
Διαγώνισμα Προσομοίωσης
Πανελλαδικών Εξετάσεων της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών
ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

Επιμέλεια Λύσεων: Τάσος Τζανόπουλος

ΘΕΜΑ Α — Ερωτήσεις θεωρίας & κρίσης (25 μονάδες)

Στις ερωτήσεις Α1–Α4 να γράψετε στην κόλλα σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα (α, ή β, ή γ, ή δ) που αντιστοιχεί στη φράση, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

Α1. (5 μονάδες)

Ένα φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται με ταχύτητα κάθετη στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Ποιο από τα παρακάτω μεγέθη μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της κίνησής του;

1. Η κινητική του ενέργεια
2. Το μέτρο της ταχύτητάς του
3. Η ορμή του
4. Η στροφορμή του ως προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου

Λύση:

Το σωματίδιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, γιατί η δύναμη Lorentz δρα ως κεντρομόλος δύναμη. Η δύναμη αυτή έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

$$F_L = B \cdot |q| \cdot v \cdot \eta_{90^\circ} = B|q|v$$

και είναι **πάντα κάθετη στην ταχύτητα** $\vec{v}$.

Εξετάζουμε ένα-ένα τα μεγέθη:

(α) Κινητική ενέργεια: Αφού $\vec{F}_L \perp \vec{v}$, το έργο της δύναμης είναι

$W = F \cdot s \cdot \sin 90^\circ = 0$. Από το θεώρημα έργου-ενέργειας: $\Delta K = W = 0$. Άρα $K = \text{σταθ.}$ — **ΔΕΝ μεταβάλλεται.**

(β) Μέτρο ταχύτητας: Εφόσον $K = \frac{1}{2}mv^2 = \text{σταθ.}$, προκύπτει $|\vec{v}| = \text{σταθ.}$ — **ΔΕΝ μεταβάλλεται.**

(γ) Ορμή: Η ορμή είναι διάνυσμα: $\vec{p} = m\vec{v}$. Το μέτρο της είναι σταθερό ($|\vec{p}| = mv$), αλλά η διεύθυνσή της αλλάζει συνεχώς (γιατί αλλάζει η διεύθυνση της ταχύτητας στην κυκλική κίνηση). Άρα το διάνυσμα $\vec{p}$ μεταβάλλεται — **ΜΕΤΑΒΑΛΛΕΤΑΙ.**

(δ) Στροφορμή: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$. Στην ομαλή κυκλική κίνηση, τα $\vec{r}$ και $\vec{p}$ είναι πάντα κάθετα, το μέτρο $L = r \cdot p = R \cdot mv$ είναι σταθερό, και η διεύθυνση παραμένει κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς. Άρα $\vec{L} = \text{σταθ.}$ — **ΔΕΝ μεταβάλλεται.**

Σωστή επιλογή: γ) Η ορμή του.

A2. (5 μονάδες)

Ένα πλαίσιο περιστρέφεται μέσα σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο με γωνιακή ταχύτητα περιστροφής ίση με ω , οπότε στα άκρα του αναπτύσσεται εναλλασσόμενη τάση $V = V_0 \sin(\omega t)$. Με την τάση αυτή τροφοδοτείται ένας αντιστάτης στον οποίον αποδίδεται μέγιστη ισχύς ίση με P . Αν τετραπλασιαστεί η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής, η μέση ισχύς P' στον ίδιο αντιστάτη θα είναι:

1. $P' = 4P$
2. $P' = 16P$
3. $P' = 8P$
4. Κανένα από τα προηγούμενα

Λύση:

Βήμα 1: Πώς εξαρτάται η μέγιστη τάση από το ω ;

Η μέγιστη ΗΕΔ από επαγωγή σε στρεφόμενο πλαίσιο δίνεται από τη σχέση:

$$V_0 = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$$

Άρα $V_0 \propto \omega$. Αν $\omega' = 4\omega$, τότε:

$$V_0' = N \cdot B \cdot A \cdot 4\omega = 4V_0$$

Βήμα 2: Πώς εξαρτάται η μέση ισχύς από τη μέγιστη τάση;

Η ενεργός τάση σε εναλλασσόμενο ρεύμα είναι $V_{\text{εν}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$. Η μέση ισχύς σε ωμικό αντιστάτη είναι:

$$P_{\mu} = \frac{V_{\text{εν}}^2}{R} = \frac{\left(\frac{V_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{V_0^2}{2R}$$

Άρα $P_{\mu} \propto V_0^2$, δηλαδή $P_{\mu} \propto \omega^2$.

Βήμα 3: Υπολογισμός της νέας μέσης ισχύος:

Αφού $V_0' = 4V_0$:

$$P' = \frac{(V_0')^2}{2R} = \frac{(4V_0)^2}{2R} = \frac{16V_0^2}{2R} = 16 \cdot \frac{V_0^2}{2R} = 16P$$

Σωστή επιλογή: β) $P' = 16P$.

A3. (5 μονάδες)

Σε φθίνουσα ταλάντωση η ενέργεια μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση: $E = E_0 e^{-2\lambda t}$. Κατά τη χρονική στιγμή που η ενέργεια της ταλάντωσης έχει ελαττωθεί κατά 75% από την αρχική τιμή της E_0 , το ποσοστό κατά το οποίο έχει ελαττωθεί το πλάτος της από την αρχική του τιμή είναι:

1. 25%
2. 50%
3. 75%
4. 12,5%

Λύση:

Βήμα 1: Κατανόηση του δεδομένου.

«Η ενέργεια έχει ελαττωθεί κατά 75% από την αρχική» σημαίνει ότι η **απώλεια** είναι 75% της E_0 , άρα **απομένει** το 25%:

$$E(t) = 0,25 E_0 = \frac{E_0}{4}$$

Βήμα 2: Σχέση ενέργειας - πλάτους.

Στη φθίνουσα ταλάντωση, η ενέργεια ταλάντωσης (όπως και στην αμείωτη) είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους:

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \Rightarrow E \propto A^2 \Rightarrow A \propto \sqrt{E}$$

Άρα ο λόγος των πλατών είναι:

$$\frac{A(t)}{A_0} = \sqrt{\frac{E(t)}{E_0}}$$

Βήμα 3: Υπολογισμός.

$$\frac{A(t)}{A_0} = \sqrt{\frac{E_0/4}{E_0}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Άρα το νέο πλάτος είναι το **50%** του αρχικού, οπότε **ελαττώθηκε κατά 50%**.

Σωστή επιλογή: β) 50%.

A4. (5 μονάδες)

Ένα φωτόνιο προσπίπτει σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο το οποίο θεωρείται αρχικά ακίνητο. Μετά την κρούση το σκεδαζόμενο φωτόνιο έχει αυξημένο μήκος κύματος σε σχέση με το προσπίπτον κατά $\Delta\lambda = 2h/mc$, όπου h η σταθερά του Planck, m η μάζα του ηλεκτρονίου και c η ταχύτητα του φωτός. Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε κατεύθυνση:

1. που σχηματίζει γωνία 90° με εκείνη του προσπίπτοντος.
2. που σχηματίζει γωνία 0° με εκείνη του προσπίπτοντος.
3. αντίθετη από εκείνη του προσπίπτοντος.
4. άλλη από αυτές που προτείνονται στα (α), (β) και (γ)

Λύση:

Βήμα 1: Η σχέση Compton.

Η μεταβολή του μήκους κύματος ενός φωτονίου όταν σκεδάζεται από ελεύθερο ηλεκτρόνιο (σκεδασμός Compton) δίνεται από:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\theta)$$

όπου θ είναι η γωνία σκέδασης (γωνία μεταξύ της διεύθυνσης του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτονίου).

Βήμα 2: Αντικατάσταση του δεδομένου.

Δίνεται ότι $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc}$. Εξισώνουμε:

$$\frac{h}{mc}(1 - \sin\theta) = \frac{2h}{mc}$$

Βήμα 3: Επίλυση ως προς θ .

Διαιρούμε με $\frac{h}{mc} \neq 0$:

$$1 - \sin\theta = 2$$

$$\sin\theta = 1 - 2 = -1$$

Η γωνία της οποίας το συνημίτονο είναι -1 είναι η $\theta = 180^\circ$.

Βήμα 4: Φυσική ερμηνεία.

$\theta = 180^\circ$ σημαίνει ότι το σκεδαζόμενο φωτόνιο κινείται σε κατεύθυνση **αντίθετη** προς αυτήν του προσπίπτοντος (φαινόμενο **οπισθοσκέδασης**).

Σωστή επιλογή: γ) Αντίθετη.

A5. (5 μονάδες)

Να χαρακτηριστούν οι παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λάθος:

1. Μονάδα μέτρησης της στροφορμής στο SI είναι το $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$.
2. Σε κάθε κεντρική ελαστική κρούση μεταξύ δύο σωμάτων οι μεταβολές των ορμών των σωμάτων είναι αντίθετες.
3. Κατά τη διάρκεια της περιστροφικής κίνησης ενός στερεού σώματος δεν υπάρχει χρονική στιγμή κατά την οποία η γωνιακή ταχύτητα να είναι ίση με μηδέν και η γωνιακή επιτάχυνση διάφορη του μηδενός.
4. Το φαινόμενο της παλίνρροιας αποτελεί ένα παράδειγμα εξαναγκασμένης ταλάντωσης.
5. Στον Νόμο του Ampere, $\Sigma B \cdot \Delta L \cdot \sin\theta = \mu_0 \cdot I_{\text{εγκ}}$, η ένταση του μαγνητικού πεδίου B οφείλεται μόνο στα ρεύματα που περικλείει η κλειστή διαδρομή και όχι στα ρεύματα που βρίσκονται έξω από αυτή.

Λύση:

(α) ΣΩΣΤΟ. Η στροφορμή ορίζεται ως $\vec{L} = I\vec{\omega}$ (για στερεό) ή $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ (για σωματίδιο). Στο SI: $[L] = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s} = \text{J} \cdot \text{s}$.

(β) ΣΩΣΤΟ. Σε κάθε κρούση (ελαστική ή μη), από την Αρχή Διατήρησης της Ορμής για το σύστημα των δύο σωμάτων:

$$\vec{p}_{1,αρχ} + \vec{p}_{2,αρχ} = \vec{p}_{1,τελ} + \vec{p}_{2,τελ}$$

Άρα $\vec{p}_{1,τελ} - \vec{p}_{1,αρχ} = -(\vec{p}_{2,τελ} - \vec{p}_{2,αρχ})$, δηλαδή $\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$. Οι μεταβολές είναι **αντίθετες**.

(γ) ΛΑΘΟΣ. Αντιπαράδειγμα: ένα σώμα που περιστρέφεται και σταματά στιγμιαία (π.χ. εκκρεμές στο ακραίο σημείο, ή στερεό που περιστρέφεται και κάποια στιγμή αντιστρέφει τη φορά). Τη στιγμή που $\omega = 0$, αν υπάρχει ροπή, τότε $a_{γων} = \tau/I \neq 0$.

(δ) ΣΩΣΤΟ. Η παλίρροια οφείλεται κυρίως στη διαφορά της βαρυτικής έλξης της Σελήνης στα διάφορα σημεία της Γης. Καθώς η σχετική θέση Γης–Σελήνης μεταβάλλεται περιοδικά, προκαλούνται περιοδικές μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας. Σε μια απλουστευμένη περιγραφή, η κίνηση του θαλασσινού νερού μπορεί να θεωρηθεί ως εξαναγκασμένη ταλάντωση από περιοδική εξωτερική διέγερση..

(ε) ΛΑΘΟΣ. Ο Νόμος του Ampere $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{εγκ}$ δίνει το **ολοκλήρωμα** του $\vec{B}$

πάνω στην κλειστή διαδρομή. Το $\vec{B}$ **σε ένα σημείο** όμως εξαρτάται από **όλα** τα ρεύματα (και αυτά έξω από τη διαδρομή). Τα ρεύματα που βρίσκονται εκτός της κλειστής διαδρομής συμβάλλουν στη διαμόρφωση του συνολικού μαγνητικού πεδίου, απλώς η καθαρή τους συνεισφορά στο συγκεκριμένο κλειστό ολοκλήρωμα μηδενίζεται.

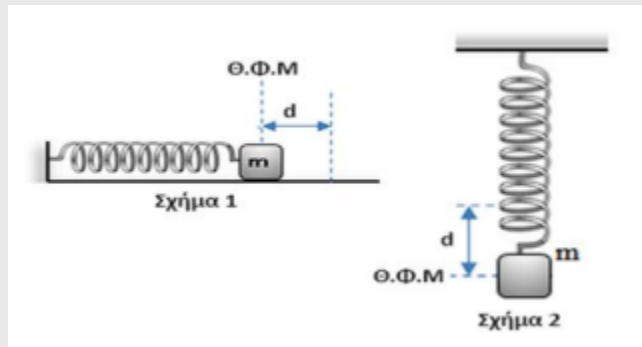
Απαντήσεις: α-Σ, β-Σ, γ-Λ, δ-Σ, ε-Λ.

ΘΕΜΑ Β — Ασκήσεις εφαρμογής (25 μονάδες)

B1. (8 μονάδες)

Στο εργαστήριο φυσικής του σχολείου μας διαθέτουμε ένα ιδανικό ελατήριο σταθεράς k και ένα σώμα βάρους w . Προσδένουμε το σώμα στο ελατήριο διατηρώντας το οριζόντιο τη μία φορά και την άλλη κατακόρυφο, όπως φαίνεται στα σχήματα 1 και 2. Εκτρέπουμε σε κάθε περίπτωση το σώμα από τη θέση φυσικού μήκους κατά $d = w/k$ και το αφήνουμε ελεύθερο, οπότε και εκτελεί ΑΑΤ. Το χρονικό διάστημα μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου μηδενισμού της δυναμικής ενέργειας του ελατηρίου για κάθε μία από τις δύο ΑΑΤ είναι Δt_1 για την

AAT στο σχήμα 1 και Δt_2 για την AAT στο σχήμα 2. Η σχέση αυτών των δύο χρονικών διαστημάτων είναι:



1. $\Delta t_1 = \frac{3}{4} \Delta t_2$
2. $\Delta t_1 = \Delta t_2$
3. $\Delta t_1 = \frac{6}{11} \Delta t_2$

Λύση:

Περίπτωση 1 (οριζόντιο ελατήριο, Σχήμα 1):

Στο οριζόντιο ελατήριο, η **Θέση Ισορροπίας (Θ.Ι.)** ταυτίζεται με τη **Θέση Φυσικού Μήκους (Θ.Φ.Μ.)**, γιατί το βάρος είναι κάθετο στην κίνηση και δεν επηρεάζει την ταλάντωση.

Αφήνουμε το σώμα από απόσταση d από τη Θ.Φ.Μ. με μηδενική ταχύτητα, άρα:

$$A_1 = d = \frac{w}{k} = \frac{mg}{k}$$

Η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου είναι $U_{ελ} = \frac{1}{2} kx^2$, όπου x η επιμήκυνση από τη Θ.Φ.Μ. Μηδενίζεται όταν $x = 0$, δηλαδή **στη Θ.Φ.Μ.**

Σε κάθε περίοδο, το σώμα περνά από τη Θ.Φ.Μ. **δύο φορές**: μία κινούμενο προς τη μία κατεύθυνση και μία προς την άλλη. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικές διελεύσεις από τη Θ.Φ.Μ. είναι **μισή περίοδος**:

$$\Delta t_1 = \frac{T}{2} \quad (1)$$

Περίπτωση 2 (κατακόρυφο ελατήριο, Σχήμα 2):

Στην κατακόρυφη διάταξη, η Θ.Ι. **δεν** ταυτίζεται με τη Θ.Φ.Μ. Στη Θ.Ι. ισχύει:

$$F_{ελ} = w \Rightarrow k\Delta l_0 = mg \Rightarrow \Delta l_0 = \frac{mg}{k} = d$$

Δηλαδή η Θ.Ι. απέχει d **κάτω** από τη Θ.Φ.Μ.

Αφήνουμε το σώμα από τη Θ.Φ.Μ. (απόσταση d πάνω από τη Θ.Ι.) με μηδενική ταχύτητα. Άρα το πλάτος ταλάντωσης είναι:

$$A_2 = d + \Delta l_0 = d + d = 2d$$

Η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου μηδενίζεται στη **Θ.Φ.Μ.** Η Θ.Φ.Μ. βρίσκεται σε απόσταση $\Delta l_0 = d$ πάνω από τη Θ.Ι., δηλαδή στο σημείο $y = + A_2/2$ (αν πάρουμε θετική φορά προς τα πάνω από τη Θ.Ι. — ή ισοδύναμα, στο σημείο $+ A/2$ του κύκλου αναφοράς).

Θέλουμε τον χρόνο ανάμεσα σε δύο διαδοχικές διελεύσεις από τη Θ.Φ.Μ.

Στον κύκλο αναφοράς, το σώμα ξεκινά από τη θέση $+ A$ (ακραία θέση πάνω = Θ.Φ.Μ. $+ A/2$, άρα $y = + A$), πηγαίνει προς τα κάτω περνώντας από τη Θ.Ι. ($y = 0$), φτάνει στην κάτω ακραία θέση ($y = - A$), επιστρέφει περνώντας ξανά από τη Θ.Ι. και επιστρέφει στη Θ.Φ.Μ. ($y = + A/2$).

Η γωνία από τη θέση $y = + A/2$ έως τη θέση $y = 0$:

$$\eta\mu\phi = \frac{A/2}{A} = \frac{1}{2} \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{6}$$

Συνολική γωνία που διανύεται από τη μία διέλευση από τη Θ.Φ.Μ. έως την επόμενη:

$$\Delta\theta = \pi + 2\phi = \pi + \frac{\pi}{3} = \frac{4\pi}{3} \text{ rad}$$

Ο χρόνος υπολογίζεται από $\Delta\theta = \omega\Delta t_2$:

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta\theta}{\omega} = \frac{4\pi/3}{2\pi/T} = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{T}{2\pi} = \frac{2T}{3} \quad (2)$$

Υπολογισμός λόγου:

$$\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{T/2}{2T/3} = \frac{T}{2} \cdot \frac{3}{2T} = \frac{3}{4}$$

Άρα:

$$\Delta t_1 = \frac{3}{4} \Delta t_2$$

Σωστή επιλογή: α) $\Delta t_1 = \frac{3}{4} \Delta t_2$.

B2. (8 μονάδες)

Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού διαδίδονται δύο όμοια κύματα προερχόμενα από τις σύγχρονες πηγές Π_1 και Π_2 οι οποίες εκτελούν α.α.τ. με εξίσωση $y = A\eta\mu(2\pi t)$. Το υλικό σημείο Σ της επιφάνειας βρίσκεται αρχικά ακίνητο σε αποστάσεις $3\lambda/2$ και $7\lambda/2$ (λ το μήκος του κύματος) στο χώρο μεταξύ των πηγών. Τα κύματα ξεκινούν ταυτόχρονα από τις πηγές κατά τη χρονική στιγμή $t = 0$. Η απόσταση που διανύεται από το υλικό σημείο Σ μεταξύ των χρονικών στιγμών $2T$ έως $5T$ είναι ίση με:

1. $18A$
2. $20A$
3. $24A$

Λύση:

Βήμα 1: Είδος συμβολής.

Οι αποστάσεις του Σ από τις δύο πηγές είναι $r_1 = 3\lambda/2$ και $r_2 = 7\lambda/2$. Η διαφορά δρόμων:

$$\Delta r = r_2 - r_1 = \frac{7\lambda}{2} - \frac{3\lambda}{2} = \frac{4\lambda}{2} = 2\lambda$$

Είναι πολλαπλάσιο του λ : $\Delta r = 2\lambda = N\lambda$ με $N = 2$ (ακέραιος).

Άρα το Σ είναι σημείο **ενισχυτικής συμβολής** και θα ταλαντώνεται με **διπλάσιο πλάτος** από κάθε κύμα: $A' = 2A$.

Βήμα 2: Χρόνοι άφιξης των κυμάτων.

Η ταχύτητα διάδοσης είναι $v = \lambda/T$. Ο χρόνος που χρειάζεται κάθε κύμα για να φτάσει στο Σ :

$$t_1 = \frac{r_1}{v} = \frac{3\lambda/2}{\lambda/T} = \frac{3T}{2}$$

$$t_2 = \frac{r_2}{v} = \frac{7\lambda/2}{\lambda/T} = \frac{7T}{2}$$

Βήμα 3: Χρονικές φάσεις ταλάντωσης του Σ .

- Για $0 \leq t < 3T/2$: Κανένα κύμα δεν έχει φτάσει ακόμη. Το Σ είναι **ακίνητο**.

- Για $3T/2 \leq t < 7T/2$: Έχει φτάσει μόνο το κύμα από την Π_1 . Το Σ ταλαντώνεται με πλάτος A .
- Για $t \geq 7T/2$: Έχουν φτάσει και τα δύο κύματα. Επειδή συμβάλλουν ενισχυτικά, το Σ ταλαντώνεται με πλάτος $2A$.

Βήμα 4: Ανάλυση του διαστήματος $2T \rightarrow 5T$.

Το διάστημα χωρίζεται σε δύο μέρη από τη στιγμή $t = 7T/2$.

Μέρος (α): $2T \rightarrow 7T/2$ — ταλάντωση με πλάτος A .

Διάρκεια:

$$\Delta t_a = \frac{7T}{2} - 2T = \frac{7T-4T}{2} = \frac{3T}{2}$$

Σε μία περίοδο T , ένα σώμα που ταλαντώνεται με πλάτος A διανύει **4A** (πάνω-κάτω-πάνω-κάτω).

Σε χρόνο $\Delta t_a = \frac{3T}{2} = 1,5 T$:

$$s_a = 1,5 \cdot 4A = 6A$$

Μέρος (β): $7T/2 \rightarrow 5T$ — ταλάντωση με πλάτος $2A$.

Διάρκεια:

$$\Delta t_b = 5T - \frac{7T}{2} = \frac{10T-7T}{2} = \frac{3T}{2}$$

Σε μία περίοδο T , με πλάτος $2A$, το σώμα διανύει $4 \cdot 2A = 8A$.

Σε χρόνο $\Delta t_b = 1,5 T$:

$$s_b = 1,5 \cdot 8A = 12A$$

Βήμα 5: Συνολική απόσταση.

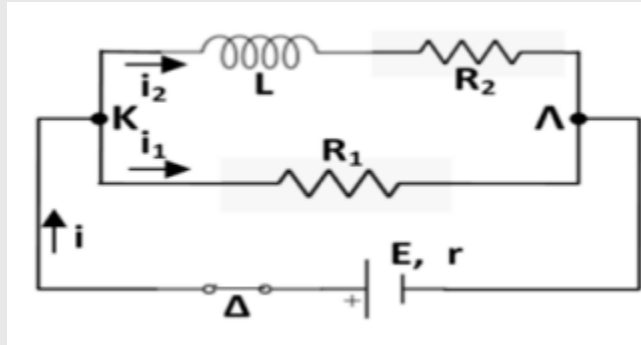
$$s_{ολ} = s_a + s_b = 6A + 12A = 18A$$

Σωστή επιλογή: α) 18A.

B3. (9 μονάδες)

Ένα πηνίο με αυτεπαγωγή L και μηδενική ωμική αντίσταση συνδέεται με τους αντιστάτες $R_1 = R$, $R_2 = R$ καθώς και με ηλεκτρική πηγή ΗΕΔ E και εσωτερικής αντίστασης $r = R$, όπως φαίνεται στο σχήμα, με τον διακόπτη Δ να παραμένει

κλειστός για αρκετό χρονικό διάστημα, ώστε το κύκλωμα να φτάσει σε κατάσταση με σταθερή ένταση ρεύματος. Κάποια στιγμή ανοίγουμε τον διακόπτη Δ. Αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη, ο ρυθμός με τον οποίο το πηνίο προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα είναι:



1. E^2/R
2. $2E^2/R$
3. $2E^2/9R$

Λύση:

Βήμα 1: Ανάλυση με κλειστό διακόπτη (μόνιμη κατάσταση).

Στη μόνιμη κατάσταση (σταθερό ρεύμα), το ιδανικό πηνίο (μηδενική ωμική αντίσταση) συμπεριφέρεται σαν **βραχυκύκλωμα**: $V_L = L \frac{di}{dt} = 0$.

Οι R_1 και R_2 είναι συνδεδεμένοι **παράλληλα**:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$$

Το συνολικό κύκλωμα είναι: πηγή ($E, r = R$) σε σειρά με $R_{12} = R/2$. Άρα το συνολικό ρεύμα που δίνει η πηγή:

$$I = \frac{E}{r + R_{12}} = \frac{E}{R + R/2} = \frac{E}{3R/2} = \frac{2E}{3R}$$

Η **πολική τάση** της πηγής (η τάση στα άκρα της παράλληλης σύνδεσης):

$$V = E - I \cdot r = E - \frac{2E}{3R} \cdot R = E - \frac{2E}{3} = \frac{E}{3}$$

Το ρεύμα που διαρρέει τον R_2 (και επομένως και το πηνίο, αφού είναι σε σειρά):

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{E/3}{R} = \frac{E}{3R}$$

Άρα το ρεύμα στο πηνίο είναι:

$$I_L = I_2 = \frac{E}{3R}$$

Βήμα 2: Αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη.

Το άνοιγμα του διακόπτη αποσυνδέει την πηγή. Το πηνίο, όμως, **δεν επιτρέπει ακαριαία μεταβολή του ρεύματός του** (αυτεπαγωγή). Άρα αμέσως μετά το άνοιγμα:

$$i_L(0^+) = I_L = \frac{E}{3R}$$

Μετά το άνοιγμα, το ρεύμα του πηνίου **αναγκάζεται** να κυκλοφορήσει μέσα από το κύκλωμα που αποτελείται από τα R_1 και R_2 **σε σειρά** (αφού η πηγή έχει αποσυνδεθεί). Άρα η συνολική αντίσταση του νέου κυκλώματος:

$$R_{\text{νέο}} = R_1 + R_2 = R + R = 2R$$

Βήμα 3: ΗΕΔ αυτεπαγωγής στο πηνίο.

Το πηνίο συμπεριφέρεται σαν πηγή που «σπρώχνει» το ρεύμα i_L διαμέσου της αντίστασης $2R$. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής ισούται με την πτώση τάσης στην αντίσταση:

$$E_{\text{αυτ}} = i_L \cdot R_{\text{νέο}} = \frac{E}{3R} \cdot 2R = \frac{2E}{3}$$

Βήμα 4: Ρυθμός προσφοράς ενέργειας (ισχύς) από το πηνίο.

Η ισχύς που το πηνίο προσφέρει στο κύκλωμα είναι:

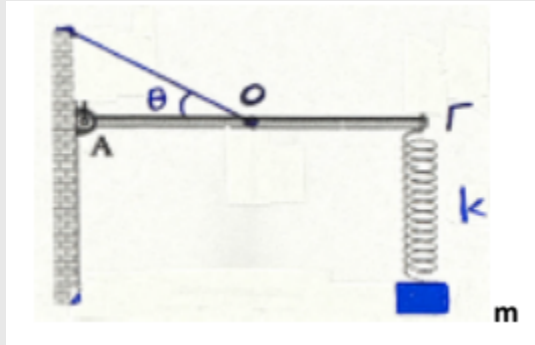
$$P = E_{\text{αυτ}} \cdot i_L = \frac{2E}{3} \cdot \frac{E}{3R} = \frac{2E^2}{9R}$$

Σωστή επιλογή: γ) $\frac{2E^2}{9R}$.

ΘΕΜΑ Γ — Μηχανική Στερεού Σώματος (25 μονάδες)

Ομογενής λεπτή ράβδος ΑΓ μάζας $M = 2m$ ισορροπεί οριζόντια, αρθρωμένη στο άκρο της Α σε κατακόρυφο τοίχο. Στο μέσο της Ο είναι δεμένο αβαρές και μη εκτατό νήμα που αναρτάται από τον τοίχο σχηματίζοντας γωνία $\theta = 30^\circ$ με τη διεύθυνση της ράβδου. Στο ελεύθερο άκρο Γ είναι στερεωμένο κατακόρυφο

ελατήριο σταθεράς k που στο κατώτερο άκρο του έχει προστεθεί ακλόνητα μικρό σώμα μάζας m . Το σύστημα αρχικά ισορροπεί.



Γ1. (6 μονάδες)

Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται ο κατακόρυφος τοίχος στο σημείο της άρθρωσης.

Λύση:

Βήμα 1: Ισορροπία σώματος μάζας m .

Το σώμα ισορροπεί αναρτημένο από το κάτω άκρο του ελατηρίου. Οι δυνάμεις στο σώμα είναι το βάρος mg (προς τα κάτω) και η δύναμη του ελατηρίου $F_{ελ}$ (προς τα πάνω). Από την ισορροπία:

$$F_{ελ} = mg$$

Βήμα 2: Ισορροπία ράβδου — Ροπές ως προς την άρθρωση A.

Παίρνουμε ροπές ως προς το σημείο A για να εξαφανίσουμε την άγνωστη δύναμη της άρθρωσης $\vec{A}$.

Οι δυνάμεις που δρουν στη ράβδο:

- **Τάση νήματος $\vec{T}$** στο μέσο O. Σχηματίζει γωνία 30° με τη ράβδο, άρα η κατακόρυφη συνιστώσα είναι $T_y = T \cdot \eta\mu 30^\circ$ προς τα πάνω (η οριζόντια συνιστώσα $T_x = T \cdot \sigma\upsilon\nu 30^\circ$ έχει μηδενική ροπή γιατί η ευθεία δράσης της περνά από το A, αφού το νήμα είναι κατακόρυφο... προσοχή: αν το νήμα δεν είναι κατακόρυφο, η ροπή υπολογίζεται διαφορετικά. Εδώ το νήμα σχηματίζει γωνία με τη ράβδο, άρα η ροπή είναι $T \cdot \eta\mu 30^\circ \cdot L/2$ — χρησιμοποιούμε την κατακόρυφη συνιστώσα).

- **Βάρος ράβδου** $W_{\rho} = Mg = 2mg$, δρα στο κέντρο μάζας, δηλαδή στο μέσο Ο.
- **Δύναμη ελατηρίου** $F_{ελ} = mg$ στο άκρο Γ (προς τα κάτω, γιατί το ελατήριο τραβά προς τα κάτω τη ράβδο).
- **Δύναμη άρθρωσης** $\vec{A}$ στο Α (η ροπή της ως προς Α είναι μηδέν).

Θετική φορά ροπών: αντίθετη της φοράς των δεικτών του ρολογιού.

$$\Sigma \tau_A = 0$$

$$T_y \cdot \frac{L}{2} - W_{\rho} \cdot \frac{L}{2} - F_{ελ} \cdot L = 0$$

Αντικαθιστώντας:

$$T \cdot \eta\mu 30^{\circ} \cdot \frac{L}{2} = 2mg \cdot \frac{L}{2} + mg \cdot L$$

$$T \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} = mgL + mgL$$

$$\frac{TL}{4} = 2mgL$$

$$T = 8mg$$

Βήμα 3: Ανάλυση της τάσης σε συνιστώσες.

$$T_x = T \cdot \sigma\upsilon\nu 30^{\circ} = 8mg \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3}mg$$

$$T_y = T \cdot \eta\mu 30^{\circ} = 8mg \cdot \frac{1}{2} = 4mg$$

Βήμα 4: Ισορροπία ράβδου — Δυνάμεις (οριζόντια και κατακόρυφα).

ΣΤΟΝ οριζόντιο άξονα:

$$A_x - T_x = 0 \Rightarrow A_x = T_x = 4\sqrt{3}mg$$

ΣΤΟΝ κατακόρυφο άξονα (θετική φορά προς τα πάνω):

$$A_y + T_y - W_{\rho} - F_{ελ} = 0$$

$$A_y + 4mg - 2mg - mg = 0$$

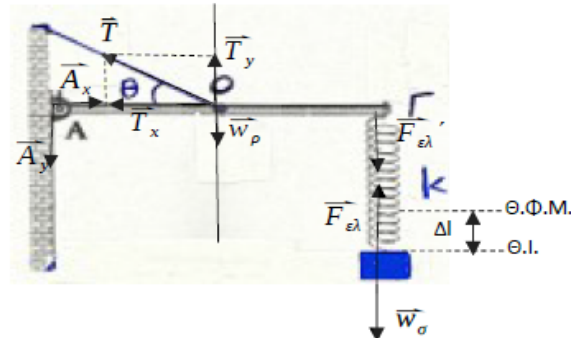
$$A_y = -mg$$

(Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι η A_y έχει φορά **προς τα κάτω**.)

Βήμα 5: Μέτρο δύναμης άρθρωσης.

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{(4\sqrt{3}mg)^2 + (mg)^2}$$

$$A = \sqrt{48m^2g^2 + m^2g^2} = \sqrt{49m^2g^2} = 7mg$$



Απάντηση: $A = 7mg$.

Γ2. (11 μονάδες)

Το σώμα μάζας m εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα $u = \sqrt{m/k}g$.

Γ2.1 Να βρείτε το πλάτος της ταλάντωσης του σώματος.

Γ2.2 Να βρείτε την τιμή του λόγου T_1/T_2 των τάσεων του νήματος στις θέσεις που μηδενίζεται στιγμιαία η ταχύτητα του σώματος.

Λύση:

Γ2.1 — Πλάτος ταλάντωσης.

Το σώμα ισορροπεί όταν η δύναμη του ελατηρίου εξισορροπεί το βάρος του:

$$mg = k\Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k}$$

Αυτή είναι η θέση ισορροπίας (Θ.Ι.) της ταλάντωσης.

Εκτοξεύεται από τη Θ.Ι. με ταχύτητα $u = \sqrt{m/k}g$ κατακόρυφα προς τα πάνω. Στην ΑΑΤ, η μέγιστη ταχύτητα είναι:

$$u_{max} = \omega A$$

όπου η κυκλική συχνότητα είναι:

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

Άρα:

$$A = \frac{u_{max}}{\omega} = \frac{\sqrt{m/k} g}{\sqrt{k/m}} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot g \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{mg}{k}$$

$$\text{Άρα } A = \frac{mg}{k} = \Delta l.$$

Γ2.2 — Λόγος τάσεων.

Το σώμα ταλαντώνεται γύρω από τη Θ.Ι. με πλάτος $A = \Delta l$. Η ταχύτητα μηδενίζεται στις δύο ακραίες θέσεις:

Θέση 1 — κάτω ακραία ($y = -A$):

Η απομάκρυνση από τη Θ.Ι. είναι $-A$, που σημαίνει ότι το ελατήριο έχει **επιμηκυνθεί** επιπλέον κατά A σε σχέση με τη Θ.Ι. Η συνολική επιμήκυνση:

$$\Delta l_1 = \Delta l + A = \Delta l + \Delta l = 2\Delta l = \frac{2mg}{k}$$

Άρα:

$$F_{ελ,1} = k \cdot \Delta l_1 = k \cdot \frac{2mg}{k} = 2mg$$

Η ράβδος ισορροπεί (στιγμιαία) με αυτή τη δύναμη. Παίρνουμε ροπές ως προς Α:

$$T_{1y} \cdot \frac{L}{2} = W_{\rho} \cdot \frac{L}{2} + F_{ελ,1} \cdot L$$

$$T_{1y} \cdot \frac{L}{2} = 2mg \cdot \frac{L}{2} + 2mg \cdot L = mgL + 2mgL = 3mgL$$

$$T_{1y} = \frac{2 \cdot 3mgL}{L} = 6mg$$

$$T_1 = \frac{T_{1y}}{\eta_{\mu 30^\circ}} = \frac{6mg}{1/2} = 12mg$$

Θέση 2 — πάνω ακραία ($y = +A$):

Το ελατήριο έχει **συμπιεστεί** σε σχέση με τη Θ.Ι. κατά A . Η επιμήκυνση:

$$\Delta l_2 = \Delta l - A = \Delta l - \Delta l = 0$$

Άρα:

$$F_{ελ,2} = 0$$

Η ράβδος ισορροπεί μόνο με το βάρος της και την τάση T_2 :

$$T_{2y} \cdot \frac{L}{2} = W_\rho \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow T_{2y} = W_\rho = 2mg$$

$$T_2 = \frac{T_{2y}}{\eta\mu 30^\circ} = \frac{2mg}{1/2} = 4mg$$

Λόγος:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{12mg}{4mg} = 3$$

Απαντήσεις: $A = \frac{mg}{k}, \frac{T_1}{T_2} = 3$.

Γ3. (8 μονάδες)

Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή του πλάτους της ταλάντωσης του σώματος, ώστε η ράβδος να παραμένει διαρκώς σε ισορροπία.

Λύση:

Βήμα 1: Συνθήκη για να παραμένει η ράβδος σε ισορροπία.

Για να ισορροπεί η ράβδος, το νήμα πρέπει να είναι **διαρκώς τεντωμένο**, δηλαδή η τάση να είναι θετική ή μηδενική:

$$T \geq 0$$

Αν το νήμα χαλαρώσει ($T = 0$), η ράβδος θα αρχίσει να περιστρέφεται γύρω από την άρθρωση Α προς τα κάτω (αφού η ροπή του βάρους δεν εξισορροπείται πια).

Βήμα 2: Έκφραση της τάσης ως συνάρτηση της θέσης.

Από την ισορροπία ράβδου (ροπές ως προς Α):

$$T_y \cdot \frac{L}{2} = W_\rho \cdot \frac{L}{2} + F_{ελ} \cdot L$$

$$T \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} = 2mg \cdot \frac{L}{2} + F_{ελ} \cdot L$$

$$\frac{TL}{4} = mgL + F_{ελ}L$$

$$T = 4mg + 4F_{ελ}$$

Βήμα 3: Έκφραση της δύναμης του ελατηρίου.

Έστω y η απομάκρυνση από τη Θ.Ι. (θετική προς τα πάνω, δηλαδή προς τη συμπίεση του ελατηρίου). Τότε:

$$F_{ελ} = k(\Delta l - y)$$

Βήμα 4: Απαίτηση $T \geq 0$.

$$T = 4mg + 4k(\Delta l - y) \geq 0$$

$$mg + k(\Delta l - y) \geq 0$$

Με $k\Delta l = mg$:

$$mg + mg - ky \geq 0$$

$$2mg \geq ky$$

$$y \leq \frac{2mg}{k}$$

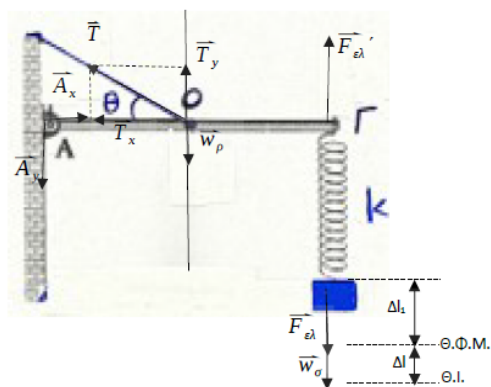
Η χειρότερη περίπτωση είναι όταν το σώμα βρίσκεται στην **πάνω ακραία θέση**, δηλαδή $y = + A$. Άρα:

$$A \leq \frac{2mg}{k}$$

Βήμα 5: Φυσική ερμηνεία.

Όταν $y = + A = 2mg/k$, το ελατήριο έχει συμπιεστεί τόσο ώστε $F_{ελ} = k(\Delta l - A) = k(mg/k - 2mg/k) = -mg$. Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι το ελατήριο ασκεί δύναμη προς τα **πάνω** (σπρώχνει), μειώνοντας τη ροπή που πρέπει να εξισορροπήσει το νήμα. Στο όριο $A = 2mg/k$, η τάση μηδενίζεται $T = 0$ και η ράβδος μόλις που ισορροπεί.

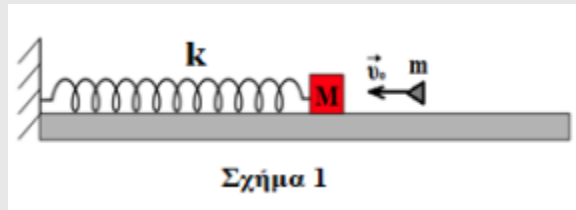
Για $A > 2mg/k$, το νήμα θα χαλαρώσει και η ράβδος θα ανασηκώνεται περιοδικά.



Απάντηση: $A_{max} = \frac{2mg}{k}$.

ΘΕΜΑ Δ — Κρούσεις & Ηλεκτρομαγνητισμός (25 μονάδες)

Ένα σώμα μάζας $M = 150 \text{ g}$ βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και είναι προσδεμένο στην άκρη οριζόντιου ελατηρίου σταθεράς $k = 80 \text{ N/m}$, η άλλη άκρη του οποίου είναι στερεωμένη ακλόνητα. Το σώμα μάζας M αρχικά ισορροπεί ακίνητο με το ελατήριο να έχει το φυσικό του μήκος. Βλήμα μάζας $m = 50 \text{ g}$, που κινείται στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου με ταχύτητα $v_0 = 20 \text{ m/s}$, συγκρούεται με το σώμα μάζας M και σφηνώνεται σε αυτό.



Δ1. (8 μονάδες)

Να υπολογίσετε την απόσταση που θα διανύσει το συσσωμάτωμα στο χρονικό διάστημα μιας περιόδου T της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει.

Λύση:

Βήμα 1: Ταχύτητα συσσωματώματος μετά την κρούση (Α.Δ.Ο.).

Κατά την κρούση, το βλήμα σφηνώνεται στο σώμα — πρόκειται για **πλαστική κρούση**. Διατηρείται η ορμή του συστήματος:

$$mv_0 + M \cdot 0 = (m + M)V_\sigma$$

$$V_\sigma = \frac{mv_0}{m+M} = \frac{0,050 \cdot 20}{0,050 + 0,150} = \frac{1,0}{0,200} = 5 \text{ m/s}$$

Βήμα 2: Κυκλική συχνότητα ταλάντωσης.

Μετά την κρούση, το συσσωμάτωμα (μάζα $m + M = 0,2 \text{ kg}$) εκτελεί ΑΑΤ με ελατήριο σταθεράς $k = 80 \text{ N/m}$:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}} = \sqrt{\frac{80}{0,2}} = \sqrt{400} = 20 \text{ rad/s}$$

Βήμα 3: Πλάτος ταλάντωσης.

Αμέσως μετά την κρούση, το συσσωμάτωμα βρίσκεται στη Θ.Φ.Μ. (η θέση ισορροπίας ταυτίζεται με το φυσικό μήκος του ελατηρίου, αφού το επίπεδο είναι λείο). Αυτή είναι και η θέση ισορροπίας της ταλάντωσης. Εκεί η ταχύτητα είναι **μέγιστη**:

$$V_{\sigma} = \omega A \Rightarrow A = \frac{V_{\sigma}}{\omega} = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ m}$$

Βήμα 4: Απόσταση σε μία περίοδο.

Σε μία πλήρη περίοδο T , το σώμα κινείται: από τη θέση 0 στη θέση $+A$, πίσω στο 0, στη θέση $-A$ και πίσω στο 0. Διανύει συνολικά $4A$:

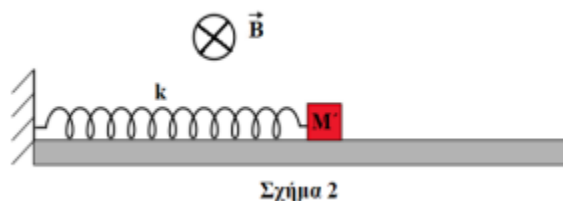
$$s = 4A = 4 \cdot 0,25 = 1 \text{ m}$$

Απάντηση: $s = 1 \text{ m}$.

Δ2. (9 μονάδες)

Στην άκρη του προηγούμενου οριζώντιου ελατηρίου σταθεράς $k = 80 \text{ N/m}$, συνδέουμε τώρα ένα σώμα μάζας $M' = 50 \text{ g}$, που είναι αρνητικά φορτισμένο με ηλεκτρικό φορτίο $q = -0,1 \text{ C}$. Στην περιοχή που βρίσκεται όλη η διάταξη επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1 \text{ T}$ και φοράς από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Το σώμα μάζας M' αρχικά ισορροπεί ακίνητο με το ελατήριο να έχει το φυσικό του μήκος. Κάποια στιγμή, απομακρύνουμε το σώμα μάζας M' οριζόντια κατά d , στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου και το αφήνουμε ελεύθερο, με αποτέλεσμα να εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση πάνω στο λείο οριζόντιο επίπεδο.

Δ2. Να υπολογίσετε τη μέγιστη απομάκρυνση d_{max} που μπορούμε να δώσουμε στο σώμα μάζας M' , έτσι ώστε αυτό να μην χάνει κατά την κίνησή του την επαφή του με το έδαφος.



Λύση:

Βήμα 1: Δυνάμεις στο σώμα M' .

Το σώμα δέχεται:

- **Βάρος** $W = M'g$ προς τα κάτω.
- **Κάθετη αντίδραση** N από το έδαφος προς τα πάνω.

- **Δύναμη ελατηρίου** οριζόντια (δεν επηρεάζει την κατακόρυφη ισορροπία).
- **Δύναμη Lorentz** $F_L = B|q|v$, κάθετη στην ταχύτητα. Επειδή η ταχύτητα είναι οριζόντια και το B οριζόντιο (από αναγνώστη προς σελίδα), η F_L είναι κατακόρυφη.

Βήμα 2: Φορά της δύναμης Lorentz.

Με τον κανόνα του δεξιού χεριού (κανόνας $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$):

- Όταν το σώμα κινείται **προς τα αριστερά**: F_L με φορά **προς τα πάνω**.
- Όταν το σώμα κινείται **προς τα δεξιά**: F_L με φορά **προς τα κάτω**.

Βήμα 3: Συνθήκη να μη χάνει την επαφή.

Για να μη χάνει την επαφή με το έδαφος, πρέπει η κάθετη αντίδραση να είναι μη αρνητική: $N \geq 0$.

Η **δυσμενέστερη περίπτωση** είναι όταν η F_L έχει φορά **προς τα κάτω** (δηλαδή όταν το σώμα κινείται προς τα δεξιά), γιατί τότε «σπρώχνει» το σώμα προς το έδαφος. Στην περίπτωση αυτή:

$$N = M'g + F_L$$

η οποία είναι θετική για κάθε F_L , οπότε **δεν υπάρχει κίνδυνος αποκόλλησης**.

Αντίθετα, όταν η F_L έχει φορά **προς τα πάνω** (κίνηση προς τα αριστερά), η κάθετη αντίδραση μειώνεται:

$$N + F_L - M'g = 0 \Rightarrow N = M'g - F_L$$

Για να μη χάνει την επαφή: $N \geq 0$:

$$M'g \geq F_L = B|q|v$$

Βήμα 4: Μέγιστη ταχύτητα.

Η ταχύτητα είναι μέγιστη όταν το σώμα περνά από τη Θ.Ι.:

$$v_{max} = \omega' A$$

με

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{M'}} = \sqrt{\frac{80}{0,050}} = \sqrt{1600} = 40 \text{ rad/s}$$

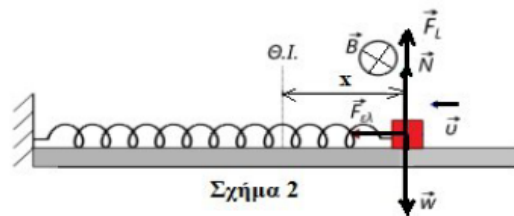
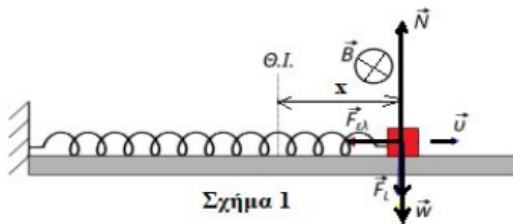
Βήμα 5: Μέγιστο πλάτος.

Η απαίτηση $M\dot{g} \geq B|q|v_{max}$ δίνει:

$$v_{max} \leq \frac{M\dot{g}}{B|q|} = \frac{0,050 \cdot 10}{1 \cdot 0,1} = \frac{0,5}{0,1} = 5 \text{ m/s}$$

Άρα:

$$\omega A_{max} \leq 5 \Rightarrow A_{max} \leq \frac{5}{\omega} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ m}$$



Απάντηση: $d_{max} = A_{max} = 0,125 \text{ m}$.

Δ3. (8 μονάδες)

Όταν το σώμα μάζας $M = 50 \text{ g}$, ισορροπεί ακίνητο με το ελατήριο να έχει το φυσικό του μήκος, το απομακρύνουμε οριζόντια προς τα δεξιά κατά $d = 0,1 \text{ m}$, στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου και το αφήνουμε ελεύθερο, με αποτέλεσμα να εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση πάνω στο λείο οριζόντιο επίπεδο. Να υπολογίσετε τη δύναμη Lorentz που ασκείται στο σώμα μάζας M όταν βρεθεί για πρώτη φορά σε απομάκρυνση $x = +0,05 \text{ m}$ από τη θέση ισορροπίας του, θεωρώντας ως θετική φορά στην ταλάντωση εκείνη κατά την οποία το ελατήριο επιμηκύνεται.

Λύση:

Βήμα 1: Πλάτος και έλεγχος μη-αποκόλλησης.

Αφήνουμε το σώμα από $d = 0,1 \text{ m}$ με μηδενική ταχύτητα, άρα το πλάτος είναι $A = 0,1 \text{ m}$.

Επειδή $A = 0,1 \text{ m} < A_{max} = 0,125 \text{ m}$ (από το Δ2), το σώμα **δεν χάνει την επαφή** με το έδαφος κατά την ταλάντωση. ✓

Βήμα 2: Ταχύτητα στη θέση $x = +0,05 \text{ m}$ (Α.Δ.Ε.Τ.).

Εφαρμόζουμε την Αρχή Διατήρησης Μηχανικής Ενέργειας για την ταλάντωση:

$$E = K + U = \text{σταθ.}$$

$$\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}M'v^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$$kA^2 = M'v^2 + kx^2$$

$$v^2 = \frac{k(A^2 - x^2)}{M'}$$

Αντικαθιστώντας:

$$v^2 = \frac{80 \cdot (0,1^2 - 0,05^2)}{0,05} = \frac{80 \cdot (0,01 - 0,0025)}{0,05}$$

$$v^2 = \frac{80 \cdot 0,0075}{0,05} = \frac{0,6}{0,05} = 12 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$|v| = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

Βήμα 3: Πρόσημο της ταχύτητας.

Το σώμα ξεκινά από τη θέση $x = + 0,1 \text{ m}$ με μηδενική ταχύτητα και κινείται προς τη Θ.Ι. ($x = 0$). Άρα όταν περνά για πρώτη φορά από τη θέση $x = + 0,05 \text{ m}$, κινείται **προς τα αριστερά** (αρνητική φορά):

$$v = - 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

Βήμα 4: Υπολογισμός δύναμης Lorentz.

$$F_L = B \cdot |q| \cdot |v| = 1 \cdot 0,1 \cdot 2\sqrt{3} = 0,2\sqrt{3} \text{ N}$$

Αριθμητικά: $F_L \approx 0,346 \text{ N}$.

Βήμα 5: Φορά της δύναμης Lorentz.

Επειδή το σώμα κινείται **προς τα αριστερά** και το φορτίο είναι αρνητικό, με τον κανόνα του δεξιού χεριού η F_L έχει φορά **προς τα πάνω**.

Απάντηση: $F_L = 0,2\sqrt{3} \text{ N}$, με φορά προς τα πάνω.

Τελικός πίνακας απαντήσεων

Ερώτηση	Απάντηση
A1	γ) Η ορμή του
A2	β) $P' = 16P$
A3	β) 50%
A4	γ) Αντίθετη

Ερώτηση	Απάντηση
A5	$\Sigma, \Sigma, \Lambda, \Sigma, \Lambda$
B1	$\alpha) \Delta t_1 = (3/4)\Delta t_2$
B2	$\alpha) 18A$
B3	$\gamma) 2E^2/9R$
$\Gamma 1$	$A = 7mg$
$\Gamma 2$	$A = mg/k,$ $T_1/T_2 = 3$
$\Gamma 3$	$A_{max} = 2mg/k$
$\Delta 1$	$s = 1 \text{ m}$
$\Delta 2$	$d_{max} = 0,125 \text{ m}$
$\Delta 3$	$F_L = 0,2\sqrt{3} \text{ N}$

Επιμέλεια Παρουσίασης: *Τάσος Τζανόπουλος*