

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διδάσκοντες: Κ. Κοσμίδης, Κ. Φουντάς, Ν. Πατρόνης, Μ. Μπενής

“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

11 – 02 – 2016

Θέμα 1^ο:

α) Ποια είναι η ηλεκτρονιακή διάταξη και οι αντίστοιχοι φασματοσκοπικοί όροι $^{2S+1}L_J$

- στη βασική κατάσταση του Na ($Z = 11$).
- στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση του Na.
- στη βασική κατάσταση του Na^+ .

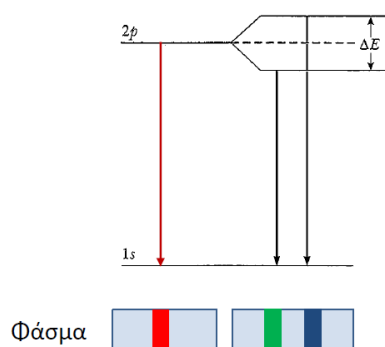
(10 μονάδες)

- $[1s^2 2s^2 2p^6] 3s \ ^2S_{1/2}$
- $[1s^2 2s^2 2p^6] 3p \ ^2P_{1/2,3/2}$
- $[1s^2 2s^2 2p^6] \ ^1S_0$

β) Κατά την αποδιέγερση από τη (ii) στην (i) παρατηρούνται δυο φασματικές γραμμές. Να εξηγηθεί γιατί.

(5 μονάδες)

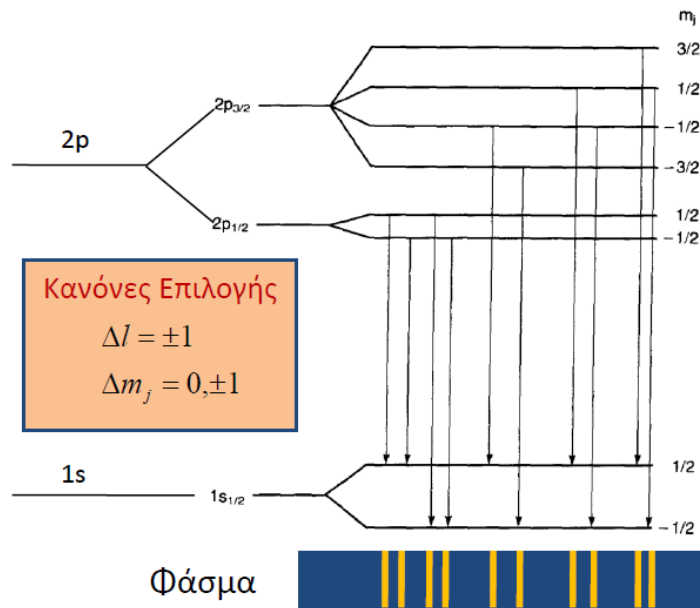
Εξαιτίας του φαινομένου της λεπτής υφής, δηλαδή της αλληλεπίδρασης τροχιακής στροφορμής και στροφορμής του σπιν, ($\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$ coupling), αίρεται ο εκφυλισμός της εκφυλισμένης υδρογονοειδούς κατάστασης $^2P_{1/2,3/2}$ και προκύπτουν οι $^2P_{1/2}$ και $^2P_{3/2}$. Η βασική κατάσταση $^2S_{1/2}$ ωστόσο παραμένει ανέπαφη εφόσον η ολική στροφορμή της είναι μηδέν ($S=0$). Επομένως η αποδιέγερση από τη πρώτη διεγερμένη κατάσταση στην βασική θα εμφανίσει δυο φασματικές γραμμές που αντιστοιχούν στις μεταβάσεις $^2P_{1/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$ και $^2P_{3/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$ όπως περιγράφεται στο διπλανό σχήμα.



γ) Πόσες γραμμές θα παρατηρηθούν κατά την αποδιέγερση από τη (ii) στην (i) και γιατί, αν τα άτομα του Na βρίσκονται σε ασθενές εξωτερικό μαγνητικό πεδίο;

(10 μονάδες)

Κατά την αλληλεπίδραση των ατόμων Na με ασθενές μαγνητικό πεδίο αίρεται ο εκφυλισμός των καταστάσεων ως προς τον κβαντικό αριθμό m_j . Το πλήθος των καταστάσεων που προκύπτουν από την κατάσταση με αριθμό m_j είναι $(2 \cdot m_j + 1)$. Επομένως από την $^2P_{1/2}$ προκύπτουν $2 \cdot 1/2 + 1 = 2$ καταστάσεις, από την $^2P_{3/2}$ προκύπτουν $2 \cdot 3/2 + 1 = 4$ καταστάσεις ενώ από την $^2S_{1/2}$ προκύπτουν $2 \cdot 1/2 + 1 = 2$ καταστάσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τους κανόνες επιλογής των επιτρεπτών μεταβάσεων $\Delta l = \pm 1$ και $\Delta m_j = 0, \pm 1$ προκύπτουν δέκα επιτρεπτές μεταβάσεις κι άρα δέκα φασματικές γραμμές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται ποιοτικά τα παραπάνω.

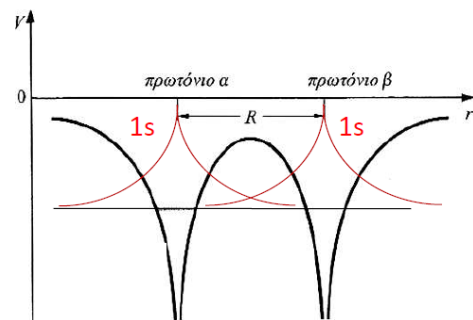


Θέμα 2^ο:

α) Στη βάση ποιού κβαντικού φαινομένου εξηγείται ο δεσμός στο H_2^+ ; Γιατί ο σχηματισμός του "συμφέρει ενεργειακά"; Εξηγήστε σε συντομία.

(10 μονάδες)

Το φαινόμενο βάση του οποίου εξηγείται η σταθερότητα του μορίου του H_2^+ είναι το φαινόμενο σήραγγας. Όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα το ηλεκτρόνιο προσαρμόζει την κυματοσυνάρτησή του ανάμεσα στα δυο ελκτικά κέντρα μέσω του φαινομένου σήραγγας. Για αποστάσεις της τάξης του ενός Å ο χρόνος σήραγγας είναι της τάξης του fsec (10^{-15} sec) που έμμεσα δικαιολογεί και την δέσμια κατάσταση του συστήματος. Η διπλή έλξη από τους δυο πυρήνες έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ενέργειας σύνδεσης του μορίου του H_2^+ σε σχέση με το σύστημα $H^+ + H$ που έχει μόνο ένα ελκτικό κέντρο. Ακραία περίπτωση αυτού είναι τι πλησίασμα των δυο πυρήνων σε ελάχιστη απόσταση όπου τότε η ενέργεια σύνδεσης είναι αυτή του He^+ που βεβαίως είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του συστήματος $H^+ + H$. Επομένως ο σχηματισμός του H_2^+ συμφέρει ενεργειακά.



Ένας άλλος ποιοτικός τρόπος να το δει κανείς είναι μέσω της αρχής απροσδιοριστίας $\Delta p \Delta x \geq \hbar$. Το άπλωμα της κυματοσυνάρτησης αντιστοιχεί σε αύξηση του Δx κι επομένως σε μείωση του Δp . Αυτό με τη σειρά του αντιστοιχεί σε μείωση της κινητικής ενέργειας $E = p^2/2m$ (επειδή $\Delta p \cong p$) κι άρα σε αύξηση της ενέργειας σύνδεσης του μοριακού ιόντος.

β) Η ενέργεια της πρώτης διεγερμένης περιστροφικής κατάστασης του ${}^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ είναι $2,62 \times 10^{-3}$ eV. Ποια η αντίστοιχη ενέργεια στο μόριο ${}^1\text{H}^{37}\text{Cl}$; (Θεωρείστε ότι το μήκος του δεσμού είναι ίδιο στα δύο μόρια).

(15 μονάδες)

Έστω E_1 κι E_2 οι ενέργειες της πρώτης διεγερμένης περιστροφικής κατάστασης του ${}^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ και ${}^1\text{H}^{37}\text{Cl}$, αντίστοιχα. Τότε με βάση την σχέση που περιγράφει τις ενεργειακές καταστάσεις των

διατομικών μορίων $E_r = \frac{\hbar^2}{2I} l(l+1)$ έχουμε:

$$E_1 = E_r(l=1) = \frac{\hbar^2}{2I} 1(1+1) = \frac{\hbar^2}{I} = \frac{\hbar^2}{\mu_1 R^2} \quad (1)$$

όπου θέσαμε $I = \mu R^2$ με μ την ανηγμένη μάζα του μορίου. Ομοίως είναι

$$E_2 = \frac{\hbar^2}{\mu_2 R^2} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) με διαίρεση κατά μέλη προκύπτει ότι $E_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} E_1$ (3).

Είναι όμως

$$\mu_1 = \frac{m_H \cdot m_{35\text{Cl}}}{m_H + m_{35\text{Cl}}} = \frac{1.673 \times 10^{-27} \cdot 58.51 \times 10^{-27}}{1.673 \times 10^{-27} + 58.51 \times 10^{-27}} = 1.6265 \times 10^{-27} \text{ gr}$$

$$\mu_2 = \frac{m_H \cdot m_{37\text{Cl}}}{m_H + m_{37\text{Cl}}} = \frac{1.673 \times 10^{-27} \cdot 61.86 \times 10^{-27}}{1.673 \times 10^{-27} + 61.86 \times 10^{-27}} = 1.6289 \times 10^{-27} \text{ gr}$$

Τελικά η σχέση 3 δίνει

$$E_2 = 0,985 \cdot E_1 = 2.616 \times 10^{-3} \text{ eV.}$$

Δίνονται οι σχέσεις και μονάδες:

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sec}, \quad 1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}, \quad \mu_B = 9,2741 \times 10^{-24} \text{ J/T}, \quad m_H = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg},$$

$$m_{35\text{Cl}} = 58.51 \times 10^{-27} \text{ kgr}, \quad m_{37\text{Cl}} = 61.86 \times 10^{-27} \text{ kgr}, \quad E_r = \frac{\hbar^2}{2I} l(l+1), \quad l = 0, 1, 2, \dots, \quad I = \mu R^2,$$

$$E_{\text{περ}} = \hbar B l(l+1) = (I\omega^2)/2,$$

Κανόνες επιλογής ακτινοβολητικών ατομικών μεταβάσεων: $\Delta m_j = 0, \pm 1$, $\Delta l = \pm 1$