



ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Εργαστήριο Εκπαιδευτικού
Υλικού & Εκπαιδευτικής
Μεθοδολογίας

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ

ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Κοινωνικές ρίζες της Θεωρίας της Σχετικότητας

Διπλωματική Εργασία

Αμαλία Μπολικά

Σεπτέμβριος, 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κοινωνικές Ρίζες της Θεωρίας της Σχετικότητας

Μπολικά Αμαλία

Σεπτέμβριος 2023

Επίβλεψη Α

Σκορδούλης Κωνσταντίνος

Επίβλεψη Β

Κατσιαμπούρα Ιωάννα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με το δικό τους τρόπο συνέβαλαν σε αυτή μου την προσπάθεια.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Σκορδούλη για την καθοδήγηση και την συμβολή του στην εκπόνηση της εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης την ανιψιά μου Γεωργία για την πολύτιμη συμβολή της σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας, καθώς και την φίλη μου Όλγα για το ενδιαφέρον και την ενθάρρυνσή της όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά, τον σύζυγό μου, Θανάση που βρίσκεται δίπλα μου με αμέριστη κατανόηση και στήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Η εργασία είναι αφιερωμένη στην μνήμη του πατέρα μου Βασιλείου Μπολικά..

Αμαλία, 2023

Περίληψη

Η θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν αποτελεί μια από τις συναρπαστικότερες σελίδες της ιστορίας της επιστήμης, η οποία διαμόρφωσε την ανάπτυξη της σύγχρονης φυσικής.

Η θεωρία γεννήθηκε μέσα από τις αντιφάσεις της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας με τη νευτώνεια μηχανική. Ο Αϊνστάιν εμβαθύνοντας στις επιπτώσεις των νευτώνειων αρχών πάνω στην έννοια του χρόνου, απέδειξε ότι αν όριζε με πειραματικό τρόπο την αντιστοιχία των χρόνων από απόσταση, τότε θα οδηγούνταν στους μετασχηματισμούς Λόρεντζ που απαιτούσε η ηλεκτροδυναμική. Αυτό αποκάλυψε τη σχετικότητα της έννοιας του ταυτοχρονισμού και οδήγησε στην απόρριψη του απόλυτου πλαισίου του χώρου και του χρόνου. Επίσης, αποκάλυψε την αναπόδραστη σχέση μάζας και ενέργειας. Η αναθεώρηση αυτών των εννοιών έγινε στα πλαίσια της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Η βαθιά πίστη του ότι οι νόμοι της φυσικής πρέπει να διατυπώνονται ανεξάρτητα από τα συστήματα αναφοράς, τον οδήγησε στο να επαναλάβει για το χώρο την κριτική που έκανε για το χρόνο και να διατυπώσει τη γενική θεωρία, η οποία μετασχημάτιζε ριζικά τις νευτώνειες αντιλήψεις για τη φύση της βαρυτικής δύναμης, και τη γεωμετρία του χώρου.

Η επαναστατικότητα της θεωρίας του Αϊνστάιν γίνεται φανερή. Αμφισβήτησε έννοιες που στα πλαίσια της κλασικής φυσικής προηγούνταν κάθε γνώσης, κάθε εμπειρίας και δεν ήταν δυνατόν να γίνουν αντικείμενο οποιουδήποτε πειράματος ή θεωρίας.

Στην παρούσα εργασία μελετάται η πορεία προς τη διατύπωση της επαναστατικής θεωρίας της σχετικότητας. Μεταφέροντας την εστίαση στην κοινωνιολογική διάσταση της επιστήμης, γίνεται ανάλυση του κοινωνικοπολιτικού πλαισίου ανάπτυξης της θεωρίας για την ανάδειξη όλων των συσχετίσεων που συνέβαλλαν στη διαμόρφωσή της. Απαραίτητη είναι και η περιγραφή της ανθρώπινης πλευράς του Αϊνστάιν, ως φορέας διαφορετικών ιδεολογιών και κοινωνικών πρακτικών.

Αναλύοντας το ιδεολογικό υπόβαθρο του Κύκλου του Αϊνστάιν, φανερώνονται οι κοινωνικές ρίζες της σχετικότητας, άμεσα συνυφασμένες με το επαναστατικό φοιτητικό κλίμα που επικρατούσε στη Ζυρίχη. Στο πλαίσιο αυτό η λέξη σχετικότητα γίνεται το σύμβολο της επανάστασης ενάντια σε κάθε απολυτότητα.

Λέξεις - κλειδιά: Αϊνστάιν, σχετικότητα, ταυτοχρονισμός, χώρος, χρόνος, Νεύτωνας, Λόρεντζ, Πουανκαρέ, εξωτερική ιστορία της επιστήμης, Μινκόφσκι.

The Social Roots of Einstein's Theory of Relativity

Mpolika Amalia

Abstract

Einstein's theory of relativity, which shaped the development of modern physics, is one of the most fascinating mental exploits in the history of science.

The Theory itself sprang, so to say, out of the contradictions between electromagnetic theory and Newtonian mechanics. Delving into the implications of Newtonian principles on the concept of time, Einstein demonstrated that the experimental determination of the correspondence of time series at a distance leads to the Lorentz transformations required by electrodynamics. This revealed the relativity of the concept of tautochronism and led to the rejection of the concept of absolute space and time. It also revealed the intrinsic relationship between mass and energy. The revision of these concepts was done in the context of the special theory of relativity. Further, Einstein's profound belief that the laws of physics must be formulated independently of reference frames led him to a critical examination of space and to the formulation of the general theory of relativity, which radically transformed the Newtonian conceptions regarding the nature of gravity and space geometry.

It is obvious that Einstein's theory is revolutionary; It questions concepts that in the context of classical physics precede all knowledge and/or experience and should not, therefore, become the subject of any experiment or theory.

This paper studies Einstein's pathway towards the formulation of the revolutionary theory of relativity. Shifting the focus to the sociological dimension of science, the paper analyses the socio-political context of the theory's development to highlight all the correlations that shaped it. An equally essential part of this analysis is the personal history of Einstein and the degree to which he was influenced by different ideologies and social practices.

In fact, an analysis of the ideological and emotional background of the Einstein Circle reveals that the social roots of relativity are directly linked to the revolutionary climate of the student milieu in Zurich. In this context, the word relativity becomes the symbol of revolution against all absolutes.

Keywords: Einstein, relativity, simultaneity, space, time, Newton, Loretz, Poincaré, external history of science, social dimension of science, Minkowski.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Εισαγωγή | 9 |
| 1. Μελετώντας την Ιστορία της Επιστήμης | 10 |
| 2. Από την Κλασική Φυσική στη Θεωρία της Σχετικότητας..... | 18 |
| 2.1. Η Μηχανική του Νεύτωνα | 19 |
| 2.1.1. Εισαγωγή | 19 |
| 2.1.2. Απόλυτος χώρος και απόλυτος χρόνος..... | 22 |
| 2.1.3. Οι νόμοι της κίνησης | 24 |
| 2.1.4. Η αρχή της σχετικότητας | 27 |
| 2.1.5. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης..... | 28 |
| 2.1.6. Η οπτική..... | 29 |
| 2.1.7. Μάζα και ύλη | 30 |
| 2.1.8. Θεολογικές απόψεις του Νεύτωνα..... | 31 |
| 2.2. Κριτικές της μηχανιστικής κοσμοαντίληψης..... | 32 |
| 2.2.1. Η κριτική του Μαχ..... | 33 |
| 2.2.2. Η φιλοσοφία του Πουανκαρέ..... | 35 |
| 2.3. Η ηλεκτροδυναμική στην κλασική φυσική..... | 36 |
| 2.3.1. Η ανάπτυξη του ηλεκτρομαγνητισμού | 36 |
| 2.3.2. Ο ρόλος του αιθέρα στην κλασική φυσική | 38 |
| 3. Η Θεωρία της Σχετικότητας..... | 41 |
| 3.1. Σύντομη παρουσίαση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας..... | 41 |
| 3.1.1. Για την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων | 42 |
| Αξιώματα | 42 |
| 3.1.2. Εξαρτάται η αδράνεια ενός σώματος από την ενέργειά του; (Einstein, 2006).. | 47 |
| 3.2. Η δημιουργία της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας και η σημασία της | 48 |
| 3.3. Φιλοσοφικές καταβολές της σχετικότητας | 53 |
| 3.4. Ο Αϊνστάιν και το πείραμα Μάικελσον-Μόρλεϊ..... | 57 |
| 3.5. Πρόδρομες θεωρίες της σχετικότητας..... | 59 |
| 3.5.1. Θεωρία του Λόρεντζ..... | 60 |
| 3.5.2. Η επιστήμη του Πουανκαρέ..... | 63 |
| 3.6. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας σε σχέση με προγενέστερες θεωρίες | 64 |
| 3.7. Ο Μινκόφσκι και ο Χωρόχρονος | 67 |
| 3.8. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας..... | 72 |
| 3.8.1. Η αρχή της ισοδυναμίας | 73 |
| 3.8.2. Η φύση της βαρυτικής δύναμης..... | 74 |
| 3.8.3. Η θεμελίωση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας | 77 |
| 4. Η ζωή του Αϊνστάιν | 79 |
| 4.1. Παιδικά χρόνια | 80 |
| 4.1.1. Οικογενειακή καταγωγή | 80 |
| 4.1.2. Η ζωή στο Μόναχο | 81 |
| 4.1.3. Πνευματικά ενδιαφέροντα | 83 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.1.4. | Αναχώρηση από το Μόναχο | 86 |
| 4.1.5. | Σχολείο στο Άαραου | 87 |
| 4.2. | Ο Αϊνστάιν στην Ελβετία | 90 |
| 4.2.1. | Ο Αϊνστάιν φοιτητής..... | 90 |
| 4.2.2. | Η γνωριμία του με την Μιλέβα..... | 93 |
| 4.2.3. | Αναζήτηση εργασίας και επιστημονική δραστηριότητα | 94 |
| 4.2.4. | Ο γάμος με τη Μιλέβα | 97 |
| 5. | Τα κοινωνικά και πνευματικά θεμέλια της θεωρίας της σχετικότητας | 99 |
| 5.1. | Κοινωνικό και ιδεολογικό πλαίσιο..... | 100 |
| 5.1.1. | Το κλίμα στη Ζυρίχη..... | 100 |
| 5.1.3. | Η "Ακαδημία της Ολυμπίας" | 104 |
| 5.1.4. | Η φιλοσοφία του Μαχ και ο Σοσιαλισμός..... | 107 |
| 5.1.5. | Το ιδεολογικό υπόβαθρο της θεωρίας της σχετικότητας..... | 108 |
| 5.2. | Οι κοινωνικές ρίζες της θεωρίας της σχετικότητας | 111 |
| 5.2.1. | Η σχετικότητα ως σύμβολο του νέου τρόπου σκέψης..... | 112 |
| 5.2.2. | Ο χαρακτήρας άλλων ευρωπαϊκών επιστημονικών κοινοτήτων | 114 |
| 5.2.3. | Το πνευματικό υπόβαθρο της συνεισφοράς του Μινκόφσκι στη θεωρία της σχετικότητας. | 118 |
| | Συμπεράσματα | 120 |
| | Βιβλιογραφικές αναφορές..... | 126 |

Εισαγωγή

Η θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν είναι μία από τις σημαντικότερες επιστημονικές ανακαλύψεις του 20ού αιώνα η οποία άνοιξε το δρόμο για πολλές από τις τεχνολογικές εξελίξεις του σύγχρονου κόσμου. Ο Αϊνστάιν με μια διορατική και ανατρεπτική ματιά έξω από τα όρια που επέβαλαν η μηχανιστική σκέψη και ο μαθηματικός τρόπος έκφρασής της, μπόρεσε να κατανοήσει ποιοτικά τη φυσική πραγματικότητα στις αληθείς της διαστάσεις και να αλλάξει ριζικά τις παραδοσιακές νευτώνειες πεποιθήσεις που αφορούσαν στην απόλυτη φύση του χώρου και του χρόνου και στη φύση της βαρυτικής δύναμης.

Η θεωρία διατυπώθηκε στις δύο βαθμίδες της, Ειδική και Γενική Θεωρία το 1905 και 1915 αντίστοιχα. Σύμφωνα με την ειδική θεωρία, ο χώρος και ο χρόνος αλληλοεξαρτώνται και συγκροτούν ένα νέο σκηνικό στο οποίο πραγματώνονται όλα τα γεγονότα του φυσικού κόσμου, το χωροχρονικό συνεχές. Στο πλαίσιο αυτό η ενέργεια και η ύλη συνδέονται αναπόδραστα μέσω της εξίσωσης $E = mc^2$, μιας από τις πιο διάσημες εξισώσεις στον κόσμο. Η γενική θεωρία αποτελεί τη μεγαλύτερη πνευματική δημιουργία του Αϊνστάιν και περιγράφει έναν κόσμο στον οποίον η αλληλεπίδραση της ύλης της ενέργειας και της κίνησης προκαλούν μια καμπύλωση του χωροχρόνου από την οποία απορρέει η βαρυτική δύναμη.

Η θεωρία της σχετικότητας δεν ήταν απλώς μια επιστημονική ανακάλυψη, ήταν επίσης μια αντανάκλαση του επαναστατικού πολιτικού και διανοητικού κλίματος της εποχής της. Ήταν μια θεωρία βαθιά ριζωμένη στο κοινωνικό της πλαίσιο. Η ιστορία της επιβεβαιώνει ότι στη διαμόρφωση κάθε νέας επιστημονικής ιδέας και πρακτικής εμπλέκονται ποικίλοι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των φιλοσοφικών, κοινωνικών και πολιτικών.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία περιγράφει το πλαίσιο δημιουργίας της θεωρίας της σχετικότητας και αναδεικνύει τη σημασία της εξωτερικής ιστορίας της. Βασική επιδίωξη της εργασίας είναι να εμβαθύνει στο κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο ανάπτυξής της και να ανιχνεύσει όλες τις παραμέτρους οι οποίες έδωσαν τροφή στον επαναστατικό τρόπο σκέψης του Αϊνστάιν και συνέβαλαν αιτιωδώς στη διαμόρφωση της θεωρίας του. Ο σκοπός της είναι να αναζητήσει τις κοινωνικές ρίζες της θεωρίας της σχετικότητας.

Η εργασία χωρίζεται σε 4 ενότητες.

Στην πρώτη ενότητα αναφερόμαστε στην κοινωνική, φιλοσοφική και πολιτισμική διάσταση της επιστήμης.

Στη δεύτερη ενότητα μελετάται η εξέλιξη των ιδεών και των θεωριών στην κλασική φυσική και περιγράφονται τα σημαντικότερα επιστημονικά γεγονότα τα οποία καθόρισαν την πορεία της επιστήμης και οδήγησαν στη θεωρία της σχετικότητας. Περιγράφοντας την κατάσταση στη φυσική όπως αυτή αποκαλύφθηκε μπροστά στον Αϊνστάιν, επικεντρωνόμαστε στον κριτικισμό απέναντι στη νευτώνεια φιλοσοφία και επιστήμη και στις αντιφάσεις μεταξύ μηχανιστικής σκέψης και ηλεκτροδυναμικής του Μάξγουελ. Η κατανόηση των παραπάνω αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση της θεωρίας του Αϊνστάιν και της θέσης της στην ανάπτυξη της γνώσης μας για τον κόσμο.

Στην επόμενη ενότητα περιγράφεται η θεωρία της σχετικότητας και αναδεικνύεται ο επαναστατικός και ριζοσπαστικός χαρακτήρας της. Επίσης μελετάται η σύνδεση του επιστημονικού έργου του Αϊνστάιν με προγενέστερες φιλοσοφικές και επιστημονικές θεωρίες.

Στη συνέχεια περιγράφεται η ανθρώπινη πλευρά του Αϊνστάιν, το ίδιο το υπόβαθρο και οι προσωπικές εμπειρίες του, οι πρακτικές του και οι δεσμεύσεις του.

Στην τελευταία ενότητα μελετάται το κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο της θεωρίας της σχετικότητας και ο καθοριστικός ρόλος που έπαιξε στη διαμόρφωση των επαναστατικών ιδεών του Αϊνστάιν.

Στον επίλογο παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα της εργασίας.

1. Μελετώντας την Ιστορία της Επιστήμης

Η ιστορία των επιστημών αποτελεί την ιστορία της ανθρώπινης δραστηριότητας στην εξερεύνηση, πρόβλεψη και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας οι άνθρωποι καταφέρνουν με τη βοήθεια της λογικής και των μαθηματικών να διατυπώνουν νέες έννοιες και νέους συλλογισμούς, να διαμορφώνουν θεωρίες, να ανακαλύπτουν νόμους και αρχές.

Οι επιστήμες δεν ορίζονται μόνο από το περιεχόμενό τους αλλά τις συνδιαμορφώνουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες, όπως: οι ιδέες, οι τεχνικές και οι πρακτικές που επινοούν οι άνθρωποι προκειμένου να κατανοήσουν τη φύση, οι πολύπλευροι θεσμοί που δημιουργούν, οι εφαρμογές που μηχανεύονται, αλλά και οι ίδιοι οι άνθρωποι ως φορείς διαφορετικών ιδεολογικών, φιλοσοφικών, θρησκευτικών, πολιτικών ιδεών και κοινωνικών πρακτικών. (Γαβρόγλου, 2004).

Από το τέλος του 19ου αιώνα και για πολλές δεκαετίες το σύνολο των ιστορικών της επιστήμης είχε την πεποίθηση ότι η επιστήμη της φυσικής αποκάλυπτε μια προϋπάρχουσα αντικειμενική δομή της φύσης. Ενώ στις ανθρωπιστικές- κοινωνικές επιστήμες αλλά και σε άλλους τομείς της ανθρώπινης δημιουργικότητας -όπως στη ζωγραφική ή στη λογοτεχνία- ήταν αποδεκτό να θέτονται ερωτήματα που αφορούσαν στη σχέση μεταξύ των έργων που παράγονται και του κοινωνικού περιβάλλοντος, στην περίπτωση των φυσικών επιστημών κάθε επιστημονική κατάκτηση θεωρήθηκε "αντικειμενικά αληθής", άρα ανεξάρτητη από το ιστορικό και πολιτιστικό της πλαίσιο. Βάσει αυτής της θεώρησης η μελέτη της ιστορίας των φυσικών επιστημών περιοριζόταν στην εσωτερική δυναμική της και την απογύμνωνε από το ομορφότερο στοιχείο της: ότι η επιστήμη κρύβει μέσα της και όλα όσα διαδραματίζονται έξω από την επιστημονική κοινότητα. (Γαβρόγλου, 2004)

Η επιστήμη πλέον κατανοείται ως κοινωνικό και πολιτισμικό φαινόμενο. Η πολύπλευρη προσέγγισή της μας επιτρέπει να αξιολογήσουμε την πολυμορφία που αποκαλύπτει η ιστορία της. Κάθε διαφορετική προσέγγιση θέτει και απαντά σε δικά της ερωτήματα χωρίς να έχει σημασία ποιο ιστοριογραφικό σχήμα υπερέχει έναντι των άλλων. Οι ιστορικοί της επιστήμης διερευνούν την ιστορία της στοχεύοντας όχι μόνο στο να αναζητήσουν τις αιτίες που προκάλεσαν συγκεκριμένα επιστημονικά γεγονότα αλλά και στο να αναδείξουν τις συσχετίσεις μεταξύ των γεγονότων και του ευρύτερου πολιτιστικού και κοινωνικού περιβάλλοντος (Αραμπατζής και Γαβρόγλου, 2005).

Η επιστήμη μέσα στην κοινωνία

Ο Αυστριακός φυσικός Έρβιν Σρέντιγκερ (Erwin Schrödinger) χαρακτήρισε τους επιστήμονες "παιδιά της εποχής τους", εννοώντας ότι ασχολούνται κυρίως με τα επίκαιρα επιστημονικά ζητήματα, χωρίς να σημαίνει ότι αυτό γίνεται πάντα συνειδητά. (Παναγιωτόπουλος, 2010). Κάθε εποχή έχει τη δική της επιστήμη η οποία αποτυπώνεται σε

όλους τους τομείς της. Στη φυσική για παράδειγμα οι παράδοξες αντιλήψεις της κβαντικής θεωρίας γεννήθηκαν και αναπτύχθηκαν στο αντιορθολογιστικό πνευματικό κλίμα της Δημοκρατίας της Βαϊμάρης, το οποίο διαμορφώθηκε στην περίοδο του μεσοπολέμου. (Γαβρόγλου, 2004)

Το γεγονός ότι οι επιστημονικές ιδέες συνδέονται με την κοινωνική πραγματικότητα καταδεικνύεται με τη σχέση μεταξύ των διαμορφωμένων κοινωνικών αντιλήψεων και του γνωστικού περιεχομένου των επιστημονικών ιδεών και προτάσεων. Τις περισσότερες φορές οι πεπειθησείς που διαπνέουν το κοινωνικό σύνολο κατευθύνουν την επιστημονική σκέψη στο να συμμορφώνεται με αυτές. Το κοινό αίσθημα αντιμετωπίζει με επιφύλαξη κάθε νέα επιστημονική ιδέα που συγκρούεται με την καθημερινή εμπειρία. (Παναγιωτόπουλος, 2010). Χαρακτηριστικό παράδειγμα η ηλιοκεντρική θεωρία, η οποία αν και διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον Αρίσταρχο επικράτησε μετά από περίπου δύο χιλιετίες. Λαμβάνοντας υπόψη τη δυσκολία στην αποδοχή της δεν γνωρίζουμε τι θα συνέβαινε αν η Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία δεν υποχρέωνε τον Γαλιλαίο να αρνηθεί την ηλιοκεντρική θεωρία και να υποστηρίξει τη γεωκεντρική.

Τέχνη και Επιστήμη

Η συνάντηση της επιστήμης με την τέχνη και η αλληλεπίδρασή τους έχει να κάνει με ιδέες που αναπτύσσονται από κοινού καλλιτέχνες και επιστήμονες στην προσπάθειά τους να αναπαραστήσουν με νέους τρόπους την πραγματικότητα που βρίσκεται πέρα από το φαινομενικό. Όταν αυτό επιτυγχάνεται, τότε, στη στιγμή της γέννησης μιας δημιουργίας τα σύνορα μεταξύ της επιστήμης και της τέχνης καταρρέουν και αποκτούν ιδιαίτερη σημασία κάποιες έννοιες αισθητικής και πνευματικής φύσεως. (Miller, 2002)

Η παραπάνω σχέση αποτυπώνεται στην περίοδο των αρχών των 20ού αιώνα, όταν τα τεκταινόμενα στην Κεντρική Ευρώπη που οδήγησαν στον παραλογοισμό του Α' Παγκόσμιου Πολέμου φαίνεται να επέδρασαν καταλυτικά στη δημιουργία νέων επαναστατικών θεωριών και καλλιτεχνικών ρευμάτων.

Οι επιστημονικές ανακαλύψεις εκείνης της περιόδου, κυρίως η θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, προσέφεραν έναν νέο τρόπο ερμηνείας και αναπαράστασης της πραγματικότητας. Παράλληλα και προς την ίδια κατεύθυνση κινήθηκε και η τέχνη με τους δικούς της τρόπους έρευνας. Στον εικαστικό χώρο εμφανίστηκαν νέα καλλιτεχνικά ρεύματα, όπως του κυβισμού

και του εξπρεσιονισμού, με βασικό χαρακτηριστικό τους την άρνηση να αναπαραστήσουν τον εξωτερικό κόσμο όπως τον αντιλαμβάνονται οι αισθήσεις. (Miller, 2002)

Σύμφωνα με τον Miller (2002), το γεγονός ότι εκείνη την περίοδο η επιστήμη και η τέχνη εξελίχθηκαν παράλληλα δεν είναι τυχαίο. Όπως ο Αϊνστάιν με τη θεωρία της σχετικότητας ανέτρεψε τις καθιερωμένες έννοιες του χώρου και του χρόνου, έτσι και οι πρωτοπόροι του ρεύματος του κυβισμού Ζορζ Μπρακ και Πάμπλο Πικάσο, απομάκρυναν εντελώς την προοπτική από τις δικές τους οπτικές αναπαραστάσεις και μετέτρεψαν τις μορφές σε γεωμετρίες.

Το ίδιο συνέβη και με τον Βασίλι Καντίνσκι, τον κύριο εκφραστή του εξπρεσιονισμού και της αφηρημένης, μη παραστατικής τέχνης. Ο Miller (2002) αναφέρει ότι ο Καντίνσκι εξέλαβε την ανακάλυψη της ραδιενέργειας και των ακτινών X ως απόδειξη ότι δεν υπάρχουν μορφές, ούτε σαφή όρια μεταξύ του ορατού και του μη ορατού. Για το λόγο αυτό εκφράστηκε τόσο έντονα μέσω της Αφαίρεσης.

Επιστήμη και τεχνολογία

Αν και πρόκειται για δύο διακριτές έννοιες, η μεταξύ τους σχέση γίνεται αντιληπτή - ειδικά στην εποχή μας - καθώς η κάθε έννοια προϋποθέτει και ελέγχει την άλλη. Κυρίαρχο παράδειγμα θετικής αλληλεπίδρασης επιστήμης και τεχνολογίας είναι η ανακάλυψη της τυπογραφίας η οποία επέτρεψε την αναπαραγωγή και τη διάδοση των γνώσεων. Στον τομέα των φυσικών επιστημών, η ανακάλυψη του τηλεσκοπίου στην αστρονομία και του μικροσκοπίου στη βιολογία συνέβαλλαν στην καλύτερη κατανόηση του γνωστικού αντικείμενου των αντίστοιχων ερευνητικών πεδίων και στην εξέλιξή τους.

Οι βασικές ιδέες της τεχνολογίας αντλούνται από την καθαρή επιστημονική γνώση. Από τον 17ο αιώνα που αναπτύχθηκε η θεωρητική φυσική, η τεχνολογία έγινε εφαρμοσμένη φυσική, όπως και η φαρμακολογία έγινε εφαρμοσμένη βιοχημεία.

Η αποτίμηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων γίνεται πάντα εντός του κοινωνικού πλαισίου, όπως η περίπτωση της γνωστής εξίσωσης του Αϊνστάιν $E = mc^2$ η οποία προέβλεπε την απελευθέρωση της πυρηνικής ενέργειας. Σαράντα χρόνια μετά τη διατύπωση της εξίσωσης, η ανάπτυξη της πυρηνικής φυσικής και της τεχνολογίας επέτρεψε την αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας επηρεάζοντας σημαντικά στην έκβαση του Β' Παγκόσμιου Πολέμου.

Στις μέρες μας η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται όχι μόνο για στρατιωτικούς σκοπούς αλλά και για ειρηνικούς, κυρίως στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιστήμη και πολιτική

Η αλληλεπίδραση πολιτικής και επιστημονικής προόδου είναι δεδομένη και έγινε φανερή στο χώρο της Κεντρικής Ευρώπης κατά τον 19ο και τον 20ό αιώνα, όπου οι πολιτικές ιδεολογίες, οι πολιτικές και τα γεγονότα διαμόρφωσαν την πορεία της επιστημονικής προόδου.

Ο 20ός αιώνας έφερε ταραχώδεις πολιτικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένων των παγκόσμιων πολέμων και του Ψυχρού Πολέμου, οι οποίες αναμφισβήτητα επηρέασαν το επιστημονικό τοπίο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αρνητικής επίδρασης της πολιτικής στην επιστήμη ήταν η κατάσταση στη ναζιστική Γερμανία, όταν για λόγους ιδεολογικούς ή φυλετικούς η κυβέρνηση ανάγκασε άμεσα ή έμμεσα σε βίαιη φυγή τους διαπρεπέστερους επιστήμονες της χώρας. Η θεωρία του Kuhn για τις αλλαγές *παραδείγματος* καθίσταται σχετική εδώ, καθώς αυτές οι γεωπολιτικές ανακατατάξεις ανάγκασαν τους επιστήμονες να προσαρμόσουν τα ερευνητικά τους προγράμματα ώστε να ευθυγραμμιστούν με τις ανάγκες του πολέμου ή τις ιδεολογικές τους θέσεις. Τις παραπάνω επιστημονικές προσπάθειες χρηματοδοτούσε γενναία η εκάστοτε κυβέρνηση.

Ωστόσο, η επιρροή της πολιτικής στην επιστήμη δεν είναι μονόδρομος, καθώς η επιστημονική πρόοδος μπορεί επίσης να επηρεάσει τις πολιτικές αποφάσεις. Η αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας στα μέσα του 20ού αιώνα όχι μόνο αποτελεί παράδειγμα της επίδρασης των επιστημονικών επιτευγμάτων στην πολιτική, αλλά υπογραμμίζει επίσης τα ηθικά διλήμματα με τα οποία ήρθαν αντιμέτωπες οι κυβερνήσεις αλλά και οι κοινωνίες (Snow, 1959).

Φιλοσοφία της επιστήμης

Το φιλοσοφικό υπόβαθρο των φυσικών επιστημών συνεχίζει μέχρι σήμερα να αποτελεί αντικείμενο πνευματικής έρευνας, αποκαλύπτοντας τη σχέση μεταξύ φιλοσοφίας και επιστημονικής προόδου. Ακρογωνιαίος λίθος αυτής της σχέσης είναι η επιστημονική μέθοδος. Τις ρίζες αυτής της έρευνας τις βρίσκουμε στον εμπειρισμό, ένα φιλοσοφικό ρεύμα του 16ου, 17ου και 18ου αιώνα με βασικούς εκπρόσωπους τους Βρετανούς Τζων Λοκ, (John Locke), Τζόρτζ Μπέρκλει (George Berkeley) και Ντέιβιντ Χιούμ (David Hume). Η

επιστημονική μέθοδος η οποία υιοθετήθηκε ήταν αυτή του επαγωγισμού και υποστήριξε ότι η μοναδική πηγή γνώσης είναι η εμπειρία μέσω των αισθήσεων. Οι ιδέες των εμπειριστών έθεσαν τις βάσεις για την έμφαση της επιστημονικής μεθόδου στα εμπειρικά στοιχεία και τη συστηματική ανάλυση. (Αναπολιτάνος κ.α., 2003).

Η κυρίαρχη μέχρι και τις μέρες μας αντίληψη για τη φύση της επιστημονικής γνώσης εκφράστηκε με το φιλοσοφικό ρεύμα του θετικισμού, το οποίο θεμελιώθηκε από τον Γάλλο φιλόσοφο Ωγκύστ Κοντ (Auguste Comte) στις αρχές του 19ου αιώνα. Σύμφωνα με τον Κοντ, επιστημονική γνώση είναι αυτή που βασίζεται σε θετικά εμπειρικά δεδομένα και μπορεί να επαληθευτεί πειραματικά. Ο Κοντ διέκρινε τρία στάδια στην ιστορία του ανθρώπινου πνεύματος. Το θεολογικό, το μεταφυσικό και το επιστημονικό. Στο τελευταίο και πιο σημαντικό η ανθρώπινη σκέψη παύει να αναζητά αρχικές αιτίες και σκοπούς και ερευνά μέσα από την παρατήρηση τους σταθερούς νόμους που περιγράφουν όλα τα φαινόμενα. Κατά συνέπεια οι επιστημονικοί νόμοι γίνονται μόνο περιγραφικοί και η αιτιότητα περιορίζεται στην απλή σύζευξη φαινομένων ή γεγονότων, εκφράζοντας μόνο την κανονικότητα διαδοχής τους. Το στάδιο αυτό σύμφωνα με τον Κοντ σηματοδοτεί την εξέλιξη της ανθρώπινης κοινωνίας. (Αναπολιτάνος κ.α., 2003)

Από τα τέλη του 19ου αιώνα ο θετικισμός εκφράστηκε κυρίως με τη μορφή του εμπειριοκριτικισμού, με βασικό εκπρόσωπο τον Αυστριακό φυσικό Έρνστ Μαχ (Ernst Mach). Ο Μαχ υποστήριξε ότι οι γνώσεις δημιουργούνται από τις αισθήσεις και ότι η έρευνα μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση της εξωτερικής πραγματικότητας, μόνο αν τα φαινόμενα γίνουν αντιληπτά μέσω των αισθήσεων. Εκείνο που τόνισε ιδιαίτερα είναι τη σημασία της εμπειρικής επαλήθευσης των φυσικών νόμων (Φρανκ, 1978· Powers, 2016· Losee, 2001).

Τις απόψεις του θετικισμού υιοθέτησε στις δεκαετίες του '20 και '30 το κίνημα του Λογικού Θετικισμού, το οποίο εξέφρασε με σαφήνεια την αρχή της επαληθευσιμότητας στο πλαίσιο της υποθετικο-επαγωγικής επιστημονικής μεθόδου. Αν οι υποθέσεις -οι οποίες έπονται των παρατηρήσεων και θεμελιώνονται ανεξάρτητα - επαληθεύονται εμπειρικά τότε αποτελούν επιστημονική αντικειμενική γνώση. Ο Λογικός Θετικισμός αγνοεί την ιστορία της επιστήμης και αποδίδει ιδιαίτερη σημασία στη λογική δομή των προτάσεων της επιστήμης και όχι στο περιεχόμενό τους. (Chalmers, 2021)

Τον Λογικό Θετικισμό και κυρίως το υποθετικο-επαγωγικό σχήμα, υπονόμισαν οι ορθολογιστικές απόψεις του Αυστριακού φιλόσοφου Κάρλ Πόπερ (Karl Popper). Ο Πόπερ υποστήριξε μια παραγωγική σχέση θεωρίας και εμπειρίας και αντικατέστησε το κριτήριο της επαληθευσιμότητας με την αρχή της διαψευσιμότητας. Η έννοια της διαψευσιμότητας που εισήγαγε, περιγράφει ότι οι επιστημονικές υποθέσεις πρέπει να διατυπώνονται με τρόπο που να επιτρέπει τη δυνητική διάψευσή τους μέσω εμπειρικών δοκιμών. Συνέπεια αυτών υποστήριξε ότι η εξέλιξη της επιστήμης βασίζεται στη δυνατότητα της διάψευσης των θεωριών και όχι στην επαλήθευσή τους. Οι ιδέες του Πόπερ έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην τελειοποίηση των επιστημονικών θεωριών και στην οριοθέτηση της επιστήμης από την ψευδοεπιστήμη. (Chalmers, 2021· Σκορδούλης, 2015).

Στα μέσα του 20ού αιώνα συντελέστηκε μια ιστορική στροφή στη μελέτη της επιστήμης, κυρίως με τα έργα του Αμερικανού ιστορικού Τόμας Κουν (Thomas Kuhn) και του Αυστριακού φιλόσοφου Πωλ Φεγεράμπεντ (Paul Feyerabend). Οι παραπάνω φιλόσοφοι υποστήριξαν ακραίες αντιθετικιστικές απόψεις, κυρίως στο ζήτημα της φύσης και της εξέλιξης των επιστημονικών θεωριών. Την εμφάνιση του νέου *Ιστορικιστικού* ρεύματος σηματοδότησε το έργο του Κουν *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, το οποίο δημοσιεύτηκε το 1962. (Σκορδούλης, 2015).

Ο Κουν εισάγει την έννοια του *παραδείγματος* στην επιστήμη για να περιγράψει το κυρίαρχο επιστημονικό πρότυπο και την οπτική μιας συγκεκριμένης περιόδου. Το παράδειγμα συντονίζει τη δραστηριότητα κάθε επιστήμονα ή κάθε επιστημονικής ομάδας που εργάζονται στο πλαίσιο του, συγκροτώντας έτσι μια *επιστημονική κοινότητα* η οποία ασπάζεται τις ίδιες αντιλήψεις για την επιστήμη και τη μεθοδολογία της. Η ομαλή διεξαγωγή της επιστήμης στα πλαίσια ενός παραδείγματος ονομάζεται *κανονική επιστήμη*. Τα νέα παρατηρησιακά ή πειραματικά δεδομένα τα οποία δεν ερμηνεύονται μέσω του παραδείγματος συνιστούν *ανωμαλίες* και οδηγούν στην *κατάσταση κρίσης*. Στην περίοδο αυτή μέσα σε ένα κλίμα έντονης αντιπαράθεσης και σύγκρουσης προτείνονται διαφορετικά παραδείγματα, μέχρι τελικά ένα νέο παράδειγμα να επικρατήσει και να πάρει τη θέση του προηγούμενου. Η παραπάνω εναλλαγή συνιστά μια *επιστημονική επανάσταση*. Ο Κουν υποστηρίζει ότι η εξέλιξη της επιστήμης εμφανίζεται ως μια εναλλαγή τέτοιων παραδειγμάτων. Αυτή η προσέγγιση διευκρινίζει την κυκλική φύση της επιστημονικής εξέλιξης και τον ρόλο των

παραδειγματικών πλαισίων στη διαμόρφωση της επιστημονικής ανάπτυξης. (Chalmers, 2021· Σκορδούλης, 2015).

Ο Κουν με το έργο του διεύρυνε το πεδίο μελέτης της ιστορίας της επιστήμης. Οι ιστορικοί άρχισαν πλέον να δίνουν σημασία στην υλικοτεχνική υποδομή της επιστημονικής πρακτικής, στις κοινωνικές ομάδες, στα πρόσωπα και γενικά στην αλληλεπίδραση κοινωνίας και επιστήμης μέσα από την επικοινωνία και από τους θεσμούς (μουσεία, συνέδρια, εκδόσεις κτλ.) Η στροφή που συντελέστηκε (material culture) υπονόμωσε τη διάκριση της ιστορίας της επιστήμης σε εσωτερική και εξωτερική, δηλαδή στην επιστημική και κοινωνιολογική της διάσταση αντίστοιχα. (Κιντή)

Μια εξίσου σημαντική απόπειρα ανάλυσης των θεωριών ως συγκροτημένων δομών, έγινε από τον Ούγγρο φιλόσοφο Ίμρε Λάκατος (Imre Lakatos). Ο Λάκατος εισάγει την έννοια του *ερευνητικού προγράμματος*, το οποίο ορίζει ως μια ακολουθία θεωριών και μεθοδολογικών κανόνων που χαρακτηρίζονται από σχέσεις συνέχειας. Ο Λάκατος αναφέρεται στον *σκληρό πυρήνα* και στον *προστατευτικό κλοιό* ενός ερευνητικού προγράμματος καθώς και στους μεθοδολογικούς κανόνες που μπορούν να κατευθύνουν την έρευνα με θετικό και με αρνητικό τρόπο. Για τον Λάκατος, η υπεροχή μεταξύ δύο ερευνητικών προγραμμάτων κρίνεται από το αν αυτά προοδεύουν ή εκφυλίζονται. (Σκορδούλης, 2015).

Ο Φεγεράμπεντ ανανεώνει τον προβληματισμό σχετικά με τη φύση των επιστημονικών θεωριών και την εξέλιξή τους και προτείνει μια θεώρηση της επιστήμης, πολύ ριζοσπαστική και προκλητική για τις εκάστοτε προσεγγίσεις. Με τα έργα του άσκησε κριτική στην *ολέθρια* και *εκτός πραγματικότητας* προσήλωση και εμμονή του συνόλου των επιστημόνων στους τύπους και στους μεθοδολογικούς κανόνες και έθεσε το ζήτημα της ελευθερίας του ανθρώπου. Επιπλέον, υποστήριξε ότι η επιστήμη δεν αποτελεί την ανώτερη μορφή γνώσης. Ενδεικτική της φιλοσοφίας του Φεγεράμπεντ είναι η άποψή του ότι *στην επιστήμη όλα επιτρέπονται*.. (Chalmers, 2021).

Η πνευματική έρευνα στον φιλοσοφικό χαρακτήρα των φυσικών επιστημών είναι διαρκής. Εμβαθύνοντας σε αυτόν τον συνεχή διάλογο, μπορούμε να αντιληφθούμε πώς τα φιλοσοφικά στοιχεία έχουν επηρεάσει την ανάπτυξη και την κατανόηση των φυσικών επιστημών.

2. Από την Κλασική Φυσική στη Θεωρία της Σχετικότητας

Η κλασική φυσική άρχισε να διαμορφώνεται στον 17ο αιώνα και συνέπεσε με μια μηχανιστική θεώρηση του κόσμου στο πλαίσιο της οποίας αναπτύχθηκαν με επιτυχία πολλοί κλάδοι της φυσικής. Η μηχανιστική αντίληψη ότι κάθε φυσικό γεγονός απορρέει από γενικούς και αναγκαίους νόμους, απέκτησε χάρη στους νόμους του Νεύτωνα άρτια μορφή και λογική θεμελίωση και κυριάρχησε στην επιστημονική σκέψη του δυτικού κόσμου για σχεδόν δύο αιώνες. Τη βάση του μηχανιστικού πλαισίου αποτέλεσαν η έννοια των αμετάβλητων υλικών σημείων, ο απόλυτος χαρακτήρας του χώρου και του χρόνου, η αρχή της αδράνειας και η παραδοχή της στιγμιαίας δράσης από απόσταση. Το πλαίσιο ερμηνείας είχε τη μορφή ενός "προγράμματος κεντρικών δυνάμεων" (βαρυτικές, ηλεκτρικές, μαγνητικές) οι οποίες ασκούνταν μεταξύ όλων των αμετάβλητων σωματιδίων της ύλης και υπάκουαν σε κατάλληλους νόμους ώστε να εξαρτώνται μόνο από την απόσταση των κέντρων τους (Stachel, 2000· Μπιτσάκης, 2008).

Τα επιτεύγματα της Νευτώνειας Μηχανικής σε πολλούς κλάδους της φυσικής, καλλιέργησαν την εντύπωση ότι η φυσική σκέψη βασίζεται εξ ολοκλήρου στη Μηχανική. Μέχρι και τα τέλη του 19ου αιώνα το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας των φυσικών συναινούσε για την ορθότητα της μηχανιστικής κοσμοθεώρησης και για τη δυνατότητα ερμηνείας όλων των φυσικών φαινομένων μέσω αυτής. Ωστόσο η ανάπτυξη της οπτικής και του ηλεκτρομαγνητισμού αποκάλυψε τα όρια του μηχανιστικού συλλογισμού και κλόνησε την πίστη για μια ενιαία θεώρηση όλων των φυσικών γεγονότων. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Διαπιστώθηκε πειραματικά ότι οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις μεταξύ φορτισμένων σωματιδίων εξαρτώνται όχι μόνο από την μεταξύ τους απόσταση, όπως υπαγόρευε το πρόγραμμα κεντρικών δυνάμεων, αλλά από την ταχύτητα και την επιτάχυνσή τους. Η επαναστατική έννοια του πεδίου που εισήγαγε ο Φαραντέι για την περιγραφή των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων οδήγησε στις εξισώσεις του Μάξγουελ και αποκάλυψε ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία διαδίδονται με την πεπερασμένη ταχύτητα του φωτός. Αυτό υπονοούσε ότι οι αλληλεπιδράσεις είναι

πεπερασμένης ταχύτητας και όχι άπειρης όπως υποστήριζε η νευτώνεια μηχανική. Κυρίως όμως, οι εξισώσεις του Μάξγουελ παρέμεναν αναλλοίωτες όχι ως προς τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου - βασική αρχή της μηχανικής - αλλά ως προς ένα άλλο είδος μετασχηματισμών, αυτούς του Λόρεντζ. (Μπιτσάκης, 2008).

Στα πλαίσια της μηχανιστικής αντίληψης για τη φύση αναζητήθηκε κάποιο απόλυτο σύστημα ως προς το οποίο θα μπορούσε η νέα πεδιακή θεωρία να συμφιλιωθεί με τη νευτώνεια μηχανική και το σύστημα αυτό σχετίστηκε με τον αιθέρα. Οι παραδοχές σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες του αιθέρα οδήγησαν σε αντιφάσεις με αποτέλεσμα η κατανόηση των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων στο πλαίσιο της μηχανικής να καταστεί αδύνατη. Κυρίως όμως το "κρίσιμο" πείραμα των Μάικελσον-Μόρλεϊ υπονόμευσε την ύπαρξη του αιθέρα, άρα και την ύπαρξη του απόλυτου χώρου.

Συνέπεια αυτών, η κλασική φυσική διαμορφώθηκε χωρίς ενιαία βάση στο σύνολό της δεχόμενη την ύπαρξη δύο φαινομενικά ασύμβατων οντοτήτων, του υλικού σημείου που περιγράφεται με τη μηχανική του Νεύτωνα και του συνεχούς πεδίου που περιγράφεται με τις εξισώσεις του Μάξγουελ. (Stachel, 2000).

Η θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν κατάφερε να δώσει λύση στα προβλήματα που επέφερε η έννοια του πεδίου, ωστόσο είχε ένα τίμημα. Ανέτρεψε τις καθιερωμένες νευτώνειες αντιλήψεις για τον απόλυτο χαρακτήρα του χώρου και του χρόνου.

2.1. Η Μηχανική του Νεύτωνα

2.1.1. Εισαγωγή

Τις ρίζες της Μηχανικής τις βρίσκουμε στις πραγματείες του Αριστοτέλη στις οποίες συστηματοποιούνται και επανεξετάζονται οι κατακτήσεις της ελληνικής φυσικής φιλοσοφίας. Αυτό που πίστευαν είναι ότι η γήινη ύλη αποτελείται από νερό, φωτιά, αέρα και γη ενώ τα ουράνια σώματα σχετίζονται με μία πέμπτη ουσία, τον αιθέρα (αλλιώς πεμπτούσια), η οποία αντιπροσώπευε την αρμονία και την τελειότητα. Λόγω της ιδιαίτερης φύσης των ουράνιων σωμάτων θεώρησαν ότι οι πλανήτες κινούνται μόνο σε ακριβείς κυκλικές τροχιές με σταθερή ταχύτητα. Ωστόσο, η παρατήρηση των πλανητικών κινήσεων

σε σχέση με τους "απλανείς" (σταθερούς) αστέρες έδειξε ότι οι κινήσεις δεν είναι ομοιόμορφες αλλά ιδιαιτέρως περίπλοκες. Στην προσπάθειά τους να διασώσουν την πίστη για την ομαλή κυκλική κίνηση ερμήνευσαν τις παρατηρούμενες τροχιές ως μια περίπλοκη υπέρθεση ομαλών κυκλικών κινήσεων. Η λεπτομερέστερη περιγραφή της παραπάνω ερμηνείας ήταν το γεωκεντρικό σύστημα του αστρονόμου Πτολεμαίου το 2ο μ.χ. αιώνα, το οποίο συνοψίστηκε στο έργο του "Η Μεγίστη" (*Almagest*) και επικράτησε στην περίοδο της Αναγέννησης. (Bernstein, 1995· Γαβρόγλου, 2003· Τριανταφυλλόπουλος, 1999)

Στις αρχές του 16ου αιώνα ο Πολωνός κληρικός αστρονόμος Κοπέρνικος άλλαξε το σύστημα αναφοράς από γεωκεντρικό σε ηλιοκεντρικό και κατάφερε να περιγράψει με πιο απλό τρόπο την υπέρθεση των ομαλών κυκλικών τροχιών. Η δημοσίευση του έργου του Κοπέρνικου *Περί της Περιστροφής των Ουράνιων Σφαιρών (De Revolutionibus Orbium Coelestium)* προκάλεσε μια επανάσταση στην αστρονομία και σηματοδότησε την αρχή της Επιστημονικής Επανάστασης. (Bernstein, 1995· Γαβρόγλου, 2003).

Στη συνέχεια, ο Κέπλερ στηριζόμενος στους λεπτομερείς αστρονομικούς πίνακες του Δανού αστρονόμου Τύχο Μπράχε (Tycho Brahe) για την κίνηση του Άρη, κατάφερε να απαλλάξει την αστρονομία από την αρχή της περιγραφής μέσω ομοιόμορφων κυκλικών κινήσεων και να ανακαλύψει τη γεωμετρική απλότητα των αρχών που δομούν το σύμπαν μέσα από την ομοιομορφία της ελλειπτικής κίνησης. (Γαβρόγλου, 2003)

Κομβικό πρόσωπο στην περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης αποτέλεσε ο Ιταλός φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος και φιλόσοφος Γαλιλαίος Γαλιλέι (Galileo Galilei), ο οποίος θεμελίωσε την πειραματική φυσική και κατανόησε ότι η φύση δεν είναι απλώς νομοκρατούμενη αλλά οι νόμοι της είναι ακριβείς μαθηματικοί νόμοι και μπορούν να γίνουν αντιληπτοί.

Η συμβολή του Γαλιλαίου στην κινηματική θεωρείται θεμελιώδης για την εξέλιξη των φυσικών επιστημών. Ο Γαλιλαίος διατύπωσε το νόμο της ελεύθερης πτώσης, κατάφερε να διερευνήσει την ανεξαρτησία της οριζόντιας και της κατακόρυφης κίνησης ως συνιστώσες μιας σύνθετης κίνησης, διατύπωσε την αρχή της αδράνειας και την αρχή της σχετικότητας.

Η Επιστημονική Επανάσταση ολοκληρώθηκε με το έργο του Άγγλου φυσικού και μαθηματικού Ισαάκ Νεύτωνα (Isaac Newton), ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της Κλασικής

Φυσικής. Με τον Νεύτωνα η κινηματική του Γαλιλαίου και η αστρονομία του Kepler εξελίχθηκε και απέκτησε συνοχή τόσο σε επίπεδο μεθόδου όσο και σε επίπεδο λύσεων.

Ο Νεύτωνας μπόρεσε να μεταθέσει το βάρος από τη μελέτη της τροχιάς των κινούμενων σωμάτων στη μελέτη των διαδοχικών σημείων της τροχιάς τους. Για να ολοκληρώσει το έργο του ανέπτυξε νέα μαθηματικά εργαλεία, το διαφορικό και απειροστικό λογισμό, τα οποία αποτέλεσαν τη βάση των σύγχρονων μαθηματικών. Μέσω του διαφορικού λογισμού κατόρθωσε να ορίσει με σαφήνεια το ρυθμό μεταβολής της απόστασης κατά μήκος της τροχιάς για απειροστά μικρά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό όρισε την ταχύτητα σε κάθε σημείο της τροχιάς και στη συνέχεια την επιτάχυνση, δηλαδή το ρυθμό μεταβολής αυτής της ταχύτητας. Η διαφορική εξίσωση στην οποία κατέληξε είναι σήμερα γνωστή στη μορφή $F = ma$ και ο μαθηματικός χειρισμός της προϋποθέτει τον προσδιορισμό της συνολικής δύναμης. (Bernstein, 1995)

Στη συνέχεια διατύπωσε τη μαθηματική μορφή της βαρυτικής δύναμης και την εισήγαγε στη διαφορική εξίσωση κίνησης προκειμένου να βρει τις τροχιές των σωματιδίων. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ολοκλήρωσης κατάφερε να λύσει τις εξισώσεις και να αποδείξει ότι οι τροχιές των σωματιδίων που κινούνται υπό την επίδραση της βαρυτικής έλξης κάποιου άλλου σωματιδίου, όπως για παράδειγμα οι κινήσεις των πλανητών υπό την επίδραση του Ήλιου, είναι κωνικές τομές και το είδος τους καθορίζεται αποκλειστικά από τις αρχικές συνθήκες της κίνησης. Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψαν οι ελλειπτικές κινήσεις των πλανητών που υποστήριξε ο Κέπλερ και οι παραβολικές τροχιές των βλημάτων που μελέτησε ο Γαλιλαίος. (Bernstein, 1995)

Το 1686 δημοσιεύεται το μνημειώδες έργο του Νεύτωνα *Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας* (*Philosophiae naturalis principia mathematica*, Λονδίνο 1686), ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά έργα στην ιστορία της φυσικής. Στα *Principia* περιέχονται οι τρεις γνωστοί νόμοι της δυναμικής και ο νόμος της παγκόσμιας έλξης, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή στις κινήσεις όλων των υλικών σωμάτων, είτε πρόκειται για τις καθημερινές κινήσεις διακριτών σωμάτων είτε για τις κινήσεις των πλανητών.

2.1.2. Απόλυτος χώρος και απόλυτος χρόνος

Ο Νεύτωνας στην εισαγωγή των *Principia (Scholium)* αποσαφηνίζει τις απόλυτες έννοιες του χώρου του χρόνου και της κίνησης ως εξής:

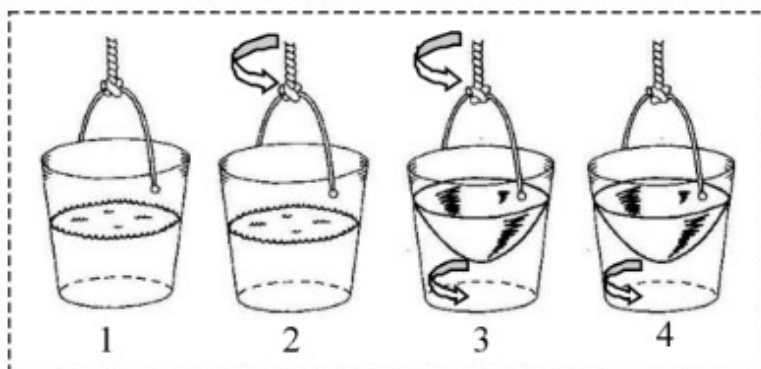
- *Ο απόλυτος, πραγματικός και μαθηματικός χρόνος ρέει ομοιόμορφα, από τον ίδιο του τον εαυτό και από την ίδια του τη φύση, χωρίς αναφορά σε οτιδήποτε εξωτερικό, και διαφορετικά ονομάζεται διάρκεια.*
- *Ο σχετικός, εμφανής και κοινός χρόνος είναι ένα αισθητό και εξωτερικό (ανεξάρτητα του αν είναι ακριβές ή όχι) μέτρο της διάρκειας μέσω της κίνησης, ο οποίος χρησιμοποιείται συνήθως αντί του πραγματικού χρόνου όπως για παράδειγμα η ώρα, η μέρα, ο χρόνος.*
- *Ο απόλυτος χώρος, από την ίδια του τη φύση, χωρίς αναφορά σε οτιδήποτε εξωτερικό, παραμένει πάντα όμοιος και αμετακίνητος.*
- *Ο σχετικός χώρος είναι κάποια κινούμενη διάσταση ή μέτρο του απόλυτου χώρου τον οποίο καθορίζουν οι αισθήσεις μας από τη θέση των σωμάτων, και ο οποίος συχνά θεωρείται ως αμετακίνητος χώρος.*
- *Η απόλυτη ηρεμία του σώματος είναι η παραμονή του σώματος στο ίδιο μέρος αυτού του ακίνητου χώρου.*
- *Η απόλυτη κίνηση είναι η μεταφορά ενός σώματος από μία απόλυτη θέση σε μία άλλη.*

(Newton, Scholium)

Ο Νεύτωνας διέκρινε τις απόλυτες, αληθείς κινήσεις των σωμάτων από τις φαινόμενες σχετικές κινήσεις, τα "αισθητά" μέτρα των οποίων μπορούμε να προσδιορίσουμε πειραματικά (Losee, 2001). Υποστήριξε ότι η αναζήτηση των απόλυτων κινήσεων των μεμονωμένων σωμάτων είναι εφικτή, απλά αποτελεί δύσκολο εγχείρημα. Την παραπάνω δυσκολία επισημαίνει στα *Scholium* και την αποδίδει στο ότι δεν μπορούμε να αντιληφθούμε εμπειρικά τον ακίνητο, απόλυτο χώρο εντός του οποίου πραγματοποιούνται οι αληθείς κινήσεις (Powers, 2016).

Πεπεισμένος για την ύπαρξη του απόλυτου χώρου, ισχυρίστηκε πως υπάρχουν παρατηρησιακές ενδείξεις ότι οι απόλυτες κινήσεις είναι πολύ σημαντικές στα φαινόμενα

της μηχανικής και επομένως μπορούν να διακριθούν μέσω των δυναμικών αποτελεσμάτων τους. Το πείραμα που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε στις φυγόκεντρες δυνάμεις και είναι σήμερα γνωστό ως το "πείραμα του κάδου του Νεύτωνα". (Powers, 2016).



Ο κάδος περιέχει νερό σε ηρεμία και κρέμεται από κατακόρυφο σχοινί το οποίο έχει περιστραφεί (στάδιο 1). Το σχοινί αφήνεται ελεύθερο και όσο ξετυλίγεται αναγκάζει τον κάδο σε περιστροφική κίνηση ίδιας κατεύθυνσης. Στην αρχή της περιστροφικής κίνησης η επιφάνεια του νερού παραμένει επίπεδη (στάδιο 2). Ενώσω συνεχίζεται, αρχίζει να μεταφέρεται η περιστροφική κίνηση στο περιεχόμενο νερό και να παραμορφώνει την επιφάνειά του. Επί μακρόν, το νερό ηρεμεί σε σχέση με τα τοιχώματα του κάδου (στάδιο 3). Σταματώντας την περιστροφή του κάδου το νερό συνεχίζει για κάποιο χρονικό διάστημα να περιστρέφεται με την επιφάνειά του κοίλη (στάδιο 4). (Cushing, 1998· Powers, 2016).

Ο Νεύτωνας επισημαίνει τα εξής: στα στάδια (1) και (3) η επιφάνεια του νερού είναι αντίστοιχα επίπεδη και κοίλη και το νερό δεν κινείται ως προς τα τοιχώματα του κάδου, ενώ στα στάδια (2) και (4) η επιφάνεια του νερού είναι αντίστοιχα επίπεδη και κοίλη αλλά τώρα το νερό κινείται ως προς τα τοιχώματα του κάδου. Από αυτό συμπεραίνει ότι η παρατηρούμενη σχετική κίνηση είναι άνευ σημασίας για την ερμηνεία του φαινομένου. Για τον Νεύτωνα η κοίλη επιφάνεια του νερού μαρτυρά την ύπαρξη φυγόκεντρων δυνάμεων που σχετίζονται με μια αποδείξιμη απόλυτη περιστροφική κίνηση του νερού. Η επιτάχυνση του νερού η οποία προκάλεσε την παραμόρφωση στην επιφάνειά του, είναι μια επιτάχυνση όχι ως προς τον κάδο αλλά ως προς τον απόλυτο χώρο. Θεωρεί ότι ακόμα και σε ένα κενό σύμπαν θα μπορούσαμε να διακρίνουμε την απόλυτη κίνηση του νερού παρατηρώντας την παραμόρφωση στην επιφάνειά του, ή αντίστοιχα ότι θα μπορούσαμε να διακρίνουμε την

απόλυτη περιστροφική κίνηση ενός πλανήτη παρατηρώντας το σχήμα του. (Cushing, 1998· Powers, 2016).

2.1.3. Οι νόμοι της κίνησης

Οι νόμοι του Νεύτωνα αποτελούν το αξιωματικό σύστημα της θεωρίας της Μηχανικής. Πρόκειται για τους τρεις γνωστούς νόμους της κίνησης οι οποίοι διατυπώθηκαν στα Principia στην εξής μορφή:

- 1^ο αξίωμα: *Κάθε σώμα συνεχίζει την κατάσταση ηρεμίας ή ομοιόμορφης κίνησης κατά μήκος μιας ευθείας αν δεν υποχρεώνεται να αλλάξει αυτή την κατάσταση από δυνάμεις που ενεργούν επάνω σε αυτό*
- 2^ο αξίωμα: *Η αλλαγή της κίνησης είναι ανάλογη με την ενεργούσα δύναμη και ακολουθεί τη διεύθυνση προς την οποία ενεργεί αυτή η δύναμη*
- 3^ο αξίωμα: *Σε κάθε δράση αντιτίθενται μία ίση αντίδραση* (Φρανκ, 1978, σελ.67)

Ο νόμος της αδράνειας (1^ο αξίωμα) επιβάλλει την κατάσταση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης σε κάθε σώμα στο οποίο η συνισταμένη δύναμη είναι μηδενική. Σε ένα τέτοιο σύστημα αναφοράς (αδρανειακό) το κινητό σε ίσους χρόνους θα διανύει ίσα διαστήματα, άρα ο νόμος της αδράνειας με τη βοήθεια των χωρικών μετρήσεων μπορεί να αποτελέσει τον ορισμό των ίσων χρονικών διαστημάτων. Ωστόσο ο νόμος χάνει το νόημά του αν αναλογιστούμε ότι κάθε αντικείμενο στο σύμπαν αλληλεπιδρά μέσω βαρυτικών δυνάμεων με κάθε άλλο αντικείμενο. Εφόσον η ύλη στο σύμπαν κατανέμεται τυχαία και η εμβέλεια των βαρυτικών δυνάμεων είναι άπειρη, είναι θεωρητικά αδύνατο να υπάρχουν ελεύθερα σωματίδια που κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά. Αν πράγματι υπάρχουν τέτοια σωματίδια, τότε η κατάσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης θα έχει τοπικό και προσωρινό χαρακτήρα. Επομένως αποτελεί σύμβαση το να θεωρήσουμε ότι ένα σώμα όταν δεν δέχεται συνισταμένη δύναμη δεν επιταχύνει. Επιπλέον η εφαρμογή του ίδιου του νόμου, δηλαδή η απόκλιση από την κατάσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης αποτελεί το κριτήριο προκειμένου να αποφανθούμε αν μία δύναμη δρα επί ενός σώματος. (Cushing, 1998· Losee, 2001· Powers, 2016).

Ο δεύτερος νόμος συνδέει τη δύναμη που δέχεται το κινούμενο σώμα με τη μάζα του και την επιτάχυνση που αποκτά. Θεωρώντας τη μάζα του σώματος σταθερή, ο νόμος παίρνει τη γνωστή μορφή $F = ma$. Για να γίνει η ανεξάρτητη μέτρηση των τριών μεγεθών απαιτείται ένα σύστημα αναφοράς, προκειμένου να καταγράφονται οι θέσεις των σωμάτων σε διάφορες χρονικές στιγμές. Ένα επιταχυνόμενο σύστημα αναφοράς (δηλαδή μη αδρανειακό), θα προέβαλε εικονικές επιταχύνσεις και εικονικές δυνάμεις πάνω στα κινούμενα σώματα. Επομένως για την "ορθή" μέτρηση της επιτάχυνσης επιβάλλεται να εφαρμοστεί ο νόμος σε ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς. (Cushing, 1998· Powers, 2016).

Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντικός καθώς καθιστά δυνατή τη μελέτη ενός σύνθετου συστήματος. Η δυσκολία στην περιγραφή ενός τέτοιου συστήματος έγκειται και πάλι στη δυνατότητα εύρεσης ενός αδρανειακού συστήματος αναφοράς.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις διαπιστώνουμε ότι η ύπαρξη ενός αδρανειακού συστήματος αναφοράς ως προς το οποίο θα επιταχύνεται ή θα κινείται ευθύγραμμο και ομαλά ένα σώμα, είναι προϋπόθεση για την εγκυρότητα των νόμων. Για το λόγο αυτό ο Νεύτωνας εισήγαγε τις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου και της απόλυτης κίνησης. Ωστόσο γνώριζε ότι ακόμα και αν αποδείξει την ύπαρξη μιας απόλυτης κίνησης, δεν μπορεί να προσδιορίσει ένα σύστημα συντεταγμένων προκειμένου να γίνουν οι μετρήσεις στον απόλυτο χώρο. Γνώριζε επίσης ότι δεν γίνεται να υπάρχει ένα σώμα ακίνητο ως προς τον απόλυτο χώρο, ικανό να αποτελέσει το σημείο αναφοράς για τις απαιτούμενες μετρήσεις των αποστάσεων. (Powers, 2016)

Τελικά ο Νεύτωνας πραγματεύτηκε με επιτυχία το πρόβλημα της κίνησης ακολουθώντας μια αξιωματική μέθοδο η οποία περιλάμβανε τρία στάδια. (Losee, 2001)

Στο πρώτο στάδιο διατύπωσε το αξιωματικό σύστημα της θεωρίας του, δηλαδή τους τρεις νόμους της κίνησης. Στο δεύτερο στάδιο συνέδεσε τους νόμους με γεγονότα στο φυσικό κόσμο, χρησιμοποιώντας "κανόνες αντιστοιχίας" ικανούς να μετατρέψουν τις προτάσεις που αφορούν στα απόλυτα χωρικά και χρονικά διαστήματα σε προτάσεις που αφορούν μετρήσιμα χωρικά και χρονικά διαστήματα. Οι κανόνες αντιστοιχίας είναι οι εξής:

- "Υποθέτει" ότι το κέντρο βάρους του ηλιακού συστήματος είναι ακίνητο και το επιλέγει ως το σημείο αναφοράς προκειμένου να προσδιοριστούν οι απόλυτες αποστάσεις.

- Συνδέει τον απόλυτο χρόνο με τα αισθητά του μέτρα, επιλέγοντας κάθε φορά την κατάλληλη μονάδα μέτρησης του απόλυτου χρόνου.
- Αντιμετωπίζει τα κινούμενα σώματα ως συστήματα αλληλεπιδρώντων σημειακών μαζών.
- Καθορίζει τις πειραματικές διαδικασίες προκειμένου να μετρηθούν οι τιμές των επιβεβλημένων δυνάμεων.

Στο τρίτο στάδιο επιβεβαιώνονται πειραματικά οι απαγωγικές συνέπειες του εμπειρικά ερμηνευμένου αξιωματικού συστήματος.

Ο Νεύτωνας με την "υπόθεση" που δέχτηκε έλυσε το πρόβλημα των χωρικών συντεταγμένων. Στην ουσία επέτρεψε σε μια εφαρμογή του τρίτου νόμου να υποδείξει κατά σύμβαση το κατάλληλο σύστημα αναφοράς προκειμένου να μελετηθεί ένα σύνθετο σύστημα. Εφόσον, σύμφωνα με τον τρίτο νόμο, οι εσωτερικές αλληλεπιδράσεις ενός σύνθετου συστήματος (όπως η Γη ή το ηλιακό μας σύστημα) δεν επιδρούν στην κατάσταση κίνησης όλου του συστήματος, μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το σύνθετο σύστημα ως μια οντότητα και να εφαρμόσουμε σε αυτό τους νόμους της μηχανικής. Βρίσκουμε ένα σύστημα αναφοράς ως προς το οποίο ένα ζεύγος σωματιδίων του συστήματος αλληλεπιδρά σύμφωνα με τον τρίτο νόμο και κατόπιν το χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε όλες τις άλλες αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων του συστήματος. Εναλλακτικά, αποφεύγοντας να θεωρήσουμε προνομακία μια συγκεκριμένη αλληλεπίδραση, επιλέγουμε ένα σύστημα αναφοράς ως προς το οποίο η συνολική κινητική κατάσταση ενός απομονωμένου συστήματος αλληλεπιδρώντων σωματιδίων παραμένει σταθερή. Τη δράση των δυνάμεων μπορούμε να την αναγνωρίσουμε με εφαρμογή του πρώτου νόμου, δηλαδή με την απόκλιση από την κατάσταση ηρεμίας ή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης ως προς το επιλεγμένο σύστημα αναφοράς. Αν εξισώσουμε τα μέτρα των δυνάμεων αλληλεπίδρασης, ζεύγος προς ζεύγος, τότε με τη βοήθεια του δεύτερου νόμου θα μπορέσουμε να μετρήσουμε το λόγο των

επιταχύνσεων $\frac{a_1}{a_2}$ του κάθε ζεύγους σωμάτων που είναι ίσος με το λόγο των μαζών $\frac{m_2}{m_1}$ των

στοιχείων του συγκεκριμένου ζεύγους. Θεωρώντας ότι η μάζα του συστήματος είναι ίση με το άθροισμα των μαζών των επιμέρους στοιχείων του και ότι η μάζα αυτών διατηρείται σε

όλες τις αλληλεπιδράσεις τους, τότε η παραπάνω ανάλυση μπορεί να οδηγήσει στην ορθή περιγραφή του συστήματος. (Cushing, 1998· Powers, 2016).

Με τον παραπάνω τρόπο αυτό ο Νεύτωνας κατέληξε ότι οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος βρίσκονται σε διαρκή κίνηση γύρω από το κέντρο μάζας του, το οποίο είναι ακίνητο στον απόλυτο χώρο και μπορεί να αποτελέσει την αρχή του ζητούμενου συστήματος αναφοράς.

Με το ίδιο σκεπτικό έλυσε και το πρόβλημα του απόλυτου χρόνου. Υποστήριξε ότι η επιλογή του τρόπου μέτρησης του χρόνου πρέπει να γίνεται με σκοπό να καθιστά αληθείς τους νόμους της κίνησης και όχι με σκοπό να τους ελέγξει. Έτσι ο "χρόνος" δεν εξαρτάται από τις όποιες διαδικασίες αλλαγής και θεωρείται απόλυτος με τον ίδιο τρόπο που ο "χώρος" δεν εξαρτάται από τα υλικά αντικείμενα. που περιέχει και θεωρείται απόλυτος. (Powers, 2016).

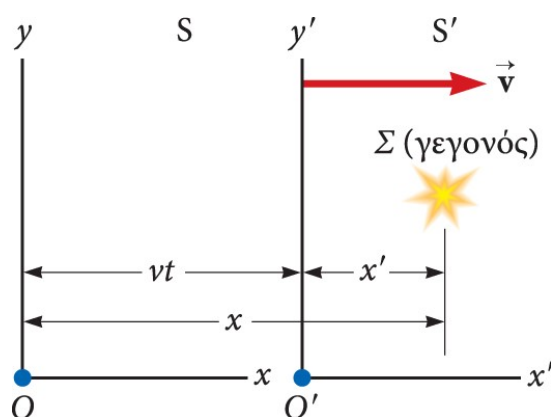
Συνοψίζοντας, ο απόλυτος χαρακτήρας του χώρου και του χρόνου θεωρείται απαραίτητος στην εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα και αντανακλά ένα μη εξαλείψιμο στοιχείο συμβασιακού χαρακτήρα. (Powers, 2016).

2.1.4. Η αρχή της σχετικότητας

Η αρχή της σχετικότητας διατυπώθηκε από τον Γαλιλαίο και αναφέρεται σε αδρανειακά συστήματα αναφοράς, δηλαδή σε συστήματα στα οποία ο χώρος θεωρείται ομοιογενής και ισότροπος και ο χρόνος θεωρείται ομοιόμορφος. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών αν οι νόμοι της κίνησης ισχύουν για ένα τέτοιο σύστημα αναφοράς, τότε θα ισχύουν για κάθε αδρανειακό σύστημα αναφοράς ομαλά μετατοπιζόμενο ως προς το πρώτο. Πράγματι, εκτελώντας μηχανικά πειράματα μέσα σε ένα κλειστό σύστημα το κέντρο βάρους του οποίου ηρεμεί σε ένα συγκεκριμένο αδρανειακό πλαίσιο, δεν θα μπορέσουμε να διαπιστώσουμε την κινητική κατάσταση του αδρανειακού πλαισίου.

Το πέρασμα από το ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς O σε ένα άλλο O' γίνεται με τις εξισώσεις μετασχηματισμού του Γαλιλαίου, όπως περιγράφονται παρακάτω.

Διπλωματική Εργασία



Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε δύο αδρανειακά συστήματα αναφοράς S και S', με το S' να κινείται με σταθερή ταχύτητα $\vec{v}_x = \vec{v}$ ως προς το S.

Θεωρούμε δύο παρατηρητές που βρίσκονται σε ηρεμία στα παραπάνω συστήματα και παρακολουθούν ένα γεγονός Σ. Στα πλαίσια της κλασικής μηχανικής η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι άπειρη, επομένως το γεγονός γίνεται αντιληπτό και από τους δύο παρατηρητές ταυτόχρονα στον ίδιο χρόνο t.. Ο παρατηρητής στο σύστημα S προσδιορίζει το γεγονός με χωροχρονικές συντεταγμένες (x,y,z,t) και ο παρατηρητής στο σύστημα S' με συντεταγμένες (x',y',z',t). Εφόσον ο χρόνος είναι ίδιος, οι παραπάνω συντεταγμένες συνδέονται εύκολα με τις σχέσεις $x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$. Διαφορίζοντας ως προς το

χρόνο την πρώτη σχέση έχουμε $\frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - v$, δηλαδή $u'_x = u_x - v$

Οι παραπάνω εξισώσεις αποτελούν τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Το αναλλοίωτο των νόμων της μηχανικής ως προς αυτούς τους μετασχηματισμούς συνιστά την αρχή της σχετικότητας στη Μηχανική. Όπως θα δούμε στη συνέχεια οι νόμοι που αφορούν στον ηλεκτρομαγνητισμό και στην οπτική παραμένουν αμετάβλητοι ως προς τους μετασχηματισμούς Λόρεντζ και αυτό συνιστά την αρχή της σχετικότητας του Αϊνστάιν.

2.1.5. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης

Ο Νεύτωνας έχοντας κατανοήσει τη δύναμη ως διανυσματική οντότητα διεύρυνε την επικρατούσα άποψη περί μετάδοσης της δύναμης εξ επαφής και εισήγαγε την έννοια της ελκτικής δύναμης από απόσταση. Στο πλαίσιο αυτό ερμήνευσε τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και τους εμπειρικούς νόμους του Κέπλερ και οδηγήθηκε στο νόμο της παγκόσμιας βαρύτητας, ο οποίος διατυπώθηκε ως εξής :

Κάθε σωματίο ύλης μέσα στο σύμπαν έλκει κάθε άλλο σωματίο με μια δύναμη που έχει την κατεύθυνση της ευθείας που τα ενώνει και το μέγεθός της είναι κατ' ευθείαν ανάλογο με το γινόμενο της μάζας τους και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασής τους. (Φρανκ, 1978 , σελ 68)

Ο νόμος διατυπώθηκε αρχικά για σημειακές μάζες και στη συνέχεια επεκτάθηκε σε σώματα μεγάλα σε έκταση. Με τον καθολικό χαρακτήρα της βαρυτικής δύναμης ο Νεύτωνας

ενοποίησε την ουράνια και γήινη δυναμική. Σήμερα ο νόμος είναι γνωστός με τη μορφή $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ όπου m_1, m_2 οι μάζες των σωμάτων που αλληλεπιδρούν και r η μεταξύ τους απόσταση. Αν σύμφωνα με τον νόμο αλλάξει η απόσταση μεταξύ των δύο σωμάτων τότε η μεταξύ τους βαρυτική αλληλεπίδραση μεταβάλλεται ακαριαία. Αυτό σημαίνει ότι η ύλη έχει τη δυνατότητα να δρα από απόσταση χωρίς περιορισμό στην ταχύτητα. (Γαβρόγλου, 2003)

Ο Νεύτωνας κατάφερε να περιγράψει το πως συμπεριφέρεται η ύλη, όχι όμως και την αιτία. Πριν διατυπώσει τα *Principia* πίστευε ότι στο σύμπαν υπάρχει ένας αιθέρας μεταβλητής πυκνότητας, ωστόσο στα *Principia* αναφέρει ότι η ιδέα του πυκνού αιθέρα δεν συμβιβάζεται με τους νόμους του Κέπλερ. (Cushing, 1998).

Οι υποθέσεις ότι η βαρυτική δύναμη μπορεί να δρα ακαριαία διαμέσου του κενού ή ότι αποτελεί μια εγγενή ιδιότητα της ύλης, δεν κάλυπταν πλήρως τον Νεύτωνα. Έτσι δέχτηκε ότι οι βαρυτικές δυνάμεις δρουν με επαφή και υπέθεσε τον αιθέρα μέσω του οποίου μπορούν να μεταδοθούν. Αυτό σήμαινε ότι ο αιθέρας ήταν ενεργός συμμετέχων στη συμπεριφορά των αντικειμένων στο σύμπαν και δεν ήταν απλώς ένα παθητικό πλαίσιο αναφοράς. (Cushing, 1998· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006· Μπιτσάκης, 2008).

Ωστόσο ο Νεύτωνας δεν κατάφερε να περιγράψει με σαφήνεια τον αιθέρα και γι' αυτό πρότεινε να αντιμετωπίζεται όχι ως θέμα άσκοπων συζητήσεων αλλά ως αντικείμενο μελλοντικής έρευνας. (Losee, 2001). Στα *Principia*, δηλώνει: «δεν έχω καταφέρει να ανακαλύψω την αιτία αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας από τα διάφορα φαινόμενα και έτσι δεν διατυπώνω κάποια υπόθεση ... είναι αρκετό το ότι η βαρύτητα υπάρχει πραγματικά και ενεργεί με βάση τους νόμους τους οποίους έχουμε εξηγήσει...» (Σκορδούλης, 2015. σσ. 217)

2.1.6. Η οπτική

Οι έρευνες του Νεύτωνα στα οπτικά φαινόμενα δημοσιεύτηκαν το 1704 στο έργο του Οπτική (*Opticks*). Οι αντιλήψεις του για το φως εντάσσονταν στην ενοποιημένη εικόνα του κόσμου που είχε διαμορφώσει με βάση του νόμους της κίνησης και της βαρύτητας. Για το λόγο αυτό έκλινε υπέρ της σωματιδιακής θεωρίας του φωτός και ερμήνευσε τη διάδοση του φωτός ως ροή μικροσκοπικών σωματιδίων. Εφόσον οι ακτίνες φωτός είχαν υλική υπόσταση,

μπορούσαν να συνδυαστούν και να δημιουργήσουν τα παρατηρούμενα οπτικά φαινόμενα. (Cushing, 1998).

Αν και ο Νεύτωνας επικράτησε ως ο δημιουργός της σωματιδιακής θεωρίας του φωτός, στο δεύτερο τόμο της Οπτικής διατύπωσε την πρώτη σωματιδιακή-κυματική θεωρία στην οποία είχε υποθέσει την ύπαρξη κάποιου μέσου (αιθέρας) με το οποίο αλληλεπιδρά το φως. Ωστόσο δεν υπήρξε ποτέ σαφής στην περιγραφή του. (Kostro, 2004). Ο αιθέρας όπως αναφέραμε σχετίστηκε και με την ερμηνεία της μετάδοσης των βαρυτικών δυνάμεων.

Ο Νεύτωνας εφαρμόζοντας εξελιγμένες πειραματικές μεθόδους (κατοπτρικά τηλεσκόπια) και διεξάγοντας ακριβή ποσοτικά πειράματα κατάφερε να ερμηνεύσει μηχανικά όλα τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός, όπως το φαινόμενο της ανάκλασης και της διάθλασης. Επίσης παρουσίασε μια ολοκληρωμένη θεωρία για τα χρώματα του λευκού φωτός. Σύμφωνα με τον Νεύτωνα το φως αποτελείται από πρωτογενή χρώματα και μπορεί να διαχωριστεί στα συστατικά του μέσω ενός πρίσματος, αλλά και το αντίστροφο, ότι τα πρωτογενή χρώματα περνώντας από πρίσμα συνθέτουν το λευκό φως. (Lyth, 2019).

2.1.7. Μάζα και ύλη

Στα *Principia* η μάζα ενός σωματιδίου ορίζεται ως την "ποσότητα ύλης" του και ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας του σώματος και του όγκου του. Είναι προφανής ο κυκλικός ορισμός της μάζας, καθώς η πυκνότητα ενός σώματος ορίζεται μέσω της μάζας του. Η ασάφεια στον ορισμό της μάζας σε συνδυασμό με το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει στην εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα, αποτέλεσε σημείο αντιπαράθεσης με τους επικριτές της νευτώνειας μηχανικής. (Powers, 2016).

Η έννοια της μάζας παίζει σημαντικό και αναντικατάστατο ρόλο στη νευτώνεια μηχανική: Αποτελεί το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος, δηλαδή της αντίστασης του σώματος στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης. Από το δεύτερο νόμο προκύπτει ότι το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά ένα σώμα υπό την επίδραση μιας δύναμης εξαρτάται και από το μέτρο της μάζας. Η παραπάνω υπόθεση είναι μη ελέγξιμη. Ωστόσο αν συνδυαστεί με τον τρίτο νόμο μέσω των δυνάμεων και στη βάση κάποιων μαθηματικών παραδοχών για τη μάζα του σώματος, τότε μπορούν να διατυπωθούν ελέγξιμες προβλέψεις. Οι παραδοχές είναι οι

εξής: Το μέτρο της μάζας είναι θετικός αριθμός, η μάζα του συστήματος είναι ίση με το άθροισμα των μαζών των επιμέρους στοιχείων του, η μάζα των επιμέρους στοιχείων διατηρείται σε όλες τις αλληλεπιδράσεις τους, η μάζα παραμένει ίδια σε όλα τα συστήματα αναφοράς. Οι παραπάνω παραδοχές αποτελούν προϋπόθεση για τη δυνατότητα ελέγξιμων προβλέψεων και δείχνουν ότι ο Νεύτωνας αντιλαμβάνονταν τη μάζα ως κάτι πραγματικό, δηλαδή ως "ποσότητα ύλης". (Powers, 2016).

Η έννοια της μάζας εμφανίζεται και στο νόμο της παγκόσμιας έλξης και περιγράφεται ως βαρυτική μάζα. Ο Νεύτωνας στα Principia ασχολήθηκε με τη σχέση της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας και συμπέρανε ότι οι δύο μάζες πρέπει να είναι ίσες για να συμφωνούν με το νόμο της ελεύθερης πτώσης του Γαλιλαίου και τον τρίτο νόμο του Κέπλερ.

Πράγματι: Στην ελεύθερη πτώση ισχύει $m_a a = G \frac{m_\beta M}{r^2} \Rightarrow a = \frac{m_\beta}{m_a} \frac{GM}{r^2}$, όπου m_a, m_β η

αδρανειακή και η βαρυτική μάζα αντίστοιχα. Για να είναι η επιτάχυνση του σώματος ανεξάρτητη της μάζας του όπως επιβάλλει ο νόμος της ελεύθερης πτώσης πρέπει $\frac{m_\beta}{m_a} = 1$,

δηλαδή $m_a = m_\beta$.

Η ισότητα των δύο μαζών επιβεβαιώθηκε και πειραματικά, ωστόσο δεν μπορούσε να ερμηνευτεί στα πλαίσια της νευτώνειας μηχανικής. Ο λόγος που οι δύο μάζες είναι ίσες γίνεται κατανοητός μόνο με τη γενική θεωρία της σχετικότητας.

2.1.8. Θεολογικές απόψεις του Νεύτωνα

Ο Νεύτωνας θεωρούσε ότι η επιστήμη είναι ο τρόπος για να κατανοηθεί το μεγαλείο του Θεού. Η εφαρμογή των νόμων του προϋπέθετε ένα απόλυτο πλαίσιο αναφοράς, τον απόλυτο χώρο, και αυτό σύμφωνα με τον ίδιο ήταν το ακίνητο κέντρο των αισθήσεων του Θεού. Ήταν μια λογική συνέπεια της ύπαρξης και της παρουσίας του Θεού και δεν μπορούσε να αμφισβητηθεί ούτε να αποτελέσει το αντικείμενο κάποιου πειράματος. (Cushing, 1998· Miller, 2002· Powers, 2016).

Με το ίδιο σκεπτικό θεώρησε ότι η παρατηρούμενη κανονικότητα και αρμονία στις κινήσεις των πλανητών γύρω από το κέντρο μάζας του ηλιακού μας συστήματος δεν είναι

αποτέλεσμα αποκλειστικά των μηχανικών αλληλεπιδράσεων αλλά και ενός εξαιρετικού θεϊκού υπολογισμού. (Powers, 2016)

Στο ημερολόγιο του Δαβίδ Γκρέγκορ, φίλο και μαθητή του Νεύτωνα, περιέχεται μια περικοπή που αφορά σε μια σχετική συνομιλία τους. Διαβάζουμε ότι ο Νεύτωνας θεωρούσε τον κενό από σώματα χώρο, γεμάτο από την παρουσία του Θεού. Όπως σύμφωνα με τον Νεύτωνα, αποκτάμε την αίσθηση των αντικειμένων όταν η εικόνα τους χαραχτεί στον εγκέφαλό μας, με τον ίδιο τρόπο πρέπει να αισθανόμαστε γύρω μας την παρουσία του θεού εφόσον ο Θεός ενυπάρχει σε όλα. (Φρανκ, 1978).

2.2. Κριτικές της μηχανιστικής κοσμοαντίληψης

Μια πρώτη κριτική στις μηχανιστικές νευτώνειες αντιλήψεις έγινε το 1876 από τον Γερμανό φυσικό Κίρχωφ (Gustav Kirchhoff), ο οποίος προσπάθησε να αφαιρέσει από τη μηχανική του Νεύτωνα το φιλοσοφικό της χαρακτήρα. Υποστήριξε ότι η νευτώνεια μηχανική αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για την περιγραφή των παρατηρούμενων φαινομένων της κίνησης ωστόσο μας παρέχει μόνο την κατανόηση των φαινομένων χωρίς περαιτέρω φιλοσοφικές προεκτάσεις. (Φρανκ, 1978).

Στα 1889 ο Γερμανός φυσικός Χέρτζ (Heinrich Hertz) ένα χρόνο μετά την ανακάλυψη από τον ίδιο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, πρότεινε ένα νέο πρόγραμμα έρευνας στη φυσική που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τις μηχανιστικές αντιλήψεις. Ισχυρίστηκε ότι αρκεί να γνωρίζουμε τους νόμους προκειμένου να κατανοούμε τα φαινόμενα και να μπορούμε να κάνουμε προβλέψεις, χωρίς καθόλου να μας ενδιαφέρει αν οι συγκεκριμένοι νόμοι είναι φανεροί στο ανθρώπινο πνεύμα. (Φρανκ, 1978).

Οι κριτικές των Κίρχωφ και Χέρτζ ήταν αποσπασματικές. Η πρώτη ολοκληρωμένη κριτική στην επιστήμη και στη φιλοσοφία του Νεύτωνα έγινε από τον Μαχ και βασίστηκε στις αντιλήψεις του για τη φύση και το ρόλο της επιστήμης. Σημαντική επίσης ήταν και η κριτική του Πουανκαρέ. εστιασμένη κυρίως στο λογικό χαρακτήρα των αρχών και των νόμων της φυσικής

2.2.1. Η κριτική του Μαχ

Σύμφωνα με τον Μαχ κάθε γεγονός αποτελεί ένα σταθερό σύνολο αισθητηριακών δεδομένων που σχετίζονται μεταξύ τους και η επιστήμη υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίον μπορούμε να τα διαχειριστούμε. Σε αυτό το πλαίσιο οι γενικοί νόμοι και οι θεωρίες της φυσικής αποτελούν πλήρεις συγκεφαλαιώσεις γεγονότων μέσω των οποίων είναι δυνατή η περιγραφή των φαινομένων. (Φρανκ, 1978)

Ο Μαχ, σε συμφωνία με τις απόψεις του Κοντ, υπέδειξε την "οικονομία σκέψης" ως απαραίτητο κυρίαρχο χαρακτηριστικό μιας φυσικής θεωρίας, δηλαδή τη δυνατότητα να περιγράφεται ο μέγιστος δυνατός αριθμός παρατηρήσιμων φαινομένων με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό αρχών (η παραπάνω αρχή αναφέρεται ως "ξυράφι του Όκαμ"). Αυτό υπονοεί ότι οι θεωρίες πρέπει να είναι περιεκτικές και οι νόμοι τους να παράγονται απαγωγικά από ολιγάριθμες γενικές αρχές. (Losee, 2001· Φρανκ, 1978)

Ο Μαχ προσπάθησε να οριοθετήσει με σαφή τρόπο το πεδίο δραστηριοτήτων επιστήμης και φιλοσοφίας και να εξαλείψει κάθε μεταφυσική και υπερβατική ιδέα από την επιστήμη της φυσικής προκειμένου να γίνει περισσότερο λειτουργική και αποτελεσματική. Αμφισβήτησε την κυρίαρχη άποψη της φυσικής που αντιπροσωπεύεται από τη νευτώνεια θεωρία και άσκησε κριτική η οποία είχε μόνιμο αντίκτυπο στην ανάπτυξη της σύγχρονης φυσικής.

Η κριτική του Μαχ στα *Principia* οδήγησε σε μια επαναδιατύπωση της νευτώνειας μηχανικής την οποία παρουσίασε στο έργο του *Ιστορία της Μηχανικής*. Σύμφωνα με τον ίδιον αυτό που έκανε ο Νεύτωνας στη Μηχανική του ήταν να συνοψίσει τις παρατηρήσεις του για την κίνηση σε μερικές απλές αρχές μέσω των οποίων μπορούσαν να γίνουν προβλέψεις για κάποιες ειδικές κινήσεις, και θεώρησε τις προβλέψεις σωστές στο βαθμό που τα πειράματα στα οποία βασίστηκε για να στηρίξει τις αρχές του ήταν έγκυρα. (Φρανκ, 1978).

Ο Μαχ ισχυρίστηκε πως η θεωρία της νευτώνειας μηχανικής περιέχει έννοιες και αρχές που δεν ανάγονται ποσοτικά και λειτουργικά στα δεδομένα των αισθήσεων, όπως για παράδειγμα οι ορισμοί της μάζας και της δύναμης, η αρχή της αδράνειας και οι θεωρήσεις περί απόλυτου χώρου και χρόνου.. Προκειμένου να αποσοβήσει τέτοιου τύπου εκφράσεις από τους νόμους της μηχανικής και κυρίως το νόμο της αδράνειας διατύπωσε το αξίωμα του *θετικιστικού*

κριτηρίου της επιστήμης: Στην επιστήμη πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο οι προτάσεις από τις οποίες μπορούμε να αντλήσουμε επιβεβαιώσεις για τα παρατηρούμενα γεγονότα (Losee, 2001· Φρανκ, 1978).

Μία από τις κύριες επικρίσεις του Μαχ στη Νευτώνεια θεωρία ήταν η χρήση του απόλυτου χώρου ως πλαίσιο αναφοράς. Αναφερόμενος στο πείραμα του "κάδου του Νεύτωνα" υποστήριξε ότι η παραμόρφωση στην επιφάνεια του νερού οφείλεται σε μια επιτάχυνση του νερού ως προς τον ευρύτερο περιβάλλοντα χώρο και όχι ως προς τον απόλυτο χώρο. Η ύλη είναι αυτή που δημιουργεί δυναμικά φαινόμενα και όχι ο μυστηριώδης απόλυτος χώρος. Υποστήριξε ότι αν κρατούσαμε σταθερό τον κάδο του Νεύτωνα και περιστρέφαμε τα άστρα γύρω του, τότε πάλι θα παρατηρούσαμε την παραμόρφωση στην επιφάνεια του νερού.. (Powers, 2016· Γαβρόγλου, 2003). Η παραπάνω παρατήρηση οδήγησε στην επονομαζόμενη αρχή του Μαχ, η οποία επηρέασε σημαντικά στη σύλληψη της ιδέας της γενικής σχετικότητας από τον Αϊνστάιν : *Η αδράνεια των υλικών σωμάτων οφείλεται στην ολική κατανομή και κίνηση της ύλης στο Σύμπαν* Έτσι η αδράνεια παύει να συνδέεται με τον απόλυτο χώρο. Στη θέση του απόλυτου χώρου πρότεινε τους απλανείς αστέρες ως το κατάλληλο σύστημα αναφοράς για την περιγραφή των φαινομένων. (Cushing, 1998· Powers, 2016).

Μια άλλη σημαντική πτυχή της κριτικής του Μαχ ήταν η απόρριψη της ιδέας της δράσης μιας δύναμης από απόσταση, η οποία ήταν κεντρική στη θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα. Υποστήριξε ότι η έννοια της βαρυτικής δύναμης δεν είναι μια πραγματική φυσική δύναμη, αλλά μάλλον μια ψευδαίσθηση που προέκυψε από τις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό αποδέχτηκε την ύπαρξη του αιθέρα ως το απαραίτητο μέσο μετάδοσης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μακρινών μαζών, παρ' όλο που οι ιδιότητές του δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες. (Cushing, 1998· Kostro, 2004· Φρανκ, 1978).

Ο Μαχ αμφισβήτησε την ιδέα της μάζας ως εγγενούς ιδιότητας των αντικειμένων και επιχείρησε να εξαλείψει από τη Μηχανική την ιδέα του Νεύτωνα ότι η μάζα αποτελεί μια "ποσότητα ύλης". Υποστήριξε ότι η μάζα εξαρτάται από το πλαίσιο και τις σχετικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων στο σύμπαν και ότι η αδράνεια των σωμάτων είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους με την ύλη του σύμπαντος. Έτσι πρότεινε την επαναδιατύπωση

του νόμου της αδράνειας χωρίς αναφορά στον απόλυτο χώρο: Κάθε σώμα διατηρεί την κινητική του κατάσταση ως προς τους απλανείς αστέρες, εφόσον δεν δέχεται συνισταμένη δύναμη. Επομένως αν ένα μεμονωμένο σώμα τοποθετηθεί σε ένα υποθετικό σύμπαν κενό από ύλη, τότε θα έχει μηδενική αδράνεια. (Cushing, 1998· Powers, 2016· Φρανκ, 1978).

2.2.2. Η φιλοσοφία του Πουανκαρέ

Ο Γάλλος μαθηματικός, φυσικός και φιλόσοφος Ανρί Πουανκαρέ (Henri Poincaré), ήταν εκπρόσωπος μιας μορφής του θετικισμού, του συμβατισμού, που υποστήριζε ότι οι γενικοί νόμοι, τα αξιώματα και οι θεωρίες της φυσικής δεν επιβεβαιώνονται από την πραγματικότητα αλλά είναι ανθρώπινες συμβάσεις, ελεύθερα δημιουργήματα του ανθρώπινου πνεύματος. (Φρανκ, 1978)

Η κριτική του Πουανκαρέ στη μηχανιστική αντίληψη επικεντρώθηκε στο λογικό χαρακτήρα των φυσικών νόμων, στην έλλειψη σαφήνειας σχετικά με τη φύση τους και στην αποτυχία της να ερμηνεύσει τον θεμελιώδη ρόλο της σύμβασης στη διαμόρφωση της φυσικής θεωρίας. (Φρανκ, 1978).

Ο Πουανκαρέ υποστήριξε ότι οι γενικοί νόμοι της επιστήμης (όπως ο νόμος της αδράνειας) δεν αποτελούν μια σαφή περίληψη παρατηρησιακών δεδομένων όπως υποστήριζε ο Μαχ, αλλά ανθρώπινες επιλογές. Η επιλογή ενός συστήματος εννοιών το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στους νόμους της φυσικής, αποτελεί αυθαίρετη σύμβαση και γι' αυτό δεν μπορούμε να ξέρουμε αν οι έννοιες είναι σωστές ή λανθασμένες παρά μόνο αν οι συμβάσεις είναι λειτουργικές και απλές. Για τον ίδιο λόγο δεν έχει νόημα η αναζήτηση της φιλοσοφικής τους διάστασης ούτε η εξήγησή τους μέσω μηχανιστικής άποψης. Η χρήση τέτοιων όρων στη νευτώνεια μηχανική αποκτά νόημα μόνο επειδή με τη βοήθειά τους οι αρχές και οι νόμοι της νευτώνειας μηχανικής καταφέρνουν να περιγράψουν με απλούς τύπους πολύ σύνθετα φαινόμενα. Αυτό υπονοούσε ότι η δυνατότητα επαλήθευσης ενός φυσικού νόμου όπως ο νόμος της αδράνειας, εξαρτάται από την ικανότητά μας να καθορίσουμε αν ένα σώμα εκτελεί ή όχι ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Άρα ο νόμος της αδράνειας αποτελεί απλά τον ορισμό της έκφρασης *αδρανής κίνηση*. Με παρόμοιο τρόπο ανέλυσε το γνωστικό υπόβαθρο και των άλλων νόμων του Νεύτωνα. Στην περίπτωση αυτή ο 2ος και ο 3ος νόμος αποτελούν

τους συμβατικούς ορισμούς της *δύναμης* και της *μάζας* αντίστοιχα (Losee, 2001· Φρανκ, 1978).

Ο συμβατισμός του Πουανκαρέ επεκτείνεται και στην επιλογή της κατάλληλης γεωμετρίας για την περιγραφή του φυσικού χώρου. Όπως υποστήριξε, τα θεωρήματα της ευκλείδειας γεωμετρίας δεν επιβεβαιώνουν τη γεωμετρία του φυσικού χώρου αλλά του γεωμετρικού. Υπό αυτό το πρίσμα η δομή του γεωμετρικού χώρου μπορεί να οριστεί με πολλούς τρόπους χωρίς περιορισμούς από την εμπειρία, ωστόσο η εμπειρία είναι αυτή που θα κατευθύνει στην κατάλληλη κάθε φορά επιλογή και αυτή σύμφωνα με τους επιστήμονες είναι η ευκλείδεια γεωμετρία, ως η πιο απλούστερη στην εφαρμογή της. (Losee, 2001· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Εν κατακλείδει, ο Πουανκαρέ υποστήριξε ότι η ευκλείδεια γεωμετρία όπως και οι έννοιες της μηχανικής αποτελούν απλά μια μορφή γλωσσικής σύμβασης και δεν αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τη γεωμετρία και τη μηχανική αντίστοιχα. (Eisenstaedt, 1971)

2.3. Η ηλεκτροδυναμική στην κλασική φυσική

2.3.1. Η ανάπτυξη του ηλεκτρομαγνητισμού

Η πρώτη ανακάλυψη στον ηλεκτρισμό και στον μαγνητισμό έγινε το 1784 από τον Γάλλο στρατιωτικό και μηχανικό Κουλόμπ (Charles Augustin de Coulomb) με τον φερόνυμο νόμο που διέπει τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων καθώς και μαγνητών. Η μαθηματική εξίσωση του νόμου του Κουλόμπ έδειχνε ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις εντάσσονται στο μηχανιστικό πρόγραμμα των κεντρικών δυνάμεων, άρα επιβεβαίωναν την ορθότητα της μηχανιστικής κοσμοαντίληψης

Ο ηλεκτρισμός άρχισε να οριοθετείτε επιστημονικά στα τέλη του 18ου αιώνα με την εφεύρεση της μπαταρίας από τον Ιταλό φυσικό Αλεσάντρο Βόλτα (Alessandro Volta). Η μπαταρία (βολταϊκό στοιχείο) μπορούσε να παράξει ηλεκτρικό ρεύμα και ως εκ τούτου επέτρεψε τη μελέτη των ιδιοτήτων του σταθερού ρεύματος. Στη συνέχεια το 1820 ο Δανός φυσικός και χημικός Έρστεντ (Christian Oersted) ανακάλυψε ότι τα ηλεκτρικά ρεύματα

προκαλούν μαγνητικές δυνάμεις, ανοίγοντας έτσι νέους δρόμους στην επιστημονική έρευνα που οδηγούσαν στη διατύπωση ενοποιητικών θεωριών. Συνέπεια αυτών ο Γάλλος φυσικός Αμπέρ (André-Marie Ampère) κατάφερε να εκφράσει με μαθηματικό τρόπο τη σχέση ηλεκτρισμού και μαγνητισμού οικοδομώντας έτσι την έννοια του ηλεκτρομαγνητισμού.

Στις αρχές του 19ου αιώνα ο Άγγλος πειραματικός φυσικός Μάικλ Φάραντεϊ (Michael Faraday) εισήγαγε την έννοια του πεδίου στην περιγραφή των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων και απέδειξε ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο είναι ικανό να "επάγει" ηλεκτρικά ρεύματα. Η ανακάλυψη της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής από τον Φαραντέϊ συμπλήρωσε στην ανακάλυψη του Έρστεντ και αποκάλυψε τη συμμετρία μεταξύ του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.

Ο Φαραντέϊ κατανόησε την έννοια του πεδίου παρατηρώντας τις δυναμικές γραμμές που σχημάτιζαν ρινίσματα σιδήρου τοποθετημένα πάνω σε χαρτί το οποίο βρίσκονταν κοντά σε έναν μαγνήτη. Σύμφωνα με την πεδιακή θεωρία οι δυναμικές γραμμές μπορούν να επηρεάσουν η μία την άλλη έτσι ώστε οι επιδράσεις να μεταδίδονται με συνεχή τρόπο και με πεπερασμένη ταχύτητα

Η έννοια του πεδίου αποτέλεσε ένα τεράστιο άλμα στη φυσική. Η σύλληψη του Φαραντέϊ ήταν μεγαλοφυής, ωστόσο οι μαθηματικές του γνώσεις δεν επαρκούσαν για να περιγράψουν τη λειτουργία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου με μαθηματικό τρόπο, κάτι που κατάφερε λίγο αργότερα ο χαρισματικός Σκωτσέζος μαθηματικός Μάξγουελ (James Clerk Maxwell) με τις φερώνυμες εξισώσεις του. Αξίζει να αναφερθούμε στην ικανοποίηση που ένοιωσε ο Φαραντέϊ όταν διαισθάνθηκε την ευκολία στο να εκφράσει και να εξελίξει τις ιδέες του με τη βοήθεια των εξισώσεων του Μάξγουελ, την οποία ικανοποίηση αποτύπωσε σε γράμμα που έστειλε στην ηλικία των εξήντα έξι ετών στον νεαρό τότε Μάξγουελ. Συγκεκριμένα διατύπωσε την άποψη ότι οι μαθηματικοί "οφείλουν" να παρουσιάζουν με σαφή, απλοποιημένο και εύχρηστο τρόπο τα αποτελέσματά τους πάνω στις έρευνες στη φυσική, έτσι ώστε οι πειραματικοί φυσικοί όπως ο ίδιος να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν και να εργαστούν πάνω σε αυτά. Την παραπάνω δυνατότητα ο Φαραντέϊ την χαρακτήρισε ως μεγάλο δώρο. (Bernstein, 1995)

Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Μάξγουελ προέβλεψε το φαινόμενο της διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κενό, γεγονός που επαληθεύτηκε από τον Χέρτζ οκτώ

χρόνια μετά το θάνατο του Μάξγουελ. Με τις εξισώσεις του ο Μάξγουελ υπολόγισε ότι η ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός, συνδέοντας έτσι για πρώτη φορά το φως με τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα.

Η θεωρία του Μάξγουελ δεν αμφισβήτησε ευθέως τη νευτώνεια επιστήμη καθώς προϋπέθετε την ύπαρξη του αιθέρα ως φορέα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

2.3.2. Ο ρόλος του αιθέρα στην κλασική φυσική

Η αδυναμία ένταξης της θεωρητικής δομής του ηλεκτρομαγνητισμού στο νευτώνειο πλαίσιο ερμηνείας, υπονόμεισε την πίστη για μια ενιαία ερμηνεία όλων των φαινομένων. Στην προσπάθεια να παραμείνει η Μηχανική ως η βάση της φυσικής, η νέα πεδιακή φυσική συνδέθηκε με τις προπεδιακές υποθέσεις του φωτοφόρου αιθέρα. Θεωρήθηκε ότι τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά αντικείμενα προκαλούν διαταραχές στον αόρατο αιθέρα και μέσω αυτών εμφανίζονται οι ελκτικές ή απωστικές δυνάμεις. Οι διαταραχές αυτές ήταν τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. (Powers, 2016).

Η περιγραφή της φύσης του αιθέρα και των μηχανικών του ιδιοτήτων απασχόλησε ιδιαίτερα τους φυσικούς της εποχής. Σύμφωνα με την υπόθεση του Γάλλου φυσικού Φρενέλ (Augustin Fresnel), ο αιθέρας αποτελεί ένα ασυμπίεστο ελαστικό μέσο με αμελητέα πυκνότητα, ακίνητο στο χώρο (υπόθεση του στάσιμου αιθέρα). Ο Φρενέλ θεώρησε ότι ο αιθέρας δεν επηρεάζεται από τις κινήσεις των πλανητών μέσα σε αυτόν, άρα μπορεί να αποτελέσει το πλαίσιο αναφοράς ως προς το οποίο η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή και ίση με $c = 3 \times 10^8$ m/s. (Cushing, 1998· Powers, 2016).

Μια εναλλακτική υπόθεση διατυπώθηκε από τον Άγγλο- Ιρλανδό φυσικό Τζορτζ Στόουκς (George Stokes). Θεώρησε ότι η Γη κινούμενη μέσα στον υποθετικά ακίνητο αιθέρα τον συμπαρασύρει στην περιοχή κοντά στην επιφάνειά της. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, εφόσον ο αιθέρας διαταράσσεται από την κίνηση της Γης μέσα σε αυτό δεν μπορεί να αποτελέσει το ακίνητο πλαίσιο αναφοράς ως προς το οποίο κινούνται όλα τα ουράνια σώματα. (Miller, 2002· Powers, 2016)

Η σύγκρουση της κλασικής φυσικής με την ηλεκτροδυναμική ήταν φανερή. Η αρχή της σχετικότητας του Γαλιλαίου έδειχνε να μην ισχύει στους νόμους της ηλεκτροδυναμικής. Επιπλέον οι εξισώσεις της ηλεκτροδυναμικής σχετίζονταν με την ταχύτητα ενός

φορτισμένου σωματιδίου, όπως η δύναμη Λόρεντζ. Άρα προϋπέθεταν ένα απόλυτο ακίνητο πλαίσιο αναφοράς, τον αιθέρα, ως προς το οποίο θα υπολογίζονταν οι ταχύτητες.

Ο θεμελιώδης ρόλος του αιθέρα ως ένα σταθερό και ακίνητο σύστημα αναφοράς ως προς το οποίο ισχύουν οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής επέβαλλε τον προσδιορισμό του, προκειμένου να αποκτήσει η νευτώνεια φυσική σταθερό οντολογικό θεμέλιο. Η υπόθεση του Φρενέλ ότι υπάρχει σχετική κίνηση της Γης ως προς τον αιθέρα υποστηρίχτηκε και από τον Λόρεντζ και επιχειρήθηκε να επαληθευτεί πειραματικά. Αν πράγματι ο αιθέρας αποτελεί το απόλυτο σύστημα αναφοράς, τότε η ταχύτητα του φωτός ως προς τον αιθέρα θα είναι σταθερή προς όλες τις κατευθύνσεις ενώ ως προς κάθε άλλο σύστημα αναφοράς που κινείται μέσα στον αιθέρα (όπως η Γη που περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο) θα αλλάζει ανάλογα με την κατεύθυνση μέτρησης και θα προκύπτει με το νόμο της πρόσθεσης ταχυτήτων του Γαλιλαίου. Ωστόσο η μεταβολή στην ταχύτητα του φωτός αναμένονταν δεύτερης τάξης (δηλαδή του λόγου u^2/c^2) και οι επιστήμονες, πρώτος ο Μάξγουελ, θεωρούσαν ότι ήταν σχεδόν ακατόρθωτο να ανιχνευθούν πειραματικά τέτοιες διαφορές. (Cushing, 1998 · Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006).

Τελικά, ο Αμερικανός φυσικός Μάικελσον (Albert Michelson) ο οποίος είχε αναπτύξει την τέχνη της συμβολομετρίας σε υψηλό βαθμό, κατάφερε μόνος του το 1881 και μαζί με τον Αμερικανό Μόρλει (Edward Morley) το 1887 να μετρήσει την ταχύτητα του φωτός ως προς δύο κατευθύνσεις. Μια κατά την κατεύθυνση της κίνησης της Γης και μία κάθετα σε αυτή. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι και στις δύο περιπτώσεις η ταχύτητα είναι ίδια, άρα δεν επιβεβαίωσαν τη θεωρία του Φρενέλ ότι η Γη κινείται μέσα στον ακίνητο αιθέρα (Powers, 2016). Οι Μάικελσον-Μόρλει θεώρησαν ότι το πειραματικό αποτέλεσμα επιβεβαίωνε την υπόθεση του Στόουκς, ωστόσο η συγκεκριμένη υπόθεση εγκαταλείφθηκε, καθώς έρχονταν σε σύγκρουση με το φαινόμενο της αποπλάνησης του φωτός και με τα πειράματα του Γάλλου φυσικού Φιζώ (H.L Fizeau) για την ταχύτητα του φωτός. (Miller, 2002· Powers, 2016)

Τα συμπεράσματα του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλει δημιούργησαν σύγχυση στους φυσικούς της εποχής. Το γεγονός ότι η ταχύτητα του φωτός ήταν σταθερή προς κάθε κατεύθυνση της κίνησης της Γης σήμαινε ότι δεν ισχύει ο νόμος της πρόσθεσης των ταχυτήτων του Γαλιλαίου και ότι η έννοια της απόλυτης κίνησης χάνει το νόημά της. Όλες οι

θεωρίες που διατυπώθηκαν στη συνέχεια ήταν το αποτέλεσμα των προσπαθειών αφενός να διασωθεί ο αιθέρας και αφετέρου να επεκταθεί η μηχανική αρχή της σχετικότητας στα οπτικά και ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Ως πιο αποδεκτή επικράτησε η θεωρία που διατύπωσε το 1895 ο Λόρεντζ η οποία σήμανε και το τέλος της αναζήτησης των μηχανιστικών μοντέλων του αιθέρα. Τη λύση στο πρόβλημα της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και στην ύπαρξη του αιθέρα θα έδινε η ειδική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν το 1905.

3. Η Θεωρία της Σχετικότητας

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας δεν αποτελεί μία συνηθισμένη "θεωρία" που διατυπώθηκε για να ερμηνεύσει κάποια συγκεκριμένα φαινόμενα, αποτελεί μια πολύ βαθιά θεωρία που σχετίζεται με το χωροχρονικό υπόβαθρο στο οποίο αυτά λαμβάνουν χώρα. Η σχετικότητα καθιστά ξεκάθαρη τη σύνδεση του χρόνου με το χώρο και έχει βαθιές συνέπειες στις αντιλήψεις μας για τη γεωμετρία του χώρου και για τις μετρήσεις χωροχρονικών αποστάσεων πάνω σε αυτό.

Ο Αϊνστάιν το 1905 δημοσίευσε συνολικά 5 άρθρα, δύο από τα οποία περιέγραφαν τη θεωρία της ειδικής σχετικότητας. Τα υπόλοιπα τρία άρθρα αφορούσαν αντίστοιχα στον νέο προσδιορισμό των μοριακών διαστάσεων (ήταν το θέμα της διπλωματικής του διατριβής), στην κίνηση Brown και στην εκπομπή και μετασχηματισμό του φωτός. Το τελευταίο ήταν το μόνο άρθρο το οποίο ο ίδιος χαρακτήρισε ως επαναστατικό. Στη συγκεκριμένη εργασία εισήγαγε την έννοια του κβάντου φωτός στην περιγραφή της αλληλεπίδρασης της ύλης και της ακτινοβολίας προκειμένου να ερμηνεύσει τα αντίστοιχα φαινόμενα, κυρίως τη θεωρία του Γερμανού φυσικού Μαξ Πλανκ (Max-Planck) σχετικά με την ακτινοβολία του μέλανος σώματος. (Stachel, 2000· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Το έτος 1905 χαρακτηρίστηκε ως Annus Mirabilis για τον Αϊνστάιν. Η λατινική φράση Annus Mirabilis συνδέθηκε για πρώτη φορά με το όνομα του Νεύτωνα για να χαρακτηρίσει το έτος 1666, τη χρονιά στην οποία ο Νεύτωνας θεμελίωσε την κλασική φυσική και τα μαθηματικά. Ο ίδιος χαρακτηρισμός ταιριάζει και για το έτος 1905 του Αϊνστάιν, στη διάρκεια του οποίου ενώ επιβεβαίωσε την ισχύ ενός μέρους της κλασικής μηχανικής ταυτόχρονα ήρθε σε ρήξη με βασικές αρχές της, σηματοδοτώντας έτσι την επανάσταση στη φυσική του εικοστού αιώνα. (Stachel, 2000)

3.1. Σύντομη παρουσίαση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας

Ο Αϊνστάιν περιέγραψε την Ειδική Θεωρία σε δύο άρθρα με τίτλους "Για την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων", και "Εξαρτάται η αδράνεια ενός σώματος από

την ενέργειά του;" Η θεωρία διατυπώθηκε με σαφήνεια και χωρίς μαθηματικές απαιτήσεις και παρά το γεγονός ότι αριθμούσε μόνο 40 σελίδες, ήταν εξίσου ολοκληρωμένη όσο το ογκώδες έργο του Νεύτωνα, τα *Principia*. (Miller, 2002)

Η παρουσίαση που ακολουθεί βασίζεται στα δύο άρθρα που δημοσίευσε ο Αϊνστάιν το 1905. (Einstein, 2006.).

3.1.1. Για την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων

Αξιώματα

Ο Αϊνστάιν ξεκινά το άρθρο του αναφερόμενος στις "ασυμμετρίες" που εμφανίζονται με την εφαρμογή της ηλεκτροδυναμικής του Μάξγουελ σε κινούμενα σώματα, ασυμμετρίες που όπως επισημαίνει δεν είναι πραγματικές και σχετίζονται με τον συμβατικό τρόπο κατανόησης των νόμων του Μάξγουελ. Συγκεκριμένα αναφέρεται στην περίπτωση της ηλεκτροδυναμικής αλληλεπίδρασης ενός μαγνήτη και ενός αγωγού, η οποία σύμφωνα με τις επικρατούσες αντιλήψεις αντιδιαστέλλεται ανάλογα με το αν κινείται μόνο ο αγωγός ή μόνο ο μαγνήτης. Ωστόσο το παρατηρούμενο φαινόμενο είναι η παραγωγή ρεύματος στον αγωγό και το μετρούμενο ρεύμα εξαρτάται μόνο από τη σχετική κίνηση μεταξύ αγωγού και μαγνήτη.

Οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους ερμηνεύεται το φαινόμενο είναι οι εξής. Αν κινείται μόνο ο μαγνήτης τότε το μαγνητικό πεδίο B μεταβάλλεται χρονικά και όπως υποδηλώνει ο νόμος της επαγωγής του Φαραντέι ($\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}$) δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο E , με αποτέλεσμα ο αγωγός που βρίσκεται μέσα σε αυτό να διαρρέεται από ρεύμα. Όταν το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη είναι σταθερό και κινείται ο αγωγός μέσα σε αυτό, τότε τα φορτία του αγωγού εξαιτίας της δύναμης Λόρεντζ αρχίζουν να κινούνται, με αποτέλεσμα και πάλι ο αγωγός να διαρρέεται από ρεύμα.

Ο υπολογισμός του ρεύματος με δύο τρόπους είναι σύμφωνα με τον Αϊνστάιν πλεοναστικός και ασύμμετρος. Η σωστή ερμηνεία του παραπάνω επαγωγικού φαινομένου απαιτεί μία θεωρία στην οποία θα υπεισέρχεται μόνο η σχετική ταχύτητα μεταξύ αγωγού και μαγνήτη και όχι η επιλογή του σημείου αναφοράς.

Στη συνέχεια αναφέρεται στην αδυναμία ανίχνευσης της κίνησης της Γης σε σχέση με τον αιθέρα. Το πειραματικό αυτό δεδομένο σε συνδυασμό με τις ασυμμετρίες στα φαινόμενα της ηλεκτροδυναμικής, οδηγούν σύμφωνα με τον Αϊνστάιν στην υπόθεση ότι η έννοια της απόλυτης ηρεμίας δεν συνδέεται ούτε με τα μηχανικά ούτε με τα ηλεκτροδυναμικά φαινόμενα. Αυτό που ισχύει είναι ότι όλοι οι νόμοι της φυσικής και όχι μόνο της μηχανικής έχουν την ίδια μορφή σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Ο Αϊνστάιν δέχεται ως αξίωμα την παραπάνω υπόθεση την οποία ονόμασε **αρχή της σχετικότητας** και στη συνέχεια εισάγει ως δεύτερο αξίωμα την **αρχή της σταθερότητας του φωτός**, ότι δηλαδή η ταχύτητα του φωτός δεν εξαρτάται από την κινητική κατάσταση της πηγής του φωτός. Οι παραπάνω φαινομενικά ασυμβίβαστες αρχές οδηγούν σύμφωνα με τον Αϊνστάιν στην απόρριψη της έννοιας του απόλυτου χώρου και στην αναθεώρηση της κινηματικής θεμελίωσης της φυσικής.

Όπως αναφέρει: «...η εισαγωγή ενός "φωτεινού αιθέρα" θα αποδειχτεί περιττή, καθ' όσον η άποψη που θα αναπτύξουμε δεν θα απαιτεί έναν "χώρο σε απόλυτη ηρεμία", εξοπλισμένο με ειδικές ιδιότητες, και ούτε ένα διάνυσμα ταχύτητας στα σημεία του κενού χώρου όπου λαμβάνουν χώρα ηλεκτρομαγνητικές διαδικασίες...» (Einstein, 2006, σσ.116)

Στη συνέχεια αναπτύσσει τη θεωρία του η οποία όπως επισημαίνει βασίζεται στην κινηματική του άκαμπτου σώματος.

Ταυτοχρονισμός

Ο Αϊνστάιν από την αρχή της εργασίας του διαχωρίζει τα συστήματα συντεταγμένων στα οποία ισχύουν οι νόμοι του Νεύτωνα -τα ονομάζει συστήματα ηρεμίας- από τα συστήματα που θα εισάγει στη συνέχεια για να παρουσιάσει τη θεωρία του. Οι χωρικές μετρήσεις σε ένα σύστημα ηρεμίας γίνονται στο πλαίσιο της ευκλείδειας γεωμετρίας με μετρήσεις άκαμπτων ράβδων και εκφράζονται μέσω των καρτεσιανών συντεταγμένων. Στη συνέχεια ορίζονται οι συντεταγμένες της θέσης του σώματος συναρτήσει του χρόνου και γίνεται η μαθηματική περιγραφή της κίνησής του.

Ο Αϊνστάιν τονίζει ότι η παραπάνω τετριμμένη διαδικασία αποκτά φυσικό νόημα μόνο μέσα από τη βαθιά κατανόηση της έννοιας του χρόνου και για να συμβεί πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι κάθε εκτίμησή μας για το χρόνο ενός συμβάντος αποτελεί πάντα *μια κρίση για ταυτόχρονα συμβάντα*. Σαν παράδειγμα φέρνει την έκφραση *το τρένο φτάνει εδώ στις 7*, η

οποία σημαίνει ότι το να βρεθεί ο λεπτοδείκτης του ρολογιού μου στις 7 και η άφιξη του τρένου είναι ταυτόχρονα συμβάντα. Με τον τρόπο αυτό ορίζει επαρκώς το χρόνο για συμβάντα που βρίσκονται κοντά στο ρολόι του παρατηρητή. Για να μπορέσει να εκτιμήσει ο παρατηρητής χρονικά συμβάντα που βρίσκονται μακριά του, θα πρέπει ένα φωτεινό σήμα από το συμβάν να φτάσει στο ρολόι του. Τότε, λόγω της πεπερασμένης ταχύτητας του φωτός θα συγκρίνει ένα ήδη τετελεσμένο γεγονός με την ένδειξη του ρολογιού του.

Στη συνέχεια αποσαφηνίζει τον ορισμό του "χρόνου" και του "ταυτόχρονου" περιγράφοντας μια σειρά απλών υποθετικών πειραμάτων που αφορούν στο συγχρονισμό δύο ακίνητων ρολογιών. Σε σημεία A, B του χώρου τοποθετεί αντίστοιχα από έναν παρατηρητή, έτσι ώστε με τις ενδείξεις των ρολογιών τους να μπορούν να εκτιμήσουν χρονικά τα συμβάντα που αφορούν στη γειτονιά τους. Στην περίπτωση αυτή οι ενδείξεις των ρολογιών τους θα είναι ταυτόχρονες με τα αντίστοιχα συμβάντα. Για να συγκριθούν οι χρόνοι δύο συμβάντων στο A και B αντίστοιχα, όπως θα έχουν προσδιοριστεί από τους αντίστοιχους παρατηρητές, απαιτείται κάτι επιπλέον. Ο χρόνος άφιξης ενός φωτεινού σήματος από το συμβάν στη γειτονιά του A στο ρολόι του παρατηρητή B να είναι ίσος με το χρόνο άφιξης ενός φωτεινού σήματος από το συμβάν στη γειτονιά του B στο ρολόι του παρατηρητή A. Έτσι αν μια ακτίνα φωτός φύγει από το A προς το B σε χρόνο t_B , ανακλαστεί από το B προς το A σε χρόνο t_A και επιστρέψει στο A σε χρόνο t'_A , τότε σύμφωνα με τον ορισμό του κοινού χρόνου τα ρολόγια στα σημεία A και B θα είναι σύγχρονα μόνο αν $t_B - t_A = t'_A - t_B$. Ο Αϊνστάιν δέχεται ότι η παραπάνω σχέση αποτελεί τον ορισμό του ταυτόχρονου, ανεξάρτητα από τον αριθμό των σημείων του χώρου.

Στη συνέχεια αξιώνει βάσει εμπειρίας η ταχύτητα του φωτός στο κενό να αποτελεί μια

παγκόσμια σταθερά ίση με $v = \frac{2(AB)}{t'_A - t_A}$.

Σχετικότητα του χρόνου

Η επανάσταση της σχετικότητας ξεκινάει με το επόμενο ερώτημα του Αϊνστάιν. Μπορούμε να εφαρμόσουμε την παραπάνω διαδικασία σε δύο ρολόγια που μεταξύ τους βρίσκονται σε σχετική κίνηση; Δηλαδή αν δύο συμβάντα εκτιμηθούν από δύο ακίνητους παρατηρητές με το κριτήριο ταυτοχρονισμού ως ταυτόχρονα, θα θεωρηθούν επίσης ταυτόχρονα και στην περίπτωση που οι παρατηρητές κινούνται; (Bernstein, 1995)

Ο Αϊνστάιν βασιζόμενος στα δύο αξιώματά του δείχνει ότι η έννοια του ταυτοχρονισμού δεν είναι απόλυτη και υπολογίζει χρησιμοποιώντας απλά μαθηματικά τον τύπο που συνδέει τους ρυθμούς των δύο ρολογιών.

$$\text{Είναι } t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \text{ και } t'_A - t'_B = \frac{r_{AB}}{V + v}, \text{ όπου}$$

V η ταχύτητα του φωτός,

v η σταθερή ταχύτητα του συστήματος αναφοράς του παρατηρητή B ως προς το σύστημα αναφοράς του παρατηρητή A ,

r_{AB} η απόσταση των δύο συμβάντων όπως μετράται στο σύστημα ηρεμίας.

Εξισώσεις μετασχηματισμών των χωροχρονικών συντεταγμένων

Στη συνέχεια συνδέει τις χωροχρονικές συντεταγμένες (x, y, z, t) ενός συμβάντος όπως προσδιορίζονται σε ένα σύστημα ηρεμίας, με τις αντίστοιχες συντεταγμένες (ξ, η, ζ, τ) του ίδιου συμβάντος όπως προσδιορίζονται σε σύστημα αναφοράς κινούμενο ως προς το πρώτο σύστημα με σταθερή ταχύτητα v στον άξονα X . Σύμφωνα με τα αξιώματα της θεωρίας του μια φωτεινή ακτίνα θα κινηθεί με την ίδια ταχύτητα V και στα δύο συστήματα. Εφαρμόζοντας τις διαδικασίες των φωτεινών σημάτων καταλήγει στις παρακάτω σχέσεις μετασχηματισμών μεταξύ των συντεταγμένων των δύο συστημάτων:

$$\tau = \beta \left(t - \frac{v}{V^2} x \right)$$

$$\xi = \beta (x - vt)$$

$$\eta = y$$

$$\zeta = z, \quad \text{όπου } \beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}}$$

Εύκολα προκύπτει ότι η σχέση $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ συνεπάγεται τη σχέση $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = c^2 \tau^2$. Έτσι έδειξε ότι η αρχή της σταθερότητας του φωτός μέσω αυτών των μετασχηματισμών είναι συμβατή με την αρχή της σχετικότητας.

Διαστολή του χρόνου- Συστολή του μήκους

Στη συνέχεια εφαρμόζει τις εξισώσεις μετασχηματισμών σε στερεά σώματα και ρολόγια τα οποία κινούνται, αποκαλύπτοντας έτσι τις παράδοξες συνέπειες της σχετικότητας. Τη διαστολή του χρόνου και τη συστολή του μήκους.

Στην ανάλυσή του θεωρεί σφαίρα ακτίνας R κινούμενη ομοιόμορφα στον άξονα X με ταχύτητα v και δείχνει ότι η διάσταση x της σφαίρας όπως την αντιλαμβάνεται παρατηρητής στο σύστημα ηρεμίας συστέλλεται κατά $\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^2}}$, ενώ οι διαστάσεις στους άλλους

$$\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^2}}$$

άξονες δεν μεταβάλλονται. Δηλαδή οδηγείτε στην υπόθεση συστολής του Λόρεντζ.

Αντίστοιχα έδειξε ότι ο ρυθμός του κινούμενου ρολογιού θεωρούμενου από το σύστημα ηρεμίας είναι βραδύτερος. Αν το ρολόι στο σύστημα ηρεμίας δείχνει χρόνο t , τότε στο

κινούμενο με ταχύτητα v σύστημα θα δείχνει $\tau = t \sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^2} = t - \left(1 - \sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^2}\right)t$, δηλαδή

θα είναι βραδύτερο κατά $\left(1 - \sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^2}\right)t$.

Γενικεύοντας το παραπάνω αποτέλεσμα για κίνηση με ταχύτητα v σε συνεχή καμπύλη, συμπεραίνει τη διαστολή του χρόνου ως εξής: Αν σε σημείο A ενός συστήματος ηρεμίας τοποθετηθούν δύο συγχρονισμένα ρολόγια και στη συνέχεια το ένα από αυτά κινηθεί κατά μήκος μιας κλειστής καμπύλης με ταχύτητα v για χρόνο t sec και επιστρέψει στο σημείο A ,

τότε θα είναι πίσω κατά $\frac{1}{2}t\left(\frac{v}{V}\right)^2$ από το πρώτο ρολόι.

Ηλεκτροδυναμική

Στην ενότητα αυτή ο Αϊνστάιν συνέδεσε όλα τα προηγούμενα με την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων, δικαιολογώντας έτσι τον τίτλο του άρθρου του.

Σύμφωνα με την αρχή της σχετικότητας, αν οι εξισώσεις του Μάξγουελ ισχύουν στο κενό πρέπει να ισχύουν και στο κινούμενο σύστημα. Βάσει αυτού καταλήγει στις εξισώσεις που

πρέπει να ικανοποιούν τα διανύσματα της ηλεκτρικής και της μαγνητικής δύναμης και στη συνέχεια διατυπώνει την αρχή Doppler και το νόμο της αποπλάνησης του φωτός.

Αυτό που έδειξε είναι ότι η ενέργεια E του φωτός που περικλείεται στον όγκο σφαίρας σε σύστημα ηρεμίας και η ενέργεια E' που περικλείεται στον όγκο της παραπάνω σφαίρας όταν κινείται με ταχύτητα v (πλέον η σφαίρα είναι ελλειψοειδής), συνδέονται με τη σχέση

$$\frac{E'}{E} = \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}}$$

Άρα η ενέργεια και κατ' επέκταση η συχνότητα των φωτεινών ακτίνων μεταβάλλονται.

Το επόμενο βήμα ήταν οι εξισώσεις μετασχηματισμού της ενέργειας των φωτεινών ακτίνων και η διατύπωση της θεωρίας της πίεσης του φωτός ασκούμενη σε τέλειους καθρέπτες, δηλαδή σε ανακλώσες επιφάνειες. Η ανάλυση που παρουσίασε επιτρέπει την αναγωγή όλων των προβλημάτων της οπτικής κινουμένων σωμάτων σε προβλήματα οπτικής σωμάτων σε ηρεμία.

Στη συνέχεια μελετάει τις εξισώσεις των Μάξγουελ-Χερτζ λαμβάνοντας υπόψη τα ρεύματα μεταφοράς. Εφαρμόζοντας τους μετασχηματισμούς του στο διάνυσμα της ταχύτητας (u_x , u_y , u_z) των ηλεκτρικών φορτίων δείχνει ότι η ηλεκτροδυναμική θεμελίωση της θεωρίας του Λόρεντζ για τη ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων είναι σε συμφωνία με την αρχή της σχετικότητας.

Ο Αϊνστάιν κλείνει το άρθρο του "Για την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων" παρουσιάζοντας τις βασικές σχέσεις που διέπουν την κίνηση και απαριθμώντας τα χαρακτηριστικά αυτής της κίνησης.

3.1.2. Εξαρτάται η αδράνεια ενός σώματος από την ενέργειά του; (Einstein, 2006).

Η ειδική θεωρία ολοκληρώθηκε με τα συμπεράσματα του Αϊνστάιν σχετικά με την αναπόδραστη σχέση μάζας και ενέργειας., τα οποία δημοσίευσε μερικές εβδομάδες αργότερα στο τρισέλιδο άρθρο του με τίτλο "Εξαρτάται η αδράνεια ενός σώματος από την ενέργειά του; "

Στο άρθρο αυτό αναλύει το φαινόμενο της εκπομπής φωτεινών κυμάτων από ένα υλικό σώματιο. Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας και της ορμής (σύμφωνες με τη σχετικότητα) και τους μετασχηματισμούς του, έδειξε ότι η μάζα ηρεμίας του σώματος μετά την εκπομπή των φωτεινών κυμάτων θα είναι μικρότερη από την αρχική. Έτσι οδηγείτε στο συμπέρασμα ότι *η μάζα ενός σώματος είναι ένα μέτρο του ενεργειακού του περιεχομένου.*

Συγκεκριμένα κατέληξε στην εξίσωση $K_0 - K_1 = \frac{L}{V^2} \frac{v^2}{2}$, όπου $K_0 - K_1$ είναι η μείωση της κινητικής ενέργειας του σώματος ως προς το κινούμενο σύστημα αναφοράς λόγω της εκπομπής του φωτός. Από την παραπάνω εξίσωση συμπεραίνει ότι

...αν ένα σώμα εκπέμπει ενέργεια L υπό μορφή ακτινοβολίας, η μάζα του μειώνεται κατά $\frac{L}{V^2}$.

(Einstein, 2006, σσ.152)

Αλλάζοντας τους παραπάνω συμβολισμούς έχουμε την πολύ γνωστή εξίσωση $E = mc^2$, η οποία συνδέει την ύλη με την ενέργεια

Ο Αϊνστάιν επισημαίνει ότι η παραπάνω θεωρία μπορεί να ελεγχθεί αν χρησιμοποιηθούν σώματα με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, όπως π.χ. τα άλατα ραδίου.

...αν η θεωρία συμφωνεί με τα γεγονότα, τότε η ακτινοβολία μεταφέρει αδράνεια μεταξύ των σωμάτων που εκπέμπουν και των σωμάτων που απορροφούν (Einstein, 2006, σσ.152)

Ο Αϊνστάιν σε γράμμα του προς τον συμφοιτητή του Κόνραντ Χάμπιχτ περιέγραψε τον παραπάνω συλλογισμό του ως διασκεδαστικό και σαγηνευτικό, τέτοιο ώστε ο Κύριος θα μπορούσε να τον θεωρεί για γέλια και να με σέρνει από τη μύτη (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006. σσ. xxvι).

3.2. Η δημιουργία της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας και η σημασία της

Κάθε νέα ιδέα σύμφωνα με τον Αϊνστάιν έρχεται αναπάντεχα με έναν διαισθητικό τρόπο, ωστόσο συμπληρώνει ότι *η διαίσθηση δεν είναι τίποτε άλλο από την έκφραση προγενέστερης διανοητικής εμπειρίας.* (Isaacson, 2018. σσ.113). Το ίδιο συνέβη και με την ειδική θεωρία της

σχετικότητα. Η ανακάλυψή της βασίστηκε σε μια διαισθητική ιδέα σχετιζόμενη με διανοητικές και προσωπικές εμπειρίες πολλών ετών. Σύμφωνα με τον Isaacson (2018) η ιδέα είχε να κάνει με το γεγονός ότι ο Αϊνστάιν γνώριζε και είχε κατανοήσει βαθιά τη θεωρητική φυσική, με την ικανότητά του να "διεξάγει" νοητικά πειράματα, με τον σκεπτικισμό του ως αποτέλεσμα των επιρροών που δέχτηκε από τις φιλοσοφικές ιδέες του Μαχ και του Χιούμ, με τον επαναστατικό του χαρακτήρα και την προθυμία του να αμφισβητεί θεσμούς και εξουσία και με το τεχνολογικό υπόβαθρο της ζωής του.

Στις αυτοβιογραφικές σημειώσεις του Αϊνστάιν μπορούμε να δούμε πώς περιγράφει τη σύλληψη της θεωρίας της σχετικότητας, όπως την έβλεπε εκ των υστέρων στην ηλικία των εξήντα επτά ετών. Όπως αναφέρει, στην περίοδο που τον απασχολούσαν τα προβλήματα του ηλεκτρομαγνητισμού είχε ήδη κατανοήσει ότι η Μηχανική δεν διεκδικούσε την απόλυτη εγκυρότητα και ότι κάθε προσπάθεια για την ανακάλυψη των φυσικών νόμων μέσω εμπειρικών δεδομένων ήταν καταδικασμένη. Επηρεασμένος από τη γενική αρχή της θερμοδυναμικής (το θεώρημα περί της μη ύπαρξης του αεικινήτου) αναζήτησε μια καθολική αρχή, μια θεωρία βασισμένη σε απλά αξιώματα και όπως αναφέρει την ανακάλυψε μέσα από ένα νοητικό πείραμα στην ηλικία των 16 ετών. Αναρωτήθηκε τι θα συνέβαινε αν ακολουθούσε μια ακτίνα φωτός κινούμενος με την ταχύτητα του φωτός. (Einstein, 2006)

Το παράδοξο του συλλογισμού του βρίσκεται στο ότι θα αντιλαμβάνονταν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ως παγωμένο στάσιμο κύμα κάτι που δεν παρατηρείται και δεν προβλέπεται από τις εξισώσεις του Μάξγουελ. Για τον Αϊνστάιν ήταν διαισθητικά σαφές ότι οι νόμοι που διέπουν τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα θα έπρεπε να είναι οι ίδιοι σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Και ότι η ταχύτητα του φωτός όπως υπολογίζεται από τις εξισώσεις του Μάξγουελ θα έπρεπε να είναι ίδια και για τον κινούμενο με την ταχύτητα του φωτός παρατηρητή, αλλά και για έναν ακίνητο ως προς τη Γη παρατηρητή. Άρα, ή οι εξισώσεις του Μάξγουελ δεν ήταν σωστές ή δεν γίνεται ένα υλικό σώμα να αποκτήσει την ταχύτητα του φωτός. (Einstein, 2006)

Το πείραμα σύμφωνα με τον Αϊνστάιν (Einstein, 2006) εμπειρείχε τον σπόρο της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας και αποτέλεσε την αφετηρία στο δρόμο προς την ανακάλυψή της. Το παράδοξο του πειράματος αποκάλυπτε την αντίφαση μεταξύ του νόμου της πρόσθεσης των ταχυτήτων του Γαλιλαίου και της σταθερής ταχύτητας του φωτός και προβλημάτισε τον

Αϊνστάιν για πολλά χρόνια οδηγώντας τον τελικά στην ανατρεπτική επανερμηνεία της θεμελιώδους έννοιας του χρόνου.

Ένα άλλο σημείο το οποίο προβληματίζε τον Αϊνστάιν ήταν η πολυπλοκότητα της ηλεκτροδυναμικής και ο επιτηδευμένος χαρακτήρας της ερμηνείας των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων. Στην εισαγωγή του άρθρου του αναφέρθηκε στην αδικαιολόγητη ασυμμετρία ανάμεσα στις δύο ερμηνείες του φαινομένου της ηλεκτροδυναμικής αλληλεπίδρασης ενός μαγνήτη και ενός αγωγού. Στα πλαίσια της κλασικής ηλεκτροδυναμικής οι δύο παρατηρητές θα ερμήνευαν το ίδιο φαινόμενο με διαφορετικό τρόπο καθώς η μία ερμηνεία θα αναφερόταν σε ηλεκτρικές δυνάμεις και η άλλη σε μαγνητικές. Ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις ο αγωγός θα διαρρέονταν από το ίδιο ρεύμα. Αυτό που για τους υπόλοιπους επιστήμονες θα ήταν μια απλή σύμπτωση για τον Αϊνστάιν ήταν η επιβεβαίωση της αρχής της σχετικότητας. Σύμφωνα με τον ίδιο, η περιγραφή του φαινομένου θα έπρεπε να είναι απλή, ενιαία και να αφορά μόνο στη σχετική ταχύτητα μεταξύ αγωγού και μαγνήτη έτσι ώστε και οι δύο περιπτώσεις να καλύπτονται με τον ίδιο υπολογισμό. (Einstein, 2006)

Η θεωρία του Αϊνστάιν στηρίχτηκε κυρίως στην παραγωγική μέθοδο. Ο σκοπός του δεν ήταν να εξηγήσει τα εμπειρικά δεδομένα, αυτό που αναζητούσε ήταν τις θεμελιώδεις αρχές πάνω στις οποίες θα στήριζε τη θεωρία του. Όπως ο ίδιος αναφέρει, είχε την ικανότητα να διαισθάνεται μέσα σε ένα μεγάλο πλήθος εμπειρικών δεδομένων εκείνο που θα οδηγούσε τη σκέψη του σε βάθος και να εστιάζει σε αυτό. Στην περίπτωση της ειδικής θεωρίας ήταν δύο φαινομενικά συγκρουόμενες παραδοχές. Η αρχή της σχετικότητας και η αρχή της σταθερότητας του φωτός. (Einstein, 2006).

Η αφετηρία του προβληματισμού του ήταν μια κριτική ανάλυση της έννοιας του ταυτοχρονισμού και προκλήθηκε από τη σύγκρουση μεταξύ των νευτώνειων αντιλήψεων περί της ακαριαίας δράσης από απόσταση και των αντιλήψεων του Φαραντέι περί της δράσης με πεπερασμένη ταχύτητα. Ο Αϊνστάιν διαπίστωσε ότι η παραδοχή μιας δράσης με άπειρη ταχύτητα διάδοσης ήταν σύμφωνη με την έννοια του ταυτοχρονισμού, όχι όμως και η ύπαρξη μια δράσης με πεπερασμένη ταχύτητα διάδοσης. Η διαπίστωση αυτή αποκάλυψε τη σχετικότητα της έννοιας του ταυτοχρονισμού: Δυο συμβάντα ταυτόχρονα σε ένα αδρανειακό σύστημα δεν είναι κατ' ανάγκη ταυτόχρονα και σε άλλα αδρανειακά συστήματα. Επιπλέον, φανέρωσε ότι η σύγκρουση των δύο αρχών (η αρχή της σχετικότητας και η αρχή

της σταθερότητας του φωτός) ήταν φαινομενική και σχετίζονταν με τη φύση του χρόνου. Αυτές οι αρχές αποτέλεσαν τα θεμέλια της θεωρίας του Αϊνστάιν. Από αυτές προέκυψε μια απλή ηλεκτροδυναμική θεωρία των κινουμένων σωμάτων, χωρίς ασάφειες και αντιφάσεις, η οποία οδήγησε στους μετασχηματισμούς του Λόρεντζ με φανερή πλέον τη φυσική τους σημασία: Οι μετασχηματισμοί Λόρεντζ απέδιδαν τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών αδρανειακών συστημάτων έτσι ώστε οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής να υπακούουν στην αρχή της σχετικότητας και η ταχύτητα του φωτός να είναι σταθερή σε κάθε αδρανειακό σύστημα αναφοράς. (Bernstein, 1995· Langevin, 1977· Powers, 2016).

Η συνειδητοποίηση της σχετικότητας του ταυτοχρονισμού οδήγησε στην αναθεώρηση των εννοιών του χώρου και του χρόνου. Εφόσον κάθε μέτρηση μήκους απαιτεί τον ταυτόχρονο προσδιορισμό των θέσεων των δύο άκρων ενός μετρήσιμου αντικειμένου, προκύπτει ως λογική συνέπεια η σχετικότητα του μήκους. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Η εφαρμογή της σχετικότητας στη μηχανική επέβαλλε μια ριζική ανατροπή του απόλυτου χωροχρονικού πλαισίου με επαναστατικές συνέπειες όπως:

- Τη διαστολή του χρόνου, ότι δηλαδή για έναν ακίνητο παρατηρητή ένα κινούμενο ρολόι καταγράφει χρονικό διάστημα μεγαλύτερο κατά έναν παράγοντα γ^{-1} .
- Τη συστολή του μήκους των κινουμένων σωμάτων στη διεύθυνση της κίνησής τους κατά έναν παράγοντα γ .
- Την εξάρτηση της μάζας (αδρανειακής) ενός κινούμενου σώματος από την ταχύτητά του
- Την ύπαρξη μιας οριακής ταχύτητας οποιασδήποτε αλληλεπίδρασης ($v \leq c$).
- Την απόρριψη του απόλυτου χωροχρονικού πλαισίου και του αιθέρα.

Η διαστολή του χρόνου και η συστολή του μήκους σύμφωνα με τον Αϊνστάιν (Einstein 2006) δεν είναι το αποτέλεσμα κάποιων ειδικών δυνάμεων όπως στη θεωρία του Λόρεντζ, αλλά αποτελούν θεμελιώδεις ιδιότητες του χώρου και του χρόνου οι οποίες σχετίζονται με την κίνηση.

Η θεωρία της σχετικότητας αποτέλεσε έναν σύνδεσμο ανάμεσα στο παρελθόν της φυσικής και στο μέλλον της. Καθόρισε τα όρια ισχύος της κλασικής φυσικής, ερμήνευσε με σαφήνεια

τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα, διευκόλυνε την ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων και επέτρεψε την πρόβλεψη νέων φαινομένων. (Langevin, 1977).

Ο τρόπος με τον οποίον ενοποίησε τις έννοιες του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού και εξήγησε τις παρατηρούμενες ασυμμετρίες είναι εντυπωσιακός. Ο Αϊνστάιν έδειξε ότι οι παραπάνω έννοιες αποτελούν δύο διαφορετικές όψεις του ίδιου φαινομένου και ένας παρατηρητής ανάλογα με την ταχύτητα που έχει ως προς το φορτίο θα παρατηρεί κάθε φορά μία από τις δύο όψεις του. Όπως αναφέρει στο άρθρο του

...αν ένα μοναδιαίο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο κινείται μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, τότε η ασκούμενη σε αυτό δύναμη ισούται με την ηλεκτρική δύναμη στη θέση του μοναδιαίου φορτίου, η οποία λαμβάνεται μετασχηματίζοντας το πεδίο σε ένα σύστημα συντεταγμένων που ηρεμεί ως προς το μοναδιαίο φορτίο. (Einstein, 2006, σσ.134).

Επίσης

..η ηλεκτρεγερτική δύναμη παίζει μόνο το ρόλο μιας βοηθητικής έννοιας που οφείλει την εισαγωγή της στο ότι οι ηλεκτρικές και οι μαγνητικές δυνάμεις δεν υπάρχουν ανεξάρτητα από την κατάσταση κίνησης του συστήματος συντεταγμένων. Είναι επίσης φανερό ότι η ασυμμετρία στην αντιμετώπιση των ρευμάτων, που προέρχονται από τη σχετική κίνηση ενός μαγνήτη και ενός αγωγού - όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή- εξαφανίζεται. Επιπλέον ερωτήματα για την προέλευση των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων χάνουν το νόημά τους. (Einstein, 2006.σσ.134).

Σχετικά με το δεύτερο άρθρο του, ο Αϊνστάιν απέδειξε ότι η μάζα ενός κινούμενου υλικού σώματος μεταβάλλεται. Αυτό ανέτρεψε τις νευτώνειες αντιλήψεις που ήθελαν τη μάζα ενός σώματος να αποτελεί την ποσότητα της ύλης του. Ο Αϊνστάιν αναφέρεται στην αδρανειακή μάζα, έτσι ώστε αν σε ένα σώμα που κινείται ασκηθεί μια συγκεκριμένη δύναμη, τότε όσο αυξάνει η ταχύτητα του σώματος τόσο λιγότερο θα μπορεί η ίδια δύναμη να το επιταχύνει. Υποθέτοντας ότι η ταχύτητα του σώματος πλησιάζει τη ταχύτητα του φωτός τότε η μάζα του θα απειριστεί, άρα θα απειριστεί και η απαιτούμενη δύναμη για την αύξηση αυτής της ταχύτητας. Το παραπάνω αδιέξοδο αποκαλύπτει το γεγονός ότι πράγματι η ταχύτητα του φωτός αποτελεί ένα ανώτατο όριο. (Bernstein, 1995)

Η εξίσωση $E = mc^2$ δεν απέκλεισε το γεγονός ένα σώμα (χωρίς περιορισμό στο είδος της μάζας του) κάτω από κατάλληλες προϋποθέσεις να μπορεί να εκπέμψει ενέργεια E την οποία θα δημιουργήσει από τη δική του μάζα, ίση με έλλειμμα μάζας κατά το ποσό m . Η θεωρία

Διπλωματική Εργασία 52

επιβεβαιώθηκε με πολλά πειράματα στα οποία η ύλη μετατρέπεται πλήρως σε ενέργεια και τελικά μηδενίζεται, όπως στην ένωση ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου. Τα παραπάνω σωματίδια έχουν μάζες ηρεμίας m_0 και μετά την ένωσή τους αποσυντίθεται αναδύοντας δύο ακτίνες γάμμα με ενέργεια m_0c^2 η κάθε μία. (Feynmann, 2010)

Επιπλέον έδωσε για πρώτη φορά τη λύση στο πρόβλημα της πηγής της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή στο γεγονός ότι ο ήλιος για δισεκατομμύρια χρόνια ακτινοβολεί θερμότητα και φως με την ίδια ένταση. Η απάντηση βρίσκεται στον παράγοντα c^2 . Όσο μικρή και αν είναι η ποσότητα μάζας που χάνει ο ήλιος μετατρέπεται σε μια πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας ίση με mc^2 , η οποία καθορίζεται από την εξίσωση του Αϊνστάιν. (Φρανκ, 1978)

Η δυναμική της εξίσωσης $E = mc^2$ στο χώρο της πυρηνικής φυσικής ήταν εντυπωσιακή. Η δυνατότητα μετατροπής της ύλης σε ενέργεια οδήγησε στην ανακάλυψη της πυρηνικής ενέργειας και σαράντα χρόνια αργότερα οδήγησε στην αξιοποίησή της, επηρεάζοντας σημαντικά στην έκβαση του Β' Παγκόσμιου Πολέμου. (Φρανκ, 1978)

Το 1907 ο Αϊνστάιν παρουσίασε την εξίσωση στη μορφή $E = \gamma mc^2$ (με σημερινούς

συμβολισμούς) όπου $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$, για να συμπεριλάβει και τις περιπτώσεις που η μάζα

κινείται με ταχύτητα v . (Bodanis, 2003)

3.3. Φιλοσοφικές καταβολές της σχετικότητας

Η φιλοσοφία του Αϊνστάιν αν και πολύπλοκη είναι φανερή στα επιστημονικά του έργα και αποτυπώνεται στους στοχασμούς του σχετικά με τα θεμελιώδη ζητήματα της φυσικής και τους τρόπους προσέγγισής τους. Το καθήκον της φιλοσοφίας σύμφωνα με τον Καντ ορίζεται μέσω τριών ερωτημάτων. " *Τι μπορούμε να γνωρίζουμε, Τι οφείλουμε να κάνουμε; Τι επιτρέπεται να ελπίζουμε;*" Ο Αϊνστάιν ασχολήθηκε συστηματικά και εκφράστηκε σχετικά με το πρώτο ερώτημα αλλά δεν περιορίστηκε μόνο σε αυτό. Στη διάρκεια της ζωής του εκφράστηκε με σαφήνεια πάνω σε ουσιαστικές φιλοσοφικές ιδέες άμεσα σχετιζόμενες με την ηθική και πνευματική του υπόσταση, οι οποίες με φανερό τρόπο κατηύθυναν τις επιλογές του και καθόρισαν μέρος του πεπρωμένου του. (Ponty, 1995).

Ο Αϊνστάιν ασχολήθηκε ιδιαίτερα με αυτό που σήμερα ονομάζουμε επιστημολογία, δηλαδή με τη φύση της επιστημονικής γνώσης και τον τρόπο με τον οποίο παράγεται. Όπως θα δούμε στη συνέχεια η φιλοσοφική του πορεία είχε αφετηρία τον εμπειριοκριτικισμό του Μαχ, ωστόσο σταδιακά άρχισε να διαφοροποιείται.

Από την ηλικία των 12 ετών ήρθε σε επαφή με τη φιλοσοφία μελετώντας το δυσνόητο για τους περισσότερους έργο του Γερμανού φιλόσοφου Ιμμάνουελ Καντ (Immanuel Kant) "*Η κριτική του καθαρού λόγου*". Με αφορμή το συγκεκριμένο έργο άρχισε να μελετάει τον Χιουμ και τον Έρνστ Μαχ και να εμβαθύνει στην αντικειμενικότητα της πραγματικότητας. (Isaacson, 2018)

Όπως ο ίδιος αναφέρει (Einstein, 2006) επηρεάστηκε σημαντικά από τον Σκωτσέζο εμπειριστή φιλόσοφο Ντέιβιντ Χιουμ (David Hum) με το έργο του *Πραγματεία για την ανθρώπινη φύση (Treatise of Human Nature)*.

Ο Χιουμ ήταν σκεπτικιστής απέναντι σε κάθε γνώση που δεν γίνεται αντιληπτή από τις αισθήσεις, ακόμα και στους φαινομενικούς νόμους της αιτιότητας. Πίστευε ότι η έννοια της αιτιότητας δεν συνάγεται με λογικούς τρόπους από την αντίληψη της εμπειρίας και ότι η τάση του ανθρώπου να στηρίζεται στην εμπειρία και να σκέφτεται επαγωγικά εδράζεται στην ίδια τη φύση του. Συγκεκριμένα υποστήριξε ότι κάθε σταθερή σύζευξη γεγονότων που αφορούν στο παρελθόν προβάλλεται στο μέλλον λόγω ψυχολογικής συνήθειας.. Ο σκεπτικισμός του Χιουμ αφορούσε και στην έννοια του χρόνου ως απόλυτη ύπαρξη ανεξάρτητη από τις παρατηρήσιμες κινήσεις. Η ιδέα αυτή αντικατοπτρίζεται στη θεωρία της σχετικότητας με τον τρόπο που την κατανόησε ο Αϊνστάιν όταν συνειδητοποίησε τη δυσκολία περιγραφής εννοιών που δεν ορίζονται με αισθητήριες παρατηρήσεις.(Isaacson, 2018· Losee, 2001)).

Μια εκδοχή των παραπάνω φιλοσοφικών θέσεων ονομάστηκε θετικισμός και εκφράστηκε με τον Γάλλο φιλόσοφο Ογκύστ Κοντ (Auguste Comte) στις αρχές του 19ου αιώνα. Ο Αϊνστάιν αναφέρει ότι η θεωρία της σχετικότητας προέκυψε από τον θετικισμό. (Isaacson, 2018).

Μορφή του θετικισμού ήταν το φιλοσοφικό ρεύμα του εμπειριοκριτικισμού με βασικό εκπρόσωπο τον Έρνστ Μαχ. Ο Μαχ ήταν εκείνος που με τόλμη ανέλυσε τις νευτώνειες προϋποθέσεις και άσκησε κριτική σε οποιαδήποτε "μεταφυσική" έννοια, και δη στην έννοια του απόλυτου χώρου. Το έργο του Μαχ δεν αποσκοπούσε στην αναίρεση των νευτώνειων

νόμων αλλά στην προσέγγιση των νόμων μέσω μιας αντιμεταφυσικής θεώρησης. Χωρίς να το γνωρίζει, ο Μαχ επηρέασε τον τρόπο σκέψης όχι μόνο στη φυσική και στη φιλοσοφία αλλά σε πολλά άλλα επιστημονικά πεδία. Όπως χαρακτηριστικά είπε ο Αϊνστάιν, *ακόμα και όσοι θεωρούν ότι είναι αντίπαλοι του Μαχ εμφορούνται βαθιά από πολλές απόψεις του χωρίς καν να το γνωρίζουν, σαν να τις είχαν δεχτεί μαζί με το μητρικό τους γάλα.* (Παπαδόπουλος, 2000, σελ. 26). Εξάλλου, τα προβλήματα της φυσικής του 19ου αιώνα, δηλαδή τα προβλήματα που προέκυψαν από την προσπάθεια ερμηνείας των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων μέσω μηχανιστικής σκέψης οδήγησαν σε θεωρίες και υποθέσεις χωρίς επιστημονική υπόσταση. Αυτό βοήθησε στην αποδοχή της νέας φιλοσοφικής τάσης που εξέφραζε ο Μαχ. (Παπαδόπουλος, 2000)

Ο Αϊνστάιν στις αυτοβιογραφικές σημειώσεις του (Einstein, 2006) αναφέρει ότι είχε μελετήσει σε βάθος τα έργα του Μαχ, κυρίως την "Επιστήμη της Μηχανικής" και ότι αυτό επέδρασε καταλυτικά στον τρόπο σκέψης του. Τα χαρακτηριστικά του Μαχ τα οποία εξήρε περισσότερο ήταν ο αδιάβλητος σκεπτικισμός του και η ανεξαρτησία του. Την περίοδο των σπουδών του τον είχε εντυπωσιάσει και η επιστημολογική θέση του Μαχ, όχι όμως και στην ηλικία των 70 ετών που έγραφε το συγκεκριμένο αυτοβιογραφικό κείμενο. Τότε έβρισκε την επιστημολογική στάση του εντελώς αβάσιμη. Θεωρούσε ότι δεν ήταν σε θέση να φωτίσει με σωστό τρόπο τον υποθετικό και δημιουργικό χαρακτήρα της σκέψης επικρίνοντας έτσι τις θεωρίες στα σημεία που αυτός εκδηλώνεται, όπως για παράδειγμα στην κινητική ατομική θεωρία..

Στο άρθρο του Αϊνστάιν εντοπίζονται επιρροές διαφορετικών τρόπων σκέψης, κάτι απολύτως λογικό καθώς πρόκειται για ένα σημαντικά πρωτότυπο έργο ενός νέου θεωρητικού επιστήμονα. (Παπαδόπουλος, 2000). Ο ίδιος αναγνώρισε την επίδραση που είχαν στην ανάπτυξη της θεωρίας του η μελέτη των έργων του Χιουμ, του Πουανκαρέ και του Μαχ.

Την επιρροή του Μαχ τη διαπιστώνουμε από την αρχή του άρθρου του Αϊνστάιν. Όπως αναφέρει, οι προτάσεις της θεωρίας του όπως και κάθε ηλεκτροδυναμικής θεωρίας έχουν να κάνουν με τις σχέσεις ανάμεσα σε άκαμπτα σώματα (συστήματα συντεταγμένων), ρολόγια και ηλεκτρομαγνητικές διαδικασίες. Αυτό που τονίζει είναι ότι η ελλιπής κατανόηση του παραπάνω γεγονότος αποτελεί τη βάση όλων των προβλημάτων στην ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων. Δηλαδή από την αρχή του άρθρου του υποστηρίζει ότι για να

κατανοηθούν τα προβλήματα της φυσικής επιβάλλεται μια επιστημολογική ανάλυση των θεμελιωδών εννοιών του χώρου και του χρόνου. (Παπαδόπουλος, 2000). Επίσης αντιλαμβάνεται την πραγματικότητα (συμβάντα) όπως αυτή αποκαλύπτεται μέσω των αισθήσεων. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει στο άρθρο του *...Ο χρόνος ενός συμβάντος είναι η σύγχρονη ανάγνωση ενός ρολογιού που ηρεμεί στη θέση του συμβάντος...* (Einstein, 2006. σσ. 118). Επομένως ο χρόνος ενός συμβάντος αποκτά νόημα όταν γίνεται αντιληπτός εμπειρικά μέσω της ένδειξης ενός ρολογιού που βρίσκεται στο ίδιο μέρος και ο τόπος του συμβάντος αποκτά νόημα όταν επίσης γίνεται αντιληπτός με τις αισθήσεις μέσω μετρικών ράβδων που υπάρχουν στο ίδιο μέρος και στον ίδιο χρόνο. (Παπαδόπουλος, 2000).

Στο άρθρο του Αϊνστάιν παρατηρούνται και αντιφατικές με αυτή του Μαχ τάσεις, οι οποίες υπονοούν ότι τελικά η πραγματικότητα δεν είναι ταυτόσημη με τα συμβάντα. Εξάλλου, η ειδική δέχεται αξιωματικά ως αυταπόδεικτα δύο γεγονότα τα οποία δεν επιβεβαιώνονται εμπειρικά. Το γεγονός ότι οι νόμοι της φυσικής παραμένουν αναλλοίωτοι και ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή. Ωστόσο, ο Αϊνστάιν διατεινόταν ότι η αφετηρία της σχετικότητας βρίσκονταν στα άμεσα εμπειρικά δεδομένα. Συγκεκριμένα σε μια διάλεξή του το 1921 ανέφερε ότι η εγκατάλειψη κάποιων εννοιών που σχετίζονται με τον χρόνο, το χώρο και την κίνηση δεν είναι αυθαίρετη αλλά απορρέει από παρατηρούμενα συμβάντα. (Παπαδόπουλος, 2000).

Η θεωρία της σχετικότητας αγκαλιάστηκε από όλες τις ομάδες που θεωρούσαν ότι είναι οι φιλοσοφικοί κληρονόμοι του Μαχ. Αναφερόμαστε κυρίως στον Κύκλο της Βιέννης, μια ομάδα νεοθετικιστών με συντονισμένη λειτουργία από το 1920 μέχρι το 1936, αλλά και από τους προκατόχους του κύκλου (όπως ο Philipp Frank, βιογράφος του Αϊνστάιν) και τους οπαδούς της. Η διακήρυξη του Κύκλου της Βιέννης, η οποία δημοσιεύτηκε το 1929 κλείνει με το όνομα του Αϊνστάιν και άλλων επιστημόνων οι οποίοι αναφέρονται ως "Ηγετικές προσωπικότητες της επιστημονικής κοσμοαντίληψης". (Ρουσόπουλος, 2010).

Μετά τη διατύπωση της ειδικής θεωρίας ο Αϊνστάιν άρχισε να αντιμετωπίζει με αυστηρότητα την επιστημολογική προτεραιότητα που έδινε ο Μαχ στο πείραμα και δη στην αισθητηριακή εμπειρία. Αυτό γίνεται φανερό με τη στάση που κράτησε όταν έμαθε για τα αποτελέσματα των πειραμάτων Κάουφμαν. Πρόκειται για μια σειρά πειραμάτων που ξεκίνησαν το 1901 από τον Γερμανό φυσικό Κάουφμαν (Walter Kaufmann) προκειμένου να

διαπιστωθεί αν στη διαδικασία επιτάχυνσης των ηλεκτρονίων θα μεγάλωνε η όχι η αδρανειακή τους μάζα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του Κάουφμαν τα οποία ανακοινώθηκαν το 1906 στο περιοδικό *Annalen der Physik*, έδειξαν να μην συμφωνούν ούτε με τις προβλέψεις της θεωρίας του Λόρεντζ, αλλά ούτε και με τις προβλέψεις του Αϊνστάιν. Όταν ο Λόρεντζ ενημερώθηκε για τα αποτελέσματα των πειραμάτων έγραψε συντετριμμένος στον Πουανκαρέ ότι η θεωρία του δεν επιβεβαιώνεται πειραματικά και γι' αυτό πρέπει να την εγκαταλείψει.(Miller, 2002). Η αντίδραση του Αϊνστάιν ήταν πολύ διαφορετική και φανέρωσε την ιδιαίτερη επιστημονική στάση του. Ο Αϊνστάιν παραδέχτηκε ότι δύο άλλες θεωρίες, αυτές των Max Abraham και Alfred Bucherer, ήταν πιο κοντά στα αποτελέσματα του Κάουφμαν, ωστόσο αρνήθηκε να αφήσει τα πειραματικά δεδομένα να αποφασίσουν για την ορθότητα της θεωρίας του. Ήταν προτιμότερο για τον ίδιο, μια θεωρία να μην συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα, από τα να βασίζεται σε ad hoc υποθέσεις, κάτι που θεωρούσε απαράδεκτο. (Bernstein, 1995· Παπαδόπουλος, 2000)

Στην ώριμη ηλικία του ήταν ξεκάθαρη η επιστημολογική θέση του. Όπως αναφέρουν οι Einstein and Infeld (1978, σελ.252): *Η επιστήμη δεν είναι μία συλλογή νόμων, ούτε ένας κατάλογος γεγονότων άσχετων μεταξύ τους. Είναι, μια δημιουργία του ανθρώπινου πνεύματος, με τη βοήθεια ιδεών και εννοιών που επινοεί ελεύθερα. Οι φυσικές θεωρίες προσπαθούν να μορφώσουν μία εικόνα της πραγματικότητας και να την συνδέσουν με τον ευρύ κόσμο των αισθητηριακών εντυπώσεων. Έτσι, τα νοητικά μας δημιουργήματα δικαιώνονται μονάχα αν οι θεωρίες μας δημιουργούν μια τέτοια σύνθεση.*

3.4. Ο Αϊνστάιν και το πείραμα Μάικελσον-Μόρλεϊ

Η περίπτωση της μετάβασης από την κλασική φυσική στη σχετικιστική φυσική κατανοήθηκε από την επιστημονική κοινότητα βάσει της επαγωγικής συλλογιστικής σύμφωνα με την οποία η νέα επιστημονική σκέψη πρέπει να βασίζεται κυρίως σε πειραματικά δεδομένα. Συνέπεια αυτού, για περισσότερα από 50 χρόνια μετά τη δημοσίευση της ειδικής θεωρίας κυριαρχούσε η άποψη ότι η ειδική θεωρία οφείλει τη γέννησή της στο πείραμα των

Μάικελσον- Μόρλεϊ. Η άποψη αυτή αποτέλεσε το θέμα πολλών ιστορικών ερευνών και πλέον έχει καταστεί σαφές ότι η συγκεκριμένη υπόθεση απέχει πολύ από την πραγματικότητα. Ιδιαίτερα κατατοπιστικό πάνω στο θέμα είναι το άρθρο *Einstein, Michelson, and the "Crucial" Experiment* του Αμερικανού φυσικού και ιστορικού της επιστήμης Τζέιμς Χόλτον (Gerald Holton), το οποίο δημοσιεύτηκε το 1969 στο περιοδικό *Isis*, στο πιο έγκυρο περιοδικό της ιστορίας της επιστήμης.

Ο Χόλτον (2006) κατέδειξε με σαφήνεια ότι η παραπάνω υπόθεση αποτελεί έναν μύθο και ότι η ειδική θεωρία δεν διατυπώθηκε κατά κύριο λόγο για να ερμηνεύσει δυσεπίλυτα εμπειρικά προβλήματα, αντίθετα τα κίνητρα του Αϊνστάιν σχετίζονταν με την προσωπικότητά του και τα ιδιοσυγκρασιακά χαρακτηριστικά του.

Συγκεκριμένα αναφέρθηκε στη φράση που περιέχεται στην εισαγωγή της εργασίας του Αϊνστάιν *...παραδείγματα αυτού του είδους ... οδηγούν στην υπόθεση...* και υποστήριξε ότι με τη φράση αυτή ο Αϊνστάιν εξέφρασε μια δυσαρέσκεια κυρίως αισθητικού χαρακτήρα σχετικά με τις παρατηρούμενες ασυμμετρίες στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Και ότι αυτό το στοιχείο του χαρακτήρα του Αϊνστάιν αποτέλεσε έναν από τους κύριους λόγους για τη συγγραφή του άρθρου του. Επιπλέον, υπέθεσε ότι ο Αϊνστάιν είχε υπόψη του και το νοητικό πείραμα με την ακτίνα του φωτός. Πράγματι, και τα δύο παραδείγματα αφορούν σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, είναι δηλαδή πανομοιότυπα από φυσικής άποψης. Στην περίπτωση του πειράματος τα πεδία τα αντιλαμβάνεται ένας κινούμενος παρατηρητής και σχετίζονται με μια ακτίνα φωτός και στην περίπτωση του επαγωγικού φαινομένου ο κινούμενος αγωγός υπόκειται σε αυτά τα πεδία. Συνέπεια αυτών υποστήριξε ότι ο Αϊνστάιν δεν διατύπωσε τη θεωρία του στη βάση των νέων πειραματικών δεδομένων αλλά αφιερώνοντας χρόνο σε νοητικούς συλλογισμούς σχετικά με το φως και την ταχύτητά του και για το τι είναι ή δεν είναι λογικό στο σύμπαν μας. (Holton, 2006)

Στο άρθρο του Αϊνστάιν η μόνη αναφορά σε πειραματικά δεδομένα γίνεται στην ίδια πρόταση με τη φράση που αναφέρθηκε πριν.

...παραδείγματα αυτού του είδους, καθώς και οι ανεπιτυχείς προσπάθειες να ανιχνευθεί μια κίνηση της Γης ως προς το "φωτεινό" μέσο, οδηγούν..., (Einstein, 2006, σσ.115)

Η πρόταση θα μπορούσε θεωρητικά να αναφέρεται στο πείραμα των Μάικελσον-Μόρλει, ωστόσο σύμφωνα με τον Χόλτον (2006) η αναφορά αφενός δεν ήταν ονομαστική και αφετέρου το πείραμα δεν χαρακτηρίζεται ως κρίσιμο.

Το γεγονός ότι στις αυτοβιογραφικές σημειώσεις του Αϊνστάιν δεν γίνεται καμία αναφορά στο συγκεκριμένο πείραμα, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για τον ίδιο τα πειράματα της φυσικής είχαν καθαρά υποστηρικτικό ρόλο καθώς αντιτίθονταν προς κάθε ιδέα της απολυτοκρατικής νευτώνειας φυσικής, όπως στην έννοια του απόλυτου χώρου. (Holton, 2006· Powers, 2016)

Εν κατακλείδι,, οι έρευνες που αφορούσαν στο συγκεκριμένο θέμα έδειξαν ότι ο ρόλος του πειράματος στη γένεση της θεωρίας αποδεικνύεται ασήμαντος. Ακόμα και αν δεν είχε πραγματοποιηθεί το πείραμα ή πράγματι ο Αϊνστάιν δεν το γνώριζε, η θεωρία της σχετικότητας θα ήταν ακριβώς η ίδια. Αυτό δεν σημαίνει ότι το πείραμα ήταν άνευ σημασίας, ούτε ότι δεν συνδέεται έμμεσα με τη θεωρία του Αϊνστάιν. Πρόκειται για ένα ευφυέστατο πείραμα με εκπληκτικά αποτελέσματα το οποίο αποτέλεσε σημείο καμπής για τις μετέπειτα εξελίξεις. Το πείραμα αποδείχτηκε κρίσιμο καθώς συνέβαλε σημαντικά στο να γίνει αποδεκτή η θεωρία της σχετικότητας και αντίστροφα η θεωρία της σχετικότητας παρείχε ένα πλαίσιο ερμηνείας του πειραματικού αποτελέσματος χωρίς *ad hoc* υποθέσεις. (Holton, 2006· Powers, 2016)

3.5. Πρόδρομες θεωρίες της σχετικότητας

Η θέση της θεωρίας της σχετικότητας στο χώρο της επιστήμης και η σχέση της με προγενέστερες επιστημονικές και φιλοσοφικές θεωρίες αποτέλεσαν τον βασικό άξονα προβληματισμού στις ιστορικές έρευνες που αφορούσαν στη δημιουργία της θεωρίας. Ήταν πράγματι η θεωρία του Αϊνστάιν μια ανατρεπτική και πρωτοποριακή θεωρία ή αποτέλεσε τη συνέχεια προγενέστερων ημιτελών θεωριών; (Bernstein, 1995· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις πρόδρομες θεωρίες των Λόρεντζ και Πουανκαρέ. Το όνομα του Λόρεντζ είναι συνυφασμένο με τη διατύπωση μια ομάδας μετασχηματισμών έξω από τα όρια της νευτώνειας φυσικής, οι οποίες περιέχονται στη θεωρία της σχετικότητας. Ο

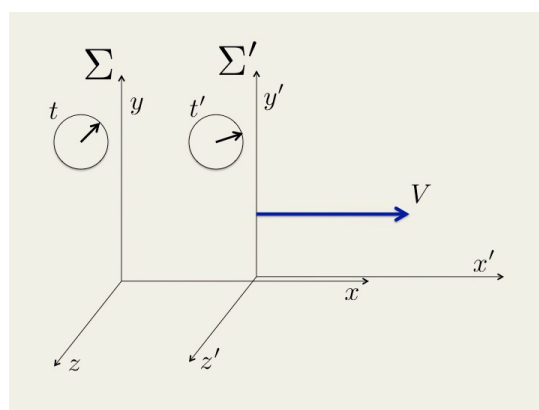
Πουανακάρé πλησίασε όσο κανείς στην ιδέα της σχετικότητας. Στις εργασίες του αναφέρθηκε στη διαδικασία συγχρονισμού των ρολογιών με τον ίδιο τρόπο που την περιέγραψε και ο Αϊνστάιν στη εργασία του.

3.5.1. Θεωρία του Λόρεντζ

Το 1895 ο κορυφαίος Ολλανδός φυσικός Χέντρικ Λόρεντζ (Hendrik Antoon Lorentz) παρουσίασε μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή της ηλεκτροδυναμικής του Μάξγουελ, η οποία βασίστηκε στη θεωρία των κινουμένων φορτίων (αργότερα ονομάστηκαν ηλεκτρόνια). Η θεωρία του εξηγούσε επαρκώς το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων και έδινε μια ικανοποιητική εξήγηση του μηδενικού αποτελέσματος του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλει, αφορούσε όμως μόνο σε φαινόμενα πρώτης τάξης ως προς το λόγο u/c . (Bernstein, 1995).

Στη θεωρία του ο Λόρεντζ διαχώρισε την συνηθισμένη αδρανειακή ύλη από τον αιθέρα. Θεώρησε ότι η αδρανειακή ύλη αποτελείται από φορτισμένα υλικά σωματίδια πεπερασμένων διαστάσεων (μόρια) ενώ ο αιθέρας αποτελεί ένα μη αδρανειακό μέσο το οποίο διαπερνά όλο το χώρο ακόμα και αυτόν που καταλαμβάνουν τα σωματίδια. Οι κινήσεις των φορτισμένων σωματιδίων της ύλης (συγκεκριμένα οι ταλαντώσεις των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό των ατόμων της ύλης) δημιουργούν τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και μέσω αυτών επηρεάζουν τον αιθέρα. Από την άλλη ο αιθέρας επηρεάζει την ύλη επιδρώντας στα φορτισμένα σωματίδια με τις ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις που προέρχονται από τα πεδία, καθορίζοντας την κίνησή τους σύμφωνα με την κινηματική του Νεύτωνα. (Bernstein, 1995· Cushing, 1998· Stachel, 2000· Μπιτσάκης, 2008).

Ο Λόρεντζ δέχτηκε ως αξίωμα τις εξισώσεις του Μάξγουελ και τις μελέτησε αναφορικά με δύο συστήματα συντεταγμένων που βρίσκονται σε σχετική κίνηση. Απέδειξε ότι αν ένα σύστημα Σ' κινείται ως προς ένα σύστημα Σ με σχετική ταχύτητα v στον άξονα x , τότε τα ηλεκτρικά και μαγνητικά



πεδία των δύο συστημάτων συναρτήσκει των αντίστοιχων συντεταγμένων τους (x, t) και (x', t') είναι ίδια, υπό την προϋπόθεση ότι $x' = x - vt$ και $t' = t - vx/c^2$. Στις εξισώσεις του ο

χρόνος t (γενικός χρόνος) αντιστοιχούσε στον πραγματικό χρόνο που μετράται από έναν ακίνητο ως προς τον αιθέρα παρατηρητή, ενώ ο χρόνος t' (τοπικός χρόνος) αποτελούσε έναν μαθηματικό μετασχηματισμό του χρόνου t χωρίς φυσική σημασία. Εφόσον οι εξισώσεις του Μάξγουελ μετά την εισαγωγή του τοπικού χρόνου t' δεν αλλάζουν μορφή, θεώρησε λογικό τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα πρώτης τάξης ως προς το λόγο u/c να μην εξαρτώνται από την κίνηση. Υπό αυτό το πρίσμα η κίνηση της Γης διαμέσου του αιθέρα αναμένονταν ανεξάρτητη της κίνησης, άρα μη ανιχνεύσιμη. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006)

Ωστόσο, οι μετασχηματισμοί του Λόρεντζ μπορούσαν να εφαρμοστούν μόνο σε φαινόμενα πρώτης τάξης του λόγου u/c ενώ η ακρίβεια του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλεϊ ως προς τον ίδιο λόγο ήταν δεύτερης τάξης. Επομένως η ανάλυση του Λόρεντζ δεν επαρκούσε για να εξηγήσει τα πειραματικά αποτελέσματα. Όπως υποστήριξε στη συνέχεια ο Λόρεντζ τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα πρέπει να είναι ανεξάρτητα της κίνησης της Γης για όλες τις τάξεις του λόγου u/c . (Stachel, 2000· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006).

Για να καταφέρει να εξηγήσει το κρίσιμο πείραμα ο Λόρεντζ εισήγαγε την αυθαίρετη υπόθεση ότι τα μήκη των σωμάτων που κινούνται ομαλά μέσω του αιθέρα συστέλλονται κατά τη διεύθυνση της κίνησής τους. Στο ίδιο συμπέρασμα είχε οδηγηθεί το 1889 ο Ιρλανδός επιστήμονας Φιτζέραλντ (George FitzGerald). Με βάση την υπόθεση συστολής των Φίτζεραλντ-Λόρεντζ το μήκος της συσκευής μέτρησης (συμβολόμετρο) που χρησιμοποίησαν στο πείραμά τους οι Μάικελσον και Μόρλεϊ συστέλλεται κατά τη διεύθυνση της κίνησής του μέσα στον αιθέρα με αποτέλεσμα να αποκρύπτεται η εξάρτηση της ταχύτητας του φωτός

από την κατεύθυνση διάδοσης. Η συστολή αυτή είναι ανάλογη του παράγοντα $\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$,

όπου u η ταχύτητά τους. Άρα αν ένα σώμα έχει μήκος ηρεμίας L_0 τότε το μήκος του

αναφορικά με τον αιθέρα θα είναι $L=L_0\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$. (Cushing, 1998· Μπιτσάκης, 2008)

Ο Λόρεντζ απέδωσε την παραπάνω συστολή στις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις μεταξύ των φορτισμένων σωματιδίων της ύλης οι οποίες επειδή αλλάζουν όταν κινείται ένα υλικό σώμα οδηγούν σε αλλαγή τις διαστάσεις των σωματιδίων. Το αρχικό πρότυπο που περιέγραφε αφορούσε μόνο στα ηλεκτρόνια, στη συνέχεια το επέκτεινε για το σύνολο της ύλης. Ο Λόρεντζ κατανόησε ως πραγματική την παραπάνω συστολή με αποτέλεσμα αυτή την

εξάρτηση της μάζας του σώματος από την ταχύτητά του. Αν m_0 είναι η μάζα ηρεμίας ενός σώματος τότε όταν αυτό κινείται με ταχύτητα v η μάζα θα ισούται με $m = \gamma m_0$, όπου $\gamma =$

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (\text{Μπιτσάκης, 2008}).$$

Το 1904 διατύπωσε στην τελική τους μορφή το σύστημα μετασχηματισμών των χωροχρονικών συντεταγμένων (x, y, z, t) και (x', y', z', t') ως εξής:

$$t' = \gamma(t - vx/c^2)$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Ο Λορεντζ απέδειξε ότι οι εξισώσεις του Μάξγουελ παραμένουν αναλλοίωτες ως προς τους παραπάνω μετασχηματισμούς, δηλαδή απουσία ηλεκτρικών φορτίων έχουν την ίδια μορφή σε κάθε αδρανειακό σύστημα αναφοράς. Αν και οι μετασχηματισμοί του προέβλεπαν για μεγάλες τιμές της ταχύτητας u τη διαστολή του χρόνου και τη συστολή του μήκους, ο Λόρεντζ δεν κατάφερε να κατανοήσει αυτό που του υπαγόρευαν οι εξισώσεις του, δηλαδή τη σχετικότητα.

Μέχρι την ανακάλυψη της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν, η θεωρία του Λόρεντζ ήταν αυτή που επικράτησε έναντι όλων των ηλεκτρομαγνητικών θεωριών. Στη θεωρία του ο αιθέρας αποτελούσε ένα προνομιακό σύστημα αναφοράς σε ηρεμία (ενδεχομένως όχι σε απόλυτη ηρεμία), το οποίο περιγράφεται από τις εξισώσεις του Μάξγουελ και στο οποίο η ταχύτητα του φωτός έχει τη σταθερή τιμή 3×10^8 m/s. Επομένως η θεωρία του δεν συμβιβάζονταν με τη βασική αρχή της μηχανικής, την αρχή της σχετικότητας. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006).

Με αφετηρία τη θεωρία των ηλεκτρονίων ο Λόρεντζ κατάφερε μαζί με τον Zeeman να αποδείξει ότι ένα μαγνητικό πεδίο μπορεί να επηρεάσει το μήκος κύματος της παραγόμενης ακτινοβολίας (φαινόμενο Zeeman). Για την θεωρητική και πειραματική διαπίστωση του φαινομένου ο Λόρεντζ μαζί με τον Zeeman μοιράστηκαν το 1902 το βραβείο Νόμπελ Φυσικής. (Cushing, 1998).

3.5.2. Η επιστήμη του Πουανκαρέ

Ο Πουανκαρέ προσπάθησε να εντοπίσει και ακολούθως να αποσαφηνίσει τα εννοιολογικά προβλήματα της κλασικής φυσικής, κυρίως σε ότι αφορούν στη μέτρηση χρονικών διαστημάτων και στον φιλοσοφικό κατά τον ίδιον ορισμό του ταυτόχρονου. Ήταν ο πρώτος που υποστήριξε ότι είναι αδύνατη η διάκριση μεταξύ των ποσοτικών προβλημάτων στη μέτρηση του χρόνου και των ποιοτικών προβλημάτων του ταυτόχρονου. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006). Τις πρωτοποριακές ιδέες του τις διατύπωσε το 1898 στο άρθρο του "Η μέτρηση του χρόνου". Στο συγκεκριμένο άρθρο αναφέρθηκε στη διαδικασία συγχρονισμού των ρολογιών και στη σχέση της με την ταχύτητα του φωτός, με τον ίδιο τρόπο που την περιέγραψε και ο Αϊνστάιν στο άρθρο του για την ειδική θεωρία της σχετικότητας. (Miller, 2002)

Τον Πουανκαρέ τον απασχόλησαν τα προβλήματα του ηλεκτρομαγνητισμού αναφορικά με τον αιθέρα, κυρίως μετά το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος των Μάικελσον - Μόρλεϊ. Ο στόχος του ήταν να συμφιλιώσει τον ηλεκτρομαγνητισμό με τη μηχανική. Για το λόγο αυτό ανέλυσε εξονυχιστικά και με κριτικό πνεύμα την θεωρία του Λόρεντζ, η οποία ήταν συμβατή με το στόχο του. (Miller, 2002).

Το 1904 σε μια ομιλία του στο Διεθνές Συνέδριο Τεχνών και Επιστημών στις Η.Π.Α. διατύπωσε με σαφήνεια την αρχή της σχετικότητας, ότι δηλαδή οι νόμοι των φυσικών φαινομένων οφείλουν να είναι οι ίδιοι, τόσο για έναν ακίνητο παρατηρητή όσο και για έναν παρατηρητή που βρίσκεται σε ομαλή μεταφορική κίνηση ως προς αυτόν. Στην ομιλία υποστήριξε ότι η αρχή της σχετικότητας μπορούσε να εξηγηθεί με μαθηματικό τρόπο και ότι ήταν χρέος των μαθηματικών να το καταφέρουν. Αυτό πίστευε ότι έκανε ο Λόρεντζ με τη θεωρία του, ωστόσο σχολίασε αρνητικά τις αυθαίρετες υποθέσεις που επανειλημμένα χρησιμοποίησε. (Miller, 2002).

Ο Πουανκαρέ υποστήριξε ότι ο τοπικός χρόνος στη θεωρία του Λόρεντζ δεν ήταν απλά ένας μαθηματικός μετασχηματισμός του γενικού χρόνου αλλά μια φυσική έννοια το ίδιο πραγματική με τον γενικό χρόνο t και κατανοητή μέσω μιας ανάλυσης του ταυτοχρόνου. Έχοντας κατανοήσει ότι οι μετασχηματισμοί του Λόρεντζ ισχύουν μόνο για ταχύτητες μικρότερες από αυτές του φωτός, πρότεινε να αντικατασταθεί η νευτώνεια μηχανική από μια νέα μηχανική που θα περιέχει τους μετασχηματισμούς Λόρεντζ και στην οποία η ταχύτητα

του φωτός θα αποτελεί το ανώτατο όριο. (Bernstein, 1995· Miller, 2002· Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006).

Το 1905 ο Πουανκαρέ παρουσίασε δύο εργασίες που αφορούσαν στη δυναμική του ηλεκτρονίου, μια πριν υποβάλλει ο Αϊνστάιν το δικό του άρθρο και την άλλη ένα μήνα αργότερα. Είναι προφανές ότι ο Αϊνστάιν δεν θα μπορούσε να τις διαβάσει. Σε αυτές αναφέρθηκε στο μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλει και υποστήριξε ότι *αυτή η αδυναμία απόδειξης της απόλυτης κίνησης φαίνεται να είναι ένας γενικός νόμος της φύσης* (Eisenstaedt, 2006, pp 35). Στην ίδια εργασία απέδειξε το σχετικιστικό νόμο της πρόσθεσης ταχυτήτων και ότι οι μετασχηματισμοί Λόρεντζ αφήνουν αναλλοίωτη την ποσότητα $x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2$ σε κάθε αδρανειακό σύστημα αναφοράς. Αν και διαπίστωσε ότι σε δύο συστήματα αναφοράς που βρίσκονται σε σχετική κίνηση θα μετρώνται διαφορετικά χρονικά διαστήματα, θεώρησε απαραίτητη την ύπαρξη μια πρόσθετης υπόθεσης: την υπόθεση της συστολής στο μήκος των κινουμένων σωμάτων στην κατεύθυνση της κίνησής τους (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006). Σε άρθρο του το 1906 αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην ιδέα του "βαρυτικού κύματος" θέτοντας τις βάσεις για μια θεωρία της βαρύτητας αναλλοίωτη στους μετασχηματισμούς του Λόρεντζ. Στο ίδιο άρθρο εισήγαγε τον χρόνο ως τέταρτη διάσταση, κάτι που αποσαφήνισε το 1908 ο Γερμανός μαθηματικός Μινκόφσκι (Hermann Minkowski). (Eisenstaedt, 2006) Το 1909 σε μια διάλεξη του σχετικά με τη νέα Μηχανική και τη σχέση της με την ειδική θεωρία της σχετικότητας διατύπωσε τα ίδια αξιώματα πάνω στα οποία στηρίχτηκε η ειδική θεωρία του Αϊνστάιν, ωστόσο πάλι επέμεινε για την επιπλέον υπόθεση της συστολής του μήκους. (Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, 2006).

3.6. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας σε σχέση με προγενέστερες θεωρίες

Όπως ήδη διαπιστώσαμε οι περισσότερες από τις ιδέες που διατύπωσε ο Αϊνστάιν στην εργασία του για την ειδική σχετικότητα και αρκετοί από τους μαθηματικούς τύπους στους οποίους κατέληξε είχαν ομοιότητες με τις εργασίες των Λόρεντζ και Πουανκαρέ, χωρίς όμως να γίνεται καμία αναφορά σε αυτές. Το γεγονός αυτό δημιούργησε μία σύγχυση ως προς τη

διεκδίκηση της πατρότητας της ειδικής θεωρίας και οδήγησε ιστορικούς της επιστήμης των φυσικών επιστημών, όπως τον Βρετανό μαθηματικό και φυσικό Γουίτακερ (Edmund Whittaker), στην πλήρη υποβάθμιση της συνεισφοράς του Αϊνστάιν στη θεωρία της σχετικότητας. (Bernstein, 1995).

Στην αυτοβιογραφία του ο Αϊνστάιν αναφέρει ότι είχε διαβάσει το έργο του Πουανκαρέ *Η επιστήμη και η υπόθεση*. (*La Science et l'Hypothèse*) και την εργασία που δημοσίευσε το 1895 ο Λόρεντζ. Επίσης, γνώριζε για τις προσπάθειες των φυσικών να επεκτείνουν την αρχή της σχετικότητας στους νόμους της ηλεκτροδυναμικής. Με την ανεπτυγμένη επιστημονική του διαίσθηση κατάλαβε ότι οι θεωρίες τους θα βασίζονταν σε πολλές *ad hoc* υποθέσεις όπως αυτές που εισήγαγε ο Λόρεντζ. (Einstein, 2006) Στα επόμενα χρόνια, ο Αϊνστάιν θα χαρακτηρίσει τη θεωρία του Λόρεντζ ως "εποικοδομητική" προκειμένου να τη διαχωρίσει από τις "θεωρίες αρχών" που βασίζονται σε αξιωματικές θεμελιώδεις αρχές, όπως η θερμοδυναμική. (Miller, 2002)

Το κίνητρο του Αϊνστάιν για τη θεωρία της σχετικότητας ήταν επαναστατικό, επεδίωκε συνειδητά να θεμελιώσει τη φυσική σε νέες βάσεις. Η επιθυμία του ήταν να καταστήσει αναλλοίωτες τις εξισώσεις του Μάξγουελ ως προς κάποιους μετασχηματισμούς που χωρίς τότε να γνωρίζει ήταν οι μετασχηματισμοί που διατύπωσε ο Λόρεντζ το 1905 προκειμένου να ερμηνεύσει το αρνητικό αποτέλεσμα του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλεϊ. Όπως ο ίδιος αναφέρει στις αυτοβιογραφικές του σημειώσεις

... η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας οφείλει τη γέννησή της στις εξισώσεις του Μάξγουελ για το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Αλλά και αντιστρόφως, η μαθηματική τους μορφή δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή με ικανοποιητικό τρόπο, παρά μόνο μέσω της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. (Einstein, 2006, σσ.32)

Το αναλλοίωτο των εξισώσεων του Μάξγουελ ως προς αυτούς τους μετασχηματισμούς είχε ήδη παρατηρηθεί από τον Λόρεντζ και ανεξάρτητα από αυτόν και από τον Πουανκαρέ., ωστόσο δεν κατάφεραν να θωρακίσουν θεωρητικά τους μετασχηματισμούς Λόρεντζ και να αντιληφθούν ότι ορίζουν νέες σχέσεις για το χώρο και το χρόνο. (Γαβρόγλου, 2004).

Ο Λόρεντζ και ο Πουανκαρέ ήταν προσκολλημένοι με δημιουργικό τρόπο στις αρχές της κλασικής φυσικής και γι' αυτό δεν αμφισβήτησαν σθεναρά τις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου, ενδεχομένως και στα πλαίσια κάποιου συντηρητικού τρόπου σκέψης που

επέβαλλε η ηλικία τους. Οι παραπάνω έννοιες στα πλαίσια της κλασικής φυσικής προηγούνταν κάθε γνώσης, κάθε εμπειρίας και δεν ήταν δυνατόν να γίνουν αντικείμενο οποιουδήποτε πειράματος ή θεωρίας και να αμφισβητηθούν. (Γαβρόγλου, 2004).

Ο Πουανκαρέ διατύπωσε πρώτος το 1904 την αρχή της σχετικότητας και υποστήριξε ότι μπορούσε και έπρεπε να αποδειχτεί. Αυτό φανερώνει τη μεγάλη διαφορά στον τρόπο σκέψης μεταξύ του Αϊνστάιν και του Πουανκαρέ. Για τον Αϊνστάιν η αρχή της σχετικότητας δεν θα μπορούσε να προκύψει από τη θεωρία, η ίδια αποτελεί τμήμα της αξιωματικής θεμελίωσης της θεωρίας από το οποίο παράγονται συνέπειες. Ωστόσο, δεν απέκλεισε τον πειραματικό έλεγχο της θεωρίας, ο οποίος ανάγεται στον πειραματικό έλεγχο των συμπερασμάτων που απορρέουν από αυτήν. (Bernstein, 1995).

Ο Πουανκαρέ όπως και ο Λόρεντζ δεν απέδωσαν στην αρχή της σχετικότητας το κύρος που είχε αυτή η αρχή για τον Αϊνστάιν. Για τον Λόρεντζ ήταν απλά ένας παράγωγος νόμος και για τον Πουανκαρέ μια αρχή που έχρηζε απόδειξης. Υπό το βάρος των πειραματικών δεδομένων αναγκάστηκαν να δεχτούν τη σχετικότητα αλλά χωρίς να απορρίψουν την έννοια της απόλυτης κίνησης. Οι αντιλήψεις τους υπονοούσαν ότι μπορεί να υπάρχουν οι απόλυτες κινήσεις, αλλά για την ώρα αντιληπτές είναι μόνο οι σχετικές κινήσεις. (Feuer, 1971).

Η προσέγγιση του Αϊνστάιν στα προβλήματα της φυσικής ήταν πολύ διαφορετική από αυτή των Λόρεντζ και Πουανκαρέ. Συνειδητοποίησε ότι μπορούσε με τη βοήθεια δύο αξιωμάτων να ερμηνεύσει με πολύ πιο απλό και επαρκή τρόπο κάθε φυσικό φαινόμενο και στη συνέχεια με χαρακτηριστική ευκολία απέρριψε τις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου με ό,τι αυτό συνεπάγονταν. Αυτό που έκανε ήταν να θεμελιώσει αξιωματικά μια νέα κινηματική θεωρία η οποία επέβαλλε τη σταθερά c ως ένα νέο θεμελιώδες στοιχείο της φυσικής. Η σταθερά c αποτελεί την οριακή ταχύτητα οποιασδήποτε αλληλεπίδρασης και στην περίπτωση του φωτονίου ταυτίζεται με την ταχύτητα του φωτός. (Eisenstaedt, 2006). Παράλληλα απέδειξε ότι η μάζα και η ενέργεια συνδέονται ποσοτικά μέσω της σχέσης $E = mc^2$. Το εντυπωσιακό είναι ότι την ίδια χρονιά εισήγαγε την έννοια του κβάντου φωτός στην περιγραφή της αλληλεπίδρασης της ύλης και της ακτινοβολίας και πρόσθεσε στη φυσική τον αναγκαίο όρο προκειμένου να αναπτυχθεί το πεδίο της πυρηνικής και της ατομικής φυσικής.

Συμπερασματικά, ο Λόρεντζ και ο Πουανκαρέ είχαν πράγματι δημιουργήσει μια σειρά διατάξεων της θεωρίας της σχετικότητας, σαφώς σημαντικές, ωστόσο το πιο σημαντικό από

επιστημονικής άποψης ήταν τα σωστά θεμέλια της θεωρίας και αυτά διατυπώθηκαν για πρώτη φορά από τον Αϊνστάιν στη φυσική γλώσσα. Μέσα από αυτά απορρέουν και οι τύποι της θεωρίας της σχετικότητας με φανερή τη φυσική τους σημασία

Ο Αϊνστάιν δικαιολογημένα θεωρείται ο πατέρας της σχετικότητας. Θα ήταν λάθος όμως να παραβλέψουμε το γεγονός ότι οι πρόδρομες θεωρίες της σχετικότητας και οι κριτικές στην νευτώνεια μηχανική ήταν αυτές που δοκίμασαν τις αντοχές στα όρια της κλασικής φυσικής και προετοίμασαν το έδαφος για τη θεωρία της σχετικότητας. (Γαβρόγλου, 2004).

3.7. Ο Μινκόφσκι και ο Χωρόχρονος

Ο τρόπος περιγραφής των φυσικών γεγονότων στην κλασική φυσική και στη σχετικότητα είναι τετραδιάστατος, ωστόσο στα πλαίσια της κλασικής φυσικής πίστευαν ότι το τετραδιάστατο συνεχές μπορεί να χωριστεί σε ένα τριδιάστατο που αφορά στο χώρο και σε ένα μονοδιάστατο που αφορά στο χρόνο. Εξάλλου αυτό υπαγόρευε η πλήρης αποδοχή της έννοιας του ταυτοχρονισμού ως αυτονόητη και σύμφωνη με τις αντιλήψεις περί της ακαριαίας διάδοσης του φωτός. Στο χώρο αυτό κάθε μέγεθος δεν εξαρτάται από το αδρανειακό σύστημα αναφοράς του παρατηρητή και οι σχέσεις μεταξύ των μεγεθών είναι αναλλοίωτες.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας εισήγαγε την αλληλεξάρτηση χώρου και χρόνου η οποία γίνεται φανερή από την σχετική με το χρόνο εξίσωση μετασχηματισμού του Λόρεντζ, $t =$

$$\beta(t - \frac{v}{V^2}x) \text{ όπου } \beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}} . \text{ Σύμφωνα με την ειδική θεωρία κάθε αδρανειακός}$$

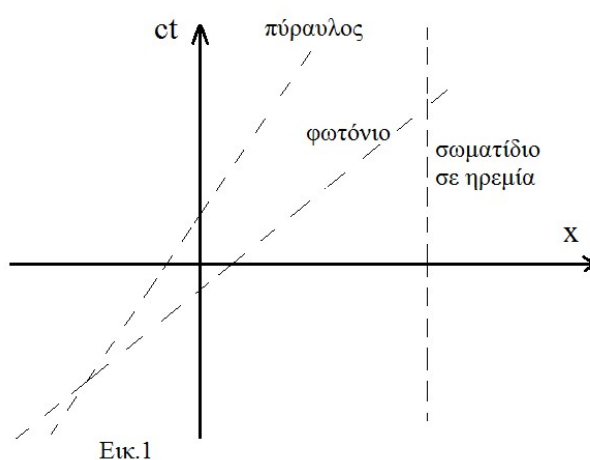
παρατηρητής ορίζει ένα ξεχωριστό χωροχρονικό πλαίσιο το οποίο συσχετίζεται με κάθε άλλο αδρανειακώς κινούμενο σύστημα μέσω των μετασχηματισμών Λόρεντζ. Επομένως, ένα γεγονός μπορεί να περιγραφεί μόνο υπό τη σκοπιά ενός συγκεκριμένου συστήματος και κατέχει τις συντεταγμένες (t, x, y, z) όπως τις καθορίζει το συγκεκριμένο σύστημα.

Εκείνος που πρώτος αντιλήφθηκε μαθηματικά τη σημασία των αρχών της ειδικής θεωρίας και ανέδειξε τη γεωμετρική σχέση του χώρου και του χρόνου, ήταν ο σπουδαίος Γερμανός μαθηματικός Χέρμαν Μινκόφσκι (Herman Minkowski), ο καθηγητής του Αϊνστάιν στο

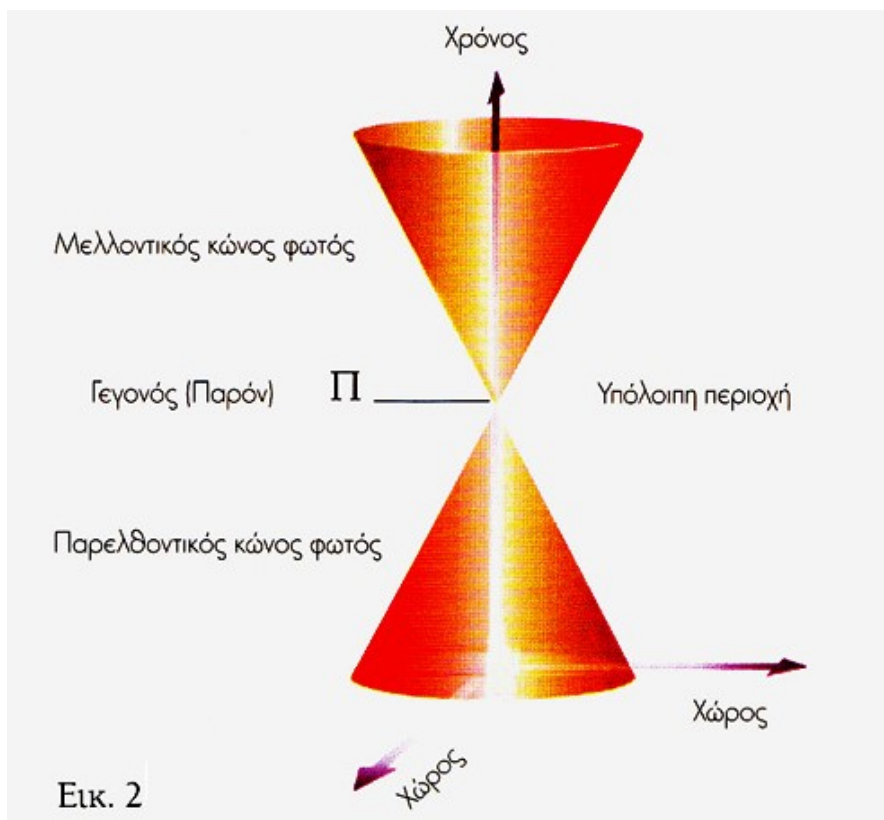
Πολυτεχνείο. Ο Μινκόφσκι απέδειξε ότι η σχετικότητα του χώρου και του χρόνου οδηγεί πράγματι στην ενότητά τους (χωροχρονικό συνεχές) και εκφράζεται με το αναλλοίωτο του στοιχειώδους χωροχρονικού διαστήματος $ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$

Για τις ανθρώπινες δυνατότητες η οπτικοποίηση ενός τετραδιάστατου χώρου δεν είναι δυνατή. Ο Μινκόφσκι πρότεινε τη μετατροπή του χωροχρόνου σε τρισδιάστατο, χρησιμοποιώντας δύο χωρικές συντεταγμένες και μια χρονική. Το πρόβλημα των διαφορετικών μονάδων το έλυσε πολλαπλασιάζοντας το χρόνο με τη ταχύτητα του φωτός. Έτσι, απεικόνισε τις κινήσεις των σωμάτων σε χωροχρονικά διαγράμματα, στα οποία ο κατακόρυφος άξονας είναι ο ct , και απεικονίζει το χρόνο.

Στο χωροχρονικό διάγραμμα της εικόνας 1 βλέπουμε μόνο μία χωρική διάσταση. Στο διάγραμμα αυτό η κατάσταση κάθε ακίνητου σώματος παριστάνεται με μία κατακόρυφη ευθεία, η κίνηση του φωτός παριστάνεται με μια γραμμή κλίσης $c/v = 1$ και η κίνηση κάθε υλικού σώματος (π.χ. πυραύλου) παριστάνεται με ευθεία κλίσης $c/v > 1$.



Ο Μινκόφσκι ονομάζει κοσμική γραμμή κάθε τροχιά που διαγράφει ένα σωματίο στα παραπάνω διαγράμματα. Αν προσθέσουμε στις χωρικές συντεταγμένες την κατεύθυνση y και υποθέσουμε ότι τη χρονική στιγμή $t = 0$ βρισκόμαστε στην αρχή των αξόνων, τότε με δεδομένο ότι η ταχύτητα c αποτελεί το ανώτατο όριο στη φύση η κοσμική μας γραμμή θα έχει κλίση >1 . Αυτό σημαίνει ότι η κίνησή μας περιορίζεται στην περιοχή που ονομάζεται κώνος μέλλοντος (εικόνα 2). Η περιοχή αυτή ορίζεται από τις κοσμικές γραμμές των φωτονίων (είναι αυτές που διέρχονται από το 0 και έχουν κλίση 1) και περιλαμβάνει όλα τα χωροχρονικά σημεία στα οποία μελλοντικά θα μπορούμε να έχουμε πρόσβαση. Με τον ίδιο τρόπο ορίζεται και ο παρελθοντικός κώνος φωτός. (Feynman, 2010· Μπιτσάκης, 2008)



Εικ. 2

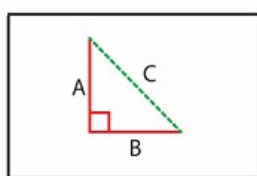
(Πηγή εικόνας: <http://www.to-en.gr>)

Ανάλογα με την κλίση της ευθείας που ενώνει δύο σημεία του χωροχρονικού διαγράμματος, η μετρική του χώρου Μινκόφσκι συνεπάγεται χρονικά, χωρικά και ισότροπα τετραδιανύσματα. Συγκεκριμένα: Όταν η κλίση της ευθείας είναι μεγαλύτερη από 1, τότε τα χωροχρονικά διαστήματα είναι χρονικά και μπορούν να συνδέσουν την τρέχουσα θέση μας με κάποιο μελλοντικό ή παρελθοντικό γεγονός. Όταν είναι μικρότερη από 1 τότε τα διαστήματα είναι χωρικά και μπορούν να συνδέσουν την τρέχουσα θέση μας με κάποιο σημείο του παρόντος και αντίστοιχα όταν είναι ίση με 1 τότε τα διαστήματα είναι ισότροπα (φωτοειδή) και μπορούν να συνδέουν τη θέση μας με κάποιο σημείο του κώνου. (Feynman, 2010· Μπιτσάκης, 2008)

Ο κόσμος του Μινκόφσκι αποτελεί ένα χωροχρονικό συνεχές, καθώς για κάθε συγκεκριμένο γεγονός υπάρχουν άπειρα γειτονικά γεγονότα των οποίων οι συντεταγμένες διαφοροποιούνται ελάχιστα από τις συντεταγμένες του αρχικού γεγονότος.

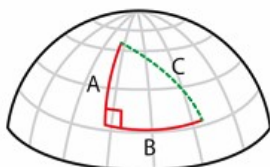
Ωστόσο η ειδική θεωρία είναι ανεπαρκής, καθώς περιγράφει έναν κόσμο χωρίς την επίδραση της ύλης. Το έργο αυτό επιτέλεσε η γενική θεωρία της σχετικότητας η οποία προϋποθέτει και λειτουργεί στα πλαίσια της τετραδιάστατης ελλειπτικής γεωμετρίας του Ρήμαν.

Οι καμπύλες γεωμετρίες προέκυψαν στα πλαίσια της μαθηματικής επεξεργασίας του πέμπτου αιτήματος της ευκλείδειας γεωμετρίας σύμφωνα με το οποίο από ένα σημείο εκτός μιας δοθείσας ευθείας διέρχεται το πολύ μία ευθεία που δεν την τέμνει (δηλαδή παράλληλη με την αρχική). Το πέμπτο αίτημα δεν ισχύει σε μια πεπερασμένη περιοχή του χώρου και νοηματοδοτείται μόνο σε σχέση με τον άπειρο χώρο. Αυτός ήταν και ο λόγος που η επιστημονική κοινότητα επιχείρησε να το αποδείξει με τη βοήθεια των υπόλοιπων τεσσάρων αξιωμάτων, χωρίς όμως ποτέ να το καταφέρει. Στον 19ο αιώνα οι μαθηματικοί επιχείρησαν να δεχτούν ως αλήθεια τα τέσσερα αξιώματα και την άρνηση του πέμπτου με σκοπό να εντοπίσουν τις όποιες αντιφάσεις. Αντί αυτού κατάφεραν να δομήσουν καινούριες μη ευκλείδειες καμπύλες γεωμετρίες, όπως αυτές που διατύπωσαν ο Γερμανός μαθηματικός Ρήμαν (Bernhard Riemann) και ο Ρώσος μαθηματικός Λομπατσέφσκι (Nikolai Lobachevsky). Ένα χαρακτηριστικό των παραπάνω γεωμετριών είναι ότι το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου μπορεί να είναι μικρότερο ή και μεγαλύτερο από δύο ορθές γωνίες, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Ευκλείδειος Χώρος

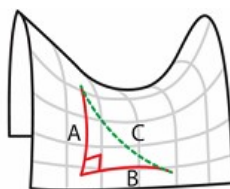
$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 2 \text{ L}$$



Ελλειπτικός Χώρος

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} > 2 \text{ L}$$

Γεωμετρία Ρήμαν



Υπερβολικός Χώρος

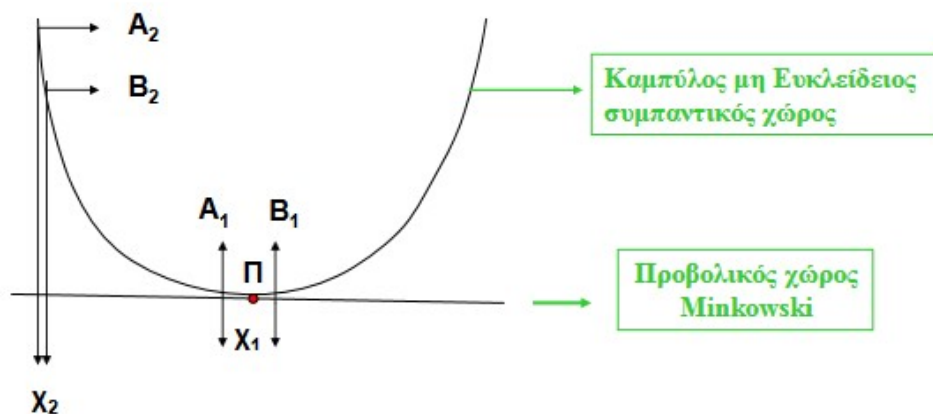
$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} < 2 \text{ L}$$

Γεωμετρία Λομπατσέφσκι

Ο χώρος Ρήμαν, όπως και κάθε μη ευκλείδεια γεωμετρία αποτέλεσε μια θεωρητική κατασκευή άνευ φυσικής σημασίας και απέκτησε πρακτικό νόημα με τη διατύπωση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας. Στο πλαίσιο αυτής της ελλειπτικής γεωμετρίας ο Αϊνστάιν μπόρεσε να περιγράψει την αλληλεπίδραση ύλης και κίνησης και όλα τα γεγονότα του φυσικού κόσμου.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι κάθε μορφή η σχήμα στο πλαίσιο μίας μη ευκλείδειας γεωμετρίας, δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή με τις ανθρώπινες αισθήσεις και γι' αυτό δεν είναι εφικτός ο πρακτικός χειρισμός τους. Ο Μινκόφσκι ωστόσο γνώριζε μια σημαντική ιδιότητα του ρημάνειου χώρου. Ότι κάθε απειροελάχιστο κομμάτι του συμπεριφέρεται σχεδόν όπως στον τρισδιάστατο ευκλείδειο χώρο. Εκμεταλλευόμενος αυτή την ιδιότητα πρόβαλλε κάθε γεγονός του μη αντιληπτού με τις αισθήσεις τετραδιάστατου χωροχρονικού συνεχούς σε έναν επίπεδο τρισδιάστατο χώρο, εφαπτομενικό του σημείου που βρίσκεται ο παρατηρητής. Με τον τρόπο αυτό δημιούργησε έναν "ψευδοευκλείδειο" χώρο ο οποίος αποτελεί ένα καθρέφτισμα του πραγματικού Σύμπαντος και μπορεί να γίνει αντιληπτός με τις αισθήσεις. Αγνοώντας την παρουσία της ύλης ο καμπύλος χώρος Ρήμαν μεταπίπτει στον επίπεδο χώρο Μινκόφσκι και ο τελευταίος για μικρές ταχύτητες μεταπίπτει στον τρισδιάστατο ευκλείδειο χώρο. (Bernstein, 1995· Δανέζης, 2017)

Ο τρόπος που αντιλαμβανόμαστε το χώρο Μινκόφσκι εξηγεί τη συστολή του μήκους όπως περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα.



Ο παρατηρητής στο σημείο Π του καμπύλου χώρου Ρήμαν δεν αντιλαμβάνεται το τόξο A_1B_1 αλλά την προβολή του, δηλαδή το ευθύγραμμο τμήμα x_1 . Στην περίπτωση αυτή επειδή το τόξο είναι πολύ μικρό δεν θα αντιληφθεί τη διαφορά μεταξύ του μήκους του τόξου και της προβολής του. Ωστόσο για το τόξο $A_2B_2 = A_1B_1$ το οποίο βρίσκεται μακριά από τον παρατηρητή δεν ισχύει το ίδιο καθώς τώρα η προβολή του x_2 είναι πολύ μικρότερη από το μήκος αυτού του τόξου. Εφόσον ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται την προβολή του πραγματικού μήκους, έχει τη ψευδαίσθηση ότι αυτό το μήκος όσο απομακρύνεται από τον ίδιον μικραίνει.. Επομένως κάθε παράδοξο της ειδικής θεωρίας συμβαίνει πάνω στον

ψευδοευκλείδειο χώρο Μινκόφσκι και δεν αποτελεί ατέλεια του πραγματικού Σύμπαντος αλλά το αποτέλεσμα των ατελειών των αισθήσεών μας. (Δανέζης, 2017)

Συμπερασματικά, η ειδική θεωρία περιγράφει αυτό που αντιλαμβάνεται ως πραγματικότητα ένας αδρανειακός παρατηρητής, δηλαδή απομονωμένα μικρά τμήματα του σύμπαντος γύρω από αυτόν και το πόσο μικρά πρέπει να είναι καθορίζεται από την μετρούμενη ταχύτητα μέσα σε αυτά. Επομένως η ταχύτητα αποτελεί το μέτρο της καμπυλότητας του χώρου και αποκαλύπτει τη γεωμετρία του. Όσο η ταχύτητα του σώματος μεγαλώνει τόσο οι ιδιότητες του χώρου που μας περιβάλλει αποκλίνουν από αυτές της ευκλείδειας γεωμετρίας. Το ανώτατο όριο είναι η σταθερή ταχύτητα του φωτός η οποία πλέον επιβάλλεται ως ένα νέο θεμελιώδες στοιχείο της φυσικής. (Δανέζης, 2017· Γραμματικάκη, 2006· Μπιτσάκης, 2008).

3.8. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας άνοιξε το δρόμο στη γενική θεωρία, παραμένει όμως μια ιδιαίζουσα περίπτωση της νέας θεωρίας. Τα αποτελέσματα της ειδικής θεωρίας ισχύουν μόνο όταν αναφερόμαστε σε αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Μόνο αυτά τα συστήματα είναι ισοδύναμα για την περιγραφή των νόμων που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα.

Αυτό που γοήτευσε το ακόρεστο πνεύμα του Αϊνστάιν ήταν η ιδέα να γενικεύσει την αρχή της σχετικότητας σε όλα τα συστήματα αναφοράς, όποιες και αν είναι οι κινήσεις τους. Το πρώτο που τον προβλημάτισε ήταν η φύση της βαρυτικής δύναμης και ο νόμος της ελεύθερης πτώσης του Γαλιλαίου. Για ποιο λόγο ένα σώμα όταν αφήνεται ελεύθερο έλκεται από τη Γη και γιατί η επιτάχυνση που αποκτά δεν εξαρτάται από τη μάζα του. Πολύ εύκολα συμπέρανε την ισοδυναμία της βαρυτικής και της αδρανειακής μάζας την οποία είχε αντιληφθεί και ο Νεύτωνας.

Η γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, μέσα από δύσκολες και πολύπλοκες στη λύση τους εξισώσεις περιγράφει τη βαρύτητα ως την μεταβλητή καμπυλότητα που αποκτά η δομή του χωροχρόνου εξαιτίας του χωροχρονικού τρόπου κατανομής της ύλης. Η γεωμετρία του σύμπαντος αλλάζει και οι αντιλήψεις μας για τον κόσμο μετασχηματίζονται πλήρως. Στο καμπυλωμένο σύμπαν η κίνηση της ύλης δεν ακολουθεί τις ευθείες γραμμές αλλά τις πιο σύντομες που τώρα είναι οι γεωδαισιακές καμπύλες.

3.8.1. Η αρχή της ισοδυναμίας

Σύμφωνα με τον Αϊνστάιν η σύλληψη της γενικής θεωρίας βασίστηκε στο τελευταίο νοητικό του πείραμα στο έτος 1907, όταν ακόμα δούλευε στο γραφείο ευρεσιτεχνιών στη Βέρνη. Όπως διηγήθηκε σε μια ομιλία του το 1922, φαντάστηκε έναν άνθρωπο να πέφτει ελεύθερα και συνειδητοποίησε ότι δεν θα αισθάνεται το βάρος του. Ο Αϊνστάιν με την ιδιαίτερη διαίσθηση που διέθετε συνέλαβε τη σημασία του πειράματος του και σύμφωνα με τον ίδιο ήταν η ευτυχέστερη σκέψη της ζωής του. Αυτό που διαπίστωσε ήταν τη σχετικότητα στην ύπαρξη ενός βαρυτικού πεδίου. (Miller, 2002).

Η βαρύτητα υπάρχει γύρω μας στην καθημερινότητά μας, στο ηλιακό μας σύστημα, παντού στο σύμπαν. Ο Αϊνστάιν διαπίστωσε ότι εξαφανίζεται μόνο στην ελεύθερη πτώση ή σε τροχιά γύρω από τη Γη. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε σταθερή επιτάχυνση. Εύκολα οδηγήθηκε και στο αντίστροφο της παραπάνω διαπίστωσης. Ότι στο εσωτερικό ενός κλειστού θαλάμου που κινείται με σταθερή επιτάχυνση εμφανίζονται βαρυτικά φαινόμενα και αποκαλύπτουν την ύπαρξη του βαρυτικού πεδίου. Έτσι οδηγήθηκε στην **αρχή της ισοδυναμίας** : Όλα τα σώματα αποκρίνονται σε ένα βαρυτικό πεδίο με τον ίδιο τρόπο που αποκρίνονται σε ένα επιταχυνόμενο σύστημα αναφοράς εκτός βαρυτικού πεδίου. (Miller, 2002).

Η αρχή της ισοδυναμίας εξισώνει την αδράνεια με τη βαρύτητα και εμπεριέχει την ισότητα της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας την οποία συμπέρανε και ο Νεύτωνας προκειμένου να συμφωνεί με τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και το 3ο νόμο του Κέπλερ.

Για να κατανοήσουμε την αρχή της ισοδυναμίας μέσα από το νοητικό πείραμα του ανελκυστήρα (κλειστός θάλαμος) φανταζόμαστε έναν άνθρωπο μέσα σε αυτό κάπου στο διάστημα και τον ανελκυστήρα να δέχεται με κάποιον τρόπο μια σταθερή δύναμη προς τα πάνω. Αυτό που θα αισθανθεί ο άνθρωπος θα είναι να πιέζεται με μια δύναμη προς το πάτωμα του ανελκυστήρα. Την ίδια δύναμη θα αισθάνονταν αν στον ακίνητο ανελκυστήρα επιδρούσε ένα ομογενές βαρυτικό πεδίο. Επομένως ο παρατηρητής μέσα στον θάλαμο δεν θα ήταν σε θέση να διαχωρίσει τις δύο αυτές καταστάσεις. (Bernstein, 1995· Μπιτσάκης, 2008)

Μια από τις εκπληκτικές συνέπειες της αρχής της ισοδυναμίας είναι η καμπύλωση του φωτός. Για να την κατανοήσουμε επανερχόμαστε στον κλειστό θάλαμο του Αϊνστάιν ο οποίος επιταχύνεται ομοιόμορφα προς τα πάνω, και φανταζόμαστε μια ακτίνα φωτός να εισέρχεται στο θάλαμο από μια οπή. Όπως ακριβώς η φαινόμενη τροχιά αυτής της ακτίνας θα καμπυλώνονταν λόγω της επιταχυνόμενης κίνησης, έτσι θα καμπυλώνονταν και εντός βαρυτικού πεδίου. Αυτό σημαίνει ότι οι φωτεινές ακτίνες έχουν βαρυτική μάζα, κάτι που επιβεβαιώνει η ειδική θεωρία μέσω της σχέσης $E=mc^2$. (Bernstein, 1995· Powers, 2016)

3.8.2. Η φύση της βαρυτικής δύναμης

Στη νευτώνεια φυσική, ο νόμος της βαρύτητας έδινε ακριβείς περιγραφές των κινήσεων των πλανητών και απολύτως προβλέψιμες, ωστόσο δεν μπορούσε να ερμηνεύσει ικανοποιητικά κάποια φαινόμενα, όπως για παράδειγμα την ανωμαλία που παρουσίαζε η κίνηση του πλανήτη Ερμή, ή την καμπύλωση του φωτός. Αυτό που υποστήριζε ήταν ότι οι βαρυτικές δυνάμεις δρουν ακαριαία και σε μεγάλες αποστάσεις, άρα μεταδίδονται με άπειρη ταχύτητα, ενδεχομένως μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός.

Το γεγονός της ακαριαίας διάδοσης των βαρυτικών αλληλεπιδράσεων δεν συμφωνεί με την ειδική θεωρία και οδηγεί σε διάφορα παράδοξα, όπως αυτό που περιγράφει ο Γραμματικάκης στην *Αυτοβιογραφία του φωτός*. Αν με έναν "μαγικό" τρόπο εξαφανίζονταν ακαριαία ο Ήλιος, τότε θα συνέβαινε το εξής: Ελλείψει της ελκτικής δύναμης από τον Ήλιο η Γη αυτόματα θα κινούνταν εφαπτομενικά της μέχρι τότε ελλειπτικής τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο ενώ το φως του Ήλιου θα συνέχιζε να υπάρχει για άλλα 8 λεπτά, όσο χρόνο δηλαδή χρειάζεται για να ταξιδέψει μέχρι τη Γη. Άρα το γεγονός της εξαφάνισης του Ήλιου θα γίνονταν ακαριαία αντιληπτό μέσω της βαρύτητας ενώ με το φως 8' αργότερα. Στο πλαίσιο της ειδικής θεωρίας η εκτροπή της κίνησης της Γης δεν μπορεί να γίνει σε λιγότερο από 8', γιατί η ταχύτητα του φωτός αποτελεί το ανώτατο όριο της ταχύτητας όλων των αλληλεπιδράσεων. (Γραμματικάκη, 2006)

Επιπλέον, το παρατηρούμενο φαινόμενο της καμπύλωσης του φωτός ως συνέπεια της αρχής της ισοδυναμίας, δεν συμφωνεί με την θεμελιώδη αρχή της ειδικής θεωρίας, την αρχή της σταθερότητας της ταχύτητας του φωτός.

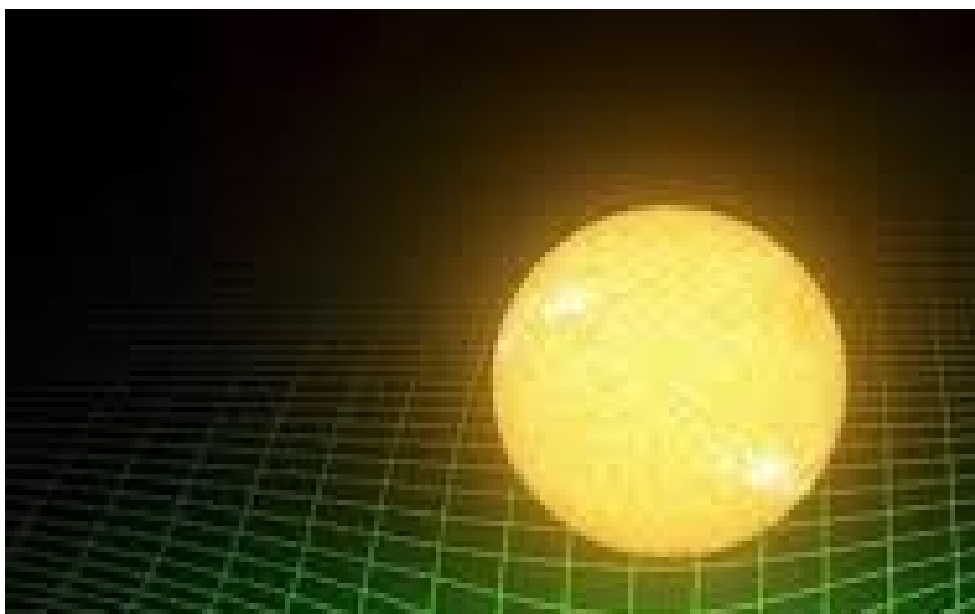
Οι παραπάνω αντιφάσεις όπως επισημαίνει ο ίδιος ο Αϊνστάιν, δεν σημαίνουν ότι η γενική θεωρία ανέτρεψε την ειδική αλλά ότι η ειδική θεωρία έχει ένα περιορισμένο πεδίο αλήθειας. Περιγράφει νόμους και φαινόμενα της φυσικής αγνοώντας την επίδραση της ύλης, δηλαδή των βαρυτικών πεδίων. Με παρόμοιο τρόπο η ηλεκτροστατική θεωρία οδήγησε στην ηλεκτροδυναμική, ωστόσο παραμένει μια ακραία περίπτωση της, καθώς εφαρμόζεται μόνο όταν τα ηλεκτρικά πεδία δεν μεταβάλλονται στο χρόνο. (Einstein, 2001)

Η γενική θεωρία της σχετικότητας αποτέλεσε τη συνέχεια της ειδικής θεωρίας. Ο τετραδιάστατος χωρόχρονος που επέβαλλε η ειδική θεωρία αποτελεί το σκηνικό πάνω στο οποίο διαδραματίζονται όλα τα γεγονότα του φυσικού κόσμου. Πρόκειται για τον ψευδοευκλείδειο χώρο Μινκόφσκι, ο οποίος ανέδειξε την ενότητα του χώρου και του χρόνου. Ο Αϊνστάιν αντιλήφθηκε ότι η βαρύτητα, παρούσα σε κάθε σημείο του χωροχρόνου, ίσως να συνδέεται με την ίδια τη δομή του χωροχρόνου. Και ότι ο συνδυαστικός κρίκος μεταξύ του χωροχρόνου και της βαρύτητας ήταν η ίδια η γεωμετρία του Σύμπαντος. Αυτό που έκανε ο Αϊνστάιν ήταν να εγκαταλείψει την ευκλείδεια γεωμετρία και να αναζητήσει μια νέα καμπυλωμένη γεωμετρία η οποία θα αποτελέσει το πλαίσιο πάνω στο οποίο θα περιέγραφε τις ρίζοσπαστικές ιδέες του. Αυτή ήταν η ελλειπτική τετραδιάστατη γεωμετρία του Ρήμαν. Στο πλαίσιο αυτής της γεωμετρίας έδειξε ότι η βαρύτητα δεν αποτελεί μια δύναμη με τη γνωστή σημασία της λέξης, αλλά απορρέει από την καμπύλωση του χωροχρόνου την οποία προκαλεί η αλληλεπίδραση της ύλης της ενέργειας και της κίνησης (Bernstein, 1995· Einstein, 2001· Γραμματικάκη, 2006)

Η σύλληψη της φύσης της βαρυτικής δύναμης αποτελεί ένα επίτευγμα της ανθρώπινης διάνοησης. Σύμφωνα με τον Αϊνστάιν οι καμπύλες τροχιές των πλανητών στο διάστημα δεν προκαλούνται από μια μυστηριώδη βαρυτική δύναμη. Στην πραγματικότητα οι πλανήτες δεν κινούνται σε καμπύλες τροχιές, αλλά ακολουθούν "ευθείες" διαδρομές σε ένα καμπυλωμένο χωρόχρονο. Ως ευθεία θεωρείται η συντομότερη χωροχρονική διαδρομή μεταξύ δύο σημείων. Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε την διδιάστατη καμπύλη επιφάνεια της Γης, τότε η ευθεία μεταξύ δύο σημείων της γίνεται ένας κύκλος και ονομάζεται γεωδαισιακή καμπύλη. Έναν τέτοιο κύκλο ακολουθούν τα αεροπλάνα, ως την πιο σύντομη διαδρομή μεταξύ δύο αεροδρομίων. Κάτι ανάλογο συμβαίνει με τις καμπύλες τροχιές των πλανητών. Η μάζα του Ήλιου προκαλεί μια καμπύλωση του τετραδιάστατου χωροχρόνου, έτσι ώστε η ευθεία

διαδρομή που ακολουθούν οι πλανήτες, όπως η Γη, να φαίνεται στον αντιληπτό τριδιάστατο χώρο ως καμπύλη. (Γραμματικάκη, 2006)

Ένας παραστατικός τρόπος περιγραφής του χωροχρόνου και της παραμόρφωσης που προκαλεί η παρουσία της ύλης, είναι ο εξής: Να φανταστούμε τον χωρόχρονο ως μια επίπεδη ελαστική μεμβράνη η οποία μπορεί να παραμορφώνεται τοπικά όπου υπάρχουν αντικείμενα (εικόνα 3) Ο Ήλιος, ως το μεγαλύτερο σώμα του ηλιακού μας συστήματος επιφέρει την μέγιστη παραμόρφωση πάνω στο χωρόχρονο, η οποία μοιάζει με ένα πηγάδι που σχηματίζεται πάνω στη μεμβράνη. Τα όρια αυτού του πηγαδιού είναι που καθοδηγούν τις κινήσεις των πλανητών και όχι η ελκτική δύναμη που δέχονται από τον Ήλιο. Με τον ίδιο τρόπο ένα σώμα που κάνει ελεύθερη πτώση δεν έλκεται από τη Γη αλλά κυλάει στο πηγάδι που δημιουργεί η παρουσία της Γης στο χωρόχρονο. (Γραμματικάκη, 2006)



(Πηγή εικόνας: <http://physics4u.gr>)

Με τη γενική θεωρία της σχετικότητας μετασχηματίζεται ριζικά η εικόνα που έχουμε για τη βαρύτητα, είτε σε φαινόμενα της καθημερινότητας είτε σε φαινόμενα που αφορούν στο διάστημα. Στο Σύμπαν του Αϊνστάιν η βαρύτητα δεν αποτελεί δύναμη και αναδύεται ως μια εγγενής γεωμετρική ιδιότητα του χωροχρόνου

3.8.3. Η θεμελίωση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας

Τα θεμέλια της γενικής θεωρίας της σχετικότητας αποτέλεσαν η αρχή της ισοδυναμίας και η αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου, στο πλαίσιο της ελλειπτικής γεωμετρίας του Ρήμαν.

Η συνειδητοποίηση της σημασίας της αρχής της ισοδυναμίας αποτέλεσε το πρώτο βήμα για την επέκταση της αρχής της σχετικότητας και σε μη αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Ωστόσο η πορεία προς την διατύπωση της γενικής θεωρίας διήρκησε δέκα χρόνια και αποδείχτηκε ιδιαίτερα δύσκολη και επίπονη. Και αυτό γιατί ο απαιτούμενος μαθηματικός φορμαλισμός για την επέκταση της αρχής της σχετικότητας σε μη αδρανειακά συστήματα αναφοράς προϋπέθετε ανώτερα μαθηματικά και διαφορικές γεωμετρίες καμπύλων επιφανειών.

Ο Αϊνστάιν χρειάστηκε να μελετήσει το Γκαουσιανό σύστημα συντεταγμένων το οποίο αφορά σε καμπυλόγραμμα γεωμετρίες και στη συνέχεια τη γενίκευση αυτής της γεωμετρίας σε πολλές διαστάσεις, όπως την διατύπωσε ο Ρήμαν. Αυτή η γεωμετρία ήταν που αποτέλεσε το πλαίσιο πάνω στο οποίο θεμελίωσε τη γενική θεωρία της σχετικότητας. Για την βαθιά κατανόησή της χρειάστηκε τη βοήθεια του μαθηματικού και πρώην συμφοιτητή του Μαρσέλ Γκρόσμαν. Ωστόσο, το πρόβλημα της μαθηματικής επεξεργασίας των εξισώσεων της γενικής θεωρίας παρέμενε άλυτο μέχρι και λίγους μήνες πριν δημοσιεύσει τη θεωρία του. Η λύση βρέθηκε μέσα από τις διαλέξεις του κορυφαίου Γερμανού μαθηματικού Ντέιβιντ Χίλμπερτ (David Hilbert), καθηγητή στο πανεπιστήμιο του Γκέτινγκεν. Οι εύστοχες παρατηρήσεις του βοήθησαν τον Αϊνστάιν να αναγνωρίσει τα προβλήματα των εξισώσεων του και να τις διατυπώσει στη σωστή τελική μορφή τους. Έτσι, τον Νοέμβριο του 1915 κατάφερε να εξηγήσει την παρατηρούμενη ανωμαλία στην κίνηση του Ερμή και λίγες μέρες αργότερα σε διάλεξή του στην Πρωσική Ακαδημία Επιστημών να παρουσιάσει στην τελική τους μορφή τις εξισώσεις της γενικής θεωρίας της σχετικότητας. (Bernstein, 1995· Powers, 2016)

Η γενικευμένη αρχή της σχετικότητας του Αϊνστάιν είναι μια νέα εκδοχή της βαρύτητας σε γεωμετρικό πλαίσιο, είναι η επαναστατική υπόθεση ότι ο χωρόχρονος δεν είναι επίπεδος αλλά καμπύλος. Σύμφωνα με την γενική θεωρία η καμπυλότητα του χωροχρόνου επηρεάζει την κίνηση της ύλης αναγκάζοντάς την να κινείται σε γεωδαισιακές καμπύλες, ενώ ταυτόχρονα η χωροχρονική κατανομή της ύλης επηρεάζει τη δομή του χωροχρόνου με τον

τρόπο που περιγράφουν οι πεδιακές εξισώσεις του Αϊνστάιν. Όπως πολύ εύστοχα περιέγραψε ο Αμερικανός θεωρητικός φυσικός John Wheeler: *"Η ύλη λέει στο χώρο πως να καμπυλωθεί και ο χώρος λέει στην ύλη πως να κινηθεί"* (Γραμματικάκη, 2006, σσ. 186)

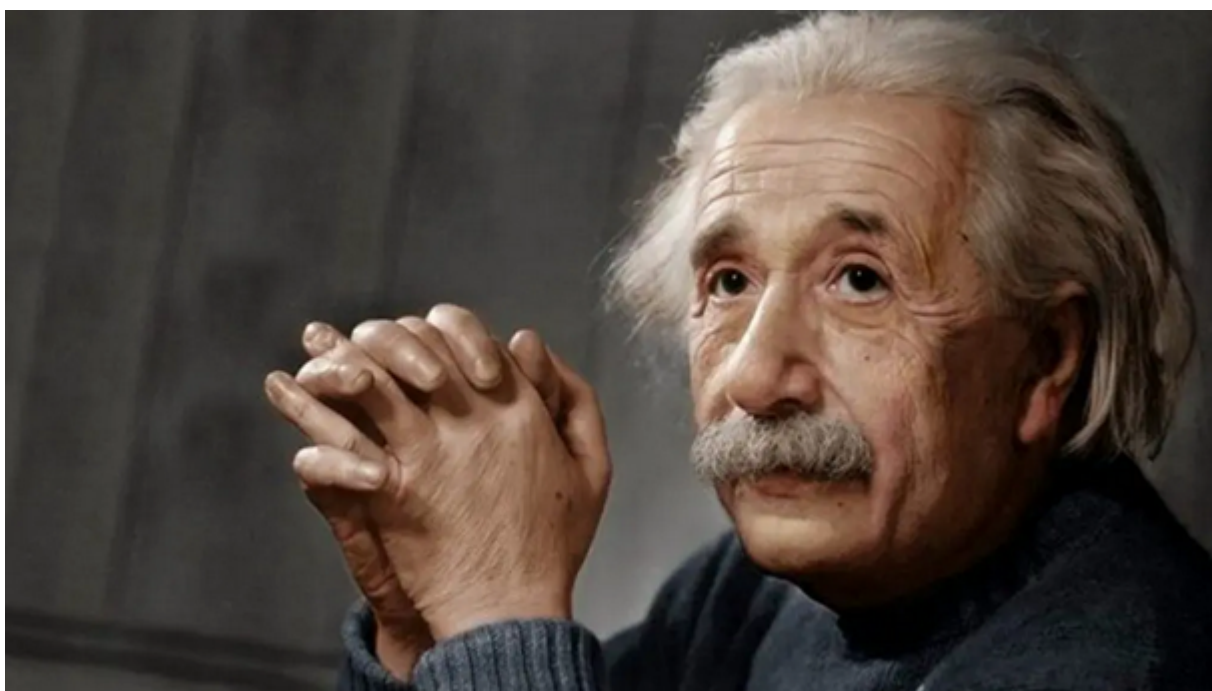
Η γενικευμένη αρχή της σχετικότητας πέραν της αξιοσημείωτης ομορφιάς της ερμηνεύει τον εμπειρικό νόμο της ισότητας αδρανειακής και βαρυτικής μάζας, εξηγεί την ανωμαλία στην τροχιά του Ερμή και εξηγεί την καμπυλότητα του φωτός λόγω του βαρυτικού πεδίου του Ήλιου. Στην περίπτωση που τα βαρυτικά πεδία είναι αδύναμα και οι μετατοπίσεις των σωμάτων ως προς το σύστημα αναφοράς γίνονται με σημαντικά μικρότερες ταχύτητες από αυτή του φωτός, τότε οι ίδιες οι πεδιακές εξισώσεις της γενικής θεωρίας μεταπίπτουν με καλή προσέγγιση στις νευτώνειες εξισώσεις, χωρίς όμως να απαιτείται η ύπαρξη μιας βαρυτικής ελκτικής δύναμης που ακολουθεί το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου. Ωστόσο παρατηρείται μια απόκλιση στην κίνηση του Ερμή την οποία δεν μπορεί να ερμηνεύσει η κλασική μηχανική. (Einstein, 2006).

Ο επαναστατικός χαρακτήρας της γενικής θεωρίας της σχετικότητας έγκειται στο ότι ορίζει νέες σχέσεις μεταξύ του χώρου, του χρόνου, της ύλης και της κίνησης. Ενώ στην κλασική φυσική ο χώρος αποτελούσε μια πραγματικότητα χωρίς μορφή, δομή και ιστορία, με τη σχετικότητα ο χώρος και ο χρόνος αποκτούν ιστορικό και οντολογικό χαρακτήρα. Αποκτούν υπόσταση μέσω της ύλης και μορφές που καθορίζονται από την περιεχόμενη σε αυτές ύλη. (Μπιτσάκης, 1993).

Η θεωρία της σχετικότητας άργησε χαρακτηριστικά να εισέλθει στην επικρατούσα φυσική. Αυτό διαφαίνεται από το γεγονός ότι ενώ η γενική θεωρία επιβεβαιώθηκε το 1919 από τον Βρετανό αστρονόμο Σερ Άρθουρ Έντινγκτον, το βραβείο Νόμπελ που πήρε ο Αϊνστάιν το 1921 αφορούσε στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και όχι στη σχετικότητα.

4. Η ζωή του Αϊνστάιν

Τα βιογραφικά στοιχεία που παρουσιάζουμε αντλούνται κυρίως από τον Walter Isaacson βιογράφο του Αϊνστάιν (Isaacson, 2018) αλλά και από τον Φίλιπ Φρανκ (Φρανκ, 1978), επιστημονικό συνεργάτη και βιογράφο του Αϊνστάιν. Το άνοιγμα των αρχείων του Αϊνστάιν έδωσαν στον Isaacson και σε όλους τους ιστορικούς τη δυνατότητα να εξερευνήσουν τον τρόπο που η ανθρώπινη πλευρά του Αϊνστάιν συνδέονταν με την πολιτική και επιστημονική του έκφραση. Να διακρίνουν δηλαδή από την ανθρώπινη πλευρά του Αϊνστάιν τις πηγές της επιστήμης του αλλά και αντίστροφα.



Ο φυσικός και νεοθετικιστής φιλόσοφος Φίλιπ Φρανκ, ήταν ένα από τα πρώιμα μέλη του Κύκλου της Βιέννης. Ο Φρανκ παρουσίασε τη ζωή και το έργο του Αϊνστάιν όπως την παρακολούθησε ο ίδιος ως προσωπικός του φίλος αλλά και επιστημονικός του συνεργάτης. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει στην εισαγωγή του συγγράμματός του, *"Να κατανοήσουμε τον Αϊνστάιν"* σημαίνει να κατανοήσουμε τον κόσμο του εικοστού αιώνα. (Φρανκ, 1978 σελ.17))

Στα πλαίσια των αναγκών της εργασίας περιοριζόμαστε στη ζωή του Αϊνστάιν μέχρι τη διατύπωση της θεωρίας της σχετικότητας. Θα αναλύσουμε το οικογενειακό και το ευρύτερο

κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο ο Αϊνστάιν αναπτύχθηκε συναισθηματικά και διαμόρφωσε την κοινωνική του φιλοσοφία και την επιστημονική του ταυτότητα.

4.1. Παιδικά χρόνια

4.1.1. Οικογενειακή καταγωγή

Ο ρίζες της καταγωγής του Άλμπερτ Αϊνστάιν και από τους δύο γονείς του απαντώνται στους Εβραίους της Σουαβίας, μια περιοχή στη νοτιοδυτική Γερμανία. Για τουλάχιστον δύο αιώνες στα αγροτικά χωριά της Σουαβίας ζούσαν Εβραίοι έμποροι και βιοτέχνες. Ο τρόπος ζωής τους, ειδικά στις μικρές πόλεις, ήταν ίδιος με τον τρόπο ζωής του υπόλοιπου πληθυσμού. Αυτό οφείλονταν στο ότι δεν ήταν προσκολλημένοι στις εβραϊκές παραδόσεις και έθιμα και μπορούσαν να αλληλεπιδρούν με τον υπόλοιπο πληθυσμό. Για τους πιο προοδευτικούς η Βίβλος και τα ιερά τους βιβλία δεν αποτελούσαν τη μοναδική πηγή αλήθειας και η θέση τους ήταν δίπλα στα κλασικά έργα της Γερμανικής λογοτεχνίας, όπως του Φρίντριχ Σίλλερ, του Χάινριχ Χάινε και του Γκότχολντ Λέσσιγκ. Προπαντός ο Σίλλερ, θεατρικός συγγραφέας και ποιητής σουηβικής καταγωγής, λειτούργησε σαν δάσκαλος της ηθικής και συνέβαλε στη διαμόρφωση της νέας γενιάς. (Φρανκ, 1978)

Η γειτνίαση της Σουαβίας με την Γαλλική Αλσατία έκανε τους Σουαβούς να ξεχωρίζουν από τους μη εκλεπτυσμένους Βαυαρούς αλλά και από τους Πρώσους, που η εμμονή τους με την τάξη και την κυριαρχία τους είχε μετατρέψει σε άψυχες μηχανές. Η κατάσταση άλλαξε με τον Γαλλοπρωσικό πόλεμο του 1871. Η επιρροή της νικήτριας Πρωσίας στην ισχυρή πλέον γερμανική αυτοκρατορία συνέβαλε αποφασιστικά στη διαμόρφωση του γερμανικού αυστηρού χαρακτήρα. Αν και η ενοποίηση της Γερμανίας ήταν για πολλά χρόνια το όνειρο των προοδευτικών Γερμανών διανοούμενων, ο τρόπος που ο Μπίσμαρκ (Otto von Bismarck) ο πρωθυπουργός της Πρωσίας την πραγματοποίησε ήταν πολύ βίαιος και εντελώς αντίθετος με τις δικές τους δημοκρατικές ιδέες. Ωστόσο ήταν αποτελεσματικός. (Φρανκ, 1978)

Η νέα κατάσταση δυσκόλεψε τη ζωή των διανοούμενων ολόκληρης της Γερμανίας. Η αγάπη τους και η κλίση τους στις τέχνες και στην επιστήμη τους έκανε να απεχθάνονται τη βία, την τάξη και γενικά τη μηχανοποίηση της ζωής τους. Όφειλαν όμως να θαυμάζουν τους νέους ηγέτες και να υπακούουν στις διαταγές τους ακόμα και αν αυτές αφορούσαν στις τέχνες και στις επιστήμες. Το ίδιο συνέβη και με τους Γερμανούς Εβραίους. Αν και κατάφεραν να

διαφυλάξουν την ιδιωτική τους ζωή, στις κοινωνικές τους εκδηλώσεις προσάρμοζαν τη συμπεριφορά τους και τις ιδέες τους σε αυτές της κυρίαρχης τάξης. Μόνο όσοι δεν διαπραγματεύονταν την ελευθερία και τα πνευματικά τους ιδεώδη κατάφεραν να έρθουν αντιμέτωποι με το γενικό ρεύμα και τις τάσεις που επικρατούσαν. Ένας από αυτούς ήταν και ο Αϊνστάιν. (Φρανκ, 1978)

Ο Αϊνστάιν (Albert Einstein, 14 Μαρτίου 1879 –18 Απριλίου 1955) γεννήθηκε στην πόλη Ουλμ της Σουαβίας από τους Χέρμαν Αϊνστάιν (Herman Einstein) και Παουλίνε Κοχ (Pauline Koch). Ένα χρόνο μετά τη γέννησή του η οικογένειά του μετακόμισε στο Μόναχο, όπου και γεννήθηκε η αδερφή του Μάγια (Maja), δύο χρόνια μικρότερη.

Ο πατέρας του Χέρμαν ήταν ήπιος, φιλικός αλλά όπως αποδείχτηκε χωρίς ιδιαίτερες επιχειρηματικές ικανότητες. Αν και είχε ιδιαίτερη κλίση στα μαθηματικά δεν κατάφερε λόγω οικονομικών δυσκολιών να φοιτήσει σε πανεπιστήμιο, μπόρεσε όμως να ολοκληρώσει τις γυμνασιακές του σπουδές. Τελικά, ασχολήθηκε με το εμπόριο και έγινε συνιδιοκτήτης σε μια επιχείρηση κατασκευής πουπουλένιων στρωμάτων. Λίγο μετά τη γέννηση του Άλμπερτ η επιχείρηση χρεοκόπησε. Τότε ήταν που ο Χέρμαν πείστηκε από τον μικρότερο αδερφό του τον Γιάκομπ να μετακομίσουν στο Μόναχο όπου και ζούσε . Ο Γιάκομπ, ήταν μηχανικός και είχε μια δική του επιχείρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Αυτό που πρότεινε στον Χέρμαν ήταν να αναλάβει το εμπορικό τμήμα της επιχείρησης.

Η μητέρα του η Παουλίνε ήταν φύση καλλιτεχνική και με λεπτό χιούμορ. Αγαπούσε τη μουσική, κυρίως τις σονάτες για πιάνο του Μπετόβεν.. Η Παουλίνε είχε πλούσια καταγωγή και παρόλο που με τον Χέρμαν δεν είχε την ίδια οικονομική άνεση ήταν ικανοποιημένη δίπλα του και σύμφωνα με τις περιγραφές όλων ήταν ένα ιδιαίτερα ταιριαστό ζευγάρι.

4.1.2. Η ζωή στο Μόναχο

Η οικογένεια εγκαταστάθηκε σε μια μεγάλη κατοικία με κήπο, στα περίχωρα του Μονάχου όπου θα ζούσαν για πολλά χρόνια μια ήρεμη αστική ζωή. Το Μόναχο την περίοδο εκείνη αριθμούσε 300.000 κατοίκους, το 2% των οποίων ήταν Εβραίοι. Η πόλη αναπτύσσονταν με γοργούς ρυθμούς και διέθετε γκαλερί, συναυλιακούς χώρους και πλήθος εκκλησιών. Είχε ενδιαφέρουσα αρχιτεκτονική και ήταν η πρώτη πόλη της Γερμανίας με οδικό δίκτυο φωτισμού.

Ο Αϊνστάιν άργησε να μιλήσει, σε βαθμό που οι γονείς του ανησύχησαν για τυχόν αναπτυξιακά προβλήματα. Όπως ο ίδιος ανέφερε, η αργή λεκτική του ανάπτυξη τον έφερε σε επαφή με τα καθημερινά προβλήματα σε μεγαλύτερη από τη συνήθη ηλικία με αποτέλεσμα να τα παρατηρεί πιο βαθιά και να μην τα θεωρεί δεδομένα. Επίσης τον έκανε να σκέφτεται περισσότερο με εικόνες παρά με λέξεις. Το γεγονός αυτό συνδέεται με τα περίφημα νοητικά του πειράματα και εντέλει με τη δημιουργία της θεωρίας της σχετικότητας. (Isaacson, 2018)

Από μικρή ηλικία είχε πολύ αναπτυγμένη την ικανότητα να συστηματοποιηθεί, όχι όμως και την ικανότητα της ενσυναίσθησης. Ωστόσο, στη διάρκεια της ζωής του παράλο το αντιδραστικό και απόμακρο του χαρακτήρα του είχε στενές φιλίες, σωστές σχέσεις με τους συναδέλφους του και πλήρη συναίσθηση της ευρύτερης πολιτικής κατάστασης.

Γενικά, ήταν λιγομίλητος χωρίς ευφράδεια και απέφευγε παιχνίδια με έντονη σωματική άσκηση και φασαρία. Στην ουσία, απέφευγε τα υπόλοιπα παιδιά και προτιμούσε να στοχάζεται και να ονειροπολεί. Του άρεσε να ασχολείται με γρίφους και να φτιάχνει με επιμονή πολύπλοκες κατασκευές. Αν και ήταν ιδιαίτερα πράος είχε εκρήξεις θυμού τις οποίες όταν ήταν μικρός δεν μπορούσε να διαχειριστεί, τελικά όμως τις ξεπέρασε.

Ο Αϊνστάιν απεχθάνονταν οτιδήποτε σχετικό με πόλεμο και με έναν στρατιωτικό πειθαρχημένο τρόπο ζωής. Ενώ σχεδόν όλα τα παιδιά της ηλικίας του εντυπωσιάζονταν από τον στρατό και τις παρελάσεις και ανυπομονούσαν να μεγαλώσουν ώστε να συμμετάσχουν στα προαναφερθέντα, ο Αϊνστάιν θεωρούσε ότι όλες αυτές οι εκδηλώσεις μετέτρεπαν τους ανθρώπους σε ρομπότ. Μισούσε βαθύτατα οποιαδήποτε μορφή καταναγκασμού και όλους τους συμβατικούς νόμους που επινοούσαν οι άνθρωποι. (Φρανκ, 1978)

Καθώς οι γονείς του Αϊνστάιν δεν είχαν καμία σχέση με την πατρογονική θρησκεία, τον έστειλαν σε καθολικό δημοτικό σχολείο της περιοχής. Εκεί θα ήταν ο μόνος Εβραίος ανάμεσα στα εβδομήντα παιδιά της τάξης του. Παρόλα αυτά παρακολούθησε με ενδιαφέρον τα μαθήματα των θρησκευτικών, κυρίως επειδή οι δάσκαλοί του ήταν ιδιαίτερα προοδευτικοί και δεν ενδιαφέρονταν για το θρήσκευμα των μαθητών. Με τους συμμαθητές του τα πράγματα ήταν διαφορετικά. Ο Αϊνστάιν θυμάται ότι πολύ συχνά του δημιουργούσαν προβλήματα και τον έκαναν να νοιώθει παρείσακτος.

Στην ηλικία των 9 ετών πήγε σε γυμνάσιο του Μονάχου το οποίο φημίζονταν για την έμφαση που έδινε στα μαθηματικά, στα Λατινικά και στα αρχαία Ελληνικά. Η έμφαση

περιορίζονταν στην εκμάθηση της Ελληνικής και της Λατινικής γλώσσας και όχι στη βαθύτερη γνωριμία με τον πολιτισμό των δύο λαών. Έτσι, αναγκάζονταν να σπαταλάει χρόνο στο να μαθαίνει με μηχανικό τρόπο πολύπλοκους γραμματικούς κανόνες ενώ αυτό που επιθυμούσε διακαώς ήταν να γνωρίσει τους νόμους που διέπουν το σύμπαν. Η όλη εκπαιδευτική διαδικασία του θύμιζε τις μεθόδους του πρωσικού στρατού και παρομοίαζε τους δασκάλους και τους καθηγητές με λοχίες και υπολοχαγούς αντίστοιχα. Η εναντίωσή του και η περιφρόνησή του σε κάθε μορφή μηχανικής μάθησης έκανε τη φοίτησή του στο γυμνάσιο ενοχλητική και εριστική, σε βαθμό που οι καθηγητές εκδήλωναν φανερά την επιθυμία τους να απομακρυνθεί από την τάξη. (Φρανκ, 1978)

4.1.3. Πνευματικά ενδιαφέροντα

Στην ηλικία των 6 ετών η μητέρα του τον έφερε σε επαφή με τη μουσική φροντίζοντας να ξεκινήσει μαθήματα βιολιού. Στην αρχή ο Αϊνστάιν αντιδρούσε στο μηχανικό τρόπο διδασκαλίας της μουσικής και αντιμετώπιζε την όλη διαδικασία ως κάτι ανάλογο του σχολικού καταναγκασμού. Στην ηλικία των δεκατριών ετών μαγεύτηκε από την ομορφιά, την απλότητα και την αγνότητα της μουσικής του Μότσαρτ, τόσο ώστε να θεωρεί ότι η μουσική του Μότσαρτ αντικατοπτρίζει την εσωτερική ομορφιά του Σύμπαντος. Τότε διαπίστωσε ότι η τεχνική που του δίδαξαν οι δάσκαλοί του δεν ήταν ικανή να εκφράσει την ουσία της ομορφιάς μιας τέτοιας μουσικής. Με επίμονη άσκηση, στοχεύοντας όχι τόσο στο να κατακτήσει μια άρτια τεχνική αλλά στο να αποδώσει με χάρη τις σονάτες του Μότσαρτ κατάφερε να αποκτήσει απίστευτη δεξιότητα στο βιολί και να αγαπήσει βαθύτατα τη μουσική.

Η φοίτηση του Αϊνστάιν στο γυμνάσιο συνοδεύτηκε από μια έντονη και παθιασμένη διάθεση να γνωρίσει και να υπηρετήσει τον Ιουδαϊσμό. Ο Isaacson εικάζει ότι αυτή η στάση του Αϊνστάιν πυροδοτήθηκε από την κοσμική κλίση των γονιών του, ήταν δηλαδή μια αντίδραση απέναντι στον ένθερμο υλισμό του πατέρα του. Ο ίδιος στην αυτοβιογραφία του (Einstein, 2006) αναφέρεται σε αυτή την περίοδο της ζωής του, στον "θρησκευτικό παράδεισο" των νεανικών του χρόνων. Όπως αναφέρει, σε νεαρή ηλικία συνειδητοποίησε με έντονο τρόπο τις μάταιες προσπάθειες όλων όσοι σε όλη τους τη ζωή καταδιώκουν άλλους ανθρώπους και την υποκρισία τους στην προσπάθεια να συγκαλύψουν αυτό το κυνηγητό. Η συνειδητοποίηση αυτής της αναληθσίας βρήκε πρώτη διέξοδο στη θρησκεία, όταν στο

Γυμνάσιο διδάχτηκε για πρώτη φορά τον Ιουδαϊσμό. Έτσι έγινε ένα βαθιά θρησκευόμενο άτομο το οποίο μέσα σε ένα εντελώς άθρησκο οικογενειακό περιβάλλον ακολουθούσε με συνέπεια όλα τα εβραϊκά ήθη και έθιμα. Η θρησκευτικότητά του έληξε απότομα στην ηλικία των 12 ετών μέσα από την επαφή του με την επιστήμη. Τότε σύμφωνα με τον ίδιο αμφισβήτησε όλες τις "αλήθειες" που γράφονταν στα ιερά εβραϊκά βιβλία. Συνέπεια αυτού ήταν μια φανατική ελευθερία σκέψης και η πεποίθηση ότι το κράτος εξαπατά σκόπιμα τους νέους με τέτοιου είδους ψέματα. Η δυσπιστία του απέναντι στο θρησκευτικό δόγμα και σε κάθε μορφή εξουσίας και αυθεντίας θα τον ακολουθούσε σε όλη του τη ζωή και θα επηρέαζε τόσο την πολιτική του στάση όσο και την επιστημονική του δραστηριότητα. (Einstein, 2006)

Σύμφωνα με τον Φρανκ (1978), ο Αϊνστάιν παρέμενε πάντα αφοσιωμένος στους μεγάλους αναλλοίωτους νόμους της φύσης, τους οποίους στη θρησκευτική περίοδο της ζωής του τους κατανοούσε μόνο μέσα από το τελετουργικό της πατροπαράδοτης θρησκείας. Με αυτό το σκεπτικό ερμήνευσε τον χλευασμό του πατέρα του προς την εβραϊκή θρησκεία ως έλλειψη αρμονίας, ως την άρνησή του να υποταχθεί στους αιώνιους νόμους της φύσης.

Η ευρέως διαδεδομένη άποψη ότι ο Αϊνστάιν δεν τα κατάφερνε στα μαθηματικά, ή ότι γενικά δεν ήταν καλός μαθητής αποτελεί έναν ακόμη μύθο γύρω από το όνομά του και οφείλεται στη διάθεσή του να αμφισβητεί τις μεθόδους διδασκαλίας και να εναντιώνεται στην εξουσία των καθηγητών. Πάντα οι βαθμοί του ήταν από τους καλύτερους στην τάξη. Όπως ο ίδιος αναφέρει, στην ηλικία 12-16 ετών είχε ήδη μάθει τις αρχές του διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού. Εκείνο που συνέβαλε στο να αγαπήσει ο Αϊνστάιν τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες δεν ήταν το σχολείο, αλλά τα ερεθίσματα που έπαιρνε από το σπίτι του. (Einstein, 2006)

Οι πρώτες επιρροές ήταν από τον Γιάκομπ, τον μόνο από τα αδέρφια του πατέρα του που μπόρεσε να σπουδάσει και να γίνει μηχανικός. Ο Γιάκομπ ζούσε μαζί τους και περνούσε πολύ χρόνο με τον Αϊνστάιν. Τον έφερε σε επαφή με τον κόσμο της Άλγεβρας με έναν πολύ διασκεδαστικό και πρωτότυπο τρόπο, εντελώς διαφορετικό από την επικρατούσα διδακτική διαδικασία. Πολύ συχνά τον εφοδίαζε με δύσκολα προβλήματα άλγεβρας και γεωμετρίας τα οποία ο Αϊνστάιν έλυne με απίστευτη επιμονή. Η αδερφή του Μάγια θυμάται την απίστευτη ικανότητα αυτοσυγκέντρωσής του και συγκεκριμένα την ικανοποίησή του όταν τελικά κατάφερε να αποδείξει το πυθαγόρειο θεώρημα με τη βοήθεια της ομοιότητας τριγώνων.

Αυτό φανέρωνε την ικανότητά του στα μαθηματικά αλλά και το γεγονός ότι μπορούσε να αποδεικνύει γεωμετρικές προτάσεις χρησιμοποιώντας μόνο απλά αξιώματα.

Ένα παλιό εβραϊκό έθιμο, το μόνο που ακολούθησαν οι γονείς του, στάθηκε η αφορμή για να δεχτεί ο Αϊνστάιν τα μεγαλύτερα διανοητικά ερεθίσματα. Μια φορά την εβδομάδα η οικογένειά του έτρωγε μαζί με έναν φτωχό φοιτητή της Ιατρικής, τον Μαξ Τάλμουντ. Ο Τάλμουντ του έφερνε εκλαϊκευμένα επιστημονικά βιβλία, όπως την εικονογραφημένη σειρά πολλών τόμων *"Τα βιβλία του Λαού για τις Φυσικές Επιστήμες"* του Άαρον Μπέρνσταϊν. Ο Αϊνστάιν διάβασε όλους τους τόμους με κομμένη την ανάσα. Εξίσου ενδιαφέρον βρήκε και το βιβλίο *"Δύναμη και Ύλη"* του Μπρύνχερ. Τα βιβλία του Μπέρνσταϊν τόνιζαν τη στενή σχέση μεταξύ της Βιολογίας, της Γεωλογίας και της Φυσικής και επικεντρώνονταν σε ποιοτικά θέματα. Ένα από αυτά είχε να κάνει με την σταθερή ταχύτητα του φωτός. Ο Μπέρνσταϊν πρότεινε στους αναγνώστες του διάφορα νοητικά πειράματα για να κατανοήσουν ότι πράγματι η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη από την κίνηση της πηγής. Επιπλέον περιέγραφε φανταστικά ταξίδια στο διάστημα με μεταφορικό μέσο ένα κύμα ηλεκτρικού σήματος.

Ο Τάλμουντ εντυπωσιασμένος από τον ενθουσιασμό και τις ικανότητες του Αϊνστάιν τον έφερε σε επαφή και με τη φιλοσοφία. Η αρχή έγινε με τον Ιμάνουελ Καντ, ακατανόητος για τους περισσότερους, όχι όμως και για τον Αϊνστάιν. Με αφορμή το έργο του Καντ *"Η κριτική του καθαρού λόγου"* άρχισε να μελετάει τον Χιουμ και τον Έρνστ Μαχ και να εμβαθύνει στην αντικειμενικότητα της πραγματικότητας. Τότε ήταν που ο Αϊνστάιν εκδήλωσε την αποστροφή του προς τη θρησκεία.

Ο Αϊνστάιν στους αυτοβιογραφικούς του στοχασμούς περιγράφει τη νόηση ως "ένα είδος ελεύθερου παιχνιδιού με έννοιες" μέσω του οποίου μπορούμε να διαχειριστούμε όλες τις αισθητηριακές εμπειρίες μας. Όπως αναφέρει, η νόηση λειτουργεί κυρίως ασυνείδητα και χωρίς τη χρήση συμβόλων. Όταν μια εμπειρία συγκρούεται με τον ήδη διαμορφωμένο κόσμο των εννοιών τότε βιώνουμε *"την αίσθηση της απορίας"* η οποία αν είναι έντονη επηρεάζει σημαντικά τον νοητικό μας κόσμο και αποτελεί τη διαδικασία εξέλιξής του. (Einstein, 2006)

Ο ίδιος αναφέρεται σε δύο τέτοιου είδους απορίες μέσα από τις οποίες ανακάλυψε την αξία της επιστημονικής γνώσης. Την πρώτη τη βίωσε στην ηλικία των 4-5 ετών, όταν είδε για πρώτη φορά μια πυξίδα. Η συμπεριφορά της βελόνας έδειχνε μυστηριώδης και δεν έβρισκε

θέση στον κόσμο εννοιών, όπως είχε εδραιωθεί στο ασυνείδητό του. Έδειχνε σαν να την επηρέαζε ένα αόρατο κρυμμένο πεδίο δυνάμεων. Αυτό ήταν που τον οδήγησε αργότερα στη μελέτη των αόρατων δυνάμεων του κενού χώρου και στην περιγραφή της φύσης μέσα από θεωρίες πεδίων. Η δεύτερη απορία ήταν στην ηλικία των 12 ετών όταν για πρώτη φορά ήρθε σε επαφή με την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Τότε εντυπωσιάστηκε από την καθαρότητα και την βεβαιότητα των αξιωμάτων της και από τον τρόπο που θεμελίωσαν ολόκληρη τη Γεωμετρία. (Einstein, 2006). Χρόνια αργότερα θα διατύπωνε την ειδική θεωρία της σχετικότητας και θα την στήριζε σε δύο φαινομενικά απλά αξιώματα.

Ο Αϊνστάιν δεν σταμάτησε ποτέ να εκπλήσσεται και να εντυπωσιάζεται από τη μαγεία των φυσικών φαινομένων. Όπως ο ίδιος έγραψε σε φίλο του, δεν έπαψε ποτέ να στέκεται σαν περίεργο παιδί μπροστά στο μεγάλο μυστήριο μέσα στο οποίο γεννήθηκε. (Isaacson, 2018 σελ 29)

4.1.4. Αναχώρηση από το Μόναχο

Η εταιρεία του Γιάκομπ και του Χέρμαν πήγαινε για αρκετά χρόνια πολύ καλά και αριθμούσε περισσότερους από διακόσιους εργαζόμενους. Ο Γιάκομπ είχε κατοχυρώσει πλήθος ευρεσιτεχνιών για βελτιώσεις ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και είχε σχεδιάσει τις κατάλληλες υποδομές για να εξασφαλίσουν τη συμφωνία για την ηλεκτροδότηση ενός μεγάλου προαστίου του Μονάχου. Η εταιρία ανταγωνίζονταν όλες τις εταιρίες ηλεκτρικού ρεύματος που δραστηριοποιήθηκαν εκείνη την περίοδο, όπως τη Siemens. Το μεγάλο άνοιγμα της εταιρίας απαιτούσε κεφάλαια και για να τα αποκτήσουν πήραν ένα δάνειο με μεγάλο επιτόκιο και με υποθήκη το σπίτι. Ωστόσο η εταιρία δεν κατάφερε να κλείσει τις συμφωνίες που υπολόγιζε και το 1894 χρεοκόπησε. Ο Γιάκομπ και ο πατέρας του αποφάσισαν να μετακομίσουν στην Ιταλία με σκοπό να ανοίξουν εκεί μια μικρότερη εταιρία. Έτσι μετακόμισαν αρχικά στο Μιλάνο και στη συνέχεια στην πόλη Παβία και εγκατέστησαν μια παρόμοια επιχείρηση.

Τότε ο Αϊνστάιν ήταν 15 ετών και έπρεπε να μείνει στο Μόναχο σε έναν συγγενή τους για να τελειώσει το γυμνάσιο. Η ολοκλήρωση των γυμνασιακών του σπουδών αποτελούσε προϋπόθεση για τη συνέχεια των σπουδών του στο πολυτεχνείο της Ζυρίχης, κάτι το οποίο επιθυμούσε. Η όλη κατάσταση τον οδήγησε στα όρια της κατάθλιψης με αποτέλεσμα να βρίσκει όλο και πιο ανυπόφορες τις παιδαγωγικές μεθόδους του Γυμνασίου και το ψυχρό

άκαμπτο πρωσικό πνεύμα. Έτσι επινόησε ένα τέχνασμα προκειμένου να φύγει από το Μόναχο. Προσκόμισε μια ιατρική βεβαίωση ότι πάσχει από νευρική εξάντληση και χρήζει ξεκούρασης και αποχής από το σχολείο. Τη βεβαίωση την πήρε από τον μεγαλύτερο αδερφό του Τάλμουντ που ήταν γιατρός. Στη συνέχεια ζήτησε μία βεβαίωση από τον μαθηματικό του σχολείου που να πιστοποιεί ότι οι γνώσεις του στα μαθηματικά ήταν σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μπορεί να παρακολουθεί μαθήματα πανεπιστημιακού επιπέδου. Ο σκοπός του ήταν να πάει στην οικογένειά του στην Ιταλία και να προετοιμαστεί μόνος του για να μπορέσει να μπει στο Πολυτεχνείο, το οποίο δεν απαιτούσε απολυτήριο. Η αποχώρησή του από το Γυμνάσιο ήταν πολύ πιο εύκολη από ότι φαντάζονταν. Τότε συνειδητοποίησε πόσο πολύ οι καθηγητές του επιθυμούσαν την απομάκρυνσή του από το σχολείο. Προφανώς η αποστροφή που ένοιωθε για τη μονότονη διδασκαλία αποτυπώνονταν στον τρόπο που συμπεριφέρονταν στους συμμαθητές του και κυρίως στους καθηγητές του, τόσο ώστε όχι μόνο δέχτηκαν να σταματήσει το σχολείο αλλά βοήθησαν στο να γίνει πιο εύκολη η απομάκρυνσή του.

Ένας ακόμη παράγοντας, πολύ σημαντικός για τον Αϊνστάιν, συνέβαλλε στο να αποφασίσει με τόση θέρμη να φύγει από τη Γερμανία. Τελειώνοντας το Γυμνάσιο θα ήταν αναγκασμένος να υπηρετήσει στο στρατό. Το σενάριο αυτό όπως θυμάται η αδερφή του, του έφερνε τρόμο.

4.1.5. Σχολείο στο Άαραου

Από τις αρχές του 1895 ο Αϊνστάιν βρίσκονταν με την οικογένειά του στην πόλη της Παβίας. Η Ιταλία τον μάγεψε από την πρώτη στιγμή. Η διάχυτη μουσική στους δρόμους των πόλεων, η εύηχη ιταλική προφορά, η φινέτσα και η λεπτότητα των Ιταλών σε κάθε εκδήλωση της καθημερινότητάς τους, όλα έρχονταν σε πλήρη αντίθεση με τον αυστηρό γερμανικό τρόπο ζωής και τη γερμανική κουλτούρα. Η συμπεριφορά των Ιταλών ήταν το αποτέλεσμα της έκφρασης της δικής τους προσωπικότητας και όχι των νόμων που επέβαλλε η κάθε εξουσία όπως στη Γερμανία. Ο Αϊνστάιν απολάμβανε τα ταξίδια στη Βόρεια Ιταλία και έκανε για μέρες πεζοπορία στα βουνά των Άλπεων και στα Απέννινα όρη.

Στις ελεύθερες ώρες του βοηθούσε στην οικογενειακή επιχείρηση. Πολύ γρήγορα απέκτησε μια σφαιρική εικόνα για όλες τις εργασίες στην παραγωγή ηλεκτρισμού, όπως στο πως λειτουργούν οι μαγνήτες και τα πηνία, και ήταν σε θέση να αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα της εταιρίας. Οι ικανότητες του Αϊνστάιν εντυπωσίασαν τον πατέρα του και κυρίως τον Γιάκομπ.

Ο Αϊνστάιν είχε αποφασίσει να προετοιμαστεί μόνος του για τις εξετάσεις στο Πολυτεχνείο και άρχισε να μελετάει τα βιβλία προχωρημένης φυσικής του Ζιλ Βιολέ καθώς και επιστημονικά άρθρα σχετικά με την ανακάλυψη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τον Χερτζ. Στην ηλικία των δεκαέξι ετών έγραψε ένα δοκίμιο σχετικά με τον αιθέρα και τα μαγνητικά πεδία στο οποίο συνόψιζε όλες τις γνώσεις που αποκόμισε από τα συγγράμματα και τα άρθρα που διάβαζε. Ήταν η περίοδος που οι φυσικοί είχαν κατανοήσει τη κυματική φύση του φωτός και για να την ερμηνεύσουν επινόησαν ένα υλικό μέσο διάδοσης, τον αιθέρα, το ανάλογο του νερού στην περίπτωση των κυμάτων της θάλασσας. Ο Αϊνστάιν σχετικά με το συγκεκριμένο δοκίμιο παραδέχτηκε ότι δεν ήταν τότε σε θέση να εμβαθύνει στο θέμα και απλώς διατύπωνε προτάσεις αναπαράγοντας όσα διάβαζε.

Με τη βοήθεια ενός οικογενειακού φίλου κατάφερε τον Οκτώβρη του 1895 να πάρει μέρος στις εξετάσεις για το Πολυτεχνείο ως "παιδί θαύμα", δύο χρόνια μικρότερος από την επιτρεπτή ηλικία. Ενώ πέρασε με ευκολία το μέρος της εξέτασης που αφορούσε στα μαθηματικά και στη φυσική, απέτυχε στο κομμάτι των γενικών γνώσεων. Ο επικεφαλής του τμήματος φυσικής του Πολυτεχνείου Χάινριχ Βέμπερ, μελλοντικός καθηγητής του, εντυπωσιάστηκε από τις επιδόσεις του Αϊνστάιν στη φυσική και του επέτρεψε να παρακολουθεί τις διαλέξεις του. Αντίθετα η πρόταση του διευθυντή του Πολυτεχνείου ήταν να φοιτήσει για ένα χρόνο στην περίφημη σχολή της μικρής πόλης Άαραου της βόρειας Ελβετίας, ώστε να πάρει το δίπλωμα που θα του επέτρεπε να δώσει εξετάσεις για το Πολυτεχνείο. Ο Αϊνστάιν αποφάσισε να ακούσει τον διευθυντή και να πάει στο Άαραου. με το φόβο μήπως η σχολή ήταν ένα στρατικοποιημένο ίδρυμα όπως το γυμνάσιο του Μονάχου, Ενθουσιασμένος διαπίστωσε ότι το κλίμα στο Άαραου ήταν ολοκληρωτικά αντίθετο από αυτό στο Μόναχο. Η σχολή είχε ένα μοντέρνο εκπαιδευτικό σύστημα βασισμένο στη φιλοσοφία του μεταρρυθμιστή εκπαιδευτικού Γιόχαν Χάινριχ Πεσταλότσι που πίστευε ότι οι σπουδαστές πρέπει να ενθαρρύνονται στην οπτική κατανόηση των εννοιών, δηλαδή στη χρήση νοητικών εικόνων. Η ικανότητα αυτή περιγράφεται ως *Anschaung*. Πρόκειται για έναν γερμανικό όρο που αναφέρεται στη δύναμη της όρασης, στις οπτικές παραστάσεις της φαντασίας ως ο μόνος τρόπος για να κατακτηθεί η πραγματική γνώση. (Miller, 2002). Η σχολή έδινε έμφαση στην ελεύθερη σκέψη και όχι στο υποχρεωτικό διάβασμα. Οι καθηγητές καλλιεργούσαν την ατομικότητα του κάθε μαθητή και ήταν πάντα δίπλα τους πρόθυμοι να συζητήσουν σε φιλικό κλίμα τις όποιες δυσκολίες τους. Τα παραπάνω συνδέονται άμεσα με

το γεγονός ότι σε αυτό το σχολείο ο Αϊνστάιν έκανε το πρώτο νοητικό πείραμα σκέψης (με την ακτίνα φωτός) στο οποίο σύμφωνα με τον ίδιο περιέχονταν ο σπόρος της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Η χρήση νοητικών πειραμάτων και η αφηρημένη σκέψη θα γινόταν το βασικό χαρακτηριστικό της μετέπειτα πορείας του.

Στο Άαραου έμενε στο σπίτι της οικογένειας των Βίντιλερ, με τα μέλη της οποίας θα συνδέονταν για πάρα πολλά χρόνια. Ο πατέρας Γιοστ Βίντιλερ δίδασκε ιστορία και αρχαία ελληνικά, είχε φιλελεύθερες ιδέες και συμμερίζονταν απόλυτα την αποστροφή του Αϊνστάιν για τον εθνικισμό. Με τις πολιτικές του ιδέες και τον συνεπή ως προς αυτές τρόπο ζωής του βοήθησε στη διαμόρφωση της κοινωνικής φιλοσοφίας του Αϊνστάιν, ο οποίος στο υπόλοιπο της ζωής του θα υποστήριζε την παγκόσμια ειρήνη, τον δημοκρατικό σοσιαλισμό, τον διεθνισμό, το δικαίωμα ελεύθερης έκφρασης και την ατομική ελευθερία.

Εξίσου σημαντικά στη ζωή του ήταν και τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας. Ο Πάουλ, ο γιος της οικογένειας θα παντρεύονταν τη Μάγια, την αγαπημένη του αδερφή και η μια κόρη η Άννα θα παντρεύονταν τον Μπέσο, τον καλύτερο φίλο του. Ο ίδιος θα ερωτεύονταν για πρώτη του φορά την άλλη κόρη την Μαρί, δύο χρόνια μεγαλύτερή του. Η σχέση τους κράτησε όσο ζούσε στο Άαραου και είχε ενθουσιάσει τις δύο οικογένειες.

Η ζεστασιά της οικογένειας Βίντιλερ βοήθησε τον Αϊνστάιν στο να γίνει πιο κοινωνικός και να αναπτυχθεί συναισθηματικά. Έγινε ένας εντυπωσιακός έφηβος με δυναμικότητα, πνευματικότητα, αυθάδες πνεύμα όπου αυτό επιβάλλονταν και ταπεινότητα.

Εκείνη την περίοδο η μουσική έγινε το μεγάλο του πάθος. Ο τρόπος που ερμήνευε τις μουσικές συνθέσεις των Μπαχ, Μπετόβεν και κυρίως του Μότσαρτ εντυπωσίαζε τους δασκάλους του και γι' αυτό σε μια τοπική συναυλία επιλέχτηκε για πρώτο βιολί σε σονάτα του Μπαχ. Η ερμηνεία του ήταν μαγική και προκάλεσε δέος στους υπόλοιπους μουσικούς και στο κοινό.

Η απέχθεια του Αϊνστάιν για τον πρωσικό μιλιταρισμό τον οδήγησε στο να θέλει να αποποιηθεί της γερμανικής του υπηκοότητας. Ταυτόχρονα θέλησε να αποχωρήσει από την εβραϊκή κοινότητα Έτσι το 1896 με την έγκριση του πατέρα του έγινε "άπατρις" και "άνευ θρησκεύματος". Όπως αποδεικνύεται από την μετέπειτα στάση του Αϊνστάιν, η απόφασή του να αποποιηθεί τον ιουδαϊσμό δεν σήμαινε μια οριστική ρήξη στη σχέση του με τη θρησκεία αλλά μια έκφραση της εξέλιξης των συναισθημάτων του ως προς την πολιτιστική του

ταυτότητα. Στη δεκαετία του 1920, όταν ήρθε σε επαφή με τον αντισημιτισμό άρχισε να επανεξετάσει τη σχέση του με τη θρησκεία και τη σημασία του να είσαι Εβραίος.

Ο Αϊνστάιν ολοκλήρωσε τη σχολή με τους δεύτερους καλύτερους βαθμούς της τάξης του και απέκτησε το δικαίωμα να δώσει εξετάσεις για το Πολυτεχνείο της Ζυρίχης. Πέτυχε σε όλα τα μαθήματα, με άριστο το βαθμό στη φυσική και χαμηλότερο το βαθμό στα γαλλικά και έγινε δεκτός στη σχολή.

Το ίδιο καλοκαίρι η οικογενειακή επιχείρηση χρεοκόπησε για μια ακόμη φορά, χωρίς όμως δάνεια και υποθήκες. Ο θείος του με σύνεση εγκατέλειψε την ιδέα μιας νέας δικής τους επιχείρησης και βρήκε αλλού δουλειά ως μηχανικός. Ο Χέρμαν ελπίζοντας ότι ο γιος του θα γίνει μηχανικός, επέμενε στο να ανοίξει μια νέα επιχείρηση στο Μιλάνο. Επειδή οι επιχειρηματικές ικανότητες του Χέρμαν αποδείχτηκαν ελάχιστες, ο Αϊνστάιν συμβούλεψε τους συγγενείς του να μην χρηματοδοτήσουν τη νέα του προσπάθεια. Ο ίδιος είχε καταλήξει ότι δεν ήθελε για κανένα λόγο να γίνει μηχανικός και να ξοδεύει τη δημιουργικότητά του στο να κάνει πιο εκλεπτυσμένη την καθημερινότητα των ανθρώπων με μόνο όφελος το κέρδος. Ο Αϊνστάιν ήταν αποφασισμένος να υπηρετήσει την επιστήμη.

4.2. Ο Αϊνστάιν στην Ελβετία

4.2.1. Ο Αϊνστάιν φοιτητής

Ο Αϊνστάιν ξεκίνησε τις σπουδές του στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης το 1896 επιλέγοντας τη Σχολή Καθηγητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Μαζί με τον Αϊνστάιν η σχολή του είχε 11 πρωτοετείς φοιτητές. Στη διάρκεια των σπουδών του έμενε σε φοιτητική εστία και αντιμετώπιζε οικονομικά προβλήματα. Ο πατέρας του αδυνατούσε να συνεισφέρει έστω και ελάχιστα στα έξοδά του και τον συντηρούσε ένας συγγενής από την πλευρά της μητέρας του στέλλοντάς του κάθε μήνα 100 ελβετικά φράγκα. Από αυτά έπρεπε να μεριμνήσει και για το ποσό που απαιτούνταν για να πολιτογραφηθεί Ελβετός. Αν και δεν βίωσε στην κυριολεξία υλική στέρηση, σε όλη τη διάρκεια των σπουδών του δεν μπορούσε να απολαύσει καμία μικροπολυτέλεια (Φρανκ, 1978)

Σύμφωνα με τον Φρανκ (1978) την περίοδο εκείνη η διδασκαλία της φυσικής στο Πολυτεχνείο ήταν αναχρονιστική, υπερβολικά σχολαστική και περιορισμένη στις αντιλήψεις που είχαν εδραιωθεί μέσα από τις τεχνικές εφαρμογές. Ο υπεύθυνος του τμήματος φυσικής ήταν ο Γερμανός μαθηματικός Χάινριχ Φρήντιχ Βέμπερ (Heinrich Weber), κορυφαίος ερευνητής στην ηλεκτροτεχνία. Ο Βέμπερ είχε πάρει μια γενναία χρηματοδότηση από τον γνωστό στο χώρο των ηλεκτρολογικών επιχειρήσεων Βέρνερ φον Ζίμενς, και ίδρυσε ένα ινστιτούτο φυσικών ερευνών με πρότυπα εργαστήρια.

Στην αρχή των σπουδών του ο Αϊνστάιν ήταν εντυπωσιασμένος με τις διαλέξεις του Βέμπερ, σταδιακά όμως άρχισε να τις θεωρεί παρωχημένες, κυρίως επειδή δεν περιλάμβαναν τις εξισώσεις του Μάξγουελ. Τελικά έχασε το ενδιαφέρον του για τις διαλέξεις του Βέμπερ και λόγω του χαρακτήρα δεν έκρυψε την απογοήτευσή του. Ο Βέμπερ απέπνεε πρωσικό αυταρχισμό και αδυνατούσε να χειριστεί φοιτητές με ανεξάρτητη σκέψη, όπως ο Αϊνστάιν, ειδικά όταν τον αποκαλούσαν "κύριε Βέμπερ" και όχι "κύριε Καθηγητά". Ο εκνευρισμός του με την αυθάδεια του Αϊνστάιν και με την προκλητική ανεπιστημότητα με την οποία του φέρονταν οδήγησε σε μια σχεδόν έχθρα μεταξύ τους. Αυτός ήταν και ο λόγος που όταν ο Αϊνστάιν αποφοίτησε δεν του πρότεινε να παραμείνει στη σχολή ως επίκουρος καθηγητής. (Isaacson, 2018· Miller, 2002)

Η συμπεριφορά του Αϊνστάιν ενόχλησε και τον άλλον καθηγητή της φυσικής, τον Γάλλο Ζαν Περνέ, υπεύθυνο των πειραματικών και εργαστηριακών ασκήσεων. Ο Αϊνστάιν λόγω της άρνησής του να υπακούει σε διαταγές αντιδρούσε στις αυστηρές οδηγίες που δίνονταν για την εκτέλεση των πειραμάτων και σχεδόν πάντα τα εκτελούσε με δικούς του τρόπους. (Isaacson, 2018).

Η παραπάνω κατάσταση στη φυσική οδήγησε για μια ακόμη φορά τον Αϊνστάιν στην αυτομελέτη και κατέφυγε στους κλασικούς της θεωρητικής φυσικής. Ήδη από τη δεκαετία του 1890 άρχισε να καθιερώνεται η θεωρητική φυσική ως ξεχωριστός ακαδημαϊκός κλάδος και ιδρύθηκαν σε όλα τα πανεπιστήμια της Ευρώπης πανεπιστημιακές έδρες με τους πρωτοπόρους της θεωρητικής φυσικής. Στο Βερολίνο με τον Μαξ Πλανκ, στην Ολλανδία με τον Χέντρικ Λόρεντζ, στη Βιέννη με τον Λούντβιχ Μπόλτζμαν. Η εφαρμογή των μαθηματικών στη φυσική άνοιξε νέους δρόμους έρευνας. (Φρανκ, 1978)

Το επίπεδο των μαθηματικών στη σχολή ήταν πολύ προχωρημένο. Ανάμεσα στους καθηγητές της σχολής ήταν οι κορυφαιοί μαθηματικοί 'Αντολφ Χούρβιτς (Adolf Hurwitz), και Χέρμαν Μινκόφσκι (Hermann Minkowski). Ο Αϊνστάιν αν και ποτέ δεν έκρυψε το θαυμασμό του για τους παραπάνω μαθηματικούς, δεν εκδήλωσε ενδιαφέρον για τα μαθηματικά και αφιέρωνε τον περισσότερο χρόνο στα εργαστήρια της φυσικής και στη μελέτη των έργων των θεωρητικών φυσικών. Σύμφωνα με τον ίδιο αυτό συνέβαινε όχι μόνο επειδή τον ενδιέφερε περισσότερο η φυσική αλλά και επειδή ένοιωθε ότι στα μαθηματικά δεν διέθετε ισχυρή διαίσθηση ώστε να μπορεί να εντοπίζει μέσα στους αμέτρητους τομείς των μαθηματικών εκείνο που είναι θεμελιώδες και βασικό και να εστιάζει σε αυτό. Αντίθετα στη φυσική, μέσα σε έναν τεράστιο όγκο εμπειρικών δεδομένων χωρίς προφανή μεταξύ τους σύνδεση, μπορούσε να διαισθάνεται αυτό που θα οδηγούσε σε βάθος αγνοώντας όλα τα υπόλοιπα που είναι μη απαραίτητη πολυμάθεια.(Αϊνστάιν,). Εξάλλου ο Αϊνστάιν ήθελε να πιστεύει ότι για να εκφράσει τους βασικούς νόμους της φυσικής, κάτι το οποίο επεδίωκε, αρκούσαν βασικές μαθηματικές αρχές. Αργότερα θα διαπίστωνε ότι προκειμένου να διατυπώσει με μαθηματικό τρόπο τη γενική θεωρία της σχετικότητας απαιτούνταν έννοιες που μόνο τα προχωρημένα μαθηματικά διέθεταν και θα τις έβρισκε στις θεωρίες του Μινκόφσκι και άλλων μαθηματικών. (Einstein, 2006)

Ο Αϊνστάιν αν και απόμακρος τύπος δημιούργησε πολλές φιλίες. Ένας από αυτούς ήταν ο συμφοιτητής του Μαρσέλ Γκρόσμαν, ικανότατος στα μαθηματικά και πολύ επιμελής. Όπως αναφέρει στην αυτοβιογραφία του ήταν πολύ τυχερός που γνώρισε τον Γκρόσμαν, καθώς συνέβαλλε σημαντικά στην ολοκλήρωση των σπουδών του. Ο Γκρόσμαν κρατούσε καταπληκτικές σημειώσεις από τις διαλέξεις που ανελλιπώς παρακολουθούσε και τις μοιράζονταν μαζί του. Η μελέτη αυτών των σημειώσεων του εξασφάλιζε την επιτυχία στις εξετάσεις του και κυρίως του έδινε το χρόνο να ασχολείται με αυτά που τον ενδιέφεραν (Einstein, 2006)

Για την απόκτηση του πτυχίου του όφειλε την ερευνητική διατριβή του και έπρεπε να προτείνει στον Βέμπερ το θέμα της εργασίας του. Αρχικά σκέφτηκε να σχεδιάσει ένα πείραμα προκειμένου να εντοπίσει τη διαφορά στην ταχύτητα του φωτός όταν η Γη πλησιάζει ή απομακρύνεται από την φωτεινή πηγή. Αυτό υπονοούσε ότι ο αιθέρας υπάρχει και ότι η Γη κινείται μέσα σε αυτό. Πρόκειται για μια αντίληψη αποδεκτή από όλους τους επιστήμονες, την οποία ο Αϊνστάιν θα την γκρέμιζε λίγα χρόνια αργότερα με την ειδική

θεωρία της σχετικότητας. Την συγκεκριμένη ιδέα την είχε συζητήσει με τον διευθυντή της σχολής στο Άραου ένα χρόνο νωρίτερα και είχε ήδη σχεδιάσει νοερά την πειραματική διάταξη. Αυτό που δεν γνώριζε ήταν ότι είχαν προηγηθεί παρόμοια πειράματα (ονομάστηκαν πειράματα "αιθερικού ρεύματος") τα οποία είχε περιγράψει σε μια εργασία του ο Βίλχελμ Βιν, και ότι κανένα δεν μπόρεσε να μετρήσει κάποια διαφορά στην ταχύτητα του φωτός. Ο Αϊνστάιν έστειλε στον Βιν τη δική του πρόταση σχετικά με το θέμα, ωστόσο δεν γνωρίζουμε αν ο Βιν απάντησε.

Στη συνέχεια απορρίφθηκε και η δεύτερη πρότασή του που αφορούσε στη σύνδεση της ηλεκτρικής και της θερμικής αγωγιμότητας διαφορετικών υλικών. Το θέμα που τελικά εγκρίθηκε περιοριζόνταν στην θερμική αγωγιμότητα, ένα από τα θέματα ειδίκευσης του Βέμπερ.

Ο Αϊνστάιν πήρε βαθμό στη διατριβή του 4,5 και τελείωσε τη σχολή με γενικό βαθμό 4,9 τον τέταρτο χαμηλότερο βαθμό ανάμεσα στους 5 φοιτητές που αποφοίτησαν μαζί του. Αν και ήταν ριζικά αντίθετος στην πειθαρχία που απαιτούσε το σύστημα των εξετάσεων, ο Αϊνστάιν πάντα μιλούσε με αγάπη για τα χρόνια των σπουδών του στο Πολυτεχνείο (Isaacson, 2018)

4.2.2. Η γνωριμία του με την Μιλέβα

Η Μιλέβα Μάριτς ήταν σερβικής καταγωγής και μεγάλωσε στην πόλη Νόβι Σαντ που τότε ανήκε στην Ουγγαρία. Είχε ιδιαίτερη κλίση στα μαθηματικά και στη φυσική και αποφοίτησε σε ένα από τα πιο απαιτητικά σχολεία της χώρας της με τους μεγαλύτερους βαθμούς. Ο πατέρας της πίστευε πολύ στις ικανότητές της και προσπάθησε να τη βοηθήσει να επιβιώσει στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής, ένα χώρο καθαρά ανδροκρατούμενο. Τελειώνοντας το Γυμνάσιο ακολούθησαν σπουδές στο Πολυτεχνείο στο τμήμα φυσικής και μαθηματικών και ήταν η μοναδική φοιτήτρια στη σχολή. Τότε γνωρίστηκε με τον Αϊνστάιν. Την επόμενη χρονιά άφησε προσωρινά το Πολυτεχνείο και παρακολούθησε μαθήματα στο Πανεπιστήμιο της Χαιδελβέργης. Στο διάστημα αυτό αλληλογραφούσαν και παρόλο που υπήρχε μια ρομαντική έλξη η σχέση τους ήταν μόνο φιλική. Όταν επέστρεψε το 1888 ξεκίνησε η σχέση τους η οποία οδήγησε στο γάμο τους το 1903.

Η Μιλέβα ήταν τέσσερα χρόνια μεγαλύτερη από τον Αϊνστάιν, ήταν φιλάσθενη και είχε κάποιο είδος αναπηρίας που την έκανε να κουτσαίνει. Ήταν δυναμική, έξυπνη, σοβαρή, μελαγχολική με τάσεις κατάθλιψης και είχε πάθος με την επιστήμη. Ο Αϊνστάιν έβρισκε

ελκυστικά τα παραπάνω χαρακτηριστικά και την ερωτεύτηκε αγνοώντας το πρόβλημα υγείας της και τη διαφορά ηλικίας. Με μία πρώτη ματιά δεν ήταν ταιριαστό ζευγάρι, γι' αυτό και η σχέση τους προκάλεσε την αντίδραση των γονιών του αλλά και των φίλων του.

Ο Αϊνστάιν και η Μιλέβα μοιράζονταν τον ενθουσιασμό τους για κάθε καινούρια θεωρία και προσέγγιζαν φιλοσοφικά μαθηματικές και φυσικές έννοιες. Η μεταξύ τους αλληλογραφία είχε έντονη διανοητική ένταση και αποκάλυψε τα στοιχεία του χαρακτήρα τους που δικαιολογούσαν το είδος της σχέσης τους. Είχαν και οι δύο το ίδιο πάθος για την επιστήμη, συγγενείς πολιτικές απόψεις, ανεξάρτητη σκέψη και κυρίως είχαν επίγνωση της τόσο διαφορετικής επιστημονικής τους ταυτότητας και νοοτροπίας. Αυτό που επιζητούσαν ήταν μια σχέση που θα συνδύαζε την πνευματικότητα, τη συντροφικότητα, τη συνεργασία. Μια σχέση που θα συνδύαζε την επιστήμη με τον έρωτα. (Isaacson, 2018)

Με το τέλος των σπουδών του ο Αϊνστάιν πήγε με τους γονείς του διακοπές στις Ελβετικές Άλπεις και τους ανακοίνωσε ότι σκόπευε να παντρευτεί την Μιλέβα. Οι γονείς του και ιδιαίτερα η μητέρα του έβρισκαν την Μιλέβα εντελώς ακατάλληλη για σύζυγό του όχι μόνο για την εμφάνισή της και την υγεία της αλλά και επειδή διάβαζε συνεχώς. Οι απόψεις των γονιών του υπονοούσαν το ρόλο της γυναίκας σε μια συζυγική σχέση ως μια "πολυτέλεια" προσιτή μόνο σε όσους έχουν οικονομική άνεση. Σύμφωνα με τον Isaacson(2018) ο Αϊνστάιν ήταν εντελώς αντίθετος με τις αντιλήψεις των γονιών του και όπως χαρακτηριστικά ανέφερε στη Μιλέβα "διαφοροποιούν τη σύζυγο από την πόρνη μόνο στο βαθμό που η πρώτη μπορεί να εξασφαλίσει ένα ισόβιο συμβόλαιο".

Η συναισθηματική πίεση που δέχτηκε από τους γονείς του πυροδότησαν την αντίδρασή του απέναντι στις μικροαστικές αντιλήψεις τους και τον οδήγησαν πιο κοντά στην Μιλέβα. Ο Αϊνστάιν ήταν σίγουρος ότι ήθελε να ζήσει μαζί της. Το φθινόπωρο του 1900 επέστρεψε στη Ζυρίχη κοντά της. Εκείνη θα προετοιμάζονταν για τις εξετάσεις της στο Πολυτεχνείο και ο Αϊνστάιν θα προσπαθούσε να βρει εργασία ως καθηγητής.

4.2.3. Αναζήτηση εργασίας και επιστημονική δραστηριότητα

Ο Αϊνστάιν αποφοίτησε το 1900 μαζί με 4 άλλους φοιτητές. Λόγω της άσχημης σχέσης του με τους καθηγητές της φυσικής ήταν ο μοναδικός στον οποίον δεν έγινε πρόταση να παραμείνει στο Πολυτεχνείο ως βοηθός καθηγητή. Το ίδιο συνέβη και με τον μαθηματικό Μινκόφσκι, λόγω της προκλητικής αδιαφορίας του Αϊνστάιν για το μάθημά του. Στον μόνο

που θα μπορούσε να στραφεί για να ζητήσει δουλειά ήταν στον καθηγητή μαθηματικών Άντολφ Χούρβιτς. Αν και δεν είχαν εχθρικές σχέσεις ο Αϊνστάιν δεν παρακολουθούσε όλες τις διαλέξεις του. Στις δύο επιστολές που του έστειλε ζητώντας δουλειά, παραδέχτηκε ότι απέφευγε τη μελέτη των μαθηματικών γιατί τον ενδιέφερε περισσότερο η φυσική και με κάπως "αναϊδή " τρόπο συμπλήρωσε ότι έχει ανάγκη τη συγκεκριμένη θέση γιατί αποτελούσε προϋπόθεση για την πολιτογράφηση του. Ο Χούρβιτς δεν απάντησε ποτέ. (Isaacson, 2018)

Η πρώτη δημοσιευμένη εργασία του Αϊνστάιν αφορούσε στο γνωστό σήμερα ως Τριχοειδές Φαινόμενο. Είχε ήδη μελετήσει με ενδιαφέρον τη Θεωρία των Αερίων του Αυστριακού θεωρητικού φυσικού Λούντβιχ Μπόλττμαν (Ludwig Eduard Boltzmann) και είχε αποδεχτεί την ύπαρξη των μορίων και την ερμηνεία πολλών φαινομένων μέσω της αλληλεπίδρασής τους. Η περίπτωση του τριχοειδούς φαινομένου απαιτούσε την ανάλυση των δυνάμεων μεταξύ των μορίων του υγρού και ο Αϊνστάιν υπέθεσε ότι ακολουθούν το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, όπως ακριβώς οι βαρυτικές δυνάμεις του Νεύτωνα. Αν και η υπόθεσή του αποδείχτηκε λανθασμένη, το άρθρο του δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Annalen der Physik* και μπορούσε να συνοδεύει κάθε επιστολή που έστελνε σε καθηγητές ζητώντας να δουλέψει ως βοηθός τους. (Isaacson, 2018).

Αυτό έγινε στην επιστολή του προς τον Γερμανό χημικό Βίλχελμ Όστβαλντ (Friedrich Wilhelm Ostwald), στην οποία ανέφερε ότι η εργασία του στα Τριχοειδή Φαινόμενα είχε αφετηρία το δικό του έργο. Το ίδιο έκανε και ο πατέρας του με σχετική επιστολή, χωρίς όμως να το γνωρίζει ο Αϊνστάιν. Ο Όστβαλντ δεν απάντησε σε καμία επιστολή αν και χρόνια αργότερα ήταν ο πρώτος που πρότεινε τον Αϊνστάιν για το βραβείο Νόμπελ. Η επιθυμία του Αϊνστάιν να δουλέψει δίπλα στον Όστβαλντ ενδεχομένως να συνδέεται με το γεγονός ότι ο Όστβαλντ ήταν φιλοσοφικός σύμμαχος του Μαχ και ότι οι ιδέες του σχετικά με την αναγκαιότητα της ύπαρξης του αιθέρα και με τη σχέση ενέργειας και ύλης ήταν πολύ συγγενικές με αυτές που θα διατύπωνε ο ίδιος στα άρθρα του το 1905. (Παπαδόπουλος, 2000)

Ένα χρόνο αργότερα προσπάθησε να ενοποιήσει φαινομενικά ασύνδετα φαινόμενα αποκαλύπτοντας ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του τρόπου σκέψης του. Την τάση του να ενοποιεί έννοιες από διαφορετικά πεδία της φυσικής. Αυτό που επιχείρησε ήταν να

εφαρμόσει τις μοριακές θεωρίες που είχε χρησιμοποιήσει στην εργασία του για τα Τριχοειδή Φαινόμενα και στα αέρια, παίρνοντας ως βάση τη Θεωρία των Αερίων του Μπόλτζμαν . Όπως έγραψε στον συμφοιτητή του Μαρσέλ Γκρόσμαν *...είναι υπέροχη αίσθηση να ανακαλύπτεις την ενότητα ενός συνόλου φαινομένων που στην αρχή φαίνονται να είναι τελείως διαφορετικά...*(Isaacson, 2018).

Ο Μπόλτζμαν ήταν ο κορυφαίος όλων στην Στατιστική Μηχανική, έναν καινούργιο κλάδο που δημιουργήθηκε με την ανάπτυξη της Κινητικής Θεωρίας, με δυναμική εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της θεωρητικής φυσικής. Εκείνο που εντυπωσίασε τον Αϊνστάιν στην Κινητική Θεωρία ήταν οι ενοποιητικές έννοιες που πήγαζαν από αυτή. Ενώ οι περισσότεροι επιστήμονες έβλεπαν την Κινητική Θεωρία ως έναν εργαλείο για να εξελίξουν την επιστήμη τους στον τομέα εξειδίκευσής τους, ο Αϊνστάιν έβλεπε τη δυνατότητα που του έδινε στο να υλοποιήσει το στόχο του, δηλαδή την ενότητα των φυσικών φαινομένων. (Isaacson, 2018). Το ενδιαφέρον του μεταφέρθηκε στην εφαρμογή της Κινητικής Θεωρίας στο πεδίο της Χημείας μελετώντας το Μοντέλο του Γερμανού φυσικού Πάουλ Ντρούντε (Paul Drude). Με κάπως αλαζονικό ύφος αποφάσισε να επικοινωνήσει με τον Ντρούντε για να του επισημάνει τα "λάθη" που ο ίδιος εντόπισε. Στην απάντησή του ο Ντρούντε απέρριψε τις διορθώσεις του Αϊνστάιν, γεγονός που τον έκανε έξαλλο. Όπως ανέφερε σχετικά με αυτό το περιστατικό στον Γιοστ Βίντιλερ "Ο τυφλός σεβασμός για την αυθεντία είναι ο μεγαλύτερος εχθρός της αλήθειας". (Isaacson, 2018)

Συνέχεια αυτών των διενέξεων ο Αϊνστάιν δημοσίευσε την κριτική του στη θεωρία του Μπόλτζμαν και πρόσθεσε ότι ο ίδιος ήταν σε θέση να συμπληρώσει στη θεωρία συμβάλλοντας έτσι στη θεμελίωση μιας Γενικής Θεωρίας της Θερμότητας. Ανάλογοι θέματος ήταν και η διδακτορική διατριβή που υπέβαλλε στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης στον Ελβετό πειραματικό φυσικό Άλφρεντ Κλάινερ (Alfred Kleiner). Ο Κλάινερ διαπίστωσε ότι η διατριβή του Αϊνστάιν ήταν μια κριτική στη συλλογιστική του Μπόλτζμαν τον οποίον εκτιμούσε απεριόριστα, και απέρριψε τη διατριβή του. Ωστόσο εντυπωσιάστηκε από τις ιδέες του Αϊνστάιν και αργότερα θα έκανε δεκτή τη διδακτορική του διατριβή με θέμα " Ένας νέος προσδιορισμός των μοριακών διαστάσεων", η οποία δημοσιεύτηκε το 1905 μαζί με τη θεωρία της σχετικότητας. (Isaacson, 2018)

Ο Αϊνστάιν ήταν σίγουρος ότι πίσω από τις δυσκολίες του να βρει δουλειά ως βοηθός κάποιου πανεπιστημιακού καθηγητή κρύβονταν ο Βέμπερ με τις αρνητικές συστάσεις που τους έδινε, ενδεχομένως και ο αντισημιτισμός καθώς ειδικά στη Γερμανία ήταν έκδηλος. Από την αλληλογραφία του με τη Μιλέβα μαθαίνουμε ότι επικοινωνήσε με τον Βέμπερ για να τον ενημερώσει ότι έχει επίγνωση όλης κατάστασης, ότι δηλαδή ο Βέμπερ με τη δύναμη και τις γνωριμίες του επηρέαζε αρνητικά τους καθηγητές που ο ίδιος προσέγγιζε. Απογοητευμένος στράφηκε στην αναζήτηση ιδιωτικών μαθημάτων ως τη μόνη δυνατή "μη αποβλακωτική" επιλογή εργασίας. Παράλληλα εργαζόνταν χωρίς διακοπή στις θεωρητικές μελέτες της φυσικής. (Isaacson, 2018)

Το 1901 έγινε Ελβετός υπήκοος και παρόλο που ένοιωθε αποστροφή με οτιδήποτε σχετίζεται με το στρατό ζήτησε να εκπληρώσει τα στρατιωτικά του καθήκοντα. Τελικά δεν υπηρέτησε λόγω μικρών προβλημάτων υγείας. Η προσπάθεια ανεύρεσης εργασίας η οποία θεωρητικά μετά την πολιτογράφηση θα ήταν πιο εύκολη, συνεχίζονταν χωρίς αποτέλεσμα. Τον Μάιο της ίδιας χρονιάς ο Αϊνστάιν δέχτηκε να αναπληρώσει για δύο μήνες έναν καθηγητή μαθηματικών σε τεχνική σχολή στο Βίντερτουρ, ένα χωριό έξω από τη Ζυρίχη. Η Μιλέβα επισκέφτηκε τον Αϊνστάιν στο Βίντερτουρ και μετά από μια εκδρομή τους στη λίμνη Κόμο ήταν έγκυος. (Isaacson, 2018)

Εκείνη την περίοδο ο Μαρσέλ Γκρόσμαν ο αγαπημένος φίλος του Αϊνστάιν του μίλησε για μια υπαλληλική θέση τεχνίτη στο γραφείο ευρεσιτεχνιών στη Βέρνη την οποία αν ήθελε μπορούσε με την βοήθειά του να την κερδίσει. Η θέση θα ήταν διαθέσιμη μετά από κάποιους μήνες. Ο Αϊνστάιν χάρηκε με το ενδεχόμενο ενός σταθερού μηνιαίου μισθού, καθώς θα του έδινε τη δυνατότητα να παντρευτεί την Μιλέβα και να αφιερωθεί στις επιστημονικές του εργασίες. Σε αναμονή αυτής της θέσης υποσχέθηκε στην Μιλέβα ότι θα έβρισκε οποιαδήποτε δουλειά, "όσο ταπεινή και αν ήταν" και ότι θα ζούσαν μια όμορφη οικογενειακή ζωή. Το φθινόπωρο του 1901 αναγκάστηκε να δεχτεί μια τέτοια δουλειά με πολύ λίγα χρήματα. Πήγε σε μια μικρή ιδιωτική σχολή στο Σαφχάουζεν για να αναλάβει την πλήρη εκπαίδευση ενός πλούσιου Άγγλου μαθητή. (Isaacson, 2018)

4.2.4. Ο γάμος με τη Μιλέβα

Η αντίδραση του Αϊνστάιν στην είδηση της εγκυμοσύνης της Μιλέβα ήταν πολύ ήπια και στα γράμματά του ήταν ιδιαίτερα καθησυχαστικός. Σχετικά με τον επικείμενο γάμο τους

ζήτησε από τη Μιλέβα να του υποσχεθεί ότι δεν θα κατέληγαν σαν όλα τα μικροαστικά ζευγάρια και ότι θα συνέχιζαν να δουλεύουν πάνω στην επιστήμη από κοινού. Μέχρι το γάμο θα ζούσαν χωριστά και η Μιλέβα θα προετοιμάζονταν για τις εξετάσεις της στο Πολυτεχνείο.

Εκείνο το καλοκαίρι ο Αϊνστάιν αποφάσισε να πάει με τους γονείς του διακοπές στις Άλπεις και όχι να μείνει δίπλα στη Μιλέβα για να τη βοηθήσει στο διάβασμα και να την υποστηρίξει ψυχολογικά στις εξετάσεις της. Για την ίδια και για την οικογένειά της είχε μεγάλη σημασία να πετύχει σε αυτές και να συνεχίσει με διδακτορικές σπουδές. Η Μιλέβα ενδεχομένως και λόγω της εγκυμοσύνης απέτυχε στις εξετάσεις. Αμέσως μετά επισκέφτηκε τους γονείς της και τους ενημέρωσε για την ακαδημαϊκή της αποτυχία και για την εγκυμοσύνη. (Isaacson, 2018)

Τότε ήταν που ο Αϊνστάιν ενημερώθηκε για το άνοιγμα της πολυπόθητης θέσης. Ενθουσιασμένος έγραψε στην Μιλέβα ότι σύντομα θα ζούσαν μαζί, ωστόσο δεν έκρυψε τον προβληματισμό του για το παιδί που περίμεναν σε δύο μήνες. Με τη φράση του "...δεν θα ήθελα να υποχρεωθούμε να τη δώσουμε..." υπονοούσε ως λύση το ενδεχόμενο της υιοθεσίας. Εξάλλου ως Ελβετός υπάλληλος δεν θα μπορούσε να έχει εξώγαμο παιδί. Τον Ιανουάριο του 1902 εγκαταστάθηκε στη Βέρνη και λίγο αργότερα η Μιλέβα γέννησε ένα κοριτσάκι, τη Λίτζερλ. Ο Αϊνστάιν δεν ταξίδεψε να δει την κόρη του, ούτε ενημέρωσε τους γονείς του για τη γέννησή της. Μετά από κάποιους μήνες η Μιλέβα επέστρεψε στη Ζυρίχη χωρίς την κόρη της και περίμενε τον διορισμό του Αϊνστάιν για να μπορέσουν να παντρευτούν. Τον Οκτώβριο της ίδιας χρονιάς ο Αϊνστάιν ταξίδεψε στο Μιλάνο για να είναι δίπλα στον πατέρα του που αρρώστησε πολύ βαριά. Πριν φύγει από τη ζωή έδωσε στο γιό του την άδεια να παντρευτεί τη Μιλέβα. Ο θάνατος του πατέρα του σύμφωνα με τον ίδιο ήταν η μεγαλύτερη στενοχώρια που βίωσε ποτέ. Η σχέση τους ήταν στοργική και απόμακρη ταυτόχρονα. Το γεγονός ότι ο πατέρας του ζήτησε λίγο πριν πεθάνει να μείνει μόνος του τον γέμισε θλίψη γιατί διαπίστωσε ότι δεν κατάφερε να δημιουργήσει έναν βαθύ δεσμό μαζί του. (Isaacson, 2018)

Ο γάμος με την Μιλέβα έγινε τον Ιανουάριο του 1903 χωρίς την παρουσία συγγενών. Ενώ ζούσαν στη Βέρνη η Μιλέβα ενημερώθηκε ότι η δεκαεννέα μηνών τότε Λίτζερλ αρρώστησε με οστρακιά και έσπευσε για το Νοβι Σαντ προκειμένου να την δει. Εκεί έλαβε γράμμα από

τον Αϊνστάιν στο οποίο την ρωτούσε για την υγεία της κόρης τους. Αν και τα παραπάνω οδηγούν στο σενάριο της υιοθεσίας, παρόλα αυτά δεν υπάρχουν στοιχεία που να επιβεβαιώνουν την οποιαδήποτε υπόθεση σχετικά με την τύχη της κόρης τους. Στην αλληλογραφία του με την Μιλέβα μετά τη γέννηση της Λίζερλ υπήρξαν μόνο τρεις αναφορές στο όνομά της χωρίς να στοιχειοθετούν κάποια υπόθεση. Ενδεχομένως η αδιόρατη μελαγχολία της Μιλέβα μετά τη γέννηση της κόρης της να συνδέονταν με το μυστικό που αφορούσε στην τύχη της. Τον Μάιο του 1904 απέκτησαν τον πρώτο τους γιο, τον Χανς Άλμπερτ Αϊνστάιν και άλλαξε άρδην η κακή διάθεση της Μιλέβα και η μεταξύ τους σχέση. Ο Αϊνστάιν αφιέρωνε χρόνο στο γιο του, έφτιαχνε παιχνίδια για αυτόν και απολάμβανε την πατρότητα. Ήταν ένα χρόνο πριν τη δημοσίευση της θεωρίας της σχετικότητας. Το 1910 γεννήθηκε ο δεύτερος γιος τους, ο Έντουαρτ Άλμπερτ Αϊνστάιν. Το 1919, μετά από αρκετά προβλήματα στο γάμο τους πήραν διαζύγιο και την ίδια χρονιά ο Αϊνστάιν παντρεύτηκε με την ξαδέρφη του Έλζα, η οποία παρέμεινε σύζυγός του μέχρι το θάνατό της το 1936. (Isaacson, 2018)

5. Τα κοινωνικά και πνευματικά θεμέλια της θεωρίας της σχετικότητας

Όπως ήδη διαπιστώθηκε, η σύλληψη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας δεν έγινε στα πλαίσια κάποιας πανεπιστημιακής ή εργαστηριακής έρευνας, ούτε οφειλόταν αποκλειστικά σε πειραματικά δεδομένα και τεκμηριωμένες λογικές εξηγήσεις. Σύμφωνα με τον Φρανκ (1978), την περίοδο εκείνη η επιστήμη της φυσικής είχε φτάσει σε αδιέξοδο και το λόγο είχε η φιλοσοφία. Το ξεκίνημα της θεωρίας της σχετικότητας ανάγεται στο φιλοσοφικό και όχι στο αμιγώς επιστημονικό επίπεδο και σχετίζεται με το κοινωνικό και πολιτικό κλίμα της εποχής.

Το επαναστατικό πολιτικό κλίμα της πόλης της Ζυρίχης αποτελούσε το κοινωνικό περιβάλλον το οποίο απελευθέρωσε τη σκέψη του Αϊνστάιν, τη συναισθηματική και πνευματική ζωή του και επηρέασε την κοινωνική φιλοσοφία του. Μια πόλη που σύμφωνα με τον Αμερικανό κοινωνιολόγο Lewis Feuer (1971) διαμόρφωσε τον Αϊνστάιν με την ίδια

δύναμη που η πόλη της Αθήνας είχε διαμορφώσει τον Σωκράτη. Οι επόμενες παράγραφοι επικεντρώνονται στο κοινωνικό και πνευματικό πλαίσιο της θεωρίας της σχετικότητας προκειμένου να αναλυθεί η αιτιώδης σύνδεση μεταξύ των ιδεών του επαναστατικού φοιτητικού Κύκλου του Αϊνστάιν και του επιστημονικού επιτεύγματός του. Η ανάλυση που παρουσιάζουμε βασίζεται σημαντικά σε σχετική έρευνα του Feuer.

5.1. Κοινωνικό και ιδεολογικό πλαίσιο

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται το κοινωνικό και ιδεολογικό πλαίσιο της περιόδου το οποίο διαμόρφωσε την ιδεολογική βάση του Αϊνστάιν. Αρχικά, παρουσιάζεται η Ζυρίχη ως σημείο επαναστατικής σκέψης και τομής κάθε ριζοσπαστικού Ευρωπαϊκού Κινήματος. Στη συνέχεια, εμβαθύνουμε στη γνωριμία και φιλία του Αϊνστάιν με τον επαναστάτη συμφοιτητή του Φρήντιχ Άντλερ καθώς και στην επαφή του με την "Ακαδημία της Ολυμπίας", μιας ομάδας διανοητών επαναστατών που την δημιούργησε στα χρόνια της ζωής του στη Βέρνη. Ολοκληρώνοντας την ανάλυση του υφιστάμενου πλαισίου, γίνεται προσπάθεια κατανόησης της κουλτούρας της επαναστατικής φοιτητικής γενιάς του Αϊνστάιν, αποτελώντας ένα μίγμα της φιλοσοφίας του Μαχ και των κοινωνικοπολιτικών αντιλήψεων του σοσιαλισμού.

5.1.1. Το κλίμα στη Ζυρίχη

Η Ζυρίχη την περίοδο εκείνη αριθμούσε 153.000 κατοίκους και ήταν το σταυροδρόμι όλων των επαναστατικών πολιτικών ευρωπαϊκών κινημάτων. Εκεί έβρισκαν καταφύγιο εξόριστοι σοσιαλιστές και διανοούμενοι, κυρίως Γερμανοί που εξεγερθήκαν για τη ψήφιση του Αντισοσιαλιστικού Νόμου του Μπίσμαρκ (1878) καθώς και εξόριστοι επαναστάτες φοιτητές και στοχαστές από την τσαρική Ρωσία και από την ανατολική και νοτιοανατολική Ευρώπη. (Feuer, 1971)

Σύμφωνα με τον Φρανκ (1978), η Πολυτεχνική Σχολή ήταν ο τόπος συνάντησης κάθε επαναστατικής ιδέας στην επιστήμη και στην πολιτική και ο χώρος που καλλιεργήθηκαν οι μελλοντικές επαναστάσεις. Ανάμεσα στους φοιτητές του Πολυτεχνείου ήταν η Ρόζα Λούξεμπουργκ, Γερμανίδα επαναστάτρια πολωνικής καταγωγής, η οποία εξέφρασε δυναμικά την αριστερή πλευρά του Γερμανικού Σοσιαλδημοκρατικού Κόμματος και δολοφονήθηκε στην εξέγερση των Σπαρτακιστών το 1919. Επίσης, εκείνη την περίοδο

δραστηριοποιήθηκε πολιτικά και η Ρωσίδα επαναστάτρια Αλεξάνδρα Κολλοντάι, γνωστή για την κριτική της στο Μαρξισμό και για την αντίδρασή της στα σεξουαλικά στερεότυπα και στην αστική οικογένεια. (Feuer, 1971)

Η Ζυρίχη φιλοξένησε τους πρωτεργάτες του μαρξισμού και του ρωσικού σοσιαλισμού, όπως τους Πέτερ Λαβρόφ, Πάβελ Άξελρόντ, Λέο Ντόιτς, Λένιν, Πλεχάνοφ, τον μετέπειτα ιδρυτή του ρεβιζιονισμού Έντουαρντ Μπέρνσταϊν, τους Μενσεβίκους. Το 1893 φιλοξένησε το Τρίτο Συνέδριο της Δεύτερης Σοσιαλιστικής Διεθνούς στο οποίο αποφασίστηκε να ανταχθούν με σθένος στις σοβινιστικές επιθυμίες της άρχουσας τάξης. Καθώς η πόλη συγκέντρωνε τους πρωτοπόρους όλων των επαναστατικών κινήσεων επικρατούσε αναβρασμός στο χώρο της διανόησης και της πολιτικής. Τα καφέ της πόλης έγιναν οι χώροι έκφρασης και ανταλλαγής των επαναστατικών ιδεών και ρευμάτων σε όλους τους τομείς. Ήταν τα πεδία "μαχών" μεταξύ διαφωνούντων φοιτητών που πίστευαν βαθιά στην επαναστατική πρόοδο της κοινωνίας. Το κλίμα της απόλυτης ελευθερίας έκφρασης και της πνευματικής ατμόσφαιρας που επικρατούσε στη Ζυρίχη επηρέασε την ανθρώπινη σκέψη σε όλους τους τομείς. Ο πρωτοπόρος ψυχοθεραπευτής Κάρλ Γιουνγκ, νεαρός τότε, δούλεψε ως βοηθός στην ψυχιατρική κλινική της Ζυρίχης. Επιπλέον, ζούσε και δούλεψε στη Ζυρίχη ο πάστορας Όσκαρ Πφίστερ, εκπαιδευτικός και θρησκευτικός στοχαστής, ο οποίος αναγνώρισε την αξία της ψυχανάλυσης και τη χρησιμοποίησε για να κατανοήσει βαθύτητα τη θρησκεία (Feuer, 1971)

Το ίδιο επαναστατικό κλίμα επικρατούσε και στις επίσης ελβετικές πόλεις Βέρνη, Βασιλεία, Γενεύη. Οι Εβραίοι φοιτητές εντυπωσιασμένοι από την πνευματικότητα και το ηθικό ανάστημα των μεγάλων επαναστατών που είχαν συγκεντρωθεί στην Ελβετία έγιναν η ψυχή της αριστερής πτέρυγας του κινήματος του Σιωνισμού, το οποίο θεσμοθετήθηκε το 1897 στη Βασιλεία, με το πρώτο Παγκόσμιο Σιωνιστικό Συνέδριο που συγκάλεσε ο Τέοντορ Χέρτσλ. (Feuer, 1971)

5.1.2. Η γνωριμία με τον Φρήντιχ Άντλερ

Ο Φρήντιχ Άντλερ ήταν μια σημαντική προσωπικότητα στην ιστορία του ευρωπαϊκού σοσιαλισμού. Σπούδαζε στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης στο τμήμα της φυσικής την ίδια περίοδο με τον Αϊνστάϊν. Όταν γνωρίστηκαν, ο Άντλερ ήταν πολιτικός ακτιβιστής, Διπλωματική Εργασία

επιμελέστατος και ικανότατος φοιτητής. Στην πορεία υπερίσχυσε το έντονα πολιτικό και επαναστατικό στοιχείο του χαρακτήρα του και δεν εξάσκησε την επιστήμη του. (Feuer, 1971)

Ο Reisser, ο γαμπρός του Αϊνστάιν περιγράφει τον Άντλερ ως ένα ιδιαίτερα ηθικό, έντιμο, ευσυνείδητο και πειθαρχημένο άτομο. Μάλιστα αναφέρει ότι αν όλοι οι άνθρωποι ήταν σαν τον Άντλερ τότε ο σοσιαλιστικός παράδεισος θα ήταν πραγματικότητα. (Feuer, 1971)

Από μια επιστολή του Άντλερ προς τον πατέρα του το 1908, μαθαίνουμε για τα φοιτητικά χρόνια του Αϊνστάιν και για τις δυσκολίες που αντιμετώπιζε. Ο Άντλερ έγραψε ότι ο Αϊνστάιν συντηρούσε με δυσκολία την οικογένειά του, ότι οι καθηγητές του στο Πολυτεχνείο του φέρονταν σχεδόν με εχθρότητα και του απαγόρευαν την πρόσβαση στη βιβλιοθήκη, ότι κατάφερε να βρει δουλειά μόνο στο γραφείο ευρεσιτεχνιών στη Βιέννη και ότι παρά τις δυσκολίες δεν σταμάτησε ποτέ να εργάζεται στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής. Το γεγονός ότι ένας τέτοιος επιστήμονας εργάζονταν στο γραφείο ευρεσιτεχνιών και όχι στον ακαδημαϊκό χώρο το χαρακτήρισε σκάνδαλο και το χρέωσε στους καθηγητές του που όπως χαρακτηριστικά έγραψε, θα έπρεπε "...να τους βασανίζει η συνείδησή τους.." (Feuer, 1971)

Το 1909 είχε δημιουργηθεί μια ακαδημαϊκή θέση στο τμήμα φυσικής του Πολυτεχνείου της Ζυρίχης. Τη συγκεκριμένη θέση διεκδικούσε ο Άντλερ, ο οποίος πέραν των επιστημονικών του ικανοτήτων είχε και την υποστήριξη του συμβουλίου των ακαδημαϊκών λόγω των πολιτικών του φρονημάτων. Ωστόσο, ο Άντλερ μη θέλοντας να ανταγωνιστεί τον συμμαθητή του, απέσυρε την υποψηφιότητά του. Έτσι, ο Αϊνστάιν άσκησε για πρώτη φορά ακαδημαϊκά καθήκοντα. (Feuer, 1971· Isaacson, 2018)

Ο Άντλερ και ο Αϊνστάιν διακατέχονταν από ένα κοινό πνεύμα ριζοσπαστικής εξέγερσης των γενεών το οποίο εκφράστηκε με διαφορετικούς τρόπους. Στον Άντλερ η εξέγερση έλαβε μορφή πολιτική, ενώ στον Αϊνστάιν στράφηκε κατά των παραδεδωμένων θεμελίων της κλασικής φυσικής.

Ο Βίκτορ Άντλερ, πατέρας του Φρίντιχ, υπήρξε σύμφωνα με τον Ένγκελς στενός συνεργάτης του Λένιν και ένας από τους ικανότερους αρχηγούς της Δεύτερης Διεθνούς Σοσιαλιστικής. Ο Άντλερ ήρθε σε σύγκρουση με τον πατέρα του όταν το σοσιαλιστικό κόμμα δεν αντιτάχτηκε στη συμμετοχή των χωρών του στον Παγκόσμιο Πόλεμο. Για τον

Διπλωματική Εργασία

Άντλερ αυτό σήμαινε ότι το κόμμα του πατέρα του είχε προδώσει τις αρχές του. Τότε ήταν γραμματέας του κόμματος και προετοίμαζε το Διεθνές Σοσιαλιστικό Συνέδριο που θα πραγματοποιούνταν στη Βιέννη το 1914, το οποίο λόγω του πολέμου ακυρώθηκε. (Feuer, 1971)

Το 1916 ο Άντλερ δολοφόνησε τον πρωθυπουργό της Αυστρίας Karl von Stürgkh αντιδρώντας στην καταστολή της πολιτικής ελευθερίας και στην άρνησή του να συγκαλέσει το αυστριακό κοινοβούλιο. Στη δίκη που έγινε, ο Άντλερ δεν υπερασπίστηκε τον εαυτό του και αναφέρθηκε μόνο στην προδοσία των παλαιότερων ηγετών του κόμματος. Επιτέθηκε στη γραφειοκρατία που είχε επιβληθεί στο εργατικό κόμμα, στον κυνισμό και στην υποκρισία των ηγετών. Σύμφωνα με τον ιστορικό Julius Braunthal, η ομιλία του Άντλερ λειτούργησε ως κάθαρση για το αυστριακό σοσιαλιστικό κόμμα, επιφέροντας έναν ηθικό και ανθρωπιστικό εξαγνισμό. Ο Άντλερ αν και καταδικάστηκε σε θάνατο μετά τον πόλεμο η ποινή του μετατράπηκε σε φυλάκιση και τελικά αμνηστεύτηκε. (Feuer, 1971)

Κατά την περίοδο της δίκης του Άντλερ, ο Αϊνστάιν θέλησε να καταθέσει στο δικαστήριο ως μάρτυρας υπεράσπισης. Μάλιστα, σε συνέντευξή του στη γερμανική εφημερίδα *Vossische Zeitung*, εξήγησε το ήθος και το χαρακτήρα του Άντλερ αναφερόμενος και στην ανιδιοτελή του πράξη να αποσύρει την υποψηφιότητά του για τη θέση του καθηγητή ώστε να την αποκτήσει ο ίδιος. Επίσης αναφέρθηκε στις επιστημονικές μελέτες του Άντλερ πάνω στις έννοιες του χώρου και του χρόνου με τις οποίες ασχολούνταν στη φυλακή. (Feuer, 1971)

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Άντλερ προσέγγισε την πολιτική και μέσω της επιστήμης του. Αυτό διαφαίνεται και κατά τη δίκη του, με τον τρόπο που υποστήριξε την μαρξιστική ηθική ως μια προνομιακή ανθρωπιστική αλήθεια. Ως φυσικός θεωρούσε ότι η ίδια η φύση παρουσιάζει κατάλληλα συστήματα συντεταγμένων στα οποία βασίζονται τα φυσικά φαινόμενα, κυρίως αυτά που αφορούν στις κινήσεις της σταθμητής ύλης. Το κέντρο μάζας ενός τέτοιου συστήματος αποκαλύπτει το σημείο αναφοράς του συστήματος συντεταγμένων. Για παράδειγμα στη μελέτη των κινήσεων στη Γη, το κέντρο βάρους της Γης αποτελεί το κατάλληλο σημείο αναφοράς του συστήματος συντεταγμένων. Αντίστοιχα για τη μελέτη των πλανητικών κινήσεων στο ηλιακό σύστημα το σημείο αναφοράς εντοπίζεται από το κέντρο μάζας του Ήλιου. Στη συνέχεια ο Άντλερ ιεράρχησε τα συστήματα συντεταγμένων ανάλογα με το εύρος των πεδίων εφαρμογής τους και διαπίστωσε ότι το πλαίσιο αναφοράς του Ήλιου

είναι καταλληλότερο έναντι αυτού της Γης. Τις ιδέες αυτές επικαλέστηκε για να υποστηρίξει με παρόμοιο τρόπο ότι μεταξύ όλων των δυνατών κοινωνικών θέσεων, η μαρξιστική ηθική είναι καταλληλότερη. (Feuer, 1971)

5.1.3. Η "Ακαδημία της Ολυμπίας"

Ο Αϊνστάιν ανέλαβε καθήκοντα στο Γραφείο Ευρεσιτεχνιών τον Ιούνιο του 1902. Ο ρόλος του Γραφείου ήταν να κατοχυρώνει τις αιτήσεις ευρεσιτεχνίας σύμφωνα με τους νόμους και αυτό που έκανε ο Αϊνστάιν ήταν να διατυπώνει με σαφήνεια την κάθε ιδέα και να καθορίζει τις τεχνικές εφαρμογές της. Εργαζόμενος πάνω σε αυτά ανέπτυξε την εκπληκτική ικανότητα να αντιλαμβάνεται άμεσα τις συνέπειες της κάθε νέας ιδέας. Πολλές από τις ιδέες που εξέταζε αφορούσαν σε διαδικασίες συγχρονισμού των ρολογιών με τη βοήθεια σημάτων που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Τις περισσότερες φορές ολοκλήρωνε τη δουλειά του σε λίγες ώρες και το υπόλοιπο της ημέρας του το αφιέρωνε στις δικές του θεωρητικές έρευνες. (Isaacson, 2018· Φρανκ, 1978)

Με την άφιξή του στη Βέρνη αποφάσισε να ασχοληθεί με την παράδοση ιδιωτικών μαθημάτων και δημοσίευσε σχετική αγγελία. Ο πρώτος που ανταποκρίθηκε ήταν ο Μορίς Σολοβίν, φοιτητής στο τμήμα φυσικής και φιλοσοφίας του Πολυτεχνείου, ο οποίος ήθελε με τη βοήθεια του Αϊνστάιν να εμβαθύνει στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής. (Miller, 2002)

Ο Σολοβίν ήταν ένας ιδιαίτερα φτωχός Ρουμάνος εβραϊκής καταγωγής, ένας από τους τόσους επαναστάτες φοιτητές που προσέλκυσε το Πολυτεχνείο της Ζυρίχης. Στην πρώτη τους συνάντηση συζήτησαν με πάθος για τη φιλοσοφία. Η συζήτηση είχε τόσο ενδιαφέρον ώστε να αποφασίσουν να αφήσουν τα ιδιαίτερα μαθήματα και να κανονίζουν πνευματικές συναντήσεις στις οποίες θα διάβαζαν και θα συζητούσαν τα έργα μεγάλων στοχαστών. Σύντομα προστέθηκε στην ομάδα τους και ο Κόνραντ Χάμπιχτ, γνωστός του Αϊνστάιν από την περίοδο που δούλευε στο Σαφχάουζεν. Οι δυο τους ήταν οι μάρτυρες του γάμου του Αϊνστάιν με την Μιλέβα. (Feuer, 1971)

Ο Χάμπιχτ ήταν ευγενική φυσιογνωμία και έγινε δάσκαλος της φυσικής και των μαθηματικών σε προτεσταντικό εκπαιδευτικό ίδρυμα. Με τη Μιλέβα έγιναν στενοί φίλοι. Μαζί με τον Αϊνστάιν και τον αδερφό του Πολ Χάμπιχτ επιχείρησαν να τελειοποιήσουν ένα

ευαίσθητο βολτόμετρο για το οποίο πήραν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Το βολτόμετρο βγήκε στην αγορά ωστόσο δεν είχε εμπορική επιτυχία. (Feuer, 1971)

Το τελευταίο μέλος που προστέθηκε στην παρέα ήταν ο Μικέλε Μπέσο, ο πιο στενός φίλος του Αϊνστάιν, αυτός που σύμφωνα με τον ίδιο τον ήξερε καλύτερα από οποιονδήποτε άλλον και ήταν πάντα θετικά διακείμενος απέναντί του. Ο Μικέλε Αντζελο Μπέσο είχε εβραϊκή καταγωγή και μεγάλωσε με την οικογένειά του στην Ιταλία. Αφού αποφοίτησε από το Πανεπιστήμιο της Ρώμης πήγε στη Ζυρίχη για να σπουδάσει μηχανικός. Με τον Αϊνστάιν γνωρίστηκαν το 1896 σε ένα μουσικό σουαρέ. Λίγο αργότερα ο Μπέσο θα γνώριζε την Άννα Βίντιλερ και μετά από δύο χρόνια θα παντρεύονταν. (Miller, 2002)

Ο Αϊνστάιν θεωρούσε τον Μπέσο μια προσωπικότητα ιδιαίτερα χαρισματική και απολάμβανε την μεταξύ τους συναναστροφή. Το 1904 με προτροπή του Αϊνστάιν ο Μπέσο έπιασε δουλειά στο γραφείο ευρεσιτεχνιών, όπου είχαν τη δυνατότητα να συζητάνε σε καθημερινή βάση για διάφορα επιστημονικά, θεολογικά και πολιτικά θέματα. Οι συζητήσεις τους είχαν τόση γοητεία "σαν να μην υπήρχε καθόλου η καθημερινότητα" λόγω του ευρέως ανεπτυγμένου πεδίου ενδιαφερόντων του Μπέσο. (Miller, 2002) Σύντομα ο Αϊνστάιν διαπίστωσε ότι ήταν το κατάλληλο άτομο για να ακούει κάθε νέα ιδέα του καθώς μπορούσε με την κριτική επιστημονική του σκέψη να συμβάλει στην εξέλιξή της. Αυτός ήταν ο λόγος που στο τέλος του άρθρου του για την ηλεκτροδυναμική των κινουμένων σωμάτων ευχαρίστησε τον Μπέσο για τη σταθερή βοήθειά του και τις σημαντικές υποδείξεις του. (Isaacson, 2018)

Η παραπάνω παρέα επιστημόνων οργανώθηκε σε μια ομάδα γνωστή ως "Ακαδημία Ολυμπίας" με σκοπό τις από κοινού μελέτες έργων της θεωρητικής φυσικής και της φιλοσοφίας. Οι συνεδριάσεις της ακαδημίας από την άνοιξη του 1902 μέχρι και το 1905 που ο Σολοβίν έφυγε για τη Γαλλία, ήταν τακτικές και γίνονταν στο διαμέρισμα κάποιου από την παρέα ή σε εξωτερικό χώρο. Μετά το γάμο του Αϊνστάιν γίνονταν συνήθως στο σπίτι του. Η Μιλέβα ήταν πάντα παρούσα στις συνεδριάσεις και σύμφωνα με τον Σολοβίν παρακολουθούσε με προσοχή χωρίς ποτέ να παίρνει το λόγο. (Kostro, 2004). Την οργάνωσή τους την είχε αναλάβει ο Αϊνστάιν και "απαιτούσε" την παρουσία όλων καθώς και μια μικρή συνδρομή για να καλύπτουν το γεύμα που είχαν καθιερώσει και πάντα προηγούνταν της συζήτησης. (Miller, 2002)

Το πρόγραμμα των συνεδριάσεων καταρτίζονταν βάσει των κοινών ενδιαφερόντων τους και αυτό ήταν το πάθος τους για τη φυσική και τη φιλοσοφία της. Από αναφορές των μελών του Κύκλου γνωρίζουμε ότι διάβαζαν τα εξής έργα: *A System of Logic* του Βρετανού φιλοσόφου Τζον Στιούαρτ Μιλ (John Stuart Mill), *Grammar of Science* του Άγγλου μαθηματικού Καρλ Πίρσον (Karl Pearson), *Treatise of Human Nature* του Χιουμ (David Hume), *The Science of Mechanics* του Μαχ, *La Science et l'hypothese* του Πουανκαρέ. (Miller, 2002, 2002). Στα ενδιαφέροντά τους ήταν επίσης το θεατρικό έργο του Σοφοκλή *Η Αντιγόνη* και το έπος του Μιχαήλ Θερβάντες *Δον Κιχώτης*, με συμβολική και στα δύο θεματολογία. (Isaacson, 2018). Ο Σοφοκλής μιλάει για την ανυπακοή απέναντι στην εξουσία και ο Θερβάντες καταργεί κάθε σύνορο μεταξύ της φαντασίας και της πραγματικότητας και αρνείται την ίδια την πραγματικότητα.

Σύμφωνα με τον Feuer (1971) η Ολύμπια Ακαδημία αποτέλεσε μια αντικoinότητα στην οποία έβρισκε καταφύγιο κάθε απορριπτεός επαναστάτης. Σε σχέση με την καθιερωμένη ευρωπαϊκή κουλτούρα ήταν μια νέα αντικουλτούρα, ικανή να διαταράξει την πολιτισμική ισορροπία του κατεστημένου της εποχής. Ήταν μια *κουλτούρα παρία*, όπως την περιέγραψε ο Αϊνστάιν σε γράμμα του προς τη σύζυγο του Μαρσέλ Γκρόσμαν λίγο μετά το θάνατο του συμφοιτητή του.

Το γεγονός ότι τα περισσότερα μέλη της Ολύμπιας Ακαδημίας ήταν εβραϊκής καταγωγής δείχνει να συνδέεται με τη δημιουργικότητα και την ελευθερία που τους χαρακτήριζε. Πράγματι, οι Εβραίοι θεωρήθηκαν πρωτοπόροι και εικονοκλάστες στην επιστήμη, την ακαδημαϊκότητα και την θεσμική αλλαγή. Ο Αμερικανός οικονομολόγος και κοινωνιολόγος Θορστάιν Βέμπλεν (Thorstein Veblen) σε δοκίμιό του το 1919, όταν ο Αϊνστάιν είχε ήδη καθιερωθεί, επιχείρησε να ερμηνεύσει την παραπάνω κατάσταση. Υποστήριξε ότι οι χαρισματικοί επαναστάτες Εβραίοι φοιτητές οι οποίοι απομακρύνθηκαν από το παραδοσιακό πολιτισμικό εβραϊκό περιβάλλον και ταυτόχρονα αρνήθηκαν τις κυρίαρχες συμβατικές αλήθειες, ήταν εκείνοι οι οποίοι προσέγγισαν την επιστήμη με σκεπτικισμό και έγιναν επιστημονικοί ηγέτες. Ο Veblen τους περιέγραψε ως σκεπτικιστές λόγω των συνθηκών που δεν μπορούσαν να ελέγξουν και διαταράκτες της πνευματικής ειρήνης. Η θεωρία του Veblen δείχνει να επιβεβαιώνεται από την προσωπική ιστορία του Αϊνστάιν. Απαραίτητη όμως είναι και η ύπαρξη ενός ριζοσπαστικού φοιτητικού κύκλου όπως η Ακαδημία Ολυμπίας προκειμένου να προσελκύσει και να απομονώσει τους επαναστάτες Εβραίους φοιτητές,

Διπλωματική Εργασία

εξασφαλίζοντας έτσι ότι δεν θα συγχωνευτούν στις περιρρέουσες εθνικές κουλτούρες. (Feuer, 1971)

5.1.4. Η φιλοσοφία του Μαχ και ο Σοσιαλισμός

Η κουλτούρα της επαναστατικής φοιτητικής γενιάς του Αϊνστάιν ήταν ένα μίγμα της επιστημολογίας του Μαχ και των κοινωνικοπολιτικών αντιλήψεων του Μαρξ. Ήταν η εποχή που οι νεαροί μαρξιστές προσέγγιζαν με ενδιαφέρον τη φιλοσοφία του Μαχ για να προσδώσει στη μαρξιστική θεωρία το φιλοσοφικό χαρακτήρα που υπολείπονταν. Η παραπάνω προοπτική εκφράστηκε με θέρμη από πολλούς μαρξιστές. Στην Ελβετία και στη Αυστρία εκφράστηκε κυρίως με τον Φρήντιχ Άλντερ και μεταξύ των Ρώσων εκφράστηκε και από τον ιδρυτή του μπολσεβικισμού Αλεξάντερ Μπογκντάνοφ. (Feuer, 1971)

Οι Ρώσοι υποστηρικτές του Μαχ θεωρούσαν ότι η φιλοσοφία του συνέδεε την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης με τις διαδικασίες της κοινωνικής εργασίας, άρα ήταν πλήρως ενταγμένη στο πνεύμα του Μαρξ. Με βάση αυτό, η αλήθεια δεν αποτελεί μια αιώνια και χωρίς προϋποθέσεις πραγματικότητα αλλά μια ιδεολογική μορφή με κοινωνική βάση, η ανάπτυξη της οποίας οδηγεί στο μετασχηματισμό της. Στο ίδιο πνεύμα, ο Μπογκντάνοφ θεώρησε ότι οι έννοιες όπως ο χώρος, ο χρόνος, η αιτία, τα άτομα, δεν παραπέμπουν στην πραγματικότητα αλλά αποτελούν κοινωνικές μορφές οργάνωσης των εμπειρικών δεδομένων. Οι παραπάνω αντιλήψεις υπονοούσαν ότι μια επιστημονική επανάσταση θα συνοδεύονταν από μια νέα κοινωνική επανάσταση. Μαζί με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ανάδυση νέων κοινωνικών μορφών έκφρασης θα υπήρχε μια νέα επιστημονική αλήθεια, μια νέα κοινωνική μορφή οργάνωσης της εμπειρίας. (Feuer, 1971)

Η θεωρία του Μαχ προσέλκυσε Μαρξιστές κυρίως για δύο λόγους. Πρώτον, οι απόψεις του για την επιστήμη έδειχνε να απορρέουν από τον ιστορικό υλισμό του Μαρξ και από την εργασιακή θεωρία της αξίας και δεύτερον, η κριτική του στον απόλυτο χώρο και χρόνο ήταν συγγενική με την κριτική του Μαρξ στον απόλυτο χαρακτήρα των οικονομικών και κοινωνικών θεωριών. Όμοια με τον Μαχ που αφαίρεσε από τη νευτώνεια μηχανική κάθε αναφορά στον απόλυτο χώρο, ο Μαρξ απομάκρυνε από την κοινωνική επιστήμη κάθε μη παρατηρήσιμο ιδεαλιστικό στοιχείο. (Feuer, 1971)

Ο Άντλερ ήταν μαρξιστής και οπαδός του εμπειριοκριτικισμού του Μαχ και για πολλά χρόνια προέτρεπε στα σοσιαλιστικά περιοδικά την ένωση της φιλοσοφίας του Μαχ με τον μαρξισμό. Σε άρθρο του το 1908 με αφορμή τα εβδομηκοστά γενέθλια του Μαχ εξομοίωσε τον φιλοσοφικό πυρήνα των ιδεών του Μαχ με τη δογματική πίστη του μαρξισμού στην αλλαγή ως το νόμο όλων των πραγμάτων. (Feuer, 1971)

Η προσπάθεια της επαναστατικής σοσιαλιστικής φοιτητικής νεολαίας να συνδέσει τη φιλοσοφία του Μαχ με τον Μαρξισμό πυροδότησε έντονες αντιδράσεις στο ρωσικό σοσιαλιστικό κίνημα. Ο Λένιν στράφηκε με μένος κατά των Ρώσων μαρξιστών που πειραματίζονταν με τις ιδέες του Μαχ, κρατώντας όμως μια πιο ήπια στάση σε ότι αφορά στον Άντλερ. Θεωρούσε ότι η φιλοσοφία του Μαχ εκμηδένιζε τον εξωτερικό φυσικό κόσμο και άγγιζε τα όρια του σολιψισμού, προσπερνώντας έτσι και τη θετική σημασία των ιδεών του. Όπως χαρακτηριστικά ανέφερε "η φιλοσοφία του Μαχ για την επιστήμη ήταν ότι το φιλί του Ιούδα για τον Χριστό". Η παραπάνω μεταφορά υπονοούσε τον ίδιο στη θέση του Χριστού, προδομένο και βαθύτατα δυσαρεστημένο με την ανάγκη των νέων μαρξιστών να αποδεχτούν μια νέα θεωρία. (Feuer, 1971)

5.1.5. Το ιδεολογικό υπόβαθρο της θεωρίας της σχετικότητας

Στεκόμαστε στο ενδιαφέρον βιογραφικό γεγονός ότι ο αγαπημένος σύγχρονος συγγραφέας του Αϊνστάιν ήταν ο οικονομολόγος .Θορστάιν Βέμπλεν. Σύμφωνα με τον Feuer (1971), αυτό που ο Αϊνστάιν βρήκε σημαντικό στη σκέψη του Βέμπλεν είχε την ίδια διανοητική σημασία με αυτό που βρήκε σημαντικό ο Δαρβίνος στην εργασία του οικονομολόγου Τόμας Μάλθους "*Δοκίμιο περί της Αρχής του Πληθυσμού*". Αναφέρουμε σχετικά ότι σύμφωνα με τον Μάλθους ο ρυθμός αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού είναι μεγαλύτερος από αυτόν των διαθέσιμων πόρων και γι' αυτό επιβάλλεται ένας έλεγχος στο μέγεθος του ανθρώπινου πληθυσμού. Οι απόψεις αυτές οδήγησαν τον Δαρβίνο πιο σταθερά στην ιδέα της φυσικής επιλογής. Αυτό που έκανε ήταν να τις διατυπώσει με όρους της δικής του θεωρίας και να αποδώσει την σταθερότητα στο μέγεθος των πληθυσμών στη διαδικασία της φυσικής επιλογής.

Ο Βέμπλεν άσκησε κριτική στην καθιερωμένη συμβατική οικονομική σκέψη και πρότεινε μια εξελικτική και ολιστική θεώρηση της οικονομίας εστιασμένη όχι μόνο στην ανάλυση

Διπλωματική Εργασία

των επιμέρους οικονομικών φαινομένων αλλά κυρίως στην εξέλιξη των οικονομικών συστημάτων. Υποστήριξε ότι κάθε στάδιο εξέλιξης της ανθρώπινης κοινωνίας έχει τους δικούς της ξεχωριστούς κοινωνιολογικούς νόμους και ότι η συμπεριφορά των ανθρώπων αλλά και οι ψυχικές τους τάσεις διαμορφώνονται από το θεσμικό πλαίσιο της κάθε εποχής. Σχετικά με τους νόμους της οικονομίας, υποστήριξε ότι δεν έχουν καθολική ισχύ αλλά "νομιμοποιούνται" μόνο στο τοπικό και χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύσσονται. (Feuer, 1971· Αρβανιτίδης, 2018)

Ο Βέμπλεν επικεντρώθηκε στον κοινωνικό αντίκτυπο μιας φιλελεύθερης καπιταλιστικής αγοράς με σκοπό να αναδείξει τα προβλήματα που απορρέουν από την θεσμική προσαρμογή σε μια τέτοια κοινωνία, όπως αυτή της εποχής που ζούσε. Η ανθρωπότητα σύμφωνα με τον Βέμπλεν βρίσκεται ακόμη στη ληστρική φάση της εξέλιξής της και οι οικονομικοί νόμοι που υιοθετεί δεν αποτελούν καθολική αναγκαιότητα, αλλά αφορούν μόνο στην υπάρχουσα οικονομική τάξη. Στην περίπτωση μιας σοσιαλιστικής οικονομικής βάσης θα επικρατούσαν διαφορετικοί νόμοι οι οποίοι δεν γίνεται να προβλεφθούν υπό το πρίσμα του καπιταλισμού. (Feuer, 1971· Αρβανιτίδης, 2018)

Το 2005 δημοσιεύτηκε στο πρώτο τεύχος του αμερικάνικου σοσιαλιστικού περιοδικού Monthly Review το άρθρο του Αϊνστάιν *Γιατί Σοσιαλισμός* στο οποίο καταθέτει με σαφήνεια τις πολιτικές του απόψεις σχετικά με τον σοσιαλισμό και την ανάγκη ύπαρξής του. Ήταν η περίοδος όπου στις ΗΠΑ άρχισε να γεννιέται ο Μακαρθισμός ως τρόπος αντιμετώπισης των αποδεκτών από την τότε κοινωνία μαρξιστικών ιδεολογικών πεποιθήσεων. Στο άρθρο του Αϊνστάιν διαφαίνονται οι ιδέες του Βέμπλεν τις οποίες ο ίδιος βρήκε σημαντικές. Προσεγγίζοντας επιστημολογικά τις μεθοδολογικές διαφορές μεταξύ της επιστήμης της οικονομίας και των φυσικών επιστημών αναφέρθηκε στις δυσκολίες της οικονομικής επιστήμης να μελετήσει ένα σύνολο οικονομικών φαινομένων και να ανακαλύψει τους γενικούς νόμους με τους οποίους μπορούν με σαφή τρόπο να συνδεθούν τα παρατηρήσιμα γεγονότα. Σύμφωνα με τον Αϊνστάιν, οι δυσκολίες οφείλονται στο ότι τα οικονομικά φαινόμενα επηρεάζονται από πολυάριθμους μη προβλέψιμους παράγοντες, κυρίως όμως στο ότι οι αποκτηθείσες οικονομικές εμπειρίες επηρεάστηκαν και περιορίστηκαν από τον τρόπο εξέλιξης της ανθρωπότητας, δηλαδή με κατακτήσεις και πλήρη θεσμικό και οικονομικό έλεγχο των κατεκτημένων χωρών. Ο Αϊνστάιν υποστήριξε σε συμφωνία με τις απόψεις του Βέμπλεν ότι η ανθρωπότητα δεν έχει ξεπεράσει ακόμη αυτή τη ληστρική φάση - κάτι που

Διπλωματική Εργασία

αποτελεί σκοπό του σοσιαλισμού- και ότι τα οικονομικά γεγονότα που αναλύει η οικονομική επιστήμη και βάσει αυτών εξάγει νόμους αφορούν μόνο στην συγκεκριμένη φάση και δεν μπορούν να περιγράψουν μια μελλοντική σοσιαλιστική κοινωνία. (Αϊνστάιν, 1994)

Αυτό που προσέλκυσε το ενδιαφέρον του Αϊνστάιν ήταν ο ιστορικός σχετικισμός του Βέμπλεν, ο οποίος είχε τις ρίζες του στις απόψεις του Μαρξ. Ο Βέμπλεν όπως και ο Μαρξ υποστήριξε ότι οι οικονομολόγοι των καπιταλιστικών κοινωνιών έχουν την τάση να προσδίδουν στους νόμους της επιχειρηματικής δραστηριότητας έναν απόλυτο χαρακτήρα. Για να γίνει αντιληπτή η παροδικότητα αυτών των οικονομικών συστημάτων και η σχετικότητα τους ο Βέμπλεν πρότεινε στους στοχαστές του μια σχετικιστική προσέγγιση του οικονομικού δικαίου. Πράγματι, σύμφωνα με τον Αμερικανό κοινωνιολόγο Richard T. Ely, δάσκαλο του Βέμπλεν, αυτό που κυριαρχούσε στο μυαλό των επαναστατών φοιτητών στα τέλη του 19ου αιώνα ήταν η ιδέα της σχετικότητας και της εξέλιξης. (Feuer, 1971)

Σε αντίθεση με τις ιδέες του Βέμπλεν, οι σχετικιστικές ιδέες του Μαχ δεν συνδέθηκαν εξ' αρχής με τον Μαρξ αλλά με τις αναδυόμενες κοινωνικές και ηθικές επαναστατικές αντιλήψεις. Τις ιδέες του Μαχ εξέφρασε με θέρμη μια ομάδα διανοητών στη Βιέννη, με ηγετική προσωπικότητα τον εβραϊκής καταγωγής αυστριακό συγγραφέα και εφευρέτη Josef Popper. Ο Popper ήταν μια δυναμική ανεξάρτητη προσωπικότητα με σοσιαλιστικές ιδέες και κοινωνικό όραμα. Λόγω του αντισημιτισμού δεν κατάφερε να ακολουθήσει ακαδημαϊκή καριέρα και για να βιοποριστεί εργάστηκε για είκοσι πέντε χρόνια σε διάφορες δουλειές, διατηρώντας στο μέγιστο βαθμό την ανεξαρτησία που του επέτρεπε αυτός ο τρόπος ζωής. Μέχρι και την ηλικία των ογδόντα ετών συνέχισε να οραματίζεται και να εργάζεται για μια επιστημονική και κοινωνική επανάσταση, με βασικά χαρακτηριστικά τους την σχετικότητα και την κατάργηση της φτώχειας αντίστοιχα. Ο Σίγκμουντ Φρόυντ περιέγραψε τον Popper ως έναν αληθινό, αυθεντικό, άνθρωπο με πηγαία καλοσύνη και ειλικρίνεια και με ανεξάρτητη σκέψη έξω από τα πρότυπα του κατεστημένου της εποχής του και της παράδοσης. Ο Αϊνστάιν το 1954 ως μια πράξη σεβασμού στη μνήμη του Popper, προλόγισε την πρώτη έκδοση των συγγραμμάτων του Popper όπου τον περιέγραψε "...ως ένα ιερό και προφητικό πρόσωπο, ταυτόχρονα όμως απόλυτα σύγχρονο". Στην περίοδο εκείνη ο Αϊνστάιν θεωρούσε φρόνιμο να αποσυρθούν για άλλη μια φορά οι διανοούμενοι στην Αμερική από το κατεστημένο και να ενταχθούν σε αντικοιότητες. Συγκεκριμένα, δήλωσε ότι αν μπορούσε να ζήσει δεύτερη φορά τη νεότητά του θα επέλεγε ένα άσχετο με το επιστημονικό και Διπλωματική Εργασία

κοινωνικό κατεστημένο επάγγελμα , όπως του υδραυλικού ή του πλανόδιου πωλητή, ελπίζοντας πως σε αυτές τις εργασιακές συνθήκες θα μπορούσε να βρει ένα μεγαλύτερο βαθμό ανεξαρτησίας. (Feuer, 1971)

5.2. Οι κοινωνικές ρίζες της θεωρίας της σχετικότητας

Στην ανάλυση που προηγήθηκε επικεντρωθήκαμε στον πνευματικό χαρακτήρα του Κύκλου της Ζυρίχης (αναφερόμαστε στην Ολύμπια Ακαδημία και στον Άντλερ) και περιγράψαμε τις κοινές ιδεολογικές και κοινωνικές απόψεις τις οποίες μοιράζονταν οι παραπάνω πολιτικοί και επιστημονικοί επαναστάτες. Διαπιστώθηκε ότι η τρόπος σκέψης τους και οι κοινωνικές τους αντιλήψεις χαρακτηριζόταν από μια αίσθηση διανοητικής εξέγερσης και εκφραζόταν με μια σχετικιστική θεώρηση των κοινωνικών και οικονομικών θεσμών. Μέσα σε αυτό το κλίμα ο Αϊνστάιν εμπέδωσε ότι οι κοινωνικοί νόμοι ως τρόποι έκφρασης των αστικών σχέσεων δεν είναι απόλυτοι και διαχρονικοί. Οι παραπάνω ιδέες σύμφωνα με τον Feuer (1971) αποτέλεσαν πεδίο παραγωγικών συζητήσεων, ερωτημάτων και διαφωνιών μεταξύ της Ολύμπιας Ακαδημίας και κυρίως μεταξύ του Αϊνστάιν και του Άντλερ. Πρόκειται για ζητήματα που απασχολούσαν έντονα την κοινότητα των αυστρομαρξιστών φιλοσόφων. Εύλογα θα τους απασχολούσε το ερώτημα αν μπορεί ένας αστός και ένας σοσιαλιστής να περιγράψουν με τον ίδιο τρόπο την ίδια κοινωνική πραγματικότητα ή αν ανάλογα με την κοινωνική τους θέση θα ερμηνεύουν διαφορετικά τα παρατηρούμενα κοινωνικά φαινόμενα (Feuer, 1971).

Σύμφωνα με τον Feuer (1971) τα ίδια επαναστατικά μαρξιστικά συναισθήματα τα οποία γέννησαν την κοινωνιολογική σχετικότητα μπορούσαν να μεταφερθούν και να προβληθούν στη μελέτη της φύσης. Με τον τρόπο αυτό η επανάσταση στην πολιτική αλλά και η επανάσταση στη φυσική θα αποτελούσαν την έκφραση των ίδιων συναισθηματικών και κοινωνικών απόψεων. Με δεδομένο τον παράγοντα της ιδιοφυίας του Αϊνστάιν, της βαθιάς θεωρητικής του γνώσης και του επαναστατικού τρόπου με τον οποίον ασκούσε την επιστήμη του, μια σχετικιστική θεώρηση των φυσικών φαινομένων θα τον οδηγούσε στο να κατανοήσει την βαθύτερη αιτία της κρίσης στη φυσική, δηλαδή να κατανοήσει τη σχετικότητα του ταυτοχρονισμού. Δύο συμβάντα ταυτόχρονα σε ένα αδρανειακό σύστημα δεν είναι κατ' ανάγκη ταυτόχρονα και σε άλλα αδρανειακά συστήματα. Η συνειδητοποίηση

Διπλωματική Εργασία

αυτή αποτέλεσε το πρώτο βήμα στη διαδικασία αναθεώρησης των εννοιών του χώρου και του χρόνου και οδήγησε τον Αϊνστάιν σταθερά στη διαμόρφωση της θεωρίας του.

5.2.1. Η σχετικότητα ως σύμβολο του νέου τρόπου σκέψης

Μια σημαντική παράμετρος της θεωρίας του Αϊνστάιν είναι η αρχή του αναλλοίωτου της μορφής των νόμων με καθολικό πλέον χαρακτήρα, η οποία ισοδυναμεί με μια πιο ισχυρή αντικειμενικότητα από την αντίστοιχη της κλασικής φυσικής. Η αρχή της σχετικότητας αποτελεί στην πραγματικότητα την αρχή του αναλλοίωτου της μορφής όλων των φυσικών νόμων. Κατανοώντας το παραπάνω διαπιστώνουμε τη λογική αντίφαση μεταξύ της ονομασίας της θεωρίας και του περιεχομένου της. (Feuer, 1971· Μπιτσάκης, 1993).

Πράγματι, η έννοια της σχετικότητας και η έννοια του αναλλοίωτου είναι δύο αντίθετες έννοιες. Αναφέρονται αντίστοιχα στη σχετικότητα των παρατηρήσεων των φυσικών φαινομένων από παρατηρητές σε διαφορετικά αδρανειακά συστήματα και στο γεγονός ότι σε όλα τα αδρανειακά συστήματα οι φυσικοί νόμοι παραμένουν αμετάβλητοι. Στο σημείο αυτό διαφαίνεται και η φυσική σημασία των μετασχηματισμών Λόρεντζ. Αποδίδουν τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών αδρανειακών συστημάτων έτσι ώστε οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής να παραμένουν αναλλοίωτοι και η ταχύτητα του φωτός να είναι σταθερή.

Οι λέξεις που χρησιμοποιεί κανείς για να εκφράσει τις αντιλήψεις του, αποκαλύπτουν τον ιδεολογικό, πολιτισμικό κύκλο στον οποίον θεωρεί ότι ανήκει ο ίδιος και οι ιδέες του. Στην περίπτωση των νεαρών επαναστατών στοχαστών του Κύκλου της Ζυρίχης, τους προσέλκυε η λέξη σχετικότητα. Η σχετικότητα σαν φιλοσοφία απορρίπτει το δογματισμό, δηλαδή την ύπαρξη απόλυτης και αντικειμενικής αλήθειας ή γνώσης και αφορά τόσο στις κοινωνικές όσο και στις φυσικές επιστήμες. Στο πεδίο της ηθικής για παράδειγμα επιβεβαιώνει ότι ο χαρακτηρισμός "καλές ή κακές πράξεις", εξαρτάται από το άτομο και από το πλαίσιο στο οποίο τις ερμηνεύουμε. Στο οικονομικό-κοινωνικό πεδίο επιβεβαιώνει ότι οι κοινωνικοί νόμοι δεν είναι απόλυτοι και διαχρονικοί, αντιλήψεις που όπως είδαμε εκφράστηκαν μέσα από τον Μαρξισμό. Ωστόσο, όπως τονίζει και ο Γερμανός θεωρητικός φυσικός Arnold Sommerfeld, το περιεχόμενο της θεωρίας της σχετικότητας δεν έχει καμία σχέση με τον ηθικό ή κοινωνικό σχετικισμό. Εδώ η έννοια της σχετικότητας επιβεβαιώνει ότι τα συστήματα αναφοράς τα οποία χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των φυσικών

φαινομένων είναι το ίδιο έγκυρα και ότι οι διαφορετικές περιγραφές ανάλογα με το σύστημα αναφοράς μετασχηματίζονται μέσω των εξισώσεων Λόρεντζ έτσι ώστε οι νόμοι της φυσικής να παραμένουν αμετάβλητοι. (Feuer, 1971)

Είναι σαφές ότι αυτό που επεδίωκε ο Αϊνστάιν δεν ήταν ο σχετικισμός ή η υποκειμενικότητα στην ερμηνεία των φυσικών νόμων, αλλά η γενικότερη αντικειμενικότητά τους. Ενδεικτικό αυτού είναι η πρότασή του για την αντικατάσταση της ονομασίας της θεωρίας του σε "θεωρία του σημείου αναφοράς" ("Standpunktslehre") (Καρακώστας, 2006) Εύλογα, προκύπτει ο προβληματισμός σχετικά με την ονομασία "αρχή της σχετικότητας" αντί "αρχή του αναλλοίωτου".

Την απαίτηση της σχετικότητας να παραμένουν οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής αναλλοίωτοι κάτω από τους μετασχηματισμούς Λόρεντζ ακολούθησαν οι σχετικιστικές συνέπειες στις μετρήσεις χωρικών και χρονικών διαστημάτων σε διαφορετικά αδρανειακά συστήματα. Σύμφωνα με τον Feuer (1971) ο εντυπωσιακός χαρακτήρας αυτών των σχετικιστικών συνεπειών είχε μεγαλύτερη συναισθηματική βαρύτητα από το καθεστώς του αναλλοίωτου της μορφής των νόμων. Και αυτή η συναισθηματική ταύτιση με το δόγμα του σχετικισμού ήταν που καθόρισε το όνομα της θεωρίας του Αϊνστάιν. Η λέξη "σχετικότητα" έγινε το σύμβολο της επανάστασης ενάντια σε κάθε απολυτότητα.

Η ιδεολογική και συναισθηματική δύναμη της λέξης "σχετικότητα" διαφαίνεται και στον τρόπο με τον οποίον οι ιδέες του Μαχ επέδρασαν στον τρόπο σκέψης του Κύκλου του Αϊνστάιν. Όταν οι επαναστάτες φοιτητές ήρθαν σε επαφή με την κριτική του Μαχ στις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου την αποδέχτηκαν με ενθουσιασμό όχι τόσο λόγω της λογικής των επιχειρημάτων του Μαχ αλλά κυρίως για ιδεολογικούς λόγους. Για τον συμβατικό επιστημονικό τρόπο σκέψης, η αρχή του Μαχ περί της χρήσης των απλανών αστερών ως παγκόσμιο αδρανειακό σύστημα ήταν μη πειστική και εύκολα διαψεύσιμη. Για τον Βρετανό μαθηματικό Μπέρτραντ Ράσελ αρκούσε ένα υποθετικό νοητικό πείραμα στο οποίο αν απομακρύνονταν οι απλανείς αστέρες, οι πειραματικές αποδείξεις για την απόλυτη περιστροφική κίνηση της Γης θα παρέμεναν ανεπηρέαστες. Ο ιδρυτής του Πραγματισμού Charles Peirce θεωρούσε ότι οι ιδέες του Μαχ απλά φανέρωναν την απέχθειά του στο μεταφυσικό χαρακτήρα του απόλυτου χώρου και χρόνου. Τις ίδιες απόψεις είχαν και μεταγενέστεροι διακεκριμένοι επιστήμονες, όπως ο Γερμανοαμερικανός φιλόσοφος Henry

Margenau ο οποίος υποστήριξε ότι η αρχή του Μαχ ενέπλεκε έννοιες τις οποίες ο ίδιος ο Μαχ είχε αμφισβητήσει, όπως την έννοια της δράσης από απόσταση. (Feuer, 1971)

Η κοινή ιδεολογική βάση του Κύκλου χαρακτηριζόταν από μια κοινή αίσθηση διανοητικής εξέγερσης και μια επιθυμία για επαναστατική αλλαγή. Τα συναισθήματα αυτά τους ώθησαν να απορρίψουν κάθε ιδέα της απολυτοκρατικής νευτώνειας φυσικής, όπως την έννοια του απόλυτου χώρου. Αυτό που κατάφερε η κριτική του Μαχ ήταν να πυροδοτήσει αυτή τους την πρόθεση με έναν φυσικό και αβίαστο τρόπο. Εξάλλου ο Αϊνστάιν δεν έψαχνε αποδείξεις προκειμένου να απορρίψει την έννοια του απόλυτου χώρου, αν αυτό ήθελε θα ήταν πιο αποτελεσματικό να βασιστεί στο μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος των Μάικελσον-Μόρλεϊ και όχι στις φιλοσοφικές απόψεις του Μαχ. (Feuer, 1971). Όπως ήδη αναφέραμε, η συμβολή του πειράματος στη διαμόρφωση της θεωρίας του Αϊνστάιν δεν ήταν γενεσιουργός και περιορίζονταν στο γεγονός ότι αντιτίθεντο στον απόλυτο χαρακτήρα της έννοιας του χώρου.

5.2.2. Ο χαρακτήρας άλλων ευρωπαϊκών επιστημονικών κοινοτήτων

Από τα προαναφερθέντα διαπιστώθηκε ότι το επαναστατικό κλίμα στη Ζυρίχη συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση της θεωρίας της σχετικότητας.

Ένα εύλογο ερώτημα που ανακύπτει, αφορά στο κλίμα που επικρατούσε στις σημαντικότερες επιστημονικές κοινότητες της εποχής του Αϊνστάιν, όπως αυτές της Βρετανίας και της Γαλλίας. Παρακάτω, διατυπώνονται προβληματισμοί για το κατά πόσο ο πνευματικός χαρακτήρας αυτών των επιστημονικών κοινοτήτων δύναται να επηρεάσει τον τρόπο σκέψης των μελών της, έτσι ώστε να τους οδηγήσει στη θεωρία της σχετικότητας.

Ο Κύκλος του Κέμπριτζ

Στη Βρετανία η σημαντικότερη επιστημονική κοινότητα βρίσκονταν στο Κέμπριτζ και περιελάμβανε τον μαθηματικό Μπέρτραντ Ράσελ, τον μαθηματικό Άλφρεντ Γουάιτχεντ, τον φιλόσοφο Τζορτζ Μουρ και τον οικονομολόγο μαθηματικό Τζων Κέυνς. Ηγετική προσωπικότητα της παραπάνω ομάδας νεαρών επιστημόνων ήταν ο Μουρ, ο οποίος επηρέασε διανοητικά και συναισθηματικά τα μέλη του Κύκλου. Όπως αναφέρει ο Ράσελ σχετικά με το δοκίμιό του *Is position in time and space absolute or relative?*, οι απόψεις που

διατύπωσε οφείλονταν κυρίως στον Μουρ με τη βοήθεια του οποίου μπόρεσε να αντιληφθεί τις δυσκολίες στη σχεσιακή θεωρία του χώρου και του χρόνου. (Feyer,1971)

Το έτος 1903 χαρακτηρίστηκε ως *annus mirabilis* για τη φιλοσοφία του Κέμπριτζ. Ήταν η χρονιά που δημοσιεύτηκαν τα έργα *Principia Ethica* του Μουρ και *Principles Mathematics* του Ράσελ, τα οποία έθεσαν το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα αναπτύσσονταν η "αναλυτική φιλοσοφία". Σύμφωνα με τον Κέυνς η επιρροή του έργου *Principia Ethica* ήταν συντριπτική και ταυτόχρονα συναρπαστική, κυριάρχησε στις πεποιθήσεις τους και καθόρισε τη συμπεριφορά τους. Στα επόμενα χρόνια (1910-1913) ο Ράσελ και ο Γουάιτχεντ θα παρουσίαζαν το τρίτομο έργο τους *Principia Mathematica*. (Feyer, 1971).

Σε αντίθεση με την επαναστατική φοιτητική γενιά της Ζυρίχης η οποία προέρχονταν κυρίως από την Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και ήταν αποξενωμένη από την κυρίαρχη αστική κουλτούρα, οι νεαροί επιστήμονες του Κέμπριτζ ήταν όλοι Άγγλοι ανώτερης κοινωνικής τάξης και διατηρούσαν καλές σχέσεις με το κατεστημένο. Ενδεικτικό αυτού είναι ότι στην Αγγλία τα διάφορα επιστημονικά, πολιτικά και φιλοσοφικά ιδρύματα συνδέονταν με δεσμούς καταγωγής και γάμου. (Feyer,1971).

Χαρακτηριστικό του πνευματικού κλίματος στον Κύκλο του Κέμπριτζ ήταν ο αντιμαρξισμός και η απόλυτη θεώρηση των πραγμάτων. Ο Ράσελ αντέδρασε έντονα στη σχετικιστική στάση του Μαχ απέναντι στις πειραματικές αποδείξεις για την απόλυτη περιστροφική κίνηση της Γης και παρουσίασε ως σημαντικό πλεονέκτημα μιας απόλυτης θεώρησης του χώρου το γεγονός ότι όριζε αιώνιες και διαχρονικές χωρικές σχέσεις. Τις απόψεις του Ράσελ υποστήριξε και ο Γουάιτχεντ, αν και το 1910 έγραψε ότι κανένα από τα μέχρι τότε επιχειρήματα δεν στοιχειοθετούσε μια σχεσιακή ή απόλυτη θεωρία του χώρου. (Feyer,1971)

Πέραν αυτών, η επιστημονική κοινότητα του Κέμπριτζ ήταν φιλική προς τη θρησκεία. Επιπλέον, διακατέχονταν από μια αδιόρατη θλίψη την οποία προκαλούσε ο φόβος ότι η επιστήμη καθώς επηρεάζει το μυαλό και τη ζωή των ανθρώπων ενδέχεται να απειλήσει την πνευματική τους υπόσταση. Για το λόγο αυτό στράφηκαν στον πνευματισμό και στην ψυχική έρευνα. Μεταξύ των ιδρυτών της Εταιρίας Ψυχικών Ερευνών καθώς και μεταξύ των προέδρων που διετέλεσαν, υπήρξαν επιστήμονες του Trinity College του Κέμπριτζ και δη φυσικοί επιστήμονες. Λόγω του ότι ο πνευματισμός ως κίνημα προϋπέθετε δογματική πίστη

και παρέπεμπε σε μεταφυσικές οντότητες, παρέμεινε εντελώς άγνωστος στο περιβάλλον της Ζυρίχης. (Feuer, 1971)

Καταλήγοντας, η εξέγερση των επιστημόνων του Κέμπριτζ περιορίστηκε στα στενά πλαίσια που επέβαλε το κοινωνικό και επιστημονικό κατεστημένο της εποχής. Επιπλέον, το κλίμα που επικρατούσε στο Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ αλλά και σε οποιοδήποτε πανεπιστήμιο στην Αγγλία δεν θα μπορούσε να προσελκύσει επαναστάτες φοιτητές από άλλα έθνη, ειδικά γυναικών, ούτε να υποστηρίξει έναν τρόπο σκέψης ικανό να αμφισβητήσει τα θεμέλια της αποδεκτής νευτώνειας επιστήμης.

Ο Κύκλος της Γαλλίας (L'École Polytechnique)

Επανερχόμαστε στον διαπρεπή φυσικό Πουανκαρέ, ο οποίος αν και διατύπωσε πρώτος την αρχή της σχετικότητας δεν κατάφερε να κατανοήσει τον επαναστατικό χαρακτήρα της και τις συνέπειές της. Οι λόγοι γι' αυτό είναι πολύπλευροι και σχετίζονται με το κοινωνικό και πνευματικό πλαίσιο της εποχής του, το οποίο χαρακτηριζόταν από μια πιο συντηρητική και ωφελμιστική προσέγγιση της επιστημονικής έρευνας.

Το σημαντικότερο πανεπιστήμιο στη Γαλλία ήταν η École Polytechnique, η οποία ιδρύθηκε το 1794, εν μέσω πολιτικών και οικονομικών αναταραχών. Ήταν η περίοδος μετά τη Γαλλική Επανάσταση που η χώρα δοκιμάζονταν από αναταραχές στο εσωτερικό της αλλά και στο διεθνή χώρο. Ο αντίκτυπος όλων αυτών στον εκπαιδευτικό χώρο και γενικότερα στον επιστημονικό ήταν έντονος. Μετά από την κατάργηση των πανεπιστημίων και των εκπαιδευτικών συστημάτων ακολούθησε μια περίοδος συνεχών εκπαιδευτικών μεταρρυθμιστικών προτάσεων, μη υλοποιήσιμων, μέχρι την ίδρυση της École Polytechnique. Ο ρόλος της σχολής ήταν να διδάξει στους φοιτητές της την επιστήμη της μηχανικής με σκοπό να καλυφθούν οι ανάγκες της χώρας σε τεχνίτες και επιστήμονες. Ταυτόχρονα θα δημιουργούσε τις υποδομές για μια μελλοντική εφαρμογή των αμέτρητων ανακαλύψεων που συνέβησαν στην περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης. Στην πορεία έγινε ξεκάθαρος ο ρόλος της σχολής στην δημόσια διοίκηση, κάτι που επιβεβαίωσε ο Ναπολέων το 1804 δίνοντας στη σχολή το σύνθημα «*Pour la Patrie, les Sciences et la Gloire*» («Για την πατρίδα, την επιστήμη και τη δόξα»). (Feuer, 1971)

Ο Πουανκαρέ- καταγόταν από οικογένεια πολιτικών, στρατιωτικών και δημοσίων υπαλλήλων. Ως απόφοιτος της École Polytechnique, υπηρέτησε τα συμφέροντα της χώρας

Διπλωματική Εργασία

αρχικά ως μηχανικός ορυχείων στην κρατική υπηρεσία και στη συνέχεια ο υπεύθυνος στη διοίκηση των σιδηροδρόμων. Η σταδιοδρομία του αντανάκλυνε το πολιτικό και επιστημονικό status quo, δηλαδή τη συγχώνευση της επιστημονικής και διοικητικής ελίτ. Θεωρούσε ότι οι επιστήμονες θα μπορούσαν να ασχοληθούν με την πολιτική αλλά σε όλους τους χώρους της και ότι οι δαπάνες για την επιστήμη πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα για το κράτος. (Feuer, 1971)

Αν και ο Πουανκαρέ γοητεύονταν από κάθε νέα επαναστατική ιδέα και ζητούσε την επιείκεια όλων προς αυτές, κυρίως των εκπαιδευτικών που τις απέρριπταν ως μη ηθικές, η γενιά στην οποία μεγάλωσε είχε βιώσει τις ψευδαισθήσεις του διεθνισμού και της επανάστασης. Η φιλοσοφία του ήταν βασισμένη στον σκεπτικισμό και στον ορθολογισμό του Βολταίρου, ωστόσο δεν ήταν σχετικιστής, πόσο μάλλον με τον τρόπο που την εξέφρασε ο Μαχ και υιοθετήθηκε από την επαναστατική φοιτητική γενιά της Ζυρίχης. (Feuer, 1971)

Ο Πουανκαρέ δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επαναστάτης στη φυσική. Ο διαπρεπής φυσικός Πολ Λανζεβέν ο οποίος ήταν μαζί με τον Πουανκαρέ στο Σαιντ Λούις όταν σε μια διάλεξη του διατύπωσε την αρχή της σχετικότητας, αναφέρθηκε στο πάθος με το οποίο ο Πουανκαρέ παρακολουθούσε κάθε νέα επαναστατική ιδέα αλλά και στην ανησυχία του για την υπονόμηση του στέρεου οικοδομήματος της κλασικής φυσικής το οποίο επιβεβαίωναν τα θαυμαστά επιτεύγματα της Νευτώνειας Μηχανικής σε πολλούς τομείς της επιστήμης. (Feuer, 1971)

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο Πουανκαρέ όπως και οι καλύτεροι απόφοιτοι της Ecole Polytechnique έγινε στρατιωτικό και κρατικό διοικητικό στέλεχος, θεωρείται απίθανο ένας τέτοιος επιστήμονας, όσο καταρτισμένος και αν είναι, να επιδιώξει να έρθει σε ουσιαστική ρήξη με το κατεστημένο της εποχής προκειμένου να συλλάβει την ιδέα της σχετικότητας η οποία αντιπροσώπευε μια αλλαγή στην κατανόηση του σύμπαντος και αμφισβητούσε τα καθιερωμένα πρότυπα και τις συμβάσεις.

5.2.3. Το πνευματικό υπόβαθρο της συνεισφοράς του Μινκόφσκι στη θεωρία της σχετικότητας.

Ο Μινκόφσκι ήταν ο δημιουργός της μαθηματικής θεωρίας του χωροχρόνου με τη βοήθεια της οποίας ο Αϊνστάιν θα κατάφερνε στα επόμενα χρόνια να διατυπώσει τη Γενική θεωρία της σχετικότητας.

Η πρωτοτυπία και η επαναστατικότητα της θεωρίας του Μινκόφσκι διαφαίνεται από τον τρόπο με τον οποίον την παρουσίασε το 1908 στην περίφημη ομιλία του ως καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Γκέτινγκεν: *Στο εξής ο χώρος καθεαυτός και ο χρόνος καθεαυτός είναι καταδικασμένοι να ξεθωριάσουν μετατρεπόμενοι σε απλές σκιές, και μόνο ένα είδος ενότητας των δύο θα διατηρήσει ανεξάρτητη πραγματικότητα* (Γαβρόγλου, 2003. σσ 228)

Γνωρίζουμε ότι ο Αϊνστάιν ως φοιτητής του Μινκόφσκι δεν έδειχνε ενδιαφέρον για τις διαλέξεις του, και αυτό γιατί στην περίοδο των σπουδών του πίστευε ότι οι θεμελιώδεις νόμοι της φυσικής που επεδίωκε να περιγράψει δεν απαιτούσαν ανώτερα μαθηματικά. Αυτό δικαιολογεί την έκπληξη του Μινκόφσκι όταν διαπίστωσε ότι ο δημιουργός της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας ήταν ο "τεμπέλης" όπως τον χαρακτήριζε φοιτητής του. Ωστόσο, ο Αϊνστάιν αναγνώρισε τη μεγάλη συνεισφορά του Μινκόφσκι στην ολοκλήρωση της θεωρίας του. (Isaacson, 2018). Όπως αναφέρει στις αυτοβιογραφικές σημειώσεις του, πριν τη μαθηματική περιγραφή του χώρου της σχετικότητας από τον Μινκόφσκι ήταν απαραίτητη η πραγματοποίηση ενός μετασχηματισμού Λόρεντζ για έναν νόμο, προκειμένου να ελεγχθεί το αναλλοίωτο αυτού του νόμου ως προς έναν τέτοιο μετασχηματισμό. Με τον φορμαλισμό που εισήγαγε ο Μινκόφσκι η ίδια η μαθηματική έκφραση του νόμου ήταν αρκετή για να εξασφαλίσει ότι ήταν αναλλοίωτη ως προς τους μετασχηματισμούς Λόρεντζ. (Einstein, 2006)

Ο Μινκόφσκι θεώρησε ότι η ονομασία "αρχή της σχετικότητας" ήταν ελλιπής και δεν ανταποκρίνονταν σε αυτό που εξέφραζε, δηλαδή στην αρχή του αναλλοίωτου, και την αντικατέστησε με την ονομασία αξίωμα του απόλυτου κόσμου, μια ονομασία που παραπέμπει στη μεταφυσική του Σπινόζα. Η ίδια φιλοσοφία είχε επηρεάσει βαθιά τον Αϊνστάιν μετά την ηλικία των 60 ετών (Feuer, 1971)

Η επαναστατική μαθηματική περιγραφή της θεωρίας της σχετικότητας από τον Μινκόφσκι μας κάνει να αναρωτιόμαστε αν ο ίδιος αποτελούσε και σε τι βαθμό πνευματικό μέλος της αντικουλτούρας του επαναστατικού φοιτητικού Κύκλου της Ζυρίχης.

Ο Χέρμαν Μινκόφσκι (1864-1908) ανήκε στο εβραϊκό γκέτο της Ανατολικής Ευρώπης. Γεννήθηκε στο χωριό Αλεξότας της Λιθουανίας, σύντομα όμως η οικογένειά του μετακόμισε στη Γερμανία για να γλυτώσουν από τις οργανωμένες επιθέσεις κατά των Εβραίων. Ο αντισημιτισμός ήταν φανερός και στη Γερμανία, επηρεάζοντας τελικά τις ζωές όλης της οικογένειας, ιδίως του αδερφού του, που για να ασκήσει την ιατρική αναγκάστηκε να απαρνηθεί τον Ιουδαισμό. Ο Μινκόφσκι έγινε ένας από τους κορυφαίους μαθηματικούς της εποχής του. Σπούδασε στο Πανεπιστήμιο του Κένιγκσμπεργκ και αργότερα δίδαξε στο συγκεκριμένο Πανεπιστήμιο, στη Βόννη, στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης και τέλος στο Γκέτινγκεν όπου το 1909 πέθανε στην ηλικία των 44 ετών. Το γεγονός ότι η δική του επιστημονική πορεία δείχνει απρόσκοπτη οφείλεται σύμφωνα με την σιωνίστρια συγγραφέα Shmarya Levin στο γεγονός ότι ήταν τόσο σημαντικός στην επιστημονική κοινότητα ώστε το πολιτικό και ακαδημαϊκό κατεστημένο να μην εκδηλώσει τον αντισημιτισμό του. (Feuer, 1971)

Ο Μινκόφσκι ανήκε στην πρώτη γενιά των νέων που βγήκαν από το συγκεκριμένο γκέτο. Η δίψα για δικαιοσύνη από την οποία διακατέχονταν τους οδήγησε στη φιλοσοφία του Σπινόζα. Ο ίδιος ως ριζοσπαστικός μαθηματικός και θεωρητικός της φυσικής αναφέρθηκε στην ουσία του κόσμου σε συμφωνία με τη μεταφυσική του Σπινόζα, και περιέγραψε την ιδέα μιας αρμονίας μεταξύ της φυσικής και των μαθηματικών με τρόπο που παραπέμπει στη φιλοσοφία του Φρίντριχ Λάμπνιτς. Ο συνάδελφός του διαπρεπής μαθηματικός Ντέιβιντ Χίλμπερτ αναφέρθηκε μετά το θάνατό του στο ενδιαφέρον του Μινκόφσκι για την πολιτική και το θέατρο και κυρίως στην υπέρμετρη αισιοδοξία του ότι το καλό και το σωστό πάντα θριαμβεύουν. (Feuer, 1971)

Τα παραπάνω στοιχεία σύμφωνα με τον Feuer (1971) δείχνουν ότι ο Μινκόφσκι δεν αποτελούσε μέλος του επιστημονικού και κοινωνικού κατεστημένου της εποχής του, ωστόσο διακατέχονταν σε σημαντικό βαθμό από τα ίδια συναισθήματα με αυτά των επαναστατών φοιτητών της Ζυρίχης τα οποία στην περίπτωση του εκφράστηκαν με μια τολμηρή μαθηματική περιγραφή του κόσμου.

Συμπεράσματα

Ο χώρος και ο χρόνος αποτελούν δύο θεμελιώδεις έννοιες στην επιστήμη αλλά και στη φιλοσοφία. Αποτελούν το σκηνικό στο οποίο ταξινομούνται τα γεγονότα και παρακολουθείται η εξέλιξή τους. Ο κοινός ανθρώπινος νους κατανοεί το χώρο και το χρόνο διαισθητικά, καθώς συνδέονται με την έννοια του αισθητηριακά αντιληπτού φυσικού κόσμου και του ευκλείδειου τρόπου περιγραφής του. Αυτόν τον τρισδιάστατο φυσικό κόσμο περιέγραφε για πολλούς αιώνες η νευτώνεια μηχανική και φιλοσοφία μέσω μιας μηχανιστικής θεώρησης του κόσμου.

Το νευτώνειο πλαίσιο ερμηνείας της φύσης βασίστηκε στον απόλυτο χαρακτήρα του χώρου και του χρόνου, ως έννοιες ανεξάρτητες από την παρουσία της ύλης και την κίνησή της. Ο Νεύτωνας προσέδωσε θεολογικό υπόβαθρο στις έννοιες αυτές και ισχυρίστηκε ότι η εφαρμογή των νόμων του προϋπέθετε τον απόλυτο χαρακτήρα τους. Στο πλαίσιο αυτό αναφέρονταν η έννοια της απόλυτης κίνησης και αποκτούσε νόημα η αρχή της αδράνειας.

Οι αντοχές και τα όρια της νευτώνειας κοσμοαντίληψης δοκιμάστηκαν με την κριτική του Μαχ στη νευτώνεια μηχανική και φιλοσοφία και με τις αντιφάσεις μεταξύ μηχανιστικής σκέψης και ηλεκτροδυναμικής του Μάξγουελ. Η νέα πεδιακή θεωρία ήρθε σε σύγκρουση με βασικές αρχές της νευτώνειας φυσικής, δεν αμφισβήτησε όμως τον απόλυτο χαρακτήρα του χώρου και του χρόνου. Επινόησε τον αιθέρα ως το απόλυτο πλαίσιο αναφοράς ως προς το οποίο ισχύουν οι νόμοι της ηλεκτροδυναμικής και οι εξισώσεις του Μάξγουελ. Το μηδενικό αποτέλεσμα του "κρίσιμου" πειράματος των Μάικελσον-Μόρλεϊ απέκλεισε κάθε δυνατότητα πειραματικής διαπίστωσης της κίνησης της Γης μέσω του αιθέρα, άρα και της ύπαρξης του απόλυτου χώρου.

Η κρίση στη φυσική ήταν πλέον φανερή. Κορυφαίοι φυσικοί επιστήμονες, κυρίως ο Λόρεντζ και ο Πουανκαρέ, πλησίασαν στη λύση της, ωστόσο παρέμειναν δέσμιοι της νευτώνειας κοσμοαντίληψης και δεν κατανόησαν τη φυσική σημασία των θεωριών τους. Η στάση τους ήταν ενδεικτική της άρνησης κορυφαίων φυσικών της εποχής τους να αμφισβητήσουν βαθύτερες, θεμελιακές έννοιες που είχαν επικρατήσει και παγιωθεί στη σκέψη των ανθρώπων.

Η λύση στα αδιέξοδα της φυσικής είχε φιλοσοφικό χαρακτήρα και δόθηκε το 1905 από τον νεαρό τότε Αϊνστάιν. Ο Αϊνστάιν με μια ανατρεπτική, διορατική ματιά έξω από τα όρια που επέβαλε ο μηχανιστικός τρόπος σκέψης μπόρεσε να αντιληφθεί αυτό που φανέρωναν τα νέα δεδομένα στη φυσική, δηλαδή τη σχετικότητα του ταυτοχρονισμού και τη σχέση μεταξύ του χώρου και του χρόνου. Το τίμημα ήταν μεγάλο. Έπρεπε να αλλάξει ένα δίκτυο εννοιών που συνέδεε έννοιες όπως ο χώρος, ο χρόνος, η μάζα, η ύλη, η δύναμη, η ενέργεια κ.τ.λ. και να το ορίσει εκ νέου στη φυσική. Το αποτέλεσμα ήταν η επαναστατική θεωρία της σχετικότητας, η οποία σηματοδότησε μια επανάσταση στις αντιλήψεις μας για την εικόνα του κόσμου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιέγραψε τη μετάβαση από το μηχανιστικό σύμπαν στον κόσμο της σχετικότητας και επικεντρώθηκε τόσο στη σύλληψη της ιδέας της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν όσο και στην ανθρώπινη πλευρά του. Στόχος της αποτέλεσε η ανάδειξη των κοινωνικών και ιδεολογικών επιρροών που συνέβαλαν αιτιωδώς στη σύλληψη της επαναστατικής ιδέας της σχετικότητας.

Η πνευματική πορεία του Αϊνστάιν αποτυπώνει τον διαρκή αγώνα του ανήσυχου ανθρώπινου πνεύματος στην προσπάθειά του να οδηγηθεί σε μια βαθύτερη κατανόηση των νόμων που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα. Η πορεία αυτή δεν αποτελεί μόνο μια γνωστική περιπέτεια. Υπάρχει ένα δίκτυο αλληλεπιδράσεων μεταξύ της επιστήμης, της φιλοσοφίας και της κοινωνίας το οποίο καθορίζει την επιστημονική στάση του ερευνητή και επιτρέπει την εξέλιξη της επιστήμης. Υπάρχει και ο ίδιος ο ερευνητής ως φορέας διαφορετικών ιδεών και κοινωνικών πρακτικών.

Ο ιδιαίτερος τρόπος σκέψης του Αϊνστάιν γίνεται φανερός από την παιδική του ηλικία. Σε όλη του τη ζωή δεν έπαψε ποτέ να στέκεται σαν περίεργο παιδί μπροστά στο μεγάλο μυστήριο μέσα στο οποίο γεννήθηκε και να εντυπωσιάζεται από τη μαγεία και την αρμονία των φυσικών φαινομένων.

Το αυστηρό γερμανικό κλίμα που επικρατούσε κατά την περίοδο των παιδικών και νεανικών του χρόνων τον έκαναν να απεχθάνεται οτιδήποτε σχετίζεται με την στρατιωτική πειθαρχία, με τον σχολικό καταναγκασμό και τη μηχανική μάθηση και γενικά με κάθε κοινωνικό θεσμό ή σύμβαση που κατέπνιγε την ελεύθερη σκέψη. Η πρώιμη θρησκευτική περίοδος της ζωής του έληξε μέσα από την επαφή του με την επιστήμη. Απόρροια αυτών αποφάσισε να

αποποιηθεί τη γερμανική υπηκοότητα και τον Ιουδαϊσμό αδιαφορώντας για τις όποιες συνέπειες. Η δυσπιστία του απέναντι σε κάθε μορφή εξουσίας και αυθεντίας και η προθυμία του να απορρίπτει δογματικά άκαμπτες πεποιθήσεις και συμβατικούς κανόνες τον ακολούθησε σε όλη του τη ζωή επηρεάζοντας την πολιτική του στάση και την επιστημονική του δραστηριότητα.

Οι προσδοκίες του σχετικά με το πρόγραμμα σπουδών αλλά και το κλίμα που θα επικρατούσε στο Πολυτεχνείο δεν εκπληρώθηκαν. Το ενδιαφέρον του για τη σχολή χάθηκε όταν διαπίστωσε ότι οι σπουδές στη φυσική ήταν αναχρονιστικές και περιορισμένες στις αντιλήψεις που είχαν εδραιωθεί μέσα από τις τεχνικές εφαρμογές. Λόγω του χαρακτήρα του εξέφρασε με έκδηλο τρόπο τη δυσαρέσκειά του και αυτό πυροδότησε μια σχεδόν εχθρική κατάσταση με τον υπεύθυνο του τμήματος, η οποία επηρέασε αρνητικά στην πορεία των σπουδών του και στην μετέπειτα επαγγελματική του πορεία.

Λόγω των προαναφερθέντων, κατέφυγε στην αυτομελέτη κυρίως της θεωρητικής φυσικής. Είχε εμπεδώσει τόσο τη μηχανιστική άποψη και την εφαρμογή της στην ατομική θεωρία, όσο και την πεδιακή θεωρία του Μάξγουελ, ιδίως με τον τρόπο που την προσέγγισε ο Λόρεντζ. Αυτό που τον εντυπωσίαζε στην κινητική θεωρία των αερίων ήταν οι ενοποιητικές έννοιες που πήγαζαν από αυτήν και επέτρεπαν την ενότητα στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Ο γενικότερος προβληματισμός που τον οδήγησε στη διατύπωση της θεωρίας του δεν ήταν αποκομμένος από τους προβληματισμούς άλλων φυσικών. Η κριτική του Μαχ στην έννοια του απόλυτου χώρου και στο νόμο της αδράνειας, ο σκεπτικισμός του Χιουμ απέναντι σε κάθε μη αντιληπτή με τις αισθήσεις γνώση καθώς και οι επισημάνσεις του Πουανκαρέ για τη σχετικότητα της έννοιας του ταυτοχρονισμού, παρείχαν μια φιλοσοφική βάση για τη σύλληψη της ιδέας της σχετικότητας. Το κίνητρο του Αϊνστάιν ήταν να θεμελιώσει τη φυσική σε νέες βάσεις και ανακάλυψε τις δύο αρχές που θα αποτελούσαν τα θεμέλια της θεωρίας του. Από αυτές εξήγαγε τις εξισώσεις μετασχηματισμών που είχε ήδη δημοσιεύσει ο Λόρεντζ, χωρίς όμως να γνωρίζει την ύπαρξή τους. Το μεγαλείο της σκέψης του τον οδήγησε δέκα χρόνια αργότερα στη γενικευμένη αρχή της σχετικότητας, με την οποία ανέτρεψε ριζικά τις νευτώνειες αντιλήψεις για τη φύση της βαρυτικής δύναμης και την εικόνα του σύμπαντος.

Ένα από τα γοητευτικότερα στοιχεία της θεωρίας του Αϊνστάιν είναι ο συνδυασμός της φιλοσοφίας και της επιστήμης. Η απόρριψη του απόλυτου πλαισίου του χώρου και του χρόνου αποτέλεσε τομή στην ιστορία της επιστημονικής σκέψης και της φιλοσοφίας και προϋπέθετε απίστευτη τόλμη, καθώς ανέτρεπε τα εννοιολογικά θεμέλια της κυρίαρχης επί δύο αιώνες νευτώνειας φυσικής. Η διαπίστωση αυτή έκανε φανερή την ανάγκη αναζήτησης των κοινωνικών ριζών της σχετικότητας.

Από την ανάλυση του κοινωνικού πλαισίου διαπιστώθηκε ότι οι κοινωνικές ρίζες της σχετικότητας σχετίζονται με το επαναστατικό φοιτητικό κλίμα που επικρατούσε στην πόλη της Ζυρίχης και συγκεκριμένα απαντώνται στη σχέση του Αϊνστάιν με τον Φρήντιχ Άντλερ και την Ολύμπια Ακαδημία. Η σχέση αυτή ήταν βαθιά ριζωμένη στο κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο της εποχής, το οποίο χαρακτηριζόταν από διανοητική εξέγερση κατά των καθιερωμένων κανόνων και συμβάσεων.

Οι επαναστατικές σοσιαλιστικές αντιλήψεις του Κύκλου εκφράστηκαν με μια σχετικιστική θεώρηση των κοινωνικών και οικονομικών θεσμών και οδήγησαν τον Αϊνστάιν σε μια ανάλογη θεώρηση των φυσικών φαινομένων μέσα από την οποία αμφισβήτησε την έννοια του ταυτοχρονισμού. Αυτό ήταν το πρώτο βήμα στη διαδικασία αναθεώρησης των εννοιών του χώρου και του χρόνου και οδήγησε σταθερά στη διατύπωση της θεωρίας του.

Το κοινωνικό-ιδεολογικό υπόβαθρο της έννοιας *σχετικότητα* αποκαλύπτεται από την αντίφαση μεταξύ της ονομασίας *θεωρία της σχετικότητας* και του περιεχομένου της θεωρίας. Αυτό δείχνει ότι ο εντυπωσιακός χαρακτήρας των σχετικιστικών συνεπειών της θεωρίας είχε μεγαλύτερη ιδεολογική βαρύτητα από το καθεστώς του αναλλοίωτου της μορφής των φυσικών νόμων. Έτσι η λέξη *σχετικότητα* έγινε το σύμβολο της επανάστασης ενάντια σε κάθε απολυτότητα.

Την ειδική θεωρία της σχετικότητας ολοκλήρωσε ο Μινκόφσκι, διατυπώνοντας τη μαθηματική περιγραφή της. Η σύλληψη του Μινκόφσκι ήταν μεγαλοφυής και συνέβαλε σε μια ολιστική επαναστατική προσέγγιση της φυσικής. Μία σύντομη αναφορά στη ζωή του έδειξε ότι παρόλο που δεν ανήκε στην επαναστατική φοιτητική κοινότητα της Ζυρίχης ήταν σε μεγάλο βαθμό πνευματικό μέλος της και εξέφρασε τα επαναστατικά του συναισθήματα με την τολμηρή μαθηματική περιγραφή της σχετικότητας.

Συμπερασματικά, η σύλληψη της ιδέας της σχετικότητας και η διαμόρφωση της θεωρίας δεν έγινε στα πλαίσια μόνο της επιστήμης, διότι αντιπροσώπευε μια αλλαγή στην κατανόηση του σύμπαντος, αμφισβητούσε τις καθιερωμένες φιλοσοφίες και αντανakλούσε τις κοινωνικές και γενεαλογικές συγκρούσεις της εποχής. Ήταν προϊόν μιας αντικουλτούρας που επιδίωκε να αμφισβητήσει το status quo, και η υποδοχή και η κατανόησή της επηρεάστηκαν βαθιά από την ψυχολογική κατάσταση των επιστημόνων της εποχής.

Προτάσεις

Στη διαμόρφωση της θεωρίας της σχετικότητας γίνεται φανερή η αναπόδραστη σχέση μαθηματικών και φυσικής, αν και δεν αναλύθηκε στα πλαίσια της εργασίας. Η διαμόρφωση της ειδικής θεωρίας βασίστηκε σε δύο αξιωματικές αρχές και βασικές μαθηματικές γνώσεις. Στην περίπτωση της γενικής θεωρίας απαιτούνταν η μαθηματική θεωρία του χωροχρόνου από τον Μινκόφσκι, ο καμπύλος ρημάνειος χώρος καθώς και ανώτερα μαθηματικά. Εύκολα διαπιστώνεται ότι τα μαθηματικά και η φυσική δεν συμβαδίζουν πάντα. Η σύλληψη μιας ιδέας στη φυσική δεν εγγυάται την εξέλιξή της, κάτι που συνέβη στη σύλληψη της έννοιας του πεδίου από τον Φαραντέι. Η μαθηματική περιγραφή και εξέλιξη της ιδέας του απαιτούσε ιδιαίτερες μαθηματικές ικανότητες και έγινε από τον Μάξγουελ. Παρατηρείται και το αντίστροφο. Ο ρημάνειος χώρος για πέντε χρόνια αποτελούσε μια απλή μαθηματική κατασκευή και απέκτησε φυσικό νόημα από τη στιγμή που αποτέλεσε το πλαίσιο για την περιγραφή της γενικής θεωρίας της σχετικότητας. Παρόμοια οι μετασχηματισμοί του Λόρεντζ στους οποίους ο ίδιος οδηγήθηκε με μαθηματικό τρόπο απέκτησαν φυσικό νόημα μέσα από την ειδική θεωρία. Θέμα μελλοντικής έρευνας προτείνεται η βαθύτερη ποιοτική σχέση μαθηματικών και φυσικής.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Bernstein, J. (1995). *Αϊνστάιν*. (μτφ. Μ. Παναγιωτάκης), Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Bodanis, D. (2003). *$E = mc^2$ Η βιογραφία της πιο διάσημης εξίσωσης στον κόσμο*, (μτφ. Α. Αλαβάνου), Αθήνα: Εκδόσεις Λιβάνη.

Chalmers, A.F. (2021). *Τι είναι αυτό που το λέμε Επιστήμη*, (μτφ. Γ. Φουρτούνης), Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Einstein, A. Infelt, L. (1978). *Η εξέλιξη των ιδεών στη φυσική*.(μτφ. Μπιτσάκης Ε.), Αθήνα: Εκδόσεις Δωδώνη

Einstein, A. (2000). *Για την Ηλεκτροδυναμική των Κινομένων Σωμάτων*. Στο J. Stachel (Επιμ), 1905: *Annus Mirabilis* (σσ.115-146),(μτφ. Ν.Ταμπάκης), Αθήνα: Εκδόσεις Γκοβόστη

Einstein, A. (2000). *Εξαρτάται η αδράνεια ενός σώματος από την ενέργειά του;* Στο J. Stachel (Επιμ), 1905: *Annus Mirabilis* (σσ.149-152),(μτφ. Ν.Ταμπάκης), Αθήνα: Εκδόσεις Γκοβόστη

Einstein, A., (2006). *Αυτοβιογραφικές Σημειώσεις*. Στο Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, Κ. *Ο Αϊνστάιν και η Σχετικότητα: Ιστορικές μελέτες*. (σσ. 1-50). (μτφ. Δ.Τσαβάλου-Bill), Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Holton, G. (2006). *Ο Αϊνστάιν, ο Michelson και το "κρίσιμο" πείραμα*. Στο Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, Κ. *Ο Αϊνστάιν και η Σχετικότητα: Ιστορικές μελέτες*. (σσ. 51-166) (μτφ. Χ. Καραμπατσός), Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Isaacson, W. (2018). *Albert Einstein – Η βιογραφία μιας ιδιοφυΐας* (μτφ Γ. Μπαρουζής), Αθήνα: Εκδόσεις Ψυχογιός.

Κοϋρε, Α. (1989) *Από τον Κλειστό Κόσμο στο Άπειρο Σύμπαν* (μετ. Π. Λάμψα). Αθήνα: Ευρύαλος (έτος έκδοσης πρωτότυπου 1957)

Miller, A. (2002). *Αϊνστάιν Πικάσο* (μτφ. Σ. Πιέρρης). Αθήνα: Εκδόσεις Π. Τραυλός.

Powers, J. (2016). *Φιλοσοφία και Νέα Φυσική*, (μτφ Τ. Κυπριανίδης -Τ. Τσιαντούλης), Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Stachel, J. (2000). *Εισαγωγή*. Στο J. Stachel (Επιμ), 1905: *Annus Mirabilis* (σσ.18-35),(μτφ. Ν.Ταμπάκης), Αθήνα: Εκδόσεις Γκοβόστη

Westfall, R. (2006). *Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης*, 5η έκδοση, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Αναπολιτάνος, Δ. & Αραμπατζής, Α. & Καρακώστας, Β. & Κιντή, Β. (2003). *Φιλοσοφία της Επιστήμης*, Πάτρα: ΕΑΠ

Αραμπατζής, Θ. & Γαβρόγλου, Κ. (2006). *Ο Αϊνστάιν και η Σχετικότητα: Ιστορικές μελέτες*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Γαβρόγλου, Κ.(2003). *Η Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας*, Πάτρα: ΕΑΠ

Γαβρόγλου, Κ.(2004) *Το Παρελθόν των Επιστημών ως Ιστορία*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Γραμματικάκη, Γ. (2005). *Η αυτοβιογραφία του φωτός*, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Θεοδοσίου, Σ. (2008). *Η Φιλοσοφία της Φυσικής: Από τον Καρτέσιο στη Θεωρία των Πάντων*. Αθήνα: Εκδόσεις Δίαυλος.

Μπιτσάκης, Ε.(2008). *Η Εξέλιξη των Θεωριών της Φυσικής*, Αθήνα: Εκδόσεις Δαίδαλος.

Ρουσόπουλος, Γ. (2010). *Ο Κύκλος της Βιέννης: Η Επιστημονική Κοσμοαντίληψη*, Αθήνα: Εκδόσεις Οκτώ

Σκορδούλης, Κ. (2015). *Επιστημονική γνώση*, Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.

Τριανταφυλλόπουλος, Η. (1999). *Η Ιστορία της Φυσικής από τον Αριστοτέλη έως το Γαλιλαίο*, Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Φρανκ, Φ.(1978). *Αϊνστάιν: Η Ζωή του και η Εποχή του*. (μτφ. Δ. Χόνδρου). Αθήνα: Εκδόσεις Λαδιά

Ελληνόγλωσση αρθρογραφία

Bunge, M. (1976) *Η φύση της επιστήμης*. (μτφ. Χ. Ζερμπίνη), Φιλοσοφία της Επιστήμης. Τόμος 5, αριθμός 16, 351-363.

Einstein, A. (2005). Γιατί Σοσιαλισμός. Οντοπία, τεύχος 11, 18-24

Langevin, P. (1977). *Η Σχετικότητα*. (μτφ. Ε. Μπιτσάκης), ψηφιακό αρχείο Δευκαλίων, τεύχος 20, 395-404. Ανακτήθηκε 15 Ιουλίου, 2023, από <https://pasithee.library.upatras.gr/deukalionas/article/view/1400/1276>

Merleau-Ponty, J. (1995). Η εγκόσμια θρησκεία. Ουτοπία, τεύχος 16, 109-114

Reichenbach, H. (1977). *Η φιλοσοφική σημασία της Θεωρίας της Σχετικότητας* (ψηφιακό αρχείο του περιοδικού Δευκαλίων)(μτφ. Χ. Χριστοδουλίδης) Δευκαλίων. Τόμος 6, τεύχος 20, 375-394

Αρβανιτίδης, Π. & Παπαδόπουλος, Ν. Π.(2018). *Η θεωρία της αργόσχολης τάξης στην Ομηρική εποχή* . Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών. Τόμος ΙΗ, τεύχος 69.

Δανέζης, Μ. (2017). *Σημειώσεις πάνω στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας*, <https://manosdanezis.gr/wp-content/uploads/2017/08/14.pdf>

Καρακώστας, Β. (2006). *Από τον Χώρο και Χρόνο στον Χωρόχρονο: Φιλοσοφικές Συνέπειες της Θεωρίας της Σχετικότητας*. Ουτοπία, τεύχος 70, 159-172

Κιντή, Β. *Η μελέτη της επιστήμης μετά την ιστορική στροφή*. Φιλοσοφία της Επιστήμης. Ανακτήθηκε 10 Αυγούστου, 2023, από <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PHS186/%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CF%84%CE%AE-%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%AC%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AE.pdf>

Μπιτσάκης, Ε. (1993). *Άλμπερτ Αϊνστάιν: Από το μηχανιστικό στο διαλεκτικό κοσμοείδωλο*. Ουτοπία, τεύχος 5, 128-134

Παναγιωτόπουλος, Π. (2010) *Φυσικές επιστήμες και θεολογία: Τομές και ασυμβατότητες* (Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή Αριστοτέλειο). Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Παπαδόπουλος, Κ. (2000). *Η φιλοσοφική πορεία του Άλμπερτ Αϊνστάιν από τον εμπειριοκριτικισμό στον ορθολογικό ρεαλισμό*. Ουτοπία , τεύχος 40, 23-46

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία και αρθρογραφία

Bacon, F. (1620). *Novum Organum*. <https://oll.libertyfund.org/title/bacon-novum-organum>

Cushing, J. (1998). *Philosophical Concepts in Physics*, Cambridge:Cambridge University Press

Einstein, A. (2001). *Relativity:The Special and the General Theory* (translation by W. Lawson), New York: Dover Publications Inc

Eisenstaedt, J. (2006). *The Curious History of Relativity*(translated A. Sangalli), Princeton: Princeton University Press

Feynman, R. & Leighton, R. & Matthew, S. (2010). *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. I, The New Millennium Edition, New York: Basic Books

Feuer, L.S.(1971) *The Social Roots of Einstein's Theory of Relativity* B.Se.I & II

Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.

Losee, J. (2001). *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*, 5th ed. Oxford: Oxford University Press

Lyth, D. (2019). *The Road to Einstein's Relativity Following in the Footsteps of the Giants*, CRC Press

Newton's Scholium on Time, Space, Place and Motion (Scholium to the Definitions in *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Bk. 1 (1689); trans. Andrew Motte (1729), rev. Florian Cajori, Berkeley: University of California Press, 1934. pp. 6-12). Ανακτήθηκε 3 Αυγούστου, 2023, από <https://plato.stanford.edu/entries/newton-stm/scholium.html>

Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press. Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου, 2023, από https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5110/snow_1959.pdf