ΘΕΜΑ Α

Α1. δ

Α2. γ

Α3. γ

Α4. β

Α5. α) Σωστό β) Λάθος γ) Σωστό δ) Σωστό ε) Λάθος

ΘΕΜΑ Β

Β1.

Η φάση δίνεται από την εξίσωση

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

Επειδή ισχύει για κάθε x, t ισχύει

$$\frac{1}{T} = 10^{15}\ \mathrm{Hz}$$

$$f = 10^{15}\ \mathrm{Hz}$$

Και

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{10^{7}}{3}\ \mathrm{m}^{-1}$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

Ισχύει από τον Νόμο του Wien

$$\lambda_{1,\max}T_1 = \lambda_{2,\max}T_2$$

$$3 \cdot 10^{-7}T_1 = \lambda_{2,\max}2T_1$$

$$\lambda_{2,\max} = 1{,}5 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

Η ταχύτητα διάδοσης των Η/Μ στο κενό είναι $c = 3 \cdot 10^{8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ οπότε

$$f_2 = \frac{c}{\lambda_{2,\max}}$$

$$f_2 = \frac{3 \cdot 10^{8}}{1{,}5 \cdot 10^{-7}}\ \mathrm{Hz}$$

$$f_2 = 2 \cdot 10^{15}\ \mathrm{Hz}$$

Άρα η φάση δίνεται από την εξίσωση

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

Β2.

Γνωρίζουμε από την εξίσωση του Einstein πως

$$hf_1 = K_1 + \varphi$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = K_1 + \varphi \qquad (1)$$

καθώς και

$$hf_2 = K_2 + \varphi$$

Το ηλεκτρόνιο καθώς θα μπει στο μαγνητικό πεδίο θα εκτελέσει κυκλική κίνηση ακτίνας

$$R = \frac{m\upsilon}{eB}$$

Και η στροφορμή θα είναι

$$L = m\upsilon R$$

$$L = m\upsilon\ \frac{m\upsilon}{eB}$$

$$L = \frac{m^2\upsilon^2}{eB}$$

$$L = \frac{2mK}{eB}$$

Επειδή $L_2 = 5L_1$

$$\frac{2mK_2}{eB} = 5\frac{2mK_1}{eB}$$

$$K_2 = 5K_1$$

από την εξίσωση του Einstein για το δεύτερο πείραμα

$$\frac{hc}{\lambda_2} = 5K_1 + \varphi \qquad (2)$$

Από τις σχέσεις (1),(2) προκύπτει

$$\frac{2hc}{\lambda_1} = 5\left(\frac{hc}{\lambda_1} - \varphi\right) + \varphi$$

$$\frac{2hc}{\lambda_1} = \frac{5hc}{\lambda_1} + 4\varphi$$

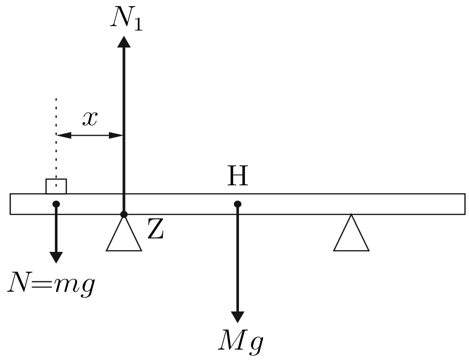
$$\varphi = \frac{3hc}{4\lambda_1}$$

$$\varphi = \frac{(3 \cdot 1250)\ \mathrm{eV} \cdot \mathrm{nm}}{4 \cdot 375\ \mathrm{nm}}$$

$$\varphi = 2{,}5\ \mathrm{eV}$$

Άπα σωστή απάντηση είναι η (i) το Βάριο

B3.



Λίγο πριν ανατραπεί η ράβδος η δύναμη από υποστήριγμα (2) μηδενίζεται και η ράβδος οριακή ισορροπεί

$$\Sigma\tau_Z = 0$$

$$mgx - \frac{Mg\ell}{4} = 0$$

$$mgx = \frac{mg\ell}{8}$$

$$x = \frac{\ell}{8}$$

Οπότε η απόσταση που έχει διανύσει το σώμα Σ είναι

$$s = \frac{\ell}{4} + x$$

$$s = \frac{\ell}{4} + \frac{\ell}{8}$$

$$s = \frac{3\ell}{8}$$

Άρα α) ii

Ο χρόνος η ράβδος επειδή δεν γλιστρά πάνω στον κύλινδρο έχει την ίδια ταχύτητα με το ανώτερο σημείο του κυλίνδρου η οποία είναι 2υ δηλαδή

$$\upsilon_\Sigma = 2\upsilon$$

Ο χρόνος που χρειάζεται για να διανύσει το σώμα Σ την απόσταση s είναι

$$t = \frac{s}{\upsilon_\Sigma}$$

$$t = \frac{\frac{3\ell}{8}}{2\upsilon}$$

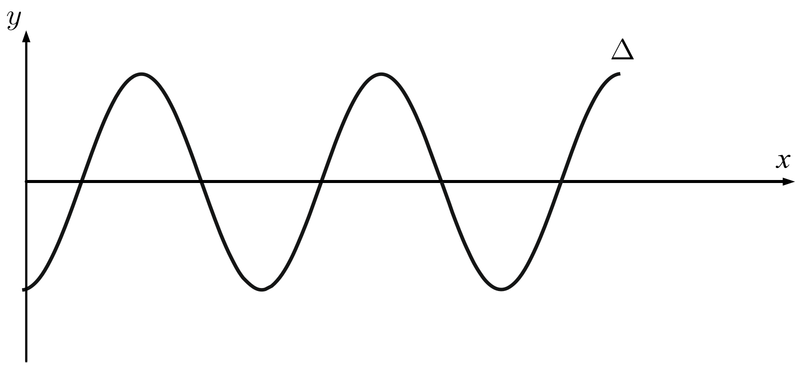
$$t = \frac{3\ell}{16\upsilon}$$

Άρα σωστή απάντηση β) i

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.

Από τα δεδομένα του προβλήματος προκύπτει το γράφημα



Από σχήμα προκύπτει πως

$$2\lambda + \frac{\lambda}{2} = x_\Delta$$

$$\lambda = \frac{2}{5} x_\Delta$$

$$\lambda = 1\ \mathrm{m}$$

Από τα δεδομένα της άσκησης προκύπτει πως σε ένα λεπτό περνά από την θέση ισορροπίας 60 φορές άρα εκτελεί 30 ταλαντώσεις δηλαδή η συχνότητα του κύματος είναι

$$f = \frac{N}{t}$$

$$f = \frac{30\ \text{ταλαντώσεις}}{1\ \mathrm{min}}$$

$$f = 0{,}5\ \mathrm{Hz}$$

Η περίοδος του κύματος είναι

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = 2\ \mathrm{s}$$

Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος θα είναι

$$\upsilon = \lambda f$$

$$\upsilon = 0{,}5\ \mathrm{m/s}$$

Το κύμα για διαδοθεί κατά $2\lambda + \frac{\lambda}{2}$ απαιτεί χρόνο $2T + \frac{T}{2}$ επίσης σε μια ταλάντωση το σημείο Δ διανύει διάστημα $4A$ ενώ σε χρόνο $\frac{T}{2}$ διανύει $2A$ έτσι σε χρόνο $2T + \frac{T}{2}$ διανύει απόσταση $8A + 2A = 10A$

Από τα δεδομένα προκύπτει

$$s = 10A$$

$$A = 0{,}2\ m$$

Γ2.

Το σημείο Δ θα αρχίσει να εκτελεί ταλάντωση μετά από χρόνο $t_\Delta = \frac{x_\Delta}{\upsilon}$ και η εξίσωση ταλάντωσής του θα είναι

$$y = A\,\text{ημ}\,\omega(t - t_\Delta)$$

$$y = A\,\text{ημ}\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x_\Delta}{\upsilon}\right)$$

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

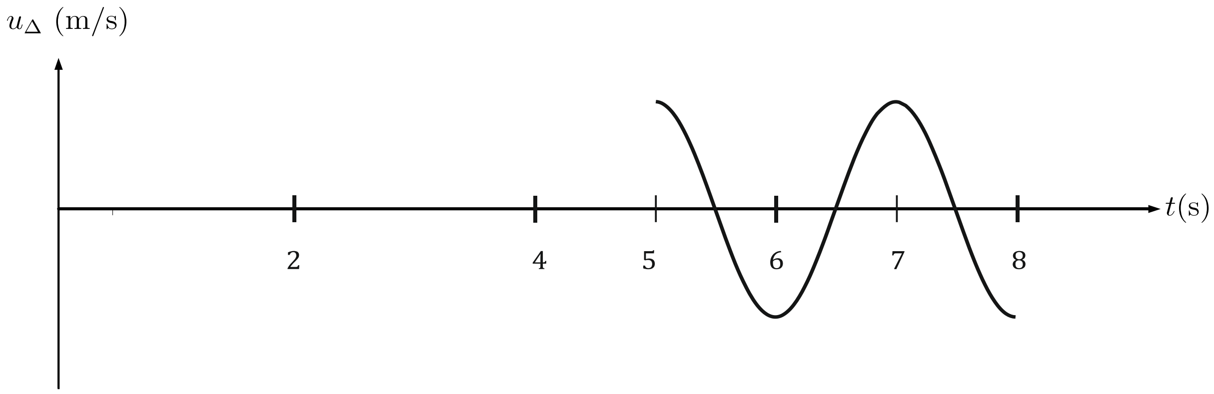
$$y = 0{,}2\,\text{ημ}\,2\pi\left(\frac{t}{2} - x_\Delta\right)$$

$$y = 0{,}2\,\text{ημ}\,\pi(t - 5)\quad (\mathrm{S.I.})$$

Γ3.

$$u = \omega A\,\text{συν}\,2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Delta}{\lambda}\right)$$

$$u = 0{,}2\pi\,\text{συν}\,\pi(t - 5)\quad (\mathrm{S.I.})$$



Γ4.

Επειδή το σημείο Δ και η πηγή Ο είναι δυο διαδοχικά σημεία με την ίδια απομάκρυνση και την ίδια ταχύτητα σημαίνει πως η απόστασή τους είναι ίση με ένα μήκος κύματος δηλαδή

$$x_\Delta = \lambda'$$

$$\lambda' = 2{,}5\ \mathrm{m}$$

Επειδή η ταχύτητα διάδοσης του κύματος παραμένει σταθερή

$$\upsilon = \lambda' f'$$

$$f' = \frac{0{,}5}{2{,}5}\ \mathrm{Hz}$$

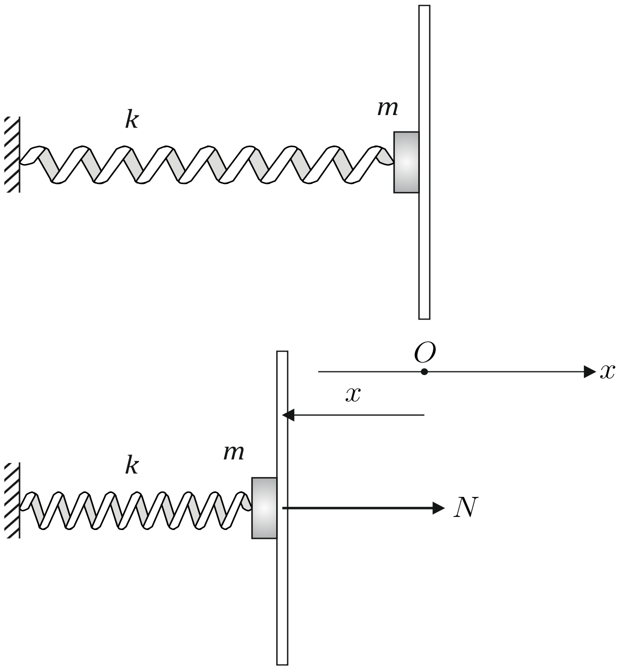
$$f' = 0{,}2\ \mathrm{Hz}$$

Επομένως η συχνότητα της πηγής πρέπει να ελαττωθεί κατά 0,3 Hz

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

α)



Στο σύστημα σώμα Σ και ράβδος δέχεται την δύναμη ελατηρίου δηλαδή

$$\Sigma F = -kx$$

Όταν τα σώματα βρίσκονται σε επαφή εκτελούν δηλαδή ταλάντωση με κυκλική συχνότητα

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m + M_\rho}} = \sqrt{\frac{10}{1{,}2 + 0{,}4}} = 2{,}5\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$$

Η ράβδος δέχεται δύναμη N από το σώμα και εκτελεί α.α.τ. οπότε

$$N = -M_\rho \omega^2 x$$

Για να μην χάνεται η επαφή θα πρέπει

$$N > 0$$

$$-M_\rho \omega^2 x > 0$$

$$x < 0$$

Άρα η ράβδος θα αποχωριστεί από το σώμα στην θέση ισορροπίας της που είναι και το φυσικό μήκος του ελατηρίου.

β)

Η ταχύτητα που έχει η ράβδος (και το σώμα) την στιγμή της αποχώρισης είναι

$$\upsilon = \omega A$$

$$\upsilon = \omega \Delta\ell$$

$$\upsilon = 2{,}5 \cdot 0{,}4 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$\upsilon = 1 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Το σώμα Σ μετά την αποχώρηση θα εκτελέσει ταλάντωση με σταθερά ταλάντωσης k και κυκλικής συχνότητας

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega' = 5\ \mathrm{rad/s}$$

Θα ισχύει

$$\upsilon = \omega' A'$$

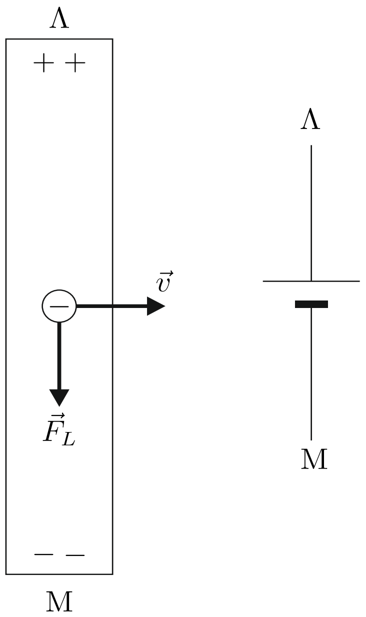
$$A' = \frac{\upsilon}{\omega'}$$

$$A' = \frac{1}{5}\ \mathrm{m}$$

$$A' = 0{,}2\ \mathrm{m}$$

Δ2

Η μεταλλική ράβδος περιέχει ηλεκτρόνια τα οποία επειδή κινείται η ράβδος μέσα σε μαγνητικό πεδίο δέχονται δύναμη Lorentz. Σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων η δύναμη στα ηλεκτρόνια θα είναι προς τα κάτω έτσι η Ηλεκτρική δύναμη στον αγωγό έχει τον θετικό πόλο στο Λ και τον αρνητικό στο Μ.



Δ3

Από την χρονική στιγμή t_1 μέχρι την χρονική στιγμή t_2 το κύκλωμα είναι ανοιχτό και δεν διαρρέεται από ρεύμα οπότε η μοναδική δύναμη που δέχεται η ράβδος είναι η δύναμη F

$$F = M_\rho a$$

$$a = \frac{3}{1{,}2}\ \mathrm{m/s^2}$$

$$a = 2{,}5\ \mathrm{m/s^2}$$

Η ταχύτητα της ράβδου στο χρονικό διάστημα θα είναι

$$\upsilon = \upsilon_0 + \alpha \Delta t$$

$$\upsilon = (1 + 2{,}5 \cdot 2)\ \mathrm{m/s}$$

$$\upsilon = 6\ \mathrm{m/s}$$

Δ4

α)

Η ράβδος την t_2 έχει ΗΕΔ

$$\mathcal{E} = \upsilon B \ell$$

$$\mathcal{E} = 6\ \mathrm{V}$$

Τα δύο τμήματα του κυκλικού αγωγού και ο ημικυκλικός αγωγός συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα.

Η αντίσταση κάθε τμήματος του κυκλικού αγωγού είναι ίση με το μισό της αντίστασης ολόκληρου του αγωγού γιατί η αντίσταση είναι ανάλογη του μήκους. Οπότε

$$R_{\mathrm{AH\Gamma}} = R_{\Delta \mathrm{NZ}} = \frac{R_2}{2} = 5\ \Omega$$

Η ολική αντίσταση θα είναι

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_{\mathrm{AH\Gamma}}}+\frac{1}{R_{\mathrm{AH\Gamma}}}+\frac{1}{R_{\Delta\mathrm{NZ}}}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{10}+\frac{1}{5}+\frac{1}{5}$$

$$R=2\ \Omega$$

$$I=\frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I=3\ \mathrm{A}$$

Η δύναμη Laplace που δέχεται η ράβδος είναι

$$F_L=BI\ell$$

$$F_L=1\cdot 3\cdot 1$$

$$F_L=3\ \mathrm{N}$$

Άρα η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ο αγωγός είναι μηδέν οπότε θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

β)

Η αντίσταση κάθε τμήματος του κυκλικού αγωγού είναι $R_{\Delta\mathrm{NZ}} = R_{\Delta\Theta\mathrm{Z}}=\frac{R_2}{2}=5\ \Omega$

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το δύο τμήματα του κυκλικού αγωγού είναι

$$I_1=I_2=\frac{\mathcal{E}}{R_{\Delta\mathrm{NZ}}}=\frac{6}{5}=1{,}2\ \mathrm{A}$$

$$I_3=\frac{\mathcal{E}}{R_{\mathrm{AH\Gamma}}}=\frac{6}{10}=0{,}6\ \mathrm{A}$$

Δ5

α)

Γνωρίζουμε από τον Νόμο του Biot-Savart ότι

$$\Delta B=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\Delta\ell}{r^2}\text{ημ}\,\theta$$

Για το ημικύκλιο

$$B=\sum\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\Delta\ell}{r^2}\text{ημ}\,90°$$

$$B=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}\sum\Delta\ell$$

$$B=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}\pi r$$

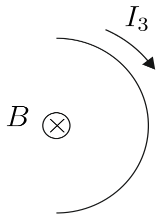
$$B=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r}\pi$$

Ο ημικυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα I_3 και έχει ακτίνα r_1 οπότε

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_3}{r_1}\pi$$

$$B = 10^{-7}\frac{0,6}{0,5}\pi \text{ T}$$

$$B = 1,2\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$$



β)

Τα δύο τμήματα διαρρέονται από ίσα ρεύματα και δημιουργούν αντίθετα μαγνητικά πεδία. Επομένως η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Ο είναι

$$B_{ολ} = B = 1,2\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$$