

# **Φυσική Προσανατολισμού Γ΄ Λυκείου**

Πανελλαδικές Εξετάσεις

2016 – 2024



## Περιεχόμενα

2016	Νέο Σύστημα.....	1
2016	Παλιό Σύστημα.....	5
2016	Επαναληπτικές (Νέα Σύστημα).....	9
2016	Επαναληπτικές (Παλιό Σύστημα).....	13
2016	Ομογενών .....	17
2017	.....	20
2017	Επαναληπτικές .....	24
2017	Ομογενών .....	28
2018	.....	32
2018	Επαναληπτικές .....	37
2018	Ομογενών .....	41
2019	.....	45
2019	Επαναληπτικές .....	51
2019	Ομογενών .....	55
2020	Νέο Σύστημα .....	59
2020	Παλιό Σύστημα .....	64
2020	Επαναληπτικές (Νέο Σύστημα) .....	68
2020	Επαναληπτικές (Παλιό Σύστημα) .....	72
2020	Ομογενών (Νέο Σύστημα) .....	76
2020	Ομογενών (Παλιό Σύστημα) .....	80
2021	.....	84
2021	Επαναληπτικές .....	89
2021	Ομογενών .....	94
2022	.....	98
2022	Επαναληπτικές .....	103
2022	Ομογενών .....	107
2023	.....	111
2023	Επαναληπτικές .....	116
2023	Ομογενών .....	121
2024	.....	125
2024	Επαναληπτικές .....	131
2024	Ομογενών .....	136



**ΘΕΜΑ Α**

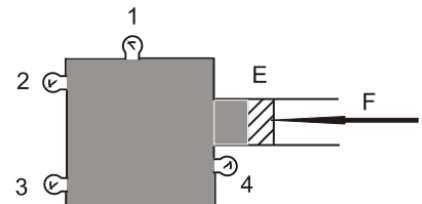
Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

- A1.** Σε μία φθίνουσα ταλάντωση στην οποία το πλάτος μειώνεται εκθετικά με το χρόνο
- η περίοδος δεν διατηρείται για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης  $b$ .
  - όταν η σταθερά απόσβεσης  $b$  μεγαλώνει, το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται πιο γρήγορα.
  - η κίνηση μένει περιοδική για οποιαδήποτε τιμή της σταθεράς απόσβεσης.
  - η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται μόνο από το σχήμα και τον όγκο του σώματος που ταλαντώνεται.
- A2.** Όταν ένα κύμα αλλάζει μέσο διάδοσης, αλλάζουν
- η ταχύτητα διάδοσης του κύματος και η συχνότητά του.
  - το μήκος κύματος και η συχνότητά του.
  - το μήκος κύματος και η ταχύτητα διάδοσής του.
  - η συχνότητα και το πλάτος του κύματος.

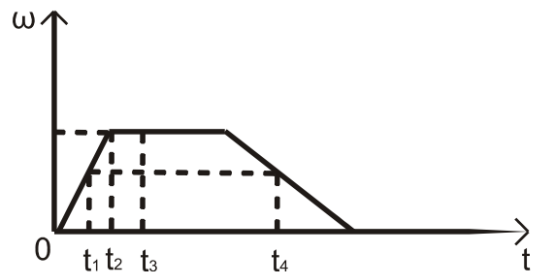
- A3.** Το δοχείο του **σχήματος 1** είναι γεμάτο με υγρό και κλείνεται με έμβολο  $E$  στο οποίο ασκείται δύναμη  $F$ .

Όλα τα μανόμετρα 1, 2, 3, 4 δείχνουν πάντα

- την ίδια πίεση, όταν το δοχείο είναι εντός του πεδίου βαρύτητας.
  - την ίδια πίεση, όταν το δοχείο βρίσκεται εκτός πεδίου βαρύτητας.
  - διαφορετική πίεση, αν το δοχείο βρίσκεται εκτός πεδίου βαρύτητας.
  - την ίδια πίεση, ανεξάρτητα από το αν το δοχείο είναι εντός ή εκτός του πεδίου βαρύτητας.
- A4.** Ένας δίσκος στρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από το κέντρο του και είναι κάθετος στο επίπεδό του. Η τιμή της γωνιακής ταχύτητας του δίσκου σε συνάρτηση με τον χρόνο παριστάνεται στο διάγραμμα του **σχήματος 2**.
- Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
- Το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης αυξάνεται στο χρονικό διάστημα από  $t_1$  έως  $t_2$ .
  - Το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι μικρότερο από το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή  $t_4$ .
  - Τη χρονική στιγμή  $t_3$  η γωνιακή επιτάχυνση είναι θετική.
  - Το διάνυσμα της γωνιακής επιτάχυνσης τη στιγμή  $t_1$  έχει αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση που έχει η γωνιακή επιτάχυνση τη χρονική στιγμή  $t_4$ .



**Σχήμα 1**



**Σχήμα 2**

- 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.

- Ένα σύνθετο κύμα μπορούμε να το θεωρήσουμε ως αποτέλεσμα της επαλληλίας ενός αριθμού αρμονικών κυμάτων με επιλεγμένα πλάτη και μήκη κύματος.
- Σε κάθε στάσιμο κύμα μεταφέρεται ενέργεια από ένα σημείο του ελαστικού μέσου σε άλλο.

- γ) Το φαινόμενο Doppler αξιοποιείται από τους γιατρούς για την παρακολούθηση της ροής του αίματος.  
 δ) Η εξίσωση της συνέχειας στα ρευστά είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης ενέργειας.  
 ε) Σκέδαση ονομάζεται κάθε φαινόμενο του μικρόκοσμου στο οποίο τα «συγκρουόμενα» σωματίδια αλληλεπιδρούν με σχετικά μικρές δυνάμεις για πολύ μικρό χρόνο.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Ένα τρένο κινείται ευθύγραμμα σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $\frac{v_{\eta\chi}}{10}$ , όπου  $v_{\eta\chi}$  είναι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα. Το τρένο κατευθύνεται προς τούνελ που βρίσκεται σε κατακόρυφο βράχο. Ο ήχος που εκπέμπεται από τη σειρήνα του τρένου ανακλάται στον κατακόρυφο βράχο. Ένας ακίνητος παρατηρητής που βρίσκεται πάνω στις γραμμές και πίσω από το τρένο ακούει δύο ήχους. Έναν ήχο απευθείας από τη σειρήνα του τρένου, με συχνότητα  $f_1$ , και έναν ήχο από την ανάκλαση στον κατακόρυφο βράχο, με συχνότητα  $f_2$ . Ο λόγος των δύο συχνοτήτων  $\frac{f_1}{f_2}$  είναι ίσος με:

i.  $\frac{11}{9}$

ii.  $\frac{10}{11}$

iii.  $\frac{9}{11}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Σε χορδή που εκτείνεται κατά μήκος του άξονα  $x'x$ , έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα που προέρχεται από τη συμβολή δύο απλών αρμονικών κυμάτων πλάτους  $A$ , μήκους κύματος  $\lambda$  και περιόδου  $T$ . Το σημείο  $O$ , που βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 0$ , είναι κοιλία και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  βρίσκεται στη θέση ισοροπίας του, κινούμενο προς τη θετική κατεύθυνση της απομάκρυνσής του. Το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας ταλάντωσης ενός σημείου  $M$  της χορδής που βρίσκεται στη θέση  $x_M = \frac{9\lambda}{8}$ , είναι ίσο με:

i.  $\frac{2\sqrt{2}\pi A}{T}$

ii.  $\frac{2\pi A}{T}$

iii.  $\frac{4\pi A}{T}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Στον οριζόντιο σωλήνα, του σχήματος 3, ασυμπίεστο ιδανικό ρευστό έχει στρωτή ροή από το σημείο  $A$  προς το σημείο  $B$ .

Η διατομή  $AA$  του σωλήνα στη θέση  $A$  είναι διπλάσια από τη διατομή  $AB$  του σωλήνα στη θέση  $B$ . Η

κινητική ενέργεια ανά μονάδα όγκου στο σημείο  $A$  έχει τιμή ίση με  $\Lambda$ . Η διαφορά της πίεσης ανάμεσα στα σημεία  $A$  και  $B$  είναι ίση με:

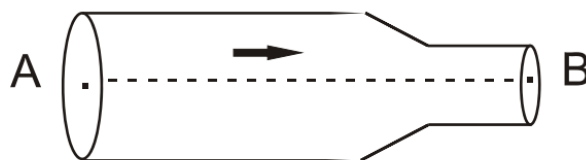
i.  $\frac{3\Lambda}{4}$

ii.  $3\Lambda$

iii.  $2\Lambda$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

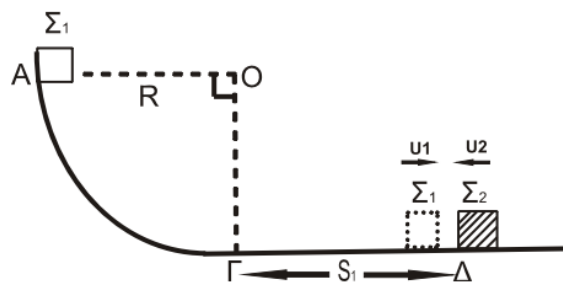
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.



Σχήμα 3

**ΘΕΜΑ Γ**

Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  βρίσκεται στο σημείο Α λείου κατακόρυφου τεταρτοκυκλίου (ΑΓ). Η ακτίνα ΟΑ είναι οριζόντια και ίση με  $R=0,5\text{ m}$ . Το σώμα αφήνεται να ολισθήσει κατά μήκος του τεταρτοκυκλίου. Φθάνοντας στο σημείο Γ του τεταρτοκυκλίου, το σώμα συνεχίζει την κίνησή του σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο εμφανίζει συντελεστή τριβής  $\mu=0,5$ . Αφού διανύσει διάστημα  $S_1=3,6\text{ m}$ , συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά στο σημείο Δ με σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2=3m_1$ , το οποίο τη στιγμή της κρούσης κινείται αντίθετα ως προς το  $\Sigma_1$ , με ταχύτητα μέτρου  $U_2=4\text{ m/s}$ , όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**.



Σχήμα 4

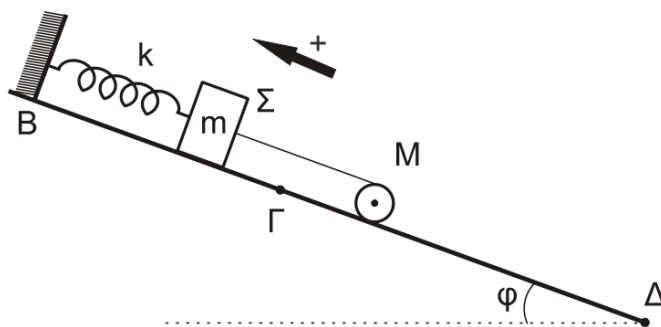
- Γ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  στο σημείο Γ, όπου η ακτίνα ΟΓ είναι κατακόρυφη.
- Γ2. Να υπολογίσετε τα μέτρα των ταχυτήτων των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αμέσως μετά την κρούση.
- Γ3. Δίνεται η μάζα του σώματος  $\Sigma_2$ ,  $m_2=3\text{ kg}$ . Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_2$  κατά την κρούση και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.
- Γ4. Να υπολογίσετε το ποσοστό της μεταβολής της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  κατά την κρούση.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g=10\text{ m/s}^2$ .

Θεωρήστε ότι η χρονική διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα.

**ΘΕΜΑ Δ**

Σώμα Σ, μάζας  $m=1\text{ kg}$ , είναι δεμένο στο κάτω άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k=100\text{ N/m}$ . Το πάνω άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο στην κορυφή κεκλιμένου επιπέδου, γωνίας κλίσης  $\varphi=30^\circ$ . Το τμήμα ΒΓ του κεκλιμένου επιπέδου είναι λείο. Ομογενής κύλινδρος μάζας  $M=2\text{ kg}$  και ακτίνας  $R=0,1\text{ m}$  συνδέεται με το σώμα Σ με τη βοήθεια αβαρούς νήματος που δεν επιμηκύνεται. Ο άξονας του κυλίνδρου είναι οριζόντιος. Το νήμα και ο άξονας του ελατηρίου βρίσκονται στην ίδια ευθεία, που είναι παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο. Το σύστημα των σωμάτων ισορροπεί όπως φαίνεται στο **σχήμα 5**.



Σχήμα 5

- 5.
  - Δ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της τάσης του νήματος και την επιμήκυνση του ελατηρίου. Τη χρονική στιγμή  $t=0$  κόβεται το νήμα. Το σώμα Σ αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση και ο κύλινδρος αρχίζει να κυλιέται χωρίς ολίσθηση.
  - Δ2. Να γράψετε την εξίσωση της δύναμης επαφής για το σώμα Σ σε συνάρτηση με το χρόνο, θεωρώντας ως θετική φορά την προς τα πάνω, όπως φαίνεται στο **σχήμα 5**.

- Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής του κυλίνδρου, όταν θα έχει διαγράψει  $N = \frac{12}{\pi}$  περιστροφές κατά την κίνηση του στο κεκλιμένο επίπεδο.
- Δ4.** Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου, κατά την κίνηση του στο κεκλιμένο επίπεδο, τη χρονική στιγμή  $t = 3 \text{ s}$ .

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας ομογενούς κυλίνδρου ως προς τον άξονά του  $I_{\text{CM}} = \frac{1}{2}MR^2$
- $\eta_{30^\circ} = \frac{1}{2}$ .



**ΘΕΜΑ Α**

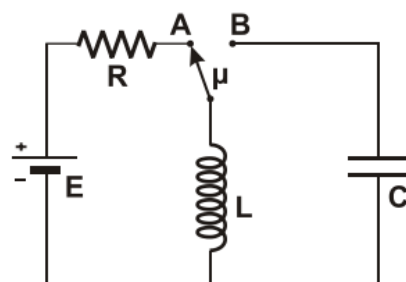
Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

- A1.** Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση η συχνότητα του διεγέρτη είναι μεγαλύτερη της ιδιοσυχνότητας του ταλαντωτή. Αν μειώνουμε συνεχώς τη συχνότητα του διεγέρτη, τότε το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης
- θα μένει σταθερό.
  - θα αυξάνεται συνεχώς.
  - θα μειώνεται συνεχώς.
  - αρχικά θα αυξάνεται και μετά θα μειώνεται.
- A2.** Ο δείκτης διάθλασης ενός οπτικού υλικού μπορεί να είναι ίσος με
- 0,5
  - 1,1 m
  - 1,5
  - 2,5 m/s
- A3.** Ένα σώμα  $\Sigma$  εκτελεί σύνθετη αρμονική ταλάντωση ως αποτέλεσμα δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων που γίνονται στην ίδια διεύθυνση και έχουν εξισώσεις  $x_1 = A\eta\mu\omega t$  και  $x_2 = 3A\eta\mu(\omega t + \pi)$ . Η εξίσωση της σύνθετης αρμονικής ταλάντωσης είναι
- $x = 2A\eta\mu\omega t$
  - $x = 4A\eta\mu(\omega t + \pi)$
  - $x = 3A\eta\mu\omega t$
  - $x = 2A\eta\mu(\omega t + \pi)$
- A4.** Χορεύτρια περιστρέφεται χωρίς τριβές έχοντας τα χέρια της απλωμένα. Όταν η χορεύτρια κατά τη διάρκεια της περιστροφής συμπύσσει τα χέρια της, τότε
- η ροπή αδράνειας της ως προς τον άξονα περιστροφής αυξάνεται
  - η στροφορμή της ως προς τον άξονα περιστροφής της ελαττώνεται
  - η συχνότητα περιστροφής αυξάνεται
  - η περίοδος παραμένει σταθερή.
- 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.
- Όταν τα αμορτισέρ ενός αυτοκινήτου παλιώνουν και φθείρονται, η τιμή της σταθεράς απόσβεσης ελαττώνεται.
  - Όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, τότε εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
  - Στη διάχυση του φωτός οι ανακλώμενες ακτίνες είναι παράλληλες.

- δ) Όταν μια μονοχρωματική ακτινοβολία διαδοθεί από το κενό σε κάποιο οπτικό μέσο, το μήκος κύματος παραμένει το ίδιο.
- ε) Όταν ένα ποδήλατο κινείται προς το νότο, η στροφορμή των τροχών ως προς τον άξονα περιστροφής είναι ένα διάνυσμα με κατεύθυνση προς την ανατολή.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Στο κύκλωμα του σχήματος ο μεταγωγός  $\mu$  βρίσκεται αρχικά στη θέση A και το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο μεταγωγός μεταφέρεται ακαριαία στη θέση B και το κύκλωμα εκτελεί ηλεκτρική ταλάντωση. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μεγίστων της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι:



- i.  $2\pi\sqrt{LC}$                       ii.  $\pi\sqrt{LC}$                       iii.  $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$

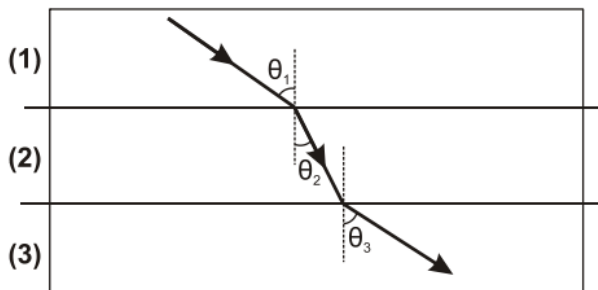
- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ένα απλό αρμονικό κύμα που διαδίδεται σε ελαστικό μέσο έχει εξίσωση της μορφής  $y = A\eta\mu\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ . Για να είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος διπλάσια από τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου του ελαστικού μέσου, θα πρέπει να ισχύει

- i.  $\lambda = \pi A$                       ii.  $\lambda = 2\pi A$                       iii.  $\lambda = 4\pi A$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Μία ακτίνα μονοχρωματικού φωτός διαδίδεται μέσα από τρία διαφορετικά οπτικά μέσα (1), (2), (3) όπως φαίνεται στο σχήμα.



Για τις γωνίες του σχήματος δίνεται ότι  $\theta_3 > \theta_1 > \theta_2$ .

Για τους δείκτες διάθλασης  $n_1, n_2, n_3$  των μέσων (1), (2), (3), αντίστοιχα, ισχύει ότι

- i.  $n_1 < n_3$                       ii.  $n_1 > n_3$                       iii.  $n_1 = n_3$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

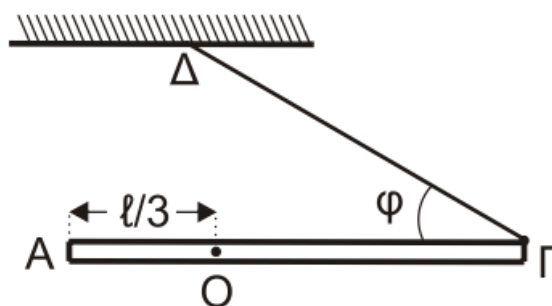
**B4.** Ένα μεταλλικό νόμισμα εκσφενδονίζεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα  $v_0$  και αρχική γωνιακή ταχύτητα  $\omega_0$ . Αν η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα τότε, όταν το νόμισμα φτάσει στο ανώτατο ύψος

- i. θα σταματήσει να περιστρέφεται.  
ii. θα περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα μικρότερη της αρχικής  
iii. θα περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ίση της αρχικής.  
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Λεπτή, άκαμπτη και ομογενής ράβδος ΑΓ μήκους  $\ell = 1,2 \text{ m}$  και μάζας  $M = 1 \text{ kg}$  μπορεί να περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο, χωρίς τριβές, γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα κάθετο στη ράβδο, ο οποίος διέρχεται από το σημείο Ο σε απόσταση  $\ell/3$  από το άκρο Α της ράβδου. Το άκρο Γ της ράβδου συνδέεται με αβαρές νήμα που σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τη ράβδο, το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα συνδεδεμένο σε σταθερό σημείο Δ όπως στο σχήμα.



Το σύστημα αρχικά ισορροπεί σε οριζόντια θέση. Κάποια στιγμή το νήμα κόβεται.

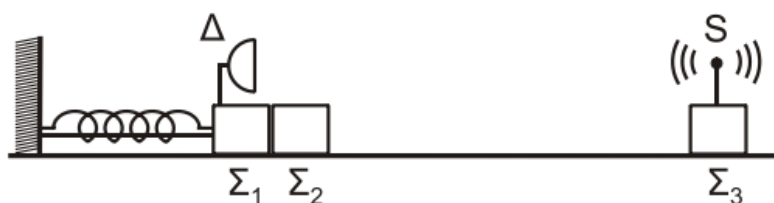
- Γ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το νήμα στη ράβδο και το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος από τον άξονα περιστροφής, πριν κοπεί το νήμα.
- Γ2. Να υπολογίσετε:
  - α) τη ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής της,
  - β) τη γωνιακή επιτάχυνση της ράβδου τη χρονική στιγμή κατά την οποία κόβεται το νήμα.
- Γ3. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του άκρου Γ της ράβδου τη χρονική στιγμή κατά την οποία η ράβδος διέρχεται για πρώτη φορά από την κατακόρυφη θέση.
- Γ4. Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής της ράβδου τη χρονική στιγμή που σχηματίζει γωνία  $30^\circ$  με την κατακόρυφο, μετά τη διέλευσή της για πρώτη φορά από την κατακόρυφη θέση.

Δίνονται:

- η ροπή αδράνειας ράβδου ως προς το κέντρο μάζας της  $I_{\text{CM}} = \frac{1}{12} M \ell^2$
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- $\eta\mu 30^\circ = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma\upsilon\nu 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$

### ΘΕΜΑ Δ

Τα σώματα  $\Sigma_1$ , μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ , και  $\Sigma_2$ , μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ , του σχήματος είναι τοποθετημένα σε λείο οριζόντιο επίπεδο και εφάπτονται μεταξύ τους. Το σώμα  $\Sigma_1$  είναι δεμένο στην άκρη οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Το ελατήριο με τη βοήθεια νήματος είναι συσπειρωμένο κατά  $d = 0,4 \text{ m}$  από τη θέση φυσικού μήκους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κάποια χρονική στιγμή το νήμα κόβεται και το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  κινείται προς τα δεξιά. Μετά την αποκόλληση το σώμα  $\Sigma_2$  συνεχίζει να κινείται σε λείο δάπεδο και συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_3$ , μάζας  $m_3 = 2 \text{ kg}$ .

Πάνω στο σώμα  $\Sigma_3$  έχουμε τοποθετήσει πηγή S ηχητικών κυμάτων, αμελητέας μάζας, η οποία εκπέμπει συνεχώς ήχο συχνότητας  $f_s = 1706 \text{ Hz}$ . Πάνω στο σώμα  $\Sigma_1$  υπάρχει δέκτης Δ ηχητικών κυμάτων, αμελητέας μάζας.

- Δ1.** Να προσδιορίσετε τη θέση στην οποία θα αποκολληθεί το σώμα  $\Sigma_2$  από το σώμα  $\Sigma_1$ , τεκμηριώνοντας την απάντησή σας.
- Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$ , καθώς και το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελεί το σώμα  $\Sigma_1$  αφού αποκολληθεί από το σώμα  $\Sigma_2$ .
- Δ3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του συσσωματώματος των σωμάτων  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  μετά την κρούση και το ποσοστό της κινητικής ενέργειας που μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια κατά την κρούση.
- Δ4.** Να υπολογίσετε τη συχνότητα την οποία καταγράφει ο δέκτης Δ κάποια χρονική στιγμή μετά την κρούση κατά την οποία το σώμα  $\Sigma_1$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του, κινούμενο προς τα αριστερά.

Δίνεται ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι  $v_{\eta\chi} = 340 \text{ m/s}$  και η ηχητική πηγή δεν καταστρέφεται κατά την κρούση.

**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.** Η σταθερά απόσβεσης  $b$  μιας φθίνουσας ταλάντωσης, στην οποία η αντιτιθέμενη δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας,

- α) εξαρτάται από την ταχύτητα του σώματος που ταλαντώνεται.
- β) μειώνεται κατά τη διάρκεια της φθίνουσας ταλάντωσης
- γ) έχει μονάδα μέτρησης στο S.I. το  $\text{kg} \cdot \text{s}$ .
- δ) εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου μέσα στο οποίο γίνεται η φθίνουσα ταλάντωση.

**A2.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, ίδιας διεύθυνσης και ίδιου πλάτους, που γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο και που οι περίοδοι τους  $T_1$  και  $T_2$  διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους, προκύπτει ταλάντωση μεταβλητού πλάτους με περίοδο  $T$  που είναι ίση με

$$\alpha) T = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad \beta) T = \frac{2T_1T_2}{T_1 + T_2} \quad \gamma) T = \frac{|T_1 - T_2|}{2} \quad \delta) T = \frac{2T_1T_2}{|T_2 - T_1|}$$

**A3.** Εγκάρσια μηχανικά ονομάζονται τα κύματα

- α) στα οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- β) στα οποία σχηματίζονται πυκνώματα και αραιώματα.
- γ) στα οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- δ) που διαδίδονται στα αέρια.

**A4.** Μια αθλήτρια του καλλιτεχνικού πατινάζ περιστρέφεται, χωρίς τριβές, έχοντας τα χέρια της σε σύμπτυξη. Όταν η αθλήτρια, κατά την περιστροφή της, απλώσει τα χέρια της σε οριζόντια θέση, τότε

- α) η στροφορμή της μειώνεται.
- β) η στροφορμή της αυξάνεται.
- γ) η συχνότητα περιστροφής της αυξάνεται.
- δ) η συχνότητα περιστροφής της μειώνεται.

**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) Η ταυτόχρονη διάδοση δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου ονομάζεται συμβολή.
- β) Η ταχύτητα ροής ενός ασυμπίεστου ιδανικού ρευστού κατά μήκος ενός σωλήνα που δεν έχει σταθερή διατομή, είναι μεγαλύτερη εκεί που πυκνώνουν οι ρευματικές γραμμές.
- γ) Η ροή ενός ρευστού είναι στρωτή, όταν παρουσιάζει στροβίλους.
- δ) Η ροπή αδράνειας ενός στερεού σώματος είναι διανυσματικό μέγεθος.
- ε) Σε μια κρούση αμελητέας χρονικής διάρκειας η δυναμική ενέργεια των σωμάτων, που εξαρτάται από τη θέση τους στο χώρο, δεν μεταβάλλεται.

## ΘΕΜΑ Β

**B1.** Ένα μικρό σώμα εκτελεί ταυτόχρονα δύο απλές αρμονικές ταλαντώσεις, με εξισώσεις απομάκρυνσης

$$x_1 = A_1 \eta \mu \omega t \quad \text{και} \quad x_2 = A_2 \eta \mu \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

και με ενέργειες ταλάντωσης  $E_1$  και  $E_2$ , αντίστοιχα. Οι ταλαντώσεις γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο και στην ίδια διεύθυνση. Η ενέργεια ταλάντωσης  $E$  της σύνθετης ταλάντωσης είναι ίση με:

i.  $E = \frac{E_1 + E_2}{2}$

ii.  $E = E_1 + E_2$

iii.  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε γραμμικό ελαστικό μέσο που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  προς τη θετική κατεύθυνση.

Η πηγή του κύματος βρίσκεται στην αρχή  $O$  του άξονα  $x'Ox$  και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση  $y = A \eta \mu \omega t$ .

Στο διάγραμμα του **σχήματος 1** παριστάνεται η φάση των σημείων του ελαστικού μέσου σε συνάρτηση με την απόστασή τους  $x$  από την πηγή, τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ . Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι ίση με:

i.  $v = 0,8 \text{ m/s}$

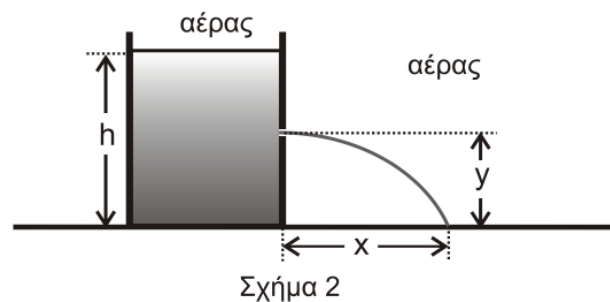
ii.  $v = 5 \text{ m/s}$

iii.  $v = 12,5 \text{ m/s}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Δοχείο με κατακόρυφα τοιχώματα περιέχει ένα ασυμπίεστο ιδανικό υγρό. Το ύψος του υγρού στο δοχείο είναι  $h$ , όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**.



Στο δοχείο ανοίγουμε μικρή οπή στο πλευρικό του τοίχωμα, σε ύψος  $y = h/2$  από τη βάση του. Η φλέβα που δημιουργείται, συναντά το έδαφος σε οριζόντια απόσταση  $x$  από τη βάση του δοχείου. Η απόσταση  $x$  είναι ίση με:

i.  $h$

ii.  $h/2$

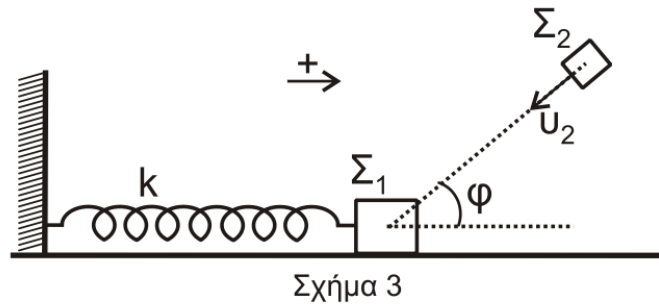
iii.  $2h$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Σώμα  $\Sigma_1$ , μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ , είναι δεμένο στο άκρο οριζώντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Το σώμα  $\Sigma_1$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, πλάτους  $A = 0,4 \text{ cm}$ , σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Τη χρονική στιγμή που το σώμα  $\Sigma_1$  έχει απομάκρυνση  $x_1 = +\frac{A\sqrt{3}}{2}$ , κινούμενο κατά τη θετική φορά, συγκρούεται πλαστικά με σώμα  $\Sigma_2$ , μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ . Το σώμα  $\Sigma_2$  κινείται, λίγο πριν την κρούση, με ταχύτητα  $v_2 = 8 \text{ m/s}$  σε διεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $\varphi$  (όπου  $\sin\varphi = \frac{1}{3}$ ) με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 3**. Το συσσωμάτωμα που προκύπτει μετά την κρούση, εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.



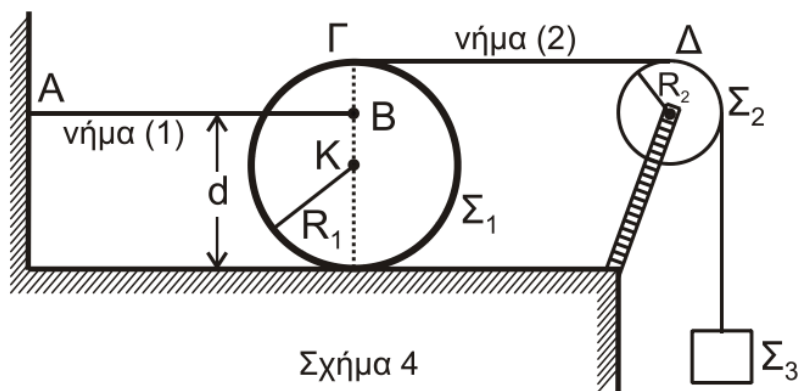
- Γ1. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_1$  λίγο πριν την κρούση και την ταχύτητα του συσσωματώματος, αμέσως μετά την κρούση.
- Γ2. Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης του συσσωματώματος.
- Γ3. Να εκφράσετε την κινητική ενέργεια του συσσωματώματος σε συνάρτηση με την απομάκρυνση. Να σχεδιάσετε (με στυλό) σε βαθμολογημένους άξονες την κινητική ενέργεια του συσσωματώματος σε συνάρτηση με την απομάκρυνση.
- Γ4. Να υπολογίσετε το ποσοστό επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας του συστήματος των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ , ακριβώς πριν την κρούση που μετατράπηκε σε θερμότητα, κατά την κρούση.

Να θεωρήσετε ότι:

- η διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα.
- η θετική φορά είναι αυτή που φαίνεται στο **σχήμα 3**.

### ΘΕΜΑ Δ

Ομογενής δίσκος  $\Sigma_1$  έχει μάζα  $M_1 = 8 \text{ kg}$  και ακτίνα  $R_1 = 0,2 \text{ m}$ . Στο σημείο B της κατακόρυφης διαμέτρου του δίσκου, που απέχει απόσταση  $d = \frac{3}{2}R_1$  από το οριζόντιο επίπεδο, είναι στερεωμένο οριζόντιο αβαρές μη εκτατό νήμα (1). Το άλλο άκρο A του νήματος (1) είναι ακλόνητα στερεωμένο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**. Γύρω από την περιφέρεια του δίσκου  $\Sigma_1$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές άλλο δεύτερο αβαρές μη εκτατό νήμα (2), το οποίο διέρχεται από τροχαλία  $\Sigma_2$ , μάζας  $M_2 = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_2 = 0,1 \text{ m}$ . Στο άλλο άκρο του νήματος (2) είναι συνδεδεμένο σώμα  $\Sigma_3$ , μάζας  $M_3 = 1 \text{ kg}$ . Το σύστημα αρχικά ισορροπεί. Το τμήμα ΓΔ του νήματος (2) είναι οριζόντιο.



Σχήμα 4

**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της τάσης που ασκεί το νήμα (1) στο δίσκο  $\Sigma_1$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το νήμα (1) κόβεται. Το σώμα  $\Sigma_3$  κατέρχεται με επιτάχυνση. Η τροχαλία  $\Sigma_2$  αρχίζει να περιστρέφεται, χωρίς τριβές, γύρω από τον άξονά της και ο δίσκος  $\Sigma_1$  αρχίζει να κυλιέται, χωρίς να ολισθαίνει, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του δίσκου  $\Sigma_1$ .

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής της τροχαλίας  $\Sigma_2$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1$  s.

**Δ4.** Να υπολογίσετε τη μεταβολή της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_3$  για την κίνηση του από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1$  s.

Δίνονται:

- η ροπή αδρανείας του δίσκου ως προς τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από το κέντρο μάζας του 
$$I_1 = \frac{1}{2} M_1 R_1^2$$
- η ροπή αδρανείας της τροχαλίας ως προς τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από το κέντρο μάζας του 
$$I_2 = \frac{1}{2} M_2 R_2^2$$
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Να θεωρήσετε ότι:

- η τριβή του νήματος (2) τόσο με το δίσκο  $\Sigma_1$ , όσο και με την τροχαλία  $\Sigma_2$ , είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μην παρατηρείται ολίσθηση.
- κατά τη διάρκεια όλου του φαινομένου, ο δίσκος παραμένει στο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να συγκρούεται με την τροχαλία.
- ο άξονας περιστροφής του δίσκου δεν αλλάζει κατεύθυνση, κατά τη διάρκεια της κίνησής του.
- το σώμα  $\Sigma_3$  έχει αμελητέες διαστάσεις.
- η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.



**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.** Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Αν η απομάκρυνση  $x$  από τη θέση ισορροπίας του δίνεται από την εξίσωση  $x = A\eta\mu\omega t$ , τότε η τιμή της δύναμης επαναφοράς δίνεται από τη σχέση:

α)  $F = -m\omega^2 A\sigma\upsilon\nu\omega t$

β)  $F = m\omega^2 A\eta\mu\omega t$

γ)  $F = -m\omega^2 A\eta\mu\omega t$

δ)  $F = m\omega^2 A\sigma\upsilon\nu\omega t$

**A2.** Ιδανικό κύκλωμα ηλεκτρικών ταλαντώσεων LC εκτελεί αμείωτες ταλαντώσεις περιόδου  $T$ . Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο μεγίστων τιμών της ενέργειας του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή είναι ίσο με

α)  $T/2$

β)  $T/4$

γ)  $3T/4$

δ)  $T$

**A3.** Ένα σώμα  $\Sigma$  εκτελεί σύνθετη αρμονική ταλάντωση, ως αποτέλεσμα δύο αρμονικών ταλαντώσεων που γίνονται στην ίδια διεύθυνση, και έχουν εξισώσεις  $x_1 = A_1\eta\mu\omega t$  και  $x_2 = A_2\eta\mu\omega t$ . Το πλάτος  $A$  της σύνθετης αρμονικής ταλάντωσης είναι ίσο με

α)  $A = A_1 + A_2$

β)  $A = |A_1 - A_2|$

γ)  $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$

δ)  $A = \sqrt{|A_1^2 - A_2^2|}$

**A4.** Παρατηρητής ενώ απομακρύνεται με σταθερή ταχύτητα  $v_A$  από ακίνητη ηχητική πηγή αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_A$ . Αν η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι ίση με  $v$ , τότε η συχνότητα  $f_s$  του ήχου που εκπέμπει η πηγή είναι ίση με

α)  $\frac{v}{v + v_A} f_A$

β)  $\frac{v}{v - v_A} f_A$

γ)  $\frac{v + v_A}{v} f_A$

δ)  $\frac{v - v_A}{v} f_A$

**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) Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι εγκάρσιο.

β) Στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας.

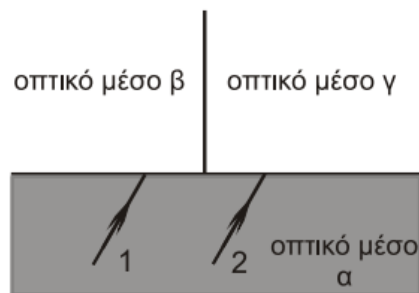
γ) Η συχνότητα ενός ραδιοκύματος είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα των ακτίνων X.

δ) Η ροπή αδράνειας ενός στερεού είναι ανεξάρτητη από τη θέση του άξονα περιστροφής.

ε) Κατά τη στροφική κίνηση ενός σώματος όλα τα σημεία του σώματος έχουν την ίδια γωνιακή ταχύτητα.

## ΘΕΜΑ Β

**B1.** Στο διπλανό σχήμα φαίνονται δύο παράλληλες μονοχρωματικές φωτεινές ακτίνες (1) και (2) προερχόμενες από το ίδιο οπτικό μέσο α και από δύο όμοιες φωτεινές πηγές. Οι ακτίνες διαθλώνται στα μέσα β, γ αντίστοιχα. Για τους δείκτες διάθλασης των μέσων α, β, γ ισχύει  $n_\beta < n_\gamma < n_\alpha$ .



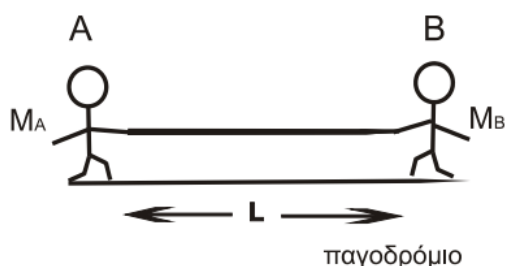
Για τις γωνίες διάθλασης ισχύει ότι:

- είναι ίσες.
- μεγαλύτερη είναι η γωνία διάθλασης της ακτίνας (1).
- μεγαλύτερη είναι η γωνία διάθλασης της ακτίνας (2).

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Δύο μαθητές Α και Β, με μάζες  $M_A$  και  $M_B$  ( $M_A < M_B$ ), στέκονται αρχικά ακίνητοι πάνω στο λείο οριζόντιο επίπεδο ενός παγοδρομίου, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Οι δύο μαθητές κρατάνε τις άκρες ενός σχοινιού σταθερού μήκους  $L$ . Κάποια στιγμή οι μαθητές αρχίζουν να μαζεύουν ταυτόχρονα το σχοινί και κινούνται στην ίδια ευθεία. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα οι μαθητές αγκαλιάζονται και παραμένουν αγκαλιασμένοι.



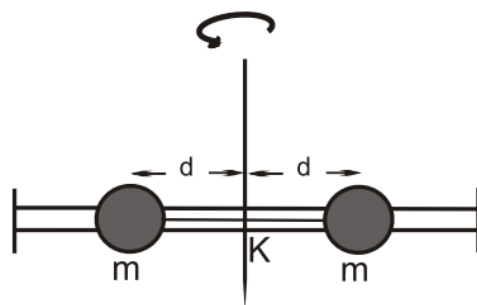
Οι αγκαλιασμένοι μαθητές:

- θα κινηθούν προς τα αριστερά.
- θα κινηθούν προς τα δεξιά.
- παραμένουν ακίνητοι.

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Η αβαρής λεπτή ράβδος του διπλανού σχήματος είναι οριζόντια και μπορεί να στρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα, που διέρχεται από το μέσο της Κ. Σε απόσταση  $d$  από τον άξονα περιστροφής βρίσκονται δύο μικρές μεταλλικές χάντρες ίδιας μάζας  $m$ , οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με νήμα. Το σύστημα στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ . Κάποια στιγμή το νήμα κόβεται, οπότε οι χάντρες κολλάνε στα άκρα της ράβδου.



Η νέα γωνιακή ταχύτητα με την οποία στρέφεται το σύστημα είναι:

- μεγαλύτερη από την αρχική.
- μικρότερη από την αρχική.
- ίση με την αρχική.

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

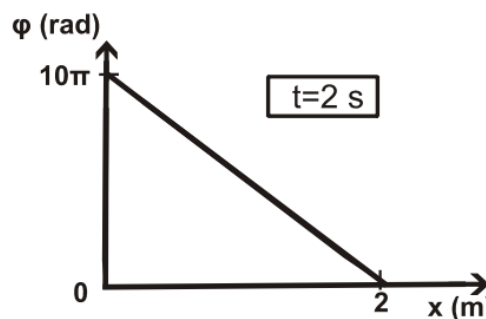
**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Γραμμικό ομογενές ελαστικό μέσο εκτείνεται κατά μήκος του θετικού ημιάξονα  $Ox$  ενός συστήματος συντεταγμένων.

Τη χρονική στιγμή  $t=0$  το άκρο  $O(x=0)$  του ελαστικού μέσου αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση εξίσωσης απομάκρυνσης  $y=0,1\eta\mu\omega t$  (S.I.), με αποτέλεσμα, τη χωρίς απώλειες ενέργειας, διάδοση στο ελαστικό μέσο ημιτονοειδούς εγκάρσιου κύματος.

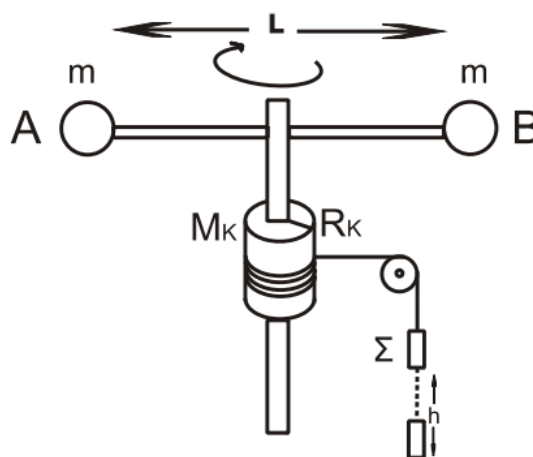
Στο διπλανό σχήμα δίνεται η γραφική παράσταση της φάσης των σημείων του κύματος σε συνάρτηση με την απόσταση  $x$  από το άκρο  $O$ , τη χρονική στιγμή  $t=2$  s.



- Γ1.** Να υπολογίσετε το μήκος κύματος  $\lambda$  και την περίοδο  $T$  του κύματος.
- Γ2.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο ελαστικό μέσο.
- Γ3.** Να γράψετε την εξίσωση του κύματος στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.).
- Γ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας ενός σημείου  $K$  του ελαστικού μέσου, που βρίσκεται στη θέση  $x_K=1$  m, τη χρονική στιγμή  $t=4$  s.
- Γ5.** Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος, που προκύπτει από τη συμβολή του αρχικού κύματος με ένα δεύτερο κύμα, ίδιας συχνότητας, ίδιου μήκους κύματος και ίδιου πλάτους με το αρχικό, το οποίο διαδίδεται στο ίδιο ελαστικό μέσο και περιγράφεται από την εξίσωση  $y=A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda}\right)$ .

**ΘΕΜΑ Δ**

Η οριζόντια και ομογενής ράβδος  $AB$  του διπλανού σχήματος, έχει μήκος  $L=0,6$  m και μάζα  $M=3$  kg. Στα άκρα της ράβδου, έχουν στερεωθεί δύο σφαιρίδια αμελητέων διαστάσεων μάζας  $m=0,5$  kg το καθένα. Η ράβδος μπορεί να περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο λεπτό σωλήνα, που περνά από το κέντρο της και έχει αμελητέα μάζα και ακτίνα. Στο σωλήνα έχει προσαρμοστεί, σταθερά, ομογενής κύλινδρος μάζας  $M_K=1$  kg και ακτίνας  $R_K=0,2$  m. Γύρω από τον κύλινδρο είναι τυλιγμένο πολλές φορές λεπτό, αβαρές νήμα σταθερού μήκους, στην ελεύθερη άκρη του οποίου αναρτάται μέσω αβαρούς τροχαλίας, που μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές, ένα σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m_1=1,25$  kg.



Αρχικά το σώμα  $\Sigma$  και το σύστημα (ράβδος, σφαιρίδια και κύλινδρος) είναι ακίνητα. Τη χρονική στιγμή  $t=0$  το σώμα  $\Sigma$  αφήνεται να κινηθεί κατακόρυφα και το σύστημα ξεκινά να περιστρέφεται, ενώ το νήμα δεν ολισθαίνει.

Να υπολογίσετε:

- Δ1.** Τη συνολική ροπή αδράνειας του συστήματος που αποτελείται από τη ράβδο, τα σφαιρίδια και τον κύλινδρο.

- Δ2. Το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του κυλίνδρου.
- Δ3. Το μέτρο της τάσης του νήματος που ασκεί το σώμα Σ.
- Δ4. Την κινητική ενέργεια του συστήματος λόγω περιστροφής, τη χρονική στιγμή  $t_1$  κατά την οποία το σύστημα έχει εκτελέσει  $N = \frac{5}{2\pi}$  περιστροφές.
- Δ5. Το ύψος  $h$  κατά το οποίο έχει κατέλθει το σώμα Σ την παραπάνω χρονική στιγμή  $t_1$ .

Δίνονται:

- Η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής της  $I_{cm} = \frac{1}{12}ML^2$
- η ροπή αδράνειας του κυλίνδρου ως προς τον άξονα περιστροφής του  $I_{cm,K} = \frac{1}{2}M_K R_K^2$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

**ΘΕΜΑ Α**

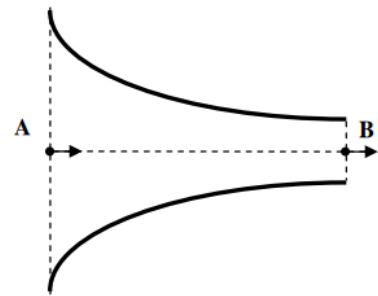
Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**A1.** Σώμα εκτελεί ταυτόχρονα δύο απλές αρμονικές ταλαντώσεις με εξισώσεις  $x_1 = A_1 \eta \mu \omega t$  και  $x_2 = A_2 \eta \mu(\omega t + \pi)$ . Οι ταλαντώσεις γίνονται στην ίδια διεύθυνση και γύρω από το ίδιο σημείο. Για τα πλάτη  $A_1$  και  $A_2$  των ταλαντώσεων ισχύει ότι  $A_2 > A_1$ . Η σύνθετη ταλάντωση που εκτελεί το σώμα έχει πλάτος

- α)  $A_2 + A_1$                       β)  $A_2 - A_1$                       γ)  $A_1 - A_2$                       δ)  $\sqrt{A_1^2 + A_2^2}$

**A2.** Στον οριζόντιο σωλήνα του σχήματος 1, κατά τη φορά ροής του ιδανικού ρευστού από το σημείο Α στο σημείο Β της ίδιας οριζόντιας ρευματικής γραμμής

- α) πυκνότητα μειώνεται.  
β) η παροχή του σωλήνα μειώνεται.  
γ) η δυναμική ενέργεια ανά μονάδα όγκου του ιδανικού ρευστού αυξάνεται.  
δ) η κινητική ενέργεια ανά μονάδα όγκου του ιδανικού ρευστού αυξάνεται.



Σχήμα 1

**A3.** Η συχνότητα ταλάντωσης μιας πηγής, που παράγει εγκάρσιο αρμονικό κύμα σε ένα ελαστικό μέσο, διπλασιάζεται χωρίς να μεταβληθεί το πλάτος της ταλάντωσης. Τότε

- α) η ταχύτητα διάδοσης του κύματος διπλασιάζεται.  
β) το μήκος κύματος του αρμονικού κύματος διπλασιάζεται.  
γ) το μήκος κύματος του αρμονικού κύματος υποδιπλασιάζεται.  
δ) η ενέργεια ταλάντωσης ενός σημείου του ελαστικού μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα διπλασιάζεται.

**A4.** Σε ένα αρχικά ακίνητο στερεό σώμα ασκείται σταθερή ροπή, οπότε αρχίζει να κινείται. Τότε

- α) το στερεό σώμα εκτελεί ομαλή στροφική κίνηση.  
β) το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του σώματος αυξάνεται συνεχώς.  
γ) το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του σώματος είναι σταθερό.  
δ) η στροφορμή του σώματος είναι σταθερή.

**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) Κατά τον συντονισμό η ενέργεια του διεγέρτη μεταφέρεται στο ταλαντούμενο σύστημα, κατά τον βέλτιστο τρόπο.  
β) Το πλάτος της ταλάντωσης είναι ίδιο για κάθε σημείο μιας χορδής στην οποία δημιουργείται στάσιμο κύμα.  
γ) Η παροχή υγρού σε σωλήνα μετριέται σε  $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ .  
δ) Όταν ένας αστέρας συρρικνώνεται, λόγω βαρύτητας, η γωνιακή ταχύτητά του, λόγω περιστροφής, ελαττώνεται.  
ε) Κατά την πλαστική κρούση δύο σωμάτων, η μηχανική ενέργεια του συστήματος παραμένει σταθερή.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Δύο όμοιες και σύγχρονες πηγές αρμονικών κυμάτων, χωρίς αρχική φάση, παράγουν κύματα στην ελεύθερη επιφάνεια ηρεμούντος υγρού. Τα κύματα έχουν περίοδο  $T$  και πλάτος  $A$ . Τα δύο κύματα φθάνουν σε σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού με χρονική διαφορά  $\frac{3T}{4}$ . Το σημείο  $\Sigma$  ταλαντώνεται με πλάτος ίσο με:

- i.  $A\sqrt{3}$                                       ii.  $A\sqrt{2}$                                       iii.  $A$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Το **σχήμα 2** παριστάνει την αρχή λειτουργίας του υδραυλικού ανυψωτήρα, που περιέχει ιδανικό ρευστό.

Ασκούμε στο μικρό έμβολο του ανυψωτήρα, διατομής  $A_1$ , δύναμη μέτρου  $F_1$  κάθετη σε αυτό. Το μέτρο της δύναμης  $F_2$ , που ασκεί το υγρό στο έμβολο διατομής  $A_2$ , είναι ίσο με:

- i.  $F_1 \frac{A_2^2}{A_1^2}$                                       ii.  $F_1 \frac{A_1}{A_2}$                                       iii.  $F_1 \frac{A_2}{A_1}$

Θεωρήστε ότι τα έμβολα είναι αβαρή.

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Παρατηρητής απομακρύνεται με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v_A$  από ακίνητη ηχητική πηγή. Η διεύθυνση της ταχύτητας του παρατηρητή ταυτίζεται με την ευθεία που ενώνει την πηγή με τον παρατηρητή. Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα έχει μέτρο  $v$ . Ο αριθμός των μέγιστων του ήχου, που παράγει η πηγή σε χρόνο  $\Delta t$ , είναι  $N_s$ . Ο αριθμός  $N_A$  των μέγιστων του ήχου, που φτάνουν στον παρατηρητή στον ίδιο χρόνο, είναι ίσος με:

- i.  $\frac{v + v_A}{v} N_s$                                       ii.  $\frac{v}{v - v_A} N_s$                                       iii.  $\frac{v - v_A}{v} N_s$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

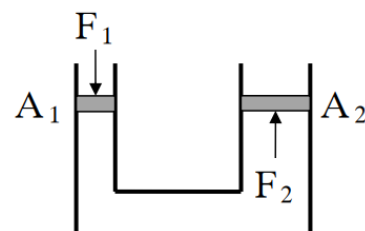
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

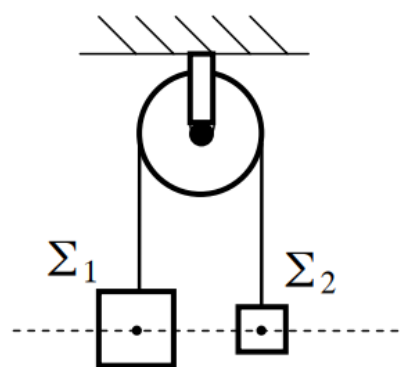
Η ομογενής τροχαλία του **σχήματος 3** έχει μάζα  $M = 4 \text{ kg}$  και ακτίνα  $R = 0,1 \text{ m}$  και μπορεί να στρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της και είναι κάθετος στο επίπεδό της. Τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  έχουν μάζες  $m_1 = 2 \text{ kg}$  και  $m_2 = 1 \text{ kg}$  αντίστοιχα και είναι δεμένα στα άκρα αβαρούς σχοινιού που διέρχεται από το αυλάκι της τροχαλίας. Αρχικά, τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  διατηρούνται ακίνητα και τα κέντρα μάζας τους βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  τα σώματα αφήνονται ελεύθερα να κινηθούν.

**Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης της τροχαλίας.

**Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = 3 \text{ s}$ .



**Σχήμα 2**



**Σχήμα 3**

**Γ3.** Να υπολογίσετε τον αριθμό περιστροφών της τροχαλίας μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1 = 3 \text{ s}$ .

**Γ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του συστήματος των σωμάτων  $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_2$  και τροχαλίας ως προς τον άξονα περιστροφής της τροχαλίας.

Δίνονται:

Η ροπή αδράνειας της τροχαλίας ως προς τον άξονα περιστροφής της:  $I = \frac{1}{2}MR^2$ .

Η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Να θεωρήσετε ότι:

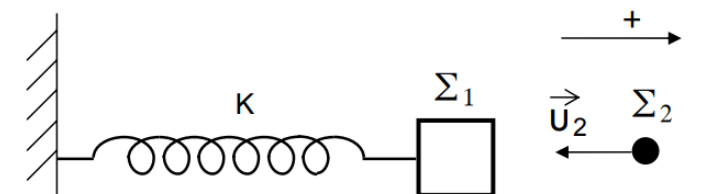
Μεταξύ σχοινιού και τροχαλίας η τριβή είναι μεγάλη, ώστε να μην παρατηρείται ολίσθηση.

Το μήκος του σχοινιού παραμένει σταθερό.

Τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  δεν φθάνουν στο έδαφος ούτε συγκρούονται με την τροχαλία.

### ΘΕΜΑ Δ

Σώμα  $\Sigma_1$ , μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και είναι προσδεμένο στο άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $K = 100 \text{ N/m}$ . Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο ακλόνητα. Το σύστημα ελατήριο - σώμα  $\Sigma_1$  εκτελεί απλή



Σχήμα 4

αρμονική ταλάντωση με εξίσωση απομάκρυνσης  $x = 0,4\eta\mu\omega t$  (S.I.). Τη χρονική στιγμή  $t_1 = \frac{\pi}{10} \text{ s}$  το σώμα  $\Sigma_1$  συγκρούεται πλαστικά με ένα άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ , που κινείται οριζόντια στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου με ταχύτητα  $v_2 = \frac{20}{3} \text{ m/s}$ , όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**.

- Δ1.** Να υπολογίσετε την απομάκρυνση, το μέτρο και τη φορά της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος, αμέσως μετά την κρούση, και να προσδιορίσετε τη φορά της.
- Δ3.** Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης σε συνάρτηση με τον χρόνο της νέας αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα, αμέσως μετά την κρούση. Θεωρήστε ως  $t = 0$  τη στιγμή της κρούσης και θετική φορά αυτή που φαίνεται στο σχήμα.
- Δ4.** Να υπολογίσετε το ποσοστό μεταβολής επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$ , κατά τη διάρκεια της κρούσης.

**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.

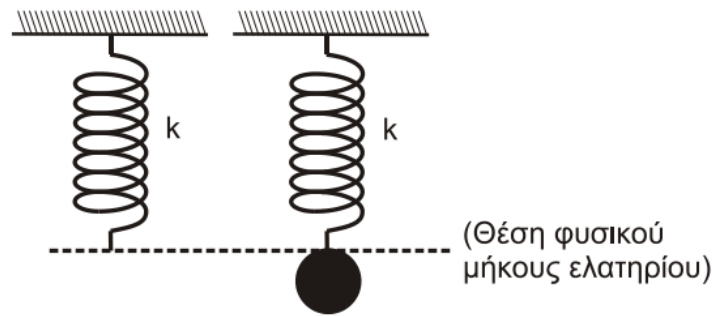
- A1.** Κατά την πλαστική κρούση δύο σωμάτων ισχύει ότι:
- η μηχανική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων παραμένει σταθερή.
  - η μηχανική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων αυξάνεται.
  - η κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων παραμένει σταθερή.
  - η ορμή του συστήματος των δύο σωμάτων παραμένει σταθερή.
- A2.** Σώμα εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση. Παρατηρείται ότι για δύο διαφορετικές συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  του διεγέρτη με  $f_1 < f_2$  το πλάτος της ταλάντωσης είναι ίδιο. Για την ιδιοσυχνότητα  $f_0$  του συστήματος ισχύει:
- $f_0 < f_1$
  - $f_0 > f_2$
  - $f_1 < f_0 < f_2$
  - $f_1 = f_0$
- A3.** Σε μία φλέβα ρέει ιδανικό ρευστό. Όταν σε μια περιοχή του υγρού οι ρευματικές γραμμές πυκνώνουν, τότε:
- η ταχύτητα ροής αυξάνεται και η πίεση ελαττώνεται.
  - η παροχή της φλέβας αυξάνεται και η πίεση αυξάνεται.
  - η παροχή της φλέβας ελαττώνεται και η πίεση ελαττώνεται.
  - η ταχύτητα ροής αυξάνεται και η πίεση αυξάνεται.
- A4.** Διακρότημα δημιουργείται μετά από σύνθεση δύο αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας διεύθυνσης που γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο, όταν οι ταλαντώσεις έχουν
- ίσα πλάτη και ίσες συχνότητες
  - διαφορετικά πλάτη και ίσες συχνότητες
  - διαφορετικά πλάτη και διαφορετικές συχνότητες
  - ίσα πλάτη και συχνότητες που διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους.
- 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.
- Η εξίσωση της συνέχειας είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας στη ροή των ιδανικών ρευστών.
  - Η ροπή μιας δύναμης  $\vec{F}$  ως προς άξονα περιστροφής είναι μηδέν, όταν ο φορέας της δύναμης είναι παράλληλος στον άξονα περιστροφής.
  - Σε μια φθίνουσα ταλάντωση, στην οποία η αντιτιθέμενη δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας, ο λόγος δύο διαδοχικών μεγίστων απομακρύνσεων προς την ίδια κατεύθυνση διατηρείται σταθερός.
  - Η κίνηση ενός τροχού που κυλίνεται είναι αποτέλεσμα της επαλληλίας μιας μεταφορικής και μιας στροφικής κίνησης.



ε) Σε ένα στάσιμο κύμα, που έχει δημιουργηθεί σε ένα ελαστικό μέσο, η απόσταση δύο διαδοχικών κοιλιών είναι ίση με ένα μήκος κύματος  $\lambda$ .

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Ένα κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k$  έχει το άνω άκρο του στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο και βρίσκεται στη θέση φυσικού μήκους. Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου και ενώ αυτό βρίσκεται στη θέση φυσικού μήκους, στερεώνεται μάζα  $m$ . Από τη θέση αυτή το σύστημα αφήνεται ελεύθερο και αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.



Σχήμα 1

Η μέγιστη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου κατά τη διάρκεια της απλής αρμονικής ταλάντωσης του σώματος είναι ίση με:

i.  $\frac{m^2 g^2}{k}$

ii.  $\frac{2m^2 g^2}{k}$

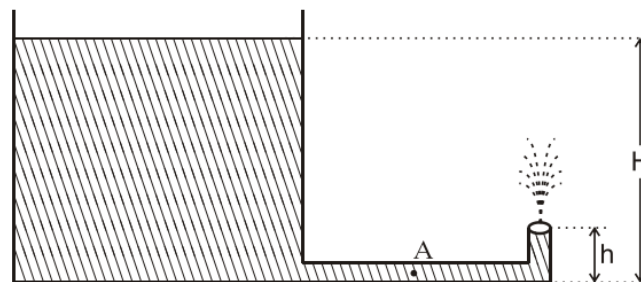
iii.  $\frac{m^2 g^2}{2k}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ανοιχτό κυλινδρικό δοχείο με κατακόρυφα τοιχώματα περιέχει νερό μέχρι ύψους  $H$ . Από τον πυθμένα του πλευρικού τοιχώματος του δοχείου εξέρχεται λεπτός κυλινδρικός σωλήνας σταθερής διατομής. Ο σωλήνας είναι αρχικά οριζόντιος και στη συνέχεια κάμπτεται, ώστε να γίνει κατακόρυφος προς τα πάνω. Το άνοιγμα του σωλήνα βρίσκεται σε ύψος  $h = \frac{H}{5}$  πάνω από το επίπεδο του πυθμένα του δοχείου, όπως φαίνεται στο

σχήμα 2:



Σχήμα 2

Να θεωρήσετε ότι:

- η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο ανοιχτό δοχείο είναι αμελητέα
- το νερό συμπεριφέρεται ως ιδανικό ρευστό
- η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή

Το μέτρο της ταχύτητας  $v_A$  με την οποία ρέει το νερό στο σημείο A του οριζόντιου σωλήνα είναι ίσο με:

i.  $\sqrt{2gh}$

ii.  $\sqrt{10gh}$

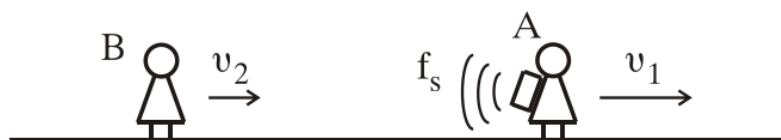
iii.  $2\sqrt{2gh}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Οι παρατηρητές A και B κινούνται στην ίδια οριζόντια κατεύθυνση με ταχύτητες μέτρου  $v_1 = \frac{v_{\eta\kappa}}{5}$  και  $v_2 = \frac{v_{\eta\kappa}}{10}$  αντίστοιχα. Στην πλάτη του παρατηρητή A είναι στερεωμένη ηχητική πηγή, όπως φαίνεται στο

σχήμα 3:



Σχήμα 3

Η ηχητική πηγή εκπέμπει συνεχώς ήχο σταθερής συχνότητας  $f_s$ , ο οποίος διαδίδεται στον αέρα με ταχύτητα  $v_{\eta\kappa}$ . Ο παρατηρητής B αντιλαμβάνεται τον ήχο της ηχητικής πηγής με συχνότητα ίση με:

i.  $\frac{9}{12}f_s$

ii.  $\frac{11}{12}f_s$

iii.  $\frac{11}{8}f_s$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε γραμμικό ελαστικό μέσο (χορδή) που ταυτίζεται με τον ημιάξονα Ox, προς τη θετική κατεύθυνση. Η πηγή του κύματος βρίσκεται στο άκρο  $O(x=0)$  του ημιάξονα Ox του ελαστικού μέσου. Η πηγή εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση απομάκρυνσης  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$ .

Στοιχειώδης μάζα  $\Delta m = 10^{-6}$  kg του ελαστικού μέσου έχει ενέργεια ταλάντωσης  $E_T = 5\pi^2 \cdot 10^{-7}$  J.

Το ελάχιστο χρονικό διάστημα για την απευθείας μετάβαση της στοιχειώδους μάζας  $\Delta m$  του ελαστικού μέσου από την κάτω ακραία θέση ταλάντωσής της μέχρι την επάνω ακραία θέση ταλάντωσής της είναι  $\Delta t = 0,4$  s.

Στο ίδιο χρονικό διάστημα το κύμα έχει διαδοθεί σε απόσταση  $\Delta x = 4$  m.

- Γ1.** Να υπολογίσετε την περίοδο του κύματος, το μήκος κύματος του κύματος και το πλάτος ταλάντωσης της στοιχειώδους μάζας  $\Delta m$ .
- Γ2.** Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος και να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1,4$  s.
- Γ3.** Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια της στοιχειώδους μάζας  $\Delta m$ , όταν η απομάκρυνσή της από τη θέση ισορροπίας της είναι  $y = 0,2$  m.

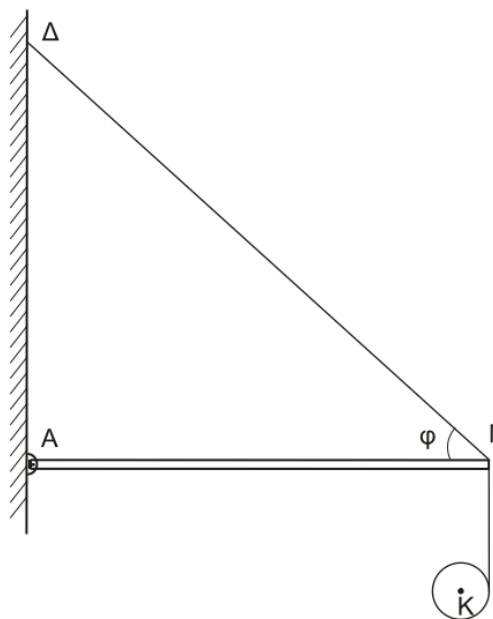
Δύο σημεία P και Σ της χορδής έχουν διαφορά φάσης  $\varphi_P - \varphi_\Sigma = \frac{3\pi}{2}$  rad.

- Γ4.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του Σ, όταν η απομάκρυνση του σημείου P από τη θέση ισορροπίας του είναι  $y_P = 0,4$  m.

Όπου εμφανίζεται το  $\pi$  να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση.

### ΘΕΜΑ Δ

Μία ομογενής άκαμπτη ράβδος ΑΓ σταθερής διατομής έχει μάζα  $M = 4 \text{ kg}$ . Η ράβδος ισορροπεί σε οριζόντια θέση και το άκρο της Α συνδέεται με άρθρωση σε κατακόρυφο τοίχο. Το άλλο άκρο Γ της ράβδου συνδέεται μέσω αβαρούς μη εκτατού νήματος ΓΔ με τον κατακόρυφο τοίχο. Το νήμα σχηματίζει με τη ράβδο γωνία  $\varphi$ . Γύρω από ένα λεπτό ομογενή δίσκο κέντρου Κ, μάζας  $m = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R = 0,1 \text{ m}$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές ένα λεπτό μη εκτατό αβαρές νήμα. Το ελεύθερο άκρο του νήματος έχει στερεωθεί στο άκρο Γ της ράβδου ΑΓ, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**:



Σχήμα 4

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ο δίσκος αφήνεται να κινηθεί και το νήμα ξετυλίγεται χωρίς να ολισθαίνει.

- Δ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του δίσκου, καθώς αυτός κατέρχεται.
- Δ2. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος ΑΓ στο άκρο της Γ από το νήμα ΓΔ, όταν ο δίσκος κατέρχεται.

Τη χρονική στιγμή που το κέντρο μάζας Κ του δίσκου έχει κατέλθει κατακόρυφα κατά  $h_1 = 0,3 \text{ m}$  το νήμα που συνδέει το δίσκο με τη ράβδο κόβεται.

- Δ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής του δίσκου ως προς τον άξονα περιστροφής του, μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t$  από τη στιγμή που κόπηκε το νήμα.
- Δ4. Να υπολογίσετε το λόγο της κινητικής ενέργειας λόγω περιστροφικής κίνησης προς την κινητική ενέργεια λόγω μεταφορικής κίνησης του δίσκου μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t' = 0,1 \text{ s}$  από τη στιγμή που κόπηκε το νήμα.

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας του δίσκου ως προς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του  $I_{\text{CM}} = \frac{1}{2} mR^2$
- $\eta\mu\varphi = 0,8$ ,  $\sigma\eta\nu\varphi = 0,6$
- ο άξονας περιστροφής του δίσκου παραμένει συνεχώς οριζόντιος και κινείται σε κατακόρυφη τροχιά σε όλη τη διάρκεια της κίνησης του
- ο δίσκος δεν φτάνει στο έδαφος στη διάρκεια του φαινομένου.

**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.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων ίδιας διεύθυνσης, που γίνονται γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας, με το ίδιο πλάτος  $A$  και συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  δημιουργείται σύνθετη κίνηση, η οποία παρουσιάζει διακροτήματα. Η περίοδος του διακροτήματος είναι ίση με

$$\alpha) T = \frac{1}{|f_1 - f_2|}$$

$$\beta) T = \left| \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right|$$

$$\gamma) T = |f_1 - f_2|$$

$$\delta) T = \frac{1}{2|f_1 - f_2|}$$

**A2.** Δύο υλικά σημεία τα οποία βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών ενός ελαστικού μέσου στο οποίο έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, έχουν

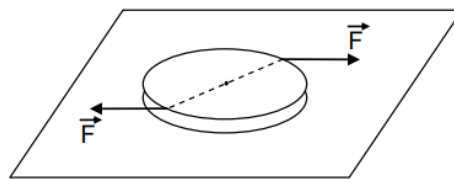
**α)** ίδιο πλάτος ταλάντωσης.

**β)** διαφορά φάσης  $\pi$  rad μεταξύ τους.

**γ)** διαφορά φάσης  $\frac{\pi}{2}$  rad μεταξύ τους.

**δ)** ίδια συχνότητα ταλάντωσης.

**A3.** Ο ομογενής δίσκος του **σχήματος 1** ισορροπεί σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Κάποια χρονική στιγμή ασκούμε στον δίσκο ζεύγος δυνάμεων, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**.



**Σχήμα 1**

Η κίνηση του δίσκου είναι

**α)** μόνο στροφική με σταθερή γωνιακή ταχύτητα.

**β)** μόνο μεταφορική με σταθερή ταχύτητα.

**γ)** μόνο στροφική με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση.

**δ)** μόνο μεταφορική με σταθερή επιτάχυνση.

**A4.** Η εξίσωση της συνέχειας των ιδανικών ρευστών είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης

**α)** της ενέργειας.

**β)** της ύλης.

**γ)** της ορμής.

**δ)** της στροφορμής.

**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)** Το πλάτος μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα του διεγέρτη.

**β)** Σε κάθε εγκάρσιο κύμα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα.

- γ) Το συνολικό έργο της στατικής τριβής στην κύλιση χωρίς ολίσθηση ενός στερεού σώματος είναι ίσο με μηδέν.
- δ) Η πίεση που δημιουργεί ένα εξωτερικό αίτιο σε κάποιο σημείο ενός ακίνητου υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του.
- ε) Σε κάθε φθίνουσα ταλάντωση η περίοδος της ταλάντωσης μειώνεται με τον χρόνο.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  με μάζες  $m$  και  $4m$  αντίστοιχα έχουν ίσες κινητικές ενέργειες. Τα σώματα κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις και συγκρούονται πλαστικά. Ο λόγος της τελικής κινητικής ενέργειας του συστήματος των σωμάτων προς την αρχική κινητική ενέργεια του συστήματος των σωμάτων είναι ίσος με

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

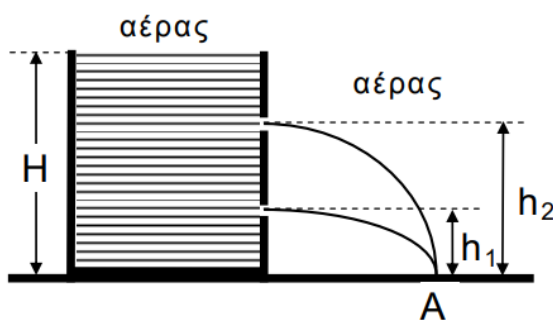
ii.  $\frac{1}{5}$

iii.  $\frac{1}{10}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ένα δοχείο περιέχει νερό μέχρι ύψους  $H$  και βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο. Ανοίγουμε δύο μικρές οπές στο δοχείο σε ύψη  $h_1$  και  $h_2 = 3h_1$  πάνω από το οριζόντιο δάπεδο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**. Οι δύο φλέβες του νερού που εκρέει από τις δύο μικρές οπές συναντούν το δάπεδο στο ίδιο σημείο  $A$ .



Σχήμα 2

Να θεωρήσετε ότι:

- η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο ανοιχτό δοχείο είναι αμελητέα
- το νερό συμπεριφέρεται ως ιδανικό ρευστό
- η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή

Η σχέση που ισχύει είναι

i.  $H = 4h_1$

ii.  $H = 5h_1$

iii.  $H = 6h_1$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ένας απομονωμένος ομογενής αστεράς σφαιρικού σχήματος ακτίνας  $R$  στρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του με αρχική κινητική ενέργεια λόγω ιδιοπεριστροφής  $K_0$ . Ο αστεράς συρρικνώνεται λόγω βαρύτητας διατηρώντας το σφαιρικό του σχήμα και την αρχική του μάζα. Σε κάποιο στάδιο της συρρίκνωσής του η ακτίνα του υποδιπλασιάζεται. Η νέα κινητική του ενέργεια λόγω ιδιοπεριστροφής είναι ίση με  $K$ .

Δίνεται η ροπή αδράνειας ομογενούς συμπαγούς σφαίρας ακτίνας  $r$  ως προς άξονα που διέρχεται το κέντρο μάζας της  $I_{\text{cm}} = \frac{2}{5} m \cdot r^2$ .

Ο λόγος  $\frac{K}{K_0}$  είναι ίσος με

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

ii. 2

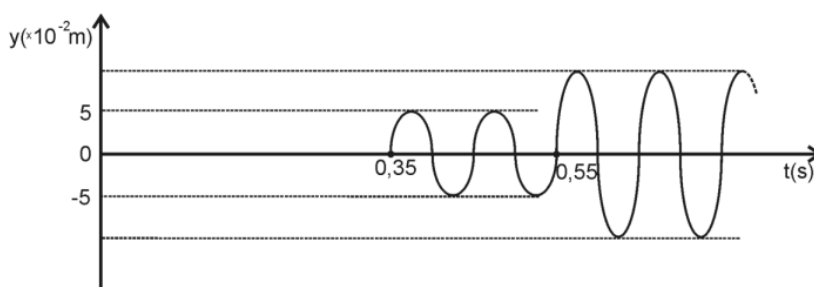
iii. 4

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Στην επιφάνεια ενός υγρού που ηρεμεί βρίσκονται δύο σύγχρονες και όμοιες σημειακές πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$ . Οι πηγές αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή  $t=0$  και εκτελούν ταλαντώσεις της μορφής  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$



Σχήμα 3

δημιουργώντας στην επιφάνεια του υγρού εγκάρσια κύματα.

Ένα υλικό σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού που απέχει αποστάσεις  $r_1 = 1,4 \text{ m}$  και  $r_2$  ( $r_2 > r_1$ ) αντίστοιχα από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ταλαντώνεται και η απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο περιγράφεται από τη γραφική παράσταση του **σχήματος 3**.

- Γ1.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού και την απόσταση  $r_2$  του σημείου  $\Sigma$  από την πηγή  $\Pi_2$ .
- Γ2.** Να υπολογίσετε τη συχνότητα ταλάντωσης των πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  και το μήκος κύματος  $\lambda$  των εγκαρσίων κυμάτων που διαδίδονται στην επιφάνεια του υγρού.
- Γ3.** Να υπολογίσετε την απομάκρυνση του σημείου  $\Sigma$  από τη θέση ισορροπίας τη χρονική στιγμή  $t = \frac{5}{8} \text{ s}$ .
- Γ4.** Μεταβάλλουμε ταυτόχρονα, με τον ίδιο τρόπο, τη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ . Να υπολογίσετε την ελάχιστη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ώστε το σημείο  $\Sigma$  να παραμένει συνεχώς ακίνητο, μετά τη συμβολή των κυμάτων στο σημείο αυτό.

### ΘΕΜΑ Δ

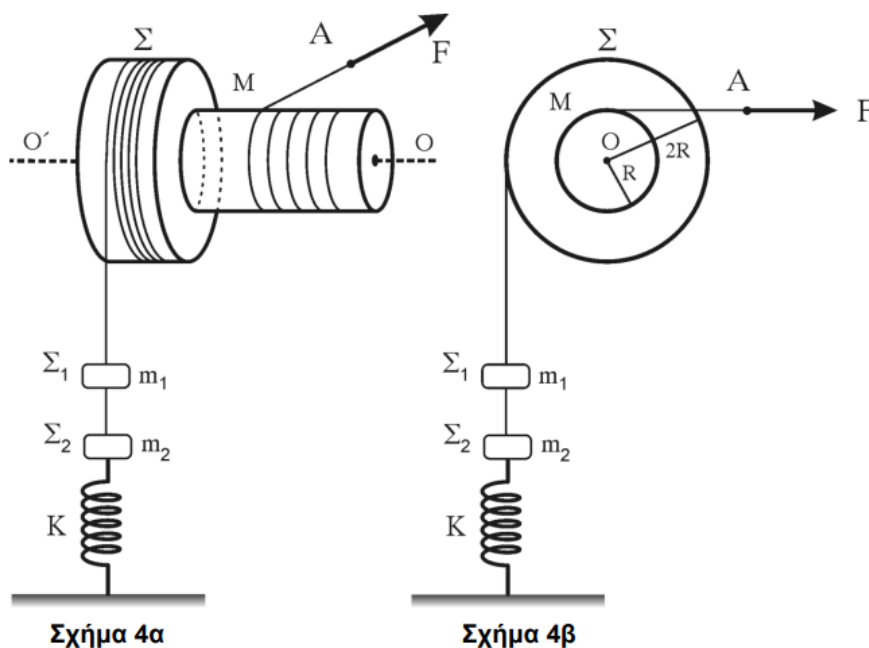
Ομογενές στερεό σώμα  $\Sigma$  συνολικής μάζας  $M = 8 \text{ kg}$  αποτελείται από δύο κολλημένους ομοαξονικούς κυλίνδρους με ακτίνες  $R$  και  $2R$ , όπου  $R = 0,1 \text{ m}$  όπως φαίνεται στα **σχήματα 4α και 4β** (το 4β αποτελεί εγκάρσια τομή του 4α).

Η ροπή αδράνειας του στερεού  $\Sigma$  ως προς τον άξονα περιστροφής του είναι  $I = \frac{3}{2} M \cdot R^2$ . Το στερεό  $\Sigma$  μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα  $O'O$ . Ο οριζόντιος άξονας περιστροφής συμπίπτει με τον άξονα συμμετρίας του κυλίνδρου. Γύρω από τον κύλινδρο του στερεού ακτίνας  $R$  είναι τυλιγμένο πολλές

φορές αβαρές μη εκτατό νήμα μεγάλου μήκους, στο ελεύθερο άκρο A του οποίου ασκείται οριζόντια δύναμη μέτρου  $F = 100 \text{ N}$ .

Στο ελεύθερο άκρο αβαρούς μη εκτατού νήματος μεγάλου μήκους, που είναι τυλιγμένο στον κύλινδρο ακτίνας  $2R$ , είναι δεμένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2 \text{ kg}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  συνδέεται με αβαρές μη εκτατό νήμα με σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$ , που συγκρατείται στερεωμένο σε κατακόρυφο ελατήριο σταθεράς  $K$ .

Το σύστημα του στερεού  $\Sigma$  και των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχικά ισορροπεί, με το ελατήριο να έχει επιμηκυνθεί κατά  $\Delta\ell = 0,2 \text{ m}$  από το φυσικό του μήκος. Τη χρονική στιγμή μηδέν ( $t_0 = 0 \text{ s}$ ) το νήμα που συνδέει τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  κόβεται. Το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, ενώ το στερεό  $\Sigma$  αρχίζει να περιστρέφεται γύρω από τον οριζόντιο άξονα περιστροφής του  $O'O$ .



- Δ1. Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς  $K$  του ελατηρίου.
- Δ2. Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης σε συνάρτηση με τον χρόνο της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_2$ . Θεωρήστε ως θετική φορά τη φορά προς τα πάνω.
- Δ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος  $\Sigma_1$  και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.
- Δ4. Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του στερεού  $\Sigma$ .
- Δ5. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης  $F$ , όταν το στερεό  $\Sigma$  έχει εκτελέσει  $\frac{20}{\pi}$  περιστροφές.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Όπου εμφανίζεται το  $\pi$  να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση.

Να θεωρήσετε ότι:

- κατά τη διάρκεια της περιστροφής του στερεού  $\Sigma$  το σώμα  $\Sigma_1$  δεν συγκρούεται με το στερεό  $\Sigma$ .
- η τριβή του νήματος με τους κυλίνδρους του στερεού είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να μην παρατηρείται ολίσθηση.
- κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$ , ο άξονας του ελατηρίου παραμένει κατακόρυφος.
- η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

**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.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων ίδιας διεύθυνσης, που γίνονται γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας, με το ίδιο πλάτος  $A$  και συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  δημιουργείται σύνθετη κίνηση, η οποία παρουσιάζει διακροτήματα. Η περίοδος του διακροτήματος είναι ίση με

$$\alpha) T = \frac{1}{|f_1 - f_2|}$$

$$\beta) T = \left| \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right|$$

$$\gamma) T = |f_1 - f_2|$$

$$\delta) T = \frac{1}{2|f_1 - f_2|}$$

**A2.** Δύο υλικά σημεία τα οποία βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών ενός ελαστικού μέσου στο οποίο έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, έχουν

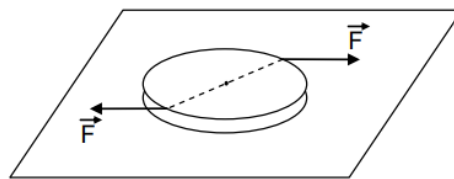
**α)** ίδιο πλάτος ταλάντωσης.

**β)** διαφορά φάσης  $\pi$  rad μεταξύ τους.

**γ)** διαφορά φάσης  $\frac{\pi}{2}$  rad μεταξύ τους.

**δ)** ίδια συχνότητα ταλάντωσης.

**A3.** Ο ομογενής δίσκος του **σχήματος 1** ισορροπεί σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Κάποια χρονική στιγμή ασκούμε στον δίσκο ζεύγος δυνάμεων, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**.



**Σχήμα 1**

Η κίνηση του δίσκου είναι

**α)** μόνο στροφική με σταθερή γωνιακή ταχύτητα.

**β)** μόνο μεταφορική με σταθερή ταχύτητα.

**γ)** μόνο στροφική με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση.

**δ)** μόνο μεταφορική με σταθερή επιτάχυνση.

**A4.** Η εξίσωση της συνέχειας των ιδανικών ρευστών είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης

**α)** της ενέργειας.

**β)** της ύλης.

**γ)** της ορμής.

**δ)** της στροφορμής.

**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)** Το πλάτος μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα του διεγέρτη.

**β)** Σε κάθε εγκάρσιο κύμα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα.



- γ) Το συνολικό έργο της στατικής τριβής στην κύλιση χωρίς ολίσθηση ενός στερεού σώματος είναι ίσο με μηδέν.
- δ) Η πίεση που δημιουργεί ένα εξωτερικό αίτιο σε κάποιο σημείο ενός ακίνητου υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του.
- ε) Σε κάθε φθίνουσα ταλάντωση η περίοδος της ταλάντωσης μειώνεται με τον χρόνο.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  με μάζες  $m$  και  $4m$  αντίστοιχα έχουν ίσες κινητικές ενέργειες. Τα σώματα κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις και συγκρούονται πλαστικά. Ο λόγος της τελικής κινητικής ενέργειας του συστήματος των σωμάτων προς την αρχική κινητική ενέργεια του συστήματος των σωμάτων είναι ίσος με

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

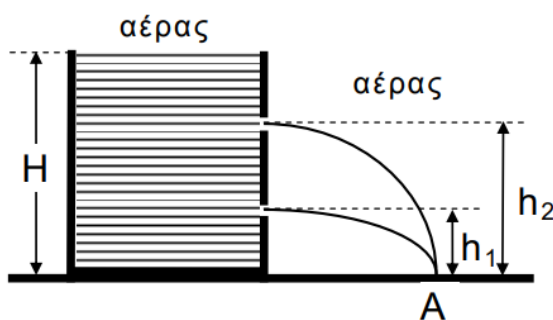
ii.  $\frac{1}{5}$

iii.  $\frac{1}{10}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ένα δοχείο περιέχει νερό μέχρι ύψους  $H$  και βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο. Ανοίγουμε δύο μικρές οπές στο δοχείο σε ύψη  $h_1$  και  $h_2 = 3h_1$  πάνω από το οριζόντιο δάπεδο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**. Οι δύο φλέβες του νερού που εκρέει από τις δύο μικρές οπές συναντούν το δάπεδο στο ίδιο σημείο  $A$ .



Σχήμα 2

Να θεωρήσετε ότι:

- η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο ανοιχτό δοχείο είναι αμελητέα
- το νερό συμπεριφέρεται ως ιδανικό ρευστό
- η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή

Η σχέση που ισχύει είναι

i.  $H = 4h_1$

ii.  $H = 5h_1$

iii.  $H = 6h_1$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ένας απομονωμένος ομογενής αστεράς σφαιρικού σχήματος ακτίνας  $R$  στρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του με αρχική κινητική ενέργεια λόγω ιδιοπεριστροφής  $K_0$ . Ο αστεράς συρρικνώνεται λόγω βαρύτητας διατηρώντας το σφαιρικό του σχήμα και την αρχική του μάζα. Σε κάποιο στάδιο της συρρίκνωσής του η ακτίνα του υποδιπλασιάζεται. Η νέα κινητική του ενέργεια λόγω ιδιοπεριστροφής είναι ίση με  $K$ .

Δίνεται η ροπή αδράνειας ομογενούς συμπαγούς σφαίρας ακτίνας  $r$  ως προς άξονα που διέρχεται το κέντρο μάζας της  $I_{\text{cm}} = \frac{2}{5} m \cdot r^2$ .

Ο λόγος  $\frac{K}{K_0}$  είναι ίσος με

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

ii. 2

iii. 4

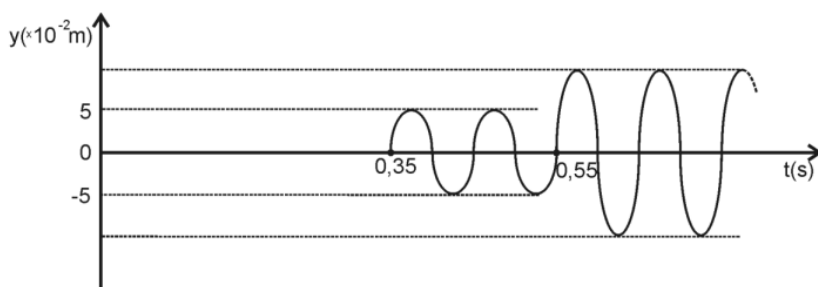
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Στην επιφάνεια ενός υγρού που ηρεμεί βρίσκονται δύο σύγχρονες και όμοιες σημειακές πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$ . Οι πηγές αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και εκτελούν ταλαντώσεις της μορφής  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$  δημιουργώντας στην επιφάνεια του υγρού εγκάρσια κύματα.

Ένα υλικό σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού που απέχει αποστάσεις  $r_1 = 1,4 \text{ m}$  και  $r_2$  ( $r_2 > r_1$ ) αντίστοιχα από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ταλαντώνεται και η απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο περιγράφεται από τη γραφική παράσταση του **σχήματος 3**.



Σχήμα 3

- Γ1. Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού και την απόσταση  $r_2$  του σημείου  $\Sigma$  από την πηγή  $\Pi_2$ .
- Γ2. Να υπολογίσετε τη συχνότητα ταλάντωσης των πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  και το μήκος κύματος  $\lambda$  των εγκαρσίων κυμάτων που διαδίδονται στην επιφάνεια του υγρού.
- Γ3. Να υπολογίσετε την απομάκρυνση του σημείου  $\Sigma$  από τη θέση ισορροπίας τη χρονική στιγμή  $t = \frac{5}{8} \text{ s}$ .
- Γ4. Να υπολογίσετε τον αριθμό των σημείων μεταξύ των δύο πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  που παραμένουν συνεχώς ακίνητα, μετά τη συμβολή των κυμάτων.

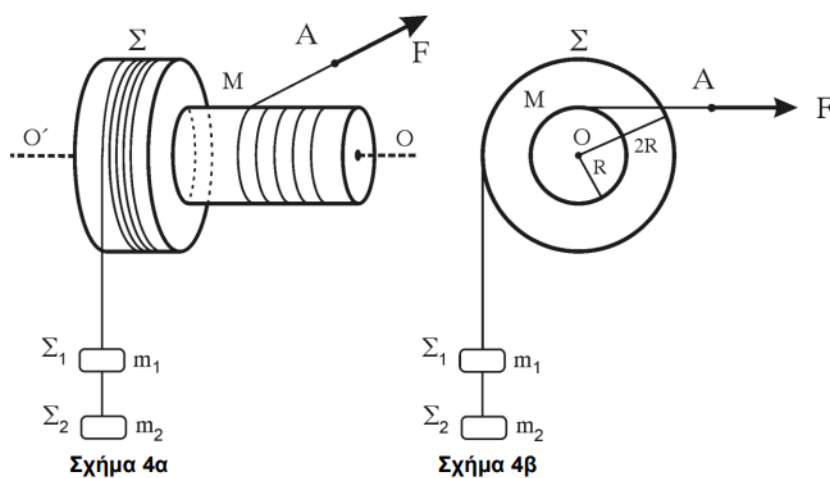
### ΘΕΜΑ Δ

Ομογενές στερεό σώμα  $\Sigma$  συνολικής μάζας  $M = 8 \text{ kg}$  αποτελείται από δύο κολλημένους ομοαξονικούς κυλίνδρους με ακτίνες  $R$  και  $2R$ , όπου  $R = 0,1 \text{ m}$  όπως φαίνεται στα **σχήματα 4α και 4β** (το 4β αποτελεί εγκάρσια τομή του 4α).

Η ροπή αδράνειας του στερεού  $\Sigma$  ως προς τον άξονα περιστροφής του είναι  $I = \frac{3}{2}M \cdot R^2$ . Το στερεό  $\Sigma$  μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα  $O'O$ . Ο οριζόντιος άξονας περιστροφής συμπίπτει με τον άξονα συμμετρίας του κυλίνδρου. Γύρω από τον κύλινδρο του στερεού ακτίνας  $R$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές αβαρές μη εκτατό νήμα μεγάλου μήκους, στο ελεύθερο άκρο  $A$  του οποίου ασκείται οριζόντια δύναμη μέτρου  $F$ .

Στο ελεύθερο άκρο αβαρούς μη εκτατού νήματος μεγάλου μήκους, που είναι τυλιγμένο στον κύλινδρο ακτίνας  $2R$ , είναι δεμένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2 \text{ kg}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  συνδέεται με αβαρές μη εκτατό νήμα με σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ .

Το σύστημα του στερεού  $\Sigma$  και των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχικά ισορροπεί.



**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $F$ .

Το νήμα που συνδέει τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  κόβεται και το στερεό  $\Sigma$  αρχίζει να περιστρέφεται γύρω από τον οριζόντιο άξονα περιστροφής του  $O'O$ .

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος  $\Sigma_1$  και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του στερεού  $\Sigma$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης  $F$ , όταν το στερεό  $\Sigma$  έχει εκτελέσει  $\frac{20}{\pi}$  περιστροφές.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Όπου εμφανίζεται το  $\pi$  να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση.

Να θεωρήσετε ότι:

- κατά τη διάρκεια της περιστροφής του στερεού  $\Sigma$  το σώμα  $\Sigma_1$  δεν συγκρούεται με το στερεό  $\Sigma$ .
- η τριβή του νήματος με τους κυλίνδρους του στερεού είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να μην παρατηρείται ολίσθηση.
- κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$ , ο άξονας του ελατηρίου παραμένει κατακόρυφος.
- η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

**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.

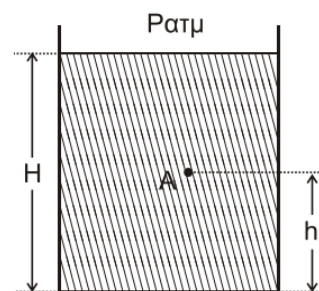
- A1.** Δύο μικρά σώματα με μάζες  $m$  και  $4m$ , που κινούνται στην ίδια ευθεία με αντίθετες κατευθύνσεις και ταχύτητες  $v_1$  και  $v_2$  αντίστοιχα, συγκρούονται μετωπικά και πλαστικά. Αν η χρονική διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα και το συσσωμάτωμα ακινητοποιείται, τότε τα δύο σώματα πριν την κρούση είχαν
- αντίθετες ταχύτητες
  - ίσες ορμές
  - αντίθετες ορμές
  - ίσες κινητικές ενέργειες.

- A2.** Ταλαντωτής εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση με τη συχνότητα  $f$  του διεγέρτη να είναι λίγο μεγαλύτερη από την ιδιοσυχνότητα  $f_0$  του ταλαντωτή. Αν ελαττώσουμε την περίοδο του διεγέρτη, το πλάτος της ταλάντωσης του ταλαντωτή
- παραμένει σταθερό.
  - αυξάνεται αρχικά και μετά ελαττώνεται.
  - ελαττώνεται αρχικά και μετά αυξάνεται.
  - ελαττώνεται.

- A3.** Μεταξύ δύο σημείων  $A$  και  $B$  ενός στάσιμου κύματος που έχει δημιουργηθεί σε ένα γραμμικό ελαστικό μέσο παρεμβάλλονται συνολικά δύο δεσμοί. Τα σημεία  $A$  και  $B$  έχουν μεταξύ τους
- διαφορά φάσης ίση με  $0$
  - διαφορά φάσης ίση με  $\pi$
  - διαφορά φάσης ίση με  $\pi/4$
  - διαφορά φάσης ίση με  $\pi/2$ .

- A4.** Το ανοιχτό κυλινδρικό δοχείο του σχήματος βρίσκεται εντός πεδίου βαρύτητας με επιτάχυνση βαρύτητας  $g$  και περιέχει νερό πυκνότητας  $\rho$ . Το ύψος του νερού στο δοχείο είναι  $H$ . Στο σημείο  $A$ , που απέχει απόσταση  $h$  από τον πυθμένα του δοχείου, η υδροστατική πίεση είναι ίση με

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| <b>α)</b> $P_{ατμ} + \rho gh$ | <b>β)</b> $P_{ατμ} + \rho g(H - h)$ |
| <b>γ)</b> $\rho gh$           | <b>δ)</b> $\rho g(H - h)$           |

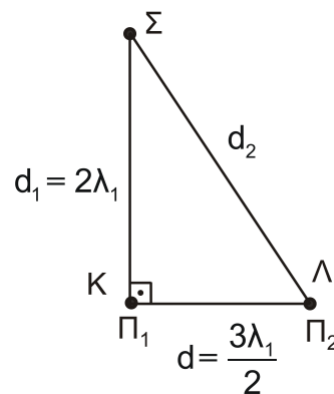


- A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.
- Περίοδος  $T_s$  ενός διακροτήματος ονομάζεται ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς μηδενισμούς της απομάκρυνσης.
  - Κατά την εκδήλωση σεισμικής δόνησης το έδαφος λειτουργεί ως διεγέρτης για τα κτίρια. Όταν η συχνότητα του σεισμικού κύματος γίνει ίση με την ιδιοσυχνότητα ενός κτιρίου, το πλάτος της ταλάντωσης του κτιρίου μεγιστοποιείται.

- γ) Σε μια φθίνουσα ταλάντωση, με μικρή σταθερά απόσβεσης  $b$ , όταν η σταθερά απόσβεσης αυξηθεί λίγο, ο ρυθμός μείωσης του πλάτους της ταλάντωσης ελαττώνεται.
- δ) Κατά τη ροή ιδανικού ρευστού σε οριζόντιο σωλήνα, όταν οι ρευματικές γραμμές παρουσιάζουν την ίδια πυκνότητα, η ταχύτητα ροής δεν μεταβάλλεται.
- ε) Σε ένα ρολόι με δείκτες η γωνιακή επιτάχυνση του λεπτοδείκτη είναι σταθερή και διάφορη του μηδενός.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Στην ελεύθερη επιφάνεια νερού που ηρεμεί, στις θέσεις Κ και Λ βρίσκονται δύο όμοιες και σύγχρονες κυματικές πηγές απλών αρμονικών κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ , που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = \frac{3\lambda_1}{2}$ . Οι πηγές ταλαντώνονται χωρίς αρχική φάση, με συχνότητα  $f_1$ , πλάτος ταλάντωσης  $A$  και παράγουν κύματα μήκους κύματος  $\lambda_1$ , που διαδίδονται στην επιφάνεια του νερού με σταθερή ταχύτητα  $v$ .



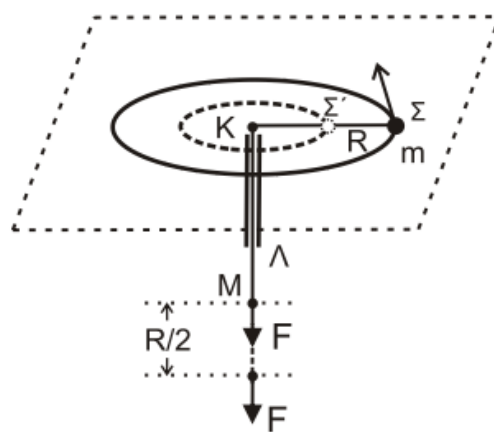
Ένα σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του νερού απέχει από την πηγή  $\Pi_1$  απόσταση  $d_1 = 2\lambda_1$  και από την πηγή  $\Pi_2$  απόσταση  $d_2$ , όπως στο σχήμα. Το ευθύγραμμο τμήμα  $\Sigma K$  είναι κάθετο στο  $K\Lambda$ .

Διπλασιάζουμε τη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών διατηρώντας σταθερό το πλάτος  $A$  της ταλάντωσής τους.

Το  $\Sigma$  μετά τον διπλασιασμό της συχνότητας ταλάντωσης των πηγών θα είναι:

- σημείο ενίσχυσης.
  - σημείο απόσβεσης.
  - σημείο που ταλαντώνεται με πλάτος  $A$ .
- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.
- β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Το σφαιρίδιο του σχήματος, μάζας  $m$ , διαγράφει οριζόντιο κύκλο ακτίνας  $K\Sigma = R$  με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  δεμένο στο άκρο αβαρούς μη εκτατού νήματος, το οποίο περνάει από κατακόρυφο σωλήνα  $K\Lambda$ . Στο άκρο  $M$  του νήματος ασκείται κατάλληλη δύναμη  $F$ , ώστε αυτό να κινηθεί χωρίς τριβή διαμέσου του σωλήνα μέχρι η ακτίνα περιστροφής του σφαιριδίου μάζας  $m$  να γίνει  $K\Sigma' = R/2$ .



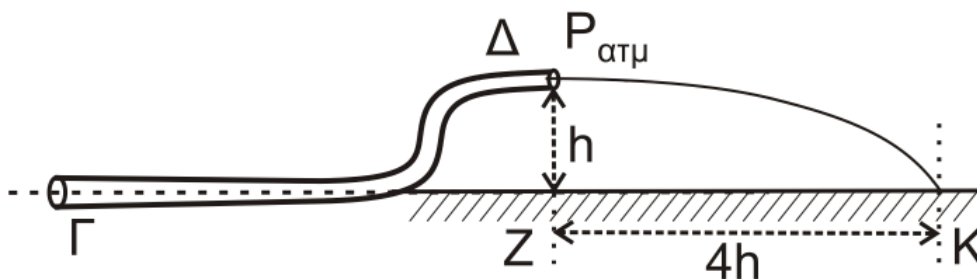
Σε όλη τη διάρκεια της μεταβολής της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς, θεωρούμε ότι το σφαιρίδιο κινείται εκτελώντας κυκλική κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο χωρίς τριβές.

Το έργο της δύναμης  $F$  για τη μετακίνηση του σφαιριδίου μάζας  $m$  θα είναι ίσο με:

- $\frac{1}{2}m\omega^2R^2$
- $\frac{2}{3}m\omega^2R^2$
- $\frac{3}{2}m\omega^2R^2$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.
- β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ο κυλινδρικός σωλήνας ΓΔ του σχήματος αποτελεί τμήμα ενός μεγάλου σωλήνα μεταβλητής διατομής και βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο. Στον σωλήνα ρέει με σταθερή παροχή ιδανικό υγρό πυκνότητας  $\rho$  με φορά από το Γ προς το Δ. Η σχέση των εμβαδών των εγκάρσιων διατομών του σωλήνα στα σημεία Γ και Δ είναι  $A_\Gamma = 2A_\Delta$ . Το μέτρο της ταχύτητας με την οποία κινείται το υγρό στο σημείο Γ είναι  $v_\Gamma$ . Τα σημεία Γ και Δ απέχουν υψομετρικά κατά  $h$ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Η φλέβα του υγρού που εξέρχεται από το στόμιο Δ πέφτει σε σημείο Κ στην προέκταση της οριζόντιας ευθείας που διέρχεται από το σημείο Γ.



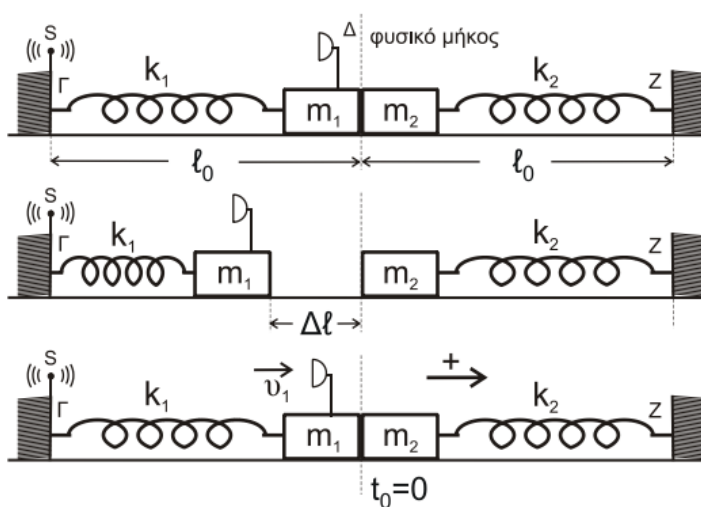
Απόσταση ΖΚ (βεληνεκές) είναι ίση με  $4h$ .

Η διαφορά πίεσης  $\Delta P$  μεταξύ των σημείων Γ και Δ ισούται με

- i.  $2\rho v_\Gamma^2$                       ii.  $\rho v_\Gamma^2$                       iii.  $\frac{\rho v_\Gamma^2}{2}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**



Τα ιδανικά ελατήρια του σχήματος με σταθερές  $k_1$  και  $k_2$  ( $k_1 = k_2 = k = 50 \text{ N/m}$ ) έχουν το ένα άκρο τους στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο (Γ και Ζ, αντίστοιχα). Στα ελεύθερα άκρα των ελατηρίων συνδέονται τα σώματα  $m_1$  και  $m_2$  με  $m_1 = m_2 = 2 \text{ kg}$ .

Τα δύο σώματα αρχικά εφάπτονται μεταξύ τους και είναι ακίνητα. Τα ελατήρια βρίσκονται στο φυσικό τους μήκος και οι άξονές τους βρίσκονται στην ίδια ευθεία.

Στο άκρο Γ του ελατηρίου  $k_1$  υπάρχει ακίνητη ηχητική πηγή S που εκπέμπει συνεχώς ήχο συχνότητας  $f_s$ . Στο σώμα  $m_1$  έχει τοποθετηθεί αβαρής σημειακός δέκτης ηχητικών κυμάτων Δ.

Εκτρέπουμε το σώμα  $m_1$  από τη θέση ισορροπίας, συμπιέζοντας το ελατήριο  $k_1$  κατά  $\Delta\ell = 0,4 \text{ m}$  και το αφήνουμε ελεύθερο. Τη στιγμή που το σώμα  $m_1$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του συγκρούεται πλαστικά με το σώμα  $m_2$ .

- Γ1. Να υπολογίσετε το λόγο της συχνότητας  $f_1$  του ήχου που καταγράφει ο δέκτης λίγο πριν την κρούση προς την αντίστοιχη συχνότητα  $f_2$  που καταγράφει αμέσως μετά την κρούση.
- Γ2. Να δείξετε ότι το συσσωμάτωμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = 2k$  και να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης.
- Γ3. Να υπολογίσετε σε πόσο χρόνο μετά την κρούση ο δέκτης καταγράφει για πρώτη φορά συχνότητα ίση με τη συχνότητα  $f_s$  που εκπέμπει η ηχητική πηγή.
- Γ4. Να υπολογίσετε το μέτρο του μέγιστου ρυθμού μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.

Να θεωρήσετε:

- ότι κατά την κρούση τα δύο σώματα δεν παραμορφώνονται
- θετική κατεύθυνση την κατεύθυνση κίνησης του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση
- αμελητέες τις τριβές, την αντίσταση του αέρα και το χρόνο κρούσης
- ότι ο ηχητικός δέκτης δεν καταστρέφεται κατά την κρούση
- Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα:  $v_{\eta\chi} = 340 \text{ m/s}$

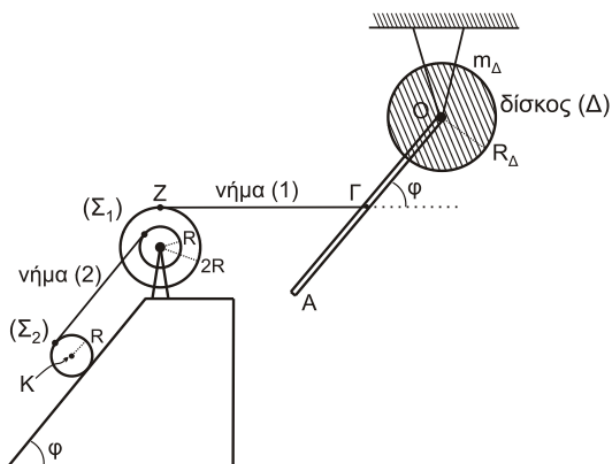
### ΘΕΜΑ Δ

Λεπτή ομογενής ράβδος ΟΑ μήκους  $\ell = 3 \text{ m}$  και μάζας  $M = 8 \text{ kg}$  είναι σταθερά συγκολλημένη με το ένα άκρο της

Ο στο κέντρο ομογενούς δίσκου Δ μάζας  $m_\Delta = 4 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_\Delta = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ m}$ . Το σύστημα των δύο αυτών σωμάτων

(ράβδου-δίσκου) μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές ως ένα σώμα γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο Ο και είναι κάθετος στο επίπεδο του δίσκου.

Το μέσον Γ της ράβδου ΟΑ έχει δεθεί με τη βοήθεια λεπτού οριζόντιου αβαρούς και μη εκτατού νήματος ΖΓ (νήμα (1)) με διπλή τροχαλία  $\Sigma_1$  και η ράβδος σχηματίζει γωνία  $\varphi$  με την προέκταση του οριζόντιου νήματος ΖΓ. Η διπλή τροχαλία αποτελείται από δύο ομογενείς συγκολλημένους ομοαξονικούς δίσκους με ακτίνες  $R$  και  $2R$ , όπου  $R = 0,2 \text{ m}$  και η ροπή αδράνειάς της ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της και είναι κάθετος στο επίπεδό της είναι ίση με  $I_{\text{cm(τροχαλία)}} = 1,95 \text{ kg m}^2$ .



Ένα δεύτερο λεπτό, αβαρές και μη εκτατό νήμα (2), που είναι παράλληλο σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης  $\varphi$ , είναι τυλιγμένο πολλές φορές σε ένα λεπτό αυλάκι του εσωτερικού δίσκου ακτίνας  $R$  της τροχαλίας  $\Sigma_1$  και το άλλο του άκρο είναι τυλιγμένο στην περιφέρεια ενός ομογενούς κυλίνδρου  $\Sigma_2$  μάζας  $m = 30 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R$ , όπως φαίνεται στο σχήμα.

Το σύστημα όλων των σωμάτων του σχήματος ισορροπεί στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο.

**Δ1.** Να υπολογίσετε τη ροπή αδράνειας του συστήματος των δύο σωμάτων ράβδου-δίσκου ως προς τον άξονα περιστροφής  $O$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το νήμα  $Z\Gamma$  που συνδέει τη ράβδο με την τροχαλία κόβεται και ο κύλινδρος αρχίζει να εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του συστήματος των δύο σωμάτων ράβδου-δίσκου ως προς τον άξονα περιστροφής  $O$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .

**Δ3.** Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων ράβδου-δίσκου τη χρονική στιγμή που η ράβδος γίνεται κατακόρυφη για πρώτη φορά μετά το κόψιμο του νήματος.

**Δ4.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του κέντρου μάζας  $K$  του ομογενούς κυλίνδρου καθώς και την ταχύτητα του κέντρου μάζας του κυλίνδρου όταν έχει διανύσει διάστημα  $s = 2 \text{ m}$  στο κεκλιμένο επίπεδο.

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- η ροπή αδράνειας του δίσκου  $\Delta$  ως προς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του είναι ίση με

$$I_{\text{cm}(\Delta)} = \frac{1}{2} m_{\Delta} R_{\Delta}^2$$

- η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της είναι ίση με

$$I_{\text{cm}(\rho)} = \frac{1}{12} M \ell^2.$$

- η ροπή αδράνειας του ομογενούς κυλίνδρου  $\Sigma_2$  ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του είναι

$$\text{ίση με } I_{\text{cm}(\text{κυλίνδρου})} = \frac{1}{2} m R^2.$$

- $\eta\mu\varphi = 0,8$ ,  $\sigma\eta\nu\varphi = 0,6$
- ο άξονας περιστροφής του ομογενούς κυλίνδρου  $\Sigma_2$  παραμένει συνεχώς οριζόντιος σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του
- το κεκλιμένο επίπεδο είναι μεγάλου μήκους
- η τροχαλία περιστρέφεται χωρίς τριβές
- το νήμα δεν ολισθαίνει στον κύλινδρο και στην τροχαλία
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα



**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.** Ταλαντωτής εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση. Η αντιτιθέμενη δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας ( $F = -bu$ ). Η ενέργεια της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι ίση με  $E$  και το πλάτος της ίσο με  $A$ . Αν μετά από χρόνο  $t$  η ενέργεια της ταλάντωσης είναι ίση με  $\frac{E}{4}$  τότε το νέο πλάτος της ταλάντωσης θα είναι ίσο με

- α)  $\frac{A}{4}$                       β)  $\frac{A}{2}$                       γ)  $\frac{3A}{4}$                       δ)  $A$

**A2.** Το οριζόντιο ομογενές στερεό του **Σχήματος 1** είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και μπορεί να περιστραφεί κάθε φορά γύρω από τους κατακόρυφους παράλληλους άξονες  $\epsilon_1$  ή  $\epsilon_2$  ή  $\epsilon_3$  ή  $\epsilon_4$ , με την ίδια σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ .

Το μέτρο της στροφορμής του στερεού έχει τη μεγαλύτερη τιμή του όταν το στερεό σώμα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα

- α)  $\epsilon_1$                       β)  $\epsilon_2$                       γ)  $\epsilon_3$                       δ)  $\epsilon_4$

**A3.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων που εκτελούνται στην ίδια διεύθυνση και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας με εξισώσεις  $x_1 = A\eta\mu 100\pi t$  (S.I.) και  $x_2 = A\eta\mu 104\pi t$  (S.I.) δημιουργούνται διακροτήματα. Η συχνότητα των διακροτημάτων είναι ίση με

- α) 0,5 Hz                      β) 1,0 Hz                      γ) 2,0 Hz                      δ) 4,0 Hz

**A4.** Το **Σχήμα 2** παριστάνει έναν κυλινδρικό σωλήνα μικρής διατομής που βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο. Ο σωλήνας έχει σταθερή διατομή και στο εσωτερικό του ρέει ιδανικό ρευστό με σταθερή παροχή.

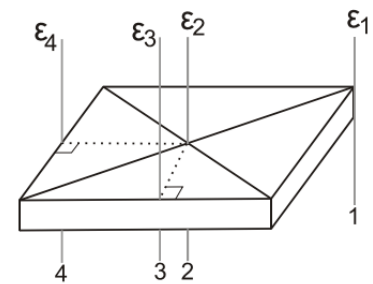
Για τις πιέσεις και τις ταχύτητες στα σημεία  $A$

και  $B$  του σωλήνα ισχύει:

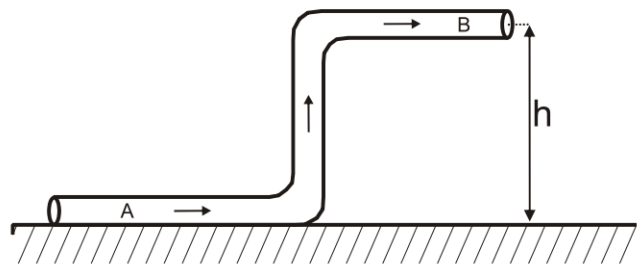
- α)  $p_A = p_B$  και  $u_A = u_B$   
 β)  $p_A > p_B$  και  $u_A > u_B$   
 γ)  $p_A < p_B$  και  $u_A = u_B$   
 δ)  $p_A > p_B$  και  $u_A = u_B$

**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) Σε μια φθίνουσα ταλάντωση η ενέργεια του ταλαντωτή παραμένει σταθερή.  
 β) Σε ένα στάσιμο κύμα όλα τα σημεία του μέσου τα οποία ταλαντώνονται φτάνουν ταυτόχρονα σε θέσεις μέγιστης απομάκρυνσης.  
 γ) Όταν ένας παρατηρητής πλησιάζει με σταθερή ταχύτητα μια ακίνητη ηχητική πηγή, η συχνότητα του ήχου που ακούει είναι συνεχώς μεγαλύτερη από τη συχνότητα που παράγει η πηγή.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

- δ) Αν σε ένα αρχικά ακίνητο ελεύθερο στερεό σώμα ασκηθεί σταθερή δύναμη της οποίας ο φορέας διέρχεται από το κέντρο μάζας του, το σώμα θα περιστραφεί.
- ε) Η ταχύτητα ενός ιδανικού ρευστού που ρέει σε οριζόντιο σωλήνα είναι μεγαλύτερη στις περιοχές όπου οι ρευματικές γραμμές είναι πυκνότερες.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Δύο ιδανικά ελατήρια Α και Β με σταθερές  $k_1$  και  $k_2$  αντίστοιχα κρέμονται από δύο ακλόνητα σημεία (Σχήμα 3). Στα κάτω άκρα των ελατηρίων Α και Β είναι δεμένα και ισοροπούν δύο σώματα Σ<sub>1</sub> μάζας  $m_1$  και Σ<sub>2</sub> μάζας  $m_2$ .

Στην κατάσταση αυτή το ελατήριο Α έχει διπλάσια επιμήκυνση από το ελατήριο Β. Εκτρέπουμε τα σώματα Σ<sub>1</sub> και Σ<sub>2</sub> κατακόρυφα μέχρις ότου τα ελατήρια αποκτήσουν το φυσικό τους μήκος και τα αφήνουμε ελεύθερα. Τα σώματα Σ<sub>1</sub> και Σ<sub>2</sub> εκτελούν απλή αρμονική ταλάντωση με ενέργειες ταλάντωσης  $E_1$  και  $E_2 = 2E_1$  αντίστοιχα.

Ο λόγος των σταθερών  $k_1$  και  $k_2$  των δύο ελατηρίων Α και Β είναι ίσος με:

α)  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{4}$                       β)  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{8}$                       γ)  $\frac{k_1}{k_2} = 8$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Από το εσωτερικό άκρο Α ενός ημισφαιρίου ακτίνας  $R$  (Σχήμα 4) αφήνεται ελεύθερη μάζα  $m_1$  αμελητέων διαστάσεων. Στο κατώτατο σημείο Γ του ημισφαιρίου είναι ακίνητη μια πανομοιότυπη μάζα  $m_2$  ( $m_1 = m_2 = m$ ) αμελητέων διαστάσεων.

Οι τριβές θεωρούνται αμελητέες.

**A.** Η μάζα  $m_1$  συγκρούεται με τη μάζα  $m_2$  κεντρικά και ελαστικά.

Μετά την κρούση η μάζα  $m_2$  θα ανέλθει σε ύψος  $H$  ως προς το κατώτατο σημείο του ημισφαιρίου ίσο με

α)  $\frac{R}{4}$                                       β)  $R$                                       γ)  $\frac{3R}{2}$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

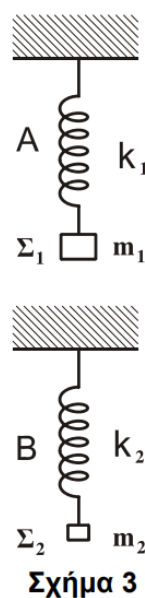
**B.** Η μάζα  $m_1$  συγκρούεται με τη μάζα  $m_2$  μετωπικά και πλαστικά. Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα θα ανέλθει σε ύψος  $h$  ως προς το κατώτατο σημείο του ημισφαιρίου ίσο με

α)  $\frac{R}{4}$                                       β)  $R$                                       γ)  $\frac{3R}{2}$

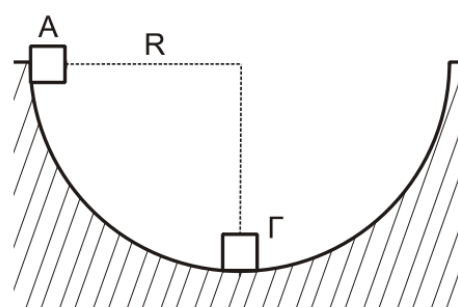
Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Σε ανοιχτό κωνικό δοχείο (Σχήμα 5) που περιέχει ιδανικό ρευστό αφαιρούμε τον πυθμένα με αποτέλεσμα το ρευστό να αρχίσει να ρέει. Κάποια χρονική στιγμή το περιεχόμενο ρευστό στο δοχείο έχει ύψος  $H$ . Η ταχύτητα



Σχήμα 3

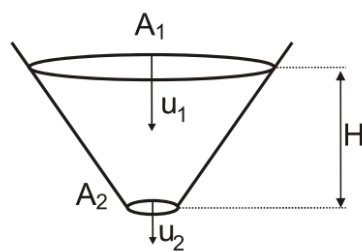


Σχήμα 4

του ρευστού στην επιφάνεια εμβαδού  $A_1$  είναι ίση με  $u_1$  ενώ η αντίστοιχη ταχύτητα του ρευστού στον πυθμένα εμβαδού

$A_2 = \frac{A_1}{6}$  είναι ίση με  $u_2$ . Τότε το ύψος  $H$  ισούται με:

α)  $\frac{11u_1^2}{2g}$       β)  $\frac{35u_1^2}{2g}$       γ)  $\frac{35u_1^2}{g}$



Σχήμα 5

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους εκτείνεται κατά μήκος του ημιάξονα  $Ox$ .

Το άκρο  $O(x=0)$  του ελαστικού μέσου εκτελεί ταυτόχρονα δύο απλές αρμονικές ταλαντώσεις στην ίδια διεύθυνση και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας. Οι δύο ταλαντώσεις του άκρου  $O$  περιγράφονται από τις σχέσεις:

$$y_1 = A\eta\mu\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ (S.I.)} \quad \text{και} \quad y_2 = \sqrt{3}\eta\mu\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (S.I.)}$$

Το άκρο  $O$  του ελαστικού μέσου ξεκινά να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t=0$  και εκτελεί 10 πλήρεις ταλαντώσεις κάθε 2 sec με πλάτος ταλάντωσης  $A=0,05$  m. Η συνησταμένη ταλάντωση του άκρου  $O$  του ελαστικού μέσου δημιουργεί αρμονικό κύμα που διαδίδεται στο ελαστικό μέσο και σε χρόνο  $t_1=0,3$  sec διανύει απόσταση 1,5 m.

- Γ1.** Να δείξετε ότι η εξίσωση απομάκρυνσης  $y$  της απλής αρμονικής ταλάντωσης του άκρου  $O$  σε συνάρτηση με το χρόνο είναι  $y=0,1\eta\mu(10\pi t)$  (S.I.).
- Γ2.** Να γράψετε την εξίσωση του στιγμιότυπου του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + 5\frac{T}{4}$  και να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_2$  σε βαθμολογημένους άξονες.
- Γ3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου  $N$  που βρίσκεται σε απόσταση  $x=1,75$  m από το άκρο  $O$  του ελαστικού μέσου τη χρονική στιγμή που η φάση της ταλάντωσης του άκρου  $O$  είναι ίση με  $3,75\pi$  rad.
- Γ4.** Εάν κατά μήκος της χορδής διαδοθεί ταυτόχρονα με το παραπάνω κύμα ένα κύμα αντίθετης φοράς με τα ίδια χαρακτηριστικά, τότε τα δύο κύματα συμβάλλουν με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση  $x=0$ .

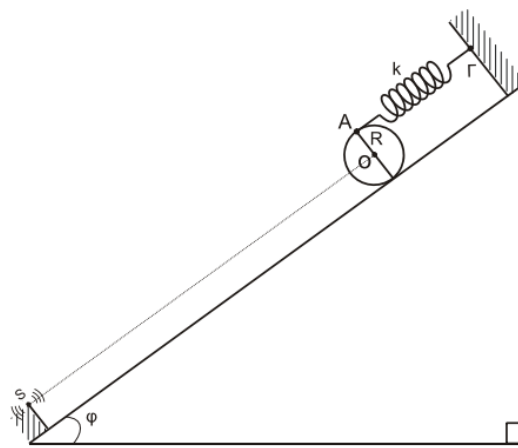
Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος και να βρείτε τη θέση του πέμπτου δεσμού του στάσιμου κύματος.

Δίνονται:  $\eta\mu 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$  και  $\sigma\upsilon\nu 60^\circ = \frac{1}{2}$

## ΘΕΜΑ Δ

Συμπαγής ομογενής κύλινδρος μάζας  $m$  και ακτίνας  $R = 0,1 \text{ m}$  είναι προσδεμένος σε ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$  στο σημείο Α και ισορροπεί πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο μεγάλου μήκους γωνίας κλίσης  $\varphi$  όπως φαίνεται στο **Σχήμα 6**.

Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο ακλόνητα στο σημείο Γ. Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι  $\Delta \ell = 0,06 \text{ m}$ .



Σχήμα 6

**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα του κυλίνδρου.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ο κύλινδρος αποσπάται από το ελατήριο και κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου.

Να υπολογίσετε:

**Δ2.** την επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου,

**Δ3.** το μέτρο της στατικής τριβής που δέχεται ο κύλινδρος από το κεκλιμένο επίπεδο κατά τη διάρκεια της κύλισής του,

**Δ4.** τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ sec}$ .

Έστω ότι στο κέντρο μάζας του κυλίνδρου είναι ενσωματωμένος σημειακός ανιχνευτής ηχητικών κυμάτων, ο οποίος φέρει λαμπάκι. Στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου είναι στερεωμένη πηγή S ηχητικών κυμάτων, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 6**, συχνότητας  $f_s = 1700 \text{ Hz}$ . Το λαμπάκι του ανιχνευτή ανάβει όταν ανιχνεύονται συχνότητες μεταξύ των τιμών  $f_1 = 1750 \text{ Hz}$  και  $f_2 = 1800 \text{ Hz}$ .

**Δ5.** Κατά την κύλιση του κυλίνδρου στο κεκλιμένο επίπεδο να εξετάσετε αν το λαμπάκι θα ανάψει από τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ sec}$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2 = 2 \text{ sec}$ .

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας του κυλίνδρου ως προς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του είναι ίση με  $I_{\text{cm}} = \frac{1}{2} mR^2$
- $\eta\mu\varphi = 0,6$  και  $\sigma\upsilon\nu\varphi = 0,8$
- η ταχύτητα του ήχου στον αέρα ίση με  $u_{\text{ηχ}} = 340 \text{ m/s}$

Να θεωρήσετε ότι:

- ο άξονας περιστροφής του κυλίνδρου παραμένει συνεχώς σε οριζόντια θέση σε όλη τη διάρκεια της κίνησης του
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα
- η ευθεία που ενώνει την πηγή και τον ανιχνευτή είναι παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο.
- η λήψη των ηχητικών κυμάτων από τον ανιχνευτή δεν επηρεάζεται από την κύλιση και το υλικό του κυλίνδρου.

**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.** Ταλαντωτής εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση. Η αντιτιθέμενη δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας ( $F = -bu$ ). Η ενέργεια της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι ίση με  $E$  και το πλάτος της ίσο με  $A$ . Αν μετά από χρόνο  $t$  η ενέργεια της ταλάντωσης είναι ίση με  $\frac{E}{4}$  τότε το νέο πλάτος της ταλάντωσης θα είναι ίσο με

- α)  $\frac{A}{4}$                       β)  $\frac{A}{2}$                       γ)  $\frac{3A}{4}$                       δ)  $A$

**A2.** Το οριζόντιο ομογενές στερεό του **Σχήματος 1** είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και μπορεί να περιστραφεί κάθε φορά γύρω από τους κατακόρυφους παράλληλους άξονες  $\epsilon_1$  ή  $\epsilon_2$  ή  $\epsilon_3$  ή  $\epsilon_4$ , με την ίδια σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ .

Το μέτρο της στροφορμής του στερεού έχει τη μεγαλύτερη τιμή του όταν το στερεό σώμα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα

- α)  $\epsilon_1$                       β)  $\epsilon_2$                       γ)  $\epsilon_3$                       δ)  $\epsilon_4$

**A3.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων που εκτελούνται στην ίδια διεύθυνση και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας με εξισώσεις  $x_1 = A\eta\mu 100\pi t$  (S.I.) και  $x_2 = A\eta\mu 104\pi t$  (S.I.) δημιουργούνται διακροτήματα. Η συχνότητα των διακροτημάτων είναι ίση με

- α) 0,5 Hz                      β) 1,0 Hz                      γ) 2,0 Hz                      δ) 4,0 Hz

**A4.** Το **Σχήμα 2** παριστάνει έναν κυλινδρικό σωλήνα μικρής διατομής που βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο. Ο σωλήνας έχει σταθερή διατομή και στο εσωτερικό του ρέει ιδανικό ρευστό με σταθερή παροχή.

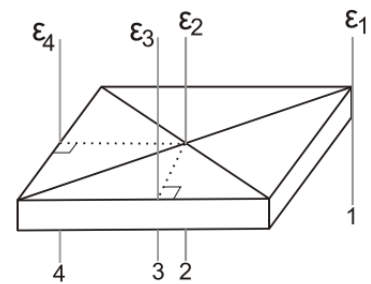
Για τις πιέσεις και τις ταχύτητες στα σημεία  $A$

και  $B$  του σωλήνα ισχύει:

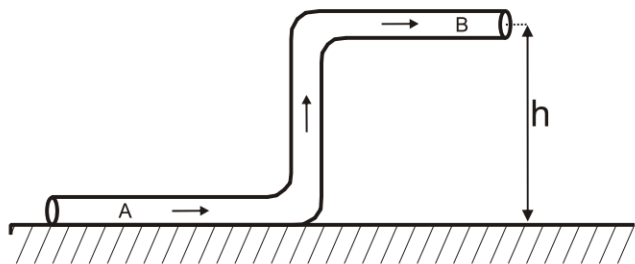
- α)  $p_A = p_B$  και  $u_A = u_B$   
 β)  $p_A > p_B$  και  $u_A > u_B$   
 γ)  $p_A < p_B$  και  $u_A = u_B$   
 δ)  $p_A > p_B$  και  $u_A = u_B$

**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) Σε μια φθίνουσα ταλάντωση η ενέργεια του ταλαντωτή παραμένει σταθερή.  
 β) Σε ένα στάσιμο κύμα όλα τα σημεία του μέσου τα οποία ταλαντώνονται φτάνουν ταυτόχρονα σε θέσεις μέγιστης απομάκρυνσης.  
 γ) Όταν ένας παρατηρητής πλησιάζει με σταθερή ταχύτητα μια ακίνητη ηχητική πηγή, η συχνότητα του ήχου που ακούει είναι συνεχώς μεγαλύτερη από τη συχνότητα που παράγει η πηγή.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

- δ) Αν σε ένα αρχικά ακίνητο ελεύθερο στερεό σώμα ασκηθεί σταθερή δύναμη της οποίας ο φορέας διέρχεται από το κέντρο μάζας του, το σώμα θα περιστραφεί.
- ε) Η ταχύτητα ενός ιδανικού ρευστού που ρέει σε οριζόντιο σωλήνα είναι μεγαλύτερη στις περιοχές όπου οι ρευματικές γραμμές είναι πυκνότερες.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Δύο ιδανικά ελατήρια A και B με σταθερές  $k_1$  και  $k_2$  αντίστοιχα κρέγονται από δύο ακλόνητα σημεία (**Σχήμα 3**). Στα κάτω άκρα των ελατηρίων A και B είναι δεμένα και ισορροπούν δύο σώματα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  και  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ .

Στην κατάσταση αυτή το ελατήριο A έχει διπλάσια επιμήκυνση από το ελατήριο B. Εκτρέπουμε τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  κατακόρυφα μέχρις ότου τα ελατήρια αποκτήσουν το φυσικό τους μήκος και τα αφήνουμε ελεύθερα. Τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  εκτελούν απλή αρμονική ταλάντωση με ενέργειες ταλάντωσης  $E_1$  και  $E_2 = 2E_1$  αντίστοιχα.

Ο λόγος των σταθερών  $k_1$  και  $k_2$  των δύο ελατηρίων A και B είναι ίσος με:

$$\text{α) } \frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{4} \quad \quad \quad \text{β) } \frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{8} \quad \quad \quad \text{γ) } \frac{k_1}{k_2} = 8$$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Από το εσωτερικό άκρο A ενός ημισφαιρίου ακτίνας R (**Σχήμα 4**) αφήνεται ελεύθερη μάζα  $m_1$  αμελητέων διαστάσεων. Στο κατώτατο σημείο Γ του ημισφαιρίου είναι ακίνητη μια πανομοιότυπη μάζα  $m_2$  ( $m_1 = m_2 = m$ ) αμελητέων διαστάσεων. Οι τριβές θεωρούνται αμελητέες.

**A.** Η μάζα  $m_1$  συγκρούεται με τη μάζα  $m_2$  κεντρικά και ελαστικά.

Μετά την κρούση η μάζα  $m_2$  θα ανέλθει σε ύψος H ως προς το κατώτατο σημείο του ημισφαιρίου ίσο με

$$\text{α) } \frac{R}{4} \quad \quad \quad \text{β) } R \quad \quad \quad \text{γ) } \frac{3R}{2}$$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

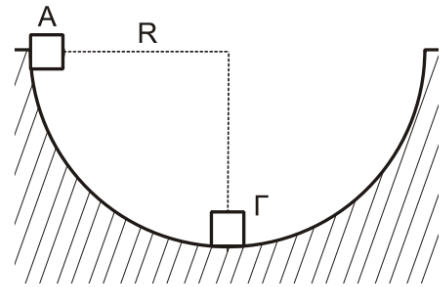
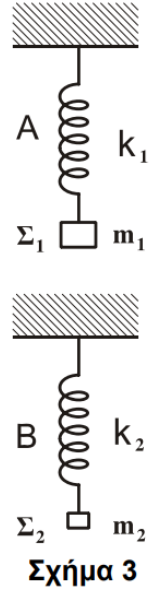
**B.** Η μάζα  $m_1$  συγκρούεται με τη μάζα  $m_2$  μετωπικά και πλαστικά. Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα θα ανέλθει σε ύψος h ως προς το κατώτατο σημείο του ημισφαιρίου ίσο με

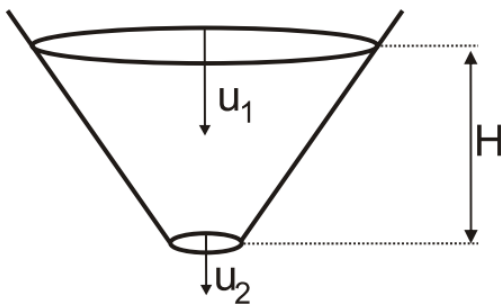
$$\text{α) } \frac{R}{4} \quad \quad \quad \text{β) } R \quad \quad \quad \text{γ) } \frac{3R}{2}$$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Σε ανοιχτό κωνικό δοχείο (**Σχήμα 5**) που περιέχει ιδανικό ρευστό αφαιρούμε τον πυθμένα με αποτέλεσμα το ρευστό να αρχίσει να ρέει. Κάποια χρονική στιγμή το περιεχόμενο ρευστό στο δοχείο έχει ύψος H. Η ταχύτητα του ρευστού στην επιφάνεια είναι ίση με  $u_1$  ενώ η αντίστοιχη ταχύτητα του ρευστού στον πυθμένα είναι ίση με  $u_2$ .





Σχήμα 5

Τότε το ύψος  $H$  ισούται με:

α)  $\frac{u_2^2 - u_1^2}{4g}$

β)  $\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$

γ)  $\frac{u_2^2 - u_1^2}{g}$

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους εκτείνεται κατά μήκος του ημιάξονα  $Ox$ .

Το άκρο  $O$  ( $x = 0$ ) του ελαστικού μέσου εκτελεί ταυτόχρονα δύο απλές αρμονικές ταλαντώσεις στην ίδια διεύθυνση και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας. Οι δύο ταλαντώσεις του άκρου  $O$  περιγράφονται από τις σχέσεις:

$$y_1 = 3A\eta\mu\omega t \text{ (S.I.)} \quad \text{και} \quad y_2 = A\eta\mu(\omega t + \pi) \text{ (S.I.)}$$

Το άκρο  $O$  του ελαστικού μέσου ξεκινά να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και εκτελεί 10 πλήρεις ταλαντώσεις κάθε 2 sec με πλάτος ταλάντωσης  $A = 0,05 \text{ m}$ . Η συνησταμένη ταλάντωση του άκρου  $O$  του ελαστικού μέσου δημιουργεί αρμονικό κύμα που διαδίδεται στο ελαστικό μέσο και σε χρόνο  $t_1 = 0,3 \text{ sec}$  διανύει απόσταση 1,5 m.

Γ1. Να δείξετε ότι η εξίσωση απομάκρυνσης  $y$  της απλής αρμονικής ταλάντωσης του άκρου  $O$  σε συνάρτηση με το χρόνο είναι  $y = 0,1\eta\mu(10\pi t)$  (S.I.).

Γ2. Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος.

Γ3. Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + 5\frac{T}{4}$  σε βαθμολογημένους άξονες.

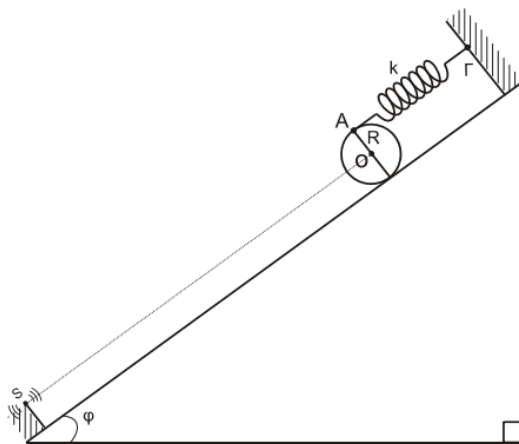
Γ4. Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου  $N$  που βρίσκεται σε απόσταση  $x = 1,75 \text{ m}$  από το άκρο  $O$  του ελαστικού μέσου τη χρονική στιγμή που η φάση της ταλάντωσης του άκρου  $O$  είναι ίση με  $3,75\pi \text{ rad}$ .

$$\Deltaίνονται: \eta\mu 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{και} \quad \text{συν} 60^\circ = \frac{1}{2}$$

### ΘΕΜΑ Δ

Συμπαγής ομογενής κύλινδρος μάζας  $m$  και ακτίνας  $R = 0,1 \text{ m}$  είναι προσδεμένος σε ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$  στο σημείο  $A$  και ισορροπεί πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο μεγάλου μήκους γωνίας κλίσης  $\varphi$  όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.

Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο ακλόνητα στο σημείο Γ. Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι  $\Delta\ell = 0,06 \text{ m}$ .



Σχήμα 6

**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα του κυλίνδρου.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ο κύλινδρος αποσπάται από το ελατήριο και κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου.

Να υπολογίσετε:

- Δ2.** την επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου,
- Δ3.** το μέτρο της στατικής τριβής που δέχεται ο κύλινδρος από το κεκλιμένο επίπεδο κατά τη διάρκεια της κύλισής του,
- Δ4.** τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ sec}$ .

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας του κυλίνδρου ως προς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του είναι ίση με  $I_{\text{cm}} = \frac{1}{2}mR^2$
- $\eta\mu\phi = 0,6$  και  $\sigma\upsilon\nu\phi = 0,8$

Να θεωρήσετε ότι:

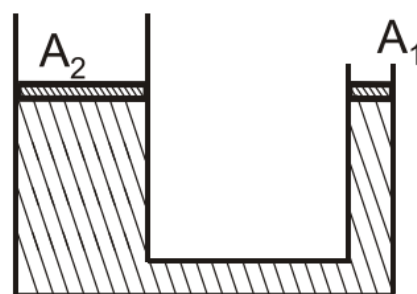
- ο άξονας περιστροφής του κυλίνδρου παραμένει συνεχώς σε οριζόντια θέση σε όλη τη διάρκεια της κίνησης του
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα



**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.** Δύο σύγχρονες πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού αρμονικά κύματα ίδιου πλάτους  $A$  και ίδιας συχνότητας  $f$ , τα οποία συμβάλλουν. Τα σημεία της επιφάνειας του υγρού στα οποία έχουν φτάσει και τα δύο κύματα
- α) ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα και διαφορετικά πλάτη με τιμές που κυμαίνονται από  $0$  έως  $A$ .
  - β) ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα και διαφορετικά πλάτη με τιμές που κυμαίνονται από  $0$  έως  $2A$ .
  - γ) ταλαντώνονται με διαφορετικές συχνότητες και διαφορετικά πλάτη.
  - δ) ταλαντώνονται με διαφορετικές συχνότητες και ίδιο πλάτος.
- A2.** Κατά μήκος δύο όμοιων ομογενών και ελαστικών χορδών (1) και (2) διαδίδονται δύο εγκάρσια αρμονικά κύματα με την ίδια ταχύτητα. Το κύμα στην χορδή (1) έχει διπλάσια συχνότητα και το μισό πλάτος από αυτό στη χορδή (2). Τότε
- α) το μήκος κύματος στη χορδή (1) είναι ίσο με το μήκος κύματος στη χορδή (2).
  - β) το μήκος κύματος στη χορδή (1) είναι διπλάσιο από το μήκος κύματος στη χορδή (2).
  - γ) η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής (1) είναι ίση με τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής (2).
  - δ) η μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής (1) είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτάχυνση ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής (2).
- A3.** Ένα σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση με δύναμη αντίστασης στην κίνηση της μορφής  $F = -bu$ , όπου  $u$  η ταχύτητα ταλάντωσης του σώματος. Η σταθερά απόσβεσης  $b$  στο διεθνές σύστημα μονάδων μέτρησης (S.I.) μετριέται σε
- α)  $\text{kg/s}$ .
  - β)  $\text{kg/s}^2$ .
  - γ)  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ .
  - δ)  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ .
- A4.** Ένας υδραυλικός ανυψωτήρας της μορφής του **Σχήματος 1** έχει δύο αβαρή έμβολα που μπορούν να κινούνται χωρίς τριβές και περιέχει ιδανικό ασυμπίεστο υγρό. Το μικρό έμβολο έχει εμβαδόν εγκάρσιας διατομής  $A_1$  και το μεγάλο έμβολο έχει εμβαδόν εγκάρσιας διατομής  $A_2 = 3 \cdot A_1$ . Αρχικά τα έμβολα βρίσκονται ακίνητα στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Ασκούμε δύναμη στο μικρό έμβολο και τη στιγμή που αυτό έχει κατέβει κατά  $d_1$ , το μεγάλο έμβολο έχει ανεβεί κατά  $d_2$ . Για τις αποστάσεις  $d_1$  και  $d_2$  ισχύει ότι:
- α)  $d_1 = 1,5d_2$ .
  - β)  $d_1 = 2d_2$ .
  - γ)  $d_1 = 3d_2$ .
  - δ)  $d_1 = 4d_2$ .

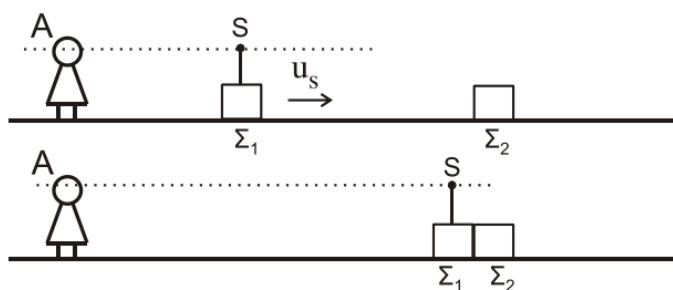


**Σχήμα 1**

- 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)** Μικρή σφαίρα μάζας  $m$  κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο και σε διεύθυνση κάθετη σε κατακόρυφο τοίχο και συγκρούεται ελαστικά με αυτόν. Αν το μέτρο της ορμής της σφαίρας ακριβώς πριν την κρούση είναι ίσο με  $p$ , τότε το μέτρο της μεταβολής της ορμής της σφαίρας λόγω της κρούσης με τον τοίχο είναι ίσο με το μηδέν.
- β)** Από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας διεύθυνσης που γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο με το ίδιο πλάτος και με συχνότητες που διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους, προκύπτει περιοδική κίνηση που παρουσιάζει διακροτήματα.
- γ)** Όταν ρέει ιδανικό ρευστό με σταθερή παροχή σε οριζόντιο κυλινδρικό σωλήνα μεταβλητής διατομής, στις περιοχές στις οποίες το εμβαδόν της εγκάρσιας διατομής αυξάνεται, η πίεση μειώνεται.
- δ)** Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση το πλάτος της ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα του διεγέρτη και τη σταθερά απόσβεσης  $b$ .
- ε)** Όταν σε ένα αρχικά ακίνητο και ελεύθερο στερεό σώμα ασκηθεί δύναμη που ο φορέας της διέρχεται από το κέντρο μάζας του στερεού, τότε το στερεό σώμα δεν περιστρέφεται.

### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Παρατηρητής A είναι ακίνητος σε μικρή απόσταση από σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m$  που κινείται με ταχύτητα  $u_s = \frac{u_H}{20}$  (όπου  $u$  η ταχύτητα του ήχου στον ακίνητο αέρα) και απομακρύνεται απ' αυτόν. Ο παρατηρητής και η πηγή βρίσκονται στην ίδια οριζόντια διεύθυνση όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**.



Σχήμα 2

Το σώμα  $\Sigma_1$  φέρει πηγή που εκπέμπει ήχο συχνότητας  $f_s$ . Όσο η πηγή απομακρύνεται από τον παρατηρητή, αυτός αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_1$ . Κατά την κίνησή του το σώμα  $\Sigma_1$  συγκρούεται πλαστικά με ίδιο σώμα  $\Sigma_2$  που είναι ακίνητο. Κατά την κρούση, που είναι ακαριαία, η πηγή δεν καταστρέφεται και το συσσωμάτωμα συνεχίζει να κινείται προς την ίδια κατεύθυνση.

Ο παρατηρητής μετά την κρούση αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_2$ .

Ο λόγος των συχνοτήτων  $f_1$  και  $f_2$  που ακούει ο παρατηρητής είναι ίσος με

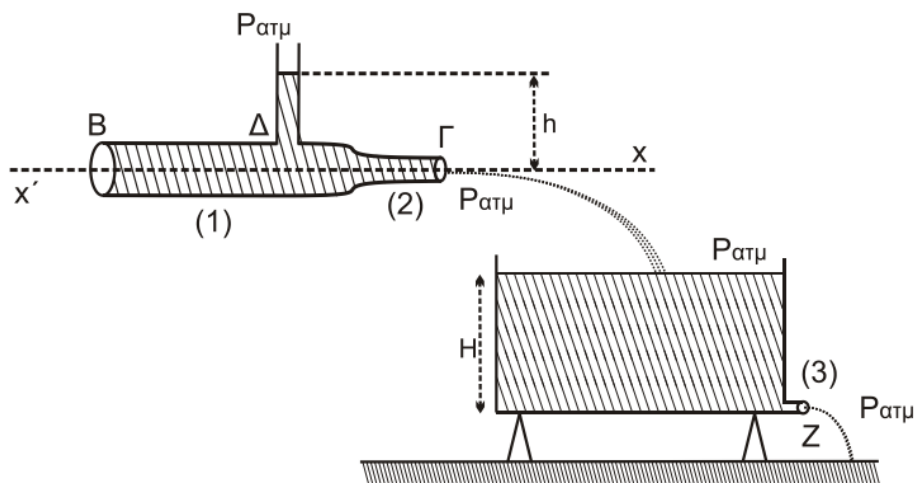
i.  $\frac{39}{42}$

ii.  $\frac{41}{42}$

iii.  $\frac{38}{39}$

- α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Στον οριζόντιο κυλινδρικό σωλήνα ΒΓ μεταβλητής διατομής του **Σχήματος 3**, ρέει με σταθερή παροχή νερό, το οποίο θεωρείται ιδανικό ρευστό με φορά από το Β προς το Γ. Για τα εμβαδά των εγκαρσίων διατομών των περιοχών (1) και (2), αντίστοιχα, ισχύει  $A_1 = 2A_2$ . Σε σημείο Δ της περιοχής (1) έχουμε προσαρμόσει ένα λεπτό κατακόρυφο σωλήνα, στον οποίο η ελεύθερη επιφάνεια του νερού βρίσκεται σε ύψος  $h$  από την οριζόντια διεύθυνση  $x'x$ . Το νερό που εξέρχεται από το στόμιο Γ του σωλήνα χύνεται σε δοχείο μεγάλου όγκου που είναι στερεωμένο σε οριζόντιο έδαφος. Στη βάση του δοχείου στη θέση (3) υπάρχει μικρή οπή Ζ με εμβαδόν διατομής  $A_3 = \frac{A_2}{2}$ . Λόγω της εξόδου του νερού από την οπή Ζ το δοχείο δεν μπορεί να γεμίσει και η ελεύθερη επιφάνεια του νερού σταθεροποιείται σε ύψος  $H$  (**Σχήμα 3**).



**Σχήμα 3**

Ο λόγος του ύψους  $h$  του νερού στον κατακόρυφο σωλήνα προς το ύψος  $H$  του νερού στο δοχείο είναι ίσος με

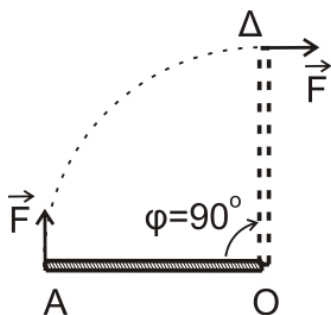
i.  $\frac{3}{4}$

ii.  $\frac{3}{8}$

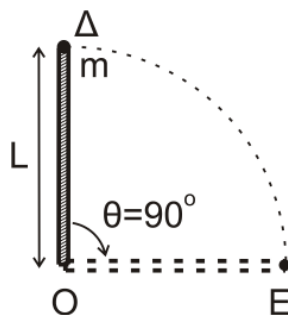
iii.  $\frac{3}{16}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
 β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Λεπτή ισοπαχής ομογενής ράβδος μήκους  $L$  και μάζας  $M$  μπορεί να περιστρέφεται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο χωρίς τριβές γύρω από κατακόρυφο άξονα που περνά από το άκρο της  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδο.



**Σχήμα 4**



**Σχήμα 5**

Η αρχικά ακίνητη ράβδος στη θέση (OA), υπό την επίδραση δύναμης  $\vec{F}$  σταθερού μέτρου, που ασκείται συνεχώς κάθετα στο άκρο της αρχίζει να κινείται (**Σχήμα 4**).

Όταν η ράβδος έχει διαγράψει γωνία  $\varphi = 90^\circ$  και φτάσει στη θέση (ΟΔ), η δύναμη παύει ακαριαία να ασκείται και ταυτόχρονα συγκρούεται πλαστικά με ένα σώμα μικρών διαστάσεων μάζας  $m$  που ενσωματώνεται ακαριαία στο άκρο της Δ (Σχήμα 5).

Ο χρόνος  $t$  που θα χρειαστεί η ράβδος με το σώμα μάζας  $m$  για να διαγράψει τη γωνία  $\theta = 90^\circ$  από την θέση (ΟΔ) έως τη θέση (ΟΕ) είναι ίσος με

i.  $\frac{1}{6}$  s

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

iii.  $\frac{4}{3}$  s

Δίνονται:

- η ροπή αδράνειας της λεπτής ομογενούς ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής είναι ίση με

$$I_{(\text{ράβδου})} = \frac{1}{3} ML^2$$

- $M = 3$  kg,  $m = 1$  kg,  $L = 1$  m,  $F = 9\pi$  N

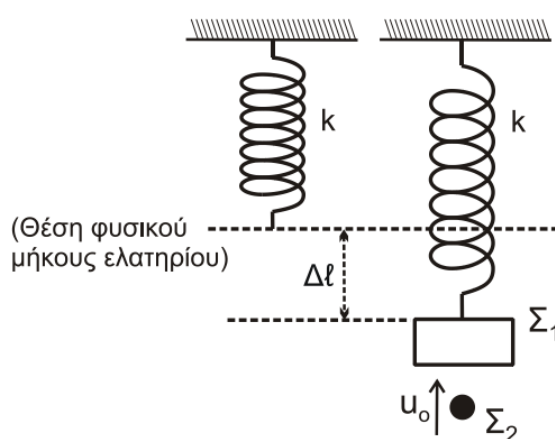
- Όπου εμφανίζεται το  $\pi$ , να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση.

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Ένα κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k$  έχει το πάνω άκρο του στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο. Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου αναρτάται σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1$  kg και, όταν το σώμα ισορροπεί, η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ίση με  $\Delta l = 0,05$  m.



Δεύτερο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1$  kg κινούμενο κατακόρυφα προς τα πάνω συγκρούεται πλαστικά με ταχύτητα μέτρου  $u_0$  με το σώμα  $\Sigma_1$  (Σχήμα 6). Η διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα και το συσσωμάτωμα, που προκύπτει από την κρούση, εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς της ταλάντωσης  $D = k$  και φτάνει μέχρι τη θέση στην οποία το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος.

Γ1. Να υπολογίσετε τη σταθερά  $k$  του ελατηρίου και το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα.

Γ2. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του σώματος  $\Sigma_2$  πριν την κρούση.

Γ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_2$  κατά την κρούση και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.

Γ4. Αν  $t_0 = 0$  η χρονική στιγμή της κρούσης, να γράψετε τη σχέση που δίνει την απομάκρυνση του συσσωματώματος από την θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Να θεωρήσετε:

- θετική κατεύθυνση την κατεύθυνση κίνησης του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση
- ότι κατά την κρούση δεν έχουμε απώλεια μάζας
- ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα

Δίνονται:

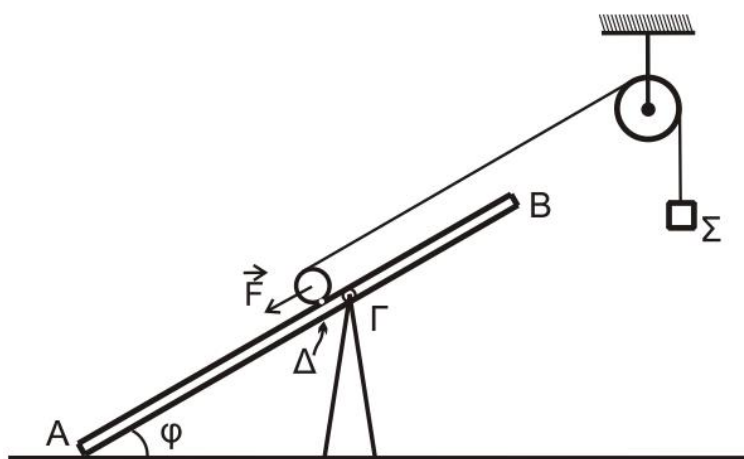
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- $\eta\mu \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$ ,  $\eta\mu \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,  $\eta\mu \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

### ΘΕΜΑ Δ

Ομογενής, άκαμπτη και μικρού πάχους σανίδα AB μάζας  $M = 2 \text{ kg}$  και μήκους  $\ell = 4 \text{ m}$  ισορροπεί σε πλάγια θέση με τη βοήθεια υποστηρίγματος, το οποίο έχουμε στερεώσει σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Η σανίδα ακουμπά με το άκρο της A στο λείο δάπεδο σχηματίζοντας γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με αυτό.

Η σανίδα συνδέεται με την κορυφή του υποστηρίγματος με άρθρωση σε σημείο της Γ, το οποίο απέχει από το άκρο της B απόσταση  $(B\Gamma) = 1,5 \text{ m}$ . Η σανίδα μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το σημείο Γ (κάθετος στο επίπεδο του σχήματος).

Ομογενής κύλινδρος μάζας  $M_K = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_K$  βρίσκεται σε επαφή με τη σανίδα στο σημείο Δ, το οποίο απέχει από το Γ απόσταση  $(\Gamma\Delta) = 0,2 \text{ m}$ . Στο μέσο της επιφάνειας του κυλίνδρου, που φέρει ένα λεπτό αυλάκι, έχουμε τυλίξει πολλές φορές λεπτό, αβαρές και μη εκτατό νήμα, στο άλλο άκρο του οποίου έχουμε δέσει σώμα Σ μικρών διαστάσεων μάζας  $M_\Sigma = 2 \text{ kg}$ .



Σχήμα 7

Το νήμα περνάει από το αυλάκι ομογενούς τροχαλίας μάζας  $M_T = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_T$ , την οποία έχουμε στερεώσει σε ακλόνητο σημείο. Η τροχαλία μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της και είναι κάθετος στο επίπεδο της τροχαλίας.

Το τμήμα του νήματος που συνδέει τον κύλινδρο με την τροχαλία έχει διεύθυνση παράλληλη με τη σανίδα.

Αρχικά ασκούμε δύναμη  $\vec{F}$  στο κέντρο μάζας του κυλίνδρου με διεύθυνση παράλληλη προς την διεύθυνση AB, ώστε το σύστημα κύλινδρος-τροχαλία-σώμα να ισορροπεί, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 7**.

**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  καταργούμε ακαριαία τη δύναμη και το σώμα  $\Sigma$  αρχίζει να κατέρχεται κατακόρυφα, ενώ ο κύλινδρος αρχίζει να ανέρχεται στη σανίδα εκτελώντας κύλιση χωρίς ολίσθηση και το νήμα δεν ολισθαίνει στο αυλάκι της τροχαλίας.

**Δ2.** Να αποδείξετε ότι το μέτρο της επιτάχυνσης με την οποία κατέρχεται το σώμα  $\Sigma$  είναι ίσο με  $4 \text{ m/s}^2$  και να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του κυλίνδρου.

Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,5 \text{ s}$  κόβουμε ακαριαία το νήμα στο σημείο που εφάπτεται με τον κύλινδρο και στο σημείο πρόσδεσης με το σώμα  $\Sigma$ . Μετά το κόψιμο του νήματος, αυτό δεν εμποδίζει την κίνηση του κυλίνδρου και του σώματος. Ο κύλινδρος συνεχίζει την κίνησή του εκτελώντας κύλιση χωρίς ολίσθηση.

**Δ3.** Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία ο κύλινδρος σταματά στιγμιαία να κινείται πάνω στη σανίδα.

**Δ4.** Να υπολογίσετε το συνολικό διάστημα που διάνυσε ο κύλινδρος από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

**Δ5.** Να δείξετε ότι κατά τη διάρκεια της ανόδου του κυλίνδρου πάνω στη σανίδα, από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$ , που ο κύλινδρος σταματά στιγμιαία, η σανίδα δεν ανατρέπεται.

Δίνονται:

- $\eta\mu\phi = 0,5$
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- η ροπή αδράνειας ομογενούς κυλίνδρου ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του είναι ίση με 
$$I_{\text{cm(κύλινδρου)}} = \frac{1}{2} M_K R_K^2$$
- η ροπή αδράνειας της ομογενούς τροχαλίας ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της είναι ίση με 
$$I_{\text{cm(τροχαλίας)}} = \frac{1}{2} M_T R_T^2$$
- ο άξονας περιστροφής του ομογενούς κυλίνδρου παραμένει συνεχώς οριζόντιος σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα
- ο χαρακτηρισμός λεπτό νήμα αφορά νήμα αμελητέου πάχους.

**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.** Μία από τις μονάδες μέτρησης της στροφορμής των στοιχειωδών σωματιδίων στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) είναι

- α)  $J \cdot s^2$
- β)  $J \cdot s$
- γ)  $kg \cdot m^2 / s^2$
- δ)  $kg \cdot m / s^2$

**A2.** Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα ανοιχτού δοχείου το οποίο περιέχει υγρό σε ισορροπία και βρίσκεται στην επιφάνεια της γης

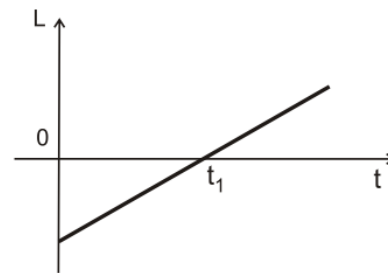
- α) οφείλεται μόνο στο βάρος του υγρού που περιέχει το δοχείο.
- β) εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση και το βάρος του υγρού που περιέχει το δοχείο.
- γ) είναι ανεξάρτητη της πυκνότητας του υγρού.
- δ) είναι πάντα κάθετη στον πυθμένα του δοχείου.

**A3.** Οριζόντιος δίσκος στρέφεται γύρω από κατακόρυφο σταθερό άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του και είναι κάθετος σε αυτόν.

Η στροφορμή  $L$  του δίσκου μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**.

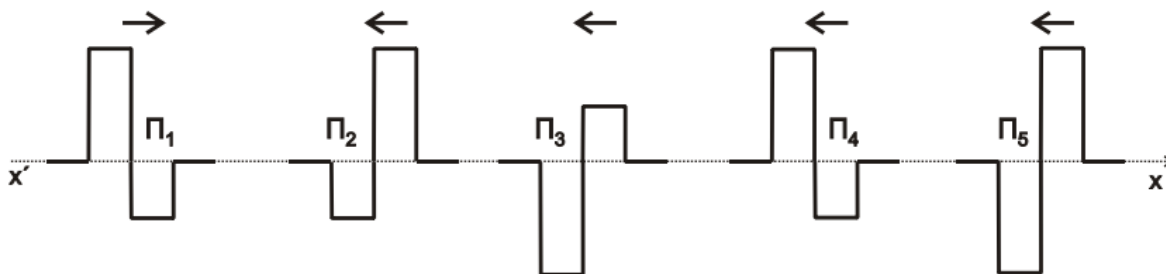
Η συνισταμένη των ροπών των δυνάμεων που ασκούνται στο δίσκο

- α) είναι σταθερή και ίση με το μηδέν.
- β) είναι μηδέν τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- γ) αυξάνεται με το χρόνο.
- δ) είναι σταθερή και διάφορη του μηδενός.



Σχήμα 1

**A4.** Στο ίδιο υλικό διαδίδονται ο κυματικός παλμός  $\Pi_1$  κατά τη θετική κατεύθυνση  $x'x$  και οι κυματικοί παλμοί  $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$  κατά την αρνητική κατεύθυνση  $x'x$ , όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**.



Σχήμα 2

Για να έχουμε απόσβεση ο παλμός  $\Pi_1$  πρέπει να συναντηθεί με τον παλμό

- α)  $\Pi_2$
- β)  $\Pi_3$
- γ)  $\Pi_4$
- δ)  $\Pi_5$

- 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)** Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις, όταν το ταλαντούμενο σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση συντονισμού, το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης.
  - β)** Όταν ένα ποδήλατο κινείται προς το νότο η στροφορμή των τροχών του, ως προς τον άξονα περιστροφής τους, είναι ένα διάνυσμα με κατεύθυνση προς τη δύση.
  - γ)** Ένα ασυμπίεστο ρευστό, που παρουσιάζει εσωτερικές τριβές και τριβές με τα τοιχώματα του σωλήνα μέσα στον οποίο ρέει, χαρακτηρίζεται ως ιδανικό.
  - δ)** Στην κεντρική ελαστική κρούση δύο σωμάτων η μεταβολή της ορμής του ενός σώματος είναι πάντα αντίθετη από την μεταβολή της ορμής του άλλου σώματος.
  - ε)** Με το σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων (αμορτισέρ), επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απόσβεσης των ταλαντώσεων.

### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Ένα σώμα εκτελεί σύνθετη ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, ίδιας διεύθυνσης, που γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο με το ίδιο πλάτος ταλάντωσης και γωνιακές συχνότητες που διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους. Οι εξισώσεις των δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων είναι της μορφής  $x_1 = A \cdot \eta\mu(399\pi t)$  (S.I.) και  $x_2 = A \cdot \eta\mu(401\pi t)$  (S.I.).

Ο αριθμός των ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα στο χρονικό διάστημα μεταξύ τριών διαδοχικών μηδενισμών του πλάτους είναι ίσος με

- i.** 400
- ii.** 600
- iii.** 800

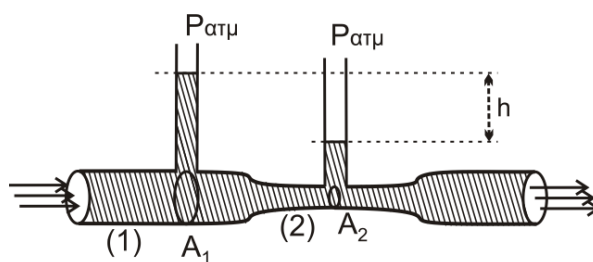
**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Ο σωλήνας στο ροόμετρο Venturi είναι οριζόντιος και διαρρέεται από ιδανικό ρευστό, όπως φαίνεται στο **σχήμα 3**.

Η εγκάρσια διατομή στην περιοχή (1) έχει εμβαδόν  $A_1$  και η αντίστοιχη στην περιοχή (2) έχει εμβαδόν

$$A_2 \text{ με } \frac{A_1}{A_2} = 2.$$



**Σχήμα 3**

Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$  και η υψομετρική διαφορά της στάθμης του υγρού που περιέχεται στους κατακόρυφους λεπτούς ανοιχτούς σωλήνες είναι ίση με  $h$ .

Διπλασιάζουμε την ταχύτητα ροής του ιδανικού ρευστού στην περιοχή (1). Η υψομετρική διαφορά της στάθμης του υγρού στους κατακόρυφους λεπτούς ανοιχτούς σωλήνες γίνεται ίση με

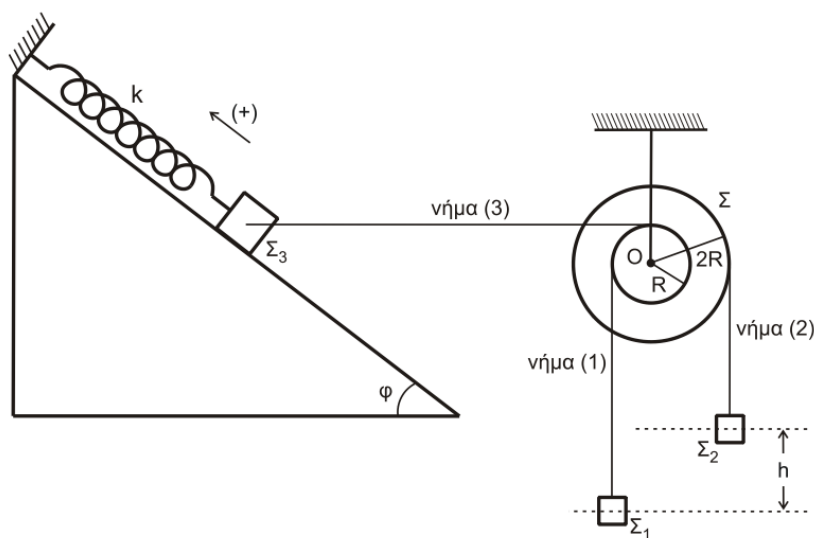
- i.**  $\frac{1}{2}h$
- ii.**  $2h$
- iii.**  $4h$

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.







Σχήμα 5

Στην κορυφή λείου κεκλιμένου επιπέδου μεγάλου μήκους γωνία  $\varsigma$  κλίσης  $\varphi$ , όπου  $\eta\mu\varphi = 0,8$  και  $\sigma\upsilon\eta\varphi = 0,6$  στερεώνεται ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 300 \text{ N/m}$  στο άλλο άκρο του οποίου στερεώνεται σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = 3 \text{ kg}$ . Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο.

Το σώμα  $\Sigma_3$  συνδέεται με τον κύλινδρο ακτίνας  $R$  με τη βοήθεια οριζόντιου αβαρούς και μη εκτατού νήματος (3), όπως φαίνεται στο **σχήμα 5**.

Το σύστημα των σωμάτων αρχικά ισορροπεί και τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  απέχουν κατακόρυφα μεταξύ τους απόσταση  $h = 0,48 \text{ m}$ .

**Δ1.** Να υπολογίσετε την επιμήκυνση του ελατηρίου από τη θέση του φυσικού του μήκους.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε το νήμα (3). Το σώμα  $\Sigma_3$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$  και θετική φορά προς τα πάνω, όπως φαίνεται στο **σχήμα 5** και το στερεό σώμα  $\Sigma$  αρχίζει να περιστρέφεται γύρω από το σταθερό οριζόντιο άξονά του.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_3$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = \frac{\pi}{15} \text{ s}$ .

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του στερεού σώματος  $\Sigma$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής του στερεού σώματος  $\Sigma$  ως προς τον άξονα περιστροφής του τη χρονική στιγμή που τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  διέρχονται από το ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

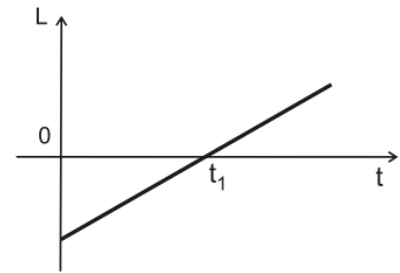
**Δ5.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της κινητικής ενέργειας του στερεού σώματος  $\Sigma$  τη χρονική στιγμή που το σώμα  $\Sigma$  έχει διαγράψει  $N = \frac{20}{\pi}$  περιστροφές.

- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Να θεωρήσετε ότι τα μήκη των νημάτων (1) και (2) είναι πολύ μεγάλα ώστε τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  να μη συγκρούονται με το στερεό  $\Sigma$ , κατά τη διάρκεια της κίνησής τους.
- Να θεωρήσετε ότι τα σώματα  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  είναι πολύ μικρών διαστάσεων.
- Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.
- Να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση του αριθμού  $\pi$ .

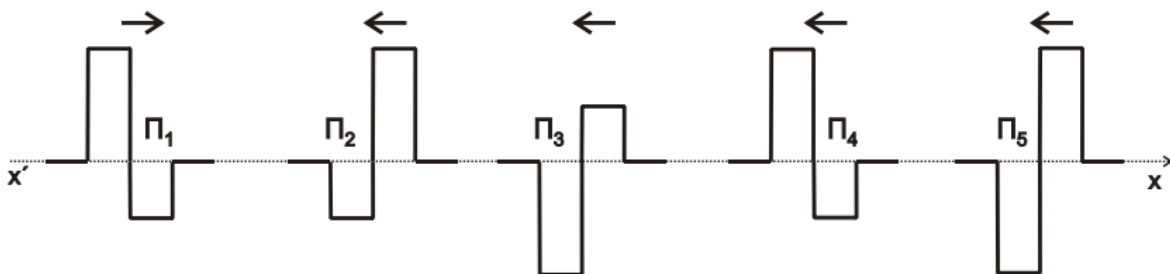
**ΘΕΜΑ Α**

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.** Μία από τις μονάδες μέτρησης της στροφορμής των στοιχειωδών σωματιδίων στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) είναι
- $J \cdot s^2$
  - $J \cdot s$
  - $kg \cdot m^2 / s^2$
  - $kg \cdot m / s^2$
- A2.** Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα ανοιχτού δοχείου το οποίο περιέχει υγρό σε ισορροπία και βρίσκεται στην επιφάνεια της γης
- οφείλεται μόνο στο βάρος του υγρού που περιέχει το δοχείο.
  - εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση και το βάρος του υγρού που περιέχει το δοχείο.
  - είναι ανεξάρτητη της πυκνότητας του υγρού.
  - είναι πάντα κάθετη στον πυθμένα του δοχείου.
- A3.** Οριζόντιος δίσκος στρέφεται γύρω από κατακόρυφο σταθερό άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του και είναι κάθετος σε αυτόν. Η στροφορμή  $L$  του δίσκου μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**.
- Η συνισταμένη των ροπών των δυνάμεων που ασκούνται στο δίσκο
- είναι σταθερή και ίση με το μηδέν.
  - είναι μηδέν τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
  - αυξάνεται με το χρόνο.
  - είναι σταθερή και διάφορη του μηδενός.
- A4.** Στο ίδιο υλικό διαδίδονται ο κυματικός παλμός  $\Pi_1$  κατά τη θετική κατεύθυνση  $x'x$  και οι κυματικοί παλμοί  $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$  κατά την αρνητική κατεύθυνση  $x'x$ , όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Για να έχουμε απόσβεση ο παλμός  $\Pi_1$  πρέπει να συναντηθεί με τον παλμό

- $\Pi_2$
- $\Pi_3$
- $\Pi_4$
- $\Pi_5$

- 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.
- Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις, όταν το ταλαντούμενο σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση συντονισμού, το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης.
  - Όταν ένα ποδήλατο κινείται προς το νότο η στροφορμή των τροχών του, ως προς τον άξονα περιστροφής τους, είναι ένα διάνυσμα με κατεύθυνση προς τη δύση.
  - Ένα ασυμπίεστο ρευστό, που παρουσιάζει εσωτερικές τριβές και τριβές με τα τοιχώματα του σωλήνα μέσα στον οποίο ρέει, χαρακτηρίζεται ως ιδανικό.
  - Στην κεντρική ελαστική κρούση δύο σωμάτων η μεταβολή της ορμής του ενός σώματος είναι πάντα αντίθετη από την μεταβολή της ορμής του άλλου σώματος.
  - Με το σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων (αμορτισέρ), επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απόσβεσης των ταλαντώσεων.

### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Ένα σώμα εκτελεί σύνθετη ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, ίδιας διεύθυνσης, που γίνονται γύρω από το ίδιο σημείο με το ίδιο πλάτος ταλάντωσης και γωνιακές συχνότητες που διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους. Οι εξισώσεις των δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων είναι της μορφής  $x_1 = A \cdot \eta\mu(399\pi t)$  (S.I.) και  $x_2 = A \cdot \eta\mu(401\pi t)$  (S.I.).

Ο αριθμός των ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα στο χρονικό διάστημα μεταξύ τριών διαδοχικών μηδενισμών του πλάτους είναι ίσος με

- i. 400                                      ii. 600                                      iii. 800

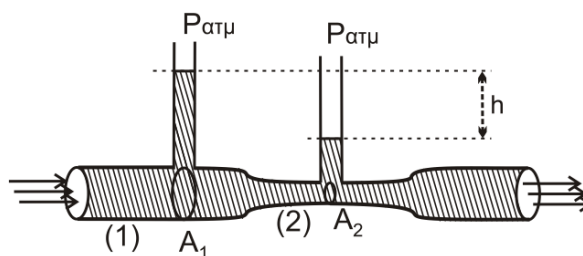
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Ο σωλήνας στο ροόμετρο Venturi είναι οριζόντιος και διαρρέεται από ιδανικό ρευστό, όπως φαίνεται στο **σχήμα 3**.

Η εγκάρσια διατομή στην περιοχή (1) έχει εμβαδόν  $A_1$  και η αντίστοιχη στην περιοχή (2) έχει εμβαδόν  $A_2$

με  $\frac{A_1}{A_2} = 2$ .



Σχήμα 3

Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$  και η υψομετρική διαφορά της στάθμης του υγρού που περιέχεται στους κατακόρυφους λεπτούς ανοιχτούς σωλήνες είναι ίση με  $h$ .

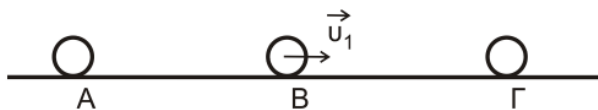
Διπλασιάζουμε την ταχύτητα ροής του ιδανικού ρευστού στην περιοχή (1). Η υψομετρική διαφορά της στάθμης του υγρού στους κατακόρυφους λεπτούς ανοιχτούς σωλήνες γίνεται ίση με

- i.  $\frac{1}{2}h$                                       ii.  $2h$                                       iii.  $4h$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Τρεις σφαίρες Α, Β, Γ ίδιων διαστάσεων με μάζες  $m_A = 2m$ ,  $m_B = m$ , και  $m_\Gamma = 2m$ , αντίστοιχα, βρίσκονται ακίνητες πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο, με τα κέντρα τους στην ίδια ευθεία, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**.



Σχήμα 4

Η σφαίρα Β έχει τεθεί από εξωτερικό αίτιο σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα  $u_1$  προς τα δεξιά χωρίς να περιστρέφεται. Η σφαίρα Β, αφού συγκρουστεί με τη σφαίρα Γ στη συνέχεια συγκρούεται με τη σφαίρα Α. Αν όλες οι κρούσεις είναι κεντρικές και ελαστικές ο λόγος της τελικής προς την αρχική κινητική ενέργεια της σφαίρας Β είναι

i.  $\frac{1}{81}$

ii. 81

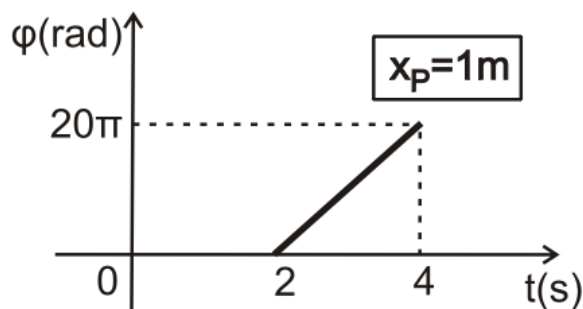
iii.  $\frac{4}{81}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Γραμμικό ομογενές ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους εκτείνεται κατά μήκος του θετικού ημιάξονα Οx. Στο σημείο Ο (στη θέση  $x = 0$ ) είναι τοποθετημένη σημειακή πηγή που εκτελεί αρμονική ταλάντωση με εξίσωση απομάκρυνσης της μορφής  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$ , με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα εγκάρσιο αρμονικό κύμα, το οποίο διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα Οx. Η γραφική παράσταση της φάσης  $\varphi$  σε συνάρτηση με το χρόνο  $t$ , για ένα σημείο Ρ του ελαστικού μέσου, το οποίο βρίσκεται στη θέση  $x_P = 1$  m, δίνεται από το **σχήμα 5**.



Σχήμα 5

Η ενέργεια ταλάντωσης μιας στοιχειώδους μάζας  $\Delta m = 2 \cdot 10^{-6}$  kg του ελαστικού μέσου είναι ίση με  $16\pi^2 \cdot 10^{-8}$  J.

**Γ1.** Να υπολογίσετε το πλάτος ταλάντωσης Α της πηγής του κύματος.

**Γ2.** Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.).

Ένα σημείο Σ του ελαστικού μέσου βρίσκεται στη θέση  $x_\Sigma = 1,15$  m.

**Γ3.** Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου Σ με το χρόνο, από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2,7$  s και να την σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες.

**Γ4.** Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες την εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου Σ με το χρόνο, από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2,7$  s.

- Να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση του αριθμού  $\pi$ .

**ΘΕΜΑ Δ**

Στερεό σώμα  $\Sigma$  μάζας  $M=1,5\text{ kg}$  αποτελείται από δύο κολλημένους ομοαξονικούς κυλίνδρους με ακτίνες  $R$  και  $2R$  αντίστοιχα, όπου  $R=0,1\text{ m}$  όπως φαίνεται στο **σχήμα 6**. Το στερεό  $\Sigma$  μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που συμπίπτει με τον άξονα συμμετρίας του.

Η ροπή αδράνειας του στερεού  $\Sigma$  ως προς τον άξονα περιστροφής του, ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του  $O$  δίνεται από τη σχέση  $I_{\Sigma} = 2MR^2$ .

Τα σώματα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1\text{ kg}$  και  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1,5\text{ kg}$  κρέμονται στα ελεύθερα άκρα αβαρών και μη εκτατών νημάτων (1) και (2). Τα νήματα είναι πολλές φορές τυλιγμένα στους κυλίνδρους ακτίνας  $R$  και  $2R$ , αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο **σχήμα 6**.

Στην κορυφή λείου κεκλιμένου επιπέδου μεγάλου μήκους γωνία  $\varsigma$  κλίσης  $\varphi$ , όπου  $\eta\mu\varphi = 0,8$  και  $\sigma\upsilon\eta\varphi = 0,6$  στερεώνεται ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 300\text{ N/m}$  στο άλλο άκρο του οποίου στερεώνεται σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = 3\text{ kg}$ . Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο.

Το σώμα  $\Sigma_3$  συνδέεται με τον κύλινδρο ακτίνας  $R$  με τη βοήθεια οριζόντιου αβαρούς και μη εκτατού νήματος (3), όπως φαίνεται στο **σχήμα 6**.

Το σύστημα των σωμάτων αρχικά ισορροπεί και τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  απέχουν κατακόρυφα μεταξύ τους απόσταση  $h = 0,48\text{ m}$ .

**Δ1.** Να υπολογίσετε την επιμήκυνση του ελατηρίου από τη θέση του φυσικού του μήκους.

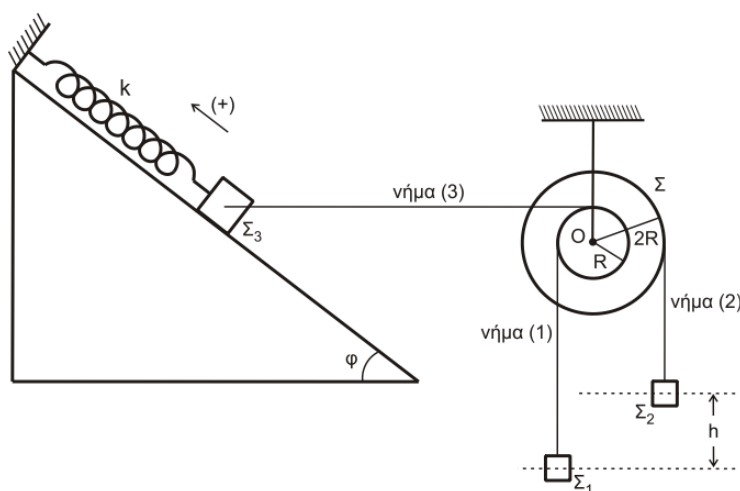
Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε το νήμα (3). Το σώμα  $\Sigma_3$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$  και θετική φορά προς τα πάνω, όπως φαίνεται στο **σχήμα 6** και το στερεό σώμα  $\Sigma$  αρχίζει να περιστρέφεται γύρω από το σταθερό οριζόντιο άξονά του.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_3$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = \frac{\pi}{15}\text{ s}$ .

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του στερεού σώματος  $\Sigma$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής του στερεού σώματος  $\Sigma$  ως προς τον άξονα περιστροφής του τη χρονική στιγμή που τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  διέρχονται από το ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10\text{ m/s}^2$
- Να θεωρήσετε ότι τα μήκη των νημάτων (1) και (2) είναι πολύ μεγάλα ώστε τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  να μη συγκρούονται με το στερεό  $\Sigma$ , κατά τη διάρκεια της κίνησής τους.
- Να θεωρήσετε ότι τα σώματα  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  είναι πολύ μικρών διαστάσεων.
- Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.
- Να μη γίνει αριθμητική αντικατάσταση του αριθμού  $\pi$ .



Σχήμα 6

**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.** Για την παραγωγή εναλλασσόμενης τάσης πλάτους  $V$ , ένα πλαίσιο περιστρέφεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$ . Αν διπλασιάσουμε την περίοδο περιστροφής του πλαισίου, διατηρώντας σταθερή την ένταση  $B$  του μαγνητικού πεδίου, τότε το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης γίνεται ίσο με

- α)  $V$                       β)  $2V$                       γ)  $\frac{V}{2}$                       δ)  $\frac{V}{\sqrt{2}}$

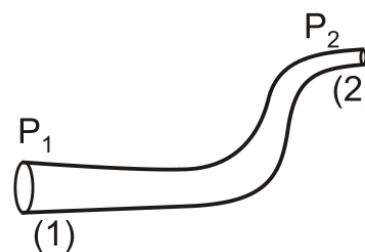
**A2.** Αν τροφοδοτήσουμε ένα σωληνοειδές με ρεύμα έντασης  $I$ , τότε στο μέσον του η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο  $B$ . Αν κόψουμε στη μέση το σωληνοειδές και τροφοδοτήσουμε το ένα κομμάτι του με ρεύμα ίδιας έντασης  $I$ , τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο μέσον του κομματιού αυτού έχει μέτρο

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

**A3.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε σωλήνα που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο.

Στο **σχήμα 1** απεικονίζεται τμήμα του σωλήνα, και το ιδανικό ρευστό ρέει από τη θέση (1) προς τη θέση (2). Για τις πιέσεις  $P_1$  και  $P_2$  στις δύο αυτές θέσεις του σωλήνα ισχύει ότι

- α)  $P_1 < P_2$   
 β)  $P_1 = P_2$   
 γ)  $P_1 > P_2$   
 δ) αδυνατούμε να τις συγκρίνουμε.



Σχήμα 1

**A4.** Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας συχνότητας  $f$ , που πραγματοποιούνται γύρω από το ίδιο σημείο και στην ίδια διεύθυνση, ισχύει ότι

- α) το πλάτος της σύνθετης ταλάντωσης είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου,  
 β) το πλάτος της σύνθετης ταλάντωσης είναι πάντα ίσο με το άθροισμα των πλατών των επιμέρους ταλαντώσεων,  
 γ) το πλάτος της σύνθετης ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα  $f$  των επιμέρους ταλαντώσεων,  
 δ) το πλάτος και η αρχική φάση της σύνθετης ταλάντωσης εξαρτώνται από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των επιμέρους ταλαντώσεων.

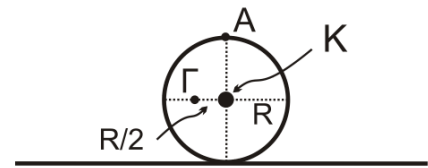
**A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

- α)  $1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$ .  
 β) Δύο απείρου μήκους ευθύγραμμοι παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από ομόρροπα ηλεκτρικά ρεύματα και βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους απωθούνται.  
 γ) Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός, που βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, θα μπορούσε να μη δέχεται δύναμη Laplace.  
 δ) Η εξίσωση του Bernoulli είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας στη ροή των ρευστών.

ε) Το αποτέλεσμα της σύνθεσης δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων ίδιας διεύθυνσης, ίδιας θέσης ισορροπίας, ίδιου πλάτους και παραπλήσιων συχνοτήτων είναι απλή αρμονική ταλάντωση.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Τροχός ακτίνας  $R$  κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει σε οριζόντιο επίπεδο. Κάποια χρονική στιγμή το κέντρο μάζας του τροχού έχει ταχύτητα μέτρου  $v_{cm}$ . Έστω  $A$  το ανώτερο σημείο της περιφέρειας του τροχού και  $\Gamma$  ένα σημείο του τροχού που βρίσκεται στην οριζόντια διάμετρο και απέχει απόσταση  $\Gamma K = R/2$  από το κέντρο  $K$  του τροχού, όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**.



Σχήμα 2

Ο λόγος  $\frac{v_{\Gamma}}{v_A}$  των μέτρων των ταχυτήτων των σημείων  $\Gamma$  και  $A$  είναι ίσος με

- i.  $\frac{1}{4}$                       ii.  $\frac{\sqrt{3}}{4}$                       iii.  $\frac{\sqrt{5}}{4}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

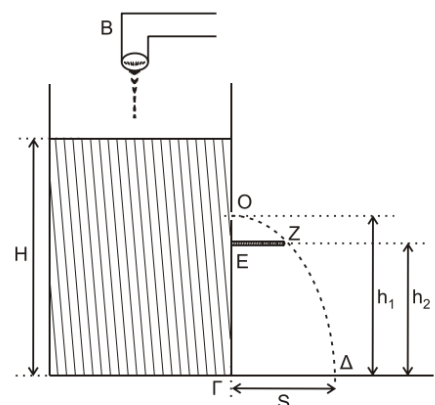
**B2.** Μικρή σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  κινείται με ταχύτητα μέτρου  $u_1$  και συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με ακίνητη μικρή σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$  με  $m_1 < m_2$ .

Κατά την κρούση αυτή, ποσοστό επί τοις εκατό (%) ίσο με  $\Pi_1$  της αρχικής κινητικής ενέργειας της σφαίρας  $\Sigma_1$  μεταφέρεται ως κινητική ενέργεια στη σφαίρα  $\Sigma_2$ . Αν αντιστρέψουμε τη διαδικασία, δηλαδή αν η σφαίρα  $\Sigma_2$ , κινούμενη με ταχύτητα μέτρου  $u_2$ , συγκρουστεί κεντρικά και ελαστικά με την ακίνητη σφαίρα  $\Sigma_1$ , τότε το ποσοστό επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας της σφαίρας  $\Sigma_2$ , που μεταφέρεται στη σφαίρα  $\Sigma_1$ , ισούται με  $\Pi_2$ . Για τα ποσοστά  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ισχύει:

- i.  $\Pi_1 < \Pi_2$                       ii.  $\Pi_1 = \Pi_2$                       iii.  $\Pi_1 > \Pi_2$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Στο **σχήμα 3**, στο ανοιχτό δοχείο μεγάλου όγκου με κατακόρυφα τοιχώματα, πέφτει συνέχεια νερό, το οποίο θεωρείται ιδανικό ρευστό, από μια βρύση  $B$  σταθερής παροχής  $\Pi$ . Το δοχείο βρίσκεται σε οριζόντιο έδαφος και δε μπορεί να γεμίσει, γιατί εξέρχεται νερό από μία οπή  $O$ , που βρίσκεται σε ένα από τα κατακόρυφα τοιχώματα του δοχείου. Η οπή βρίσκεται σε ύψος  $h_1$  από τη βάση του δοχείου, και το εμβαδόν διατομής της  $A$  είναι πολύ μικρότερο από το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας του νερού.



Σχήμα 3

Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού σταθεροποιείται σε ύψος  $H$  από τη βάση του δοχείου. Η λεπτή φλέβα νερού που εξέρχεται από την οπή πέφτει στο οριζόντιο έδαφος σε σημείο  $\Delta$ , το οποίο απέχει οριζόντια απόσταση  $(\Gamma\Delta) = S$  από τη βάση του δοχείου. Σε σημείο  $E$  του ίδιου κατακόρυφου τοιχώματος με την οπή, και στην



ίδια κατακόρυφο, έχουμε στηρίξει λεπτή οριζόντια ράβδο EZ μήκους  $(EZ) = S/2$ . Το σημείο E βρίσκεται σε

$$\text{ύψος } h_2 = \frac{21H}{32}.$$

Αν η λεπτή φλέβα του νερού διέρχεται οριακά από το άκρο Z της ράβδου, τότε η παροχή Π της βρύσης είναι

$$\text{i. } \Pi = \frac{A}{2} \sqrt{gH}$$

$$\text{ii. } \Pi = 2A \sqrt{gH}$$

$$\text{iii. } \Pi = A \sqrt{gH}$$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

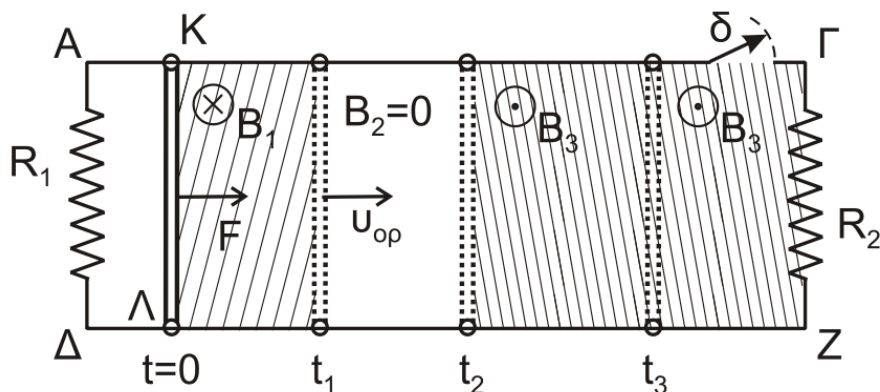
### ΘΕΜΑ Γ

Δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ μεγάλου μήκους και μηδενικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $L = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Δ συνδέονται με αγωγό αντίστασης  $R_1 = 2 \Omega$  και τα άκρα Γ και Ζ με αγωγό αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ . Ο αγωγός ΑΓ έχει λίγο πριν το τέλος του ανοιχτό διακόπτη δ, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**.

Ένας άλλος αγωγός ΚΛ, με μήκος  $ΚΛ = 1 \text{ m}$  έχει αντίσταση  $R_{ΚΛ} = 3 \Omega$  και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές, μένοντας κάθετος και σε επαφή στα σημεία Κ και Λ με τους οριζόντιους αγωγούς ΑΓ και ΔΖ.

Ο αγωγός ΚΛ αρχικά είναι ακίνητος. Κάποια χρονική στιγμή, την οποία θεωρούμε ως  $t = 0$ , ασκούμε στο μέσο του αγωγού ΚΛ σταθερή δύναμη μέτρου  $F = 0,8 \text{ N}$ , η οποία είναι κάθετη στον αγωγό και η διεύθυνσή της ανήκει στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ. Ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B_1 = 1 \text{ T}$ , που είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών ΑΓ και ΔΖ, με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ο αγωγός ΚΛ, έχοντας αποκτήσει σταθερή οριακή ταχύτητα  $v_{op}$ , εξέρχεται από την περιοχή όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι  $B_1$  και εισέρχεται σε περιοχή, όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι  $B_2 = 0$ , όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 4

**Γ1.** Να περιγράψετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$  και να υπολογίσετε τη σταθερή οριακή ταχύτητα  $v_{op}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  καταργούμε τη δύναμη  $F$  και τη χρονική στιγμή  $t_2$  ο αγωγός ΚΛ εισέρχεται σε περιοχή όπου υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B_3$ , ίδιου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης με την ένταση  $B_1$ .

**Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο και να προσδιορίσετε τη φορά της εξωτερικής δύναμης  $F'$ , που πρέπει να ασκήσουμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ, κάθετα σε αυτόν και της οποίας η διεύθυνση ανήκει στο επίπεδο των αγωγών, ώστε ο αγωγός να συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v_{op}$ .

**Γ3.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα  $Q$ , που εκλύεται στους αγωγούς του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή  $t_2$  μέχρι μια άλλη χρονική στιγμή  $t_3$ , αν το επαγωγικό φορτίο που πέρασε από μία διατομή του αγωγού ΚΛ στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $(t_2 - t_3)$  είναι  $q_{\text{επ}} = 0,2 \text{ C}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_3$  κλείνουμε το διακόπτη  $\delta$  και ο αγωγός ΚΛ, με την επίδραση της εξωτερικής δύναμης  $F'$ , συνεχίζει την κίνησή του στην περιοχή όπου υπάρχει το ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B_3$  και τελικά αποκτά νέα οριακή ταχύτητα.

**Γ4.** Να υπολογίσετε τη νέα οριακή ταχύτητα  $v'_{\text{op}}$ , που αποκτά ο αγωγός, καθώς και την τάση  $V_{\text{ΚΛ}}$  στα άκρα του αγωγού ΚΛ και τις εντάσεις των ρευμάτων, που διαρρέουν τους αντιστάτες  $R_1$  και  $R_2$ , όταν αυτός κινείται με τη νέα του οριακή ταχύτητα.

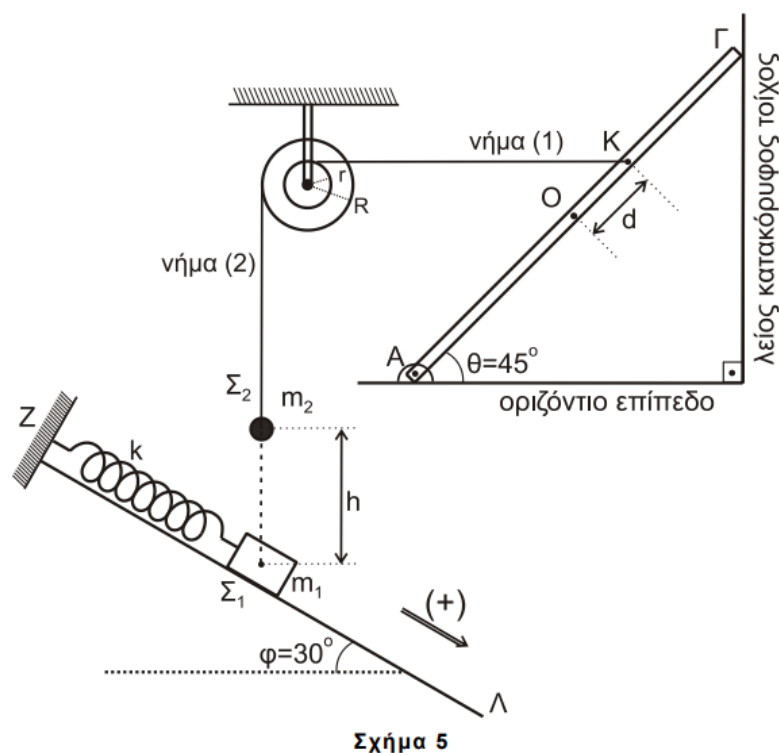
### ΘΕΜΑ Δ

Μία λεπτή, άκαμπτη και ομογενής ράβδος ΑΓ, μήκους  $\ell$  και μάζας  $M = 10 \text{ kg}$  έχει στο άκρο της Α άρθρωση και ισορροπεί στηριζόμενη σε λείο κατακόρυφο τοίχο σχηματίζοντας γωνία  $\theta = 45^\circ$  με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στο **σχήμα 5**. Σε ένα σημείο Κ, που απέχει  $d = \frac{\ell}{6}$  από το μέσο της Ο, είναι δεμένο το ένα άκρο ενός

οριζόντιου, λεπτού, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (1), το άλλο άκρο του οποίου είναι τυλιγμένο γύρω από τον εσωτερικό κύλινδρο ακτίνας  $r$  ενός στερεού, που αποτελείται από δύο ομοαξονικούς κυλίνδρους.

Στον εξωτερικό κύλινδρο του στερεού, ακτίνας  $R = 2r$ , είναι τυλιγμένο ένα δεύτερο λεπτό, αβαρές και μη εκτατό νήμα (2), στο άκρο του οποίου κρέμεται σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ .

Το σύστημα στερεό-ράβδος είναι ακίνητο.



**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης, που δέχεται η ράβδος στο σημείο Γ από τον λείο, κατακόρυφο τοίχο. Στην κορυφή Z λείου κεκλιμένου επιπέδου μεγάλου μήκους και γωνίας κλίσης  $\varphi = 30^\circ$ , είναι στερεωμένο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος με το κεκλιμένο επίπεδο και στο άλλο

άκρο του ισορροπεί δεμένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο με το σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ , που κρέμεται στην άκρη του νήματος (2).

Κάποια χρονική στιγμή το νήμα (2) κόβεται και το σώμα  $\Sigma_2$ , αφού εκτελέσει ελεύθερη πτώση, συγκρούεται πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_1$ . Αμέσως μετά την πλαστική κρούση το συσσωμάτωμα αποκτά κοινή ταχύτητα μέτρου  $\frac{3\sqrt{3}}{4} \text{ m/s}$  και

αρχίζει να κινείται πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο  $Z\Lambda$ , εκτελώντας απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

- Δ2.** Να υπολογίσετε το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα.
- Δ3.** Να βρείτε τη σχέση που δίνει την απομάκρυνση του συσσωματώματος σε συνάρτηση με το χρόνο. (Να θεωρήσετε ως  $t = 0$  τη χρονική στιγμή της κρούσης των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  και θετική τη φορά από το  $Z$  προς το  $\Lambda$ ).
- Δ4.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_2$  αμέσως πριν την πλαστική κρούση (ο χρόνος της κρούσης θεωρείται αμελητέος) και την αρχική απόσταση  $h$  των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ .
- Δ5.** Να υπολογίσετε το λόγο του μέτρου της δύναμης του ελατηρίου προς το μέτρο της δύναμης επαναφοράς της ταλάντωσης, όταν το σώμα που ταλαντώνεται, βρίσκεται στη θέση της μέγιστης επιμήκυνσης του ελατηρίου.

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,
- $\eta\mu 30^\circ = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma\upsilon\nu 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\eta\mu 45^\circ = \sigma\upsilon\nu 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,
- $\eta\mu \frac{7\pi}{6} = \eta\mu \frac{11\pi}{6} = -\frac{1}{2}$ .

Να θεωρήσετε ότι:

- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα,
- κατά την κρούση δεν έχουμε απώλεια μάζας,
- ο χαρακτηρισμός «λεπτό νήμα» αφορά νήμα αμελητέου πάχους.

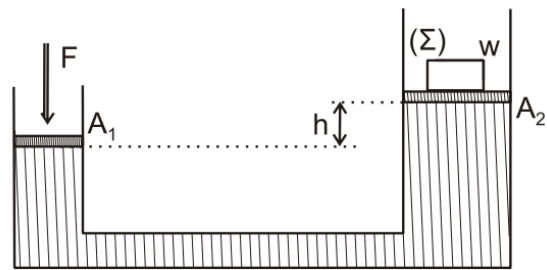
**ΘΕΜΑ Α**

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.** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ορισμένο γραμμικό ελαστικό μέσο. Το μήκος κύματος
- δεν εξαρτάται από τη συχνότητα της πηγής του κύματος.
  - είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων του ελαστικού μέσου που έχουν ίσες απομακρύνσεις και κινούνται κατά την ίδια φορά.
  - είναι η απόσταση των δύο ακραίων θέσεων της ταλάντωσης που εκτελεί κάποιο σημείο του μέσου.
  - εξαρτάται από τη θέση της πηγής του κύματος.
- A2.** Αθλητής των καταδύσεων από βατήρα, καταφέρνει να κάνει αρκετές περιστροφές στον αέρα μέχρι να βουτήξει στο νερό. Αυτό γίνεται διότι
- δέχεται τη ροπή του βάρους του.
  - μεταβάλλεται η στροφορμή του.
  - μειώνει τη ροπή αδράνειάς του συμπύσσοντας τα άκρα του, ώστε να αυξήσει τη γωνιακή ταχύτητα της περιστροφής του.
  - διατηρείται η μηχανική του ενέργεια.
- A3.** Φλέβα νερού εξέρχεται από το στόμιο βρύσης και κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω. Καθώς η φλέβα του νερού κατεβαίνει, το εμβαδόν διατομής της
- μειώνεται γιατί αυξάνεται η ταχύτητα.
  - μειώνεται γιατί μειώνεται η ταχύτητα.
  - αυξάνεται γιατί αυξάνεται η ταχύτητα.
  - αυξάνεται γιατί μειώνεται η ταχύτητα.
- A4.** Σε κεντρική ανελαστική κρούση μεταξύ δύο σφαιρών
- ένα μέρος της αρχικής κινητικής ενέργειας του συστήματος των δύο σφαιρών μετατρέπεται σε θερμότητα.
  - η κινητική ενέργεια του συστήματός τους παραμένει σταθερή.
  - η μηχανική ενέργεια κάθε σφαίρας παραμένει σταθερή.
  - η ορμή κάθε σφαίρας παραμένει σταθερή.
- 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.
- Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις στην κατάσταση συντονισμού, το μέγιστο πλάτος εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης (b).
  - Η υδροστατική πίεση σε σημείο ενός υγρού που ισορροπεί είναι ανάλογη της απόστασης του σημείου από τον πυθμένα.
  - Η εξίσωση Bernoulli είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ύλης.
  - Κατά τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων δημιουργούνται διακροτήματα. Η περίοδος των διακροτημάτων ισούται με  $T_0 = |T_1 - T_2|$ , όπου  $T_1$  και  $T_2$  οι περίοδοι των δύο αρχικών ταλαντώσεων.
  - Στη μεταφορική κίνηση ενός στερεού κάθε στιγμή όλα τα σημεία του σώματος έχουν την ίδια ταχύτητα.

## ΘΕΜΑ Β

**B1.** Το υδραυλικό πιεστήριο του σχήματος 1 περιέχει ιδανικό ρευστό πυκνότητας  $\rho$  και κλείνεται από δύο αβαρή έμβολα με εμβαδά  $A_1$  και  $A_2$ . Πάνω στο έμβολο εμβαδού  $A_2$  είναι τοποθετημένο σώμα  $\Sigma$ , που έχει βάρος  $w$ , και το σύστημα ισορροπεί με τη βοήθεια εξωτερικής δύναμης  $F$ , που ασκείται στο έμβολο  $A_1$ . Η υψομετρική διαφορά των εμβόλων στην κατάσταση ισορροπίας είναι ίση με  $h$  όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**.



Σχήμα 1

Η απαιτούμενη για την ισορροπία δύναμη έχει μέτρο  $F$ , που υπολογίζεται με μία από τις παρακάτω σχέσεις

i.  $\frac{F}{A_1} = \frac{w}{A_2}$

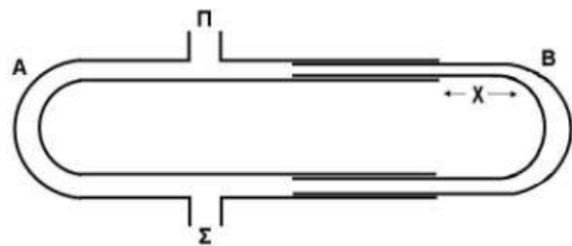
ii.  $\frac{F}{A_1} = \frac{w + \rho g h A_2}{A_2}$

iii.  $\frac{F}{A_2} = \frac{w + \rho g h A_2}{A_1}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Η διάταξη του **σχήματος 2** αποτελείται από δύο σωλήνες A και B. Ο σωλήνας B μπορεί να μετακινείται. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται το μήκος  $x$ . Μια πηγή δημιουργεί ηχητικά κύματα μήκους κύματος  $\lambda$ , στο ανοικτό άκρο Π του σωλήνα. Στο άλλο άκρο Σ του σωλήνα φτάνουν ταυτόχρονα δύο ηχητικά κύματα. Τα κύματα δημιουργούνται από την πηγή και διαδίδονται μέσω του αέρα στους σωλήνες A και B. Όταν μετακινούμε το σωλήνα B (μεταβάλλοντας την απόσταση  $x$ ) παρατηρούμε ότι η ένταση του ήχου στο σημείο Σ αυξομειώνεται. Για  $x = x_1$  στο σημείο Σ τα δύο ηχητικά κύματα συμβάλλουν ενισχυτικά. Καθώς αυξάνουμε το  $x$ , στο σημείο Σ παρατηρείται για πρώτη φορά αποσβεστική συμβολή, όταν γίνει  $x = x_2 = x_1 + 4$  cm. Για το μήκος κύματος  $\lambda$  ισχύει:



Σχήμα 2

i.  $\lambda = 12$  cm

ii.  $\lambda = 16$  cm

iii.  $\lambda = 4$  cm

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Μικρή σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  κινείται με ταχύτητα  $u_1$  και συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με ακίνητη μικρή σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ ,  $m_1 \neq m_2$ . Κατά την κρούση αυτή ποσοστό  $\Pi_1\%$  της αρχικής κινητικής ενέργειας της σφαίρας  $\Sigma_1$  μεταφέρεται ως κινητική ενέργεια στη σφαίρα  $\Sigma_2$ . Αν αντιστρέψουμε το φαινόμενο, δηλαδή αν η σφαίρα  $\Sigma_2$  κινούμενη με ταχύτητα  $u_2$ , συγκρουστεί κεντρικά και ελαστικά με την ακίνητη σφαίρα  $\Sigma_1$ , τότε το ποσοστό της κινητικής ενέργειας της σφαίρας  $\Sigma_2$  που μεταφέρεται στη σφαίρα  $\Sigma_1$  ισούται με  $\Pi_2\%$ . Για τα  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ισχύει:

i.  $\Pi_1 < \Pi_2$

ii.  $\Pi_1 > \Pi_2$

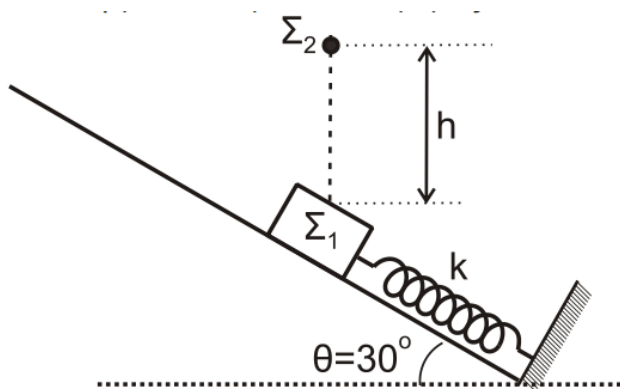
iii.  $\Pi_1 = \Pi_2$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Στο **σχήμα 3**, σώμα  $\Sigma_1$  μικρών διαστάσεων, μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  ισορροπεί σε λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης  $\theta = 30^\circ$  δεμένο στο ελεύθερο άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου. Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο. Από ύψος  $h = 0,6 \text{ m}$  πάνω από το  $\Sigma_1$  αφήνεται ελεύθερο σώμα  $\Sigma_2$  μικρών διαστάσεων μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$  το οποίο

**Σχήμα 3**

συγκρούεται πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_1$ . Το συσσωμάτωμα που προκύπτει αρχίζει να κινείται τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο εκτελώντας απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

- Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση.
- Γ2.** Να υπολογίσετε το πλάτος  $A$  της ταλάντωσης του συσσωματώματος.
- Γ3.** Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης της ταλάντωσης του συσσωματώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Να θεωρήσετε θετική φορά, τη φορά από τη βάση προς την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου.
- Γ4.** Να υπολογίσετε τον λόγο του μέτρου της δύναμης του ελατηρίου προς το μέτρο της δύναμης επαναφοράς της ταλάντωσης, όταν η κινητική ενέργεια  $K$  του συσσωματώματος είναι οκταπλάσια της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσης  $U$  ( $K = 8U$ ), για δεύτερη φορά.

Να θεωρήσετε ότι:

- κατά την κρούση δεν έχουμε απώλεια μάζας,
- η χρονική διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα,
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα.

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- $\eta\mu \frac{\pi}{6} = \eta\mu \frac{5\pi}{6} = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma\upsilon\nu \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\sigma\upsilon\nu \frac{5\pi}{6} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$

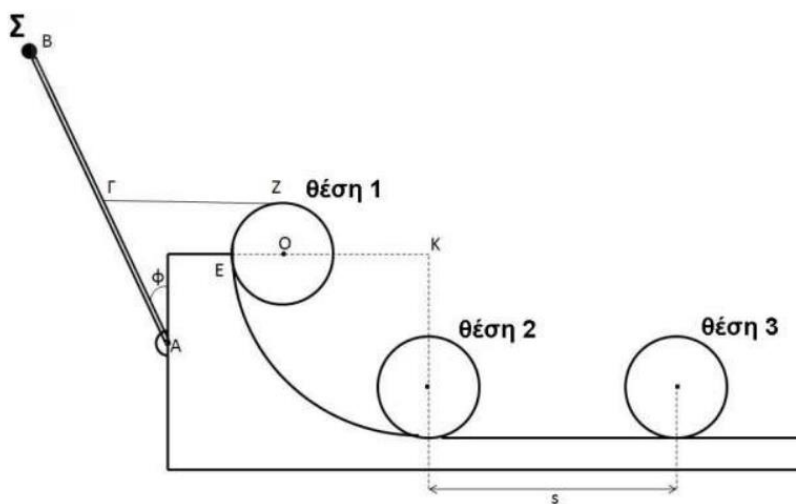
**ΘΕΜΑ Δ**

Στο **σχήμα 4**, ομογενής, άκαμπτη και ισοπαχής ράβδος  $AB$  μάζας  $M_1 = 6 \text{ kg}$  και μήκους  $L = 1 \text{ m}$ , στηρίζεται με άρθρωση στο ένα άκρο της  $A$  σε κατακόρυφο ακλόνητο τοίχο. Η ράβδος μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από τον άξονα που διέρχεται από το σημείο  $A$  και είναι κάθετος στο επίπεδο του σχήματος. Στο άκρο  $B$  της ράβδου έχει στερεωθεί υλικό σημείο  $\Sigma$  μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ . Με αβαρές, λεπτό και μη εκτατό νήμα, έχουμε δέσει το μέσο  $\Gamma$  της ράβδου με το ανώτερο σημείο  $Z$  της περιφέρειας ομογενούς δίσκου μάζας  $M_2$  κέντρου  $O$  και ακτίνας  $r = 0,1 \text{ m}$ . Ο δίσκος ακουμπάει στην κορυφή ακλόνητου τεταρτοκυκλίου ακτίνας  $KE = R = 2,8 \text{ m}$  στο σημείο  $E$  αυτού (θέση 1), έτσι ώστε το στερεό που αποτελείται από τη ράβδο και το υλικό σημείο  $\Sigma$ , καθώς και ο δίσκος, να ισορροπούν στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο, με τη ράβδο να σχηματίζει γωνία  $\varphi$  με τον κατακόρυφο τοίχο. Το νήμα είναι οριζόντιο και τεντωμένο και η ακτίνα  $OE$  του δίσκου είναι οριζόντια.

- Δ1.** Να υπολογίσετε:
- το μέτρο της τάσης του νήματος ΓΖ,
  - τη μάζα  $M_2$  του δίσκου.

Κάποια στιγμή κόβουμε το νήμα ΓΖ.

- Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του στερεού που αποτελείται από τη ράβδο και το υλικό σημείο Σ αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος.



Σχήμα 4

Στη συνέχεια, το στερεό ράβδος – υλικό σημείο Σ αρχίζει να περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από τον άξονα περιστροφής του Α.

- Δ3.** **i.** Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της στροφορμής του στερεού ως προς τον άξονα περιστροφής του, μεταξύ της αρχικής του θέσης και της θέσης όπου η ράβδος γίνεται οριζόντια.  
**ii.** Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση του διανύσματός της.

Αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος ο δίσκος αρχίζει να κατέρχεται κυλιόμενος χωρίς να ολισθαίνει στο τεταρτοκύκλιο και στη συνέχεια κινείται σε λείο οριζόντιο δάπεδο, το οποίο επίσης είναι ακλόνητο.

- Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του κέντρου μάζας του δίσκου, όταν φτάνει στη βάση του τεταρτοκυκλίου (θέση 2).  
**Δ5.** Να υπολογίσετε τον αριθμό των περιστροφών που έχει εκτελέσει ο δίσκος,  
**i.** κατά την κύλιση του στο τεταρτοκύκλιο,  
**ii.** κατά την κίνησή του στο λείο οριζόντιο δάπεδο όταν το κέντρο μάζας του έχει διανύσει διάστημα  $s = \pi$  μέτρα (m) (θέση 3).

Δίνονται:

- $\eta\mu\phi = 0,6$ ,  $\sigma\upsilon\mu\phi = 0,8$ ,
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,
- η ροπή αδράνειας του ομογενούς δίσκου ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του και είναι κάθετος στο επίπεδό του είναι ίση με  $I_{\text{cm}(\text{δίσκου})} = \frac{1}{2} M_2 r^2$ ,
- η ροπή αδράνειας της ομογενούς ράβδου ως προς άξονα που διέρχεται από το άκρο της και είναι κάθετος σε αυτή είναι ίση με  $I_{\text{ράβδου}} = \frac{1}{3} M_1 L^2$ ,
- ο άξονας περιστροφής του ομογενούς δίσκου παραμένει συνεχώς οριζόντιος σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του,
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα,
- ο χαρακτηρισμός λεπτό νήμα αφορά νήμα αμελητέου πάχους,
- τα σχήματα δεν είναι υπό κλίμακα.

**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.** Στα άκρα αντιστάτη με αντίσταση  $R$  εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση με εξίσωση  $v = 100\eta\mu(\omega t)$  (S.I.). Η αντίστοιχη ενεργός τάση είναι ίση με

- α)  $100\sqrt{2}$  V                      β) 50 V                      γ)  $50\sqrt{2}$  V                      δ)  $\frac{50}{\sqrt{2}}$  V

**A2.** Ένα σώμα εκτελεί σύνθετη κίνηση, που προέρχεται από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, ίδιου πλάτους  $A$ , ίδιας διεύθυνσης και ίδιας θέσης ισορροπίας. Οι συχνότητες των δύο ταλαντώσεων είναι  $f_1 = 398$  Hz και  $f_2 = 402$  Hz. Στην παραγόμενη σύνθετη κίνηση, σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου, το πλάτος μεγιστοποιείται

- α) 2 φορές.                      β) 4 φορές.                      γ) 400 φορές.                      δ) 800 φορές.

**A3.** Ένα στερεό σώμα αρχικά παραμένει ακίνητο, χωρίς να του ασκούνται δυνάμεις. Κάποια χρονική στιγμή ασκούμε δύο δυνάμεις  $\vec{F}_1$  και  $\vec{F}_2$  στο σώμα. Για να εκτελέσει το σώμα μόνο στροφική κίνηση, οι δυνάμεις αυτές θα πρέπει

- α) να είναι κάθετες μεταξύ τους.  
β) να έχουν μη συνευθειακές παράλληλες διευθύνσεις, αντίθετες φορές και άνισα μέτρα.  
γ) να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και να είναι αντίθετες.  
δ) να έχουν μη συνευθειακές παράλληλες διευθύνσεις, αντίθετες φορές και ίσα μέτρα.

**A4.** Σε κάθε κρούση δύο σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα

- α) διατηρείται μόνο η ορμή του συστήματος και όχι η ενέργεια του συστήματος.  
β) διατηρείται μόνο η ενέργεια του συστήματος και όχι η ορμή του συστήματος.  
γ) διατηρείται και η ορμή και η ενέργεια του συστήματος.  
δ) δεν διατηρείται η ορμή, ούτε η ενέργεια του συστήματος.

**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) Σε μία φθίνουσα ταλάντωση η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου και από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που ταλαντώνεται.  
β) Η σύνθετη κίνηση στερεού σώματος μπορεί να μελετηθεί ως επαλληλία μιας μεταφορικής και μιας στροφικής κίνησης.  
γ) Η ροή ενός ιδανικού ρευστού παρουσιάζει στροβίλους.  
δ) Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις ο διεγέρτης αφαιρεί συνεχώς ενέργεια από το σύστημα μέσω της διεγείρουσας δύναμης.  
ε) Η μονάδα μέτρησης της ροπής δύναμης ως προς σημείο ή άξονα είναι το 1 N/m.



## ΘΕΜΑ Β

**B1.** Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί Α και Γ απείρου μήκους απέχουν απόσταση  $d$  και διαρρέονται από αντίρροπα συνεχή και σταθερά ηλεκτρικά ρεύματα, εντάσεων  $I_A$  και  $I_\Gamma$  αντίστοιχα, όπου  $I_\Gamma = 3I_A$  (Σχήμα 1).

Ένας τρίτος ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μήκους  $\ell$ , παράλληλος με τους αγωγούς Α και Γ, που βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με αυτούς και ισορροπεί, απέχει αποστάσεις  $r_A$  και από  $r_\Gamma$  τους αγωγούς Α και Γ αντίστοιχα.

Ο αγωγός μήκους  $\ell$  διαρρέεται από συνεχές και σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα έντασης  $I$  που είναι ομόρροπο με το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό Α. Η απόσταση  $r_\Gamma$  είναι ίση με:

i.  $\frac{d}{4}$

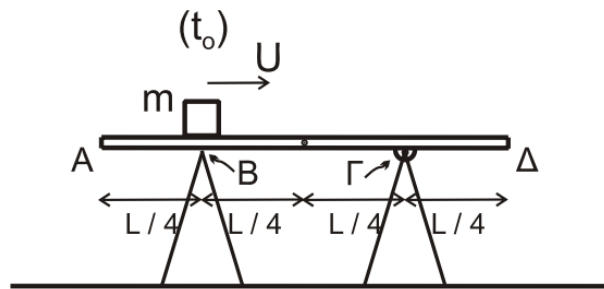
ii.  $\frac{3d}{2}$

iii.  $\frac{5d}{4}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ομογενής λεία και άκαμπτη σανίδα, μικρού πάχους, μάζας  $M$  και μήκους  $L$  ισορροπεί οριζόντια με τη βοήθεια δύο υποστηριγμάτων. Η κορυφή του ενός υποστηρίγματος συνδέεται μέσω άρθρωσης σε σημείο Γ της ράβδου, το οποίο απέχει από το άκρο της Δ απόσταση  $\Gamma\Delta = \frac{L}{4}$ .



Σχήμα 2

Η ράβδος ακουμπά στην κορυφή Β του άλλου στηρίγματος, το οποίο απέχει από το άκρο της Α απόσταση  $AB = \frac{L}{4}$  (Σχήμα 2).

Ένας μικρός κύβος μάζας  $m = 2M$ , τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , διέρχεται από το σημείο Β με σταθερή ταχύτητα  $U$ , κινούμενος προς τα δεξιά χωρίς τριβές. Η σανίδα ανατρέπεται τη χρονική στιγμή  $t_1$ , η οποία είναι ίση με

i.  $\frac{3L}{4U}$

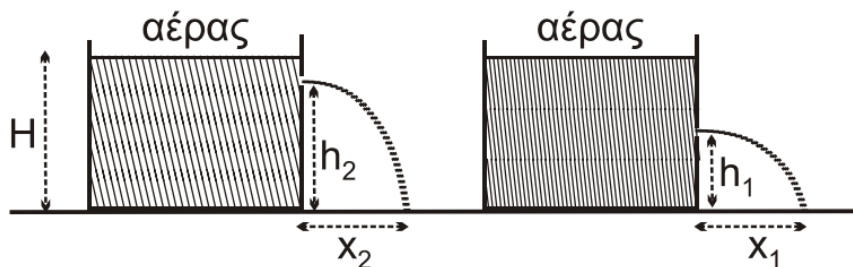
ii.  $\frac{9L}{16U}$

iii.  $\frac{5L}{8U}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Δύο διαφορετικά ιδανικά υγρά 1 και 2 περιέχονται σε όμοια κυλινδρικά δοχεία που βρίσκονται σε οριζόντιο επίπεδο εντός του βαρυτικού πεδίου της γης. Το ύψος των υγρών και στα δύο δοχεία είναι ίσο με  $H$ . Το δοχείο που περιέχει το υγρό 1 φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_1$  από τη βάση του, ενώ το δοχείο με το υγρό 2, φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_2$  από τη βάση του, με  $h_2 > h_1$  (Σχήμα 3).



Σχήμα 3

Από τις δύο οπές εξέρχονται τα υγρά 1 και 2 αντίστοιχα. (Θεωρήστε ότι η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη των υγρών στα ανοιχτά δοχεία είναι αμελητέα, τα υγρά συμπεριφέρονται ως ιδανικά ρευστά και η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή).

Αν οι φλέβες των δύο υγρών πέφτουν στο οριζόντιο επίπεδο σε αποστάσεις  $x_1$  και  $x_2$  (βεληνεκή) από τα κατακόρυφα τοιχώματα και ισχύει  $x_1 = x_2$ , τότε η σχέση των δύο υψών  $h_1$  και  $h_2$  είναι:

i.  $h_1 + h_2 = H$

ii.  $h_1 + h_2 = \frac{3H}{2}$

iii.  $h_1 + h_2 = \frac{5H}{3}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

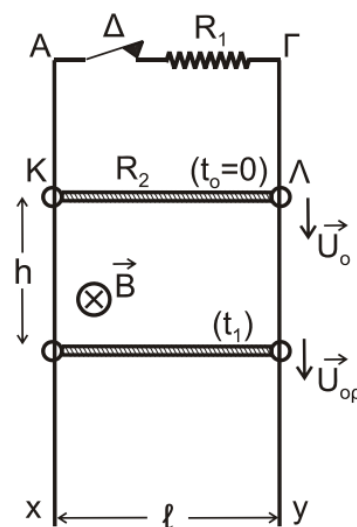
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Οι κατακόρυφοι, μεγάλου μήκους, μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $\ell = 1\text{m}$  και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ συνδέονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 2\ \Omega$ . Στο τμήμα ΑΓ υπάρχει διακόπτης Δ, ο οποίος είναι κλειστός.

Ο αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell = 1\text{m}$ , μάζας  $m = 0,2\text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_2 = 6\ \Omega$  έχει τα άκρα του ΚΛ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς Αx και Γy και είναι κάθετος σε αυτούς, (Σχήμα 4).

Όλη η διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $B = 2\text{T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του σχήματος με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



Σχήμα 4

Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών Αx και Γy χωρίς τριβές, παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος, χωρίς τα άκρα του Κ και Λ να χάνουν την επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy. Αρχικά ο αγωγός είναι ακίνητος.

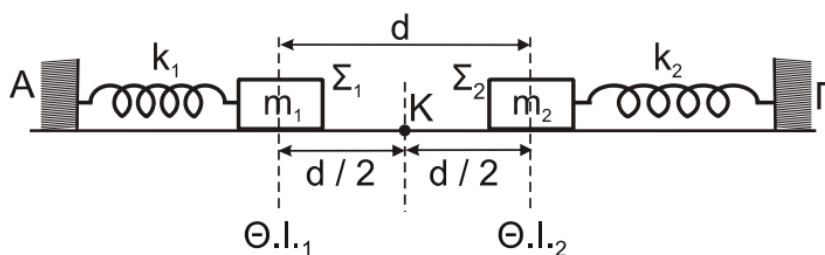
Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ κατακόρυφα προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα μέτρου  $U_0 = 12\text{ m/s}$ .

- Γ1. Να βρείτε το μέτρο της επιτάχυνσης  $a$  του αγωγού αμέσως μετά την εκτόξευσή του και την κατεύθυνσή της.
- Γ2. Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , που ο αγωγός ΚΛ έχει μετατοπιστεί κατά  $h$  από την αρχική του θέση, έχει αποκτήσει οριακή ταχύτητα ( $U_{op}$ ). Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας.

- Γ3.** Αν το φορτίο που πέρασε από μία διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι ίσο με  $0,4 \text{ C}$ , να υπολογίσετε τη θερμότητα που παράχθηκε σε καθέναν από τους αντιστάτες  $R_1$  και  $R_2$  στο παραπάνω χρονικό διάστημα.
- Γ4.** Κάποια χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ), που ο αγωγός ΚΛ κινείται με την οριακή του ταχύτητα, ανοίγουμε τη διακόπτη Δ. Τη χρονική στιγμή  $t_3 = t_2 + \Delta t$  ο αγωγός έχει μετατοπιστεί κατά  $h_1 = 0,45 \text{ m}$  από τη θέση στην οποία βρισκόταν τη χρονική στιγμή  $t_2$ . Να υπολογίσετε το ρυθμό  $\left(\frac{dK}{dt}\right)$  με τον οποίο αυξάνεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t_3$ .
- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
  - Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

**ΘΕΜΑ Δ**

Σώμα  $\Sigma_1$  με μάζα  $m_1 = 5 \text{ kg}$  ηρεμεί πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο, συνδεδεμένο στο άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k_1 = 80 \text{ N/m}$ , του οποίου το άλλο άκρο είναι δεμένο σε ακλόνητο σημείο Α. Όμοια, σώμα  $\Sigma_2$  με μάζα  $m_2 = 12 \text{ kg}$ , ηρεμεί πάνω στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, συνδεδεμένο στο άκρο ενός άλλου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k_2 = 300 \text{ N/m}$ , του οποίου το άλλο άκρο είναι δεμένο σε ακλόνητο σημείο Γ (Σχήμα 5). Τα σώματα στις θέσεις ισορροπίας τους (Θ.Ι.<sub>1</sub>) και (Θ.Ι.<sub>2</sub>) απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 0,6 \text{ m}$ .



Σχήμα 5

- Δ1.** Αν τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  εκτελούσαν απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά ταλάντωσης  $D_1 = k_1$  και  $D_2 = k_2$ , να υπολογίσετε την περίοδο τους.
- Απομακρύνουμε το σώμα  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του προς τα αριστερά κατά μήκος  $d_1 = 0,6 \text{ m}$  και το σώμα  $\Sigma_2$  από τη θέση ισορροπίας του προς τα δεξιά κατά μήκος  $d_2 = 0,2\sqrt{3} \text{ m}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αφήνουμε τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ελεύθερα να κινηθούν.
- Δ2.** Θεωρώντας θετική φορά από το Α προς το Γ, να γράψετε τις εξισώσεις για τις απομακρύνσεις των δύο σωμάτων από τις θέσεις ισορροπίας τους και τις ταχύτητές τους, σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
- Δ3.** Αποδείξτε ότι τα δύο σώματα θα συγκρουστούν στο μέσον Κ των αρχικών θέσεων ισορροπίας.
- Δ4.** Τα σώματα συγκρούονται κεντρικά και ελαστικά. Υπολογίστε τις ταχύτητες των δύο σωμάτων αμέσως πριν και αμέσως μετά την κρούση.
- Δ5.** Να δείξετε ότι στη συνέχεια τα δύο σώματα συγκρούονται ξανά στο σημείο Κ.

**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.** Η εξίσωση της απομάκρυνσης της ταλάντωσης σώματος μάζας  $m$  με ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $K$ , δίνεται

από τη σχέση:  $x = A\eta\mu\left(\sqrt{\frac{2K}{m}}t + \varphi_0\right)$ , όπου  $A$  το σταθερό πλάτος. Η παραπάνω ταλάντωση είναι

- α)** φθίνουσα.  
**β)** ελεύθερη.  
**γ)** εξαναγκασμένη σε συντονισμό.  
**δ)** εξαναγκασμένη αλλά όχι σε συντονισμό.
- A2.** Ένα σώμα κάνει ταυτόχρονα δύο απλών αρμονικές ταλαντώσεις, ίδιου πλάτους  $A$ , ίδιας διεύθυνσης και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας. Οι συχνότητες των δύο ταλαντώσεων είναι  $f_1 = 398 \text{ Hz}$  και  $f_2 = 402 \text{ Hz}$ . Στην παραγόμενη σύνθετη κίνηση, σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου, το πλάτος μεγιστοποιείται
- α)** 2 φορές.                      **β)** 4 φορές.                      **γ)** 400 φορές.                      **δ)** 800 φορές.
- A3.** Ένα στερεό σώμα αρχικά ακίνητο, δέχεται μόνο 2 δυνάμεις, την  $\vec{F}_1$  και την  $\vec{F}_2$ , που είναι αντίθετες και δεν έχουν τον ίδιο φορέα. Το παραπάνω σώμα
- α)** θα παραμείνει ακίνητο.  
**β)** θα εκτελέσει μόνο στροφική κίνηση.  
**γ)** θα εκτελέσει μόνο μεταφορική κίνηση.  
**δ)** θα εκτελέσει σύνθετη κίνηση που αποτελείται από μία μεταφορική και μία στροφική κίνηση.
- A4.** Σε κάθε κρούση δύο σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα,
- α)** διατηρείται η ορμή του συστήματος.  
**β)** διατηρείται η μηχανική ενέργεια του συστήματος.  
**γ)** διατηρείται και η ορμή και η μηχανική ενέργεια του συστήματος.  
**δ)** δεν διατηρείται η ορμή, ούτε η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
- 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)** Σε μία φθίνουσα ταλάντωση η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου και από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που ταλαντώνεται.  
**β)** Η σύνθετη κίνηση στερεού σώματος μπορεί να μελετηθεί ως επαλληλία μιας μεταφορικής και μιας στροφικής κίνησης.  
**γ)** Η ροή ενός ιδανικού ρευστού παρουσιάζει στροβίλους.  
**δ)** Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις ο διεγέρτης αφαιρεί συνεχώς ενέργεια από το σύστημα μέσω της διεγείρουσας δύναμης.  
**ε)** Η μονάδα μέτρησης της ροπής δύναμης ως προς σημείο ή άξονα είναι το  $1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας κινούμενο προς τη θέση μέγιστης απομάκρυνσης. Αν  $\Delta t_1$  είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να κινηθεί το σώμα από τη θέση ισορροπίας ( $x = 0$ ) μέχρι τη θέση  $x_1 = +\frac{A}{2}$  και  $\Delta t_2$  είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να κινηθεί το σώμα από τη θέση  $x_1 = +\frac{A}{2}$  έως τη θέση  $x_2 = +A$ , τότε ο λόγος  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$  είναι ίσος με:

i. 1

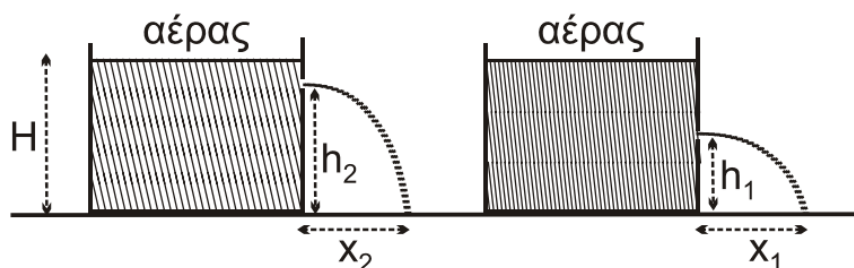
ii. 2

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

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Δύο διαφορετικά ιδανικά υγρά 1 και 2 περιέχονται σε όμοια κυλινδρικά δοχεία που βρίσκονται σε οριζόντιο επίπεδο εντός του βαρυτικού πεδίου της γης. Το ύψος των υγρών και στα δύο δοχεία είναι ίσο με  $H$ . Το δοχείο που περιέχει το υγρό 1 φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_1$  από τη βάση του, ενώ το δοχείο με το υγρό 2, φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_2$  από τη βάση του, με  $h_2 > h_1$  (**Σχήμα 3**).

**Σχήμα 3**

Από τις δύο οπές εξέρχονται τα υγρά 1 και 2 αντίστοιχα. (Θεωρήστε ότι η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη των υγρών στα ανοιχτά δοχεία είναι αμελητέα, τα υγρά συμπεριφέρονται ως ιδανικά ρευστά και η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή).

Αν οι φλέβες των δύο υγρών πέφτουν στο οριζόντιο επίπεδο σε αποστάσεις  $x_1$  και  $x_2$  (βεληνεκή) από τα κατακόρυφα τοιχώματα και ισχύει  $x_1 = x_2$ , τότε η σχέση των δύο υψών  $h_1$  και  $h_2$  είναι:

i.  $h_1 + h_2 = H$ ii.  $h_1 + h_2 = \frac{3H}{2}$ iii.  $h_1 + h_2 = \frac{5H}{3}$ 

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Σε οριζόντιο δάπεδο βρίσκεται αρχικά ακίνητο κιβώτιο μάζας  $M$ . Δύο υλικά σημεία μάζας  $m_1$  και  $m_2$  που κινούνται οριζόντια και αντίθετα, συγκρούονται ταυτόχρονα με το κιβώτιο, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2**. Το  $m_1$

**Σχήμα 2**

που κινείται προς τα δεξιά, έχει μάζα  $m_1 = \frac{m_2}{4}$  και ταχύτητα μέτρου  $U$  ακριβώς πριν την κρούση. Το  $m_2$  που κινείται προς τα αριστερά, έχει επίσης ταχύτητα μέτρου  $U$  ακριβώς πριν την κρούση. Το  $m_1$  διαπερνά το κιβώτιο χάνοντας το 84% της αρχικής του ενέργειας, ενώ το  $m_2$  σφηνώνεται στο κιβώτιο. Το συσσωμάτωμα μετά την κρούση, αποκτά ταχύτητα προς τα αριστερά μέτρου  $V = \frac{U}{10}$ . (Να θεωρήσετε ότι η κρούση είναι ακαριαία και οι πορείες των υλικών σημείων μέσα στο κιβώτιο κατά τη διάρκεια της κρούσης δεν επηρεάζουν τη συνολική μάζα του συστήματος και επιτρέπουν το ένα να διαπερνά και το άλλο να ενσωματώνεται ταυτόχρονα).

i.  $M = 3m_1$

ii.  $M = 3m_2$

iii.  $M = 30m_1$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ομογενές γραμμικό ελαστικό μέσο (χορδή) κατά μήκος της ημιευθείας  $Ox$  προς τη θετική κατεύθυνση. Η διάδοση του κύματος γίνεται χωρίς απώλειες ενέργειας. Η πηγή του κύματος βρίσκεται στο άκρο  $O$  της χορδής. Δύο υλικά σημεία της χορδής ίδιας στοιχειώδους μάζας  $\Delta m$  βρίσκονται στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  της χορδής, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3**.



Σχήμα 3

Τα υλικά σημεία  $K$ ,  $\Lambda$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $(K\Lambda) = 0,2 \text{ m}$ . Το κύμα κατά τη διάδοσή του περνάει πρώτα από το σημείο  $K$  και μετά από το σημείο  $\Lambda$ . Θεωρούμε ως αρχή μέτρησης των αποστάσεων ( $x = 0$ ), τη θέση ισορροπίας του υλικού σημείου  $K$  και ως αρχή μέτρησης των χρόνων ( $t = 0$ ), τη χρονική στιγμή που το κύμα φτάνει για πρώτη φορά στο σημείο  $K$ . Το σημείο  $K$  τη στιγμή αυτή βρίσκεται στη θέση ισορροπίας του ( $y = 0$ ) και ξεκινά να κινείται προς τη θετική κατεύθυνση. Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$ , η κινητική του ενέργεια μεγιστοποιείται κάθε  $0,25 \text{ sec}$ . Παρατηρούμε ότι, μια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο  $\Lambda$  βρίσκεται σε κορυφή κύματος ( $y = +A$ ), το υλικό σημείο  $K$  βρίσκεται και αυτό σε κορυφή κύματος ( $y = +A$ ) και ανάμεσά τους υπάρχει ακόμα μια κορυφή κύματος ( $y = +A$ ). Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ακραίων θέσεων ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$  είναι  $0,04 \text{ m}$ .

Γ1. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος  $\lambda$ , τη συχνότητα  $f$  και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

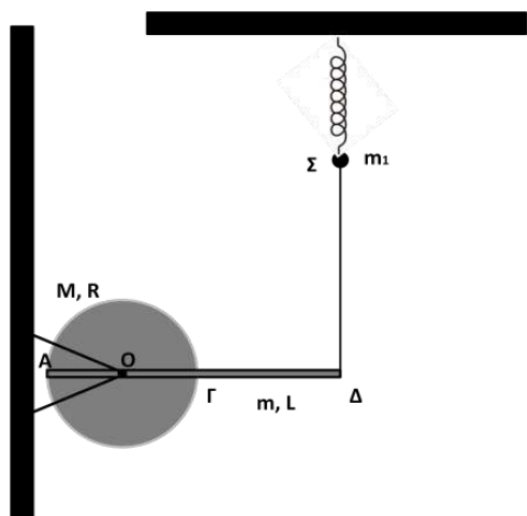
Γ2. Να γράψετε την εξίσωση της ταχύτητας ταλάντωσης του υλικού σημείου  $\Lambda$  σε συνάρτηση με τον χρόνο και να κάνετε τη γραφική της παράσταση σε συνάρτηση με τον χρόνο, σε βαθμολογημένους άξονες από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1,75 \text{ sec}$ .

Αυξάνουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής χωρίς να αλλάξει το πλάτος του κύματος.

Γ3. Να υπολογίσετε την αύξηση της συχνότητας  $\Delta f$  έτσι ώστε, όταν μια χρονική στιγμή τα υλικά σημεία  $K$  και  $\Lambda$  βρίσκονται σε κορυφές κυμάτων ( $y = +A$ ), ανάμεσά τους να υπάρχουν συνολικά 3 κορυφές κύματος ( $y = +A$ ).

- Γ4. Αν  $K_{\max,1}$  είναι η μέγιστη κινητική ενέργεια του υλικού σημείου K πριν την αλλαγή της συχνότητας  $f$  και  $K_{\max,2}$  η κινητική του ενέργεια μετά την αλλαγή της συχνότητας  $f$ , να υπολογίσετε την τιμή του λόγου  $\frac{K_{\max,1}}{K_{\max,2}}$ .

### ΘΕΜΑ Δ



Σχήμα 4

Το στερεό του **σχήματος 4** αποτελείται από λεπτό ομογενή δίσκο μάζας  $M = 6 \text{ kg}$ , ακτίνας  $R = 0,2 \text{ m}$  και λεπτή άκαμπτη ομογενή ράβδο (ΑΔ) μάζας  $m = 3 \text{ kg}$ , μήκους  $L = 4R = 0,8 \text{ m}$ . Η ράβδος είναι συγκολλημένη στον δίσκο κατά μήκος της διαμέτρου ΑΓ του δίσκου με το μέσο της στο σημείο Γ της περιφέρειας του δίσκου. Το στερεό μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο Ο του δίσκου και είναι κάθετο σε αυτόν. Αρχικά, το στερεό ισορροπεί με τη βοήθεια του κατακόρυφου μη εκτατού νήματος, ώστε η ράβδος να είναι οριζόντια. Το σώμα Σ αμελητέων διαστάσεων μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  του σχήματος είναι δεμένο στο κατακόρυφο νήμα αλλά

και στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $K = 100 \text{ N/m}$ , του οποίου το πάνω άκρο είναι στερεωμένο ακλόνητα. Αρχικά και το σώμα Σ ισορροπεί.

- Δ1. Κατά την αρχική ισορροπία των σωμάτων υπολογίστε την τάση του νήματος και τη δύναμη που δέχεται το στερεό από τον άξονα περιστροφής Ο.
- Δ2. Κόβουμε το νήμα. Αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος υπολογίστε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από το Ο.
- Δ3. Το στερεό μετά το κόψιμο του νήματος στρέφεται χωρίς τριβές και άλλες αντιστάσεις σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από τον οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το Ο. Υπολογίστε το μέτρο της στροφορμής του όταν θα έχει στραφεί κατά γωνία  $\varphi$  από την αρχική του θέση με  $\eta\mu\varphi = \frac{5}{6}$ .
- Δ4. Μετά το κόψιμο του νήματος το σώμα Σ μάζας  $m_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση στον κατακόρυφο άξονα. Να γραφεί η εξίσωση της ταχύτητας του σώματος Σ σε σχέση με τον χρόνο, θεωρώντας ως θετική τη φορά προς τα επάνω και  $t = 0$  τη χρονική στιγμή που κόψαμε το νήμα.
- Δ5. Για την κατακόρυφη απλή αρμονική ταλάντωση του Σ, υπολογίστε την παραμόρφωση του ελατηρίου όταν για δεύτερη φορά το σώμα Σ έχει ταχύτητα μέτρου  $U = 0,6 \text{ m/s}$ .
  - Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
  - Οι ροπές αδράνειας ομογενούς δίσκου για άξονα που διέρχεται κάθετα από το κέντρο του  $I_{\text{CM, Δίσκου}} = \frac{1}{2}MR^2$  και λεπτής ομογενούς ράβδου για άξονα που διέρχεται κάθετα από το μέσο  $I_{\text{CM, Ράβδου}} = \frac{1}{12}mL^2$ .
  - Δίνεται ότι η όλη διάταξη βρίσκεται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο, στο οποίο είναι κάθετος ο οριζόντιος άξονας.
  - Για όλες τις κινήσεις θεωρούνται αμελητέες οι τριβές και οι αντιστάσεις.

**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.** Στα άκρα αντιστάτη με αντίσταση  $R$  εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση με εξίσωση  $v = 100\eta\mu(\omega t)$  (S.I.). Η αντίστοιχη ενεργός τάση είναι ίση με

- α)  $100\sqrt{2}$  V                      β) 50 V                      γ)  $50\sqrt{2}$  V                      δ)  $\frac{50}{\sqrt{2}}$  V

**A2.** Ένα σώμα εκτελεί σύνθετη κίνηση, που προέρχεται από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, ίδιου πλάτους  $A$ , ίδιας διεύθυνσης και ίδιας θέσης ισορροπίας. Οι συχνότητες των δύο ταλαντώσεων είναι  $f_1 = 398$  Hz και  $f_2 = 402$  Hz. Στην παραγόμενη σύνθετη κίνηση, σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου, το πλάτος μεγιστοποιείται

- α) 2 φορές.                      β) 4 φορές.                      γ) 400 φορές.                      δ) 800 φορές.

**A3.** Ένα στερεό σώμα αρχικά παραμένει ακίνητο, χωρίς να του ασκούνται δυνάμεις. Κάποια χρονική στιγμή ασκούμε δύο δυνάμεις  $\vec{F}_1$  και  $\vec{F}_2$  στο σώμα. Για να εκτελέσει το σώμα μόνο στροφική κίνηση, οι δυνάμεις αυτές θα πρέπει

- α) να είναι κάθετες μεταξύ τους.  
β) να έχουν μη συνευθειακές παράλληλες διευθύνσεις, αντίθετες φορές και άνισα μέτρα.  
γ) να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και να είναι αντίθετες.  
δ) να έχουν μη συνευθειακές παράλληλες διευθύνσεις, αντίθετες φορές και ίσα μέτρα.

**A4.** Σε κάθε κρούση δύο σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα

- α) διατηρείται μόνο η ορμή του συστήματος και όχι η ενέργεια του συστήματος.  
β) διατηρείται μόνο η ενέργεια του συστήματος και όχι η ορμή του συστήματος.  
γ) διατηρείται και η ορμή και η ενέργεια του συστήματος.  
δ) δεν διατηρείται η ορμή, ούτε η ενέργεια του συστήματος.

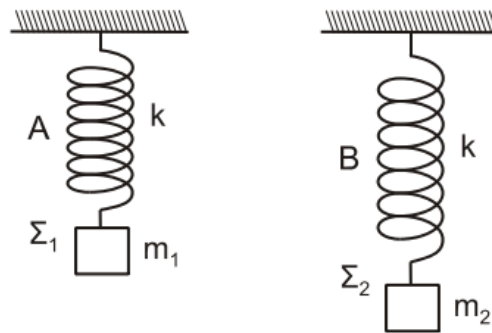
**A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

- α) Σε μία φθίνουσα ταλάντωση η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου και από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που ταλαντώνεται.  
β) Η σύνθετη κίνηση στερεού σώματος μπορεί να μελετηθεί ως επαλληλία μιας μεταφορικής και μιας στροφικής κίνησης.  
γ) Η ροή ενός ιδανικού ρευστού παρουσιάζει στροβίλους.  
δ) Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις ο διεγέρτης αφαιρεί συνεχώς ενέργεια από το σύστημα μέσω της διεγείρουσας δύναμης.  
ε) Η μονάδα μέτρησης της ροπής δύναμης ως προς σημείο ή άξονα είναι το 1 N/m.



## ΘΕΜΑ Β

- B1.** Δύο ίδια ιδανικά ελατήρια Α και Β σταθεράς  $k$  έχουν το πάνω άκρο τους στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο. Στο κάτω άκρο των ελατηρίων Α και Β είναι δεμένα και ισορροπούν δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ , μάζας  $m_1$  και  $m_2 = 4m_1$  (**Σχήμα 1**).



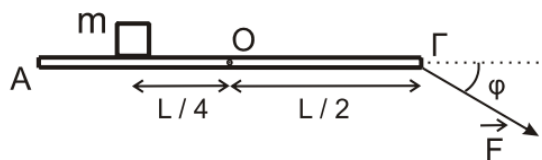
Σχήμα 1

Απομακρύνουμε τα δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  κατακόρυφα προς τα κάτω κατά  $d$  και τα αφήνουμε ελεύθερα την ίδια χρονική στιγμή ( $t=0$ ). Το σώμα  $\Sigma_1$  διέρχεται για πρώτη φορά από την αρχική θέση ισορροπίας του την χρονική στιγμή  $t_1$  και το σώμα  $\Sigma_2$  διέρχεται για πρώτη φορά από την αρχική θέση ισορροπίας του την χρονική στιγμή  $t_2$ . Για τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$  ισχύει ότι:

- i.  $t_2 = 4t_1$                       ii.  $t_2 = \frac{t_1}{4}$                       iii.  $t_2 = 2t_1$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Η λεπτή ράβδος ΑΓ (**Σχήμα 2**), μάζας  $M$  και μήκους  $L$ , μπορεί να στρέφεται γύρω από τον σταθερό οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το μέσο της  $O$  και είναι κάθετος σε αυτή. Σε απόσταση  $\frac{L}{4}$  από το μέσο  $O$  της ράβδου έχει τοποθετηθεί ομογενές σώμα μάζας  $m$  αμελητέων διαστάσεων.



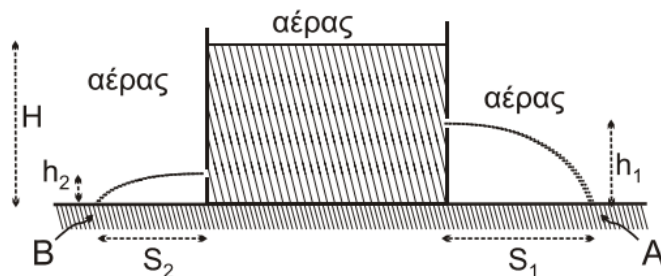
Σχήμα 2

Στο άκρο  $\Gamma$  της ράβδου ασκείται δύναμη  $F$  που σχηματίζει γωνία  $\varphi$  με την οριζόντια διεύθυνση και η ράβδος ΑΓ ισορροπεί στην οριζόντια θέση (**Σχήμα 2**). Το μέτρο της δύναμης  $F$  που ασκείται στο άκρο της ράβδου είναι ίσο με:

- i.  $\frac{mg}{2}$                       ii.  $\frac{mg}{2\sin\varphi}$                       iii.  $\frac{mg}{2\eta\mu\varphi}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Ένα ανοικτό κυλινδρικό δοχείο με σταθερά κατακόρυφα τοιχώματα βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο εντός του πεδίου βαρύτητας και περιέχει νερό μέχρι ύψους  $H$ . Ανοίγουμε 2 μικρές οπές στο δοχείο σε ύψος  $h_1 = \frac{H}{2}$  και  $h_2 = \frac{H}{5}$  πάνω από το οριζόντιο δάπεδο, αντίστοιχα (**Σχήμα 3**).



Σχήμα 3

Οι δύο φλέβες του νερού που εκρέουν από τις 2 μικρές οπές συναντούν το οριζόντιο δάπεδο στα σημεία Α και Β σε αποστάσεις  $S_1$  και  $S_2$  από τα άκρα της βάσης του δοχείου, αντίστοιχα.

Θεωρήστε ότι η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο ανοιχτό δοχείο είναι αμελητέα, ότι το νερό συμπεριφέρεται ως ιδανικό ρευστό και ότι η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή. Για τον λόγο των αποστάσεων  $S_1$  και  $S_2$  ισχύει:

i.  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{5}{4}$

ii.  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{5}{4}$

iii.  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{3}{2}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

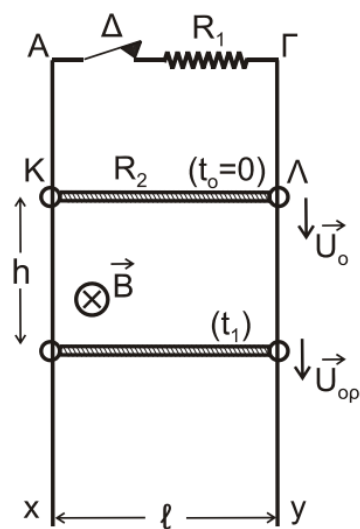
Οι κατακόρυφοι, μεγάλου μήκους, μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $\ell = 1\text{m}$  και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ συνδέονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 2\ \Omega$ . Αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell = 1\text{m}$ , μάζας  $m = 0,2\text{kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_2 = 6\ \Omega$  έχει τα άκρα του ΚΛ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς Αx και Γy και είναι κάθετος σε αυτούς, (Σχήμα 4).

Όλη η διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $B = 2\text{T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του σχήματος με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Αρχικά, ο αγωγός ΚΛ συγκρατείται ακίνητος και είναι δυνατόν να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές, παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος, χωρίς τα άκρα του Κ και Λ να χάνουν την επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αφήνουμε τον αγωγό ΚΛ ελεύθερο να κινηθεί προς τα κάτω.

- Γ1. Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , ο αγωγός ΚΛ έχει αποκτήσει οριακή ταχύτητα ( $U_{OP}$ ). Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας.  
Γ2. Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού  $V_{KL}$  στα άκρα του αγωγού ΚΛ, όταν αυτός κινείται με την οριακή του ταχύτητα.  
Γ3. Να υπολογίσετε τη θερμότητα που παράχθηκε σε καθέναν από τους αντιστάτες  $R_1$  και  $R_2$  σε χρόνο  $\Delta t = 4\text{ s}$  μετά τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

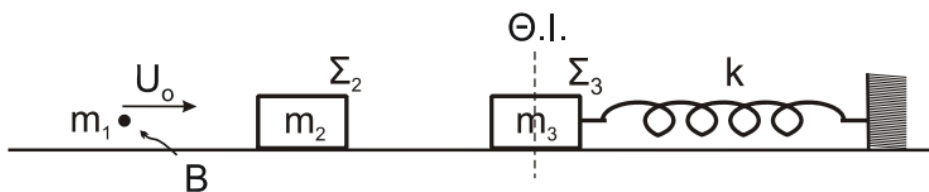


Σχήμα 4

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

**ΘΕΜΑ Δ**

Βλήμα Β μάζας  $m_1 = 0,5 \text{ kg}$ , κινούμενο με ταχύτητα μέτρου  $U_0 = 16 \text{ m/s}$ , συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1,5 \text{ kg}$ , που βρίσκεται ακίνητο σε λείο οριζόντιο επίπεδο, στην ευθεία κίνησης του βλήματος Β (Σχήμα 5), με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί συσσωμάτωμα (B- $\Sigma_2$ ).

**Σχήμα 5**

Σώμα  $\Sigma_3$ , μάζας  $m_3 = 2 \text{ kg}$ , ηρεμεί προσδεμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου, σταθεράς  $k = 200 \text{ N/m}$ , το οποίο είναι ακλόνητα στερεωμένο και μπορεί να κινείται στο ίδιο λείο οριζόντιο επίπεδο (Σχήμα 5).

Η κρούση του βλήματος Β με το σώμα  $\Sigma_2$  είναι ακαριαία.

- Δ1.** Να υπολογίσετε την κοινή ταχύτητα του συσσωματώματος (B- $\Sigma_2$ ).
- Δ2.** Να υπολογίσετε το ποσοστό της αρχικής κινητικής ενέργειας που έγινε θερμότητα κατά την κρούση του βλήματος Β με το σώμα  $\Sigma_2$ .

Αμέσως μετά την κρούση, το συσσωμάτωμα (B- $\Sigma_2$ ) συνεχίζει να κινείται και τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με το σώμα  $\Sigma_3$ , με αποτέλεσμα το σώμα  $\Sigma_3$  αμέσως μετά την κρούση να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

- Δ3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του συσσωματώματος (B- $\Sigma_2$ ), την ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_3$  αμέσως μετά την ελαστική κρούση, καθώς και το πλάτος της ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_3$ .
- Δ4.** Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή  $t_1$ , κατά την οποία το σώμα  $\Sigma_3$  ξανασυγκρούεται με το συσσωμάτωμα (B- $\Sigma_2$ ) και να υπολογίσετε την απόσταση του σώματος  $\Sigma_3$  από το συσσωμάτωμα (B- $\Sigma_2$ ) τη χρονική στιγμή  $t_2 = (t_1 + 5) \text{ s}$ .

- Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

**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.** Μονάδα μέτρησης της ροπής αδράνειας στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι
- 1 kg.
  - $1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{sec}^2$ .
  - $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .
  - 1 N·m.
- A2.** Κατά τη διάδοση ενός μηχανικού κύματος μεταφέρεται
- ενέργεια και ορμή.
  - ύλη και ενέργεια.
  - ύλη και ορμή.
  - ύλη.
- A3.** Ένα στερεό σώμα αρχικά ακίνητο, δέχεται μόνο 2 δυνάμεις, την  $\vec{F}_1$  και την  $\vec{F}_2$ , που είναι αντίθετες και δεν έχουν τον ίδιο φορέα. Το παραπάνω σώμα
- θα παραμείνει ακίνητο.
  - θα εκτελέσει μόνο στροφική κίνηση.
  - θα εκτελέσει μόνο μεταφορική κίνηση.
  - θα εκτελέσει σύνθετη κίνηση που αποτελείται από μία μεταφορική και μία στροφική κίνηση.
- A4.** Σε κάθε κρούση δύο σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα,
- διατηρείται η ορμή του συστήματος.
  - διατηρείται η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
  - διατηρείται και η ορμή και η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
  - δεν διατηρείται η ορμή, ούτε η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
- 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.
- Σε μία φθίνουσα ταλάντωση η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου και από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που ταλαντώνεται.
  - Η σύνθετη κίνηση στερεού σώματος μπορεί να μελετηθεί ως επαλληλία μιας μεταφορικής και μιας στροφικής κίνησης.
  - Η ροή ενός ιδανικού ρευστού παρουσιάζει στροβίλους.
  - Στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις ο διεγέρτης αφαιρεί συνεχώς ενέργεια από το σύστημα μέσω της διεγείρουσας δύναμης.
  - Η μονάδα μέτρησης της ροπής δύναμης ως προς σημείο ή άξονα είναι το  $1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

## ΘΕΜΑ Β

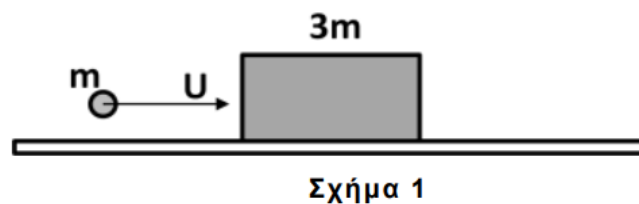
**B1.** Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας κινούμενο προς τη θέση μέγιστης απομάκρυνσης. Αν  $\Delta t_1$  είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να κινηθεί το σώμα από τη θέση ισορροπίας ( $x = 0$ ) μέχρι τη θέση  $x_1 = +\frac{A}{2}$  και  $\Delta t_2$  είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να κινηθεί το σώμα από τη θέση  $x_1 = +\frac{A}{2}$  έως τη θέση  $x_2 = +A$ , τότε:

- i.  $\Delta t_1 > \Delta t_2$                       ii.  $\Delta t_1 < \Delta t_2$                       iii.  $\Delta t_1 = \Delta t_2$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Σώμα μάζας  $m$  που κινείται με ταχύτητα  $U$  συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με αρχικά ακίνητο σώμα μάζας  $3m$  (**Σχήμα 1**). Το ποσοστό απώλειας ενέργειας του συστήματος κατά την πλαστική κρούση ισούται με:

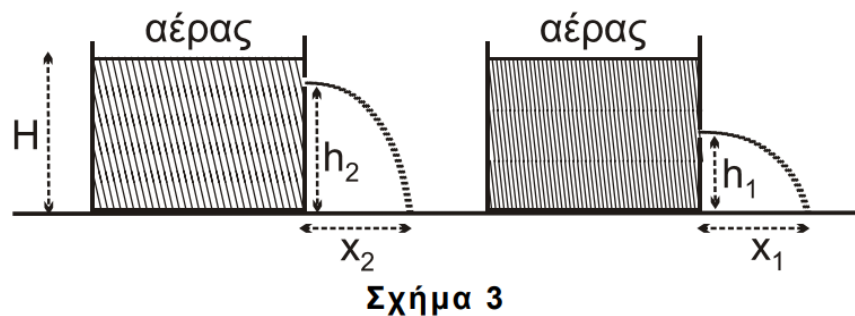


- i. 50%                                      ii. 25%                                      iii. 75%

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Δύο διαφορετικά ιδανικά υγρά 1 και 2 περιέχονται σε όμοια κυλινδρικά δοχεία που βρίσκονται σε οριζόντιο επίπεδο εντός του βαρυτικού πεδίου της γης. Το ύψος των υγρών και στα δύο δοχεία είναι ίσο με  $H$ . Το δοχείο που περιέχει το υγρό 1 φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_1$  από τη βάση του, ενώ το δοχείο με το υγρό 2, φέρει μικρή οπή στο πλευρικό τοίχωμα, σε ύψος  $h_2$  από τη βάση του, με  $h_2 > h_1$  (**Σχήμα 3**).



Από τις δύο οπές εξέρχονται τα υγρά 1 και 2 αντίστοιχα. (Θεωρήστε ότι η ταχύτητα με την οποία κατεβαίνει η στάθμη των υγρών στα ανοιχτά δοχεία είναι αμελητέα, τα υγρά συμπεριφέρονται ως ιδανικά ρευστά και η ατμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή).

Αν οι φλέβες των δύο υγρών πέφτουν στο οριζόντιο επίπεδο σε αποστάσεις  $x_1$  και  $x_2$  (βεληνεκή) από τα κατακόρυφα τοιχώματα και ισχύει  $x_1 = x_2$ , τότε η σχέση των δύο υψών  $h_1$  και  $h_2$  είναι:

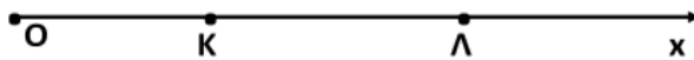
- i.  $h_1 + h_2 = H$                       ii.  $h_1 + h_2 = \frac{3H}{2}$                       iii.  $h_1 + h_2 = \frac{5H}{3}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ομογενές γραμμικό ελαστικό μέσο (χορδή) κατά μήκος της ημιευθείας  $Ox$  προς τη θετική κατεύθυνση. Η διάδοση του κύματος γίνεται χωρίς απώλειες ενέργειας. Η πηγή του κύματος βρίσκεται στο άκρο  $O$  της χορδής. Δύο υλικά σημεία της χορδής ίδιας στοιχειώδους μάζας  $\Delta m$  βρίσκονται στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  της χορδής, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3**.



Σχήμα 3

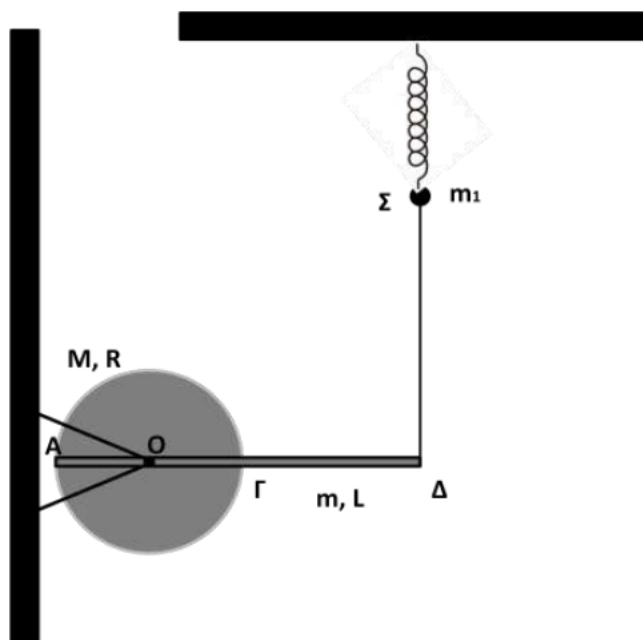
Τα υλικά σημεία  $K, \Lambda$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $(K\Lambda) = 0,2 \text{ m}$ . Το κύμα κατά τη διάδοσή του περνάει πρώτα από το σημείο  $K$  και μετά από το σημείο  $\Lambda$ . Θεωρούμε ως αρχή μέτρησης των αποστάσεων ( $x = 0$ ), τη θέση ισορροπίας του υλικού σημείου  $K$  και ως αρχή μέτρησης των χρόνων ( $t = 0$ ), τη χρονική στιγμή που το κύμα φτάνει για πρώτη φορά στο σημείο  $K$ . Το σημείο  $K$  τη στιγμή αυτή βρίσκεται στη θέση ισορροπίας του ( $y = 0$ ) και ξεκινά να κινείται προς τη θετική κατεύθυνση. Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$ , η κινητική του ενέργεια μεγιστοποιείται κάθε  $0,25 \text{ sec}$ . Παρατηρούμε ότι, μια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο  $\Lambda$  βρίσκεται σε κορυφή κύματος ( $y = +A$ ), το υλικό σημείο  $K$  βρίσκεται και αυτό σε κορυφή κύματος ( $y = +A$ ) και ανάμεσά τους υπάρχει ακόμα μια κορυφή κύματος ( $y = +A$ ). Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ακραίων θέσεων ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$  είναι  $0,04 \text{ m}$ .

- Γ1. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος  $\lambda$ , τη συχνότητα  $f$  και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
- Γ2. Να γράψετε την εξίσωση της ταχύτητας ταλάντωσης του υλικού σημείου  $\Lambda$  σε συνάρτηση με τον χρόνο. Αυξάνουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής χωρίς να αλλάξει το πλάτος του κύματος.
- Γ3. Να υπολογίσετε την αύξηση της συχνότητας  $\Delta f$  έτσι ώστε, όταν μια χρονική στιγμή τα υλικά σημεία  $K$  και  $\Lambda$  βρίσκονται σε κορυφές κυμάτων ( $y = +A$ ), ανάμεσά τους να υπάρχουν συνολικά 3 κορυφές κύματος ( $y = +A$ ).
- Γ4. Αν  $K_{\max,1}$  είναι η μέγιστη κινητική ενέργεια του υλικού σημείου  $K$  πριν την αλλαγή της συχνότητας  $f$  και  $K_{\max,2}$  η κινητική του ενέργεια μετά την αλλαγή της συχνότητας  $f$ , να υπολογίσετε την τιμή του λόγου  $\frac{K_{\max,1}}{K_{\max,2}}$ .

### ΘΕΜΑ Δ

Το στερεό του **σχήματος 4** αποτελείται από λεπτό ομογενή δίσκο μάζας  $M = 6 \text{ kg}$ , ακτίνας  $R = 0,2 \text{ m}$  και λεπτή άκαμπτη ομογενή ράβδο ( $A\Delta$ ) μάζας  $m = 3 \text{ kg}$ , μήκους  $L = 4R = 0,8 \text{ m}$ . Η ράβδος είναι συγκολλημένη στον δίσκο κατά μήκος της διαμέτρου  $A\Gamma$  του δίσκου με το μέσο της στο σημείο  $\Gamma$  της περιφέρειας του δίσκου. Το στερεό μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο  $O$  του δίσκου και είναι κάθετο σε αυτόν. Αρχικά, το στερεό ισορροπεί με τη βοήθεια του κατακόρυφου μη εκτατού νήματος, ώστε η ράβδος να είναι οριζόντια.

Το σώμα  $\Sigma$  αμελητέων διαστάσεων μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  του σχήματος είναι δεμένο στο κατακόρυφο νήμα αλλά και στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $K = 100 \text{ N/m}$ , του οποίου το πάνω άκρο είναι στερεωμένο ακλόνητα. Αρχικά και το σώμα  $\Sigma$  ισορροπεί.



Σχήμα 4

- Δ1. Κατά την αρχική ισορροπία των σωμάτων υπολογίστε την τάση του νήματος και τη δύναμη που δέχεται το στερεό από τον άξονα περιστροφής  $O$ .
- Δ2. Κόβουμε το νήμα. Αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος υπολογίστε το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης του στερεού ως προς τον άξονα περιστροφής στο  $O$ .
- Δ3. Το στερεό μετά το κόψιμο του νήματος στρέφεται χωρίς τριβές και άλλες αντιστάσεις σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από τον οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το  $O$ . Υπολογίστε το μέτρο της στροφορμής του όταν θα έχει στραφεί κατά γωνία  $\varphi = 90^\circ$  από την αρχική του θέση.
- Δ4. Μετά το κόψιμο του νήματος το σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση στον κατακόρυφο άξονα. Να γραφεί η εξίσωση της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma$  σε σχέση με τον χρόνο, θεωρώντας ως θετική τη φορά προς τα επάνω και  $t = 0$  τη χρονική στιγμή που κόψαμε το νήμα.

- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- Οι ροπές αδράνειας ομογενούς δίσκου για άξονα που διέρχεται κάθετα από το κέντρο του  $I_{\text{CM, Δίσκου}} = \frac{1}{2}MR^2$

και λεπτής ομογενούς ράβδου για άξονα που διέρχεται κάθετα από το μέσο  $I_{\text{CM, Ράβδου}} = \frac{1}{12}mL^2$ .

- Δίνεται ότι η όλη διάταξη βρίσκεται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο, στο οποίο είναι κάθετος ο οριζόντιος άξονας.
- Για όλες τις κινήσεις θεωρούνται αμελητέες οι τριβές και οι αντιστάσεις.

**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.** Η μαγνητική ροή  $\Phi$ , που διέρχεται από μια επίπεδη επιφάνεια εμβαδού  $S$ , η οποία βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο
- είναι μέγιστη, όταν η επιφάνεια είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.
  - είναι διανυσματικό μέγεθος.
  - είναι μέγιστη, όταν η επιφάνεια είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.
  - έχει μονάδα μέτρησης το 1 Tesla (1T).
- A2.** Σώμα εκτελεί κίνηση, που προέρχεται από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων, γύρω από το ίδιο σημείο ίδιου πλάτους και ίδιας διεύθυνσης, με συχνότητες  $f_1 = 199$  Hz και  $f_2 = 201$  Hz, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται διακροτήματα. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς μηδενισμούς του πλάτους είναι
- 1 s
  - $\frac{1}{200}$  s
  - $\frac{1}{400}$  s
  - 0,5 s
- A3.** Η γωνιακή επιτάχυνση ενός στερεού σώματος, που εκτελεί ομαλά μεταβαλλόμενη στροφική κίνηση γύρω από σταθερό άξονα περιστροφής
- έχει διεύθυνση κάθετη στον άξονα περιστροφής.
  - έχει κατεύθυνση αντίθετη από την κατεύθυνση του διανύσματος της μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας.
  - έχει κατεύθυνση ίδια με την κατεύθυνση του διανύσματος της μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας.
  - έχει κατεύθυνση ίδια με την κατεύθυνση του διανύσματος της αρχικής του γωνιακής ταχύτητας.
- A4.** Η υδροστατική πίεση στον οριζόντιο πυθμένα ενός ανοιχτού κυλινδρικού δοχείου με κατακόρυφα τοιχώματα, το οποίο περιέχει ιδανικό υγρό σε ισορροπία και βρίσκεται εντός βαρυτικού πεδίου
- είναι ανεξάρτητη από το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.
  - εξαρτάται από το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.
  - είναι ανεξάρτητη από την πυκνότητα του υγρού.
  - εξαρτάται από το εμβαδόν του πυθμένα του δοχείου.
- 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.
- Η ροπή ζεύγους δυνάμεων είναι ίδια ως προς οποιοδήποτε σημείο του επιπέδου που αυτές ορίζουν.
  - Η ροή ενός ιδανικού ρευστού παρουσιάζει στροβίλους.
  - Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ενός ραβδόμορφου μαγνήτη δεν τέμνονται και είναι πάντα κλειστές.
  - Ο κανόνας του Lenz είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
  - Η ένταση του μαγνητικού πεδίου κοντά στα άκρα ρευματοφόρου σωληνοειδούς έχει μέτρο ίσο με το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς.



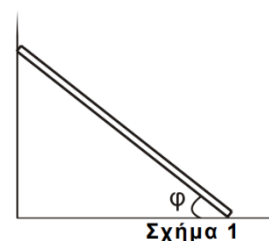
**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Λεπτή ομογενής σκάλα βάρους  $w$  ισορροπεί, ακουμπώντας σε λείο κατακόρυφο τοίχο και τραχύ οριζόντιο δάπεδο, όπως στο **σχήμα 1**. Εάν  $\mu$  ο συντελεστής οριακής στατικής τριβής μεταξύ σκάλας και οριζοντίου δαπέδου, τότε η ελάχιστη τιμή της εφαπτομένης της γωνίας  $\varphi$ , για την οποία η σκάλα ισορροπεί, είναι ίση με

i.  $\epsilon\varphi\varphi = \frac{1}{\mu}$

ii.  $\epsilon\varphi\varphi = \frac{1}{2\mu}$

iii.  $\epsilon\varphi\varphi = \frac{3}{2\mu}$



Σχήμα 1

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

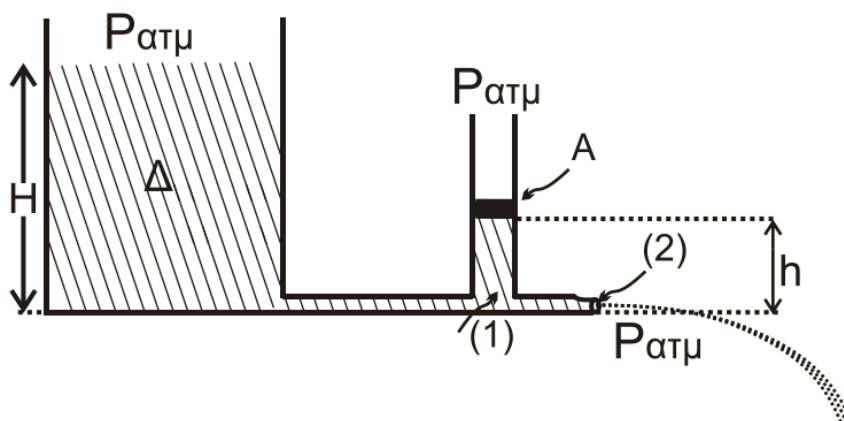
**B2.** Ιδανικό ρευστό πυκνότητας  $\rho$  ρέει από δεξαμενή ( $\Delta$ ) μεγάλης διατομής μέσω οριζόντιου λεπτού σωλήνα, του οποίου το εμβαδό  $\nu$  διατομής ελαττώνεται στο μισό στο σημείο (2) όπου το ρευστό εξέρχεται στην ατμόσφαιρα. Λεπτός κατακόρυφος σωλήνας εμβαδού διατομής  $A$  προσαρμόζεται στο σημείο (1), όπως φαίνεται στο **σχήμα 2** στην ελεύθερη επιφάνεια του οποίου προσαρμόζεται έμβολο βάρους  $w$  που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές και έχει επίσης εμβαδό  $\nu A$ . Εάν το ύψος του ρευστού στη δεξαμενή είναι  $H$  και στο λεπτό κατακόρυφο σωλήνα είναι  $h = H/4$ , τότε το βάρος του εμβόλου ισούται με

i.  $w = \frac{\rho g H A}{2}$

ii.  $w = \frac{\rho g H A}{4}$

iii.  $w = \frac{\rho g H A}{3}$

Όπου  $g$  η βαρυτική επιτάχυνση.



Σχήμα 2

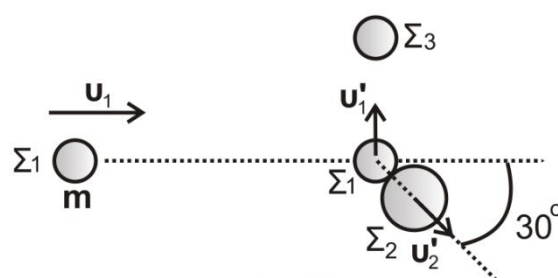
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Σε λείο οριζόντιο επίπεδο σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας που κινείται με ταχύτητα  $u_1$ , συγκρούεται ελαστικά, αλλά όχι κεντρικά, με δεύτερη σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 2m$ , η οποία είναι αρχικά ακίνητη.

Αμέσως μετά την κρούση, η σφαίρα  $\Sigma_1$  κινείται κάθετα στην αρχική της διεύθυνση με ταχύτητα  $u'_1$  και η σφαίρα  $\Sigma_2$  κινείται με ταχύτητα  $u'_2$  σε διεύθυνση που

σηματίζει γωνία  $30^\circ$  με την αρχική διεύθυνση κίνησης της σφαίρας  $\Sigma_1$ . Στη συνέχεια, η σφαίρα  $\Sigma_1$



Σχήμα 3

συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με ακίνητη σφαίρα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = m$  που βρίσκεται ακίνητη στο ίδιο λείο οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται σε κάτοψη στο **σχήμα 3**.

Ο λόγος της τελικής κινητικής ενέργειας του συσσωματώματος των σφαιρών  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_3$  προς την αρχική κινητική ενέργεια της σφαίρας  $\Sigma_1$ , πριν την κρούση της με τη σφαίρα  $\Sigma_2$ , είναι ίσος με:

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

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

iii.  $\frac{1}{6}$

Δίνονται:  $\eta_{\mu 30^\circ} = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma_{\nu 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

Να θεωρήσετε ότι:

- όλες οι σφαίρες είναι μικρών διαστάσεων,
- όλες οι κρούσεις είναι ακαριαίες,
- τα σώματα δεν αναπηδούν κατά την κρούση,
- κατά τις κρούσεις, δεν έχουμε απώλεια μάζας.

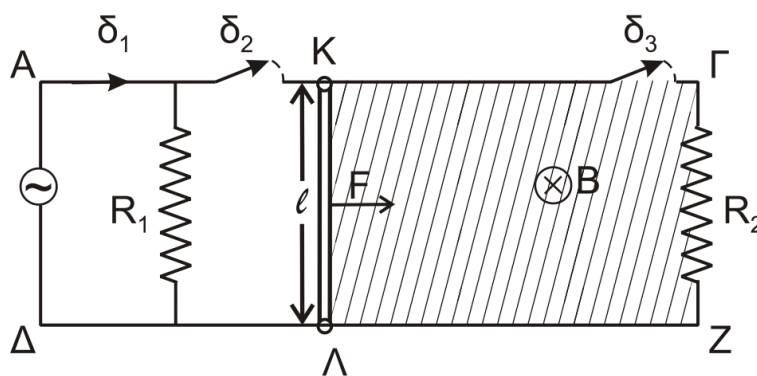
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Στο **σχήμα 4** οι αγωγοί ΑΓ, ΔΖ, μεγάλου μήκους, βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, είναι παράλληλοι μεταξύ τους, απέχουν  $\ell = 1 \text{ m}$  και έχουν μηδενική ωμική αντίσταση. Η ράβδος ΚΛ έχει μήκος  $\ell = 1 \text{ m}$  μάζα  $m = 0,5 \text{ kg}$ , αντίσταση  $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \Omega$  και αρχικά είναι ακίνητη. Η ράβδος ΚΛ μπορεί να κινείται χωρίς τριβές, παραμένοντας συνεχώς κάθετη και σε επαφή με τους αγωγούς ΑΓ, ΔΖ.

Η γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος που συνδέεται στα άκρα Α, Δ περιέχει αγωγίμο πλαίσιο μηδενικής αντίστασης, το οποίο στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  γύρω από άξονα που βρίσκεται στο επίπεδό του και είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Η χρονική εξίσωση της στιγμιαίας τιμής της εναλλασσόμενης τάσης που εμφανίζεται στο πλαίσιο είναι  $v = V \cdot \eta_{\mu}(50\pi t)$  (S.I.). Οι αντιστάτες που φαίνονται στο **σχήμα 4** έχουν τιμές  $R_1 = 6 \Omega$  και  $R_2 = 3 \Omega$ . Από την αρχική θέση της ράβδου ΚΛ και στον χώρο δεξιά απ' αυτήν, υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς αυτήν, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4** και καλύπτει όλη τη γραμμοσκιασμένη περιοχή.



Σχήμα 4

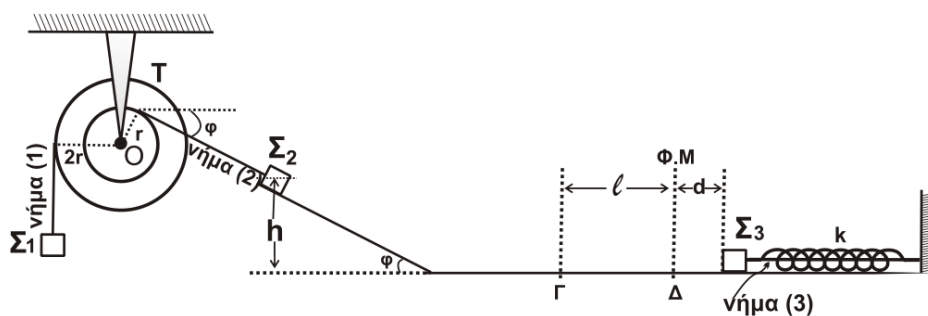
- Γ1.** Αρχικά, ο διακόπτης  $\delta_1$  είναι κλειστός και οι  $\delta_2, \delta_3$  είναι ανοικτοί. Τότε, η μέση ισχύς στον αντιστάτη  $R_1$  ισούται με  $12 \text{ W}$ . Υπολογίστε το πλάτος της τάσης  $V$  και την ενεργό ένταση του ρεύματος στον αντιστάτη  $R_1$ .
- Γ2.** Διατηρώντας τον διακόπτη  $\delta_1$  κλειστό και ανοιχτούς τους διακόπτες  $\delta_2$  και  $\delta_3$ , διπλασιάζουμε τη συχνότητα περιστροφής του πλαισίου στη γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης. Η στιγμιαία τιμή της τάσης που παράγεται τότε έχει τη μορφή  $v' = V' \cdot \eta\mu(\omega't)$ . Να γραφεί η χρονική εξίσωση της στιγμιαίας ισχύος στον αντιστάτη  $R_1$  και να υπολογιστεί η τιμή της τη χρονική στιγμή  $5 \cdot 10^{-3} \text{ sec}$ .
- Γ3.** Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , ανοίγουμε τον διακόπτη  $\delta_1$  και ασκούμε στο μέσο της ράβδου ΚΛ σταθερή οριζόντια δύναμη, κάθετη στη ράβδο μέτρου  $F = 0,5 \text{ N}$  με φορά, όπως στο **σχήμα 4**. Τη στιγμή  $2 \text{ sec}$  κλείνουμε τους διακόπτες  $\delta_2$  και  $\delta_3$  και παρατηρούμε ότι έκτοτε η ράβδος κινείται με σταθερή ταχύτητα. Υπολογίστε το μέτρο της έντασης  $B$  του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο κινείται η ράβδος.
- Γ4.** Για το χρονικό διάστημα  $0$  έως  $5 \text{ sec}$ , να υπολογίσετε το ποσοστό επί τοις εκατό του έργου της  $F$  που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη  $R_2$ .

### ΘΕΜΑ Δ

Η ομογενής τροχαλία  $T$  του **σχήματος 5** μάζας  $M = 1,5 \text{ kg}$ , αποτελείται από δύο κυκλικά τμήματα ακτίνων  $r$  και  $2r$  αντίστοιχα, κολλημένα μεταξύ τους που στην περιφέρειά τους φέρουν λεπτή εγκοπή.

Η τροχαλία  $T$  μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της  $O$ . Στο εξωτερικό κυκλικό τμήμα της τροχαλίας είναι τυλιγμένο λεπτό αβαρές νήμα (1), στο ελεύθερο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$ . Στο εσωτερικό κυκλικό τμήμα της τροχαλίας είναι τυλιγμένο λεπτό αβαρές νήμα (2), στο άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σώμα  $\Sigma_2$ , μάζας  $m_2 = 5 \text{ kg}$  που βρίσκεται σε λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης  $\varphi$  ( $\eta\mu\varphi = 0,6$  και  $\sigma\eta\mu\varphi = 0,8$ ). Στη συνέχεια της βάσης του κεκλιμένου επιπέδου, βρίσκεται λείο οριζόντιο επίπεδο μεγάλου μήκους. Το σύστημα της τροχαλίας και των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ισορροπεί στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο.

Σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = 5 \text{ kg}$  ισορροπεί δεμένο στο ελεύθερο άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Το σώμα  $\Sigma_3$  είναι δεμένο με νήμα (3) με το ελατήριο συμπιεσμένο κατά  $d = 0,2 \text{ m}$  από τη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου.



Σχήμα 5

- Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα  $m_1$  και το μέτρο της δύναμης που δέχεται η τροχαλία  $T$  από τον άξονα. Κόβουμε ταυτόχρονα τα νήματα (1) και (2) και απομακρύνουμε το σώμα  $\Sigma_1$ . Το σώμα  $\Sigma_2$  που βρίσκεται σε ύψος  $h = 1,8 \text{ m}$  από το οριζόντιο επίπεδο, αρχίζει να κατέρχεται στο κεκλιμένο επίπεδο και, αφού φτάσει στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου, συνεχίζει (χωρίς να παρατηρείται φαινόμενο αναπήδησης και χωρίς να μεταβάλλεται το μέτρο της ταχύτητάς του) την κίνησή του στο λείο οριζόντιο επίπεδο.

Όταν το σώμα  $\Sigma_2$  βρίσκεται στο σημείο  $\Gamma$  του οριζοντίου επιπέδου που απέχει απόσταση  $\ell = \frac{3\pi}{5}$  m από τη θέση  $\Delta$  στην οποία το ελατήριο βρίσκεται στο φυσικό του μήκος, κόβεται το νήμα (3) και το σώμα  $\Sigma_3$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ . Το σώμα  $\Sigma_3$  συγκρούεται κεντρικά ελαστικά για πρώτη φορά με το σώμα  $\Sigma_2$  στη θέση  $\Delta$  φυσικού μήκους του ελατηρίου.

- Δ2.** Να δείξετε ότι η σταθερά  $k$  του ελατηρίου είναι ίση με  $125 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .
- Δ3.** Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης σε συνάρτηση με τον χρόνο για την απλή αρμονική ταλάντωση που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_3$  αμέσως μετά την κρούση ( $t = 0$  η στιγμή της κρούσης και θετική κατεύθυνση η κατεύθυνση της κίνησης του σώματος  $\Sigma_3$  πριν την κρούση του με το σώμα  $\Sigma_2$ ).
- Δ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_3$ , τη χρονική στιγμή που η κινητική ενέργεια της ταλάντωσής του είναι οκταπλάσια της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσής του, για πρώτη φορά μετά την κρούση με το σώμα  $\Sigma_2$ , καθώς και την απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_3$  την ίδια χρονική στιγμή.
- Δ5.** Να υπολογίσετε την απόσταση των σωμάτων  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  τη χρονική στιγμή που το σώμα  $\Sigma_3$  διέρχεται από τη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου για πρώτη φορά μετά την κρούση με το σώμα  $\Sigma_2$ .

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,
- η σταθερά  $\pi$  είναι περίπου ίση με 3,14.

Να θεωρήσετε ότι:

- η κρούση είναι ακαριαία,
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα,
- κατά την κρούση, δεν έχουμε απώλεια μάζας,
- ο χαρακτηρισμός «λεπτό νήμα» αφορά νήμα αμελητέου πάχους,
- τα σχήματα δεν είναι υπό κλίμακα,
- το οριζόντιο επίπεδο είναι μεγάλου μήκους και οι κινήσεις των σωμάτων,  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  για το ερώτημα Δ5 πραγματοποιούνται εξ ολοκλήρου στο οριζόντιο επίπεδο.

**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.** Η εναλλασσόμενη τάση που αναπτύσσεται στα άκρα ενός πλαισίου, που περιστρέφεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , έχει τη μορφή  $v = V \cdot \eta\mu\omega t$ .

Αν διπλασιαστεί η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου, η εναλλασσόμενη τάση θα έχει τη μορφή:

**α)**  $v = V \cdot \eta\mu\omega t$

**β)**  $v = V \cdot \eta\mu 2\omega t$

**γ)**  $v = 2V \cdot \eta\mu 2\omega t$

**δ)**  $v = 2V \cdot \eta\mu\omega t$

**A2.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε σωλήνα μεταβλητής διατομής που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο. Σε ένα τμήμα του σωλήνα όπου η διατομή είναι  $A$ , η ταχύτητα είναι ίση με  $v$ . Σε ένα άλλο τμήμα του σωλήνα διατομής  $A/2$ :

**α)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v/2$ .

**β)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v/4$ .

**γ)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v$ .

**δ)** παροχή του ρευστού παραμένει σταθερή.

**A3.** Σε μια μηχανική ταλάντωση της οποίας το πλάτος μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ , όπου  $A_0$  είναι το αρχικό πλάτος της ταλάντωσης και  $\lambda$  είναι μια θετική σταθερά, ισχύει ότι:

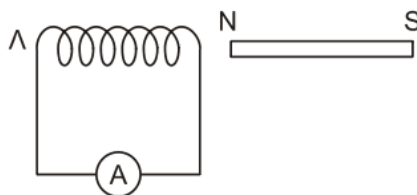
**α)** το μέτρο της δύναμης που προκαλεί την απόσβεση είναι σταθερό.

**β)** η περίοδος  $T$  της ταλάντωσης διατηρείται σταθερή για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης  $b$ .

**γ)** περίοδος της ταλάντωσης μειώνεται με τον χρόνο για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης.

**δ)** το μέτρο της δύναμης που προκαλεί την απόσβεση είναι ανάλογο της απομάκρυνσης.

**A4.** Στο κύκλωμα του **σχήματος 1** το πηνίο συγκρατείται ακίνητο.



**Σχήμα 1**

**α)** όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N)

**β)** όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται νότιος πόλος (S)

**γ)** όταν ο μαγνήτης πλησιάζει το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N)

**δ)** όταν ο μαγνήτης μένει ακίνητος, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N).

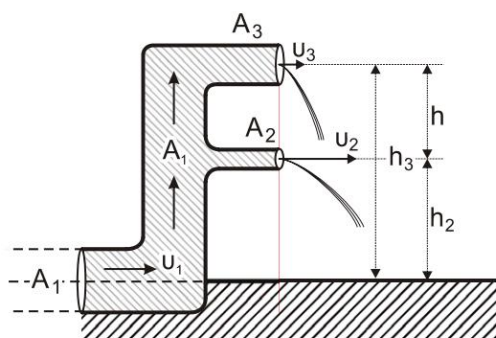
**A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

**α)** Δύο ρευματικές γραμμές ενός ρευστού δεν μπορούν να τέμνονται.

- β) Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση κατά τον συντονισμό η ενέργεια μεταφέρεται από τον διεγέρτη στο ταλαντούμενο σύστημα κατά τον βέλτιστο τρόπο.
- γ) Η μονάδα μέτρησης της μαγνητικής διαπερατότητας κάποιου υλικού στο σύστημα SI είναι το 1 Wb (1 Weber).
- δ) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού μεγάλου μήκους είναι ανοιχτές.
- ε) Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση εναλλασσόμενων τάσεων και ρευμάτων δείχνουν ενεργές τιμές.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Σε έναν οριζόντιο σωλήνα μεγάλου μήκους σταθερής διατομής  $A_1$ , κινείται ιδανικό ρευστό πυκνότητας  $\rho$ , με ταχύτητα  $u_1$ . Το τελικό τμήμα του σωλήνα είναι κατακόρυφο και καταλήγει σε δύο οριζόντιους σωλήνες σταθερής διατομής  $A_2 = 0,3A_1$  και  $A_3 = 0,6A_1$ , από τους οποίους το ιδανικό ρευστό εξέρχεται στην ατμόσφαιρα (σχήμα 2).



Σχήμα 2

Οι οριζόντιοι σωλήνες απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $h$  και βρίσκονται σε ύψη  $h_2$  και  $h_3$  αντίστοιχα από το έδαφος.

Το ιδανικό ρευστό εξέρχεται από τους οριζόντιους σωλήνες με ταχύτητες  $u_2$  και  $u_3$  αντίστοιχα για τις οποίες ισχύει  $u_2 = 3u_3$ . Στο τμήμα του σωλήνα διατομής  $A_1$  η κινητική ενέργεια του ιδανικού ρευστού ανά μονάδα όγκου είναι ίση με:

i.  $\frac{9}{32}\rho \cdot g \cdot h$

ii.  $\frac{3}{8}\rho \cdot g \cdot h$

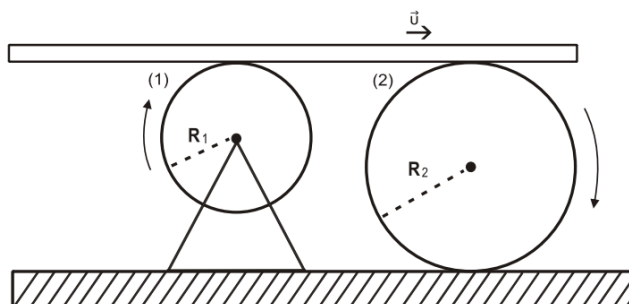
iii.  $\frac{8}{9}\rho \cdot g \cdot h$

Όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $h = h_3 - h_2$ .

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Λεπτή σανίδα κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ , χωρίς να ολισθαίνει, πάνω σε δύο τροχούς (1) και (2) αντίστοιχα όπως στο σχήμα 3. Ο τροχός (1) ακτίνας  $R_1$  περιστρέφεται γύρω από σταθερό άξονα χωρίς τριβές και ο τροχός (2) ακτίνας  $R_2 = \lambda \cdot R_1$  (όπου  $\lambda > 1$ ) κυλίεται χωρίς να ολισθαίνει. Όταν η σανίδα σε χρόνο  $t$  έχει μετακινηθεί κατά  $x$  οι δύο τροχοί έχουν κάνει  $N_1$  και  $N_2$  περιστροφές αντίστοιχα. Ο λόγος των περιστροφών



Σχήμα 3

των δύο κυλίνδρων είναι ίσος με:

i.  $\lambda$

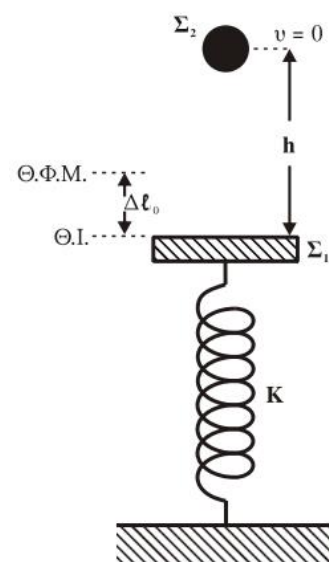
ii.  $2\lambda$

iii.  $4\lambda$

Η σανίδα δεν χάνει την επαφή της κατά τη διάρκεια της κίνησης της πάνω στους δύο τροχούς.

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
 β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $K$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο στο δάπεδο. Το ελατήριο είναι συμπιεσμένο κατά  $\Delta \ell_0$  σε σχέση με το φυσικό του μήκος όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**. Από ύψος  $h = 3\Delta \ell_0$  πάνω από το  $\Sigma_1$  στην ίδια κατακόρυφο με τον άξονα του ελατηρίου αφήνεται ελεύθερο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = m_1$ , το οποίο συγκρούεται ακαριαία με το  $\Sigma_1$  κεντρικά και πλαστικά.



Σχήμα 4

Το συσσωμάτωμα που προκύπτει αμέσως μετά την κρούση εκτελεί αμείωτη απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = K$  και πλάτος  $A$ .

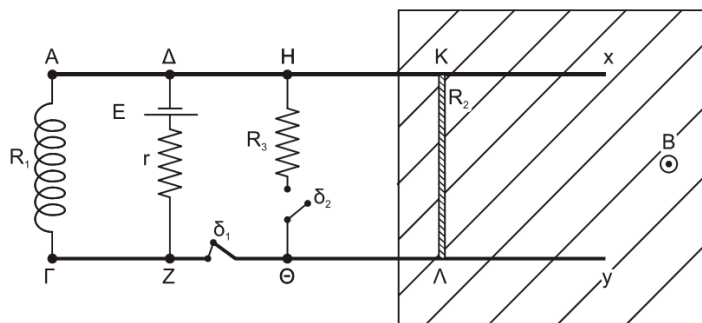
Το πλάτος  $A$  της απλής αρμονικής ταλάντωσης του συσσωματώματος είναι ίσο με:

- i.  $\frac{2m \cdot g}{K}$                       ii.  $\frac{3m \cdot g}{K}$                       iii.  $\frac{4m \cdot g}{K}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
 β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Οι δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί,  $Ax$  και  $\Gamma y$  του **σχήματος 5**, έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $L = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα τους  $A$  και  $\Gamma$  συνδέονται με σωληνοειδές ωμικής αντίστασης  $R_1 = 6 \Omega$ , του οποίου ο αριθμός των σπειρών ανά μονάδα μήκους είναι  $n = N/l = 200$  σπείρες/m.



Σχήμα 5

Στα σημεία  $\Delta$  και  $Z$  των παράλληλων αγωγών έχει

συνδεθεί ηλεκτρική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 24 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 2 \Omega$ . Στα σημεία  $H$  και  $\Theta$  συνδέεται αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_3 = 1 \Omega$  σε σειρά με τον διακόπτη  $\delta_2$ , ενώ μεταξύ των σημείων  $Z$  και  $\Theta$  παρεμβάλλεται διακόπτης  $\delta_1$ .

Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός  $KL$ , μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ , μήκους  $L = 1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_2 = 3 \Omega$ , του οποίου τα άκρα βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με τους αγωγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$  και μπορεί να ολισθαίνει παραμένοντας συνεχώς κάθετος σε αυτούς. Στην γραμμοσκιασμένη περιοχή του επιπέδου των αγωγών  $Ax$  και  $\Gamma y$  εφαρμόζεται εξωτερικό ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B = 1 \text{ T}$  (**σχήμα 5**), του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο αυτό, με φορά από την σελίδα προς τον αναγνώστη.

Αρχικά ο διακόπτης  $\delta_1$  είναι κλειστός και ο διακόπτης  $\delta_2$  ανοικτός. Ο αγωγός  $KL$  ισορροπεί οριακά λόγω τριβής, που εμφανίζεται στα σημεία επαφής  $K$  και  $\Lambda$ , συνολικού μέτρου  $T$ .

Γ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης τριβής  $T$ .

Γ2. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο μέσον του άξονα του σωληνοειδούς. Θεωρείστε πως τα δύο μαγνητικά πεδία δεν αλληλεπιδρούν.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη  $\delta_2$  και ανοίγουμε τον διακόπτη  $\delta_1$ . Την ίδια στιγμή στο μέσον του αγωγού ΚΛ και κάθετα σε αυτόν ασκείται κατάλληλη δύναμη  $F$  με φορά προς τα δεξιά, ώστε αυτός να κινείται με σταθερή επιτάχυνση  $a = 4 \text{ m/s}^2$  ίδιας κατεύθυνσης με την δύναμη  $F$ .

Γ3. Να γράψετε τη σχέση που δίνει την εξωτερική δύναμη σε συνάρτηση με τον χρόνο  $F = F(t)$ .

Η συνολική τριβή του αγωγού ΚΛ με τους οριζόντιους αγωγούς σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του είναι ίση με  $T$ .

Γ4. Να υπολογίσετε το επαγωγικό φορτίο που πέρασε από μία διατομή του αγωγού, ΚΛ στο χρονικό διάστημα από  $t_0 = 0$  έως  $t_1 = 1 \text{ s}$ .

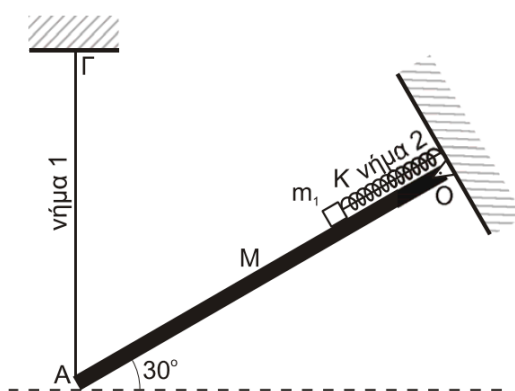
Η διάταξη κατά τη διάρκεια της κίνησης του αγωγού ΚΛ παραμένει ακίνητη.

$$\text{Δίνεται } K_{\mu} = 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}.$$

### ΘΕΜΑ Δ

Η ομογενής λεπτή, λεία ράβδος ΟΑ του **σχήματος 6** μάζας  $M = 8 \text{ kg}$  και μήκους  $L = 2 \text{ m}$  είναι αρθρωμένη στο άκρο της Ο και μπορεί να στρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο ακλόνητο άξονα κάθετο στο επίπεδο του σχεδίου. Η ράβδος ισορροπεί δεμένη, στο άκρο της Α, από κατακόρυφο αβαρές, μη εκτατό νήμα 1 το πάνω άκρο του οποίου είναι ακλόνητα δεμένο στο Γ. Η ράβδος και το νήμα βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο και η ράβδος σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με την οριζόντια διεύθυνση.

Επάνω στη ράβδο ισορροπεί σώμα μάζας  $m_1 = 4 \text{ kg}$ , μικρών διαστάσεων, που είναι δεμένο σε ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $K$  και σε αβαρές μη εκτατό νήμα 2 τα οποία είναι παράλληλα στη ράβδο και τα επάνω άκρα τους είναι ακλόνητα στερεωμένα (**σχήμα 6**). Στη θέση αυτή το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος και το σώμα  $m_1$  βρίσκεται στη θέση Δ, όπου  $ΟΔ = 0,5 \text{ m}$ .



Σχήμα 6

Δ1. Υπολογίστε τη δύναμη που δέχεται η ράβδος από το νήμα 1 στο άκρο της Α.

Δ2. Κάποια χρονική στιγμή κόβεται το νήμα 2 οπότε το σώμα  $m_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, με σταθερά επαναφοράς  $D = K$ , επάνω στη λεία ράβδο με ολική ενέργεια  $E = 2 \text{ J}$ . Γράψτε τη χρονική εξίσωση



της κινητικής ενέργειας ταλάντωσης της  $m_1$  ως προς το χρόνο. Θεωρήστε  $t = 0$  τη χρονική στιγμή που κόβεται το νήμα και θετική φορά από το Α προς το Ο.

Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος μάζας  $m_1$  δεύτερο μικρό σώμα μάζας  $m_2 = m_1$  που εκτοξεύεται από το άκρο Α της ράβδου, συγκρούεται κεντρικά ελαστικά (ακαριαία) με το σώμα μάζας  $m_1$ , έχοντας ακριβώς πριν την κρούση με το σώμα μάζας  $m_1$ , ταχύτητα μέτρου  $u_2$ , παράλληλη στη ράβδο με φορά προς τα επάνω. Τη στιγμή αυτή το σώμα  $m_1$  έχει απομάκρυνση  $x_1$ , όπου  $x_1 < 0$  (το σώμα μάζας  $m_2$  μετά την κρούση απομακρύνεται).

**Δ3.** Να βρεθεί η απομάκρυνση  $x_1$  ώστε το σώμα  $m_1$  αμέσως μετά την κρούση να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με το μέγιστο δυνατό πλάτος.

**Δ4.** Αν δίνεται πως το νέο πλάτος ταλάντωσης της σώματος μάζας  $m_1$  ισούται με 0,4 m, υπολογίστε την ταχύτητα  $u_2$  του σώματος μάζας  $m_2$ .

Η ράβδος παραμένει σε ισορροπία σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου και δίνονται:  $\eta\mu 30^\circ = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma\upsilon\nu 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$  και

η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**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.** Η εναλλασσόμενη τάση που αναπτύσσεται στα άκρα ενός στρεφόμενου αγωγού, μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, έχει τη μορφή  $v = V \cdot \eta\mu\omega t$ .

Αν διπλασιαστεί η συχνότητα περιστροφής του πλαισίου, η εναλλασσόμενη τάση θα έχει τη μορφή:

**α)**  $v = V \cdot \eta\mu\omega t$

**β)**  $v = V \cdot \eta\mu 2\omega t$

**γ)**  $v = 2V \cdot \eta\mu 2\omega t$

**δ)**  $v = 2V \cdot \eta\mu\omega t$

**A2.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε σωλήνα μεταβλητής διατομής που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο. Σε ένα τμήμα του σωλήνα όπου η διατομή είναι  $A$ , η ταχύτητα είναι ίση με  $v$ . Σε ένα άλλο τμήμα του σωλήνα διατομής  $A/2$ :

**α)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v/2$ .

**β)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v/4$ .

**γ)** η ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με  $v$ .

**δ)** παροχή του ρευστού παραμένει σταθερή.

**A3.** Σε μια μηχανική ταλάντωση της οποίας το πλάτος μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ , όπου  $A_0$  είναι το αρχικό πλάτος της ταλάντωσης και  $\lambda$  είναι μια θετική σταθερά, ισχύει ότι:

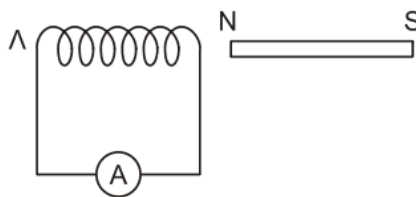
**α)** το μέτρο της δύναμης που προκαλεί την απόσβεση είναι σταθερό.

**β)** η περίοδος  $T$  της ταλάντωσης διατηρείται σταθερή για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης  $b$ .

**γ)** περίοδος της ταλάντωσης μειώνεται με τον χρόνο για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης.

**δ)** το μέτρο της δύναμης που προκαλεί την απόσβεση είναι ανάλογο της απομάκρυνσης.

**A4.** Στο κύκλωμα του παρακάτω **σχήματος 1**:



**Σχήμα 1**

**α)** όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N).

**β)** όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται νότιος πόλος (S).

**γ)** όταν ο μαγνήτης πλησιάζει το πηνίο, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N).

**δ)** όταν ο μαγνήτης μένει ακίνητος, στο άκρο  $\Lambda$  του πηνίου εμφανίζεται βόρειος πόλος (N).

**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)** Δύο ρευματικές γραμμές ενός ρευστού δεν μπορούν να τέμνονται.

- β) Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση κατά τον συντονισμό η ενέργεια μεταφέρεται από τον διεγέρτη στο ταλαντούμενο σύστημα κατά τον βέλτιστο τρόπο.
- γ) Η μονάδα μέτρησης της μαγνητικής διαπερατότητας κάποιου υλικού στο σύστημα SI είναι το 1 Wb (1 Weber).
- δ) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού μεγάλου μήκους είναι ανοιχτές.
- ε) Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση εναλλασσόμενων τάσεων και ρευμάτων δείχνουν ενεργές τιμές.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Δύο ευθύγραμμοι παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί (1) και (2) μεγάλου μήκους βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους. Οι αγωγοί διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα εντάσεων  $I_1, I_2$  αντίστοιχα με  $I_2 = 2I_1$ .

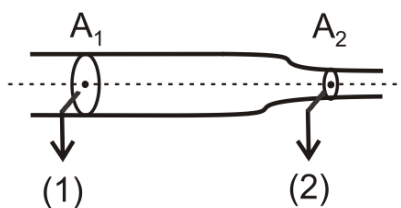
Στο μέσο της απόστασης  $r$ , το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν είναι ίσο με:

- i. 0                                      ii.  $K_\mu \frac{4I_1}{r}$                                       iii.  $K_\mu \frac{2I_1}{r}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ο οριζόντιος σωλήνας του σχήματος 2 έχει σε δύο σημεία του (1) και (2), που ανήκουν στην ίδια ρευματική γραμμή, εμβαδά διατομής  $A_1$  και  $A_2$  αντίστοιχα, με  $A_1 = 2A_2$ . Ο σωλήνας διαρρέεται από ιδανικό ρευστό πυκνότητας  $\rho$ . Η ταχύτητα του ρευστού στο σημείο (1) της διατομής  $A_1$  έχει μέτρο  $v_1$ .



Σχήμα 2

Η διαφορά πίεσης μεταξύ των σημείων (1) και (2) των δύο διατομών είναι ίση με:

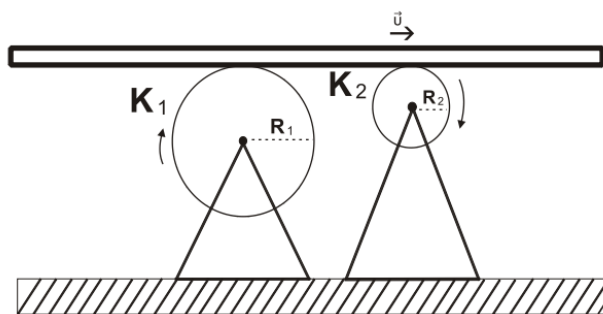
- i.  $\frac{1}{3}\rho v_1^2$                                       ii.  $\frac{2}{3}\rho v_1^2$                                       iii.  $\frac{3}{2}\rho v_1^2$

Η σανίδα δεν χάνει την επαφή της κατά τη διάρκεια της κίνησης της πάνω στους δύο τροχούς.

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Λεπτή σανίδα κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα χωρίς να ολισθαίνει, πάνω στους κυλίνδρους  $K_1$  και  $K_2$ , οι οποίοι έχουν ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$  αντίστοιχα. Για τις ακτίνες των κυλίνδρων ισχύει ότι  $R_1 = \lambda R_2$  με  $\lambda > 1$ . Οι κύλινδροι στρέφονται γύρω από σταθερούς οριζόντιους άξονες (Σχήμα 3). Η σανίδα δεν χάνει την επαφή



Σχήμα 3

της με τους κυλίνδρους κατά τη διάρκεια της κίνησής της πάνω σε αυτούς.

Όταν η σανίδα μετακινηθεί κατά  $\Delta x$  σε χρόνο  $\Delta t$ , οι κύλινδροι  $K_1$  και  $K_2$  έχουν εκτελέσει  $N_1$  και  $N_2$  περιστροφές αντίστοιχα. Ο λόγος των περιστροφών  $\frac{N_2}{N_1}$  των δύο κυλίνδρων είναι ίσος με:

i.  $\frac{N_2}{N_1} = \lambda$

ii.  $\frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{\lambda}$

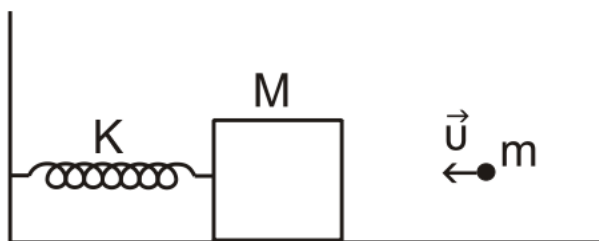
iii.  $\frac{N_2}{N_1} = 2\lambda$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

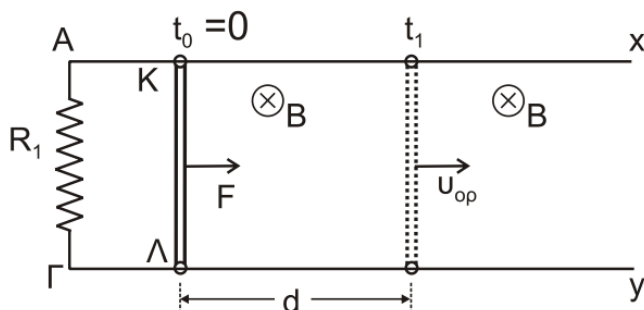
Ένα ξύλινο κιβώτιο μάζας  $M = 980 \text{ g}$ , είναι στερεωμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο ακλόνητα σε κατακόρυφο τοίχο και το ελατήριο βρίσκεται στη θέση φυσικού μήκους. Το ξύλινο κιβώτιο ισορροπεί ακίνητο πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο (Σχήμα 4). Ένα βλήμα μάζας  $m = 20 \text{ g}$  κινείται οριζόντια με ταχύτητα  $v = 100 \text{ m/s}$  και σφηνώνεται στο κέντρο του ξύλινου κιβωτίου, οπότε δημιουργείται συσσωμάτωμα.



Σχήμα 4

- Γ1. την ταχύτητα του συσσωματώματος.
- Γ2. την απώλεια της μηχανικής ενέργειας του συστήματος κατά την κρούση.
- Γ3. το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το συσσωμάτωμα.
- Γ4. το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος στη θέση, όπου η κινητική ενέργεια της ταλάντωσης του είναι τριπλάσια από τη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης του.

### ΘΕΜΑ Δ



Σχήμα 5

Δύο παράλληλα οριζόντια σύρματα,  $Ax$  και  $\Gamma y$ , μεγάλου μήκους και αμελητέας αντίστασης συνδέονται στα άκρα τους  $A$  και  $\Gamma$  με τρίτο σύρμα αντίστασης  $R_1 = 6 \Omega$ . Ένα τέταρτο σύρμα  $K\Lambda$  με μάζα  $m = 0,2 \text{ kg}$ , μήκος  $L = 1 \text{ m}$

και αντίσταση  $R_2 = 2 \Omega$  μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές, παραμένοντας κάθετο και σε επαφή, στα σημεία Κ και Λ με τα σύρματα αντίστασης Αχ και Γυ.

Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B = 2 \text{ T}$  κάθετο στο επίπεδο των συρμάτων με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα (**Σχήμα 5**).

Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται σταθερή δύναμη μέτρου  $F = 1 \text{ N}$ , στο μέσο του αγωγού ΚΛ παράλληλα στα Αχ και Γυ. Ο αγωγός ΚΛ έχει αποκτήσει σταθερή (οριακή) ταχύτητα αφού μετατοπιστεί κατά  $d = 0,8 \text{ m}$ .

- Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της σταθερής ταχύτητας που αποκτά ο αγωγός ΚΛ.
- Δ2.** Να υπολογίσετε την τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ μετά τη σταθεροποίηση της ταχύτητάς του.
- Δ3.** Να υπολογίσετε τη θερμική ισχύ που αναπτύσσεται σε καθεμία από τις αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$ , όταν ο αγωγός ΚΛ έχει αποκτήσει τη σταθερή (οριακή) ταχύτητα.
- Δ4.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα που απέβαλε το κύκλωμα στο περιβάλλον μέχρι ο αγωγός να μετατοπιστεί κατά  $d = 0,8 \text{ m}$ .

**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:
- ανταλλάσσουν ταχύτητες.
  - ελαττώνεται η κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σφαιρών.
  - διατηρείται η ορμή του συστήματος των δύο σφαιρών.
  - δεν μεταβάλλεται η ορμή της κάθε σφαίρας κατά την κρούση.
- 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:
- $\frac{u}{4}$
  - $u$
  - $2u$
  - $4u$
- 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:
- υποδιπλασιάζεται.
  - διπλασιάζεται.
  - υποτετραπλασιάζεται.
  - τετραπλασιάζεται.
- A4.** Σε μια απλή αρμονική ταλάντωση, όταν ο ταλαντωτής κινείται προς τη θέση ισορροπίας:
- η δυναμική ενέργεια του ταλαντωτή αυξάνεται.
  - το μέτρο της επιτάχυνσης του ταλαντωτή μειώνεται.
  - το μέτρο της ταχύτητας του ταλαντωτή μειώνεται.
  - το μέτρο της δύναμης επαναφοράς στον ταλαντωτή αυξάνεται.
- 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.
- 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.
  - 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.
  - Αν μικρή σφαίρα συγκρουστεί κάθετα και ελαστικά με λείο κατακόρυφο τοίχο έχοντας ορμή μέτρου  $p$ , η μεταβολή του μέτρου της ορμής της είναι ίση με  $2p$ .
  - Η Γη έχει ιδιοστροφομή (σπιν) εξαιτίας της περιστροφής της γύρω από τον άξονά της.
  - Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση με σταθερά απόσβεσης  $b$ , το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης στην περιοχή συντονισμού εξαρτάται από την τιμή της σταθεράς  $b$ .

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Σώμα  $\Sigma$  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**).

Εκτελούμε δύο πειράματα:

#### Πείραμα 1

Μετακινούμε το σώμα  $\Sigma$  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  $\Sigma$  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.**  $A_1 = 2A_2$

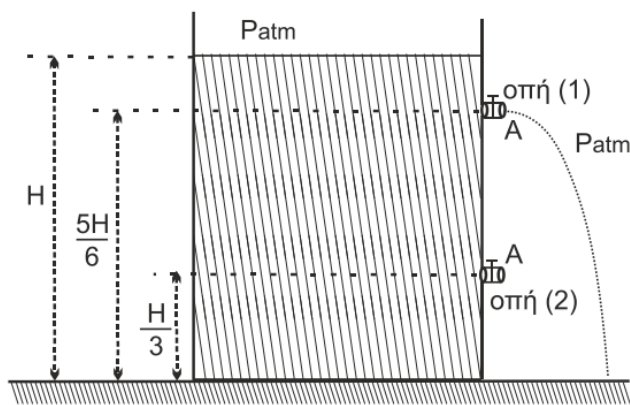
**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**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 εμβαδό  $\nu$  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  $\Delta t_1$ . Όταν είναι ανοικτές και οι δύο οπές (1) και (2), ο ίδιος όγκος  $V$  εκρέει σε χρονικό διάστημα  $\Delta t_2$ .



**Σχήμα 2**

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

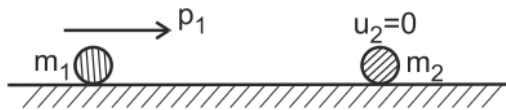
**i.**  $\frac{1}{2}$                                       **ii.**  $\frac{1}{3}$                                       **iii.**  $\frac{1}{4}$

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

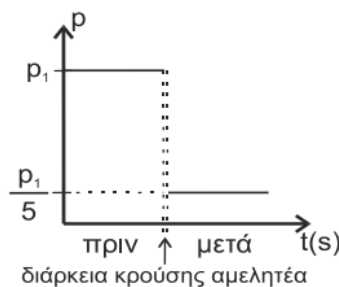
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- 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.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### ΘΕΜΑ Γ

Οι μεγάλοι μήκους, κατακόρυφοι, μεταλλικοί αγωγοί Αχ και Γγ 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  $r = 1\text{ }\Omega$ .

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

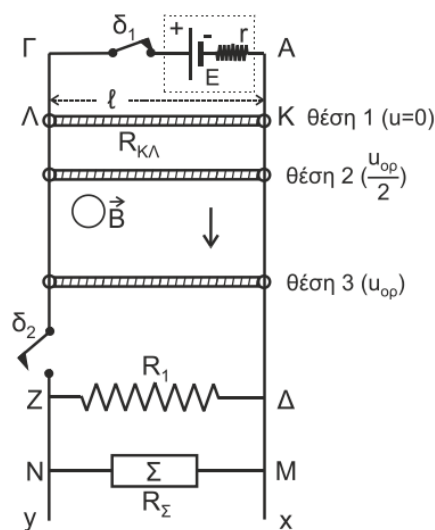
Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του σχήματος.

Αρχικά ο διακόπτης  $\delta_1$  είναι κλειστός, ο διακόπτης  $\delta_2$  είναι ανοικτός και ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος στη θέση 1.

**Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο  $B$  της έντασης του μαγνητικού πεδίου και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.

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

Ανοίγουμε τον διακόπτη  $\delta_1$ , κλείνοντας ταυτόχρονα τον διακόπτη  $\delta_2$  και ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κατέρχεται παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος χωρίς τα άκρα του Κ, Λ να χάνουν την επαφή με τους αγωγούς Αχ και Γγ.



**Σχήμα 5**



- 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 και να υπολογίσετε τη σταθερή οριακή ταχύτητα  $u_{op}$ .
- Γ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της ορμής του αγωγού στη θέση 2, στην οποία η ταχύτητά του είναι ίση με  $\frac{u_{op}}{2}$ .
- Γ4.** Όταν ο αγωγός έχει αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα, να εξετάσετε αν η θερμική συσκευή Σ λειτουργεί κανονικά.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

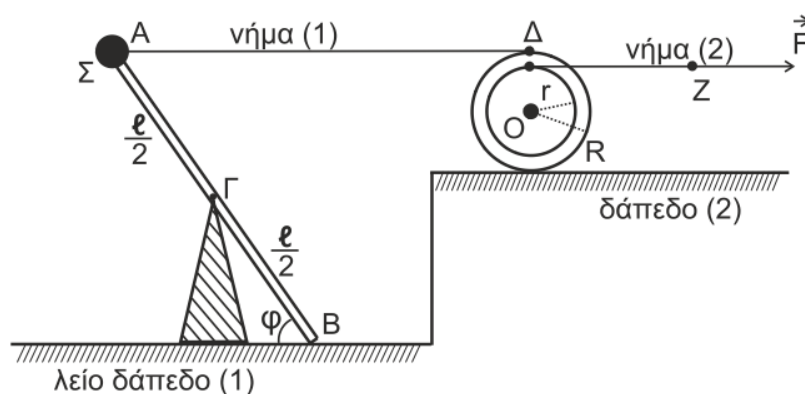
Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

### ΘΕΜΑ Δ

Λεπτή, άκαμπτη, ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΑΒ μάζας  $M_p = 3 \text{ kg}$  και μήκους  $\ell = 2 \text{ m}$ , φέρει στο άκρο της Α 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 Β στο δάπεδο (1) σχηματίζοντας γωνία  $\varphi$ , 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  $F$ . 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  $10,5 \text{ N}$ , να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος στο άκρο της Β από το λείο δάπεδο (1).

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0 \text{ s}$  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).

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  $\omega$  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  $\Delta\vec{L}$ .

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.

**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.

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

**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.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε οριζόντιο σωλήνα μεταβλητής διατομής. Η εξίσωση του Bernoulli παίρνει τη μορφή

α)  $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{σταθερό}$

β)  $p + \rho gy = \text{σταθερό}$

γ)  $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{σταθερό}$

δ)  $\frac{1}{2}\rho v^2 = \text{σταθερό}$

**A2.** Το συνολικό φορτίο που μετακινείται σε κλειστό κύκλωμα, λόγω φαινομένου επαγωγής, εξαρτάται από

α) τη χρονική διάρκεια του φαινομένου.

β) τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής.

γ) την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.

δ) την ωμική αντίσταση που παρουσιάζει το κύκλωμα.

**A3.** Η στιγμιαία ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος δίνεται από τη σχέση

α)  $p = VI$

β)  $p = \frac{VI}{2}$

γ)  $p = V_{\eta\mu\omega t} I_{\eta\mu\omega t}$

δ)  $p = V_{\epsilon\nu} I_{\epsilon\nu}$

**A4.** Σε κάθε κεντρική ελαστική κρούση δύο σωμάτων

α) έχουμε ανταλλαγή ταχυτήτων.

β) έχουμε ανταλλαγή ορμών.

γ) έχουμε ανταλλαγή κινητικών ενεργειών.

δ) οι μεταβολές των ορμών των σωμάτων είναι αντίθετες.

**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) Η μονάδα έντασης του μαγνητικού πεδίου στο S.I. είναι το 1 Tesla.

β) Στο χώρο γύρω από κυκλικό ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο.

γ) Τα διανύσματα της γωνιακής ταχύτητας και της γωνιακής επιτάχυνσης έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.

δ) Σε εξαναγκασμένη ταλάντωση με απόσβεση, στην κατάσταση συντονισμού, το μέγιστο πλάτος εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης  $b$ .

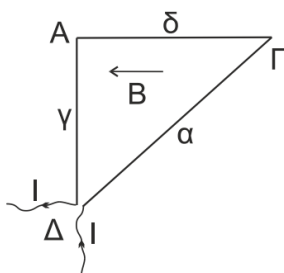
ε) Με τη βοήθεια του υδραυλικού ανυψωτήρα μπορούμε να κερδίσουμε σε δύναμη.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Το πλαίσιο ΑΓΔ έχει σχήμα ορθογώνιου τριγώνου με ορθή γωνία στο Α και πλευρές α, δ, γ, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1**.

Το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$  και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης  $\vec{B}$ .

Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι παράλληλες στην πλευρά ΑΓ του πλαισίου.



Σχήμα 1

Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης, που δέχεται το πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο, έχει τιμή

i.  $\Sigma F = B I \gamma$

ii.  $\Sigma F = 0$

iii.  $\Sigma F = B I \alpha \eta \mu \Delta$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας συχνότητας, οι οποίες πραγματοποιούνται γύρω από το ίδιο σημείο, στην ίδια διεύθυνση, με εξισώσεις:

$$\bullet \quad x_1 = A_1 \eta \mu \left( \omega t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$\bullet \quad x_2 = A_2 \eta \mu \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

Για τα πλάτη  $A_1$  και  $A_2$  ισχύει  $A_1 = A_2 \sqrt{3}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , ο λόγος της κινητικής προς τη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης του σώματος είναι ίσος με:

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

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

iii. 3

Δίνεται ότι:  $\eta \mu \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma \nu \nu \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\eta \mu \frac{\pi}{3} = \eta \mu \frac{2\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Μια αντλία χρησιμοποιείται για την άντληση νερού από πηγάδι.

Η υψομετρική διαφορά της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στο πηγάδι και του σημείου εξόδου από το σωλήνα της αντλίας παραμένει σταθερή και ίση με  $h$ , όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2**.

Από την ενέργεια που προσφέρει η αντλία, 0,2 Joule ανά δευτερόλεπτο μετατρέπονται σε κινητική ενέργεια του νερού στην έξοδο.

Αν υποδιπλασιάσουμε μόνο το εμβαδόν διατομής στην έξοδο του σωλήνα της αντλίας, για να κρατήσουμε σταθερή την παροχή του νερού η αντλία θα πρέπει να αυξήσει την ισχύ της κατά

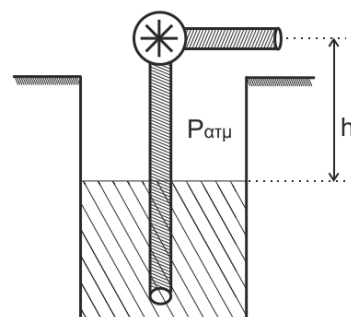
i. 0,6 J/s

ii. 0,8 J/s

iii. 0,2 J/s

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.



Σχήμα 2

### ΘΕΜΑ Γ

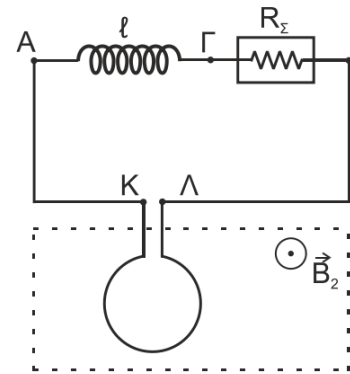
Το σωληνοειδές μήκους  $\ell$  του Σχήματος 3, που έχει  $n = 500$  σπείρες/m και ωμική αντίσταση  $R_1 = 2 \Omega$ , έχει συνδεθεί με θερμική συσκευή  $\Sigma$  ωμικής αντίστασης  $R_2$ , η οποία, όταν στα άκρα της έχει τάση ίση με 10 V, λειτουργεί κανονικά αποδίδοντας θερμική ισχύ 50 W.

Στα σημεία Κ, Λ του κυκλώματος έχει συνδεθεί κυκλικός αγωγός ωμικής αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ . Ο αγωγός αυτός αποτελείται από  $N = 300$  σπείρες ίδιας ακτίνας, εμβαδού  $S = 0,25 \text{ m}^2$  και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.

Το επίπεδο του αγωγού αυτού είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, οι οποίες έχουν φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται με σταθερό ρυθμό

$$\frac{\Delta B_2}{\Delta t} = 0,16 \text{ T/s}.$$



Σχήμα 3

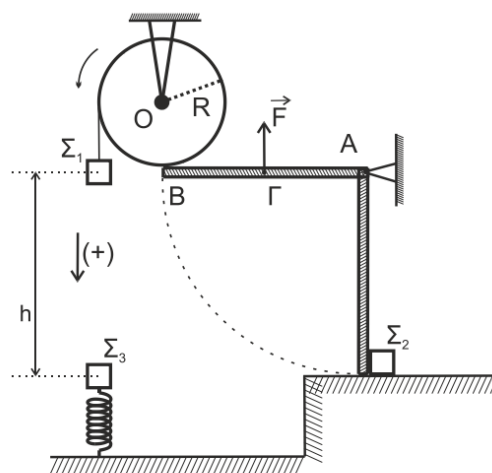
- Γ1. Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος στον κυκλικό αγωγό, αιτιολογώντας την απάντησή σας.
- Γ2. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) από επαγωγή που αναπτύσσεται στον κυκλικό αγωγό.
- Γ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης  $\vec{B}_1$  του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς.
- Γ4. Αποσυνδέουμε το σωληνοειδές από το κύκλωμα, το κόβουμε στη μέση και συνδέουμε ξανά το ένα από τα δύο νέα σωληνοειδή στα σημεία Α, Γ, διατηρώντας το μήκος  $\ell/2$ . Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης  $\vec{B}_1$  του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του νέου σωληνοειδούς, καθώς και την τελική ισχύ που αποδίδει τότε η θερμική συσκευή.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητικού πεδίου  $K_\mu = 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ .

Να μη γίνει αντικατάσταση του  $\pi$ , όπου αυτό εμφανιστεί.

### ΘΕΜΑ Δ

Άκαμπτη, ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΑΒ, μήκους  $\ell = 1,2 \text{ m}$  και μάζας  $M_p = 2 \text{ kg}$ , έχει το άκρο της Α αρθρωμένο και ισορροπεί οριζόντια. Η ράβδος μπορεί να στρέφεται, χωρίς τριβές, σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο της Α.



Σχήμα 4

Στο μέσον Γ της ράβδου ασκείται σταθερή κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα πάνω, μέτρου  $F = 80 \text{ N}$ . Η ράβδος AB εφάπτεται με το άκρο της B σε ομογενή τροχαλία, μάζας  $M_T = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας R, που είναι στερεωμένη σε οροφή και που μπορεί να στρέφεται, χωρίς τριβές, γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της και είναι κάθετος στο επίπεδό της (**Σχήμα 4**).

Αβαρές και μη εκτατό νήμα είναι τυλιγμένο πολλές φορές στο αυλάκι της τροχαλίας και στο ελεύθερο άκρο του είναι δεμένο σώμα  $\Sigma_1$ , μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ . Η τροχαλία με την επίδραση της τριβής που δέχεται από τη ράβδο ισορροπεί οριακά.

**Δ1.** Να υπολογίσετε το συντελεστή οριακής τριβής μεταξύ ράβδου και τροχαλίας.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ , με αποτέλεσμα η ράβδος να στραφεί γύρω από το άκρο της A και η τροχαλία να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Όταν η ράβδος φθάσει στην κατακόρυφη θέση, το άκρο της B συγκρούεται πλαστικά με ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$ , μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$ .

**Δ2.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_2$  αμέσως μετά την κρούση.

Κάτω από το σώμα  $\Sigma_1$  και σε απόσταση  $h = 1,2 \text{ m}$  βρίσκεται σώμα  $\Sigma_3$ , μάζας  $m_3 = 3 \text{ kg}$ , το οποίο ισορροπεί στο άνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , η άλλη άκρη του οποίου είναι στερεωμένη στο έδαφος.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , το σώμα  $\Sigma_1$  συγκρούεται πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_3$  και ταυτόχρονα κόβεται το νήμα. Αμέσως μετά την κρούση το συσσωμάτωμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας  $\bar{v}_1$  του σώματος  $\Sigma_1$ , τη χρονική στιγμή  $t_1$  που συναντά το σώμα  $\Sigma_3$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης του συσσωματώματος.

**Δ5.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του συσσωματώματος. Θεωρήστε χρονική στιγμή  $t = 0$  τη στιγμή της κρούσης και θετική φορά την προς τα κάτω.

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- η ροπή αδράνειας ράβδου ως προς άξονα που διέρχεται από το άκρο της A  $I_{(A)} = \frac{1}{3} M_p \ell^2$ .
- η ροπή αδράνειας τροχαλίας ως προς τον άξονά της:  $I_{\text{cm}(T)} = \frac{1}{2} M_T R^2$ .

Να θεωρήσετε ότι:

- οι κρούσεις είναι ακαριαίες και κατά την πραγματοποίησή τους δεν έχουμε απώλεια μάζας.
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα.
- το νήμα δεν ολισθαίνει στο αυλάκι της τροχαλίας.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

**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.** Ιδανικό ρευστό ρέει σε οριζόντιο σωλήνα μεταβλητής διατομής. Η εξίσωση του Bernoulli παίρνει τη μορφή

**α)**  $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{σταθερό}$                       **β)**  $p + \rho gy = \text{σταθερό}$

**γ)**  $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{σταθερό}$                       **δ)**  $\frac{1}{2}\rho v^2 = \text{σταθερό}$

**A2.** Το συνολικό φορτίο που μετακινείται σε κλειστό κύκλωμα, λόγω φαινομένου επαγωγής, εξαρτάται από

- α)** τη χρονική διάρκεια του φαινομένου.  
**β)** τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής.  
**γ)** την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.  
**δ)** την ωμική αντίσταση που παρουσιάζει το κύκλωμα.

**A3.** Η στιγμιαία ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος δίνεται από τη σχέση

**α)**  $p = VI$     **β)**  $p = \frac{VI}{2}$

**γ)**  $p = V_{\text{ημωτ}} I_{\text{ημωτ}}$                                       **δ)**  $p = V_{\text{εφ}} I_{\text{εφ}}$

**A4.** Σε κάθε κεντρική ελαστική κρούση δύο σωμάτων

- α)** έχουμε ανταλλαγή ταχυτήτων.  
**β)** έχουμε ανταλλαγή ορμών.  
**γ)** έχουμε ανταλλαγή κινητικών ενεργειών.  
**δ)** οι μεταβολές των ορμών των σωμάτων είναι αντίθετες.

**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.

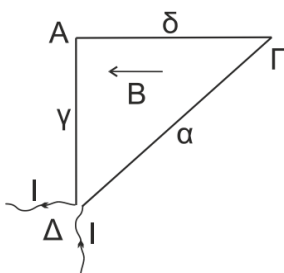
- α)** Η μονάδα έντασης του μαγνητικού πεδίου στο S.I. είναι το 1 Tesla.  
**β)** Στο χώρο γύρω από κυκλικό ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο.  
**γ)** Τα διανύσματα της γωνιακής ταχύτητας και της γωνιακής επιτάχυνσης έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.  
**δ)** Σε εξαναγκασμένη ταλάντωση με απόσβεση, στην κατάσταση συντονισμού, το μέγιστο πλάτος εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης  $b$ .  
**ε)** Με τη βοήθεια του υδραυλικού ανυψωτήρα μπορούμε να κερδίσουμε σε δύναμη.

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** Το πλαίσιο ΑΓΔ έχει σχήμα ορθογώνιου τριγώνου με ορθή γωνία στο Α και πλευρές α, δ, γ, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1**.

Το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$  και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης  $\vec{B}$ .

Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι παράλληλες στην πλευρά ΑΓ του πλαισίου.



Σχήμα 1

Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης, που δέχεται το πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο, έχει τιμή

i.  $\Sigma F = B I \gamma$

ii.  $\Sigma F = 0$

iii.  $\Sigma F = B I \alpha \eta \mu \Delta$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας συχνότητας, οι οποίες πραγματοποιούνται γύρω από το ίδιο σημείο, στην ίδια διεύθυνση, με εξισώσεις:

•  $x_1 = A_1 \eta \mu \omega t$

•  $x_2 = A_2 \eta \mu \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$

Για τα πλάτη  $A_1$  και  $A_2$  ισχύει  $A_2 = A_1 \sqrt{3}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = \frac{T}{12}$ , η απομάκρυνση του σώματος είναι ίση με

i.  $A_1$

ii.  $2A_1$

iii.  $\frac{5}{2}A_1$

Δίνεται ότι:  $\eta \mu \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$ ,  $\sigma \nu \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\eta \mu \frac{\pi}{3} = \eta \mu \frac{2\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ιδανικό ρευστό κατέρχεται στο εσωτερικό σωλήνα μεταβλητής διατομής.

Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται τμήμα του σωλήνα με το ρευστό να ρέει από τη θέση Γ προς τη θέση Δ, ενώ για τα εμβαδά διατομής στις θέσεις αυτές ισχύει  $A_1 = 3A_2$ .

Στα σημεία Γ και Δ οι πιέσεις είναι ίσες και το μέτρο της ταχύτητας του ρευστού στο σημείο Γ είναι ίσο με  $v_1$ .

Αν η υψομετρική διαφορά των σημείων Γ και Δ είναι ίση με  $h$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$ , τότε για το  $h$  ισχύει ότι

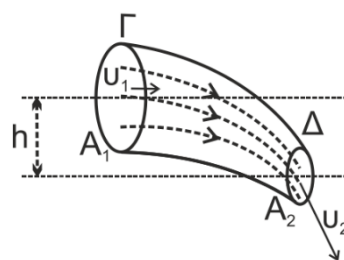
i.  $h = \frac{v_1^2}{2g}$

ii.  $h = \frac{3v_1^2}{2g}$

iii.  $h = \frac{4v_1^2}{g}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.



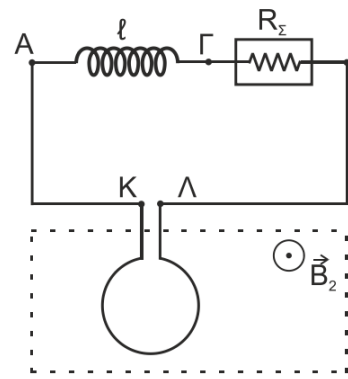
Σχήμα 2



### ΘΕΜΑ Γ

Το σωληνοειδές μήκους  $\ell$  του **Σχήματος 3**, που έχει  $n = 500$  σπείρες/m και ωμική αντίσταση  $R_1 = 2 \Omega$ , έχει συνδεθεί με θερμική συσκευή  $\Sigma$  ωμικής αντίστασης  $R_2$ , η οποία, όταν στα άκρα της έχει τάση ίση με  $10 \text{ V}$ , λειτουργεί κανονικά αποδίδοντας θερμική ισχύ  $50 \text{ W}$ .

Στα σημεία  $K, \Lambda$  του κυκλώματος έχει συνδεθεί κυκλικός αγωγός ωμικής αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ . Ο αγωγός αυτός αποτελείται από  $N = 300$  σπείρες ίδιας ακτίνας, εμβαδού  $S = 0,25 \text{ m}^2$  και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.



Σχήμα 3

Το επίπεδο του αγωγού αυτού είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, οι οποίες έχουν φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται με σταθερό ρυθμό  $\frac{\Delta B_2}{\Delta t} = 0,16 \text{ T/s}$ .

- Γ1. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) από επαγωγή που αναπτύσσεται στον κυκλικό αγωγό.
- Γ2. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
- Γ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης  $\vec{B}_1$  του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς.
- Γ4. Να υπολογίσετε την ισχύ που αποδίδει η θερμική συσκευή.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητικού πεδίου  $K_\mu = 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ .

Να μη γίνει αντικατάσταση του  $\pi$ , όπου αυτό εμφανιστεί.

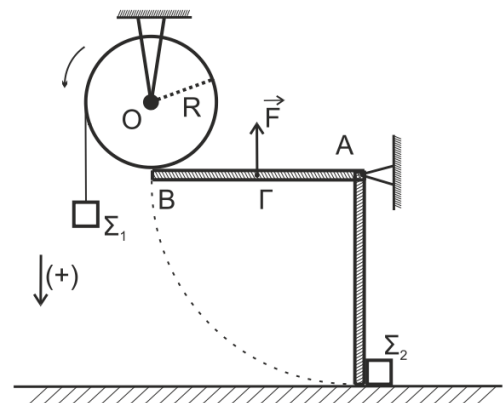
### ΘΕΜΑ Δ

Άκαμπτη, ομογενής και ισοπαχής ράβδος  $AB$ , μήκους  $\ell = 1,2 \text{ m}$  και μάζας  $M_p = 2 \text{ kg}$ , έχει το άκρο της  $A$  αρθρωμένο και ισορροπεί οριζόντια. Η ράβδος μπορεί να στρέφεται, χωρίς τριβές, σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο της  $A$ .

Στο μέσον  $\Gamma$  της ράβδου ασκείται σταθερή κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα πάνω, μέτρου  $F = 80 \text{ N}$ . Η ράβδος  $AB$  εφάπτεται με το άκρο της  $B$  σε ομογενή τροχαλία, μάζας  $M_T = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R$ , που είναι στερεωμένη σε οροφή και που μπορεί να στρέφεται, χωρίς τριβές, γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της και είναι κάθετος στο επίπεδό της (**Σχήμα 4**).

Αβαρές και μη εκτατό νήμα είναι τυλιγμένο πολλές φορές στο αυλάκι της τροχαλίας και στο ελεύθερο άκρο του είναι δεμένο σώμα  $\Sigma_1$ , μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ . Η τροχαλία με την επίδραση της τριβής που δέχεται από τη ράβδο ισορροπεί οριακά.

- Δ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της κάθετης δύναμης  $N$  που ασκεί η τροχαλία στο άκρο  $B$  της ράβδου.



Σχήμα 4

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ , με αποτέλεσμα η ράβδος να στραφεί γύρω από το άκρο της A και η τροχαλία να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Όταν η ράβδος φθάσει στην κατακόρυφη θέση, το άκρο της B συγκρούεται πλαστικά με ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$ , μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$ .

**Δ2.** Να υπολογίσετε τη γωνιακή ταχύτητα της ράβδου ακριβώς πριν την κρούση.

**Δ3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_2$ , αμέσως μετά την κρούση.

**Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης με την οποία κατέρχεται το σώμα  $\Sigma_1$ .

Δίνονται:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- η ροπή αδράνειας ράβδου ως προς άξονα που διέρχεται από το άκρο της A  $I_{(A)} = \frac{1}{3} M_p \ell^2$ .
- η ροπή αδράνειας τροχαλίας ως προς τον άξονά της:  $I_{\text{cm}(T)} = \frac{1}{2} M_T R^2$ .

Να θεωρήσετε ότι:

- οι κρούσεις είναι ακαριαίες και κατά την πραγματοποίησή τους δεν έχουμε απώλεια μάζας.
- η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα για όλα τα σώματα.
- το νήμα δεν ολισθαίνει στο αυλάκι της τροχαλίας.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

**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.** Ένα σύστημα ελατηρίου – σώματος εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση. Η συχνότητα ταλάντωσης του συστήματος θα μεταβληθεί, εάν μεταβάλλουμε

- α) τη σταθερά απόσβεσης  $b$ .
- β) τη συχνότητα της εξωτερικής περιοδικής δύναμης.
- γ) τη σταθερά του ελατηρίου.
- δ) τη μάζα του σώματος.

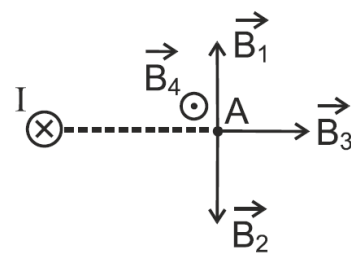
**A2.** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δημιουργούνται από

- α) ένα σταθερό ηλεκτρικό πεδίο ή σταθερό μαγνητικό πεδίο.
- β) ακίνητα φορτία.
- γ) φορτία που κινούνται με σταθερή ταχύτητα.
- δ) φορτία που επιταχύνονται.

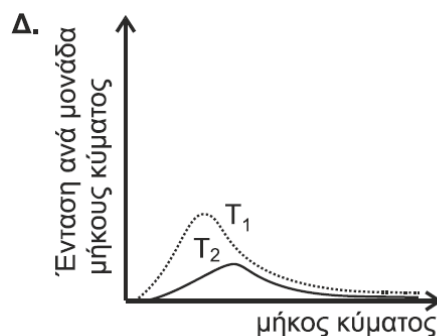
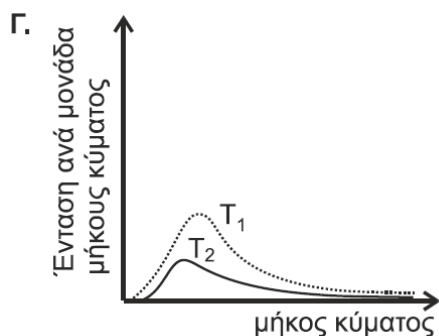
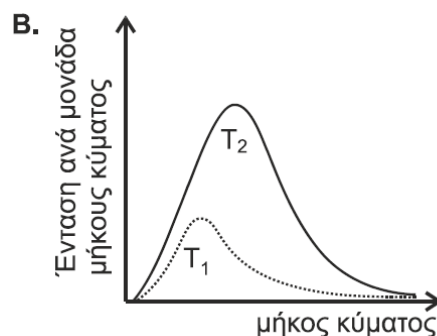
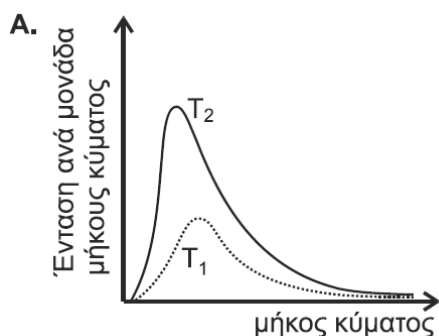
**A3.** Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μεγάλου μήκους είναι κάθετος στο επίπεδο της σελίδας και διαρρέεται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα έντασης  $I$  με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Στο σημείο  $A$  του σχήματος, η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τον αγωγό αυτό παριστάνεται με το διάνυσμα:

- α)  $\vec{B}_1$
- β)  $\vec{B}_2$
- γ)  $\vec{B}_3$
- δ)  $\vec{B}_4$



**A4.** Ποια από τα παρακάτω γραφήματα απεικονίζει τα φάσματα εκπομπής δύο μελανών σωμάτων, με απόλυτες θερμοκρασίες  $T_1$  και  $T_2$  με  $T_2 > T_1$ ;



α) Α

β) Β

γ) Γ

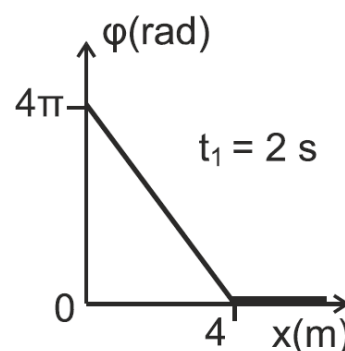
δ) Δ

- 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)** Στην πλαστική κρούση διατηρείται η μηχανική ενέργεια του συστήματος των σωμάτων που συγκρούονται.
- β)** Καθώς τα αμορτισέρ ενός αυτοκινήτου παλιώνουν και φθείρονται, η σταθερά απόσβεσης  $b$  ελαττώνεται και όταν το αυτοκίνητο περνά από ένα εξόγκωμα του δρόμου, η ταλάντωση του αυτοκινήτου διαρκεί περισσότερο.
- γ)** Κατά τη συμβολή δύο κυμάτων, από σύγχρονες πηγές, που διαδίδονται στην επιφάνεια υγρού, τα σημεία που ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος, έχουν αποστάσεις  $r_1$  και  $r_2$  από τις πηγές, που διαφέρουν μεταξύ τους κατά ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος  $\lambda$ .
- δ)** Ο νόμος του Ampere ισχύει και για ρεύματα μεταβλητής έντασης.
- ε)** Ένα αμπερόμετρο, συνδεδεμένο σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, δείχνει το πλάτος  $I$  του εναλλασσόμενου ρεύματος.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Το άκρο  $O$  γραμμικού ομογενούς, ελαστικού μέσου που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του ημιάξονα  $Ox$  αρχίζει, τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , να ταλαντώνεται σύμφωνα με την εξίσωση  $y = A\eta\omega t$ , και δημιουργείται εγκάρσιο αρμονικό κύμα.

Η γραφική παράσταση της φάσης της ταλάντωσης των σημείων του μέσου, τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2$  s, σε συνάρτηση με τη θέση  $x$ , φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα.



Τη χρονική στιγμή  $t_2 = 2,5$  s τα σημεία της χορδής που βρίσκονται σε ακραία θέση της τροχιάς τους είναι:

- i.** 5                                      **ii.** 4                                      **iii.** 10

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Σε συσκευή μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, μονοχρωματική ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια της καθόδου. Η συχνότητα κατωφλίου, για το μέταλλο της καθόδου, είναι ίση με  $f_1$ .

Αν η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι  $f_2 = 3f_1$ , τότε τα ηλεκτρόνια εξερχόμενα από την κάθοδο μόλις που καταφέρνουν να φτάσουν στην άνοδο. Η τάση αποκοπής  $V_0$  είναι ίση με

- i.**  $\frac{hf_1}{e}$                                       **ii.**  $\frac{2hf_1}{e}$                                       **iii.**  $\frac{3hf_1}{e}$

**α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

**β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Στο φασματογράφο μάζας (Bainbridge) του διπλανού σχήματος, λεπτή δέσμη ιόντων ενός χημικού στοιχείου, που αποτελείται από δύο ισότοπα, διέρχεται από φίλτρο ταχυτήτων, όπου συνυπάρχουν ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης  $\vec{E}$  και ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα, κάθετα μεταξύ τους.

Μερικά από τα ιόντα δεν εκτρέπονται και συνεχίζουν ανεπηρέαστα την πορεία τους μέσα στο φίλτρο ταχυτήτων.

α) Το μέτρο της ταχύτητας των ιόντων που δεν εκτρέπονται είναι ίσο με

i.  $v = \frac{B_1}{E}$

ii.  $v = \frac{E}{B_1}$

iii.  $v = \frac{E}{2B_1}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσετε.

Στη συνέχεια τα ιόντα αυτά εισέρχονται σε περιοχή ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}_2$  με φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη προς τον αναγνώστη. Στο πεδίο αυτό διαγράφουν ημικυκλικές τροχιές και πέφτουν σε φωτογραφική πλάκα, αφήνοντας σε αυτή δύο ίχνη που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$ .

β) Η διαφορά μάζας των ισοτόπων του στοιχείου που αποτελούν τη δέσμη είναι ίση με

i.  $\Delta m = \frac{dB_1B_2q}{2E}$

ii.  $\Delta m = \frac{2dB_1B_2q}{E}$

iii.  $\Delta m = \frac{dB_1B_2q}{E}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσετε.

### ΘΕΜΑ Γ

Στη διάταξη του διπλανού σχήματος οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί  $xx'$  και  $yy'$ , αμελητέας ωμικής αντίστασης είναι στερεωμένοι σε οριζόντιο μονωτικό δάπεδο.

Ανάμεσα στα σημεία Α και Γ έχει συνδεθεί ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ . Μεταλλική ράβδος ΖΗ μήκους  $l$  και ωμικής αντίστασης  $R$  έχει τα άκρα της πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς, είναι κάθετη σε αυτούς και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές.

Στο μέσον της ράβδου και κάθετα σε αυτή ασκείται κατάλληλη δύναμη με αποτέλεσμα η ράβδος ΖΗ να κινείται προς τα πάνω παραμένοντας συνεχώς οριζόντια. Στην περιοχή που κινείται η ράβδος ΖΗ υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  και μέτρου του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Το πηνίο βρίσκεται έξω από το ομογενές μαγνητικό πεδίο στο οποίο κινείται ο αγωγός ΖΗ. Λόγω της κίνησης της ράβδου ο βρόχος ΖΑΓΗΖ διαρρέεται από ρεύμα, του οποίου η ένταση δίνεται από τη σχέση  $i = kt$  όπου  $t$  ο χρόνος, με φορά όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα.

Γ1. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο  $i - t$  σε ορθογώνιο σύστημα αξόνων και να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής  $\frac{\Delta i}{\Delta t}$  της έντασης του ρεύματος.

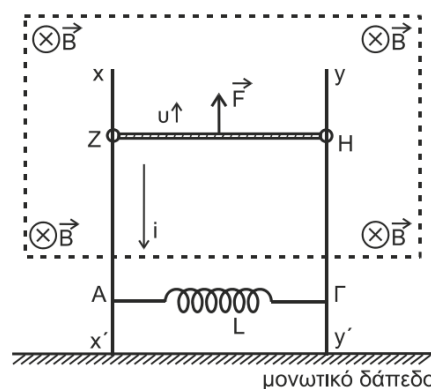
Να υπολογίσετε το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του κυκλώματος στο χρονικό διάστημα από  $t = 0$  s έως  $t = 2$  s.

Γ2. Να σχεδιάσετε την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο και να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή αυτής.

Γ3. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας της ράβδου ΖΗ σε συνάρτηση με τον χρόνο  $v - t$ .

Γ4. Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2$  s να υπολογίσετε:

α) Το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$



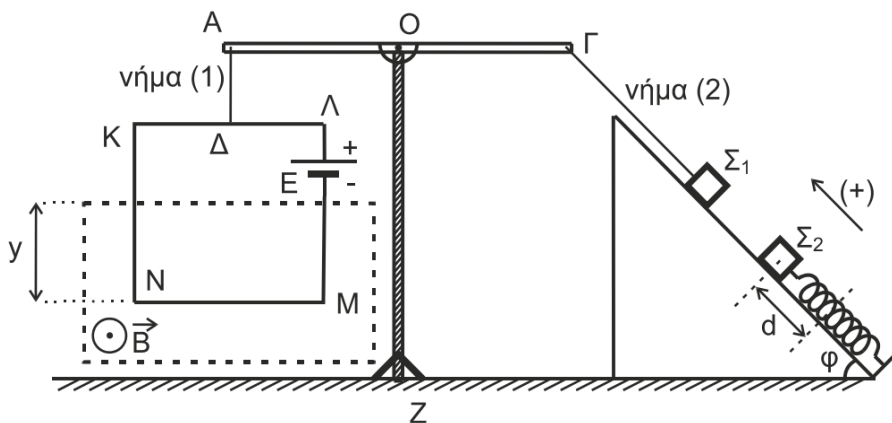
β) Τον ρυθμό με τον οποίο προσφέρεται ενέργεια από τη δύναμη  $\vec{F}$  στο κύκλωμα.

γ) Τον ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύεται ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.

Να θεωρήσετε το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### ΘΕΜΑ

Στη διάταξη του παρακάτω σχήματος φαίνεται ένας ζυγός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της έντασης ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου.



Το κατακόρυφο στέλεχος OZ του ζυγού είναι στηριγμένο σε οριζόντιο δάπεδο. Στην κορυφή του έχει αρθρωθεί οριζόντια ομογενής ράβδος ΑΓ στο μέσον της οποίας Ο. Από το άκρο Α της ράβδου ΑΓ αναρτάται με τη βοήθεια αβαρούς και μη εκτατού κατακόρυφου μονωτικού νήματος (1), το οποίο συνδέεται στο μέσον Δ της πλευράς ΚΛ, ένα τετράγωνο συρμάτινο και αβαρές πλαίσιο ΚΛΜΝ, πλευράς  $a = 0,8 \text{ m}$  και συνολικής ωμικής αντίστασης  $R = 2 \Omega$ . Στο πλαίσιο υπάρχει πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ)  $E = 30 \text{ V}$  αμελητέας εσωτερικής αντίστασης και αμελητέου βάρους.

Το πλαίσιο ισορροπεί σε κατακόρυφο επίπεδο και βρίσκεται μερικώς μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου με φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

Με αβαρές και μη εκτατό νήμα (2) έχουμε συνδέσει το άκρο Γ της ράβδου με σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 3 \text{ kg}$  το οποίο ισορροπεί σε λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσεως  $\varphi = 37^\circ$ . Η διεύθυνση του νήματος είναι παράλληλη προς το κεκλιμένο επίπεδο.

Στο κεκλιμένο επίπεδο ισορροπεί και σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$ , δεμένο στο ελεύθερο άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$  του οποίου ο άξονας είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο ακλόνητα στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου. Όλα τα σώματα της διάταξης ισορροπούν στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο.

**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το νήμα (1) στο άκρο Α της ράβδου.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο Β της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

Μετακινούμε το σώμα  $\Sigma_2$  προς τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου κατά  $d = \frac{9\pi}{100} \text{ m}$  και το συγκρατούμε σε αυτή τη

θέση. Κόβουμε το νήμα (2), και την ίδια στιγμή αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί προς τα πάνω το σώμα  $\Sigma_2$ . Το σώμα

$\Sigma_2$  εκτελώντας απλή αρμονική ταλάντωση με  $D=k$  περνώντας για πρώτη φορά από τη θέση ισορροπίας του συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_1$ .

- Δ3.** Να αποδείξετε ότι το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την πλαστική κρούση ακινητοποιείται στιγμιαία.
- Δ4.** Αν το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την πλαστική κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με  $D=k$  να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του συσσωματώματος από τη θέση ισορροπίας του. Να θεωρήσετε ως χρονική στιγμή  $t_0=0$  τη στιγμή της κρούσης και θετική φορά, τη φορά από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου προς την κορυφή του.
- Δ5.** Να γράψετε τη σχέση της δύναμης του ελατηρίου σε συνάρτηση με την απομάκρυνση  $F_{ελ} - x$  κατά τη διάρκεια ταλάντωσης του συσσωματώματος και να κάνετε τη γραφική παράσταση σε βαθμονομημένους άξονες.

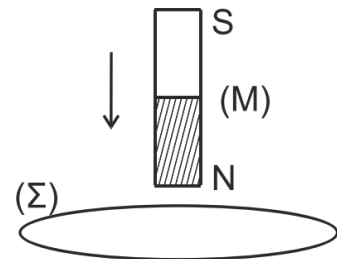
Να θεωρήσετε ότι:

- 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
- το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

**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.** Η ενοποιημένη ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell ερμήνευσε με επιτυχία:
- το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
  - το φαινόμενο της σκέδασης Compton.
  - την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ως μηχανισμού διάδοσης της ενέργειας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο χώρο.
  - την ακτινοβολία του μέλανος σώματος.
- A2.** Για να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό σωληνοειδούς απείρου μήκους, το οποίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, εφαρμόζοντας το νόμο του Ampère, λαμβάνουμε ως κλειστή διαδρομή:
- μια κατάλληλη κυκλική διαδρομή κάθετη στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη διαδρομή σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με το επίπεδό του κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη ελλειπτική διαδρομή κάθετη στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη διαδρομή σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με το επίπεδό της να περιέχει τον άξονα του σωληνοειδούς.
- A3.** Κατακόρυφος ραβδόμορφος μαγνήτης (M) πέφτει κατακόρυφα κατά μήκος του άξονα μιας αγωγίμης κυκλικής στεφάνης (Σ) που είναι ακλόνητα στερεωμένη σε οριζόντιο επίπεδο. Καθώς ο μαγνήτης πλησιάζει στην στεφάνη, η μαγνητική ροή που διέρχεται από τη στεφάνη:
- αυξάνεται.
  - ελαττώνεται.
  - παραμένει σταθερή.
  - αρχικά ελαττώνεται και στη συνέχεια αυξάνεται.
- A4.** Κατά μήκος δύο όμοιων χορδών 1 και 2, μεταδίδονται δύο εγκάρσια αρμονικά κύματα χωρίς απώλειες ενέργειας. Αν το κύμα στη χορδή 1 έχει διπλάσια συχνότητα και τριπλάσιο πλάτος από το κύμα στη χορδή 2, τότε:
- η ταχύτητα διάδοσης των δύο κυμάτων στις δύο χορδές είναι ίδια.
  - το μήκος κύματος του κύματος στη χορδή 2 είναι ίδιο με το μήκος κύματος του κύματος στη χορδή 1.
  - η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής 1 είναι ίδια με τη μέγιστη ταχύτητα των σωματιδίων της χορδής 2.
  - η μέγιστη επιτάχυνση ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής 1 είναι ίδια με τη μέγιστη ταχύτητα των σωματιδίων της χορδής 2.
- 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) Όσο μεγαλύτερος είναι ο μέσος χρόνος ζωής  $\Delta t$  μιας διεγερμένης ατομικής στάθμης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αβεβαιότητα  $\Delta E$  για την ενέργειά της.
- β) Η τάση αποκοπής σε φωτοκύτταρο είναι ανεξάρτητη από την ένταση της ακτινοβολίας.
- γ) Η απότομη επιβράδυνση των ηλεκτρονίων, όταν προσπίπτουν στην επιφάνεια ενός μετάλλου είναι η μοναδική αιτία εκπομπής ακτίνων X από την μεταλλική επιφάνεια.
- δ) Παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα απωθούνται.
- ε) Επειδή η ελκτική δύναμη που δέχεται η Γη από τον Ήλιο έχει φορέα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της, η στροφορμή της Γης παραμένει σταθερή.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Ένα φωτόνιο προσπίπτει σε ελεύθερο ηλεκτρόνιο με μάζα  $m$  το οποίο θεωρείται αρχικά ακίνητο. Μετά την κρούση το σκεδαζόμενο φωτόνιο έχει αυξημένο μήκος κύματος σε σχέση με το προσπίπτον κατά  $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc}$ , όπου  $h$  η σταθερά του Planck,  $m$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα του φωτός.

- α) **i.** Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $90^\circ$  με εκείνη του προσπίπτοντος.
- ii.** Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $0^\circ$  με εκείνη του προσπίπτοντος.
- iii.** Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε αντίθετη κατεύθυνση από εκείνη του προσπίπτοντος.
- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- β) Το μέτρο της ορμής του ανακρουόμενου ηλεκτρονίου είναι ίσο με
- i.** το άθροισμα των μέτρων των ορμών του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτονίου.
- ii.** τη διαφορά των μέτρων των ορμών του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτονίου.
- iii.** την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των μέτρων των ορμών του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτονίου.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Δίνονται:  $\sin 0^\circ = 1$ ,  $\sin 90^\circ = 0$ ,  $\sin 180^\circ = -1$ .

**B2.** Ένα διαπασών ( $\delta_1$ ) που λειτουργεί σαν σημειακή ηχητική πηγή, βρίσκεται ακίνητο μπροστά σε λείο κατακόρυφο τοίχο στο σημείο Α. Το διαπασών εκπέμπει ήχο συχνότητας  $f_1 = 425$  Hz. Ανάμεσα στο διαπασών και στον τοίχο υπάρχει σημειακός ευαίσθητος δέκτης, ο οποίος μπορεί να μετακινείται ελεύθερα πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα AB που συνδέει κάθετα το διαπασών με το σημείο Β του τοίχου. Ο δέκτης καταγράφει μέγιστη ένταση ήχου όταν διέρχεται από δυο διαδοχικές θέσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB, που απέχουν μεταξύ τους 0,4 m.

Αντικαθιστούμε το διαπασών ( $\delta_1$ ) με άλλο ( $\delta_2$ ) το οποίο εκπέμπει ήχο άγνωστης συχνότητας  $f_2$ . Διαπιστώνουμε τώρα ότι όταν ο δέκτης διέρχεται από δύο διαδοχικές θέσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB, που απέχουν μεταξύ τους 1 m, καταγράφει μηδενική ένταση ήχου.

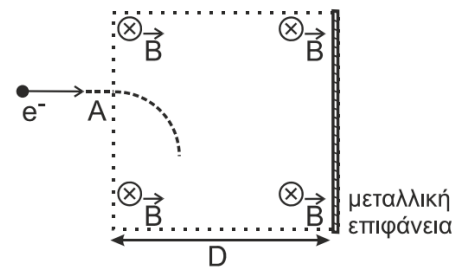
Η συχνότητα  $f_2$  του ήχου που εκπέμπει το διαπασών ( $\delta_2$ ) είναι:

- i.**  $f_2 = 170$  Hz                      **ii.**  $f_2 = 212,5$  Hz                      **iii.** 1.062,5 Hz

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ηλεκτρόνιο μάζας  $m$  και φορτίου  $(-e)$  με κινητική ενέργεια  $K$  κατευθύνεται προς μεταλλική επιφάνεια που είναι τοποθετημένη κάθετα στη διεύθυνση κίνησης του ηλεκτρονίου. Μπροστά από την επιφάνεια υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , με τις δυναμικές του γραμμές να είναι παράλληλες στην μεταλλική επιφάνεια και κάθετες στο επίπεδο της σελίδας. Το εύρος του μαγνητικού πεδίου είναι  $D$ . Αν το ηλεκτρόνιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο σε σημείο  $A$  κάθετα στις δυναμικές γραμμές του, όπως φαίνεται στο σχήμα, η ελάχιστη τιμή της έντασης  $B$  του μαγνητικού πεδίου έτσι ώστε το ηλεκτρόνιο να μην προσκρούσει στην μεταλλική επιφάνεια είναι



i.  $B = \frac{\sqrt{2mK}}{|e|D}$

ii.  $B = \frac{D}{|e|} \sqrt{\frac{m}{2K}}$

iii.  $B = \frac{\sqrt{mK}}{|e|D}$

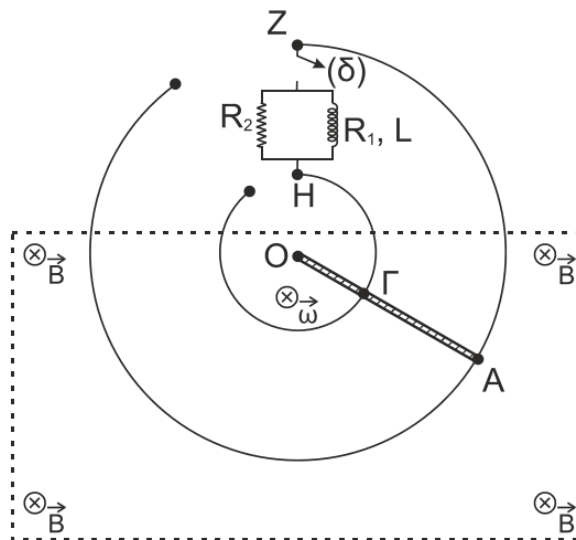
α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Η μεταλλική ράβδος  $OA$  περιστρέφεται κατά τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$  μέτρου  $\omega = 2 \text{ rad/s}$  σε οριζόντιο επίπεδο γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το άκρο της  $O$ . Κατά τη διάρκεια της περιστροφής ο αγωγός εφάπτεται σε κυκλικούς αγωγίμους οδηγούς ακτίνας  $(OA) = \ell_1 = 0,4 \text{ m}$  και  $(O\Gamma) = \ell_2 = 0,2 \text{ m}$ . Οι κυκλικοί οδηγοί, τα σύρματα σύνδεσης και ο αγωγός  $OA$  έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση.

Ο διακόπτης  $(\delta)$  αρχικά είναι ανοιχτός. Το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι ίσο με  $B = 1 \text{ T}$  και η φορά της από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



**Γ1.** Να αποδείξετε ότι η τάση  $V_{A\Gamma}$  μεταξύ των σημείων επαφής  $A, \Gamma$  του περιστρεφόμενου αγωγού με τους κυκλικούς οδηγούς είναι ίση με  $V_{A\Gamma} = 0,12 \text{ V}$ .

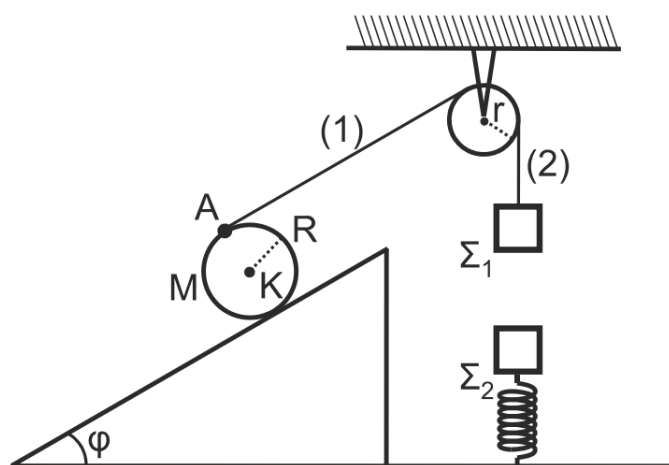
Μεταξύ των άκρων Z και H των κυκλικών οδηγών, παρεμβάλλεται το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος, το οποίο βρίσκεται έξω από το ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$  και ωμική αντίσταση  $R_1 = 1,2 \Omega$ . Ο αντιστάτης  $R_2$  έχει ωμική αντίσταση  $R_2 = 0,6 \Omega$ .

- Γ2.** Κάποια στιγμή κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ). Να σχεδιάσετε και να αιτιολογήσετε την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο πηνίο αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta$ ).
- Γ3.** Μετά από λίγο και ενώ ο αγωγός OA συνεχίζει να περιστρέφεται τα ρεύματα στο κύκλωμα σταθεροποιούνται. Υπολογίστε τις σταθεροποιημένες τιμές των εντάσεων των ρευμάτων.
- Γ4.** Κάποια στιγμή ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ). Να σχεδιάσετε και να αιτιολογήσετε την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο πηνίο αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta$ ); Να υπολογίσετε το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται στο περιβάλλον λόγω φαινομένου Joule στους αντιστάτες, από τη στιγμή που ανοίγει ο διακόπτης ( $\delta$ ) και μέχρι το ρεύμα να μηδενιστεί.

Θεωρείστε ότι κατά τη διάρκεια της περιστροφικής κίνησης, ο αγωγός OA βρίσκεται διαρκώς μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο και για όσο χρονικό διάστημα μελετάμε το φαινόμενο δεν φτάνει στην περιοχή του κυκλώματος. Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

### ΘΕΜΑ Δ

Ομογενής κύλινδρος μάζας  $M$  και ακτίνας  $R = \frac{5}{\pi} \text{ m}$  βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο μεγάλου μήκους, γωνίας κλίσεως  $\varphi = 30^\circ$ . Σε σημείο A της επιφάνειας του κυλίνδρου, το οποίο απέχει από την επιφάνεια του κεκλιμένου επιπέδου απόσταση  $2R$ , έχει δεθεί το ένα άκρο αβαρούς και μη εκτατού νήματος. Το άλλο άκρο του νήματος έχει δεθεί σε σώμα  $\Sigma_1$  μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$ . Το νήμα περνά από το αυλάκι τροχαλίας ακτίνας  $r$ , η οποία έχει στερεωθεί σε οροφή. Το τμήμα (1) του νήματος είναι παράλληλο προς την επιφάνεια του κεκλιμένου επιπέδου, ενώ το τμήμα (2) κατακόρυφο.



Το σύστημα των σωμάτων αυτών ισορροπεί στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Ο άξονας του κυλίνδρου είναι κάθετος στο επίπεδο της σελίδας. Σώμα  $\Sigma_2$  μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_2 = 4 \text{ kg}$  ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο στο

οριζόντιο δάπεδο. Ο άξονας του ελατηρίου βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφη διεύθυνση με τη διεύθυνση του νήματος (2).

**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα  $M$  του κυλίνδρου.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , κόβουμε ταυτόχρονα τα νήματα (1) και (2). Αμέσως μετά την  $t_0 = 0$ , το σώμα  $\Sigma_1$  πέφτει κατακόρυφα ενώ ο κύλινδρος κατέρχεται στο κεκλιμένο επίπεδο με σταθερή επιτάχυνση, εκτελώντας κύλιση χωρίς ολίσθηση. Κατά τη διάρκεια της κύλισής του ο άξονάς του παραμένει συνεχώς κάθετος στο επίπεδο της σελίδας.

**Δ2.** Αν τη χρονική στιγμή  $t_1$  το σημείο  $A$ , ολοκληρώνει μία πλήρη περιστροφή και έχει ταχύτητα μέτρου  $v_A = 20 \text{ m/s}$ , να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του κυλίνδρου κάνοντας χρήση των νόμων της κινηματικής κατά την κύλιση στερεών σωμάτων.

Το σώμα  $\Sigma_1$  πέφτοντας κατακόρυφα συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_2$ . Το συσσωμάτωμα, αμέσως μετά την πλαστική κρούση εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση σε κατακόρυφη διεύθυνση, υπό την επίδραση δύναμης αντίστασης της μορφής  $F_{\text{αντ}} = -0,2v$  (S.I.), όπου  $v$  η αλγεβρική τιμή της ταχύτητας.

Αμέσως μετά την κρούση ο ρυθμός έκλυσης θερμικής ενέργειας στο περιβάλλον είναι ίσος με  $P_0 = 3,2 \text{ J/s}$ .

Να υπολογίσετε:

**Δ3.** το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την πλαστική κρούση.

**Δ4.** τη συνολική θερμική ενέργεια που ελευθερώνεται στο περιβάλλον από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά την κρούση έως την χρονική στιγμή που η ταλάντωση του συσσωματώματος σταματά.

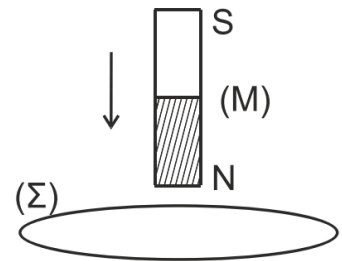
Να θεωρήσετε ότι:

- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- οι κρούσεις είναι ακαριαίες και κατά την πραγματοποίησή τους δεν έχουμε απώλεια μάζας.
- το νήμα δεν ολισθαίνει στο αυλάκι της τροχαλίας.
- το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

**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.** Η ενοποιημένη ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell ερμήνευσε με επιτυχία:
- το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
  - το φαινόμενο της σκέδασης Compton.
  - την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ως μηχανισμού διάδοσης της ενέργειας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο χώρο.
  - την ακτινοβολία του μέλανος σώματος.
- A2.** Για να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό σωληνοειδούς απείρου μήκους, το οποίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, εφαρμόζοντας το νόμο του Ampère, λαμβάνουμε ως κλειστή διαδρομή:
- μια κατάλληλη κυκλική διαδρομή κάθετη στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη διαδρομή σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με το επίπεδό του κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη ελλειπτική διαδρομή κάθετη στον άξονα του σωληνοειδούς.
  - μια κατάλληλη διαδρομή σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με το επίπεδό της να περιέχει τον άξονα του σωληνοειδούς.
- A3.** Κατακόρυφος ραβδόμορφος μαγνήτης (M) πέφτει κατακόρυφα κατά μήκος του άξονα μιας αγωγίμης κυκλικής στεφάνης (Σ) που είναι ακλόνητα στερεωμένη σε οριζόντιο επίπεδο. Καθώς ο μαγνήτης πλησιάζει στην στεφάνη, η μαγνητική ροή που διέρχεται από τη στεφάνη:
- αυξάνεται.
  - ελαττώνεται.
  - παραμένει σταθερή.
  - αρχικά ελαττώνεται και στη συνέχεια αυξάνεται.
- A4.** Κατά μήκος δύο όμοιων χορδών 1 και 2, μεταδίδονται δύο εγκάρσια αρμονικά κύματα χωρίς απώλειες ενέργειας. Αν το κύμα στη χορδή 1 έχει διπλάσια συχνότητα και τριπλάσιο πλάτος από το κύμα στη χορδή 2, τότε:
- η ταχύτητα διάδοσης των δύο κυμάτων στις δύο χορδές είναι ίδια.
  - το μήκος κύματος του κύματος στη χορδή 2 είναι ίδιο με το μήκος κύματος του κύματος στη χορδή 1.
  - η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής 1 είναι ίδια με τη μέγιστη ταχύτητα των σωματιδίων της χορδής 2.
  - η μέγιστη επιτάχυνση ταλάντωσης των σωματιδίων της χορδής 1 είναι ίδια με τη μέγιστη ταχύτητα των σωματιδίων της χορδής 2.
- 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) Όσο μεγαλύτερος είναι ο μέσος χρόνος ζωής  $\Delta t$  μιας διεγερμένης ατομικής στάθμης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αβεβαιότητα  $\Delta E$  για την ενέργειά της.
- β) Η τάση αποκοπής σε φωτοκύτταρο είναι ανεξάρτητη από την ένταση της ακτινοβολίας.
- γ) Η απότομη επιβράδυνση των ηλεκτρονίων, όταν προσπίπτουν στην επιφάνεια ενός μετάλλου είναι η μοναδική αιτία εκπομπής ακτίνων X από την μεταλλική επιφάνεια.
- δ) Παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα απωθούνται.
- ε) Επειδή η ελκτική δύναμη που δέχεται η Γη από τον Ήλιο έχει φορέα που διέρχεται από το κέντρο μάζας της, η στροφορμή της Γης παραμένει σταθερή.

### ΘΕΜΑ Β

**B1.** Ένα φωτόνιο προσπίπτει σε ελεύθερο ηλεκτρόνιο με μάζα  $m$  το οποίο θεωρείται αρχικά ακίνητο. Μετά την κρούση το σκεδαζόμενο φωτόνιο έχει αυξημένο μήκος κύματος σε σχέση με το προσπίπτον κατά  $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc}$ ,

όπου  $h$  η σταθερά του Planck,  $m$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα του φωτός.

- i. Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $90^\circ$  με εκείνη του προσπίπτοντος.
- ii. Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $0^\circ$  με εκείνη του προσπίπτοντος.
- iii. Το σκεδαζόμενο φωτόνιο θα κινείται σε αντίθετη κατεύθυνση από εκείνη του προσπίπτοντος.

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B2.** Ένα διαπασών ( $\delta_1$ ) που λειτουργεί σαν σημειακή ηχητική πηγή, βρίσκεται ακίνητο μπροστά σε λείο κατακόρυφο τοίχο στο σημείο A. Το διαπασών εκπέμπει ήχο συχνότητας  $f_1 = 425$  Hz. Ανάμεσα στο διαπασών και στον τοίχο υπάρχει σημειακός ευαίσθητος δέκτης, ο οποίος μπορεί να μετακινείται ελεύθερα πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα AB που συνδέει κάθετα το διαπασών με το σημείο B του τοίχου. Ο δέκτης καταγράφει μέγιστη ένταση ήχου όταν διέρχεται από δυο διαδοχικές θέσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB, που απέχουν μεταξύ τους 0,4 m.

Αντικαθιστούμε το διαπασών ( $\delta_1$ ) με άλλο ( $\delta_2$ ) το οποίο εκπέμπει ήχο άγνωστης συχνότητας  $f_2$ .

Διαπιστώνουμε τώρα ότι όταν ο δέκτης διέρχεται από δύο διαδοχικές θέσεις του ευθύγραμμου τμήματος AB, που απέχουν μεταξύ τους 1 m, καταγράφει μηδενική ένταση ήχου.

Η συχνότητα  $f_2$  του ήχου που εκπέμπει το διαπασών ( $\delta_2$ ) είναι:

i.  $f_2 = 170$  Hz

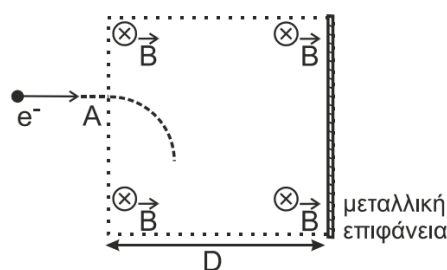
ii.  $f_2 = 212,5$  Hz

iii. 1.062,5 Hz

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**B3.** Ηλεκτρόνιο μάζας  $m$  και φορτίου  $(-e)$  με κινητική ενέργεια  $K$  κατευθύνεται προς μεταλλική επιφάνεια που είναι τοποθετημένη κάθετα στη διεύθυνση κίνησης του ηλεκτρονίου. Μπροστά από την επιφάνεια υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , με τις δυναμικές του γραμμές να είναι παράλληλες στην μεταλλική επιφάνεια και κάθετες στο επίπεδο της σελίδας. Το εύρος του μαγνητικού πεδίου είναι  $D$ . Αν το ηλεκτρόνιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο σε σημείο  $A$  κάθετα στις δυναμικές γραμμές του, όπως φαίνεται στο σχήμα, η ελάχιστη τιμή της έντασης  $B$  του μαγνητικού πεδίου έτσι ώστε το ηλεκτρόνιο να μην προσκρούσει στην μεταλλική επιφάνεια είναι

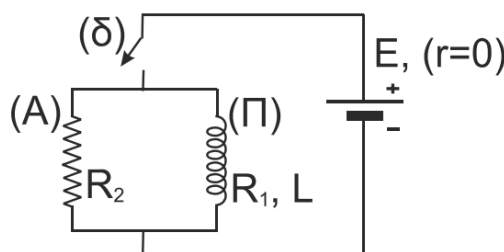


- i.  $B = \frac{\sqrt{2mK}}{|e|D}$       ii.  $B = \frac{D}{|e|} \sqrt{\frac{m}{2K}}$       iii.  $B = \frac{\sqrt{mK}}{|e|D}$

- α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.  
β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**ΘΕΜΑ Γ**

Ηλεκτρική πηγή, ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E = 0,12 \text{ V}$  και μηδενικής εσωτερικής αντίστασης ( $r = 0$ ) συνδέεται μέσω διακόπτη  $(\delta)$  με κύκλωμα που αποτελείται από πηνίο  $(\Pi)$  και αντιστάτη  $(A)$ , όπως στο διπλανό σχήμα. Το πηνίο  $(\Pi)$  έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$  και ωμική αντίσταση  $R_1 = 1,2 \Omega$ . Ο αντιστάτης  $(A)$  έχει ωμική αντίσταση  $R_2 = 0,6 \Omega$ .

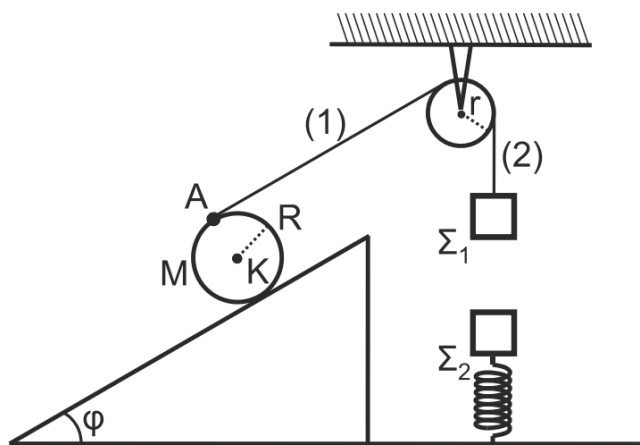


Αρχικά ο διακόπτης  $(\delta)$  είναι ανοικτός. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κλείνουμε το διακόπτη.

- Γ1.** i. Να σχεδιάσετε την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.  
ii. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο  $(\Pi)$  αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη.
- Γ2.** Να υπολογίσετε τις τελικές τιμές των εντάσεων των ρευμάτων που διαρρέουν τον αντιστάτη  $(A)$  και το πηνίο  $(\Pi)$ .
- Κάποια χρονική στιγμή  $t_1$  ανοίγουμε το διακόπτη  $(\delta)$ .
- Γ3.** i. Να σχεδιάσετε την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.  
ii. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο  $(\Pi)$  αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη.
- Γ4.** Να υπολογίσετε το ποσό της συνολικής θερμότητας που θα παραχθεί στον αντιστάτη  $(A)$  και το πηνίο  $(\Pi)$ , από τη στιγμή που ανοίγει ο διακόπτης  $(\delta)$  και μέχρι το ρεύμα στο κύκλωμα να μηδενιστεί.

## ΘΕΜΑ Δ

Ομογενής κύλινδρος μάζας  $M$  και ακτίνας  $R = \frac{5}{\pi}$  m βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο μεγάλου μήκους, γωνίας κλίσεως  $\varphi = 30^\circ$ . Σε σημείο  $A$  της επιφανείας του κυλίνδρου, το οποίο απέχει από την επιφάνεια του κεκλιμένου επιπέδου απόσταση  $2R$ , έχει δεθεί το ένα άκρο αβαρούς και μη εκτατού νήματος. Το άλλο άκρο του νήματος έχει δεθεί σε σώμα  $\Sigma_1$  μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_1 = 1$  kg. Το νήμα περνά από το αυλάκι τροχαλίας ακτίνας  $r$ , η οποία έχει στερεωθεί σε οροφή. Το τμήμα (1) του νήματος είναι παράλληλο προς την επιφάνεια του κεκλιμένου επιπέδου, ενώ το τμήμα (2) κατακόρυφο.



Το σύστημα των σωμάτων αυτών ισορροπεί στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Ο άξονας του κυλίνδρου είναι κάθετος στο επίπεδο της σελίδας. Σώμα  $\Sigma_2$  μικρών διαστάσεων και μάζας  $m_2 = 4$  kg ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο στο οριζόντιο δάπεδο. Ο άξονας του ελατηρίου βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφη διεύθυνση με τη διεύθυνση του νήματος (2).

**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα  $M$  του κυλίνδρου.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , κόβουμε ταυτόχρονα τα νήματα (1) και (2). Αμέσως μετά την  $t_0 = 0$ , το σώμα  $\Sigma_1$  πέφτει κατακόρυφα ενώ ο κύλινδρος κατέρχεται στο κεκλιμένο επίπεδο με σταθερή επιτάχυνση, εκτελώντας κύλιση χωρίς ολίσθηση. Κατά τη διάρκεια της κύλισής του ο άξονάς του παραμένει συνεχώς κάθετος στο επίπεδο της σελίδας.

**Δ2.** Αν τη χρονική στιγμή  $t_1$  το σημείο  $A$ , ολοκληρώνει μία πλήρη περιστροφή και έχει ταχύτητα μέτρου  $v_{CM} = 10$  m/s, να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του κυλίνδρου, κάνοντας χρήση των νόμων της κινηματικής κατά την κύλιση στερεών σωμάτων.

Το σώμα  $\Sigma_1$  πέφτοντας κατακόρυφα συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_2$ , έχοντας τη στιγμή της κρούσης ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 20$  m/s.

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την πλαστική κρούση και το ποσό της θερμικής ενέργειας που απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την κρούση.

Να θεωρήσετε ότι:

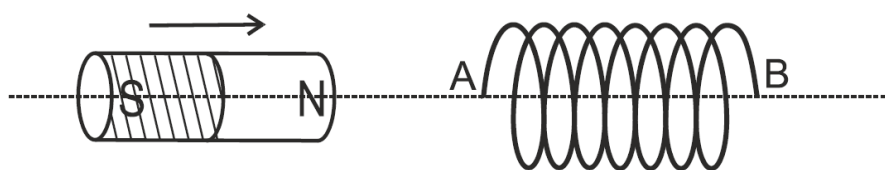
- η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.
- οι κρούσεις είναι ακαριαίες και κατά την πραγματοποίησή τους δεν έχουμε απώλεια μάζας.
- το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.



**ΘΕΜΑ Α**

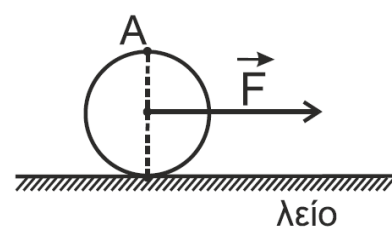
Στις ερωτήσεις **A1** – **A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

- A1.** Δύο σφαίρες πολύ μικρών διαστάσεων, ίδιας μάζας, που κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με αντίθετες ταχύτητες μέτρου  $υ$ , συγκρούονται κεντρικά και πλαστικά. Μετά την κρούση
- οι σφαίρες θα ανταλλάξουν ταχύτητες.
  - η μία σφαίρα θα ακινητοποιηθεί και η άλλη θα κινηθεί με ταχύτητα μέτρου  $υ$ .
  - οι σφαίρες θα απομακρυνθούν με ταχύτητες ίδιου μέτρου.
  - η συνολική κινητική ενέργεια των δύο σφαιρών θα μηδενιστεί.
- A2.** Στο παρακάτω σχήμα ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει προς το ανοικτό πηνίο, έτσι ώστε ο άξονας του να ταυτίζεται με τον άξονα του πηνίου.



Τότε

- στο άκρο A του πηνίου δημιουργείται βόρειος (N) μαγνητικός πόλος.
  - το πηνίο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.
  - στα άκρα A και B του πηνίου αναπτύσσεται τάση από επαγωγή.
  - το πηνίο απωθεί τον μαγνήτη.
- A3.** Ο ομογενής δίσκος του σχήματος βρίσκεται ακίνητος πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με το επίπεδό του κατακόρυφο. Ασκώντας στο κέντρο μάζας του σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , στο επίπεδο του δίσκου, αυτό αποκτά επιτάχυνση μέτρου  $a_{cm}$ . Το μέτρο της επιτάχυνσης του σημείου A που είναι αντιδιαμετρικό με το σημείο επαφής του δίσκου με το έδαφος κάθε χρονική στιγμή είναι
- $2a_{cm}$
  - 0
  - $a_{cm}$
  - $\sqrt{2}a_{cm}$
- A4.** Κατά τη διάρκεια μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης αυξάνουμε τη σταθερά απόσβεσης  $b$ . Αν η συχνότητα του διεγέρτη
- είναι μεγαλύτερη από την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.
  - είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα μειωθεί.
  - είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.
  - είναι μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.



- 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)** Σύμφωνα με τον Heisenberg, η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το χρόνο που το σύστημα παραμένει σε αυτή την κατάσταση.
- β)** Σε μία φθίνουσα ταλάντωση, στην οποία το πλάτος μειώνεται εκθετικά με το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση  $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ , η σταθερά  $\Lambda$  εξαρτάται μόνο από τη μάζα του ταλαντούμενου συστήματος.
- γ)** Η αυτεπαγωγή είναι ιδιότητα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων αντίστοιχη με την αδράνεια των σωμάτων.
- δ)** Στην Ελλάδα στα δίκτυα των πόλεων το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης, στην κατανάλωση, είναι  $V = 220\sqrt{2}$  V και η συχνότητα  $f = 50$  Hz.
- ε)** Σε μία χορδή, στην οποία έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο της χορδής στο άλλο.

### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Ένα μέλαν σώμα έχει θερμοκρασία  $T_1$ , βρίσκεται σε χώρο όπου επικρατεί κενό και εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα περιορίζεται σε μια στενή περιοχή με «αιχμή» στο μήκος κύματος  $\lambda_{1\max}$ . Η φάση του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής  $\lambda_{1\max}$  είναι ίση με

$$\varphi_1 = 2\pi \left( 10^{15} t - \frac{10^7}{3} x \right) \text{ (S.I.)}$$

Το ίδιο μέλαν σώμα, στον ίδιο χώρο, έχοντας θερμοκρασία  $T_2$ , διπλάσια  $T_1$  της εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη θερμοκρασία  $T_2$  το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα περιορίζεται σε μια στενή περιοχή με «αιχμή» στο μήκος κύματος  $\lambda_{2\max}$ .

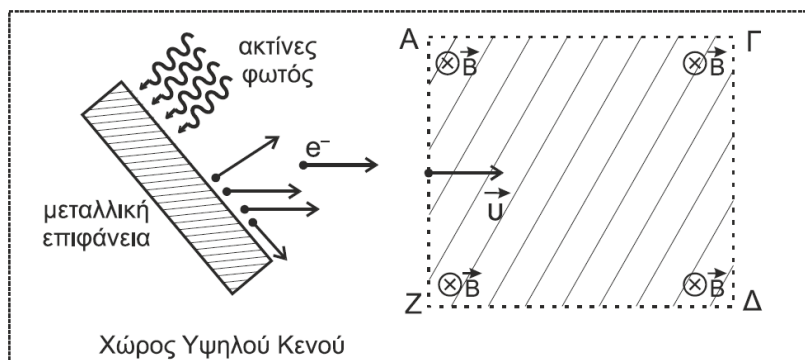
Η φάση  $\varphi_2$  του ηλεκτρικού πεδίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος αιχμής  $\lambda_{2\max}$  θα είναι ίση με:

i.  $\varphi_2 = 2\pi(10^{15} t - 10^7 x)$  (S.I.)

ii.  $\varphi_2 = 2\pi \left( 2 \cdot 10^{15} t - \frac{2 \cdot 10^7}{3} x \right)$  (S.I.)

iii.  $\varphi_2 = 2\pi \left( 2 \cdot 10^{15} t - \frac{3 \cdot 10^7}{2} x \right)$  (S.I.)

- α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.
- β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.
- B2.** Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια μεταλλική επιφάνεια σε χώρο όπου επικρατεί υψηλό κενό και το υλικό κατασκευής της μπορεί να είναι από Βάριο ή Βολφράμιο ή Ταντάλιο.



Γνωρίζουμε ότι το Βάριο έχει έργο εξαγωγής 2,5 eV, το Βολφράμιο 4,5 eV και το Ταντάλιο 4,2 eV. Σε ένα εργαστήριο πραγματοποιούμε δύο πειράματα για να προσδιορίσουμε το υλικό κατασκευής της μεταλλικής επιφάνειας.

### Πείραμα 1ο

Στη μεταλλική επιφάνεια προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καθορισμένου μήκους κύματος  $\lambda_1 = 375 \text{ nm}$ , οπότε εξέρχονται από αυτή φωτοηλεκτρόνια μέγιστης κινητικής ενέργειας  $K_1$ . Κάποια από αυτά κατευθύνονται προς ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$  και εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του, οι οποίες έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Κατά τη διάρκεια της κίνησής τους εντός του μαγνητικού πεδίου, τα φωτοηλεκτρόνια αυτά έχουν στροφορμή  $L_1$  ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της τροχιάς τους και είναι κάθετος σε αυτή.

### Πείραμα 2ο

Επαναλαμβάνουμε το πείραμα με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος  $\lambda_2 = \lambda_1 / 2$ , οπότε από τη μεταλλική επιφάνεια εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια μέγιστης κινητικής ενέργειας  $K_2$ . Τα φωτοηλεκτρόνια που εισέρχονται κάθετα στο μαγνητικό πεδίο, κατά τη διάρκεια της κίνησής τους εντός αυτού, έχουν στροφορμή  $L_2$  ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της τροχιάς τους και είναι κάθετος σε αυτή.

Αν ισχύει ότι  $L_2 = 5L_1$ , συμπεραίνουμε ότι η μεταλλική επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από:

- i. Βάριο      ii. Βολφράμιο      iii. Ταντάλιο

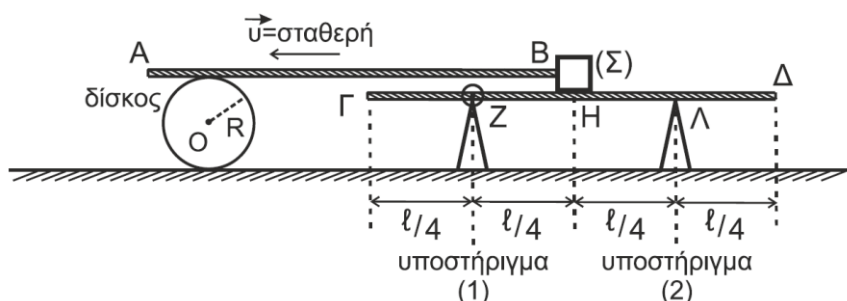
Να θεωρήσετε ότι  $hc = 1250 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ .

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Το σώμα  $\Sigma$  του παρακάτω σχήματος, μάζας  $m$ , έχει στερεωθεί στο άκρο  $B$  οριζόντιας, ομογενούς, άκαμπτης και αβαρούς ράβδου  $AB$ . Η ράβδος ακουμπά πάνω στην περιφέρεια ομογενούς δίσκου κέντρου  $O$  και ακτίνας  $R$ . Ο δίσκος βρίσκεται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με το επίπεδό του κατακόρυφο. Το σώμα  $\Sigma$  μπορεί να κινείται πάνω σε λεία, οριζόντια, ομογενή και άκαμπτη δοκό  $\Gamma\Delta$  μήκους  $\ell$  και μάζας  $M = m/2$ .

Η δοκός έχει αρθρωθεί κατάλληλα στο σημείο  $Z$ , με την κορυφή κατακόρυφου και ακλόνητου υποστηρίγματος (1) που βρίσκεται σε απόσταση  $\ell/4$  από το άκρο της  $\Gamma$ . Σε απόσταση  $\ell/4$  από το άκρο  $\Delta$  της δοκού έχει τοποθετηθεί ένα δεύτερο, όμοιο κατακόρυφο υποστήριγμα (2), πάνω στην κορυφή  $\Lambda$  του οποίου ακουμπά η δοκός  $\Gamma\Delta$ . Τα υποστηρίγματα έχουν τοποθετηθεί στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με αυτό στο οποίο βρίσκεται ο δίσκος, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Το σύστημα ράβδου-σώματος  $\Sigma$  κινείται προς τα αριστερά με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v$ . Ο δίσκος εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση και η περιφέρειά του βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τη ράβδο  $AB$ , χωρίς να παρατηρείται ολίσθηση μεταξύ τους.

Το σώμα  $\Sigma$ , κινούμενο από το  $\Delta$  προς το  $\Gamma$ , τη χρονική στιγμή  $t = 0$  περνά από το μέσο  $H$  της δοκού. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  το σώμα  $\Sigma$  περνά από ένα σημείο της δοκού, στο οποίο η δοκός μόλις που χάνει οριακά την επαφή της με την κορυφή του υποστηρίγματος (2).

α) Η απόσταση που έχει διανύσει το σώμα  $\Sigma$  από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι:

i.  $\frac{5\ell}{6}$                       ii.  $\frac{3\ell}{8}$                       iii.  $\frac{\ell}{3}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

β) Το διάστημα  $s$  που έχει διανύσει το κέντρο μάζας  $O$  του δίσκου από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι:

i.  $\frac{3\ell}{16}$                       ii.  $\frac{3\ell}{8}$                       iii.  $\frac{\ell}{16}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Να θεωρήσετε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για όλα τα σώματα.

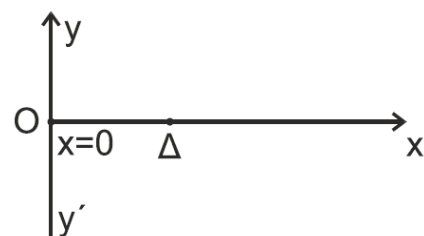
### ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα, πλάτους  $A$  και μήκους κύματος  $\lambda$ , διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε ομογενές γραμμικό

ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους που ταυτίζεται με τον οριζόντιο ημιάξονα  $Ox$  προς τη θετική κατεύθυνση, όπως φαίνεται

στο σχήμα.

Το κύμα παράγεται από πηγή που βρίσκεται στο σημείο  $O$  στη θέση  $x = 0$  του ελαστικού μέσου και το οποίο αρχίζει να ταλαντώνεται με θετική ταχύτητα τη χρονική στιγμή  $t = 0$  σύμφωνα με την εξίσωση  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$ . Το υλικό σημείο  $O$  κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του διέρχεται 60 φορές το λεπτό από τη θέση ισορροπίας του.



Κάποια χρονική στιγμή που το υλικό σημείο  $O$  βρίσκεται στην ακραία αρνητική του απομάκρυνση ( $y = -A$ ) από την αρχική θέση ισορροπίας του, το υλικό σημείο  $\Delta$  του ημιάξονα  $Ox$  που απέχει από την πηγή  $O$  οριζόντια απόσταση  $x_{\Delta} = 2,5 \text{ m}$  και έχει ήδη αρχίσει να ταλαντώνεται, βρίσκεται στην ακραία θετική του απομάκρυνση

( $y = +A$ ) από την αρχική θέση ισορροπίας του. Την ίδια χρονική στιγμή μεταξύ της πηγής ( $x = 0$ ) και του σημείου  $\Delta$  υπάρχουν δύο υλικά σημεία που βρίσκονται στην ακραία θετική τους απομάκρυνση ( $y = +A$ ).

Από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη στιγμή που το κύμα φτάνει στο υλικό σημείο  $\Delta$ , το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει το υλικό σημείο που βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  είναι ίσο με  $2 \text{ m}$ .

**Γ1.** Να υπολογίσετε α) την περίοδο  $T$ , β) το μήκος κύματος  $\lambda$  και γ) την ταχύτητα διάδοσης του κύματος, καθώς και δ) το πλάτος  $A$  της ταλάντωσης των υλικών σημείων του μέσου.

**Γ2.** Να αποδείξετε ότι η μαθηματική σχέση που περιγράφει την ταλάντωση του υλικού σημείου  $\Delta$  είναι:

$$y = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_{\Delta}}{\lambda} \right).$$

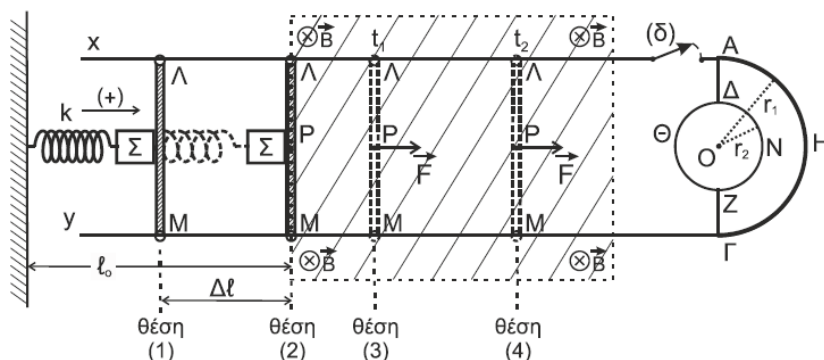
**Γ3.** Να γράψετε την εξίσωση ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο για το υλικό σημείο  $\Delta$  και να σχεδιάσετε τη γραφική της παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες, από την χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t = 8 \text{ s}$ .

Μειώνουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής, διατηρώντας το ίδιο πλάτος, έτσι ώστε η πηγή  $O$  και το υλικό σημείο  $\Delta$  να είναι δύο διαδοχικά σημεία του ελαστικού μέσου, τα οποία κάθε χρονική στιγμή απέχουν το ίδιο από τη θέση ισορροπίας τους και κινούνται με την ίδια ταχύτητα.

**Γ4.** Να υπολογίσετε τη μείωση της συχνότητας της πηγής.

### ΘΕΜΑ Δ

Ένα σώμα  $\Sigma$  μικρών διαστάσεων, μάζας  $m = 0,4 \text{ kg}$  και μια ευθύγραμμη λεπτή και ομογενής μεταλλική ράβδος  $\Lambda M$  μήκους  $L = 1 \text{ m}$  και μάζας  $M_p = 1,2 \text{ kg}$  αμελητέας ωμικής αντίστασης, έχουν τοποθετηθεί πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Το σώμα  $\Sigma$  έχει



δεθεί στο ελεύθερο άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 10 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Το ελατήριο βρίσκεται στο φυσικό του μήκος. Στη θέση αυτή (θέση (2)), το σώμα  $\Sigma$  βρίσκεται σε επαφή με τη ράβδο στο μέσον της  $P$ . Ο άξονας του ελατηρίου, το σώμα  $\Sigma$  και το μέσον της ράβδου βρίσκονται στην ίδια οριζόντια διεύθυνση, η οποία είναι κάθετη στη ράβδο.

Η ράβδος είναι κάθετα τοποθετημένη με τα άκρα της  $\Lambda, M$  πάνω σε δύο οριζόντιους και παράλληλους αγωγούς ( $xA$  και  $y\Gamma$ ), αμελητέας ωμικής αντίστασης, οι οποίοι έχουν στερεωθεί πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Η ράβδος μπορεί να ολισθαίνει πάνω στους δύο παράλληλους αγωγούς, χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα της σε συνεχή επαφή με αυτούς. Μεταξύ των άκρων  $A$  και  $\Gamma$  των παράλληλων αγωγών έχει συνδεθεί ένας λεπτός ημικυκλικός αγωγός ( $A\Lambda\Gamma$ ) κέντρου  $O$  και ακτίνας  $r_1 = L/2$ , κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής και ωμικής αντίστασης  $R_1 = 10 \Omega$ .

Στα άκρα  $A$  και  $\Gamma$  έχει συνδεθεί επιπλέον ένας λεπτός κυκλικός αγωγός ( $\Delta N Z \Theta$ ) κατασκευασμένος από σύρμα σταθερής διατομής ωμικής αντίστασης  $R_2 = 10 \Omega$ , μέσω των αγωγίμων συρμάτων  $A\Delta$  και  $\Gamma Z$  που έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Στον κυκλικό αγωγό σχηματίζονται δύο ημικύκλια  $\Delta N Z$  και  $\Delta \Theta Z$ . Το κέντρο του κυκλικού

αγωγού ταυτίζεται με το κέντρο του ημικυκλικού αγωγού ΑΗΓ, ενώ η ακτίνα του  $r_2$  είναι μικρότερη από την ακτίνα  $r_1$ .

Ο διακόπτης (δ) του αγωγού xA είναι αρχικά ανοικτός, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Στον χώρο μεταξύ της ράβδου ΛΜ και του αγωγού (ΑΗΓ) υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, το οποίο στο σχήμα απεικονίζεται με τη γραμμοσκιασμένη περιοχή. Το μέτρο της έντασής του είναι  $B = 1 \text{ T}$  και οι δυναμικές του γραμμές έχουν διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Μετακινούμε τη ράβδο ΛΜ μαζί με το σώμα Σ, ώστε το ελατήριο να συσπειρωθεί κατά  $\Delta l = 0,4 \text{ m}$  από το φυσικό του μήκος και να έρθει στη θέση (1). Στη συνέχεια αφήνουμε ελεύθερο το σύστημα του σώματος Σ και της ράβδου.

**Δ1. α)** Να αποδείξετε ότι η ράβδος ΛΜ θα αποχωριστεί από το σώμα Σ στη θέση όπου το ελατήριο θα αποκτήσει το φυσικό του μήκος για πρώτη φορά μετά τη στιγμή που τα αφήσαμε ελεύθερα.

**β)** Να βρείτε το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το σώμα Σ, αφού αποχωριστεί από τη ράβδο ΛΜ.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  η ράβδος ΛΜ αποχωρίζεται από το σώμα Σ και με την ταχύτητα που έχει εισέρχεται αμέσως μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

**Δ2.** Να αιτιολογήσετε την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) από επαγωγή ανάμεσα στα άκρα Λ, Μ της ράβδου αμέσως μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και να σχεδιάσετε την πολικότητά της.

Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ s}$  (θέση (3)) ασκείται στο μέσον Ρ της ράβδου σταθερή οριζόντια δύναμη προς τη θετική κατεύθυνση μέτρου  $F = 3 \text{ N}$ , κάθετη σε αυτήν. Τη χρονική στιγμή  $t_2 = 3 \text{ s}$  ο διακόπτης (δ) κλείνει (θέση (4)).

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης της ράβδου ΛΜ για το χρονικό διάστημα  $\Delta t = (t_2 - t_1)$  και το μέτρο της ταχύτητάς της στο τέλος αυτού του χρονικού διαστήματος.

**Δ4.** Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ):

**α)** να αποδείξετε ότι η ράβδος ΛΜ θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

**β)** να υπολογίσετε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τη ράβδο, τον ημικυκλικό αγωγό και τα δύο τμήματα του κυκλικού αγωγού.

**Δ5.** Αφού έχει κλείσει ο διακόπτης (δ) να υπολογίσετε:

**α)** την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο κέντρο του Ο αποκλειστικά ο ημικυκλικός αγωγός, κάνοντας χρήση του νόμου των Biot – Savart .

**β)** τη συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν αποκλειστικά ο ημικυκλικός και ο κυκλικός αγωγός στο κοινό τους κέντρο Ο.

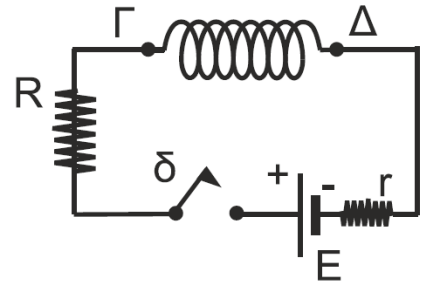
Να θεωρήσετε ότι:

- Η όλη διάταξη βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο μεγάλων διαστάσεων το οποίο είναι ηλεκτρικά μονωμένο.
- Η ράβδος μετά το κλείσιμο του διακόπτη τη χρονική στιγμή  $t_2$  παραμένει συνεχώς μέσα στο μαγνητικό πεδίο, δεν επηρεάζεται η κίνησή της από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν ο ημικυκλικός και ο κυκλικός αγωγός και δεν έρχεται σε επαφή με αυτούς.
- Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για όλα τα σώματα.
- Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

**ΘΕΜΑ Α**

Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**A1.** Το κύκλωμα του διπλανού σχήματος αποτελείται από πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ)  $E$  και εσωτερικής αντίστασης  $r$ , ιδανικό πηνίο  $\Gamma\Delta$ , αντιστάτη αντίστασης  $R$  και διακόπτη  $\delta$ , ο οποίος είναι αρχικά ανοικτός.



Αν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείσουμε το διακόπτη χωρίς να εμφανιστεί σπινθηρισμός, τότε:

- α)** αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
  - β)** αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη στα άκρα του πηνίου εμφανίζεται ΗΕΔ αυτεπαγωγής με το άκρο  $\Gamma$  να είναι αρνητικός πόλος.
  - γ)** μετά από αρκετό χρόνο ώστε να έχει αποκατασταθεί η τελική τιμή της έντασης του ρεύματος, η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο μηδενίζεται.
  - δ)** μετά από αρκετό χρόνο ώστε να έχει αποκατασταθεί η τελική τιμή της έντασης του ρεύματος, η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο μεγιστοποιείται.
- A2.** Ένα σύστημα εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση και βρίσκεται σε συντονισμό. Αν ελαττώσουμε τη συχνότητα του διεγέρτη, τότε το πλάτος της ταλάντωσης:
- α)** ελαττώνεται.
  - β)** αυξάνεται.
  - γ)** παραμένει σταθερό.
  - δ)** αρχικά θα αυξηθεί και στη συνέχεια θα ελαττωθεί.
- A3.** Ομογενής κύλινδρος ανέρχεται επιβραδυνόμενος σε κεκλιμένο επίπεδο. Σε κάποιο σημείο του επιπέδου σταματά και στη συνέχεια κατέρχεται επιταχυνόμενος πάνω σε αυτό. Αν σε όλη τη διάρκεια της ανόδου και της καθόδου στο κεκλιμένο επίπεδο ο κύλινδρος εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση και ο άξονας περιστροφής του παραμένει συνεχώς οριζόντιος, τότε:
- α)** η ταχύτητα του κέντρου μάζας του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - β)** η γωνιακή επιτάχυνση του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - γ)** η γωνιακή ταχύτητα του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - δ)** η επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου έχει κατά την κάθοδο αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που έχει κατά την άνοδο.
- A4.** Σε μια κεντρική κρούση δύο μικρών σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα, ισχύει πάντα ότι:
- α)** η ορμή κάθε σώματος διατηρείται.
  - β)** η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του ενός σώματος είναι αντίθετη της μεταβολής της κινητικής ενέργειας του άλλου.
  - γ)** διατηρείται η ορμή και η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
  - δ)** η μεταβολή της ορμής του ενός σώματος είναι αντίθετη της μεταβολής της ορμής του άλλου.

- 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)** Όταν σε ένα ελαστικό μέσο διαδίδονται δύο ή περισσότερα κύματα, η απομάκρυνση ενός σημείου του μέσου είναι ίση με τη συνισταμένη των απομακρύνσεων που οφείλονται στα επιμέρους κύματα.
  - β)** Αν αυξηθεί η συχνότητα περιστροφής του αγωγίμου στρεφόμενου πλαισίου σε μια διάταξη παραγωγής εναλλασσόμενης τάσης, τότε η ενεργός τιμή της τάσης θα αυξηθεί.
  - γ)** Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ο αριθμός παραγωγής φωτοηλεκτρονίων από τη μεταλλική κάθοδο αυξάνει ανάλογα με τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
  - δ)** Αν σε ένα ελεύθερο στερεό σώμα ασκηθεί ζεύγος δυνάμεων, τότε το σώμα θα εκτελέσει σύνθετη κίνηση.
  - ε)** Η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση μειώνεται όταν αυξάνεται το μέτρο της ταχύτητάς του.

**ΘΕΜΑ Β**

- B1.** Κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του άξονα  $x'x$ , διαδίδεται εγκάρσιο απλό αρμονικό κύμα κατά τη θετική φορά και χωρίς απώλειες ενέργειας. Θεωρούμε ως αρχή του άξονα ένα σημείο  $O$  του μέσου, το οποίο αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση τη χρονική στιγμή  $t = 0$  με εξίσωση  $y = A\eta\mu \frac{2\pi}{T} t$ .

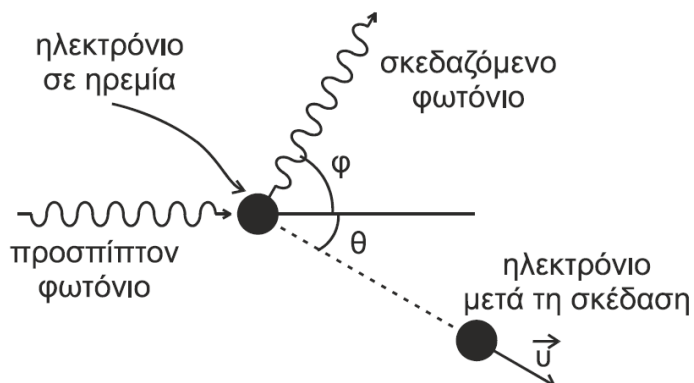


Ένα σημείο  $B$  του θετικού ημιάξονα φτάνει για πρώτη φορά στην ακραία θετική απομάκρυνσή του τη χρονική στιγμή  $t_1 = \frac{9T}{4}$ . Τα υλικά σημεία του μέσου μεταξύ των σημείων  $O$  και  $B$ , τα οποία είναι ακίνητα τη χρονική στιγμή  $t_1$ , είναι:

- i.** 4
- ii.** 3
- iii.** 6

- α)** Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.
- β)** Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Ένα φωτόνιο μήκους κύματος  $\lambda$  προσπίπτει και σκεδάζεται από πρακτικά ακίνητο ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\varphi = 60^\circ$ . Η διεύθυνση στην οποία κινείται το ηλεκτρόνιο (μετά τη σκέδαση) σχηματίζει γωνία  $\theta = 30^\circ$  με τη διεύθυνση του προσπίπτοντος φωτονίου.





Αν γνωρίζετε ότι η σκέδαση πραγματοποιείται στο κενό,  $m$  είναι η μάζα του ηλεκτρονίου,  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό και  $h$  η σταθερά του Planck, τότε για το μήκος κύματος  $\lambda$  του προσπίπτοντος φωτονίου ισχύει ότι:

i.  $\lambda = \frac{h}{2mc}$

ii.  $\lambda = \frac{h}{mc}$

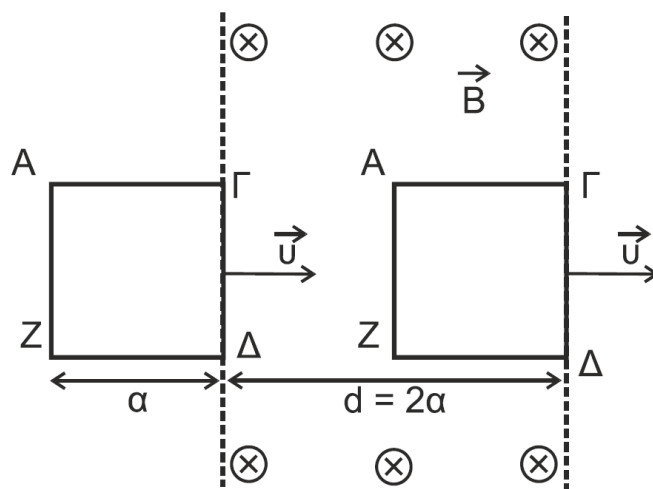
iii.  $\lambda = \frac{2h}{mc}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Το συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο ΑΓΔΖ του παρακάτω σχήματος, πλευράς  $a$  και ολικής ωμικής αντίστασης  $R$ , κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το πλαίσιο εισέρχεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  και εύρους  $d = 2a$ , με το επίπεδό του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου έχουν κατεύθυνση από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



Τη χρονική στιγμή  $t_1$  το πλαίσιο αρχίζει να εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο, κινούμενο με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ .

- α) Για να κινείται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$ , πρέπει να ασκείται σε αυτό:

- σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , ομόρροπη της ταχύτητας  $\bar{v}$ , μόνο κατά τη διάρκεια εισόδου όλου του πλαισίου στο πεδίο.
- σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , ομόρροπη της ταχύτητας  $\bar{v}$ , από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  μεταβλητού μέτρου, ομόρροπη της ταχύτητας  $\bar{v}$ , μόνο κατά τη διάρκεια εισόδου όλου του πλαισίου στο πεδίο.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- β) Το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  για την κίνηση του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$  δίνεται από τη σχέση:

i.  $W_F = \frac{3B^2 a^3 v}{R}$

ii.  $W_F = \frac{2B^2 a^3 v}{R}$

iii.  $W_F = \frac{B^2 a^3 v}{R}$

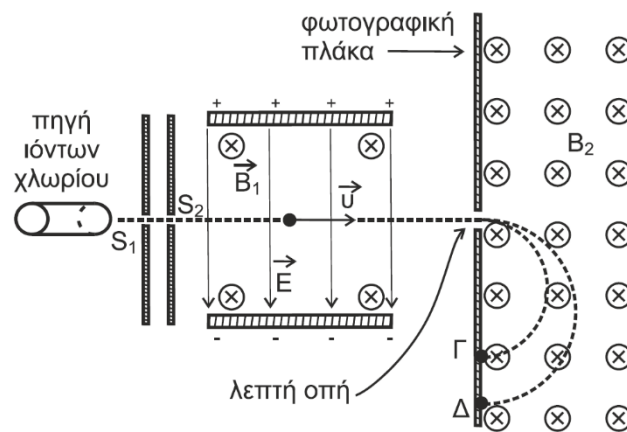
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

## ΘΕΜΑ Γ

Στον φασματογράφο μάζας του παρακάτω σχήματος, μονοσθενή αρνητικά ιόντα χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) από μία πηγή, περνούν μέσα από τις σχισμές  $S_1$  και  $S_2$ , σχηματίζοντας μια λεπτή δέσμη. Η δέσμη εισέρχεται σε επιλογέα ταχυτήτων, δηλαδή σε περιοχή όπου συνυπάρχουν ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  μέτρου  $4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$  και ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης  $\vec{E}$  μέτρου  $2 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ , κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση της δέσμης. Η φορά των μαγνητικών γραμμών είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Μερικά από τα ιόντα που δεν εκτρέπονται και συνεχίζουν την πορεία τους, διέρχονται από λεπτή οπή διαφράγματος, του οποίου η επιφάνεια είναι κάθετη στη διεύθυνση της δέσμης. Αμέσως μετά τη δίοδό τους από την οπή εισέρχονται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  και μέτρου  $0,1 \text{ T}$ . Η φορά των μαγνητικών γραμμών είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Τα ιόντα στη συνέχεια, εκτελώντας καμπυλόγραμμη κίνηση, δημιουργούν πάνω σε φωτογραφική πλάκα δύο στίγματα στα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$  που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $(\Gamma\Delta) = 0,02 \text{ m}$ .



- Γ1.** Να αιτιολογήσετε γιατί μερικά από τα ιόντα χλωρίου δεν εκτρέπονται κατά την κίνησή τους μέσα στον επιλογέα ταχυτήτων.
- Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των ιόντων χλωρίου που δεν εκτρέπονται κατά την κίνησή τους μέσα στον επιλογέα ταχυτήτων.
- Γ3.** Τα ιόντα χλωρίου δημιουργούν δύο στίγματα πάνω στη φωτογραφική πλάκα, γιατί το χλώριο ( $\text{Cl}$ ) έχει δύο ισότοπα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$ . Αν  $m_1 > m_2$ , να αιτιολογήσετε σε ποια θέση ( $\Gamma$  ή  $\Delta$ ) δημιουργούν στίγμα τα ισότοπα χλωρίου με τη μεγαλύτερη μάζα.
- Γ4.** Να αποδείξετε ότι το ισότοπο του χλωρίου μάζας  $m_1$  έχει δύο νετρόνια περισσότερα από το ισότοπο μάζας  $m_2$ .

Δίνονται:

- το στοιχειώδες φορτίο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- η μάζα του νετρονίου  $m_n = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

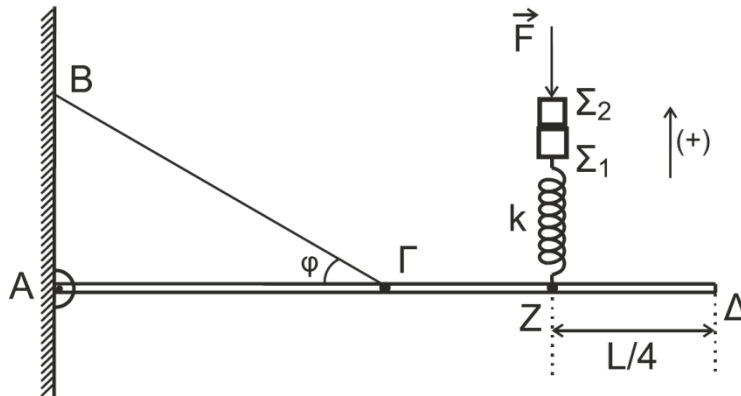
Να θεωρήσετε ότι:

- στο εσωτερικό του φασματογράφου υπάρχει κενό.
- το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

### ΘΕΜΑ Δ

Η λεπτή ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΑΔ, μάζας  $M\rho = 4 \text{ kg}$  και μήκους  $L$  του παρακάτω σχήματος ισορροπεί οριζόντια. Το άκρο της Α έχει συνδεθεί με άρθρωση σε κατακόρυφο τοίχο. Στο μέσον της Γ έχει δεθεί το ένα άκρο αβαρούς και μη εκτατού νήματος, το άλλο άκρο του οποίου έχει στηριχθεί στον κατακόρυφο τοίχο στο σημείο Β. Το νήμα σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τη διεύθυνση της ράβδου.

Σε σημείο Ζ της ράβδου, το οποίο απέχει από το άκρο της Δ απόσταση  $(Z\Delta) = L/4$ , έχει στερεωθεί το κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ . Στο πάνω άκρο του ελατηρίου έχει δεθεί σώμα  $\Sigma_1$  μικρών διαστάσεων, μάζας  $m_1 = 0,6 \text{ kg}$ . Πάνω στο σώμα  $\Sigma_1$  έχει τοποθετηθεί σώμα  $\Sigma_2$  μικρών διαστάσεων, μάζας  $m_2 = 0,4 \text{ kg}$ .



**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ . Το σύστημα των δύο σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ2.** Να βρείτε σε ποια θέση κατά την ταλάντωση του συστήματος των δύο σωμάτων το σώμα  $\Sigma_2$  θα αποσπαστεί από το σώμα  $\Sigma_1$ .

**Δ3.** Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , που το σώμα  $\Sigma_2$  αποσπάται από το σώμα  $\Sigma_1$ , να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το νήμα στο μέσον Γ της ράβδου.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , που το σώμα  $\Sigma_2$  αποσπάται από το σώμα  $\Sigma_1$ , το σώμα  $\Sigma_2$  συνεχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω, ενώ το σώμα  $\Sigma_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε την κατακόρυφη απόσταση που διανύει το σώμα  $\Sigma_2$  από τη χρονική στιγμή  $t_1$  μέχρι να σταματήσει στιγμιαία.

Όταν το  $\Sigma_2$  φτάσει στο ανώτερο ύψος του, απομακρύνεται.

**Δ5.** Να υπολογίσετε την ενέργεια ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_1$ .

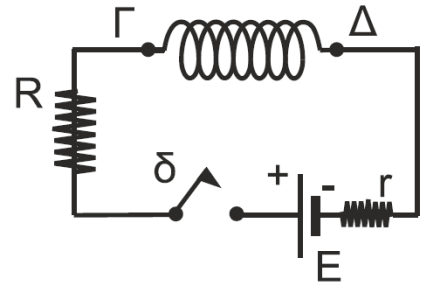
Να θεωρήσετε ότι:

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

**ΘΕΜΑ Α**

Στις ερωτήσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**A1.** Το κύκλωμα του διπλανού σχήματος αποτελείται από πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ)  $E$  και εσωτερικής αντίστασης  $r$ , ιδανικό πηνίο  $\Gamma\Delta$ , αντιστάτη αντίστασης  $R$  και διακόπτη  $\delta$ , ο οποίος είναι αρχικά ανοικτός.



Αν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείσουμε το διακόπτη χωρίς να εμφανιστεί σπινθηρισμός, τότε:

- αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
  - αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη στα άκρα του πηνίου εμφανίζεται ΗΕΔ αυτεπαγωγής με το άκρο  $\Gamma$  να είναι αρνητικός πόλος.
  - μετά από αρκετό χρόνο ώστε να έχει αποκατασταθεί η τελική τιμή της έντασης του ρεύματος, η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο μηδενίζεται.
  - μετά από αρκετό χρόνο ώστε να έχει αποκατασταθεί η τελική τιμή της έντασης του ρεύματος, η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο μεγιστοποιείται.
- A2.** Ένα σύστημα εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση και βρίσκεται σε συντονισμό. Αν ελαττώσουμε τη συχνότητα του διεγέρτη, τότε το πλάτος της ταλάντωσης:
- ελαττώνεται.
  - αυξάνεται.
  - παραμένει σταθερό.
  - αρχικά θα αυξηθεί και στη συνέχεια θα ελαττωθεί.
- A3.** Ομογενής κύλινδρος ανέρχεται επιβραδυνόμενος σε κεκλιμένο επίπεδο. Σε κάποιο σημείο του επιπέδου σταματά και στη συνέχεια κατέρχεται επιταχυνόμενος πάνω σε αυτό. Αν σε όλη τη διάρκεια της ανόδου και της καθόδου στο κεκλιμένο επίπεδο ο κύλινδρος εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση και ο άξονας περιστροφής του παραμένει συνεχώς οριζόντιος, τότε:
- η ταχύτητα του κέντρου μάζας του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - η γωνιακή επιτάχυνση του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - η γωνιακή ταχύτητα του κυλίνδρου έχει συνεχώς την ίδια κατεύθυνση.
  - η επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου έχει κατά την κάθοδο αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που έχει κατά την άνοδο.
- A4.** Σε μια κεντρική κρούση δύο μικρών σωμάτων, που αποτελούν μονωμένο σύστημα, ισχύει πάντα ότι:
- η ορμή κάθε σώματος διατηρείται.
  - η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του ενός σώματος είναι αντίθετη της μεταβολής της κινητικής ενέργειας του άλλου.
  - διατηρείται η ορμή και η μηχανική ενέργεια του συστήματος.
  - η μεταβολή της ορμής του ενός σώματος είναι αντίθετη της μεταβολής της ορμής του άλλου.

- 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.
- Όταν σε ένα ελαστικό μέσο διαδίδονται δύο ή περισσότερα κύματα, η απομάκρυνση ενός σημείου του μέσου είναι ίση με τη συνισταμένη των απομακρύνσεων που οφείλονται στα επιμέρους κύματα.
  - Αν αυξηθεί η συχνότητα περιστροφής του αγωγίμου στρεφόμενου πλαισίου σε μια διάταξη παραγωγής εναλλασσόμενης τάσης, τότε η ενεργός τιμή της τάσης θα αυξηθεί.
  - Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ο αριθμός παραγωγής φωτοηλεκτρονίων από τη μεταλλική κάθοδο αυξάνει ανάλογα με τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
  - Αν σε ένα ελεύθερο στερεό σώμα ασκηθεί ζεύγος δυνάμεων, τότε το σώμα θα εκτελέσει σύνθετη κίνηση.
  - Η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση μειώνεται όταν αυξάνεται το μέτρο της ταχύτητάς του.

### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του άξονα  $x'x$ , διαδίδεται εγκάρσιο απλό αρμονικό κύμα κατά τη θετική φορά και χωρίς απώλειες ενέργειας. Θεωρούμε ως αρχή του άξονα ένα σημείο  $O$  του μέσου, το οποίο αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση τη χρονική στιγμή  $t = 0$  με εξίσωση  $y = A\eta\mu \frac{2\pi}{T} t$ .

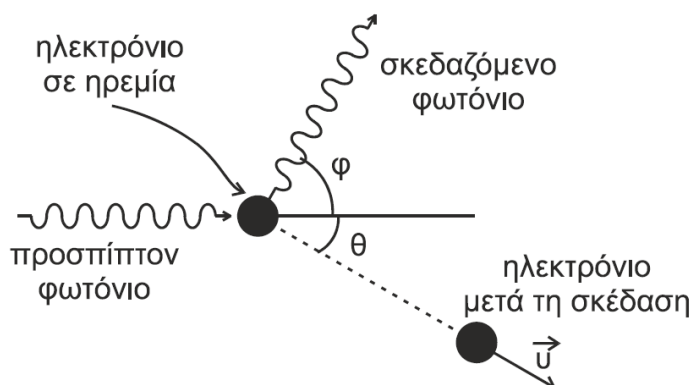


Ένα σημείο  $B$  του θετικού ημιάξονα φτάνει για πρώτη φορά στην ακραία θετική απομάκρυνσή του τη χρονική στιγμή  $t_1 = \frac{9T}{4}$ . Τα υλικά σημεία του μέσου μεταξύ των σημείων  $O$  και  $B$ , τα οποία είναι ακίνητα τη χρονική στιγμή  $t_1$ , είναι:

- 4
- 3
- 6

- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.
- Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B2.** Ένα φωτόνιο μήκους κύματος  $\lambda$  προσπίπτει και σκεδάζεται από πρακτικά ακίνητο ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\phi = 60^\circ$ . Η διεύθυνση στην οποία κινείται το ηλεκτρόνιο (μετά τη σκέδαση) σχηματίζει γωνία  $\theta = 30^\circ$  με τη διεύθυνση του προσπίπτοντος φωτονίου.



Αν γνωρίζετε ότι η σκέδαση πραγματοποιείται στο κενό,  $m$  είναι η μάζα του ηλεκτρονίου,  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό και  $h$  η σταθερά του Planck, τότε για το μήκος κύματος  $\lambda$  του προσπίπτοντος φωτονίου ισχύει ότι:

i.  $\lambda = \frac{h}{2mc}$

ii.  $\lambda = \frac{h}{mc}$

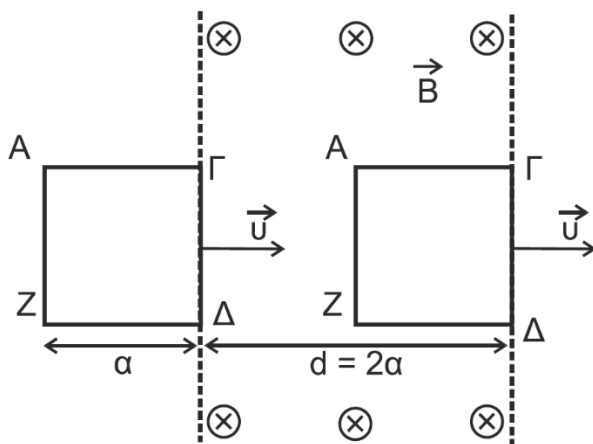
iii.  $\lambda = \frac{2h}{mc}$

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- B3.** Το συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο ΑΓΔΖ του παρακάτω σχήματος, πλευράς  $a$  και ολικής ωμικής αντίστασης  $R$ , κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το πλαίσιο εισέρχεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  και εύρους  $d = 2a$ , με το επίπεδό του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου έχουν κατεύθυνση από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



Τη χρονική στιγμή  $t_1$  το πλαίσιο αρχίζει να εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο, κινούμενο με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ .

- α) Για να κινείται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$ , πρέπει να ασκείται σε αυτό:

- σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , ομόρροπη της ταχύτητας  $\vec{v}$ , μόνο κατά τη διάρκεια εισόδου όλου του πλαισίου στο πεδίο.
- σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , ομόρροπη της ταχύτητας  $\vec{v}$ , από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  μεταβλητού μέτρου, ομόρροπη της ταχύτητας  $\vec{v}$ , μόνο κατά τη διάρκεια εισόδου όλου του πλαισίου στο πεδίο.

α) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

β) Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- β) Το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  για την κίνηση του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$  δίνεται από τη σχέση:

i.  $W_F = \frac{3B^2 a^3 v}{R}$

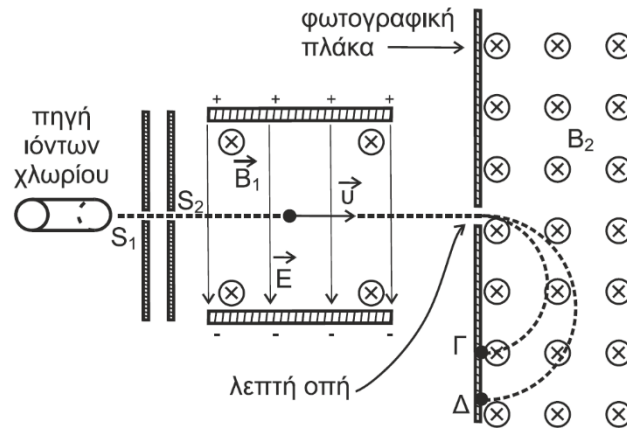
ii.  $W_F = \frac{2B^2 a^3 v}{R}$

iii.  $W_F = \frac{B^2 a^3 v}{R}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

## ΘΕΜΑ Γ

Στον φασματογράφο μάζας του παρακάτω σχήματος, μονοσθενή αρνητικά ιόντα χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) από μία πηγή, περνούν μέσα από τις σχισμές  $S_1$  και  $S_2$ , σχηματίζοντας μια λεπτή δέσμη. Η δέσμη εισέρχεται σε επιλογέα ταχυτήτων, δηλαδή σε περιοχή όπου συνυπάρχουν ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  μέτρου  $4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$  και ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης  $\vec{E}$  μέτρου  $2 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ , κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση της δέσμης. Η φορά των μαγνητικών γραμμών είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



Μερικά από τα ιόντα που δεν εκτρέπονται και συνεχίζουν την πορεία τους, διέρχονται από λεπτή οπή διαφράγματος, του οποίου η επιφάνεια είναι κάθετη στη διεύθυνση της δέσμης. Αμέσως μετά τη δίοδό τους από την οπή εισέρχονται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  και μέτρου  $0,1 \text{ T}$ . Η φορά των μαγνητικών γραμμών είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Τα ιόντα στη συνέχεια, εκτελώντας καμπυλόγραμμη κίνηση, δημιουργούν πάνω σε φωτογραφική πλάκα δύο στίγματα στα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$  που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $(\Gamma\Delta) = 0,02 \text{ m}$ .

- Γ1.** Να αιτιολογήσετε γιατί μερικά από τα ιόντα χλωρίου δεν εκτρέπονται κατά την κίνησή τους μέσα στον επιλογέα ταχυτήτων.
- Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των ιόντων χλωρίου που δεν εκτρέπονται κατά την κίνησή τους μέσα στον επιλογέα ταχυτήτων.
- Γ3.** Τα ιόντα χλωρίου δημιουργούν δύο στίγματα πάνω στη φωτογραφική πλάκα, γιατί το χλώριο ( $\text{Cl}$ ) έχει δύο ισότοπα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$ . Αν  $m_1 > m_2$ , να αιτιολογήσετε σε ποια θέση ( $\Gamma$  ή  $\Delta$ ) δημιουργούν στίγμα τα ισότοπα χλωρίου με τη μεγαλύτερη μάζα.

Δίνονται:

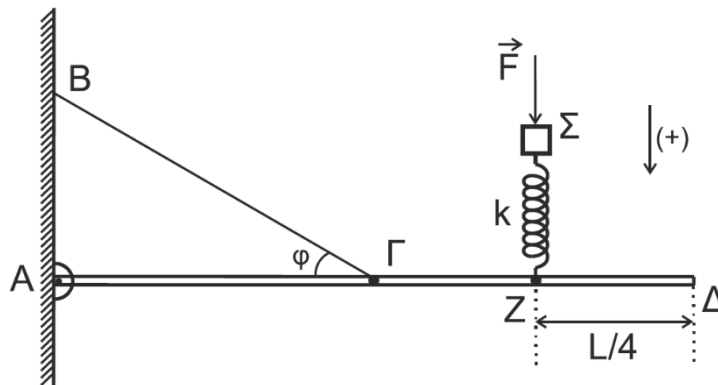
- το στοιχειώδες φορτίο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- η μάζα του νετρονίου  $m_n = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Να θεωρήσετε ότι:

- στο εσωτερικό του φασματογράφου υπάρχει κενό.
- το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.

### ΘΕΜΑ Δ

Η λεπτή ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΑΔ, μάζας  $M\rho = 4\text{ kg}$  και μήκους  $L$  του παρακάτω σχήματος ισορροπεί οριζόντια. Το άκρο της Α έχει συνδεθεί με άρθρωση σε κατακόρυφο τοίχο. Στο μέσον της Γ έχει δεθεί το ένα άκρο αβαρούς και μη εκτατού νήματος, το άλλο άκρο του οποίου έχει στηριχθεί στον κατακόρυφο τοίχο στο σημείο Β. Το νήμα σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τη διεύθυνση της ράβδου.



Σε σημείο Ζ της ράβδου, το οποίο απέχει από το άκρο της Δ απόσταση  $(Z\Delta) = L/4$ , έχει στερεωθεί το κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100\text{ N/m}$ . Στο πάνω άκρο του ελατηρίου έχει δεθεί σώμα Σ μικρών διαστάσεων, μάζας  $m_1 = 0,6\text{ kg}$ . Πάνω στο σώμα Σ<sub>1</sub> έχει τοποθετηθεί σώμα Σ<sub>2</sub> μικρών διαστάσεων, μάζας  $m = 1\text{ kg}$ .

Ασκώντας σταθερή κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα κάτω στο σώμα Σ, το σώμα ισορροπεί με το ελατήριο να έχει συμπιεστεί κατά  $\Delta\ell = 0,3\text{ m}$ .

Ως θετική φορά να θεωρήσετε τη φορά προς τα κάτω. Σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου το νήμα δεν χαλαρώνει και η ράβδος παραμένει οριζόντια.

**Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ . Το σύστημα των δύο σωμάτων Σ αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ2.** Να υπολογίσετε το πλάτος Α της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το σώμα Σ.

**Δ3.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης της ταλάντωσης που εκτελεί το σ

Σ<sub>2</sub> αποσπάται από το σώμα Σ<sub>1</sub>, το σώμα Σ<sub>2</sub> συνεχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω, ενώ το σώμα Σ<sub>1</sub> αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ4.** Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , που το σώμα Σ περνά από τη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου, να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το νήμα στο μέσον Γ της ράβδου.

Να θεωρήσετε ότι:

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