



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: «ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

Διπλωματική Εργασία
«Η Φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική
μηχανική και η επιρροή της στην Ανάπτυξη της Θεωρίας
της Σχετικότητας από τον Einstein»

Επιβλέπων Καθηγητής:
ΣΚΟΡΔΟΥΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΝΥΦΑΝΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Πάτρα, Μάιος 2023

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

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.

Επιτροπή Κρίσης

Σκορδούλης Κων.νος

Κατσιαμπούρα Ιωάννα

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην
ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Περίληψη

Η κλασσική φυσική, η οποία περιλάμβανε τη μηχανική, τη θεωρία της βαρύτητας και την έννοια του απόλυτου χώρου του Νεύτωνα, κυριαρχούσε χωρίς αμφισβήτηση και κριτική μέχρι το 1883. Τότε ο Ernst Mach με το έργο του Science of Mechanics (1883) άσκησε μια διαρκής και ουσιαστική κριτική στον απόλυτο χώρο και στους νόμους του Νεύτωνα.

Ο Einstein είναι αναμφίβολα ένας από τους πιο γνωστούς φυσικούς, λόγω των θεωριών της ειδικής και της γενικής σχετικότητας που ανέπτυξε. Όταν ήταν ακόμη φοιτητής, γνώρισε το έργο του Mach, ο οποίος είχε πολύ μεγάλη επιρροή και οι ιδέες του ήταν διαδεδομένες στον πνευματικό κόσμο εκείνης της εποχής. Συνεπώς, είναι φυσικό και ο Einstein να έχει επηρεαστεί σε κάποιο βαθμό από την επιβλητική προσωπικότητα και τις ιδέες του.

Αυτή η εργασία έχει στόχο να διερευνήσει τη κριτική του Mach στο έργο του Newton και στους νόμους της κλασσικής μηχανικής και τον τρόπο που αυτή η κριτική επηρέασε τον Einstein και τον ώθησε στην ανάπτυξη της θεωρίας της σχετικότητας. Γίνεται αναφορά στις απόψεις των Elie Zaxar, John Norton και Gerald Holton και καταλήγει σε συμπεράσματα για την επιρροή του Mach στον Einstein.

Λέξεις -Κλειδιά

Mach, Einstein, Θεωρία της Σχετικότητας,

Title: Mach's philosophical critique of classical physics and its influence on Einstein's development of Relativity

Abstract

Classical physics, which included mechanics, the theory of gravitation and Newton's concept about the absolute space, dominated without questions or criticism until 1883. Then Ernst Mach, in his work “Science of Mechanics” (1883), exerted a lasting and substantial critique of Newton's ideas of absolute space and time.

Einstein is undoubtedly one of the most famous physicists because of the development of theories of special and general relativity. While he was still a student, he became acknowledge with the work of Mach. He made major contribution to physics and his ideas were widespread and known in the intellectual. Therefore, it was natural that Einstein was also influenced somehow by his imposing personality and ideas.

This paper aims to explore Mach's criticism of Newton's ideas and laws of classical mechanics and how this criticism influenced Einstein and prompted him to develop the theory of relativity. It refers the views of Elie Zaxar, John Norton, and Gerald Holton, and conclusions are drawn about Mach's influence on Einstein.

Key-Words

Mach, Einstein, Theory of relativity

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	2
Λέξεις -Κλειδιά	4
Title:.....	5
Abstract	5
Key-Words	5
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	8
1.1. Ιστορική αναδρομή.....	9
Κεφάλαιο 2 - Ernst Mach.....	15
2.1. Ο Mach και η φυσική επιστήμη	17
2.2. Η κριτική στην κλασική μηχανική	18
2.3. Χώρος	19
2.4. Μέτρηση	20
2.5. Ο Mach και θεωρία των ατόμων	20
2.6. Η αρχή του Mach.....	23
2.7. Ο Mach, η ψυχολογία και οι κοινωνικές επιστήμες	23
2.8. Οι Ζώνες του Mach	25
2.9. Ο Mach και η φιλοσοφία των επιστημών	26
Κεφάλαιο 3 - Albert Einstein.....	30
3.1. Σχέσεις που καθορίζουν την κίνηση.....	31
3.2. Τα αξιώματα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας.....	33
3.3. Από την Ειδική Σχετικότητα στη Γενική Σχετικότητα.....	35
3.4. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας και Σχετικότητα της Κίνησης.....	37
Κεφάλαιο 4 - Απόψεις για την επιρροή του Mach στις θεωρίες του Einstein.....	40
4.1. Η άποψη του Elie Zaxar.....	40
4.2. Η άποψη του John Norton.....	44
4.3. Η άποψη του Gerald Holton.....	48

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην
ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

4.3.1. Η πρώτη αποδοχή από τον Einstein των κύριων χαρακτηριστικών του δόγματος του Mach.....	49
4.3.2. Η αλληλογραφία Einstein-Mach	51
4.3.3. Η απόκλιση	53
4.3.4. Η περαιτέρω ανάπτυξη του ίδιου του Einstein	55
Κεφάλαιο 5 – Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα.....	63
5.1. Ανακεφαλαίωση	63
5.2. Συμπέρασμα	65
Βιβλιογραφία.....	69

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Οι κλασικές θεωρίες προσπάθησαν να δώσουν απάντηση σε ερωτήματα σχετικά με τη φύση της κίνησης, εάν υπάρχει διάκριση ανάμεσα στην «απόλυτη» και στη «σχετική» κίνηση και σχετικά με το απόλυτο και σχεσιακό χώρο και χρόνο. Μεταξύ της εποχής του Νεύτωνα και του 20ου αιώνα, η μηχανική και η θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα βασιλεύαν ουσιαστικά χωρίς καμία αμφισβήτηση, και με αυτή τη μακρά περίοδο κυριαρχίας, ο απόλυτος χώρος του Νεύτωνα έγινε ευρέως αποδεκτός, καθώς κανένας φυσικός φιλόσοφος ή φυσικός δεν προσέφερε μια σοβαρή πρόκληση στον απόλυτο χώρο του Νεύτωνα. Εκτός από τη δράση σε απόσταση στη νευτώνεια βαρύτητα, έτσι και ο απόλυτος χώρος προκαλούσε φιλοσοφική ανησυχία. Αναζητώντας μια αντικατάσταση για τον μη παρατηρήσιμο χώρο του Νεύτωνα, ο Neumann (1870) και ο Lange (1885) ανέπτυξαν πιο συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς στο οποίο ισχύουν οι νόμοι του Νεύτωνα. Σε αυτά και σε μερικά άλλα έργα, η έννοια του συνόλου των αδρανειακών πλαισίων (αυτών στα οποία τα υλικά σώματα υπακούουν στους τρεις νόμους κίνησης του Νεύτωνα) εκφράστηκε για πρώτη φορά με σαφήνεια, χωρίς να ασκήσει κριτική στις παρατηρήσεις και στις διαδικασίες που περιέχονται στο Newton's Principia. Η πιο διαρκής και περιεκτική επίθεση στον απόλυτο χώρο έγινε από τον Ernst Mach στο έργο του Science of Mechanics (1883).

Σε μια επιστολή για το Scholium του Νεύτωνα για τον απόλυτο χώρο, ο Mach τον κατηγορεί ότι παραβιάζει τις δικές του μεθοδολογικές αρχές προχωρώντας πολύ πέρα από αυτό που μας διδάσκουν τα παρατηρητικά γεγονότα σχετικά με την κίνηση και την επιτάχυνση. Ο Mach αντέκρουσε τους στόχους του Νεύτωνα και εγκαινίασε μια ανάγνωση του επιχειρήματος της περιστροφής του κάδου του Νεύτωνα (και κατ' επέκταση του επιχειρήματος για τις σφαίρες) που έχει παραμείνει σε μεγάλο βαθμό στη βιβλιογραφία έκτοτε. Ο Mach θεώρησε το επιχειρήμα ότι στρέφεται ενάντια σε μια «αυστηρή» ή «γενικής σχετικότητας» μορφή σχετισμού και ως μια προσπάθεια καθιέρωσης την ύπαρξη του απόλυτου χώρου. Ο αυστηρός σχετισμός αρνείται ότι υπάρχει κάτι τέτοιο ως απόλυτη κίνηση, όλη η κίνηση είναι απλώς σχετική, δηλαδή δεν είναι τίποτα άλλο από αλλαγές τοποθεσίας σε σχέση με κάποιο αυθαίρετα επιλεγμένο πλαίσιο αναφοράς. Ο Mach επισημαίνει το προφανές κενό στο επιχειρήμα όταν είναι έτσι ερμηνευμένο ότι το πείραμα αποδεικνύει μόνο ότι η επιτάχυνση (περιστροφή) του νερού σε σχέση με τη Γη, ή το πλαίσιο των σταθερών αστεριών, παράγει την τάση να υποχωρεί από το κέντρο. Δεν αποδεικνύει ότι

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

μια αυστηρή σχεσιακή θεωρία δεν μπορεί να εξηγήσει τα φαινόμενα του περιστρεφόμενου κάδου, πόσο μάλλον την ύπαρξη του απόλυτου χώρου.

Ο πραγματικός στόχος του Νεύτωνα ήταν απλώς να δείξει ότι τα δύο είδη κίνησης του Ντεκάρτ δεν επαρκούν για να εξηγήσουν τα περιστροφικά φαινόμενα. Το επιχείρημα της περιστροφής του κάδου του Νεύτωνα έδειξε ότι τα αποτελέσματα της περιστροφικής κίνησης δεν μπορούσαν να ληφθούν υπόψη μέσω της κίνησης του νερού σε σχέση με το άμεσο περιβάλλον του, τα τοιχώματα του κάδου. Το πείραμα σκέψης του Νεύτωνα με δύο σφαίρες συνδεδεμένες με ένα καλώδιο είχε σκοπό να δείξει ότι μπορεί κανείς να προσδιορίσει εάν περιστρέφονται γύρω από το κοινό τους κέντρο και προς ποια κατεύθυνση, χωρίς να χρειάζεται καμία αναφορά σε οτιδήποτε εξωτερικό. Πιέζοντας τις αντίθετες όψεις των δύο σφαιρών και ελέγχοντας για αύξηση ή μείωση της τάσης στο καλώδιο, μπορεί κανείς να προσδιορίσει με ποια έννοια περιστρέφονται οι σφαίρες ή αν περιστρέφονται καθόλου.

Αν και ο Mach δεν αναφέρει συγκεκριμένα το πείραμα σκέψης των σφαιρών, είναι εύκολο να διαπιστώσουμε την αμφισβήτηση στην αρχική υπόθεση του Νεύτωνα ότι το καλώδιο που συνδέει τις δύο σφαίρες σε ένα κατά τα άλλα άδειο σύμπαν μπορεί να είναι υπό τάση, και μάλιστα κάτω από ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών ποσοτήτων τάσης. Έτσι, για τον Mach, ούτε ο κάδος ούτε οι σφαίρες μπορούν να αποδείξουν την ύπαρξη του απόλυτου χώρου.

1.1. Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία της φυσικής ξεκινάει από τους πρώτους φυσικούς φιλόσοφους, οι οποίοι ασχολήθηκαν με τη σύσταση της ύλης και την αστρονομία. Από αυτούς το 625 π.Χ. ξεχώρισαν ο Θαλής, ο οποίος πίστευε ότι τα πάντα είναι από ύδωρ, και ο Αναξίμανδρος, ο οποίος υποστήριζε ότι η αρχή των πάντων είναι το άπειρο που είναι ύλη χωρίς περιορισμούς σε χώρο και χρόνο. Το 500 π.Χ. ο Ηράκλειτος αναφέρει ότι ο κόσμος έχει προαιώνια ύπαρξη, δηλαδή δε γεννήθηκε, αλλά ως ζωντανή φωτιά μετασχηματίζεται σε γη και θάλασσα και βρίσκεται σε αέναη κίνηση. Τον 5^ο αιώνα, ο Λεύκιππος και ο μαθητής του Δημόκριτος ήταν οι εισηγητές της ατομικής θεωρίας, ισχυρίστηκαν ότι τα πάντα αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια, τα οποία είναι αδιαίρετα και άφθαρτα, τα «άτομα».

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Στην ανάπτυξη της αστρονομίας, ο Αρίσταρχος, πρώτος μετά τους Πυθαγόρειους, ισχυρίστηκε το ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος. Ακολούθησε ο Ερατοσθένης, ο οποίος είχε μεγάλη συνεισφορά, το 225 π.Χ. εφηύρε τον σφαιρικό αστρολάβο και θεωρείται ο πρώτος άνθρωπος που υπολόγισε το μέγεθος της Γης και κατασκεύασε σύστημα συντεταγμένων με παράλληλους και μεσημβρινούς. Τον 2^ο μ.Χ. αιώνα ο Κλαύδιος Πτολεμαίος, ο οποίος θεωρούσε τη Γη σφαιρική κι ακίνητη την τοποθέτησε στο κέντρο του γεωκεντρικού μοντέλου των έκκεντρων κύκλων, προκειμένου να εξηγήσει την κίνηση των άλλων πλανητών γύρω από αυτή.

Στην ανάπτυξη της μηχανικής και της υδροστατικής μεγάλη συμβολή είχε ο Αρχιμήδης. Είναι γνωστός για την αρχή του μοχλού και το σχεδιασμό καινοτόμων μηχανών για εκείνη την εποχή, όπως είναι η πολιορκητική μηχανή και η αντλία με κοχλία. Ο Αριστοτέλης έγραψε την πραγματεία «Φυσικά», η οποία περιλαμβάνει οκτώ βιβλία και αποτελεί ένα θεμελιώδες έργο της επιστήμης, στο οποίο εξέθεσε τις θεωρίες του για τις γενικές αρχές φυσικών φαινομένων και τους νόμους που αφορούν την κίνηση των σωμάτων. Ισχυρίστηκε ότι ο κόσμος χαρακτηρίζεται από κίνηση κυκλική και συνεχή και ο κόσμος είναι σφαιρικός.

Το 1542- 1543, ο Κοπέρνικος λίγο πριν το θάνατό του εξέδωσε το βιβλίο Περί της Κίνησης των Ουράνιων Σφαιρών (*De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI*), ο οποίος διατύπωσε το ηλιοκεντρικό μοντέλο και τοποθέτησε τον Ήλιο στο κέντρο του, αντί της Γης, όπως υποστήριζε έως τότε η επίσημη γεωκεντρική θεωρία. Αποτέλεσε πρόδρομο της σύγχρονης αστρονομίας και άνοιξε το δρόμο για την επόμενη γενιά και την επιστημονική επανάσταση του 17^{ου} αιώνα.

Ακόμη ένας επιστήμονας - φυσικός που διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην επιστημονική επανάσταση ήταν ο Γαλιλαίος (1564 -1642), ο οποίος αμφισβήτησε και αντιπαρατάχθηκε σε πολλές διαδεδομένες διδασκαλίες. Σημαντικός είναι ο ρόλος του καθώς εισήγαγε την πειραματική μεθοδολογία στην έρευνα για την επαλήθευση των φυσικών θεωριών. Μεγάλη ήταν και η συμβολή του στην αστρονομία, καθώς με το τηλεσκόπιο που κατασκεύασε, παρατήρησε πρώτος την επιφάνεια της Σελήνης, της ηλιακές κηλίδες του Κρόνου, τέσσερις από τους δορυφόρους του Δία και τις φάσεις της Αφροδίτης και επιβεβαίωσε το ηλιοκεντρικό μοντέλο.

Το 1687 ο Newton με το έργο του Principia διαμόρφωσε την κλασική φυσική και έθεσε τις βάσεις για τη σύγχρονη φυσική. Διατύπωσε νόμους για να ορίσει και να εξηγήσει τη

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

λειτουργία του σύμπαντος, την κίνηση και την παγκόσμια έλξη. Μέσα σε αυτό το έργο περιέχονται οι τρεις Νόμοι του Νεύτωνα:

i. Νόμος της Αδράνειας

«Κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα αδρανειακό σύστημα¹, διατηρεί την κατάσταση ηρεμίας ή εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, εφόσον καμία εξωτερική δύναμη δεν επιδρά για τη μεταβολή της και η συνισταμένη των δυνάμεων ισούται με 0 (μηδέν)".

$$\sum F_{εξωτ} = 0 \Leftrightarrow v = \text{σταθ.}$$

Αυτή η εξίσωση σημαίνει ότι εάν το διανυσματικό άθροισμα όλων των εξωτερικών δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα με μάζα m είναι ίσο με μηδέν, τότε η ταχύτητα του v παραμένει σταθερή και ισχύει και το αντίθετο.

ii. Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής

« Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα, ισούται με το ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος.»

$$\sum F = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt}(mv)$$

Αυτός είναι ένας πειραματικός νόμος, ο οποίος για σταθερή μάζα μπορεί να απλοποιηθεί και η συνισταμένη των δυνάμεων ισούται με το γινόμενο της μάζας επί της επιτάχυνσης του σώματος. Από αυτό το νόμο προκύπτει ότι η αδράνεια ενός σώματος είναι ανάλογη της μάζας του.

iii. Αρχή Διατήρησης της Ορμής – Νόμος Δράσης -Αντίδρασης

«Οι δυνάμεις που εξασκούνται από την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων είναι πάντα ίσες κατά το μέτρο και αντίθετες κατά τη φορά.» Αυτές οι δύο δυνάμεις δράσης και αντίδρασης ασκούνται πάντοτε σε διαφορετικά σώματα.

Επίσης, διατύπωσε το Νόμο της Παγκόσμιας έλξης:

¹ Ως αδρανειακό σύστημα ορίζεται ένα σύστημα αναφοράς μέσα στο οποίο ένα σώμα- αντικείμενο δεν αλληλεπιδρά με άλλα σώματα – αντικείμενα και αυτό το σύστημα έχει μηδενική επιτάχυνση.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

«Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ δύο ουρανίων σωμάτων είναι ανάλογες του γινομένου των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογες του τετραγώνου της μεταξύ των κέντρων μάζας τους απόστασης.»

$$F = G \frac{(m_1 * m_2)}{r^2}$$

Στον παραπάνω τύπο, F είναι η ελκτική δύναμη, G είναι η σταθερά παγκόσμιας έλξης, m_i είναι η μάζα του i σώματος και r είναι η απόσταση των κέντρων των πυρήνων τους. Η θεωρία του Νεύτωνα απάντησε σε θεμελιώδη ερωτήματα που απασχολούσαν τη φυσική, όπως για τη περιστροφή της Γης γύρω από τον ήλιο, και θεωρήθηκε «πατέρας της ουράνιας μηχανικής». Αυτός ο ορισμός της βαρύτητας δεν εξηγεί από που προέρχεται και σε τι οφείλεται αυτή η δύναμη. Ο τύπος δεν είναι τέλειος, καθώς δε ερμηνεύει επ' ακριβώς φαινόμενα όπως για παράδειγμα σώματα με πολύ μεγάλη μάζα, όπως οι πλανήτες, ή για σώματα που κινούνται ταχύτητες συγκρίσιμες με αυτή του φωτός. Αυτή η θεωρία αντικαταστάθηκε από τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του Einstein το 1915.

Από το 1650 μέχρι το 1700, ανθίζει ο τομέας της θερμοδυναμικής. Ο Otto von Guericke θεμελίωσε τη φυσική του κενού, ασχολήθηκε με την ατμοσφαιρική πίεση και εφάρμοσε το βαρόμετρο για την πρόβλεψη του καιρού. Ο Joseph Louis Gay-Lussac είναι γνωστός για τους νόμους του περί ιδανικών αερίων. Ο Robert Hooke, κατασκεύασε τις αντλίες κενού που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα του Boyle για τους νόμους των αερίων και ο ίδιος διεξήγαγε πειράματα. Κατασκεύασε το νεότερο Γρηγοριανό Τηλεσκόπιο και παρατήρησε στις περιστροφές του Άρη και του Δία. Ερεύνησε την οπτική και τη διάθλαση του φωτός και κατέληξε σε μια κυματοειδή θεωρία του φωτός. Επιπλέον, επιβεβαίωσε πειραματικά ότι η βαρύτητα λαμβάνει υπόψη της ένα αντίστροφο τετραγώνου κατά την πλανητική κίνηση και αυτή η αρχή προωθήθηκε και επισημοποιήθηκε από το Newton. Ο Thomas Savery εφηύρε και την πρώτη εμπορικά χρησιμοποιήσιμη ατμομηχανή, η οποία έλυσε το πρόβλημα της αποστράγγισης ορυχείων και διέδωσε τη δημόσια παροχή νερού.

Ο Daniel Bernoulli, διατύπωσε πρώτος το Θεμελιώδες θεώρημα της Υδροδυναμικής, το οποίο ταυτίζεται με τη διατήρηση της ενέργειας στα υγρά. Η εξίσωση του παρουσιάζει την αντίστροφη σχέση της ταχύτητας του ρευστού με την πίεσή του. Ο Alessandro Volta ήταν πρωτοπόρος στον ηλεκτρισμό και την ενέργεια και εφηύρε την ηλεκτρική μπαταρία, ανακάλυψε το μεθάνιο και με τα πειράματά του απέδειξε ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί χημικά, καταρρίπτοντας την τότε επικρατούσα θεωρία της παραγωγής

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από ζωντανά όντα και οδήγησε στην ανάπτυξη της ηλεκτροχημείας. Ο Hans Christian Oersted, το 1820 ανακάλυψε ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό, γύρω από αυτόν δημιουργείται μαγνητικό πεδίο. Την ίδια χρονιά, ο André-Marie Ampère, ανακαλύπτει ότι όταν δύο αγωγοί διαρρέονται από ρεύμα, ο ένας ασκεί δύναμη στον άλλο, και ήταν βασικός θεμελιωτής του ηλεκτρομαγνητισμού και της ηλεκτροδυναμικής. Το 1821, ο Michael Faraday, ασχολήθηκε με πλήθος πειραμάτων των φυσικών επιστημών και κατασκεύασε συσκευές που παράγουν «ηλεκτρομαγνητική περιστροφή» γνωστό κι ως ηλεκτρικός κινητήρας. Το 1826, ο Georg Ohm διατύπωσε το νόμο του για την σχέση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με την τάση του ηλεκτρικού ρεύματος και την αντίσταση σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Το 1831, ο Michael Faraday ανακάλυψε την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, τον τρόπο με τον οποίο ένα μαγνητικό πεδίο επηρεάζει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και επάγεται ηλεκτρισμός. Ο James Clerk Maxwell, διατύπωσε μια σειρά από εξισώσεις σχετικά με τις άρρηκτες σχέσεις του ηλεκτρισμού με το μαγνητισμό και της ηλεκτρομαγνητικής φύσης του φωτός, τα οποία αποτελούν εκδηλώσεις του ίδιου φαινομένου του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Το 1895, ο Wilhelm Conrad Röntgen, διενεργώντας πειράματα για την ηλεκτρική αγωγιμότητα των αερίων, ανακάλυψε τις ακτίνες X, για τις οποίες απέδειξε ότι διαδίδονται μόνο σε ευθεία γραμμή χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα διάθλασης ή αντανάκλασης και δεν επηρεάζονται από μαγνητικά πεδία. Την επόμενη χρονιά ο Antoine Henri Becquerel, ανακάλυψε τη ραδιενέργεια, δηλαδή ότι υπάρχουν είδη της ύλης που εκπέμπουν από μόνα τους ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το 1897, ο Joseph John Thomson ανακάλυψε το ηλεκτρόνιο, το πρώτο υποατομικό σωματίδιο. Από το 1900 αρχίζει η ιστορία της κβαντικής φυσικής, με την ανάδειξη των εργασιών του Max Planck. Το αξίωμά του αναφέρει ότι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί να εκπέμπεται μόνο σε κβαντισμένη μορφή σύμφωνα με τον τύπο $E = h \cdot f$, όπου h είναι η σταθερά του Planck.

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο συνίσταται στην απελευθέρωση ηλεκτρονίων από μια ελεύθερη επιφάνεια αγωγού, όταν σε αυτή προσπέσει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τέτοια συχνότητα, ώστε τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην επιφάνεια αυτή να υπερπηδήσουν το φράγμα της δικής του δυναμικής ενέργειας, η οποία τα συγκρατεί στην επιφάνεια. Αυτά τα ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ρεύματος και είναι κβαντισμένα, τα σωματίδια ταλαντεύονται σε συγκεκριμένη συχνότητα άρα έχουν και συγκεκριμένη ενέργεια. Η κλασική φυσική αδυνατούσε να εξηγήσει το φαινόμενο και το

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

1905 ο Einstein με την υπόθεσή του ότι η ενέργεια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος δεν είναι ισοκατανομημένη αλλά μεταφέρεται με τα φωτόνια, τα οποία δίνουν την ενέργειά του σε ένα μόνο ηλεκτρόνιο. Η ερμηνεία αυτού του φαινομένου, η ερμηνεία της ακτινοβολίας μέλανος σώματος από τον Planck και η παρατήρηση του φαινομένου Compton, της σκέδασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αποτελούν θεμέλια της πρώιμης κβαντικής μηχανικής.

Το 1911, ο Ernest Rutherford ανακάλυψε το μοντέλο του ατόμου και ότι αυτό έχει συγκεντρωμένο στον πυρήνα του το θετικό φορτίο, ο οποίος είχε πρωτόνια και νετρόνια, και το αρνητικό περιφερειακά και δημιούργησε το πλανητικό μοντέλο του ατόμου. Ο Niels Bohr, το 1913 συνέβαλε στην κατανόηση της δομής του ατόμου και της κβαντικής θεωρίας και ανέφερε ότι υπάρχουν συγκεκριμένες τροχιές που περιστρέφονται τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια μπορούν να αλλάξουν τροχιά – ενεργειακό επίπεδο.

Κεφάλαιο 2 - Ernst Mach

Ο Ernst Mach (18 Φεβρουαρίου 1838 – 19 Φεβρουαρίου 1916) συνέβαλε σημαντικά στη φυσική, τη φιλοσοφία και τη φυσιολογική ψυχολογία. Στη φυσική, η ταχύτητα του ήχου είναι συνδεδεμένη με το όνομά του, καθώς ήταν ο πρώτος που μελέτησε συστηματικά την υπερηχητική κίνηση, όπου Mach 1 σημαίνει την ταχύτητα του ήχου σε ένα δεδομένο μέσο. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου ποικίλλει ανάλογα με την πυκνότητα του μέσου που ταξιδεύει, οι αριθμοί Mach δεν είναι απόλυτες ποσότητες αλλά σχεσιακές. Μέχρι το 1885 ο Mach είχε επεξεργαστεί τις λεπτομέρειες της υπερηχητικής κίνησης, στην πορεία αναπτύσσοντας φωτογραφικές τεχνικές υψηλής ταχύτητας. Το πιο σημαντικό για τους μηχανικούς, ο αριθμός Mach είναι ο λόγος της ταχύτητας του αντικειμένου προς την ταχύτητα του ήχου στο δεδομένο μέσο. Η δουλειά του είναι απαραίτητη για τη σύγχρονη αεροδυναμική και το όνομά του έχει μείνει ως σύμβολο ξυραφιών, ηχοσυστημάτων, πιλότων μαχητικών και καυσίμων υψηλής ταχύτητας.

Είχε επίσης σημαντική συνεισφορά στην κατανόηση του φαινομένου Doppler. Το 1841, ο Christian Doppler παρατήρησε ότι ο ήχος αλλάζει στη συχνότητα καθώς μια πηγή κινείται προς και μακριά από έναν παρατηρητή. Μέχρι το 1845 είχε γενικεύσει αυτό για να συμπεριλάβει όλα τα κυματικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένου του φωτός. Δύο εξέχοντες φυσικοί, ο Petzval και ο Ångström, αμφισβήτησαν το Doppler. Ο Mach επινόησε μια απλή συσκευή που απέδειξε ότι το φαινόμενο Doppler ήταν πραγματικό, τουλάχιστον για τον ήχο. Ένας σωλήνας έξι ποδιών με μια σφυρίχτρα στο ένα άκρο ήταν τοποθετημένος έτσι ώστε να περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο. Όταν ο ακροατής στεκόταν στο επίπεδο του άξονα περιστροφής δεν ακουγόταν καμία αλλαγή στον τόνο. Αλλά αν ο παρατηρητής στεκόταν στο επίπεδο περιστροφής, θα μπορούσαν να ακουστούν διακυμάνσεις στο βήμα που αντιστοιχούσαν στην ταχύτητα περιστροφής. Η εφαρμογή αυτής της εργασίας στα φαινόμενα Doppler με φως παρέμεινε αμφιλεγόμενη, αλλά ο Mach θεωρείται ως ένας από τους πρώτους που συνειδητοποίησε τη δυνατότητα μελέτης του φάσματος ενός αστεριού για την κατανόηση των κινήσεών του.

Η πρόωπη πνευματική ανάπτυξη του Mach ήταν σε μεγάλο βαθμό προϊόν των εξαιρετικών εξελίξεων στις επιστήμες της εποχής του. Ενώ μια γενιά πριν, υπήρχε μόνο μια πραγματικά ώριμη επιστήμη, η φυσική, στις αρχές της δεκαετίας του 1860 τόσο η ψυχολογία όσο και η βιολογία είχαν εισέλθει στην επιστημονική σκηνή. Προηγουμένως, οι επιστημονικά

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Βασισμένες απόψεις για την πραγματικότητα ήταν ουσιαστικά Νευτώνειες-μηχανιστικές. Μετά τον Δαρβίνο και τον Φέχνερ, οι νέες επιστήμες της ψυχολογίας και η εξελικτική θεωρία άνοιξαν νέους τομείς φιλοσοφικής-επιστημονικής αλληλεπίδρασης. Άνοιξε η δυνατότητα μιας νέας επιστημονικής άποψης, μιας βασισμένης σε αυτές τις νέες επιστήμες, και προσπάθησε να αντικαταστήσει το Νευτώνειο παράδειγμα με μια που βασίζεται σε αναπτυξιακούς προσανατολισμούς. Η κριτική του στις νευτώνειες ιδέες για τον απόλυτο χώρο και χρόνο ήταν έμπνευση για τον νεαρό Einstein, ο οποίος πίστευε ότι ο Mach αποτέλεσε το φιλοσοφικό πρόδρομο της θεωρίας της σχετικότητας. Ο συστηματικός σκεπτικισμός του για την κλασική φυσική ήταν εξίσου σημαντικός για πολλούς νέους Γερμανούς φυσικούς.

Στη φιλοσοφία, είναι περισσότερο γνωστός για την επιρροή του στον Κύκλο της Βιέννης, για τη διάσημη αντί-μεταφυσική του στάση, η οποία εξελίχθηκε στη θεωρία επαλήθευσης του νοήματος, για τον αντιρεαλιστικό του χαρακτήρα, στάση αντίθετη με τον ατομισμό και γενικά για τη θετικιστική-εμπειρική προσέγγισή του στη γνωσιολογία. Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένες από αυτές τις επιρροές του επανεξετάζονται επί του παρόντος, και τώρα πιστεύεται ότι είναι και πιο αδύναμες και πιο περίπλοκες από ό,τι αρχικά θεωρούνταν κάποτε. Ήταν, επίσης, σημαντικός ιστορικός της επιστήμης και κατείχε την έδρα για τη Φιλοσοφία των Επαγωγικών Επιστημών στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης. Αν και προηγούμενοι φιλόσοφοι είχαν σχολιάσει την επιστήμη και πολλοί επιστήμονες είχαν επηρεάσει τη φιλοσοφία, ο Mach, περισσότερο από οποιονδήποτε άλλον, γεφύρωσε το χάσμα και θεωρείται ο ιδρυτής της φιλοσοφίας της επιστήμης.

Στην ψυχολογία, μελέτησε τη σχέση των αισθήσεών μας με τα εξωτερικά ερεθίσματα. Ο χώρος, ο χρόνος, το χρώμα, ο ήχος, κάποτε αποτελούσαν τομείς της φυσικής, τώρα μελετώνται από ψυχολόγους και θεωρούνταν όχι μόνο ως το υλικό του φυσικού εξωτερικού κόσμου αλλά και ως στοιχεία της εσωτερικής μας εμπειρίας. Ο Mach εμπνεύστηκε βαθιά από την ψυχοφυσική του Gustav Fechner. Οι ψυχολόγοι σήμερα τον θεωρούν ως τον ιδρυτή της θεωρίας Gestalt, καθώς ανακάλυψε τη νευρική αναστολή. Είναι σημαντικό, αν και τον εικοστό αιώνα ήταν περισσότερο γνωστός στους φιλοσόφους για την επιρροή του στη φυσική και τη φιλοσοφία της φυσικής, ενώ η ψυχολογία ήταν η κύρια κινητήρια δύναμη πίσω από τη φιλοσοφία της επιστήμης.

Στο έργο του «Beiträge zur Analyse der Empfindungen» (1886, Συμβολές στην Ανάλυση των Αισθήσεων), ο Mach προώθησε την έννοια ότι όλη η γνώση προέρχεται από την

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

αίσθηση. Έτσι, τα φαινόμενα υπό επιστημονική έρευνα μπορούν να γίνουν κατανοητά μόνο με όρους εμπειριών ή «αισθήσεων», που υπάρχουν στην παρατήρηση των φαινομένων, και με βάση αυτό καταλήγει στο συμπέρασμα ότι καμία δήλωση στη φυσική επιστήμη δεν είναι αποδεκτή εκτός εάν είναι εμπειρικά επαληθεύσιμη. Αυτά τα εξαιρετικά αυστηρά κριτήρια επαληθευσιμότητας του Mach τον οδήγησαν να απορρίψει μεταφυσικές έννοιες όπως ο απόλυτος χρόνος και χώρος και προετοίμασε το δρόμο για τη θεωρία της σχετικότητας του Einstein.

Στα τελευταία χρόνια (1901) της ζωής του, ο Mach διορίστηκε στο αυστριακό κοινοβούλιο, όπου ήταν γνωστός ως μεταρρυθμιστής. Η πνευματική του επιρροή μεταξύ των αριστερών ήταν τόσο μεγάλη που ο Λένιν έγραψε το βιβλίο, «Ο Υλισμός και η Εμπειρική Κριτική», ασκώντας κριτική στον αντι-υλισμό των υποστηρικτών του.

2.1. Ο Mach και η φυσική επιστήμη

Ο πρώιμος Mach επηρεάστηκε από τις επαναστάσεις στην ψυχολογία και τη βιολογία, ενώ ο ώριμος Mach αναμείχθηκε βαθιά στις επαναστάσεις στη φυσική, αν και άσκησε κριτική στη νέα φυσική όπως και στην παλιά. Τόσο ο Planck όσο και ο Einstein απέτιναν φόρο τιμής στο άτομο που δημιούργησε μια κουλτούρα κριτικής, μέσα στην οποία ανέπτυξαν τις ιδέες τους, αλλά ήθελαν να επικρίνουν την πεισματική άρνησή του να αποδεχτεί τις νέες τους ιδέες.

Ο Mach έφυγε από το Γκρατς για να γίνει καθηγητής πειραματικής φυσικής στο Πανεπιστήμιο του Καρόλου στην Πράγα το 1867 και παρέμεινε εκεί για τα επόμενα 28 χρόνια. Εκεί πραγματοποίησε μελέτες για την κιναισθητική αίσθηση, την αίσθηση που σχετίζεται με την κίνηση και την επιτάχυνση. Μεταξύ 1873 και 1893 ανέπτυξε οπτικές και φωτογραφικές τεχνικές για τη μέτρηση των ηχητικών κυμάτων και τη διάδοση των κυμάτων. Το 1887 καθιέρωσε τις αρχές των υπερηχητικών και τον αριθμό Mach — τον λόγο της ταχύτητας ενός αντικειμένου προς την ταχύτητα του ήχου.

Ο Mach είναι περισσότερο γνωστός ως θετικιστής που επηρέασε τον Λογικό Θετικισμό, ως φιλόσοφος της φυσικής που επηρέασε τον Einstein και ως εμπειριστής που αρνήθηκε την πραγματικότητα των ατόμων. Τίποτα από αυτά δεν είναι λάθος, αλλά ο Mach δεν ήταν περιορισμένος μόνο στη φυσική και οι ρίζες των ιδεών του είναι βαθιές.

2.2. Η κριτική στην κλασική μηχανική

Προκειμένου να γράψει τους νόμους της κίνησής του, ο Newton έκανε αρκετές υποθέσεις θεμελιώδους φύσης χωρίς απόλυτα ικανοποιητικές εξηγήσεις. Το 1883 ο Γερμανός φυσικός Mach εξέτασε αυτές τις υποθέσεις κριτικά στο βιβλίο του, «Η Επιστήμη της Μηχανικής» (The Science of Mechanics). Διαχώρισε τις υποθέσεις από τους ορισμούς και τα συνεπαγόμενα αποτελέσματα. Η εξέταση της κλασικής μηχανικής τον οδήγησε στη διατύπωση της αρχής της αδράνειας και στην αμφισβήτηση της εγκυρότητας των υποθέσεων του απόλυτου χώρου και χρόνου.

Η προέλευση της ιδιότητας της αδράνειας εισήχθη για πρώτη φορά στη φυσική από τον Γαλιλαίο, δεν εξηγείται στη διατύπωση της μηχανικής του Νεύτωνα. Ο Νεύτωνας απλώς δηλώνει ότι κάθε υλικό σώμα διαθέτει μια έμφυτη ιδιότητα που ονομάζεται αδράνεια, εξαιτίας της οποίας απαιτείται μια δύναμη, η οποία θα αλλάξει την ορμή του σώματος. Ο Mach πρότεινε ότι η αδράνεια δεν είναι μια εγγενής ιδιότητα της ύλης, αλλά η αδράνεια ενός σώματος εξαρτάται από την παρουσία όλης της ύλης στο σύμπαν. Αυτή η αρχή ονομάζεται αρχή του Mach.

Ο Mach επέμεινε, επίσης, ότι αντί να βασίζεται κανείς στον απόλυτο χρόνο πρέπει να αναπτύξει μηχανική που χρησιμοποιεί το χρόνο με βάση τις μηχανικές λειτουργίες κάποιου φυσικού συστήματος. Στην πραγματικότητα, αυτός ήταν και ένας αρχικός στόχος του ίδιου του Νεύτωνα, διότι δεν ήθελε να κάνει υποθέσεις και δήλωσε ότι θα βασίσει τη σκέψη του μόνο σε παρατηρήσιμα γεγονότα. Ωστόσο, ο Νεύτωνας παραβίασε τους επιθυμητούς του στόχους και εισήγαγε τις υποθέσεις του απόλυτου χρόνου στη φυσική. Στο «Newton's Principia» αναφέρει «Ο απόλυτος, αληθινός και μαθηματικός χρόνος, από μόνος του, και από τη φύση του ρέει ισότιμα χωρίς να λαμβάνει υπόψη οτιδήποτε εξωτερικό, και με άλλο όνομα ονομάζεται διάρκεια: σχετικός, φαινομενικός και κοινός χρόνος, είναι κάποιος λογικός και εξωτερικός (είτε ακριβής είτε μη ισότιμος) μέτρο της διάρκειας με το μέσο κίνησης, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως αντί για τον αληθινό χρόνο...» (1728).

Ακόμη, ο Mach σημείωσε ότι η επαναλαμβανόμενη κίνηση κάποιου φυσικού συστήματος, όπως ένα εκκρεμές, ένα ρολόι ή η περιστροφή της Γης, είναι απαραίτητη για τη μέτρηση του χρόνου. Ως εκ τούτου, επέμεινε ότι ο χρόνος, αντί να είναι απόλυτος, πρέπει να συνδέεται με τους μηχανικούς νόμους που διέπουν την κίνηση των φυσικών συστημάτων. Ο Mach επικαλέστηκε ένα παρόμοιο επιχείρημα σχετικά με το διάστημα: εφόσον οι

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

αποστάσεις στο διάστημα μετρούνται με ράβδους μετρητή, επομένως, ο χώρος πρέπει να συνδέεται με τους νόμους που διέπουν τα μήκη των ραβδίων του μέτρου.

2.3. Χώρος

Ο Mach αναλύει το χώρο περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο θέμα. Στο έργο του «Η Ανάλυση των Αισθήσεων» (στα κεφάλαια 6 έως 10) κυριαρχείται από συζητήσεις για θέματα όπως και ο Χώρος και η Γεωμετρία. Το έργο του «Science of Mechanics» περιέχει την περίφημη ανάλυσή του για τον απόλυτο χώρο. Ως σημείο εκκίνησης της σκέψης του Mach είναι ότι ο φυσιολογικός χώρος είναι διαφορετικός από τον γεωμετρικό χώρο. Η ιδέα του φυσιολογικού χώρου δεν ήταν νέα, πρώτη αναφορά έγινε από τον Müller και είχε συζητηθεί από τους Helmholtz και Hering. Ο φυσιολογικός χώρος είναι ο χώρος που κατασκευάζεται από τη γνωστική μας δομή, δεν είναι κάτι που δημιουργούμε σκόπιμα, αλλά μάλλον είναι προϊόν ασυνείδητης προσαρμογής. Ο γεωμετρικός χώρος, από την άλλη πλευρά, είναι μια πνευματική κατασκευή, *«η οποία φτάνει ως επί το πλείστον από σκόπιμη εμπειρία»*. Ενώ ο φυσιολογικός χώρος είναι εντελώς ψυχολογικός, ο γεωμετρικός χώρος είναι μια αφαίρεση του φυσιολογικού χώρου. Ούτε θεωρείται «αντικειμενικός» αλλά ούτε «απόλυτος» χώρος.

Ενώ ο γεωμετρικός χώρος είναι απεριόριστος, άπειρος και ομοιογενής (τουλάχιστον στην Ευκλείδεια μορφή του), ο φυσιολογικός χώρος είναι εξαιρετικά οριοθετημένος, πεπερασμένος και ανομοιομορφος. Ο γεωμετρικός χώρος είναι αποκομμένος από τη συναισθηματική μας ψυχή, αλλά ο φυσιολογικός χώρος είναι συνυφασμένος με βασικά συναισθήματα. Ομοίως, το πάνω και το κάτω, το δεξιά και το αριστερά, δεν είναι απλώς αφηρημένες κατευθύνσεις αλλά έχουν φυσιολογικό, και επομένως ψυχολογικό νόημα. Όταν τα αντικείμενα στον φυσιολογικό χώρο μετακινούνται, αλλάζει το (φαινομενικό) μέγεθος τους (ομοίως, όταν κινούμαστε, αλλάζει και το μέγεθος των αντικειμένων στον φυσιολογικό χώρο). Και, το σημαντικότερο, ο φυσιολογικός χώρος δεν έχει, τουλάχιστον στην αρχή του, σύστημα μέτρησης. Οι ρίζες του φυσιολογικού χώρου οφείλονται σε ασυνείδητη βιολογική ανάγκη, ενώ οι απαρχές του γεωμετρικού χώρου βρίσκονται στον φυσιολογικό χώρο και την πνευματική ανάπτυξη.

2.4. Μέτρηση

Το πρόβλημα της μέτρησης δημιουργείται όταν μετριέται ένα διάστημα και υποτίθεται ότι πράγματι μετριέται χώρος ή χρόνος αλλά αυτή η μέτρηση βασίζεται στη σύγκριση. Αυτό ήταν σημαντικό για τον Mach, ότι δεν μετράμε τον «χώρο», αλλά περισσότερο συγκρίνουμε τις χωρικές μας αισθήσεις. Όλες οι μετρήσεις απαιτούν τη χρήση ενός προτύπου - μέτρου και δεδομένου ότι οποιοδήποτε πρότυπο επιλέγουμε είναι της ίδιας φύσης με αυτό που μετράμε, δεν μετράμε πραγματικά τίποτα, αν με αυτό εννοούμε μια «απόλυτη μέτρηση». Αλλά δεν μετράμε τον απλό χώρο, χρειαζόμαστε ένα υλικό πρότυπο μέτρησης, και με αυτό χρησιμοποιούμε ολόκληρο το σύστημα των αισθήσεων. Είναι μόνο οι διαισθητικές αισθήσεις -παρουσιάσεις που μπορούν να οδηγήσουν στη διατύπωση εξισώσεων στη φυσική, και ακριβώς σε τέτοιες παρουσιάσεις συνίσταται η ερμηνεία αυτών των εξισώσεων. Έτσι, αν οι εξισώσεις περιέχουν μόνο χωρικές αριθμητικές μετρήσεις, αυτές οι μετρήσεις, αποτελούν απλώς τις αρχές που μας ορίζουν ποια μέλη της των αισθήσεων θα χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε την εικόνα μας για τον κόσμο.

Όταν μετράμε τις χωρικές διαστάσεις ενός αντικειμένου, το συγκρίνουμε με ένα συμφωνημένο πρότυπο, και τελικά όλα τα πρότυπα πρέπει να έχουν τις ρίζες τους στη φυσιολογική σύγκριση. Με τον τρόπο αυτό, ο Mach προσπαθεί να επαναφέρει τη φυσική στην ψυχολογία. Η φυσική βασίζεται σε μετρήσεις, αλλά οι μετρήσεις αποτελούν φυσιολογικές συγκρίσεις. Για τον Mach, η φυσική δεν μπορεί ποτέ να ξεφύγει από τη βιολογική της προέλευση. Ο Πλανκ και ο Einstein αποδέχθηκαν την κριτική του Mach στην κλασική φυσική, ότι βρισκόταν υπό την επιρροή αντιλήψεων που ήταν παράγωγα μη αντανακλαστικής ανάπτυξης, αλλά απέρριψαν τον ισχυρισμό του Mach ότι η φυσική ήταν προσκολλημένη στην ψυχολογία.

2.5. Ο Mach και η θεωρία των ατόμων

Ο Mach αναφέρει στο έργο του “The Guiding Principles of My Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by My Contemporaries.” (37–38) ότι *«η βιολογική - οικονομική ερμηνεία της γνωστικής διαδικασίας μπορεί κάλλιστα να συνυπάρχει με ειρηνικούς, και μάλιστα φιλικούς, όρους με εκείνους της σημερινής φυσικής. Το μόνο πραγματικό σημείο διαφοράς που έχει μέχρι στιγμής έρθει στο φως αφορά την πίστη για την πραγματικότητα των ατόμων.»* Ο Planck χαρακτηρίζει τον Mach ως «ψευδοπροφήτη» και ο Mach του απαντά *«αν η πίστη στην πραγματικότητα των ατόμων είναι τόσο σημαντική για*

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

σένα, αποκόπτομαι από τον τρόπο σκέψης του φυσικού, δεν θέλω να είμαι αληθινός φυσικός, αποποιούμαι κάθε επιστημονικό σεβασμό — με λίγα λόγια: Αρνούμαι με ευχαριστίες την κοινωνία των πιστών. Προτιμώ την ελευθερία της σκέψης».

Η αντίθεση του Mach στη θεωρία των ατόμων έχει γίνει μια από τις πιο γνωστές κληρονομίες του, με τον Mach να θεωρείται αντί-ρεαλιστής για τις μη παρατηρήσιμες οντότητες. Ενώ τα αντιρεαλιστικά επιχειρήματα μπορούν πράγματι να βρεθούν στον Mach, η προέλευσή τους δεν βρίσκεται στον φιλοσοφικό σκεπτικισμό αλλά στη βιο-ψυχολογική του άποψη για την επιστήμη. Επιπλέον, οι ανησυχίες του για τα άτομα ήταν συχνά συγκεκριμένες για τις διάφορες ανταγωνιστικές θεωρίες εκείνης της εποχής. Πρέπει να σημειωθεί ότι το θέμα του ατομισμού αποτέλεσε μια κεντρική επιστημονική διαμάχη αυτής της περιόδου, υπήρχε μια ποικιλία από θεωρίες για τα άτομα που προτάθηκαν καθώς και ποικίλες εναλλακτικές. Στις Αρχές της Θεωρίας της Θερμότητας, ο Mach ευθυγραμμίστηκε με μια φαινομενολογική προσέγγιση της θερμοδυναμικής - ένα ερευνητικό πρόγραμμα εκείνης της εποχής, που απέφευγε τα προβλήματα της τοποθέτησης θεωρητικών αιτιακών οντοτήτων. Η πειραματική έρευνα του Mach δεν ήταν σε αυτόν τον τομέα, αλλά διακυβεύτηκε όχι μόνο η πραγματική ύπαρξη των ατόμων αλλά και η κατανόηση της επιστήμης. Η στάση του Mach απέναντι στο άτομο ήταν απόρροια της άποψής του για την επιστήμη.

Ο Mach ενεπλάκη σε μια μακροχρόνια διαμάχη με τον Boltzmann, ο οποίος ήταν εισηγητής της κινητικής θεωρίας των αερίων. Ο Boltzmann και ο Mach κατέληξαν να συμφωνούν επί της ουσίας ότι εάν η ατομική θεωρία ήταν βάσιμη θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί, αλλά υιοθέτησαν αυτό που σήμερα μπορεί να θεωρηθεί ως αντιμεταφυσική στάση απέναντι σε μια θεωρία που ήταν ακόμη σε μεγάλο βαθμό αβάσιμη. Είναι γενικά αποδεκτό ότι μόλις το 1905, με τη μελέτη του Einstein για την κίνηση Brown, η κινητική θεωρία των μορίων επαληθεύτηκε πλήρως.

Το 1909 ο Planck έγραψε ένα δοκίμιο «The Unity of the Physical World-Picture», το οποίο περιείχε μια αυστηρή κριτική πάνω στη φιλοσοφία του Mach. Ο Mach απάντησε ένα χρόνο μετά με το έργο “The Guiding Principles of My Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by My Contemporaries.”. Ο Planck απάντησε το ίδιο έτος (1910) με το έργο "On Mach's Theory of Physical Knowledge: A Reply". Οι απόψεις του Mach για τον ατομισμό παρουσιάζονται πιο ξεκάθαρα σε αυτήν την ανταλλαγή απόψεων του με τον Planck. Το ζήτημα ήταν οι διαφορές σχετικά με το πώς η επιστήμη θα απαλλαγεί από την ανθρώπινη

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

υποκειμενικότητα και πώς θα επιτευχθεί μια ενοποιημένη επιστήμη. Ο Planck (1909) υποστήριζε ότι ενώ κάποτε ορίστηκε η θερμότητα σύμφωνα με τις αισθήσεις, η μελέτη της θερμότητας έχει προχωρήσει περισσότερο υπό το πρίσμα της ηλεκτροδυναμικής και της κινητικής θεωρίας. Ομοίως, οι τόνοι και το χρώμα νοούνται πλέον ως συχνότητες ή μήκη κύματος. Αν και η φυσική είχε τις αρχές της στην ανάλυση των αισθητηριακών εντυπώσεων, η τρέχουσα επιτυχία της οφείλεται στην αφαίρεση αυτών των ανθρωπόμορφων στοιχείων. Ο Planck διατυπώνει ένα όραμα μιας ανεξάρτητης από τον άνθρωπο επιστήμης ως αντίδραση στον ισχυρισμό του Mach ότι η επιστήμη εξαρτάται από τον άνθρωπο.

Ο Planck πίστευε ότι η φυσική μπορεί να προχωρήσει πέρα από την ψυχολογική εξάρτηση βασιζόμενη σε ψυχολογικά ανεξάρτητες καθολικές σταθερές: *«οι σταθερές που εμφανίζονται στους νόμους της θερμικής ακτινοβολίας στον ελεύθερο αιθέρα, όπως οι σταθερές της βαρύτητας, έχουν παγκόσμιο χαρακτήρα και δεν περιλαμβάνουν καμία αναφορά σε καμία ειδική ουσία ή οποιοδήποτε ειδικό σώμα»* (1909, The Unity of the Physical World picture). Αυτές οι σταθερές είναι ανεξάρτητες από τον άνθρωπο και δεν είναι κάποια μονάδα όπως το εκατοστό. Αυτές οι σταθερές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να *«καθιερώσουν μονάδες μήκους, χρόνου, όγκου και θερμοκρασίας, οι οποίες πρέπει αναγκαστικά να διατηρούν τη σημασία τους για όλους τους χρόνους και για όλους τους πολιτισμούς, ακόμη και για εξωγήινους και εξωανθρώπινους»* (1909, The Unity of the Physical World picture).

Η απάντηση του Mach είναι μια από τις τελευταίες δηλώσεις της θέσης του: *«Δεν έχω καμία αμφιβολία ότι αν, κάπου στο σύμπαν, ένα πλάσμα οργανωμένο σαν εμάς μπορούσε να κάνει παρατηρήσεις... θα αντιλαμβανόταν ένα σύμπαν που λειτουργεί παρόμοια με αυτό που εμείς οι ίδιοι περιγράφουμε.... Όσο για την πραγματικότητα των ατόμων: δεν έχω καμία αμφιβολία ότι αν η ατομική θεωρία αντιστοιχεί στην πραγματικότητα που δίνουν οι αισθήσεις, τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν θα έχουν επίσης κάποια σχέση με τα γεγονότα — αν και ποια σχέση παραμένει ασαφής. Η απόσταση από το γυαλί του πρώτου σκοτεινού δακτυλίου στο ανακλώμενο φως αντιστοιχεί στο μισό της περιόδου των «ταιριασμάτων» του Νεύτωνα, αλλά στο ένα τέταρτο του «μήκους κύματος» των Young και Fresnel. Τα ευρήματα της ατομικής θεωρίας, επίσης, μπορούν να υποστούν μια ποικιλία από βολικές επανερμηνείες, ακόμα κι αν δεν βιαζόμαστε ιδιαίτερα να τα εκλάβουμε ως πραγματικότητα.»* (1910, “The Guiding Principles of My Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by My Contemporaries.”5)

2.6. Η αρχή του Mach

Η αρχή του Mach, στην κοσμολογία, είναι η υπόθεση ότι οι αδρανειακές δυνάμεις που βιώνει ένα σώμα σε ανομοιόμορφη κίνηση καθορίζονται από την ποσότητα και την κατανομή της ύλης στο σύμπαν. Ο Einstein βρήκε την υπόθεση χρήσιμη στη διατύπωση της θεωρίας της γενικής σχετικότητας - δηλαδή υποδηλώνει μια σύνδεση μεταξύ γεωμετρίας και ύλης - και απέδωσε την ιδέα στον Mach, αγνοώντας ότι και ο Άγγλος φιλόσοφος Τζορτζ Μπέρκλεϋ (George Berkeley) είχε προτείνει παρόμοιες απόψεις το 1700 περίπου, δηλαδή είχε υποστηρίξει ότι όλη η κίνηση, ομοιόμορφη και ανομοιόμορφη, σχετιζόταν με τα μακρινά αστέρια. Ο Einstein αργότερα εγκατέλειψε αυτήν την αρχή, διότι συνειδητοποίησε ότι η αδράνεια είναι άρρητη στη γεωδαισιακή εξίσωση της κίνησης, δηλαδή μια ευθείας γραμμής σε καμπυλωμένους χώρους και δεν χρειάζεται να εξαρτάται από την ύπαρξη ύλης αλλού στο σύμπαν.

Ο Mach πρότεινε επίσης τη φυσική αρχή, γνωστή ως αρχή του Mach, ότι η αδράνεια (η τάση ενός σώματος σε ηρεμία να παραμένει σε ηρεμία και ενός σώματος σε κίνηση να συνεχίζει να κινείται προς την ίδια κατεύθυνση) προκύπτει από μια σχέση αυτού του αντικειμένου με όλα την υπόλοιπη ύλη που υπάρχει στο σύμπαν. Η αδράνεια, υποστήριξε ο Mach, ότι ισχύει μόνο ως συνάρτηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός σώματος και άλλων σωμάτων στο σύμπαν, ακόμη και σε τεράστιες αποστάσεις. Οι αδρανειακές θεωρίες του Mach αναφέρθηκαν επίσης από τον Einstein ως μια από τις εμπνεύσεις για τις θεωρίες της σχετικότητας.

2.7. Ο Mach, η ψυχολογία και οι κοινωνικές επιστήμες

Η μεγαλύτερη και μοναδική επιρροή του Mach ήταν ο Gustav Fechner με το έργο του «*The Elements of Psychophysics*» (1860), όμως ο Mach γνώριζε ήδη αυτές τις ιδέες πριν την έκδοση του βιβλίου. Ο Fechner θεμελίωσε την πειραματική ψυχολογία αναπτύσσοντας τη μέθοδο «μέτρησης» του ψυχικού. Οι αισθήσεις αντιλαμβάνονται οποιαδήποτε ποσότητα διέγερσης, ενώ υπάρχει καθορισμένη ποσότητα διέγερσης μεγαλύτερης της οποίας παρατηρείται αντίδραση, ενώ η ποσότητα της διέγερσης αυξάνεται λογαριθμικά όσο αυξάνεται η αντίδραση της αίσθησης. Αυτό ισχύει για όλες τις αισθήσεις και το σημαντικό είναι ότι υπάρχει μια μαθηματική σχέση που συνδέει τον εξωτερικό – φυσικό κόσμο με τον εσωτερικό- ψυχολογικό. Ο Mach ενσωμάτωσε την μεθοδολογία του Fechner στην εξελεγκτική του θεωρία και την εφάρμοσε στην φυσική.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Η κεντρική ιδέα του Mach ότι η αντίληψη είναι κατασκευασμένη και σχεσιακή, έχει τις βάσεις της στη θεωρία του Gestalt. Το βασικό άρθρο της Θεωρίας Gestalt, «Über Gestaltqualitäten» του Christian von Ehrenfels (1890), ξεκινά με ανασκόπηση αυτών των ιδεών, που βρίσκονται στο έργο «Analysis of Sensations» του Mach (1886). Οι αισθήσεις δεν είναι απλώς ακατέργαστες εμπειρίες, αλλά προκύπτουν από την αλληλεπίδραση της εμπειρίας με την ήδη διαμορφωμένη γνωστική δομή του ατόμου. Δηλαδή όταν ακούμε μια γνωστή μελωδία, αυτήν αναγνωρίζουμε και όχι τα πλήκτρα που παίζονται. Ο Mach αναφέρει ότι μια μελωδία δεν είναι μόνο οι πραγματικές ηχητικές δονήσεις που την αποτελούν αλλά η πραγματική μελωδία υπάρχει στην ικανότητά μας να την αναγνωρίζουμε. Αυτή δημιουργείται από την εμπειρία ενός ή περισσότερων παραδειγμάτων της μελωδίας, αλλά είναι μια εξιδανίκευση αυτής της εμπειρίας, περιλαμβάνοντας τις σχέσεις των ήχων μεταξύ τους. Αυτή η μελωδία μπορεί να είναι σε χαμηλό ή υψηλό τόνο, αλλά όσο οι σχέσεις παραμένουν ίδιες μπορούμε να την αναγνωρίζουμε ως την ίδια μελωδία. Αυτή η διαδικασία, για τον Mach βρίσκεται στη βάση κάθε αντίληψης και στη ρίζα των εξελικτικών διαδικασιών.

Η εξελικτική θεωρία του 19ου αιώνα είναι περίπλοκη, εμπνευσμένη από τη δημοσίευση του Δαρβίνου «Origin of the Species» (1859), οι εξελικτικές ιδέες είχαν ήδη παρουσιαστεί και ο μηχανισμός του Δαρβίνου για την εξελικτική αλλαγή και η φυσική επιλογή, δεν ήταν απαραίτητα αποδεκτές. Ο Mach δε συνεισφέρει στην εξελικτική θεωρία, αντίθετά από τους κλάδους της ψυχολογίας και της φυσικής, αλλά ο ίδιος βρίσκεται σε ένα εξελικτικό πλαίσιο. Οι δύο άμεσες επιρροές στον Mach ήταν από τους Hering και Haeckel, και μέσα από τα γραπτά τους κατανοούμε την εξελικτική παράδοση στην οποία έλαβε μέρος και ο Mach. Ο Haeckel ήταν ο μεγαλύτερος εκλαϊκευτής της εξελικτικής θεωρίας και πλέον είναι γνωστός για το περιβόητο ρητό του, «*η οντογένεση ανακεφαλαιώνει τη φυλογένεση*». Στο έργο του, το οποίο επικαλύπτεται σημαντικά με αυτό των Mach και Hering, προσπάθησε να ενσωματώσει τις εξελίξεις της ψυχολογίας σε μια θεωρία της εξελικτικής ανάπτυξης. Η εξέλιξη αφορούσε όχι μόνο το είδος αλλά και τη ψυχή. Οι Mach και Hering ήταν άθεοι και δεν πίστευαν στην ψυχή, αλλά αποδέχονταν ακόμα την ιδέα ότι η φύση είχε εσωτερική κατεύθυνση και αυτή η ιδέα της εσωτερικής κατεύθυνσης εκτείνεται ακόμη περισσότερο για τον Mach μέχρι τις ιδέες του για τον σκοπό της επιστήμης. Ο Hering ήταν ο πιο στενός φίλος του Mach, πολιτικός του σύμμαχος, ακαδημαϊκός συνεργάτης και δεύτερος από άποψη συνολικής επιρροής. Ο Hering σπούδασε κοντά στον Fechner και συμμεριζόταν

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

τόσο τον βιο-ψυχολογικό προσανατολισμό του Mach όσο και τις εθνικιστικές θεωρίες της χωρικής διαίσθησης. Ο Herring είναι γνωστός για το έργο του στη δίοφθαλμη όραση και για τις συζητήσεις του με τον Helmholtz σχετικά με την έγχρωμη όραση, καθώς και για την ομιλία του στην Αυτοκρατορική Ακαδημία Επιστημών στη Βιέννη, «On Memory as a Universal Function of Organized Matter».

Οι Mach, Herring και Haeckel ήταν ηγέτες στο μονιστικό κίνημα. Το 1888 ξεκίνησε η κυκλοφορία ενός από τα παλαιότερα φιλοσοφικά περιοδικά (The Monist). Στα πρώτα τεύχη του αποτυπώνεται ένα μείγμα επιστημονικών εφαρμογών στις διάφορες κατηγορίες της ανθρώπινης ύπαρξης. Ο Mach συνεισέφερε συχνά και ήταν καλός φίλος του εκδότη, Paul Carus, ο οποίος κανόνισε την αγγλική μετάφραση και τη δημοσίευση πολλών από τα έργα του Mach. Το 1906, η Monistenbund, μια μονιστική κοινωνία, δημιουργήθηκε με σκοπό να συμπεριλάβει όλους όσους πίστευαν ότι υπήρχε μόνο μία πραγματικότητα. Ο Haeckel και ο Ostwald ήταν ενεργά μέλη της και προσπάθησαν χωρίς επιτυχία να προσελκύσουν και τον Mach προτείνοντάς του την προεδρία το 1912. Ο Mach έγραψε: «Υπάρχουν τόσοι διαφορετικοί μονισμοί όσοι και οι άνθρωποι σε αυτό. Ο μονισμός είναι προσωρινά ένας στόχος, για τον οποίο όλοι προσπαθούμε, αλλά δεν είναι σχεδόν τίποτα σταθερό ή αρκετό... Μου φαίνεται... γελοίο να ιδρύουμε ένα είδος θρησκευτικής αίρεσης, ενώ αρνούμαστε να εξετάσουμε φιλοσοφικά ερωτήματα (ως προς τη φύση του). Αλλά αυτό δεν είναι τόσο σημαντικό εφόσον το κίνημα περιορίζεται σε έναν μικρό κύκλο διανοουμένων. Αλλά αν το κίνημα επεκταθεί ευρύτερα, τότε μάλλον θα επιτρέψει τη χαλάρωση, ένα είδος αντιμεταρρύθμισης για το οποίο σίγουρα δεν έχω καμία συμπάθεια.» (Blackmore 1972: 193–4)

2.8. Οι Ζώνες του Mach

Το 1865 ο Mach δημοσίευσε, “On the effect of the spatial distribution of the light stimulus on the retina”, που αποτέλεσε το πρώτο από μια σειρά άρθρων γνωστά ως οι Ζώνες του Mach και αφορά μια οπτική ψευδαίσθηση - οπτικό εφέ. Η αντίληψη της αντίθεσης των λεπτών σκοτεινών λωρίδων όταν έρθουν σε επαφή με λεπτές φωτεινές λωρίδες, ενεργοποιούν την ανίχνευση άκρων στο οπτικό σύστημα και αποτελούν οπτικές ψευδαισθήσεις. Η αιτία αυτού του αποτελέσματος οφείλεται στην αντίληψη της αντίθεσης. Στον Mach αποδίδεται η ανακάλυψη της πλευρικής αναστολής στα αισθητήρια όργανα μας,

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

την ιδέα ότι οι αισθήσεις μας προ-επεξεργάζονται τις πληροφορίες πριν τις στείλουν στον εγκέφαλο.

Πριν από αυτή την περίοδο, οι οπτικές ψευδαισθήσεις θεωρούνταν λάθη στην κρίση και ιδιορρυθμίες του εγκεφάλου. Τα αισθητήρια όργανα θεωρήθηκαν ως απλά μέσα με άμεση σύνδεση με τον εγκέφαλο. Ο μόνος τους ρόλος ήταν να μεταδώσουν μια αίσθηση προς τον εγκέφαλο, όπου στη συνέχεια η ερμηνεία αυτής της αίσθησης ερμηνεύεται από τον εγκέφαλο. Ο Mach υποστήριξε ότι η επεξεργασία δεν συμβαίνει όλη στον εγκέφαλο αλλά και σε εγγενή χαρακτηριστικά των ίδιων των αισθήσεων. Ο Mach υποστήριξε ότι η αντίληψη λειτουργεί μέσω της αντίληψης των σχέσεων μεταξύ των ερεθισμάτων. Αυτή η διαδικασία βρίσκεται στη ρίζα όλης της ζωής και οδηγεί στην εξέλιξη, στην αντίληψη, ακόμη και στην επιστήμη.

Αυτό που είναι σταθερό λαμβάνει λιγότερη προσοχή, αυτό που ποικίλλει πρέπει να τεθεί σε ισορροπία. Αυτή η διαδικασία εξισορρόπησης των αντιθέσεων είναι που βρίσκεται στη βάση όλων των οργανικών διεργασιών, εξελικτικών, αναπτυξιακών και αντιληπτικών. Ο οργανισμός είναι ένα δυναμικό σύστημα που έχει έμφυτες τάσεις αυτορρύθμισης και ισορροπίας. Όταν η ισορροπία διαταράσσεται, κάτι που μπορεί να συμβεί σε διάφορα επίπεδα, ο οργανισμός εργάζεται για να σχηματίσει μια νέα ισορροπία. Οι αισθήσεις δεν είναι πράγματα που γράφτηκαν παθητικά, αλλά πράγματα που αλληλοεπιδρούν με περιβάλλοντα. Οι αισθήσεις έχουν εξελιχθεί και αντιλαμβάνονται αντιθέσεις αντίληψης και σχέσεις αντίληψης. Οι αισθήσεις από μόνες τους δεν μπορούν να έχουν οργανική σημασία, παρά μόνο οι σχέσεις των αισθήσεων μεταξύ τους μπορούν να έχουν νόημα.

2.9. Ο Mach και η φιλοσοφία των επιστημών

Ο Mach είναι γνωστό ότι έχει γράψει πολλά κείμενα για την ιστορία της επιστήμης, και μέσω της αξιολόγησης της, προσπαθεί να διαλευκάνει κριτικά το παρόν. Η κριτική του Mach επίδρασε στην ιστορία της επιστήμης και προσπάθησε να παρουσιάσει την προγενέστερη ανθρώπινη δραστηριότητα με την δραστηριότητα των ζώων, από την προσαρμογή των ενστικτωδών αντιδράσεων και την εξέλιξή τους σε περισσότερο περίπλοκες ικανότητες αντίδρασης. Παρουσιάζει με αυτό τον τρόπο τη σταδιακή απόκτηση μνήμης και την επίγνωση των χώρο-χρονικών σχέσεων, οι οποίες γίνονται αντιληπτές με τις αισθήσεις. Στη συνέχεια η μνήμη αναπτύσσεται πέρα από την ατομική μνήμη του καθενός

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

και μεταδίδεται μέσω του πολιτισμού. Η επιστήμη είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας προσαρμογής.

Ο Mach θέλησε να εξετάσει την ανάπτυξη της φυσικής γνώσης υπό το πρίσμα της θεωρίας της εξέλιξης. Η γνώμη του ήταν ότι η γνώση αποτελεί προϊόν της οργανικής φύσης και οι ιδέες θα πρέπει να ακολουθούν τη θεωρία της εξέλιξης, ως οργανικό προϊόν. Έτσι, ο άνθρωπος και οι ιδέες τους αποτελούν προϊόν παγκόσμιας εξέλιξης και μπορούν να πορευτούν στο μέλλον. Οι αναπτυξιακές διαδικασίες της εξέλιξης οδήγησαν στην περίπλοκη ανθρώπινη δραστηριότητα που ονομάζουμε επιστήμη, η οποία συμμετέχει με τη σειρά της στις διαδικασίες της εξέλιξης. Ο Mach αυτή την άποψη την υιοθέτησε από ιδέες που κυκλοφορούσαν εκείνη την εποχή, αλλά στα γραπτά του υπάρχουν αναφορές σε μια εξελικτική προοπτική, η οποία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κατανόησή του της φυσικής. Η ίδια άποψη βρίσκεται στα επιστημονικά γραπτά του, τα οποία αφορούν τη φυσιολογία των αισθήσεων. Ένα χαρακτηριστικό του Mach είναι ότι οι ευρέως αποδεκτές βιολογικές αρχές γίνονται ακρογωνιαίοι λίθοι της δική του επιστημολογίας του χωρίς κριτική.

Σύμφωνα με τις αναμνήσεις του ίδιου του Mach για την πνευματική του ανάπτυξη σε ένα δοκίμιο του 1910, αναφέρει ότι κατανόησε για πρώτη φορά την επιστήμη ως «οικονομική» το 1864, μέσα από συζητήσεις με τον φίλο του Hermann, ο οποίος ήταν πολιτικός οικονομολόγος. Στο ίδιο απόσπασμα, ο Mach σημειώνει ότι ήταν καλά προετοιμασμένος για αυτήν την ιδέα μέσω του βιολογικού του υπόβαθρου, και στην πραγματικότητα τα δύο συνδυάστηκαν για να σχηματίσουν αυτό που έγινε η «βιολογική-οικονομική θεωρία της γνώσης».

Ο σκοπός της επιστήμης είναι να δώσει την πιο οικονομική περιγραφή της φύσης, γιατί η επιστήμη πρέπει να παρέχει αντιλήψεις, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τον καλύτερο προσανατολισμό μέσα στον κόσμο. Αν η επιστήμη είναι αντιοικονομική, τότε είναι άχρηστη από αυτή την άποψη και ο Mach υποστηρίζει ότι η οικονομία πρέπει να είναι κατευθυντήρια αρχή για την αποδοχή ή την απόρριψη μιας θεωρίας, διότι οι αντιοικονομικές θεωρίες δεν μπορούν να εκπληρώσουν τη βιολογική τους λειτουργία – τη λειτουργία της επιστήμης. Ο στόχος της επιστημονικής οικονομίας είναι να παρέχει μια εικόνα του κόσμου όσο το δυνατόν πληρέστερη και ενιαία, χωρίς να είναι διαταραγμένη από νέα φαινόμενα. Έτσι, όσο πιο κοντά η επιστήμη προσεγγίζει αυτόν τον στόχο, τόσο πιο ικανό είναι να ελέγχει τις διαταραχές της πρακτικής ζωής. Ο ρόλος της επιστήμης είναι να βελτιώσει τον

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

προσανατολισμό μας στον κόσμο. *«Αποτελεί αντικείμενο της επιστήμης να αντικαταστήσει ή να σώσει εμπειρίες με την αναπαραγωγή και την πρόβλεψη γεγονότων στη σκέψη. Η μνήμη είναι πιο εύχρηστη από την εμπειρία και συχνά απαντά στον ίδιο σκοπό».* (Mach, *The Science of Mechanics*)

Με μια ευρύτερη έννοια, η οικονομία συνδέεται με την έμφυτη τάση για επιβίωση ή αναζήτηση καλύτερου προσανατολισμού και η εξέλιξη καθοδηγείται από αυτές τις αρχές, η ζωή, η οποία είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης έχει μια τάση σε αυτές τις αρχές και ως άνθρωποι έχουμε αυτές τις τάσεις ενσωματωμένες μέσα μας.

Μια εφαρμογή αυτής της ιδέας της οικονομίας, συμβαίνει όταν δύο θεωρίες, που προηγουμένως χωρίζονταν, έρχονται σε επαφή. Για τον Mach αυτό είναι ένα κεντρικό μέλημα, να ενοποιήσει την ψυχολογία και τη φυσική σε μια ενιαία προσανατολιστική προοπτική. *«Όμως όποιος έχει κατά νου τη συγκέντρωση των επιστημών σε ένα ενιαίο σύνολο, πρέπει να αναζητήσει μια αντίληψη στην οποία μπορεί να τηρήσει σε κάθε τμήμα της επιστήμης».* (Mach, *Analysis of Sensations*: 312)

Τέλος, ο Mach θεωρείται ως ο πρόδρομος της επιστημονικής αλλαγής. Ο Mach προσφέρει μια επιλεκτική περιγραφή της αλλαγής σε επίπεδο ομάδας, το οποίο συμβαίνει από επιλογή σε φυσικά παραγόμενη παραλλαγή, που μεταβιβάζεται των μέσω διαδικασιών της κληρονομικότητας. Όπως συμβαίνει και με τη δαρβινική εξέλιξη, η ίδια η επιστημονική παραλλαγή δεν κατευθύνεται. Τονίζοντας τη σημασία της φυσικής παραλλαγής, ο Mach είχε μεγάλη ανοχή στις μη επιστημονικές πεποιθήσεις - το γνωστό σημείο ήταν ότι είναι καλύτερο να ανεχτούμε κάποιο λάθος παρά να κινδυνεύουμε να χάσουμε παραλλαγή που μπορεί να αποφέρει καρπούς αργότερα. Ως ένδειξη της σημασίας της παραλλαγής, αρκετά κεφάλαια στα διάφορα βιβλία του στρέφονται σχεδόν εξ ολοκλήρου σε αυτό το θέμα. Η παραλλαγή δεν είναι κάτι που παράγουμε συνειδητά, αλλά μάλλον κάτι που συμβαίνει τυχαία. Η παραλλαγή δεν κατευθύνεται, αλλά η επιστήμη βασίζεται στη φαντασία και στην τύχη για την παραγωγή των ιδεών. Όταν οι ιδέες παραχθούν, οι επιστήμονες επιλέγουν εκείνες τις ιδέες που ταιριάζουν καλύτερα με τα γεγονότα.

Ο Mach σχολιάζει επίσης τις συζητήσεις σχετικά με το εάν ο συλλογισμός, επαγωγικός ή απαγωγικός, μπορεί να παράγει γνώση, υποστηρίζοντας ότι ο συλλογισμός δεν μπορεί από μόνος του να παράγει γνώση, αλλά μπορεί να λειτουργήσει μόνο στην υπάρχουσα παραλλαγή. *«Έτσι ο συλλογισμός και η επαγωγή δεν δημιουργούν νέα γνώση, αλλά απλώς*

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

βεβαιώνουν ότι δεν υπάρχει αντίφαση μεταξύ των διαφόρων ιδεών μας». (Mach, Knowledge and Error—Sketches on the Psychology of Enquiry:231)

Επειδή, το μυαλό δεν μπορεί να κατευθύνει τη δημιουργία ιδεών, μπορεί να κατευθύνει την επιλογή τους. Η επιλογή συμβαίνει όταν οι επιστήμονες επιλέγουν αυτές τις θεωρίες από τη δεξαμενή των διαθέσιμων παραλλαγών, που αρμόζει καλύτερα στα δεδομένα και σε άλλες προϋπάρχουσες ιδέες. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Mach κάνει λόγο για την τάση για αντίσταση στην αλλαγή ως ταυτόχρονα απαραίτητη και προβληματική για την επιστήμη. Ο Mach δεν ήταν μόνο ένα από τους ιδρυτές της θεωρίας Gestalt, αλλά εφάρμοσε τις βασικές της έννοιες στη διαδικασία της επιστήμης, Σε συνδυασμό με τη χρήση της ιστορίας για την αποσαφήνιση της επιστήμης, προλαμβάνει τις ιδέες του Kuhn για την επιστημονική αλλαγή και τον προοδευτικό ορθολογισμό.

Κεφάλαιο 3 - Albert Einstein

Ο Albert Einstein είναι ο πιο γνωστός φυσικός του 19^{ου} αιώνα, λόγω των ανακαλύψεών του, της Ειδικής και της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, αλλά και με τη συνεισφορά του στη φιλοσοφία της επιστήμης. Γεννήθηκε στις 14 Μαρτίου του 1879 στην Ulm της Γερμανίας. Το ενδιαφέρον του εκδηλώθηκε από νωρίς, όταν ο πατέρας του του χάρισε μια πυξίδα και στην ηλικία των 11 ετών ανακαλύπτει τον κόσμο των μαθηματικών μέσα από ένα βιβλίο γεωμετρίας, όμως αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα στο σχολείο καθώς δεν μπορεί να προσαρμοστεί στην πειθαρχία και την παραδοσιακή διδασκαλία. Το 1895, εγκαταλείπει το πρωτικό σχολείο και αρχίζει νέο κύκλο σπουδών στο Aarau της Ελβετίας, όπου αποφοιτά με εξαιρετικούς βαθμούς. Τον 1896, ξεκινά τη φοίτησή του στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης και ολοκληρώνει τις σπουδές του το 1900, έχοντας δημιουργήσει αρκετές αντιπάθειες σε καθηγητές του, οι οποίοι είχαν αρνητική επίδραση στις πρώτες του προσπάθειες για εύρεση εργασίας. Ωστόσο για λίγο διάστημα εργάζεται ως καθηγητής σε διάφορα σχολεία στην Ελβετία, παραδίδει ιδιαίτερα μαθήματα και τέλος βρίσκει εργασία σε ένα γραφείο ευρεσιτεχνιών στη Βέρνη.

Το 1905, δημοσιεύει τρεις εργασίες του στο περιοδικό «Annalen der Physik», οι οποίες αφορούν την κίνηση Brown, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και την ειδική σχετικότητα. Παρά την επιτυχία του εξακολουθεί να εργάζεται στο γραφείο ευρεσιτεχνιών και το 1909 κατάφερε να εξασφαλίσει στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης τη θέση του έκτακτου καθηγητή. Την ίδια χρονιά συμμετέχει για πρώτη φορά σε συνέδριο φυσικής στη Γερμανία. Το 1911, εξασφαλίζει την έδρα της θεωρητικής φυσικής, σημαντική θέση, στο Πανεπιστήμιο της Πράγας και την ίδια χρονιά η συμμετοχή του στο συνέδριο του Solvay, σηματοδοτεί την επιστημονική του αναγνώριση. Το 1912 εξασφαλίζει τη θέση του τακτικού καθηγητή στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης και το 1914 αποδέχεται την πρόταση των Planck και Nernst, για μια θέση χωρίς διδακτικά καθήκοντα στο Βερολίνο στην Πρωσική Ακαδημία Επιστημών, όπου εργάζεται έως το 1933. Το 1915, εργάζεται πάνω στη γενική θεωρία της σχετικότητας, η οποία επαληθεύεται το 1918 από τον Eddington. Το 1920 αρχίζει μια πολιτική αντιπαράθεση με τον Γερμανό φυσικό Lenard, διότι απορρίπτει τη θεωρία της σχετικότητας για καθαρά πολιτικούς λόγους. Ο Einstein, λόγω της εβραϊκής του καταγωγής υποστηρίζει τη δημιουργία ισραηλιτικού κράτους. Το 1921, επισκέπτεται την Αμερική προκειμένου να εξασφαλίσει χορηγίες για το σιωνιστικό κίνημα. Το 1922, κερδίζει το βραβείο Νόμπελ. Το

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

1925 σε συνεργασία με τον Bose διατυπώνουν το θεώρημα Bose-Einstein, το οποίο αποτέλεσε την τελευταία του σημαντική συμβολή. Το 1926, εκφράζει τη διαφωνία του για τη κβαντική φυσική όπως την θεμελιώνουν διάφοροι φυσικοί και έκτοτε επικεντρώνει τις μελέτες του για τη διατύπωση μιας ενιαίας θεωρίας πεδίων. Προσπαθεί με μια και μόνο εξίσωση να περιγράψει όλες τις δυνάμεις που υπάρχουν στη φύση. Το 1929, του απονέμεται το βραβείο Max Planck και την επόμενη χρονιά λόγω της ανόδου του ναζισμού μεταβαίνει στην Αμερική, εργαζόμενος στα Πανεπιστήμια Caltech και Princeton. Το 1935 αιτείται αμερικανική υπηκοότητα, την οποία έλαβε το 1940. Το 1939, ο Einstein συνυπογράφει το γράμμα προς το Roosevelt μαζί με τον Leo Szilard λίγο πριν ξεσπάσει ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος. Από το 1940 και μέχρι το τέλος της ζωής του τον παρακολουθεί το FBI ως υποστηρικτή των κομμουνιστών και εχθρό της Αμερικής. Για αυτούς του λόγους δε θα συμπεριληφθεί στους επιστήμονες που κατασκεύασαν την ατομική βόμβα. Το 1955, στις 11 Απριλίου υπογράφει για ατη διακοπή των πυρηνικών εξοπλισμών που προτάθηκε από τον Bertrand Russel, ενώ μια εβδομάδα αργότερα, στις 18 Απριλίου το 1955 απεβίωσε.

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας του Einstein βασίζεται σε μια αρχή σχετικότητας της κίνησης, αλλά αυτή η αρχή είναι «ειδική», δηλαδή περιορισμένη. Η αρχή της σχετικότητας που ενσωματώθηκε στο Special Theory of Relativity (STR) δεν είναι στην πραγματικότητα τίποτα άλλο από την αρχή της Σχετικότητας του Γαλιλαίου, η οποία είναι ενσωματωμένη στη Νευτώνεια φυσική. Με άλλα λόγια, ενώ δεν υπάρχει προνομιακό πρότυπο ταχύτητας, υπάρχει ωστόσο ένα καθορισμένο γεγονός για το αν ένα σώμα έχει επιταχυνόμενη ή μη, δηλαδή αδρανειακή κίνηση. Από αυτή την άποψη, ο χωροχρόνος της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας είναι ακριβώς όπως ο χωροχρόνος του Γαλιλαίου και θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι δεν υπάρχει τίποτα νέο που προσθέτει η εισαγωγή της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας του Einstein, όσον αφορά τη μηχανική.

3.1. Σχέσεις που καθορίζουν την κίνηση

Οι χωροχρονικές σχέσεις μεταξύ υλικών πραγμάτων είναι, από μόνες τους, αρκετές για να προσδιορίσουν πλήρως την κατάσταση της κίνησης ενός σώματος. Όπως επεσήμανε για πρώτη φορά ο Dorling (1978), υπάρχει μια έννοια κατά την οποία τα τυπικά απολυταρχικά επιχειρήματα κατά του «αυστηρού» σχετισμού που χρησιμοποιούν περιστρεφόμενα αντικείμενα (κουβάδες ή σφαίρες) αποτυγχάνουν στο πλαίσιο της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Ο Maudlin (1993) χρησιμοποίησε τις ίδιες σκέψεις για να δείξει ότι υπάρχει

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

ένας τρόπος αναδιατύπωσης του σχεσιακού της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας που φαίνεται να είναι επιτυχημένος. Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας ενσωματώνει ορισμένες καινοτομίες σχετικά με τη φύση του χρόνου και του χώρου και το πώς συνδυάζονται μεταξύ τους και τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι τα φαινόμενα της «σύσπασης μήκους», της «διαστολής του χρόνου» και της «σχετικότητας του ταυτόχρονου». Η τυπική κλασική σχεσιακή αφετηρία για τη διαμόρφωση των σχετικών αποστάσεων μεταξύ των υπαρχόντων σωμάτων σε μια χρονική στιγμή, δεν υπάρχει ως ένα σύνολο γεγονότων ανεξάρτητο από τον στόχο, τον παρατηρητή ή το πλαίσιο. Εξαιτίας της όταν εξετάζουμε ποιες χωρικές ή χρονικές σχέσεις πρέπει να θεωρεί ένας σχεσιακός ως θεμελιώδεις, είναι αναμφισβήτητο πιο φυσικό να περιοριστεί κανείς στην αμετάβλητη ως προς το πλαίσιο χωροχρονική «απόσταση» μεταξύ γεγονότων στον χωροχρόνο.

Οι σύγχρονες παραλλαγές των επιχειρημάτων για τον κάδο του Νεύτωνα και τις σφαίρες δεν εμποδίζουν πλέον τον σχεσιονιστή επειδή οι σχέσεις χωροχρονικού διαστήματος μεταξύ κομματιών ύλης στον κάδο του Νεύτωνα σε ηρεμία είναι αρκετά διαφορετικές από τις σχέσεις χωροχρονικού διαστήματος που βρίσκονται μεταξύ αυτών των ίδιων τμημάτων ύλης μετά την περιστροφή του κάδου. Για παράδειγμα, η σχέση διαστήματος χωροχρόνου μεταξύ ενός κομματιού νερού κοντά στην πλευρά του κάδου, τη φορά, και του ίδιου του ένα δευτερόλεπτο αργότερα είναι μικρότερη από τη σχέση διαστήματος μεταξύ ενός κομματιού νερού κεντρικού κάδου και του εαυτού του ένα δευτερόλεπτο αργότερα, οι χρόνοι αναφέρονται σε ρολόγια αδρανειακού πλαισίου. Το αποτέλεσμα είναι ότι αντίθετα με την κατάσταση στην κλασική φυσική, ένα μη περιστρεφόμενο σώμα δεν μπορεί να έχει όλες τις ίδιες χωροχρονικές σχέσεις μεταξύ των μερών του με ένα παρόμοιο σώμα σε περιστροφή. Δεν μπορούμε να θέσουμε ένα σώμα ή ένα σύστημα σε κατάσταση περιστροφής ή άλλης επιτάχυνσης χωρίς να αλλάξουμε με τον τρόπο αυτό τις χωροχρονικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων κομματιών της ύλης σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, σε σύγκριση με αυτό που θα ήταν αν το σώμα είχε παραμείνει μη επιταχυνόμενη ή μη περιστρεφόμενη κατάσταση. Τα γεγονότα για την περιστροφή και την επιτάχυνση, επομένως, υπερισχύουν στις χωροχρονικές σχέσεις διαστήματος.

Διαπιστώνει κάποιος ότι τα θέματα στη διαστημική-σχεσιακή ερμηνεία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας είναι σχεδόν τα ίδια με τη Νευτώνεια μηχανική στον χωρόχρονο του Γαλιλαίου. Δεν υπάρχουν καλά καθορισμένες απόλυτες ταχύτητες, αλλά υπάρχουν πράγματι καλά καθορισμένες απόλυτες επιταχύνσεις και περιστροφές. Στην

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

πραγματικότητα, η διαφορά μεταξύ ενός επιταχυνόμενου σώματος και ενός αδρανειακά κινούμενου σώματος κωδικοποιείται απευθείας στις διαχρονικές σχέσεις του σώματος με τον εαυτό του. Άρα υπάρχει μεγάλη απόσταση από το συμπέρασμα ότι κάθε κίνηση είναι σχετική κίνηση ενός σώματος σε σχέση με άλλα σώματα. Είναι αλήθεια ότι οι απόλυτες κινήσεις βρίσκονται σε αναλογία ένα προς ένα με μοτίβα χωροχρονικών διαστημικών σχέσεων, αλλά δεν είναι καθόλου σωστό να πούμε ότι είναι, για αυτόν τον λόγο, εξαλείψιμες προς όφελος απλώς των σχετικών κινήσεων. Μάλλον θα πρέπει απλώς να ισχυριστούμε ότι καμία απόλυτη επιτάχυνση δεν μπορεί να μην έχει επίδραση στο υλικό σώμα ή τα σώματα που επιταχύνθηκαν. Αλλά αυτό ίσχυε ήδη στην κλασική φυσική εάν η ύλη μοντελοποιηθεί ρεαλιστικά: το καλώδιο που συνδέει τις σφαίρες δεν τεντώνεται απλώς, αλλά και τεντώνεται. και το ίδιο και ο κάδος, έστω και ανεπαίσθητα, δηλ. αλλάζουν οι χωρικές σχέσεις.

3.2. Τα αξιώματα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας

Ο Einstein το 1905 δημοσίευσε το άρθρο του με τίτλο “On the electrodynamics of moving bodies” (Σχετικά με την ηλεκτροδυναμική των κινούμενων σωμάτων) , στο οποίο περιγράφει τα πειράματα, τα θεωρητικά βήματα και την τελική του διατύπωση. Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας επεκτείνει τις θεωρίες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα και συνοψίζει συμπεράσματα από πειράματα για τη διάδοση και την ταχύτητα του φωτός άλλων φυσικών όπως ο Morley και ο Michelson. *«Το αξίωμα της σχετικότητας του Einstein αναφέρει ότι οι Νόμοι της Φυσικής είναι ίδιοι ως προς όλους τους αδρανειακούς παρατηρητές»*(1905).

Η απλή σύγκριση που έγινε παραπάνω μεταξύ της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας και της Νευτώνειας φυσικής στον χωρόχρονο του Γαλιλαίου είναι κάπως απατηλή. Πρώτον, ο χωροχρόνος του Γαλιλαίου είναι μια μαθηματική καινοτομία μεταγενέστερη της θεωρίας του Einstein του 1905. Πριν από τότε, χωροχρόνος δεν είχε συλληφθεί από το Γαλιλαίο και η πλήρης αποδοχή της Νευτώνειας μηχανικής ουσιαστικά συνεπαγόταν την αποδοχή απόλυτων ταχυτήτων και απόλυτων θέσεων, όπως ακριβώς ορίζεται στο Scholium. Η εξάλειψη της απόλυτης ταχύτητας από τον Einstein ήταν μια γνήσια εννοιολογική πρόοδος. Επιπλέον, το Scholium υπέθετε ότι υπήρχε ένα προνομιακό πλαίσιο αναφοράς «ηρεμίας-αδράνειας»+ και όλοι οι φυσικοί, στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα προκειμένου να κατανοήσουν την κυματική θεωρία του φωτός, υπέθεταν την ύπαρξη ενός ιδανικού αερίου

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

του αιθέρα, ένα μέσο που γέμιζε όλο το χώρο και πληρούσε ιδανικές προϋποθέσεις. Θεωρήθηκε ότι το πλαίσιο αδράνειας αιθέρα θα ήταν ένα αδρανειακό πλαίσιο αναφοράς και οι φυσικοί προσπάθησαν να εξισώσουν το πλαίσιο του με το απόλυτο πλαίσιο ανάπαυσης, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο. Ανεξάρτητα από την εξίσωση του αιθέρα με τον απόλυτο χώρο, όλοι οι φυσικοί του 19ου αιώνα υπέθεταν ότι οι εξισώσεις της ηλεκτροδυναμικής θεωρίας θα έπρεπε να φαίνονται διαφορετικές σε ένα πλαίσιο αναφοράς που κινείται σε σχέση με τον αιθέρα από ότι στο πλαίσιο αδράνειας του αιθέρα (όπου παίρνουν πιθανώς την κανονική τους μορφή, δηλαδή τις εξισώσεις του Maxwell και τον νόμο των δυνάμεων Lorentz). Έτσι, ενώ οι θεωρητικοί προσπάθησαν να βρουν εύλογους κανόνες μετασχηματισμού για την ηλεκτροδυναμική των κινούμενων σωμάτων, οι πειραματιστές προσπάθησαν να ανιχνεύσουν την κίνηση της Γης στον αιθέρα. Το πείραμα και η θεωρία έπαιξαν συνεργατικούς ρόλους, με τα αποτελέσματα των πειραμάτων να αποκλείουν ορισμένες θεωρητικές κινήσεις και να προτείνουν νέες, ενώ οι θεωρητικές πρόοδοι απαιτούσαν νέα πειραματικά τεστ για την επιβεβαίωσή τους ή τη διάψευσή τους.

Οι προσπάθειες ανίχνευσης της ταχύτητας της Γης στον αιθέρα ήταν ανεπιτυχείς. Από την μεριά της θεωρίας, οι προσπάθειες να διατυπωθούν νόμοι μετασχηματισμού για την ηλεκτροδυναμική σε κινούμενα πλαίσια, έτσι ώστε να είναι συμβατοί με πειραματικά αποτελέσματα, ήταν περίπλοκες. Ο Einstein πρότεινε ότι η αρχή της σχετικότητας του Γαλιλαίου ισχύει για τη θεωρία του Maxwell και όχι μόνο για τη μηχανική. Η κανονική μορφή των εξισώσεων του Maxwell θα πρέπει να είναι η μορφή τους σε οποιοδήποτε αδρανειακό πλαίσιο αναφοράς. Εφόσον οι εξισώσεις Maxwell υπαγορεύουν την ταχύτητα c της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φως), αυτό συνεπάγεται ότι οποιοσδήποτε αδρανειακός παρατηρητής, ανεξάρτητα από το πόσο γρήγορα κινείται, θα μετρήσει την ταχύτητα μιας ακτίνας φωτός ως c – ανεξάρτητα από τη σχετική ταχύτητα της πηγής που την εκπέμπει. Ο Einstein επεξεργάστηκε λογικά τις συνέπειες αυτής της εφαρμογής της αρχής της ειδικής σχετικότητας και ανακάλυψε ότι ο χώρος και ο χρόνος πρέπει να είναι μάλλον διαφορετικοί από τον τρόπο που τους περιέγραψε ο Νεύτωνας. Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας υπονόμωσε τον απόλυτο χρόνο του Νεύτωνα εξίσου αποφασιστικά όσο υπονόμωσε τον απόλυτο χώρο του.

3.3. Από την Ειδική Σχετικότητα στη Γενική Σχετικότητα

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας (Special Theory of Relativity – STR) του Einstein αποτέλεσε την πρώτη σαφή και εμπειρικά επιτυχημένη φυσική θεωρία που εξάλειψε φανερά τις έννοιες της απόλυτης αδράνειας και της απόλυτης ταχύτητας, ενώ κάλυπτε τις περισσότερες από τις επιτυχίες της κλασικής μηχανικής και της ηλεκτροδυναμικής του 19ου αιώνα. Επομένως, δικαίως θεωρείται η πρώτη επιτυχημένη θεωρία, η οποία περιγράφει ρητά την κίνηση, αν και δεν περιλάμβανε τη βαρύτητα. Η νευτώνεια βαρύτητα και η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας αποδείχτηκαν ασύμβατες, καθώς η κλασική βαρύτητα ενεργούσε ακαριαία σε απόσταση, ενώ η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας εξάλειψε το προνομιακό απόλυτο ταυτόχρονο που προϋποθέτει αυτή η στιγμιαία δράση.

Από το 1905 έως το 1912, αρκετοί φυσικοί πρότειναν διάφορες ενδιαφέρουσες θεωρίες, οι οποίες τροποποίησαν την Νευτώνεια βαρύτητα για να γίνει συμβατή με τη χωροχρονική δομή της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Επίσης, προτάθηκαν αρκετές θεωρίες σχετικές με τη θεωρία του Lorentz και αυτές είναι συμβατές με τον χωροχρόνο της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Ο χωροχρόνος αυτής ονομάζεται «χωροχρόνος Μινκόφσκι» επειδή ο H. Minkowski αποκάλυψε για πρώτη φορά τη χωροχρονική δομή που συνεπάγεται το αξίωμα του Einstein στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Ο Einstein απέρριψε όλες αυτές τις προτεινόμενες θεωρίες για παραβίαση είτε εμπειρικών γεγονότων είτε θεωρητικών επιθυμιών. Αλλά η κύρια αιτία του Einstein που δεν επιδίωξε τη συμφιλίωση της βαρύτητας με τον χωροχρόνο της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας ήταν η επιθυμία του, ξεκινώντας το 1907, να αντικαταστήσει αυτή τη θεωρία με μια νέα, στην οποία όχι μόνο η ταχύτητα θα μπορούσε να θεωρηθεί απλώς σχετική, αλλά και η επιτάχυνση. Δηλαδή, ο Einstein ήθελε, αν ήταν δυνατόν, να εξαλείψει εντελώς όλες τις απόλυτες ποσότητες κίνησης από τη φυσική, πραγματοποιώντας έτσι μια θεωρία που ικανοποιεί τουλάχιστον ένα είδος «αυστηρού» σχετισμού.

Ο Einstein άρχισε να βλέπει αυτή την πλήρη σχετικοποίηση ως δυνατή το 1907, χάρη στην ανακάλυψη της Αρχής της Ισοδυναμίας. Έστω ότι βρισκόμαστε πολύ μακριά στο διάστημα, σε ένα πύραυλο που επιταχύνει με σταθερό ρυθμό $g=9,81\text{m/s}^2$, εκεί τα πράγματα θα αισθάνονται ακριβώς όπως στην επιφάνεια της Γης, βιώνουν την κατεύθυνση πάνω-κάτω και τα σώματα όταν απελευθερωθούν θα πέσουν στο πάτωμα. Πράγματι, λόγω του γνωστού εμπειρικού γεγονότος ότι η βαρύτητα επηρεάζει όλα τα σώματα μεταδίδοντας μια δύναμη ανάλογη με το περιεχόμενο ύλης και της ενέργειας τους, ανεξάρτητα από την εσωτερική

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

τους σύσταση, γνωρίζουμε ότι κάθε πείραμα που εκτελείται σε αυτόν τον πύραυλο θα δώσει τα ίδια αποτελέσματα με αυτά που θα έδινε εάν το ίδιο πείραμα εκτελούνταν στη Γη. Η Νευτώνεια θεωρία θεωρεί ως «ψευδοδυνάμεις» ή «δυνάμεις αδράνειας τις φαινομενικές δυνάμεις προς τα κάτω, που μοιάζουν με βαρύτητα στο πυραυλικό πλοίο και τις εξηγηθεί από το γεγονός ότι το πλοίο επιταχύνει σε απόλυτο χώρο. Αλλά ο Einstein ρώτησε αν υπάρχει τρόπος για το άτομο που βρίσκεται μέσα στον πύραυλο να θεωρήσει τον εαυτό του ως «σε αδράνεια - ηρεμία» και όχι σε απόλυτη επιταχυνόμενη κίνηση; Η απάντησή του ήταν θετική, ο ταξιδιώτης πυραύλων μπορεί να θεωρήσει τον εαυτό του ως «σε αδράνεια - ηρεμία» σε ένα ομοιογενές και ομοιόμορφο βαρυτικό πεδίο. Ένα τέτοιο πεδίο θα συνεπαγόταν μια επιταχυντική δύναμη «προς τα κάτω» σε κάθε σώμα που είναι ίσο σε μέγεθος και έχει κατεύθυνση οπουδήποτε στο διάστημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το βαρυτικό πεδίο της Γης, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με την απόσταση από το κέντρο της Γης και δείχνει σε διαφορετικές κατευθύνσεις ανάλογα με την τοποθεσία. Η ύπαρξη ενός τέτοιου πεδίου μπορεί να εξηγήσει όλα τα παρατηρούμενα γεγονότα εξίσου καλά καθώς και την υπόθεση ότι ο ταξιδιώτης στον πύραυλο επιταχύνεται σε σχέση με τον απόλυτο χώρο. Αν υπήρχε ένα ομοιόμορφο βαρυτικό πεδίο σε όλο το διάστημα, τότε αυτό θα επηρέαζε όλα τα άλλα σώματα στον κόσμο – τη Γη, τα αστέρια, κ.λπ. – μεταδίδοντάς τους μια καθοδική επιτάχυνση μακριά από τον πύραυλο. και αυτό ακριβώς παρατηρεί ο ταξιδιώτης.

Το 1907 ο Einstein δημοσίευσε την πρώτη του θεωρία περί της βαρύτητας, αντιμετωπίζοντας το βαρυτικό πεδίο ως ένα βαθμιδωτό πεδίο που αντιπροσώπευε επίσης τη μεταβλητή και εξαρτώμενη από το πλαίσιο ταχύτητα του φωτός. Ο Einstein θεώρησε αυτή τη θεωρία ως μόνο ένα πρώτο βήμα για την εξάλειψη της απόλυτης κίνησης. Στη θεωρία του 1907, οι εξισώσεις έχουν την ίδια μορφή σε οποιοδήποτε αδρανειακό ή ομοιόμορφα επιταχυνόμενο πλαίσιο αναφοράς. Αυτή η θεωρία μειώνει την κατηγορία των απόλυτων κινήσεων, αφήνοντας μόνο την περιστροφή και άλλες μη ομοιόμορφες επιταχύνσεις ως απόλυτες. Όμως, εφόσον η ομοιόμορφη επιτάχυνση θεωρείται ισοδύναμη με την ηρεμία - αδράνεια σε ένα σταθερό βαρυτικό πεδίο, γιατί να μην θεωρηθούν τα αδρανειακά φαινόμενα από τις μη ομοιόμορφες κινήσεις ως εξίσου ισοδύναμες με την «ηρεμία σε ένα (μεταβλητό) βαρυτικό πεδίο»; Έτσι ο Einstein έθεσε τον στόχο του να επεκτείνει την αρχή της ισοδυναμίας για να συμπεριλάβει όλες τις μορφές της «επιταχυνόμενης» κίνησης.

Ο Einstein θεώρησε ότι για την επίτευξη αυτού του στόχου έπρεπε να προβεί στην περαιτέρω επέκταση του εύρους των πλαισίων αναφοράς στα οποία οι νόμοι της φυσικής

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

παίρνουν την κανονική τους μορφή, για να συμπεριλάβουν πλαίσια προσαρμοσμένα σε οποιεσδήποτε αυθαίρετες κινήσεις. Εάν δεν υπάρχουν ειδικά πλαίσια αναφοράς στα οποία οι νόμοι παίρνουν μια απλούστερη κανονική μορφή, δεν υπάρχει φυσικός λόγος να θεωρηθεί κάποια συγκεκριμένη κατάσταση ή καταστάσεις κίνησης ως προνομιούχες, ούτε αποκλίσεις από αυτές που αντιπροσωπεύουν την «απόλυτη κίνηση». Το 1915, ο Einstein πέτυχε τον στόχο του στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας (General Theory of Relativity - GTR).

3.4. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας και Σχετικότητα της Κίνησης

Πολλοί φυσικοί απορρίπτουν τον ισχυρισμό του Einstein ότι έχει εξαλείψει τις απόλυτες καταστάσεις κίνησης στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Αποδεχόμαστε τον ισχυρισμό του Einstein, όταν θεωρούμε ότι ο επιταχυνόμενος πύραυλος αιωρείται σε ηρεμία μέσα σε ένα σύμπαν με βαρυτικό πεδίο, αλλά το βαρυτικό πεδίο δημιουργείται από ύλη. Η απάντηση για την παραγωγή του βαρυτικού πεδίου δίνεται μέσα από την θεωρία του Mach ότι όλα αυτά τα αστέρια και οι γαλαξίες, που επιταχύνονται από κοινού προς τα κάτω (σε σχέση με τον πύραυλο), «παράγουν» αυτό το βαρυτικό πεδίο. Οι μαθηματικές ιδιαιτερότητες του πώς δημιουργείται αυτό το πεδίο θα πρέπει να είναι διαφορετικές από τον νόμο της βαρύτητας του Νεύτωνα, αλλά θα πρέπει να δίνει ουσιαστικά τα ίδια αποτελέσματα, ακόμη κι όταν εφαρμόζεται σε προβλήματα χαμηλής μάζας, ή αργής κίνησης. Ο Einstein, το 1916, σκέφτηκε ότι οι εξισώσεις πεδίου της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας μπορούν να αντικαταστήσουν μαθηματικά το νόμο της βαρύτητας του Νεύτωνα και ότι ικανοποιούσαν πλήρως τις επιθυμίες του σχετισμού του Mach, όμως δεν ήταν έτσι ακριβώς.

Στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, ο χωροχρόνος τοπικά μοιάζει πολύ με τον επίπεδο χωρόχρονο του Minkowski της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Δεν υπάρχει απόλυτη ταχύτητα τοπικά, αλλά υπάρχουν σαφή τοπικά πρότυπα επιταχυνόμενης έναντι μη επιταχυνόμενης κίνησης, δηλαδή τοπικά αδρανειακά πλαίσια. Σε αυτά τα πλαίσια «ελεύθερα πτώσης» τα σώματα υπακούν στους συνήθεις κανόνες για τη μη βαρυτική φυσική που είναι γνωστοί από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, αν και μόνο κατά προσέγγιση. Αλλά ο συνολικός χωροχρόνος είναι καμπυλωμένος και τα τοπικά αδρανειακά πλαίσια μπορεί να γέρνουν, να λυγίζουν και να συστρέφονται καθώς μετακινούμαστε από τη μια περιοχή στην άλλη. Δεδομένου ότι η δομή του χωροχρόνου κωδικοποιεί τη βαρύτητα και την αδράνεια και αυτά τα φαινόμενα πρέπει να καθορίζονται πλήρως από τη σχεσιακή

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

κατανομή της ύλης και τις σχετικές κινήσεις, ο Einstein ήλπιζε οι μετρήσεις να καθορίζονται πλήρως από την κατανομή της ύλης και της ενέργειας. Αλλά αυτό που συνεπάγονται οι εξισώσεις πεδίου της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας είναι, γενικά, μόνο μια σχέση μερικού προσδιορισμού.

Αν θεωρήσουμε τον πύραυλο ως ένα απλό «δοκιμαστικό σώμα», το οποίο δεν επηρεάζει ουσιαστικά τη βαρύτητα που υπάρχει ή απουσιάζει στο σύμπαν, τότε μπορούμε να σημειώσουμε ότι σύμφωνα με τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, αν αφαιρέσουμε όλα τα αστέρια, τους γαλαξίες, τους πλανήτες κ.λπ. από τον κόσμο, το βαρυτικό πεδίο δεν εξαφανίζεται. Αντίθετα, παραμένει βασικά το ίδιο σε τοπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην απλούστερη λύση των εξισώσεων πεδίου, παίρνει τη μορφή του κενού χωροχρόνου του Minkowski – ακριβώς την απόλυτη δομή που ήλπιζε να εξαλείψει ο Einstein. Παρατηρείται ξεκάθαρα, ότι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας αποτυγχάνει να ικανοποιήσει την κατανόηση του ίδιου του Einstein για την Αρχή του Mach, σύμφωνα με την οποία, ελλείπει ύλης, ο ίδιος ο χώρος δεν θα μπορούσε να υπάρχει.

Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας μας επιτρέπει να μοντελοποιήσουμε ένα μεμονωμένο περιστρεφόμενο αντικείμενο σε ένα κατά τα άλλα κενό σύμπαν, όπως ένα αστέρι νετρονίων. Ο σχεσιασμός της θεωρίας του Mach θεωρεί μια τέτοια περιστροφή αδύνατη, αφού μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο ως περιστροφή σε σχέση με κάποιο είδος απόλυτου χώρου. Στην περίπτωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, αυτός είναι πράγματι ο φυσικός τρόπος για να κατανοήσουμε ένα τέτοιο μοντέλο: η περιστροφή εννοείται καλύτερα ως περιστροφή σε σχέση με έναν χωρόχρονο «παρασκηνίου» που είναι πανομοιότυπος με τον χωρόχρονο Minkowski της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας, αλλά καμπυλωμένο από την παρουσία ύλης στην περιοχή του αστεριού.

Τέλος, πρέπει να αναγνωριστεί ότι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας μεταβάλλεται με μια πολύ ειδική έννοια και σε αντίθεση με όλες τις άλλες προηγούμενες θεωρίες και σε αντίθεση με πολλές μεταγενέστερες κβαντικές θεωρίες, δεν υποστηρίζει καμία σταθερή «προηγούμενη» ή «παρασκηνιακή» χωροχρονική δομή. Αυτό που είναι μοναδικό για τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας είναι ότι ήταν η πρώτη, και εξακολουθεί να είναι η μόνη φυσική θεωρία, που δεν είχε απόλυτα στοιχεία στις συμμεταβαλλόμενες εξισώσεις της. Η χωροχρονική δομή της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, που αντιπροσωπεύεται από το μετρικό πεδίο, «διαμορφώνεται» τουλάχιστον εν μέρει από την κατανομή της ύλης και της ενέργειας. Και σε ορισμένα μοντέλα της θεωρίας, όπως τα κοσμολογικά μοντέλα της

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Μεγάλης Έκρηξης, ορισμένοι συγγραφείς υποστήριξαν ότι τα τοπικά πρότυπα αδρανειακής κίνησης - το τοπικό «βαρυτικό πεδίο» της αρχής της ισοδυναμίας του Einstein - καθορίζονται εξ ολοκλήρου από την κατανομή της ύλης στον χώρο και τον χρόνο.

Υπάρχει, έτσι ένα δίλημμα για τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Λαμβάνοντας υπόψη τα αντί-Mach μοντέλα προκύπτει ότι οι κινήσεις όπως η περιστροφή και η επιτάχυνση παραμένουν απόλυτες ή σχεδόν εντελώς απόλυτες. Ενώ, λαμβάνοντας υπόψη τα πιο φιλικά στον Mach μοντέλα, τα οποία θεωρούνται καλοί υποψήφιοι για την αναπαράσταση του σύμπαντος, προκύπτει ότι η κίνηση στον κόσμο είναι εντελώς σχετική. Τα αδρανειακά φαινόμενα που χρησιμοποιούνται συνήθως για να υποστηρίξουν την απόλυτη κίνηση είναι όλα κατανοητά ως φαινόμενα περιστροφών και επιταχύνσεων σε σχέση με την κοσμική ύλη, όπως ήλπιζε ο Mach. Όμως, ακόμη κι αν γίνει αποδεκτό ότι όλες οι κινήσεις στον κόσμο είναι σχετικές, αυτό δε διευθετεί αυτόματα τις δημόσιες συζητήσεις μεταξύ φιλοσόφων που υποστηρίζουν διαφορετικές θεωρίες όπως του σχετισμού και του απολυταρχισμού.

Κεφάλαιο 4 - Απόψεις για την επιρροή του Mach στις θεωρίες του Einstein

4.1. Η άποψη του Elie Zahar

Ο Elie Zahar² αναφέρει στις σημειώσεις του το 1977 ότι όταν ο Einstein εισήγαγε τη θεωρία της σχετικότητας παραβίασε τις «βασικές αρχές» της φιλοσοφίας του Mach. Όμως, χωρίς αυτή την παραβίαση η θεωρία της σχετικότητας δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί και συμπεραίνει ότι η φιλοσοφία του Mach ήταν σε μεγάλο βαθμό άσχετη με την ανάπτυξη της σύγχρονης φυσικής.

Ο Zahar κάνει λόγο για τέσσερις συγκρούσεις ανάμεσα στις ιδέες του Mach και του Einstein:

- I. Η σχετικότητα είναι μια αιτιολογική θεωρία, με την παραδοσιακή έννοια της λέξης, δηλαδή μια θεωρία που περιλαμβάνει μια ασυμμετρία, ενώ η προσέγγιση του Mach εξαλείφει όλες τις ασυμμετρίες.
- II. Ο ορισμός του Einstein για την ταυτόχρονη ευαισθησία αντιπαρέχεται μια από τις βασικές μεθοδολογικές αρχές του Mach και είναι εκ διαμέτρου αντίθετη με τον ορισμό της μάζας κατά τον Mach.
- III. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας χρησιμοποιεί αδρανειακά πλαίσια, τα οποία είναι μη παρατηρήσιμα, και για αυτό θα έπρεπε ο Mach να έχει απορρίψει τη θεωρία. Επιπλέον, τα αδρανειακά πλαίσια χρειάζονται για τον υπολογισμό της συνδιακύμανσης και αυτό παραβιάζει το δόγμα του θετικισμού του Mach.
- IV. Για τον Einstein οι «νόμοι έχουν οντολογική υπόσταση πέρα και πάνω από τις παρατηρήσεις που συσχετίζονται μεταξύ τους» (1977, Zahar) και πρέπει να έχουν ειδικό καθεστώς, αλλιώς τα επιχειρήματα για τη συνδιακύμανση δεν έχουν νόημα.

Ο Mach προσπάθησε να εξετάσει τα αδρανειακά συστήματα και τις ιδιότητες τους με ενδιαφέρον ώστε να αποτελέσουν τη βάση για αστρονομικές μετρήσεις. Κάνει αναφορά στο συμπέρασμα της 5^{ης} αρχής του Newton ότι παρέχει το μοναδικό χρήσιμο και πιθανό κατά προσέγγιση αδρανειακό σύστημα. Επίσης, βρίσκει τον ορισμό του Lange ως ελκυστικό, αλλά αναφέρει μερικές τεχνικές δυσκολίες χωρίς να το θεωρεί μεταφυσικό. Ο ορισμός

² Σύμφωνα με το άρθρο του Paul Feyerabend στο *The British Journal for the Philosophy of Science* Vol. 31, No. 3 (Sep., 1980), pp. 273-282

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

διαχωρίζει τα συμβατικά και τα εμπειρικά στοιχεία του νόμου της αδράνειας, το οποίο «αποτελεί έναν περιορισμό της κινητικής πιθανής πολλαπλότητας».

Ο Mach, επίσης, περιγράφει την έρευνα του Seeliger για τη σχέση μεταξύ των αδρανειακών συστημάτων και των εμπειρικών συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην αστρονομία. Οι προσπάθειες καθιέρωσης του «χρόνου εφημερίας», ο οποίος ορίζεται από την τροχιακή περίοδο της γης, και ενός θεμελιώδους συστήματος αναφοράς είναι προσπάθειες να καθιερώσουν τα αδρανειακά συστήματα ως βάση των αστρονομικών παρατηρήσεων, αποτελούν για τον Mach σημαντικές εμπειρικές έρευνες. Η αποστροφή του Mach για τη σχετικότητα δε σχετίζεται με την εμφάνιση της αδράνειας στα αδρανειακά συστήματα.

Ο Einstein στο δοκίμιο του “Physics and Reality”, στο οποίο σχολιάζει την κβαντική θεωρία για την «ατελή αναπαράσταση της των πραγμάτων» (1936), εξηγεί πως ερμηνεύει τον όρο «πραγματική ύπαρξη» (1936). Από τις αισθητηριακές μας εμπειρίες λαμβάνουμε νοητικά και αυθαίρετα ορισμένα επαναλαμβανόμενα συμπλέγματα αισθητηριακών εντυπώσεων και με αυτά συσχετίζουμε μια έννοια, αυτή του σωματικού αντικειμένου, η οποία αποτελεί μια ελεύθερη δημιουργία του ανθρώπου. Αυτή η έννοια οφείλει το νόημά μας και την αιτιολόγησή της αποκλειστικά στο σύνολο των αισθητηριακών εντυπώσεων που συνδέουμε με αυτό.

Με τη σκέψη, η οποία καθορίζει τις προσδοκίες, αποδίδεται σε αυτή την έννοια του σωματικού αντικειμένου μια σημασία που είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη από τις αισθητικές εντυπώσεις που την προκάλεσε αρχικά. Αυτό εννοείται όταν αποδίδουμε σε ένα σωματικό αντικείμενο μια «πραγματική ύπαρξη».

Ο Mach ισχυρίστηκε ότι αυτό έχει ξεκάθαρες επιρροές από τον ίδιο, όπως ανέφερε στο “Erkenntnis und Irrtum”. Σχολίασε ότι σύμφωνα με τον Einstein το ζήτημα στην κβαντική θεωρία δεν είναι ένα «οντολογικό» ζήτημα άλλα είναι ένα ζήτημα πέρα από διαφορετικούς τρόπους «αυθαίρετης» παραγγελίας δεδομένων αίσθησης.

Ο Zahar αντιμέτωπος με δηλώσεις επιστημόνων θετικά υποκείμενων στον Mach κάνει αναφορά για την επιβολή του θετικισμού του Mach και ότι συχνά οι επιστήμονες αποκλίνουν από τη θεωρία στην πράξη και ίσως χρειάζεται η βοήθεια ενός φιλοσόφου ώστε να διαπιστωθεί τι είναι αυτό που ισχύει. Το ανώτερο απόσπασμα αποτελεί μέρος ενός μακροσκελούς άρθρου για την κατάσταση στη φυσική και προετοιμάζει την κριτική της κβαντικής θεωρίας, ενώ δεν ανήκει στην πρόωμη περίοδο του Einstein, αλλά

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

«αντιδραστικό» μέρος της ζωής του, τότε που στους ξένους φαινόταν να είναι ένας «παλιομοδίτικος ρεαλιστής».

Ο Zahar αναφέρει ότι τα επιχειρήματα σχετικά με τη συνδιακύμανση περιλαμβάνουν τη συμπεριφορά των νόμων σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς και επομένως υποθέτουν ότι οι νόμοι και η μορφή τους διαθέτουν αντικειμενικό καθεστώς. Επίσης τα συστήματα συντεταγμένων, τα οποία απαγορεύονται από τον Mach, έρχονται σε αντίθεση με την αρχή, που αυτός φέρεται να υπερασπίζεται, δηλαδή ότι η απλούστερη διατύπωση ενός νόμου είναι η καλύτερη. Για τον Mach δεν υπάρχει σωστή αιτιολόγηση για την επιλογή ενός συγκεκριμένου συστήματος συντεταγμένων από μια άλλη επιλογή. Αυτό είναι φυσικά αλήθεια και γι' αυτό προκύπτουν ιδιαίτερα προβλήματα. Αν ο σκοπός είναι να βρεθούν νόμοι που να συνδέουν τις ειδικές περιπτώσεις τότε η φυσική για οικονομικούς λόγους δίνει εξισώσεις με συναρτήσεις που περιέχουν πρωτεύοντες μεταβλητές και όχι εξισώσεις μεταξύ αυτών των μεταβλητών, επομένως ο στόχος είναι τότε να κάνουμε αυτές τις εξισώσεις όσο το δυνατόν απλούστερες. Ο Zahar έχει μια μάλλον απλοϊκή άποψη σχετικά με την αντίληψη του Mach για την οικονομία. Ο σχηματισμός μοντέλων των νόμων υποθέτει ότι αυτοί είναι «αντικειμενικοί» αλλά όχι με την έννοια ότι έχουν μια «οντολογική υπόσταση πάνω στα θέματα για τα οποία είναι προσχέδια. Η «αντικειμενικότητα» ενός σχεδίου, ωστόσο, μπορεί εύκολα να εξηγηθεί με τον τρόπο του Einstein, δίνοντας έναν απολογισμό του τρόπου με τον οποίο τα στοιχεία του συνδέονται μεταξύ τους, ενώ από την πλευρά του Mach τα συστήματα αναφοράς αποτελούν στοιχειώδη στοιχεία για το Mach και σε αυτό οφείλεται η διάψευση του IV.

Για το II ο Zahar έχει ερμηνεύσει μια διαφορά μεταξύ των ορισμών της μάζας και του απόλυτου ταυτοχρόνου ως διαφορά μεταξύ των φιλοσοφιών του Mach και του Einstein. Ο Mach αντί να υποβάλλει τους ορισμούς των κανόνων διακρίνει ονομαστικούς ορισμούς. Όπως παραδείγματος χάριν για μια χρονική μέτρηση αναφέρει ότι το t είναι ανάλογο της γωνίας της γης σε σχέση με κάποιο αδρανειακό σύστημα ή ότι το t είναι ανάλογο με τον λογάριθμο αυτής της γωνίας, και σχολιάζει αυθαίρετα ανταγωνιστικές υποθέσεις για τη φύση των όρων. Ο ορισμός του Einstein για το απόλυτο ταυτόχρονο εμπίπτει σε αυτή την κατηγορία ορισμών και επομένως είναι κάθε άλλο παρά παραβίαση της βασικής μεθοδολογικής αρχής του Mach. Ο Mach στον ορισμό του για τη μάζα δηλώνει ρητά την εξάρτηση του ορισμού από την «ύπαρξη μιας ειδικής, επιτάχυνσης-καθορισμένη από την ποιότητα των σωμάτων». Και ο Mach ήταν αντίθετος με αυτό που αποκαλούμε

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

κυκλικότητα, δηλαδή ρητοί ορισμοί οι οποίοι περιέχουν το προς ορισμό αντικείμενο, έχοντας επίγνωση ότι έννοιες, οι οποίες αλληλεξαρτώνται με πολλούς τρόπους, δε μπορούν να εξηγηθούν μεμονωμένα. Ο Mach αναφέρει «ποιες έννοιες σχηματίζουμε, πώς οριοθετούμε με σεβασμό μεταξύ τους — όλα αυτά μπορούν να αποφασιστούν μόνο από τις ανάγκες της πρακτικής ή της επιστήμης». Ο Mach ήταν πολύ πιο φιλελεύθερος από τους σύγχρονούς του, και η επιστήμη του και οι μεθοδολογικές αρχές του δεν αποτελούσαν παρά μόνο χίμαιρα στο μυαλό του Zahar.

Στο I ο Zahar παραβλέπει ότι ο Mach έδωσε μεγάλη σημασία στις μονοκατευθυντήριες διαδικασίες και περιστασιακά τις θεωρούσε θεμελιώδεις. Ο Zahar συνδέει την υποτιθέμενη αποτυχία του Mach να ερμηνεύσει την ασυμμετρία με τη συναινετική προσέγγισή του, παραβλέποντας ότι οι έννοιες του είναι έννοιες σε χρήση. Ενώ, αυτό που χρειάζεται είναι περισσότερη έρευνα στις φυσικές διεργασίες.

Το μεγαλύτερο λάθος του Zahar είναι ότι εκδηλώνει την άγνοιά του σχετικά με τη φιλοσοφία του Mach και την περιγράφει ως «αυστηρά θετικιστική». Ο Mach επιμένει στην ανάλυση των αισθήσεων και συμπεριλαμβάνει την εξέταση της εξάρτησής τους από φυσιολογικές συνθήκες. Θεωρεί τα αποτελέσματα μιας τέτοιας ανάλυσης ως «προσωρινά» και ότι οι αισθήσεις οδηγούν σε «μονόπλευρη θεωρία». Η ενδοσκόπηση ως όργανο ανάλυσης πρέπει να συνδυαστεί με φυσιολογική μελέτη και τονίζει ότι οι ιδέες μας επηρεάζουν όχι μόνο «την ανάπτυξη των εμπειριών» μας αλλά εμπλουτίζονται από κάθε γεγονός. Συμφωνεί με τον Priestley ότι «οι ατελείς θεωρίες επαρκούν για να προτείνουν χρήσιμα πειράματα και χρησιμεύουν για τη διόρθωση αυτών των θεωριών και γεννούν άλλες τελειότερες. Με αυτή την αφορμή περαιτέρω πειράματα μας φέρνουν ακόμα πιο κοντά στην αλήθεια, και με αυτή τη μέθοδο προσέγγισης πρέπει να είμαστε ικανοποιημένοι να προχωρήσουμε περισσότερο.»

Για τον Feyerabend υπάρχει πολύ μεγάλη απόκλιση από τη φιλοσοφία του Mach και από την παραμόρφωσή της από τον Zahar. Δεν υπάρχει, λοιπόν, καμία σύγκρουση μεταξύ της φιλοσοφίας του Mach και της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Υπάρχει όμως θετική σχέση μεταξύ τους, υπάρχουν στοιχεία στις πρώιμες έρευνες του Einstein που δείχνουν ομοιότητα με τη φιλοσοφία του Mach και μπορεί επομένως να θεωρηθεί ως απόδειξη της επιρροής του. Από την άλλη πλευρά υπάρχει η κριτική που άσκησε ο Mach στη θεωρία της σχετικότητας.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Ο Mach δυσφημεί τη σχετικότητα επειδή πρώτον βρίσκει ότι αυξάνεται δογματικά και δεύτερον για ιδιαίτερους λόγους, βασισμένος στην φυσιολογία των αισθήσεων, σε θεωρητικές ιδέες και κυρίως σε αντιλήψεις που προκύπτουν από πειράματα. Ο Feyerabend συνδέει τον δεύτερο λόγο με την προσπάθεια του Mach να βρει μια άποψη που δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο μάθημα όπως η φυσική ή η ψυχολογία, αλλά μπορεί να διατηρηθεί σε όλους τους τομείς. Θέτει στον εαυτό του την αναζήτηση θεωριών που διασταυρώνονται με τα παραδοσιακά όρια, όπως είναι το όριο μεταξύ της φυσικής και της ψυχολογίας.

Σε παλαιότερο δοκίμιο σχολιάζει ο Mach ότι το νοητικό πεδίο, δηλαδή ο τομέας όπου εμφανίζονται σκέψεις, συναισθήματα κ.λπ. δεν μπορεί ποτέ να εξερευνηθεί πλήρως με την ενδοσκόπηση. Αλλά η ενδοσκόπηση σε συνδυασμό με φυσιολογική έρευνα που διερευνά τις φυσικές συνδέσεις μπορεί να βοηθήσει στην εξοικείωση μας με την εσωτερική μας ύπαρξη. Δηλαδή, η ενδοσκόπηση δεν αρκεί διότι αντιλαμβάνεται μόνο ένα μέρος των «ψυχικών γεγονότων» και ολόκληρη η φύση τους αποκαλύπτεται από την ενδοσκόπηση σε συνδυασμό με τη φυσιολογία. Ο εν μέρει φυσικός χαρακτήρας της έρευνας οδηγεί στην προσδοκία ότι η «εσωτερική μας ύπαρξη» μπορεί χωρίς διακοπή να συγχωνευθεί στον φυσικό κόσμο παρέχοντας έτσι έναν ενοποιημένο σύνολο των «ψυχικών» και «φυσικών» γεγονότων και νόμων. Μια καθαρά φυσική θεωρία του χώρου (ή του χωροχρόνου) δεν εντάσσεται σε ένα τέτοιο ερευνητικό πρόγραμμα και αυτό αποτελεί τον «ιδιαιτέρο λόγο».

Η θεωρία της σχετικότητας είχε γίνει αποδεκτή από τον Planck, ο οποίος θεωρούσε τη θεωρία της σχετικότητας ως ένα βήμα προς την πραγματικότητα και όχι προς το δογματισμό και ο ίδιος συνείσφερε προς την ανάπτυξη και επέκταση της θεωρίας. Η κριτική του Mach δεν μειώνει την αξία των επιτευγμάτων του Einstein.

4.2. Η άποψη του John Norton

Από το 1912, στις δημοσιεύσεις του Einstein μπορεί να διακρίνει κάποιος ότι για το έργο του στη γενική θεωρία της σχετικότητας ότι παρακινήθηκε από τα γραπτά του Mach. Αυτό το επιβεβαιώνει στην αυτοβιογραφία του και για την θεωρία της ειδικής σχετικότητας. Ο ίδιος αναφέρει στην αυτοβιογραφία του: *«σήμερα όλοι γνωρίζουν, φυσικά, ότι όλες οι προσπάθειες να διευκρινιστεί το παράδοξο – του φωτός που οδήγησε στην ειδική σχετικότητα – ήταν καταδικασμένες σε αποτυχία όσο το αξίωμα του απόλυτου χαρακτήρα του χρόνου ή*

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

του ταυτοχρόνου, είχε τις ρίζες του στο άγνωστο και ασυνείδητο. Το να αναγνωρίσουμε ξεκάθαρα αυτό το αξίωμα και τον αυθαίρετο χαρακτήρα του συνεπάγεται την ουσιώδη λύση του προβλήματος. Το είδος του κριτικού συλλογισμού που απαιτείται για την ανακάλυψη του κεντρικού σημείου, βοηθήθηκε από την ανάγνωση των φιλοσοφικών κειμένων των David Hume και Ernst Mach.» (Einstein, 1949, Autobiographical Notes)

Σε μια παρατήρηση σε ένα γράμμα στις 14 Δεκεμβρίου 1915 προς τον Moritz Schlick (*Papers*, A, Vol. 8A, Doc.165) γίνεται σαφή η σημασία των Hume και Mach: «η έκθεση είναι σωστή ότι ο θετικισμός πρότεινε τη θεωρία της σχετικότητας, χωρίς να την απαιτεί. Επίσης, διαπιστώσατε εσείς πολύ σωστά ότι υπήρχε επιρροή στις προσπάθειές μου τόσο από τον Mach αλλά περισσότερο από τον Hume, του οποίου την πραμάτεια για την κατανόηση, μελέτησα με προθυμία και θαυμασμό προτού ανακαλύψω την θεωρία της σχετικότητας.»

Οι ανακαλύψεις του Einstein αφορούν το χώρο και το χρόνο και οι Hume και Mach είναι γνωστοί για την κριτική που άσκησαν σε αυτές τις έννοιες και μια γενική περιγραφή για τη φύση αυτών των εννοιών. Οι έννοιες αυτές εξαρτώνται αποκλειστικά από τις αισθήσεις ή τις εντυπώσεις και θεωρούνται ως ανεφάρμοστες αναπαραστάσεις της πραγματικότητας. Η ανάλυση των Hume και Mach για το χώρο και το χρόνο πραγματεύονται πολλές πτυχές για του χώρου και του χρόνου αλλά δεν αφορούν την πτυχή της ανακάλυψης του Einstein το 1905, δηλαδή μια ανάλυση του ταυτοχρόνου. Ούτε ο Hume αλλά ούτε και Mach θεώρησαν αυτό το φανταστικό ως εργαλείο που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε θεωρητική κατασκευή, αντίθετα αποτελούσαν ψευδείς αναπαραστάσεις που έπρεπε να εξαλειφθούν. Ο Einstein όμως θεώρησε ότι η ύπαρξη αυτών των πλασματικών εννοιών σήμαινε αυθαιρεσία στην θεωρία της φυσικής, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον αποκλεισμό της ακούσιας εισαγωγής ψευδών τεκμηρίων. Αυτό ακριβώς έπραξε με την ανακάλυψη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Αναγνώρισε την παραδοσιακή έννοια του ταυτόχρονου σε μακρινά γεγονότα δεν καθορίζεται από την εμπειρία, αλλά δεσμεύεται από την απόλυτη ταυτοχρονία. Έτσι, δημιούργησε μια νέα έννοια του ταυτόχρονου, και αυτή η ιδέα της αναθεώρησης της έννοιας του ταυτόχρονου δημιουργήθηκε τις τελευταίες εβδομάδες από τα επτά χρόνια για την ανάπτυξη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Το θάρρος για την αλλαγή στην προσέγγιση το άντλησε από την επιμονή του ο Einstein, αλλά και από την πειθώ των γραπτών των Hume και Mach.

Το 1895, ο Einstein, σε ηλικία 16 ετών, έγραψε ένα δοκίμιο στο οποίο πρότεινε την πειραματική διερεύνηση της ύπαρξης του ηλεκτρομαγνητικού αιθέρα και σε αυτό το δοκίμιο

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

ουσιαστικά αποκαλύπτει την ειδική σχετικότητα. Στο έργο του “On the Electrodynamics of Moving Bodies” αναφέρει για την ηλεκτροδυναμική των κινούμενων σωμάτων και αμφισβητεί την ύπαρξη του αιθέρα και της αιθερικής κατάστασης ηρεμίας. Αυτά τα πειράματα του 19^{ου} αιώνα έπαιξαν κάποιο ρόλο στις σκέψεις του Einstein. Ο Einstein, το 1920 κατέστησε σαφές ότι ένας άλλος προβληματισμός έδωσε πραγματική ώθηση, «*το φαινόμενο της H/M επαγωγής με ανάγκασε να υποθέσω την ειδική αρχή της σχετικότητας*» (Norton, 2004).

«Μετά από επτά χρόνια μάταιου στοχασμού (1898-1905), η λύση ήρθε ξαφνικά με τη σκέψη ότι οι έννοιες και οι νόμοι του διαστήματος και του χρόνου, μπορούν να διεκδικήσουν μόνο εγκυρότητα μόνο στο βαθμό που βρίσκονται σε σαφή σχέση με τις εμπειρίες, και οι εμπειρίες μπορούν να οδηγήσουν σε αλλοίωση των εννοιών και των νόμων. Με την αναθεώρηση της έννοιας του ταυτόχρονου σε μια πιο εύπλαστη μορφή, κατέληξα έτσι στην ειδική θεωρία της σχετικότητας.» (Herneck, 1966, “Zwei Tondokumente Einsteins zur Relativitätstheorie”)

Ο Einstein υιοθέτησε την άποψη ότι μια έννοια μπορεί να αναπαραστήσει σωστά κάτι φυσικά αληθινό μόνο όταν η έννοια βασίζεται στην εμπειρία. Αυτή η αντίληψη σχετικά με τη σημασία των εννοιών μπορεί να διαπιστωθεί στα περισσότερα γενικά γραπτά του. Αναφέρει στο κείμενό του για τη θεωρία της σχετικότητας «*η αντίληψη του ταυτόχρονου δεν υπήρχε για το φυσικό μέχρι να έχει τη δυνατότητα να ανακαλύψει εάν ισχύει ή όχι σε πραγματική περίπτωση*» (Einstein 1917, §8). Τον Einstein τον απασχόλησε ο κίνδυνος από τη χρήση εννοιών χωρίς να είναι σωστά βασισμένες σε εμπειρίες και η εισαγωγή ψευδών τεκμηρίων σε μια έρευνα.

Ο Einstein έχει επισημάνει ότι έχει χρέος στα φιλοσοφικά γραπτά των Hume και Mach, για την ανακάλυψή του της θεωρίας της ειδικής σχετικότητας. Τα γραπτά και των δύο καθώς και οι κριτικές που άσκησαν, απαιτούσαν οι έννοιες να έχουν ως βάση την εμπειρία. Αυτή η εξέχουσα θέση σχετικά με την αποσαφήνιση των εννοιών και ιδιαίτερα της έννοιας του χρόνου, αποτέλεσε το χρέος που αναφέρει ο Einstein και όχι κάποια ειδική ανάλυση. Η κριτική του Mach για τον Απόλυτο Χρόνο του Newton, αποτελεί μια άμεση εφαρμογή της γενικής άποψης. Ο Mach σχολιάζει ότι η αντίληψη του Newton είναι μια μυθοπλασία και δεν ερμηνεύεται από την εμπειρία των γεγονότων και της πραγματικότητας. Και ο Hume εφαρμόζει την άποψή του για το χρόνο, όμως καμία από αυτές τις αναλύσεις δεν σχετίζεται με την έννοια του ταυτόχρονου και η ανακάλυψη του Einstein το 1905 επετεύχθη χάρη στην αφηρημένη προσέγγιση που αυτός εφάρμοσε.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

«Ο Einstein το 1916 περιέγραψε το γενικότερο προσανατολισμό των εννοιών του Mach, ο οποίος περιέχει το βασικό δόγμα ότι οι έννοιες έχουν νόημα μόνο εφόσον είναι εμπειρικά θεμελιωμένες.» (Norton, 2004) Η επιστήμη για τον Mach, είναι η σύγκριση και η τακτική διάταξη των πραγματολογικά δεδομένων της συνείδησης. Στο έργο του Mach Ανάλυση των Εννοιών (Analysis of concepts) διευκρινίζεται ότι οι έννοιες έχουν νόημα όταν μπορούν να εντοπιστούν σε πράγματα. «Οι έννοιες που έχουν αποδειχθεί χρήσιμες για την ταξινόμηση των πραγμάτων μπορούν εύκολα να αποκτήσουν επιρροή σε μας, ώστε να ξεχάσουμε την εγκόσμια καταγωγή τους και να τα θεωρούμε ως αμετάβλητα δεδομένα, και αντί να αποτελούν ελαστικά στοιχεία. Τέτοια λάθη συχνά καθιστούν αδιάβατο το μονοπάτι της επιστημονικής πρόοδου για μεγάλο χρονικό διάστημα.» (Norton, 2004)

Από αυτό ο Einstein έλαβε την άδεια από τον Mach να απαλλάξει τις θεωρίες από έννοιες, οι οποίες επεκτείνονται πέρα από την βιωματική τους προέλευση. *«Επομένως, δεν είναι καθόλου αδρανές παιχνίδι αν εκπαιδευόμαστε να αναλύουμε γνωστές έννοιες και να επισημάνουμε από ποιες συνθήκες εξαρτάται η αιτιολόγηση, η χρησιμότητά τους και πώς αυτές εξελίχθηκαν με τα δεδομένα της εμπειρίας. Ως εκ τούτου η υπερβολικά ισχυρή εξουσία των εννοιών συνθλίβεται.» (Norton, 2004)*

Αυτές οι παρατηρήσεις αναφέρονται στην ιστορική - κριτική προσέγγιση του Mach για την κατανόηση της επιστήμης μέσα από την ιστορική ανάπτυξή της. Αυτό αποτέλεσε κεντρικό θέμα στην κριτική Einstein μέσα στα γραπτά του για τη φυσική και τη σημασία του αναγνωρίζει ο Einstein. Επιπλέον, ο Einstein προχώρησε στην απεικόνιση της εφαρμογής των απόψεών του στην κριτική του για τον απόλυτο χώρο και χρόνο του Newton (Mach, 1960, Ch. 2.VII Newton's Views of Time, Space and Motion). Με την κριτική για το χρόνο αποδεικνύεται ότι είναι απλά εκφράσεις εξάρτησης ενός πράγματος από ένα άλλο, ακριβώς όπως είναι οι ταλαντώσεις του εκκρεμούς ή η θέση της Γης. Το πείραμα με τον κάδο του Newton αποκαλύπτει μόνο τι συμβαίνει όταν υπάρχει η σχετική περιστροφή μεταξύ νερού και του σύμπαντος, το οποίο δεν αποκαλύπτει μια απόλυτη κίνηση και δεν έχει ως βάση την εμπειρία. Ο Einstein αποδίδει στον Mach την άποψη για τις έννοιες, οι οποίες υπήρξαν καθοριστικές για την ανακάλυψή του της θεωρίας της ειδικής σχετικότητας, διότι οι έννοιες πρέπει να βασίζονται στην εμπειρία διαφορετικά συντρέχει μεγάλος κίνδυνος κατά τη χρήση των εννοιών. Ο Einstein επισήμανε ότι ο Mach θα μπορούσε εάν είχε εργαστεί κάποια άλλη στιγμή να είχε ανακαλύψει ο ίδιος τη θεωρία της σχετικότητας.

4.3. Η άποψη του Gerald Holton

Στη σύγχρονη ιστορία της επιστήμης, η σχέση μεταξύ των Einstein - Mach αποτελεί ένα σημαντικό θέμα, που εγείρει μεγάλο ενδιαφέρον. Αυτή σκιαγραφείται, σύμφωνα με τον Holton³ σε τέσσερα στάδια:

- Η πρόωμη αποδοχή από τον Einstein, των κύριων χαρακτηριστικών του δόγματος του Mach.
- Η αλληλογραφία και τη συνάντηση Einstein-Mach.
- Η απόκλιση - επίθεση του Mach στη θεωρία της σχετικότητας του Einstein.
- Η περαιτέρω ανάπτυξη του ίδιου του Einstein, μια φιλοσοφία γνώσης στην οποία απέρριψε πολλές από τις προγενέστερες πεποιθήσεις που σχετίζονταν με το Mach.

Η πρώτη γνωστή επιστολή του Einstein είναι προς τον Wilhelm Ostwald, στον οποίο απευθύνθηκε προκειμένου να λάβει μια θέση στο εργαστήριό του ώστε να λάβει περαιτέρω εκπαίδευση. Μέσα σε αυτή την επιστολή εσωκλήσθηκε και ένα αντίγραφο της πρώτης του δημοσίευσης "Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen" (Annalen d. Physik, Vol. 4 [1901], p.513) στην οποία αναφέρει ότι αυτό το έργο είναι εμπνευσμένο από το έργο του Ostwald και το βιβλίου του Allgemeine Chemie είναι το πρώτο που αναφέρεται στις εκδόσεις του Einstein. Ο Einstein επανέρχεται με δεύτερη επιστολή, διότι δεν έλαβε απάντηση και λίγες μέρες αργότερα ο πατέρας του στέλνει μια συγκινητική έκκληση προς τον Ostwald, χωρίς να είναι ενήμερος ο γιός του. Ο Ostwald, εκτός από διακεκριμένος φυσικός, ήταν ένας ενεργός – επιστήμονας φιλόσοφος και άσκησε κριτική στη μηχανική ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, όπως ο Mach και άλλοι. Ο θετικισμός του, σε αντίθεση με το λογικό θετικισμό που αναπτύχθηκε αργότερα από το έργο των Carnap και Ayer, παρείχε μια επιστημολογία για την επιστήμη που βασίζεται στο συσχετισμό των παρατηρήσεων και συνδέει την ενέργεια και τον αισθησιασμό. Στο δεύτερο έργο του για τη χημεία ο Ostwald εγκαταλείπει τη μηχανική επεξεργασία, παραλείπει υποθετικές οντότητες όπως είναι το άτομο, καταδικάζει τη θεωρία του «αιθέρα» και θέτει υπό αμφισβήτηση το εύρος και την εγκυρότητα των νόμων της κίνησης του Newton, τις έννοιες της δύναμης, της δράσης και της σχετικής κίνησης. Αυτές οι εικονοκλαστικές αντιλήψεις, με μόνη εξαίρεση των αντί -ατομισμό, είναι συνεπείς με τις αντιλήψεις του Einstein για τα φωτόνια και της

³ Holton, Gerald, 1968, «Mach, Einstein, and the Search for Reality»

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

σχετικότητας, ο οποίος θεωρεί τον εαυτό του αιρετικό, κυρίως η απόρριψη της θεωρίας του αιθέρα και η υποστήριξη της ύπαρξης μια ανεξάρτητης ακτινοβόλου ενέργειας στο χώρο.

Το ενδιαφέρον του Einstein για τα μαθηματικά είχε εξασθενήσει και αυτός αντιλαμβανόταν τον εαυτό του ως πειραματιστή και για το λόγο αυτό αιτήθηκε τη θέση στο εργαστήριο. Ως φυσικός επιστήμονας ήταν καθαρά εμπειρικός και αργότερα τα μαθηματικά έγιναν πολύ σημαντικό μέρος της δουλειά του.

Ο Ernst Mach, ο αυστριακός φυσικός και φιλόσοφος, ήταν φιλοσοφικός σύμμαχος με τον Ostwald. Ο Einstein γνώριζε το έργο του από τα φοιτικά του χρόνια. Το έργο του Ernst Mach, που δημοσιεύθηκε το 1883 με τίτλο «The Science of Mechanics» (Η Επιστήμη της Μηχανικής) έγινε γνωστό για την κριτική του στο έργο του Newton «Principia», για το οποίο αποκάλεσε ως: «εννοιολογικό τερατούργημα του απόλυτου χώρου». Η ανάλυση του Mach άρχισε από τις προϋποθέσεις που έθεσε ο Newton και στη συνέχεια εξάλειψε όλες τις μεταφυσικές ιδέες από την επιστήμη. Για τον Mach, έγραψε ο οπαδός του Moritz Schlick, ότι κύριο μέλημά του ήταν να εμβαθύνει σε οποιαδήποτε επιστημονική έρευνα, η οποία δεν πρέπει να αλλάζει όταν μεταφερόμαστε από το πεδίο της φυσικής σε κάποιο άλλο πεδίο, όπως είναι της φυσιολογίας ή της ψυχολογίας. Η επιρροή του Mach, ιδιαίτερα στις γερμανόφωνες χώρες ήταν εμφανής στα πεδία της φυσικής, της φυσιολογίας, της ψυχολογίας, της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης. Οι φιλοσοφικές του ιδέες και στάσεις ήταν ευρέως διαδεδομένες στον πνευματικό κόσμο εκείνης της εποχής. Ο Einstein αναφέρει για τον Mach ότι «ακόμη και οι αναφερόμενοι ως αντίπαλοί του, έχουν πολλές από τις απόψεις του εμποτιστεί με το μητρικό τους γάλα».

4.3.1. Η πρόωμη αποδοχή από τον Einstein των κύριων χαρακτηριστικών του δόγματος του Mach

Η αλληλογραφία του Einstein, η οποία βρίσκεται στα αρχεία του Princeton, αποκαλύπτει ότι ο στενός φίλος, συμφοιτητής και συνάδελφος του Einstein, Michele Besso ήταν αυτός, στον οποίο αναγνωρίστηκε δημόσια η βοήθεια που προσέφερε στον Einstein για τη θεωρία της σχετικότητας. Αυτός επίσης του έκανε γνωστό το έργο του Mach όταν ήταν φοιτητές, όπως αναφέρει ο Einstein σε μια επιστολή του 1952 προς τον Carl Seeling. «*Η προσοχή μου στράφηκε στην “Επιστήμη της Μηχανικής” του Mach, από τον φίλο μου Besso, ενόσω ήμουν φοιτητής, γύρω στα 1897. Αυτό το βιβλίο προξένησε μια βαθιά και επίμονη εντύπωση μέσα*

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

μου... που οφειλόταν στο φυσικό του προσανατολισμό προς θεμελιώδεις έννοιες και βασικούς νόμους» (Holton, 1968, «Mach, Einstein, and the Search for Reality»). Ενώ, παραδέχεται στις «Αυτοβιογραφικές Σημειώσεις» (1946), ότι η κριτική του Mach είχε βαθιά επίδραση στη σκέψη του, διότι κλόνισε τη δογματική του πίστη στη φυσική σκέψη και τη μηχανική. Θαύμασε τον αδιάφθορο σκεπτικισμό και την ανεξαρτησία του Mach και επηρεάστηκε από τις επιστημονικές του τοποθετήσεις. Η αλληλογραφία των δύο φίλων, αποκαλύπτει ότι ο Besso ήταν σταθερός υποστηρικτής του Mach σε όλη του τη ζωή και αναφέρει στον Einstein στην επιστολή του στις 8 Δεκεμβρίου 1947, ότι ο Mach βρίσκεται στο κέντρο της ανάπτυξης των τελευταίων 50 έως 70 χρόνων και τον ρώτησε εάν επηρεάστηκε από τον τρόπο σκέψης του Mach, ο οποίος επισήμανε τις παρατηρήσιμες μετρήσεις από μετρητές και ρολόγια.

Στο πρώτο έγγραφο του Einstein, για τη θεωρία της Σχετικότητας του 1905, είναι εμφανείς επιρροές από αντιφατικές πλευρές. Ο Einstein επαινούσε πάντα τη σαφήνεια και την ανεξαρτησία του Mach, και είναι εμφανής η επιρροή του σε αυτό το κείμενο μέσα από δύο ευδιάκριτα στοιχεία. Πρώτον, η επιμονή του Einstein από την αρχή του εγγράφου ότι τα θεμελιώδη προβλήματα της φυσικής δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά μέχρι να πραγματοποιηθεί μια γνωσιολογική ανάλυση για την αντίληψη των εννοιών του χώρου και του χρόνου. Και δεύτερον, με την ταύτιση της πραγματικότητας του με αυτό που Einstein αντιλαμβάνονται οι αισθήσεις ως «γεγονότα», αντί να βάζεις την πραγματικότητα σε ένα επίπεδο πέρα ή πίσω από την αίσθηση εμπειρία.

Ο Leopold Infeld στη βιογραφία του Einstein αναφέρει για αυτόν και τη βασική ιδέα της δημοσίευσής του, ότι αποτελεί «την πιο απλή πρόταση που έχω συναντήσει ποτέ σε μια επιστημονική εργασία» (1950). Το κείμενο του Einstein αναφέρει: «Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι όλες οι κρίσεις μας στις οποίες παίζει ρόλο ο χρόνος είναι πάντα κρίσεις ταυτόχρονων γεγονότων». Το ενδιαφέρον του Einstein για τα «γεγονότα» συμπίπτει με τα «στοιχεία» του Mach. Αυτά τα γεγονότα, σύμφωνα με την ερμηνεία του Minkowski για τη διατύπωση της σχετικότητας, από μόνα τους δεν έχουν κανένα λειτουργικό νόημα παρά μόνο όταν συνδέονται με τη συνείδησή μας μέσω της αισθητηριακής εμπειρίας και υπόκεινται σε μέτρηση. Αυτό το λειτουργικό μήνυμα στο έγγραφο για τη θεωρία της σχετικότητας επισκίασε όλες τις υπόλοιπες φιλοσοφικές πτυχές που υπάρχουν στο έγγραφο. Το κείμενο αυτό, το υποδέχτηκαν με θαυμασμό οι φιλοσοφικοί κληρονόμοι του Mach και ο Κύκλος της Βιέννης και παρείχε μεγάλη ώθηση στη φιλοσοφία του, η οποία είχε αρχίσει να

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

παρακμάζει, και το έργο θεωρήθηκε ως μια ανάπτυξη της φιλοσοφικής άποψης και νίκη επί της μεταφυσικής των απολύτων στις αντιλήψεις του χώρου και του χρόνου.

Μέσα στο έργο, ωστόσο υπάρχουν προαισθήσεις ότι οι αισθητηριακές εμπειρίες, στο μεταγενέστερο έργο του Einstein, δε θα θεωρούνται ως τα κύρια δομικά στοιχεία του «κόσμου», ότι οι νόμοι της ίδιας της φυσικής, οι οποίοι δημιουργούνται και ενσωματώνονται στον κόσμο των γεγονότων θα αποτελέσουν τη δομή που «κυβερνά» το πρότυπο των γεγονότων. Όμως τέτοιο πρόδρομοι ακόμη νωρίτερα σε επιστολές του Einstein, όπως αυτή προς τον φίλο του Marcel Grossmann στις 14 Απριλίου 1901, στην οποία αναφέρει ότι είχε ανακαλύψει μια σύνδεση μεταξύ Νευτώνειων δυνάμεων και δυνάμεων έλξης μεταξύ μορίων. Υπάρχει μια υπόδειξη μεγάλης αξίας που αποδίδεται στη διαίσθηση και φαίνεται να είναι περιορισμένος ο ρόλος της αισθητικής εμπειρίας. Όμως, ακόμη ούτε ο ίδιος ο Einstein, δεν μπορούσε να αντιληφθεί τη συνολική εικόνα και μέσα στο πλαίσιο του θετικισμού ξεκίνησε την ιερή του αποστολή, όπως ο ίδιος ομολόγησε στον Mach.

4.3.2. Η αλληλογραφία Einstein-Mach

Η αλληλογραφία μεταξύ των Einstein και Mach, έχει διασωθεί εν μέρει διότι έχουν βρεθεί κάποια γράμματα, όλα απευθυνόμενα από τον Einstein προς τον Mach. Η αλληλογραφία μεταξύ τους από το 1909 έως το 1913, μαρτυρά την έλξη του Einstein για τις απόψεις του Mach. Αυτή ήταν μια περίοδο, όπου ο Mach ήταν πασίγνωστος και πανίσχυρός ενώ ο Einstein, νεότερος σε ηλικία, μόλις είχε αρχίσει να γίνεται γνωστός για το έργο του. Ο Mach έγραψε το 1909 για τη θεωρία της σχετικότητας στη δεύτερη έκδοση του βιβλίου του «Διατήρησης της Ενέργειας» ότι αποδέχεται αυτή τη θεωρία, η οποία υποστηρίζεται από τη δική του Μηχανική. Στην πρώτη επιστολή του ο Einstein στις 9 Αυγούστου 1909, τον ευχαριστεί για το βιβλίο, προσθέτει ότι γνωρίζει πολύ καλά το έργο του και τις επιστημονικές του δημοσιεύσεις και του αναγνωρίζει την ισχυρή επιρροή του στις νεότερες γενιές όλων των φυσικών ακόμη σε αυτούς που θεωρούν τον εαυτό τους αντίπαλο του, όπως ο Planck.

Ο Planck ήταν ο πρώτος προστάτης του Einstein στους επιστημονικούς κύκλους. Ως εκδότης του «Annalen der Physik» έλαβε το έγγραφο της εργασίας Einstein και πραγματοποίησε ένα σεμινάριο ανασκόπησης αυτής της εργασίας στο Βερολίνο. Αυτός

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

υπερασπίστηκε το έργο του από την αρχή και μέχρι το 1913 είχε επιτύχει να προσκαλέσουν τον Einstein στον Κάιζερ Wilhelm-Gesellschaft στο Βερολίνο. Ο Planck με το δοκίμιο του "Against the New Energetics" το 1896, αποτελούσε ξεκάθαρο ένα πολέμιο του Mach. Για τον Planck βασικός στόχος της επιστήμης είναι *«η διαπίστωση μιας σταθερής παγκόσμιας εικόνας, η οποία είναι ανεξάρτητη από τη διακύμανση του χρόνου και των ανθρώπων»* ή, γενικότερα, *«η πλήρης απελευθέρωση της φυσικής εικόνας από την ατομικότητα των ξεχωριστών διανοήσεων»* (Planck, 1908, Die Einheit des physikalischen Weltbildes). Ο Einstein προσπάθησε με υπονοούμενα να διαχωρίσει τη θέση του από αυτή του Planck. Δεν είναι τυχαίο και το γεγονός ότι μέχρι το 1906 ο Einstein, ο οποίος είχε ενστάσεις για την ασυνέπεια στην κβαντική θεωρία του Planck, ετοίμαζε μια δική του επιστημονική εργασία ύστερα από πρόσκληση για την 81^η συνάντηση Naturforscherversammlung στο Σάλτσμπουργκ το Σεπτέμβριο του 1909. Η επιστημονική μελέτη του Einstein αφορούσε μια αναθεώρηση της θεωρίας του Maxwell για να προσαρμόσει τον πιθανολογικό χαρακτήρα της εκπομπής φωτονίων, την οποία δεν αποδεχόταν ο Planck. Στην επιστολή, κατέληξε ότι ένα αποδεχτείς τη θεωρία του Planck θα πρέπει να μην αποδεχτείς τις βάσεις της θεωρίας για την ακτινοβολία (1905).

Η απάντηση του Mach στο πρώτο γράμμα του Einstein έχει πλέον χαθεί, αλλά πρέπει να έχει φθάσει γρήγορα, διότι στις 17 Αυγούστου, μόλις οκτώ μέρες αργότερα ο Einstein στέλνει μια επιβεβαίωση. Αναφέρει ότι η φιλική επιστολή του Mach τον χαροποίησε και είναι ικανοποιημένος διότι ο Mach ήταν ευχαριστημένος με την θεωρία της σχετικότητας, ενώ τελειώνει το γράμμα με την αποφώνηση ότι παραμένει μαθητής του.

Η επόμενη επιστολή του Einstein γράφτηκε ως καθηγητής φυσικής στην Πράγα, όπου ο Mach κατείχε τη θέση πριν από αυτόν ήταν για είκοσι οκτώ χρόνια. Η θέση είχε προσφερθεί στον Einstein με βάση τις συστάσεις του από μια παράταξη (Lampa, Pick), οι οποίοι θεωρούνταν πιστοί των αρχών του Mach. Η επιστολή στάλθηκε για την Πρωτοχρονιά 1911-12, ίσως λίγο πριν ή μετά τη μοναδική και όχι πολύ επιτυχημένη επίσκεψη στο Mach, σύμφωνα με την αφήγηση του P. Frank στο Einstein, His Life and Times. Σε αυτή γίνεται αναφορά από τον Einstein για τη στάση του Planck τόσο απέναντι στη θεωρία της σχετικότητας, όσο και για τη στάση απέναντι στον Mach και την αρχή του, η οποία ήταν στο επίκεντρο της αναπτυσσόμενης θεωρίας. Ο Mach απάντησε στέλνοντας στον Einstein ένα αντίγραφο ενός από τα βιβλία του, πιθανότατα του «Ανάλυση των Αισθήσεων».

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Το τελευταίο από αυτά τα γράμματα προς τον Mach, ο οποίος ήταν ήδη εβδομήντα πέντε ετών και παράλυτος, το γράφει ο Einstein στις 25 Ιουνίου 1913 από τη Ζυρίχη. Τον ενημερώνει για τη νέα του δημοσίευση σχετικά με τη Σχετικότητα και τη Βαρύτητα και στην επόμενη έκλειψη ηλίου, το επόμενο έτος, πρόκειται να αποδειχθεί αν οι φωτεινές ακτίνες κάμπτονται από τον ήλιο, δηλαδή θα διαπιστωθεί η ισχύς της βασικής και θεμελιώδης υπόθεσης της ισοδυναμίας της επιτάχυνσης του πλαισίου αναφοράς και του βαρυτικού πεδίου. Με την επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης, τότε οι κριτικές του Mach στα θεμέλια της μηχανικής δικαιώνονται παρά την άδικη κριτική του Planck.

4.3.3. Η απόκλιση

Η επιστολή του 1913 ήταν η τελευταία μεταξύ τους, όμως οι δηλώσεις του Einstein, τόσο ιδιωτικές όσο και δημόσιες συνεχίζονται για αρκετά χρόνια και αναφέρουν την προσήλωση του στις ιδέες και αντιλήψεις του Mach. Το 1916 δημοσιεύτηκε το εγκώμιο του Mach. Τον Αύγουστο 1918, στο γράμμα του προς τον φίλο του Besso, γράφει αυστηρά για ένα έλλειμμα στη θετικιστική επιστημολογία του και αναφέρει ότι μια αξιόπιστη θεωρία πρέπει να βασίζεται σε γενικευμένα γεγονότα. Αναφέρει παραδείγματα παλαιότερων θεωριών και αξιωμάτων, τα οποία έχουν εμπειρικές βάσεις. Από αυτή την επιστολή υπάρχουν ήδη υπόνοιες απόκλισης κατά την αντίληψη της έννοιας των «γεγονότων» από τον Einstein σε σχέση με ένα υποστηρικτή του Mach. Για τον Mach, ο πρώτος νόμος του Newton, η σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός, η εγκυρότητα των εξισώσεων του Maxwell, η ισοδυναμία της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας, δεν αποτελούν «γεγονότα εμπειρίας» και έννοιες όπως η ύλη, ο χρόνος και ο χώρος αποτελούν προβλήματα, τα οποία οι φυσικοί αντιμετωπίζουν σιγά σιγά.

Σε άλλη επιστολή του Einstein στις 4 Δεκεμβρίου 1919 προς τον Paul Ehrenfest, είναι εμφανή κάποια στοιχεία της σταδιακής απόκλισης του. Σημειώνει ότι οι δυσκολίες κατανόησης της θεωρίας της σχετικότητας οφείλονται επειδή προσπαθούν να ερμηνεύσουν τις καινοτομίες με επιστημολογικές βάσεις αντί για εμπειρικές ενώ λογικά, ο Mach έπρεπε να επικροτήσει τη δια βίου καχυποψία του Einstein στα επίσημα επιστημολογικά συστήματα. Αυτό που διαπιστώνεται είναι ο σχηματισμός της πεποίθησης του Einstein για τον ουσιαστικό ρόλο της εμπειρίας στις θεμελιώδεις φυσικές θεωρίες. Ο Einstein δήλωνε, για αρκετά χρόνια μετά το θάνατο του Mach, τον εαυτό του ως μαθητή του.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Το 1921 δημοσιεύτηκε το βιβλίο του Mach «The Principles of Physical Optics» (Οι Αρχές της Οπτικής Φυσικής) πέντε χρόνια μετά το θάνατό του. Ο πρόλογος, ο οποίος είχε χρονολογία Ιούλιος 1913 δηλαδή λίγο αργότερα από την τελευταία επιστολή του Einstein και το άρθρο του για τη θεωρία της γενικής σχετικότητας, ακύρωνε την προηγούμενη άποψή του για τη θεωρία της σχετικότητας. Ανέφερε ότι από την αλληλογραφία του και από διάφορες δημοσιεύσεις θεωρείται ο πρόδρομος της θεωρίας της σχετικότητας και ο ίδιος μπορεί να υποδείξει ερμηνείες ιδεών, οι οποίες προέρχονται από το βιβλίο του. Θεωρεί αναμενόμενο οι φυσικοί και οι φιλόσοφοι να στραφούν εναντίον του, διότι ήταν προικισμένος με πρωτότυπες ιδέες σε ποικίλους τομείς της γνώσης και αρνείται ότι αποτέλεσε πρόδρομο της σχετικότητας καθώς ο ίδιος απορρίπτει τον ατομικισμό. Οι λόγοι που τον οδήγησαν στην απόρριψη της θεωρίας της σχετικότητας, είναι ο συνεχώς αυξανόμενος δογματισμός της, θεωρήσεις που βασίζονται στη φυσιολογία των αισθήσεων, επιστημολογικές αμφιβολίες και τα αποτελέσματα των πειραμάτων του. Σίγουρα, ο Einstein απογοητεύτηκε από αυτή την απόρριψη της θεωρίας της σχετικότητας από τον Mach και λίγους μήνες αργότερα σε μια διάλεξη στο Παρίσι, δήλωσε ότι ο Mach ήταν ένας καλός μηχανικός αλλά ένας αξιοθρήνητος φιλόσοφος. Αυτή η απόρριψη ήταν πολύ επώδυνη για τον Einstein, καθώς η έγκριση του Mach ήταν αυτή που επιδίωκε περισσότερο.

Εκτός όμως από τον Mach, υπήρχαν και άλλοι που απέρριψαν την θεωρία του. Ο Poincare, μέχρι το θάνατό του το 1912, αναφέρθηκε στον Einstein εγγράφως μόνο μια φορά και αυτή για να υποβάλλει ένσταση. Ο Lorentz, ο οποίος προσωπικά τον ενθάρρυνε, αλλά δεν αποδέχτηκε πλήρως τη θεωρία του. Ο Planck, ο οποίος υποστήριζε αδιάκοπα τη θεωρία της ειδικής σχετικότητας, αλλά αντιστάθηκε στις ιδέες του για την γενική θεωρία της σχετικότητας και την πρώιμη κβαντική θεωρία της ακτινοβολίας. Τέλος, ο Michelson, ο οποίος δεν πίστεψε στη θεωρία της σχετικότητας και επιπροσθέτως του ανέφερε ότι λυπάται διότι το δικό του έργο βοήθησε τη δημιουργία αυτού του «τερατουργήματος». Ο Einstein σύντομα ξαναβρήκε τη γενναιοδωρία του και προέβη σε πολλές μαρτυρίες σχετικά με την παλαιότερη επιρροή του Mach. Σε γράμμα του προς τον Besso τον Ιανουάριο του 1948 παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση της επιρροής του Mach. Αναφέρει ότι ο Mach, στο έργο του, υπερασπίστηκε την ιδέα του ότι οι αντιλήψεις προέκυψαν από την εμπειρία. Σε αυτό αναγνωρίζει την αδυναμία, ότι η επιστήμη συνίσταται σε μια απλή διάταξη εμπειρικού υλικού, χωρίς να αναγνωρίσει το ελεύθερα εποικοδομητικό στοιχείο στη διαμόρφωση των εννοιών. Συνεχίζει αναφέροντας ότι για τον Mach οι θεωρίες προκύπτουν μέσω

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

ανακαλύψεων και όχι μέσω εφευρέσεων και θεωρεί τις «αισθήσεις» όχι μόνο ως υλικό που πρέπει να διερευνηθεί, αλλά ως δομικό στοιχείο του πραγματικού κόσμου. Με αυτό τον τρόπο πίστευε ότι θα ξεπερνούσε τη διαφορά μεταξύ ψυχολογίας και φυσικής. Ο Einstein αναφέρει ότι ο Mach αν είχε αναλύσει πλήρως τις συνέπειες, θα έπρεπε να απορρίψει όχι μόνο τον ατομισμό αλλά και την ιδέα μιας φυσικής πραγματικότητας. Του αναγνωρίζει τη μεγάλη επιρροή του στη δική του εξέλιξη και τη μεγάλη εντύπωση που του έκανε το έργο του, χωρίς ωστόσο να είναι βέβαιος για το βαθμό που τον επηρέασε. Θεωρεί ότι είναι πολύ ενδιαφέρον ότι ο Mach απέρριψε με τόσο πάθος τη θεωρία της ειδικής σχετικότητας, καθώς δεν έζησε αρκετά για να προλάβει την αναπτυγμένη μορφή της θεωρίας της γενικής σχετικότητας. Σε αυτό το γράμμα αναγνωρίζει μεγαλύτερη επιρροή από τον Hume.

4.3.4. Η περαιτέρω ανάπτυξη του ίδιου του Einstein

Ο πρόλογος του Mach στο βιβλίου του δημιουργεί μυστήριο. Η καταστροφή των σημειώσεων του, από το γιο του δεν βοηθάει να γνωρίσουμε περισσότερα για τα πειράματα που έκανε, ίσως για τη σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός, για την οποία ο Mach είχε κάνει υπαινιγμούς. Είναι πολύ δύσκολο, ωστόσο να διερευνήσουμε του λόγους απόρριψης της θεωρίας της σχετικότητας από τον Mach. Βέβαια, αυτός είχε παρατηρήσει πολύ νωρίτερα, ίσως και από τον ίδιο τον Einstein, ότι αυτός απομακρυνόταν από τα όρια του εμπειροκριτισμού που ο Mach πρόσβευε. Τα στοιχεία που το υποδεικνύουν αυτό είναι πολλά, όπως το έγγραφο της θεωρίας της σχετικότητας το 1905. Ο συνδυασμός δύο διαφορετικών φιλοσοφιών της επιστήμης οδήγησαν στην επιτυχία του. Αυτές είναι η εμπειρική – λειτουργική πλευρά και η θαρραλέα εισαγωγή δύο υποθέσεων, δηλαδή της σταθερότητας της ταχύτητας του φωτός και της προέκτασης της θεωρίας της σχετικότητας σε όλους τους κλάδους της φυσικής. Αυτές οι προϋποθέσεις δεν μπορούσαν να επαληθευτούν εμπειρικά, αν και ο Einstein θεωρούσε ότι η προέλευση της θεωρίας του αυτής ήταν βασισμένη σε εμπειρικά γεγονότα. Ωστόσο τον Ιούνιο του 1933, στη διάλεξή του στην Οξφόρδη, σχετικά με τις θεωρητικές μεθόδους της φυσικής, συμβούλεψε τους ακροατές του να προσηλώνονται στις πράξεις και όχι στα λόγια των φυσικών. Συνέχισε λέγοντας ότι υπάρχει αντίθεση ανάμεσα στα εμπειρικά και ορθολογικά συστατικά της γνώσης. Η δομή των συστημάτων είναι αποτέλεσμα της λογικής, ενώ τα συμπεράσματα είναι αποτέλεσμα της εμπειρίας. Στο τέλος της διάλεξης συνοψίζει τον καθαρά πλασματικό χαρακτήρα των θεμελιωδών μεγεθών της επιστημονικής θεωρίας, κάτι που ο Mach είχε αντιληφθεί πολύ

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

νωρίτερα και τον απέρριψε ως δογματικό. Ο Einstein υποστηρίζει ότι η φύση αποτελεί την πραγματοποίηση των απλούστερων μαθηματικών ιδεών και από αυτές είναι δυνατόν να εξηγηθούν τα φυσικά φαινόμενα. Η εμπειρία μπορεί να προτείνει κατάλληλες μαθηματικές έννοιες αλλά δεν μπορεί να προκύψει ως συμπέρασμα αυτών των εννοιών.

Ο Einstein είχε αφήσει πίσω του το νεανική του πίστη στο φαινομενισμό, τον οποίο ο Mach επικροτούσε, και είχε προσχωρήσει περαιτέρω σε αντιλήψεις, οι οποίες ωρίμασαν και εξελίχθηκαν σε μεταφυσικές έννοιες. Ο ίδιος αναφέρει στις αυτοβιογραφικές του σημειώσεις ότι λίγο μετά το 1900, απελπίστηκε από την πιθανότητα ανακάλυψης των αληθινών νόμων μέσω εποικοδομητικών προσπαθειών βασισμένων σε γνωστά γεγονότα. Όσο περισσότερο προσπαθούσε τόσο περισσότερο κατέληγε στην πεποίθηση ότι μόνο η ανακάλυψη μιας καθολικής επίσημης αρχής θα οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα.

Το 1907, ο Einstein με ένα άρθρο του απάντησε σε άρθρο του εξέχοντα πειραματικού φυσικού W. Kaufmann σε γνωστό περιοδικό της Φυσικής, το οποίο ήταν το πρώτο που ανέφερε την εργασία του για τη θεωρία της σχετικότητας. Ο Kaufmann απέρριπτε κατηγορηματικά την πειραματική απόδειξη του Einstein, αναφέροντας ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν είναι συμβατά με τη θεμελιώδη παραδοχή των Lorentz-Einstemian. Βέβαια, ο Einstein δε μπορούσε να γνωρίζει ότι ο εξοπλισμός του Kaufmann ήταν ανεπαρκής και ήταν το έργο των Guye και Lavanchy, το 1916, που το επιβεβαίωσαν. Όμως ο Einstein, το 1907 έπρεπε να αναγνωρίσει ότι υπήρχε διαφορά στις μετρήσεις του Kaufmann, οι οποίες φαινόταν να είναι απαλλαγμένες από λάθη, με τις δικές του προβλέψεις και προκειμένου να αποφασισθεί εάν η θεωρία ανταποκρίνεται στα γεγονότα, πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία μετρήσεων. Η κρίσιμη διαφορά του Einstein με αυτούς που θεωρούν τον πειραματικό παράγοντα αποφασιστικό για την αποδοχή ή την απόρριψη μιας θεωρίας είναι ότι ο Einstein θεωρεί πιο σημαντικό και αντικειμενικό τον χαρακτήρα των θεωριών από μια φαινομενική διαφωνία της θεωρίας και των γεγονότων.

Όσο περνούσαν τα χρόνια τόσο ο Einstein αποδεχόταν δημοσίως τη συνέπεια μιας απλής και πειστικής θεωρίας, ως περισσότερο σημαντικής, σε σχέση με τα τελευταία αποτελέσματα από το εργαστήριο. Ο Einstein γράφει στην τέταρτη του επιστολή προς τον Mach ότι το πείραμα της έκλειψης ηλίου θα αναδείξει αν η βασική και θεμελιώδης υπόθεση της ισοδυναμίας της επιτάχυνσης του πλαισίου αναφοράς με το βαρυτικό πεδίο ισχύει. Όμως, λίγο αργότερα το Μάρτιο του 1914, στο γράμμα προς τον Besso, λίγο πριν την πρώτη αποτυχημένη παρατήρηση, αναφέρει ότι είναι πολύ ικανοποιημένος και δεν αμφιβάλει για

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

την ορθότητα του συστήματος του, είτε η παρατήρηση της έκλειψης επιτύχει, είτε όχι. Μετά την αποτυχία σχολιάζει σχετικά με την απόκλιση των μετρήσεων ότι το σημαντικό σημείο της θεωρίας είναι η μεγάλη απλοποίηση των θεωρητικών βάσεων της φυσικής στο σύνολό της. Την ίδια αναφορά κάνει η μαθήτρια του Einstein, Ilse Rosenthal-Schneider, η οποία αναφέρει στο χειρόγραφο της σχετικά με συνομιλίες με τον Einstein ότι όταν διάβαζαν ένα βιβλίο, το οποίο είχε πολλές αντιρρήσεις κατά της θεωρίας του, διέκοψε τη συζήτηση και της έδωσε ένα τηλεγράφημα από τον Eddington, το οποίο περιλάμβανε τα αποτελέσματα της έκλειψης του 1919. Αυτή ήταν χαρούμενη γιατί τα αποτελέσματα συνέπιπταν με τους υπολογισμούς του Einstein και αυτός της απάντησε ασυγκίνητος, ότι γνώριζε ήδη ότι η θεωρία του ήταν σωστή.

Το τρίτο σημαντικό σημείο στο οποίο ο Mach παρατήρησε ότι διέφεραν μεταξύ τους είναι η ανάπτυξη της θεωρίας της σχετικότητας στη γεωμετρία του χώρου τεσσάρων διαστάσεων του χωροχρονικού συνεχούς. Μέσα από τη διάλεξη για το χώρο και το χρόνο του μαθηματικού H. Minkowski, ο οποίος είχε τον Einstein φοιτητή, στις 21 Σεπτεμβρίου 1908 πολλοί επιστήμονες ασχολήθηκαν με τη θεωρία της σχετικότητας. Υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι και ο ίδιος ο Mach ενδιαφέρθηκε για τη γεωμετρία των τεσσάρων διαστάσεων και συγκεκριμένα προσκάλεσε το Philipp Frank, νεαρό φυσικό που δημοσίευε σημαντικά έργα για τη θεωρία της σχετικότητας, προκειμένου να του παρουσιάσει αυτή τη θεωρία. Τελικά, ο Mach έδωσε τη συγκατάθεσή του στη θεωρία και ανέφερε ότι το έργο του Minkowski κάνει τα εμπειρικά γεγονότα πιο ξεκάθαρα με τη χρήση των τεσσάρων διαστάσεων. Η άποψη του Minkowski για την ισοδυναμία του χρόνου με τις τρεις χωρικές διαστάσεις, έρχεται σε πλήρη συμφωνία με την άποψη του Mach για την περιγραφή των σχέσεων των φαινομένων. Ο Mach, το 1910 στην απάντησή του για την πρώτη επίθεση του Planck, ανέφερε ότι οι Lorentz, Einstein και Minkowski κινούνται πιο κοντά στα προβλήματα της ύλης, του χώρου και του χρόνου. Ενώ, το 1909 έγραφε ότι οι έννοιες του χώρου και του χρόνου δε συλλαμβάνονται ως ανεξάρτητες έννοιες αλλά ως αλληλεξαρτώμενα φαινόμενα, αλλά λίγες γραμμές παραπάνω ανέφερε ότι δε θεωρούσε σημαντικές τις πολλές διαστάσεις του χώρου.

Από τον C. B. Weinberg επισημάνθηκε ότι ο Mach είχε δυο πηγές καχυποψίας εναντίον της θεωρίας της σχετικότητας από τον Minkowski. Ο Mach θεωρούσε ότι οι θεμελιώδεις έννοιες της μηχανικής είναι προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσα στο πλαίσιο του εμπειρισμού, παρά ως ερωτήματα όπως κάνουν οι δογματικοί σχετικιστές. Κατά τη γνώμη

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

του Mach τα ζητήματα της φυσικής έπρεπε να αντιμετωπίζονταν στο ευρύτερο πλαίσιο της βιολογία, της ψυχολογίας και της φυσιολογίας. Ο Holton, διακρίνει ακόμη ένα λόγο για τον ανταγωνισμό για απόψεις όπως αυτές του Minkowski. Αν κάποιος αντιμετωπίσει ξεχωριστά τις διαστάσεις του χώρου και του χρόνου πρέπει να αναγνωρίσει το διαχωρισμό του βιωματικού χρόνου και χώρου και αυτό είναι αντίθετο με τη σχέση των αισθήσεων και της φυσικής, συνεπώς η πραγματικότητα βρίσκεται σε χωροχρονικό διάστημα τεσσάρων διαστάσεων.

Ο Minkowski στη διάλεξή του το 1908, αναφέρει ότι η γεωμετρία των τριών διαστάσεων θα αποτελεί μόνο ένα κεφάλαιο της γεωμετρίας των τεσσάρων διαστάσεων και η καινοτομία σε αυτή την θεωρία είναι ότι το κάθε χρονικό διανυσματικό στοιχείο θα αποτελείται από φανταστικά συστατικά. Για το Mach η λέξη στοιχεία έχει ένα πολύ σημαντικό και πολύ διαφορετικό νόημα, καθώς αποτελούν συμπλέγματα των αισθήσεων, τα οποία ορίζουν τον κόσμο. Η απόδοση της θεωρίας της σχετικότητας από τον Minkowski αποκάλυπτε την ανάγκη της επιστροφής από τις αρχικές έννοιες του χώρου και του χρόνου σε ένα πιο μαθηματικό και φορμαλιστικό μοντέλο, το οποίο συνδυάζει το χώρο με το χρόνο και δεν είναι αντιληπτό από τις αισθήσεις.

Αυτό αποτέλεσε μια αιτία διαχωρισμού του Einstein και του Mach, πολύ πριν το αντιληφθούν. Για τον Mach, ο βασικός σκοπός της επιστήμης ήταν περιγραφικός και οικονομικός, ενώ για τον Einstein ήταν εποικοδομητικός και διαισθητικός. Ο Mach θεωρούσε ότι αν όλα τα επιμέρους γεγονότα και φαινόμενα ήταν άμεσα προσβάσιμα στον άνθρωπο, τότε η επιστήμη δε θα προέκυπτε. Η αντίδραση του Einstein, μετά την ανακάλυψη της απόρριψης από τον Mach, ήταν στη διάλεξή του στο συνέδριο, το 1922 στο Παρίσι, να τον κατηγορήσει ότι το σύστημα του Mach εξετάζει το σύνολο των σχέσεων των δεδομένων της εμπειρίας και η επιστήμη είναι το σύνολο αυτών των σχέσεων, έτσι αυτό που ουσιαστικά κατάφερε είναι να σχηματίσει ένα κατάλογο και όχι να δημιουργήσει ένα σύστημα.

Η κριτική του Mach οδήγησε στην επαναξιολόγηση της κλασικής φυσικής, και αυτό φαίνεται να έχει ως βάση την αισθησιακή εμφάνιση για τα επιστημονικά επιτεύγματα. Ο Einstein αναγνώρισε στα πρώιμα χρόνια της δουλειάς του την επίδραση του Mach. Ο θετικισμός στην επιστήμη είναι νικητής, αλλά μόνο μέχρι ένα πολύ συγκεκριμένο όριο. Χρειάζεται να αποκοπείς από το παλιό σφάλμα και να ξεκινήσεις μια καινούρια πορεία. Ο Einstein, το κατάλαβε αυτό κατά τη μεταβατική φάση της μερικής αποδέσμευσης από τη φιλοσοφία του Mach. Την άνοιξη του 1917, ο Einstein γράφει στον Besso για ένα

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

χειρόγραφο που του είχε στείλει ο Friedrich Adler, ότι «καβαλάει το εξαντλημένο άλογο του Mach». Στις 5 Μαΐου 1917, ο Besso, πιστός στον Mach, απάντησε «*ότι το άλογο του Mach, δεν πρέπει να το προσβάλουμε διότι έκανε εφικτό το ταξίδι προς τις σχετικότητες*». Στις 13 Μαΐου 1917, η απάντηση του Einstein είναι αποκαλυπτική «*Δεν αμφισβητώ το αλογάκι του Mach, αλλά ξέρεις τι σκέφτομαι για αυτό, ότι δεν μπορεί να γεννήσει τίποτα ζωντανό, μπορεί μόνο να εξοντώσει τη ζημιογόνα παράσιτα*».

Στη συνέχεια ο Einstein όλο και πιο ανοιχτά και συνειδητά ανέτρεπε το δόγμα του Mach, και ελαχιστοποιούσε το πραγματικό ρόλο των εμπειριών στις θεωρίες του και επέλεξε τον ορθολογισμό, ο οποίος τον οδήγησε στη σύλληψη ενός αντικειμενικού, «πραγματικού» κόσμου ανεξάρτητο από τα φαινόμενα στα οποία εκτίθενται οι αισθήσεις μας.

Στο δοκίμιο του "Maxwell's Influence on the Evolution of the Idea of Physical Reality" (1931) («Η επιρροή του Μάξγουελ στην εξέλιξη της ιδέας της Φυσικής Πραγματικότητας») ο Einstein αρχίζει με την πρόταση: «*Η πίστη σε έναν εξωτερικό κόσμο ανεξάρτητο από το αντιληπτό υποκείμενο είναι η βάση κάθε φυσικής επιστήμης*», η οποία ουσιαστικά αποτελεί την κατά λέξη επίθεση του Planck προς το Mach το 1909. Κατά την περίοδο που ο Einstein ξεκίνησε το έργο του με τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, πίστευε ότι υπήρχε αγεφύρωτο χάσμα, μεταξύ των εννοιών της εμπειρίας, της λογικής, της αισθητηριακής αντίληψης και του αντικειμενικού κόσμου. Επίσης, θεώρησε ότι είναι «θαύμα» το γεγονός ότι η λογική συλλαμβάνει την πραγματικότητα και αυτή η ορολογία στη δήλωσή του θα προκαλούσε τον Mach. Παρατηρείται η αλλαγή αυτή στον Einstein, και από μια επιστολή του προς το φίλο του C. Lanczos, στις 24 Ιανουαρίου 1938, αναφέρει ότι από τον σκεπτικισμό του εμπειρισμού που αντιπροσώπευε ο Mach, λόγω του προβλήματος της βαρύτητας, μετατράπηκε σε ένα πιστό ορθολογιστή, ο οποίος αναζητά την αλήθεια στα μαθηματικά. Η εργασία του Einstein για τη θεωρία της γενικής σχετικότητας υπήρξε παράγοντας καθοριστικής σημασίας για τη γνωσιολογική του ανάπτυξη. Ο ίδιος θεωρούσε ότι ο πρώτος στόχος, της προκαταρκτικής έκδοσης της γενικής θεωρίας της σχετικότητας, η οποία δεν πληρούσε τις απαιτήσεις για τη συγκρότηση ενός κλειστού συστήματος, ήταν να συνδεθεί με ένα απλό τρόπο με τα παρατηρούμενα γεγονότα. Κατά την περίοδο αυτή ο Einstein αντιμετώπισε διλλήματα, τα οποία αντιμετώπισε θυσιάζοντας την υπεροχή των αισθητηριακών αντιλήψεων κατασκευάζοντας ένα φυσικώς σημαντικό σύστημα. Ο Einstein έπρεπε να επιλέξει ανάμεσα σε μεμονωμένες επιχειρησιακές εμπειρίες και στην ελπίδα για μια ενότητα στη βάση της φυσικής θεωρίας.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Υπάρχουν πολλές μαρτυρίες που συνδέουν τον επιστημονικό ορθολογισμό του Einstein με τις θρησκευτικές του πεποιθήσεις. Ο Einstein, πίστευε ότι η φυσική θεωρία είχε δύο ρόλους, όχι μόνο τη συλλογή των φυσικών φαινομένων και τις συνδέσεις τους, αλλά και την ερμηνεία τους ώστε να βρεθεί η επεξήγηση γιατί η φύση είναι κατ' αυτό τον τρόπο κι όχι διαφορετικά. Αυτό αποκαλύπτει ότι η θρησκευτική βάση της επιστημονικής του προσπάθειας πηγάζει από τους επιστημονικούς του προβληματισμούς. Έχει απομακρυνθεί πολύ από τον αρχικό του μέντορα το Mach και πλησιάζει προς τον ορθολογικό ρεαλισμό του Planck. Τα μη επιστημονικά γραπτά, περίπου γύρω στο 1930, του άρχισαν να αναφέρονται σε θρησκευτικές ερωτήσεις πολύ πιο συχνά από πριν. Υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ της γνωσιολογίας του, η οποία δεν χρειάζεται να επιβεβαιωθεί από τις αισθήσεις, και αυτό που αποκάλεσε «κοσμική θρησκεία» ορίζει ως *«Το άτομο αισθάνεται τη ματαιοδοξία των ανθρώπινων επιθυμιών και στόχων, και την αρχοντιά και τη θαυμάσια τάξη που αποκαλύπτονται στη φύση και στον κόσμο της σκέψης. Αυτό αισθάνεται το ατομικό πεπρωμένο ως φυλακή και επιδιώκει να βιώσει την ολότητα της ύπαρξης ως μια ενότητα γεμάτη σημασία»* (Einstein, 1930, Religion and Science).

Αυτή η αλλαγή του Einstein εξέπληξε πολλές φορές τους φίλους του. Η μεταστροφή του και η εξέλιξη του, εκ των υστέρων προκύπτει πολύ λογικά και προετοιμαζόταν από καιρό. Ο Einstein αντιλήφθηκε ότι είχε φθάσει πιο κοντά στον Planck, τον οποίο είχε απαρνηθεί σε επιστολές προς το Mach. Στα εξηκοστά γενέθλια του Planck, δύο χρόνια μετά το θάνατο του Mach, ο Einstein έδωσε μια συγκινητική ομιλία στην οποία αναφέρθηκε για πρώτη φορά δημόσια για τη διαμάχη Planck-Mach. Σε αυτή επιβεβαιώνει ότι δεν υπάρχει λογικός τρόπος για την ανακάλυψη στοιχειωδών νόμων, παρά μόνο ο τρόπος της διαίσθησης. Από το 1913 και έπειτα ως συνάδελφοι ο Einstein και ο Planck συναντιόνταν τακτικά και για αυτό υπάρχουν πολλές αποδείξεις. Στα αρχεία του Einstein βρέθηκε ένα προσχέδιο που έγραψε το 1931, ως εισαγωγή σε άρθρο του Planck για το θετικισμό και τον εξωτερικό κόσμο. Στο προσχέδιο ο Einstein επαινεί το άρθρο και συνοψίζει ότι πρέπει να προσθέσει ότι τόσο η αντίληψη του Planck για τη λογική κατάσταση των υποθέσεων καθώς και η υποκειμενική του προσδοκία σχετικά με την μετέπειτα εξέλιξη της επιστήμης ανταποκρίνονται πλήρως και στη δική του άποψη.

Αυτό το άρθρο ο Planck, "Positivism and External Reality" (1931) παρουσίασε πολύ ξεκάθαρα την άποψη του, και ίσως και του Einstein, για τη φυσική και τη φιλοσοφία. Ο Planck αναφέρει ότι, το ουσιαστικό σημείο της θετικιστικής θεωρίας είναι ότι δεν υπάρχει

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

άλλη πηγή της γνώσης εκτός από τον ευθύ και σύντομο τρόπο αντίληψης μέσω των αισθήσεων. Υποστηρίζει ότι ισχύουν οι εξής προτάσεις:

- i. υπάρχει ένας πραγματικός εξωτερικός κόσμος που υπάρχει ανεξάρτητα από τη δική μας γνώση
- ii. ο πραγματικός εξωτερικός κόσμος δεν είναι άμεσα γνωστός μαζί με τη βασική άρθρωση πάνω στην οποία στρέφεται ολόκληρη η δομή της φυσικής επιστήμης.

Σε αυτές τις προτάσεις υπάρχει αντίφαση. Αυτό το γεγονός αποκαλύπτει την παρουσία του παράλογου ή του μυστικιστικού στοιχείου που προσκολλάται στη φυσική επιστήμη και η επιστήμη δεν μπορεί να λύσει πλήρως τα προβλήματα που αντιμετωπίζει. Η επιστήμη δεν πρέπει να περιορίζει το πεδίο εφαρμογής της από γεγονότα. Το καθήκον της επιστήμης είναι να εξηγήσει τα φαινόμενα της φύσης και είναι μεταφυσικού χαρακτήρα, ο αδιάκοπος αγώνας προς την επίτευξη αυτού του στόχου.

Έκτοτε τα γραπτά των Planck και Einstein, για τα θέματα αυτά είναι δύσκολο να διακριθούν μεταξύ τους. Ο Einstein σε ένα δοκίμιο, προς τιμή του Bertrand Russell αναφέρει ότι μοιραία ο φόβος της μεταφυσικής έχει γίνει μια ασθένεια της σύγχρονης εμπειρικής φιλοσοφίας. Στα γράμματα μεταξύ του Einstein και του Besso, ο καθένας από τη μεριά του υπομονετικά επεξηγεί τη θέση του και προσπαθεί να αλλάξει την άποψη του άλλου. Ο Besso παρουσιάζει την άποψη του Mach, ενώ ο Einstein απαντά ότι τα γεγονότα δεν μπορούν να οδηγήσουν σε μια απαγωγική θεωρία και επιπλέον ότι δεν μπορούν να οδηγήσουν «τη διαίσθηση σε μια γενική αρχή» ως βάση μιας απαγωγικής θεωρίας.

Ο Holton καταλήγει ότι «Στο τέλος, ο Einstein ασπάστηκε την άποψη που πολλοί, ίσως και ο ίδιος, νόμιζε νωρίτερα ότι είχε απομακρυνθεί από τη φυσική κατά την εργασία του το 1905 για τη θεωρία της σχετικότητας ότι *«υπάρχει μια εξωτερική, αντικειμενική, φυσική πραγματικότητα την οποία μπορούμε να ελπίζουμε να κατανοήσουμε άμεσα, εμπειρικά ή λογικά, ή με απόλυτη βεβαιότητα, αλλά τουλάχιστον από ένα διαισθητικό άλμα, το οποίο καθοδηγείται μόνο από την εμπειρία του συνόλου των λογικών γεγονότων»* (Holton, 1968). Αυτά τα γεγονότα λαμβάνουν χώρα σε έναν πραγματικό κόσμο, στον οποίο ο χώρος - χρονικός κόσμος της αισθητηριακής εμπειρίας είναι χρήσιμες αντιλήψεις, αλλά τίποτα περισσότερο από αυτό.

Αυτή η αλλαγή των φιλοσοφικών πεποιθήσεως σε ένα επιστήμονα είναι σπάνιο φαινόμενο αλλά όχι πρωτοφανές. Και ο Mach είχε υποστεί μια δραματική μεταμόρφωση αρκετά νωρίς

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασσική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

από τον Καντιανό ιδεαλισμό, σε ηλικία περίπου δεκαεπτά ή δεκαοκτώ ετών, σύμφωνα με τις αυτοβιογραφικές σημειώσεις του Mach. Επίσης, ότι ο Ostwald άλλαξε δύο φορές, μία προς τον αντι-ατομισμό και μετά πίσω στον ατομισμό. Και περιέργως, ο Planck ο ίδιος ομολόγησε στην επίθεσή του το 1910 προς τον Mach, ότι στην αρχή της καριέρας του γύρω στα είκοσι του χρόνια υπήρξε κι αυτός ένας από τους οπαδούς της φιλοσοφίας του Mach.

Η αλλαγή του Einstein ήταν τόσο ολοκληρωτική και σε ένα αδημοσίευτο απόσπασμα, το οποίο προφανώς προοριζόταν ως πρόσθετη κριτική απάντηση σε ένα από τα δοκίμια της συλλογής Albert Einstein, Φιλόσοφος-Επιστήμονας (1949), γράφει τόσο καυστικά εναντίον της αντίθετης άποψης. Υποστήριξε ότι ο βασικός σκοπός της επιστήμης είναι η απελευθέρωση της εικόνας του φυσικού κόσμου από τις ατομικές και ξεχωριστές διανοήσεις. Το αξίωμά του είναι να απελευθερωθεί ο πραγματικός κόσμος από αυτό που σκέφτονται και βιώνουν τα υποκείμενα. Οι ακραίοι θετικιστές πιστεύουν ότι μπορούν να το κάνουν αυτό αλλά ο Einstein το θεωρεί ψευδαίσθηση, διότι δεν είναι πρόθυμοι να απαρνηθούν την ίδια σκέψη.

Το τελευταίο επιστημολογικό κείμενο του Einstein ήταν ότι ο κόσμος της απλής εμπειρίας πρέπει να υποτάσσεται και να βασίζεται στη θεμελιώδη σκέψη, η οποία είναι τόσο γενική που μπορεί να χαρακτηριστεί κοσμολογικό χαρακτήρα. Οι φυσικοί σήμερα, υποστηρίζει ο Holton, ότι πρέπει να ακολουθούν μια μέση πορεία ανάμεσα στην προσκόλληση της φιλοσοφίας του Mach στα εμπειρικά δεδομένα και στην αισθητική-μαθηματική προσκόλληση, ως εγγύηση της αλήθειας. Επιπλέον, η παλιά διχοτόμηση είναι μεταξύ του ορθολογισμού και του εμπειρισμού σιγά σιγά διαλύεται από νέες προσεγγίσεις.

Κεφάλαιο 5 – Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα

5.1. Ανακεφαλαίωση

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια ιστορική αναδρομή, μέσα από την οποία επιδιώκεται να συνοψισθεί η ιστορία της φυσικής επιστήμης και το κλίμα την περίοδο που έζησαν ο Mach και ο Einstein. Γίνεται αναφορά στη νευτώνεια φυσική, που κυριαρχούσε για δύο αιώνες και τα σημεία της στα οποία ο Mach άσκησε κριτική.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται ο Mach ως φυσικός, φιλόσοφος και κοινωνικός επιστήμονας. Η εποχή που έζησε ο Mach χαρακτηρίζεται από εξαιρετικές εξελίξεις στην επιστήμη και αυτό βοήθησε την πνευματική του ανάπτυξη από νωρίς. Όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή, μέχρι την εποχή εκείνη κυριαρχούσε η νευτώνεια μηχανική χωρίς καμία κριτική. Αρχικά η φυσική είχε ως βάση την ανάλυση των εμπειριών που προέρχονται από τις αισθήσεις, και με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκε και σημείωσε πρόοδο με την αφαίρεση αυτών των στοιχείων. Ο Mach θεωρείται ο πρόδρομος της επιστημονικής αλλαγής. Η κριτική του στη Νευτώνεια φυσική αφορούσε την εγκυρότητα των υποθέσεων που εισήγαγε ο Newton στο έργο του “Newton’s Principia” και αφορούσαν την αδράνεια, την εγκυρότητα του απόλυτου χώρου και του απόλυτου χρόνου. Ο Mach ήταν αντί - ρεαλιστής. Το θέμα του ατομισμού αποτέλεσε μια έντονη διαμάχη των επιστημών και ήταν αφορμή για τη δημιουργία πληθώρας θεωριών.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στο Albert Einstein και στις θεωρίες της σχετικότητας. Στην Ειδική θεωρία της σχετικότητας υπάρχουν καθορισμένες απόλυτες επιταχύνσεις και περιστροφές και οι απόλυτες κινήσεις είναι ανάλογες χωροχρονικών σχέσεων. Αυτή η θεωρία προχωράει ένα βήμα παραπέρα από τις θεωρίες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα. Εξαλείφει την απόλυτη ταχύτητα και την υπόθεση του πλαισίου αναφοράς (αδράνειας - ηρεμίας) που οδήγησε στην ύπαρξη του αιθέρα. Ο Einstein πρότεινε ότι η αρχή της σχετικότητας του Γαλιλαίου ισχύει και για την αρχή του Maxwell. Συμπέρανε ότι η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη από τη σχετική ταχύτητα της πηγής και ο απόλυτος χώρος και χρόνος του Νεύτωνα έχασαν το κύρος τους. Αυτή είναι η πρώτη επιτυχημένη θεωρία και δεν περιλαμβάνει τη βαρύτητα καθώς ήταν ασύμβατος ο τρόπος δράσης.

Την περίοδο 1905-1912 υπήρξαν πληθώρα θεωριών, οι οποίες προσπάθησαν να κάνουν συμβατές τη βαρύτητα του Νεύτωνα με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Ο χωροχρόνος

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

του Minkofski αποκαλύπτει τη δομή του χώρου και του χρόνου της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Όμως ο Einstein, από το 1907 να αντικαταστήσει αυτή τη θεωρία με μια νέα στην οποία τόσο η ταχύτητα, όσο και η επιτάχυνση θα μπορούσαν να θεωρηθούν σχετικές. Στόχος του ήταν να αφαιρέσει όλες τις απόλυτες ποσότητες κίνησης από τη φυσική και σε αυτό βοήθησε η ανακάλυψη της Αρχής της Ισοδυναμίας. Ο Einstein επέκτεινε αυτή τη θεωρία και συμπεριέλαβε όλες τις μορφές της επιτάχυνσης. Το 1915, ο Einstein δημοσιεύει τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Σε αυτή, η περιστροφή νοείται ως περιστροφή σε σχέση με ένα χωροχρόνο παρασκηνίου που ομοιάζει με το χωροχρόνο του Minkofski. Αυτή είναι η μόνη θεωρία που δεν περιλαμβάνει απόλυτα στοιχεία στις εξισώσεις της.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια συνοπτική αναφορά από απόψεις επιλεγμένων φιλοσόφων – ιστορικών της επιστήμης. Αυτοί είναι οι Elie Zahar, John Norton και Gerald Holton. Ο Zahar ισχυρίζεται ότι οι θεωρίες της σχετικότητας του Einstein παραβιάζουν βασικές αρχές της φιλοσοφίας του Mach, ότι χωρίς αυτή την παραβίαση η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας δε θα είχε δημιουργηθεί και τέλος ότι η θεωρία του Mach είναι άσχετη με την ανάπτυξη της σύγχρονης φυσικής. Ο Zahar σχολιάζει ότι ο Mach επέβαλε το θετικισμό του και πολλές φορές οι επιστήμονες αποκλίνουν από τη θεωρία στην πράξη. Στο άρθρο, ο συγγραφέας του Feyerabend, καταρρίπτει τον ισχυρισμό ότι υπάρχουν συγκρούσεις μεταξύ των θεωριών του Mach και του Einstein. Ο συγγραφέας υποστηρίζει την άποψη με τους ισχυρισμούς του ο Zahar εκδηλώνει την άγνοια του για τη θεωρία του Mach και αυτό που παρουσιάζει ο Zahar ως θεωρία του Mach, δε μπορεί να συγκριθεί με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Οι πρώιμες έρευνες του Einstein μπορούν να αποτελέσουν απόδειξη για την επιρροή του από τον Mach, ο οποίος όμως δεν αποδέχεται τη θεωρία της σχετικότητας. Όμως η κριτική δε μπορεί να μειώσει την αξία των επιτευγμάτων του Einstein.

Ο Norton αναφέρει την αναγνώριση από τον ίδιο τον Einstein της επιρροής του από την ανάγνωση των κειμένων του Mach και του Hume. Αναγνωρίζει ότι μέσα από το θετικισμό προέκυψε η θεωρία της σχετικότητας. Από το πρώτο άρθρο του Einstein το 1895 σχετικά με την πειραματική διερεύνηση για την ύπαρξη του ηλεκτροδυναμικού αιθέρα αποκαλύπτεται η ειδική σχετικότητα. Επίσης αναφέρει ότι το φαινόμενο της μαγνητοηλεκτρικής επαγωγής βοήθησε τον Einstein στην ανακάλυψή του. Όμως ο Einstein θεώρησε ότι οι έννοιες πρέπει να έχουν ως βάση την εμπειρία και αυτό εμφανίζεται σε πολλά γραπτά του. Το χρέος που αναγνωρίζει στους φιλοσόφους Mach και Hume σχετίζεται με την αποσαφήνιση των εννοιών χρόνου και χώρου. Ο Mach με την κριτική του για τον

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Απόλυτο Χρόνο θεώρησε ότι η αντίληψη του Newton δεν ερμηνεύεται από την εμπειρία, αλλά η άποψη του Einstein δεν ταυτίζεται με τις απόψεις του.

Για το Holton η σχέση ανάμεσα στους Einstein και Mach πέρασε από τέσσερα διακριτά στάδια. Αρχικά, υπάρχει η πρόωγη αποδοχή του νεαρού Einstein της φιλοσοφίας του Mach, ο οποίος κυριαρχούσε στο χώρο των επιστημών. Το δεύτερο στάδιο ήταν η σχέση μέσω της αλληλογραφίας τους. Αυτή δε σώζεται ολόκληρη, αλλά υπάρχουν κάποια γράμματα από τον Einstein προς τον Mach, τα οποία μαρτυρούν την αποδοχή των απόψεων του Mach. Το επόμενο στάδιο είναι η απόκλιση των απόψεων και η επίθεση του Mach στον Einstein. Αυτή η απόκλιση γίνεται σταδιακά όσο ωριμάζει ο Einstein, και πρώτος την αντιλήφθηκε ο Mach. Στον πρόλογο του βιβλίου του, που γράφτηκε το 1913, αλλά εκδόθηκε μετά το θάνατό του, απορρίπτει τη θεωρία της σχετικότητας. Το τελευταίο στάδιο είναι η περαιτέρω ανάπτυξη του Einstein και η απομάκρυνσή του από τη φιλοσοφία του Mach. Οι αντιλήψεις του ωρίμασαν και εξελίχθηκαν και για τον Einstein ο χαρακτήρας μιας θεωρίας είναι πιο σημαντικός σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα. Ο Einstein από τον σκεπτικισμό του εμπειρισμού που εκπροσωπούσε ο Mach, κατέληξε σε ένα ορθολογιστή που αναζητά την αλήθεια στα μαθηματικά. Η εργασία του για την γενική θεωρία της σχετικότητας επηρέασε πολύ την ανάπτυξή του.

5.2. Συμπέρασμα

Ο Einstein, μελέτησε το έργο του Mach, κατά τα φοιτητικά του χρόνια. Το έργο του “The Science of Mechanics” (Η επιστήμη της μηχανικής) αποτέλεσε μια κριτική στο έργο “Principia” του Newton. Σε αυτό ο Mach είχε ως στόχο την εξάλειψη των μεταφυσικών ιδεών από την επιστήμη, όπως ο ίδιος δήλωσε στον πρόλογο της πρώτης του έκδοσης. Ο Mach είχε καθιερωθεί κυρίως στο γερμανόφωνο κόσμο και η επιρροή του ήταν τόσο μεγάλη και ευρεία, σε πεδία όπως είναι η φυσική, η ψυχολογία, η φιλοσοφία και η ιστορία της επιστήμης, και αποτέλεσε τον πατέρα ενός επιστημονικού κινήματος, ενώ τα προβλήματα που αντιμετώπιζε η φυσική εκείνη την εποχή ενίσχυσαν τη φιλοσοφική στάση του Mach. Οι έννοιες του «αιθέρα», της ύλης και του ηλεκτρισμού δεν ήταν εφικτό να ερμηνευτούν με τις θεωρίες της κλασικής φυσικής. Συνεπώς, η κριτική που άσκησε ο Mach, χωρίς να σταθεί κάποιος στις λεπτομέρειες προξένησε μεγάλη εντύπωση και επηρέασε τον τρόπο σκέψης των φυσικών εκείνης της εποχής.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Ο νόμος του Newton για τη βαρύτητα, ήταν σημαντικός διότι σε ένα τύπο ενσωμάτωνε τη δύναμη της βαρύτητας, η οποία είναι ανάλογη των μαζών των σωμάτων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή του ηλιοκεντρικού μοντέλου του γαλαξία μας, για την ερμηνεία του παλιρροϊκού φαινομένου και τις συγκρούσεις των γαλαξιών στο σύμπαν. Όμως αποτύγγανε να ερμηνεύσει την τροχιά του Ερμή γύρω από τον ήλιο.

Το 1905, αποτέλεσε μια χρονιά ορόσημο για τη σύγχρονη φυσική. Ο Einstein εξέδωσε τέσσερα άρθρα για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, την κίνηση Brown, τον τύπο ισοδυναμίας μάζας – ενέργειας και της ειδική θεωρία της σχετικότητας. Ο Einstein με τη διατύπωση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας ουσιαστικά συμπλήρωσε τους νόμους του Newton, προκειμένου να ισχύουν για ταχύτητες ίσες ή και μεγαλύτερες από αυτή του φωτός. Ανέφερε ότι *«όλοι οι νόμοι της Φύσης είναι αναλλοίωτοι κάτω από τους νέους αυτούς μετασχηματισμούς και παίρνουν την ίδια μορφή σε όλα τα αδρανειακά συστήματα, και η ταχύτητα του φωτός είναι ίδια για όλους τους αδρανειακούς παρατηρητές.»* (Einstein, 1905, “On the Electrodynamics of Moving Bodies”). Με τον τρόπο αυτό ο Einstein ανέδειξε ότι για φυσικά μεγέθη, τα οποία θεωρούνταν αναλλοίωτα όπως είναι η μάζα, ο χρόνος και άλλα, οι ποσότητές τους είναι σχετικά μεγέθη. Και αντιθέτως, οι νόμοι των φαινομένων είναι αναλλοίωτοι σε οποιοδήποτε αδρανειακό σύστημα αναφοράς, απορρίπτοντας την ύπαρξη του «αιθέρα».

Οι επικρατούσες θεωρίες πριν τον 20^ο αιώνα θεωρούσαν ότι ο χώρος και ο χρόνος είναι απόλυτοι και μέσα σε αυτό το πλαίσιο κινείται η ύλη, ενώ η φυσική έπρεπε να περιγράψει την αλληλεπίδραση των σωμάτων και τα είδη της κίνησης. Με την ανάπτυξη τα Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας οι έννοιες του χώρου και του χρόνου θεωρήθηκαν δυναμικές και ο Einstein τις αντιμετώπισε ως αναπόσπαστες μεταξύ τους και δημιούργησε την έννοια του «χωροχρόνου». Ο χωροχρόνος αποτελεί το συνδυασμό του τρισδιάστατου χώρου σε συνδυασμό με την έννοια του χρόνου και έχει τρεις χωρικές διαστάσεις και μια χρονική. Αυτός ο χωροχρόνος στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας είναι καμπύλος, καθώς δέχεται την επίδραση της ύλης. Αυτή η καμπυλότητα έχει επίδραση στη συμπεριφορά της ύλης. Οι υπολογισμοί του Einstein υπολόγισαν σωστά την κίνηση όλων των πλανητών ακόμη και του Ερμή. Ο Wheeler αναφέρει για τη θεωρία της Γενικής Σχετικότητας ότι *«η ύλη λέει στο “χωροχρόνο” πως να καμπυλωθεί και ο “χωροχρόνος” λέει στην ύλη πώς να κινηθεί»*.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

Όσο η επιστήμη του ηλεκτρομαγνητισμού αναπτυσσόταν, τόσο περισσότερο κλονιζόταν το μοντέλο του Newton. Οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στην κλασική φυσική και στο χωροχρόνο είναι:

- Για το Newton και την κλασική φυσική ένα σώμα, στο οποίο δεν επιδρά καμία δύναμη κινείται σε ευθεία γραμμή, ενώ για τον Einstein και το χωροχρόνο, οι ευθείες γραμμές κάμπτονται.
- Για το Newton και την κλασική φυσική η βαρύτητα είναι δύναμη, ενώ σύμφωνα με την Γενική θεωρία της σχετικότητας η βαρύτητα αποτελεί το αποτέλεσμα της ύλης στο χωροχρόνο.

Οι ιδέες του Mach είχαν βαθιά επιρροή στον Einstein όταν ήταν μαθητής. Διαμόρφωσαν τη σκέψη του για το χώρο και το χρόνο και βοήθησαν να ξεκινήσει μια νέα εποχή της φυσικής. Αυτή η επιρροή διακρίνεται μόνο εάν κάποιος αγνοήσει τις τεχνικές λεπτομέρειες και κοιτάξει το ευρύτερο πλαίσιο. Ο Einstein ασχολείται με την επεξήγηση φαινομένων όπως της ηλεκτρικής επαγωγής, τις θεωρίες του αιθέρα. Ο Einstein, θεωρεί ως βασικά γεγονότα τις υποθέσεις που έθετε ο Lorentz, ενώ για τη δομή της ακτινοβολίας δεν ξεκινά από τη βασική θεωρία όπως έκανε ο Planck αλλά από εμπειρικά επαρκείς νόμους, πάνω στους οποίους αναπτύσσει τις συνέπειές τους, δηλαδή χρησιμοποίησε την αντίστροφη διαδικασία από τον Planck. Ο Einstein και ο Mach έχουν κοινό στοιχείο ότι ενδιαφέρονται για θεωρίες που καλύπτουν πολλά φαινόμενα χωρίς υποθέσεις για λεπτομέρειες.

Αναμφίβολά ο Einstein αποτέλεσε έναν από τους πιο μεγάλους και αναγνωρισμένους φυσικούς όλων των εποχών. Το έργο του έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ιστορία της φυσικής επιστήμης. Ο τύπος του ($E=mc^2$) για την ισοδυναμία της μάζας με την ενέργεια, ο οποίος προκύπτει από τη θεωρία της σχετικότητας, είναι η πιο γνωστή εξίσωση στο κόσμο και το όνομά του είναι συνώνυμο της ιδιοφυΐας. Η επιρροή του Mach ήταν σημαντική και ίσως του ενέπνευσε ένα διαφορετικό τρόπο σκέψης. Η αμφισβήτηση και η κριτική, ήταν συνυφασμένες με το χαρακτήρα του.

Πολλοί έχουν προσπαθήσει να σκιαγραφήσουν την προσωπικότητά του και να αναλύσουν το βαθμό της επιρροής του από διάφορους φιλοσόφους και φυσικούς επιστήμονες, όπως ο Mach, ο Hume και ο Planck. Η φιλοσοφία του για την επιστήμη ήταν η σύνθεση πρωτότυπων στοιχείων, τα οποία αντλούσε από πολύ διαφορετικές πηγές. Η φιλοσοφική σκέψη του συνέβαλε στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων. Είναι σημαντικές οι σχέσεις

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

του με άλλους φιλοσόφους της επιστήμης και οι επιρροές του από και σε αυτούς. Ο Einstein δεν ήταν φιλόσοφος και για το λόγο αυτό τα κείμενά του δε χαρακτηρίζονται από συνοχή και συνέχεια. Ήταν ρεαλιστής και αποδεχόταν ότι υπάρχει μια πραγματικότητα, η οποία δεν εξαρτάται από τη συνείδηση και θεωρούσε ότι η επιστήμη έπρεπε να ανακαλύψει τους νόμους της φυσικής για αυτήν την πραγματικότητα. Προσέφερε στη φυσική επιστήμη πολύ μεγάλη ώθηση και αυτή η συνεισφορά του αναγνωρίστηκε με την απόκτηση του βραβείου Νόμπελ Φυσικής το 1921.

Ο Mach ήταν μία ολοκληρωμένη προσωπικότητα της παγκόσμιας επιστήμης. Διάσημος για τόσο για τη σχολαστικότητα και την ακρίβεια του, όσο και για τις χειρωνακτικές του ιδιότητες. Σκληρός πολέμιος του αντισημιτισμού και του άκρατου εθνικισμού. Αρνήθηκε την ύπαρξη του Θεού και την έννοια του απόλυτου χρόνου του Νεύτωνα. Ως σχετικιστής πρέσβευε ότι καμία επιστημονική θεωρία δεν είναι αποδεκτή αν δεν επαληθεύεται εμπειρικά. Η πρόοδος της ατομικής θεωρίας έδειξε αργότερα το λάθος που είχε κάνει ασκώντας της σφοδρή κριτική, ωστόσο, σύμφωνα και με τα λόγια του ίδιου «τα λάθη ορισμένων ανθρώπων, έχουν συχνά πολύ πιο καρποφόρες συνέπειες από τις ανακαλύψεις των άλλων».

Βιβλιογραφία

- Blackmore, John T., 1972, "Ernst Mach; his work, life, and influence", Berkeley: University of California Press.
- Dorling, J., 1978, "Did Einstein need General Relativity to solve the Problem of Space? Or had the Problem already been solved by Special Relativity?" *British Journal for the Philosophy of Science*, 29: 311–323.
- Einstein, Albert, 1905, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper," *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921; trans. as "On the Electrodynamics of Moving Bodies" in H. A. Lorentz et al., *The Principle of Relativity*. Dover, 1952, pp. 37-65.
- Einstein, Albert, 1916, "Ernst Mach," *Physikalische Zeitschrift*, 17, pp. 101-104; *Papers*, Vol. 6, Doc. 29
- Einstein, Albert, 1917 *Über die spezielle and die allgemeine Relativitätstheorie* (Gemeinverständlich). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn; *Papers*, Vol. 6, Doc. 42. 15th expanded edition, trans. R. W. Lawson, *Relativity: the Special and the General Theory*. London" Methuen, 1954.
- Einstein, Albert, 1917. "Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie," *Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte* (1917), 142-152; trans. As "Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity," in H. A. Lorentz et al., *The Principle of Relativity*. Dover, 1952, pp. 175-188.
- Einstein, Albert, 1920, "Fundamental Ideas and Methods of the theory of Relativity, Presented in Their Development," *Papers*, Vol. 7, Doc. 31.
- Einstein, Albert, 1930, "Religion and Science," written for *The New York Times Magazine*, 9 November 1930; cf. *Mein Weltbild*, p. 39, and "Cosmic Religion" (*New York*, 1931), p. 48.
- Einstein, Albert, 1949, "Autobiographical Notes. P. A. Schilpp", trans. and ed., La Salle and Chicago: Open court, 1979; reprinted and corrected from P. A. Schilpp, ed., "Albert Einstein: Philosopher-Scientist." Evanston, IL: Library of Living Philosophers.
- Einstein, Albert, 1949, "Remarks Concerning the Essays Brought Together in this Co-operative Volume" (Running Heading: "Reply to Criticisms") in P. A. Schilpp, ed., "Albert Einstein: Philosopher-Scientist." Evanston, IL: Library of Living Philosophers.
- Feyerabend, Paul, 1980, "Zahar on Mach, Einstein and Modern Science", *The British Journal for the Philosophy of Science* Vol. 31, No. 3 (Sep., 1980), pp. 273-282
- Herneck, Friedrich, 1966, "Zwei Tondokumente Einsteins zur Relativitätstheorie," *Forschungen und Fortschritte*, 40, pp. 133-35
- Holton, Gerald, 1968, "Mach, Einstein, and the Search for Reality", *Daedalus* 97 (2), *Historical Population Studies* (Spring, 1968): 636-673
- Infeld, Leopold, 1950, "Albert Einstein: His Work and Its Influence on Our World", New York: Charles Scribner's Sons.

Η φιλοσοφική κριτική του Mach στην κλασική μηχανική και η επιρροή της στην
ανάπτυξη της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Einstein

- Mach, E., 1883, "The Science of Mechanics: A critical and Historical Account of its Development." Trans. by T. J. McCormack, La Salle: Open Court, 1960.
- Mach, E., 1903, "The Analysis of Sensations and the Relation of the Physical to the Psychological." Trans. by C. M. Williams, La Salle: Open Court, 1984.
- Mach, E., 1903, "Space and Geometry in the Light of Physiological, Psychological and Physical Inquiry". Trans. by T. J. McCormack, La Salle: Open Court, 1960.
- Mach, E., 1908, "Knowledge and Error—Sketches on the Psychology of Enquiry." Trans. By T. J. McCormack & P. Fouldes, Dordrecht: D. Reidel, 1976.
- Mach, E., 1910, "The Guiding Principles of My Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by My Contemporaries." In S. Toulmin [1970].
- Maudlin, T., 1990, "Substances and Space-Time: What Aristotle would have Said to Einstein," *Studies in History and Philosophy of Science*, 21(4): 531–561.
- Maudlin, T., 1993, "Buckets of Water and Waves of Space: Why Space-Time is Probably a Substance," *Philosophy of Science*, 60: 183–203.
- Norton, John D., 2004, "How Hume and Mach Helped Einstein Find Special Relativity", Prepared for M. Dickson and M. Domski, eds., *Synthesis and the Growth of Knowledge: Essays at the Intersection of History, Philosophy, Science, and Mathematics*. Open Court,
- Planck, Max, 1908, "Die Einheit des physikalischen Weltbildes", Lecture delivered on December 9th, 1908 in the natural science faculty of the student corps at the University of Leiden
- Planck, Max, 1909, "The Unity of the Physical World picture," in Toulmin [1970]
- Planck, Max, 1910, "On Mach's Theory of Physical Knowledge". in Toulmin [1970].
- Planck, Max, 1931, "Positivism and External Reality," *The International Forum*, Vol. 1 (Berlin 1931), Nos. 1-2, pp. 15-16. Emphasis in original.
- Toulmin, S., 1970, "The Guiding Principles of My Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by My Contemporaries." In *The Philosophy of Bertrand Russell*, ed. P. Schilpp (Evanston, 1944), p. 289.