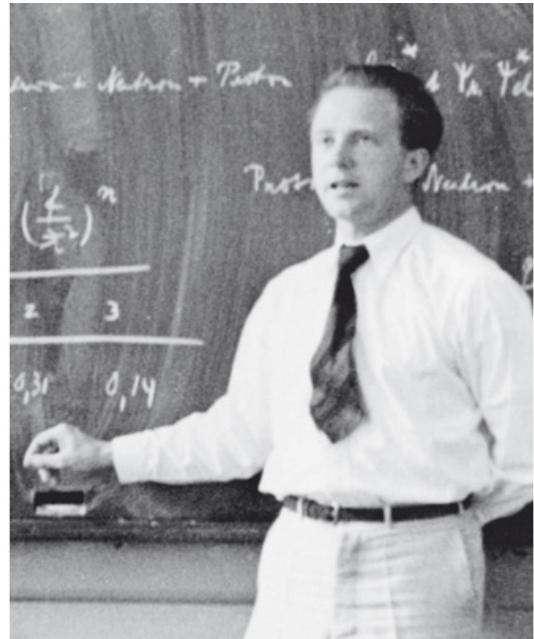


Μετρήσεις και Αρχή της Αβεβαιότητας

Σ' όλες τις μετρήσεις που κάνουμε στην καθημερινή μας ζωή υπεισέρχονται κάποια σφάλματα, υπάρχει δηλαδή κάποια αβεβαιότητα. Την αβεβαιότητα αυτή μπορούμε να την ελαττώσουμε, αν στις μετρήσεις μας χρησιμοποιήσουμε όργανα μεγαλύτερης ακρίβειας. Για παράδειγμα, ένα ρολόι χειρός που στη ζυγαριά του παντοπωλείου ζυγίζει 50 g, σ' έναν απλό εργαστηριακό ζυγό δείχνει να έχει μάζα 47,35 g και στον αναλυτικό ζυγό 47,3482 g. Θα περίμενε έτσι κανείς ότι αυξάνοντας συνεχώς τον βαθμό της ακρίβειας ενός οργάνου μετρήσεως η αβεβαιότητα στη μέτρηση να γίνεται απεριόριστα μικρή. Έρχεται όμως ο Heisenberg με την **αρχή της αβεβαιότητας** και βάζει ένα όριο στην ακρίβεια των μετρήσεων, όπως κάποτε ο Δημόκριτος με τον όρο άτομο έθεσε φραγμό στη συνεχή κατάτμηση της ύλης. Το όριο αυτό του Heisenberg δεν σημαίνει ότι υπάρχει περιορισμός στην τεχνολογική εξέλιξη των οργάνων μετρήσεων, περισσότερο έχει την έννοια ότι πρόκειται για κάτι έμφυτο, δηλαδή κάτι που ενυπάρχει στη φύση. Για αντικείμενα του μακροκόσμου το όριο του Heisenberg δεν έχει πρακτικά καμιά απολύτως συνέπεια. **Όμως, για υποατομικά σωματίδια, όπως το ηλεκτρόνιο, η σημασία αυτού του ορίου είναι τεράστια.**



Werner Heisenberg (1901-1976)
Βραβείο Νομπέλ στη Φυσική (1932)

Για να κατανοήσουμε την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg ας φανταστούμε την εξής εικόνα. Βρισκόμαστε σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο και με τη βοήθεια ενός φακού τσέπης προσπαθούμε να εντοπίσουμε τη θέση μιας μπάλας του μπάσκετ που κυλάει στο πάτωμα. Κάποια στιγμή η δέσμη του φωτός πέφτει πάνω στη μπάλα, το φως σκεδάζεται και η μπάλα γίνεται ορατή στα μάτια μας. Σ' αυτή τη διαδικασία η μπάλα δεν «ενοχλήθηκε» καθόλου, αφού η δέσμη των φωτονίων που έπεσε επάνω της δεν άλλαξε ούτε τη θέση της ούτε την ορμή της. Φαντασθείτε τώρα ότι με ανάλογο τρόπο θέλετε να προσδιορίσετε τη θέση ενός ηλεκτρονίου που κινείται με ταχύτητα u . Το ηλεκτρόνιο θα πρέπει να «φωτισθεί» και κάποιο από τα φωτόνια που σκεδάζονται να γίνει αντιληπτό από το «μάτι» ενός ανιχνευτή (μικροσκόπιο παρατηρήσεως).

Όμως σε μια τέτοια μέτρηση υπεισέρχονται σφάλματα λόγω περίθλασης. Για να έχουμε μεγάλη ακρίβεια στον **προσδιορισμό της θέσεως του ηλεκτρονίου** θα πρέπει τα σφάλματα αυτά να είναι μικρά και για να είναι μικρά θα πρέπει το φως που χρησιμοποιούμε για να «φωτίσουμε» το ηλεκτρόνιο να έχει όσο δυνατόν μικρότερο μήκος κύματος. Μικρό μήκος κύματος σημαίνει μεγάλη συχνότητα και μεγάλη ενέργεια για τα φωτόνια που πέφτουν πάνω στο ηλεκτρόνιο. Με τη σειρά

Heisenberg Uncertainty Principle

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad \rightarrow \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

Suppose we know x really, really well. Then, we can't know p very well at all. And vice versa.

της η μεγάλη ενέργεια των φωτονίων προσδίδει μεγάλη ορμή στο ηλεκτρόνιο, του οποίου πλέον η κίνηση μεταβάλλεται κατ' απρόβλεπτο τρόπο. Έτσι βλέπουμε ότι προσπαθώντας να ελαττώσουμε τα σφάλματα, δηλαδή να αυξήσουμε την ακρίβεια στον προσδιορισμό της θέσεως του ηλεκτρονίου, ελαττώνουμε την ακρίβεια **στον προσδιορισμό της ορμής του**. Αυτό αποτελεί την ουσία της αρχής της αβεβαιότητας: **Υπάρχει πάντα μια αβεβαιότητα είτε στη θέση είτε στην ορμή του ηλεκτρονίου που δεν μπορεί να μειωθεί κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο.**

Μολονότι ποτέ δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την ακριβή θέση και ορμή του ηλεκτρονίου, εντούτοις μπορούμε να μιλάμε για την **πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου** σε ορισμένες θέσεις στο χώρο.