

ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2024

ΘΕΜΑΤΑ & ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

12 Ιουνίου, 2024

**ΦΥΣΙΚΗ
Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ**



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ

ΩΘΗΣΗ

Αφειτηρία το μέλλον

Επιμέλεια: Ομάδα Φυσικών
<https://www.othisi.gr/frontistirio/>

Δευτέρα, 12 Ιουνίου 2024

ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΜΑ Α

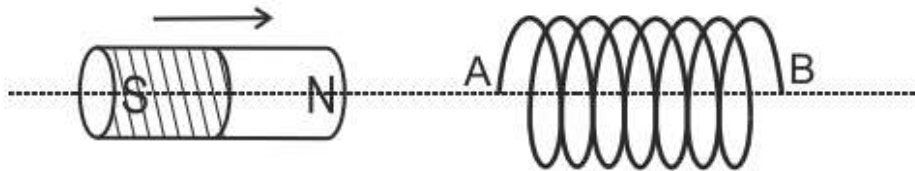
Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

A1. Δύο σφαίρες πολύ μικρών διαστάσεων, ίδιας μάζας, που κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με αντίθετες ταχύτητες μέτρου u , συγκρούονται κεντρικά και πλαστικά. Μετά την κρούση

- α) οι σφαίρες θα ανταλλάξουν ταχύτητες.
- β) η μία σφαίρα θα ακινητοποιηθεί και η άλλη θα κινηθεί με ταχύτητα μέτρου u .
- γ) οι σφαίρες θα απομακρυνθούν με ταχύτητες ίδιου μέτρου.
- δ) η συνολική κινητική ενέργεια των δύο σφαιρών θα μηδενιστεί.

Μονάδες 5

A2. Στο παρακάτω σχήμα ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει προς το ανοικτό πηνίο, έτσι ώστε ο άξονας του να ταυτίζεται με τον άξονα του πηνίου.

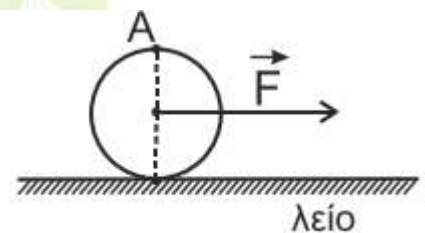


Τότε

- α) στο άκρο A του πηνίου δημιουργείται βόρειος (N) μαγνητικός πόλος.
- β) το πηνίο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.
- γ) στα άκρα A και B του πηνίου αναπτύσσεται τάση από επαγωγή.
- δ) το πηνίο απωθεί τον μαγνήτη.

Μονάδες 5

A3. Ο ομογενής δίσκος του σχήματος βρίσκεται ακίνητος πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με το επίπεδό του κατακόρυφο. Ασκώντας στο κέντρο μάζας του σταθερή οριζόντια δύναμη $\vec{F}$, στο επίπεδο του δίσκου, αυτό αποκτά επιτάχυνση μέτρου a_{cm} . Το μέτρο της επιτάχυνσης του σημείου A που είναι αντιδιαμετρικό με το σημείο επαφής του δίσκου με το έδαφος κάθε χρονική στιγμή είναι



ΩΘΗΣΗ

- α) $2\alpha_{cm}$.
- β) 0.
- γ) α_{cm} .
- δ) $\sqrt{2}\alpha_{cm}$.

Μονάδες 5

- A4.** Κατά τη διάρκεια μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης αυξάνουμε τη σταθερά απόσβεσης b . Αν η συχνότητα του διεγέρτη
- α) είναι μεγαλύτερη από την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.
 - β) είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα μειωθεί.
 - γ) είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.
 - δ) είναι μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.

Μονάδες 5

- A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιο σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.
- α) Σύμφωνα με τον Heisenberg, η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το χρόνο που το σύστημα παραμένει σε αυτή την κατάσταση.
 - β) Σε μία φθίνουσα ταλάντωση, στην οποία το πλάτος μειώνεται εκθετικά με το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση $A = A_0 e^{-\Lambda t}$, η σταθερά Λ εξαρτάται μόνο από τη μάζα του ταλαντούμενου συστήματος.
 - γ) Η αυτεπαγωγή είναι ιδιότητα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων αντίστοιχη με την αδράνεια των σωμάτων.
 - δ) Στην Ελλάδα στα δίκτυα των πόλεων το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης, στην κατανάλωση, είναι $V = 220\sqrt{2} \text{ V}$ και η συχνότητα $f = 50 \text{ Hz}$.
 - ε) Σε μία χορδή, στην οποία έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο της χορδής στο άλλο.

Μονάδες 5

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- | | |
|----------|----------------|
| A1. → δ) | A5. α) → Σωστό |
| A2. → γ) | β) → Λάθος |
| A3. → γ) | γ) → Σωστό |
| A4. → β) | δ) → Σωστό |
| | ε) → Λάθος |

ΘΕΜΑ Β

B1. Ένα μέλαν σώμα έχει θερμοκρασία T_1 , βρίσκεται σε χώρο όπου επικρατεί κενό και εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα περιορίζεται σε μια στενή περιοχή με «αιχμή» στο μήκος κύματος $\lambda_{1\max}$. Η φάση του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής $\lambda_{1\max}$ είναι ίση με $\varphi_1 = 2\pi \left(10^{15}t - \frac{10^7}{3}x \right)$ (S.I.). Το ίδιο μέλαν σώμα, στον ίδιο χώρο, έχοντας θερμοκρασία T_2 διπλάσια της T_1 εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη θερμοκρασία T_2 το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα περιορίζεται σε μια στενή περιοχή με «αιχμή» στο μήκος κύματος $\lambda_{2\max}$. Η φάση φ_2 του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής $\lambda_{2\max}$ θα είναι ίση με:

- i. $\varphi_2 = 2\pi(10^{15}t - 10^7x)$ (S.I.)
- ii. $\varphi_2 = 2\pi \left(2 \cdot 10^{15}t - \frac{2 \cdot 10^7}{3}x \right)$ (S.I.)
- iii. $\varphi_2 = 2\pi \left(2 \cdot 10^{15}t - \frac{3 \cdot 10^7}{2}x \right)$ (S.I.)

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Σωστή απάντηση είναι η ii.

β) Αιτιολόγηση:

Γνωρίζουμε ότι η φάση του ηλεκτρικού πεδίου ενός H/M κύματος είναι:

$$\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\text{Άρα: } \frac{10^7}{3}x = \frac{x}{\lambda_{1\max}} \rightarrow \underline{\lambda_{1\max} = 3 \cdot 10^{-7}\text{m}}$$

Από το νόμο μετατόπισης του Wien:

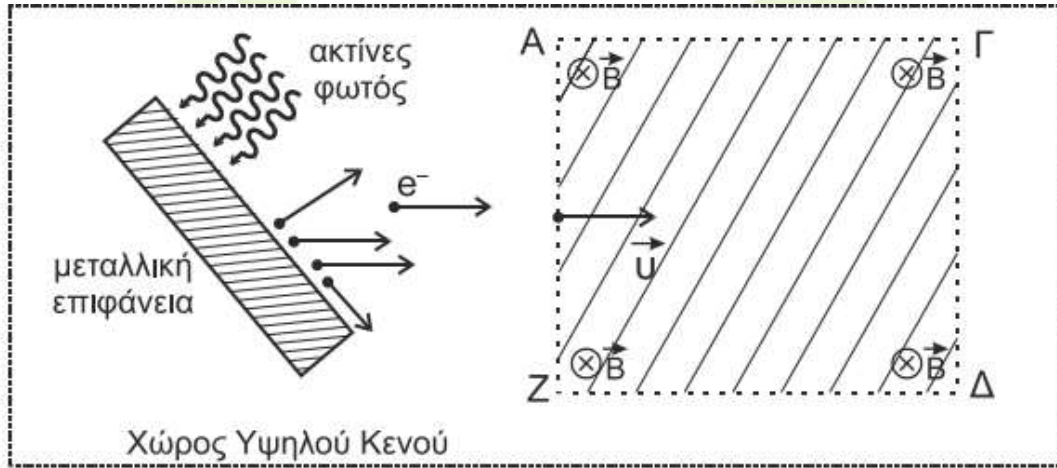
$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{σταθερό} \rightarrow \lambda_{1\max} \cdot T_1 = \lambda_{2\max} \cdot T_2 \xrightarrow{T_2=2T_1} \lambda_{2\max} = \frac{\lambda_{1\max}}{2} = \frac{3}{2} \cdot 10^{-7}\text{m}$$

Επειδή η ταχύτητα διάδοσης παραμένει σταθερή, αφού εξαρτάται από το μέσο διάδοσης, θα ισχύει:

$$\left. \begin{aligned} v_{\delta} &= \lambda \cdot f = \text{σταθερή} = c \\ \lambda_{1\max} \cdot f_1 &= \lambda_{2\max} \cdot f_2 \\ f_1 &= 10^{15}\text{Hz} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda_{1\max} \cdot f_1 = \frac{\lambda_{1\max}}{2} \cdot f_2 \Rightarrow \underline{f_2 = 2f_1 = 2 \cdot 10^{15}\text{Hz}}$$

$$\text{Άρα } \varphi_2 = 2\pi \left(f_2 t - \frac{x}{\lambda_2} \right) \Rightarrow \boxed{\varphi_2 = 2\pi \left(2 \cdot 10^{15}t - \frac{2}{3} \cdot 10^7 x \right)} \quad (\text{SI})$$

B2. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια μεταλλική επιφάνεια σε χώρο όπου επικρατεί υψηλό κενό και το υλικό κατασκευής της μπορεί να είναι από Βάριο ή Βολφράμιο ή Ταντάλιο.



Γνωρίζουμε ότι το Βάριο έχει έργο εξαγωγής 2,5 eV, το Βολφράμιο 4,5 eV και το Ταντάλιο 4,2 eV. Σε ένα εργαστήριο πραγματοποιούμε δύο πειράματα για να προσδιορίσουμε το υλικό κατασκευής της μεταλλικής επιφάνειας.

Πείραμα 1ο

Στη μεταλλική επιφάνεια προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καθορισμένου μήκους κύματος $\lambda_1 = 375 \text{ nm}$, οπότε εξέρχονται από αυτή φωτοηλεκτρόνια μέγιστης κινητικής ενέργειας K_1 . Κάποια από αυτά κατευθύνονται προς ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B και εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του, οι οποίες έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Κατά τη διάρκεια της κίνησής τους εντός του μαγνητικού πεδίου, τα φωτοηλεκτρόνια αυτά έχουν στροφορμή L_1 ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της τροχιάς τους και είναι κάθετος σε αυτή.

Πείραμα 2ο

Επαναλαμβάνουμε το πείραμα με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος $\lambda_2 = \lambda_1/2$, οπότε από τη μεταλλική επιφάνεια εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια μέγιστης κινητικής ενέργειας K_2 . Τα φωτοηλεκτρόνια που εισέρχονται κάθετα στο μαγνητικό πεδίο, κατά τη διάρκεια της κίνησής τους εντός αυτού, έχουν στροφορμή L_2 ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της τροχιάς τους και είναι κάθετος σε αυτή.

Αν ισχύει ότι $L_2 = 5L_1$, συμπεραίνουμε ότι η μεταλλική επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από:

- i. Βάριο ii. Βολφράμιο iii. Ταντάλιο

Να θεωρήσετε ότι $hc = 1250 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Σωστή απάντηση είναι i.

β) Αιτιολόγηση:

Από την φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein προκύπτει:

$$K = hf - \Phi \quad (1)$$

Όταν το ηλεκτρόνιο εισέλθει σε Ο.Μ.Π., κάθετα στις δυναμικές γραμμές, εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνα:

$$R = \frac{mv}{B|q|} \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{μέτρο στροφορμής} \rightarrow L = mvR \xRightarrow{(2)} L = mv \cdot \frac{mv}{B|q|} \Rightarrow L = \frac{m^2 v^2}{B|q|} \\ \text{κινητική ενέργεια} \rightarrow K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2K}{m} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{m^2}{B|q|} \cdot \frac{2K}{m} \Rightarrow L = \frac{2mK}{B|q|} \quad (3)$$

$$\text{Επίσης είναι: } L_2 = 5L_1 \xRightarrow{(3)} \frac{2mK_2}{B|q|} = 5 \frac{2mK_1}{B|q|} \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} \Rightarrow K_2 = 5K_1 \xRightarrow{(1)} hf_2 - \Phi = 5hf_1 - 5\Phi \\ \text{Θ. Ε. Κ.} \rightarrow c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow 5hf_1 - hf_2 = 4\Phi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{5hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = 4\Phi \xRightarrow{\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2}} \frac{5hc}{\lambda_1} - \frac{2hc}{\lambda_1} = 4\Phi \Rightarrow \frac{3hc}{\lambda_1} = 4\Phi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{3hc}{4\lambda_1} \Rightarrow \Phi = \frac{3 \cdot 1250 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{4 \cdot 375 \text{ nm}} \Rightarrow \boxed{\Phi = 2,5 \text{ eV} = \Phi_{\text{Βαρίου}}}$$

Σχόλιο

Σε οποιαδήποτε περίπτωση όταν προσπίπτει ένα φωτόνιο ενέργειας E_φ σε επιφάνεια κατασκευασμένη από μέταλλο με έργο εξαγωγής Φ , για να παρατηρηθεί εξαγωγή ηλεκτρονίων πρέπει

$$E_\varphi \geq \Phi \quad (1)$$

Στο 1^ο Πείραμα τα φωτόνια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας έχουν ενέργεια

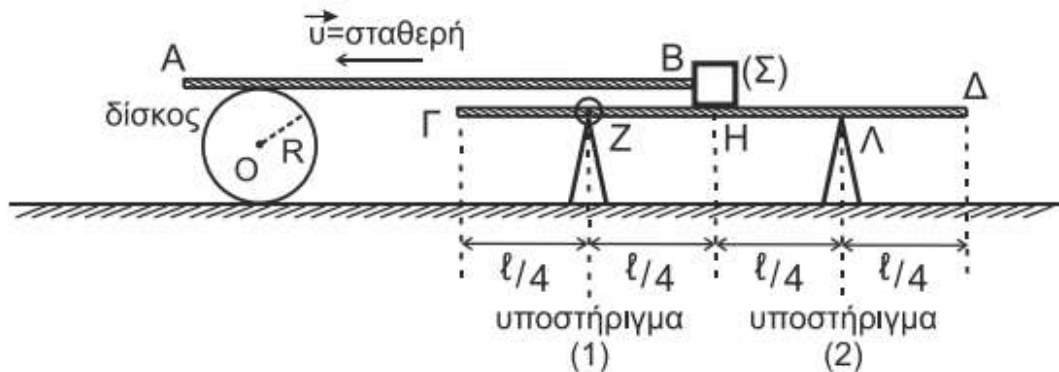
$$E_{\phi} = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{1250 \text{ eV}}{375 \text{ nm}} \Rightarrow E_{\phi} = 3,33 \text{ eV}$$

Παρατηρούμε ότι η (1) ικανοποιείται μόνο στην περίπτωση που το μέταλλο είναι το **Βάριο** ($\Phi = 2,5 \text{ eV}$). Στις περιπτώσεις του Βολφραμίου ($\Phi = 4,5 \text{ eV}$) και του Ταντάλιου ($\Phi = 4,2 \text{ eV}$) δεν έχουμε εξαγωγή ηλεκτρονίων.

Επομένως, το 1^ο Πείραμα από μόνο του είναι ικανό να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η μεταλλική επιφάνεια **είναι κατασκευασμένη από Βάριο**.

B3. Το σώμα Σ του παρακάτω σχήματος, μάζας m , έχει στερεωθεί στο άκρο Β οριζόντιας, ομογενούς, άκαμπτης και αβαρούς ράβδου ΑΒ. Η ράβδος ακουμπά πάνω στην περιφέρεια ομογενούς δίσκου κέντρου Ο και ακτίνας R. Ο δίσκος βρίσκεται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με το επίπεδό του κατακόρυφο. Το σώμα Σ μπορεί να κινείται πάνω σε λεία, οριζόντια, ομογενή και άκαμπτη δοκό ΓΔ μήκους ℓ και μάζας $M = m / 2$.

Η δοκός έχει αρθρωθεί κατάλληλα στο σημείο Ζ, με την κορυφή κατακόρυφου και ακλόνητου υποστηρίγματος (1) που βρίσκεται σε απόσταση $\ell/4$ από το άκρο της Γ. Σε απόσταση $\ell/4$ από το άκρο Δ της δοκού έχει τοποθετηθεί ένα δεύτερο, όμοιο κατακόρυφο υποστήριγμα (2), πάνω στην κορυφή Λ του οποίου ακουμπά η δοκός ΓΔ. Τα υποστηρίγματα έχουν τοποθετηθεί στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με αυτό στο οποίο βρίσκεται ο δίσκος, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Το σύστημα ράβδου-σώματος Σ κινείται προς τα αριστερά με σταθερή ταχύτητα μέτρου u . Ο δίσκος εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση και η περιφέρειά του βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τη ράβδο ΑΒ, χωρίς να παρατηρείται ολίσθηση μεταξύ τους.

Το σώμα Σ, κινούμενο από το Δ προς το Γ, τη χρονική στιγμή $t = 0$ περνά από το μέσο Η της δοκού. Τη χρονική στιγμή t_1 το σώμα Σ περνά από ένα σημείο της δοκού, στο οποίο η δοκός μόλις που χάνει οριακά την επαφή της με την κορυφή του υποστηρίγματος (2).

α) Η απόσταση που έχει διανύσει το σώμα Σ από τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 είναι:

- i. $\frac{5\ell}{6}$ ii. $\frac{3\ell}{8}$ iii. $\frac{\ell}{3}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση (μονάδες 2). Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 4).

Μονάδες 6

β) Το διάστημα s που έχει διανύσει το κέντρο μάζας O του δίσκου από τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 είναι:

- i. $\frac{3\ell}{16}$ ii. $\frac{3\ell}{8}$ iii. $\frac{\ell}{16}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση (μονάδα 1). Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 2).

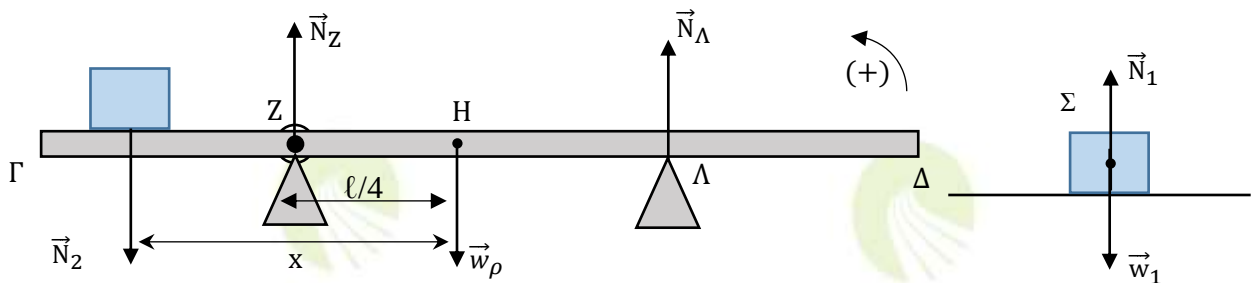
Να θεωρήσετε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για όλα τα σώματα.

Μονάδες 3

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Σωστή απάντηση είναι η ii.

Αιτιολόγηση:



Για το σώμα Σ μάζας m ισχύει :

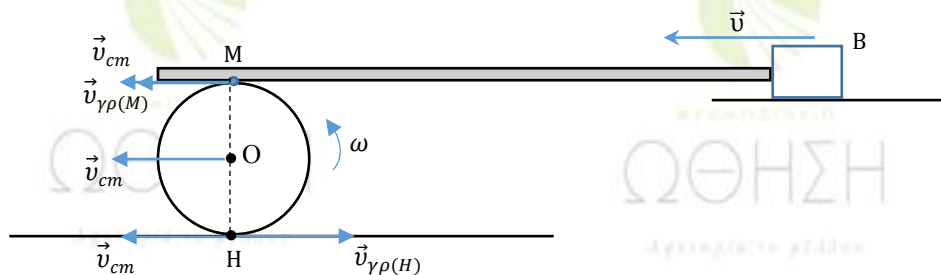
$$\left. \begin{aligned} \Sigma \vec{F}_{1y} = \vec{0} &\Rightarrow N_1 = w_1 = mg \\ 3^{\text{ος}} \text{ N. Newton: } N_2 &= N_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_2 = mg = 2Mg \quad (1)$$

Στην οριακή κατάσταση ισορροπίας της δοκού και μόλις που χάνεται η επαφή με το υποστήριγμα (2) ισχύει ότι $N_{\Lambda}=0$ και επίσης

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{\tau}_{P(Z)} = \vec{0} &\Rightarrow \tau_{\vec{N}_2(Z)} + \tau_{\vec{N}_{\Lambda}(Z)} + \tau_{\vec{w}_{\rho}(Z)} = \vec{0} \Rightarrow N_2 \left(x - \frac{\ell}{4} \right) + 0 - w_{\rho} \frac{\ell}{4} = 0 \stackrel{(1)}{\Rightarrow} \\ &\Rightarrow 2Mg \left(x - \frac{\ell}{4} \right) = Mg \frac{\ell}{4} \Rightarrow 2x - \frac{\ell}{2} = \frac{\ell}{4} \Rightarrow 2x = \frac{3\ell}{4} \Rightarrow \boxed{x = \frac{3\ell}{8}} \end{aligned}$$

β) Σωστή απάντηση είναι η i.

Αιτιολόγηση:



Επειδή ο δίσκος κυλίεται χωρίς να ολισθαίνει θα ισχύει:

$$\left. \begin{aligned} v_H = 0 &\Rightarrow v_{cm} - v_{\gamma\rho(H)} = 0 \Rightarrow v_{cm} = \omega R \\ v_B = v_M &\Rightarrow v_B = v = v_{cm} + \omega R \end{aligned} \right\} \Rightarrow v = 2v_{cm} \Rightarrow v_{cm} = \frac{v}{2} \Rightarrow \underline{v_{cm} \cdot \Delta t = \frac{v}{2} \cdot \Delta t}$$

Ισχύει όμως

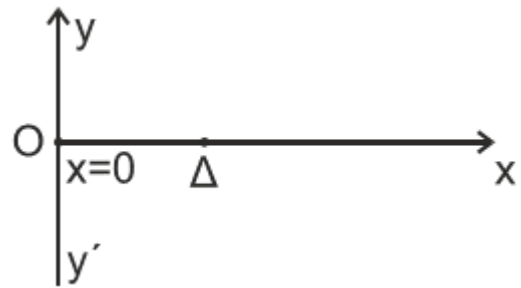
$$v \cdot \Delta t = x \quad \text{και} \quad v_{cm} \cdot \Delta t = s$$

Άρα

$$s = \frac{x}{2} \Rightarrow \boxed{s = \frac{3\ell}{16}}$$

ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα, πλάτους A και μήκους κύματος λ , διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε ομογενές γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους που ταυτίζεται με τον οριζόντιο ημιάξονα Ox προς τη θετική κατεύθυνση, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το κύμα παράγεται από πηγή που βρίσκεται στο σημείο O στη θέση $x = 0$ του ελαστικού μέσου και το οποίο αρχίζει να ταλαντώνεται με θετική ταχύτητα τη χρονική στιγμή $t = 0$ σύμφωνα με την εξίσωση $y = A \cdot \eta\mu\omega t$.



Το υλικό σημείο O κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του διέρχεται 60 φορές το λεπτό από τη θέση ισορροπίας του.

Κάποια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο O βρίσκεται στην ακραία αρνητική του απομάκρυνση ($y = -A$) από την αρχική θέση ισορροπίας του, το υλικό σημείο Δ του ημιάξονα Ox που απέχει από την πηγή O οριζόντια απόσταση $x_\Delta = 2,5 \text{ m}$ και έχει ήδη αρχίσει να ταλαντώνεται, βρίσκεται στην ακραία θετική του απομάκρυνση ($y = +A$) από την αρχική θέση ισορροπίας του. Την ίδια χρονική στιγμή μεταξύ της πηγής ($x = 0$) και του σημείου Δ υπάρχουν δύο υλικά σημεία που βρίσκονται στην ακραία θετική τους απομάκρυνση ($y = +A$). Από τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη στιγμή που το κύμα φτάνει στο υλικό σημείο Δ , το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει το υλικό σημείο που βρίσκεται στη θέση $x = 0$ είναι ίσο με 2 m .

Γ1. Να υπολογίσετε α) την περίοδο T (μονάδες 2), β) το μήκος κύματος λ (μονάδες 2) και γ) την ταχύτητα διάδοσης του κύματος (μονάδα 1), καθώς και δ) το πλάτος A της ταλάντωσης των υλικών σημείων του μέσου (μονάδες 2).

Μονάδες 7

Γ2. Να αποδείξετε ότι η μαθηματική σχέση που περιγράφει την ταλάντωση του υλικού σημείου Δ είναι:

$$y = A \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Delta}{\lambda} \right)$$

Μονάδες 5

Γ3. Να γράψετε την εξίσωση ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο για το υλικό σημείο Δ (μονάδες 3) και να σχεδιάσετε τη γραφική της παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες, από την χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη χρονική στιγμή $t = 8 \text{ s}$ (μονάδες 4).

Μειώνουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής, διατηρώντας το ίδιο πλάτος, έτσι ώστε η πηγή O και το υλικό σημείο Δ να είναι δύο διαδοχικά σημεία του ελαστικού μέσου, τα οποία κάθε χρονική στιγμή απέχουν το ίδιο από τη θέση ισορροπίας τους και κινούνται με την ίδια ταχύτητα.

Γ4. Να υπολογίσετε τη μείωση της συχνότητας της πηγής.

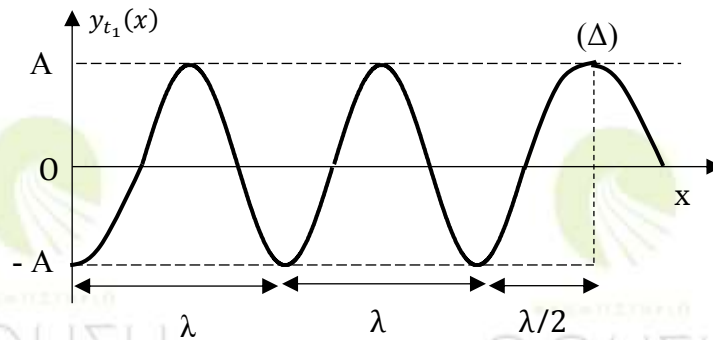
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Γ1. Για την πηγή του αρμονικού κύματος ισχύει: $y_{\pi}(t) = A\eta\mu(\omega t)$

Για τη συχνότητα και την περίοδο θα έχουμε:

$$\frac{N_{\Theta I}}{\Delta t} = \frac{60 \text{ φορές}}{60 \text{ sec}} \Rightarrow \frac{N_{\Theta I}}{\Delta t} = 1 \text{ Hz} \xrightarrow{N_{\Theta I}=2N} \frac{2N}{\Delta t} = 1 \text{ Hz} \Rightarrow \frac{N}{\Delta t} = f = \frac{1}{2} \text{ Hz}, \quad T = \frac{1}{f} = 2 \text{ s}$$

Από την εκφώνηση σχεδιάζουμε το πιο κάτω σχήμα.



Άρα, από την απόσταση $x_{\Delta} = 5\lambda/2 = 2,5\text{m}$ ή $2,5\lambda = 2,5\text{m}$ προκύπτει $\boxed{\lambda = 1\text{m}}$

Από Θ. Ε. Κ. θα έχουμε: $\boxed{v_{\delta} = \frac{\lambda}{T} = 0,5 \text{ m/s}}$

$$\text{Επίσης } v_{\delta} = \frac{x_{\Delta}}{t_{\Delta}} \Rightarrow t_{\Delta} = \frac{x_{\Delta}}{v_{\delta}} = \frac{2,5}{0,5} \text{ sec} \Rightarrow t_{\Delta} = 5 \text{ sec} = t_{\tau\alpha\lambda(0)}$$

$$\text{και } \frac{t_{\tau\alpha\lambda(0)}}{T} = \frac{5 \text{ sec}}{2 \text{ sec}} \rightarrow \frac{t_{\tau\alpha\lambda(0)}}{T} = \frac{5}{2} \rightarrow t_{\tau\alpha\lambda(0)} = 5 \frac{T}{2} = 10 \cdot \frac{T}{4}$$

Επειδή το σημείο O τη στιγμή $t = 0$ ήταν στη Θ.Ι., κινούμενο προς τα θετικά, τότε από αυτή τη στιγμή και για κάθε $T/4$ στη συνέχεια θα διανύει απόσταση ίση με το πλάτος A της ταλάντωσής του. Επομένως, έχουμε

$$t_{\tau\alpha\lambda(0)} = 10 \cdot \frac{T}{4} \text{ και αντίστοιχα } d = 10A \text{ ή } 2\text{m} = 10A \text{ ή } \boxed{A = 0,2\text{m}}$$

Γ2. Για κάθε $t \geq t_{\Delta}$ ο χρόνος ταλάντωσης του σημείου Δ θα είναι $\Delta t = t - t_{\Delta}$ και αφού

$$t_{\Delta} = \frac{x_{\Delta}}{v_{\delta}} \text{ θα ισχύει } \Delta t = t - \frac{x_{\Delta}}{v_{\delta}}$$

Επομένως,

$$y_{\Delta} = A\eta\mu(\omega \cdot \Delta t) = A\eta\mu\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x_{\Delta}}{v_{\delta}}\right)\right] \Rightarrow y_{\Delta} = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_{\Delta}}{v_{\delta} \cdot T}\right)\right] \left\{ \Rightarrow \right.$$

αλλά $v_{\delta} \cdot T = \lambda$

$$\Rightarrow y_{\Delta} = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_{\Delta}}{\lambda}\right)\right]$$

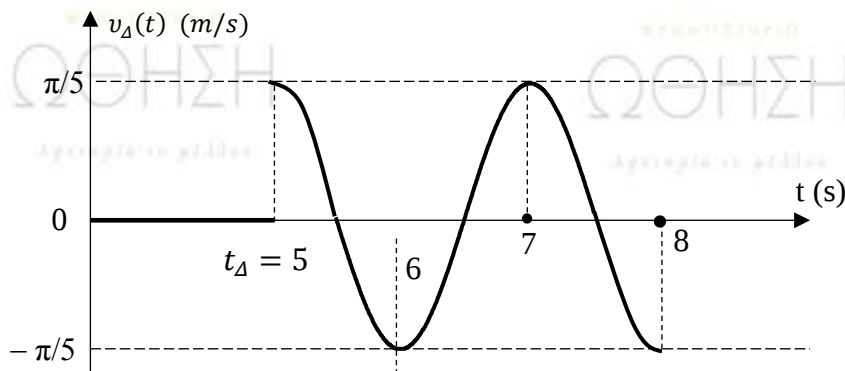
Γ3. Η εξίσωση του κύματος θα είναι:

$$y(x, t) = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right] \Rightarrow y = 0,2\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{2} - x\right)\right] \text{ (SI)}$$

$$\text{Επομένως } y_{\Delta}(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq 5\text{sec} \\ 0,2\eta\mu(\pi t - 5\pi), & t \geq 5\text{sec} \end{cases}$$

και επειδή $v_{\max} = \omega A = \frac{\pi}{5} \text{ m/s}$, ενώ $v_{\Delta} = v_{\max} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_{\Delta}}{\lambda}\right)\right]$, τελικά θα έχουμε:

$$v_{\Delta}(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq 5\text{sec} \\ \frac{\pi}{5} \sin(\pi t - 5\pi), & t \geq 5\text{sec} \end{cases}$$



Γ4. Τα (Ο) , (Δ) επειδή έχουν κάθε στιγμή ίσες ταχύτητες και ίσες αποστάσεις από τη θέση ισορροπίας ενώ γνωρίζουμε πως είναι και διαδοχικά οπότε η απόστασή τους είναι ίση με ένα μήκος κύματος (σύμφωνα με το 2^ο ορισμό του μήκος κύματος στο σχολικό βιβλίο). Άρα, η απόσταση μεταξύ τους θα είναι ίση με το νέο μήκος κύματος $\lambda' = x_{\Delta} = 2,5\text{m}$.

$$\text{Επίσης } v_{\delta} = \text{σταθ.} \text{ ή } \lambda f = \lambda' f' \Rightarrow f' = \frac{\lambda}{\lambda'} \cdot f$$

$$\text{Επομένως: } \Delta f = f' - f = \frac{\lambda}{\lambda'} \cdot f - f \Rightarrow \Delta f = \left(\frac{\lambda}{\lambda'} - 1\right) \cdot f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta f = \left(\frac{1}{2,5} - 1\right) \cdot 0,5 \text{ Hz} \Rightarrow \Delta f = -0,3\text{Hz}$$

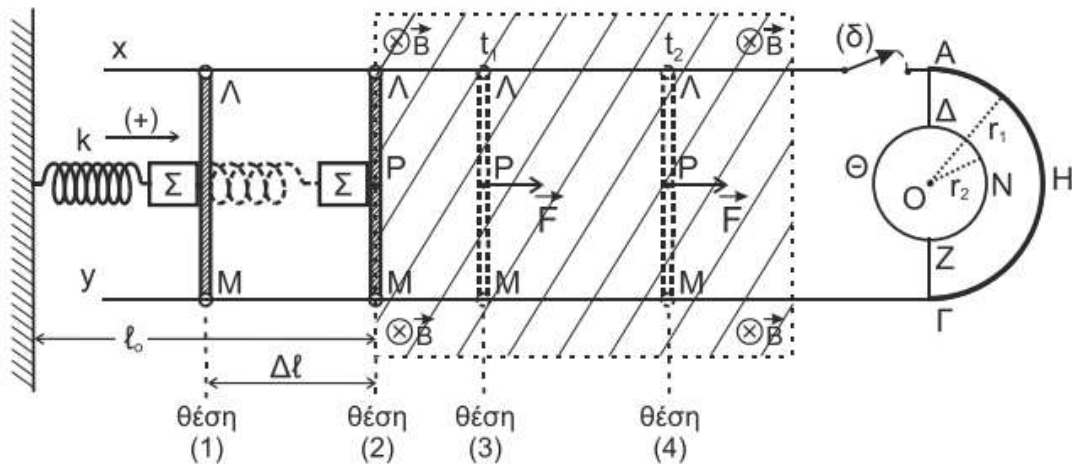
Άρα, η συχνότητα μειώνεται κατά 0,3Hz.

ΘΕΜΑ Δ

Ένα σώμα Σ μικρών διαστάσεων, μάζας $m = 0,4 \text{ kg}$ και μια ευθύγραμμη λεπτή και ομογενής μεταλλική ράβδος ΛM μήκους $L = 1 \text{ m}$ και μάζας $M_p = 1,2 \text{ kg}$ αμελητέας ωμικής αντίστασης, έχουν τοποθετηθεί πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Το σώμα Σ έχει δεθεί στο ελεύθερο άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 10 \text{ N/m}$, το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Το ελατήριο βρίσκεται στο φυσικό του μήκος. Στη θέση αυτή (θέση (2)), το σώμα Σ βρίσκεται σε επαφή με τη ράβδο στο μέσον της P . Ο άξονας του ελατηρίου, το σώμα Σ και το μέσον της ράβδου βρίσκονται στην ίδια οριζόντια διεύθυνση, η οποία είναι κάθετη στη ράβδο. Η ράβδος είναι κάθετα τοποθετημένη με τα άκρα της Λ, M πάνω σε δύο οριζόντιους και παράλληλους αγωγούς (xA) και ($\text{y}\Gamma$), αμελητέας ωμικής αντίστασης, οι οποίοι έχουν στερεωθεί πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Η ράβδος μπορεί να ολισθαίνει πάνω στους δύο παράλληλους αγωγούς, χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα της σε συνεχή επαφή με αυτούς.

Μεταξύ των άκρων A και Γ των παράλληλων αγωγών έχει συνδεθεί ένας λεπτός ημικυκλικός αγωγός ($\text{AH}\Gamma$) κέντρου O και ακτίνας $r_1 = L/2$, κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής και ωμικής αντίστασης $R_1 = 10 \Omega$.

Στα άκρα A και Γ έχει συνδεθεί επιπλέον ένας λεπτός κυκλικός αγωγός ($\Delta\text{NZ}\Theta$) κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής ωμικής αντίστασης $R_2 = 10 \Omega$, μέσω των αγωγίων συρμάτων AD και ΓZ που έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Στον κυκλικό αγωγό σχηματίζονται δύο ημικύκλια ΔNZ και ΔOZ . Το κέντρο του κυκλικού αγωγού ταυτίζεται με το κέντρο του ημικυκλικού αγωγού $\text{AH}\Gamma$, ενώ η ακτίνα του r_2 είναι μικρότερη από την ακτίνα r_1 .



Ο διακόπτης (δ) του αγωγού xA είναι αρχικά ανοικτός, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Στον χώρο μεταξύ της ράβδου ΛM και του αγωγού ($\text{AH}\Gamma$) υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, το οποίο στο σχήμα απεικονίζεται με τη γραμμοσκιασμένη περιοχή. Το μέτρο της έντασής του είναι $B = 1 \text{ T}$ και οι δυναμικές του γραμμές έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Μετακινούμε τη ράβδο ΛM μαζί με το σώμα Σ , ώστε το ελατήριο να συσπειρωθεί κατά $\Delta l = 0,4 \text{ m}$ από το φυσικό του μήκος και να έρθει στη θέση (1). Στη συνέχεια αφήνουμε ελεύθερο το σύστημα του σώματος Σ και της ράβδου.

Δ1. α) Να αποδείξετε ότι η ράβδος ΛM θα αποχωριστεί από το σώμα Σ στη θέση όπου το ελατήριο θα αποκτήσει το φυσικό του μήκος για πρώτη φορά μετά τη στιγμή που τα αφήσαμε ελεύθερα (μονάδες 2).

- β) Να βρείτε το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το σώμα Σ, αφού αποχωριστεί από τη ράβδο ΛΜ (μονάδες 3).

Μονάδες 5

Τη χρονική στιγμή $t = 0$ η ράβδος ΛΜ αποχωρίζεται από το σώμα Σ και με την ταχύτητα που έχει εισέρχεται αμέσως μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

- Δ2. Να αιτιολογήσετε την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) από επαγωγή ανάμεσα στα άκρα Λ, Μ της ράβδου αμέσως μετά τη χρονική στιγμή $t = 0$ και να σχεδιάσετε την πολικότητά της.

Μονάδες 4

Τη χρονική στιγμή $t_1 = 1 \text{ s}$ (θέση (3)) ασκείται στο μέσον Ρ της ράβδου σταθερή οριζόντια δύναμη προς τη θετική κατεύθυνση μέτρου $F = 3 \text{ N}$, κάθετη σε αυτήν. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 3 \text{ s}$ ο διακόπτης (δ) κλείνει (θέση (4)).

- Δ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης της ράβδου ΛΜ για το χρονικό διάστημα $\Delta t = (t_2 - t_1)$ και το μέτρο της ταχύτητάς της στο τέλος αυτού του χρονικού διαστήματος.

Μονάδες 4

- Δ4. Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ):

- α) να αποδείξετε ότι η ράβδος ΛΜ θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (μονάδες 2).
β) να υπολογίσετε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τη ράβδο, τον ημικυκλικό αγωγό και τα δύο τμήματα του κυκλικού αγωγού (μονάδες 4).

Μονάδες 6

- Δ5. Αφού έχει κλείσει ο διακόπτης (δ) να υπολογίσετε:

- α) την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο κέντρο του Ο αποκλειστικά ο ημικυκλικός αγωγός, κάνοντας χρήση του νόμου των Biot - Savart (μονάδες 3).
β) τη συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν αποκλειστικά ο ημικυκλικός και ο κυκλικός αγωγός στο κοινό τους κέντρο Ο (μονάδες 3).

Μονάδες 6

Να θεωρήσετε ότι:

- Η όλη διάταξη βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο μεγάλων διαστάσεων το οποίο είναι ηλεκτρικά μονωμένο.
- Η ράβδος μετά το κλείσιμο του διακόπτη τη χρονική στιγμή t_2 παραμένει συνεχώς μέσα στο μαγνητικό πεδίο, δεν επηρεάζεται η κίνησή της από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν ο ημικυκλικός και ο κυκλικός αγωγός και δεν έρχεται σε επαφή με αυτούς.
- Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για όλα τα σώματα.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- Δ1. α) Το σύστημα ελατήριο - σώμα Σ - ράβδος ΛΜ εκτελεί Α.Α.Τ. αφού στην τυχαία θέση θα ισχύει

$$\Sigma F = -F_{\varepsilon\lambda} = -kx$$

άρα εκτελούν Α.Α.Τ. με $D = k$ και

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m + M_p}} = \sqrt{\frac{10}{0,4 + 1,2}} \text{ rad/s} = 2,5 \text{ rad/s,}$$

ενώ

$$A_1 = \Delta\ell = 0,4 \text{ m}$$

Για τη ράβδο στην τυχαία θέση ισχύει

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_p &= -D_p \cdot x \\ \text{όπου } D_p &= M_p \cdot \omega^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow F_{\varepsilon\pi\alpha\varphi} = -M_p \cdot \omega^2 x$$

Άρα $F_{\varepsilon\pi\alpha\varphi} = 0$ στο $x = 0$, που σημαίνει ότι το σώμα Σ και η ράβδος χάνουν την επαφή τους στη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου.

- β) Όταν χαθεί η επαφή τους το σύστημα ελατήριο - σώμα Σ εκτελεί Α.Α.Τ. με

$$D = k = m \cdot \omega'^2 \Rightarrow \omega' = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega' = 5 \text{ rad/s}$$

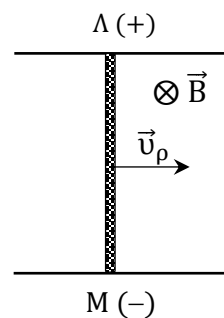
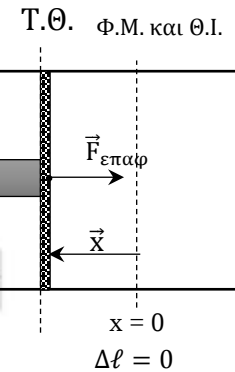
Από Α.Δ.Ε. (Α.Α.Τ.) θα ισχύει

$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{2} k A_2^2 \Rightarrow A_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} v_{\max} \xrightarrow{v_{\max} = \omega \cdot \Delta\ell = 1 \text{ m/s}} \boxed{A_2 = 0,2 \text{ m}}$$

- Δ2. Όταν η ράβδος ΛΜ χάνει την επαφή με το σώμα Σ έχει ταχύτητα

$$v_{\max} = \omega \cdot A_1 = 1 \text{ m/s, άρα } v_p = 1 \text{ m/s}$$

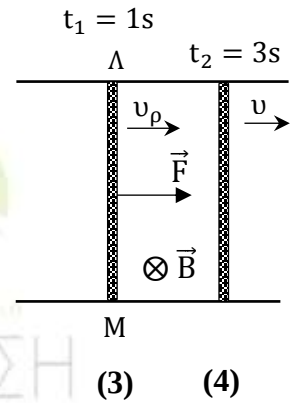
Η ράβδος ΛΜ εισέρχεται στο Ο.Μ.Π. έντασης $\vec{B}$, οπότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνιά της δέχονται δυνάμεις Lorentz ($\vec{F}_{\text{Lor}}$) με φορά προς το άκρο Μ. Η συσσώρευση ηλεκτρονίων στο άκρο Μ δημιουργεί διαφορά δυναμικού $V_{\text{ΛΜ}}$ που μετατρέπει την κινούμενη ράβδο σε αντλία ηλεκτρικού φορτίου ή ισοδύναμα πηγή με ΗΕΔ $E_{\varepsilon\pi} = V_{\text{ΛΜ}} = B v_p \ell$, η πολικότητα της οποίας φαίνεται στο σχήμα.



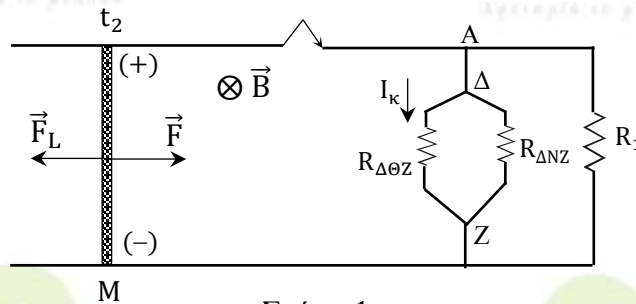
Δ3. Από t_1 έως t_2 η ράβδος δέχεται ΜΟΝΟ τη δύναμη $\vec{F}$, άρα

$$F = M_p \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{F}{M_p} = \frac{3}{1,2} \text{ m/s}^2 \Rightarrow \alpha = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_p + \alpha \cdot \Delta t \Rightarrow v = (1 + 2,5 \cdot 2) \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 6 \text{ m/s}}$$



Δ4. α)



Σχήμα 1

Από τον νόμο της αντίστασης ισχύει

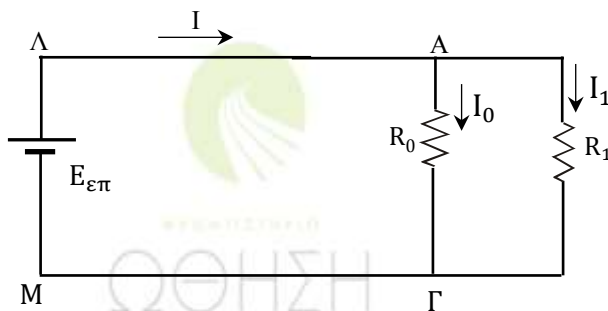
$$R_2 = \rho \frac{2\pi r_2}{S} = 10\Omega$$

Επομένως για τις αντιστάσεις $R_{\Delta\Theta Z}$ και $R_{\Delta N Z}$ έχουμε:

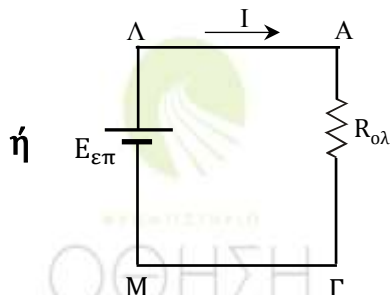
$$\left. \begin{aligned} R_{\Delta\Theta Z} &= \rho \cdot \frac{\pi r_2}{S} \\ R_{\Delta N Z} &= \rho \cdot \frac{\pi r_2}{S} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_{\Delta\Theta Z} = R_{\Delta N Z} = \frac{R_2}{2} = 5\Omega$$

Επειδή $R_{\Delta\Theta Z}$, $R_{\Delta N Z}$ συνδέονται παράλληλα (Σχήμα 1), ισχύει:

$$R_0 = \frac{R_{\Delta\Theta Z} \cdot R_{\Delta N Z}}{R_{\Delta\Theta Z} + R_{\Delta N Z}} = 2,5\Omega$$



Σχήμα 2



Σχήμα 3

Από Σχήμα 2: R_0, R_1 συνδέονται παράλληλα ισχύει:

$$R_{ολ} = \frac{R_0 \cdot R_1}{R_0 + R_1} = \frac{2,5 \cdot 10}{12,5} \Omega \Rightarrow R_{ολ} = 2 \Omega$$

Μόλις κλείσει ο διακόπτης το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I , αφού ισχύουν τα εξής

$$E_{επ} = B \cdot v \cdot \ell = 6V \text{ και } I = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{6}{2} A \Rightarrow I = 3A$$

Στη ράβδο ΑΜ ασκείται από το Ο.Μ.Π. δύναμη Laplace μέτρου

$$F_L = BI\ell = 3N = F, \text{ άρα μόλις κλείνει ο διακόπτης (} t = t_2 \text{) θα ισχύει}$$

$$\Sigma F = F - F_L = 0, \text{ οπότε } \mathbf{αποκτά σταθερή ταχύτητα (Ε. Ο. Κ.)}$$

β) Από το τελευταίο ισοδύναμο κύκλωμα

$$V_{ΑΓ} = I \cdot R_{ολ} = 6V = E_{επ}$$

Επίσης

$$I_0 = \frac{V_{ΑΓ}}{R_0} = 2,4A \text{ και } I_1 = \frac{V_{ΑΓ}}{R_1} = 0,6A$$

Άρα

$$I_k = \frac{V_{ΑΓ}}{R_{\Delta\Theta Z}} = \frac{V_{ΑΓ}}{R_{\Delta N Z}} \Rightarrow \boxed{I_k = 1,2A}$$

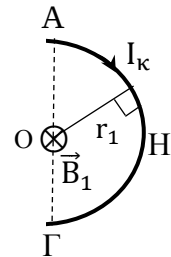
Δ5. α) Χωρίζω τον αγωγό (ΑΗΓ) σε στοιχειώδη ευθύγραμμα τμήματα $\Delta\ell_1, \Delta\ell_2, \dots, \Delta\ell_n$ όπου το καθένα δημιουργεί στο O $\vec{\Delta B}_1, \vec{\Delta B}_2, \dots, \vec{\Delta B}_n$, άρα

$$\vec{B}_1 = \vec{\Delta B}_1 + \vec{\Delta B}_2 + \dots + \vec{\Delta B}_n$$

Από το Νόμο των Biot - Savart έχουμε τις πιο κάτω σχέσεις, που στη συνέχεια θα προσθέσουμε κατά μέλη

$$\left. \begin{aligned} \Delta B_1 &= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1 \Delta\ell_1}{r_1^2} \cdot \eta\mu 90^\circ \\ \Delta B_2 &= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1 \Delta\ell_2}{r_1^2} \cdot \eta\mu 90^\circ \\ &\vdots \\ \Delta B_n &= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1 \Delta\ell_n}{r_1^2} \cdot \eta\mu 90^\circ \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(+)} B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1}{r_1^2} (\Delta\ell_1 + \dots + \Delta\ell_n) \rightarrow$$

$$\rightarrow B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1}{r_1^2} (r_1 \cdot \pi) \Rightarrow \boxed{B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{4r_1} = \frac{6\pi}{5} \cdot 10^{-7} T}, \vec{B}_1 \otimes$$



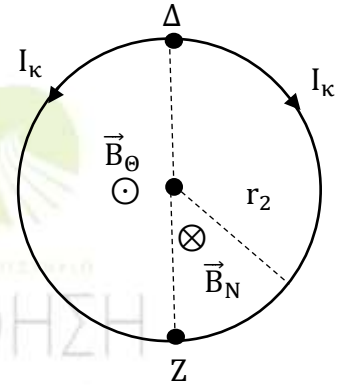
β) Αντίστοιχα με την προηγούμενη διαδικασία τα δύο μαγνητικά πεδία στο O, είναι:

$$\left. \begin{aligned} B_{\theta} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_K}{r_2^2} \cdot \pi r_2 \\ B_N &= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_K}{r_2^2} \cdot \pi r_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow B_{\theta} = B_N, \vec{B}_{\theta} \uparrow \downarrow \vec{B}_N \Leftrightarrow \vec{B}_{\theta} + \vec{B}_N = \vec{0}$$

$$\text{Επομένως } \vec{B}_{\text{ολ}(O)} = \vec{B}_{\theta} + \vec{B}_N + \vec{B}_1 = \vec{0} + \vec{B}_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{B}_{\text{ολ}(O)} = \vec{B}_1 \text{ και } B_{\text{ολ}(O)} = B_1 = \frac{6\pi}{5} \cdot 10^{-7} \text{T}$$



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Τα σημερινά θέματα της Φυσικής Προσανατολισμού είναι άκρως απαιτητικά, καθώς παρουσιάζουν αυξημένη δυσκολία στη διαχείρισή τους και απαιτούν βαθιά γνώση, μεγάλη εμπειρία και απόλυτη ψυχραιμία από τους υποψηφίους. Καλύπτουν ευρύ φάσμα της εξεταστέας ύλης και είναι ευφάνταστα.

Ο χρόνος για την αντιμετώπιση όλων των θεμάτων είναι οριακός, οπότε η αστοχία στο Θέμα Β2 μπορεί να οδηγήσει τους ικανότερους των υποψηφίων σε απώλεια πολύτιμου χρόνου. Ειδικότερα, τα θέματα Α και Β, εκτός της αστοχίας στο Θέμα Β2 που αναφέραμε, κρίνονται πρωτότυπα, εύστοχα στο σύνολό τους, ενώ κάποια απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Το Θέμα Γ είναι μια ενδιαφέρουσα άσκηση στα κύματα που το σύνολο των ερωτημάτων της απαιτεί βαθιά γνώση του αντικειμένου.

Το Θέμα Δ αποτελεί καταγραφή πολλών απλών φαινομένων προς επεξεργασία από τους υποψηφίους. Τα ζητούμενα του θέματος είναι κλιμακούμενης δυσκολίας, ενώ ταυτόχρονα εξετάζουν σε βάθος πολλές διαφορετικές περιοχές της εξεταστέας ύλης.

Θεωρούμε τα σημερινά θέματα από τα πιο απαιτητικά της τελευταίας δεκαετίας και προφανώς θα οδηγήσουν σε μείωση του πλήθους των υποψηφίων με υψηλές βαθμολογίες.

Καλή επιτυχία!



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ

ΩΘΗΣΗ

Αφειρηρία το μέλλον