

Θέματα διάλεξης

1. Κυματική συμπεριφορά της ύλης – Υλικά Κύματα de Broglie
2. Αρχή της Απροσδιοριστίας

Η αποτυχία του μοντέλου Bohr για το άτομο

Παρά την επιτυχία της κβαντικής θεωρίας του Bohr για το άτομο του υδρογόνου, έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι η θεωρία αυτή δε μπορούσε να ερμηνεύσει όλα τα φαινόμενα του ατομικού κόσμου. Τα σημαντικότερα προβλήματα που αδυνατούσε να αντιμετωπίσει η θεωρία ήταν:

1. Δεν προβλέπει τις παρατηρούμενες _____ των φασματικών γραμμών.
2. Είχε περιορισμένη μόνο επιτυχία στην πρόβλεψη των μηκών κύματος _____ και _____ για άτομα πολλαπλών ηλεκτρονίων.
3. Δεν κατάφερε να παράσχει μια _____ που να διέπει τη χρονική ανάπτυξη των ατομικών συστημάτων ξεκινώντας από κάποια αρχική κατάσταση.
4. Υπερτονίζει τη _____ φύση της ύλης.

Κυματική θεωρία ύλης

Το πρώτο τολμηρό βήμα για την ανάπτυξη μιας νέας μηχανικής για τα ατομικά συστήματα έγινε από τον Louis de Broglie το 1923.

Αποδείχτηκε πειραματικά από τα πειράματα του Compton ότι η ορμή ενός φωτονίου είναι:

$$p = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p}$$

Το φωτόνιο είναι ένα _____ σωματίδιο, αλλά τίποτα δε μας απαγορεύει να προσπαθήσουμε να γράψουμε την παραπάνω σχέση για ένα σωματίδιο μάζας m . Ένα τέτοιο σωματίδιο, κινείται με ταχύτητα μέτρου u , θα έχει ορμή που ορίζεται από τη σχέση $p = m \cdot u$ και συνεπώς μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \text{_____}$$

- Η παραπάνω εξίσωση υποστηρίζει ότι σε κάθε σώμα μάζας m που κινείται με ταχύτητα u αντιστοιχεί ένα _____. Δηλαδή, τα υλικά σώματα είναι ταυτόχρονα **και** _____.
- Μάλιστα αυτό το μήκος κύματος θα είναι ανάλογο της σταθεράς Planck και αντιστρόφως ανάλογο της _____ του σώματος. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η _____ τόσο _____ (λιγότερο αντιληπτό) είναι το μήκος κύματος.

Το πρόβλημα των τροχιών Bohr και η Υπόθεση de Broglie

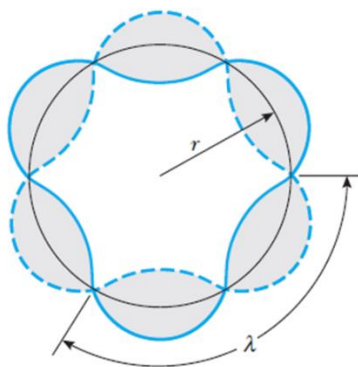
Πώς μπορεί να φανταστεί κανείς το γεγονός ότι επιτρέπονται μόνο ορισμένες ενέργειες κατά την περιφορά των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα; Γιατί όλα τα άτομα του ίδιου στοιχείου να έχουν ακριβώς τις ίδιες φυσικές ιδιότητες, ανεξάρτητα από τις πρακτικά άπειρες συνθήκες αρχικής ταχύτητας και θέσης των ηλεκτρονίων σε κάθε άτομο;

Υπόθεση de Broglie: Αν αντιμετωπίσουμε τα _____ ως κύματα, τότε τα παραπάνω φαινόμενα μπορούν να ερμηνευτούν με κομψό τρόπο ως φαινόμενα _____ κυμάτων.

Πώς;

Αν σκεφτούμε ότι δεν είναι ελεύθερα κύματα αλλά στάσιμα που ταλαντώνονται, σαν αυτά που δημιουργούνται στις χορδές της κιθάρας.

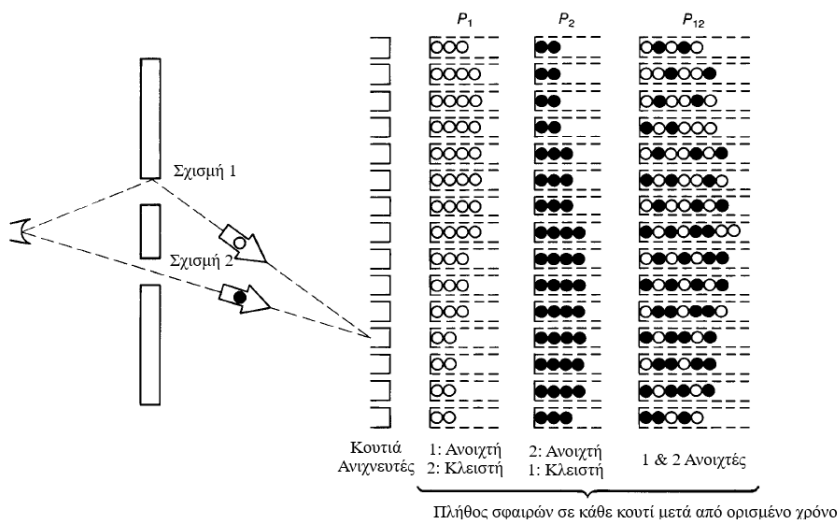
Σε μια παλλόμενη χορδή κιθάρας, ανεξάρτητα του τρόπου με τον οποίο αυτή έχει διεγερθεί, αναπτύσσονται πάντα μόνο εκείνες οι στάσιμες _____ που παρουσιάζουν _____ σε κάθε άκρο της χορδής. Δηλαδή, μόνο ένα σύνολο από στάσιμα κύματα με _____ μήκη κύματος είναι δυνατό να εμφανιστούν στη χορδή. Αντίστοιχα, τα μήκη κύματος που δεν ικανοποιούν τις συνθήκες που επιβάλλονται στα άκρα της χορδής, απλώς δεν _____ ποτέ.



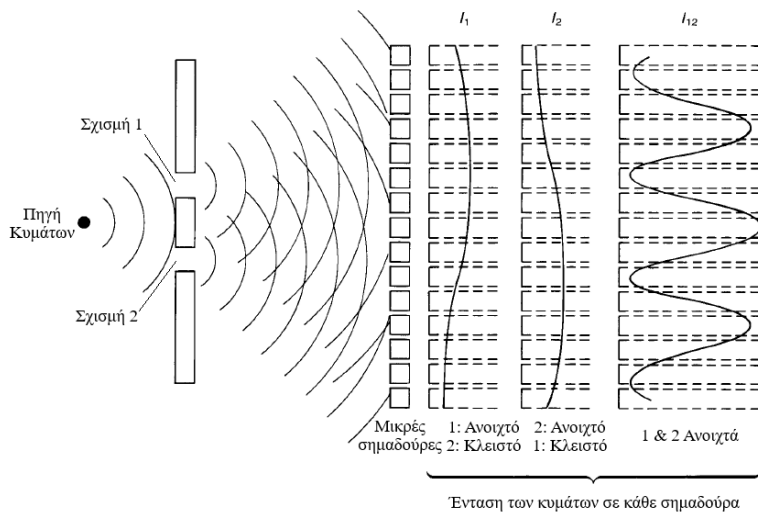
- Τα στάσιμα κύματα ταιριάζουν σε μια κυκλική τροχιά Bohr. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, τρία μήκη κύματος προσαρμόζονται στην τροχιά, που αντιστοιχούν στην ενεργειακή κατάσταση $n=3$.
- Αυτό που υπολογίζουμε ως ακτίνα της τροχιάς δεν είναι τίποτα άλλο παρά **το μέσο μιας κατανομής μηκών κύματος**. Επειδή αυτά αντιστοιχούν σε ένα «σωματίδιο» μάζας m , ονομάζονται _____ κύματα.

Η πειραματική απόδειξη της υλικής συμπεριφοράς του ηλεκτρονίου αποδείχθηκε με το πείραμα της διπλής σχισμής.

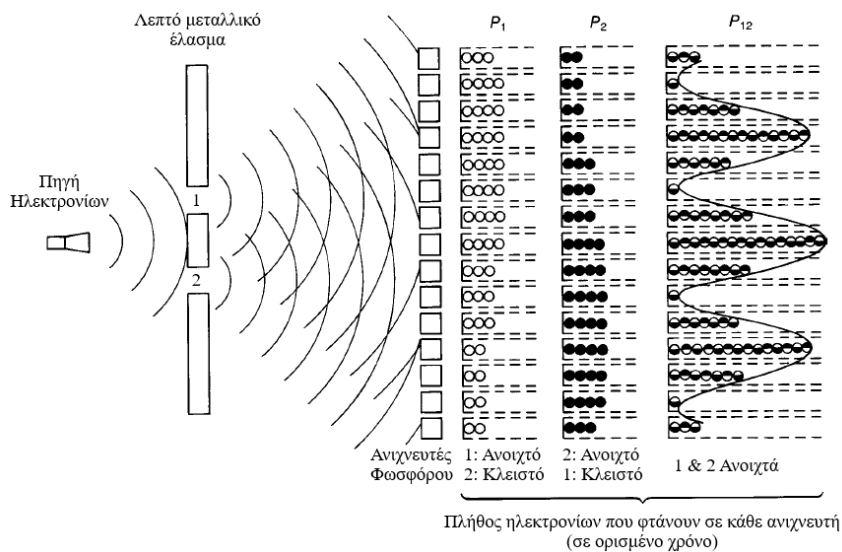
Όταν σωματίδια περνάνε μέσα από δύο σχισμές ίδιας διατομής, οι πιθανότητες ανίχνευσης των σωματιδίων είναι ίσες με το άθροισμα των επιμέρους πιθανοτήτων που προκύπτουν από τη κάθε μια σχισμή ξεχωριστά.



Όταν κύματα περνάνε μέσα από δύο σχισμές ίδιας διατομής, εξαιτίας της συμβολής και της απόσβεσης των επιμέρους κυμάτων, η ενέργεια που ανιχνεύεται στη συνέχεια αποκτά μια κυματική μορφή, που αντιστοιχεί σε περιοχές συμβολής και απόσβεσης.



Όταν το πείραμα της διπλής σχισμής γίνεται με ηλεκτρόνια, η πιθανότητα ανίχνευσης τους δεν είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους πιθανοτήτων, όπως θα αναμενόταν από τη σωματιδιακή φύση, αλλά παρατηρείται συμβολή και απόσβεση, όπως υποδεικνύει η κυματική συμπεριφορά!



Αρχής της Απροσδιοριστίας

Εάν η μέτρηση της θέσης έχει γίνει με αβεβαιότητα Δx και μια ταυτόχρονη μέτρηση της ορμής έχει γίνει με αβεβαιότητα Δp , τότε το γινόμενο των δύο αβεβαιοτήτων δεν μπορεί να γίνει μικρότερο από την τάξη μεγέθους του \hbar . Δηλαδή ισχύει:

$$\Delta p \Delta x \geq \hbar$$