

Διέγερση – αποδιέγερση του ατόμου του υδρογόνου.

Άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση όπου η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι $E_1 = -13,6\text{eV}$ και περιστρέφεται σε κυκλική τροχιά ακτίνας $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}\text{m}$.

A) Ηλεκτρόνιο-βλήμα, ξεκινώντας από την ηρεμία, επιταχύνεται μεταξύ δύο σημείων A και B διαφοράς δυναμικού $V_{AB} = -13\text{V}$ και αμέσως προσπίπτει στο άτομο του υδρογόνου.

A1) Ποια είναι η κινητική ενέργεια του βλήματος στο σημείο B; Δίνεται το φορτίο του $q_e = -e$.

A2) Ποια είναι η μέγιστη ενεργειακή στάθμη που μπορεί να διεγερθεί το άτομο και ποια η αντίστοιχη ακτίνα της κυκλικής τροχιάς;

A3) Ποια θα είναι η κινητική ενέργεια του βλήματος, μετά τη σκέδαση, αν κατάφερε να διεγείρει το άτομο υδρογόνου στην μεγαλύτερη δυνατή ενεργειακή στάθμη;

A4) Με πόσους τρόπους μπορεί να αποδιεγερθεί και πόσα φωτόνια σε κάθε τρόπο μπορεί να εκπέμψει το άτομο του υδρογόνου; Να κάνετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών, όπου να φαίνονται όλοι οι δυνατοί τρόποι αποδιέγερσης.

A5) Ποιο είναι το μεγαλύτερο μήκος κύματος που μπορεί να εκπέμψει και σε ποια περιοχή του φάσματος ανήκει;

B) Φωτόνιο μονοχρωματικής ακτινοβολίας μήκους κύματος 97nm προσπίπτει στο άτομο υδρογόνου και απορροφάται από αυτό.

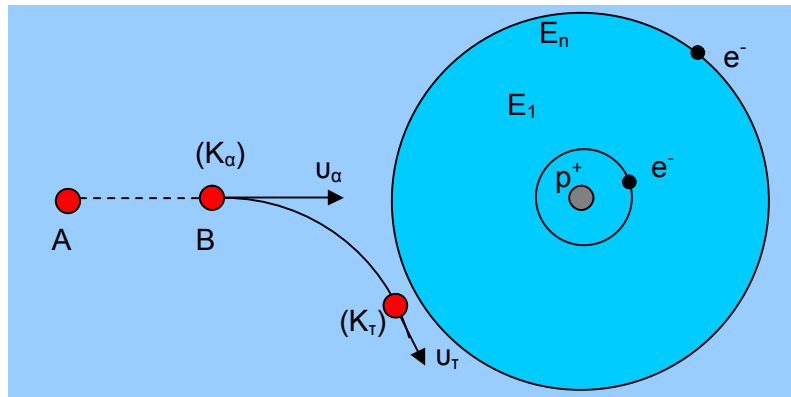
B1) Σε ποια ενεργειακή στάθμη διεγείρεται το άτομο;

B2) Ποιο είναι το μικρότερο μήκος κύματος που μπορεί να εκπέμψει και σε ποια περιοχή του φάσματος ανήκει;

Δίνεται $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, $c_0 = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$, $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$ και ότι το άτομο παραμένει διαρκώς ακίνητο κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης.

Απάντηση

A1)



Εφαρμόζουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. από $A \rightarrow B$ για το ηλεκτρόνιο-βλήμα:

$$K_B - 0 = W_{F_{\eta\lambda}(A \rightarrow B)} \Leftrightarrow K_\alpha = q_\alpha \cdot V_{AB} \Leftrightarrow K_\alpha = -e \cdot (-13\text{V}) \Leftrightarrow K_\alpha = 13\text{eV}.$$

A2) Κάνουμε έλεγχο, για να βρούμε μέχρι ποια ενεργειακή στάθμη μπορεί να διεγερθεί το άτομο.

$$E_0(1 \rightarrow 2) = E_2 - E_1 = \frac{E_1}{2^2} - E_1 = -3,4 + 13,6 = 10,2\text{eV} < K_\alpha$$

\rightarrow μπορεί να διεγερθεί στην E_2 .

$$E_0(1 \rightarrow 3) = E_3 - E_1 = \frac{E_1}{3^2} - E_1 = -1,51 + 13,6 = 12,09\text{eV} < K_\alpha$$

→ μπορεί να διεγερθεί στην E_3 .

$$E_0(1 \rightarrow 4) = E_4 - E_1 = \frac{E_1}{4^2} - E_1 = -0,85 + 13,6 = 12,75 \text{ eV} < K_\alpha$$

→ μπορεί να διεγερθεί στην E_4 .

$$E_0(1 \rightarrow 5) = E_5 - E_1 = \frac{E_1}{5^2} - E_1 = -0,54 + 13,6 = 13,06 \text{ eV} > K_\alpha$$

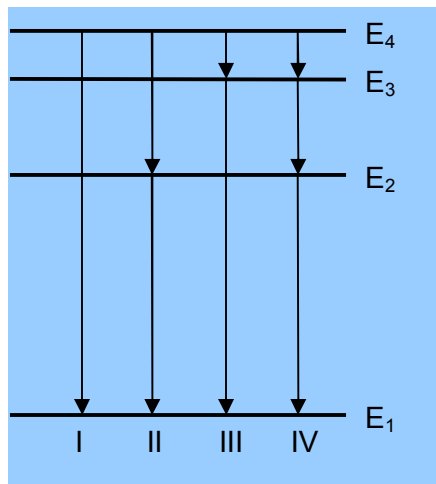
→ δεν μπορεί να διεγερθεί στην E_5 .

Άρα η μέγιστη ενεργειακή στάθμη που μπορεί να διεγερθεί το άτομο είναι η $E_4 = -0,85 \text{ eV}$ και η αντίστοιχη ακτίνα περιστροφής θα είναι $r_4 = 4^2 r_1 = 8,48 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

A3) Εφαρμόζοντας την Α.Δ.Ε. για το σύστημα:

$$K_\alpha + E_1 = K_T + E_4 \Leftrightarrow K_T = K_\alpha + E_1 - E_4 \Leftrightarrow K_T = 13 - 12,75 \Leftrightarrow K_T = 0,25 \text{ eV}.$$

A4)



Όπως φαίνεται από το διπλανό διάγραμμα η αποδιέγερση μπορεί να γίνει με 4 διαφορετικούς τρόπους.

Τρόπος I:

1 φωτόνιο ενέργειας $E_4 - E_1$

Τρόπος II:

2 φωτόνια ενέργειας $E_4 - E_2$, $E_2 - E_1$

Τρόπος III:

2 φωτόνια ενέργειας $E_4 - E_3$, $E_3 - E_1$

Τρόπος IV:

3 φωτόνια ενέργειας $E_4 - E_3$, $E_3 - E_2$, $E_2 - E_1$

A5) Το φωτόνιο με το μεγαλύτερο μήκος κύματος θα έχει τη μικρότερη συχνότητα άρα θα αντιστοιχεί στο μικρότερο ενεργειακό άλμα δηλαδή το φωτόνιο

$$E_4 - E_3 = h f_{43} \Leftrightarrow E_4 - E_3 = h \frac{c_0}{\lambda_{43}} \Leftrightarrow \lambda_{43} = \frac{hc_0}{E_4 - E_3} \Leftrightarrow \lambda_{43} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(-0,85 + 1,51) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Leftrightarrow \lambda_{43} = 18,75 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 1875 \text{ nm}, \text{ δηλαδή υπέρυθρο.}$$

B1) Το φωτόνιο έχει ενέργεια $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c_0}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{97 \cdot 10^{-9}} = 2,04 \cdot 10^{-18} \text{ J} =$

$$\frac{2,04 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 12,75 \text{ eV}$$

Εφ' όσον το φωτόνιο απορροφάται από το άτομο εφαρμόζοντας την Α.Δ.Ε.

μπορούμε να βρούμε την στάθμη που θα διεγερθεί το άτομο:

$$E_\varphi + E_1 = E_n \Leftrightarrow E_n = 12,75 - 13,6 \Leftrightarrow E_n = -0,85 \text{ eV}$$

$$\text{Όμως } E_n = \frac{E_1}{n^2} \Leftrightarrow n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} \Leftrightarrow n = \sqrt{16} \Leftrightarrow n = 4$$

B2) Το μικρότερο μήκος κύματος που θα εκπέμψει το άτομο κατά την αποδιέγερσή του από την E_4 είναι αυτό που θα έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα άρα θα αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ενεργειακό άλμα, δηλαδή το φωτόνιο

$$E_4 - E_1 = h f_{41} \quad E_4 - E_1 = h \frac{c_0}{\lambda_{41}} \Leftrightarrow \lambda_{41} = \frac{hc_0}{E_4 - E_1} \Leftrightarrow \lambda_{41} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(-0,85 + 13,6) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \Leftrightarrow$$

$$\lambda_{41} = 9,7 \cdot 10^{-8} \text{m} = 97 \text{nm}, \text{ δηλαδή υπεριώδες φωτόνιο ίδιο με αυτό που απορρόφησε.}$$

Ανδρέας Φιζόπουλος