ΘΕΜΑ Α

Α1. —> δ
Α2. —> δ
Α3. —> α
Α4. —> α

Α5. Σ, Σ, Σ, Σ, Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1.
Σωστή επιλογή είναι η (γ).
Από την καμπύλη συντονισμού (διάγραμμα πλάτους – συχνότητα του διεγέρτη) παρατηρούμε τα εξής:

$$f_{oA} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m_A}} = 4f_1 \ , \ (1)$$

$$f_{oB} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m_B}} = 3f_1 , \ (2)$$

Διαιρώντας τις (1), (2) κατά μέλη παίρνουμε:

$$\frac{f_{oA}}{f_{oB}} = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}} = \frac{4}{3} \ \Rightarrow \ \frac{m_B}{m_A} = \frac{16}{9} \ \Rightarrow \ m_B = \frac{16}{9}m_A$$

Με τα δύο σώματα τοποθετημένα στον δίσκο, η καμπύλη συντονισμού παρουσιάζει μέγιστο στη συχνότητα

$$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m_A + m_B}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m_A + \frac{16}{9}m_A}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{\frac{25}{9}m_A}} \ \Rightarrow \ f_o = \frac{3}{5}\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m_A}} = \frac{3}{5}f_{oA} \ \Rightarrow \ f_o = 0,6f_{oA}$$

Άρα, το ζητούμενο ποσοστό μεταβολής είναι:

$$\Pi\% = \frac{f_o - f_{oA}}{f_{oA}}100\% = \frac{0,6f_{oA} - f_{oA}}{f_{oA}}100\% \ \Rightarrow \ \Pi\% = -40\%$$

Β2.
Σωστή απάντηση είναι η (β).
Όταν ο διακόπτης δ κλείνει, στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται $E_{ΑΥΤ}$ τέτοιας πολικότητας, ώστε αυτό να αντιδρά στην αύξηση της τιμής της έντασης του ρεύματος, η οποία ξεκινώντας από την τιμή i=0 σταδιακά αυξάνεται για να πάρει τη μέγιστη τιμή της

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

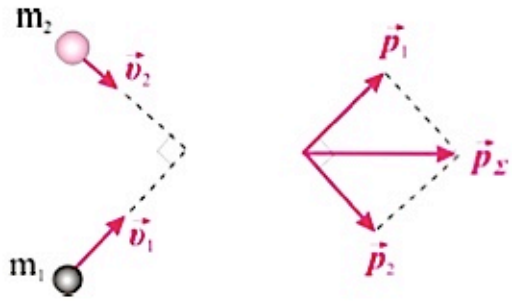
Ο 2ος κανόνας Kirchhoff κατά τη διάρκεια του φαινομένου γράφεται
$E - |E_{AYT}| - iR = 0 \implies |E_{AYT}| = E - iR \quad (1)$
Η σχέση (1) ως προς i είναι μια εξίσωση πρώτου βαθμού με αρνητική κλίση. Επομένως η ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή ξεκινώντας από μια μέγιστη τιμή μειώνεται καθώς η ένταση i αυξάνεται.
Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου στο πηνίο είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, $U = \frac{1}{2}L \cdot i^2$ οπότε κατά τη διάρκεια του φαινομένου, αυξάνεται και αυτή.

Β3.
Σωστή επιλογή είναι η (α).
Στην κεντρική πλαστική κρούση το δημιουργούμενο συσσωμάτωμα παραμένει ακίνητο. Άρα, τα σφαιρίδια πριν την κρούση έχουν αντίθετες ορμές, $\vec{P}_2 = -\vec{P}_1$ και όλη η μηχανική ενέργεια χάνεται μετατρεπόμενη σε θερμότητα.

$$\vec{p}_2 = -\vec{p}_1 \quad ή \quad m_2\upsilon_2 = m_1\upsilon_1 \xrightarrow{m_1=2m_2} \upsilon_2 = 2\upsilon_1$$

$$E_1 = Q_1 = \frac{1}{2}m_1\upsilon_1^2 + \frac{1}{2}m_2\upsilon_2^2 \Rightarrow E_1 = \frac{1}{2}2m_2\left(\frac{\upsilon_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}m_2\upsilon_2^2 \Rightarrow E_1 = \frac{3}{4}m_2\upsilon_2^2$$

Στην πλάγια κρούση οι αρχικές ορμές των σωμάτων είναι σε κάθετες διευθύνσεις και η ορμή του συσσωματώματος, από την ΑΔΟ, είναι: $\vec{p}_\Sigma = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$.



Από το πυθαγόρειο θεώρημα, έχουμε:

$$\left((m_1+m_2)V_\kappa\right)^2 = \left(2m_2\frac{\upsilon_2}{2}\right)^2 + (m_2\upsilon_2)^2 \Rightarrow$$

$$V_\kappa^2 = \frac{(m_2\upsilon_2)^2 + (m_2\upsilon_2)^2}{(3m_2)^2} \Rightarrow V_\kappa^2 = \frac{2}{9}\upsilon_2^2$$

Οπότε η απώλεια μηχανικής ενέργειας στη δεύτερη περίπτωση είναι:

$$E_2 = Q_2 = K_{αρχ} - K_{τελ} = E_1 - \frac{1}{2}(m_1+m_2)V_\kappa^2 \Rightarrow E_2 = \frac{3}{4}m_2\upsilon_2^2 - \frac{1}{2}3m_2\cdot\frac{2}{9}\upsilon_2^2 \Rightarrow E_2 = \frac{15}{36}m_2\upsilon_2^2$$

Άρα, ο ζητούμενος λόγος των απωλειών είναι:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{15}{36}m_2\upsilon_2^2}{\frac{3}{4}m_2\upsilon_2^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{5}{9}$$

B4.
Από τον νόμο του Wien εύκολα βρίσκουμε ότι η σωστή απάντηση είναι η (γ).
$\lambda_{max} \cdot T$ = Σταθερό

ΘΕΜΑ Γ
Γ1. Υπολογίζουμε πότε το κύμα θα φθάσει στο σημείο x_K :

$$\upsilon = \frac{x_\kappa}{t} \Longrightarrow t = \frac{x_\kappa}{\upsilon} \Longrightarrow t = \frac{2}{0{,}2} = 10sec$$

Αφού το σημείο x_K ξεκινά την ταλάντωση του την στιγμή 10 sec και την χρονική στιγμή 10,5 sec βρίσκεται για πρώτη φορά στην μέγιστη απομάκρυνση, σημαίνει ότι, η διαφορά των δύο χρονικών στιγμών δηλ τα 0,5 sec είναι το τέταρτο της περιόδου Τ. Άρα Τ = 2 sec. Γνωρίζοντας τώρα το υ και το Τ βρίσκω το λ = 0,4m.
Το ω του κύματος και της ταλάντωσης κάθε σημείου του ελαστικού μέσου θα είναι:

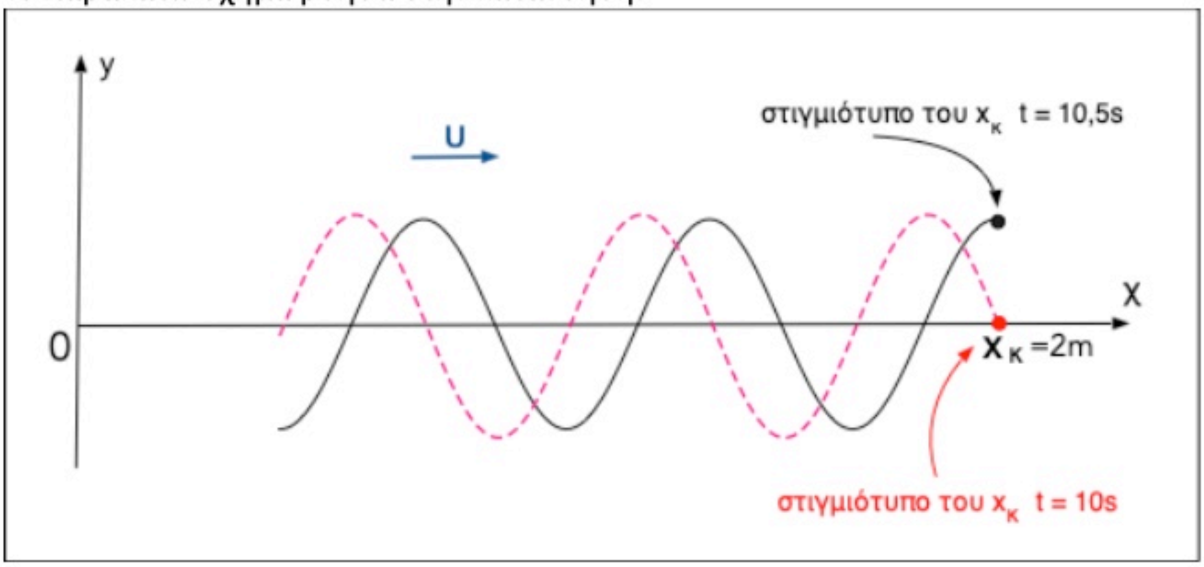
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{2} \Longrightarrow \omega = \pi\frac{rad}{sec}$$

Ακόμη αφού οι ακραίες θέσεις απέχουν d = 8cm, το πλάτος Α θα είναι: A = 4cm

Άρα η εξίσωση του εν λόγω κύματος θα είναι:

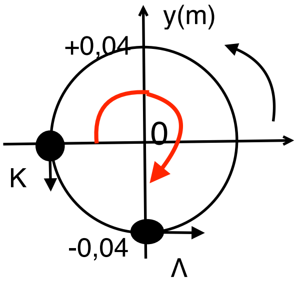
$$\boldsymbol{y = A\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})} \quad \boldsymbol{\delta\eta\lambda\alpha\delta\acute{\eta}} \quad \boldsymbol{y = 0{,}04\eta\mu 2\pi(\frac{t}{2} - \frac{x}{0{,}4})}$$

Το παρακάτω σχήμα βοηθά στην κατανόηση:



Γ2.

Για τα σημεία Κ και Λ, ηφάση στο Λ θα υπολείπετε της φάσης στο Κ κατά 3π/2, γιατί απέχουν 0,3m. Αν απείχαν λ=0,4m η φάση στο Λ θα υπολείπετο 2π. Τώρα που απέχουν 0,3m με την μέθοδο των τριών βρίσκουμε ότι η φάση του Λ υπολείπεται κατά 3π/2 της φάσης του Κ. Το Κ βρισκεται σε φάση περιττές φορές το π. Η περιστροφή είναι αντίθετη των δεικτών του ρολογιού.

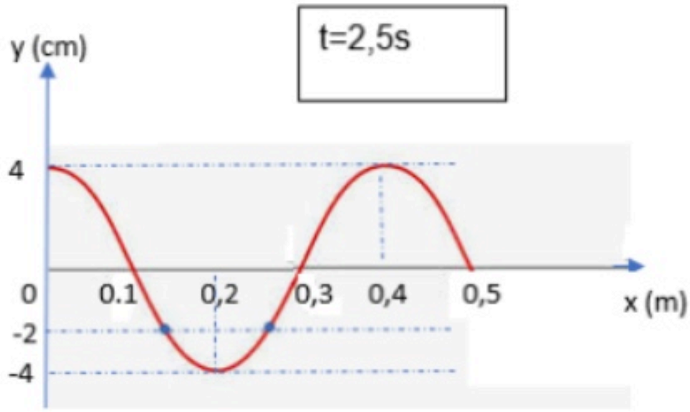


Αν το σημείο Λ έχει ταλαντώνεται για χρόνο >Τ σημαίνει στον κύκλο των φάσεων έκανε πάνω από μια περιστροφές. Το Κ βρίσκετε στο y = 0 κινούμενο στα αρνητικά όπως φαίνεται στο σχήμα έχοντας φάση μεγαλύτερη του Λ κατά 3π/2. Κινούμενοι προς τα πίσω κατά 3π/2 βρίσκουμε την φάση του Λ, το οποίο είναι στην μέγιστη απομάκρυνση προς τα κάτω(αρνητική) ξεκινώντας την προς την θετική κατεύθυνση κίνηση του.

Γ3 Το στιγμιότυπο του σχήματος τη χρονική στιγμή t=2,5 s φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα

$$x_{max} = \upsilon \cdot t = 2 \cdot 2,5 = 5m$$

$$\frac{\lambda}{4} = 0,1m$$



Από το στιγμιότυπο παρατηρούμε ότι αυτή τη χρονική στιγμή απομάκρυνση y=-2cm **έχουν 2 σημεία.**

Γ4

$$y_K = A\eta\mu\varphi_K$$

$$\alpha_K = -\alpha_{max}\eta\mu\varphi_K = -\omega^2 A\eta\mu\varphi_K \Rightarrow \alpha_K = -\omega^2 y \quad (1)$$

Αντικαθιστώντας στην (1) $\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \quad r/s$ έχουμε:

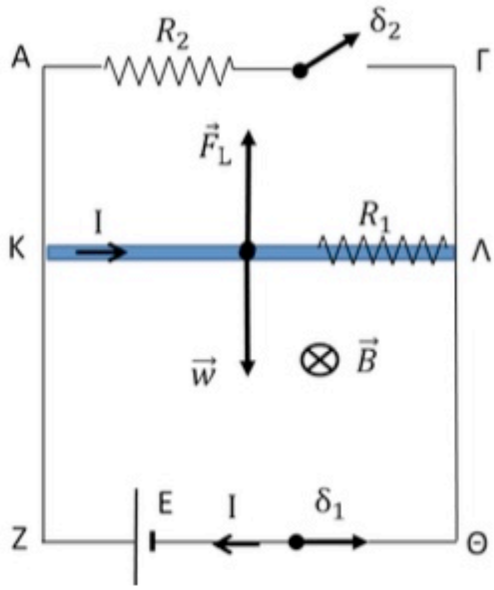
$$\alpha_K = -\omega^2 y \Rightarrow \alpha_K = -2 \cdot 10^{-2} \cdot \pi^2 \quad m/s^2$$

Γ5

$$\frac{dP}{dt} = \Sigma F = m\alpha = -m \cdot \omega^2 \cdot y$$

$$\left|\frac{dP}{dt}\right|_{max} = m \cdot \omega^2 \cdot A = 10^{-5} \cdot \pi^2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \left|\frac{dP}{dt}\right|_{max} = 4 \cdot \pi^2 10^{-7} \mathrm{N}$$

ΘΕΜΑ Δ



4.1. Όταν ο διακόπτης δ_2 είναι ανοιχτός και ο διακόπτης δ_1 κλειστός μόνο ο βρόχος ΚΛΘΖΚ διαρρέεται από ρεύμα. Ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί υπό την επίδραση του βάρους του $\vec{w}$ και της δύναμης Laplace, $\vec{F}_L$, που του ασκεί το μαγνητικό πεδίο.

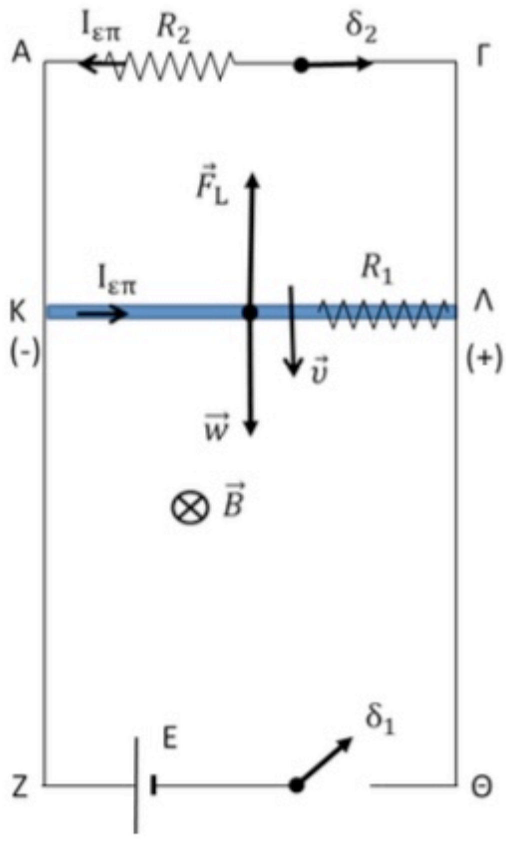
$$\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow F_L = w \Rightarrow BI\ell = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{B\ell} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = 1A$$

Όμως,

$$I = \frac{E}{R_1} \Rightarrow E = IR_1 \Rightarrow E = 0,5V$$

Μονάδες 6



4.2. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ ανοίγουμε το διακόπτη δ_1, κλείνουμε το διακόπτη δ_2 και εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ κατακόρυφα προς τα κάτω με ταχύτητα μέτρου $\upsilon_0 = 4\frac{m}{s}$. Στον αγωγό αναπτύσσεται επαγωγική τάση με την πολικότητα που φαίνεται στο σχήμα. Όταν ο αγωγός έχει ταχύτητα μέτρου υ, η επαγωγική τάση στο αγωγό ΚΛ είναι ίση με

$$E_{\varepsilon\pi} = B\ell\upsilon \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} = \upsilon\ (SI)$$

Μόνο ο βρόχος ΚΛΓΑΚ διαρρέεται από ρεύμα που έχει ένταση

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{\upsilon}{2}\ (SI)$$

Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow w - F_L = ma \Rightarrow a = \frac{mg - BI_{\varepsilon\pi}\ell}{m} \Rightarrow a = 10\left(1 - \frac{\upsilon}{2}\right)\ (SI)$$

Για $t_0 = 0$: $a = 10\left(1 - \frac{\upsilon_0}{2}\right) \Rightarrow\ a = -10\frac{m^2}{s} < 0$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο αγωγός ΚΛ εκτελεί μη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση και αποκτά οριακή ταχύτητα τη χρονική στιγμή t_1 κατά την οποία $a = 0$. Επομένως,

$$0 = 10\left(1 - \frac{\upsilon_{o\rho}}{2}\right) \Rightarrow \upsilon_{o\rho} = 2\frac{m}{s}$$

Μονάδες 6

4.3. Όταν η ταχύτητα του αγωγού ΚΛ έχει μέτρο $\upsilon = 3\frac{m}{s}$, η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται έχει μέτρο: $\Sigma F = ma \Rightarrow \Sigma F = 0{,}1 \cdot 10 \cdot \left(1 - \frac{3}{2}\right) N \Rightarrow \Sigma F = -0{,}5N$

Σύμφωνα με τη γενικότερη διατύπωση του θεμελιώδους νόμου της μηχανικής

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta p}{\Delta t} = -0{,}5\ \frac{kgm/s}{s}$$

Την ίδια χρονική στιγμή το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα έχει ένταση $I_{\varepsilon\pi} = \frac{3}{2}A$

Η τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ είναι ίση με

$$V_{\Lambda K} = I_{\varepsilon\pi} \cdot R_2 \Rightarrow V_{\Lambda K} = 2{,}25\ V$$

Μονάδες 6

4.4. Για το χρονικό διάστημα $\Delta t = 2s$ που ο αγωγός κινείται με την οριακή ταχύτητα που απέκτησε, η επαγωγική τάση στα άκρα του έχει σταθερή τιμή, $E_{\varepsilon\pi} = B \cdot \ell \cdot \upsilon_{o\rho} \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} = 2\ V$.

Σύμφωνα με το νόμο Faraday

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \Rightarrow |\Delta\Phi| = E_{\varepsilon\pi} \cdot \Delta t \Rightarrow |\Delta\Phi| = 4\ Wb$$

Κατά την κίνηση του αγωγού ΚΛ το εμβαδόν του βρόχου ΚΛΑΓΚ αυξάνεται, επομένως αυξάνεται και η μαγνητική ροή που τον διαπερνά, άρα: $\Delta\Phi = 4\ Wb > 0$

Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα έχει σταθερή ένταση, $I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = 1\ A$

Το ηλεκτρικό φορτίο, $q_{\varepsilon\pi}$, που μετακινήθηκε στο κύκλωμα είναι ίσο με

$$q_{\varepsilon\pi} = I_{\varepsilon\pi} \cdot \Delta t \Rightarrow q_{\varepsilon\pi} = 2C$$

Η θερμότητα που εκλύθηκε στις ωμικές αντιστάσεις του κυκλώματος είναι ίση με

$$Q = I_{\varepsilon\pi}^2 \cdot (R_1 + R_2) \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 4\ J$$

Μονάδες 7