

Το πείραμα που άλλαξε την κβαντομηχανική χάρη σε φτηνά πούρα

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Η ιστορία της επιστήμης είναι γεμάτη από στιγμές ιδιοφυΐας, αυστηρούς υπολογισμούς και προσεκτικά σχεδιασμένα πειράματα. Κάποιες φορές όμως, οι μεγάλες ανακαλύψεις χρωστούν την επιτυχία τους σε απρόσμενους και τυχαίους παράγοντες. Ένα από τα πιο εμβληματικά πειράματα της σύγχρονης φυσικής, το πείραμα Stern–Gerlach, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα το οποίο λειτούργησε, κυριολεκτικά, μέσα σε σύννεφα καπνού από φτηνά πούρα.

Στις αρχές του 20ού αιώνα, η φυσική βρισκόταν σε κρίση. Η κλασική μηχανική αδυνατούσε να εξηγήσει τη συμπεριφορά των ατόμων και των υποατομικών σωματιδίων. Η νέα θεωρία της κβαντομηχανικής άρχιζε να διαμορφώνεται, αλλά χρειαζόταν πειραματική επιβεβαίωση. Ένα από τα βασικά ερωτήματα αφορούσε τη μαγνητική ροπή των ατόμων. Σύμφωνα με την κλασική φυσική, αν ένα άτομο διέθετε μαγνητική ροπή και περνούσε μέσα από ένα ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο, η εκτροπή του θα έπρεπε να είναι συνεχής. Η κβαντομηχανική, αντίθετα, προέβλεπε ότι η εκτροπή θα ήταν διακριτή και μόνο συγκεκριμένες, «κβαντισμένες» τιμές επιτρέπονταν.



Το πείραμα Stern–Gerlach

Το 1922, οι Γερμανοί φυσικοί Otto Stern και Walther Gerlach σχεδίασαν ένα κομψό αλλά απαιτητικό πείραμα. Μία δέσμη ατόμων αργύρου περνούσε μέσα από ένα ισχυρό ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο και κατέληγε σε έναν ανιχνευτή. Αν η κλασική φυσική είχε δίκιο, το αποτύπωμα των ατόμων στον ανιχνευτή θα ήταν ένα συνεχές ίχνος. Αν η κβαντομηχανική είχε δίκιο, θα εμφανίζονταν ξεχωριστές γραμμές. Και πράγματι, το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό καθώς η δέσμη διαχωρίστηκε σε διακριτές συνιστώσες. Ήταν η πρώτη άμεση πειραματική απόδειξη της κβαντικής φύσης της γωνιακής ορμής και, εκ των υστέρων, του σπιν των ηλεκτρονίων.

Ωστόσο, η επιτυχία του πειράματος δεν ήταν καθόλου αυτονόητη. Η ποσότητα αργύρου που έφτανε στον ανιχνευτή ήταν εξαιρετικά μικρή που πρακτικά το ίχνος ήταν αόρατο. Οι ερευνητές αντιμετώπιζαν σοβαρό πρόβλημα ανίχνευσης και υπήρχε κίνδυνος το πείραμα να αποτύχει απλώς επειδή δεν θα φαινόταν τίποτα. Και εδώ μπαίνει στην ιστορία ένας παράγοντας που κανένα εγχειρίδιο πειραματικής φυσικής δεν θα πρότεινε, το κάπνισμα.

Ο Stern και ο Gerlach συνήθιζαν να καπνίζουν φτηνά πούρα μέσα στο εργαστήριο, μια πρακτική απολύτως συνηθισμένη για την εποχή, αλλά αδιανόητη σήμερα. Ο καπνός των πούρων περιείχε ενώσεις θείου. Όταν τα άτομα αργύρου έφταναν στον ανιχνευτή, το θείο από τον καπνό αντιδρούσε με τον άργυρο σχηματίζοντας θειούχο άργυρο (Ag_2S). Και αυτό ήταν που έκανε την κρίσιμη διαφορά καθώς ο θειούχος άργυρος είναι μαύρος και ιδιαίτερα ορατός. Έτσι, ένα ίχνος που διαφορετικά θα ήταν αόρατο μετατράπηκε σε καθαρό, διακριτό αποτύπωμα. Χωρίς να το γνωρίζουν εκ των προτέρων, οι δύο φυσικοί είχαν δημιουργήσει έναν «ενισχυτή ανίχνευσης» βασισμένο στην κακή ποιότητα των πούρων τους.

Το πείραμα Stern–Gerlach αποτελεί σήμερα θεμέλιο λίθο της κβαντομηχανικής. Διδάσκεται σε όλα τα πανεπιστήμια και θεωρείται ένα από τα πιο καθαρά παραδείγματα κβαντικής μέτρησης. Κι όμως, η επιτυχία του οφείλεται εν μέρει σε μια τυχαία χημική λεπτομέρεια και σε μια συνήθεια που σήμερα θα θεωρούνταν επικίνδυνη και αντιεπιστημονική. Η ιστορία αυτή μας θυμίζει ότι η επιστήμη δεν προχωρά μόνο με εξισώσεις και θεωρίες, αλλά και με τύχη, περιέργεια και ανθρώπινα λάθη. Ο κβαντικός κόσμος αποκαλύφθηκε όχι μόνο χάρη στη μεγαλοφυΐα των Stern και Gerlach, αλλά και μέσα σε ένα σύννεφο καπνού, ένα παράδοξο, σχεδόν ποιητικό σύμβολο της απρόβλεπτης φύσης της επιστημονικής ανακάλυψης.

Πηγές

O. Stern, W. Gerlach, **Der experimentelle Nachweis der Richtungsquantelung im Magnetfeld**, Zeitschrift für Physik, 9, 349–352 (1922).

B. Friedrich, D. Herschbach, **Stern and Gerlach: How a bad cigar helped reorient atomic physics**, Physics Today, 56(12), 53–59 (2003).

M. Jammer, **The Conceptual Development of Quantum Mechanics**, McGraw-Hill, New York (1966).

H. Kragh, **Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century**, Princeton University Press, Princeton (1999).