

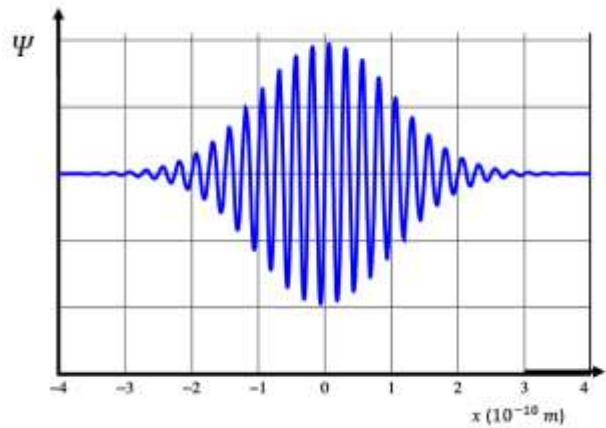
7.5 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΦΥΣΗ 7.6 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ 7.7 ΚΥΜΑΤΟΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

1. Ένα πρωτόνιο (μάζας m_p , ηλεκτρικού φορτίου q_p) και ένα σωματίδιο άλφα (μάζας $m_\alpha = 4m_p$, ηλεκτρικού φορτίου $q_\alpha = 2q_p$) επιταχύνονται από την ηρεμία με την ίδια διαφορά δυναμικού V . Αν το μήκος κύματος de Broglie του πρωτονίου είναι $0,4 \text{ nm}$, το αντίστοιχο μήκος κύματος de Broglie για το σωματίδιο άλφα είναι:

(α) $0,1 \text{ nm}$, (β) $0,8\sqrt{2} \text{ nm}$, (γ) $0,1\sqrt{2} \text{ nm}$

2. Το διάγραμμα δείχνει τη γραφική παράσταση κυματοσυνάρτησης ψ η οποία αντιστοιχεί σε υποατομικό σωματίδιο, σε συνάρτηση με τη θέση του. Η ελάχιστη αβεβαιότητα στην ορμή του σωματιδίου προσεγγίζεται καλύτερα από την τιμή

(α) $1,5 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,
 (β) $7,0 \times 10^{-10} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,
 (γ) $1,0 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$



3. Ας υποθέσουμε ότι η διατύπωση της αρχής αβεβαιότητας χρόνου-ενέργειας, μπορεί να γραφεί με τη μορφή $\Delta E \cdot \Delta t \cong \frac{h}{2\pi}$, όπου h η σταθερά του Planck και Δt ο χρόνος εξέλιξης ενός κβαντικού φαινομένου. Αυτή η αρχή μπορεί να εξηγήσει γιατί στα γραμμικά φάσματα εκπομπής των χημικών στοιχείων, το φως που εκπέμπεται σε χαρακτηριστικά για το στοιχείο, μήκη κύματος, δεν είναι αυστηρά μονοχρωματικό.

Για παράδειγμα, στο γραμμικό φάσμα εκπομπής του υδρογόνου, που αποδίδεται με μια εικόνα προσομοίωσης στο πιο πάνω σχήμα, κάθε φασματική γραμμή έχει ένα εύρος συχνοτήτων Δf .

Αν υποθέσουμε ότι ο χρόνος παραμονής του ηλεκτρονίου, στη διεγερμένη κατάσταση, για τα άτομα του υδρογόνου είναι $\Delta t = \frac{4}{\pi} \cdot 10^{-8} \text{ s}$, τότε αυτό το εύρος είναι:

(α) $\Delta f = 0$, (β) $\Delta f = 1,25 \cdot 10^7 \text{ Hz}$, (γ) $\Delta f = 8 \cdot 10^{-7} \text{ Hz}$

- 4 Πρωτόνιο είναι περιορισμένο σε ατομικό πυρήνα διαμέτρου d . Δεν γνωρίζουμε την ακριβή θέση του πρωτονίου μέσα στον πυρήνα. Η κινητική ενέργεια του πρωτονίου δεν μπορεί να θεωρηθεί μικρότερη από

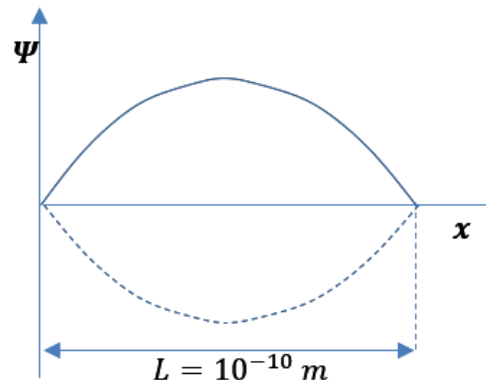
$$(\alpha) \frac{\hbar^2}{4}, \quad (\beta) \frac{32\hbar^2}{d^2m}, \quad (\gamma) \frac{\hbar^2}{2d^2m}$$

- 5 Με βάση ένα απλοϊκό μοντέλο του ατομικού πυρήνα θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ένα πρωτόνιο ως ελεύθερο να κινηθεί μέσα στον πυρήνα (ας εκτιμηθεί η διάμετρος του σε 10^{-10} m), αλλά αδύνατο να βγει από τα όρια αυτού. Η κυματοσυνάρτηση σε αυτήν την περίπτωση θα έχει τη μορφή εξίσωσης απομάκρυνσης στάσιμου κύματος με δεσμούς στα δύο άκρα. Για το στάσιμο κύμα με το μεγαλύτερο δυνατό μήκος κύματος, μία αριθμητική εκτίμηση για την ορμή p και την ελάχιστη αβεβαιότητα Δp της ορμής του πρωτονίου θα είναι πιο κοντά σε

$$(\alpha) p = 3,3 \times 10^{-24} \text{ kg m/s} \text{ και } \Delta p = 1,1 \times 10^{-24} \text{ kg m/s}$$

$$(\beta) p = 3,3 \times 10^{22} \text{ kg m/s} \text{ και } \Delta p = 1,1 \times 10^{-22} \text{ kg m/s}$$

$$(\gamma) p = 3,3 \times 10^{-10} \text{ kg m/s} \text{ και } \Delta p = 1,1 \times 10^{-15} \text{ kg m/s}$$



- 6 Μια μεταλλική επιφάνεια φωτίζεται με φως μήκους κύματος $\lambda_1 = 331,5 \text{ nm}$ και εκπέμπει φωτοηλεκτρόνια για τα οποία η τάση αποκοπής είναι $V_1 = 0,75 \text{ V}$.

Δίνονται: η σταθερά του Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, η ταχύτητα του φωτός $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, η μάζα του ηλεκτρονίου $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ και $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

4.1. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια με την οποία εγκαταλείπουν το μέταλλο τα φωτοηλεκτρόνια και το έργο εξαγωγής του μετάλλου.

4.2. Να υπολογίσετε τη συχνότητα κατωφλίου f_0 . Αν πέσει στη μεταλλική επιφάνεια φως μήκους κύματος $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$ θα εξέλθουν φωτοηλεκτρόνια από το μέταλλο;

Ακτίνες X με μήκος κύματος $\lambda = \frac{\lambda_2}{3 \cdot 10^3}$ σκεδάζονται από τα ηλεκτρόνια ενός στόχου από άνθρακα.

4.3. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος των φωτονίων που σκεδάζονται κατά γωνία $\varphi = 60^\circ$ σε σχέση με την αρχική τους διεύθυνση.

4.4. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια, το μέτρο της ορμής και το μήκος κύματος de Broglie του ηλεκτρονίου μετά τη σκέδαση. Να μην λάβετε υπόψη σχετικιστικά φαινόμενα.

7. Σε ένα πυρηνικό πείραμα, ένας πυρήνας Ηλίου (He) μάζας $m = 6,4 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ και ηλεκτρικού φορτίου $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης

μέτρου $B = 0,1T$, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και διαγράφει κυκλική τροχιά ακτίνας $R_1 = 6cm$. Κάποια στιγμή ο πυρήνας He διαπερνά ένα λεπτό φύλλο μολύβδου, οπότε χάνει ενέργεια. Αμέσως μετά συνεχίζει να κινείται μέσα στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο αλλά σε κυκλική τροχιά ακτίνας $R_2 = 2cm$.

Να υπολογίσετε:

4.1. την περίοδο της κυκλικής κίνησης του πυρήνα He πριν περάσει το φύλλο του μολύβδου και αφού το διαπεράσει. Τι παρατηρείτε;

4.2. το μήκος κύματος de Broglie που αντιστοιχεί στον πυρήνα He πριν διαπεράσει το φύλλο μολύβδου.

4.3. το ποσοστό επί τοις εκατό της μεταβολής του μήκους κύματος de Broglie που αντιστοιχεί στον πυρήνα He αφού διαπεράσει το φύλλο μολύβδου.

4.4. την απώλεια ενέργειας του πυρήνα He κατά το πέρασμά του μέσα από το φύλλο του μολύβδου.

Να θεωρήσετε ότι η σταθερά του Planck έχει τιμή $h = 6,6 \cdot 10^{-34}J \cdot s$.