

**ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
2022**

ΕΚΦΩΝΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις **A1-A4** 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.

- A1.** Όταν δύο σφαίρες μικρών διαστάσεων, ίδιας μάζας, που κινούνται σε λείο οριζόντιο δάπεδο, συγκρουστούν έκκεντρα και ελαστικά, τότε:
- α) ανταλλάσσουν ταχύτητες.
 - β) ελαττώνεται η κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σφαιρών.
 - γ) διατηρείται η ορμή του συστήματος των δύο σφαιρών.
 - δ) δεν μεταβάλλεται η ορμή της κάθε σφαίρας κατά την κρούση.

Μονάδες 5

- A2.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε οριζόντιο σωλήνα μεταβλητής διατομής. Η διατομή του σωλήνα σε μια περιοχή Α είναι τετραπλάσια της διατομής του σωλήνα σε μια άλλη περιοχή Β. Αν η ταχύτητα του ρευστού στην περιοχή Α είναι ίση με u , τότε η ταχύτητα στην περιοχή Β είναι:

- | | | | |
|----|---------------|----|------|
| α) | $\frac{u}{4}$ | γ) | $2u$ |
| β) | u | δ) | $4u$ |

Μονάδες 5

- A3.** Αν το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη υποδιπλασιαστεί, τότε ο ρυθμός με τον οποίο ο αντιστάτης αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον:

- α) υποδιπλασιάζεται.
- β) διπλασιάζεται.
- γ) υποτετραπλασιάζεται.
- δ) τετραπλασιάζεται.

Μονάδες 5

- A4.** Σε μια απλή αρμονική ταλάντωση, όταν ο ταλαντωτής κινείται προς τη θέση ισορροπίας:
- α)** η δυναμική ενέργεια του ταλαντωτή αυξάνεται.
 - β)** το μέτρο της επιτάχυνσης του ταλαντωτή μειώνεται.
 - γ)** το μέτρο της ταχύτητας του ταλαντωτή μειώνεται.
 - δ)** το μέτρο της δύναμης επαναφοράς στον ταλαντωτή αυξάνεται.

Μονάδες 5

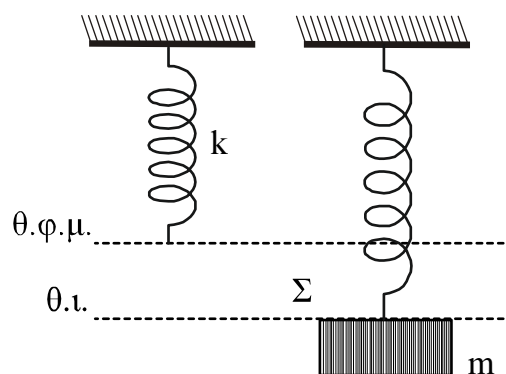
- A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

- α)** Αν διπλασιάσουμε το μέτρο καθεμιάς από τις δύο δυνάμεις ενός ζεύγους δυνάμεων, χωρίς να αλλάξουμε την απόσταση των φορέων των δυνάμεων, τότε το μέτρο της ροπής του ζεύγους των δυνάμεων τετραπλασιάζεται.
- β)** Αν μέσα σε σωληνοειδές, που διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, τοποθετήσουμε πυρήνα μαλακού σιδήρου, οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πυρήνα θα πυκνώσουν.
- γ)** Αν μικρή σφαίρα συγκρούσει κάθετα και ελαστικά με λείο κατακόρυφο τοίχο έχοντας ορμή μέτρου p , η μεταβολή του μέτρου της ορμής της είναι ίση με $2p$.
- δ)** Η Γη έχει ιδιοστροφορμή (σπιν) εξαιτίας της περιστροφής της γύρω από τον άξονά της.
- ε)** Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση με σταθερά απόσβεσης b , το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης στην περιοχή συντονισμού εξαρτάται από την τιμή της σταθεράς b .

Μονάδες 5

ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σώμα Σ μικρών διαστάσεων και μάζας m ισορροπεί δεμένο στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς k , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο (**Σχήμα 1**).



Σχήμα 1

Εκτελούμε δύο πειράματα:

Πείραμα 1

Μετακινούμε το σώμα Σ στη θέση φυσικού μήκους (θ.φ.μ.) του ελατηρίου, το αφήνουμε ελεύθερο και αυτό εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς $D = k$ και πλάτος A_1

Πείραμα 2

Στην αρχική θέση ισορροπίας (θ.ι.) του σώματος Σ ασκείται σε αυτό, συνεχώς, κατακόρυφη δύναμη $\vec{F}$ μέτρου $F = mg$ με φορά προς τα πάνω και τότε το σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς $D = k$ και πλάτος A_2 .

Για τα πλάτη A_1 και A_2 των παραπάνω πειραμάτων, ισχύει:

- i. $A_1 = A_2$ ii. $A_1 = \frac{1}{2} A_2$ iii. $A_1 = 2A_2$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

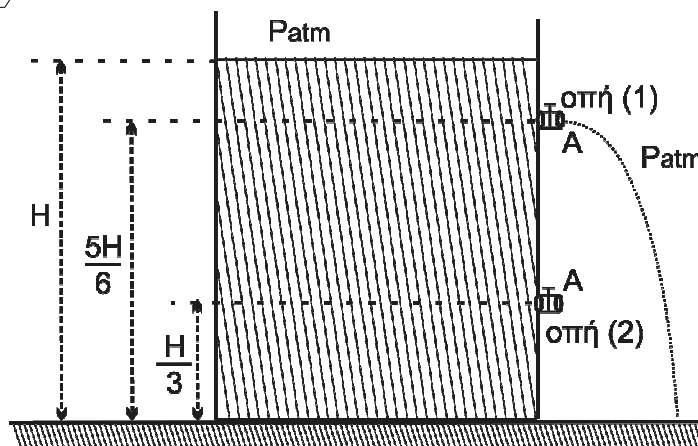
Μονάδες 2

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

- B2.** Ένα ανοιχτό δοχείο μεγάλου όγκου με κατακόρυφα τοιχώματα ηρεμεί ακλόνητο πάνω σε οριζόντιο δάπεδο. Το δοχείο περιέχει νερό, το οποίο θεωρείται ιδανικό ρευστό, μέχρι ύψους H πάνω από τη βάση του. Το δοχείο έχει στο πλευρικό του τοίχωμα δύο οπές (1) και (2) ίδιου εμβαδού διατομής A , το οποίο είναι αμελητέο σε σύγκριση με το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας του νερού.

Οι δύο οπές (1) και (2) βρίσκονται σε ύψη $\frac{5H}{6}$ και $\frac{H}{3}$, αντίστοιχα, από τον πυθμένα του δοχείου (**Σχήμα 2**). Όταν είναι ανοικτή μόνο η οπή (1), όγκος υγρού V εκρέει από το δοχείο σε χρονικό διάστημα Δt_1 . Όταν είναι ανοικτές και οι δύο οπές (1) και (2), ο ίδιος όγκος V εκρέει σε χρονικό διάστημα Δt_2 .



Σχήμα 2

Ο λόγος των χρονικών διαστημάτων $\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}$ είναι ίσος με:

i. $\frac{1}{2}$

ii. $\frac{1}{3}$

iii. $\frac{1}{4}$

(Θεωρήστε ότι κατά τις εκροές του υγρού, η ταχύτητα της επιφάνειας του υγρού είναι μηδενική).

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

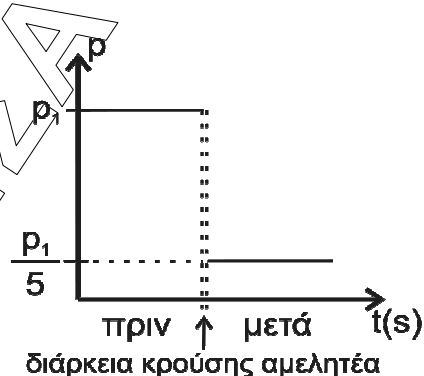
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

- B3.** Σφαίρα μάζας m_1 κινείται με ορμή μέτρου p_1 και συγκρούεται, κεντρικά και ελαστικά, με ακίνητη σφαίρα μάζας m_2 , όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3**. Η γραφική παράσταση της ορμής της σφαίρας m_1 φαίνεται στο **Σχήμα 4**.



Σχήμα 3



Σχήμα 4

Το ποσοστό της κινητικής ενέργειας που μεταβιβάστηκε από τη σφαίρα μάζας m_1 στη σφαίρα μάζας m_2 κατά την κρούση είναι ίσο με:

i. 64%

ii. 80%

iii. 96%

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

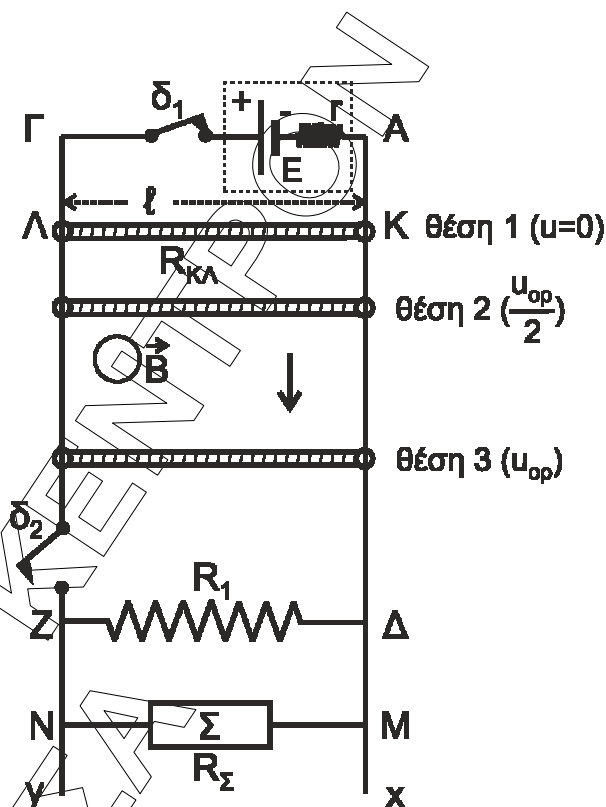
Μονάδες 7

ΘΕΜΑ Γ

Οι μεγάλοι μήκους, κατακόρυφοι, μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell = 1 \text{ m}$ και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Στα άκρα Α, Γ συνδέεται πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης $E = 9 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 1 \Omega$.

Αγωγός ΚΛ μήκους $\ell = 1 \text{ m}$, μάζας $m = 0,3 \text{ kg}$ και ωμικής αντίστασης $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \Omega$ έχει τα άκρα του Κ, Λ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς Αx και Γy, είναι κάθετος σε αυτούς και είναι δυνατόν να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές. (Σχήμα 5)

Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του σχήματος.



Σχήμα 5

Αρχικά ο διακόπτης δ_1 είναι κλειστός, ο διακόπτης δ_2 είναι ανοικτός και ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος στη θέση 1.

- Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο B της έντασης του μαγνητικού πεδίου (μονάδες 3) και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της. (μονάδα 1)

Μονάδες 4

Στο κάτω μέρος της διάταξης, μεταξύ των σημείων Ζ και Δ, είναι συνδεδεμένος αντιστάτης με ωμική αντίσταση $R_1 = 3 \Omega$ και στα σημεία Μ, Ν είναι συνδεδεμένη θερμική συσκευή Σ ωμικής αντίστασης R_Σ , η οποία όταν στα άκρα της Μ, Ν έχει τάση ίση με 6 V λειτουργεί κανονικά αποδίδοντας θερμική ισχύ 6 W .

Ανοίγουμε τον διακόπτη δ_1 , κλείνοντας ταυτόχρονα τον διακόπτη δ_2 και ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κατέρχεται παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος χωρίς τα άκρα του Κ, Λ να χάνουν την επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy.

- Γ2.** Έστω ότι ο αγωγός ΚΛ έχει αποκτήσει οριακή ταχύτητα u_{op} στη θέση 3.

Να δικαιολογήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη θέση 1 έως τη θέση 3 (μονάδες 3) και να υπολογίσετε τη σταθερή οριακή ταχύτητα u_{op} . (μονάδες 6)

Μονάδες 9

Γ3. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της ορμής του αγωγού στη θέση 2, στην οποία η ταχύτητά του είναι ίση με $\frac{u_{op}}{2}$.

Μονάδες 6

Γ4. Όταν ο αγωγός έχει αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα, να εξετάσετε αν η θερμική συσκευή Σ λειτουργεί κανονικά.

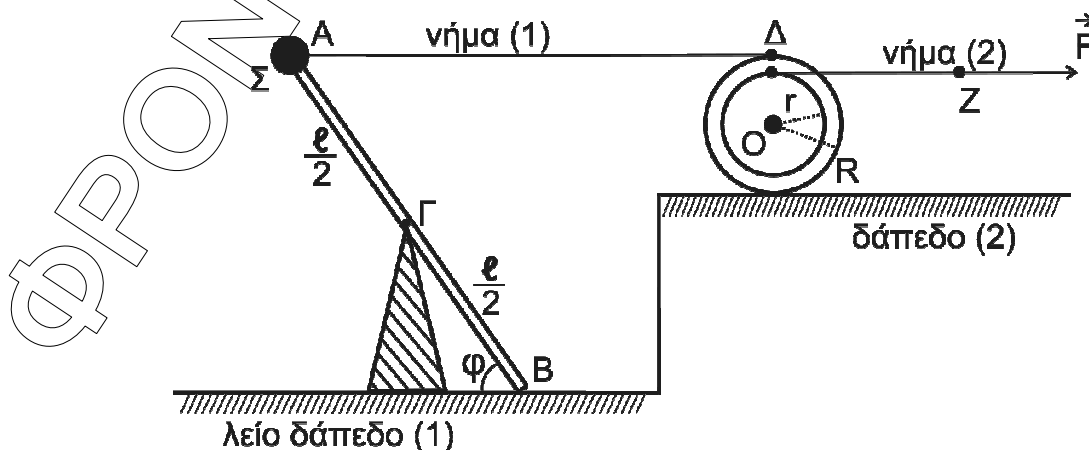
Μονάδες 6

- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας: $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

ΘΕΜΑ Δ

Λεπτή, άκαμπτη, ομογενής και ισοπαχής ράβδος AB μάζας $M_p = 3 \text{ kg}$ και μήκους $\ell = 2 \text{ m}$, φέρει στο άκρο της A σφαιρίδιο Σ μάζας $m = 1 \text{ kg}$, αμελητέων διαστάσεων, και ισορροπεί σε πλάγια θέση με τη βοήθεια κατακόρυφου υποστηρίγματος, το οποίο έχουμε στερεώσει στο λείο οριζόντιο δάπεδο (1). Η ράβδος ακουμπά με το άκρο της B στο δάπεδο (1) σχηματίζοντας γωνία φ , όπου $\eta\mu\varphi = 0,8$ και $\sigma\upsilon\eta\varphi = 0,6$. Η κορυφή του υποστηρίγματος συνδέεται με την ράβδο στο μέσον της Γ με άρθρωση και το σύστημα ράβδος-σφαιρίδιο μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το σημείο Γ (κάθετα στο επίπεδο του σχήματος).

Με τη βοήθεια του οριζόντιου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (1) έχουμε συνδέσει το σφαιρίδιο Σ με το ανώτερο σημείο Δ ομογενούς τροχαλίας μάζας $M_t = 7 \text{ kg}$ και ακτίνας $R = 0,4 \text{ m}$. Η τροχαλία σε απόσταση $r = 0,3 \text{ m}$ από το κέντρο της Ο έχει ένα λεπτό κυκλικό αυλάκι στο οποίο έχουμε τυλίξει πολλές φορές αβαρές και μη εκτατό νήμα (2). Στο άκρο Ζ του νήματος (2) ασκούμε σταθερή δύναμη $\vec{F}$. Όλη η διάταξη ισορροπεί στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο.



Σχήμα 6

- Δ1.** Αν το μέτρο της δύναμης που ασκεί το νήμα (1) στο σφαιρίδιο Σ είναι 10,5 N, να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος στο άκρο της Β από το λείο δάπεδο (1).

Μονάδες 4

Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ s κόβουμε το νήμα (1). Το σύστημα ράβδος – σφαιρίδιο Σ αρχίζει να περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο, χάνοντας την επαφή του με το δάπεδο (1).

- Δ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της στροφορμής της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής της, αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος (1) και ενώ η ράβδος έχει χάσει την επαφή της με το λείο δάπεδο (1).

Μονάδες 6

Κατά την περιστροφή του συστήματος ράβδου–σφαιριδίου Σ, το σφαιρίδιο Σ χτυπά στο οριζόντιο δάπεδο. Η γωνιακή ταχύτητα του συστήματος αμέσως μετά την κρούση έχει μέτρο $\frac{\omega}{2}$, όπου ω το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας ακριβώς πριν την κρούση.

- Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της στροφορμής $\Delta \vec{L}$ του συστήματος ράβδος–σφαιρίδιο Σ και να σχεδιάσετε το διάνυσμα $\Delta \vec{L}$.

Μονάδες 5

Η τροχαλία, αμέσως μετά τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ s, αρχίζει να κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει στο οριζόντιο δάπεδο (2) με την επίδραση της δύναμης $\vec{F}$, το μέτρο της οποίας είναι 12 N. Ο άξονας περιστροφής της παραμένει συνεχώς οριζόντιος και κάθετος στο επίπεδο του σχήματος.

- Δ4.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του κέντρου μάζας της τροχαλίας.

Μονάδες 4

- Δ5.** Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης $\vec{F}$ από τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ s έως τη χρονική στιγμή $t_1 = 2$ s.

Μονάδες 6

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας ράβδου ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της και είναι κάθετος σε αυτή: $I_{\text{cm}(\rho)} = \frac{1}{12} M_{\rho} \cdot \ell^2$
- η ροπή αδράνειας τροχαλίας ως προς τον άξονά της: $I_{\text{cm}(\tau)} = \frac{1}{2} M_{\tau} \cdot R^2$

Να θεωρήσετε ότι:

- η κρούση είναι ακαριαία
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα
- κατά την κρούση, δεν έχουμε απώλεια μάζας
- το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα

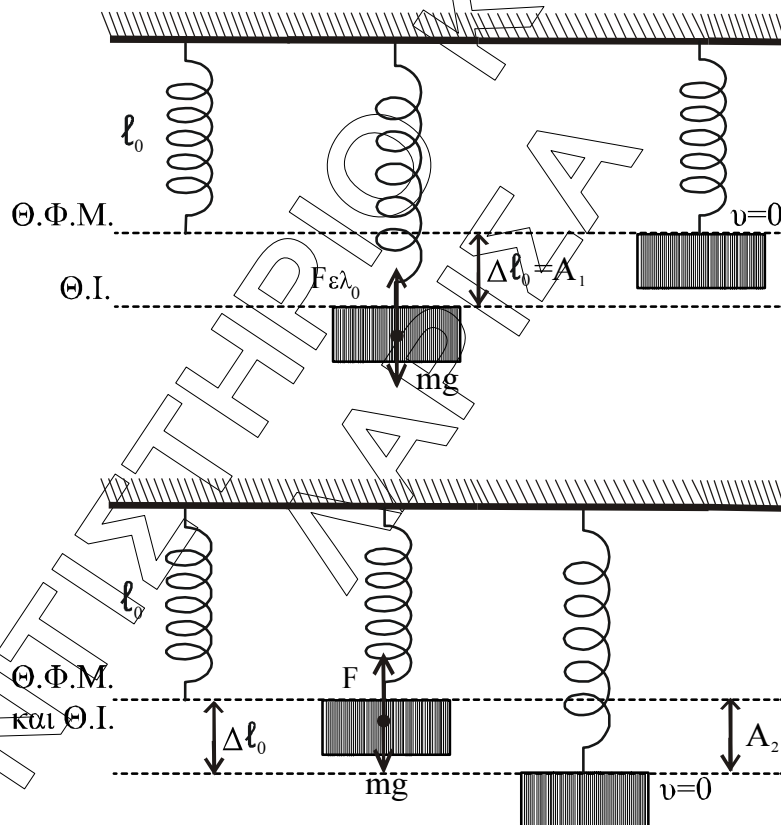
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

- A1. γ)
 A2. δ)
 A3. γ)
 A4. β)
 A5. α) Λάθος β) Σωστό γ) Λάθος δ) Σωστό ε) Σωστό

ΘΕΜΑ Β

- B1. Σωστή η (i)



Στο πείραμα 1 έχουμε στη Θ.Ι. του

$$m : F_{\epsilon\ell_0} = m \cdot g \Rightarrow K \cdot \Delta\ell_0 = m \cdot g \Rightarrow \Delta\ell_0 = \frac{m \cdot g}{K}.$$

Επειδή στη Θ.Φ.Μ. του ελατηρίου το m έχει $v = 0$, εκεί θα είναι και η ακραία

$$\text{θέση της Α.Α.Τ. Άρα: } A_1 = \Delta\ell_0 = \frac{m \cdot g}{K} \quad (1)$$

$$\boxed{\mathbf{A}_1 = \mathbf{A}_2.}$$
$$P_A + \rho \cdot g \cdot H + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 = P_K + \rho \cdot g \cdot \frac{5H}{6} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 \quad \begin{matrix} v_A=0 \\ \Rightarrow \\ \alpha\phi\upsilon\ \Lambda_A > \Lambda_A \end{matrix}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho \cdot g \cdot H}{6} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}}$$

$$H_1 = A \cdot v_1 \Rightarrow \frac{V}{\Delta t_1} = A \cdot v_1 \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{V}{A \cdot \sqrt{\frac{gH}{3}}} \quad (1)$$
$$\rho \cdot g \cdot H = \rho \cdot g \cdot \frac{H}{3} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 \Rightarrow \frac{2}{3} \rho \cdot g \cdot H = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 \Rightarrow v_2 = 2 \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}}$$

Έτσι η παροχή και από τις δύο οπές εξόδου του νερού θα είναι:

$$\Pi_1 + \Pi_2 = \frac{V}{\Delta t_2} \Rightarrow A \cdot v_1 + A \cdot v_2 = \frac{V}{\Delta t_2} \Rightarrow A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}} + A \cdot 2\sqrt{\frac{g \cdot H}{3}} = \frac{V}{\Delta t_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}} = \frac{V}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{V}{3A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}}} \quad (2).$$

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{\frac{V}{3A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}}}}{\frac{V}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{3}}}} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{1}{3}.$$

B3. Σωστή η (iii)

Αφού η κρούση είναι κεντρική ελαστική θα δίνει η αρχή διατήρησης της ορμής:

$$\vec{P}_{ολ} = \vec{P}_{ολ} \Rightarrow \vec{P}' = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2$$

λίγο πριν λίγο μετά

Με θετική φορά διανυσμάτων προς τα δεξιά έχουμε:

$$P_1 = \frac{P_1}{5} + P'_2 \Rightarrow P'_2 = \frac{4}{5} P_1 \quad (1)$$

Από τις σχέσεις $P = m \cdot v$ και $k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ έχουμε:

$$v = \frac{P}{m} \quad \text{και} \quad k = \frac{1}{2} m \cdot \frac{P^2}{m^2} \Rightarrow k = \frac{P^2}{2m} \quad (2).$$

Το ζητούμενο ποσοστό θα είναι:

$$\Pi\% = \frac{k'_2}{k_1} \cdot 100\% \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \Pi\% = \frac{\frac{P'^2_2}{2m_2}}{\frac{P^2_1}{2m_1}} \cdot 100\% \stackrel{(1)}{\Rightarrow}$$

$$\Rightarrow \Pi\% = \frac{m_1 \cdot \frac{16}{25} \cdot P^2_1}{m_2 \cdot P^2_1} \cdot 100\% = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{16}{25} 100\% = 64 \cdot \frac{m_1}{m_2} \% \quad (3)$$

Από τύπους κεντρικής ελαστικής κρούσης για την v_1' του m_1 μετά την κρούση, έχουμε:

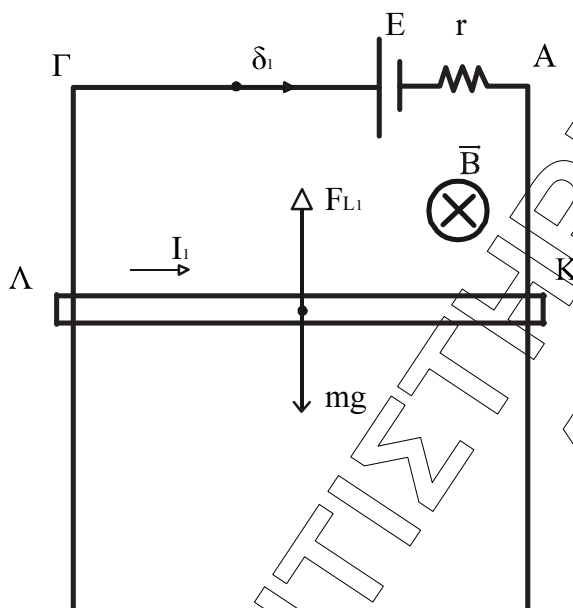
$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \Rightarrow \frac{v_1' = \frac{P_1}{m_1}}{v_1 = \frac{P_1}{m_1}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{P_1}{m_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 + m_2 = 5m_1 - 5m_2 \Rightarrow 6m_2 = 4m_1 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2}$$

$$H(3) \Rightarrow \Pi\% = \frac{3}{2} \cdot 64\% = \boxed{96\%}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.



Η φορά του $\vec{B}$ θα πρέπει να είναι από τον αναγνώστη προς το σχήμα ώστε να δέχεται ο ΚΛ δύναμη $\vec{F}_{L1}$ προς τα πάνω και να ισορροπεί.

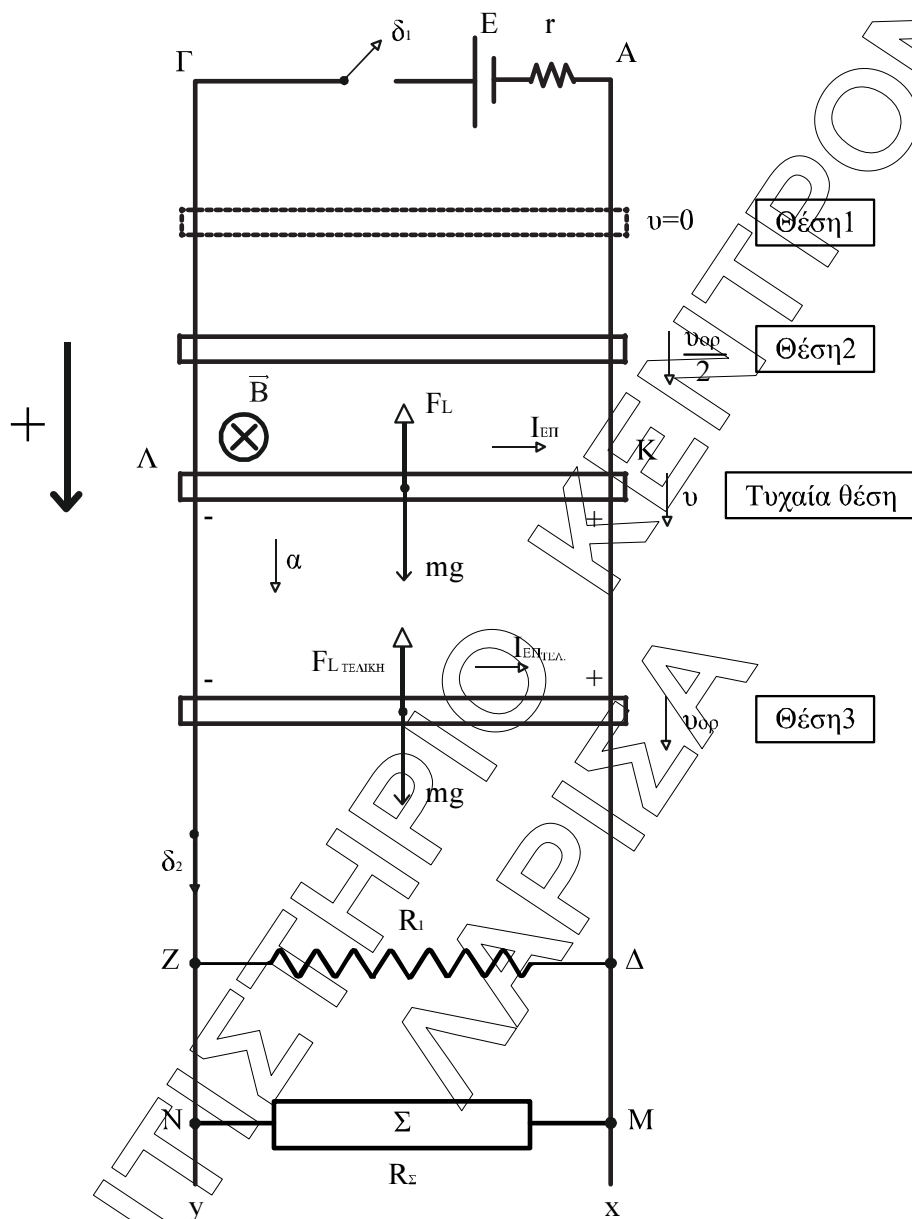
$$\text{Άρα } F_{L1} = m \cdot g \Rightarrow B \cdot I_1 \cdot \ell = m \cdot g.$$

Από τον νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα έχουμε:

$$I_1 = \frac{E}{r + R_{\text{ΚΛ}}} = \frac{9}{3} = 3\text{A}.$$

$$\text{Έτσι } B \cdot I_1 \cdot \ell = m \cdot g \Rightarrow B = \frac{m \cdot g}{I_1 \cdot \ell} = \frac{3}{3 \cdot 1} = 1 \text{ Tesla}.$$

Γ2.



Από τα κανονικά στοιχεία λειτουργίας της συσκευής παίρνουμε:

$$P_k = \frac{y_k^2}{R_\Sigma} \Rightarrow R_\Sigma = \frac{6^2}{6} = 6\Omega$$

Έτσι η $R_{ολ}$ του κυκλώματος θα είναι:

$$R_{ολ} = \frac{R_1 \cdot R_\Sigma}{R_1 + R_\Sigma} + R_{ΚΛ} \Rightarrow R_{ολ} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} + 2 = 4\Omega$$

Στην τυχαία θέση και στα άκρα του κινούμενου αγωγού αναπτύσσεται $E_{επ}$ μέτρου $|E_{επ}| = B \cdot v \cdot \ell$ αφού η μαγνητική ροή στην επιφάνεια ΑΚΜΝ μειώνεται

$$\text{με στιγμιαίο ρυθμό } \frac{d\Phi}{dt} = -B \cdot \frac{dy}{dt} \cdot \ell = -B \cdot v \cdot \ell$$

Έτσι στο κύκλωμα τότε θα έχουμε ρεύμα με μέτρο έντασης $|I_{\text{επ}}| = \frac{|E_{\text{επ}}|}{R_{\text{ολ}}}$

Στον ΚΛ τότε δημιουργείται $\vec{F}_L$ μέτρου $|F_L| = B \cdot |I_{\text{επ}}| \cdot \ell \Rightarrow |F_L| = \frac{B \cdot \ell^2 \cdot v}{R_{\text{ολ}}}$.

Από θεμελιώδη νόμο μηχανικής για τον ΚΛ έχουμε:

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow mg - |F_L| = ma \Rightarrow \boxed{\alpha = g - \frac{B^2 \cdot \ell^2 \cdot v}{m \cdot R_{\text{ολ}}}} \quad (1).$$

Από τη σχέση αυτή βλέπουμε ότι η $\vec{v}$ αυξάνεται κατά μέτρο, άρα το μέτρο της $\vec{a}$ μειώνεται, επομένως ο αγωγός εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση με συνεχώς ελαττούμενη επιτάχυνση. Κάποια στιγμή, στη θέση 3, η $\vec{a}$ μηδενίζεται και τότε μηδενίζεται και η $\Sigma \vec{F}$ οπότε εκείνη τη στιγμή ο αγωγός αποκτά την v_{op} .

$$\text{Δηλαδή } 0 = g - \frac{B^2 \cdot \ell^2 \cdot v_{\text{op}}}{m \cdot R_{\text{ολ}}} \Rightarrow v_{\text{op}} = \frac{m \cdot g \cdot R_{\text{ολ}}}{B^2 \cdot \ell^2} = \frac{3 \cdot 4}{1 \cdot 1} = 12 \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v_{\text{op}} = 12 \text{ m/s}}$$

Εξήγηση για τη φορά της $\vec{F}_{\text{LAPLACE}}$ κατά την κάθοδο του αγωγού:

Ο αγωγός αρχικά δεν έχει ταχύτητα, οπότε κινείται με φορά προς τα κάτω δεχόμενος τη δύναμη του βάρους.

Επειδή μειώνεται η μαγνητική ροή που περνά από την επιφάνεια ΛΚΜΝ σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιστέκεται στο αίτιο που το προκαλεί, επομένως η F_{LAPLACE} θα αντιστέκεται στην κίνηση του αγωγού.

Γ3.

$$\frac{dP}{dt} = \Sigma F = m \cdot \vec{a} \xrightarrow{(1)} \frac{dP}{dt} = m \cdot g - \frac{B^2 \ell^2 \cdot v_{\text{op}/2}}{R_{\text{ολ}}} = 3 - \frac{1 \cdot 1 \cdot 6}{4} = 3 - \frac{3}{2} = \boxed{1,5 \text{ Kg m/s}^2}$$

Γ4. Όταν $v = v_{\text{op}}$ έχουμε για την

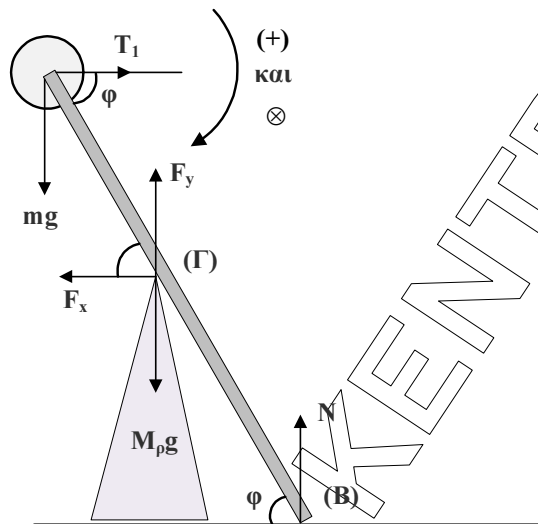
$$V_{\text{πολ}} = V_{\text{ΚΛ}} = |E_{\text{επ}}| - |I_{\text{επ}}| \cdot R_{\text{ΚΛ}} = B \cdot v_{\text{op}} \cdot \ell - \frac{B \cdot v_{\text{op}} \cdot \ell}{R_{\text{ολ}}} \cdot R_{\text{ΚΛ}} =$$

$$= 1 \cdot 12 - \frac{1 \cdot 12 \cdot 1}{4} \cdot 2 = 12 - 6 = \boxed{6 \text{ Volt}} = V_{\text{MN}}$$

Άρα λειτουργεί κανονικά η συσκευή.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.



Η ράβδος ισορροπεί στρωφικά ως προς το σημείο (Γ).

Άρα έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma \tau_{(\Gamma)} = 0 &\Rightarrow T_1 \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \eta \mu \varphi - m \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \sigma \nu \varphi - N \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \sigma \nu \varphi = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow T_1 \cdot \eta \mu \varphi - m \cdot g \cdot \sigma \nu \varphi = N \cdot \sigma \nu \varphi \Rightarrow N = \frac{T_1 \cdot \eta \mu \varphi}{\sigma \nu \varphi} - m \cdot g \Rightarrow \\ &\Rightarrow N = \frac{10,5 \cdot 0,8}{0,6} - 10 = \frac{10,5 \cdot 8}{6} - 10 = 4 \text{ N.}\end{aligned}$$

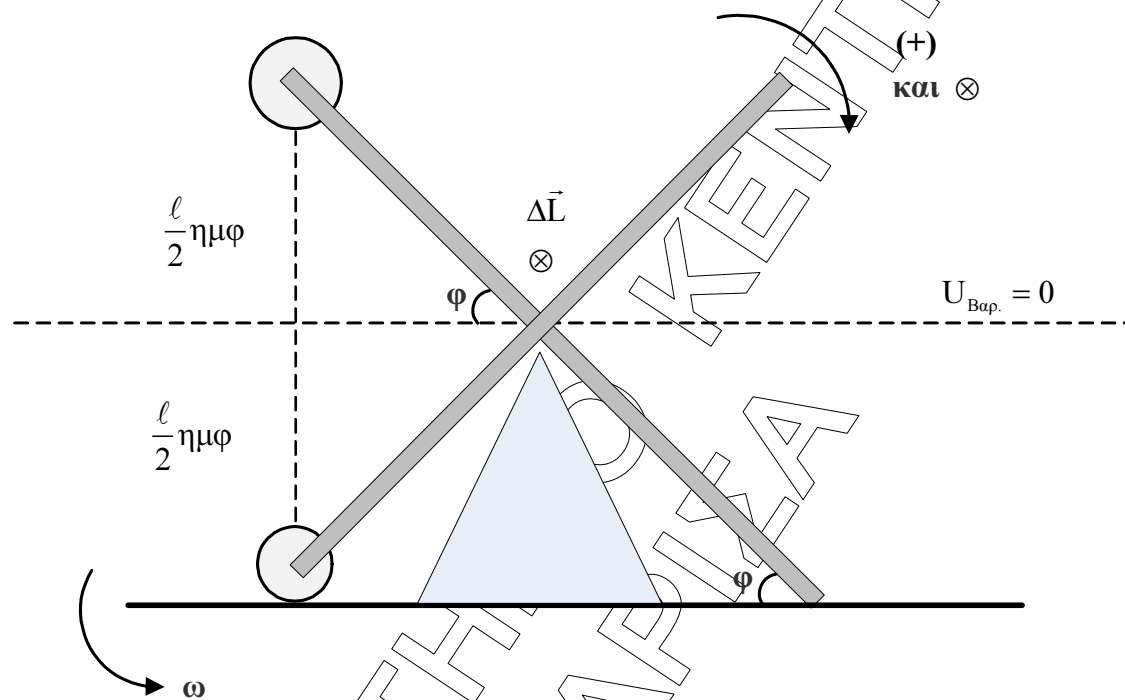
Δ2. Μετά το κόψιμο του νήματος η $T_1 = 0$ και αφού χάνεται και η επαφή στο Β της ράβδου με το δάπεδο και $N = 0$. Έτσι από ΘΝΣΚ για το σύστημα ράβδος- m έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma \tau = I_{\text{ολ}} \cdot \alpha_{\gamma \omega \nu} &\Rightarrow -m \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \sigma \nu \varphi = -I_{\text{ολ}} \cdot |\alpha_{\gamma \omega \nu}| \Rightarrow \\ &\Rightarrow m \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \sigma \nu \varphi = \left(\frac{1}{12} M_{\rho} \cdot \ell^2 + \frac{m \cdot \ell^2}{4} \right) \cdot |\alpha_{\gamma \omega \nu}| \Rightarrow \\ &\Rightarrow |\alpha_{\gamma \omega \nu}| = \frac{10 \cdot 0,6}{\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 4 + \frac{1 \cdot 4}{4}} = \frac{6}{2} = 3 \text{ rad / s}^2\end{aligned}$$

Από γενικευμένο θεμελιώδη νόμο για τη ράβδο παίρνουμε:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \Sigma \vec{\tau} = I_p \cdot \vec{\alpha}_{\gamma\omega\nu} \Rightarrow \frac{dL}{dt} = -\frac{1}{12} \cdot M_p \cdot \ell^2 \cdot |\alpha_{\gamma\omega\nu}| = -\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 4 \cdot 3 = \boxed{-3 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2}$$

Δ3.



Εφαρμογή ΑΔΕ για το σύστημα ράβδου- m από την αρχική θέση μέχρι λίγο πριν το m χτυπήσει στο έδαφος:

$$E_{\text{ολ.αρχ.}} + E_{\text{προσφερόμενη}} = E_{\text{ολ.τελ.}} + E_{\text{απωλειών}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot g \left(\frac{\ell}{2} \right) \cdot \eta \mu \varphi = K_{\text{ολ.}} - m \cdot g \left(\frac{\ell}{2} \right) \cdot \eta \mu \varphi \Rightarrow 2 \cdot m \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \eta \mu \varphi = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{ολ.}} \cdot \omega^2 \Rightarrow$$

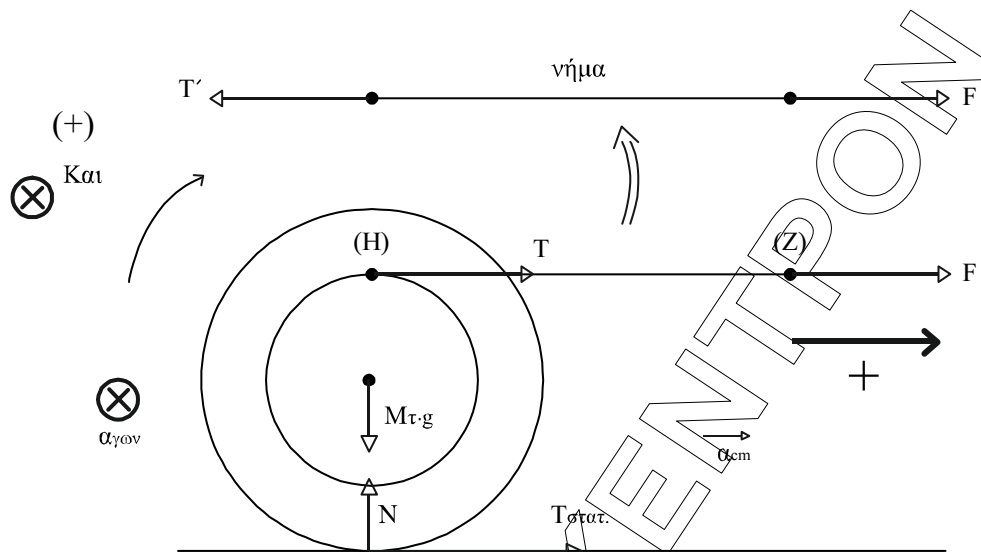
$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \eta \mu \varphi}{I_{\text{ολ.}}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot \ell \cdot \eta \mu \varphi}{\frac{1}{12} M_p \cdot \ell^2 + \frac{m \cdot \ell^2}{4}} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,8}{\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 4 + \frac{1 \cdot 4}{4}} = \frac{40 \cdot 0,8}{2} =$$

$$\Rightarrow 16 \text{ rad}^2 / \text{s}^2 \Rightarrow \omega = 4 \text{ rad} / \text{s}$$

$$\Delta \vec{L} = \Delta \vec{L}_{\text{ολ.}} = \vec{L}_{\text{ολ.τελ.}} - \vec{L}_{\text{ολ.αρχ.}} \Rightarrow \Delta L_{\text{ολ.}} = I_{\text{ολ.}} \cdot \frac{\omega}{2} - (-I_{\text{ολ.}} \cdot \omega) = \frac{3}{2} I_{\text{ολ.}} \cdot \omega = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 4 = 12 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$$

με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο περιστροφής της ράβδου και φοράς από τον αναγνώστη προς το σχήμα.

Δ4.



Το νήμα είναι άμαζο άρα ισχύει γι αυτό:

$$\Sigma \vec{F}_{\text{νήματος}} = m_{\text{νήμ.}} \cdot \vec{a} \Rightarrow F - T' = 0 \Rightarrow F = T'.$$

Λόγω δράσης-αντίδρασης $T = T'$ άρα $T = F$ όπου F , T' , T τα μέτρα των δυνάμεων $\vec{F}$, $\vec{T}$ και $\vec{T}'$.

Από Β' νόμο Νεύτωνα για την τροχαλία έχουμε

$$T + T_{\text{στατ.}} = M_{\tau} \cdot a_{\text{cm}} \Rightarrow F + T_{\text{στατ.}} = M_{\tau} \cdot a_{\text{cm}} \quad (1)$$

Από θεμελιώδη νόμο στροφικής κίνησης έχουμε:

$$\Sigma \tau = I_{\tau} \cdot \alpha_{\text{γων}} \Rightarrow T \cdot r - T_{\text{στατ.}} \cdot R = \frac{1}{2} M_{\tau} \cdot R^2 \cdot \alpha_{\text{γων}} \xrightarrow{T=F}$$

$$\Rightarrow F \cdot r - T_{\text{στατ.}} \cdot R = \frac{1}{2} M_{\tau} \cdot R \cdot R \cdot \alpha_{\text{γων}} \xrightarrow{\alpha_{\text{cm}} = \alpha_{\text{γων}} R}$$

$$\Rightarrow F \cdot r - T_{\text{στατ.}} \cdot R = \frac{1}{2} M_{\tau} \cdot R \cdot \alpha_{\text{cm}} \quad (2)$$

Η (1) $\Rightarrow T_{\text{στατ.}} = M_{\tau} \cdot a_{\text{cm}} - F$ οπότε για τη (2) έχουμε:

$$F \cdot r - M_{\tau} \cdot a_{\text{cm}} \cdot R + F \cdot R = \frac{1}{2} M_{\tau} \cdot R \cdot \alpha_{\text{cm}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F(R + r) = \frac{3}{2} M_{\tau} \cdot R \cdot \alpha_{\text{cm}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{cm}} = \frac{2F(R + r)}{3M_{\tau} \cdot R} = \frac{24 \cdot 0,7}{3 \cdot 7 \cdot 0,4} = 2 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{\alpha_{\text{cm}} = 2 \text{ m/s}^2}$$

Δ5. $W_F = F \cdot \Delta x_Z \cdot \sin 0^\circ$.

Το σημείο (Z) που είναι το σημείο εφαρμογής της $\vec{F}$ κινείται με ταχύτητα $v_Z = v_{cm} + v_{\gamma\alpha\mu\eta}$ όπου H το σημείο της τροχαλίας ακτίνας r που ακουμπά το νήμα, αφού το νήμα δε γλιστρά στην περιφέρεια της τροχαλίας.

Άρα:

$$v_Z = v_{cm} + \omega \cdot r \Rightarrow \frac{dv_Z}{dt} = \frac{dv_{cm}}{dt} + \frac{d\omega}{dt} \cdot r \Rightarrow a_Z = a_{cm} + a_{\gamma\omega\gamma} \cdot r \Rightarrow a_Z = a_{cm} + \frac{a_{cm}}{R} \cdot r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_Z = 2 + \frac{2}{0,4} \cdot 0,3 = 2 + 1,5 = 3,5 \text{ m/s}^2$$

Άρα: $\Delta x_Z = \frac{1}{2} \cdot a_Z \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,5 \cdot 4 = 7 \text{ m}.$

Έτσι: $W_F = 12 \cdot 7 = 84 \text{ Joule}.$