

ΣΕΜΦΕ

Επαναληπτική εξέταση Φυσικής IV

Διάρκεια εξέτασης : 3 ώρες

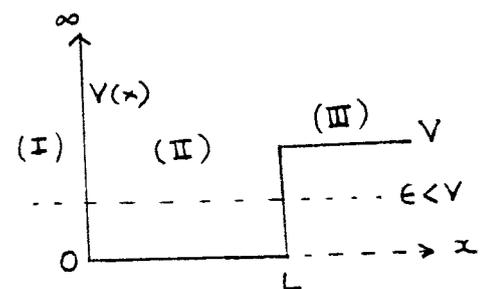
Διδάσκοντες: Γ. Ζουπάνος, Θ. Παπαδοπούλου

Ιανουάριος 2004

ΟΛΑ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ

Θέμα 1ο

Θεωρήστε ένα ορθογώνιο πηγάδι δυναμικού με μια άπειρη πλευρά στο $x = 0$ και μια πεπερασμένη ύψους V στο $x = L$, όπως φαίνεται στο παράπλευρο Σχήμα.



(1α) Γράψετε τις φυσικά παραδεκτές λύσεις της εξίσωσης Schrödinger στις περιοχές I, II και III που να ικανοποιούν τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες στις θέσεις $x = 0$ και $x = \infty$. Σχεδιάστε ποιοτικά το πραγματικό μέρος της λύσης της εξίσωσης σε όλες τις περιοχές για την περίπτωση $E > V$.

(1β) Ποιές είναι οι λύσεις της εξίσωσης Schrödinger στις περιοχές I, II και III για την περίπτωση $E < V$; Σχεδιάστε τις λύσεις όπως στο ερώτημα (1α).

(1γ) Επιβάλετε τις κατάλληλες συνθήκες προσαρμογής στη θέση $x = L$ για να βρείτε μια εξίσωση για τις επιτρεπόμενες ενέργειες του συστήματος.

Θέμα 2ο

Σωματίδιο μάζας m κινείται σε ένα διδιάστατο κουτί πλευράς L .

(2α) Γράψετε τις εκφράσεις για τις κυματοσυναρτήσεις και τις ενέργειες υποθέτοντας ότι το κουτί είναι πάνω στο επίπεδο $x y$.

(2β) Βρείτε τις ενέργειες της θεμελιώδους στάθμης, της πρώτης και της τρίτης διεγερμένης στάθμης. Είναι καμιά από τις στάθμες αυτές εκφυλισμένη; Εξηγήστε.

Θέμα 3ο

Η κίνηση ενός σωματιδίου περιγράφεται από την κυματοσυνάρτηση

$$\Psi(x, t) = A \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{m\omega x^2}{\hbar} + i k_y y + i k_z z - i \frac{Et}{\hbar}\right)$$

όπου ω , k_x , k_y σταθερές. ($A = \text{σταθερά} > 0$)

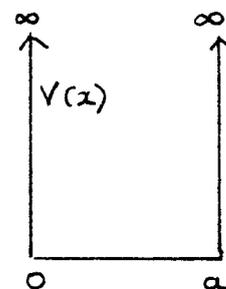
(3α) Ποιά είναι η δυναμική ενέργεια του συστήματος;

(3β) Ποιά είναι η ολική ενέργεια σε αυτή την κατάσταση;

Θέμα 4ο

Σωματίδιο μάζας m περιορισμένο σε μονοδιάστατο κουτί με αδιαπέραστα τοιχώματα περιγράφεται τη στιγμή $t = 0$ από την κυματοσυνάρτηση :

$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{1}{3}} \psi_1 + C \psi_2 = \sqrt{\frac{2}{3a}} \sin \frac{\pi x}{a} + C \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{2\pi x}{a}$$



όπου $C > 0$.

(4α) Προσδιορίστε τον συντελεστή C ώστε η $\Psi(x)$ να είναι κανονικοποιημένη.

Γράψτε την κυματοσυνάρτηση σαν συνάρτηση του χρόνου για $t > 0$.

(4β) Ποιά θα είναι τα πιθανά αποτελέσματα της μέτρησης της ενέργειας του σωματιδίου και ποιές οι αντίστοιχες πιθανότητες μετρήσής τους;

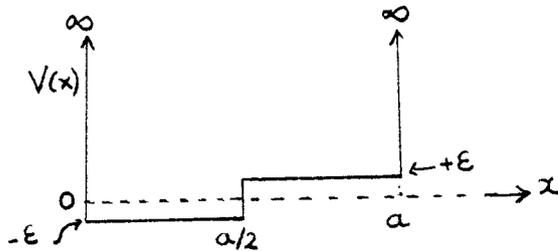
(4γ) Υπολογίστε τη μέση τιμή $\langle E \rangle$ ενός μεγάλου αριθμού μετρήσεων της ενέργειας του σωματιδίου. ~~Σχεδιάστε τις ιδιοσυναρτήσεις του σωματιδίου.~~

Ασκήσεις Επιλογής

Τμήμα Α

Θέμα 5ο

Ένα ηλεκτρόνιο κινείται μέσα στο μονοδιάστατο κουτί δυναμικού, όπου υπάρχει το δυναμικό διαταραχής $V(x)$ όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα :



$$V(x) = \begin{cases} \infty & \text{για } x < 0, x > a \\ -\varepsilon & \text{για } 0 < x < \frac{a}{2} \\ +\varepsilon & \text{για } \frac{a}{2} < x < a \end{cases}$$

(5α) Με βάση τη θεωρία διαταραχών πρώτης τάξης να υπολογίσετε τις πρώτες ενεργειακές στάθμες.

(5β) Ποιά είναι η ιδιοσυνάρτηση της βασικής διαταραγμένης κατάστασης ;

Τμήμα Β

Θέμα 6ο

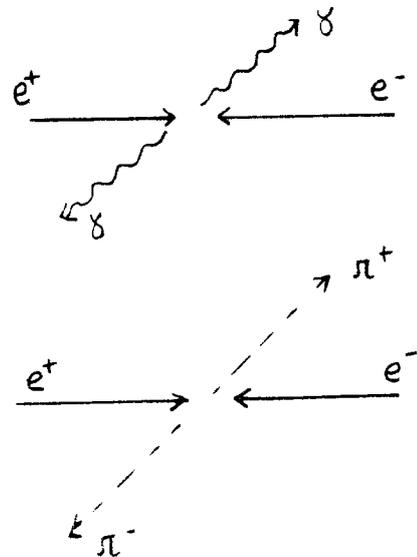
Σε πείραμα συγκρουομένων δεσμών ηλεκτρονίων - ποζιτρονίων, η ολική ενέργεια κέντρου μάζας είναι $Q = 30 \text{ GeV}$.

(6α) Παρατηρούμε την αντίδραση εξαύλωσης

σε δύο φωτόνια, δηλ. $e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$.

Βρείτε το μήκος κύματος των παραγομένων φωτονίων στο σύστημα κέντρου μάζας της αντίδρασης.

(6β) Στην περίπτωση που παρατηρούμε την αντίδραση $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$ υπολογίστε το μήκος κύματος de Broglie καθενός π - μεσονίου.



$$m_e c^2 = 0,5 \text{ MeV}$$

$$m_\pi c^2 = 0,139 \text{ GeV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \quad , \quad 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$$