

Οι επαναστάσεις στη Φυσική

Συμπληρώθηκαν 95 χρόνια από τη γέννηση της κβαντικής θεωρίας με την υπόθεση του Πλανκ για την ασυνεχή εκπομπή της ακτινοβολίας. Από τη χρονολογία αυτή ξεκίνησε η μεγάλη επιστημονική επανάσταση των κβαντικών θεωριών, δηλαδή της νεώτερης μικροφυσικής. Πέντε χρόνια αργότερα ο Αϊνστάιν εξήγησε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο με την υπόθεση ότι η ακτινοβολία όχι μόνον εκπέμπεται, αλλά και διαδίδεται κατά μικρότατες, ασυνεχείς ποσότητες, τα κβάντα. Την ίδια χρονιά ο Αϊνστάιν δημιούργησε την ειδική θεωρία της σχετικότητας, η οποία αποτέλεσε μια επανάσταση στις αντιλήψεις μας για το χώρο και το χρόνο. Μια από τις συνέπειες, εξάλλου, της ειδικής θεωρίας ήταν η ανακάλυψη των σχέσεων μάζας και ενέργειας, η οποία επίσης επαναστατικοποίησε τις αντιλήψεις μας για την ύλη και είχε τις τραγικές τεχνολογικές και κοινωνικές συνέπειες που γνωρίζουμε - πυρηνική ενέργεια, κ.λπ. Η ειδική θεωρία, άλλωστε, αποτελεί το γενικό πλαίσιο των θεωριών των μικροσωματίων και από μια άποψη της αστροφυσικής. Τέλος, πριν από 80 χρόνια, ο Αϊνστάιν δημιούργησε τη γενική θεωρία της σχετικότητας, η οποία, εκτός από θεωρία της βαρύτητας, απετέλεσε το μαθηματικό πλαίσιο της νεώτερης κοσμολογίας. Ως «χρονο-γεωμετρική» θεωρία της βαρύτητας, εξάλλου, η γενική θεωρία ανέδειξε την ενότητα των εννοιών του χώρου, του χρόνου, της ύλης και της κίνησης. Τα γενικά πλαίσια του νέου επιστημονικού παραδείγματος είχαν πλέον διαμορφωθεί. Στα πλαίσια αυτά διατυπώθηκε το 1924 η υπόθεση του de Broglie για το δυαδικό, κυματικό και σωματιδιακό, χαρακτήρα των μικροσωματίων, την ίδια περίοδο διατυπώθηκε η κβαντική μηχανική με τις εργασίες των Σραϊντινγκερ, Μπορν, Χάιζενμπεργκ, Ντιράκ, Πάολι και άλλων και με τη συμβολή του Μπορ, ο οποίος είχε διατυπώσει το 1913 το πρώτο κβαντικό πρότυπο του ατόμου.

Με τις θεωρίες αυτές είχαν συγκροτηθεί οι βάσεις της νεώτερης φυσικής και της κοσμολογίας, οι οποίες επαναστατικοποίησαν τις αντιλήψεις μας για την ύλη, το χώρο, το χρόνο, την κίνηση και το σύμπαν γενικότερα. Το νέο, κβαντικό και σχετικιστικό «παραδείγμα», απετέλεσε την ιστορική άρνηση, δηλαδή την επαναστατική υπέρβαση του κλασικού νευτώνειου παραδείγματος.

Η νεώτερη φυσική ορίζεται σε σχέση με την κλασική - νευτώνεια φυσική. Πρόκειται για μια σχέση ιστορικής ενότητας και ρήξης. Και αυτό γιατί οι νέες έννοιες και θεωρίες, οι οποίες αν και οριακά δίνουν τα ίδια αποτελέσματα με τις κλασικές, εντούτοις προϋποθέτουν ένα νέο θεωρητικό πλαίσιο, ποιοτικά διαφορετικό από το κλασικό. Η επιστημική διαφορά των νέων από τις κλασικές θεωρίες και ταυτόχρονα η σύμπτωσή τους στο όριο, αποτελούν συγκεκριμένη ένδειξη του γεγονότος ότι οι νέες θεωρίες δεν ανατρέπουν απλώς τις παλαιές, αλλά αναδεικνύουν τα όρια των φυσικών - οντολογικών τους παραδοχών. Μέσα από μια επαναστατική διαδικασία ρήξης τις υπερβαίνουν, ενώ ταυτόχρονα τις συναντούν οριακά όταν πληρούνται οι συνθήκες των κλασικών θεωριών. Έτσι, π.χ., η σχετικιστική μηχανική δίδει τα ίδια αποτελέσματα με τη νευτώνεια, όταν οι ταχύτητες είναι πάρα πολύ μικρές. Ωστόσο η ταύτιση δεν αναιρεί την επιστημική διαφορά των δύο θεωριών. Αντίστοιχα, οι εξισώσεις της κβαντικής μηχανικής μεταπίπτουν στις κλασικές εξισώσεις, αν θεωρήσουμε αμελητέο το χαρακτηριστικό τους μέγεθος, τη σταθερά του Πλανκ. Τα επιστημονικά «παραδείγματα» δεν είναι, λοιπόν, μη συγκρίσιμα, όπως θέλει η μηχανιστική επιστημολογία του Τόμας Κουν. Επίσης, οι επιστημονικές επαναστάσεις δεν δημιουργούν μια σειρά «παραδείγματα», όπου το νεότερο δεν είναι περισσότερο αληθινό από το προηγούμενο, όπως ισχυρίζεται πάλι ο Κουν. Κάθε επιστημονική επανάσταση συγκροτεί ένα νέο θεωρητικό πλαίσιο, μια νέα κοσμοεικόνα, η οποία συνιστά μια *εμβάθυνση* της γνώσης μας για τη φυσική πραγματικότητα.

Η νεώτερη φυσική παραπέμπει στην κλασική. Και στην περίπτωση της τελευταίας, μια σειρά χρονολογικές συμπτώσεις δεν είναι τυχαίες και μας θυμίζουν την απόσταση που μας χωρίζει, αλλά και την παγία επικαιρότητα των κλασικών φυσικών θεωριών. Πράγματι, πριν 450 χρόνια (το 1543) δημοσιεύθηκε το επαναστατικό έργο του Κοπέρνικου *De Revolutionibus Orbium Celestium*, το οποίο εγκαινίασε τη νεώτερη κοσμολογία και συνολικά ανέτρεψε την καθιερωμένη, γεωκεντρική αντίληψη για το σύμπαν. Οι παρατηρήσεις του μεγάλου αστρονόμου Tycho Brahe (1546-1601) έδωσαν το αναγκαίο υλικό στον Κέπλερ (1571-1630) για να διατυπώσει τους νόμους της κίνησης των πλανητών. Ο Νεύτων θα ερμήνευε αργότερα αυτούς τους νόμους, με βάση την αρχή της παγκόσμιας έλξης (*Principia*, 1687). Την ίδια εποχή ο Χιούγκενς θα διατύπωνε την κυματική οπτική (1690) και ο Νεύτων την αντίθετη σωματιδιακή θεωρία για το φως (1704). Αλλά βέβαια οι θεωρίες αυτές προϋπέθεταν τη γνώση των νόμων της κίνησης: την κινηματική και τη δυναμική. Ως γνωστόν, η κλασική μηχανική έχει την αφετηρία της στο έργο του Γαλιλαίου (1564-1642). Οι δύο νέες επιστήμες του Γαλιλαίου δημοσιεύθηκαν το 1638. Τα *Principia* 49 χρόνια αργότερα. Οι βάσεις της Μηχανικής, της Ουράνιας Μηχανικής και της Οπτικής είχαν ολοκληρωθεί. Η κλασική επιστήμη είχε εισέλθει στο «κανονικό» της στάδιο, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι φυσικοί έκτοτε καταπιανόντουσαν «με την επίλυση γρίφων». Αρκεί να θυμηθούμε την ανάπτυξη της θεωρητικής μηχανικής με το έργο των Langrange, Hamilton και άλλων, της Κοσμολογίας με το έργο του Laplace και της Οπτικής με την ανάπτυξη της κυματικής οπτικής το 19ο αιώνα. Τέλος, το 19ο αιώνα διαμορφώθηκε η Θερμοδυναμική, η Στατιστική Φυσική και η

Ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Μάξγουελ. Με τις θεωρίες αυτές είχε περίπου ολοκληρωθεί η κλασική φυσική κα μαζί της το κλασικό, μηχανιστικό κοσμοείδωλο.

Αλλά η επανάσταση των Κοπέρνικου, Γαλιλαίου, Νεύτωνα κ.λπ. χρειαζόταν για να γίνει εφικτή την άρση δύο κυρίως επιστημονικών εμποδίων. Πρώτον, του Αριστοτελικού-Πτολεμαϊκού, γεωκεντρικού προτύπου, και δεύτερον, της ποιοτικής και ουσιοκρατικής φυσικής του Αριστοτέλη. Ο ύστερος Μεσαίωνας και η Αναγέννηση είχαν προετοιμάσει με μια σειρά εφευρέσεις και ανακαλύψεις (ρολόγια, φακοί, τηλεσκόπια, αντλίες, κ.λπ.) τις υλικές προϋποθέσεις της επανάστασης. Το κίνημα του Ουμανισμού, η Αναγέννηση γενικότερα, οι εξερευνήσεις, είχαν προετοιμάσει το απαιτούμενο ιδεολογικό κλίμα. Ο Φράνσις Μπέικον (1561-1626) ήταν ο θεωρητικός της νέας επιστήμης, ο οποίος ανέδειξε την αξία του πειράματος και της επαγωγικής μεθόδου ενάντια στη σχολαστική και την αυθεντία (*Novum Organum*, 1620).

Οι τεχνολογικές, ιδεολογικές και επιστημονικές προϋποθέσεις για τη νέα επιστήμη είχαν δημιουργηθεί στη Δυτική Ευρώπη του αναπτυσσόμενου καπιταλισμού. Και από τις διαδοχικές επαναστάσεις που συγκρότησαν την κλασική φυσική, διαμορφώθηκε μια νέα κοσμοεικόνα. Από τον Αριστοτέλη η νέα φυσική προχωρούσε προς το Δημόκριτο.

Πράγματι, τα οντολογικά θεμέλια της κλασικής φυσικής δεν ήταν άλλο από τα οντολογικά θεμέλια της κοσμολογίας του Δημόκριτου. Τώρα όμως επρόκειτο για επιστήμη. Από τις μεγαλοφυείς διαισθήσεις του Λεύκιππου, του Δημόκριτου, του Επίκουρου και του Λουκρήτιου, η επιστήμη είχε περάσει σε μια ποσοτική αντίληψη της ύλης και των φυσικών φαινομένων. Βέβαια, η υπόθεση των ατόμων, παρά το κύρος των Γκασσαντί, Γαλιλαίου, Μπούλ, Νεύτωνα, Λαπλάς, κ.λπ., παρέμεινε απλή υπόθεση μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα – ως τότε που η Χημεία και η Φυσική των αερίων θα έφεραν απτές μαρτυρίες για την ύπαρξή τους. Ωστόσο ολόκληρη η κλασική φυσική στηρίχθηκε στην έννοια του υλικού σημείου, αφαίρεση της έννοιας του ατόμου. Η φυσική του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα προϋπέθετε την ύπαρξη των ατόμων, έστω και αν ο Νεύτων απέφυγε να χρησιμοποιήσει, για λόγους ευνόητους, την έννοια, και προτίμησε την παρόμοια έννοια *σωματίδιο*.

Η ύλη, λοιπόν, αποτελείται από άτομα. Η ύλη είναι κατεσπαρμένη στο χώρο, ο οποίος κατά τη νευτώνεια φυσική είναι ένας άπειρος ευκλείδειος χώρος, χωρίς δομή, ένα κενό δοχείο το οποίο δέχεται την ύλη. Το δοχείο θεωρήθηκε ανεξάρτητο από το περιεχόμενο. Αντίστοιχα ο χρόνος θεωρήθηκε ανεξάρτητος από την ύλη. Για τον Νεύτωνα ο πραγματικός χρόνος είναι ο απόλυτος χρόνος, ανεξάρτητος από την ύλη και την κίνηση. Τα άτομα κατά τη νευτώνεια φυσική αλληλεπιδρούν με δυνάμεις που μεταδίδονται με άπειρη ταχύτητα. Έτσι, δημιουργούνται τα φαινόμενα, συγκροτούνται οι υλικοί σχηματισμοί και το σύμπαν ολόκληρο. Σύμφωνα με τη μηχανιστική αντίληψη τα σώματα είναι απλές αρθρώσεις των συστατικών στοιχείων τους. Συνεπώς, οι ίδιοι νόμοι θα διέπουν την πτώση ενός φύλλου εδώ και σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος, αλλά και το φαινόμενο της ζωής, τα ψυχικά και τα πνευματικά φαινόμενα. Ο ακραίος αυτός, μηχανιστικός αναγωγισμός, εκ-

φράστηκε με τον πιο ολοκληρωμένο τρόπο από τον Λατλάς: Αν γνωρίζαμε τις θέσεις και τις ταχύτητες όλων των σωμάτων του σύμπαντος καθώς και τις δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν, τότε, όχι μόνο θα μπορούσαμε να προβλέψουμε το μέλλον του με κάθε λεπτομέρεια, αλλά και να ανασυστήσουμε το παρελθόν του. Μια αδήρητη αιτιότητα καθόριζε την πορεία του κοσμικού μηχανισμού.

Η κλασική φυσική ήταν αιτιοκρατική και ρεαλιστική. Πρόκειται για δύο ουσιαστικά χαρακτηριστικά, τα οποία αμφισβητήθηκαν από μια μερίδα φυσικών και φιλοσόφων με βάση τις ιδιομορφίες της νεώτερης φυσικής. Αλλά η μηχανιστική αντίληψη εμπόδιζε να φανούν τα όρια της κλασικής φυσικής. Το «οικοδομήμα» της φαινόταν στερεό, επιβλητικό και σχεδόν ολοκληρωμένο· έμενε να διαλυθούν δυο «συννεφάκια»: το ένα αφορούσε τη διάδοση του φωτός μέσω του υποθετικού αιθέρα και το άλλο το νόμο εκπομπής της ακτινοβολίας του «μέλανος» σώματος. Η επανάσταση της Σχετικότητας και των Κβάντα ξεκίνησε από τις προσπάθειες να λυθούν τα δύο αυτά προβλήματα.

Η μηχανιστική αντίληψη αποτελούσε τώρα επιστημολογικό εμπόδιο για τη λύση των αντιφάσεων της θεωρίας με τα εμπειρικά δεδομένα. Δεν είναι, λοιπόν, τυχαίο ότι απέτυχαν πλήθος ευφυείς απόπειρες για υπέρβαση της κρίσης, επειδή καμιά δεν αμφισβητούσε συνολικά το κλασικό χωροχρονικό πλαίσιο και γενικότερα το μηχανιστικό παράδειγμα. Η πρώτη από τις επαναστάσεις του αιώνα μας αμφισβήτησε την κλασική αντίληψη για τη συνέχεια των ενεργειακών ανταλλαγών. Η δεύτερη, το νειτώνειο-απόλυτο χωροχρονικό πλαίσιο και μαζί του τη σταθερότητα της μάζας και την ανεξαρτησία της μάζας από την ενέργεια. Μια νέα κοσμοεικόνα αναδυόταν από τις επαναστάσεις του 1900, του 1905, του 1916 και τις μετέπειτα προόδους της φυσικής.

Παρά τις διαφορετικές αρχές και τους διαφορετικούς μαθηματικούς φορμαλισμούς, η σχετικότητα και οι κβαντικές θεωρίες συνιστούν ένα ενιαίο πεδίο για την κατανόηση της ενότητας των μορφών της ύλης και των βασικών κατηγορημάτων της. Έτσι, η ειδική σχετικότητα διετύπωσε την ποσοτική σχέση ανάμεσα σε δυο αλληλένδετα και αντίθετα κατηγορήματα της ύλης: τη μάζα και την ενέργεια. Η ειδική και η γενική σχετικότητα συνολικά διαμόρφωσαν μια νέα αντίληψη για τις σχέσεις ύλης, κίνησης, χώρου και χρόνου. Οι θεωρίες των μικροσωματίων, από την άλλη πλευρά, ανέδειξαν την ενότητα των μορφών της ύλης μέσα στη διαφορότητα και την πολλαπλότητα: ενότητα «ύλης» και πεδίου, σωματίων - αντισωματίων, φερμιονίων και μποζονίων κ.λπ. Οι μετασχηματισμοί των μικροσωματίων είναι η απτή εκδήλωση της οντικής τους ενότητας. Ταυτόχρονα οι σχετικιστικές θεωρίες ανέδειξαν την ενότητα του χώρου και του χρόνου (ειδική σχετικότητα) και την ενότητα χώρου, χρόνου και ύλης. Ο χώρος δεν θεωρείται πλέον άπειρο κενό δοχείο, μορφή ανεξάρτητη από το περιεχόμενο. Η μετρική, δηλαδή η μορφή του καθορίζεται από την κατανομή της ύλης. Είναι μεταβλητή από σημείο σε σημείο και ακόμα, για το ίδιο σημείο του χωροχρόνου η μορφή (καμπυλότητα) είναι συνάρτηση του χρόνου. Η σύγχρονη κοσμολογία εξάλλου απέδειξε ότι το σύμπαν (το προσιτό μέρος του σύμπαντος) δεν είναι μια ολότητα αμετάβλητων υλικών σχηματισμών, αλλά μια

ολότητα σε αδιάκοπο γίνεσθαι - γένεση και καταστροφή μορφών. Η έννοια της κοσμογένεσης αρμόζει κατ' εξοχήν στην εικόνα του σημερινού σύμπαντος. Τέλος, ο αιτιοκρατικός χαρακτήρας των φυσικών φαινομένων όχι μόνο δεν αμφισβητήθηκε από τις σχετικιστικές θεωρίες αλλά και συγκεκριμενοποιήθηκε χάρη στη γνώση των φυσικών αλληλεπιδράσεων. Η κβαντική μηχανική και η μικροφυσική γενικότερα, αντίθετα από τις σχετικιστικές θεωρίες, αμφισβήτησαν τον αιτιοκρατικό χαρακτήρα των φαινομένων. Η σχετική διαμάχη συνεχίζεται από τη δεκαετία του είκοσι. Τόσο η θετικιστική όσο και η ρεαλιστική σχολή έχουν επιχειρήματα που τους επιτρέπουν να μην καταθέτουν τα όπλα.

Η φυσική είναι ένα από τα θαυμαστά δημιουργήματα της ανθρώπινης νόησης. Μπροστά στα έκπληκτα μάτια των ανθρώπων άνοιξε τις αχανείς εκτάσεις του σύμπαντος, καθώς και τα ατέρμονα βάθη του μικρόκοσμου. Από την άλλη πλευρά απετέλεσε τη βάση των πιο επαναστατικών σύγχρονων τεχνολογιών. Αλλά η δεύτερη αυτή πλευρά συγκεκριμενοποιεί τον τραγικό χαρακτήρα της επιστήμης στο σημερινό κόσμο: να γίνεται όργανο πολέμου, και αιτία καταστροφής του περιβάλλοντος. Γενικότερα, κινητήρια δύναμη ενός κόσμου που αποξενώνει τον άνθρωπο από τα ίδια τα δημιουργήματά του, ενός κόσμου που η πιθανότητα της αυτοκαταστροφής δεν είναι δυνατόν να αποκλεισθεί. Αλλά τα προβλήματα αυτά είναι έξω από τη θεματική του σημερινού αφιερώματος, το οποίο αναφέρεται στις επιστημονικές επαναστάσεις στο χώρο της φυσικής και στις γνωσιοθεωρητικές τους συνέπειες.



Jérôme Bosch: Ο ταχνοακτυλονογός, 1475 - 1480