Αγ. Κωνσταντίνου 11 (Στοά Θεολόγου)
Πειραιάς
Τηλ. 2110 131 551 & 2110 131 552

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. **β**

Α2. **γ**

Α3. **α**

Α4. **β**

Α5. **α. Σωστό**

β. Σωστό

γ. Λάθος

δ. Λάθος

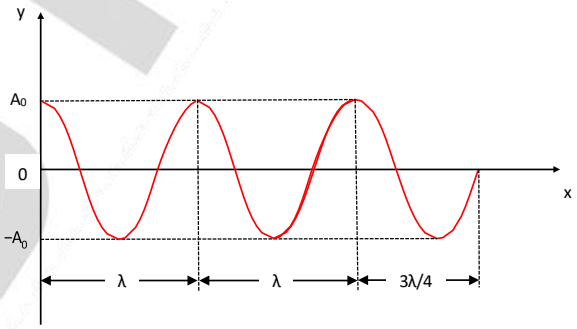
ε. Λάθος

ΘΕΜΑ Β

Β1.

α) Σωστή επιλογή **iii.**

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος μία χρονική στιγμή που το σημείο Ο βρίσκεται στη θετική ακραία του θέση.



Οι θέσεις των δεσμών βρίσκονται από τη σχέση:

$$x_\delta = (2N+1)\frac{\lambda}{4}\ με\ N = 0,1,2,\ldots.$$

Ο 6ος δεσμός αντιστοιχεί σε N=5 άρα:

$$\boldsymbol{L = (2\cdot 5+1)\frac{\lambda}{4} = \frac{11\lambda}{4}}$$

β) Σωστή επιλογή **i.**

Το πλάτος ταλάντωσης ενός σημείου στο στάσιμο κύμα βρίσκεται από τη σχέση (η εξίσωση υπάρχει στο τυπολόγιο):

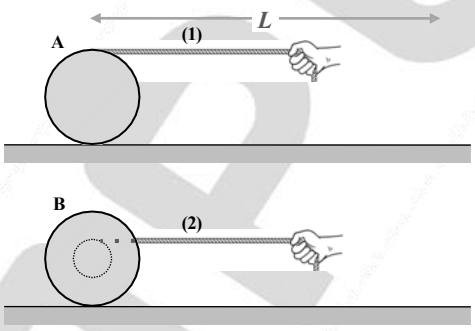
$$A' = |2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}|$$

Για το πλάτος ταλάντωσης του σημείου Γ ($x_\Gamma = \frac{7\lambda}{6}$) ισχύει ότι:

$$A_\Gamma = |2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi\frac{7\lambda}{6}}{\lambda}| = |A_0\,\sigma\upsilon\nu\frac{7\pi}{3}| = \frac{A_0}{2}$$

Οπότε τα ακραία σημεία της ταλάντωσης του σημείου Γ θα απέχουν κατά $\boldsymbol{d = 2\frac{A_0}{2} = A_0}$.

B2.



Σωστή επιλογή **i.**

Οι δίσκοι **A** και **B** ξεκινούν από την ηρεμία και κυλίονται χωρίς να ολισθαίνουν διανύοντας την ίδια οριζόντια απόσταση μήκους L. Οι δίσκοι εκτελούν ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιταχύνσεις κέντρων μάζας $\vec{a}_{cmA}$ και $\vec{a}_{cmB}$ αντίστοιχα. Ο δίσκος που θα διανύσει γρηγορότερα την απόσταση L είναι ο δίσκος με την μεγαλύτερη από τις παραπάνω επιταχύνσεις.

Για το δίσκο **A**: $\Delta x = \frac{1}{2}\alpha_{cmA}t_A^2 \Rightarrow \alpha_{cmA} = 4\frac{m}{s^2}$.

Η γωνία περιστροφής του δίσκου **B** είναι ίση με: $\theta_B = 3\cdot 2\pi = 6\pi rad$.

Καθώς ο δίσκος **B** κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει, από την σχέση $\alpha_{cm} = \alpha_\gamma R$ συμπεραίνουμε πως εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη στροφική κίνηση με γωνιακή επιτάχυνση μέτρου $\alpha_{\gamma B}$. Επομένως :

Αγ. Κωνσταντίνου 11 (Στοά Θεολόγου)
Πειραιάς
Τηλ. 2110 131 551 & 2110 131 552

$\theta_B = \frac{1}{2}\alpha_{\gamma B} t'^2 \Rightarrow \alpha_{\gamma B} = 3\pi \frac{rad}{s^2}$.

$\alpha_{cmB} = \alpha_{\gamma B} R = 3\pi \frac{1}{\pi}\frac{m}{s^2} = 3\frac{m}{s^2}$.

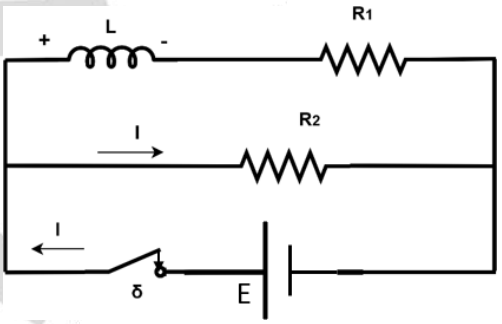
$L = \Delta x = \frac{1}{2}\alpha_{cm} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{a_{cm}}}$

Καθώς $\alpha_{cmB} < \alpha_{cmA}$, **ο δίσκος Α θα διανύσει την απόσταση *L* γρηγορότερα από τον δίσκο Β.**

Β3.

Σωστή επιλογή**ii.**

Τη χρονική στιγμή $t_1 = 0$ που κλείνουμε το διακόπτη στο πηνίο αναπτύσσεται τάση από αυτεπαγωγή (με πολικότητα όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα) και στιγμιαία ο κλάδος του πηνίου δεν διαρρέεται από ρεύμα, με αποτέλεσμα όλο το ρεύμα της πηγής στο κύκλωμα να περνάει (στιγμιαία) μόνο από τον αντιστάτη R_2. Από τον 2ο κανόνα Kirchhoff στον βρόχο με την πηγή Ε το πηνίο και τον αντιστάτη R_1 έχουμε:

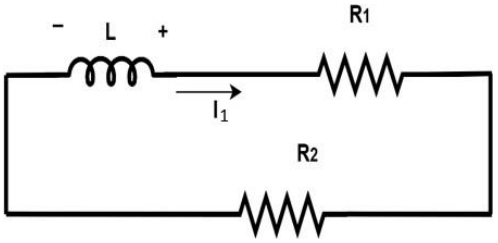


$E - |E_{αυτ}| = 0 \Rightarrow |E_{αυτ}| = E.$

Οπότε $L\left|\frac{di}{dt}\right|_{(1)} = E \Rightarrow \left|\frac{di}{dt}\right|_{(1)} = \frac{E}{L} = A$ (1)

Αφού έχουν αποκατασταθεί οι σταθερές τιμές των ρευμάτων στο κύκλωμα οι αντιστάσεις R_1, R_2 είναι συνδεδεμένες παράλληλα με τάση Ε στα άκρα τους. Άρα διαρρέονται από ρεύματα $I_1 = \frac{E}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{E}{2R}$ και $I_2 = \frac{E}{R}$

Όταν ανοίγουμε το διακόπτη την χρονική στιγμή t_2 το πηνίο αντιδρά στην μείωση της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει και δημιουργείται $E_{αυτ}$, με την πολικότητα του διπλανού σχήματος. Έτσι από 2ο κανόνα Kirchhoff έχουμε:



$-|E_{αυτ}| + I_1 \cdot (R_1 + R_2) = 0$

$\Rightarrow |E_{αυτ}| = I_1 \cdot (R_1 + R_2) \Rightarrow L\left|\frac{di}{dt}\right|_{(2)} = I_1 \cdot 3R \Rightarrow L\left|\frac{di}{dt}\right|_{(2)} = \frac{E}{2R} \cdot 3R \Rightarrow \left|\frac{di}{dt}\right|_{(2)} = \frac{3E}{2L} = B$ (2)

Διαιρώντας τις σχέσεις (1) και (2) κατά μέλη έχουμε: $\frac{A}{B} = \frac{\frac{E}{L}}{\frac{3E}{2L}} = \frac{2}{3}$

Αγ. Κωνσταντίνου 11 (Στοά Θεολόγου)
Πειραιάς
Τηλ. 2110 131 551 & 2110 131 552

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής έχουμε ότι

$C = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = 5 \cdot 10^{14}$ Hz.

α)i. Για την ένταση της ακτινοβολίας στην επιφάνεια ισχύει:

$$\boldsymbol{I = \frac{E}{\Delta t \cdot A} = \frac{N \cdot h \cdot f}{\Delta t \cdot A} = 33 \cdot 10^{-3} W/m^2}.$$

ii. Παρατηρούμε ότι $f = f_o$, επίσης το έργο εξαγωγής είναι $\varphi = h \cdot f_o$

Σύμφωνα με τη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein:

$\boldsymbol{K_0 = hf - \varphi = hf_0 - hf_0 = 0}$,
επομένως τα ηλεκτρόνια εξέρχονται οριακά από την κάθοδο.

β)Εφαρμόζουμε θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας κατά την μετακίνηση των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων μεταξύ καθόδου και ανόδου. Τα εξερχόμενα ηλεκτρόνια επιταχύνονται από διαφορά δυναμικού V οπότε:

$$K - K_0 = e\,V \Rightarrow K - 0 = e\,V$$

$$K = \frac{1}{2} m_e \upsilon^2 \Rightarrow \upsilon = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

Εντός του μαγνητικού πεδίου το ηλεκτρόνιο διαγράφει κυκλική τροχιά ακτίνας:

$$\boldsymbol{R = \frac{m_e u}{Be} = \sqrt{\frac{2mV}{B^2 e}} = 2 \cdot 10^{-3} m}.$$

Γ2.

α)Αφού η ράβδος ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα,η επαγωγική ΗΕΔ στα άκρα της είναι σταθερή και ισχύει ότι $E_{επ} = B\upsilon_0 \cdot \ell = 1 \cdot 3 \cdot 1$ V = 3 V.
Τη χρονική στιγμή t η ράβδος έχει μετατοπιστεί κατά $x = \upsilon_0 \cdot t$.
Η συνολική αντίσταση των δύο ραγών τότε είναι:
$R\rho = R^* \cdot 2x = R^* \cdot 2\,\upsilon_0 \cdot t = 1t$, (S.I.)
Για την αντίσταση της θερμικής συσκευής ισχύει: $R_\Sigma = V^2\kappa / P\kappa = 2^2/2 = 2\ \Omega$.
Οπότε τη χρονική στιγμή t η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι:
$R\text{ολ} = R\rho + R_\Sigma = 1t + 2$, (S.I.) .
Από τον νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα έχουμε ότι :
$I = E_{επ} / R\text{ολ} \Rightarrow \boldsymbol{i = 3 / (t + 2)}$, (S.I.).
Για κανονική λειτουργία της συσκευής απαιτείται ρεύμα $I\kappa = P\kappa / V\kappa = 2/2 = 1$ A.
Θέτουμε $i(t_1) = 1$ A $\Rightarrow 3/(t_1 + 2) = 1 \Rightarrow \boldsymbol{t_1 = 1}$

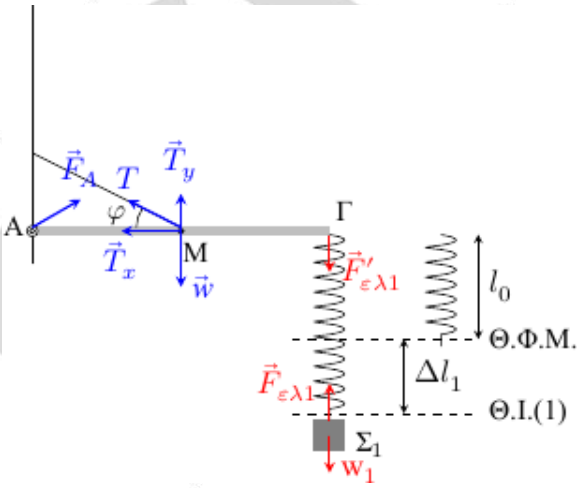
β) Από τη χρονική στιγμή $t_1 = 1$ s και στη συνέχεια η συνολική αντίσταση του κυκλώματος είναι σταθερή Rολ = Rρ + R_Σ = 1 Ω + 2 Ω = 3 Ω, και το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης $I = 1$ A, που είναι και το ρεύμα κανονικής λειτουργίας της θερμικής συσκευής.

Η θερμότητα Joule που εκλύεται στο κύκλωμα για χρονικό διάστημα $\Delta t = 1$ s αμέσως μετά τη χρονική στιγμή t_1, δίνεται από τη σχέση:
$Q = I^2 \cdot R$ολ$\cdot \Delta t \Rightarrow \boldsymbol{Q} = 1^2 \cdot 3 \cdot 1$ J = **3 J.**

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Από την ισορροπία του σώματος Σ_1 έχουμε ότι:

$\Sigma F_1 = 0 \Rightarrow F_{\varepsilon\lambda} = m_1 \cdot g = 5$N.



Στην ράβδο ΑΓ ασκούνται οι δυνάμεις από την άρθρωση $\vec{F}_A$, το βάρος της $\vec{w}$, η τάση του νήματος $\vec{T}$, και η δύναμη του ελατηρίου $\vec{F}'_{\varepsilon\lambda}$.

Ισχύει ότι $\vec{F}\varepsilon\lambda_1 = -\vec{F}'\varepsilon\lambda_1$,

$T_y = T$ ημφ και $T_x = T$ συνφ .

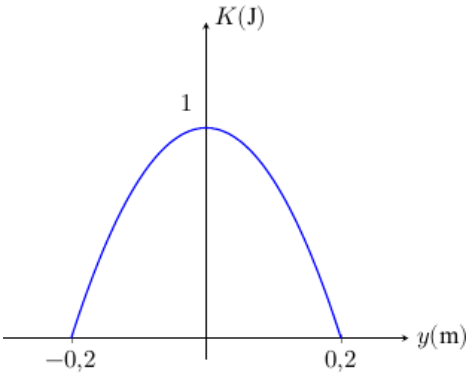
Για την στροφική ισορροπία της ράβδου ΑΓ έχουμε ότι:

$\Sigma\tau_{(A)} = 0 \Rightarrow \tau_{FA} + \tau_{Ty} + \tau_{Tx} + \tau_w + \tau_{F'\varepsilon\lambda1} = 0 \Rightarrow 0 + T_y \frac{L}{2} + 0 - w\frac{L}{2} - F'_{\varepsilon\lambda1} \cdot L = 0$

$\Rightarrow T$ ημθ $\frac{1}{2} - w\frac{1}{2} - F'_{\varepsilon\lambda1} = 0 \Rightarrow \boldsymbol{T} = \mathbf{60N}$.

Δ2. (i) Η ενέργεια ταλάντωσης του συστήματος των δύο σωμάτων (Σ_1- Σ_2) είναι :

$E_T = \frac{1}{2} DA^2 \Rightarrow 1 = \frac{1}{2} 50\, A^2 \Rightarrow A = 0{,}2$m .



(ii) Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας στην απλή αρμονική ταλάντωση έχουμε ότι:

$E_T = K + U \Rightarrow K = E_T - U \Rightarrow K = E_T - \frac{1}{2} Dy^2 \Rightarrow \boldsymbol{K = 1 - 25y^2}$ (S.I.), -0,2 m $\leq y \leq$ 0,2 m.

Δ3. Στην θέση ισορροπίας της ταλάντωσης του συσσωματώματος η ταχύτητα του μεγιστοποιείται κατά μέτρο.

Ισχύει ότι $E_T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\cdot(\upsilon_{max})^2 \Rightarrow \upsilon_{max} = \sqrt{2}$ m/s.

Η ορμή του συστήματος $(\Sigma_1 - \Sigma_2)$ έχει μέτρο $p = (m_1 + m_2)\,\upsilon_{max} \Rightarrow p = \sqrt{2}$ kg·m/s.

Η αβεβαιότητα Δp είναι 0,11% της παραπάνω τιμής, δηλαδή $1{,}1\sqrt{2}\ 10^{-3}$ kg·m/s.

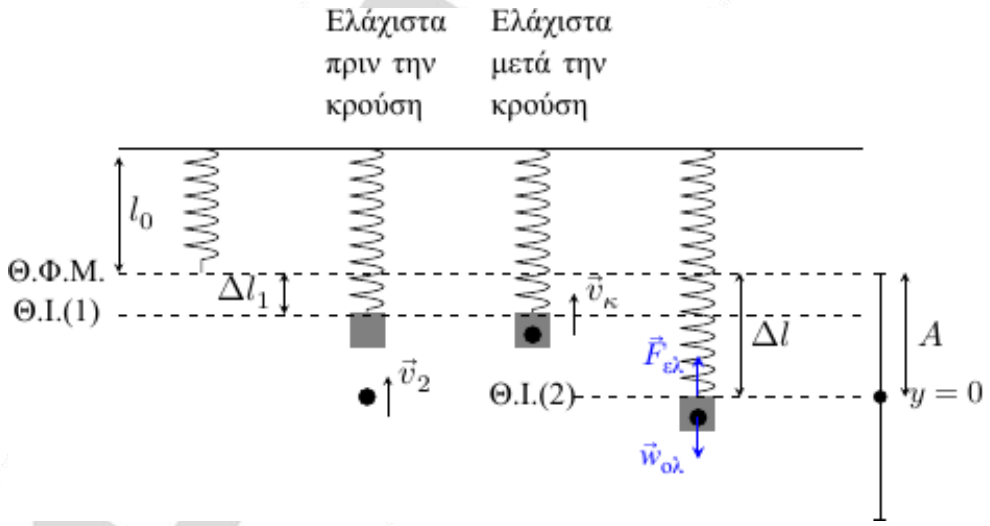
Σύμφωνα με την αρχή της αβεβαιότητας ισχύει $\Delta p\cdot\Delta y \geq \frac{h}{2\pi}$.

Η αβεβαιότητα στη θέση θα είναι το λιγότερο $\boldsymbol{\Delta y_{(min)} = \frac{h}{2\pi\,\Delta p} = 7\cdot 10^{-32}\ m}$.

Οπότε σε μακροσκοπικά σώματα οι συνέπειες της αρχής της αβεβαιότητας είναι αμελητέες.

Δ4. Για την θέση ισορροπίας του σώματος Σ_1 ισχύει ότι

$F_{ελ1} = k\cdot\Delta\ell_1 = m_1\cdot g \Rightarrow \Delta\ell_1 = 0{,}1$ m.



Για την θέση ισορροπίας του συσσωματώματος(Σ_1- Σ_2) ισχύει ότι

$F_{ελ} = k\cdot\Delta\ell = (m_1 + m_2)\cdot g \Rightarrow \Delta\ell = 0{,}2$ m.

Αφού για το πλάτος A της ταλάντωσης έχουμε ότι $A = \Delta\ell = 0{,}2$ m τότε ισχύει ότι

$y \leq \Delta\ell = 0{,}2$ m με αποτέλεσμα το ελατήριο να μην συσπειρώνεται κατά την διάρκεια της ταλάντωσης. **Δηλαδή το ανώτερο σημείο της ταλάντωσης βρίσκεται στη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου.**

Δ5. Την στιγμή της κρούσης το συσσωμάτωμα έχει απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του $y = \Delta\ell' - \Delta\ell = 0{,}1$ m.

Για να υπολογίσουμε το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος(Σ_1- Σ_2) αμέσως μετά την κρούση εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της ενέργειας στην απλή αρμονική ταλάντωση που πραγματοποιεί.

$E_T = K + U \Rightarrow K = E_T - U \Rightarrow K = 1 - 25y^2 \Rightarrow K = 1 - 25\,(0,1)^2 = 0,75J.$

και $K = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\,\upsilon_\kappa^2 \Rightarrow \upsilon_\kappa = \sqrt{\frac{3}{2}}$ m/s.

Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της ορμής (Α.Δ.Ο) για το συγκρουόμενο σύστημα των δύο σωμάτων (Σ_1- Σ_2), ελάχιστα πριν και ελάχιστα μετά την κρούση τους.

$\vec{p}_{ολ(πριν)} = \vec{p}_{ολ(μετά)} \Rightarrow m_2\upsilon_2 = (m_1 + m_2)\,\upsilon_\kappa \Rightarrow \upsilon_2 = 2\upsilon_\kappa = \sqrt{6}$ m/s.

Για την κινητική ενέργεια του σώματος Σ_2 ελάχιστα πριν την κρούση ισχύει ότι $K_2 = \frac{1}{2}m_2\,(\upsilon_2)^2$ και για την ενέργεια ταλάντωσής του ισχύει ότι $E_2 = K_{max} = \frac{1}{2}m_2\,(\upsilon_{max})^2$.

Οπότε $\boldsymbol{E_2 / K_2} = \frac{1}{2}m_2\,(\upsilon_{max})^2 / \frac{1}{2}m_2\,(\upsilon_2)^2 = (\upsilon_{max}/\upsilon_2)^2 = \mathbf{1/3.}$