

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΦΥΕ 34 2009-10

6^η ΕΡΓΑΣΙΑ

Προθεσμία παράδοσης 8/6/10

Άσκηση 1

A) Επτά ηλεκτρόνια τοποθετούνται σε μονοδιάστατο πηγάδι δυναμικού πλάτους L . Θεωρώντας ότι τα ηλεκτρόνια έχουν σπιν αλλά αγνοώντας άλλες αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους να βρεθεί η ενέργεια της βασικής κατάστασης του συστήματος.

B) Επαναλάβετε το ερώτημα (A) για την περίπτωση τριδιάστατου κυβικού κουτιού πλευράς L .

Άσκηση 2

Θεωρείστε ότι το άτομο του He διεγείρεται σε μια κατάσταση ($n\ell n'\ell'$) στην οποία και τα δύο ηλεκτρόνια είναι ασύζευκτα και έχουν «ομοπαράλληλα» σπιν. (n, n' , είναι κύριοι κβαντικού αριθμοί).

A) Βρείτε τους δυνατούς κβαντικούς αριθμούς των στροφορμών $\mathbf{J}_1, \mathbf{J}_2$ των δύο ηλεκτρονίων, και των z-συνιστωσών J_{1z}, J_{2z} .

B) Βρείτε τους δυνατούς κβαντικούς αριθμούς της ολικής στροφορμής $\mathbf{J} = \mathbf{J}_1 + \mathbf{J}_2$ και της z-συνιστώσας J_z .

Γ) Ποιά είναι η μέγιστη επιτρεπτή, από την απαγορευτική αρχή του Pauli, τιμή της z-συνιστώσας J_z και της ολικής στροφορμής \mathbf{J} αν $n \neq n'$, και αν $n = n'$;

Άσκηση 3

Άτομο υδρογόνου μεταπίπτει από την κατάσταση $2p$ στην $1s$. Απουσία μαγνητικού πεδίου το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτονίου είναι 122nm . Κατόπιν το άτομο τοποθετείται σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο με διεύθυνση κατά μήκος του άξονα των z . Φαινόμενα που σχετίζονται με το σπιν αγνοούνται και θεωρούμε μόνο την αλληλεπίδραση του μαγνητικού πεδίου με την μαγνητική ροπή του ατόμου.

A) Πόσα διαφορετικά μήκη κύματος φωτονίων παρατηρούνται κατά τη μετάβαση $2p \rightarrow 1s$; Ποιες οι αντίστοιχες αρχικές και τελικές τιμές του m_ℓ ;

B) Για ποιες τιμές αρχικές και τελικές τιμές του m_ℓ παρατηρείται ίδιο, μεγαλύτερο και μικρότερο μήκος κύματος από αυτό που μετρήσαμε απουσία του μαγνητικού πεδίου;

Άσκηση 4

Μόριο $^{16}\text{O}_2$ που βρίσκεται σε διεγερμένη ταλαντωτική και περιστροφική κατάσταση με κβαντικούς αριθμούς (ν, ℓ) έχει στροφορμή ίση με $4.718 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Το μόριο αυτό μπορεί να μεταβεί σε άλλη κατάσταση $(\nu', \ell' = 5)$ είτε με την εκπομπή φωτονίου ενέργειας 0.1942 eV είτε με την απορρόφηση φωτονίου ενέργειας 0.1978 eV . Να βρεθούν:

A) Η σταθερά ελατηρίου του μορίου και

B) Το μήκος δεσμού του μορίου.

Άσκηση 5

Θεωρούμε διατομικό μόριο AB με μήκος δεσμού $R_0 = 147 \text{ pm}$, όπου το άτομο A είναι το στοιχείο ^{12}C ενώ το B θα προσδιοριστεί. Η γραμμή περιστροφικής απορρόφησης που αντιστοιχεί στη μετάβαση από τη στάθμη με $\ell = 4$ στη στάθμη με $\ell = 5$ εμφανίζεται σε συχνότητα $f = 3.62 \times 10^{11} \text{ Hz}$.

- A) Ποια είναι η συχνότητα και το μήκος κύματος της γραμμής περιστροφικής εκπομπής που αντιστοιχεί στη μετάβαση από $\ell = 3$ σε $\ell = 2$;
B) Πόση είναι η ροπή αδράνειας του μορίου ως προς το κέντρο μάζας του;
Γ) Προσδιορίστε το στοιχείο του ατόμου B.

Άσκηση 6

Τα μόρια ενός κλασικού ιδανικού αερίου περιορίζονται να κινούνται στο επίπεδο xy.

A) Υπολογίστε την κατανομή Maxwell-Boltzmann $n(v)dv$

B) Υπολογίστε την μέση τιμή του μέτρου της ταχύτητας και την ενεργό τιμή του μέτρου της ταχύτητας \bar{v} και $v_{rms} = (\bar{v}^2)^{1/2}$.

Γ) Υπολογίστε την ολική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και δείξτε ότι είναι ίση με $E_{ολική} = \frac{NkT}{A}$ όπου A είναι το εμβαδόν της επιφάνειας.

Δ) Δείξτε ότι η συνθήκη για να αγνοήσουμε τα κβαντικά φαινόμενα και να ισχύει η κατανομή Maxwell Boltzmann είναι $\frac{h^2}{2mkT} \left(\frac{N}{A}\right) \ll 1$

Δίνονται τα ολοκληρώματα $\int_0^\infty x e^{-ax^2} = \frac{1}{2a}$, $\int_0^\infty x^2 e^{-ax^2} = \frac{\sqrt{\pi}}{4a^{3/2}}$, $\int_0^\infty x^3 e^{-ax^2} = \frac{1}{2a^2}$

Άσκηση 7

Έστω σύστημα ατόμων και ακτινοβολίας σε θερμική ισορροπία υπό θερμοκρασία T. Αν η διεγερμένη ατομική κατάσταση ενεργείας υπεράνω της (μή εκφυλισμένης) θεμελιώδους, έχει εκφυλισμό g_i , και πιθανότητα διεγέρσεως $P(E_i) = P_0 e^{-E_i/kT}$,

A) Δείξτε ότι το λήθος των ατόμων που βρίσκονται στη διεγερμένη στάθμη E_i , είναι ανάλογο του $g_i P(E_i) = g_i P_0 e^{-E_i/kT}$.

B) Εκφράστε τους συντελεστές Einstein εξαναγκασμένης εκπομπής και απορρόφησης συναρτήσει του συντελεστή A_{21} αυθόρμητης εκπομπής.

Άσκηση 8

Αν η θερμοκρασία καθαρού ημιαγωγού από 27°C γίνει 150°K , η αγωγιμότητά του γίνεται 9 τάξεις μεγέθους μικρότερη. Πόσο είναι το ενεργειακό χάσμα μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας; Θεωρείστε ότι η ενέργεια Fermi δεν μεταβάλλεται.

Άσκηση 9

Ο υπεύθυνος ενός εργαστηρίου συμβουλεύεται έναν φυσικό σχετικά με τη διαρροή ραδιενέργειας που συνέβη στους χώρους του εργαστηρίου πριν από 36 ώρες. Ο φυσικός διαπιστώνει ότι πρόκειται για $500\mu\text{Ci}$ του ισότοπου ^{131}Ba με χρόνο ημιζωής 12 ημέρες.

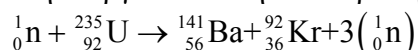
A) Ποια η μάζα του ραδιενεργού στοιχείου τη χρονική στιγμή της μέτρησης;

Β) Ποια η ενεργότητα τη χρονική στιγμή της διαρροής και ποια η συνολική μάζα του ραδιενεργού στοιχείου που διέφυγε;

Γ) Η πρόταση του φυσικού είναι να κλείσει το εργαστήριο μέχρι η ραδιενέργεια να πέσει κάτω από το $1.00\mu\text{Ci}$. Πόσες μέρες θα πρέπει να μείνει κλειστό το εργαστήριο;

Άσκηση 10

Α) Υπολογίστε την εκλυόμενη ενέργεια από την αντίδραση σχάσης



Β) Υποθέστε ότι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας ο οποίος λειτουργεί βασιζόμενος στη αντίδραση σχάσης του ερωτήματος (Α) παράγει 700MW και έχει απόδοση 20% .

Πόσα άτομα ουρανίου καταναλώνει την ημέρα;

Γ) Ποια η μάζα του ουρανίου που καταναλώνει κάθε ημέρα ο αντιδραστήρας του ερωτήματος (Β);

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1) Ένα άτομο ψευδαργύρου στη θεμελιώδη κατάσταση έχει συμπληρωμένες τις ενεργειακές ζώνες $1s, 2s, 2p, 3s, 3p$ και $4s$. Πως είναι δυνατόν ο ψευδάργυρος να είναι αγωγός αφού η ζώνη σθένους είναι συμπληρωμένη;

2) Ο ραδιενεργός πυρήνας ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 1600 έτη περίπου. Το ηλιακό μας σύστημα όμως έχει ηλικία πέντε δισεκατομμύρια έτη περίπου. Πως είναι δυνατόν να βρίσκουμε ακόμη στη φύση πυρήνες ${}_{88}^{226}\text{Ra}$;

3) Α) Εξηγήστε πως μια δίοδος επαφής $p-n$ λειτουργεί ως ανορθωτής, ως ηλιακό στοιχείο και ως δίοδος φωτοεκπομπής (LED).

Β) Δίοδος επαφής $p-n$ διαρρέεται από ρεύμα 25mA υπό ορθή πόλωση 0.6V σε θερμοκρασία δωματίου. Να βρεθεί η τιμή του ανάστροφου ρεύματος κορεσμού.

4) Ποια η πυκνότητα ηλεκτρονίων χαλκού ανά μονάδα ενέργειας σε θερμοκρασία δωματίου και ενέργεια ίση με την ενέργεια Fermi E_F . Τι ποσοστό διεγείρεται θερμικά σε ενέργεια $2E_F$.

5) Ένα απομονωμένο νετρόνιο υπόκειται σε διάσπαση β με χρόνο υποδιπλασιασμού 15min περίπου. Μπορεί ένα απομονωμένο πρωτόνιο να υποστεί διάσπαση β ;