

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

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

“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

14 – 6 – 2013

Θέμα 1^ο:

(α) Να γράψετε την ηλεκτρονική διάταξη του ατόμου του αργού (Ar) θεωρώντας ότι το ηλεκτρόνιο έχει σπιν (i) $s=3/2$, (ii) $s=1$. Δίνεται ο ατομικός αριθμός του αργού $Z=18$.

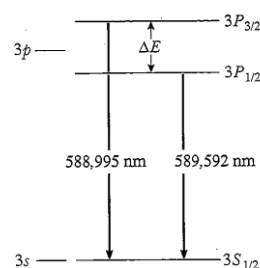
[10 μονάδες]

- (i) Η πολλαπλότητα $(2s+1)$ των καταστάσεων λόγω του σπιν σε αυτή την περίπτωση είναι 4 ($m_s = -3/2, -1/2, 1/2, 3/2$). Η ηλεκτρονική διάταξη επομένως θα είναι η $1s^4 2s^4 2p^{10}$
- (ii) Το “ηλεκτρόνιο” σε αυτή την περίπτωση είναι μποζόνιο κι άρα δεν υπακούει την απαγορευτική αρχή του Pauli. Η ηλεκτρονική διάταξη επομένως θα είναι η $1s^{18}$

(β) Το άτομο του Νατρίου (Na) έχει ατομικό αριθμό $Z=11$. Το ηλεκτρόνιο στο ανώτερο κατειλημμένο τροχιακό διεγείρεται στο αμέσως επόμενο ενεργειακά. Πόσες φασματικές γραμμές αναμένεται να παρατηρηθούν κατά την αποδιέγερση στην αρχική κατάσταση. Εξηγήστε σε συντομία

[10 μονάδες]

Το ανώτερο κατειλημμένο τροχιακό είναι το $3s$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s$). Το αμέσως επόμενο ενεργειακά είναι το $3p$. Ωστόσο εξαιτίας του φαινομένου της λεπτής υφής (αλληλεπίδραση σπιν-τροχιάς), το τροχιακό $3p$ αντιστοιχεί σε περισσότερες από μία καταστάσεις (άρση εκφυλισμού) και συγκεκριμένα στις ατομικές καταστάσεις $3P_{3/2}$ και $3P_{1/2}$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα ενώ η $3s$ παραμένει ενεργειακά αμετάβλητη. Επομένως η αποδιέγερση στην αρχική κατάσταση $3S_{1/2}$ θα έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση διπλής φασματικής γραμμής.



(γ) Η τροχιακή στροφορμή ενός σωματίου έχει μέτρο $|\vec{L}| = 6\sqrt{2}\hbar$. Ποια γωνία σχηματίζει το διάνυσμα της στροφορμής \vec{L} με τον άξονα z αν η προβολή του διανύσματος της στροφορμής στον άξονα z , L_z , έχει τη μέγιστη τιμή της;

[5 μονάδες]

$$|\vec{L}| = \sqrt{l(l+1)}\hbar = 6\sqrt{2}\hbar \Rightarrow l = 8.$$

$$L_z = m_l \hbar, \text{ όπου } m_l = -l, -l+1, \dots, l-1, l. \text{ Άρα } (m_l)_{\max} = 8.$$

$$\cos\theta = \frac{L_z}{|\vec{L}|} = \frac{(m_l)_{\max}\hbar}{\sqrt{l(l+1)}\hbar} = \frac{l}{\sqrt{l(l+1)}} = \frac{8}{6\sqrt{2}} = 0,94 \Rightarrow \theta = 19,47^\circ$$

Θέμα 2^ο:

(α) Τοποθετείστε με σειρά αυξανόμενου έργου ιονισμού τα παρακάτω άτομα: He ($Z=2$), Li($Z=3$), Ne($Z=10$), Ar($Z=18$). Εξηγήστε σε συντομία.

[5 μονάδες]

Σειρά αυξανόμενου έργου ιονισμού: **Li, Ar, Ne, He**

Το Li ($1s^2 2s$) έχει μη συμπληρωμένη στοιβάδα κι άρα εμφανίζει έντονα το φαινόμενο της θωράκισης για το $2s$ ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα να είμαι μικρό το έργο ιονισμού του. Τα ευγενή αέρια He, Ne, Ar, έχουν συμπληρωμένες στοιβάδες κι άρα έχουν μεγαλύτερο έργο ιονισμού από το Li. Η θωράκιση είναι εντονότερη στα ευγενή αέρια με περισσότερα ηλεκτρόνια κι άρα το έργο ιονισμού μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των ηλεκτρονίων.

(β) Η μετάβαση $\ell=0 \rightarrow \ell=1$ στο αμιγώς περιστροφικό φάσμα του μορίου CsCl καταγράφεται σε συχνότητα 4327.6 MHz.

- i) Προσδιορίστε το μήκος του μοριακού δεσμού στη θέση ισορροπίας στη βασική κατάσταση.
 ii) Προσεγγίζοντας κλασικά την περιστροφική ενέργεια ως $E=(I\omega^2)/2$ προσδιορίστε το χρόνο που απαιτείται για να εκτελέσει το μόριο μία πλήρη περιστροφή όταν βρίσκεται στην περιστροφική κατάσταση με $\ell = 10$ (θεωρείστε ότι πρόκειται για στερεό περιστροφή).

[20 μονάδες]

(i)

$$|E_{\pi\epsilon\rho}(\ell = 0 \rightarrow \ell = 1)| = \left| \frac{\hbar^2}{2I} 0(0+1) - \frac{\hbar^2}{2I} 1(1+1) \right| = \frac{\hbar^2}{I} = hf \Rightarrow$$

$$I = \frac{h}{4\pi^2 f} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}}{4\pi^2 \cdot 4327.6 \times 10^6 \text{ sec}^{-1}} = 3,878 \times 10^{-45} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Ανηγμένη μάζα: $\mu = \frac{m_{Cs} \cdot m_{Cl}}{m_{Cs} + m_{Cl}} = \frac{2,2 \times 10^{-25} \cdot 5,8 \times 10^{-26}}{2,2 \times 10^{-25} + 5,8 \times 10^{-26}} \text{ Kg} = 0,459 \times 10^{-25} \text{ Kg}$

$$I = \mu R_o^2 \Rightarrow R_o = \sqrt{\frac{I}{\mu}} = \sqrt{\frac{3,878 \times 10^{-45} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2}{0,459 \times 10^{-25} \text{ Kg}}} = 2,9 \text{ \AA}$$

(ii)

$$E_{\pi\epsilon\rho}(\ell = 10) = \frac{\hbar^2}{2I} 10(10+1) = 55 \frac{\hbar^2}{4\pi^2 I} = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{110} \frac{h}{2\pi I} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow$$

$$T = \frac{4\pi^2 I}{\sqrt{110} h} = \frac{4\pi^2 \cdot 3,878 \times 10^{-45} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2}{\sqrt{110} \cdot 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}} = 22 \text{ ps}$$

Δίδονται: $m_{Cs}=2.2 \times 10^{-25} \text{ Kg}$, $m_{Cl}=5.8 \times 10^{-26} \text{ kg}$, $h=6,626 \times 10^{-34} \text{ Jsec}$, $1\text{eV}=1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$,
 $E_{\pi\epsilon\rho} = \frac{\hbar^2}{2I} \ell(\ell + 1)$, $I=\mu R^2$.