Λύσεις: Πανελληνίων: Φυσική 2024 - Θετική

Επιμέλεια Λύσης : Β. Καράβολας

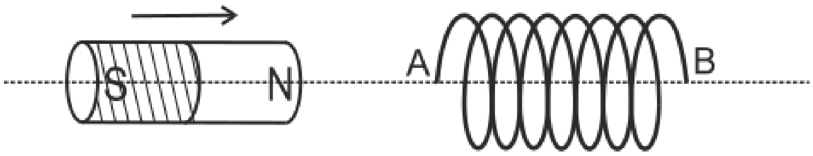
Θέμα Πρώτο

Α1. Δύο σφαίρες πολύ μικρών διαστάσεων, ίδιας μάζας, που κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με αντίθετες ταχύτητες μέτρου υ, 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 υ.
γ) οι σφαίρες θα απομακρυνθούν με ταχύτητες ίδιου μέτρου.
δ) η συνολική κινητική ενέργεια των δύο σφαιρών θα μηδενιστεί.

Μονάδες 5

Α2. Στο παρακάτω σχήμα ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει προς το ανοικτό πηνίο, έτσι ώστε ο άξονας του να ταυτίζεται με τον άξονα του πηνίου.

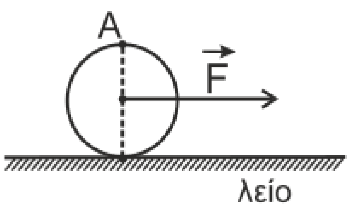


Τότε

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

Μονάδες 5

Α3. 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 α_{cm}. Το μέτρο της επιτάχυνσης του σημείου Α που είναι αντιδιαμετρικό με το σημείο επαφής του δίσκου με το έδαφος κάθε χρονική στιγμή είναι



α) $2\alpha_{cm}$.

β) 0.

γ) α_{cm}.

δ) $\sqrt{2}\,\alpha_{cm}$.

Μονάδες 5

Α4. 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

Α5. *Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό 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 $A = A_o e^{-\Lambda t}$, 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 $V = 220\sqrt{2}\,V$ και η συχνότητα f = 50 Hz.

ε) Σε μία χορδή, στην οποία έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο της χορδής στο άλλο.

Μονάδες 5

Απαντήσεις

Α1 δ

Έχουμε πλαστική κρούση δύο όμοιων σωμάτων τα οποία κινούνται αντίθετα. Από ΑΔΟ το συσσωμάτωμα θα ακινητοποιηθεί. Επομένως το σύστημα θα χάσει όλη την κινητική του ενέργεια η οποία θα μετατραπεί σε θερμότητα και ενέργεια παραμόρφωσης. Α2 δ

Το κύκλωμα είναι ανοικτό, επομένως δεν εμφανίζεται ούτε ρεύμα αλλά ούτε και δύναμη Laplace. Για να εμφανισθεί βόρειος πόλος θα πρέπει το σωληνοειδές να διαρρέετια από ρεύμα. Όμως στα άκρα του εμφανίζεται

ΗΕΔ από επαγωγή.

Α3 **γ**

Η εκφώνηση μας δίνει ότι το επίπεδο είναι λείο, επομένως δεν υπάρχει τριβή και κατά συνέπεια δεν υπάρχει καμία ροπή. Το σώμα εκτελεί μόνο μεταφορική κίνηση επομένως όλα τα σημεία του έχουν επιτάχυνση a_{cm}

Α4 **β**

Οταν η σταθερά απόσβεσης αυξάνεται το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης μειώνεται.

Α5 α) **Σωστό**

Σελ. 238 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Γ)

Από το σχολικό : "Η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι αντίστροφα ανάλογη με τον χρόνο που το σύ- στημα παραμένει σ' αυτή την κατάσταση."

β) **Λάθος**

Σελ. 19 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Γ)

Από το σχολικό : "Το Λ είναι μια σταθερά που εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης και τη μάζα του ταλαντούμενου σώματος"

γ) **Σωστό**

Σελ. 206 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Β)

Από το σχολικό : "Η αυτεπαγωγή είναι ιδιότητα των κυκλωμάτων αντίστοιχη με την αδράνεια των σωμάτων."

δ) **Σωστό**

Σελ. 198 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Β)

Από το σχολικό : "Όταν λέμε ότι οι ρευματοδότες στα σπίτια μας δίνουν 220 V, ή ότι κάποια συσκευή δουλεύει στα 220 V, 16 A, αναφερόμαστε σε ενεργές τιμές."

Καθώς

$$V_{εν} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \iff V_0 = V_{εν}\sqrt{2} \overset{V_{εν}=220\,V}{=} 220\sqrt{2}\ V$$

Από το παράδειγμα 5.4 σελ. 197 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Β) έχουμε ότι: " Όπως γνωρίζετε η τάση που παρέχει το δίκτυο της ΔΕΗ έχει πλάτος V $V = 220\,\sqrt{2}$ και συχνότητα 50 Hz"

ε) **Λάθος**

Σελ. 54 Σχολικού Βιβλιου (Τεύχος Γ)

Από το σχολικό : "Εφόσον στο στάσιμο κύμα υπάρχουν σημεία που παραμένουν πά- ντα ακίνητα, δε μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο του μέσου στο άλλο"

Θέμα Δεύτερο

1. Β1

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 λ_{1max}. Η φάση του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής λ_{1max} 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 λ_{2max}.

Η φάση φ_2 του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής λ_{2max} θα είναι ίση με:

i. $\varphi_2 = 2\pi\left(10^{15}t - 10^7x\right)$ (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**

Απάντηση:

(α΄) **Σωστή απάντηση η (ii)**

(β΄) **Δικαιολόγηση**

Από την φάση που μας δίνεται έχουμε ότι:

$$\begin{bmatrix} \text{Θεωρία} & \phi = 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) \\ \\ \text{Εκφώνηση} & \phi_1 = 2\pi(10^{15}t - \frac{10^7}{3}x) \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} T = 10^{-15}\ s \\ \\ \lambda = 3\times 10^{-7}\ m \end{bmatrix}$$

Όταν διπλασιάζεται η θερμοκρασία του μέλανος σώματος υποδιπλασιάζεται το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται η ακτινοβολία. Όμως καθώς η ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο κενό είναι η ταχύτητα του φωτός

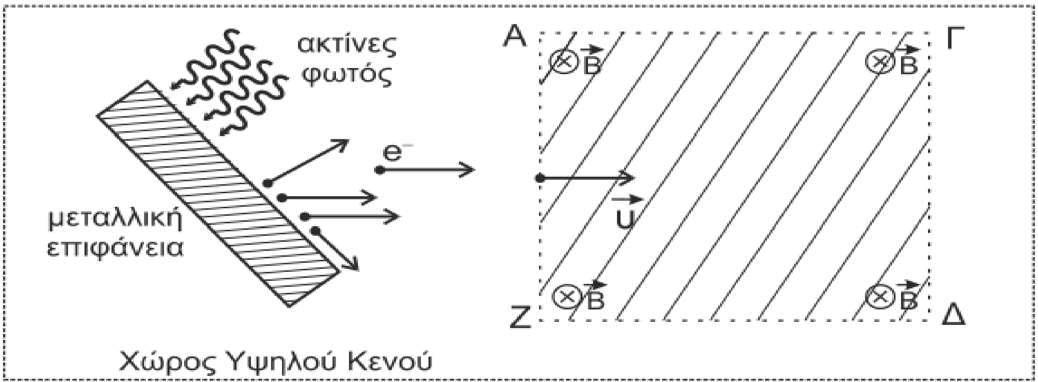
$$\begin{bmatrix} c = \dfrac{\lambda_1}{T_1} \\ \\ c = \dfrac{\lambda_2}{T_2} \\ \\ \lambda_1 = \dfrac{\lambda_1}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow T_2 = \frac{T_1}{2}$$

Επομένως η νέα φάση θα είναι:

$$\begin{bmatrix} \phi = 2\pi(10^{15}t - \dfrac{10^7}{3}x) \\ \lambda_2 = \dfrac{\lambda_1}{2} \\ T_2 = \dfrac{T_1}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow \phi = 2\pi(2 \times 10^{15}t - \frac{2 \times 10^7}{3}x)$$

2. B2:

Β2. 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 λ_1 = 375 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 $L_2 = 5 L_1$, συμπεραίνουμε ότι η μεταλλική επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από:

i. Βάριο ii. Βολφράμιο iii. Ταντάλιο

Να θεωρήσετε ότι hc = 1250 eV·nm

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

Απάντηση

(α′) **Σωστή απάντηση η (i)**

(β΄) **Δικαιολόγηση**

Η στροφορμή των φωτοηλεκτρονίων μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι:

$$\begin{bmatrix} L = mvr \\ r = \dfrac{mv}{Bq} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow L = \frac{mv^2}{Bq}$$

Όμως

$$\begin{bmatrix} L_1 = \dfrac{mv_1^2}{Bq} \\ L_2 = \dfrac{mv_2^2}{Bq} \\ L_2 = 5L_1 \\ K_1 = \dfrac{mv_1^2}{2} \\ K_2 = \dfrac{mv_2^2}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow mv_2^2 = 5mv_1^2 \Longleftrightarrow K_2 = 5K_1$$

Από την φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein έχουμε:

$$\begin{bmatrix} hf_1 = \phi + K_1 \\ \\ hf_2 = \phi + K_2 \\ \\ c = \lambda f \\ \\ K_1 = 5K_1 \\ \\ \lambda_2 = \dfrac{\lambda_1}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow \begin{bmatrix} \dfrac{hc}{\lambda_1} = \phi + K_1 \\ \\ \dfrac{hc}{\lambda_2} = \phi + K_2 \\ \\ K_1 = 5K_1 \\ \\ \lambda_2 = \dfrac{\lambda_1}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow$$

$$\begin{bmatrix} \dfrac{hc}{\lambda_1} = \phi + K_1 \\ \\ \dfrac{2hc}{\lambda_1} = \phi + 5K_1 \end{bmatrix} \Longleftrightarrow \begin{bmatrix} \dfrac{5hc}{\lambda_1} = 5\phi + 5K_1 \\ \\ \dfrac{2hc}{\lambda_1} = \phi + 5K_1 \end{bmatrix} \Longleftrightarrow$$

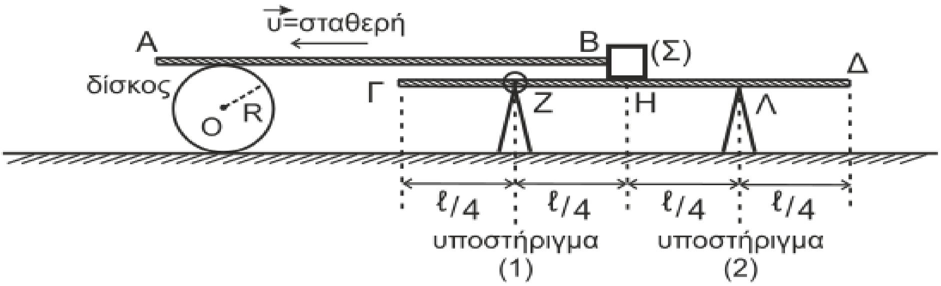
$$\dfrac{3hc}{\lambda_1} = 4\phi \overset{hc=1250\ eV\cdot m\ ,\ \lambda_1=375nm}{\Longleftrightarrow} \phi = 2.5\ eV$$

Επομένως είναι το Βάριο.

3. B3:

Β3. 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 Μ = 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 υ. 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. $\dfrac{5\ell}{6}$ ii. $\dfrac{3\ell}{8}$ iii. $\dfrac{\ell}{3}$

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 Ο του δίσκου από τη χρονική στιγμή t = 0 μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 είναι:

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

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

Μονάδες 3

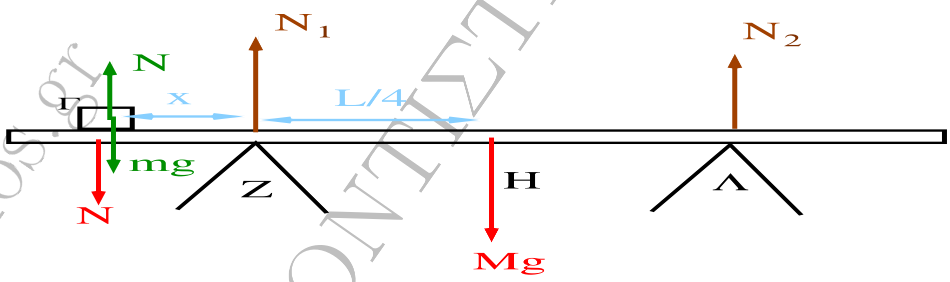
Να θεωρήσετε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για όλα τα σώματα.

Απάντηση

1. (α΄) **Σωστή απάντηση η (ii)**

(β΄) **Δικαιολόγηση**

Η δοκός ισορροπεί οριακά. Το βάρος της Mg ασκείται στο μέσο της καθώς είναι ομογενής, το οποίο απέχει $L/4$ από το σημείο Ζ γύρω από το οποίο θα ανατραπεί. Το σώμα κατά την κίνηση του έχει βρεθεί στο σημείο Γ.



Το μικρό σώμα ισορροπεί στον κατακόρυφο άξονα επομένως $N = mg$. Το μικρό σώμα ασκεί δύναμη λόγω Δράσης αντίδρασης $N = mg$ στη δοικό. Η δοκός ισορροπεί περιστροφικά, επομένως $\sum_Z \tau = 0$. Όμως τη στιγμή που ανατρέπεται $N_2 = 0$. Τότε:

$$\begin{bmatrix} \sum \tau_Z = 0 \\ \sum \tau_Z = Mg\dfrac{L}{4} - mgx \\ M = \dfrac{m}{2} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow x = \frac{L}{8}$$

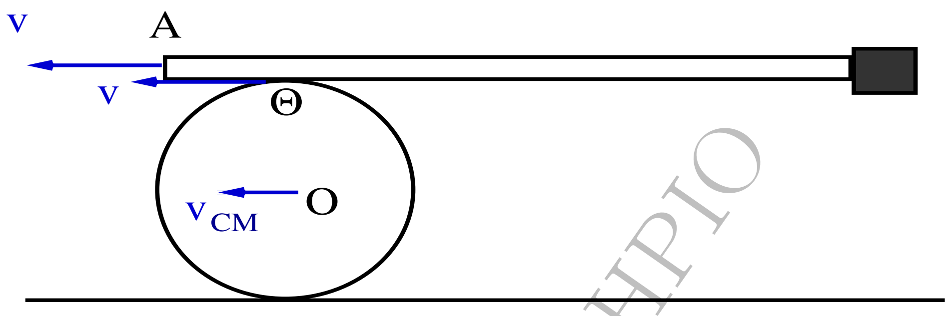
Επομένως το σώμα έχει κινηθεί κατά

$$\begin{bmatrix} s = x + \dfrac{L}{4} \\ x = \dfrac{L}{8} \end{bmatrix} \Longleftrightarrow s = \frac{3L}{8}$$

(γ΄) **Σωστή απάντηση η (i)**

(δ΄) **Δικαιολόγηση**

Για τον δίσκο θα έχουμε ότι εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση με το αντιφιαμετρικό σημείο από το σημείο επφαής του με το δάπεδο να έχει την ταχύτητα του μικρού σώματος. Επομένως το κέντρο μάζας θα έχει ταχύτητα ίση με τη μισή της ταχύτητας του μικρού σώματος.

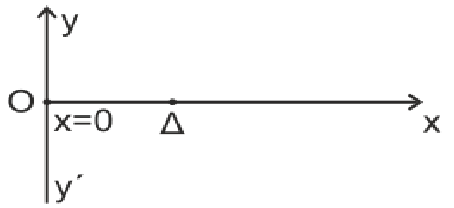


$$\begin{bmatrix} s = \dfrac{3L}{8} \\ \\ s = vt \\ \\ s_{cm} = \dfrac{v}{2}t \end{bmatrix} \Longleftrightarrow s_{cm} = \frac{3L}{16} \tag{1}$$

Θέμα Τρίτο

ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα, πλάτους Α και μήκους κύματος λ, διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε ομογενές γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους που ταυτίζεται με τον οριζόντιο ημιάξονα Οx προς τη θετική κατεύθυνση, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Το κύμα παράγεται από πηγή που βρίσκεται στο σημείο Ο 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 $y = A \cdot ημωt$.

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

Κάποια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο Ο βρίσκεται στην ακραία αρνητική του απομάκρυνση (y = −A) από την αρχική θέση ισορροπίας του, το υλικό σημείο Δ του ημιάξονα Οx που απέχει από την πηγή Ο οριζόντια απόσταση $x_Δ$ = 2,5 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 Τ (μονάδες 2), β) το μήκος κύματος λ (μονάδες 2) και γ) την ταχύτητα διάδοσης του κύματος (μονάδα 1), καθώς και δ) το πλάτος Α 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: $y = A \cdot ημ2π(\frac{t}{T} - \frac{x_Δ}{λ})$.

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 s (μονάδες 4).

Μονάδες 7

Μειώνουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής, διατηρώντας το ίδιο πλάτος, έτσι ώστε η πηγή Ο 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.

Μονάδες 6

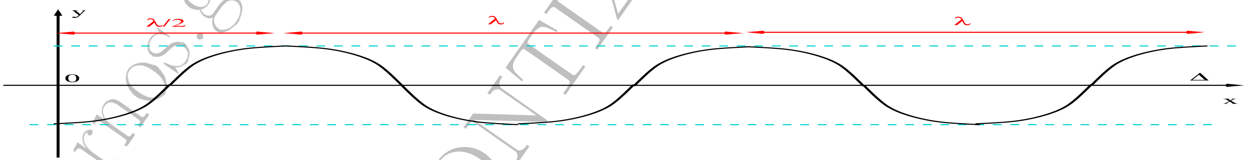
Απάντηση Γ1.

Στην διατύπωση της εκφώνησης είναι κρυμμένες σημαντικές πληροφορίες:

- Το υλικό σημείο Ο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του διέρχεται 60 φορές το λεπτό από τη θέση ισορροπίας του. Γνωρίζοντας ότι σε κάθε ταλάντωση το κινητό περνά 2 φορές από τη Θέση Ισορροπίας θα έχουμε ότι το κινητό σε χρόνο ενός λεπττού ($60\ s$) εκτελεί 30 ταλαντώσεις επομένως η περίοδος του είναι $T = \frac{30}{60} = 2\ s$ και η συχνότητα του είναι $f = \frac{1}{T} = 0.5\ Hz$.

- Κάποια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο Ο βρίσκεται στην ακραία αρνητική του απομάκρυνση ($y = ?A$) από την αρχική θέση ισορροπίας του, το υλικό σημείο Δ του ημιάξονα Οξ που απέχει από την πηγή Ο οριζόντια απόσταση $x_\Delta = 2.5\ m$ 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 ($y = +A$).

  Ουσιαστικά η εκφώνηση μας περιγράφει το εξής στιγμιότυπο του κύματος

  Βλέπουμε ότι η απόσταση ΟΔ είναι 2.5λ επομένως

$$O\Delta = 2.5\lambda \overset{O\Delta = 2.5\ m}{\Longleftrightarrow} \lambda = 1\ m$$

- 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 $2\ m$. Γνωρίζοντας ότι σε κάθε ταλάντωση το σημείο Ο διανύει διάστημα ίσο με $s = 4A$ και ότι για κάθε μήκος κύματος που διαδίδεται το κύμα το σημείο Ο εκτελεί μια ταλάντωση έχουμε ότι για να φθάσει το κύμα στο σημείο Δ που απέχει $s = 2.5\lambda$ το σημείο Ο εκτέλεσε 2.5 ταλαντώσεις επομένως διένυσε διάστημα $d = 4 \cdot 2.5A = 10A$.

  Τότε:

$$2 = 10A \Longleftrightarrow A = 0.2\ m$$

Η δε ταχύτητα διάδοσης θα είναι:

$$\begin{bmatrix} c = \lambda f \\ \lambda = 1\ m \\ f0.5\ Hz \end{bmatrix} \Longleftrightarrow c = 0.5\ m/s$$

Γ2.

Το κύμα φθάνει στο σημείο Δ μετά από χρόνο t_1. Η ταλάντωση τότε του σημείου Δ θα είναι $y = A\eta\mu\omega t'$

με $t' = t - t_1$ και t ο χρόνος ταλάντωσης της πηγής:

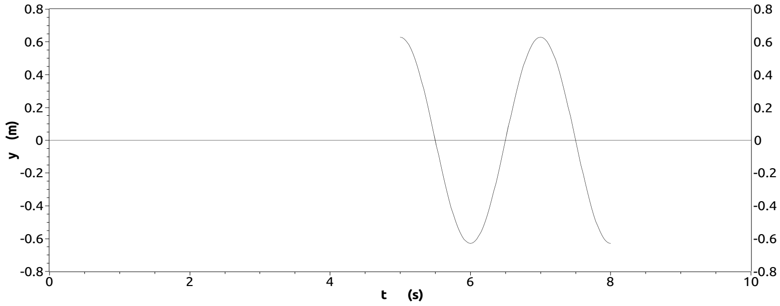
$$\begin{bmatrix} y = A\eta\mu\omega t' \\ \\ t' = t - t_1 \\ \\ t_1 = \dfrac{\mathrm{O\Delta}}{c} \\ \\ \mathrm{O\Delta} = 2.5\ m \\ \\ c = 0.5\ m/s \\ \\ \omega = \dfrac{2\pi}{T} \\ \\ \lambda = cT \end{bmatrix} \Longleftrightarrow y = A\eta\mu(\frac{2\pi t}{2} - 2\pi\frac{\mathrm{O\Delta}}{cT}) = A\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{\mathrm{O\Delta}}{\lambda})$$

Γ3.

Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι:

$$\begin{bmatrix} v = \omega A\sigma\upsilon\nu 2\pi(\dfrac{t}{T} - \dfrac{\mathrm{O\Delta}}{\lambda}) \\ \\ \omega = \dfrac{2\pi}{T} \\ \\ T = 2\ s \\ \\ A = 0.2\ m \\ \\ \lambda = 1\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow v = 0.2\pi\sigma\upsilon\nu 2\pi(0.5t - 2.5)$$

Η γραφική παράσταση της ταχύτητας είναι



Γ4.

Από την εκφώνηση έχουμε ότι:

" η πηγή Ο 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."

Το ερώτημα είναι τι ακριβώς σημαίνει η λέξη **απέχουν**.

1. Η εκφώνηση εννοεί ότι τα δύο σημεία έχουν την ίδια απομάκρυνση. Σε αυτή την περίπτωση καθώς έχουν την ίδια απομάκρυνση και την ίδια (**διανυσματικά**) ταχύτητα τα σημεία είναι σε συμφωνία φάσης, δηλαδή απέχουν ακέραιο μήκος κύματος. Καθώς είναι διαδοχικά σημεία σε συμφωνία φάσης η απόσταση τους είναι λ_1. Τότε:

$$\begin{bmatrix} c = \lambda_1 f_1 \\ c = 0.5\ m/s \\ \lambda_1 = \mathrm{O}\Delta = 2.5\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow f_1 = 0.2lHz$$

   Η μεταβολή της συχνότητας είναι:$\Delta f = f_1 - f = -0.3\ Hz$

2. Η εκφώνηση εννοεί ότι τα δύο σημεία απέχουν το ίδιο από τη Θέση Ισορροπίας. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να έχουμε την προηγούμενη περίπτωση μπορεί όμως τα δύο σημεία να έχουν αντίθετες απομακρύνσεις. Τωρα καθώς έχουν αντίθετες απομακρύνσεις και την ίδια (**διανυσματικά**) ταχύτητα τα σημεία είναι σε αντίθεση φάσης, δηλαδή απέχουν ημιακέραιο μήκος κύματος. Καθώς είναι διαδοχικά σημεία σε αντίθεση φάσης η απόσταση τους είναι $\lambda_1/2$. Τότε:

$$\begin{bmatrix} c = \lambda_1 f_1 \\ c = 0.5\ m/s \\ \lambda_1/2 = \mathrm{O}\Delta \Longleftrightarrow \lambda_1 = 5\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow f_1 = 0.1lHz$$

Η μεταβολή της συχνότητας είναι:$\Delta f = f_1 - f = -0.4\ Hz$

Θέμα Τέταρτο

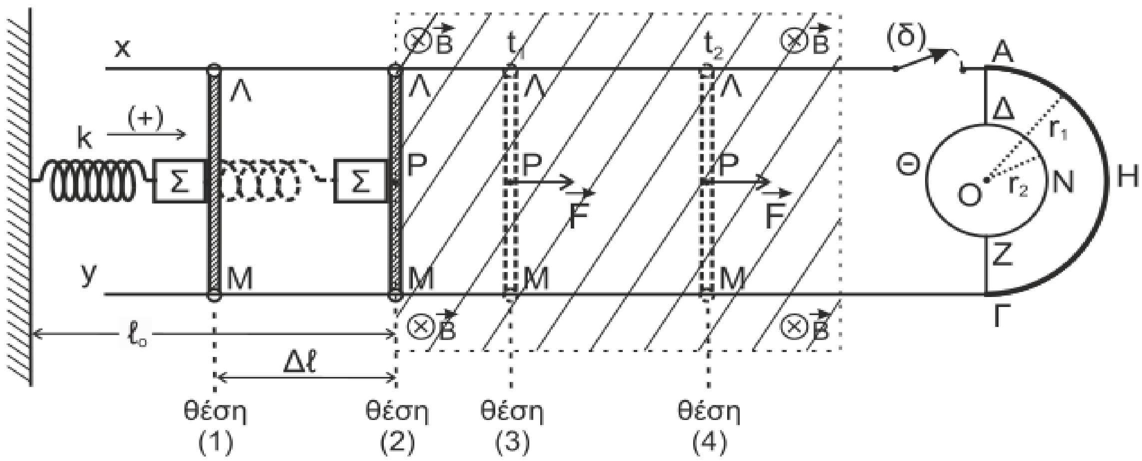
ΘΕΜΑ Δ

Ένα σώμα Σ μικρών διαστάσεων, μάζας $m = 0{,}4$ kg και μια ευθύγραμμη λεπτή και ομογενής μεταλλική ράβδος ΛΜ μήκους $L = 1$ m και μάζας $M_ρ = 1{,}2$ kg αμελητέας ωμικής αντίστασης, έχουν τοποθετηθεί πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Το σώμα Σ έχει δεθεί στο ελεύθερο άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 10$ 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 Ρ. 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, Μ πάνω σε δύο οριζόντιους και παράλληλους αγωγούς (xA) και (yΓ), 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 Α και Γ των παράλληλων αγωγών έχει συνδεθεί ένας λεπτός ημικυκλικός αγωγός (ΑΗΓ) κέντρου Ο και ακτίνας $r_1 = L / 2$, κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής και ωμικής αντίστασης $R_1 = 10$ Ω.

Στα άκρα Α και Γ έχει συνδεθεί επιπλέον ένας λεπτός κυκλικός αγωγός (ΔΝΖΘ) κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής ωμικής αντίστασης $R_2 = 10$ Ω, μέσω των αγώγιμων συρμάτων ΑΔ και ΓΖ που έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Στον κυκλικό αγωγό σχηματίζονται δύο ημικύκλια ΔΝΖ και ΔΘΖ. Το κέντρο του κυκλικού αγωγού ταυτίζεται με το κέντρο του ημικυκλικού αγωγού ΑΗΓ, ενώ η ακτίνα του r_2 είναι μικρότερη από την ακτίνα r_1.



ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΣΠΕΡΙΝΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ

Ο διακόπτης (δ) του αγωγού xΑ είναι αρχικά ανοικτός, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Στον χώρο μεταξύ της ράβδου ΛΜ και του αγωγού (ΑΗΓ) υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, το οποίο στο σχήμα απεικονίζεται με τη γραμμοσκιασμένη περιοχή. Το μέτρο της έντασής του είναι $B = 1$ T και οι δυναμικές του γραμμές έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Μετακινούμε τη ράβδο ΛΜ μαζί με το σώμα Σ, ώστε το ελατήριο να συσπειρωθεί κατά $\Delta\ell = 0{,}4$ 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 ΛΜ 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 $t_1 = 1$ s (θέση (3)) ασκείται στο μέσον Ρ της ράβδου σταθερή οριζόντια δύναμη προς τη θετική κατεύθυνση μέτρου $F = 3$ N, κάθετη σε αυτήν. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 3$ 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.

Απάντηση Δ1.

1. Η ράβδος απλώς ακουμπά και δεν είναι συνδεδεμένη με το σώμα που είναι στερεωμένο στο ελατήριο. Επομένως η δύναμη η οποία εξαναγκάζει το σώμα σε ταλάντωση είναι η δύναμη N επαφής. Η δύναμη αυτή μηδενίζεται στη Θέση Ισορροπίας της Ταλάντωσης (Θέση Φυσικού Μήκους) του ελατηρίου γιατί σε αυτό το σημείο η κίνηση του σώματος μετατρέπεται από επιταχυνόμενη σε επιβραδυνόμενη. Για να επιβραδυνθεί όμως η ράβδος θα πρέπει να της ασκηθεί μια δύναμη αντίθετης φοράς η οποία δεν υπάρχει καθώς τα σώματα απλά ακουμπούν. Επομένως η ράβδος θα συνεχίσει να κινείται με την ταχύτητα που είχε στη Θέση Ισορροπίας της ταλάντωσης (Θέση Φυσικού Μήκους του ελατηρίου) ενώ το σώμα θα αρχίσει να επιβραδύνεται δημιουργώντας μια απόσταση ανάμεσα τους.

Μαθηματική Λύση

Μαθηματικά θα πρέπει να τονίσουμε ότι η δύναμη που εξαναγκάζει το σώμα σε ταλάντωση από όλα τα προηγούμενα δεν μπορεί να είναι αρνητική (δεχόμενοι ως θετική φορά τη φορά της κίνησης προς τη Θέση Ισορροπίας. Η δύναμη αυτή θα είναι:

$$\begin{bmatrix} \sum F = -Dx \\ \sum F = N \\ D = m\omega^2 \\ N \geq 0 \end{bmatrix} \Longleftrightarrow x \leq 0$$

Επομένως το σώμα χάνει την επαφή στη Θέση $x = 0$, θέση που είναι το Φυσικό Μήκος του Ελατηρίου.

2. Αρχικά θα βρούμε την ταχύτητα της ταλάντωσης στη Θ.Ι. με Α.Δ.Ε:

$$\begin{bmatrix} K_i + U_i = K_f + U_f \\ K_i = 0 \\ K_f = \dfrac{(m+M_{rho})v^2}{2} \\ U_i = \dfrac{k\Delta l^2}{2} \\ U_f = 0 \\ M_{rho} = 1.2\ kg \\ m = 0.4\ kg \\ k = 10\ N/m \\ \Delta l = 0.4\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow \frac{(m+M_{rho})v^2}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2} \Longleftrightarrow v = 1\ m/s$$

όπου i η αρχική θέση (Θέση Μέγιστης Απομάκρυνσης) και f η τελική Θέση (Θέση Ισορροπίας).

Η ταχύτητα θα μπορούσε να βρεθεί και ως εξής:

$$\begin{bmatrix} v = \omega A \\ k = (m + M_{rho})\omega^2 \\ A = \Delta l = 0.4\ m \\ M_{rho} = 1.2\ kg \\ m = 0.4\ kg \\ k = 10\ N/m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow v = \sqrt{\frac{k}{m + M_{rho}}}\Delta l = 1\ m/s$$

Παίρνοντας πάλι μια ΑΔΕ στην ταλάντωση (από τη Θ.Ι. στην Θέση Μέγιστης Απομάκρυνσης):

$$\begin{bmatrix} K_i + U_i = K_f + U_f \\ K_f = 0 \\ K_i = \dfrac{mv^2}{2} \\ U_f = \dfrac{kA^2}{2} \\ U_i = 0 \\ m = 0.4\ kg \\ k = 10\ N/m \\ v = 1\ m/s \end{bmatrix} \Longleftrightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Longleftrightarrow A = 0.2\ m$$

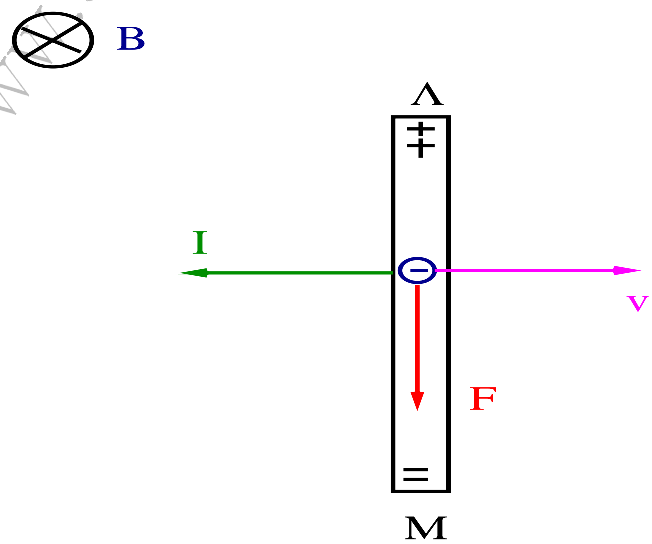
Το πλάτος στη Νέα ταλάντωση θα μπορούσε να βρεθεί και ως εξής:

$$\begin{bmatrix} v = \omega A \\ k = m\omega^2 \\ v = 1\ m/s \\ m = 0.4\ kg \\ k = 10\ N/m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow v = \sqrt{\frac{k}{m}} A \Longleftrightarrow A = 0.2$$

Δ2.

Το φαινόμενο είναι κίνηση αγωγού μέσα σε μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα αγωγού κάθετη σε αυτόν και ταυτόχρονα κάθετη στο μαγνητικό πεδίο. Αγωγός σημαίνει σώμα το οποίο έχει ελέυθερα φορτία (ηλεκτρόνια) τα οποία μπορούν να κινηθούν αν δεχθούν μια δύναμη.

Το φαινόμενο περιγράφεται στο επόμενο σχήμα:



Έστω ένα ηλεκτρόνιο στο εσωτερικό του αγωγού. Το ηλεκτρόνιο κινείται με ταχύτητα $\vec{v}$ όπως στο σχήμα. Η κίνηση του ηλεκτρονίου ισοδυναμεί με ηλεκτρικό ρεύμα αντίθετης φοράς (καθώς το ηλεκτρόνιο είναι αρνητικά φορτισμένο). Από τον κανόνα των τριών δακτύλων τα ηλεκτρόνια θα δεχθούν μια δύναμη προς το σημείο Μ, επομένως στο σημείο Μ θα έχουμε συσσώρευση αρνητικών φορτίων και στο σημείο ΛΟ συσσώρευση θετικών φορτίων. Επομένως θα είναι η πολικότητα, θετική στο Λ και αρνητική στο Μ.

Δ3.

Η επιτάχυνση από τον Δεύτερο Νόμο του Newton που έχει το σώμα είναι:

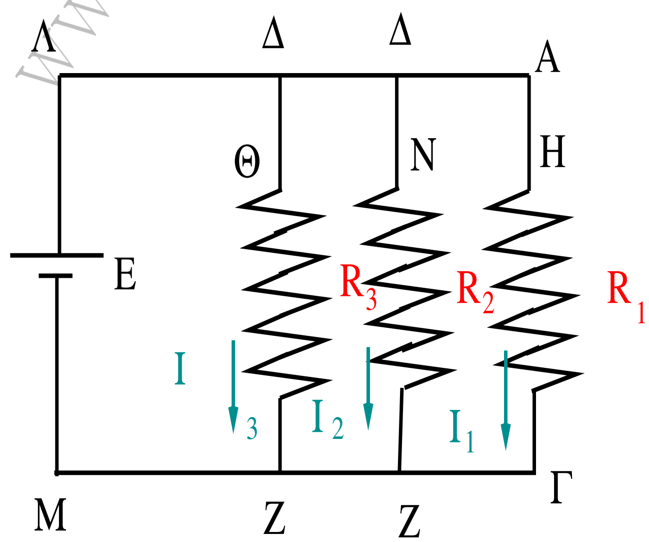
$$\begin{bmatrix} \sum F = M_\rho a \\ \sum F = F = 3\ N \\ M_{rho} = 1.2\ kg \end{bmatrix} \Longleftrightarrow a = 2.5\ m/s^2$$

Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση:

$$\begin{bmatrix} v = v_0 + a\Delta t \\ v_0 = 1\ m/s \\ a = 2.5\ m/s^2 \\ \Delta t = t_2 - t_1 = 2\ s \end{bmatrix} \Longleftrightarrow v = 6\ m/s$$

Δ4.

Μόλις κλείνει ο διακόπτης, η ράβδος παίζει το ρόλο πηγής σε ένα κύκλωμα. Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα είναι το εξής:



Η ράβδος ΛΜ που πάιζει το ρόλο της πηγής έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση. Ο εσωτερικός κυκλικός αγωγός χωρίζεται σε δύο αντιστάσεις ίσες μεταξύ τους από τη σχέση:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

καθώς τα δύο ημικύκλια έχουν το ίδιο μήκος.

Επομένως η ολική αντίσταση θα είναι (καθώς έχουμε τρεις αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα):

$$\begin{bmatrix} \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} \\ \\ R_1 = 10\ \Omega \\ \\ R_2 = 5\ \Omega \\ \\ R_3 = 5v\ \Omega \end{bmatrix} \Longleftrightarrow R = 2\ gO,$$

Η ΗΕΔ από επαγωή είναι:

$$\begin{bmatrix} E = BvL \\ B = 1\ T \\ v = 6\ m/s \\ L = 1\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow E = 6\ V$$

Και το ρεύμα που διαρρέει τη ράβδο (την πηγή του κυκλώματος)

$$\begin{bmatrix} I = \dfrac{E}{R} \\ \\ E = 6\ V \\ \\ R = 2\ \Omega \end{bmatrix} \Longleftrightarrow I = 3\ A$$

Η δύναμη Laplace που δέχεται η ράβδος θα είναι:

$$\begin{bmatrix} F_L = BIL \\ I = 3\ A \\ B = 1\ T \\ L = 1\ m \end{bmatrix} \Longleftrightarrow F_L = 3\ N$$

Η επιτάχυνση της ράβδου θα είναι από τον Δεύτερο Νόμο του Newton

$$\begin{bmatrix} \sum F = ma \\ \sum F = F - F_L \\ F = 3\ N \\ F_L = 3\ N \end{bmatrix} \Longleftrightarrow a = 0$$

Επομένως η ράβδος κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.

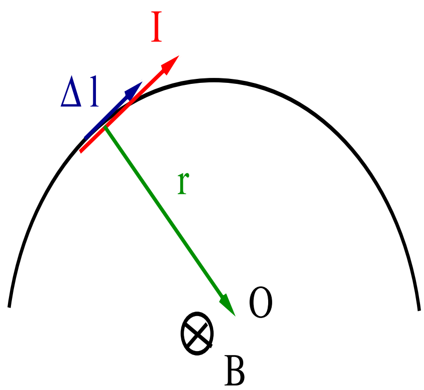
Από το νόμο του Ohm τα τρία ρεύματα θα είναι (**καθώς οι αντιστάσεις έχουν στα άκρα τους τάση** E)

$$\begin{bmatrix} I_1 = \dfrac{E}{R_1} = \dfrac{6}{10} = 0.6\ A \\ I_2 = \dfrac{E}{R_2} = \dfrac{6}{5} = 1.2\ A \\ I_3 = \dfrac{E}{R_3} = \dfrac{6}{10} = 1.2\ A \end{bmatrix}$$

Δ5.

1. θα χρησιμοποιήσουμε το νόμο των Biot-Savart

Παρατηρούμε ότι η γωνία του r με το Δl είναι ορθή επομένως το $\eta\mu\theta = 1$. Επίσης παρατηρούμε ότι το μαγνητικό πεδίο είναι ανεξάρτητο από τη γωνία ϑ και το Δl επομένως μπορεί να βγει έξω από το άθροισμα. Επίσης το συνολικό μήκοςε του αγωγού είναι το μήκος του ημικυκλίου, επομένως $\sum \Delta l = \pi r$



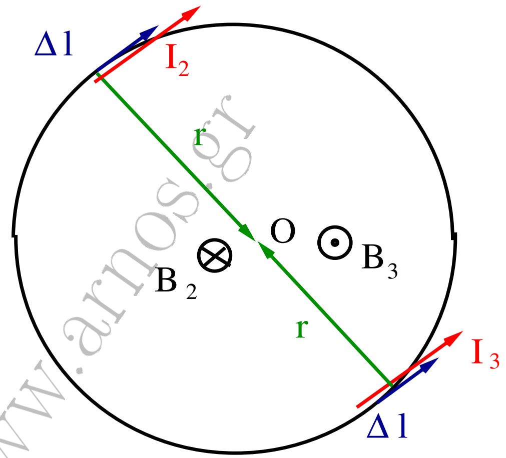
Τότε:

$$\left[\begin{array}{c} B=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I_1\Delta l}{r^2} \\ \\ I_1=0.6\ A \\ \\ \mu_0=4\pi 10^{-7}\ Wb/A.m \\ \\ r=\dfrac{L}{2}=0.5\ m \end{array}\right] \Longleftrightarrow B=1.2\times 10^{-7}\ T$$

Από τον κανόνα του δεξιού χεριού, το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

2. Στην περίπτωση του κυκλικού αγωγού:

Παρατηρούμε ότι έχουμε δύο ημικυκλικούς αγωγούς οι οποίοι έχουν ίδια ακτίνα, αλλά αντίθετη φορά ρεύματος. Επομένως όπως ακριβώς και προηγούμενα αν υπολογίσουμε το μαγνητικό πεδίο στο κέντρο του κύκλου θα βρούμε ότι έχει τα ίδια μέτρα. Η αντίθετη φορά ρεύματος όμως από τον κανόνα του δεξιού χεριού μας δίνει αντίθετες φορές πεδίων. Επομένως το συνολικό πεδίο που οφείλεται στον κυκλικό αγωγό είναι μηδενικό.



Το συνολικό πεδίο του συστήματος είναι το πεδίο που οφείλεται στον ημικυκλικό αγωγό, δηλαδή έχει μέτρο $B=1.2\times 10^{-7}\ T$ και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.