πως η εξίσωσή μου ταιριάζει με τα πειράματα, και ήταν μεγάλη έκπληξη όταν ο Kaufmann μου είπε πως ταιριάζει με τις βελτιωμένες μετρήσεις του. Παρόλα αυτά, βλέπω το πλεονέκτημα της θεωρίας της σφαίρας έναντι της θεωρίας της σχετικότητας όχι μόνο στην καλύτερη πρόβλεψη των αποτελεσμάτων αλλά και στο γεγονός πως είναι μια αμιγώς ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Ξεκινήσαμε από το ερώτημα του αν η μάζα του ηλεκτρονίου είναι μια πλήρως ηλεκτρομαγνητική ποσότητα. Η θεωρία του σφαιρικού ηλεκτρονίου απαντά αυτή την ερώτηση, θεωρεί την ενέργεια των καθοδικών ακτινών ως πλήρως ηλεκτρομαγνητική. Η προσέγγιση της πυκνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ήταν η βάση και του Lorentz. Παρόλα αυτά το ηλεκτρόνιο του Lorentz έχει κάποιας μορφής εσωτερική δυναμική ενέργεια επιπλέον της ηλεκτρομαγνητικής, όπως έχω δείξει και δεν έχω ακόμα διαψευστεί. Στη θεωρία της σχετικότητας δεν μπορεί κάποιος να θεωρεί τις καθοδικές ακτίνες ως πλήρως ηλεκτρομαγνητικές διαδικασίες, αλλά ως διαδικασίες που δεν μπορούν να εξηγηθούν από την ηλεκτροδυναμική” (Planck 1906, 761).

Βλέπουμε ότι ο Abraham ήταν μεν ικανοποιημένος από τα πειραματικά αποτελέσματα, δεν ήταν όμως αυτά που καθόρισαν την πίστη του στη θεωρία. Η πίστη του πήγαζε από τη δέσμευσή του στο πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και όχι από τα πειραματικά αποτελέσματα. Άλλωστε αυτό που είχε σημασία για τον ίδιο δεν ήταν μόνο η “πρόβλεψη των αποτελεσμάτων”, αλλά και η συνέπεια με της θεωρία, η οποία στην προκειμένη είναι αυτή της ηλεκτρομαγνητικής μάζας.

Πιστεύω πως η αντιπαράθεση των τριών παραπάνω αντιδράσεων, του Lorentz που αποδέχτηκε άμεσα την ήττα του, του Einstein που αδιαφόρησε για το πείραμα, και του Abraham που θεώρησε πως δικαιώθηκε ένα αποτέλεσμα, το οποίο όμως δεν ήταν υπό αμφισβήτηση, μπορεί να παραγάγει ενδιαφέροντα συμπεράσματα για την ρόλο του πειράματος, και δη του κρίσιμου

πειράματος, ως επικύρωση ή διάψευση στην επιστήμη.

Ο ίδιος ο όρος “κρίσιμο πείραμα” υποδηλώνει ότι από κάποια πειράματα μαθαίνουμε περισσότερα από ότι από κάποια άλλα. Ο φιλόσοφος της επιστήμης I. Lakatos περιγράφει το κρίσιμο πείραμα ως εξής: “Κάποιοι πίστευαν πως είναι δυνατόν να εξουδετερωθούν όλες οι αντιμαχόμενες θεωρίες εκ των προτέρων, και θεώρησαν ως “κρίσιμα” αυτά τα πειράματα που διαψεύδουν $n-1$ αντιμαχόμενες θεωρίες και άρα αποδεικνύουν την n -οστή” (Lakatos 1974, 344). Έχοντας αυτήν την οπτική πολύ δύσκολα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί το πείραμα του Kaufmann ως “κρίσιμο”. Αντί να οδηγήσει στη λήξη της διαφωνίας είχε ως αποτέλεσμα μια πληθώρα επαναδιατυπώσεων, επανεξετάσεων και νέων πειραμάτων, ώσπου τελικά καμία από τις αντιμαχόμενες θεωρίες δεν μπόρεσε να αναδειχθεί ως επιτυχούσα.

Η επανεξέταση του πειράματος του Kaufmann από τον Planck, επικεντρωμένη στην ακρίβεια και την αδυναμία επίτευξης ομοιογενούς πεδίου, μας θυμίζει πως είναι πολύ δύσκολο να απομονωθεί μια θεωρία από το σύνολο των επικουρικών παραδοχών της (συμπεριλαμβανομένων και των παραδοχών που αφορούν τον πειραματικό εξοπλισμό) ώστε να ελεγχθεί ξεχωριστά. Αυτό επιτρέπει σε όποιον διαφωνεί με τα αποτελέσματα ενός πειράματος να αναζητήσει κάποιο συστηματικό ή θεωρητικό σφάλμα στο πείραμα.

Αυτή η κατάσταση, της οποίας η περίπτωση του πειράματος του Kaufmann αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα, έχει περιγραφεί από τη θέση που είναι γνωστή στην φιλοσοφία της επιστήμης ως “θέση Duhem–Quine”. Σύμφωνα με τη θέση αυτή, καμία υπόθεση που εντάσσεται σε μια ευρύτερη θεωρία δεν μπορεί να απομονωθεί επαρκώς από ένα σύνολο επικουρικών παραδοχών, ώστε να καταστεί μεμονωμένα διαψεύσιμη από την παρατήρηση (Δαμιανός 2013, 301).

Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως η συζήτηση γύρω από τη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας αποτελούσε μία κατά κύριο λόγο Βορειοευρωπαϊκή συζήτηση, και ελάχιστα απασχόλησε το Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο παρέμενε ικανοποιημένο με τη “μηχανική του αιθέρα” (Goldberg 1970b, 99).

5.5 Το τέλος του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας

Τελικά τα πειράματα του Kaufmann δεν κατάφεραν να διαψεύσουν τη θεωρία των Lorentz και Einstein. Από την άλλη όμως ούτε και οδήγησαν στη διάψευση του μοντέλου του άκαμπτου ηλεκτρονίου, πόσο μάλλον της ηλεκτρομαγνητικής εικόνας. Αντίθετα προκάλεσαν μια πληθώρα εργασιών και πειραμάτων με μάλλον αντιφατικά αποτελέσματα ή τουλάχιστον χωρίς καταληκτικά συμπεράσματα. Όπως και να έχει όμως, αν και το άκαμπτο ηλεκτρόνιο αποτελούσε μια από τις χαρακτηριστικότερες εκφράσεις της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν ήταν άμεσα συνδεδεμένο μαζί της, και τα πειράματα σχετικά με τη φύση του ηλεκτρονίου δεν απαντούσαν στο ζήτημα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, πόσο μάλλον αν, όπως είδαμε, και η θεωρία του Einstein προέβλεπε, χρησιμοποιώντας άλλα επιχειρήματα, την εξάρτηση της μάζας του ηλεκτρονίου από την ταχύτητα. Τελικά η θεωρία του Einstein παραδόξως διέφερε από αυτές των Lorentz, Abraham, Kaufmann, Bucherer, κλπ πολύ περισσότερο ποιοτικά παρά ποσοτικά.

Τελικά το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, όπως και στην περίπτωση της Αγγλικής παραλλαγής και προκατόχου του, του ατόμου-δίνη, δεν ηττήθηκε ποτέ πειραματικά. Δεν υπήρξε κάποιο κρίσιμο πείραμα που να οδήγησε στη διάψευση του, δεν υπήρξε κάποιο εσωτερικό ανυπέρβλητο πρόβλημα που να οδήγησε στην παρακμή του. Αντίθετα, καθώς η πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνα έφτανε στο τέλος της, το πρόγραμμα σταδιακά έχανε την ορμή του. Το ενδιαφέρον μεταφερόταν προς τη θεωρία της σχετικότητας και τις νέες εξελίξεις στο χώρο της πρώτης κβαντικής θεωρίας. Τα ερωτήματα που έθεταν και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούσαν ήταν εντελώς ξένα προς το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας. “Γιατί άραγε, στέρεψε η ορμή του ηλεκτρομαγνητικού προγράμματος;” Αναρωτιέται ο ιστορικός της επιστήμης Kragh, και απαντάει “η διαδικασία που το οδήγησε στην παρακμή υπήρξε σύνθετη, συνέτειναν δε σε αυτή τόσο επιστημονικοί λόγοι όσο και λόγοι συνδεδεμένοι με ορισμένες αλλαγές που σημειώθηκαν στο πολιτισμικό κλίμα της περιόδου” (Kragh 1999, 144).

Πέρα από τις εξελίξεις στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ’όψιν πως το σύνθημα του “τέλους της ύλης” αναπτύχθηκε μέσα σε ένα πολύ

συγκεκριμένο πολιτισμικό περιβάλλον όπου η επιστήμη κατηγορήθηκε για συμπίεση με τον υλισμό και την αθεΐα, και οι επιστημονικές ιδέες προσαρμόστηκαν σε αυτή την κατηγορία.

Μια τελευταία εμφάνιση του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας βρίσκουμε στη δημοκρατία της Βαϊμάρης και στη συζήτηση γύρω από το φάσμα του υδρογόνου. Σε μια σειρά πειραμάτων από το 1916 μέχρι το 1926, ο A. Sommerfeld προσπάθησε να εξηγήσει τα χαρακτηριστικά του φάσματος του υδρογόνου. Ο Sommerfeld διατύπωσε μια θεωρία που προέβλεπε τα πειραματικά αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας στοιχεία από το κβαντικό μοντέλο του Bohr και την εξάρτηση της μάζας από την ταχύτητα του Einstein. Το 1917 ο W. Lenz πρότεινε να χρησιμοποιηθεί το φάσμα του υδρογόνου και η πραγμάτευσή του Sommerfeld ως ένα πεδίο σύγκρισης μεταξύ της θεωρίας του Einstein και του μοντέλου του ηλεκτρονίου του Abraham. Ο K. Glitscher, με την καθοδήγηση του Sommerfeld θα δημοσιεύσει τελικά τα αποτελέσματα της σύγκρισης το 1917, όπου και θα υποστηρίξει πως η χρήση της εξίσωσης του Einstein προσφέρει αποτελέσματα πιο κοντινά στις πειραματικές μετρήσεις από ότι η εξίσωση του Abraham (Kragh 1985, 83).

Αυτό το αποτέλεσμα προκάλεσε μια έντονη συζήτηση σχετικά με τη θεωρία της σχετικότητας όπου η υπερδεξιά πτέρυγα των επιστημόνων της εποχής τη χρησιμοποίησε για να επιτεθεί στη θεωρία της σχετικότητας.

Το 1920 οι E.J. Gehrcke και E. Lau επανέλαβαν τις μετρήσεις του Sommerfeld χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές και βρήκαν πως οι τιμές του Sommerfeld ήταν κατά 25% μικρότερες από τις δικές τους. Ενώ το 1922, σε συνέχεια της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, ο E. Lau έγραψε πως “κάποιος είναι αναγκασμένος να καταλήξει πως τα πειράματά μας επιβεβαιώνουν τη θεωρία του άκαμπτου ηλεκτρονίου του Abraham” (Kragh 1985, 88).

Το πρόβλημα και εδώ ήταν πως η θεωρία του Sommerfeld αποτελούνταν από μια σύμπτυξη της θεωρίας της σχετικότητας, του ατόμου του Bohr και από μια σειρά βοηθητικών παραδοχών, ενώ το πείραμα απαιτούσε τόση ακρίβεια ώστε να μην μπορεί να δώσει καταληκτικά αποτελέσματα. Ταυτόχρονα, μιας και όλα κατέληγαν σε μια μόνο εξίσωση, δεν ήταν σίγουρο τι

διαψευδότην ή επιβεβαιωνόταν.

Στη διαμάχη συμμετείχε το 1920 ο J. Stark, που αργότερα θα γινόταν γνωστός ως ένας από τους κυριότερους εκφραστές της “άριας φυσικής”, και υποστήριξε ότι οι Gehrcke και Lau είχαν καταρρίψει τη θεωρία του Einstein υπέρ του Abraham. Σε μάλλον προσβλητικό τόνο, γράφει: “Υποστηρίζω ότι σε αρκετές περιπτώσεις ο Sommerfeld πιστεύει ότι βλέπει γραμμές στις παρατηρήσεις του εκεί που δεν υπάρχουν καθόλου [...] είναι πραγματικά λυπηρό όταν ο θεωρητικός διαστρεβλώνει τα γεγονότα όταν τα κοιτά μέσα από τα γυαλιά της θεωρίας, παρόλο που μακροπρόθεσμα δεν μπορεί να κάνει κακό” (Kragh 1985, 94).

Μια άλλη στρατηγική ακολουθήθηκε από τον P. Lenard, τον έτερο εκπρόσωπο της “άριας φυσικής”, ο οποίος συμμετείχε και αυτός στην συζήτηση το 1920. “Ο Lenard και άλλοι πολιτικά δεξιοί φυσικοί αντέτειναν πως η εξίσωση της μάζας, την οποία αποκαλούσαν “εξίσωση του Lorentz” δεν ήταν αποκλειστικά κομμάτι της θεωρίας του Einstein. Στη μακριά μάχη του Lenard ενάντια στη θεωρία της σχετικότητας επανειλημμένως υποστήριξε ότι οι σχετικιστικές εξισώσεις $E=mc^2$ και $m=m_0(1-\beta^2)^{-1/2}$ ήταν απολύτως συμβατές με την προ-σχετικιστική ηλεκτρομαγνητική εικόνα και πως είχαν προταθεί πριν το 1905 από τον Poincare και τον Hasenöhr” (Kragh 1985, 98).

Οι περισσότεροι πολιτικώς δεξιοί και ακροδεξιοί επιστήμονες της περιόδου ακολουθούσαν αυτή τη στρατηγική. Θεωρούσαν δηλαδή τη θεωρία της σχετικότητας ως μια θεωρία για τον αιθέρα των Lorentz-Poincare, την οποία ο Einstein είχε παραμορφώσει και θεωρητικοποιήσει. Οι κύριοι εχθροί της θεωρίας της σχετικότητας και της “γερμανικής φυσικής” προέρχονταν από την πειραματική φυσική και “κορυφαίοι δεξιοί φυσικοί όπως οι Gehrcke και Stark θα προτιμούσαν να μην είχαν καθόλου εκλεπτυσμένες θεωρίες” (Kragh 1985, 102).

“Τα πιο εμφανή και ριζοσπαστικά μέλη της δεξιάς ομάδας ήταν οι Lenard, Stark και Gehrcke” (Kragh 1985, 107) που όπως είδαμε πραγματοποίησε τα πειράματα εναντίον της θεωρίας του Sommerfeld. Ενώ σίγουρα μέσα στην κατηγορία ανήκει και ο W. Wien (Kragh 1985, 107). Ο Gehrcke, απηχώντας τη θεωρία του ατόμου-δίνη,

δεν θα δεχτεί ποτέ τα θεμέλια της νέας φυσικής, τη θεωρία των κβάντων και τη θεωρία της

σχετικότητας [...] θα προτείνει μια μη κβαντική θεωρία της εκπομπής φωτός βασισμένη στις ιδέες του 19ου αιώνα ενός ανισότροπου αιθέρα. Θα υποθέσει ότι το άτομο περικλείεται από δακτυλίους κενού στον αιθέρα, διάχυτο σε μια θάλασσα παλλόμενων αιθερικών ατόμων” (Kragh 1985,11).

Εν συντομία στη δεκαετία του 1920 μια ολόκληρη σειρά άρθρων και πειραμάτων προερχόμενα από τη δεξιά πτέρυγα των Γερμανών επιστημόνων επιτέθηκε στις νέες θεωρίες, είτε αυτή ήταν η ειδική και κυρίως η γενική θεωρία της σχετικότητας είτε αυτή ήταν η κβαντική θεωρία του Bohr, επαναφέροντας είτε την ηλεκτρομαγνητική εικόνα, είτε το άτομο-δίνη, είτε κάποια άλλη θεωρία βασισμένη στον αιθέρα.

Με την άνοδο στην εξουσία των Ναζί θα προωθηθεί η ιδέα της “άριας φυσικής” και η όλη διαμάχη θα πολιτικοποιηθεί ακόμα περισσότερο. “Πολλοί από τους ναζί φυσικούς έχουν τις ρίζες τους στην υπερσυντηρητική αντίδραση των αρχών του 20ου αιώνα” (Kragh 1985,123), που όπως είδαμε αφορούσε την επανεμφάνιση της ηλεκτρομαγνητικής εικόνας.

Δυο σημεία πρέπει να σημειωθούν πριν κλείσει αυτό το σημείο. Πρώτον, η δύναμη του κύκλου της “άριας φυσικής” κάτω από τους Ναζί, δεν πρέπει να υπερεκτιμάται. Ακόμα και στην περίοδο της μεγαλύτερης ακμής τους, αποτελούσαν μια σχετικά περιορισμένη ομάδα και οι υπόλοιποι επιστήμονες μπορούσαν να παρακάμψουν τις αντιρρήσεις τους χωρίς σημαντικό πρόβλημα (Kragh 1985, 125). Και, δεύτερον, το ότι τον ένα πόλο τον συγκροτούσε η άκρα δεξιά δεν σημαίνει ότι στον άλλο πόλο βρισκόταν η αριστερά: “στο βαθμό που ασχολούνταν με την πολιτική, αν ασχολούνταν, οι Paschen, Sommerfeld και οι υπόλοιποι πετυχημένοι προοδευτικοί φυσικοί γενικώς είχαν συντηρητικές απόψεις” (Kragh 1985, 107).

6 Η επίδραση του πολιτισμικού περιβάλλοντος του τέλους του 19^{ου} αιώνα στη φυσική

6.1 Η παραλληλία της θέσης Forman με τη φυσική της περιόδου του Fin de siècle

Το 1971 δημοσιεύτηκε το άρθρο του Paul Forman “Το Πολιτισμικό Περιβάλλον της Δημοκρατίας της Βαϊμάρης, η Αιτιότητα, και η Κβαντική Θεωρία, 1918-1927: Η Προσαρμογή των Γερμανών Φυσικών και Μαθηματικών σε ένα Εχθρικό Διανοητικό Περιβάλλον”, στο οποίο παρουσιάζεται η “θέση Forman” για την επίδραση του πολιτισμικού περιβάλλοντος της δημοκρατίας της Βαϊμάρης στην ανάπτυξη της νέας κβαντομηχανικής και της προσαρμογής της κοινότητας των επιστημόνων σε αυτό το περιβάλλον.

Ο Forman περιγράφει τις επιπτώσεις της ήττας της Γερμανίας στον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο στην κοινότητα των επιστημόνων και της εικόνας αυτής στην κοινή γνώμη. Ενώ κατά τη διάρκεια του Α'ΠΠ κι όσο ο στρατός της Γερμανίας ακολουθούσε μια ελπιδοφόρα διαδρομή στα πεδία των μαχών, οι επιστήμονες, της Γερμανίας προσδοκούσαν μια αναβάθμιση της οικονομικής και κοινωνικής θέσης τους. Οι φυσικοί, οι χημικοί και οι μαθηματικοί ήλπιζαν σε μια αναγνώριση της τεράστιας πρακτικής σπουδαιότητας του έργου τους στην παραγωγή της πολεμικής τεχνολογίας, και άρα προσδοκούσαν την αναβάθμιση του κύρους τους και σε περισσότερα, μεγαλύτερα και πιο εξοπλισμένα ερευνητικά κέντρα (Forman 1971, 9).

Δυστυχώς για του ίδιους όμως, ο πόλεμος, μέσα στους λίγους μήνες του καλοκαιριού του 1918, κατέληξε σε πανωλεθρία για το Γερμανικό κράτος και στην “εξευτελιστική” συνθήκη των Βερσαλιών που οδήγησε στην εδαφική, οικονομική και στρατιωτική συρρίκνωσή του. Το τέλος του πολέμου συνοδεύτηκε ακόμα από κοινωνικές εκρήξεις, ενώ η καταστολή αυτών ενδυνάμωσε τα πιο συντηρητικά στοιχεία της Γερμανικής κοινωνίας.

Η επιστημονική κοινότητα της Γερμανίας βρέθηκε αντιμέτωπη με τα ακριβώς αντίθετα αποτελέσματα από αυτά που προσδοκούσε. Η επιστημονική γνώση κατηγορήθηκε ως μη άξια της θέσης της, πως δεν παρέδωσε στην κοινωνία αυτά που είχε υποσχεθεί, και ακόμα περισσότερο, πως μέσω του μηχανικισμού και της αιτιοκρατίας, είχε υποσκάψει τα θεμέλια της “Γερμανικής ψυχής”.

Οι αξίες της επιστήμης, και η ίδια η επιστημονική κοινότητα μπήκε στο στόχαστρο· ενώ στο κοινωνικό περιβάλλον κυριάρχησε η επανεμφάνιση του ρομαντισμού, η μεταφυσική, η “φιλοσοφία της ζωής” κι ο ανορθολογισμός.

Η ίδια η διδασκαλία των θετικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δέχτηκε σημαντικές περικοπές . Ενώ η όποια νομιμοποίηση αυτών των μαθημάτων πήγαζε περισσότερο από τη συσχέτισή τους με την φιλοσοφία του Καντ και του Γκαίτε παρά από τα ίδια τα ωφελμιστικά χαρακτηριστικά τους (Forman 1971, 27).

Η κατάσταση αυτή γινόταν πλήρως αντιληπτή στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας. Να πώς μιλάνε δύο από τους χαρακτηριστικότερους υπερασπιστές του επιστημονικού πνεύματος της εποχής, ο Planck και ο θετικιστής Ostwald: “Στην εποχή μας που καμαρώνει τόσο για την πρόοδό της, η πίστη σε θαύματα πολλών και διαφόρων μορφών -αποκρυφισμός, πνευματισμός, θεοσοφία και όλες οι πολυπληθείς παραλλαγές τους, όπως κι αν ονομάζονται - διαπερνά ευρείς κύκλους μορφωμένων και μη, με τρόπο πιο δόλιο από ποτέ, παρά την επίμονη άμυνα που προβάλλει η επιστημονική πλευρά για να αντιμετωπίσει αυτή την κατάσταση”, γράφει ο Planck το 1923 (Forman 1971, 13). Ενώ ο Ostwald θα διατυπώσει τους ίδιους προβληματισμούς το 1926: “Στη Γερμανία σήμερα υποφέρουμε ξανά [σε σύγκριση με την περίοδο που ακολούθησε της ήττας του Ναπολέοντα] από έναν αχαλίνωτο μυστικισμό, που όπως και εκείνη την εποχή στρέφεται κατά της επιστήμης και του λόγου θεωρώντας και τα δύο, τους πιο επικίνδυνους εχθρούς της” (Forman 1971, 14).

Ταυτόχρονα μια διάχυτη αίσθηση κρίσης κατέλαβε σχεδόν το σύνολο των μορφωμένων μεσαίων τάξεων. Η αίσθηση της κρίσης δεν αφορούσε μόνο την οικονομική κατάσταση και την πολιτική αστάθεια της Βαϊμάρης, αλλά “αφορούσε την αίσθηση μιας ηθικής και πνευματικής κρίσης, μιας κρίσης πολιτισμού, μιας κρίσης στην επιστήμη και τη διανοητική δραστηριότητα” (Forman 1971, 29)

Ο Forman θα υποστηρίξει πως η επιστημονική κοινότητα της Γερμανίας δεν έμεινε

αδιάφορη απέναντι σε αυτό το εχθρικό περιβάλλον, αλλά αντίθετα προσαρμόστηκε σε αυτό. Παραθέτοντας μια σειρά δημόσιων διαλέξεων των σημαντικότερων ονομάτων της Γερμανικής επιστημονικής κοινότητας, ο Forman επιδεικνύει την ευθυγράμμιση των επιστημόνων της Γερμανίας με το διάχυτο αίσθημα της κρίσης, που είχε αντίκτυπο στο περιεχόμενο των επιστημονικών θεωριών, με αποτέλεσμα τη στοχοποίηση της έννοιας της αιτιότητας. “Η έννοια της κρίσης”, θα γράψει ο Forman,

κατέστη στερεότυπο, έγινε επίσης και ένας διάυλος, ένα τέχνασμα για να πετύχουν την άμεση “συνάφεια”, να δημιουργήσουν ένα κλίμα αμοιβαίας συμπάθειας μεταξύ του επιστήμονα και του ακροατηρίου του. Εισάγοντας την λέξη “κρίση” στο δικό του πεδίο, ο επιστήμονας όχι μόνο έρχεται σε επαφή με το ακροατήριό του αλλά δείχνει κιόλας *ipso facto* ότι ο κλάδος του -και ο ίδιος- είναι “με το μέρος του” συμμετέχοντας στο πνεύμα των καιρών. Έτσι υποδηλώνεται ή και εκφράζεται ρητά η υπόθεση ότι στην πορεία αυτής της κρίσης, η επιστήμη του θα αποτινάξει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που δεν αποδέχεται το ακαδημαϊκό κοινό (Forman 1971, 66).

Η προσαρμογή αυτή, θα υποστηρίζει ο Forman, δεν αφορούσε μόνο το ρητορικό κομμάτι της δημόσιας εικόνας της επιστήμης. Αντιθέτως, οι επιστήμονες της δημοκρατίας της Βαϊμάρης επιθυμούσαν διακαώς και σκόπιμα μετέβαλαν τον χαρακτήρα του κλάδου τους και των γνωστικών του εννοιών, προκειμένου να τις προσαρμόσουν στο πολιτισμικό τους περιβάλλον.

Μέσα σε αυτό το περιβάλλον ο Forman θα δει την ανάπτυξη της νέας, μη αιτιακής, κβαντικής θεωρίας που λαμβάνει χώρα εκείνη την περίοδο στην κεντρική Ευρώπη για “λόγους που μόνο δευτερευόντως σχετίζονται με τις εξελίξεις στο δικό τους πεδίο” (Forman 1971, 2)· ενώ αντίθετα “η δημιουργικότητα που ανθεί σε αυτόν τον τόπο τη συγκεκριμένη περίοδο θα πρέπει να αποδοθεί, εν μέρει τουλάχιστον, στην εχθρότητα του πνευματικού περιβάλλοντος της δημοκρατίας της Βαϊμάρης” (Forman 1971, 7).

Συνοψίζοντας, με τα λόγια του Forman:

Εκείνο που θέλω να καταδείξω είναι ότι μετά την ήττα της Γερμανίας, η κυρίαρχη πνευματική τάση στον ακαδημαϊκό κόσμο της Βαϊμάρης ήταν μια νεορομαντική, υπαρξιακή “φιλοσοφία της ζωής”, που αρέσκονταν ιδιαίτερα στη δημιουργία κρίσεων, χαρακτηριζόταν δε από ανταγωνισμό απέναντι στον αναλυτικό ορθολογισμό, γενικά, και τις θετικές επιστήμες και τις τεχνικές εφαρμογές τους, ειδικότερα. Σιωπηρά ή ρητά, ο επιστήμονας ήταν ο “αποδιοπομπαίος τράγος” των ακατάπαυστων παραινέσεων για πνευματική ανανέωση, ενώ η έννοια -ή και η απλή λέξη- “αιτιότητα” αντιπροσώπευε την απεχθή πλευρά του επιστημονικού εγχειρήματος (Forman 1971, 4).

Το δε περιβάλλον αυτό το βλέπει να επιδρά άμεσα επάνω στους επιστήμονες μέσα από μια διαδικασία αυτολογοκρισίας και προσπάθειας ανάκτησης του κύρους της επιστήμης με την προσαρμογή στο πολιτιστικό περιβάλλον της εποχής. “Με εξασφαλισμένη την επιδοκιμασία, δεν δεσμεύονται από εξωτερικές πιέσεις, είναι ελεύθεροι να ακολουθήσουν τις επιταγές που θέτει ο κλάδος τους – κάτι που συνήθως σημαίνει ότι είναι ελεύθεροι να προσκολληθούν γερά στην παραδοσιακή ιδεολογία και τις καθιερωμένες εννοιολογικές προδιαθέσεις. Όταν, ωστόσο, οι επιστήμονες και το έργο τους απωλέσουν το κύρος τους, ωθούνται στη λήψη μέτρων προκειμένου να αντισταθμίσουν αυτή την απώλεια,” γράφει (Forman 1971, 6).

Ο John Hendry συνοψίζει την θέση Forman ως εξής: Α. το περιβάλλον της δημοκρατίας της Βαϊμάρης ήταν εχθρικά διακείμενο ενάντια στους φυσικούς και ιδιαίτερα στη θέση της αιτιότητας. Β. Οι φυσικοί και οι μαθηματικοί προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους Γ. Στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας εμφανίζεται ένα κίνημα που επιδιώκει συνειδητά να αποκλείσει την αιτιότητα από τη φυσική· μια κατάσταση που δεν σχετίζεται όμως με τις εσωτερικές εξελίξεις στη φυσική, αλλά αντίθετα πηγάζει από την εξωτερική επίδραση του περιβάλλοντος. Και τέλος Δ. Αφού έτσι έχουν τα πράγματα γενικά, τότε το ίδιο ισχύει και για την απόρριψη της αιτιότητας από την κβαντομηχανική (Hendry 1980, 134).

Ο Hendry θα διαφωνήσει με τον Forman ως προς το σημείο Γ μιας και βλέπει την ύπαρξη

“ισχυρών λόγων στο εσωτερικό της κοινότητας των φυσικών για την απόρριψη της αιτιότητας”. Και ενώ θα παραδεχτεί την επιρροή του περιβάλλοντος της δημοκρατίας της Βαϊμάρης στην επιστημονική κοινότητα, θα καταδείξει τους κινδύνους μιας καθαρά εξωτερικής ιστορίας, τονίζοντας την “ανεπάρκεια του αφελούς κοινωνικού αναγωγισμού”. Τέλος σε μια καταληκτική υποσημείωση ο Hendry θα δει ως πιο σημαντική την επιρροή του περιβάλλοντος στην πρόσληψη μιας θεωρίας σε αντίθεση με τη δημιουργία της (Hendry 1980, 163).

Θα πρέπει να είναι κανείς προσεκτικός αν προσπαθήσει να μεταφέρει τη θέση Forman σε ένα περιβάλλον διαφορετικό από αυτό της δημοκρατίας της Βαϊμάρης, μιας και ο Forman αναφέρεται σε πολύ συγκεκριμένο χρονικό και τοπικό πλαίσιο, ενώ ταυτοχρόνως μιλά μόνο για τις περιπτώσεις προσαρμογής στο πολιτισμικό περιβάλλον, και όχι αντίστασης, οι οποίες αν λαμβανόντουσαν υπόψη ίσως να έδιναν μια πολύ διαφορετική εικόνα.

Δεν μπορεί όμως να μην παρατηρήσει κανείς τις ομοιότητες της προσαρμογής της επιστημονικής κοινότητας στο πολιτισμικό περιβάλλον της δημοκρατίας της Βαϊμάρης, με την συσχέτιση του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας και του ατόμου δίνης με το αντιυλιστικό περιβάλλον της περιόδου του τέλους του 19ου αιώνα και των αρχών του 20ου.

Παρακολουθώντας βήμα προς βήμα τη πορεία του προγράμματος του ατόμου-δίνη και τη διαδοχή του από το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, παρακολουθήσαμε την ανάδυσή του μέσα από ένα περιβάλλον επίθεσης στην επιστήμη. Μιας επίθεσης που την κατηγορούσε ταυτοχρόνως για αποτυχία επίτευξης των στόχων που είχαν τεθεί από τις διακηρύξεις του ορθολογισμού· αλλά και για την οικειοποίηση των ιδεών της μηχανικής και του Δαρβινισμού από τους άθεους, τους σοσιαλιστές και τους κομμουνιστές. Η επίθεση ενάντια στην επιστήμη εκφράστηκε με την ανάδυση ενός νεορομαντικού πνεύματος κριτικής στην κλασική μηχανική, που άφηνε χώρο για κάθε πνευματιστική και μεταφυσική δοξασία. Έτσι ένα μικρό μέρος της επιστημονικής κοινότητας δέχτηκε αυτή την αλλαγή στην κατεύθυνση των επιστημονικών αξιών και προσπάθησε να απαντήσει στις κατηγορίες περί υλισμού και αθεΐας προσαρμόζοντας τις ιδέες

του γνωστικού τους αντικειμένου στο αντιυλιστικό περιβάλλον της εποχής.

6.2 Η θέση Fin de siècle του Heilbron

Το άρθρο του Heilbron “η φυσική του Fin De siècle” (1982) επέκτεινε τη θέση Forman στην περίοδο της αλλαγής του αιώνα. Αφού διακρίνει στην περίοδο αυτή μια όλο και εντεινόμενη ανησυχία του κόσμου απέναντι στην τεχνολογία, και τα προβλήματα και την αναταραχή που έφερνε, ο Heilbron παρατηρεί, πως “για να ανταποκριθούν σε αυτούς τους προβληματισμούς, και για να ταιριάζουν στο περιβάλλον τους οι φυσικοί προσάρμοσαν την εικόνα ακόμα και την ουσία της ειδικότητάς τους”. Βασιζόμενος σε μια σειρά δημόσιων διαλέξεων σημαντικών προσώπων της επιστημονικής κοινότητας, ο Heilbron παρατηρεί την ανάπτυξη και επικράτηση, εκείνη την περίοδο, αυτού που ονομάζει “περιγραφισμό” [descriptionism]. Ο περιγραφισμός αποτελεί τον ελάχιστο κοινό παρονομαστή ανάμεσα στη συμβασιοκρατία, τον νομιναλισμό, την εργαλειοκρατία και άλλες παρόμοιες φιλοσοφικές έννοιες που προτείνουν την “απόσυρση από την προσπάθεια απάντησης των μεγάλων ερωτημάτων και την άμβλυνση των χαρακτηρισμών για τη γνώση και την αλήθεια” (Heilbron 1982, 51).

Πράγματι, στην περίοδο που εξετάσαμε, παράλληλα με τη μελέτη του ατόμου-δίνη και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας του ηλεκτρονίου, θα βρούμε να αναδύονται θετικιστικές ιδέες όπως αυτές του Mach ή του Kirchhoff. Πώς ταιριάζουν αυτά τα δύο την ίδια περίοδο;

Ο ιστορικός της επιστήμης T. Porter παρατηρεί πως η αντικειμενικότητα της επιστήμης, όσο κι αν έχει ασκηθεί κριτική σε αυτήν, αποτελεί ένα από τα βασικά ρητορικά χαρακτηριστικά της επιστήμης. Με αυτό δεδομένο, πώς είναι δυνατόν ένας επιστήμονας να εγκαταλείπει μόνος του ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του κύρους του έργου του, υπέρ μιας εργαλειοκρατικής οπτικής; Παρόλα αυτά, ο “περιγραφισμός” αναδύεται ανά περιόδους, από τον πρόλογο του έργου του Κοπέρνικου και την παραίτηση στον Γαλιλαίο να περιοριστεί σε μαθηματικές υποθέσεις, έως τη δέσμευση του Νεύτωνα να αποφεύγει τις υποθέσεις. Γενικότερα, μπορούμε να δούμε τον

περιγραφισμό ως μια αμυντική στάση. “Ένας από τους σημαντικότερους ρόλους του περιγραφισμού είναι ότι κρατάει τη φυσική στη θέση της ενώ αφήνει την ερμηνεία σε ανώτερες αυθεντίες· ένας άλλος είναι ότι επιτρέπει τη συνέχεια της έρευνας ακόμα και όταν δεν υπάρχουν απαντήσεις για σημαντικά ερωτήματα”, θα γράψει ο Porter (1994, 129).

Ο Porter εδώ ακολουθεί τον Heilbron, σύμφωνα με τον οποίο “οι φυσικοί είχαν βρει μια νέα χρήση για την επιστημολογία του Kirchhoff και του Maxwell. Στην επιστήμη ο περιγραφισμός μπορεί να νομιμοποιήσει σύντομα μονοπάτια και γόνιμες ασυνέπειες· ενώ όσον αφορά την ευρύτερη κοινωνία μπορεί να αποτελέσει καταφύγιο ενάντια στους θεολογικά σκεπτόμενους” (Heilbron 1982, 59). Και φυσικά αυτό ισχύει σε μια περίοδο που η επιστήμη βρίσκεται στο στόχαστρο και κατηγορείται για υλισμό και ως υπεύθυνη της περιρρέουσας “παρακμής”. “Εδώ”, γράφει ο Heilbron περιγράφοντας την κατάσταση της εποχής, “η πρωτοπορία εκφυλίζεται, ανυπομονώντας να ξεφύγει από την αιτιότητα, από την 'σκληρή αλυσίδα αιτίου-αποτελέσματος με την οποία η επιστήμη έχει δέσει το αύριο', ενώνει τις δυνάμεις της με τους αντιπάλους της, τους υπέρμαχους του χτες, τους εκπροσώπους της εγκαθιδρυμένης θρησκείας και εκπαίδευσης, τους αντιδημοκρατικούς και φιλοπαπικούς. Η επιστήμη ανακηρύσσεται χρεωκοπημένη” (Heilbron 1982, 58).

Ο “περιγραφισμός” για τον οποίον μιλά ο Heilbron, πράγματι αναβιώνει την περίοδο της αλλαγής του αιώνα, και πράγματι μπόρεσε να λειτουργήσει σαν καταφύγιο για όσους επιστήμονες είχαν ανάγκη να προστατευτούν από τις επιθέσεις εναντίον τους για υλισμό και παρακμή της κοινωνίας. Από την άλλη όμως, η ευρεία οπτική του Heilbron βάζει στην ίδια κατηγορία και ομοιογενοποιεί εξαιρετικά αντιθετικούς σκοπούς και επιδιώξεις. Τα προγράμματα του ατόμου-δίνης και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν αποτελούσαν προσπάθειες υπεκφυγής των συνεπειών τους, αλλά μάλλον προσπάθειες εναρμόνισης των επιστημονικών ιδεών με μη υλιστικές ή και θρησκευτικές προσεγγίσεις.

6.3 Σχόλια επάνω στην εφαρμογή της θέσης Forman στη φυσική του τέλους του 19ου αιώνα

Θα μπορούσαμε να σχηματοποιήσουμε την ανάλυση του Forman, στην περίπτωση της δημοκρατίας της Βαϊμάρης, στην εξής διαδρομή: Εξωτερικοί παράγοντες οδηγούν στην αμφισβήτηση του κύρους της επιστημονικής κοινότητας· η διάχυτη κοινωνική αίσθηση της κρίσης περνά στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας όπου μετασχηματίζεται σε κρίση των επιστημονικών θεωριών· οι επιστήμονες αναπροσαρμόζουν τις επιστημονικές έννοιες που βρίσκονται στον πυρήνα της επίθεσης, χωρίς να υπάρχει κάποιος εσωτερικός λόγος, έτσι ώστε να προσομοιάζουν με το πολιτισμικό περιβάλλον τους. Μία παρόμοια διαδρομή παρακολουθήσαμε στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας: Η ταύτιση του υλισμού με την επιστήμη οδήγησε στην απώλεια του κύρους της· ένα νεορομαντικό/πνευματιστικό περιβάλλον αναδύθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα· η έννοια της ύλης και της μηχανικής της υπόστασης βρέθηκε στο επίκεντρο της επίθεσης· ένα μέρος της επιστημονικής κοινότητας ανταποκρινόμενο σε αυτή την επίθεση προσπάθησε να μετασχηματίσει την έννοια της μάζας, προτείνοντας μια αφυλοποιημένη, πεδιακή, μη μηχανική εκδοχή της.

Αντίθετα με την εξέταση της δημοκρατίας της Βαϊμάρης από τον Forman, εδώ παρακολουθήσαμε μια σειρά από επιστημονικά, “εσωτερικά”, πειραματικά και θεωρητικά προβλήματα που οδήγησαν στις θεωρίες του ατόμου-δίνη και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας, όπως και την ενσωμάτωση σε αυτά πρότερων φιλοσοφικών προβλημάτων. Η οντότητα του ατόμου-δίνη και η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής μάζας του ηλεκτρονίου αποτελούσαν κοινωνικές κατασκευές, αλλά είχαν ως “πρώτη ύλη” πειραματικά και επιστημονικά δεδομένα. «Κοινωνικές» με την έννοια ότι βρίσκονταν σε άμεση συνδιαλλαγή με το κοινωνικό περιβάλλον και τις αντιυλιστικές απαιτήσεις του (κάτι που αφορά μόνο όποιον ενδιαφερόταν να τις ακολουθήσει, κάτι που για παράδειγμα στην περίπτωση του Einstein δεν ίσχυε)· και «κατασκευές» με την έννοια πως ενώ συγκροτήθηκαν από επιστημονικά και πειραματικά αποτελέσματα, αυτά επέτρεπαν διαφορετικές ή και αντικρουόμενες ερμηνείες και θεωρίες αναλόγως της διαφορετικότητας του κάθε επιστήμονα.

Η εξέταση του προγράμματος του ατόμου-δίνη και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν περιορίζεται στη γερμανόφωνη Ευρώπη αλλά επεκτείνεται και στην Αγγλία, κατά την περίοδο από τις αρχές τις δεκαετίας του 1870 ως και τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Σε αυτή τη μακρά περίοδο κυριάρχησε η οικονομική, πολιτική και κοινωνική κρίση, ενώ το ξέσπασμα της κοινωνικής επανάστασης είχε γίνει ένα πραγματικό ενδεχόμενο, ο τρόμος του οποίου οδήγησε τις αντίρροπες δυνάμεις σε έναν ριζοσπαστικό μετασχηματισμό προς τον συντηρητισμό και τον αυταρχισμό. Η “επίθεση στην ύλη” είναι χαρακτηριστικό αυτής της στροφής προς τον συντηρητισμό. Ένα χαρακτηριστικό που ενώ στην πιο καθαρή μορφή του το συναντάμε σε ελάχιστες στιγμές, σε μια μικρή μερίδα της επιστημονικής κοινότητας της εποχής, παραμένει ως διάχυτη τάση.

Αντίθετα από την “επιμονή στην αιτιατική ανάλυση” του Forman (Forman 1971, 3) υιοθετώ ένα σχήμα πολύ πιο σύνθετο από αυτό του ενός αιτίου – ενός αποτελέσματος, όπου οι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της επιστημονικής σκέψης είναι πολύ περισσότεροι, μην επιτρέποντάς μας να δούμε την άμεση σχέση μεταξύ αιτίου-αποτελέσματος αλλά μόνο να αναγνωρίσουμε γενικές τάσεις.

Πρέπει να παρατηρήσουμε το εξής: Ενώ στην περίπτωση που περιγράφει ο Forman, η μη αιτιακή κβαντική θεωρία ευθυγραμμιζόμενη με το πολιτισμικό περιβάλλον της εποχής κατακτά τέτοιες συμμαχίες που της επιτρέπουν τη διάδοση και την τελική επικράτησή της, το πρόγραμμα της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν είχε την ίδια επιτυχία. Η βραχύβια ύπαρξη του προγράμματος της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν πιστεύω πως αποτελεί πρόβλημα, στην παραλληλία του με το πολιτισμικό περιβάλλον του *fin de siècle*. Πουθενά δεν υποστηρίχθηκε ότι η θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής μάζας αποτελούσε τη μόνη ή την καταλληλότερη διέξοδο, ή πως δεν μπορούσε να ερμηνευτεί μέσα από ένα άλλο πρίσμα (όπως έκανε ο Λένιν). Τέλος, και ίσως το σημαντικότερο, παρότι οι θεωρίες του ατόμου-δίνη και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας δεν διαψεύστηκαν ποτέ ευθέως, οι δυσκολίες προσαρμογής τους με τις εξελίξεις και τα αποτελέσματα της κβαντομηχανικής και της σχετικιστικής φυσικής γίνονταν όλο και πιο επίπονες.

Η παρατήρηση του Hendry για τη διάκριση μεταξύ πρόσληψης και δημιουργίας μιας θεωρίας πιστεύω ότι είναι σωστή. Την ευκολία της πρόσληψης των θεωριών του ατόμου-δίνης και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας λόγω της συμβατότητας τους με το ευρύτερο πολιτισμικό περιβάλλον προσπάθησα να καταδείξω με το παράδειγμα του LeBon, όπως και με την ένταση της δημόσιας και εκλαϊκευμένης συζήτησης που είχε εμφανιστεί γύρω από αυτές. Πόσο μεγάλες είναι όμως οι διαφορές μεταξύ της δημιουργίας και της πρόσληψης· και πόση η δύναμη, το κύρος και η επιρροή μιας θεωρίας που δεν κατάφερε να γίνει αποδεκτή από την κοινωνία, το κράτος ή τους χρηματοδότες της;

Τέλος θα συμφωνήσω με την παρατήρηση του Norton Wise στη θέση Forman, πως κάποια από τα δρώντα πρόσωπα δεν συνθηκολόγησαν απλώς σε ένα εχθρικό περιβάλλον αλλά πρωτοστάτησαν στη δημιουργία αυτού του περιβάλλοντος. “Θα αντικαταστήσω την έννοια συνθηκολόγηση με αυτήν της συμμετοχής και την έννοια της αιφνιδιαστικής εμφάνισης με αυτή της συνέχειας”, θα γράψει ο Wise (Wise 1994, 171). Πέρα από τα όποια προβλήματα της κριτικής του Wise στον Forman, πιστεύω ότι πράγματι οι έννοιες της συμμετοχής και της συνθηκολόγησης περιγράφουν καλύτερα την περίπτωση των θεωριών του ατόμου-δίνη και της ηλεκτρομαγνητικής μάζας.

7. Βιβλιογραφία

1. Arabatzis, T. 2006. Representing Electrons: A Biographical Approach to Theoretical Entities, University of Chicago Press
2. Badash, L. 1972. "The Completeness of Nineteenth- Century Science," *Isis*, 63:48-58
3. Baumer F. L. 1977, Modern European Thought:Continuity and Change in Ideas, 1600-1950, New York: Macmillan
4. Bordoni, S. 2011. "Beyond Electromagnetic and Mechanical World-views: J. Larmor's Models of Matter and Energy in the Early 1890s", *Centaurus*, 53(1):31-54
5. Cushing, J. 1992. "Historical Contingency and Theory Selection in Science", PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association
6. Cushing, J. 1981. "Electromagnetic mass, relativity, and the Kaufman experiments", *American journal of physics* 49
7. Darrigol, O. 1994. "The Electron Theories of Larmor and Lorentz: A Comparative Study", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 24(2):265-336
8. Darrigol, O. 1996. "The Electrodynamical Origins of Relativity Theory", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 26(2):241-312
9. Darrigol, O. 2002, *Electrodynamics from Ampere to Einstein*, Oxford University Press
10. Doran, B.G. 1975 "Origins and Consolidation of Field Theory in Nineteenth-Century Britain: From the Mechanical to the Electromagnetic View of Nature", *Historical Studies in the Physical Sciences* 6:133-260
11. Forman, P. 1971. "Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment", *Historical Studies in the Physical Sciences* 3:1-115
12. Hon, G. 1985. "The concept of experimental error" Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Department of History and Philosophy of Science, Chelsea College, London University
13. Goldberg, S. 1984. "Η πρόσληψη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας στη Γερμανία τη Γαλλία τη

- Βρετανία και τις ΗΠΑ” στο Αραμπατζής, Θ. Γαβρόγλου, Κ. 2005. *Ο Αϊνστάιν και η σχετικότητα, ιστορικές μελέτες*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις κρήτης
14. Goldberg, S. 1970. “The Abraham Theory of the Electron: The Symbiosis of Experiment and Theory”, *Archive for History of Exact Sciences* 7(1):7-25
 15. Goldberg, S. 1970b. “In Defense of Ether: The British Response to Einstein's Special Theory of Relativity, 1905-1911”, *Historical Studies in the Physical Sciences* 2:89-125
 16. Goldberg, S. 1976 “Max Planck's Philosophy of Nature and His Elaboration of the Special Theory of Relativity”, *Historical Studies in the Physical Sciences* 7:125-160
 17. Goldberg, S. 1985. “Η πρόσληψη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Στη Γερμανία, τη Γαλλία, τη Βρετανία και τις Η.Π.Α.” στο Αραμπατζής, Θ, Γαβρόγλου. Κ. *Ο Αϊνστάιν και η σχετικότητα, ιστορικές μελέτες*, 2006, πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
 18. Hacking, I. 2000. “How inevitable are the results of successful science?”, *Philosophy of Science* 67 (3):71
 19. Harman, P. 1982. *Ενέργεια, δύναμη και ύλη*, (1994) Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
 20. Heilbron, J.L. 1982. "Fin-de-siecle Physics," in Bernhard, C.G., *Science, Technology, and Society in the Time of Alfred Nobel*, Oxford: Pergamon Press
 21. Hiebert, Erwin N. 1971. “The Energetics Controversy and the New Thermodynamics”, στο “Perspectives in the History of Science and Technology “ (pgs. 67-86), Roller, Duane H. (ed.). Norman.
 22. Hobsbawm, E.J. 1987. *Η εποχή των αυτοκρατοριών*, (2000) ΜΙΕΤ
 23. Holton, G. 1988. "Ο Αϊνστάιν ο Michelson και το "κρίσιμο" πείραμα" στο Αραμπατζής, Θ, Γαβρόγλου. Κ. *Ο Αϊνστάιν και η σχετικότητα, ιστορικές μελέτες*, 2006, πανεπιστημιακές εκδόσεις κρήτης
 24. Jammer , M. 2009. *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy*, Princeton University Press
 25. Janssen, M., Mecklenburg, M. 2006. “From Classical to Relativistic Mechanics: Electromagnetic Models of the Electron”, *Boston Studies in the Philosophy of Science* 251:65-134
 26. Kaufmann, W. 1906 Über die Konstitution des Elektrons, *Annalen der Physik*, 324 (3): 487–553

27. Klein, Martin J. 1972. "Mechanical Explanation at the End of the Nineteenth Century," *Centaurus* 17: 58-82
28. Kuhn, T. 1962. *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, (2004) Σύγχρονα θέματα, Θεσσαλονίκη
29. Kragh, H. 1985. "The Fine Structure of Hydrogen and the Gross Structure of the Physics Community, 1916-26", *Historical Studies in the Physical Sciences* 15(2):67-125
30. Kragh, H. 1999. *Οι γενιές των κβάντων, ιστορία της φυσικής του 20ου αιώνα*, (2004) Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
31. Kragh, H. 2002 "The Vortex Atom: A Victorian Theory of Everything", *Centaurus* 44(1-2):32-114
32. Kragh, H. 2012. "A Sense of Crisis: Physics in the fin-de-siecle Era", Contribution to Michael Saler, ed., *The Fin-de-Siecle World*, to be published by Routledge in 2014
33. Lakatos, I. 1974. "the role of crucial experiments in science", *Studies in history and philosophy of science* 4(4)
34. Larmor, J. 1894. "A Dynamical Theory of the Electric and Luminiferous Medium", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 185:719–822.
35. Lecourt, D. 1977. *Proletarian science? The case of Lysenko*, London:NLB.
36. Lenin, V. I. 1913 "The Historical Destiny of the Doctrine of Karl Marx", <http://www.marxists.org/archive/lenin/works/1913/mar/01.htm> (9/2/2014)
37. MacLeod, R. 1982. "The 'Bankruptcy of Science' Debate: The Creed of Science and its Critics, 1885-1900," *Science, Technology & Human Values*, 7: 2-15
38. McCormach, R. 1970. "H. A. Lorentz and the Electromagnetic View of Nature", *Isis* 4:459-497
39. Mearsheimer, J. J. 2001, *η τραγωδία της πολιτικής των μεγάλων δυνάμεων*, (2006), ποιότητα, Αθήνα
40. Miller, A.I. 1977. "The physics of Einstein's relativity paper of 1905 and the electrodynamic world picture of 1905", *American journal of physics* 45(11)
41. Miller, A.I. 1981. *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretation, (1905–1911)*, (1997), Springer, New York
42. Morus, I. R. 2005. *When physics became king*, University of Chicago press
43. Nye, M. J. 1974. "Gustave LeBon's Black Light: A Study in Physics and Philosophy in France at the

- Turn of the Century”, *Historical Studies in the Physical Sciences* 4:163-195
44. Nye, M. J. 1980. “ N-Rays: An Episode in the History and Psychology of Science”, *Historical Studies in the Physical Sciences* 11(1):125-156
 45. Noakes, R. 2005. “Ethers, religion and politics in late-Victorian physics: beyond the Wynne thesis”, *History of science*, 43:415-455
 46. Paul, H.W., 1968. “The Debate over the Bankruptcy of Science in 1895”, *French Historical Studies*, 5(3):299-327.
 47. Planck, M. “Die Kaufmannschen Messungen der Ablenkbarkeit der β -Strahlen in ihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen, *Physikalische Zeitschrift* 7 (21): 753–761
 48. Porter, M., 1994 "The Death of the Object: Fin de siècle Philosophy of Physics," in Ross, D. (ed.), *Modernist Impulses in the Human Sciences*.
 49. Pyenson, L. 1979. “Physics in the shadow of mathematics: The Göttingen electron-theory seminar of 1905”, *Archive for History of Exact Sciences* 21(1): 55-89
 50. Seth, S. 2004. “Quantum theory and the electromagnetic world-view”, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 35(1):67-93
 51. Silliman, Robert H. 1963. “William Thomson: Smoke Rings and Nineteenth-Century Atomism”, *Isis*, 54(4):461–474
 52. Staley, R. 2008. “The Fin de Siècle Thesis”, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 31(4):311-330
 53. Steward, B. και Tait, P.G. 1881. *The unseen universe. Or, physical speculations on a futer state*.
 54. Thomson, J.J. 1881, "On the Electric and Magnetic Effects produced by the Motion of Electrified Bodies", *Philosophical Magazine*, 11: 229-249.
 55. Thomson, J.J. 1897, “Cathode rays”, *Philosophical Magazine*, 44:293-316
 56. Thomson, J.J. 1907, *The corpuscular theory of matter*, Constable & Co
 57. Δαμιανός Π. 2013, “Ο Κούαίν και η αμφισβήτηση του Λογικού Εμπειρισμού” στο Μπαλτάς Α., Στεργιόπουλος Κ. *Φιλοσοφία και επιστήμες στον εικοστό αιώνα*, 2013, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

58. Λένιν, Β.Ι. 1908. *Υλισμός και εμπειριοκριτικισμός*, (2011), Άπαντα, τ 18, σύγχρονη εποχή, Αθήνα
