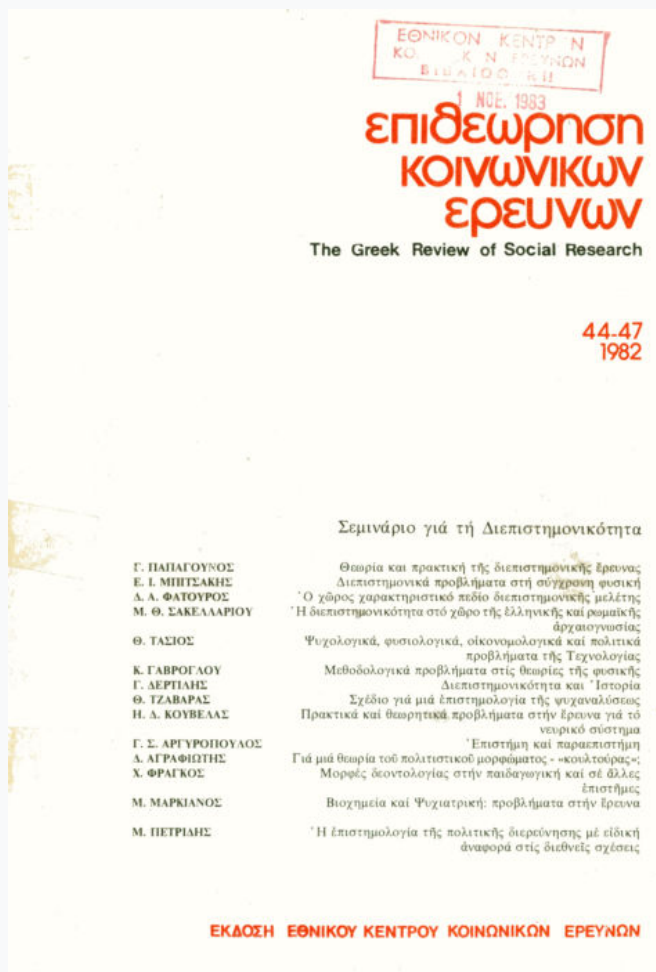


The Greek Review of Social Research

Vol 44 (1982)

44-47



Διεπιστημονικά προβλήματα στη σύγχρονη φυσική

Ευτύχης Ι. Μπιτσάκης

doi: [10.12681/grsr.525](https://doi.org/10.12681/grsr.525)

Copyright © 1982, Ευτύχης Ι. Μπιτσάκης



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

To cite this article:

Μπιτσάκης Ε. Ι. (1982). Διεπιστημονικά προβλήματα στη σύγχρονη φυσική. *The Greek Review of Social Research*, 44, 10–25. <https://doi.org/10.12681/grsr.525>

Διεπιστημονικά προβλήματα στή σύγχρονη φυσική

Ευτύχης Ι. Μπιτσάκης *

Ἡ φυσική εἶναι κατεξοχὴν φιλοσοφικὴ ἐπιστήμη. Στὶς ὀριακὲς τῆς περι-
οχῆς θέτει καὶ ἀντιμετωπίζει προβλήματα, τὰ ὁποῖα, σέ ἓνα ἄλλο ἐπίπεδο καὶ
μέ ἄλλη γλῶσσα, ἀποτελοῦν θεμελιώδη ὄντολογικὰ ἐρωτήματα. Τέτοια, π.χ.,
εἶναι τὰ προβλήματα τοῦ χώρου, τοῦ χρόνου, τῆς αἰτιότητας, τῶν δομῶν τῆς
ύλης, καθὼς καὶ τὰ προβλήματα τῆς ἀστροφυσικῆς καὶ τῆς κοσμολογίας. Ἄλ-
λά καὶ ἡ ἔρευνα εἰδικῶν προβλημάτων σέ περιοχὲς αἰχμῆς παρουσιάζει γενι-
κότερο ἐπιστημολογικὸ, γνωσιοθεωρητικὸ καὶ ὄντολογικὸ ἐνδιαφέρον. Ἡ
φυσική, ἐξ ἄλλου, συνδέεται ὀργανικὰ μέ ὅλες τὶς φυσικὲς ἐπιστῆμες (χημεία,
βιολογία κ.ἄ.). Ἐτσι, ἡ εἰδικὴ ἔρευνα στή φυσική συνδέεται ἐνδογενῶς μέ ἐπι-
στημολογικά, διεπιστημονικά καὶ φιλοσοφικά ἐρωτήματα.

Ἡ εἰσήγησή μου θά ἔχει τὴν ἀκόλουθη διάρθρωση: Πρῶτα θά ἐπισημαν-
θοῦν ἐπιμέρους θεμελιώδη προβλήματα πού ἀντιμετωπίζει ἡ σημερινὴ θεω-
ρητικὴ φυσική. Στῆ συνέχεια, θά σκιαγραφηθοῦν τὰ βασικά ἐπιστημολογικά
προβλήματα πού προκύπτουν ἀπὸ τὰ προηγούμενα θεωρητικά προβλήματα.
Θά ἀκολουθήσει ἡ ἐπισήμανση ὀρισμένων διεπιστημονικῶν προβλημάτων,
πού τίθενται ἀπὸ τὴν ἴδια τὴν ἐξέλιξη τῆς φυσικῆς καὶ τῶν ἄλλων φυσικῶν
ἐπιστημῶν. Τέλος, θά ἐπισημανθοῦν ὀρισμένα ὄντολογικὰ καὶ γνωσιοθεωρη-
τικά ἐρωτήματα πού ἀνατροφοδότησαν οἱ διαδοχικὲς ἐπαναστάσεις τῆς φυσι-
κῆς: θά ἀνιχνευθεῖ, δηλαδή, ἡ φιλοσοφικὴ ἐμβέλεια αὐτῆς τῆς ἐπιστήμης.

Θά μπορούσαμε νά ποῦμε ὅτι τὰ προηγούμενα προβλήματα ἀλληλοεπικα-
λύπτονται. Ὁ ὅρος ὁμοῦς αὐτός δημιουργεῖ τὴν ἐντύπωση κάποιας στατικῆς
ἐπαλληλίας. Θά ἦταν λοιπὸν σωστότερο νά μιλήσουμε γιὰ μιὰ ἐνδογενῆ ἀλ-
ληλοσυσχέτιση, ἡ ὁποία καθορίζεται ἱστορικά καὶ μεταβάλλεται μέσα στό
χρόνο.

I. Ὅρισμένα θεμελιώδη προβλήματα τῆς σημερινῆς θεωρητικῆς φυσικῆς

Ἡ κλασικὴ φυσικὴ οἰκοδομήθηκε μέ βάση ὀρισμένες ἀρχὲς καὶ ἀξιώματα

* καθηγητῆς, τομέας φιλοσοφίας, Πανεπιστήμιο Ἰωαννίνων

(άρχη της αδράνειας, της στιγμιαίας αλληλεπίδρασης, της ανεξαρτησίας του χώρου και του χρόνου από την ύλη, της ομοιογένειας και της ισοτροπίας του χώρου και της ομοιογένειας του χρόνου) και φυσικά την έννοια του ύλικου σημείου. Οί άρχές και οί έννοιες της κλασικής φυσικής προέκυψαν από την άμεση έποπτική έμπειρία μέσα από μία μακρά αφαιρετική διαδικασία. Ή κλασική φυσική αποτέλεσε τή βάση του κλασικού ή μηχανιστικού κοσμοειδώλου, πού χαρακτηρίζεται από τήν παραδοχή του άπειρου, άπόλυτου χώρου, του παγκόσμιου χρόνου, της στιγμιαίας δράσης από άπόσταση και των άτμητων και άφθαρτων ύλικών σωμάτων.¹ Τό κοσμοείδωλο αυτό αποτέλεσε έναν άναγκαίο σταθμό στην εξέλιξη της φυσικής.² Άλλά ή ίδια ή εξέλιξη αυτής της έπιστήμης θά απέκάλυπτε και τά ιστορικά του όρια: ή ανάπτυξη του ήλεκτρομαγνητισμού θά φανέρωνε τήν άσυμβατότητα του κλασικού κοσμοειδώλου μέ τόν ήλεκτρομαγνητισμό, δηλαδή μέ τίς νομοτέλειες μιās αλληλεπίδρασης πού διαδίδεται μέ πεπερασμένη ταχύτητα.³

Ή ανάπτυξη του ήλεκτρομαγνητισμού απέκάλυψε τήν ανεπάρκεια του κλασικού κοσμοειδώλου. Οί βασικές παραδοχές της νέας σχετικιστικής φυσικής ήταν: α) Ή επέκταση της άρχης της σχετικότητας στά ήλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. β) Ή σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός σε όλα τά αδρανειακά συστήματα, ανεξάρτητα από τήν κίνησή τους κατάσταση. Άπό τά δύο αυτά αξιώματα προκύπτει ή σχετικότητα του χώρου και του χρόνου (ώς πρός τό σύστημα αναφοράς) και ταυτόχρονα ή ενότητά τους, όπως εκφράζεται στις ιδιότητες του χωροχρονικού διαστήματος. Συνέπεια της ενότητας του χώρου και του χρόνου ήταν ή περιγραφή των φαινομένων σε ένα νέο χωροχρονικό πλαίσιο: τό τετραδιάστατο σύμπαν του Minkowski. γ) Ή διεύρυνση και συγκεκριμενοποίηση της άρχης της αιτιότητας, ή όποια, μέ τήν ανάπτυξη του ήλεκτρομαγνητισμού, απέκτησε αυθεντικά φυσικό περιεχόμενο. Οί αιτιακοί καθορισμοί πραγματοποιούνται, σύμφωνα μέ τή σχετικότητα, στό έσωτερικό του κώνου του φωτός και ή χρονική συσχέτιση των γεγονότων πού συνδέονται αιτιακά έχει άπόλυτο χαρακτήρα. δ) Σε αντίθεση μέ τή μη-τοπικότητα της νευτώνειας φυσικής (πού ήταν συνέπεια της παραδοχής της στιγμιαίας δράσης από άπόσταση), ή σχετικότητα δέχεται τήν τοπικότητα των φυσικών συμβάντων, συνέπεια της πεπερασμένης ταχύτητας των αλληλεπιδράσεων. Έτσι, ή αιτιότητα και ή τοπικότητα συνδέθηκαν μέ τρόπο ένδογενή στό έσωτερικό του σύμπαντος του Minkowski. ε) Συνέπεια των προηγούμενων παραδοχών ήταν ή σχετικότητα τής μάζας, ή όποια άποδείχτηκε συνάρτηση της ταχύτητας, καθώς και ή αριθμητική αναλογία άνάμεσα στη μάζα και τήν ενέργεια. Στο τετραδιάστατο σχετικιστικό πλαίσιο, ή μάζα και ή ενέργεια αποτελούν διαφορετικές συνιστώσες ενός και μοναδικού τετραδιανύσματος: του τετραδιανύσματος όρμης-ενέργειας.⁴

1. Newton: 1) *Principia*. Univ. of California Press, 1947. 2) *Optics*. Dover Publ.

2. F. Engels, *Dialectics of Nature*, Lawrence and Wishart, London, 1934. Έλλην. μετ. Έκδ. Πολιτισμός, Άθήνα, 1958.

3. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, Dover Publ. Έπίσης, Ε. Μπιτσάκη, *Ή δυναμική του ελάχιστου*, Ι. Ζαχαρόπουλος, 1982.

4. Einstein et al., *Ibid.* Έπίσης, Ε. Bitsakis, *Physique et Matérialisme*, Editions Sociales, Paris, 1973.

Οι έννοιες της κλασικής φυσικής ήταν σύμφωνες με την άμεση αισθητηριακή εμπειρία. Η σχετικιστική φυσική, αντίθετα, είναι αντιεποπτική: οι έννοιες και οι σχέσεις της αποτελούν την άρνηση της προφάνειας των εποπτικών εννοιών. Ωστόσο, οι σχέσεις της νέας φυσικής επαληθεύτηκαν στην περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού (πού αποτέλεσε το πρώτο φυσικό της περιεχόμενο), στη φυσική των στοιχειωδών σωματιών, στην περιοχή της αστροφυσικής, καθώς και στο χώρο της τεχνολογίας (πυρηνική ενέργεια). Η ειδική θεωρία της σχετικότητας αποτελεί σήμερα μία βεβαιωμένη φυσική θεωρία, πού θά μπορούσαμε νά πούμε ότι διέρχεται την «κανονική» της περίοδο. Ωστόσο, επαλήθευση και «κανονικότητα» δέν σημαίνει άρνηση της ιστορικότητας, κι αυτό μέ δύο έννοιες. Πρώτο, σ' ολόκληρη τή μακρά «κανονική» της περίοδο, ή σχετικιστική φυσική διέφυρε τό φορμαλισμό της και έπεκτάθηκε από τόν σχετικιστικό ηλεκτρομαγνητισμό στη φυσική των στοιχειωδών σωματιών και (κατά συνέπεια) στην αστροφυσική. Καί δεύτερο, τό εντυπωσιακό οικοδόμημα της σχετικιστικής φυσικής στηρίζεται σέ έννοιες και παραδοχές, πού πιθανό θά άποδειχτούν ιστορικά σχετικές.

Πράγματι, τί σημαίνει ή έννοια της μάζας; Η μάζα είναι ιδιότητα «καθεαυτή» των σωματιών ή συνάρτηση της συνολικής μάζας του σύμπαντος, σύμφωνα μέ τήν άποψη του E. Mach; Καί τί νόημα έχει ή έννοια της μηδενικής μάζας γιά τό φωτόνιο και ποιά είναι — συνεπώς — τά όρια της άρχής της αδράνειας; Η κίνηση άποδείχτηκε έンドογενής ιδιότητα της ύλης. Άλλά τί σημαίνει ενέργεια; Καί πώς μπορεί νά κατανοηθεί ή συσχέτιση και ή αριθμητική αναλογία ανάμεσα στη μάζα και τήν ενέργεια; Καί τό σύμπαν είναι τετραδιάστατο, δηλαδή ό χρόνος είναι μονοδιάστατος, ή έχει περισσότερες από μία διαστάσεις; Καί ή ταχύτητα του φωτός είναι ή άνώτερη δυνατή στό σύμπαν ή υπάρχουν μήπως υπερφωτεινές ταχυονικές ταχύτητες; Καί πώς μπορεί νά συμβιβαστεί ή άρχή της σχετικότητας μέ τήν ένδεχόμενη μετάδοση σημάτων μέ υπερφωτεινές ταχύτητες; Τέλος, τί σημαίνει ή άρχή ότι όλες οι κινήσεις είναι σχετικές; Τό παράδοξο των «διδύμων» του P. Langevin δέν ύποδηλώνει τή δυνατότητα νά διακρίνουμε, ένδεχομένως, ποιό από τά δύο συστήματα, πού βρίσκονται σέ σχετική κίνηση, είναι «πραγματικά» άκίνητο;

Τά προηγούμενα άποτελούν πραγματικά φυσικά προβλήματα.⁵ Στην ειδική θεωρία της σχετικότητας διαπιστώνεται, γιά άλλη μία φορά, τό παράδοξο μιας θεωρίας μ' ένα ευρύ πεδίο επαληθευμένων προβλέψεων και εφαρμογών, της όποίας όμως οι βασικές παραδοχές κάθε άλλο παρά είναι σαφείς και μή άμφισβητήσιμες. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας διανύει τήν «κανονική» της περίοδο. Στην περίοδο όμως αυτή εξελίχτηκε και μέσα από τήν εξελιξη της έγιναν εκδηλα μία σειρά προβλήματα πού άπαιτούν φυσική έρμηνεία, ή ένδεχομένως μία νέα θεωρητική εξήγηση. Οι ασάφειες και τά κενά θά οδηγήσουν άραγε σέ κάποια κρίση και επανάσταση, φανερώνοντας τόν ιστορικό χαρακτήρα της θεωρίας του Einstein;

Όπως είναι γνωστό, ό Einstein δέν άρκέστηκε στην ειδική θεωρία της σχετικότητας, πού δέχεται τήν ίσοδυναμία μόνο των άδρανειακών συστημάτων

5. Βλ.-E. Bitsakis, *Ibid.*

καί περιορίζει, συνεπώς, τό *αναλλοίωτο* τῶν φυσικῶν νόμων σ' αὐτή τήν κατηγορία τῶν προνομιούχων συστημάτων. Μέ τή γενική θεωρία τῆς σχετικότητας, ὁ Einstein ἐπέκτεινε τό *αναλλοίωτο* τῶν φυσικῶν νόμων σέ ὅλα τά συστήματα ἀναφορᾶς, ἀδρανειακά καί μή. Ἡ εἰδική θεωρία τῆς σχετικότητας εἶχε σάν φυσικό περιεχόμενο τόν σχετικιστικό ἠλεκτρομαγνητισμό. Ἡ γενική θεωρία εἶναι μιά χρονογεωμετρική θεωρία τῆς βαρύτητας (Fock)⁶ καί ἀποτελεῖ μιά θεωρία γενικευμένης *μῆ σχετικότητας* (Fock, Alexandrov, Levich).⁷

Ἡ γενική θεωρία τῆς σχετικότητας ξεπέρασε τίς ἀσυμφωνίες τῆς νευτώνειας θεώριας μέ τά παρατηρησιακά δεδομένα, πρόβλεψε νέα φαινόμενα, ὅπως τήν καμπύλωση τοῦ φωτός, καί ἔδωσε μιά νέα-περιγραφή τῆς κίνησης τῶν ὑλικῶν μαζῶν, «ἀπορροφώντας» τίς δυνάμεις τῆς βαρύτητας σέ μιά ρημάνια δομή τοῦ χωρόχρονου. Ἡ νέα θεωρία μπορεῖ νά χαρακτηρητιστεῖ σάν ἡ θεωρία τῆς ἐνότητας τοῦ χώρου, τοῦ χρόνου, τῆς ὕλης καί τῆς κίνησης.⁸ Οἱ προβλέψεις τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας ἐπαληθεύτηκαν ἐπίσης σέ ἱκανοποιητικό βαθμό ἀπό τήν παρατήρηση.

Ἡ βασική δομή τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας διαμορφώθηκε ἀνάμεσα στή 1915 καί 1916 ἀπό τόν Einstein. Αὐτό δέν σημαίνει ὅτι ἀπό τότε ἡ θεωρία ἔμεινε στάσιμη. Στήν πορεία τοῦ χρόνου τέθηκαν νέα προβλήματα καί ἀναδύθηκαν νέες ἐρευνητικές περιοχές. Ὁ Einstein δέν κατόρθωσε νά ἐνοποιήσῃ τόν ἠλεκτρομαγνητισμό καί τή βαρύτητα, δηλαδή τίς δύο «κλασικές» (προκβαντικές) φυσικές ἀλληλεπιδράσεις. Ὡστόσο, σήμερα, μετά τήν ἐνοποίηση τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν καί τῶν ἀσθενῶν ἀλληλεπιδράσεων, ἔχει τεθεῖ τό πρόβλημα τῆς «μεγάλης ἐνοποίησης», δηλαδή τῆς ἐνοποίησης ὅλων τῶν φυσικῶν ἀλληλεπιδράσεων. Ἡ θεωρία τῆς βαρύτητας τοῦ Einstein προβλέπει τήν ὑπαρξη κυμάτων βαρύτητας, ὁμοίων μέ τά κύματα τοῦ φωτός. Αὐτή ἡ δυνατότητα τροφοδότησε ἐκτεταμένες θεωρητικές καί πειραματικές ἐρευνες. Τά κύματα βαρύτητας δέν ἀνακαλύφθηκαν, ἀλλά, πρῶτο, ἡ μελλοντική τους ἀνακάλυψη δέν ἀποκλείεται, καί δεύτερο, ἡ σχετική θεωρητική καί πειραματική ἐργασία ἀποτελεῖ κατάκτηση τῆς σύγχρονης φυσικῆς (ἀνάμεσα σέ ἄλλα, ἔχει προβλεφθεῖ ἡ μετατροπή τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σε βαρυτικά καί ἀντίστροφα). Ἀντίστοιχα, τέθηκε τό πρόβλημα τῆς κβάντωσης τοῦ βαρυτικοῦ πεδίου. Τό βαρυτόνιο εἶναι ἀκόμα ἕνα ὑποθετικό σωματίο. Ὡστόσο, ὑπάρχει ἤδη ἕνα τεράστιο ἐρευνητικό ἔργο μέ εὐρύτερη σημασία καί οἱ σχετικές προσπάθειες συνεχίζονται.

Ἀπό τά προηγούμενα συνάγεται ὅτι καί ἡ γενική θεωρία τῆς σχετικότητας δέν εἶναι μιά κλειστή θεωρία, πού ἔχει «ἐκκενωθεῖ» ἀπό τό στοιχεῖο τῆς ἱστορικότητας. Βέβαια, τά προηγούμενα προβλήματα δέν θέτουν σέ ἀμφισβήτηση τίς θεωρητικές παραδοχές τῆς θεωρίας, τίς ὁποῖες ἐπιχειροῦν μάλιστα νά διευρύνουν καί νά ὀλοκληρώσουν. Ὡστόσο, ὑπάρχουν θεωρίες ἢ θεωρητικές προτάσεις πού θέτουν σέ νέα φυσική βάση τό πρόβλημα τῆς βαρύτητας.

6. V. Fock, *The Theory of Space, Time and Gravitation*, Pergamon Press, 1964.

7. V. Fock, *Ibid.* A. Alexandrov, *Rech. Intern., Physique*, 4(1957). B. Levich, *Theoretical Physics*, 1, North Holland Publ. Comp.

8. Βλ. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, op. cit..

Συγκεκριμένα, υπάρχουν θεωρίες που χρησιμοποιούν μετρικές παρόμοιες με τη μετρική του Einstein, όπως η θεωρία των Dicke, Barnes και Jordan, αλλά διαφέρουν από τη θεωρία του Einstein, καθώς και απόπειρες μιάς ριζικής αναθεώρησης της σχετικιστικής θεωρίας της βαρύτητας. Πράγματι, ενώ ο Einstein προσπάθησε να «γεωμετροποιήσει» τον ηλεκτρομαγνητισμό, κατά τό πρότυπο της θεωρίας του για τη βαρύτητα, σήμερα τίθεται ακριβώς τό αντίστροφο ερώτημα: μήπως δηλαδή θά έπρεπε να «άπογεωμετροποιηθεί» ή βαρύτητα και να περιγραφούν τά σχετικά φαινόμενα με τη βοήθεια μιάς θεωρίας όμοιας με τήν ηλεκτρομαγνητική, σ' ένα χώρο Minkowski χωρίς καμπυλότητα; Μιά τέτοια θεωρία θά άνέτρεπε τίς σημερινές άντιλήψεις για τη βαρύτητα και για τίς σχέσεις χώρου, χρόνου και ύλης, και θά άνεδείκνυε τό πεδίο σε θεμελιώδη όντότητα.⁹

Άπό τίς θεωρίες του Einstein και άπό τη νεότερη μικροφυσική γεννήθηκαν δύο νέες και άλληλένδεται επιστήμες: ή άστροφυσική και ή κοσμολογία. Πράγματι, σε άντίθεση με τη νευτώνεια κοσμολογία, ή σχετικιστική κοσμολογία μπόρεσε να διαμορφωθεί σε φυσική επιστήμη. Έχουν προταθεί διάφορα κοσμολογικά πρότυπα, τά όποια προκύπτουν σάν λύσεις των εξισώσεων του Einstein (οι διαφορετικές λύσεις προκύπτουν άπό διαφορετικές παραδοχές). Άλλά τά πρότυπα αυτά είναι περισσότερο μαθηματικά μοντέλα, παρά περιγραφές της δομής και της ιστορίας του σύμπαντος. Όστόσο, ή άνάπτυξη της φυσικής των μικροσωματίων και της άστροφυσικής έδωσε συγκεκριμένο φυσικό περιεχόμενο σ' αυτά τά πρότυπα που έπαιξαν να είναι καθαρές γεωμετρικές κατασκευές και φιλοδοξούν να περιγράψουν τήν πραγματική δομή του σύμπαντος. (Τό έπικρατέστερο άπ' αυτά τά πρότυπα είναι σήμερα τό πρότυπο της διαστολής, που προϋποθέτει μιά «άρχιική έκρηξη» άπό χώρο μηδενικού όγκου με άπειρη πυκνότητα ύλης).

Έτσι, άπό τη δημιουργική συμβολή μιάς κυρίας μαθηματικής και μιάς φυσικής επιστήμης, γεννήθηκε ή νεότερη κοσμολογία. Στη γέννηση και στην εξέλιξη αυτής της επιστήμης πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ό ρόλος της παρατήρησης (και της σύγχρονης τεχνικής) που άρχίζει άπό τίς κλασικές παρατηρήσεις του Hubble και φτάνει μέχρι τά σημερινά ραδιοτηλεσκόπια, τήν άνακάλυψη νέων κατηγοριών ουρανίων σωμάτων, τήν άκτινοβολία των 3 άπόλυτων βαθμών, κτλ. Όστόσο, τό status αυτής της επιστήμης, που προέκυψε άπό τη συμβολή τόσων παραγόντων, είναι άκόμα άντικείμενο διχογνωμιών και άμφισβητήσεων.¹⁰

Άλλά ή επιστήμη που άποτελεί τό θεμέλιο όλων των κλάδων της νεότερης μικροφυσικής είναι ή κβαντική μηχανική. Η επιστήμη αυτή γεννήθηκε άπό τη μελέτη των νόμων της άκτινοβολίας και άπό τίς άνακαλύψεις στην περιοχή του άτόμου. Γύρω στό 1925 είχε όλοκληρώσει τη μαθηματική της δομή. Στη συνέχεια, άπέτέλεσε τη βάση της σχετικιστικής κβαντικής μηχανικής,

9. Βλ. V. L. Ginsburg, *Key Problems in Physics and Astrophysics*, Mir, Publ., Moscow, 1978, και J. Lequeux, στό: *La Recherche en Astrophysique*, Seuil, Paris, 1977. Για τη νεότερη κοσμολογία γενικά, βλ. J. Merleau-Ponty, *La Cosmologie du XXe siècle*, Gallimard, 1965.

10. Βλ. E. Μπισάκη, *Η δυναμική του ελάχιστου*, ορ. cit., κεφ. 4.

των κβαντικών πεδιακών θεωριών, των θεωριών των μικροσωματίων, της φυσικής του στερεού σώματος, κτλ. 'Η κβαντική μηχανική έχει επαληθευθεί άπειρες φορές, από την περιοχή των πύο άφηρημένων προβλέψεων μέχρι τις τεχνικές εφαρμογές.

Ωστόσο, τά θεωρητικά θεμέλια και αυτής της έπιστήμης άποτελούν αντικείμενο μιάς διαμάχης πού συνεχίζεται επί μισό αιώνα και περισσότερο. Πράγματι, είναι γνωστός ό πιθανοκρατικός χαρακτήρας της κβαντικής μηχανικής. 'Αλλά ή περιγραφή αυτή είναι πλήρης και όριστική; 'Ο de Broglie έθεσε ήδη στη δεκαετία του '30 αυτό τό έρώτημα και ή άπάντησή του ήταν άρνητική (θεωρία της διπλής λύσης).¹¹ Τό 1935, οί Einstein, Podolsky και Rosen έθεσαν πάλι τό ίδιο έρώτημα, και κατέληξαν στό συμπέρασμα ότι ή κβαντομηχανική περιγραφή δέν είναι πλήρης.¹² 'Από την έποχή εκείνη χρονολογούνται οί προσπάθειες γιά μιά δυναμική περιγραφή της κίνησης των μικροσωματίων μέ τήν εισαγωγή συμπληρωματικών, λανθάνουσών παραμέτρων, στην καταστατική τους έξίσωση. Τό 1952 σημειώθηκε μιά νέα καμπή στό πρόβλημα, μέ τή δημιουργία θεωριών μέ λανθάνουσες παραμέτρους (Bohm, Vigier και άλλοι),¹³ καθώς και τό 1964, όταν ό J. S. Bell απέδειξε ότι μιά θεωρία τοπική και αιτιοκρατική, του τύπου δηλαδή πού θά ήταν σύμφωνος μέ τίς αντίληψεις του Einstein, θά μπορούσε, sé όρισμένες κατηγορίες φαινομένων, νά διαψεύσει τίς προβλέψεις της κβαντικής μηχανικής.¹⁴ Τό έρώτημα τέθηκε λοιπόν στη δοκιμασία του πειράματος, τό όποιο δέν φαίνεται νά ευνοεί τήν ταυτόχρονη ισχύ της αίτιότητας και της τοπικότητας. 'Έτσι, σήμερα οί έρευνητές είναι διχασμένοι: άλλοι επιμένουν στην άντι-αιτιοκρατική και ύποκειμενική έρμηνεία της Σχολής της Κοπεγχάγης, άλλοι δέχονται τή δυνατότητα άλληλεπιδράσεων πού από τό παρόν θά προχωρούσαν πρós τό παρελθόν και από κεί θά έφταναν στό μέλλον και άλλοι άπορρίπτουν τήν τοπικότητα γιά νά σώσουν τήν αίτιότητα (Bohm, Vigier). Τέλος, μιά κατηγορία φυσικών προσπαθεί νά βεβαιώσει τήν ισχύ της τοπικότητας και της αίτιότητας, σύμφωνα μέ τίς αντίληψεις των de Broglie και Einstein.¹⁵

'Η διαμάχη πού άφορά τά έννοιολογικά θεμέλια της κβαντικής μηχανικής είναι χαρακτηριστική γιά τή φιλοσοφική έμβέλεια των έπιστημών και, αντίστροφα, τήν έπιστημολογική και γνωστική λειτουργία της φιλοσοφίας. Στην περιοχή αυτή, πράγματι, συμπλέκονται ειδικά προβλήματα φυσικής, γενικότερα προβλήματα άξιωματικής θεμελίωσης, προβλήματα μεθόδου και ευρύτερα γνωσιοθεωρητικά και όντολογικά έρωτήματα. 'Η Σχολή της Κοπεγχάγης συνδέεται ιστορικά και όργανικά μέ τή θετικιστική φιλοσοφία και γενικότερα μέ τήν ύποκειμενική και τήν ιδεαλιστική φιλοσοφία. 'Η ρεαλιστική

11. Βλ. L. de Broglie, *La physique quantique restera-t-elle indéterministe?*, Gauthier-Villars, Paris, 1953. Τοú ίδιου, *The Current Interpretation of Wave Mechanics*, Elsevier Publ. Comp., 1964.

12. Einstein, Podolsky, Rosen, *Phys. Rev.*, 47, 777(1935).

13. Βλ., π.χ., D. Bohm, *Phys. Rev.*, 85, 166 και 180 (1952).

14. Βλ. J. S. Bell, *Physics*, 1, 195(1964), και *Rev. Mod. Phys.*, 38, 447(1966).

15. 'Η βιβλιογραφία σ' αυτό τό θέμα είναι τεράστια. Γιά μιά κριτική άνάλυση, βλ. Ε. Μπιστάκη: 1) *Revue des Questions Scientifiques*, 148, 205(1977). 2) *Physique et Matérialisme* (Annexe). 3. *Τά έννοιολογικά θεμέλια της κβαντικής μηχανικής*, Ι. Ζαχαρόπουλος, θά έκδοθεί τό 1983.

σχολή, αντίθετα, δέχεται την ύπαρξη μιᾶς φυσικῆς πραγματικότητας ἀνεξάρτητης ἀπὸ τὸν παρατηρητῆ, δέχεται τὸν αἰτιοκρατικὸ χαρακτήρα τῶν φαινομένων, τὴ γνωσιμότητα τοῦ μικρόκοσμου καὶ τὸν ἱστορικό, προσεγγιστικὸ χαρακτήρα τῆς ἀλήθειας. Οἱ περισσότεροι φυσικοὶ τῆς ρεαλιστικῆς σχολῆς δέχονται, εὐρύτερα, τὴν ὕλιστική κοσμοαντίληψη. Ἡ ἔρευνα τῶν ἐννοιολογικῶν θεμελιῶν τῆς μικροφυσικῆς ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὸ παράδειγμα τῆς ἐνότητας καὶ τοῦ ἀμοιβαίου καθορισμοῦ τῶν φυσικῶν θεωριῶν, τῆς ἐπιστημολογίας καὶ τῆς φιλοσοφικῆς ἔρευνας.

Ἡ περιοχὴ, τέλος, τῆς φυσικῆς τῶν μικροσωματίων εἶναι ἀνοιχτὴ στὴ φυσικὴ, στὴν ἐπιστημολογικὴ καὶ στὴ φιλοσοφικὴ ἔρευνα.

Ἡ φυσικὴ τῶν μικροσωματίων ξεκίνησε μὲ τὴν ἀνακάλυψη τοῦ ἠλεκτρονίου, τῶν σωματίων α, τοῦ πρωτονίου καὶ ἀργότερα τοῦ νετρονίου. Μὲ τὴ μελέτῃ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας καὶ τῆ χρήση τῶν γιγάντων ἐπιταχυντῶν, ὁ ἀριθμὸς τῶν μικροσωματίων ἔφτασε τὶς μερικὲς ἑκατοντάδες. Ἔτσι, τὸ πρόβλημα τῆς κατάταξης, τῆς πρόβλεψης καὶ τῆς ἐνότητας τῶν μικροσωματίων ἔγινε θεμελιῶδες θεωρητικὸ πρόβλημα. Ἡ κατάταξη σύμφωνα μὲ τὴ μάζα (λεπτόνια, βαρυόνια, ὑπερόνια) ἀποδείχθηκε ἀνεπαρκῆς, γιατί ἡ μάζα δὲν εἶναι τὸ βασικὸ χαρακτηριστικὸ τῶν μικροσωματίων. Τὸ κύριο χαρακτηριστικὸ τους εἶναι οἱ φυσικὲς ἀλληλεπιδράσεις. Ἔτσι, μὲ βάση τὸν χαρακτηριστικὸ τύπο ἀλληλεπίδρασης, τὰ σωματῖα χωρίστηκαν σὲ λεπτόνια καὶ σὲ ἀδρόνια (τὸ φωτόνιο καὶ τὸ βαρυτόνιο δὲν ἀνήκουν σὲ καμιά ἀπὸ τὶς δύο κατηγορίες). Σὰν ἀποτέλεσμα μακρῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐρευνῶν, τὸ πρόβλημα τῆς κατάταξης καὶ τῆς ἐνότητας τῶν μικροσωματίων ἔχει σήμερα ἀπλουστευθεῖ (ἡ ἀπλούστευση γέννησε νέα θεμελιώδη προβλήματα). Πράγματι, σήμερα εἶναι γνωστὰ 6 λεπτόνια σὲ ἐλεύθερη κατάσταση, καὶ ὅλα τὰ ἀδρόνια «παράγονται» ἀπὸ 6 ὑποσωμάτια, τὰ κουάρκς, τὰ ὁποῖα δὲν παρατηροῦνται σὲ ἐλεύθερη κατάσταση. Ὑπάρχουν ἐπιπλέον τὸ φωτόνιο (κβάντο τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας), τὸ ὑποθετικὸ βαρυτόνιο (κβάντο τῆς βαρυτικῆς ἀλληλεπίδρασης), τὰ τρία ἐνδιάμεσα μποζόνια (κβάντα τῶν ἀσθενῶν ἀλληλεπιδράσεων) καὶ τὰ γλυόνια, σωματῖα μηδενικῆς μάζας, κβάντα δηλαδὴ τῶν ἀλληλεπιδράσεων ἀνάμεσα στὰ συστατικὰ τῶν ἀδρονίων, δηλαδὴ τὰ quarks.

Ἡ προηγούμενη «ἀπλοποίηση» τοῦ προβλήματος τῆς κατάταξης καὶ τῆς ἐνότητας τῶν μικροσωματίων θὰ μπορούσε νὰ θεωρηθεῖ ἱκανοποιητικὴ. Ὡστόσο, ἡ ἱστορικὴ διαδικασία πού ὀδήγησε σ' αὐτὴ τὴν «ἀπλοποίηση» δημιουργήσε, ἢ ἄφησε ἀναπάντητα, περισσότερα θέματα ἀπ' ὅσα ἔλυσε. Πράγματι, τὰ λεπτόνια εἶναι «στοιχειώδη»; Γενικότερα, ποιά εἶναι ἡ νομιμότητα τοῦ ὄρου «στοιχειώδες»; Καὶ τὰ κουάρκς καὶ τὰ γλυόνια εἶναι ὑπαρκτά; Καὶ ἂν ναί, εἶναι στοιχειώδη; Καὶ ποιά εἶναι ἡ σχέση σωματίων-πεδίων σ' αὐτὸ τὸ ἐπίπεδο; Γενικότερα, ἡ διάκριση σωματίων-πεδίων εἶναι νόμιμη; Καὶ ποιά θὰ μπορούσε νὰ εἶναι ἡ συγκεκριμένη διαλεκτικὴ τῆς διαφορᾶς καὶ τῆς ἐνότητας ἀνάμεσα στὰ πεδία καὶ τὰ σωματῖα; Ἐπίσης, οἱ φυσικὲς ἀλληλεπιδράσεις ἔχουν διαφορετικὰ χαρακτηριστικά, δροῦν μέσα ἀπὸ ἰδιαιτέρα χαρακτηριστικὰ τῶν σωματίων καὶ προκαλοῦν διαφορετικὰ φαινόμενα. Ἴδῃ ὅμως ὑπάρχουν δεδομένα, θεωρητικὰ καὶ πειραματικὰ, πού τεκμηριώνουν τὴν ἐνότητα (πού συνυπάρχει μὲ τὴ διαφορὰ) τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν καὶ τῶν ἀσθενῶν ἀλληλεπι-

δράσεων. Ἡ ἐνοποίηση αὐτὴ συνδέεται ἄμεσα μὲ τὸ πρόβλημα τῆς κατάταξης καὶ τῆς δομῆς τῶν μικροσωματίων. Μιὰ ἐνδεχόμενη «μεγάλη ἐνοποίηση» θὰ ἀνατρέψει ἀσφαλῶς πολλές παγιωμένες ἀπόψεις γιὰ τὴν ὕλη καὶ γιὰ τὴ φύση τῶν μικροσωματίων. Ἡ ἐνιαία ἀλληλεπίδραση, π.χ., δέν θὰ σέβεται τοὺς νόμους διατήρησης τοῦ λεπτονικοῦ καὶ τοῦ βαρυονικοῦ ἀριθμοῦ πού ἀποτελοῦν τὴ φυσικὴ βάση τῆς διατήρησης τῆς «ὑλῆς» τοῦ σύμπαντος (γιὰ τὴν ἀκρίβεια, τῶν μαζικῶν σωματίων, συστατικῶν τῶν ἀτόμων).

Τὸ πρόβλημα τῶν στοιχειωδῶν σωματίων καὶ τῶν φυσικῶν ἀλληλεπιδράσεων ἀποτελεῖ ἓνα ἀπὸ τὰ δύσκολα προβλήματα τῆς θεωρητικῆς φυσικῆς. Ἡ πρόοδος σ' αὐτὸ τὸν τομέα ὄχι μόνο θὰ θέσει νέα ἐπιστημονικά καὶ ἐπιστημολογικά προβλήματα, ἀλλὰ ἀσφαλῶς θὰ ἀνατρέψει τὶς ἀντιλήψεις μας γιὰ τὴν ὕλη. Οἱ συνέπειες τέτοιων ἐξελιξέων γιὰ τὴ φιλοσοφία θὰ εἶναι ἐπαναστατικές.¹⁶

II. Ἐπιστημολογικά προβλήματα πού σχετίζονται μὲ τὶς σύγχρονες φυσικὲς θεωρίες

Ἐπισημάναμε, μέσα ἀπὸ τὴ σκιαγράφηση τῆς ἀνάπτυξης τῶν νεώτερων φυσικῶν θεωριῶν, ὀρισμένα ἐπιστημολογικά καὶ φιλοσοφικά προβλήματα πού συνδέονται μὲ τὴ νεώτερη φυσικὴ. Θὰ προσπαθήσουμε τώρα νὰ συγκεκριμενοποιήσουμε περισσότερο αὐτὰ τὰ προβλήματα.

Ἐνα πρῶτο ἐρώτημα θὰ μπορούσε νὰ εἶναι τὸ ἀκόλουθο: Ποιὰ εἶναι ἡ νομιμότητα τῆς ἐπιστημολογίας τῆς φυσικῆς; Δέν θὰ ἐπιχειρήσω ν' ἀπαντήσω ἀπευθείας σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα. Θὰ θυμίσω μόνο ὅτι τὸ φυσικὸ ἔργο τοῦ Γαλιλαίου εἶναι ἀναπόσπαστο ἀπὸ τὰ προβλήματα μεθόδου καὶ τὰ γενικότερα ἐπιστημολογικά προβλήματα πού ἔθεσε καὶ πού ἔλυσε — μὲ τὸν τρόπο πού μπορούσαν νὰ λυθοῦν στὴν ἐποχὴ του. Θὰ θυμίσω ἐπίσης τὶς ἐπιστημολογικὲς παραδοχὲς καὶ συνέπειες τοῦ ἔργου τοῦ Νεύτωνα (σωμάτια, φυσικὲς ἀλληλεπιδράσεις μὲ ἄπειρη ταχύτητα, ἀπόλυτος χῶρος καὶ χρόνος), καθὼς καὶ τοῦ Maxwell (ἐνοποίηση τῆς θερμότητας, τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τοῦ μαγνητισμοῦ καὶ τῆς ὀπτικῆς, πρόβλημα τοῦ φορέα διάδοσης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάνσεων, κτλ.). Ἡ ἱστορία τῆς φυσικῆς μαρτυρεῖ γιὰ τὴ νομιμότητα τῆς ἐπιστημολογίας τῆς φυσικῆς.

Ὅρισμένα ἐπιστημολογικὰ ἐρωτήματα, πού σχετίζονται γενικότερα μὲ τὴν ἀνάπτυξη τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, εἶναι τὰ ἀκόλουθα: 1) Τὸ πρόβλημα τῆς γένεσης καὶ τῆς ἀνάπτυξης μιᾶς ἐπιστήμης, ἀπὸ τὴν ἀποψη τῶν γνωστικῶν καὶ τῶν κοινωνικῶν τῆς προϋποθέσεων. 2) Τὸ πρόβλημα τῆς διαμόρφωσης τοῦ ἐννοιολογικοῦ πυρήνα καὶ τοῦ φορμαλισμοῦ τῆς ἐπιστήμης, μὲ βάση τὸ πειραματικὸ ἢ καὶ παρατηρησιακὸ ὕλικὸ καὶ τὶς ἀντιφάσεις τοῦ προηγούμενου ἐννοιολογικοῦ πλαισίου. 3) Ἡ ἔρευνα τῆς συνεκτικότητας τῶν παραδοχῶν καὶ τῶν ἀξιωμάτων τῆς θεωρίας. 4) Ἡ ἔρευνα τῆς συνεκτικότητας καὶ τῆς ἀκρίβειας τοῦ φορμαλισμοῦ. 5) Τὸ πρόβλημα τῆς κατανόησης καὶ τῆς φυ-

16. Βλ. E. Bitsakis, *Physique et Matérialisme*, op. cit., κεφ. II, III καὶ VIII.

σικής έρμηνείας τής θεωρίας, δηλαδή τό πρόβλημα τών μορφισμών ανάμεσα στά στοιχεΐα τής φυσικής πραγματικότητας καί τίς σχέσεις τους, από τή μιά, καί τό φορμαλισμό, από τήν άλλη. 6) 'Η διερεύνηση τών γνωσιοθεωρητικών καί ιδεολογικών επιπτώσεων τής θεωρίας. 7) Ταυτόχρονα, θά μπορούσαν νά διερευνηθούν τά προβλήματα τής ανάπτυξης, τής διαφοροποίησης καί τής ένότητας τών επιστημών, τής άλληλεξάρτησης καί τής άμοιβαίας ανάπτυξης τους, καί τό πρόβλημα τής ιστορικότητας, δηλαδή τής σχετικοποίησης (μέ τήν έννοια τής διαλεκτικής) τών έννοιών.

Μιά άπόπειρα διερεύνησης τών προηγούμενων προβλημάτων, σέ σχέση μέ τήν ανάπτυξη τής φυσικής, θά ήταν άδύνατη στά πλαίσια τής σημερινής εΐσήγησης. Γι' αυτό, θά συγκεκριμενοποιήσω, μέ τή μορφή παραδειγμάτων, όρισμένες όψεις του προβλήματος.

Οί νεότερες φυσικές θεωρίες είναι κατά κανόνα άξιοματικές. Αυτό δέν σημαίνει ότι διατυπώθηκαν άνεξάρτητα από τά πειραματικά (ή παρατηρησιακά) δεδομένα καί τίς αντίφάσεις τους μέ τίς παλαιότερες θεωρίες. 'Η ειδική θεωρία τής σχετικότητας, π.χ., θεμελιώθηκε στό άξίωμα τής σταθερότητας τής ταχύτητας του φωτός. 'Αλλά: Πρώτο, τό άξίωμα αυτό ήταν, από άλλη πλευρά, πειραματικό δεδομένο καί δεύτερο ή θεωρία διατυπώθηκε σάν ύπέρβαση τής αντίφασης τών κλασικών μετασχηματισμών καί τών δεδομένων του πειράματος Michelson-Morly, καθώς καί τής αντίφασης ανάμεσα στην άπαίτηση γιά άναλλοίωτο τών ηλεκτρομαγνητικών έξισώσεων καί τούς κλασικούς μετασχηματισμούς. 'Η ειδική θεωρία τής σχετικότητας προέκυψε συνελπώς σάν ή άρση τής αντίφασης ανάμεσα στά πειραματικά δεδομένα καί τό κλασικό έννοιολογικό πλαίσιο. Αυτό δέν σημαίνει ότι ή θεωρία δημιουργήθηκε έπαγωγικά, μέ άφετηρία τά πειραματικά δεδομένα. 'Η διατύπωση της προϋποθέτει ένα νοητικό, δημιουργικό έλλα, μέσα από τό όποιο συλλαμβάνεται τό νέο έννοιολογικό πλαίσιο. Το ίδιο θά μπορούσαμε νά πούμε γιά τή γενική θεωρία τής σχετικότητας ή όποια είναι επίσης μιά άξιοματική-άπαγωγική κατασκευή πού ίκανοποίησε δύο αίτήματα: τήν άρση τών αντιφάσεων ανάμεσα στη νευτώνεια θεωρία καί τίς άστρονομικές παρατηρήσεις καί τήν άξίωση γιά άναλλοίωτο τών φυσικών νόμων σέ όποιοδήποτε σύστημα άναφοράς, άδρανειακό ή μή. 'Η κβαντική μηχανική, τέλος, είναι μιά άξιοματική θεωρία, ή όποια προέκυψε σάν ή θεωρητική σύνθεση ενός τεράστιου πραγματολογικού ύλικού, σύνθεση πού ύπερβαίνει όλα τά επιμέρους δεδομένα, έντάσσοντάς τα σέ ένα νέο θεωρητικό οικόδομημα.¹⁷

'Ωστόσο, μιά φυσική θεωρία δέν γεννιέται σάν άποτέλεσμα μόνο τών έσωτερικών αντιφάσεων τής επιστήμης. Στη γένεσή της συμβάλλει ή ιδεολογία τής έποχής καί ιδιαίτερα τών δημιουργών της, καθώς καί οι γενικότερες δυνατότητες γιά κοινωνική άποδοχή τής θεωρίας. Είναι, π.χ., γνωστός ό ρόλος τής θετικιστικής φιλοσοφίας στην ανάπτυξη τής κβαντικής μηχανικής. 'Από τήν άλλη πλευρά, ή ύπόθεση του Κοπέρνικου μπόρεσε νά διατυπωθεί στην 'Ανα-

17. Βλ. σχετικά, Α. Einstein, in Einstein et al., *The Principle of Relativity*, op. cit., 'Επίσης, Μ. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, Wiley, 1974, καί Ε. Μπιτσάκης, *Τά έννοιολογικά θέματα τής κβαντικής μηχανικής*, Ι. Ζαχαρόπουλος, θά έκδοθει τό 1983.

γέννηση, όχι τόσο επειδή τά παρατηρησιακά δεδομένα ήταν άποφασιστικά πιά πλούσια απ' ό,τι τά δεδομένα του Άρίσταρχου, όσο επειδή τό διαμορφωμένο τότε νέο ιδεολογικό κλίμα θά μπορούσε νά δεχτεί μιά θεωρία πού αντι-στρατευόταν τήν κυρίαρχη, αλλά ήδη άποσθρωμένη ιδεολογία. Άντίστροφα, μιά όρισμένη ιδεολογία μπορεί νά άποτελέσει έπιστημολογικό εμπόδιο στην άνανέωση και στην εξέλιξη τών φυσικών θεωριών. Παράδειγμα: ό άνασταλτικός ρόλος, τόσο του θετικισμού, όσο και του άπλοϊκού ύλισμού, στην άνανέωση τής κβαντικής θεωρίας.

Ή φυσική ξεπέρασε τό status τής φυσικής φιλοσοφίας και μεταλλάχθηκε σέ έπιστήμη, άπό τή στιγμή πού μόρεσε νά εκφράσει τίς φυσικές νομοτέλειες μέ τή βοήθεια ποσοτικών σχέσεων. Τά μαθηματικά, ώστόσο, δέν είναι ένα άπλό έργαλειό στά χέρια του φυσικού. Οί νόμοι τής φυσικής δέν υπάρχουν παρά μέ τή μορφή μαθηματικών σχέσεων. Έτσι, άνάμεσα στά στοιχεία τής φυσικής πραγματικότητας και τίς σχέσεις τους, άπό τή μιά, και στους φυσικούς νόμους, άπό τήν άλλη, υπάρχει ένα είδος μορφισμού: Οί αντικειμενικές σχέσεις μεταγράφονται μέ τή μορφή μαθηματικών σχέσεων. Ή συνοχή του φορμαλισμού μιάς θεωρίας είναι ή λογικομαθηματική έκφραση του νομοτελειακού χαρακτήρα τών φυσικών φαινομένων. Έτσι, τό κριτήριο τής έσωτερικής συνοχής μιάς θεωρίας δέν είναι άπλά θέμα λογικής ή μαθηματικής συνεκτικότητας.

Ή άντιστοιχία άνάμεσα στην φυσική πραγματικότητα και τή μαθηματική τής έκφραση έχει συνελπώς ένα άντίκρουσμα στην φυσική πραγματικότητα. Αυτό δέν σημαίνει ότι ή έσωτερική δυναμική τών μαθηματικών δέν μπορεί νά υπερβεί αυτή τήν άντιστοιχίη και νά δημιουργήσει νέους κλάδους, χωρίς άντίκρουσμα στον φυσικό κόσμο. Οί νέοι αυτοί κλάδοι μπορεί, ώστόσο, νά εκφρασουν κάποτε νέες, άγνωστες στην εποχή πού δημιουργήθηκαν, φυσικές σχέσεις. Αυτό, π.χ., έγινε μέ τή γεωμετρία του Riemann και τούς χώρους Hilbert. Τό άντίστροφο ισχύει σέ πολλές άλλες περιπτώσεις, όπου οί φυσικοί δημιουργήσαν τούς πρώτους πυρήνες μαθηματικών κλάδων (διαφορικός και ολοκληρωτικός λογισμός, τανυστικός λογισμός, γενικευμένες συναρτήσεις [κατανομές], κτλ.).

Ένα έπιστημολογικό πρόβλημα πού θά πρέπει έπίσης νά έπισημανθεί είναι ή ιστορική διαδικασία άνάπτυξης, διαφοροποίησης και ταυτόχρονα ένοποίησης τών φυσικών θεωριών και τών έπιστημών. Ή διαφοροποίηση προκύπτει άπό τή διεύρυνση τών έρευνητικών δυνατοτήτων και τήν οικειοποίηση έπιμέρους περιοχών τής πραγματικότητας. Ή ένοποίηση είναι ή άναπόφευκτη συνέπεια τής γενίκευσης, τής άποκάλυψης γενικότερων νομοτελειών και τής δημιουργίας θεωρητικών σχημάτων πού άποκαλύπτουν τήν ένότητα φαινομένων πού θεωρούντο άνεξάρτητα στά πλαίσια τών προηγούμενων θεωριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ή δημιουργία τών κλάδων τής θερμότητας, του ήλεκτρισμού, του μαγνητισμού και τής οπτικής μέ τήν άνάπτυξη τής φυσικής τών άρχών του 19ου αιώνα και ή ένοποίησή τους μέ τή θεωρία του Maxwell. Άλλο παράδειγμα είναι ή ανακάλυψη τών φυσικών άλληλεπιδράσεων, πού άνάγεται σέ μιά μακρά ιστορική περίοδο, άπό τόν Νεύτωνα και τόν Maxwell, τόν Yukawa και τήν ανακάλυψη τών άσθενών άλληλεπιδράσεων, και οί

σημερινές απόπειρες για την ένοποιήσή τους. Η διαφοροποίηση και η ένοποίηση είναι δυο αντίθετικές και συμπληρωματικές ιστορικές διαδικασίες. Η διαλεκτική τους ένότητα αποτελεί χαρακτηριστικό των φυσικῶν θεωριῶν.

Οι φυσικές θεωρίες, συνεπῶς, δέν ἀναπτύσσονται παράλληλα, ἀλλά μέσα ἀπό σχέσεις ἀμοιβαίου καθορισμοῦ, πού τροποποιοῦνται στήν πορεία τοῦ χρόνου. Ἡ κβαντική μηχανική, π.χ., γεννήθηκε μέ μιὰ «κβαντική» μεταγραφή τοῦ κλασικοῦ χαμιλτονικοῦ φορμαλισμοῦ. Ἡ διερεύνηση τῆς λογικῆς τῆς δομῆς ἔγινε μέ τή βοήθεια τῆς μαθηματικῆς λογικῆς καί ἔδωσε τή δυνατότητα νά ἐπισημανθοῦν ἢ καί νά ἀποκλειστοῦν ὀρισμένες φυσικές δυνατότητες. Ἡ ἔρευνα τῆς λογικῆς τῆς δομῆς, ἀντίστροφα, συνέβαλε στήν ἀνάπτυξη τῆς νεώτερης λογικῆς. Στή θεωρητική ἔρευνα γιά τήν ὑπαρξη λανθανουσῶν παραμέτρων, ἀξιοποιοῦνται τόσο οἱ φυσικές ὄψεις τοῦ προβλήματος, ὅσο καί ἡ λογική ἀνάλυση καί οἱ δυνατότητες μιᾶς προωθημένης πειραματικῆς τεχνικῆς.¹⁸ Τέλος, ἡ ἀνάπτυξη, τόσο τῆς φυσικῆς, ὅσο καί τῶν μαθηματικῶν, πραγματοποιήθηκε μέσα ἀπό μιὰ ιστορική διαδικασία ἀμοιβαίων προκλήσεων, ὅπου, ὅπως σημειώθηκε, ἄλλοτε προηγούντο τά φυσικά ἐρωτήματα καί ἄλλοτε τά μαθηματικά ὑποδείκνυαν νέες δυνατότητες στή φυσική.

Συνεπῶς, οἱ ἔννοιες τῆς φυσικῆς δέν εἶναι ἐξωϊστορικές. Τό κύριο χαρακτηριστικό τους εἶναι ἡ ιστορικότητα, ἄρα ἡ σχετικότητα, μέ τήν ἔννοια τῆς διαλεκτικῆς. Ἱστορικοί δέν εἶναι μόνο οἱ ἐπιμέρους νόμοι καί οἱ ἐπιμέρους φυσικές ἔννοιες. Ἀκόμα καί ἔννοιες καί ἀρχές καθολικές, πού ἐπανευρίσκονται στό χώρο τῆς φιλοσοφίας, ὅπως οἱ ἔννοιες τοῦ χώρου καί τοῦ χρόνου, οἱ ἀρχές τῆς διατήρησης τῆς ὕλης καί τῆς κίνησης, ἡ ἔννοια τῆς ἀντικειμενικότητας κ.ἄ., μεταμορφώνονται μέσα ἀπό τά νέα δεδομένα, διαλεκτοποιοῦνται, γίνονται ἔννοιες ἱστορικές. Ἐτσι, π.χ., οἱ ἀπόλυτες ἔννοιες τοῦ Νεύτωνα, στίς ὁποῖες ἀντιστοιχοῦσαν οἱ αἰώνιοι προεμπειρικοί τύποι τῆς αἴσθησης, μεταμορφώθηκαν στίς ἱστορικές ἔννοιες τοῦ χώρου καί τοῦ χρόνου τῆς σχετικιστικῆς φυσικῆς. Ἡ ἔννοια τῆς ἀντικειμενικότητας, αὐτονόητη γιά τήν κλασική ἐπιστημολογία, μεταλλάχθηκε ἀπό παθητική ἔννοια σέ ἔννοια διαλεκτική καί ἱστορική, ἡ ὁποία προϋποθέτει ὄχι μόνο τόν ἐνεργητικό ρόλο τοῦ υποκειμενικοῦ παράγοντα, ἀλλά καί τίς δυνατότητες τῆς ἱστορικῆς στιγμῆς· καί αὐτό χωρίς ὅποιαδήποτε ἀντιστροφή τῆς ὑλιστικῆς θέσης γιά τήν προτεραιότητα τοῦ εἶναι. Ἡ ἔννοια τῆς δυναμικῆς ἀντικειμενικότητας, σέ ἀντίθεση μέ τό πλάσμα τῆς παθητικῆς ἀντικειμενικότητας, ἀντιστοιχεῖ στά δεδομένα τῆς σημερινῆς φυσικῆς.¹⁹ Τέλος, ἡ κλασική φυσική καί ἡ κλασική χημεία δέν διαμόρφωσαν μόνο τή μηχανιστική ἀντίληψη γιά τήν ὕλη. Οἱ ἀρχές διατήρησης τῆς μάζας καί τῆς ἐνέργειας, πού διατύπωσαν αὐτές οἱ ἐπιστήμες, θεωρήθηκαν ἀπό τήν ἀπλοϊκή ὑλιστική σκέψη σάν ἀπόδειξη τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης καί τῆς κίνησης. Ἀλλά οἱ ἀρχές αὐτές μεταμορφώθηκαν στήν ἐποχή μας, καί ἀποδείχτηκε ἡ σχετικότητα καί ἡ ἐνότητά τους. Ἄλλες ἀρχές διατήρησης,

18. Βλ. M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, op. cit. F. J. Bellinfante, *A Survey of Hidden Variable Theories*, Pergamon Press, 1970.

19. Βλ. E. Bitsakis, *Le concept de réalité en Microphysique*, Πρακτικά Πρώτης Διεθνούς Συνάντησης Ἐπιστημολογίας, Ἀθήνα, 1982.

πού θεωρήθηκαν ότι αποτελούσαν τό θεμέλιο της αφθαρσίας της ύλης, όπως οι αρχές διατήρησης του βαρυνικού και του λεπτονικού αριθμού, θά αποδειχτούν ενδεχομένως σχετικές και ιστορικές. Συνεπώς, ή μόνη ιδιότητα της ύλης πού θεμελιώνει ένα σύγχρονο ύλισμό είναι ή αντίκειμενικότητα και ή αυθυπαρξία της, σύμφωνα μέ τόν όρισμό του Λένιν.²⁰ Οί επιμέρους μορφές και οί φυσικοί νόμοι δέν αποτελούν αιώνιες, αλλά ιστορικές κατακτήσεις της γνώσης.

III. Διεπιστημονικά προβλήματα της σύγχρονης φυσικής

Μετά από τήν επισήμανση των προηγούμενων θεωρητικών και επιστημολογικών προβλημάτων της σύγχρονης φυσικής, θά προχωρήσουμε στην επισήμανση όρισμένων διεπιστημονικών προβλημάτων πού συνδέονται μ' αυτή τήν επιστήμη.

Θά μπορούσαμε νά πούμε ότι διεπιστημονική έρευνα είναι ή έρευνα των άμοιβαίων σχέσεων δύο ή περισσότερων επιστημών και, ευρύτερα, ή μελέτη του γίγνεσθαι των επιστημών σάν ιστορικής διαδικασίας πού προϋποθέτει τήν αυτόνομία και τήν άλληλοσυσχέτισή τους. Πράγματι, κάθε επιστήμη χαρακτηρίζεται από μιά έσωτερική συνοχή και μιά σχετική αυτοτέλεια. Ταυτόχρονα, προϋποθέτει άλλες επιστήμες (π.χ. ή φυσική προϋποθέτει τά μαθηματικά, ή βιολογία τή χημεία, κ.ο.κ.), αποτελεί μέ τή σειρά της προϋπόθεση άλλων επιστημών, έχει κοινές όριακές περιοχές μέ άλλες επιστήμες. Έτσι, ή διεπιστημονική έρευνα αναζητεί τούς όρους γένεσης και ανάπτυξης των επιστημών, τίς όποιες αντιμετώπιζει όχι σάν αυτόνομες όλότητες, αλλά σε συνάρτηση μέ τήν εξέλιξη των άλλων επιστημών, της τεχνολογίας και συνολικά των κοινωνικών όρων μιάς έποχής. 'Η επιστήμη, μ' αυτή τήν έννοια, θεωρείται σάν κοινωνική πρακτική ή όποία έχει τούς γνωστικούς και κοινωνικούς καθορισμούς της και ταυτόχρονα άσκει μιά δεσπόζουσα, γνωστική, και μιά κοινωνικοπρακτική λειτουργία. Μ' αυτή τή έννοια, οί επιστήμες νοούνται μέσα στην ιστορία και όχι σάν αναζήτηση κάποιας άπόλυτης, έξωιστορικής αλήθειας.²¹

Στή συνέχεια, θά επισημάνουμε τήν άλληλοσυσχέτιση όρισμένων κλάδων της σύγχρονης φυσικής, χωρίς νά έπεκταθούμε στην κοινωνική τους διάσταση.

'Η κβαντική μηχανική είχε σάν προϋπόθεση τή μελέτη της φασματοσκοπίας και τίς πρώτες μορφές της άτομικής θεωρίας. Μέ τή σειρά της, έρμηνευσε θεωρητικά τά δεδομένα της φασματοσκοπίας και πρόβλεψε ή εξήγησε νέα δεδομένα. 'Αποτέλεσε τή βάση μιάς άθθεντικής άτομικής θεωρίας, καθώς και της θεωρίας του πυρήνα. Οί βασικές της έννοιες αποτέλεσαν έπίσης προϋπόθεση για τίς θεωρίες των μικροσωματίων. Οί θεωρίες των μικροσωματίων, μέ τή σειρά τους, συνέβαλαν στην ανάπτυξη της άστροφυσικής και της κοσμολογίας. Έτσι, τό «άπειροστό» συνδέθηκε ένδογενώς μέ τόν «μεγάκοσμο». 'Από τήν άλλη πλευρά, ή κβαντική μηχανική άποτελεί τή βάση της κβαντικής χη-

20. Βλ. V. I. Lénine, *Matérialisme et Empirio-criticisme*, Ed. Sociales, Paris, 1962.

21. J. D. Bernal, *Science in History*, Penguin Books, Έλλην. Έκδ. I. Ζαχαρόπουλος, 1982.

μείας, τής θεωρητικής μελέτης τών μεγαλομοριών καί τής φυσικής τοῦ στερεοῦ σώματος. Ἐμμεσα ἐπηρεάζει τή μοριακή βιολογία καί τή γενετική. Καθεμίά ἀπό τίς προηγούμενες ἐπιστῆμες ἔχει τό δικό της ιδιαίτερο ἀντικείμενο, τίς δικές της μεθόδους, τόν δικό της φορμαλισμό καί τό δικό της σῶμα γνώσεων. Ὡστόσο, ἡ ἐνότητα καί ἡ ἀλληλεξάρτηση αὐτῶν δὲν ἐπιστημῶν εἶναι ἐπίσης γεγονός. Μάλιστα, ἡ ἀνάπτυξη τῆς μιᾶς ὑπῆρξε πολλές φορές ὄχι μόνο προϋπόθεση, ἀλλά καί ἐπιστημολογική πρόκληση γιά τήν ἀνάπτυξη τῆς ἄλλης καί οἱ ὀριακές, κοινές περιοχές, ἀποδείχθηκαν συχνά ιδιαίτερα ἐπαναστατικές.

Ἡ ἀνάπτυξη τῆς κβαντικής μηχανικῆς προϋπέθετε καί ταυτόχρονα ἐπηρεάζε τήν ἀνάπτυξη μιᾶς σειρᾶς κλάδων τῶν νεώτερων μαθηματικῶν. Ὁ κλάδος αὐτός δέν θά μπορούσε νά δημιουργηθεῖ ἂν δέν ὑπῆρξε ὁ διανυσματικός λογισμός καί εὐρύτερα ἡ θεωρία τῶν διανυσματικῶν χώρων, ἡ γραμμική ἄλγεβρα καί ἀνάλυση, ἡ ἀνάλυση Fourier, ἡ θεωρία τῶν γενικευμένων συναρτήσεων, ἡ πιθανοθεωρία, κτλ. Ταυτόχρονα, τά προβλήματα πού ἔθεσε ἡ κβαντική μηχανική συνέβαλαν στήν ἀνάπτυξη τῶν προηγούμενων κλάδων. Οἱ χώροι Hilbert, π.χ., βρῆκαν τό φυσικό τους ἀντίστοιχο, ἡ ἄλγεβρα τῶν τελεσῶν ἀναπτύχθηκε σέ ὀργανική σχέση μέ τήν κβαντική μηχανική, οἱ γενικευμένες συναρτήσεις (κατανομές) ξεκίνησαν ἀπό τήν ἠλεκτροτεχνία καί τή κβαντική μηχανική, κτλ. Ἀπό τήν ἄλλη πλευρά, ἡ κβαντική μηχανική, ἡ φυσική τῶν μικροσωματιῶν καί γενικότερα ἡ νεώτερη φυσική, εἶχε ἀνάγκη ἀπό τή θεωρία ὁμάδων γιά νά ἐκφράσει φυσικές συμμετρίες καί μετασχηματισμούς. Ταυτόχρονα, ἡ νεώτερη φυσική συνέβαλε στήν ἀνάπτυξη αὐτοῦ τοῦ μαθηματικοῦ κλάδου. Τέλος, ἡ ἔρευνα τῶν λογικῶν δομῶν τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς προϋπέθετε τήν ὑπαρξή τῆς νεώτερης μαθηματικῆς λογικῆς. Ταυτόχρονα, ἔθεσε φυσικά προβλήματα πού προώθησαν τήν ἀνάπτυξη τῆς καθαυτοῦ μαθηματικῆς ἔρευνας σ' αὐτή τήν περιοχή (π.χ. πλέγματα Boole καί κλασικά πλέγματα, δυνατότητα ἐνσωμάτωσης τῶν δευτέρων στά πρῶτα, κτλ.) Ἐτσι, οἱ ἐξελίξεις στή φυσική καί οἱ ἐξελίξεις τῶν μαθηματικῶν στόν αἰῶνα μας προχώρησαν συχνά μέσα ἀπό διαδικασίες ἀμοιβαίων καθορισμῶν καί προκλήσεων.

Ἡ ἀνάπτυξη τῆς νεώτερης φυσικῆς, τέλος, θά ἦταν ἀδύνατη χωρίς τίς νεώτερες τεχνικές παρατήρησης, πειραματισμοῦ καί ὑπολογισμοῦ, πού μέ τή σειρά τους θά ἦταν ἀδιανόητες ἔξω ἀπό τήν ἀνάπτυξη τῆς νεώτερης βιομηχανίας. Ὁ ἔλεγχος τῆς θεωρίας τῆς βαρύτητας τοῦ Einstein, π.χ., θά ἦταν ἀδύνατος χωρίς δυνατότητα κατασκευῆς γιγάντιων τηλεσκοπίων καί πανίσχυρων ραδιοτηλεσκοπίων. Τά πειράματα τύπου Michelson-Morley, πού βρίσκονται στήν ἀφετηρία τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας, θά ἦταν ἐπίσης ἀδύνατα χωρίς τήν ἀνάπτυξη τῆς ὀπτικῆς καί τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, καί τῶν ἀντίστοιχων πειραματικῶν τεχνικῶν. Ἐπίσης, οἱ θεωρίες τῶν μικροσωματιῶν θά ἦταν ἀδύνατες ἢ δέν θά εἶχαν νόημα, χωρίς τά τεχνικά μέσα γιά τήν ἀνακάλυψη τῶν «ἐλάχιστων» αὐτῶν ὑλικῶν ὄντοτῶν καί τόν προσδιορισμό τῶν φυσικῶν μεγεθῶν καί τῶν κβαντικῶν ἀριθμῶν πού τά χαρακτηρίζουν. Οἱ πειραματικές μέθοδοι σ' αὐτή τήν περιοχή προϋποθέτουν τίς νεώτερες τεχνικές κατακτήσεις τῆς ὀπτικῆς καί τοῦ ἠλεκτρομαγνητισμοῦ, εἰδικά τήν ἰκανότητα γιά δημιουργία ἰσχυρῶν πεδίων, ἄρα ἰσχυρῶν ἐπιταχυντῶν (μέ ἐνέργεια τῆς τάξης τῶν δεκάδων δισεκ.

ηλεκτρονιοβόλτ), καθώς και τις πανίσχυρες λογιστικές μεθόδους που έγιναν δυνατές χάρη στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι με τη σειρά τους προϋποθέτουν την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής, της λογικής κτλ. 'Η ανάπτυξη της φυσικής των μικροσωματιών προώθησε με τη σειρά της την ανάπτυξη της άστροφυσικής, και η τελευταία την ανάπτυξη της κοσμολογίας.

Συμπερασματικά, θά μπορούσαμε να πούμε ότι η διαφορά και η ενότητα των επιστημών είναι μιá αντίθετική σχέση που εξελίσσεται ιστορικά και προσδιορίζεται από τους συγκεκριμένους όρους της κάθε εποχής. Ειδικά, στη φυσική διαπιστώνουμε την ένδοξη και γενετική αλληλοσύνδεση όχι μόνο των διαφόρων κλάδων αυτής της επιστήμης, αλλά και της φυσικής συνολικά με τά μαθηματικά, με τη νεώτερη λογική, με την *informatics* και με τις νέες τεχνικές στο χώρο της óπτικής, του ηλεκτρομαγνητισμού, της ηλεκτρονικής, της φωτογραφίας, της ύαλουργίας, των πλαστικών ύλων, κ.ο.κ. 'Η ενότητα αυτή, που είναι έκδηλωση της ενότητας ανάμεσα στη θεωρία και τό πείραμα, αποτελεί όψη ενός γενικότερου αλληλοκαθορισμού: του αλληλοκαθορισμού θεωρίας και πρακτικής.

IV. Σχέσεις της φυσικής με τη φιλοσοφία

Οί επιστήμες έρευνούν ειδικές περιοχές της πραγματικότητας. Τό ίδιο και η φυσική. 'Αλλά με τη δημιουργία όλο και πίο πλατειών συνθέσεων, ή φυσική προσεγγίζει τά γενικότερα γνωσιολογικά και όντολογικά έρωτήματα. 'Ωστόσο, ή διαφορά των επιστημών από τη φιλοσοφία δέν είναι έκτατική: είναι καταστατική. Τά προβλήματα, π.χ., των δομών και των μορφών της ύλης, των μορφών της αιτιότητας, των χωροχρονικών σχέσεων, κτλ., είναι καταρχήν επιστημονικά προβλήματα. 'Η φιλοσοφία, όστόσο, περνώντας μέσα από τό ειδικό, έπιχειρεί νά αναχθεί στό γενικό: νά όρίσει τις γενικές κατηγορίες του εί- ναι και της νόησης, μέσα από τη φιλοσοφική γενίκευση των δεδομένων των επιστημών και του συνόλου της κοινωνικής πρακτικής. Μιά τέτοια σχέση ενότητας και διαφοράς κάνει κατανοητή τη φιλοσοφική έμβέλεια των επιστημών, καθώς και τη γνωστική λειτουργία της φιλοσοφίας.²²

'Ετσι, ή ανάπτυξη της νεώτερης φυσικής ανασάττωσε την προβληματική της φιλοσοφίας στόν αιώνα μας, θέτοντας νέα έρωτήματα ή φωτίζοντας μέ νέο φώς τά παλαιά «όντολογικά» έρωτήματα. 'Η έννοια της αντικειμενικής πραγματικότητας, π.χ., έχει σήμερα εκλεπτυνθεί: τό έρώτημα για την αντικειμενικότητα έχει γίνει άχώριστο από τό έρώτημα για τά μέσα προσπέλασης πρός την αντικειμενική πραγματικότητα. 'Επίσης, τό πρόβλημα της αιτιότητας τέθηκε στόν 20ό αιώνα μέ νέους όρους, ύστερα από τις νέες μορφές αιτιοκρατίας

22. Βλ. Ε. Bitsakis, *Physique et Matérialisme*, op. cit., κεφ. 12.

23. 'Η βιβλιογραφία στό θέμα αυτό είναι τεράστια. 'Ενδεικτικά, βλ. 1) Ν. Bohr, *Atomic Physics and Human Knowledge*, Wiley, 1958. 2) W. Heisenberg, *Physics and Philosophy*, Allen and Vuwinn, 1958. 3) Της συλλογής: *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Albin Michel, 1953. *Albert Einstein, Philosopher and Scientist*, The Library of Living Philosophers, Ν. Υ., 1949. 4) D. Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics*, Routledge and Kegan Paul, 1959. 5) Μ. Jammer, op. cit. 6) Flato et al., *Quantum Mechanics, Determinism, Causality and Particles*, Reidel, 1976.

πού απέκάλυψε ή θεωρία τής σχετικότητας και τά προβλήματα πού έθεσε ό πιθανοκρατικός χαρακτήρας τής μικροφυσικής. Εϊδικότερα, ή μικροφυσική έθεσε τό πρόβλημα τών μορφών τής μικροαιτιότητας και τής άρσης τής αντίθεσης ανάμεσα στόν τυπικά αντίστρεπτικό χαρακτήρα τών μικροφαινομένων και τή μακροσκοπική μή αντίστρεψιμότητα. Τέλος, είναι πλέον άδύνατο νά μιλήσουμε φιλοσοφικά γιά τό χώρο και τό χρόνο, τό πεπερασμένο και τό άπειρο, τό χαρακτήρα του σύμπαντος, κτλ., χωρίς νά λάβουμε ύπόψη τά δεδομένα τών θεωριών τής σχετικότητας, τής κοσμολογίας και τής τοπολογίας.

Τά προηγούμενα αποτελούν όρισμένα από τά «όντολογικά» ερωτήματα πού τέθηκαν μέ νέους όρους χάρη στην εξέλιξη τής φυσικής. Άλλά ή ανάπτυξη τής επιστήμης αυτής οργανικά δεμένη μέ μιά σειρά από έπιστημολογικά και, ευρύτερα, γνωσιοθεωρητικά προβλήματα. Έτσι, π.χ., ό ρόλος του πειράματος στην εξέλιξη τών φυσικών θεωριών, ή έννοια του κρίσιμου πειράματος, ό προσδιορισμός τών κοινωνικών προϋποθέσεων γιά τήν άποδοχή μιάς θεωρίας, είναι προβλήματα επιστημολογικά, αλλά, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, είναι επίσης προβλήματα γνωσιοθεωρητικά. Τό ίδιο και τό πρόβλημα του περάσματος από τά πειραματικά δεδομένα, ή τών αντίφάσεων του πειράματος μέ τή θεωρία, σε μιά νέα θεωρητική σύλληψη. Έπίσης, τό πρόβλημα τής αξιωματικής θεμελίωσης μιάς θεωρίας σε σχέση μέ τό εμπειρικό ύλικό, καθώς και τό πρόβλημα τής λογικής της δομής, είναι προβλήματα επιστημολογικά και, σε ένα άλλο επίπεδο, γνωσιολογικά. Τό ίδιο θά μπορούσαμε νά πούμε γιά τό πρόβλημα τής διαμόρφωσης του έννοιολογικού πυρήνα μιάς θεωρίας, τής κανονικής της ανάπτυξης και γιά τό πρόβλημα τής ιστορικότητας σ' αυτή τή φάση τής θεωρίας. Τό πρόβλημα τών προτύπων άλλαγής τών φυσικών θεωριών και ή άνάλυση τών ένδογενών και τών έξωτερικών παραγόντων τών έπιστημονικών μεταλλαγών παρουσιάζει επίσης αυτή τή διπλή όψη. Η συσσωρευτική αντίληψη γιά τήν πρόοδο τής επιστήμης δέν είναι άπλά μιά επιστημολογική άποψη. Έντάσσεται σε μιά γενικότερη αντίληψη γιά τήν εξέλιξη πού άγνοεί τόν άλματικό της χαρακτήρα και άπολυτοποιεί τό χαρακτήρα τής συνέχειας. Διευρύνοντας τή σχετική προβληματική, μπορούμε νά διερευνήσουμε τίς έννοιες τής σχετικής άυτονομίας και τής ιστορικής έπάρκειας μιάς επιστήμης και τήν άλματική μεταλλαγή της πού γεννιέται από τήν δξυση τών έσωτερικών τής αντίφάσεων και τή μεταβολή τών κοινωνικών της προσδιορισμών. Τά προηγούμενα προβλήματα μπορούμε νά τά άνιχνεύσουμε τόσο στή φάση τής διαμόρφωσης τής φυσικής, όσο και στίς μεγάλες επαναστάσεις του 19ου και του 20ου αιώνα. Τέλος, τό πρόβλημα τής αντιστοιχίας ανάμεσα στίς έννοιες και τούς νόμους και τή φυσική πραγματικότητα, όπως και τό πρόβλημα τής λογικής δομής τών φυσικών θεωριών, είναι άναμφισβήτητα και πρόβλημα γνωσιοθεωρητικό. Η φυσική προχώρησε από τήν περιγραφή στην έρμηνεία τών φαινομένων. Άλλά ύπάρχουν βαθμοί ή επίπεδα έρμηνείας τά όποια άντιστοιχούν στά επίπεδα όργάνωσης τής φυσικής πραγματικότητας. Έτσι, ή γνώση τών φυσικών νόμων παρουσιάζεται σάν μιά ιστορική διαδικασία πού τείνει άσυμπτωτικά πρós τήν άπόλυτη άλήθεια, μέσα από τήν κατάκτηση άντικειμενικών άληθειών, δηλαδή άληθειών πού προσδιορίζονται ιστορικά, και έτσι περιέχουν τό στοιχείο τής άντικειμενικότητας και ταυτόχρονα είναι ιστο-

ρικά σχετικές. Ἡ νεώτερη φυσική ἀποτελεῖ προνομιακό πεδίο γιὰ τὴ μελέτη τῶν προηγούμενων ἐπιστημολογικῶν καὶ γνωσιοθεωρητικῶν προβλημάτων. Ἄλλὰ ἐδῶ θὰ ἀρκεστοῦμε σ' αὐτὴ τὴ συνοπτικὴ ἐπισήμανση ἐνὸς θεμελιακοῦ ἐρευνητικοῦ πεδίου.

Ἀπὸ τὰ προηγούμενα συνάγεται ἡ ἐνότητα τῶν ἐπιστημῶν (καὶ εἰδικὰ τῆς φυσικῆς) μὲ τὴ φιλοσοφία, ἐνότητα πού προϋποθέτει τὴν καταστατικὴ διαφορὰ. Ἡ ἀντιθετικὴ αὐτὴ σχέση ἐνέχει δύο κινδύνους: 1) Τὴν ἀπολυτοποίηση τῆς ἐνότητας, πού ὀδηγεῖ στὴν παραγνώριση τῆς καταστατικῆς διαφορᾶς, ἄρα στὴ νομιμοποίηση τῆς παρέμβασης τῆς καταστατικῆς διαφορᾶς, ἄρα στὴ νομιμοποίηση τῆς παρέμβασης τῆς φιλοσοφίας στὰ εἰδικὰ προβλήματα τῶν ἐπιστημῶν. 2) Τὴν ἀπολυτοποίηση τῆς ἀντίθεσης, πού ὀδηγεῖ στὴν ὑποτίμηση τῆς φιλοσοφίας καὶ στὸ ἰδεολόγημα πού ταυτίζει τὴν ἐπιστημονικὴ ἀλήθεια μὲ τὴν ἀλήθεια καὶ τὴ φιλοσοφία μὲ τὴν πλάνη ἢ μὲ τὴ διατύπωση ἐρωτημάτων πού στεροῦνται νοήματος.²⁴ Ὁ θετικιστικὸς ἐπιστημονισμὸς ἀποτελεῖ μιὰ σύγχρονη ἔκδοσι αὐτῆς τῆς πλάνης. Ἄλλὰ, καθὼς προσπάθησα νὰ δεῖξω, ἡ ἰδεολογία ἀποτελεῖ ἐνεργὸ παράγοντα στὴ διαμόρφωση τῶν φυσικῶν θεωριῶν καί, ἀντίστροφα, οἱ ἐπιστῆμες ἀσκήσαν πάντοτε κάποια ἰδεολογικὴ λειτουργία.

Μποροῦμε, συνεπῶς, νὰ διακρίνομε τρία πεδία ἔρευνας: τὸ εἰδικὰ ἐπιστημονικὸ, τὸ ἐπιστημολογικὸ καὶ τὸ καθαυτὸ γνωσιοθεωρητικὸ. Τὰ τρία αὐτὰ πεδία δὲν ταυτίζονται, ἀλλὰ καὶ δὲν χωρίζονται τυπικά. Τὰ ἴδια προβλήματα ἀνήκουν συχνὰ σὲ περισσότερα ἀπὸ ἓνα πεδία, ἀλλὰ διερευνῶνται σὲ ἐπίπεδα διαφορετικά. Οἱ ἐπιστημονικὲς ἔννοιες ἀντιστοιχοῦν σὲ εἰδικὲς πραγματικότητες καὶ συχνὰ ἐκφράζονται μὲ ποσοτικὲς σχέσεις, πειραματικὰ ἐλέγξιμες. Οἱ φιλοσοφικὲς κατηγορίες δὲν εἶναι ἐπιστημονικὰ λειτουργικὲς, ἀφοροῦν γενικὲς νομοτέλειες τοῦ εἶναι καὶ τῆς γνώσης. Ὡστόσο, στίς καλύτερες στιγμὲς τῆς φιλοσοφίας, διαμορφώνονται μέσα ἀπὸ τὴν ἀνάλυση καὶ τὴ φιλοσοφικὴ καταξίωση τῶν ἐπιμέρους ἐπιστημῶν. Μιὰ τέτοια, ἀντιθεωρησιακὴ πρακτικὴ τῆς φιλοσοφίας, γονιμοποιεῖ τόσο τὴν ἐπιστημονικὴ, ὅσο καὶ τὴ φιλοσοφικὴ σκέψη.

24. Βλ. 1) L. Althusser, *Éléments d'Autocritique*, Hachette, 1974. 2) R. Carnap, *Φιλοσοφία καὶ λογικὴ σύνταξη*, διγλώσση ἔκδοσι, Ἐγνατία. 3) M. Schlick, *Εἰσαγωγή στὴ φιλοσοφικὴ σκέψη*, διγλώσση ἔκδοσι, Ἐγνατία.