ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ Καρακάξης
ΘΕΤΙΚΗ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ
ΓΥΜΝΑΣΙΟ - ΛΥΚΕΙΟ

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ
ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ Γ’ ΛΥΚΕΙΟΥ 2024

ΘΕΜΑ Α

Α1. δ, **Α2**. γ, **Α3**. γ, **Α4**. β

Α5. α-Σ, β-Λ, γ-Σ, δ-Σ, ε-Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1. (ii)

Από την εξίσωση της φάσης ϕ_1 του ηλεκτρικού πεδίου του Η/Μ κύματος στην πρώτη περίπτωση, έχουμε ότι: $f_1 = 10^{15} Hz$ και $\lambda_{1max} = 3 \cdot 10^{-7} m$.

Από τον Νόμο μετατόπισης Wien έχουμε: $\lambda_{1max} T_1 = \lambda_{2max} T_2 \Rightarrow \lambda_{2max} = \frac{\lambda_{1max}}{2}$ [1]

Επειδή η διάδοση του Η/Μ κύματος γίνεται στο κενό και στις δύο περιπτώσεις, η ταχύτητα διάδοσης θα είναι ίδια, οπότε: $c_1 = c_2 \Rightarrow \lambda_{1max} f_1 = \lambda_{2max} f_2 \overset{[1]}{\Rightarrow} f_2 = 2 f_1$ [2]

Για τη δεύτερη περίπτωση, λοιπόν, η φάση ϕ_2 του ηλεκτρικού πεδίου του Η/Μ κύματος είναι:

$$\varphi_2 = 2\pi\left(f_2 \mathrm{t} - \frac{\mathrm{x}}{\lambda_2}\right) \xrightarrow{[1],[2]} \varphi_2 = 2\pi\left(2 \cdot 10^{15}\mathrm{t} - \frac{2 \cdot 10^7}{3}\mathrm{x}\right), (S.I.)$$

Β2. (i)

Στο πείραμα 1 η ενέργεια των φωτονίων της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι:

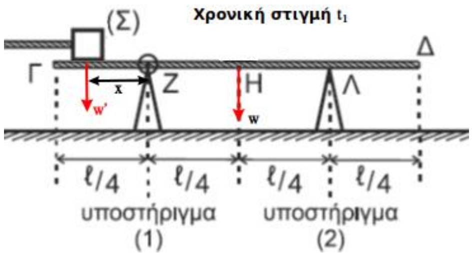
$$E_1 = h f_1 \underset{c = \lambda_1 f_1}{\overset{\kappa\varepsilon\nu\acute{o}}{\Longrightarrow}} E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{1250}{375} = \frac{10}{3} eV$$

Είναι: $\varphi_{Βάριο} = 2{,}5 eV = \frac{7{,}5}{3} eV$, $\varphi_{Βολφράμιο} = 4{,}5 eV = \frac{13{,}5}{3} eV$, $\varphi_{Ταντάλιο} = 4{,}2 eV = \frac{12{,}6}{3} eV$

Για να εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια από τη μεταλλική επιφάνεια, πρέπει η ενέργεια των φωτονίων της προσπίπτουσας ακτινοβολίας να είναι μεγαλύτερη από το έργο εξαγωγής του μετάλλου, οπότε η μεταλλική επιφάνεια θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από Βάριο, καθώς $E_1 < \varphi_{Βολφράμιο}$ και $E_1 < \varphi_{Ταντάλιο}$.

Β3. α (ii), **β** (i)

α. Τη χρονική στιγμή t_1 η δοκός ΓΔ χάνει οριακά την επαφή της με το υποστήριγμα οπότε δεν δέχεται δύναμη από αυτό και ισορροπεί (οριακά) σε οριζόντια θέση όπως στο σχήμα.



Από τη στροφική ισορροπία έχουμε: $\Sigma\tau_{(Z)} = 0 \overset{\odot +}{\Longrightarrow} w' x - w \frac{l}{4} = 0 \Rightarrow x = \frac{l}{8}$

Άρα η απόσταση που έχει διανύσει το σώμα Σ από τη χρονική στιγμή t=0 που βρισκόταν στο μέσον Η μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 είναι ίση με: $s_{\Sigma(0,1)} = x + \frac{l}{4} \Rightarrow s_{\Sigma(0,1)} = \frac{3l}{8}$

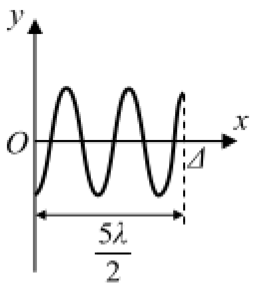
β. Έστω Ρ το σημείο της περιφέρειας του δίσκου που ακουμπάει η ράβδος ΑΒ.

Ο δίσκος κυλίεται χωρίς να ολισθαίνει οπότε: $\upsilon_P = 2\upsilon_{cm}$ [1]

Επειδή, ταυτόχρονα, δεν παρατηρείται ολίσθηση μεταξύ δίσκου και ράβδου ΑΒ, το σημείο Ρ έχει την ίδια ταχύτητα με τη ράβδο και επομένως και με το σώμα Σ. Οπότε είναι: $\upsilon_P = \upsilon \overset{[1]}{\Rightarrow} 2\upsilon_{cm} = \upsilon \xRightarrow{\upsilon=\sigma\tau\alpha\theta} 2\frac{s_{cm(0,1)}}{t_1 - t_0} = \frac{s_{\Sigma(0,1)}}{t_1 - t_0} \Rightarrow s_{cm(0,1)} = \frac{s_{\Sigma(0,1)}}{2} \Rightarrow s_{cm(0,1)} = \frac{3l}{16}$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. α) Σε κάθε περίοδο ένα υλικό σημείο που ταλαντώνεται διέρχεται δύο φορές από τη θέση ισορροπίας του. Αφού σε Δt=60s το Ο διέρχεται 60 φορές από τη θέση ισορροπίας του, τότε είναι $T = 2s$, οπότε $f = 0{,}5Hz$.



β) Μεταξύ Ο και Δ έχουμε όπως φαίνεται στο διπλανό ποιοτικό διάγραμμα δύο όρη ενώ το Ο είναι κοιλάδα και το Δ το 3ο κατά σειρά όρος.

Οπότε: $x_\Delta = 2\lambda + \frac{\lambda}{2} = \frac{5\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 1m$

γ) $\upsilon_\delta = \lambda f = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \upsilon_\delta = 0{,}5\frac{m}{s}$

δ) Ο χρόνος για να φθάσει το κύμα στο Δ είναι: $t_\Delta = \frac{x_\Delta}{\upsilon_\delta} \Rightarrow t_\Delta = 5s = \frac{5T}{2}$

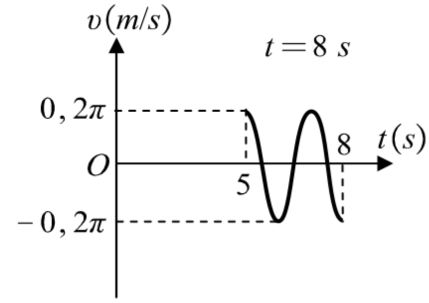
Άρα το Ο θα έχει εκτελέσει 2,5 ταλαντώσεις οπότε το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει είναι: $4A + 4A + 2A = 10A = 2m \Rightarrow A = 0{,}2m$

Γ2. Το υλικό σημείο Δ($x_\Delta = 2{,}5m$) θα αρχίσει να ταλαντώνεται τη στιγμή $t_\Delta = \frac{x_\Delta}{\upsilon_\delta}$. Επομένως μια τυχαία χρονική στιγμή t μετά την t_Δ, το Δ θα ταλαντώνεται επί χρόνο $t - t_\Delta$με το πλάτος της ταλάντωσής του να είναι ίδιο με αυτό της ταλάντωσης του Ο. Οπότε: $y_\Delta = A\eta\mu[\omega(t - t_\Delta)] \Rightarrow y_\Delta = A\eta\mu\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x_\Delta}{\upsilon_\delta}\right)\right] \Rightarrow$

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

Γ3. Από προηγούμενο ερώτημα έχουμε: $y_\Delta = 0{,}2\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{2} - \frac{2{,}5}{1}\right)\right] \Rightarrow y_\Delta = 0{,}2\eta\mu[\pi t - 5\pi], (S.I.), t \geq 5s$

Οπότε για την ταχύτητα του Δ προκύπτει: $\upsilon_\Delta = \omega A\sigma\upsilon\nu(\varphi_\Delta) \Rightarrow \upsilon_\Delta = 0{,}2\pi\sigma\upsilon\nu(\pi t - 5\pi), (S.I.), t \geq 5s$



Γ4. 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, δλδ. είναι συμφασικά και απέχουν απόσταση ίση με ένα λ': $x_\Delta = \lambda' \Rightarrow x_\Delta = \frac{\upsilon_\delta}{f'} \Rightarrow f' = 0{,}2Hz$

Επομένως η μείωση είναι: $|\Delta f| = |f' - f| \Rightarrow |\Delta f| = 0{,}3Hz$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. α) Για το σύστημα $m - M_\rho$ ισχύει σε τυχαία θετική απομάκρυνση x από τη Θ.Ι. του (η οποία ταυτίζεται με τη Θ.Φ.Μ. του ελατηρίου) ότι $\Sigma F = -F_{\varepsilon\lambda} = -kx$, οπότε το σύστημα εκτελεί α.α.τ. με $D = k = 10N/m$, ξεκινώντας από τη θέση (1) χωρίς ταχύτητα, οπότε αυτή η θέση θα είναι ακραία για την ταλάντωσή του, δλδ. $A = \Delta l = 0{,}4m$. Από τη σταθερά επαναφοράς έχουμε επίσης: $D = (m + M_P)\omega^2 \Rightarrow \omega = 2{,}5rad/s$

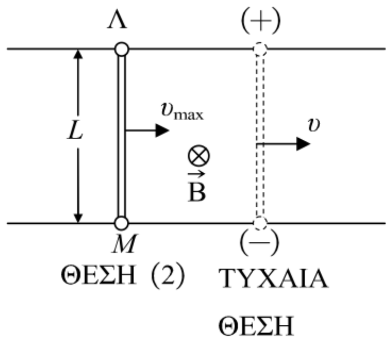
Η ράβδος ΛΜ εκτελεί κι αυτή α.α.τ. για όσο χρόνο μένει σε επαφή με το σώμα Σ, έχοντας τη δική της σταθερά επαναφοράς D_P. Σε τυχαία απομάκρυνση x από τη Θ.Ι. θα ισχύει λοιπόν $\Sigma F = -D_P x \Rightarrow N_{\Sigma\to M_{P0}} = -D_P x$

Όταν η ράβδος ΛΜ αποχωριστεί από το σώμα Σ παύει να ασκείται η δύναμη από το σώμα Σ, δλδ. $N_{\Sigma\to M_{P0}} = 0 \Rightarrow -D_P x = 0 \Rightarrow x = 0m$, δλδ. στη θέση όπου το ελατήριο θα αποκτήσει το φυσικό του μήκος για πρώτη φορά μετά τη στιγμή που αφήσαμε ελεύθερο το σύστημα.

β) Η μέγιστη ταχύτητα με την οποία φτάνει το σύστημα στη Θ.Ι. θα είναι ταυτόχρονα και η μέγιστη του σώματος Σ για την ταλάντωση που θα εκτελέσει μετά τον αποχωρισμό της ράβδου ΛΜ, έχοντας γων.

συχνότητα $\omega' = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega' = 5rad/s : \upsilon_{max} = \upsilon'_{max} \Rightarrow \omega A = \omega' A' \Rightarrow A' = 0{,}2m$

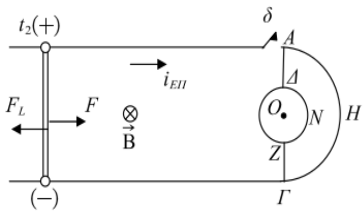
Δ2. Καθώς η ράβδος ΛΜ κινείται προς τα δεξιά η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από την επιφάνεια που ορίζει με την κίνηση της μεταβάλλεται με τον χρόνο, οπότε σύμφωνα με τον νόμο του Faraday επάγεται στα άκρα της μία ΗΕΔ $E_{\varepsilon\pi} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = B\upsilon L$, με τέτοια πολικότητα που καθορίζεται από τον προσανατολισμό των ηλεκτρονίων μέσω της δύναμης Lorenz που τους ασκεί το ΟΜΠ (σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δαχτύλων του δεξιού χεριού) όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

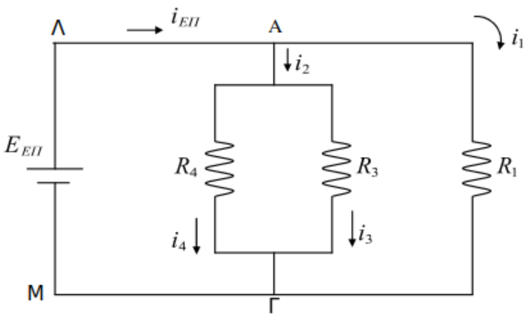


Δ3. Από $t = 0s$ έως $t_1 = 1s$, η ράβδος ΛΜ δεν δέχεται κάποια δύναμη στη διεύθυνση της κίνησης, οπότε κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, άρα $\upsilon_1 = \upsilon'_{max} = 1\text{m/s}$.

Από $t_1 = 1s$ έως $t_2 = 3s$, η ράβδος ΛΜ δέχεται τη σταθερή δύναμη $\vec{F}$, οπότε επιταχύνεται ομαλά, με επιτάχυνση $\alpha = \frac{F}{M_P} \Rightarrow \alpha = 2{,}5m/s^2$, άρα $\upsilon_2 = \upsilon_1 + \alpha(t_2 - t_1) \Rightarrow \upsilon_2 = 6m/s$

Δ4. α) Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ), δλδ. την $t_2 = 3s$, το κλειστό κύκλωμα που σχηματίζεται, διαρρέεται από ρεύμα οπότε η ράβδος δέχεται επιπλέον μία δύναμη Laplace η οποία σύμφωνα με τη φορά του επαγωγικού ρεύματος και τον κανόνα των τριών δακτύλων δεξιού χεριού έχει αντίθετη φορά από την $\vec{F}$ και έχει μέτρο $F_L = BI_{\varepsilon\pi}L$ [1].





Ο κυκλικός αγωγός (ΔΝΖΘ) είναι κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής (Α=σταθ) και έχει αντίσταση R_2. Επειδή γενικά $R = \rho\frac{l}{A}$, το κάθε ημικύκλιο θα έχει αντίσταση $R_2/2$.

Άρα $R_3 = R_4 = 5\Omega$ και είναι συνδεδεμένες παράλληλα, οπότε $R_{3,4} = \frac{R_3R_4}{R_3+R_4} = 2{,}5\Omega$

$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{O\Lambda}}$ όπου $\begin{cases} E_{\varepsilon\pi} = B\upsilon_2 L = 6V \\ \frac{1}{R_{O\Lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{3,4}} = 2\Omega \end{cases}$ άρα $I_{\varepsilon\pi} = 3A$

Από [1]$\Rightarrow F_L = 3N$

Άρα $\Sigma F = F - F_L = 3 - 3 \Rightarrow \Sigma F = 0$ επομένως αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ), δλδ. μετά τη χρονική στιγμή t_2, η ράβδος ΛΜ θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

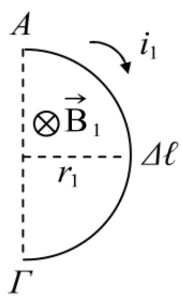
β) Από (α) $I_{\varepsilon\pi} = 3A$ (ράβδος)

Παράλληλη σύνδεση οπότε $V_{A\Gamma} = V_{\Lambda M} = E_{\varepsilon\pi} \Rightarrow V_{A\Gamma} = 6V$

Από Νόμο Ohm σε κάθε αντιστάτη: $I_1 = \frac{V_{A\Gamma}}{R_1} \Rightarrow I_1 = 0{,}6A$, $I_3 = I_4 = \frac{V_{A\Gamma}}{R_3} \Rightarrow I_3 = I_4 = 1{,}2A$

Δ5. α) Χωρίζουμε τον ημικυκλικό αγωγό σε πολύ μικρά τμήματα Δl_1, Δl_2, κ.ο.κ.

Σύμφωνα με τον Νόμο Biot-Savart κάθε ένα τέτοιο τμήμα δημιουργεί αντίστοιχα στο κέντρο Ο μαγνητικό πεδίο μέτρου: $\Delta B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1\Delta l_1}{r_1^2}\eta\mu 90^0$, $\Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1\Delta l_2}{r_1^2}\eta\mu 90^0$, κ.ο.κ.



Το μαγνητικό πεδίο Β που δημιουργεί ολόκληρος ο κυκλικός αγωγός προκύπτει από το διανυσματικό άθροισμα των πεδίων που δημιουργούν τα τμήματα του αγωγού, και επειδή όλα έχουν την ίδια κατεύθυνση που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, έχουμε:

$$B_{(O)_{A H\Gamma}} = \Delta B_1 + \Delta B_2 + \cdots \Rightarrow B_{(O)_{AH\Gamma}} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1(\Delta l_1 + \Delta l_2 + \cdots)}{r_1^2} \xRightarrow{\text{Ημικύλιο}} \Delta l_1 + \Delta l_2 + \cdots = \pi r_1$$

$\Rightarrow B_{(O)_{AH\Gamma}} = \frac{\mu_0}{4}\frac{I_1}{r_1} \Rightarrow B_{(O)_{AH\Gamma}} = 1{,}2\pi 10^{-7}T, \otimes$

β) Οι ημικυκλικοί αγωγοί ΔΝΖ και ΔΘΖ διαρρέονται από ίσα ρεύματα άρα δημιουργούν στο κέντρο Ο μαγνητικά πεδία, ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης, δλδ. $B_{(O)_{\Delta NZ}} = -B_{(O)_{\Delta\Theta Z}}$

Άρα $B_{(O)_{O\Lambda}} = B_{(O)_{AH\Gamma}} + B_{(O)_{\Delta NZ}} + B_{(O)_{\Delta NZ}} \Rightarrow B_{(O)_{O\Lambda}} = 1{,}2\pi 10^{-7}T, \otimes$