

# ΣΕΜΦΕ

## Κανονική Εξέταση στη Φυσική IV

Διάρκεια εξέτασης: 2,5 ώρες

Διδάσκοντες: Η. Κατσούφης, Θ. Παπαδοπούλου

Ιούλιος 2008

**ΟΛΑ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ**

Βιβλία, σημειώσεις, κινητά : κλειστά

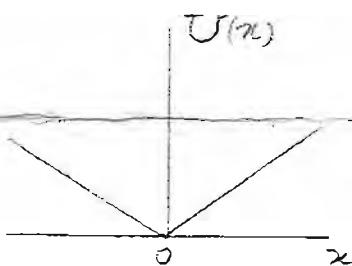
### Θέμα 1A

Η ολική ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως μετρείται ανά μονάδα επιφάνειας στη Γη, είναι  $I(R) = 1400 \text{ W/m}^2$ , όπου  $R = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$  είναι η μέση απόσταση Ηλίου - Γης.

Αν το μέγιστο της ισχύος αυτής παρατηρείται στο μήκος κύματος  $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$ , υπολογίστε την ακτίνα του Ηλίου, θεωρώντας τον ως μέλαν σώμα. (10)

### Θέμα 1B

Σε ένα απλοποιημένο πρότυπο δομής ενός σωματιδίου από κουάρκ, δύο κουάρκ «μέσα» στο σωματίδιο έχουν δυναμική ενέργεια αλληλεπίδρασης  $U(x) = A|x|$ , όπου  $x$  είναι η απόσταση των δύο κουάρκ και  $A = \text{σταθερά}$ .



Υπολογίστε χονδρικά την ελάχιστη ολική ενέργεια που μπορεί να έχει ένα κουάρκ μάζας  $m$  λόγω αυτής της ισχυρής λεγόμενης αλληλεπίδρασης με ένα άλλο. Χρησιμοποιήστε γι' αυτό την αρχή του Heisenberg και την πρόσεγγιση ότι οι αβεβαιότητες ορμής  $\Delta p$  και θέσης  $\Delta x$  είναι προσεγγιστικά  $\Delta p \sim p$  και  $\Delta x \sim x$ , όπου  $p$  και  $x$  είναι οι μεταβλητές ορμής και θέσης του κουάρκ, αντίστοιχα. (Θεωρήστε μη σχετικιστική κίνηση.) (15)

### Θέμα 2

Σωματίδιο μάζας  $m$  βρίσκεται σγκλωβισμένο σε πηγάδι δυναμικού αρμονικού ταλαντωτή και έχει δυναμική ενέργεια  $U(x) = (1/2) kx^2$ . Το σωματίδιο ξεκινάει ( $t = 0$ ) από την κατάσταση  $\psi(x, 0) = A [ 3\psi_0(x) + 4\psi_1(x) ]$ , όπου  $\psi_0(x)$  και  $\psi_1(x)$  είναι οι κανονικοποιημένες ιδιοσυναρτήσεις αρμονικού ταλαντωτή στη θεμελιώδη και στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση.

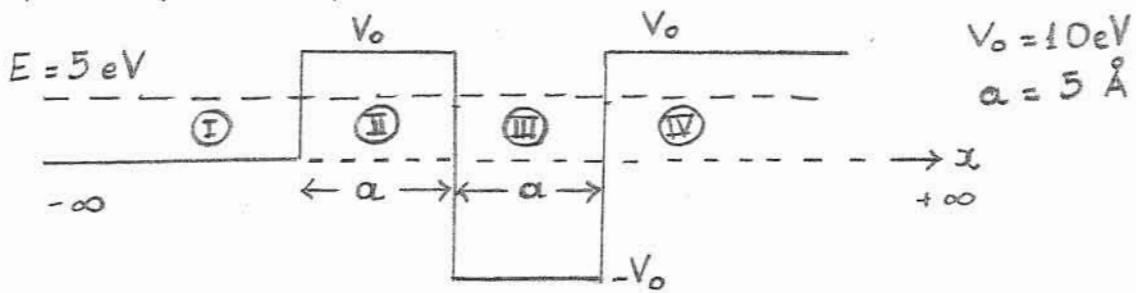
2α) Υπολογίστε τη σταθερά  $A$  και δείξτε ότι η πυκνότητα πιθανότητας τη στιγμή  $t$  είναι  $|\psi(x, t)|^2 = |A|^2 \{ 9\psi_0^2(x) + 16\psi_1^2(x) + 24\psi_0(x)\psi_1(x)\cos(\omega t) \}$ , όπου  $\omega = (k/m)^{1/2}$ . (10)

2β) Βρείτε την αναμενόμενη τιμή τη στιγμή  $t$  για τη θέση του σωματιδίου,  $\langle x(t) \rangle$ . (10)

2γ) Αν μετρούσατε την ενέργεια αυτού του σωματιδίου, τί τιμές θα βρίσκατε και με ποιά πιθανότητα την καθεμιά; (5)

### Θέμα 3

Ηλεκτρόνιο ολικής ενέργειας  $5 \text{ eV}$  κινείται σε μία διάσταση και προσπίπτει από αριστερά στο παρακάτω δυναμικό:



3α) Γράψτε τις φυσικά παραδεκτές λύσεις της εξίσωσης Schrödinger στις περιοχές I, II, III, και IV και εξηγήστε τι παριστάνει από φυσική άποψη κάθε όρος αυτών των λύσεων.  
(Μην υπολογίστε τα πλάτη των διαφόρων κυματοσυναρτήσεων.)

Σχεδιάστε ποιοτικά το πραγματικό μέρος της λύσης της εξίσωσης Schrödinger σε όλες τις περιοχές.

(5)

3β) Στις περιοχές όπου η λύση έχει ταλαντούμενη μορφή βρείτε τα αντίστοιχα μήκη κύματος (σε Å).  
(5)

3γ) Βρείτε την έκφραση του συντελεστή ανάκλασης στην περιοχή I και του συντελεστή διάδοσης στην περιοχή III με τη χρήση της πυκνότητας των ρευμάτων πιθανότητας  $J_I$ ,  $J_R$  και  $J_T$ . (Χρησιμοποιήστε τα πλάτη των διαφόρων κυμάτων χωρίς να τα υπολογίσετε.)  
(5)

3δ) Υπολογίστε προσεγγιστικά το συντελεστή διάδοσης από την περιοχή I στην περιοχή III. (Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι  $0,5 \text{ MeV}/c^2$ ).  
(5)

3ε) Δηλώστε σε ποιες περιοχές και σε ποιες ενέργειες  $E \geq -V_0$  έχουμε κβαντισμένες ενεργειακές καταστάσεις και σε ποιες συνεχόμενες.  
(5)

### Θέμα 4

4α) Θεωρήστε ένα ελεύθερο μη σχετικιστικό ηλεκτρόνιο του οποίου η κυματοσυνάρτηση περιγράφεται από την εξίσωση του Schrödinger. Ποια είναι η σχέση διασποράς;  
Εξηγήστε με βάση τη σχέση διασποράς γιατί η κυματοσυνάρτηση διασπείρεται.  
(10)

4β) Θεωρήστε επίσης ένα σχετικιστικό ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Ποια θα είναι η σχέση διασποράς σε αυτή την περίπτωση;

Με σύλλογισμούς αντίστοιχους με εκείνους που οδήγησαν στην εξίσωση Schrödinger για την περίπτωση του μη σχετικιστικού σωματιδίου, να βρείτε την αντίστοιχη εξίσωση για το σχετικιστικό σωματίδιο.  
(15)

$$\omega = f(k)$$