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

"ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ"

13 – 2 – 2013

Θέμα 1^{ο}:

(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 τρόπους 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 → 2p του υδρογονοειδούς ιόντος F^{8+}; Δίνεται ο ατομικός αριθμός του φθορίου, Z = 9.

[5 μονάδες]

Απάντηση

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

(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	$2P_{1/2}$
			+1/2	

Θέμα 2ο:

(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

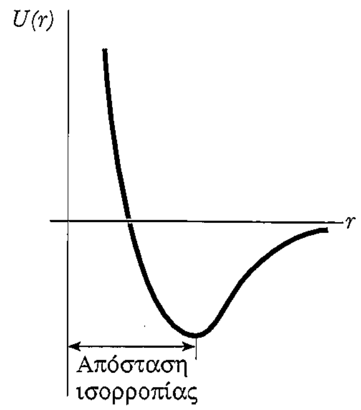
(i) Απέδειξε την ύπαρξη της spin στροφορμής του ηλεκτρονίου.

(ii) Στο πείραμα Stern-Gerlach η ανομοιογένεια του πεδίου είναι υπεύθυνη για την εκτροπή της δέσμης καθόσον η δύναμη περιγράφεται από τη σχέση $\overline{F} = \overline{\mu} \cdot \frac{\partial \overline{B}}{\partial z}$. Όταν το μαγνητικό πεδίο Β είναι ομογενές τότε δεν ασκείται καμία δύναμη πάνω στις μαγνητικές ροπές μ, 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 υπερισχύει σε μικρές αποστάσεις κι αντιστοιχεί στην άπωση των δυο ατομικών πυρήνων. Ο ελκτικός όρος υπερισχύει 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_o = 0,05 Å, υπολογίστε το κλασικό πλάτος ταλάντωσης στην κατάσταση ταλάντωσης $\nu = 4$; Δίνεται: $E_{\text{vib}} = \left(\nu + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$.

[10 μονάδες]

Απάντηση

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

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

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