

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΦΥΕ 34 2007-08

6^η ΕΡΓΑΣΙΑ

Προθεσμία παράδοσης 3/6/08

Άσκηση 1

A) Άτομο υδρογόνου στην κατάσταση 5g τοποθετείται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $\vec{B} = 0.600T\hat{z}$.

- i) Σε πόσα επίπεδα διασπάται αυτή η ενεργειακή κατάσταση εξαιτίας της αλληλεπίδρασης της τροχιακής μαγνητικής διπολικής ροπής με το μαγνητικό πεδίο.
- ii) Ποια η ενεργειακή διαφορά ανάμεσα σε γειτονικά ενεργειακά επίπεδα;
- iii) Ποια η μέγιστη ενεργειακή διαφορά μεταξύ των δημιουργουμένων ενεργειακών επιπέδων;

B) Θεωρούμε άτομο υδρογόνου στην κατάσταση $n = 1, l = 0$ το οποίο τοποθετούμε σε εξωτερικό μαγνητικό πεδίο B.

- i) Να υπολογίσετε την ενεργειακή διαφορά των δύο καταστάσεων σπιν του ηλεκτρονίου σαν συνάρτηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
- ii) Στην φασματοσκοπία συντονισμού ηλεκτρονικού σπιν (ESR: electron spin resonance) χρησιμοποιούμε μικροκυματική ακτινοβολία κατάλληλου μήκους κύματος λ ώστε να επιτύχουμε μεταβάσεις του ηλεκτρονικού σπιν μεταξύ των δύο καταστάσεων. Βρείτε την ένταση του μαγνητικού πεδίου συντονισμού όταν $\lambda = 3.0$ cm.

Άσκηση 2

Πέντε μη αλληλεπιδρώντα σωματίδια τοποθετούνται σε δυναμικό αρμονικού ταλαντωτή συχνότητας $f = 730\text{GHz}$. Ποια θα ήταν η ενέργεια της βασικής κατάστασης του συστήματος

A) Αν τα σωματίδια είναι ηλεκτρόνια;

B) Αν τα σωματίδια έχουν ίδια μάζα με τα ηλεκτρόνια αλλά δεν υπόκεινται στην απαγορευτική αρχή του Pauli;

Άσκηση 3

Ένα λέιζερ He-Ne με μήκος κύματος εκπομπής 632.8 nm έχει διάμετρο δέσμης εξόδου 1mm και συνολική ισχύ κοιλότητας είναι 199mW.

A) Να υπολογίσετε το λόγο $\frac{B}{A_{21}}u(f)$ για το λέιζερ αυτό.

B) Ποια είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία μέλανος σώματος για τη δέσμη εξόδου;

Για τη λύση της άσκησης να αγνοήσετε όλα τα φαινόμενα περίθλασης (δηλ. να υποθέσετε ότι η δέσμη έχει παντού διάμετρο 1mm) και να υποθέσετε ότι η ισχύς κατανέμεται ομοιόμορφα στην κυκλική διατομή της δέσμης. Δίνεται ότι το εύρος της φασματικής γραμμής για το λέιζερ της άσκησης είναι $0.15 \times 10^9 \text{Hz}$.

Υπόδειξη: Η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας ανά μονάδα συχνότητας $u(f)$ συνδέεται με την ένταση της δέσμης ανά μονάδα συχνότητας $I(f)$ με τη σχέση:

$$u(f) = \frac{I(f)}{c}, \quad c \text{ η ταχύτητα του φωτός}$$

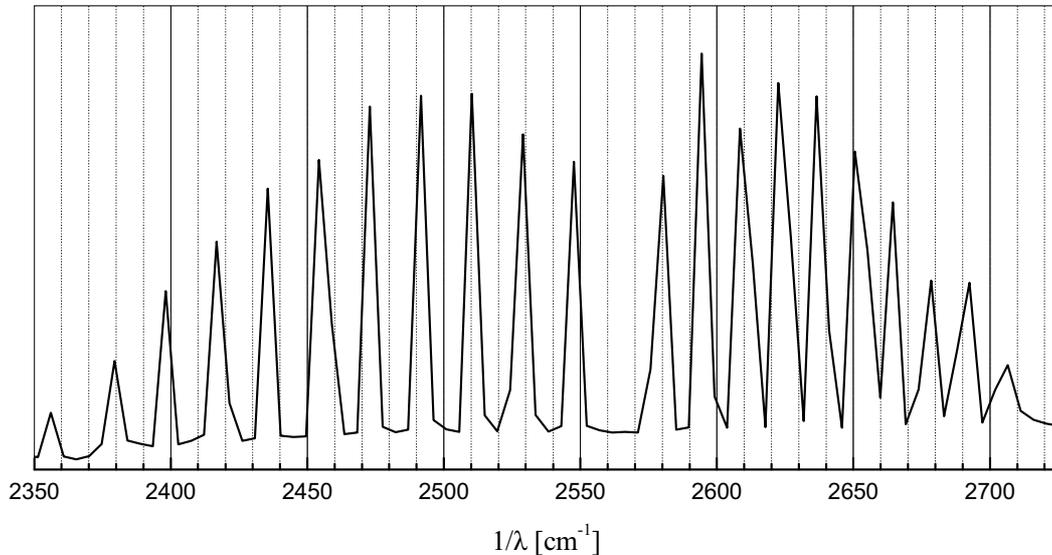
Άσκηση 4

Να δείξετε ότι το φάσμα περιστροφής ενός διατομικού μορίου αποτελείται από ισαπέχουσες γραμμές με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών να είναι

$$\Delta f = \frac{h}{4\pi^2 I}, \text{ όπου } I \text{ είναι η ροπή αδράνειας του μορίου.}$$

Άσκηση 5

Δίνεται το παρακάτω φάσμα απορρόφησης το οποίο αντιστοιχεί στο φάσμα ταλάντωσης και περιστροφής του διατομικού μορίου HBr.



A) Να σχεδιάσετε το ενεργειακό φάσμα των καταστάσεων ταλάντωσης και περιστροφής και να σημειώσετε τις μεταβάσεις που αντιστοιχούν στις φασματικές γραμμές απορρόφησης. Πως δικαιολογείται η απουσία της κεντρικής γραμμής;

B) Προσδιορίστε το μήκος του δεσμού και τη σταθερά ενεργού ελατηρίου για το μόριο του HBr. Συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας με τις αντίστοιχες πρότυπες τιμές της βιβλιογραφίας.

Άσκηση 6

Το καθαρό γερμάνιο (Ge) είναι ημιαγωγός στον οποίο η ενέργεια Fermi (E_F) βρίσκεται στο μέσον του ενεργειακού του χάσματος, $E_g = 0.67 \text{ eV}$.

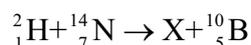
A) Για τις θερμοκρασίες των 250 K, 300 K, και 350 K, υπολογίστε την πιθανότητα $f(E)$ η κατώτερη στάθμη της ζώνης αγωγιμότητας να είναι κατειλημμένη.

B) Για τις ίδιες θερμοκρασίες υπολογίστε την πιθανότητα η ανώτερη στάθμη της ζώνης σθένους να είναι άδεια.

Γ) Ο εμπλουτισμός με προσμίξεις αρσενικού (As) προσθέτει στάθμες δότη στο ενεργειακό χάσμα, 0.01 eV κάτω από την αρχή της ζώνης αγωγιμότητας. Αν στην θερμοκρασία των 300 K η πιθανότητα η κατώτερη στάθμη της ζώνης αγωγιμότητας να είναι κατειλημμένη είναι 4.4×10^{-4} , υπολογίστε την θέση του επιπέδου Fermi ως προς τη ζώνη αγωγιμότητας.

Άσκηση 7

Θεωρείστε την αντίδραση



όπου X άγνωστος πυρήνας.

A) Βρείτε τα Z και A για τον πυρήνα X.

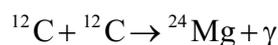
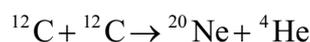
B) Βρείτε την ενέργεια της αντίδρασης.

Άσκηση 8

Οι εκρήξεις των υπερκαινοφανων είναι απίστευτα ισχυρές πυρηνικές αντιδράσεις που σχάζουν τις κεντρικές περιοχές των σχετικά μαζικών αστέρων. Αυτές οι εκρήξεις δημιουργούνται από την σύντηξη του άνθρακα, η οποία απαιτεί θερμοκρασία περίπου 6×10^8 K για να υπερνικήσει την ισχυρή απωστική δύναμη Coulomb μεταξύ των πυρήνων του άνθρακα.

A) Εκτιμήστε το απωστικό ενεργειακό φράγμα που εμποδίζει τη σύντηξη, χρησιμοποιώντας την απαιτούμενη θερμοκρασία ανάφλεξης για σύντηξη άνθρακα.

B) Υπολογίστε την ενέργεια (σε MeV) που απελευθερώνεται σε κάθε μία από αυτές τις αντιδράσεις που «καίνε άνθρακα»



Γ) Υπολογίστε την ενέργεια (σε KWh) που ελευθερώνεται όταν 2kg άνθρακα συντήκονται τελείως σύμφωνα με την πρώτη αντίδραση

Άσκηση 9

Το ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ αποδιεγείρεται με εκπομπή σωματίου α σε ${}^{218}_{84}\text{Po}$. Σε ένα πείραμα παρατηρήθηκε η χρονική εξέλιξη της ραδιενέργειας μιας ποσότητας ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ με έξι διαδοχικές μετρήσεις, μια κάθε εικοσιτετράωρο, την ίδια ώρα. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ρυθμός αποδιέγερσης ήταν 76200, 63720, 53520, 44340, 37260 και 30900 σωματία α ανά ώρα. Προσδιορίστε τη σταθερά διάσπασης και το χρόνο ημιζωής του ${}^{222}_{86}\text{Rn}$.

(Για τον υπολογισμό των ζητούμενων δεν είναι υποχρεωτική η χρήση θεωρίας ελαχίστων τετραγώνων)

Άσκηση 10

Σε ένα πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας για οικιακή χρήση, χρησιμοποιείται ${}^{235}\text{U}$ με πυκνότητα 18.7 g/cm^3 . Αν κατά τη σχάση του ${}^{235}\text{U}$ παράγονται κατά μέσο όρο 208 MeV και το υλικό φυλάσσεται σε σφαιρικό δοχείο ακτίνας R, πόση πρέπει να είναι η διάμετρος του δοχείου για να χωρέσει σχάσιμο υλικό ικανό να παράγει επαρκή ενέργεια για 50 χρόνια;

Υποθέστε ότι κάθε σπίτι έχει την εξής κατανάλωση: 6 θερμάστρες των 1000 W επί 8 ώρες την ημέρα τον χειμώνα (6 μήνες) και μια κουζίνα 2000W επί 3 ώρες την ημέρα

όλο το χρόνο. Υποθέστε επίσης ότι κάθε σπίτι έχει 4 άτομα και ότι ο συνολικός πληθυσμός της Ελλάδας είναι 10 εκατομμύρια κάτοικοι. 1 χρόνος = 365 ημέρες. Πόση θα ήταν η διάμετρος του δοχείου αν το υλικό ανανεώνεται κάθε 6 μήνες και η ωφέλιμη απόδοση είναι 20%;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1) Το ενεργειακό χάσμα ανάμεσα στη ζώνη σθένους και τη ζώνη αγωγιμότητας στο διαμάντι είναι 5.47eV.

A) Ποιο είναι το μέγιστο μήκος κύματος ενός φωτονίου το οποίο μπορεί να διεγείρει ένα ηλεκτρόνιο από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας και σε ποια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος βρίσκεται;

B) Εξηγήστε γιατί το καθαρό διαμάντι είναι διαφανές και άχρωμο;

Γ) Πολλά κοσμήματα κατασκευασμένα από διαμάντι έχουν κίτρινο χρώμα. Εξηγήστε πως οι προσμίξεις προκαλούν αυτό το χρώμα.

2) Θεωρείστε ότι η μεταβολή της κρίσιμης θερμοκρασίας ενός υπεραγωγού

συναρτήσει του μαγνητικού πεδίου δίνεται από τη σχέση: $T_c(B) = T_{c,0} \left(1 - \frac{B}{B_c}\right)^{1/2}$.

Για τον υδράργυρο παρατηρήθηκε ότι η κρίσιμη θερμοκρασία για την εμφάνιση υπεραγωγιμότητας με μηδενικό μαγνητικό πεδίο είναι 4.15K. Το κρίσιμο μαγνητικό πεδίο για το οποίο το υλικό δεν θα παρουσιάσει υπεραγωγιμότητα σε καμιά θερμοκρασία είναι 0.041 Tesla. Να προσδιορίσετε την τιμή του μαγνητικού πεδίου το οποίο θα ακυρώσει την υπεραγωγιμότητα στους 2.2K.

3) Η σχάση και η σύντηξη είναι αντίθετες διαδικασίες, όμως και οι δύο ελευθερώνουν ενέργεια. Είναι αντιφατικό αυτό;

4) Ο χρόνος ημιζωής του τριτίου είναι 12 χρόνια. Αν ο αντιδραστήρας σύντηξης TFTR περιέχει 50m³ τριτίου με πυκνότητα ίση προς 1.5x10¹⁴ σωματίδια ανά cm³, πόσα Ci τριτίου βρίσκονται στο πλάσμα; Συγκρίνετε τα αποτελέσματα με σχάση 4x10¹⁰ Ci.

5) Εξετάστε κατά τόπο μπορούν να παρατηρηθούν οι παρακάτω αντιδράσεις ελέγχοντας το λεπτονικό αριθμό

