

## ΣΕΜΙΦΕ Εξέταση στη Φυσική IV

Λιμένεια εξέτασης . 3 ώρες

Διδάσκοντες Η. Κατσούφης (Α - Λ), Θ. Παπαδοπόλου (Μ - Ω)

23 Ιουνίου 2005

### ΟΛΑ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΣΕΟΔΥΝΑΜΑ

Βιβλία, σημειώσεις, καντρά : κλειστά.

Διανέμεται σχετικό τυπολόγιο.

#### Θέμα 1<sup>ο</sup>

1α) Υποθέστε α) ότι για ένα σχετικιστικό σωματιδίων μάζας  $m$  ισχύει η σχέση  $E = \hbar\omega$ , όπου  $E$  η σχετικιστική ενέργεια του σωματιδίου και  $\omega$  η γενική συγχρότητα του αντιστοιχου υλικού κύματος και β) ότι η ταχύτητα  $v$  του σωματιδίου είναι ίση με την ομαδική ταχύτητα  $v_g$  του αντιστοιχου κύματος.

Δείξτε ότι μεταξύ της ορμής  $p$  του σωματιδίου και του μήκους κύματος  $\lambda$  του υλικού κύματος ισχύει η σχέση de Broglie  $\lambda = h/p$ .

(Υπόθεση: Βρείτε πρώτα μια σχέση της μορφής  $dk = g(\beta)d\beta$  ή  $dp = g(\beta)d\beta$ , όπου  $\beta = v/c$  και  $k = 2\pi/\lambda$ , και υποθέστε ότι όταν  $\beta = 0$  τότε  $k = 0$ ).

1β) Δέσμη σωματιδίων μάζας  $1g$  που κινούνται με ταχύτητα  $v = 100 \text{ m/s}$  κατά τη διεύθυνση του άξονα  $x$ , διέρχεται μέσα από σχηματική εύρους  $d = 2 \text{ mm}$  κατά τη διεύθυνση  $y$ . Πόσο μακριά από τη σχισμή, το εύρος που αποκτά η δέσμη κατά τη διεύθυνση  $y$  λόγω της αρχής της ατρασδιοριστικής θα έχει γίνει  $1 \text{ cm}$ ,

#### Θέμα 2<sup>ο</sup>

Ενα άτομο με μάζα  $m$  είναι παραδευμένο και κινείται μέσα σε ένα μονοδιάστατο πηγάδι δυναμικού με όπειρο βάθος και πλάτος  $L$ . Υποθέστε ότι σε χρόνο  $t = 0$  η κυματοσυνάρτησή του είναι:  $\Psi(x, t = 0) = Ax(L - x)$ , όπου  $A$  σταθερά ( $A > 0$ )

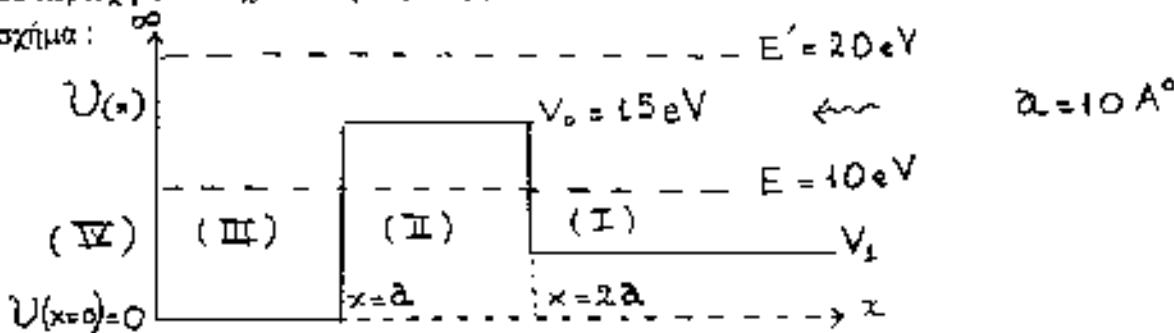
2α) Υπολογίστε τη σταθερά  $A$  ώστε η  $\Psi(x, t = 0)$  να είναι κανονικοποιημένη.

2β) Υπολογίστε την αναμενόμενη τιμή της ενέργειας του ατόμου.

2γ) Υπολογίστε την πιθανότητα εμφάνισης της ιδιοτιμής  $E_1$  της θεμελιώδους στάθμης σε μια μέτρηση της ενέργειας. Σχολιάστε την τιμή που θα βρείτε.

### Θέμα 3<sup>ο</sup>

Σωματίδιο με ενέργεια  $E=10 \text{ eV}$  κινείται σε μία διάσταση και προσπίπτει από δεξιά σε περιοχή δύο έχει δυναμική ενέργεια  $U(x)$  που περιγράφεται από το παρακάτω σχήμα:



3α) Γράψτε τις φυσικά παραδεκτές λύσεις της εξίσωσης Schrödinger σε όλες τις περιοχές και περιγράψτε τι παριστάνει από φυσική άποψη κάθε όρος αντών των λύσεων. Σχεδιάστε ποιοτικά το πραγματικό μέρος των λύσεων της εξίσωσης Schrödinger, αποδιδύντας ποιοτικά τα χαρακτηριστικά τους (π.χ. πλάτος, μήκος κύματος κλπ.).

3β) Επαναλάβετε το ερώτημα (3α) για σωματίδιο με ενέργεια  $E'=20 \text{ eV}$ .

3γ) Για την περίπτωση  $E=10 \text{ eV}$ , βρείτε την έκφραση του συντελεστή ανάκλασης στην περιοχή I, και του συντελεστή διάδοσης από την περιοχή I στην περιοχή III, με την χρήση των πικνοτήτων ρεύματος πθανότητας  $J_L, J_R, J_T$ . (Χρησιμοποιήστε τα κάλπη των διαφόρων κυμάτων χωρίς να τα υπολογίσετε).

3δ) Υπολογίστε προσεγγιστικά το συντελεστή διάδοσης από την περιοχή I στην περιοχή III, για την περίπτωση  $E=10 \text{ eV}$ , όντας η μάζα του σωματιδίου  $0.5 \text{ MeV}/c^2$ .

3ε) Σε ποιες περιοχές έχουμε κβαντισμένες ενεργειακές καταστάσεις και σε ποιες συνεχόμενες.

### Θέμα 4<sup>ο</sup>

Υποθέστε ότι ο πυρήνας ενός ατόμου μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τρισδιάστατο (κυβικό) κουτί πλευράς  $L \sim 2 \times 10^{-14} \text{ m}$ . Αν ένα χρονόνιο μάζας  $m$  κινείται μέσα σ' αυτό το κουτί :

4α) Γράψτε την έκφραση για την κυματοσυνάρτηση του πρωτονίου, που αντιστοιχεί στην τριάδα των κβαντικών αριθμών της ενέργειας (3,2,1), στην σινάρτηση του χρόνου

4β) Βρείτε τις ενέργειες της θεμελιώδους και των τριών πρώτων διεγερμένων σταθμών.

4γ) Ποιος είναι ο βαθμός εκφυλισμού αυτών των σταθμών, δικαιολογήστε το αποτέλεσμα