

## Διεπιστημονικά προβλήματα στή σύγχρονη φυσική

Ευτύχης Ι. Μπιτσάκης \*

Ἡ φυσική εἶναι κατεξοχήν φιλοσοφική ἐπιστήμη. Στίς ὁριακές της περιοχές θέτει καί ἀντιμετωπίζει προβλήματα, τά ὁποῖα, σέ ἓνα ἄλλο ἐπίπεδο καί μέ ἄλλη γλώσσα, ἀποτελοῦν θεμελιώδη ὄντολογικά ἐρωτήματα. Τέτοια, π.χ., εἶναι τά προβλήματα τοῦ χώρου, τοῦ χρόνου, τῆς αἰτιότητας, τῶν δομῶν τῆς ὕλης, καθὼς καί τά προβλήματα τῆς ἀστροφυσικῆς καί τῆς κοσμολογίας. Ἀλλά καί ἡ ἔρευνα εἰδικῶν προβλημάτων σέ περιοχές αἰχμῆς παρουσιάζει γενικότερο ἐπιστημολογικό, γνωσιοθεωρητικό καί ὄντολογικό ἐνδιαφέρον. Ἡ φυσική, ἐξ ἄλλου, συνδέεται ὀργανικά μέ ὅλες τίς φυσικές ἐπιστήμες (χημεία, βιολογία κ.ἄ.). Ἐτσι, ἡ εἰδική ἔρευνα στή φυσική συνδέεται ἐνδογενῶς μέ ἐπιστημολογικά, διεπιστημονικά καί φιλοσοφικά ἐρωτήματα.

Ἡ εἰσήγησή μου θά ἔχει τήν ἀκόλουθη διάρθρωση: Πρῶτα θά ἐπισημανθοῦν ἐπιμέρους θεμελιώδη προβλήματα πού ἀντιμετωπίζει ἡ σημερινή θεωρητική φυσική. Στή συνέχεια, θά σκιαγραφηθοῦν τά βασικά ἐπιστημολογικά προβλήματα πού προκύπτουν ἀπό τά προηγούμενα θεωρητικά προβλήματα. Θά ἀκολουθήσει ἡ ἐπισήμανση ὀρισμένων διεπιστημονικῶν προβλημάτων, πού τίθενται ἀπό τήν ἴδια τήν ἐξέλιξη τῆς φυσικῆς καί τῶν ἄλλων φυσικῶν ἐπιστημῶν. Τέλος, θά ἐπισημανθοῦν ὀρισμένα ὄντολογικά καί γνωσιοθεωρητικά ἐρωτήματα πού ἀνατροφοδότησαν οἱ διαδοχικές ἐπαναστάσεις τῆς φυσικῆς: θά ἀνιχνευθεῖ, δηλαδή, ἡ φιλοσοφική ἐμβέλεια αὐτῆς τῆς ἐπιστήμης.

Θά μπορούσαμε νά ποῦμε ὅτι τά προηγούμενα προβλήματα ἀλληλοεπικαλύπτονται. Ὁ ὁρος ὅμως αὐτός δημιουργεῖ τήν ἐντύπωση κάποιας στατικῆς ἐπαλληλίας. Θά ἦταν λοιπόν σωστότερο νά μιλήσουμε γιά μιᾶ ἐνδογενή ἀλληλοσυσχέτιση, ἡ ὁποία καθορίζεται ἱστορικά καί μεταβάλλεται μέσα στό χρόνο.

### Ι. Ὀρισμένα θεμελιώδη προβλήματα τῆς σημερινῆς θεωρητικῆς φυσικῆς

Ἡ κλασική φυσική οἰκοδομήθηκε μέ βάση ὀρισμένες ἀρχές καί ἀξιώματα

\* καθηγητής, τομέας φιλοσοφίας, Πανεπιστήμιο Ἰωαννίνων

(ἀρχή της αδράνειας, της στιγμιαίας ἀλληλεπίδρασης, της ανεξαρτησίας τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου ἀπὸ τὴν ὕλη, της ὁμοιογένειας καὶ της ἰσοτροπίας τοῦ χώρου καὶ της ὁμοιογένειας τοῦ χρόνου) καὶ φυσικὰ τὴν ἔννοια τοῦ ὕλικου σημείου. Οἱ ἀρχές καὶ οἱ ἔννοιες της κλασικῆς φυσικῆς προέκυψαν ἀπὸ τὴν ἄμεση ἐποπτικὴ ἐμπειρία μέσα ἀπὸ μιά μακρὰ ἀφαιρετικὴ διαδικασία. Ἡ κλασικὴ φυσικὴ ἀποτέλεσε τὴ βάση τοῦ κλασικοῦ ἢ μηχανιστικοῦ κοσμοειδώλου, πού χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν παραδοχὴ τοῦ ἁπειρου, ἀπόλυτου χώρου, τοῦ παγκόσμιου χρόνου, της στιγμιαίας δράσης ἀπὸ ἀπόσταση καὶ τῶν ἄτητων καὶ ἄφθαρτων ὕλικῶν σωμάτων.<sup>1</sup> Τό κοσμοεῖδωλο αὐτό ἀποτέλεσε ἕναν ἀναγκαῖο σταθμό στὴν ἐξέλιξη της φυσικῆς.<sup>2</sup> Ἀλλὰ ἡ ἴδια ἡ ἐξέλιξη αὐτῆς της ἐπιστήμης θὰ ἀπεκάλυπτε καὶ τὰ ἱστορικά του ὅρια: ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ θὰ φανέρωνε τὴν ἀσυμβατότητα τοῦ κλασικοῦ κοσμοειδώλου μέ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμό, δηλαδὴ μέ τίς νομοτέλειες μιᾶς ἀλληλεπίδρασης πού διαδίδεται μέ πεπερασμένη ταχύτητα.<sup>3</sup>

Ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ ἀπεκάλυψε τὴν ἀνεπάρκεια τοῦ κλασικοῦ κοσμοειδώλου. Οἱ βασικὲς παραδοχές της νέας σχετικιστικῆς φυσικῆς ἦταν: α) Ἡ ἐπέκταση της ἀρχῆς της σχετικότητας στὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ φαινόμενα. β) Ἡ σταθερότητα της ταχύτητας τοῦ φωτός σέ ὅλα τὰ ἀδρανειακά συστήματα, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν κινητικὴ τους κατάσταση. Ἀπὸ τὰ δύο αὐτὰ ἀξιώματα προκύπτει ἡ σχετικότητα τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου (ὡς πρὸς τὸ σύστημα ἀναφοράς) καὶ ταυτόχρονα ἡ ἐνότητά τους, ὅπως ἐκφράζεται στίς ιδιότητες τοῦ χωροχρονικοῦ διαστήματος. Συνέπεια της ἐνότητας τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου ἦταν ἡ περιγραφή τῶν φαινομένων σέ ἕνα νέο χωροχρονικό πλαίσιο: τὸ τετραδιάστατο σύμπαν τοῦ Minkowski. γ) Ἡ διεύρυνση καὶ συγκεκριμενοποίηση της ἀρχῆς της αἰτιότητας, ἡ ὁποία, μέ τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ, ἀπέκτησε αὐθεντικά φυσικό περιεχόμενο. Οἱ αἰτιακοὶ καθορισμοὶ πραγματοποιοῦνται, σύμφωνα μέ τὴ σχετικότητα, στό ἐσωτερικό τοῦ κώνου τοῦ φωτός καὶ ἡ χρονικὴ συσχέτιση τῶν γεγονότων πού συνδέονται αἰτιακά ἔχει ἀπόλυτο χαρακτήρα. δ) Σέ ἀντίθεση μέ τὴ μὴ-τοπικότητα της νευτώνειας φυσικῆς (πού ἦταν συνέπεια της παραδοχῆς της στιγμιαίας δράσης ἀπὸ ἀπόσταση), ἡ σχετικότητα δέχεται τὴν τοπικότητα τῶν φυσικῶν συμβάντων, συνέπεια της πεπερασμένης ταχύτητας τῶν ἀλληλεπιδράσεων. Ἔτσι, ἡ αἰτιότητα καὶ ἡ τοπικότητα συνδέθηκαν μέ τρόπο ἐνδογενὴ στό ἐσωτερικό τοῦ σύμπαντος τοῦ Minkowski. ε) Συνέπεια τῶν προηγουμένων παραδοχῶν ἦταν ἡ σχετικότητα τῆ μάζας, ἡ ὁποία ἀποδείχτηκε συνάρτηση της ταχύτητας, καθὼς καὶ ἡ ἀριθμητικὴ ἀναλογία ἀνάμεσα στὴ μάζα καὶ τὴν ἐνέργεια. Στό τετραδιάστατο σχετικιστικό πλαίσιο, ἡ μάζα καὶ ἡ ἐνέργεια ἀποτελοῦν διαφορετικές συνιστώσες ἐνός καὶ μοναδικοῦ τετραδιανύσματος: τοῦ τετραδιανύσματος ὁρμῆς-ἐνέργειας.<sup>4</sup>

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

2. F. Engels, *Dialectics of Nature*, Lawrence and Wishart, London, 1934. Ἑλλ. γλ. μετ. Ἐκδ. Πολιτισμός, Ἀθῆνα, 1958.

3. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, Dover Publ. Ἐπίσης, Ε. Μπιτσάκη, Ἡ δυναμικὴ τοῦ ἐλάχιστου, Ι. Ζαχαρόπουλος, 1982.

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

Οι έννοιες της κλασικής φυσικής ήταν σύμφωνες με την άμεση αίσθητηρική εμπειρία. Η σχετικιστική φυσική, αντίθετα, είναι αντιεποπτική: οι έννοιες και οι σχέσεις της αποτελούν την άρνηση της προφάνειας των έποπτικών εννοιών. Ωστόσο, οι σχέσεις της νέας φυσικής έπαληθεύτηκαν στην περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού (πού αποτέλεσε τό πρώτο φυσικό της περιεχόμενο), στή φυσική των στοιχειωδών σωματίων, στην περιοχή της αστροφυσικής, καθώς και στό 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, έπαλήθευση και «κανονικότητα» δέν σημαίνει άρνηση της ιστορικότητας, κι αυτό μέ δύο έννοιες. Πρώτο, σ' όλόκληρη τή μακρά «κανονική» της περίοδο, ή σχετικιστική φυσική διέυρνε τό φορμαλισμό της και έπεκτάθηκε από τόν σχετικιστικό ηλεκτρομαγνητισμό στή φυσική των στοιχειωδών σωματίων και (κατά συνέπεια) στήν 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 σωμάτων 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γενής ιδιότητα της ύλης. Άλλά τί σημαίνει ένέργεια; Καί πώς μπορεί νά κατανοηθεί ή συσχέτιση και ή αριθμητική άναλογία ανάμεσα στή μάζα και τήν ένέργεια; 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 ύπάρχουν 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, ποιο από τά δύο συστήματα, πού βρίσκονται σέ σχετική κίνηση, είναι «πραγματικά» άκίνητο;

Τά προηγούμενα αποτελούν πραγματικά φυσικά προβλήματα.<sup>5</sup> Στην ειδική θεωρία της σχετικότητας διαπιστώνεται, γιά άλλη μία φορά, τό παράδοξο μιας θεωρίας μ' ένα ευρύ πεδίο έπαληθευμένων προβλέψεων και εφαρμογών, της όποιας όμως οι βασικές παραδοχές κάθε άλλο παρά είναι σαφείς και μη άμφισβητήσιμες. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας διανύει τήν «κανονική» της περίοδο. Στην περίοδο όμως αυτή εξελίχτηκε και μέσα από τήν εξέλιξη της έγιναν έκδηλα μία σειρά προβλήματα πού απαιτούν φυσική έρμηνεία, ή ένδεχομένως μία νέα θεωρητική εξήγηση. Οι άσάφειες 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

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 μιὰ χρονογεωμετρική θεωρία τῆς βαρύτητας (Fock)<sup>6</sup> καί ἀποτελεῖ μιὰ θεωρία γενικευμένης *μὴ σχετικότητας* (Fock, Alexandron, Levich).<sup>7</sup>

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 μιὰ νέα περιγραφή τῆς κίνησης τῶν ὑλικῶν μαζῶν, «ἀπορροφώντας» τίς δυνάμεις τῆς βαρύτητας σέ μιὰ ρημάνεια δομῇ τοῦ χωρῶχρονου. Ἡ νέα θεωρία μπορεί νά χαρακτηριστεῖ σάν ἡ θεωρία τῆς ἐνότητας τοῦ χώρου, τοῦ χρόνου, τῆς ὕλης καί τῆς κίνησης.<sup>8</sup> Οἱ προβλέψεις τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας ἐπαληθεύτηκαν ἐπίσης σέ ἱκανοποιητικό βαθμό ἀπό τήν παρατήρησι.

Ἡ βασική δομή τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας διαμορφώθηκε ἀνάμεσα στά 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 ὑπαρξή 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 μιὰ 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 ὁλοκληρώσουν. 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. Alexandron, *Rech. Intern., Physique*, 4(1957). B. Levich, *Theoretical Physics*, I, 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 το πρότυπο της θεωρίας του για τη βαρύτητα, σήμερα τίθεται ακριβώς το αντίστροφο ερώτημα: μήπως δηλαδή θά έπρεπε να «άπογεωμετροποιηθεί» η βαρύτητα και να περιγραφούν τα σχετικά φαινόμενα με τη βοήθεια μιάς θεωρίας όμοιας με την ηλεκτρομαγνητική, σ' ένα χώρο Minkowski χωρίς καμπυλότητα; Μιά τέτοια θεωρία θά άνέτρεπε τις σημερινές αντιλήψεις για τη βαρύτητα και για τις σχέσεις χώρου, χρόνου και ύλης, και θά άνεδείκνυε τό πεδίο σέ θεμελιώδη όντότητα.<sup>9</sup>

Από τις θέωρίες του Einstein και από τη νεώτερη μικροφυσική γεννήθηκαν δύο νέες και άλληλένδετες έπιστήμες: η αστροφυσική και η κοσμολογία. Πράγματι, σέ αντίθεση με τη νευτώνεια κοσμολογία, η σχετικιστική κοσμολογία μόρεσε να διαμρφωθεί σέ φυσική έπιστήμη. Έχουν προταθεί διάφορα κοσμολογικά πρότυπα, τά όποια προκύπτουν σάν λύσεις των εξισώσεων του Einstein (οι διαφορετικές λύσεις προκύπτουν από διαφορετικές παραδοχές). Αλλά τά πρότυπα αυτά είναι περισσότερο μαθηματικά μοντέλα, παρά περιγραφές της δομής και της ίστορίας του σύμπαντος. Όστόσο, η ανάπτυξη της φυσικής των μικροσωματίων και της αστροφυσικής έδωσε συγκεκριμένο φυσικό περιεχόμενο σ' αυτά τά πρότυπα που έπαισαν να είναι καθαρές γεωμετρικές κατασκευές και φιλοδοξούν να περιγράψουν την πραγματική δομή του σύμπαντος. (Τό έπικρατέστερο απ' αυτά τά πρότυπα είναι σήμερα τό πρότυπο της διαστολής, που προϋποθέτει μιά «άρχιική έκρηξη» από χώρο μηδενικού όγκου με άπειρη πυκνότητα ύλης).

Έτσι, από τη δημιουργική συμβολή μιάς κυρίως μαθηματικής και μιάς φυσικής έπιστήμης, γεννήθηκε η νεώτερη κοσμολογία. Στη γέννηση και στην εξέλιξη αυτής της έπιστήμης πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ό ρόλος της παρατήρησης (και της σύγχρονης τεχνικής) που άρχίζει από τις κλασικές παρατηρήσεις του Hubble και φτάνει μέχρι τά σημερινά ραδιοτηλεσκόπια, την άνακάλυψη νέων κατηγοριών ουρανίων σωμάτων, την άκτινοβολία των 3 άπόλυτων βαθμών, κτλ. Όστόσο, τό status αυτής της έπιστήμης, που προέκυψε από τη συμβολή τόσων παραγόντων, είναι άκόμα άντικείμενο διχογνωμιών και άμφοισθητήσεων.<sup>10</sup>

Αλλά η έπιστήμη που άποτελεί τό θεμέλιο όλων των κλάδων της νεώτερης μικροφυσικής είναι η κβαντική μηχανική. Η έπιστήμη αυτή γεννήθηκε από τη μελέτη των νόμων της άκτινοβολίας και από τις άνακαλύψεις στην περιοχή του άτόμου. Γύρω στό 1925 είχε όλοκληρώσει τη μαθηματική της δομή. Στη συνέχεια, άποτέλεσε 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 νεώτερη κοσμολογία γενικά, βλ. J. Merleau-Ponty, *La Cosmologie du XXe siècle*, Gallimard, 1965.

10. Βλ. E. Μπισάκη, *Η δυναμική του έλάχιστου*, op. 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 καί αὐτῆς τῆς ἐπιστῆμης ἀποτελοῦν ἀντικείμενο μιάς διαμάχης πού συνεχίζεται ἐπὶ μισό αἰώνα καί περισσότερο. Πράγματι, εἶναι γνωστός ὁ πιθανοκρατικός χαρακτήρας τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς. 'Αλλά ἡ περιγραφή αὐτῆς εἶναι πλήρης καί ὀριστική; 'Ο de Broglie ἔθεσε ἤδη στή δεκαετία τοῦ '30 αὐτό τό ἐρώτημα καί ἡ ἀπάντησή του ἦταν ἀρνητική (θεωρία τῆς διπλῆς λύσης).<sup>11</sup> Τό 1935, οἱ Einstein, Podolsky καί Rosen ἔθεσαν πάλι τό ἴδιο ἐρώτημα, καί κατέληξαν στό συμπέρασμα ὅτι ἡ κβαντομηχανική περιγραφή δέν εἶναι πλήρης.<sup>12</sup> Ἀπό τήν ἐποχή ἐκείνη χρονολογοῦνται οἱ προσπάθειες γιά μιὰ δυναμική περιγραφή τῆς κίνησης τῶν μικροσωματίων μέ τήν εἰσαγωγή συμπληρωματικῶν, λανθανουσῶν παραμέτρων, στήν καταστατική τους ἐξίσωση. Τό 1952 σημειώθηκε μιὰ νέα καμπή στό πρόβλημα, μέ τή δημιουργία θεωριῶν μέ λανθάνουσες παραμέτρους (Bohm, Vigier καί ἄλλοι),<sup>13</sup> καθώς καί τό 1964, ὅταν ὁ J. S. Bell ἀπέδειξε ὅτι μιὰ θεωρία τοπική καί αἰτιοκρατική, τοῦ τύπου δηλαδή πού θά ἦταν σύμφωνος μέ τίς ἀντιλήψεις τοῦ Einstein, θά μπορούσε, σέ ὀρισμένες κατηγορίες φαινομένων, νά διαψεύσει τίς προβλέψεις τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς.<sup>14</sup> Τό ἐρώτημα τέθηκε λοιπόν στή δοκιμασία τοῦ πειράματος, τό ὁποῖο δέν φαίνεται νά εὐνοεῖ τήν ταυτόχρονη ἰσχὺ τῆς αἰτιότητας καί τῆς τοπικότητας. 'Ετσι, σήμερα οἱ ἐρευνητές εἶναι διχασμένοι: ἄλλοι ἐπιμένουν στήν ἀντι-αἰτιοκρατική καί ὑποκειμενική ἐρμηνεία τῆς Σχολῆς τῆς Κοπεγχάγης, ἄλλοι δέχονται τή δυνατότητα ἀλληλεπιδράσεων πού ἀπό τό παρόν θά προχωροῦσαν πρὸς τό παρελθόν καί ἀπό κεῖ θά ἔφταναν στό μέλλον καί ἄλλοι ἀπορρίπτουν τήν τοπικότητα γιά νά σώσουν τήν αἰτιότητα (Bohm, Vigier). Τέλος, μιὰ κατηγορία φυσικῶν προσπαθεῖ νά βεβαιώσει τήν ἰσχὺ τῆς τοπικότητας καί τῆς αἰτιότητας, σύμφωνα μέ τίς ἀντιλήψεις τῶν de Broglie καί Einstein.<sup>15</sup>

'Η διαμάχη πού ἀφορᾷ τά ἐννοιολογικά θεμέλια τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς εἶναι χαρακτηριστική γιά τή φιλοσοφική ἐμβέλεια τῶν ἐπιστημῶν καί, ἀντίστροφα, τήν ἐπιστημολογική καί γνωστική λειτουργία τῆς φιλοσοφίας. Στήν περιοχή αὐτή, πράγματι, συμπλέκονται εἰδικά προβλήματα φυσικῆς, γενικότερα προβλήματα ἀξιωματικῆς θεμελιώσης, προβλήματα μεθόδου καί εὐρύτερα γνωσιοθεωρητικά καί ὄντολογικά ἐρωτήματα. 'Η Σχολή τῆς Κοπεγχάγης συνδέεται ἱστορικά καί ὀργανικά μέ τή θετικιστική φιλοσοφία καί γενικότερα μέ τήν ὑποκειμενική καί τήν ἰδεαλιστική φιλοσοφία. 'Η ρεαλιστική

11. Βλ. L. de Broglie, *La physique quantique restera-t-elle indéterministe?*, Gauthier-Villars, Paris, 1953. Τοῦ ἴδιου, *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 καί 180 (1952).

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

15. 'Η βιβλιογραφία σ' αὐτό τό θέμα εἶναι τεράστια. Γιά μιὰ κριτική ἀνάλυση, βλ. Ε. Μπισκόκη: 1) *Revue des Questions Scientifiques*, 148, 205(1977). 2) *Physique et Matérialisme* (Annexe).

3. Τά ἐννοιολογικά θεμέλια τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς, Ι. Ζαχαρόπουλος, θά ἐκδοθεῖ τό 1983.

σχολή, αντίθετα, δέχεται την ύπαρξη μιᾶς φυσικῆς πραγματικότητος ἀνεξάρτητης ἀπὸ τὸν παρατηρητή, δέχεται τὸν αἰτιοκρατικό χαρακτήρα τῶν φαινομένων, τὴ γνωσιμότητα τοῦ μικρόκοσμου καὶ τὸν ἱστορικό, προσεγγιστικό χαρακτήρα τῆς ἀλήθειας. Οἱ περισσότεροι φυσικοὶ τῆς ρεαλιστικῆς σχολῆς δέχονται, εὐρύτερα, τὴν ὕλιστική κοσμοαντίληψη. Ἡ ἔρευνα τῶν ἐννοιολογικῶν θεμελιῶν τῆς μικροφυσικῆς ἀποτελεῖ χαρακτηριστικό παράδειγμα τῆς ἐνότητος 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 τῇ χρήσῃ τῶν γιγάντιων ἐπιταχυντῶν, ὁ ἀριθμὸς τῶν μικροσωματίων ἔφτασε τῆς μερικῆς ἑκατοντάδης. Ἔτσι, τὸ πρόβλημα τῆς κατάταξης, τῆς πρόβλεψης καὶ τῆς ἐνότητος τῶν μικροσωματίων ἔγινε θεμελιῶδες θεωρητικὸ πρόβλημα. Ἡ κατάταξι σύμφωνα μὲ τὴ μάζα (λεπτόνια, βαρυόνια, ὑπερόνια) ἀποδείχτηκε 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 τῆς δύο κατηγορίες). Σὰν ἀποτέλεσμα μακρῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐρευνῶν, τὸ πρόβλημα τῆς κατάταξης καὶ τῆς ἐνότητος τῶν μικροσωματίων ἔχει σήμερα ἀπλουστευθεῖ (ἡ ἀπλούστευση γέννησε νέα θεμελιώδη προβλήματα). Πράγματι, σήμερα εἶναι γνωστὰ 6 λεπτόνια σὲ ἐλεύθερη κατάστασι, καὶ ὅλα τὰ ἀδρόνια «παράγονται» ἀπὸ 6 ὑποσωμάτια, τὰ κουάρκς, τὰ ὁποῖα δὲν παρατηροῦνται σὲ ἐλεύθερη κατάστασι. 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 ἐνότητος τῶν μικροσωματίων θὰ μπορούσε νὰ θεωρηθεῖ ικανοποιητικὴ. Ὡστόσο, ἡ ἱστορικὴ διαδικασίᾳ πού ὡδήγησε σ' αὐτὴ τὴν «ἀπλοποίηση» δημιούργησε, ἢ ἄφησε ἀναπάντητα, περισσότερα θέματα ἀπ' ὅσα ἔλυσε. Πράγματι, τὰ λεπτόνια εἶναι «στοιχειώδη»; Γενικότερα, ποιά εἶναι ἡ νομιμότητα τοῦ ὄρου «στοιχειώδης»; 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 διάκρισι σωματίων-πεδίων εἶναι νόμιμη; Καὶ ποιά θὰ μπορούσε νὰ εἶναι ἡ συγκεκριμένη διαλεκτικὴ τῆς διαφορᾶς καὶ τῆς ἐνότητος ἀνάμεσα στὰ πεδία καὶ τὰ σωματῖα; Ἐπίσης, οἱ φυσικὲς ἀλληλεπιδράσεις ἔχουν διαφορετικὰ χαρακτηριστικά, δροῦν μέσα ἀπὸ ἰδιαιτέρα χαρακτηριστικὰ τῶν σωματίων καὶ προκαλοῦν διαφορετικὰ φαινόμενα. Ἦδη ὅμως ὑπάρχουν δεδομένα, θεωρητικὰ καὶ πειραματικὰ, πού τεκμηριώνουν τὴν ἐνότητα (πού συνυπάρχει μὲ τὴ διαφορά) τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν καὶ τῶν ἀσθενῶν ἀλληλεπι-

δράσεων. Ἡ ἐνοποίηση αὐτῇ συνδέεται ἅμεσα μέ τό πρόβλημα τῆς κατάταξης καί τῆς δομῆς τῶν μικροσωματίων. Μιά ἐνδεχόμενη «μεγάλη ἐνοποίηση» θά ἀνατρέπει ἀσφαλῶς πολλές παγιωμένες ἀπόψεις γιά τήν ὕλη καί γιά τή φύση τῶν μικροσωματίων. Ἡ ἐνιαία ἀλληλεπίδραση, π.χ., δέν θά σέβεται τοὺς νόμους διατήρησης τοῦ λεπτονικοῦ καί τοῦ βαρυονικοῦ ἀριθμοῦ πού ἀποτελοῦν τή φυσική βάση τῆς διατήρησης τῆς «ὕλης» τοῦ σύμπαντος (γιά τήν ἀκρίβεια, τῶν μαζικῶν σωματίων, συστατικῶν τῶν ἀτόμων).

Τό πρόβλημα τῶν στοιχειωδῶν σωματίων καί τῶν φυσικῶν ἀλληλεπιδράσεων ἀποτελεῖ ἓνα ἀπό τά δύσκολα προβλήματα τῆς θεωρητικῆς φυσικῆς. Ἡ πρόοδος σ' αὐτό τόν τομέα ὄχι μόνο θά θέσει νέα ἐπιστημονικά καί ἐπιστημολογικά προβλήματα, ἀλλά ἀσφαλῶς θά ἀνατρέψει τίς ἀντιλήψεις μας γιά τήν ὕλη. Οἱ συνέπειες τέτοιων ἐξελίξεων γιά τή φιλοσοφία θά εἶναι ἐπαναστατικές.<sup>16</sup>

## II. Ἐπιστημολογικά προβλήματα πού σχετίζονται μέ τίς σύγχρονες φυσικές θεωρίες

Ἐπισημάνανε, μέσα ἀπό τή σκιαγράφηση τῆς ἀνάπτυξης τῶν νεώτερων φυσικῶν θεωριῶν, ὀρισμένα ἐπιστημολογικά καί φιλοσοφικά προβλήματα πού συνδέονται μέ τή νεώτερη φυσική. Θά προσπαθήσουμε τώρα νά συγκεκριμενοποιήσουμε περισσότερο αὐτά τά προβλήματα.

Ἐνα πρῶτο ἐρώτημα θά μπορούσε νά εἶναι τό ἀκόλουθο: Ποιά εἶναι ἡ νομιμότητα τῆς ἐπιστημολογίας τῆς φυσικῆς; Δέν θά ἐπιχειρήσω ν' ἀπαντήσω ἀπευθείας σ' αὐτό τό ἐρώτημα. Θά θυμίσω μόνο ὅτι τό φυσικό ἔργο τοῦ Γαλιλαίου εἶναι ἀναπόσπαστο ἀπό τά προβλήματα μεθόδου καί τὰ γενικότερα ἐπιστημολογικά προβλήματα πού ἔθεσε καί πού ἔλυσε — μέ τόν τρόπο πού μπορούσαν νά λυθοῦν στήν ἐποχή του. Θά θυμίσω ἐπίσης τίς ἐπιστημολογικές παραδοχές καί συνέπειες τοῦ ἔργου τοῦ Νεύτωνα (σωμάτια, φυσικές ἀλληλεπιδράσεις μέ ἄπειρη ταχύτητα, ἀπόλυτος χώρος καί χρόνος), καθώς καί τοῦ Maxwell (ἐνοποίηση τῆς θερμότητας, τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τοῦ μαγνητισμοῦ καί τῆς ὀπτικῆς, πρόβλημα τοῦ φορέα διάδοσης τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, κτλ.). Ἡ ἱστορία τῆς φυσικῆς μαρτυρεῖ γιά τή νομιμότητα τῆς ἐπιστημολογίας τῆς φυσικῆς.

Ὅρισμένα ἐπιστημολογικά ἐρωτήματα, πού σχετίζονται γενικότερα μέ τήν ἀνάπτυξη τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, εἶναι τά ἀκόλουθα: 1) Τό πρόβλημα τῆς γένεσης καί τῆς ἀνάπτυξης μιᾶς ἐπιστήμης, ἀπό τήν ἀποψη τῶν γνωστικῶν καί τῶν κοινωνικῶν τῆς προϋποθέσεων. 2) Τό πρόβλημα τῆς διαμόρφωσης τοῦ ἐννοιολογικοῦ πυρήνα καί τοῦ φορμαλισμοῦ τῆς ἐπιστήμης, μέ βάση τό πειραματικό ἢ καί παρατηρησιακό ὕλικό καί τίς ἀντιφάσεις τοῦ προηγούμενου ἐννοιολογικοῦ πλαισίου. 3) Ἡ ἔρευνα τῆς συνεκτικότητας τῶν παραδοχῶν καί τῶν ἀξιωμάτων τῆς θεωρίας. 4) Ἡ ἔρευνα τῆς συνεκτικότητας καί τῆς ἀκρίβειας τοῦ φορμαλισμοῦ. 5) Τό πρόβλημα τῆς κατανόησης καί τῆς φυ-

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



σικής έρμηνείας τής θεωρίας, δηλαδή τό πρόβλημα τών μορφισμών ανάμεσα στά στοιχεΐα τής φυσικῆς πραγματικότητας καί τίς σχέσεις τους, από τή μιά, καί τό φορμαλισμό, από τήν ἄλλη. 6) Ἡ διερεύνηση τών γνωσιοθεωρητικῶν καί ἰδεολογικῶν ἐπιπτώσεων τής θεωρίας. 7) Ταυτόχρονα, θά μπορούσαν νά διερευνηθοῦν τά προβλήματα τής ἀνάπτυξης, τής διαφοροποίησης καί τής ἐνότητας τών ἐπιστημῶν, τής ἀλληλεξάρτησης καί τῆς ἀμοιβαίας ἀνάπτυξης τους, καί τό πρόβλημα τής ἱστορικότητας, δηλαδή τής σχετικοποίησης (μέ τήν ἔννοια τής διαλεκτικῆς) τών ἐννοιῶν.

Μιά ἀπόπειρα διερεύνησης τών προηγούμενων προβλημάτων, σέ σχέση μέ τήν ἀνάπτυξη τής φυσικῆς, θά ἦταν ἀδύνατη στά πλαίσια τής σημερινῆς εἰσήγησης. Γι' αὐτό, θά συγκεκριμενοποιήσω, μέ τή μορφή παραδειγμάτων, ὀρισμένες ὄψεις τοῦ προβλήματος.

Οἱ νεώτερες φυσικῆς θεωρίες εἶναι κατά κανόνα ἀξίωματικές. Αὐτό δέν σημαίνει ὅτι διατυπώθηκαν ἀνεξάρτητα ἀπό τά πειραματικά (ἢ παρατηρησιακά) δεδομένα καί τίς ἀντιφάσεις τους μέ τίς παλαιότερες θεωρίες. Ἡ εἰδική θεωρία τής σχετικότητας, π.χ., θεμελιώθηκε στό ἀξίωμα τής σταθερότητας τής ταχύτητας τοῦ φωτός. Ἀλλά: Πρῶτο, τό ἀξίωμα αὐτό ἦταν, ἀπό ἄλλη πλευρά, πειραματικό δεδομένο καί δεύτερο ἡ θεωρία διατυπώθηκε σάν ὑπέρβαση τῆς ἀντίφασης τών κλασικῶν μετασχηματισμῶν καί τών δεδομένων τοῦ πειράματος Michelson-Morley, καθώς καί τῆς ἀντίφασης ἀνάμεσα στήν ἀπαίτηση γιά ἀναλλοίωτο τών ηλεκτρομαγνητικῶν ἐξισώσεων καί τοὺς κλασικοὺς μετασχηματισμούς. Ἡ εἰδική θεωρία τής σχετικότητας προέκυψε συνεπῶς σάν ἡ ἄρση τῆς ἀντίφασης ἀνάμεσα στά πειραματικά δεδομένα καί τό κλασικό ἐννοιολογικό πλαίσιο. Αὐτό δέν σημαίνει ὅτι ἡ θεωρία δημιουργήθηκε ἐπαγωγικά, μέ ἀφετηρία τά πειραματικά δεδομένα. Ἡ διατύπωσή της προϋποθέτει ἕνα νοητικό, δημιουργικό ἔλμα, μέσα ἀπό τό ὁποῖο συλλαμβάνεται τό νέο ἐννοιολογικό πλαίσιο. Το ἴδιο θά μπορούσαμε νά ποῦμε γιά τή γενική θεωρία τῆς σχετικότητας ἡ ὁποία εἶναι ἐπίσης μιὰ ἀξίωματική-ἀπαγωγική κατασκευή πού ἱκανοποίησε δύο αἰτήματα: τήν ἄρση τῶν ἀντιφάσεων ἀνάμεσα στή νευτώνεια θεωρία καί τίς ἀστρονομικές παρατηρήσεις καί τήν ἀξίωση γιά ἀναλλοίωτο τῶν φυσικῶν νόμων σέ ὁποιοδήποτε σύστημα ἀναφοράς, ἀδρανειακό ἢ μή. Ἡ κβαντική μηχανική, τέλος, εἶναι μιὰ ἀξίωματική θεωρία, ἡ ὁποία προέκυψε σάν ἡ θεωρητική σύνθεση ἑνός τεράστιου πραγματολογικοῦ ὕλικου, σύνθεσης πού ὑπερβαίνει ὅλα τά ἐπιμέρους δεδομένα, ἐντάσσοντάς τα σέ ἕνα νέο θεωρητικό οἰκοδόμημα.<sup>17</sup>

Ὡστόσο, μιὰ φυσική θεωρία δέν γεννιέται σάν ἀποτέλεσμα μόνο τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιφάσεων τῆς ἐπιστήμης. Στή γένεσή της συμβάλλει ἡ ἰδεολογία τῆς ἐποχῆς καί ἰδιαίτερα τῶν δημιουργῶν της, καθώς καί οἱ γενικότερες δυνατότητες γιά κοινωνική ἀποδοχή τῆς θεωρίας. Εἶναι, π.χ., γνωστός ὁ ρόλος τῆς θετικιστικῆς φιλοσοφίας στήν ἀνάπτυξη τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς. Ἀπό τήν ἄλλη πλευρά, ἡ ὑπόθεση τοῦ Κοπέρνικου μπόρεσε νά διατυπωθεῖ στήν Ἀνα-

17. Βλ. σχετικά, Α. Einstein, in Einstein et al., *The Principle of Relativity*, op. cit., Ἐπίσης, Μ. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, Wiley, 1974, καί Ε. Μπιτσάκης, *Τά ἐννοιολογικά θεμέλια τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς*, Ι. Ζαχαρόπουλος, θά ἐκδοθεῖ τό 1983.

γέννηση, όχι τόσο επειδή τὰ παρατηρησιακά δεδομένα ήταν αποφασιστικά πιά πλούσια απ' ὅ,τι τὰ δεδομένα τοῦ Ἀρίσταρχου, ὅσο ἐπειδή τὸ διαμορφωμένο τότε νέο ἰδεολογικὸ κλίμα θὰ μπορούσε νὰ δεχτεῖ μιὰ θεωρία ποῦ ἀντιστρατευόταν τὴν κυρίαρχη, ἀλλὰ ἤδη ἀποσαθρωμένη ἰδεολογία. Ἀντίστροφα, μιὰ ὀρισμένη ἰδεολογία μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει ἐπιστημολογικὸ ἐμπόδιο στὴν ἀνανέωση καὶ στὴν ἐξέλιξη τῶν φυσικῶν θεωριῶν. Παράδειγμα: ὁ ἀνασταλτικὸς ρόλος, τόσο τοῦ θετικισμοῦ, ὅσο καὶ τοῦ ἀπλοικοῦ ὕλισμοῦ, στὴν ἀνανέωση τῆς κβαντικῆς θεωρίας.

Ἡ φυσικὴ ξεπέρασε τὸ status τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας καὶ μεταλλάχθηκε σὲ ἐπιστήμη, ἀπὸ τὴ στιγμὴ ποῦ μπόρεσε νὰ ἐκφράσει τίς φυσικὲς νομοτέλειες μὲ τὴ βοήθεια ποσοτικῶν σχέσεων. Τὰ μαθηματικά, ὥστόσο, δὲν εἶναι ἓνα ἀπλὸ ἐργαλεῖο στὰ χέρια τοῦ φυσικοῦ. Οἱ νόμοι τῆς φυσικῆς δὲν ὑπάρχουν παρά μὲ τὴ μορφή μαθηματικῶν σχέσεων. Ἐτσι, ἀνάμεσα στὰ στοιχεῖα τῆς φυσικῆς πραγματικότητας καὶ τίς σχέσεις τους, ἀπὸ τὴ μιὰ, καὶ στοὺς φυσικοὺς νόμους, ἀπὸ τὴν ἄλλη, ὑπάρχει ἓνα εἶδος μορφισμοῦ: Οἱ ἀντικειμενικὲς σχέσεις μεταγράφονται μὲ τὴ μορφή μαθηματικῶν σχέσεων. Ἡ συνοχὴ τοῦ φορμαλισμοῦ μιᾶς θεωρίας εἶναι ἡ λογικομαθηματικὴ ἔκφραση τοῦ νομοτελειακοῦ χαρακτῆρα τῶν φυσικῶν φαινομένων. Ἐτσι, τὸ κριτήριο τῆς ἐσωτερικῆς συνοχῆς μιᾶς θεωρίας δὲν εἶναι ἀπλὰ θέμα λογικῆς ἢ μαθηματικῆς συνεκτικότητας.

Ἡ ἀντιστοιχία ἀνάμεσα στὴ φυσικὴ πραγματικότητα καὶ τὴ μαθηματικὴ τῆς ἔκφραση ἔχει συνεπῶς ἓνα ἀντίκρουσμα στὴ φυσικὴ πραγματικότητα. Αὐτὸ δὲν σημαίνει ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ δυναμικὴ τῶν μαθηματικῶν δὲν μπορεῖ νὰ ὑπερβεῖ αὐτὴ τὴν ἀντιστοίχισή της καὶ νὰ δημιουργήσῃ νέους κλάδους, χωρὶς ἀντίκρουσμα τὸν φυσικὸ κόσμο. Οἱ νέοι αὐτοὶ κλάδοι μπορεῖ, ὥστόσο, νὰ ἐκφράσουν κάποτε νέες, ἄγνωστες στὴν ἐποχὴ ποῦ δημιουργήθηκαν, φυσικὲς σχέσεις. Αὐτό, π.χ., ἐγινε μὲ τὴ γεωμετρία τοῦ Riemann καὶ τοὺς χώρους Hilbert. Τὸ ἀντίστροφο ἰσχύει σὲ πολλές ἄλλες περιπτώσεις, ὅπου οἱ φυσικοὶ δημιούργησαν τοὺς πρώτους πυρῆνες μαθηματικῶν κλάδων (διαφορικὸς καὶ ὀλοκληρωτικὸς λογισμὸς, τανυστικὸς λογισμὸς, γενικευμένες συναρτήσεις [κατανομές], κτλ.).

Ἐνα ἐπιστημολογικὸ πρόβλημα ποῦ θὰ πρέπει ἐπίσης νὰ ἐπισημανθεῖ εἶναι ἡ ἱστορικὴ διαδικασία ἀνάπτυξης, διαφοροποίησης καὶ ταυτόχρονα ἐνοποίησης τῶν φυσικῶν θεωριῶν καὶ τῶν ἐπιστημῶν. Ἡ διαφοροποίηση προκύπτει ἀπὸ τὴ διεύρυνση τῶν ἐρευνητικῶν δυνατοτήτων καὶ τὴν οἰκειοποίηση ἐπιμέρους περιοχῶν τῆς πραγματικότητας. Ἡ ἐνοποίηση εἶναι ἡ ἀναπόφευκτη συνέπεια τῆς γενίκευσης, τῆς ἀποκάλυψης γενικότερων νομοτελειῶν καὶ τῆς δημιουργίας θεωρητικῶν σχημάτων ποῦ ἀποκαλύπτουν τὴν ἐνότητα φαινομένων ποῦ θεωροῦντο ἀνεξάρτητα στὰ πλαίσια τῶν προηγούμενων θεωριῶν. Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα εἶναι ἡ δημιουργία τῶν κλάδων τῆς θερμότητας, τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τοῦ μαγνητισμοῦ καὶ τῆς ὀπτικῆς μὲ τὴν ἀνάπτυξη τῆς φυσικῆς τῶν ἀρχῶν τοῦ 19ου αἰῶνα καὶ ἡ ἐνοποίησή τους μὲ τὴ θεωρία τοῦ Maxwell. Ἄλλο παράδειγμα εἶναι ἡ ἀνακάλυψη τῶν φυσικῶν ἀλληλεπιδράσεων, ποῦ ἀνάγεται σὲ μιὰ μακρὰ ἱστορικὴ περίοδο, ἀπὸ τὸν Νεύτωνα καὶ τὸν Maxwell, τὸν Yukawa καὶ τὴν ἀνακάλυψη τῶν ἀσθενῶν ἀλληλεπιδράσεων, καὶ οἱ

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

Οι φυσικές θεωρίες, συνεπῶς, δὲν ἀναπτύσσονται παράλληλα, ἀλλὰ μέσα ἀπὸ σχέσεις ἀμοιβαίου καθορισμοῦ, πού τροποποιούνται στὴν πορεία τοῦ χρόνου. Ἡ κβαντική μηχανική, π.χ., γεννήθηκε μὲ μιὰ «κβαντική» μεταγραφὴ τοῦ κλασικοῦ χαμιλτονικοῦ φορμαλισμοῦ. Ἡ διερεύνηση τῆς λογικῆς τῆς δομῆς ἔγινε μὲ τὴ βοήθεια τῆς μαθηματικῆς λογικῆς καὶ ἔδωσε τὴ δυνατότητα νὰ ἐπισημανθοῦν ἢ καὶ νὰ ἀποκλεισθοῦν ὁρισμένες φυσικὲς δυνατότητες. Ἡ ἔρευνα τῆς λογικῆς τῆς δομῆς, ἀντίστροφα, συνέβαλε στὴν ἀνάπτυξη τῆς νεώτερης λογικῆς. Στὴ θεωρητικὴ ἔρευνα γιὰ τὴν ὑπαρξὴ λανθανουσῶν παραμέτρων, ἀξιοποιοῦνται τόσο οἱ φυσικὲς ὄψεις τοῦ προβλήματος, ὅσο καὶ ἡ λογικὴ ἀνάλυση καὶ οἱ δυνατότητες μιᾶς προωθημένης πειραματικῆς τεχνικῆς.<sup>18</sup> Τέλος, ἡ ἀνάπτυξη, τόσο τῆς φυσικῆς, ὅσο καὶ τῶν μαθηματικῶν, πραγματοποιήθηκε μέσα ἀπὸ μιὰ ιστορικὴ διαδικασία ἀμοιβαίων προκλήσεων, ὅπου, ὅπως σημειώθηκε, ἄλλοτε προηγούντο τὰ φυσικὰ ἐρωτήματα καὶ ἄλλοτε τὰ μαθηματικὰ ὑποδείκνυαν νέες δυνατότητες στὴ φυσικὴ.

Συνεπῶς, οἱ ἔννοιες τῆς φυσικῆς δὲν εἶναι ἐξωϊστορικές. Τό κύριο χαρακτηριστικό τους εἶναι ἡ ιστορικότητα, ἄρα ἡ σχετικότητα, μὲ τὴν ἔννοια τῆς διαλεκτικῆς. Ἱστορικοί δὲν εἶναι μόνο οἱ ἐπιμέρους νόμοι καὶ οἱ ἐπιμέρους φυσικὲς ἔννοιες. Ἀκόμα καὶ ἔννοιες καὶ ἀρχές καθολικές, πού ἐπανευρίσκονται στό χώρο τῆς φιλοσοφίας, ὅπως οἱ ἔννοιες τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου, οἱ ἀρχές τῆς διατήρησης τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης, ἡ ἔννοια τῆς ἀντικειμενικότητας κ.ἄ., μεταμορφώνονται μέσα ἀπὸ τὰ 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 καὶ τοῦ χρόνου τῆς σχετικιστικῆς φυσικῆς. Ἡ ἔννοια τῆς ἀντικειμενικότητας, αὐτονόητη γιὰ τὴν κλασικὴ ἐπιστημολογία, μεταλλάχθηκε ἀπὸ παθητικὴ ἔννοια σὲ ἔννοια διαλεκτικὴ καὶ ἱστορικὴ, ἡ ὁποία προϋποθέτει ὄχι μόνο τὸν ἐνεργητικὸ ρόλο τοῦ υποκειμενικοῦ παράγοντα, ἀλλὰ καὶ τὶς δυνατότητες τῆς ἱστορικῆς στιγμῆς· καὶ αὐτὸ χωρὶς ὁποιαδήποτε ἀντιστροφὴ τῆς ὕλιστικῆς θέσης γιὰ τὴν προτεραιότητα τοῦ εἶναι. Ἡ ἔννοια τῆς δυναμικῆς ἀντικειμενικότητας, σὲ ἀντίθεση μὲ τὸ πλᾶσμα τῆς παθητικῆς ἀντικειμενικότητας, ἀντιστοιχεῖ στὰ δεδομένα τῆς σημερινῆς φυσικῆς.<sup>19</sup> Τέλος, ἡ κλασικὴ φυσικὴ καὶ ἡ κλασικὴ χημεία δὲν διαμόρφωσαν μόνο τὴ μηχανιστικὴ ἀντίληψη γιὰ τὴν ὕλη. Οἱ ἀρχές διατήρησης τῆς μᾶζας καὶ τῆς ἐνέργειας, πού διατύπωσαν αὐτές οἱ ἐπιστῆμες, θεωρήθηκαν ἀπὸ τὴν ἀπλοϊκὴ ὕλιστικὴ σκέψη σάν ἀπόδειξη τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης καὶ τῆς κίνησης. Ἀλλὰ οἱ ἀρχές αὐτές μεταμορφώθηκαν στὴν ἐποχὴ μας, καὶ ἀποδείχθηκε ἡ σχετικότητα καὶ ἡ ἐνότητά τους. Ἀλλες 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 αβθαρσίας τής ύλης, όπως οί άρχές διατήρησης του βαρυονικού καί του λεπτονικού αριθμού, θά άποδειχτούν ένδεχομένως σχετικές καί ιστορικές. Συνεπώς, ή μόνη ιδιότητα τής ύλης πού θεμελιώνει ένα σύγχρονο ύλισμό είναι ή άντικειμενικότητα καί ή αυθυπαρξία της, σύμφωνα μέ τόν όρισμό του Λένιν.<sup>20</sup> Οί επιμέρους μορφές καί οί φυσικοί νόμοι δέν αποτελούν αιώνιες, αλλά ιστορικές κατακτήσεις τής γνώσης.

### III. Διεπιστημονικά προβλήματα τής σύγχρονης φυσικής

Μετά από τήν επισήμανση των προηγούμενων θεωρητικών καί επιστημολογικών προβλημάτων τής 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 καί, ευρύτερα, ή μελέτη του γίγνεσθαι των επιστημών σάν ιστορικής διαδικασίας πού προϋποθέτει τήν αυτόνομία καί τήν άλληλοσυσχέτισή τους. Πράγματι, κάθε επιστήμη χαρακτηρίζεται από μιά έσωτερική συνοχή καί μιά σχετική αυτότέλεια. Ταυτόχρονα, προϋποθέτει άλλες επιστήμες (π.χ. ή φυσική προϋποθέτει τά μαθηματικά, ή βιολογία τή χημεία, κ.ο.κ.), άποτελεί μέ τή σειρά της προϋπόθεση άλλων επιστημών, έχει κοινές όριακές περιοχές μέ άλλες επιστήμες. Έτσι, ή διεπιστημονική έρευνα άναζητεί τους όρους γένεσης καί ανάπτυξης των επιστημών, τίς όποιες αντιμετωπίζει όχι σάν αυτόνομες όλότητες, αλλά σέ συνάρτηση μέ τήν εξέλιξη των άλλων επιστημών, τής τεχνολογίας καί συνολικά των κοινωνικών όρων μιās εποχής. 'Η επιστήμη, μ' αυτή τήν έννοια, θεωρείται σάν κοινωνική πρακτική ή όποία έχει τους γνωστικούς καί κοινωνικούς καθορισμούς της καί ταυτόχρονα άσκει μιά δεσπόζουσα, γνωστική, καί μιά κοινωνικοπρακτική λειτουργία. Μ' αυτή τή έννοια, οί επιστήμες νοούνται μέσα στην ιστορία καί όχι σάν άναζήτηση κάποιας άπόλυτης, εξωϊστορικής αλήθειας.<sup>21</sup>

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

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

20. Βλ. V. I. Lénine, *Matérialisme et Empiricriticisme*, Ed. Sociales, Paris, 1962.

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

μείας, της θεωρητικής μελέτης των μεγαλομορίων και της φυσικής του στερεού σώματος. Έμμεσα επηρεάζει τη μοριακή βιολογία και τη γενετική. Καθελθόντας από τις προηγούμενες επιστήμες έχει το δικό της ιδιαίτερο αντικείμενο, τις δικές της μεθόδους, τον δικό της φορμαλισμό και το δικό της σώμα γνώσεων. Ωστόσο, η ένότητα και η αλληλεξάρτηση αυτών των επιστημών είναι επίσης γεγονός. Μάλιστα, η ανάπτυξη της μιάς ύπηρεσε πολλές φορές όχι μόνο προϋπόθεση, αλλά και επιστημολογική πρόκληση για την ανάπτυξη της άλλης και οι όριακές, κοινές περιοχές, αποδείχθηκαν συχνά ιδιαίτερα επαναστατικές.

Η ανάπτυξη της κβαντικής μηχανικής προϋπέθετε και ταυτόχρονα επηρέαζε την ανάπτυξη μιάς σειράς κλάδων των νεότερων μαθηματικών. Ο κλάδος αυτός δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί αν δεν υπήρχε ο διανυσματικός λογισμός και ευρύτερα η θεωρία των διανυσματικών χώρων, ή γραμμική άλγεβρα και ανάλυση, ή ανάλυση Fourier, ή θεωρία των γενικευμένων συναρτήσεων, ή πιθανοθεωρία, κτλ. Ταυτόχρονα, τα προβλήματα που έθεσε η κβαντική μηχανική συνέβαλαν στην ανάπτυξη των προηγούμενων κλάδων. Οι χώροι Hilbert, π.χ., βρήκαν το φυσικό τους αντίστοιχο, η άλγεβρα των τελεστών αναπτύχθηκε σε οργανική σχέση με την κβαντική μηχανική, οι γενικευμένες συναρτήσεις (κατανομές) ξεκίνησαν από την ηλεκτροτεχνία και τη κβαντική μηχανική, κτλ. Από την άλλη πλευρά, η κβαντική μηχανική, ή φυσική των μικροσωματιδίων και γενικότερα η νεώτερη φυσική, είχε ανάγκη από τη θεωρία ομάδων για να εκφράσει φυσικές συμμετρίες και μετασχηματισμούς. Ταυτόχρονα, η νεώτερη φυσική συνέβαλε στην ανάπτυξη αυτού του μαθηματικού κλάδου. Τέλος, η έρευνα των λογικών δομών της κβαντικής μηχανικής προϋπέθετε την ύπαρξη της νεώτερης μαθηματικής λογικής. Ταυτόχρονα, έθεσε φυσικά προβλήματα που προώθησαν την ανάπτυξη της καθαυτού μαθηματικής έρευνας σ' αυτή την περιοχή (π.χ. πλέγματα Boolean και κλασικά πλέγματα, δυνατότητα ένσωματωσης των δεύτερων στα πρώτα, κτλ.) Έτσι, οι εξελίξεις στη φυσική και οι εξελίξεις των μαθηματικών στον αιώνα μας προχώρησαν συχνά μέσα από διαδικασίες αμοιβαίων καθορισμών και προκλήσεων.

Η ανάπτυξη της νεώτερης φυσικής, τέλος, θα ήταν αδύνατη χωρίς τις νεώτερες τεχνικές παρατήρησης, πειραματισμού και υπολογισμού, που με τη σειρά τους θα ήταν αδιανόητες έξω από την ανάπτυξη της νεώτερης βιομηχανίας. Ο έλεγχος της θεωρίας της βαρύτητας του Einstein, π.χ., θα ήταν αδύνατος χωρίς δυνατότητα κατασκευής γιγάντιων τηλεσκοπίων και πανίσχυρων ραδιοτηλεσκοπίων. Τα πειράματα τύπου Michelson-Morley, που βρίσκονται στην αφετηρία της θεωρίας της σχετικότητας, θα ήταν επίσης αδύνατα χωρίς την ανάπτυξη της οπτικής και του ηλεκτρισμού, και των αντίστοιχων πειραματικών τεχνικών. Επίσης, οι θεωρίες των μικροσωματιδίων θα ήταν αδύνατες ή δεν θα είχαν νόημα, χωρίς τα τεχνικά μέσα για την ανακάλυψη των «ελάχιστων» αυτών υλικών όντοτων και τον προσδιορισμό των φυσικών μεγεθών και των κβαντικών αριθμών που τα χαρακτηρίζουν. Οι πειραματικές μέθοδοι σ' αυτή την περιοχή προϋποθέτουν τις νεώτερες τεχνικές κατακτήσεις της οπτικής και του ηλεκτρομαγνητισμού, ειδικά την ικανότητα για δημιουργία ισχυρών πεδίων, ήρα ισχυρών επιταχυντών (με ενέργεια της τάξης των 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 μικροσωματίων προώθησε με τη σειρά της την ανάπτυξη της αστροφυσικής, 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 ένδογενή 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 *informatique* και με τις νέες τεχνικές στο χώρο της οπτικής, 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 ή φυσική. 'Αλλά με τη δημιουργία όλο και πιό πλατειών συνθέσεων, ή φυσική προσεγγίζει τά γενικότερα γνωσιολογικά και όντολογικά έρωτήματα. 'Ωστόσο, ή διαφορά των επιστημών από τή 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, ώστόσο, περνώντας μέσα από τό ειδικό, έπιχειρεί νά αναχθεϊ στό γενικό: νά όρίσει τίς γενικές κατηγορίες του εί- ναι και της νόησης, μέσα από τή φιλοσοφική γενίκευση των δεδομένων των επιστημών και του συνόλου της κοινωνικής πρακτικής. Μιά τέτοια σχέση ενότητας και διαφοράς κάνει κατανοητή τή φιλοσοφική έμβέλεια των επιστημών, καθώς και τή γνωστική λειτουργία της φιλοσοφίας.<sup>22</sup>

'Ετσι, ή ανάπτυξη της νεώτερης φυσικής αναστάτωσε τήν 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 εκλεπτυνθεϊ: τό έρώτημα γιά τήν αντικειμενικότητα έχει γίνει άχώριστο από τό έρώτημα γιά τά μέσα προσπέλασης πρός τήν αντικειμενική πραγματικότητα. 'Επίσης, τό πρόβλημα της αιτιότητας τέθηκε στόν 20ό αιώνα μέ νέους όρους, ύστερα από τίς 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 Unwin, 1958. 3) Τής 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. Ειδικότερα, ή μικροφυσική έθεσε τό πρόβλημα τών μορφών τής μικροαιτιότητας και τής άρσης τής αντίθεσης ανάμεσα στόν τυπικά άντιστρεπτικό χαρακτήρα τών μικροφαινομένων και τή μακροσκοπική μή άντιστρεψιμότητα. 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» έρωτήματα πού τέθηκαν μέ νέους όρους χάρη στην εξέλιξη τής φυσικής. Άλλά ή ανάπτυξη τής επιστήμης αυτής είναι όργανικά δεμένη μέ μία σειρά από επιστημολογικά 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 μιās θεωρίας, είναι προβλήματα επιστημολογικά, αλλά, σέ ένα ευρύτερο πλαίσιο, είναι επίσης προβλήματα γνωσιοθεωρητικά. Τό ίδιο και τό πρόβλημα του περάσματος από τά πειραματικά δεδομένα, ή τών αντιφάσεων του πειράματος μέ τή θεωρία, σέ μία νέα θεωρητική σύλληψη. Επίσης, τό πρόβλημα τής αξιωματικής θεμελίωσης μιās θεωρίας σέ σχέση μέ τό εμπειρικό ύλικό, καθώς και τό πρόβλημα τής λογικής της δομής, είναι προβλήματα επιστημολογικά και, σέ ένα άλλο επίπεδο, γνωσιολογικά. Τό ίδιο θά μπορούσαμε νά πούμε γιά τό πρόβλημα τής διαμόρφωσης του έννοιολογικού πυρήνα μιās 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 επιστημονικών μεταλλαγών παρουσιάζει επίσης αυτή τή διπλή όψη. Ή συσσωρευτική αντίληψη γιά τήν πρόοδο τής επιστήμης δέν είναι άπλά μία επιστημολογική άποψη. Έντάσσεται σέ μία 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 μιās επιστήμης και τήν άλματική μεταλλαγή της πού γεννιέται από τήν δξυνση τών έσωτερικών της αντιφάσεων και τή μεταβολή τών κοινωνικών της προδοισμών. 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. Ή φυσική προχώρησε από τήν περιγραφή στην έρμηνεία τών φαινομένων. Άλλά ύπάρχουν βαθμοί ή επίπεδα έρμηνείας τά όποια άντιστοιχούν στά επίπεδα όργανικής τής φυσικής πραγματικότητας. Έτσι, ή γνώση τών φυσικών νόμων παρουσιάζεται σάν μία 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. 'Η νεώτερη φυσική αποτελεί προνομιακό πεδίο για τή μελέτη τῶν προηγούμενων ἐπιστημολογικῶν καί γνωσιοθεωρητικῶν προβλημάτων. 'Αλλά ἐδῶ θά ἀρκεστοῦμε σ' αὐτή τή συνοπτική ἐπισήμανση ἐνός θεμελιακοῦ ἐρευνητικοῦ πεδίου.

'Από τά προηγούμενα συνάγεται ἡ ἐνότητα τῶν ἐπιστημῶν (καί εἰδικά τῆς φυσικῆς) μέ τή φιλοσοφία, ἐνότητα πού προϋποθέτει τήν καταστατική διαφορά. 'Η ἀντιθετική αὐτή σχέση ἐνέχει δύο κινδύνους: 1) Τήν ἀπολυτοποίηση τῆς ἐνότητας, πού ὁδηγεῖ στήν παραγνώριση τῆς καταστατικῆς διαφορᾶς, ἄρα στή νομιμοποίηση τῆς παρέμβασης τῆς καταστατικῆς διαφορᾶς, ἄρα στή νομιμοποίηση τῆς παρέμβασης τῆς φιλοσοφίας στά εἰδικά προβλήματα τῶν ἐπιστημῶν. 2) Τήν ἀπολυτοποίηση τῆς ἀντίθεσης, πού ὁδηγεῖ στήν ὑποτίμηση τῆς φιλοσοφίας καί στό ἰδεολόγημα πού ταυτίζει τήν ἐπιστημονική ἀλήθεια μέ τήν ἀλήθεια καί τή φιλοσοφία μέ τήν πλάνη ἢ μέ τή διατύπωση ἐρωτημάτων πού στεροῦνται νοήματος.<sup>24</sup> 'Ο θετικιστικός ἐπιστημονισμός ἀποτελεῖ μιά σύγχρονη ἔκδοση αὐτῆς τῆς πλάνης. 'Αλλά, καθὼς προσπάθησα νά δείξω, ἡ ἰδεολογία ἀποτελεῖ ἐνεργό παράγοντα στή διαμόρφωση τῶν φυσικῶν θεωριῶν καί, ἀντίστροφα, οἱ ἐπιστῆμες ἀσκήσαν πάντοτε κάποια ἰδεολογική λειτουργία.

Μποροῦμε, συνεπῶς, νά διακρίνουμε τρία πεδία ἐρευνας: τό εἰδικά ἐπιστημονικό, τό ἐπιστημολογικό καί τό καθαυτό γνωσιοθεωρητικό. Τά τρία αὐτά πεδία δέν ταυτίζονται, ἀλλά καί δέν χωρίζονται τυπικά. Τά ἴδια προβλήματα ἀνήκουν συχνά σέ περισσότερα ἀπό ἕνα πεδία, ἀλλά διερευνῶνται σέ ἐπίπεδα διαφορετικά. Οἱ ἐπιστημονικές ἔννοιες ἀντιστοιχοῦν σέ εἰδικές πραγματικότητες καί συχνά ἐκφράζονται μέ ποσοτικές σχέσεις, πειραματικά ἐλέγχιμες. Οἱ φιλοσοφικές κατηγορίες δέν εἶναι ἐπιστημονικά λειτουργικές, ἀφοροῦν γενικές νομοτέλειες τοῦ εἶναι καί τῆς γνώσης. 'Ωστόσο, στίς καλύτερες στιγμές τῆς φιλοσοφίας, διαμορφώνονται μέσα ἀπό τήν ἀνάλυση καί τή φιλοσοφική καταξίωση τῶν ἐπιμέρους ἐπιστημῶν. Μιά τέτοια, ἀντιθεωρησιακή πρακτική τῆς φιλοσοφίας, γονιμοποιεῖ τόσο τήν ἐπιστημονική, ὅσο καί τή φιλοσοφική σκέψη.

24. Βλ. 1) L. Althusser, *Éléments d'Autocritique*, Hachette, 1974. 2) R. Carnap, *Φιλοσοφία καί λογική σύνταξη*, διγλώσση ἔκδοση, 'Εγνατία. 3) M. Schlick, *Εἰσαγωγή στή φιλοσοφική σκέψη*, διγλώσση ἔκδοση, 'Εγνατία.