

ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ



28^Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (Δεύτερη Φάση)

Κυριακή, 13 Απριλίου 2014

Ώρα: 10:00 - 13:00

Οδηγίες:

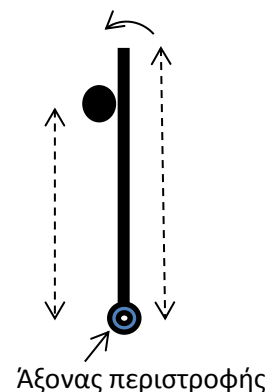
- 1) Το δοκίμιο αποτελείται από έξι (6) σελίδες και έξι (6) θέματα.
- 2) Να απαντήσετε σε όλα τα θέματα του δοκιμίου.
- 3) Επιτρέπεται η χρήση μόνο μη προγραμματιζόμενης υπολογιστικής μηχανής.
- 4) Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υγρού.
- 5) Επιτρέπεται η χρήση ΜΟΝΟ μπλε μελανιού. (Οι γραφικές παραστάσεις μπορούν να γίνουν και με μολύβι).
- 6) Τα σχήματα των θεμάτων δεν είναι υπό κλίμακα.
- 7) Δίνεται: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 20)

Α) Μια ομοιόμορφη ράβδος μάζας m και μήκους L (η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς άξονα που περνά από το άκρο της είναι $I = mL^2/3$) έχει το ένα άκρο της στερεωμένο σε ένα άξονα και μπορεί να περιστρέφεται πάνω σε ένα οριζόντιο τραπέζι χωρίς τριβές με γωνιακή ταχύτητα ω_0 . Μια μπάλα μάζας m επίσης, τοποθετείται πάνω στο τραπέζι σε απόσταση d από το σημείο περιστροφής και η ράβδος συγκρούεται ελαστικά μαζί της.

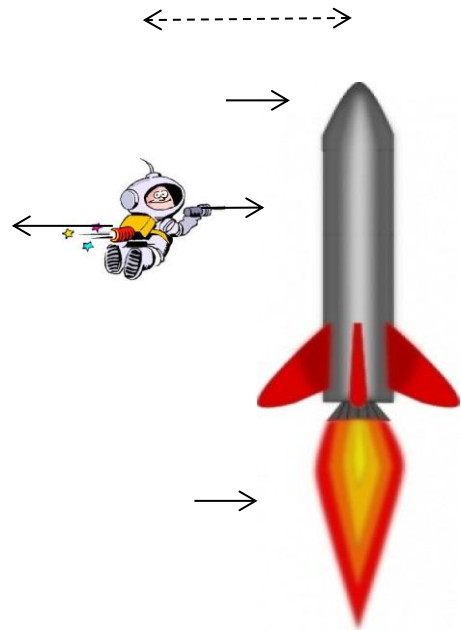
α) Ποιά είναι η ταχύτητα της μπάλας μετά τη σύγκρουση σε συνάρτηση με την απόσταση d ; (μονάδες 5)

β) Για ποιά τιμή της απόστασης d η ταχύτητα αυτή γίνεται μέγιστη;



(μονάδες 5)

Β) Αστροναύτης με συνολική μάζα $M = 100 \text{ kg}$ (μαζί με τη στολή του), μετά από κάποιο ατύχημα στο διαστημικό χώρο, απομακρύνθηκε από το διαστημόπλοιο του σε απόσταση $d = 500 \text{ m}$, από αυτό. Η φιάλη του οξυγόνου που είναι ενσωματωμένη στη στολή του περιέχει οξυγόνο μάζας $m_0 = 0,3 \text{ kg}$. Ο αστροναύτης μπροστά στον κίνδυνο να χαθεί για πάντα στο διάστημα, αποφάσισε να εκτοξεύσει μέρος από το οξυγόνο, μέσω της βαλβίδας εισπνοής, ώστε το εξερχόμενο οξυγόνο με ταχύτητα $u_{σχ} = 50 \text{ m/s}$, να δημιουργήσει προωστική δύναμη (F_{π}), η οποία να τον επαναφέρει πάλι πίσω στο διαστημόπλοιο. Το πρόβλημα όμως που υπάρχει είναι ότι ο αστροναύτης χρειάζεται και οξυγόνο για την αναπνοή του, σε όλο το χρονικό διάστημα που βρίσκεται εκτός διαστημοπλοίου. Αν γνωρίζουμε ότι ο αστροναύτης αναπνέει οξυγόνο με ρυθμό $\Delta m/\Delta t = 10^{-5} \text{ kg/s}$, και η προωστική δύναμη δίνεται από την σχέση $F_{\pi} = u_{σχ} \cdot \Delta m/\Delta t$, ποιά είναι η ελάχιστη ποσότητα Δm του οξυγόνου που πρέπει να εκτοξευθεί, ώστε ο αστροναύτης να φθάσει σώος στο διαστημόπλοιο χωρίς να του περισσέψει οξυγόνο;



(μονάδες 10)

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 15)

A. α) Να εξηγήσετε τί είναι το φαινόμενο της συμβολής δύο κυμάτων.

(μονάδες 2)

β) Να διατυπώσετε τις συνθήκες ενισχυτικής και καταστροφικής συμβολής δύο κυμάτων.

(μονάδες 2)

B. Να περιγράψετε μια πειραματική διαδικασία με την οποία, **αξιοποιώντας το φαινόμενο της συμβολής κυμάτων**, να μετρήσετε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα. Στην περιγραφή σας θα πρέπει να υπάρχουν τα πιο κάτω:

α) Σχήμα της πειραματικής διάταξης και κατάλογος των οργάνων, συσκευών και υλικών που θα χρησιμοποιήσετε.

(μονάδες 4)

β) Σύντομη θεωρία, με τη βοήθεια της οποίας θα υπολογίσετε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα.

(μονάδες 4)

γ) Περιγραφή της διαδικασίας λήψης και επεξεργασίας των μετρήσεων.

(μονάδες 3)



ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 25)

Η αρχή της απροσδιοριστίας (ή, διαφορετικά, αρχή της αβεβαιότητας) είναι βασικό αξίωμα της Κβαντικής Μηχανικής που διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1927 από τον Βέρνερ Χάιζενμπεργκ (*Werner Heisenberg*, 1901 - 1976). Σύμφωνα με την αρχή της απροσδιοριστίας είναι αδύνατο να μετρηθεί ταυτόχρονα και με ακρίβεια, ούτε πρακτικά, ούτε και θεωρητικά η θέση και η ταχύτητα (ή η ορμή) ενός σωματιδίου. **Εάν μετράμε τη θέση ενός σωματιδίου με αβεβαιότητα Δx και ταυτόχρονα μετράμε την ορμή του με αβεβαιότητα Δp , τότε το γινόμενο των δύο μεγεθών δεν μπορεί να είναι μικρότερο από έναν αριθμό της τάξης του \hbar (όπου $\hbar = h/2\pi$, η σταθερά του Planck).** Δηλαδή:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση στο όριο μιας απλής της προσέγγισης ($\Delta x \cdot \Delta p = \hbar$) και λαμβάνοντας υπόψη ότι στο άτομο του υδρογόνου, το μοναδικό ηλεκτρόνιο του έχει τη δυνατότητα να κινείται σε ένα χωρικό εύρος $\Delta x = a$:

- i) Να γράψετε μια έκφραση για την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος πρωτονίου-ηλεκτρονίου.

(μονάδες 4)

- ii) Θεωρώντας ότι η μέση τιμή της ενέργειας E είναι η μέση τιμή της χαμιλτωνιανής H του κβαντομηχανικού συστήματος πρωτονίου-ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου (δηλαδή $E = \langle H \rangle$) με

$$H = E_{κιν} + E_{δυν}$$

όπου $E_{κιν}$ η κινητική ενέργεια και $E_{δυν}$ η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος, γράψτε μια έκφραση της μέσης ενέργειας E συναρτήσσει του χωρικού εύρους κίνησης του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα του ατόμου a . (Υπόδειξη: σε αυτό το σύστημα η μέση τιμή της ορμής και της θέσης του ηλεκτρονίου ταυτίζονται με τις αβεβαιότητες τους, δηλαδή $\langle p \rangle = \langle \Delta p \rangle$ και $\langle x \rangle = \langle \Delta x \rangle$).

(μονάδες 5)

- iii) Με δεδομένο ότι η σταθερότητα του ατόμου στη φύση εξασφαλίζεται στο σημείο ελαχιστοποίησης της μέσης ενέργειάς του, να υπολογίσετε την ελάχιστη τιμή της μέσης ενέργειας, καθώς και την τιμή της χωρικής μεταβλητής a στο σημείο αυτό.

(μονάδες 6)

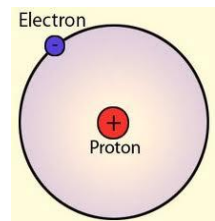
- iv) Να κατασκευάσετε (ποιοτικά) κατάλληλη γραφική παράσταση των δύο όρων της μέσης ενέργειας E (κινητικής και δυναμικής) σε κοινή γραφική παράσταση καθώς και της μέσης ενέργειας E συναρτήσσει του εύρους χωρικής κίνησης του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα a .

(μονάδες 6)

- v) Να σχολιάσετε την άποψη ότι **το άτομο του υδρογόνου (όπως και κάθε άλλο άτομο) αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό του από κενό χώρο.**

Αν δεν ίσχυε η αρχή της αβεβαιότητας ποια μεγάλη αλλαγή θα παρατηρούσαμε στο γύρω μας κόσμο καθώς και σε εμάς του ίδιους;

(μονάδες 4)

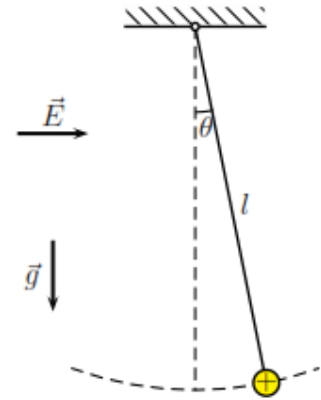


ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 15)

A. α) Να διατυπώσετε την συνθήκη που πρέπει να ισχύει για να εκτελεί ένα σώμα απλή αρμονική ταλάντωση.

(μονάδες 2)

β) Στο άκρο νήματος μήκους l κρεμίζεται σφαιρίδιο μάζας m , που φέρει θετικό ηλεκτρικό φορτίο q . Το άλλο άκρο του νήματος είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο. Το σφαιρίδιο βρίσκεται σε κατακόρυφο βαρυτικό πεδίο έντασης g και οριζόντιο ηλεκτρικό πεδίο έντασης E . Στη θέση ισορροπίας του σφαιριδίου το νήμα σχηματίζει γωνία θ με την κατακόρυφη διεύθυνση, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Το σφαιρίδιο εκτρέπεται λίγο από τη θέση ισορροπίας του και αφήνεται ελεύθερο.

i. Να δείξετε ότι το σφαιρίδιο εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.

(μονάδες 5)

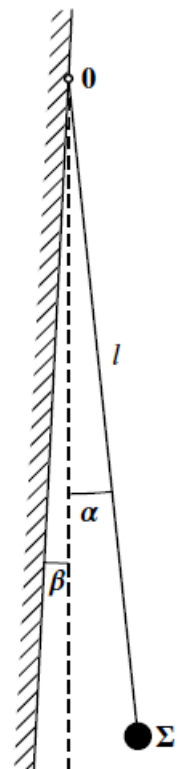
ii. Να αποδείξετε τη σχέση που δίνει τη συχνότητα της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το σφαιρίδιο. Η σχέση να δοθεί σε συνάρτηση με τα μεγέθη m, l, q, g και E .

(μονάδες 4)

B. Στο άκρο νήματος μήκους l κρεμίζεται σφαιρίδιο Σ . Το άλλο άκρο του νήματος στερεώνεται σε ακλόνητο σημείο O τοίχου, ο οποίος σχηματίζει μικρή γωνία β με την κατακόρυφο (διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα). Στη συνέχεια το νήμα με το σφαιρίδιο εκτρέπονται κατά μικρή γωνία $\alpha > \beta$ και αφήνονται. Θεωρώντας την κρούση της μπάλας με τον τοίχο απόλυτα ελαστική και τον χρόνο κρούσης αμελητέο να δείξετε ότι η περίοδος της ταλάντωσης του σφαιριδίου δίνεται από τη σχέση

$$T = \frac{l}{g} \cdot \pi + 2 \cdot \text{Toxi}\mu \frac{\beta}{\alpha}$$

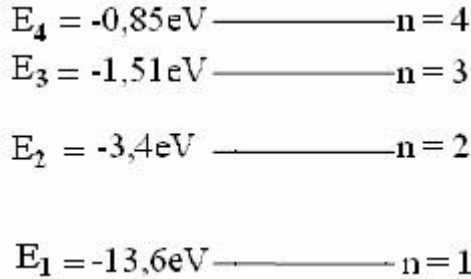
(μονάδες 4)





ΘΕΜΑ 5^ο: (Μονάδες 10)

Στο σχήμα φαίνονται οι τέσσερις πρώτες ενεργειακές στάθμες του ατόμου του υδρογόνου. Διεγερμένο άτομο υδρογόνου βρίσκεται στην κατάσταση που αντιστοιχεί στον κβαντικό αριθμό $n = 3$.

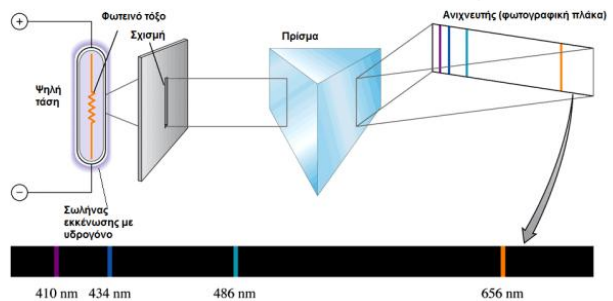


α) Ποια ελάχιστη ενέργεια απαιτείται για να ιονιστεί το διεγερμένο αυτό άτομο του υδρογόνου; (μονάδες 2)

β) Ποιο είναι το πλήθος των δυνατών γραμμών του φάσματος εκπομπής του ατόμου αυτού όταν πραγματοποιηθεί η μέθοδος της φασματοσκοπίας (βλέπε στο διπλανό σχήμα ένα τυπικό φάσμα εκπομπής του ατόμου του υδρογόνου);

(μονάδες 3)

γ) Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών και να σχεδιάσετε όλες τις δυνατές μεταβάσεις που δημιουργούν το φάσμα εκπομπής του υδρογόνου, διεγερμένου αρχικά στην κατάσταση με $n = 3$.



(μονάδες 3)

δ) Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια που μπορεί να απορροφηθεί από αυτό το διεγερμένο άτομο; (μονάδες 2)

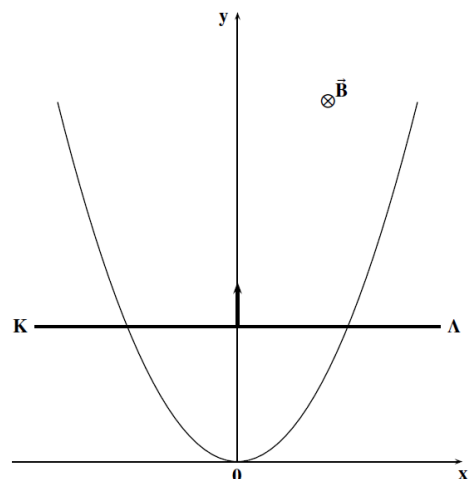
ΘΕΜΑ 6^ο: (Μονάδες 15)

α) Να διατυπώσετε το νόμο του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

(μονάδες 3)

β) Ένας αγωγός που έχει μορφή παραβολής $y = kx^2$ βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής B . Το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στο επίπεδο του παραβολικού αγωγού. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ ο αγωγός $ΚΛ$ αρχίζει να κινείται από την κορυφή της παραβολής κατά μήκος του άξονα Oy , έτσι ώστε αυτός να παραμένει συνεχώς κάθετος στον άξονα Ox και σε επαφή με τα δύο σκέλη της παραβολής.

Να υπολογίσετε σαν συνάρτηση του y την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που δημιουργείται





στο βρόχο που σχηματίζουν οι δύο αγωγοί, για τις πιο κάτω περιπτώσεις:

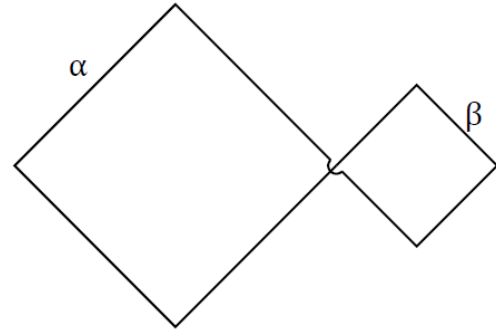
i. Ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα.

(μονάδες 4)

ii. Ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή επιτάχυνση a και τη χρονική στιγμή $t = 0$ η ταχύτητά του ήταν μηδέν.

(μονάδες 4)

γ) Ένα επίπεδο πλαίσιο έχει τη μορφή δύο τετραγώνων με πλευρές $\alpha = 20\text{cm}$ και $\beta = 10\text{cm}$ και βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο του πλαισίου. Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση $B = B_0 \eta \mu \omega t$, όπου $B_0 = 10\text{mT}$ και $\omega = 100\text{rad/s}$. Να υπολογίσετε το μέγιστο επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το πλαίσιο, αν η αντίσταση ανά μονάδα μήκους του αγωγού του πλαισίου είναι $r = 50\text{m}\Omega/\text{m}$.



(μονάδες 4)

Τέλος