

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9 - ΖΩΓΡΑΦΟΥ
157 80 ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ. 210 772 3009, 772 3032 - FAX: 210 772 3025



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
OF ATHENS
SCHOOL OF APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF PHYSICS
ZOGRAFOU CAMPUS
157 80 ATHENS - GREECE
TEL. +30210 772 3009, 772 3032 - FAX: +30210 772 3025

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ IV

17 Ιουνίου 2009

Διδάσκοντες: Κ. Αναγνωστόπουλος Θ. Παπαδοπούλου

Τα θέματα είναι βαθμολογικά ισοδύναμα.

Διάρκεια εξέτασης: 3 ώρες.

Θέμα 1ο Χρησιμοποιώντας την αρχή της αβεβαιότητας και την παραδοχή ότι στην κατάσταση ελάχιστης ενέργειας $\Delta x \sim x$, $\Delta p \sim p$, εκτιμήστε την ενέργεια της θερμολιθίδωνς κατάστασης στις περιπτώσεις:

1. του μονοδιάστατου αρμονικού ταλαντετή μάζας m και κυκλικής συχνότητας ω .
2. οωμαπιδίου μάζας m που βρίσκεται σε απειρόβαθο πηγάδι δυναμικού πλάτους L .

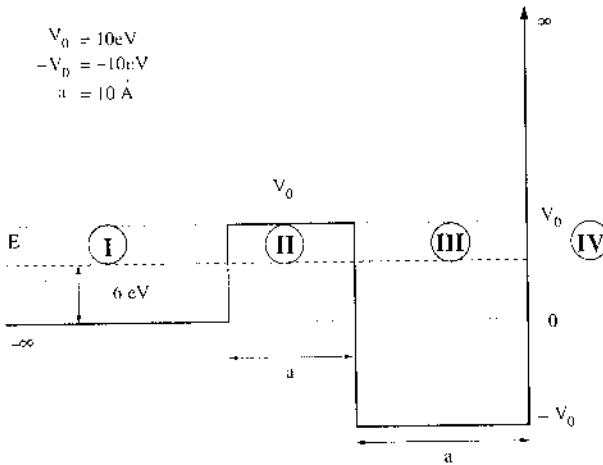
Συγκρίνετε αυτές τις εκτιμήσεις με τις τιμές της ενέργειας της θερμολιθίδωνς κατάστασης που προκύπτουν από την ακριβή λύση των προβλημάτων.

Θέμα 2ο Ηλεκτρόνιο με ενέργεια 6 eV κινείται σε μία διάσταση και προσπίπτει από αριστερά στο δυναμικό που φαίνεται στο Σχήμα 1.

1. Γράψτε τις φυσικά παραδεκτές λύσεις της εξίσωσης Schrödinger στις περιοχές I, II, III και IV και εξηγήστε τι παριστάνει από φυσική άποψη κάθε όρος αντών των λύσεων. Σχεδιάστε ποιοτικά το πραγματικό μέρος της λύσης της εξίσωσης Schrödinger για $-\infty < x < +\infty$ αποδίδοντας ποιοτικά τα χαρακτηριστικά τους (πλάτος, μήκος κύρωσης κλπ.).
2. Βρείτε την έκφραση του συντελεστή ανάκλαισης στην περιοχή I και του συντελεστή διάδοσης από την περιοχή I στην περιοχή III, με τη χρήση των πιονοτήτων ρεύματος πιθανότητας J_I , J_R , J_T (Χρησιμοποιήστε τα πλάτη των διαφόρων κυμάτων κωρίς να τα υπολογίσετε).
3. Υπολογίστε προσεγγιστικά το συντελεστή διάδοσης από την περιοχή I στην περιοχή III λαριβάνοτας υπόψη ότι η μάζα του ηλεκτρονίου είναι $0.5 \text{ MeV}/c^2$.
4. Σχεδιάστε σε ποιες περιοχές έχουμε κβαντισμένες ενέργειακές καταστάσεις και σε ποιες συνεχόμενες.

Θέμα 3ο Διδιάστατος αρμονικός ταλαντετής περιγράφεται από τη Χαριλαούριανή:

$$H = \frac{1}{2m} (p_x^2 + p_z^2) + \frac{1}{2} m \omega^2 (x^2 + z^2)$$



Σχήμα 1: Θέμα 2

- Υπολογίστε την κυριαρχούσα ρήση του ταλαντωτή που αντιστοιχεί στους κβαντικούς αριθμούς $n_x = 0$ και $n_z = 1$ ως συνάρτηση του χρόνου.
- Βρείτε τις ενέργειες της θερμολιθίδους σταθρής και των τεοσίρων πρότονων διεγερρένων σταθμών.
- Πότε μία ενεργειακή στάθμη ονομάζεται εκφυλισμένη; Ποιός είναι ο βαθμός εκφυλισμού των σταθμών που υπολογίσατε στο προηγούμενο ερώτημα;

Θέμα 4ο Δίνεται η κυριαρχούσα ρήση

$$\phi(x, 0) = \sqrt{\frac{1}{6}} \psi_1(x) + A \psi_3(x)$$

όπου $\psi_1(x)$, $\psi_3(x)$ οι ιδιοκαταστάσεις ενέργειας E_1 , E_3 των απλού μονοβιούστατου αρρονικού ταλαντωτή $V(x) = (1/2)m\omega^2x^2$.

- Να υπολογιστεί η σταθερά A ($A > 0$).
- Υπολογίστε στην κατάσταση αυτή, πή πιθανότητα να μετρηθούν οι ενέργειες $\hbar\omega/2$, $3\hbar\omega/2$, $5\hbar\omega/2$, $7\hbar\omega/2$.
- Υπολογίστε την κυριαρχούσα ρήση $\phi(x, t)$ για $t > 0$. Δώστε την τελική έκφραση που νά έχει, εκτός από τα x, t , μόνο τις παραμέτρους m , \hbar και ω .
- Υπολογίστε τις μέσες τιμές $\langle E \rangle$, $\langle E^2 \rangle$ καθώς και την αβεβαιότητα ΔE για την κυριαρχούσα ρήση $\phi(x, t)$.
- Υπολογίστε στην κατάσταση $\phi(x, 0)$ πή πιθανότητα να μετρηθούν οι ενέργειες $3\hbar\omega/2$, $7\hbar\omega/2$.