

ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ 2022

Αναλυτικές λύσεις

Πανελλαδικές Εξετάσεις Ημερησίων & Εσπερινών ΓΕΛ - Κανονικές 2022

ΘΕΜΑ Α

A1. Σωστή επιλογή: γ. Σε κάθε κρούση δύο σωμάτων που αποτελούν μονωμένο σύστημα ως προς τις οριζόντιες δυνάμεις, διατηρείται η ορμή του συστήματος. Η ανταλλαγή ταχυτήτων ισχύει μόνο σε ειδική περίπτωση κεντρικής ελαστικής κρούσης ίσων μαζών, όχι γενικά σε έκκεντρη κρούση.

A2. Σωστή επιλογή: δ. Από την εξίσωση συνέχειας $A_A u_A = A_B u_B$. Εφόσον $A_A = 4A_B$ και $u_A = u$, προκύπτει $u_B = 4u$.

A3. Σωστή επιλογή: γ. Για αντιστάτη η μέση θερμική ισχύς είναι $P = I_{\text{ενεργ}}^2 R = (I_0/\sqrt{2})^2 R$. Αν το πλάτος I_0 υποδιπλασιαστεί, η ισχύς γίνεται τετραπλάσια μικρότερη, δηλαδή υποτετραπλασιάζεται.

A4. Σωστή επιλογή: β. Όταν ο ταλαντωτής κινείται προς τη θέση ισορροπίας, η απομάκρυνση $|x|$ μειώνεται. Άρα μειώνεται και το μέτρο της επιτάχυνσης $|a| = \omega^2 |x|$.

A5. Χαρακτηρισμοί:

- α) Λάθος. Η ροπή ζεύγους είναι $\tau = F \cdot d$. Αν διπλασιαστεί κάθε δύναμη και η απόσταση μείνει ίδια, η ροπή διπλασιάζεται, δεν τετραπλασιάζεται.
- β) Σωστό. Ο πυρήνας μαλακού σιδήρου αυξάνει τη μαγνητική διαπερατότητα και πυκνώνει τις δυναμικές γραμμές.
- γ) Λάθος. Στην ελαστική ανάκλαση από λείο κατακόρυφο τοίχο αλλάζει η φορά της ορμής. Το διάνυσμα μεταβάλλεται κατά μέτρο $2p$, όμως το μέτρο της ορμής πριν και μετά παραμένει p , άρα η μεταβολή του μέτρου είναι 0.
- δ) Σωστό. Η Γη έχει ιδιοστροφομή λόγω περιστροφής γύρω από τον άξονά της.
- ε) Σωστό. Στον συντονισμό το μέγιστο πλάτος εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης b .

ΘΕΜΑ Β

B1

Σωστή επιλογή: ι. $A1 = A2$.

Στην αρχική ισορροπία χωρίς πρόσθετη δύναμη, η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι:

$$k x_0 = mg \Rightarrow x_0 = mg/k.$$

Πείραμα 1: Το σώμα αφήνεται από τη θέση φυσικού μήκους. Η θέση ισορροπίας απέχει x_0 από τη θέση φυσικού μήκους, άρα το πλάτος είναι $A1 = x_0 = mg/k$.

Πείραμα 2: Ασκείται σταθερή κατακόρυφη δύναμη $F = mg$ προς τα πάνω. Η νέα θέση ισορροπίας ικανοποιεί $mg - F - kx = 0$, άρα $x = 0$. Δηλαδή η νέα θέση ισορροπίας είναι η θέση φυσικού μήκους. Το σώμα ξεκινά από την παλιά θέση ισορροπίας, η οποία απέχει x_0 από τη νέα θέση ισορροπίας, επομένως $A_2 = x_0 = mg/k$.

Άρα $A_1 = A_2$.

B2

Σωστή επιλογή: ii. $\Delta t_2/\Delta t_1 = 1/3$.

Η ταχύτητα εκροής από οπή που βρίσκεται σε βάθος h κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια δίνεται από τον νόμο Torricelli: $u = \sqrt{2gh}$.

Για την οπή (1): $h_1 = H - 5H/6 = H/6$, άρα $u_1 = \sqrt{2gH/6} = \sqrt{gH/3}$.

Για την οπή (2): $h_2 = H - H/3 = 2H/3$, άρα $u_2 = \sqrt{2g \cdot 2H/3} = \sqrt{4gH/3} = 2u_1$.

Όταν είναι ανοικτή μόνο η οπή (1), η παροχή είναι $Q_1 = Au_1$, οπότε $V = Q_1 \Delta t_1 = Au_1 \Delta t_1$.

Όταν είναι ανοικτές και οι δύο οπές, η συνολική παροχή είναι $Q_2 = Au_1 + Au_2 = A(u_1 + 2u_1) = 3Au_1$, οπότε $V = Q_2 \Delta t_2 = 3Au_1 \Delta t_2$.

Για τον ίδιο όγκο V : $Au_1 \Delta t_1 = 3Au_1 \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2/\Delta t_1 = 1/3$.

B3

Σωστή επιλογή: iii. 96%.

Από το διάγραμμα, η ορμή της σφαίρας m_1 μετά την κρούση είναι $p_1' = p_1/5$, με ίδια φορά.

Για κεντρική ελαστική κρούση με τη δεύτερη σφαίρα αρχικά ακίνητη:

$$p_1'/p_1 = (m_1 - m_2)/(m_1 + m_2) = 1/5.$$

$$\text{Άρα } 5m_1 - 5m_2 = m_1 + m_2 \Rightarrow 4m_1 = 6m_2 \Rightarrow m_2 = (2/3)m_1.$$

Η αρχική κινητική ενέργεια της m_1 είναι $K_{\text{αρχ}} = p_1^2/(2m_1)$. Η τελική κινητική ενέργεια της m_1 είναι:

$$K_1' = (p_1/5)^2/(2m_1) = K_{\text{αρχ}}/25.$$

Επειδή η κρούση είναι ελαστική, η ενέργεια που μεταβιβάστηκε στη m_2 είναι:

$$K_2' = K_{\text{αρχ}} - K_1' = K_{\text{αρχ}} - K_{\text{αρχ}}/25 = 24K_{\text{αρχ}}/25.$$

$$\text{Ποσοστό} = (24/25) \cdot 100\% = 96\%.$$

ΘΕΜΑ Γ

Δεδομένα: $\ell = 1 \text{ m}$, $E = 9 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$, $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \Omega$, $m = 0,3 \text{ kg}$, $R_1 = 3 \Omega$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Γ1

Αρχικά ο αγωγός ισορροπεί. Με κλειστό τον δ_1 και ανοικτό τον δ_2 , το κύκλωμα έχει συνολική αντίσταση:

$$R_{ολ} = r + R_{ΚΛ} = 1 + 2 = 3 \, \Omega.$$

$$\text{Το ρεύμα είναι: } I = E/R_{ολ} = 9/3 = 3 \, \text{A}.$$

Για να ισορροπεί ο αγωγός, η μαγνητική δύναμη Laplace πρέπει να εξισορροπεί το βάρος του:

$$F_L = mg \Rightarrow B I \ell = mg \Rightarrow B \cdot 3 \cdot 1 = 0,3 \cdot 10 \Rightarrow B = 1 \, \text{T}.$$

Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετη στο επίπεδο του σχήματος, προς τον παρατηρητή, ώστε η δύναμη Laplace στον αγωγό να είναι κατακόρυφη προς τα πάνω.

Γ2

Μετά το άνοιγμα του δ1 και το κλείσιμο του δ2, ο αγωγός κατέρχεται και λόγω της κίνησής του στο μαγνητικό πεδίο εμφανίζεται επαγωγική ΗΕΔ:

$$E_{επ} = B \ell v = u.$$

Η συσκευή Σ έχει κανονική λειτουργία για $V = 6 \, \text{V}$ και $P = 6 \, \text{W}$, άρα:

$$R_{\Sigma} = V^2/P = 36/6 = 6 \, \Omega.$$

Οι R_1 και R_{Σ} είναι παράλληλα:

$$R_{εξ} = (R_1 R_{\Sigma})/(R_1 + R_{\Sigma}) = (3 \cdot 6)/(3+6) = 2 \, \Omega.$$

Η συνολική αντίσταση του κυκλώματος είναι:

$$R_{ολ} = R_{ΚΛ} + R_{εξ} = 2 + 2 = 4 \, \Omega.$$

Το επαγωγικό ρεύμα για ταχύτητα u είναι:

$$I = E_{επ}/R_{ολ} = u/4.$$

Η μαγνητική δύναμη στον αγωγό έχει μέτρο:

$$F_L = B I \ell = u/4.$$

Καθώς ο αγωγός κατέρχεται, η ταχύτητα αυξάνεται, άρα αυξάνεται και η αντίθετη μαγνητική δύναμη. Η συνισταμένη $mg - F_L$ μειώνεται, οπότε η κίνηση είναι ευθύγραμμη επιταχυνόμενη με μειούμενη επιτάχυνση. Όταν $F_L = mg$, η επιτάχυνση μηδενίζεται και ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα.

Στην οριακή ταχύτητα:

$$mg = u_{ορ}/4 \Rightarrow 0,3 \cdot 10 = u_{ορ}/4 \Rightarrow u_{ορ} = 12 \, \text{m/s}.$$

Γ3

Στη θέση 2 η ταχύτητα είναι $u = u_{ορ}/2 = 6 \, \text{m/s}$.

$$\text{Τότε: } I = u/4 = 6/4 = 1,5 \, \text{A} \text{ και } F_L = B I \ell = 1,5 \, \text{N}.$$

Το βάρος είναι $mg = 3 \, \text{N}$. Άρα η συνισταμένη δύναμη έχει μέτρο:

$$\Sigma F = mg - F_L = 3 - 1,5 = 1,5 \text{ N, προς τα κάτω.}$$

Επομένως ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του αγωγού είναι:

$$dp/dt = \Sigma F = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2 \text{ προς τα κάτω.}$$

Γ4

Στην οριακή ταχύτητα $u_0 = 12 \text{ m/s}$:

$$I = u_0/4 = 12/4 = 3 \text{ A.}$$

Η τάση στα άκρα του παράλληλου συνδυασμού R_1 και R_2 είναι:

$$V_{\text{εξ}} = I R_{\text{εξ}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ V.}$$

Η συσκευή Σ είναι παράλληλα με τον R_1 , άρα στα άκρα της έχει τάση 6 V. Επειδή η κανονική της τάση είναι 6 V, λειτουργεί κανονικά.

ΘΕΜΑ Δ

Δεδομένα: $M_p = 3 \text{ kg}$, $\ell = 2 \text{ m}$, $m = 1 \text{ kg}$, $\eta\mu\phi = 0,8$, $\sigma\upsilon\nu\phi = 0,6$, $M_t = 7 \text{ kg}$, $R = 0,4 \text{ m}$, $r = 0,3 \text{ m}$, $F = 12 \text{ N}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Δ1

Η ράβδος ισορροπεί. Παίρνουμε ροπές ως προς την άρθρωση Γ. Οι δυνάμεις στην άρθρωση δεν δίνουν ροπή.

Αποστάσεις από το Γ: $\Gamma A = \Gamma B = \ell/2 = 1 \text{ m}$. Για το άκρο Α: $x_A = -\sigma\upsilon\nu\phi = -0,6 \text{ m}$ και $y_A = \eta\mu\phi = 0,8 \text{ m}$. Για το άκρο Β: $x_B = \sigma\upsilon\nu\phi = 0,6 \text{ m}$.

Η τάση του νήματος στο Α είναι οριζόντια προς τα δεξιά, $T = 10,5 \text{ N}$, και δίνει δεξιόστροφη ροπή μέτρου $T \cdot 0,8 = 8,4 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Το βάρος του σφαιριδίου δίνει αριστερόστροφη ροπή: $m g \cdot 0,6 = 1 \cdot 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Η κάθετη αντίδραση Ν του δαπέδου στο Β δίνει αριστερόστροφη ροπή: $N \cdot 0,6$.

Συνθήκη ισορροπίας ροπών:

$$0,6N + 6 - 8,4 = 0 \Rightarrow 0,6N = 2,4 \Rightarrow N = 4 \text{ N.}$$

Δ2

Αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος και αφού η ράβδος χάσει την επαφή με το δάπεδο, εξωτερική ροπή ως προς Γ δίνει μόνο το βάρος του σφαιριδίου. Το βάρος της ράβδου εφαρμόζεται στο Γ, άρα δεν δίνει ροπή.

Ροπή συστήματος ράβδου–σφαιριδίου:

$$\tau = m g \cdot 0,6 = 6 \text{ N}\cdot\text{m.}$$

Ροπή αδράνειας ράβδου ως προς Γ:

$$I_p = (1/12) M_p \ell^2 = (1/12) \cdot 3 \cdot 2^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Ροπή αδράνειας σφαιριδίου ως προς Γ:

$$I_S = m(\ell/2)^2 = 1 \cdot 1^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Άρα $I_{o\lambda} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ και:

$$\alpha = \tau / I_{o\lambda} = 6/2 = 3 \text{ rad/s}^2.$$

Ο ρυθμός μεταβολής της στροφορμής της ράβδου είναι:

$$dL_p/dt = I_p \alpha = 1 \cdot 3 = 3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2.$$

Η φορά είναι αριστερόστροφη, δηλαδή το διάνυσμα είναι προς τον παρατηρητή.

Δ3

Από την αρχική θέση μέχρι τη στιγμή που το σφαιρίδιο χτυπά στο δάπεδο, το σφαιρίδιο κατεβαίνει από ύψος 1,6 m μέχρι το δάπεδο. Η ράβδος έχει κέντρο μάζας στο Γ, άρα η βαρυτική δυναμική ενέργεια της ράβδου δεν μεταβάλλεται.

Με διατήρηση μηχανικής ενέργειας:

$$m g \Delta h = 1/2 I_{o\lambda} \omega^2 \Rightarrow 1 \cdot 10 \cdot 1,6 = 1/2 \cdot 2 \cdot \omega^2 \Rightarrow 16 = \omega^2 \Rightarrow \omega = 4 \text{ rad/s}.$$

Πριν την κρούση:

$$L_{\text{πριν}} = I_{o\lambda} \omega = 2 \cdot 4 = 8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}, \text{ με φορά προς τον παρατηρητή.}$$

Μετά την κρούση το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας είναι $\omega/2 = 2 \text{ rad/s}$ και η φορά αντιστρέφεται, επειδή το σφαιρίδιο ανακρούεται από το δάπεδο.

$$L_{\text{μετά}} = I_{o\lambda} \cdot (\omega/2) = 2 \cdot 2 = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}, \text{ με φορά προς τα μέσα της σελίδας.}$$

Άρα, λαμβάνοντας θετική τη φορά προς τον παρατηρητή:

$$\Delta L = L_{\text{μετά}} - L_{\text{πριν}} = -4 - 8 = -12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}.$$

Επομένως $|\Delta L| = 12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ και το διάνυσμα ΔL έχει φορά προς τα μέσα της σελίδας.

Δ4

Για την τροχαλία, θεωρούμε θετική τη φορά προς τα δεξιά και θετική τη δεξιόστροφη περιστροφή. Η κύλιση χωρίς ολίσθηση δίνει:

$$\alpha = a/R.$$

Μεταφορική κίνηση:

$$F + f = M \tau a.$$

Στροφική κίνηση ως προς το κέντρο Ο:

$$F r - f R = I \alpha = I a / R.$$

Η ροπή αδράνειας της τροχαλίας είναι:

$$I_T = (1/2) M_T R^2 = (1/2) \cdot 7 \cdot 0,4^2 = 0,56 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Άρα:

$$12 + f = 7a$$

$$12 \cdot 0,3 - 0,4f = 0,56 \cdot a / 0,4$$

$$3,6 - 0,4f = 1,4a.$$

Από την πρώτη $f = 7a - 12$. Αντικατάσταση:

$$3,6 - 0,4(7a - 12) = 1,4a \Rightarrow 8,4 = 4,2a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2.$$

Η επιτάχυνση του κέντρου μάζας της τροχαλίας είναι 2 m/s^2 προς τα δεξιά.

Δ5

Από το Δ4, η επιτάχυνση είναι σταθερή: $a = 2 \text{ m/s}^2$. Από ηρεμία, σε χρόνο $t = 2 \text{ s}$:

$$u_{cm} = at = 2 \cdot 2 = 4 \text{ m/s}.$$

Η γωνιακή ταχύτητα είναι:

$$\omega = u_{cm} / R = 4 / 0,4 = 10 \text{ rad/s}.$$

Το έργο της δύναμης F ισούται με την αύξηση της κινητικής ενέργειας της τροχαλίας, αφού η στατική τριβή δεν παράγει έργο στην κύλιση χωρίς ολίσθηση:

$$W_F = 1/2 M_T u_{cm}^2 + 1/2 I_T \omega^2$$

$$W_F = 1/2 \cdot 7 \cdot 4^2 + 1/2 \cdot 0,56 \cdot 10^2 = 56 + 28 = 84 \text{ J}.$$

Άρα $W_F = 84 \text{ J}$.