

## ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διδάσκοντες: Κ. Φουντάς, Α. Λύρας, Μ. Μπενής, Ν. Πατρώνης

### “ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

13 – 2 – 2013

#### Θέμα 1<sup>ο</sup>:

(α) Η ενέργεια ενός σωματίου μάζας  $m$  μέσα σε ένα τρισδιάστατο κύβο ακμής  $L$  περιγράφεται από τη σχέση  $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2} (n_1^2 + n_2^2 + n_3^2)$ , όπου  $n_1, n_2, n_3$  οι τρεις κβαντικοί αριθμοί που περιγράφουν την κατάσταση.

(i) Ποια η τιμή της ενέργειας της πρώτης διεγερμένης κατάστασης και σε ποιους κβαντικούς αριθμούς αντιστοιχεί;

[5 μονάδες]

(ii) Ποιος ο εκφυλισμός της βασικής κατάστασης και ποιος της πρώτης διεγερμένης;

[5 μονάδες]

(iii) Προτείνεται τρόπος ώστε ο εκφυλισμός της πρώτης διεγερμένης κατάστασης να αρθεί είτε μερικά είτε ολικά.

[5 μονάδες]

#### Απάντηση

(i) Η πρώτη διεγερμένη κατάσταση αντιστοιχεί στους κβαντικούς αριθμούς (1,1,2) ή (1,2,1) ή (2,1,1).

Η ενέργειά της είναι  $E = 6 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$ .

(ii) Η βασική κατάσταση περιγράφεται από τους κβαντικούς αριθμούς (1,1,1) και δεν είναι εκφυλισμένη. Η πρώτη διεγερμένη (με βάση το ερώτημα (i)) έχει τριπλό εκφυλισμό.

(iii) Ο εκφυλισμός της πρώτης διεγερμένης αίρεται μερικά εάν αλλάξουμε το μήκος σε μια από τις τρεις διαστάσεις του κύβου. Εάν και οι τρεις διαστάσεις έχουν διαφορετικό μήκος τότε ο εκφυλισμός αίρεται ολικά.

(β) Οι ενέργειες των καταστάσεων των υδρογονοειδών ιόντων περιγράφονται από τη σχέση  $E = -(13,6 \text{ eV}) \frac{Z^2}{n^2}$  όπου  $Z$  ο ατομικός αριθμός του ιόντος και  $n$  ο κύριος κβαντικός αριθμός. Ποια η ελάχιστη ενέργεια ενός φωτονίου που απαιτείται για την διέγερση  $1s \rightarrow 2p$  του υδρογονοειδούς ιόντος  $F^{8+}$ ; Δίνεται ο ατομικός αριθμός του φθορίου,  $Z = 9$ .

[5 μονάδες]

#### Απάντηση

$$E(1s \rightarrow 2p) = 13,6 \cdot \left( \frac{9^2}{1^2} - \frac{9^2}{2^2} \right) = 826,2 \text{ eV}$$

(γ) Απαριθμήστε όλες τις καταστάσεις του ατόμου του υδρογόνου που αντιστοιχούν στον κύριο κβαντικό αριθμό  $n = 2$  και δώστε τον φασματοσκοπικό συμβολισμό  $\{n, l, j\}$  καθεμιάς από αυτές.

[5 μονάδες]

#### Απάντηση

$n$	$l$	$j$	$m_j$	$\{n, l, j\}$
2	0	1/2	+1/2	$2S_{1/2}$
			-1/2	
	1	3/2	+3/2	$2P_{3/2}$
			+1/2	
			-1/2	
			-3/2	
	1/2	1/2	+1/2	$2P_{1/2}$
			+1/2	

## Θέμα 2<sup>ο</sup>:

(α)

(i) Τι απέδειξε το πείραμα των Stern-Gerlach;

[5 μονάδες]

(ii) Ποιο θα ήταν ποιοτικά το αποτέλεσμα του πειράματος των Stern-Gerlach αν χρησιμοποιούνταν ομογενές μαγνητικό πεδίο; Σημειώνεται ότι στο πείραμα των Stern-Gerlach χρησιμοποιήθηκε δέσμη ατόμων αργύρου.

[5 μονάδες]

### Απάντηση

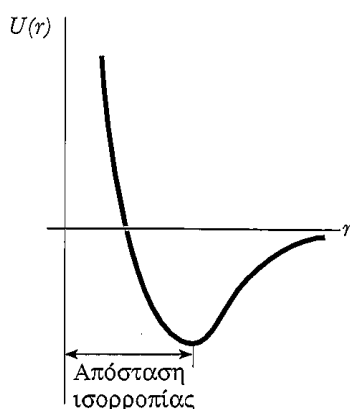
(i) Απέδειξε την ύπαρξη της spin στροφορμής του ηλεκτρονίου.

(ii) Στο πείραμα Stern-Gerlach η ανομοιογένεια του πεδίου είναι υπεύθυνη για την εκτροπή της δέσμης καθώς η δύναμη περιγράφεται από τη σχέση  $\vec{F} = \vec{\mu} \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial z}$ . Όταν το μαγνητικό πεδίο B είναι ομογενές τότε δεν ασκείται καμία δύναμη πάνω στις μαγνητικές ροπές  $\mu$ , κι άρα η δέσμη των ατόμων αργύρου δεν θα εκτραπεί καθόλου από την αρχική διεύθυνσή της.

(β) Αποδώστε γραφικά την ποιοτική εξάρτηση της ολικής δυναμικής ενέργειας U ενός διατομικού μορίου ως συνάρτηση της απόστασης R των δυο ατομικών πυρήνων του. Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας.

[5 μονάδες]

### Απάντηση



Η ολική δυναμική ενέργειας U ενός διατομικού μορίου μπορεί να προσεγγιστεί με την έκφραση

$$U = -\frac{A}{R^n} + \frac{B}{R^m}$$

A και B είναι σταθερές που σχετίζονται με τις ελκτικές και απωστικές δυνάμεις αντίστοιχα. n και m είναι μικροί ακέραιοι αριθμοί. Ο απωστικός όρος υπερσχύει σε μικρές αποστάσεις κι αντιστοιχεί στην άπωση των δυο ατομικών πυρήνων. Ο ελκτικός όρος υπερσχύει σε μεγαλύτερες αποστάσεις κι αντιστοιχεί στην έλξη μεταξύ των ηλεκτρονίων και των πυρήνων του μορίου. Στην απόσταση ισορροπίας οι ελκτικές και απωστικές δυνάμεις εξισώνονται και η δυναμική ενέργεια αποκτά την ελάχιστη τιμή της. Σε πολύ μεγάλες αποστάσεις η δυναμική ενέργεια μηδενίζεται.

(γ) Δεδομένου ότι το κλασικό πλάτος ταλάντωσης του μορίου CO στην θεμελιώδη κατάσταση ταλάντωσης είναι  $x_0 = 0,05 \text{ \AA}$ , υπολογίστε το κλασικό πλάτος ταλάντωσης στην κατάσταση ταλάντωσης  $v = 4$ ; Δίνεται:  $E_{\text{vib}} = \left(v + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega$ .

[10 μονάδες]

### Απάντηση

$$\text{Θεμελιώδη κατάσταση } v=0 : \left(0 + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega = \frac{1}{2} kx_0^2$$

$$\text{Διεγερμένη κατάσταση } v=4 : \left(4 + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega = \frac{1}{2} kx_4^2$$

$$\text{Διαιρώντας κατά μέλη τις δυο παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι } x_4 = 3x_0 = 0,15 \text{ \AA}$$