ΜΑΘΗΜΑ / ΤΑΞΗ:	**ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ / Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ**
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	**8/6/2026**

ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις **Α1-Α4** *να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.*

Α1. Η στροφορμή ενός συστήματος σωμάτων δεν μεταβάλλεται όταν
- **α)** η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σύστημα είναι μηδέν.
- **β)** τα σώματα κάνουν μόνο περιστροφική κίνηση.
- **γ)** οι άξονες περιστροφής των σωμάτων είναι σταθεροί.
- **δ)** το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν.

Μονάδες 5

Α2. Ένα εγκάρσιο απλό αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ομογενές γραμμικό ελαστικό μέσο χωρίς απώλειες ενέργειας. Μια τυχαία χρονική στιγμή t όλα τα σημεία του μέσου που ταλαντώνονται έχουν
- **α)** ίσες ταχύτητες και ίσα πλάτη ταλάντωσης.
- **β)** ίσες περιόδους και ίσα πλάτη ταλάντωσης.
- **γ)** ίσες συχνότητες και ίσες απομακρύνσεις.
- **δ)** ίσες ταχύτητες και ίσες συχνότητες.

Μονάδες 5

Α3. Τα αμπερόμετρα και τα βολτόμετρα που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις στο εναλλασσόμενο ρεύμα δίνουν
- **α)** την ενεργό τιμή των μεγεθών.
- **β)** τη μέση τιμή των μεγεθών.
- **γ)** το πλάτος των μεγεθών.
- **δ)** τη στιγμιαία τιμή των μεγεθών.

Μονάδες 5

Α4. Δύο σφαίρες μικρών διαστάσεων, ίδιας μάζας, που κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με αντίθετες ταχύτητες μέτρου υ, συγκρούονται κεντρικά και ελαστικά. Μετά την κρούση
- **α)** οι σφαίρες θα ακινητοποιηθούν.
- **β)** η μία σφαίρα θα ακινητοποιηθεί και η άλλη θα κινηθεί με ταχύτητα υ.
- **γ)** οι σφαίρες θα απομακρυνθούν η μία από την άλλη με ταχύτητες ίδιου μέτρου.
- **δ)** η συνολική κινητική ενέργεια των δύο σφαιρών θα μηδενιστεί.

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) Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. **Σ**

β) Σε εξαναγκασμένη ταλάντωση κατά τον συντονισμό το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο. **Σ**

γ) Κατά την ελαστική κρούση δεν διατηρείται η μηχανική ενέργεια του συστήματος των σωμάτων. **Λ**

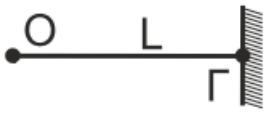
δ) Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός ιδανικού πηνίου εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. **Λ**

ε) Σύμφωνα με τον de Broglie, κάθε κινούμενο σωματίδιο έχει κυματική φύση και μήκος κύματος αντιστρόφως ανάλογο της ορμής του. **Σ**

Μονάδες 5

ΘΕΜΑ Β

Β1. Μία ομογενής ελαστική χορδή ΟΓ, μήκους L, έχει το άκρο της (Γ) στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο στη θέση x = L. Το άλλο άκρο της (Ο) βρίσκεται στη θέση x = 0, είναι ελεύθερο και διεγείρεται σε απλή αρμονική ταλάντωση, με αποτέλεσμα στη χορδή να δημιουργείται στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση x = 0.



Όταν το άκρο Ο ταλαντώνεται με περίοδο T_1, το στάσιμο κύμα έχει συνολικά δύο δεσμούς. Μεταβάλλουμε την περίοδο της ταλάντωσης του άκρου Ο σε T_2, με αποτέλεσμα στη χορδή να δημιουργείται στάσιμο κύμα με τρεις συνολικά δεσμούς. Τότε ο λόγος των περιόδων T_1 / T_2 είναι ίσος με:

i) 20/3 ii) 10/3 iii) 5/3

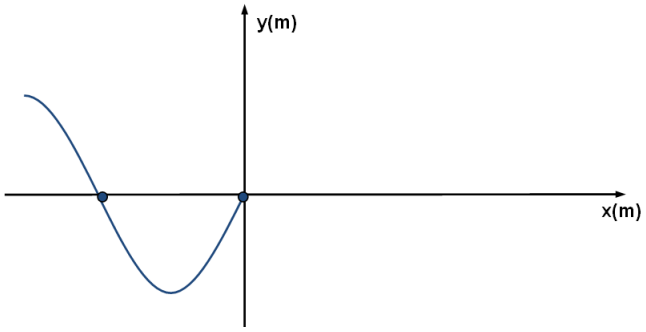
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση (μονάδες 2).

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 6).

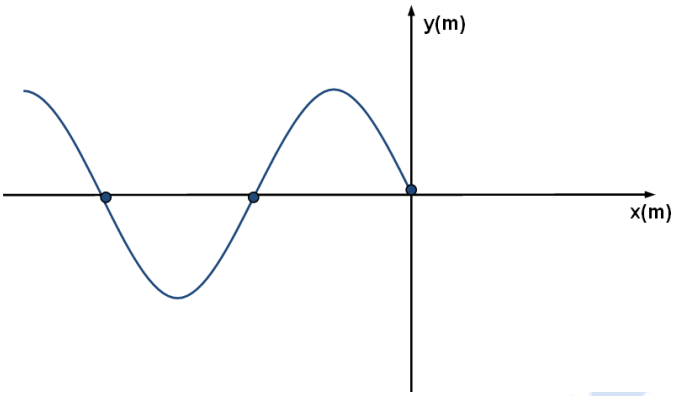
Μονάδες 8

α) **Σωστή απάντηση: iii) 5/3**

β) Σχήμα 1:



Σχήμα 2:



Αρχικά:

$$L = \frac{3\lambda_1}{4}$$

Έπειτα:

$$L' = \frac{5\lambda_2}{4}$$

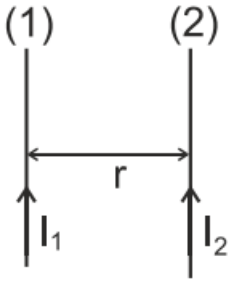
Όμως:

$$L = L' \Rightarrow \frac{3\lambda_1}{4} = \frac{5\lambda_2}{4} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{3}{5}\lambda_1$$

Ισχύει ότι:

$$\upsilon = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2 \Rightarrow \lambda_1 f_1 = \frac{3}{5}\lambda_1 f_2 \Rightarrow f_1 = \frac{3}{5} f_2 \Rightarrow T_1 = \frac{5}{3} T_2 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{5}{3}$$

B2. Οι δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί (1), (2) του σχήματος έχουν μεγάλο μήκος και βρίσκονται πάνω στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Ο αγωγός (1) είναι ακλόνητα στερεωμένος ενώ ο αγωγός (2) μπορεί να μετακινηθεί. Οι αγωγοί (1) και (2) διαρρέονται, αντίστοιχα, από συνεχή ομόρροπα ρεύματα εντάσεων $I_1 = I$ και $I_2 = 2I$, απέχουν απόσταση r και η δύναμη που αναπτύσσεται σε μήκος ℓ του αγωγού (2) είναι F_1.



Απομακρύνουμε τον αγωγό (2) κατά d = r/2 προς τα δεξιά και ταυτόχρονα διπλασιάζουμε την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Τότε η δύναμη που αναπτύσσεται στο ίδιο μήκος ℓ του αγωγού (2) είναι F_2.

Ο λόγος των δυνάμεων F_1 / F_2 είναι ίσος με:

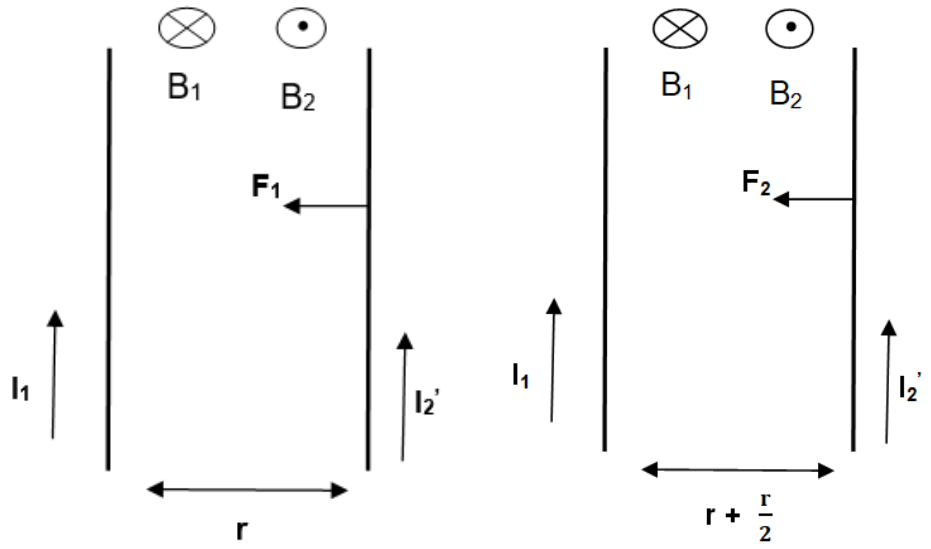
i) 3/4 ii) 4/3 iii) 3/5

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση (μονάδες 2).
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 6).

Μονάδες 8

α) **Σωστή απάντηση: i) 3/4**

β)



$I_1 = I$ και $I_2 = 2I$

Στη συνέχεια: $I_2 = 4I$

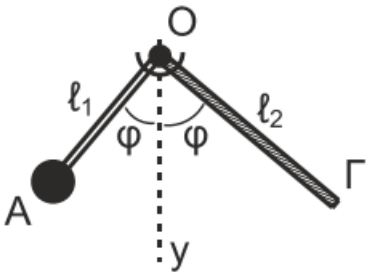
$$F_1 = B_1 \cdot I_2 \cdot L = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1}{r} \cdot I_2 \cdot L = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r} \cdot 2I \cdot L$$

$$F_2 = B_1{}' \cdot I_2{}' \cdot L = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1}{r + r/2} \cdot I_2{}' \cdot L = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{\frac{3r}{2}} \cdot 4I \cdot L = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{4I}{3r} \cdot 4IL$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r} \cdot 2I \cdot L}{\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{4I}{3r} \cdot 4I \cdot L} = \frac{3r \cdot 2I \cdot 2I \cdot L}{r \cdot 4I \cdot 4I \cdot L} = \frac{3}{4}$$

Β3. Δύο λεπτές, ομογενείς και άκαμπτοι ράβδοι ΟΑ, μήκους ℓ_1, και ΟΓ, μήκους ℓ_2, είναι κατασκευασμένες από διαφορετικό υλικό, έχουν ίδια μάζα Μ και είναι συγκολλημένες μεταξύ τους στο κοινό άκρο τους Ο. Στο άκρο Α της ράβδου ΟΑ είναι στερεωμένη μικρή σφαίρα μάζας m = M/2.

Το σύστημα των δύο ράβδων μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα, κάθετο στο επίπεδο των δύο ράβδων στο σημείο Ο, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Όταν το σύστημα ισορροπεί, οι δύο ράβδοι σχηματίζουν την ίδια γωνία φ με την κατακόρυφο Οy.



Ο λόγος ℓ_1/ℓ_2 των μηκών των δύο ράβδων είναι ίσος με:

i) 1/3 ii) 1/2 iii) 1/4

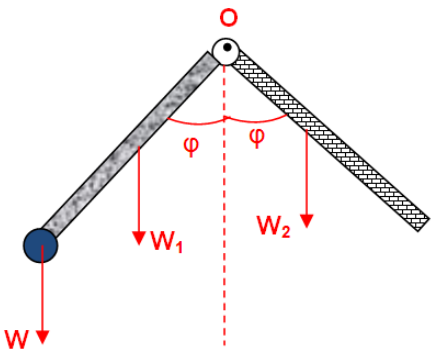
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση (μονάδες 2).
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 7).

Μονάδες 9

α) **Σωστή απάντηση: ii) 1/2**

β)

$$\Sigma\tau_{(O)} = 0$$
$$\tau_W + \tau_{W_1} + \tau_{W_2} = 0$$
$$\tau_W + \tau_{W_1} = \tau_{W_2}$$
$$W \cdot L_1 \eta\mu\varphi + W_1 \cdot \frac{L_1}{2}\eta\mu\varphi = W_2 \frac{L_2}{2}\eta\mu\varphi$$
$$W \cdot L_1 + W_1 \frac{L_1}{2} = W_2 \frac{L_2}{2}$$
$$\frac{Mg}{2}L_1 + \frac{Mg \cdot L_1}{2} = Mg\frac{L_2}{2}$$
$$2L_1 = L_2$$
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{2}$$



ΘΕΜΑ Γ

Σε πείραμα μελέτης του φαινομένου Compton, μονοχρωματική δέσμη φωτονίων με μήκος κύματος $\lambda = 8\lambda_c$ προσπίπτει σε υλικό, όπου $\lambda_c = \frac{h}{m_e \cdot c}$ το μήκος κύματος Compton του ηλεκτρονίου (h η σταθερά του Planck, m_e η μάζα του ηλεκτρονίου και c η ταχύτητα του φωτός).

Γ1. Να υπολογιστεί το μήκος κύματος λ' ενός φωτονίου που σκεδάζεται σε γωνία $\varphi = 180^\circ$ από πρακτικά ακίνητο ηλεκτρόνιο του υλικού ως συνάρτηση του λ_c. Δίνεται ότι $\text{συν}\,180^\circ = -1$.

Μονάδες 5

Γ2. Να εκφράσετε τις ενέργειες E_φ και E'_φ του προσπίπτοντος και του κατά $\varphi = 180^\circ$ σκεδαζόμενου φωτονίου, αντίστοιχα, ως συνάρτηση των μεγεθών m_e και c (μονάδες 4). Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου ηλεκτρονίου σε eV (μονάδες 4).

Μονάδες 8

Η δέσμη των σκεδαζόμενων φωτονίων, μετά από πρόσπτωση σε κατάλληλο υλικό, παράγει φωτόνια μήκους κύματος $\lambda_1 = 400$ nm, τα οποία εισέρχονται σε διάταξη μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

Γ3. Εάν το έργο εξαγωγής του υλικού της καθόδου είναι $\Phi = 1{,}4$ eV, να αποδείξετε τη σχέση υπολογισμού της συχνότητας κατωφλίου f_0 (μονάδες 4) και να υπολογίσετε την f_0 (μονάδες 3).

Μονάδες 7

Γ4. Να υπολογίσετε το δυναμικό αποκοπής V_0 στην περίπτωση που η επιφάνεια της καθόδου φωτίζεται με την παραπάνω ακτινοβολία μήκους κύματος λ_1.

Μονάδες 5

Να θεωρήσετε ότι:

- $m_e \cdot c^2 = 5 \cdot 10^5$ eV, $hc = 1200$ eV $\cdot$ nm,
- $h = 6{,}4 \cdot 10^{-34}$ J $\cdot$ s, $c = 3 \cdot 10^8$ m / s, 1 eV $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.
- Οι πειραματικές διατάξεις βρίσκονται σε χώρο υψηλού κενού.

$$\lambda = 8\lambda_c$$
$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

Γ1.

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \sigma\upsilon\nu\varphi)$$
$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \sigma\upsilon\nu 180°) = \frac{2h}{mc} = 2\lambda_c$$
$$\lambda' - \lambda = 2\lambda_c \Rightarrow \lambda' = \lambda + 2\lambda_c = 10\lambda_c$$

Γ2.

$$E_\varphi = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{h \cdot c}{8\lambda_c} = \frac{hc}{8} \cdot \frac{mc}{h} = \frac{mc^2}{8}$$
$$E_\varphi{}' = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda'} = \frac{h \cdot c}{10\lambda_c} = \frac{hc}{10} \cdot \frac{mc}{h} = \frac{mc^2}{10}$$

ΑΔΕ:

$$E_\varphi = E_\varphi{}' + K_e^- \Rightarrow K_e^- = E_\varphi - E_\varphi{}' \Rightarrow K_e = \frac{mc^2}{8} - \frac{mc^2}{10} = \frac{10mc^2}{80} - \frac{8mc^2}{80} \Rightarrow K_e = \frac{2mc^2}{80}$$
$$= \frac{mc^2}{40} \Rightarrow K_e = \frac{5 \cdot 10^5}{40} = \frac{1}{8} \cdot 10^5 eV = 0{,}125 \cdot 10^5 = 125 \cdot 10^2 eV$$

Γ3.

$$\lambda_1 = 400nm$$
$$\varphi = 1{,}4eV$$

$$K = E_\varphi - \varphi = h \cdot f - \varphi$$

Για να βγουν φωτοηλεκτρόνια πρέπει: $K \geq 0 \Rightarrow h \cdot f - \varphi \geq 0 \Rightarrow h \cdot f \geq \varphi \Rightarrow f \geq \frac{\varphi}{h}$

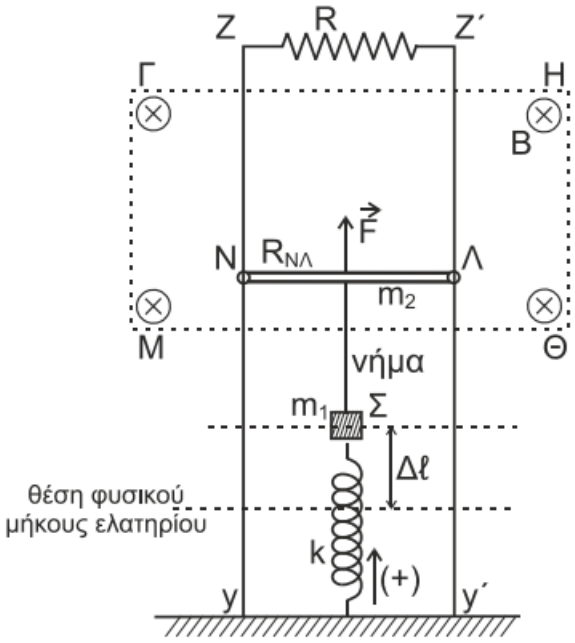
$$f_o = \frac{\varphi}{h}$$
$$f_o = \frac{1{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{6{,}4 \cdot 10^{-34}} = 0{,}35 \cdot 10^{15} = 35 \cdot 10^{13}\ \text{Hz}$$

Γ4.
ΘΜΚΕ:

$$\Sigma W = \Delta K$$
$$W_{Fc} = K_\tau - K_a$$
$$-q \cdot V = -K_a$$
$$V_0 = \frac{K}{q} = \frac{E_\varphi - \varphi}{q}$$
$$V_0 = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - \varphi}{q} = \frac{6{,}4 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 1{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}}$$
$$V_0 = \frac{3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} - 1{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}}$$
$$V_0 = 3 - 1{,}4 = 1{,}6V$$

ΘΕΜΑ Δ

Στη διάταξη του **σχήματος 1**, οι κατακόρυφοι αγωγοί Zy και Z΄y΄ έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους 1 m. Τα άκρα τους Z και Z΄ συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης R = 1 Ω, ενώ ο ευθύγραμμος αγωγός ΝΛ, μήκους ℓ = 1 m, μάζας m_2 = 0,1 kg και αντίστασης $R_{N\Lambda}$ = 1 Ω, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω τους, μένοντας συνεχώς οριζόντιος και με τα άκρα του Ν, Λ σε διαρκή επαφή με αυτούς.



Σχήμα 1

Στην περιοχή ΓΗΘΜ υπάρχει ομογενές οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης B = 1 T, κάθετο στο επίπεδο των αγωγών και με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Στο μέσο του αγωγού ΝΛ ασκείται προς τα πάνω κατακόρυφη σταθερή δύναμη F = 3 N. Στο ίδιο σημείο είναι δεμένο κατακόρυφο αβαρές, μη εκτατό νήμα, από το οποίο αναρτάται σώμα Σ μικρών διαστάσεων και μάζας m_1 = 0,1 kg. Το σώμα Σ είναι στερεωμένο σε κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς k = 10 N / m, του οποίου το κάτω άκρο στερεώνεται σε οριζόντιο ηλεκτρομονωτικό δάπεδο. Ο αγωγός ΝΛ και το σώμα Σ ισορροπούν, με το ελατήριο να έχει επιμηκυνθεί κατά Δℓ από τη θέση του φυσικού του μήκους.

Τη χρονική στιγμή t_o = 0 κόβουμε το νήμα, οπότε το σώμα Σ αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση σταθεράς D = k και ο αγωγός ΝΛ ανέρχεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο.

Δ1. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης x του σώματος Σ από τη θέση ισορροπίας του. Να θεωρήσετε ως θετική την προς τα πάνω φορά.

Μονάδες 7

Δ2. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος Σ, στις θέσεις όπου ο λόγος της κινητικής του ενέργειας K προς την ολική ενέργεια της ταλάντωσής του E είναι ίσος με $\frac{K}{E}=\frac{3}{4}$.

Μονάδες 5

Δ3. Να περιγράψετε το είδος της κίνησης του αγωγού ΝΛ από τη χρονική στιγμή t_0 μέχρι αυτός να αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα (μονάδες 3), την οποία και να υπολογίσετε (μονάδες 4).

Μονάδες 7

Ο αγωγός ΝΛ, κινούμενος προς τα πάνω και αφού έχει αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα, ανέρχεται κατά h σε χρονικό διάστημα Δt = 0,125 s.

Δ4. Να υπολογίσετε το ποσοστό επί τοις % του έργου της δύναμης F που μετατρέπεται σε θερμότητα στους αντιστάτες του κυκλώματος στο χρονικό διάστημα Δt.

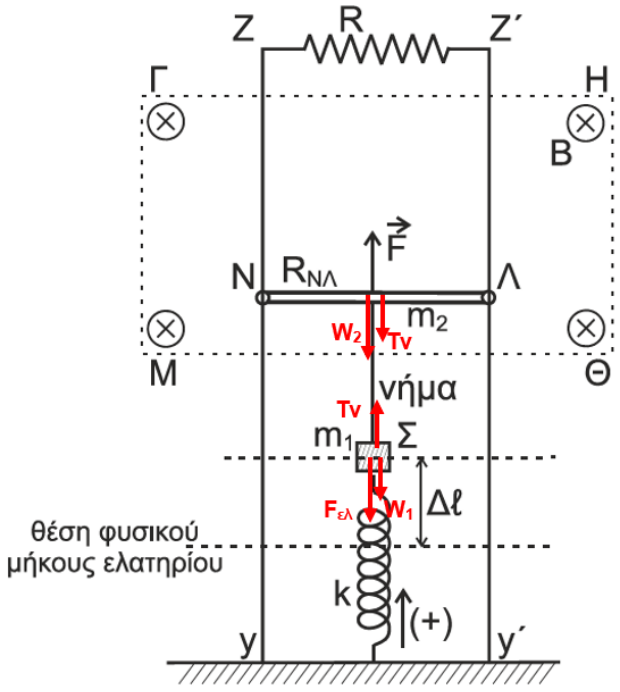
Μονάδες 6

Να θεωρήσετε ότι:

- g = 10 m/s².
- Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησής του ο αγωγός ΝΛ παραμένει εντός του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

$L = 1\text{m}$
$m_2 = 0{,}1\ \text{Kg}$
$R = 1\ \Omega$
$R_{K\Lambda} = 1\ \Omega$
$B = 1\ \text{T}$
$F = 3\ \text{N}$
$m_1 = 0{,}1\ \text{Kg}$
$K = 10\ \text{N/m}$

Δ1.



Ράβδος:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F - w_2 - T = 0 \Rightarrow$$
$$T = F - w_2 \Rightarrow T = 3 - 1 = 2N$$

Αβαρές και μη εκτατό νήμα:

$$T = T' = 2N$$

Σώμα 1:

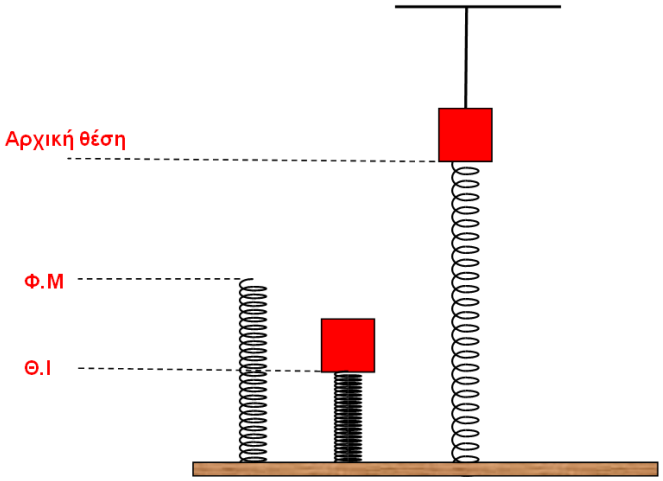
$$\Sigma F = 0 \Rightarrow T' - w_1 - F_{\epsilon\lambda} = 0 \Rightarrow$$
$$F_{\epsilon\lambda} = T' - w_1 \Rightarrow F_{\epsilon\lambda} = 2 - 1 = 1N$$
$$\Rightarrow K \cdot \Delta L = 1 \Rightarrow$$
$$\Delta L = \frac{1}{10} = 0{,}1m$$

Θ.Ι.:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow \Delta L_1 = \frac{m_1 g}{K} \Rightarrow$$
$$\Delta L_1 = \frac{1}{10} = 0{,}1m$$

Άρα:

$$A = \Delta L_1 + \Delta L = 0{,}1 + 0{,}1 = 0{,}2m$$



Επιπλέον:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m_1}} = \sqrt{100} = 10\text{rad/s}$$

και $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ rad γιατί ξεκινάει από το +Α.

Τελικά:

$$x = A\eta\mu(\omega t + \varphi_0)$$
$$x = 0{,}2\eta\mu\left(10t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Δ2.

$$\frac{K}{E} = \frac{3}{4} \Rightarrow K = \frac{3E}{4}$$

ΑΔΕΤ:

$$E = K + U$$
$$E = \frac{3E}{4} + U \Rightarrow U = \frac{E}{4} \Rightarrow \frac{1}{2}Dx^2 = \frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2}DA^2$$

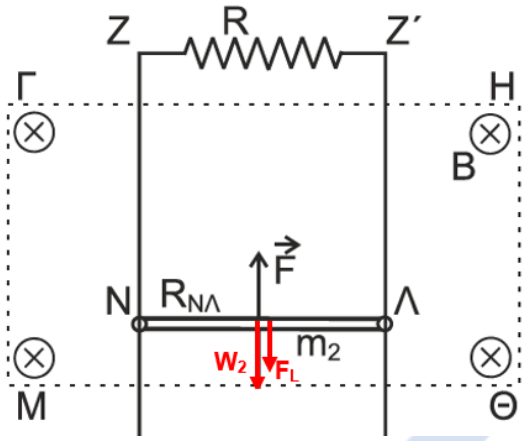
$$x = \pm\frac{A}{2} = \pm 0{,}1m$$
$$|x| = 0{,}1m$$

Επομένως:

$$a = -\omega^2 \cdot x$$
$$|a| = 100 \cdot 0{,}1 = 10\ \text{m}/s^2$$

Δ3. Όταν κοπεί το νήμα, τότε F>w2, άρα ο αγωγός κινείται επιταχυνόμενα προς τα πάνω. Καθώς κινείται μεταβάλλεται η επιφάνεια την οποία σαρώνει με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή και άρα να δημιουργείται επαγωγική τάση με πολικότητα όπως φαίνεται στο σχήμα (κανόνας δεξιού χεριού) και άρα διαρρέεται από επαγωγικό

ρεύμα και άρα δέχεται δύναμη Laplace η οποία όμως δεν είναι σταθερή καθώς $\upsilon \uparrow, \varepsilon_{\varepsilon\pi} \uparrow, I_{\varepsilon\pi} \uparrow, F_L \uparrow$.



Άρα κάνει επιταχυνόμενη με μειούμενη επιτάχυνση καθώς η ΣF μειώνεται.

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F - F_L - w_2 = 0$$
$$F_L = F - w_2$$
$$F_L = 3 - 1 = 2 \text{ N}$$
$$B \cdot I \cdot L = 2$$
$$I = 2A$$

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\circ\lambda}} \Rightarrow \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\circ\lambda}} = 2 \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} = 4V$$

διότι:

$$R_{\circ\lambda} = R + R_{K\Lambda} = 2\,\Omega$$

Όμως:

$$E_{\varepsilon\pi} = B \cdot \upsilon \cdot L$$

Άρα:

$$\upsilon_{o\rho} = 4\,m/s$$

Δ4.

$$\Delta t = 0{,}125 \text{ sec}$$
$$Q_{\circ\lambda} = I^2 \cdot R_{\circ\lambda} \cdot \Delta t = 2^2 \cdot 2 \cdot 0{,}125 = 8 \cdot 0{,}125 = 1J$$

$$\Delta x = \upsilon_{\circ\rho} \cdot \Delta t = 4 \cdot 0{,}125 = 0{,}5m$$
$$W_F = F \cdot \Delta x = 3 \cdot 0{,}5 = 1{,}5J$$
$$\frac{Q_{\circ\lambda}}{W_F} \cdot 100\% = \frac{1}{1{,}5} \cdot 100\% = \frac{200}{3}\%$$