

Θέμα 1.

A) Άτομο H βρίσκεται στην κατάσταση 6f. i) Ποια η ενέργεια του ατόμου; ii) Ποιο το μέτρο της τροχιακής στροφορμής; και iii) ποια η μικρότερη γωνία του διανύσματος της τροχιακής στροφορμής με τον άξονα z;

(10 μονάδες)

i) $n=6$, άρα $|E_6| = \left| -13,6 \frac{1}{6^2} \right| = 0,38 \text{ eV}$

ii) Κατάσταση f, άρα $l = 3$, άρα $|\bar{L}| = \hbar\sqrt{l(l+1)} = \hbar\sqrt{3(3+1)} = 3,46\hbar$

iii) $(m_l)_{max} = l = 3$, άρα $\cos(\theta_{min}) = \frac{(L_z)_{max}}{|\bar{L}|} = \frac{\hbar(m_l)_{max}}{\hbar\sqrt{l(l+1)}} = \frac{l}{\sqrt{l(l+1)}} = 0,86 \Rightarrow \theta_{min} = 30^\circ$

B) Γράψτε την ηλεκτρονιακή διάταξη και το φασματικό συμβολισμό για τις θεμελιώδεις καταστάσεις των ατόμων του Li (Z=3), του Ne (Z=10) και του K (Z=19).

(10 μονάδες)

Li (Z=3): $1s^2 2s^2 2s^1 \ ^2S_{1/2}$ [δεκτή και η $1s^2 2s^1 \ ^2S_{1/2}$]

Ne (Z=10): $1s^2 2s^2 2p^6 \ ^1S_0$ [δεκτή και η $1s^2 2s^2 2p^6 \ ^1S_0$]

K (Z=19): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \ ^2S_{1/2}$ ή [Ar] $4s^1 \ ^2S_{1/2}$

[δεκτές και οι $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \ ^2S_{1/2}$ ή [Ar] $4s^1 \ ^2S_{1/2}$]

Γ) Πόσα ίχνη θα διακρίνουμε στο πέτασμα μιας διάταξης Stern-Gerlach όταν πραγματοποιήσουμε το πείραμα (ξεχωριστά κάθε φορά) με δέσμες των ανωτέρω ατόμων; Εξηγήστε.

(5 μονάδες)

Το Li και το K έχουν ένα ηλεκτρόνιο εκτός συμπληρωμένων στοιβάδων κι επομένως σε μια διάταξη Stern-Gerlach θα συμπεριφέρονται ως σωματία με σπιν 1/2. Άρα στο πέτασμα της διάταξης θα παρατηρηθούν δυο ίχνη, ένα για την κάθε προβολή του σπιν (1/2 και -1/2).

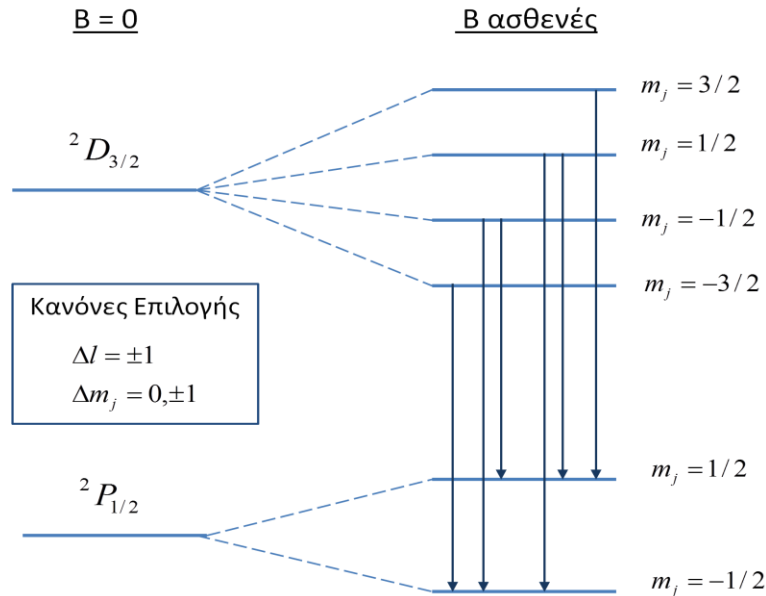
Το Ne έχει συμπληρωμένες τις στοιβάδες του κι επομένως σε μια διάταξη Stern-Gerlach θα συμπεριφέρονται ως σωματίο με σπιν 0. Άρα στο πέτασμα της διάταξης θα παρατηρηθεί ένα μόνο ίχνος αφού δεν θα επηρεαστεί από αυτή.

Θέμα 2

A) Παρατηρούμε την αποδιέγερση μεταξύ των ατομικών καταστάσεων $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$. Πόσες φασματικές κορυφές αναμένεται να παρατηρήσουμε παρουσία ασθενούς εξωτερικού μαγνητικού πεδίου; Εξηγήστε πλήρως.

(10 μονάδες)

Το ασθενές μαγνητικό πεδίο (ασθενέστερο της σύζευξης σπιν-τροχιάς) έχει ως αποτέλεσμα την ανάλυση των ενεργειακών σταθμών με βάση τον κβαντικό αριθμό της προβολής της ολικής στροφορμής m_j . Αυτό παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα από το οποίο προκύπτει, με βάση τους κανόνες επιλογής, ότι θα παρατηρηθούν έξι (6) φασματικές κορυφές.



Β) Η περιστροφική σταθερά του H_2 είναι $B=1,8225 \times 10^{12}$ Hz. Υπολογίστε το μήκος του μοριακού δεσμού στην θέση ισορροπίας. Εάν το μόριο είναι διεγερμένο στην περιστροφική κατάσταση με $\ell=5$ υπολογίστε την γωνιακή συχνότητα περιστροφής του μορίου (θεωρήστε ότι πρόκειται για στερεό περιστροφή).

(15 μονάδες)

$$B = \frac{h}{8\pi^2 I} \quad \text{και} \quad I = \mu R_0^2 \quad \text{και} \quad \mu = \frac{m_H \cdot m_H}{m_H + m_H} = \frac{m_H}{2}$$

$$\text{Άρα } B = \frac{h}{4\pi^2 m_H R_0^2} \Rightarrow R_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{h}{m_H \cdot B}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{6,626 \times 10^{-34}}{1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,8225 \times 10^{12}}} \Rightarrow R_0 = 0,74 \text{ \AA}$$

Για $\ell = 5$:

$$E = hBl(\ell + 1) = 30hB = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{60hB}{I}} = \sqrt{\frac{120hB}{m_H R_0^2}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 6,626 \times 10^{-34} \cdot 1,8225 \times 10^{12}}{1,66 \times 10^{-27} \cdot (0,74 \times 10^{-10})^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = 1,26 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Δίδονται: $E_n = -13,6(Z^2/n^2) \text{ eV}$, $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sec}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$, $1 \text{ eV} = 1239,72 / \lambda(\text{nm})$, $E_{\text{περ}} = hBl(\ell+1)$, $B = h/8\pi^2 I$, $I = \mu R^2$, $E_{\text{περ}} = I\omega^2/2$, $m_H = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$, $\Delta l = \pm 1$, $\Delta m_j = 0, \pm 1$.