

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

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

“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

22 – 09 – 2015

Θέμα 1^ο:

A) Δίδονται οι παρακάτω ηλεκτρονιακές διατάξεις ατόμων:

i) $[\text{He}]2s^2 2p^6$ ii) $[\text{Ne}]3s^2 3p^1$ iii) $[\text{Ne}]3s^2 3p^2$ iv) $[\text{Ar}]4s^2 3d^6$ v) $[\text{Kr}]4d^{10} 5s^1$

- Γνωρίζοντας ότι ο Fe παρουσιάζει σιδηρομαγνητικές ιδιότητες, ποια από τις ανωτέρω διατάξεις αντιστοιχεί στο μέταλλο αυτό;
- Ποιό από τα άτομα αυτά αναμένετε να έχει την μεγαλύτερη ενέργεια ιονισμού; Εξηγήστε.

(8 μονάδες)

Απάντηση:

a. Οι σιδηρομαγνητικές ιδιότητες είναι άμεση απόρροια του αζευγάρωτου αριθμού των ηλεκτρονίων στα άτομα. Σε ένα τροχιακό (π.χ. το p τροχιακό) πρώτα συμπληρώνεται η κάθε κατάσταση του με ένα ηλεκτρόνιο (δηλ. οι p_x , p_y , p_z) κι αφού γεμίσουν όλες με ένα τότε αρχίζει το ζευγάρωμά τους. Έτσι:

Η διάταξη $[\text{He}]2s^2 2p^6$ απορρίπτεται γιατί έχει συμπληρωμένο φλοιό.

Η διάταξη $[\text{Ne}]3s^2 3p^1$ έχει ένα ηλεκτρόνιο αζευγάρωτο.

Η διάταξη $[\text{Ne}]3s^2 3p^2$ έχει δυο ηλεκτρόνια αζευγάρωτα.

Η διάταξη $[\text{Ar}]4s^2 3d^6$ έχει τέσσερα ηλεκτρόνια αζευγάρωτα. Το d-τροχιακό έχει πέντε καταστάσεις και χωρά 10 ηλεκτρόνια ή αλλιώς 5 ζευγάρια. Επομένως έχει ένα ζευγάρι και τέσσερα ηλεκτρόνια αζευγάρωτα.

Η διάταξη $[\text{Kr}]4d^{10} 5s^1$ έχει ένα ηλεκτρόνιο αζευγάρωτο (συμπληρωμένο το d-τροχιακό).

Με βάση τα παραπάνω η ηλεκτρονική διάταξη με τα περισσότερα αζευγάρωτα ηλεκτρόνια θα αντιστοιχεί στον σίδηρο Fe κι επομένως είναι η $[\text{Ar}]4s^2 3d^6$.

b. Μεγαλύτερη ενέργεια ιονισμού έχει αυτό που έχει συμπληρωμένο φλοιό. Δηλαδή το $[\text{He}]2s^2 2p^6$ (που αντιστοιχεί στο στοιχείο Ne με ενέργεια ιονισμού 21.7 eV).

B) Προσδιορίστε τον αριθμό των ατομικών καταστάσεων που προκύπτουν όταν

- η ολική τροχιακή στροφορμή είναι $\ell=1$ και η ολική στροφορμή σπιν είναι $s=1/2$
- η ολική τροχιακή στροφορμή είναι $\ell=3$ και η ολική στροφορμή σπιν είναι $s=1$.

Δώστε το φασματοσκοπικό συμβολισμό των καταστάσεων που προκύπτουν.

(17 μονάδες)

Απάντηση:

Το πλήθος των ατομικών καταστάσεων είναι $d = (2\ell+1)*(2s+1)$

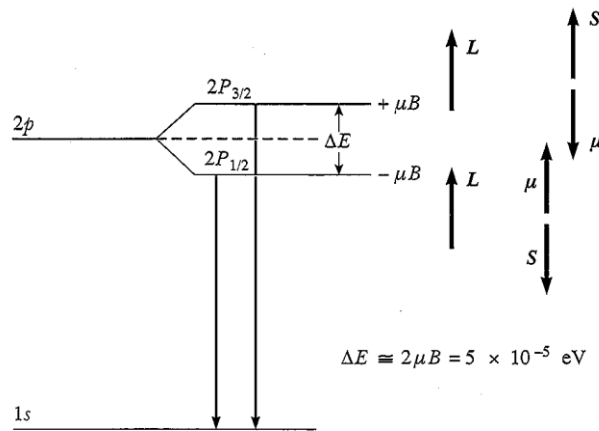
- a. $d = (2 \cdot 1 + 1) \cdot (2 \cdot 1/2 + 1) = 6$. Οι αντίστοιχες καταστάσεις είναι οι εξής: $^2P_{1/2}, ^2P_{3/2}$.
- b. $d = (2 \cdot 3 + 1) \cdot (2 \cdot 1 + 1) = 21$. Οι αντίστοιχες καταστάσεις είναι οι εξής: $^3F_2, ^3F_3, ^3F_4$.

Γ) Σε τι αναφερόμαστε με τον όρο ‘λεπτή υφή’ στα άτομα; Εξηγήστε σε συντομία.

(5 μονάδες)

Απάντηση:

Το φαινόμενο της λεπτής υφής οφείλεται στην αλληλεπίδραση σπιν-τροχιάς του ηλεκτρονίου. Πρόκειται για την αλληλεπίδραση της μαγνητικής ροπής του σπιν και της τροχιακής μαγνητικής ροπής του ηλεκτρονίου. Η διαφορά της ενέργειας μεταξύ των δυο κατευθύνσεων του σπιν είναι υπεύθυνη για το διπλασιασμό πολλών ατομικών φασματικών γραμμών, που στη φασματοσκοπία είναι γνωστή ως λεπτή υφή. Ως παράδειγμα δίνεται παρακάτω η λεπτή υφή της κατάστασης $2p$.



Θέμα 2^ο:

Στο μόριο του H_2 το μήκος του δεσμού στη θέση ισορροπίας είναι $R = 0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$.

- a. Προσδιορίστε το μήκος κύματος του φωτονίου που απαιτείται για την διέγερση από τη πρώτη στην δεύτερη διεγερμένη περιστροφική κατάσταση.
- b. Προσδιορίστε την γωνιακή συχνότητα περιστροφής του μορίου στην $\ell = 2$ περιστροφική κατάσταση.

(20 μονάδες)

Απάντηση:

a.

$$\Delta E(l = 1 \rightarrow l = 2) = hB[2(2 + 1) - 1(1 + 1)] = 4hB = \frac{4h^2}{8\pi^2 I}$$

όπου $I = \mu R_0^2$ και $\mu = \frac{M_P \cdot M_P}{M_P + M_P} = \frac{M_P}{2}$

Άρα

$$\Delta E(l = 1 \rightarrow l = 2) = hB[2(2 + 1) - 1(1 + 1)] = 4hB = \frac{h^2}{\pi^2 M_p R_0^2}$$

Για το μήκος του φωτονίου έχουμε $E = h \frac{c}{\lambda}$ οπότε

$$\begin{aligned} \frac{h^2}{\pi^2 M_p R_0^2} &= h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\pi^2 M_p R_0^2 c}{h} = \frac{\pi^2 (1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}) (0.74 \times 10^{-10} \text{ m})^2 (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})} \\ &= 4.1 \times 10^{-5} \text{ m} = 0.41 \mu\text{m} \end{aligned}$$

b.

$$E(l = 2) = hB2(2 + 1) = 6hB = \frac{6h^2}{8\pi^2 I}$$

και

$$E_{\text{περ}} = \frac{1}{2} I \omega^2 \text{ οπότε}$$

$$\frac{6h^2}{8\pi^2 I} = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{h}{\pi I}} = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{2h}{\pi M_p R_0^2}} = 5.65 \times 10^{13} \text{ rad/s}$$

Δίδονται: $h=6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$, $hc=1239.8 \text{ eV} \cdot \text{nm}$, $1\text{eV}=1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$, $e=1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$,
 $M_p=1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$, $m_e=9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$, $E_{\text{περ}}=hB\ell(\ell+1)$, $B=h/(8\pi^2 I)$, $E_{\text{περ}}=(I\omega^2)/2$, $I=\mu R^2$.