

Αναλυτικές λύσεις - Φυσική Προσανατολισμού 2021

Οι λύσεις γράφονται με πλήρη αιτιολόγηση και με τη συνήθη σύμβαση ότι οι μονάδες είναι στο S.I., όπου δεν αναφέρεται διαφορετικά.

ΘΕΜΑ Α

A1

Σωστή επιλογή: γ.

Η μαγνητική ροή από επίπεδη επιφάνεια είναι $\Phi = B S \sin\theta$, όπου θ η γωνία ανάμεσα στο διάνυσμα της επιφάνειας και στο B . Είναι μέγιστη όταν $\theta = 0$, δηλαδή όταν η επιφάνεια είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές. Μονάδα είναι το Wb, όχι το T.

A2

Σωστή επιλογή: δ.

Στα διακροτήματα η συχνότητα διακροτήματος είναι $f_D = |f_2 - f_1| = 2 \text{ Hz}$. Το πλάτος μηδενίζεται ανά χρονικά διαστήματα $\Delta t = 1/f_D = 1/2 \text{ s} = 0,5 \text{ s}$.

A3

Σωστή επιλογή: γ.

Η γωνιακή επιτάχυνση έχει την κατεύθυνση του διανύσματος μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας: $\alpha = \Delta\omega/\Delta t$.

A4

Σωστή επιλογή: β.

Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα είναι $p = \rho gh$, άρα εξαρτάται από την επιτάχυνση της βαρύτητας g .

A5

- α) Σωστό. Η ροπή ζεύγους είναι ανεξάρτητη από το σημείο αναφοράς.
- β) Λάθος. Η ροή ιδανικού ρευστού θεωρείται αστρόβιλη.
- γ) Σωστό. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι κλειστές και δεν τέμνονται.
- δ) Σωστό. Ο κανόνας του Lenz εκφράζει τη διατήρηση της ενέργειας.
- ε) Λάθος. Στα άκρα σωληνοειδούς το πεδίο είναι ασθενέστερο από το πεδίο στο εσωτερικό/κέντρο.

ΘΕΜΑ Β

B1

Σωστή επιλογή: ii, δηλαδή $\epsilon_{\text{φ_min}} = 1/(2\mu)$.

Στη σκάλα ασκούνται: το βάρος w στο μέσο της, η κάθετη αντίδραση N του δαπέδου, η στατική τριβή T στο δάπεδο και η οριζόντια αντίδραση N_t του λείου τοίχου.

Ισορροπία δυνάμεων: στον κατακόρυφο άξονα $N = w$, ενώ στον οριζόντιο άξονα $T = N_t$.

Ροπές ως προς το κάτω άκρο της σκάλας: $N_t \cdot L \cdot \eta\mu\phi = w \cdot (L/2) \cdot \sigma\eta\mu\phi$, άρα $N_t = (w/2) \cdot \sigma\phi\phi$.

Στην οριακή ισορροπία $T = \mu N = \mu w$. Επειδή $T = N_t$, έχουμε $(w/2) \cdot \sigma\phi\phi \leq \mu w$, άρα $\sigma\phi\phi \leq 2\mu$ και τελικά εφφ $\geq 1/(2\mu)$.

B2

Σωστή επιλογή: i, δηλαδή $w = \rho g H A/2$.

Από Bernoulli μεταξύ ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής και εξόδου (2), επειδή η δεξαμενή έχει μεγάλη διατομή: $v_2 = \sqrt{(2gH)}$.

Η διατομή στο (1) είναι διπλάσια από τη διατομή στο (2), άρα από συνέχεια $A_1 v_1 = A_2 v_2$ παίρνουμε $v_1 = v_2/2$.

Bernoulli μεταξύ (1) και (2), στο ίδιο ύψος: $p_1 + (1/2)\rho v_1^2 = p_{atm} + (1/2)\rho v_2^2$.

Άρα $p_1 - p_{atm} = (1/2)\rho(v_2^2 - v_1^2) = (1/2)\rho(2gH - (1/2)gH) = (3/4)\rho gH$.

Στον κατακόρυφο σωλήνα: $p_1 = p_{atm} + w/A + \rho gh$. Με $h = H/4$: $w/A = (3/4)\rho gH - (1/4)\rho gH = (1/2)\rho gH$, άρα $w = \rho g H A/2$.

B3

Σωστή επιλογή: iii, δηλαδή $1/6$.

Θέτουμε x την αρχική διεύθυνση της $\Sigma 1$ και y την κάθετη διεύθυνση. Μετά την ελαστική μη κεντρική κρούση η $\Sigma 1$ κινείται κάθετα στην αρχική διεύθυνση και η $\Sigma 2$ υπό γωνία 30° προς τα κάτω.

Στον y άξονα: $\mu u_1' = 2\mu u_2' \eta\mu 30^\circ = 2\mu u_2' \cdot 1/2$, άρα $u_1' = u_2'$.

Στον x άξονα: $\mu u_1 = 2\mu u_2' \sigma\eta\mu 30^\circ = 2\mu u_2' \cdot \sqrt{3}/2 = \sqrt{3}\mu u_2'$, άρα $u_2' = u_1/\sqrt{3}$. Επομένως και $u_1' = u_1/\sqrt{3}$.

Στη συνέχεια η $\Sigma 1$ συγκρούεται πλαστικά με τη $\Sigma 3$ ίσης μάζας. Από διατήρηση ορμής: $\mu u_1' = (m+m)V$, άρα $V = u_1'/2 = u_1/(2\sqrt{3})$.

Τελική κινητική ενέργεια συσσωματώματος: $K_{τελ} = (1/2)(2m)V^2 = m \cdot u_1^2/12$. Αρχική κινητική ενέργεια: $K_{αρχ} = (1/2)\mu u_1^2$. Άρα $K_{τελ}/K_{αρχ} = (1/12)/(1/2) = 1/6$.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1

Με κλειστό τον $\delta 1$ και ανοικτούς τους $\delta 2, \delta 3$ τροφοδοτείται μόνο ο $R_1 = 6 \Omega$. Δίνεται μέση ισχύς $P_\mu = 12 W$.

Για εναλλασσόμενη τάση: $P_\mu = V_{εν}^2/R_1$. Άρα $V_{εν} = \sqrt{(P_\mu R_1)} = \sqrt{(12 \cdot 6)} = 6\sqrt{2} V$.

Το πλάτος της τάσης είναι $V = V_{max} = \sqrt{2} \cdot V_{εν} = 12 V$.

Η ενεργός ένταση στον R_1 είναι $I_{εν} = V_{εν}/R_1 = (6\sqrt{2})/6 = \sqrt{2} A$.

Γ2

Αν διπλασιαστεί η συχνότητα περιστροφής του πλαισίου, διπλασιάζεται και το πλάτος της παραγόμενης τάσης, γιατί $V_{max} = NBS\omega$. Άρα $V' = 24 V$ και $\omega' = 100\pi \text{ rad/s}$.

Η τάση είναι $u' = 24\eta\mu(100\pi t)$. Η στιγμιαία ισχύς στον R_1 είναι $p = u'^2/R_1 = 24^2/6 \cdot \eta\mu^2(100\pi t) = 96\eta\mu^2(100\pi t) W$.

Για $t = 5 \cdot 10^{-3} s$: $100\pi t = 100\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3} = \pi/2$, άρα $p = 96 W$.

Γ3

Από $t = 0$ έως $t = 2 s$ οι $\delta 2, \delta 3$ είναι ανοικτοί, άρα δεν υπάρχει κλειστό κύκλωμα και δεν ασκείται μαγνητική δύναμη στη ράβδο. Η ράβδος επιταχύνεται μόνο από τη F .

$a = F/m = 0,5/0,5 = 1 \text{ m/s}^2$, οπότε στη στιγμή $t = 2 s$ έχει ταχύτητα $u = at = 2 \text{ m/s}$.

Με το κλείσιμο των δ2, δ3 σχηματίζεται κύκλωμα με συνολική αντίσταση $R_{ολ} = R_{ΚΛ} + R_2 = 2 + 3 = 5 \Omega$.

Η ΗΕΔ επαγωγής είναι $E = B\ell u$ και το ρεύμα $I = E/R_{ολ} = B\ell u/R_{ολ}$. Η μαγνητική δύναμη στη ράβδο είναι $F_{mag} = BIl = B^2\ell^2 u/R_{ολ}$.

Αφού η ράβδος κινείται πλέον με σταθερή ταχύτητα: $F = F_{mag}$. Άρα $B^2 = F R_{ολ}/(\ell^2 u) = 0,5 \cdot 5/(1^2 \cdot 2) = 1,25 = 5/4$.

Επομένως $B = \sqrt{5/2} \text{ T} \approx 1,12 \text{ T}$.

Γ4

Στο διάστημα 0-2 s: $s_1 = (1/2)at^2 = (1/2) \cdot 1 \cdot 2^2 = 2 \text{ m}$.

Στο διάστημα 2-5 s: η ράβδος κινείται με σταθερή ταχύτητα $u = 2 \text{ m/s}$, άρα $s_2 = u\Delta t = 2 \cdot 3 = 6 \text{ m}$.

Το συνολικό έργο της F στο διάστημα 0-5 s είναι $WF = F(s_1 + s_2) = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ J}$.

Θερμότητα παράγεται μόνο από $t = 2 \text{ s}$ έως $t = 5 \text{ s}$. Τότε η ταχύτητα είναι σταθερή, άρα όλο το έργο της F στο διάστημα αυτό γίνεται θερμότητα: $Q_{ολ} = F s_2 = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ J}$.

Οι αντιστάσεις $R_{ΚΛ}$ και R_2 είναι σε σειρά, άρα η θερμότητα μοιράζεται ανάλογα με τις αντιστάσεις. $Q_2 = Q_{ολ} \cdot R_2/R_{ολ} = 3 \cdot 3/5 = 1,8 \text{ J}$.

Το ζητούμενο ποσοστό είναι $\Pi = Q_2/WF \cdot 100\% = 1,8/4 \cdot 100\% = 45\%$.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1

Το σώμα Σ2 ισορροπεί στο λείο κεκλιμένο επίπεδο, άρα η τάση του νήματος (2) είναι $T_2 = m_2 g \eta \mu \phi = 5 \cdot 10 \cdot 0,6 = 30 \text{ N}$.

Το σώμα Σ1 ισορροπεί κατακόρυφα, άρα $T_1 = m_1 g$.

Για την τροχαλία, παίρνουμε ροπές ως προς Ο. Το νήμα (1) είναι τυλιγμένο στην εξωτερική ακτίνα $2r$, ενώ το νήμα (2) στην εσωτερική ακτίνα r . Στην ισορροπία: $T_1 \cdot 2r = T_2 \cdot r$, άρα $T_1 = T_2/2 = 15 \text{ N}$.

Επομένως $m_1 = T_1/g = 15/10 = 1,5 \text{ kg}$.

Για τη δύναμη του άξονα στην τροχαλία: οι δυνάμεις από τα νήματα και το βάρος έχουν συνισταμένη που πρέπει να εξουδετερωθεί από τον άξονα.

Η T_1 είναι κατακόρυφη προς τα κάτω: 15 N . Το βάρος της τροχαλίας είναι $Mg = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ N}$ προς τα κάτω.

Η T_2 έχει συνιστώσες: $T_2 \sin \phi = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ N}$ οριζόντια και $T_2 \eta \mu \phi = 30 \cdot 0,6 = 18 \text{ N}$ κατακόρυφα προς τα κάτω.

Άρα η συνισταμένη των γνωστών δυνάμεων έχει μέτρο $R = \sqrt{(24^2 + 18^2)} = 30 \text{ N}$. Η δύναμη που δέχεται η τροχαλία από τον άξονα έχει ίσο μέτρο: 30 N .

Δ2

Μετά το κόψιμο των νημάτων, το Σ2 κατεβαίνει από ύψος $h = 1,8 \text{ m}$ χωρίς τριβές. Από διατήρηση μηχανικής ενέργειας: $m_2 gh = (1/2)m_2 u^2$, άρα $u = \sqrt{(2gh)} = \sqrt{(2 \cdot 10 \cdot 1,8)} = 6 \text{ m/s}$.

Όταν το Σ2 βρίσκεται στο Γ, απέχει από το Δ απόσταση $\ell = 3\pi/5 \text{ m}$. Επομένως ο χρόνος για να φτάσει στο Δ είναι $t_2 = \ell/u = (3\pi/5)/6 = \pi/10 \text{ s}$.

Το Σ3 ξεκινά από ακραία θέση, επειδή το ελατήριο είναι αρχικά συμπιεσμένο κατά $d = 0,2 \text{ m}$. Για να φτάσει πρώτη φορά στη θέση φυσικού μήκους Δ χρειάζεται χρόνο $T/4 = \pi/(2\omega)$.

Η πρώτη σύγκρουση γίνεται στο Δ, άρα $\pi/(2\omega) = \pi/10$ και επομένως $\omega = 5 \text{ rad/s}$.

Για την ΑΑΤ του Σ3: $\omega = \sqrt{(k/m_3)}$, άρα $k = m_3 \omega^2 = 5 \cdot 25 = 125 \text{ N/m}$.

Δ3

Πριν την κρούση το Σ3 περνά από το Δ με ταχύτητα μέτρου $u_3 = \omega A = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ m/s}$. Το Σ2 φτάνει στο Δ με ταχύτητα 6 m/s αντίθετης φοράς.

Οι μάζες Σ2 και Σ3 είναι ίσες και η κρούση είναι κεντρική ελαστική, άρα ανταλλάσσουν ταχύτητες. Μετά την κρούση το Σ3 έχει ταχύτητα μέτρου 6 m/s , αντίθετη από τη θετική φορά που ορίζει η εκφώνηση.

Με $t = 0$ τη στιγμή της κρούσης, το Σ3 βρίσκεται στη θέση ισορροπίας $x = 0$ και έχει αρχική ταχύτητα $u_0 = -6 \text{ m/s}$. Η νέα γωνιακή συχνότητα παραμένει $\omega = 5 \text{ rad/s}$.

Το νέο πλάτος είναι $A' = |u_0|/\omega = 6/5 = 1,2 \text{ m}$.

Άρα η εξίσωση απομάκρυνσης είναι: $x = -1,2\eta\mu(5t)$ (S.I.).

Δ4

Στη νέα ταλάντωση $A = 1,2 \text{ m}$. Δίνεται $K = 8U$. Επειδή $E = K + U = 9U$, έχουμε $U/E = 1/9$.

Για AAT: $U/E = x^2/A^2$, άρα $|x| = A/3 = 1,2/3 = 0,4 \text{ m}$.

Πρώτη φορά μετά την κρούση, από $x = 0$ το σώμα κινείται προς αρνητικές απομακρύνσεις, άρα $x = -0,4 \text{ m}$.

Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής είναι $dp/dt = \Sigma F = -kx = -125 \cdot (-0,4) = +50 \text{ N}$. Το πρόσημο + σημαίνει προς τη θετική κατεύθυνση της εκφώνησης.

Η ταχύτητα εκείνη τη στιγμή έχει μέτρο $|u| = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 5\sqrt{1,2^2 - 0,4^2} = 5\sqrt{1,28} = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$.

Επειδή το σώμα κινείται προς την αρνητική φορά, $u = -4\sqrt{2} \text{ m/s}$. Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας είναι $dK/dt = \Sigma F \cdot u = 50 \cdot (-4\sqrt{2}) = -200\sqrt{2} \text{ W}$.

Ζητείται η απόλυτη τιμή: $|dK/dt| = 200\sqrt{2} \text{ W}$.

Δ5

Μετά την κρούση το Σ2 αποκτά την ταχύτητα που είχε πριν το Σ3, δηλαδή 1 m/s προς τα αριστερά.

Το Σ3 διέρχεται πρώτη φορά από τη θέση φυσικού μήκους μετά την κρούση όταν $x = 0$ ξανά. Από $x = -1,2\eta\mu(5t)$, η πρώτη θετική χρονική στιγμή είναι $5t = \pi$, άρα $t = \pi/5 \text{ s}$.

Στο διάστημα αυτό το Σ2 απομακρύνεται από το Δ κατά $s = ut = 1 \cdot \pi/5 = \pi/5 \text{ m}$.

Τη στιγμή εκείνη το Σ3 βρίσκεται στο Δ, επομένως η απόσταση των δύο σωμάτων είναι $\pi/5 \text{ m} \approx 0,628 \text{ m}$.