

## 1ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

- Α1.** Σύστημα ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  και ενός σώματος μάζας  $m$  εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με συχνότητα  $f = \frac{f_0}{2}$ , όπου  $f_0$  η ιδιοσυχνότητα του συστήματος. Αν αντικαταστήσουμε το σώμα με άλλο σώμα μάζας  $m' = 4m$ , χωρίς να αλλάξουμε το ελατήριο και τη συχνότητα του διεγέρτη:
- α.** Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα αυξηθεί.
  - β.** Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα μειωθεί.
  - γ.** Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα παραμείνει σταθερό.
  - δ.** Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων του σώματος από τη θέση ισορροπίας θα αυξηθεί.
- Α2.** Στα άκρα ενός αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R$  εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση με εξίσωση  $v = V\eta\omega t$ , οπότε η μέση ισχύς που καταναλώνει ο αντιστάτης είναι ίση με  $\bar{P}$ . Αν το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης διπλασιαστεί, τότε η μέση ισχύς που καταναλώνει ο αντιστάτης θα γίνει ίση με:
- α.**  $\frac{\bar{P}}{2}$ .
  - β.**  $2\bar{P}$ .
  - γ.**  $4\bar{P}$ .
  - δ.**  $\frac{\bar{P}}{4}$ .
- Α3.** Ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ . Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός σε σημείο  $K$  το οποίο απέχει απόσταση  $r$  από αυτόν είναι ίσο με  $B$ . Αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού

πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός σε ένα άλλο σημείο  $\Lambda$  το οποίο απέχει απόσταση  $\frac{r}{2}$  από αυτόν είναι ίσο με:

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

**A4.** Φορτισμένο σωματίδιο κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο διαγράφοντας κυκλική τροχιά ακτίνας  $R$ . Αν το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου διπλασιαστεί, τότε η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο θα γίνει ίση με:

- α.  $2R$ .                      β.  $\frac{R}{2}$ .                      γ.  $4R$ .                      δ.  $\frac{R}{4}$ .

**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. Φαινόμενο αυτεπαγωγής εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα, όταν διαρρέεται από συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης.
- β. Σε μία έκκεντρη κρούση οι ταχύτητες των κέντρων μάζας των δύο συγκρουόμενων σωμάτων πριν από την κρούση είναι μεταξύ τους παράλληλες.
- γ. Η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται σε ένα κύκλωμα είναι ανάλογη της μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το κύκλωμα.
- δ. Ο νόμος του Ampère ισχύει μόνο για εναλλασσόμενα ρεύματα.
- ε. Όταν ένα στερεό σώμα περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα σταθερής φοράς και μέτρου που συνεχώς ελαττώνεται, η γωνιακή του επιτάχυνση έχει την ίδια φορά με τη γωνιακή του ταχύτητα.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Β

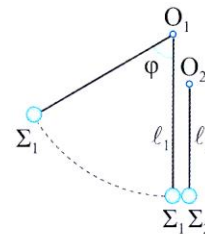
**B1.** Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f = 1,25f_0$ , όπου  $f_0$  η συχνότητα κατωφλίου του μετάλλου της καθόδου. Αν αυξήσουμε τη συχνότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κάθοδο κατά 20%, τότε η μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων:

- α. Αυξάνεται κατά 20%.
- β. Μειώνεται κατά 50%.
- γ. Αυξάνεται κατά 100%.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B2.** Σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  ισορροπεί δεμένη στο ένα άκρο κατακόρυφου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (1) μήκους  $\ell_1$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο  $O_1$ . Δεύτερη σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$  ισορροπεί δεμένη στο ένα άκρο ενός άλλου κατακόρυφου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (2) μήκους  $\ell_2 = \frac{5}{9}\ell_1$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο  $O_2$ . Αρχικά οι δύο σφαίρες εφάπτονται, με τα κέντρα τους να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.



Ανυψώνουμε τη σφαίρα  $\Sigma_1$ , ώστε το νήμα (1) να σχηματίσει γωνία  $\varphi = 60^\circ$  με την αρχική κατακόρυφη θέση του, και στη συνέχεια την αφήνουμε ελεύθερη να κινηθεί. Τη χρονική στιγμή στην οποία η σφαίρα  $\Sigma_1$  διέρχεται από την αρχική θέση ισορροπίας της συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με τη σφαίρα  $\Sigma_2$ .

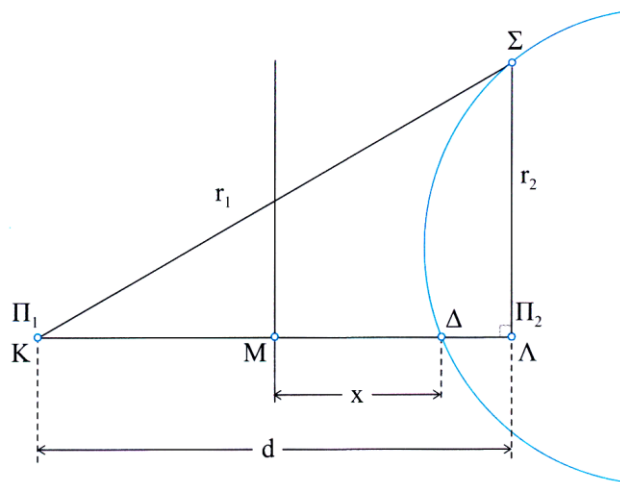
Αν μετά την κρούση η σφαίρα  $\Sigma_2$  μόλις που εκτελεί ανακύκλωση, τότε για τις μάζες  $m_1$  και  $m_2$  των δύο σφαιρών ισχύει ότι:

- α.  $m_1 = 5m_2$ .
- β.  $m_1 = 4m_2$ .
- γ.  $m_1 = 2m_2$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$  και βρίσκονται στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  αντίστοιχα της ελεύθερης επιφάνειας ενός υγρού. Οι δύο πηγές δημιουργούν εγκάρσια αρμονικά κύματα ίδιου πλάτους και ίδιου μήκους κύματος  $\lambda$ , τα οποία διαδίδονται στην επιφάνεια του υγρού. Ένα σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού απέχει από την πηγή  $\Pi_1$  απόσταση  $r_1 = 10\lambda$  και από την πηγή  $\Pi_2$  απόσταση  $r_2$  (με  $r_1 > r_2$ ), σχηματίζοντας με τα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  ορθογώνιο τρίγωνο  $\Sigma\Lambda K$  ( $\hat{\Lambda} = 90^\circ$ ). Από το σημείο  $\Sigma$  διέρχεται υπερβολή ενισχυτικής συμβολής που τέμνει το ευθύγραμμο τμήμα  $K\Lambda$  στο σημείο  $\Delta$ , το οποίο απέχει από το μέσον  $M$  του ευθύγραμμου τμήματος  $K\Lambda$  απόσταση  $x = 2\lambda$ .



Το πλήθος των σημείων αποσβεστικής συμβολής που βρίσκονται στο ευθύγραμμο τμήμα  $\Sigma\Lambda$  είναι:

- α.** 4.                      **β.** 5.                      **γ.** 6.

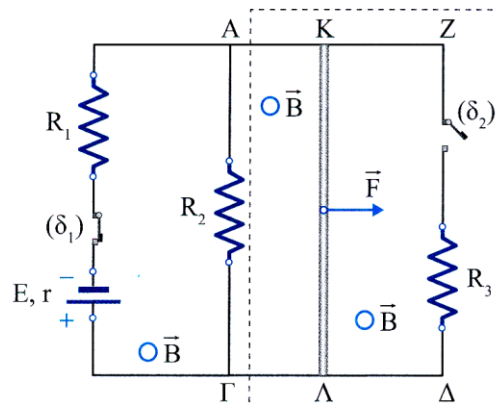
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

ΘΕΜΑ Γ

Τα οριζόντια, παράλληλα μεταλλικά σύρματα ΑΖ και ΓΔ του παρακάτω σχήματος (κάτωψη) έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέονται μέσω ενός διακόπτη ( $\delta_1$ ) και ενός αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 0,4 \Omega$  με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ  $E = 4,8 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 0,2 \Omega$ . Στα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων έχουμε συνδέσει, επίσης, έναν αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 1,5 \Omega$ , ενώ στα άκρα τους Ζ και Δ έχουμε συνδέσει έναν αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_3 = 0,75 \Omega$  σε σειρά με έναν άλλο διακόπτη ( $\delta_2$ ).

Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$ , μάζας  $m = 0,4 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 1 \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στα σύρματα ΑΖ και ΓΔ, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτά. Στον χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , για το οποίο δεν γνωρίζουμε τη φορά των μαγνητικών του γραμμών. Αρχικά, ο διακόπτης ( $\delta_1$ ) είναι κλειστός, ο διακόπτης ( $\delta_2$ ) είναι ανοικτός και ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί με τη δράση μιας οριζόντιας, σταθερής εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}$  που είναι παράλληλη προς τα σύρματα ΑΖ και ΓΔ.



- Γ1. Να προσδιορίσετε τη φορά των μαγνητικών γραμμών του ομογενούς μαγνητικού πεδίου και να αποδείξετε ότι το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$  είναι ίσο με  $2,4 \text{ N}$ .

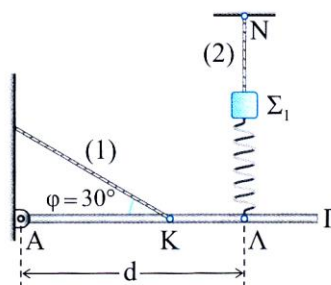
Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ), οπότε ο αγωγός ΚΛ με τη δράση της δύναμης  $\vec{F}$  αρχίζει να επιταχύνεται και τη χρονική στιγμή  $t_1$  αποκτά οριακή ταχύτητα  $\vec{v}_{\text{op}(t)}$  με την οποία κινείται μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + 10 \text{ s}$ .

- Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας  $\bar{v}_{op(1)}$  που αποκτά ο αγωγός ΚΛ.
- Γ3.** Να υπολογίσετε τη συνολική θερμότητα Joule που εκλύεται από τους αντιστάτες του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$ .
- Τη χρονική στιγμή  $t_2$  κλείνουμε ακαριαία τον διακόπτη ( $\delta_2$ ). Τη χρονική στιγμή  $t_3$  ( $t_3 > t_2$ ) ο αγωγός ΚΛ αποκτά νέα οριακή ταχύτητα  $\bar{v}_{op(2)}$ .
- Γ4.** Να εξηγήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_2$  [αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ )] έως τη χρονική στιγμή  $t_3$  και να υπολογίσετε το μέτρο της νέας οριακής του ταχύτητας  $\bar{v}_{op(2)}$ .
- Γ5.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα Joule από τον αντιστάτη  $R_2$  τη χρονική στιγμή  $t_3$  καθώς και το επαγωγικό φορτίο που διήλθε από μία διατομή του αντιστάτη  $R_3$  από τη χρονική στιγμή  $t_3$  έως τη χρονική στιγμή  $t_4 = t_3 + 5$  s.

Μονάδες (6 + 4 + 4 + 5 + 6) 25

#### ► ΘΕΜΑ Δ

Η ομογενής, λεπτή άκαμπτη ράβδος ΑΓ του διπλανού σχήματος έχει μάζα  $M_p = 2,5$  kg, μήκος  $L$  και μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές σε κατακόρυφο επίπεδο, γύρω από οριζόντιο ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το άκρο της Α. Η ράβδος ισορροπεί σε οριζόντια θέση με τη βοήθεια ενός αβαρούς και μη εκτατού νήματος (1) που είναι δεμένο στο μέσον της Κ και σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τη ράβδο.



Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1$  kg είναι δεμένο στο πάνω άκρο ενός κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100$  N/m, το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε σημείο Λ της ράβδου. Η απόσταση του σημείου Λ από το άκρο Α της ράβδου είναι  $d = \frac{3L}{4}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  συνδέεται μέσω ενός κατακόρυφου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (2) με ακλόνητο σημείο Ν και αρχικά ισορροπεί σε μία θέση όπου το μέτρο της δύναμης που δέχεται από το νήμα (2) είναι  $T_2 = 20$  N.

- Δ1.** Να υπολογίσετε τα μέτρα των δυνάμεων που δέχεται η ράβδος ΑΓ από το νήμα (1) και από την άρθρωση.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε το νήμα (2) που συνδέει το σώμα  $\Sigma_1$  με το σημείο N, οπότε το σώμα  $\Sigma_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της επιτάχυνσης του σώματος  $\Sigma_1$ , θεωρώντας ως θετική τη φορά προς τα πάνω.

**Δ3.** Να γράψετε την εξίσωση του μέτρου της δύναμης που δέχεται η ράβδος από το νήμα (1) σε συνάρτηση με την απομάκρυνση  $x$  του σώματος  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία το σώμα  $\Sigma_1$  κινούμενο προς τα πάνω διέρχεται από μία θέση  $\Delta$  πάνω από τη θέση ισορροπίας του, στην οποία η κινητική του ενέργεια είναι τριπλάσια της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσής του, συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ , το οποίο την ίδια χρονική στιγμή κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω με ταχύτητα μέτρου  $v_2 = 3\sqrt{3} \text{ m/s}$ . Το συσσωμάτωμα που προκύπτει από την κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή του μέτρου της δύναμης που δέχεται το συσσωμάτωμα από το ελατήριο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.

**Δ5.** Να υπολογίσετε:

**α.** Το μέτρο  $v_2'$  της ταχύτητας που θα έπρεπε να έχει το σώμα  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση του με το σώμα  $\Sigma_1$  στη θέση  $\Delta$ , ώστε το πλάτος της ταλάντωσης του συσσωματώματος να είναι το ελάχιστο δυνατό.

**β.** Την ελάχιστη τιμή του πλάτους της ταλάντωσης του συσσωματώματος.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Η χρονική διάρκεια της κρούσης και η αντίσταση του αέρα να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (6 + 5 + 5 + 5 + 4) 25

## 2ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

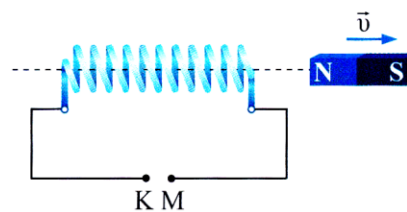
### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.** Δίσκος κυλίεται χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Αν το μέτρο της ταχύτητας του κέντρου μάζας του δίσκου είναι ίσο με  $v_{cm}$ , τότε το μέτρο της ταχύτητας ενός σημείου Α της περιφέρειας του δίσκου, το οποίο απέχει απόσταση  $d = R$  από το έδαφος, είναι ίσο με:

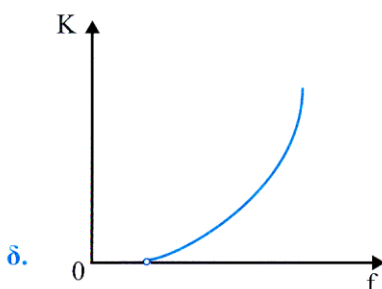
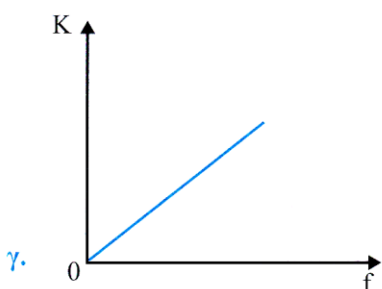
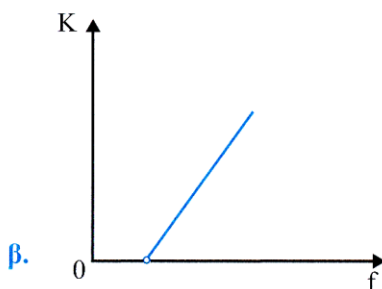
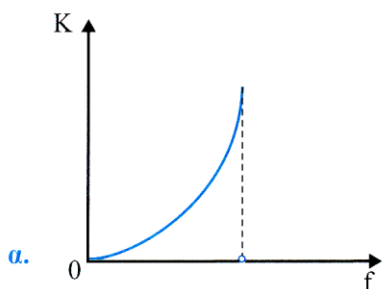
- α. Μηδέν.                      β.  $v_{cm}$ .                      γ.  $\sqrt{2}v_{cm}$ .                      δ.  $2v_{cm}$ .

**A2.** Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του διπλανού σχήματος απομακρύνεται από ανοικτό ακίνητο πηνίο έχοντας τον βόρειο πόλο του στραμμένο προς το δεξιό άκρο του πηνίου.



Κατά τη διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη:

- α. Στο δεξιό άκρο του πηνίου εμφανίζεται βόρειος (N) μαγνητικός πόλος.  
β. Στο δεξιό άκρο του πηνίου εμφανίζεται νότιος (S) μαγνητικός πόλος.  
γ. Στο αριστερό άκρο του πηνίου εμφανίζεται νότιος (S) μαγνητικός πόλος.  
δ. Το πηνίο δεν διαρρέεται από ρεύμα.
- A3.** Η γραφική παράσταση της μέγιστης κινητικής ενέργειας με την οποία εξέρχονται τα φωτοηλεκτρόνια από ένα μέταλλο σε συνάρτηση με τη συχνότητα  $f$  της προσπίπτουσας σε αυτό ακτινοβολίας, απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος:



**A4.** Σύστημα ενός κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου και ενός σώματος εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση στο εσωτερικό ενός κλειστού δοχείου. Αν με τη βοήθεια μιας αεραντλίας αυξήσουμε την πίεση του αέρα στο εσωτερικό του δοχείου, χωρίς να μεταβάλουμε το αρχικό πλάτος της ταλάντωσης του συστήματος, τότε:

- α. Η σταθερά απόσβεσης της φθίνουσας ταλάντωσης θα μειωθεί.
- β. Ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης στο μισό της αρχικής του τιμής θα αυξηθεί.
- γ. Ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης στο μισό της αρχικής του τιμής θα μειωθεί.
- δ. Η περίοδος της φθίνουσας ταλάντωσης θα μειωθεί.

**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.

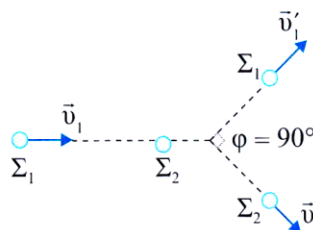
- α. Η μονάδα μέτρησης της μαγνητικής ροής στο S.I. είναι το 1 Wb.
- β. Τα ιδανικά βολτόμετρα μετρούν το πλάτος μιας εναλλασσόμενης τάσης.
- γ. Η πιο κοινή αιτία παραγωγής των ακτίνων X είναι η επιβράδυνση ηλεκτρονίων που προσκρούουν με μεγάλη ταχύτητα σε μεταλλικό στόχο.

- δ. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς μηδενισμούς της κινητικής ενέργειας ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση περιόδου  $T$  είναι ίσος με  $\frac{T}{2}$ .
- ε. Σύμφωνα με την υπόθεση που διατύπωσε ο de Broglie, οποιοδήποτε σωματίδιο ορμής  $p$  είναι συνδεδεμένο με ένα κύμα μήκους κύματος  $\lambda$  που δίνεται από τη σχέση  $\lambda = \frac{h}{p}$ , όπου  $h$  η σταθερά του Planck.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα  $\vec{v}_1$  και συγκρούεται ελαστικά, αλλά όχι κεντρικά, με άλλη σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ , που είναι αρχικά ακίνητη πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Μετά την κρούση, οι σφαίρες  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αποκτούν ταχύτητες  $\vec{v}'_1$  και  $\vec{v}'_2$  αντίστοιχα, των οποίων τα διανύσματα σχηματίζουν γωνία  $\varphi = 90^\circ$ , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Αν η σφαίρα  $\Sigma_1$  συγκρουστεί κεντρικά και ελαστικά με τη σφαίρα  $\Sigma_2$ , τότε το ποσοστό της κινητικής ενέργειας της σφαίρας  $\Sigma_1$  που θα μεταβιβαστεί στη σφαίρα  $\Sigma_2$  κατά την κρούση είναι ίσο με:

- α. 50%.                      β. 75%.                      γ. 100%.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Φωτόνιο ενέργειας  $E = 2m_e c^2$ , όπου  $m_e$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό, υφίσταται σκέδαση από αρχικά ακίνητο ηλεκτρόνιο. Αν το επί τοις εκατό (%) ποσοστό μεταβολής του μήκους κύματος του φωτονίου εξαιτίας της σκέδασής του είναι 100%, τότε:
- α. Η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\varphi = 30^\circ$  και η κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου (μετά τη σκέδαση) ηλεκτρονίου είναι  $K = m_e c^2$ .

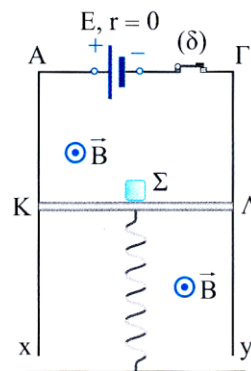
β. Η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\varphi = 60^\circ$  και η κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου (μετά τη σκέδαση) ηλεκτρονίου είναι  $K = m_e c^2$ .

γ. Η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\varphi = 90^\circ$  και η κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου (μετά τη σκέδαση) ηλεκτρονίου είναι  $K = \frac{1}{2} m_e c^2$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας  $M$ , μήκους  $\ell$  και ωμικής αντίστασης  $R$  είναι δεμένος στο μέσον του με κατακόρυφο, μονωτικό ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στο δάπεδο. Ο αγωγός ΚΛ έχει τα άκρα του σε επαφή με δύο κατακόρυφα αγωγιμα σύρματα Αx και Γy, τα οποία έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέονται μεταξύ τους, μέσω διακόπτη (δ), με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ  $E$  και αμελητέα εσωτερική αντίσταση ( $r = 0$ ).



Στο μέσον του αγωγού ΚΛ έχει τοποθετηθεί ένα πολύ μικρό, ηλεκτρικά μονωμένο σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m$ . Αρχικά, ο διακόπτης (δ) είναι κλειστός και το σύστημα του αγωγού ΚΛ και του σώματος  $\Sigma$  ισορροπεί. Στον χώρο υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στον αγωγό ΚΛ. Κάποια χρονική στιγμή ανοίγουμε τον διακόπτη (δ), οπότε το σύστημα του αγωγού ΚΛ και του σώματος  $\Sigma$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$ , τότε η συνθήκη για να μην αποχωριστεί το σώμα  $\Sigma$  από τον αγωγό ΚΛ κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του συστήματός τους είναι:

α.  $(M + m)gR > BE\ell$ .      β.  $(M + m)gR < BE\ell$ .      γ.  $(M + m)g > 2BE\ell$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς  $a = 0,1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\pi} = 1 \ \Omega$  αποτελείται από  $N = 100$  σπείρες. Το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του και είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Στα άκρα του πλαισίου έχει συνδεθεί ένας αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_1 = 2 \ \Omega$ . Η χρονική εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου είναι:

$$v = 12\eta\mu 18t \text{ (S.I.)}$$

- Γ1.** Να αποδείξετε ότι το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι  $B = 1 \text{ T}$ .
- Γ2.** Να προσδιορίσετε τον λόγο  $\frac{P_{\max}}{P}$  της μέγιστης τιμής της στιγμιαίας ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης  $R_1$  προς τη μέση ισχύ που καταναλώνει ο ίδιος αντιστάτης.
- Γ3.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από το κύκλωμα προς το περιβάλλον στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιούνται τρεις διαδοχικοί μηδενισμοί της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- Γ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από μία σπείρα του πλαισίου τις χρονικές στιγμές στις οποίες η τάση στα άκρα του πλαισίου είναι ίση με  $+6 \text{ V}$ .

Στην παραπάνω διάταξη συνδέουμε παράλληλα προς τον αντιστάτη  $R_1$  μία θερμική συσκευή με χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας  $(300 \text{ W}, 10\sqrt{2} \text{ V})$ , χωρίς να μεταβάλουμε τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου και την ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

- Γ5.** Να εξετάσετε αν η θερμική συσκευή λειτουργεί κανονικά και να υπολογίσετε τη μέση ισχύ που καταναλώνει.

Δίνεται:  $\pi = 3,14$ .

Μονάδες  $(6 + 4 + 4 + 5 + 6) 25$

► ΘΕΜΑ Δ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ . Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα μέτρου  $v_0 = \pi$  m/s. Δύο υλικά σημεία  $K$  και  $\Lambda$  του ελαστικού μέσου βρίσκονται στις θέσεις  $x_K (x_K > 0)$  και  $x_\Lambda = -2$  m αντίστοιχα. Οι χρονικές εξισώσεις της φάσης της ταλάντωσης των υλικών σημείων  $K$  και  $\Lambda$  στο S.I. είναι αντίστοιχα:

$$\varphi_K = 5\pi t - 3\pi \quad \text{και} \quad \varphi_\Lambda = 5\pi t + 2\pi$$

- Δ1.** Να αποδείξετε ότι το κύμα διαδίδεται προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα  $x'Ox$  και να γράψετε την εξίσωσή του.
- Δ2.** Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή στην οποία αρχίζει να ταλαντώνεται το σημείο  $K$ .
- Δ3.** Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία το διάστημα που έχει διανύσει το υλικό σημείο  $K$  από τη χρονική στιγμή που άρχισε να ταλαντώνεται είναι  $s = 0,8$  m.
- Δ4.** Να προσδιορίσετε τις θέσεις των σημείων τα οποία βρίσκονται ανάμεσα στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  και έχουν κάθε χρονική στιγμή αντίθετη απομάκρυνση και αντίθετη ταχύτητα από το σημείο  $O$ .
- Δ5.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του σημείου  $K$  τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία η απομάκρυνση του σημείου  $\Lambda$  είναι θετική και το μέτρο της ταχύτητάς του είναι  $v_\Lambda = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi$  m/s.

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

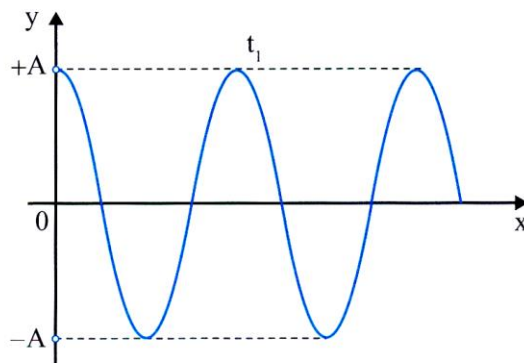
### 3ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

#### ► 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 μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$  διαδίδεται, προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα, εγκάρσιο αρμονικό κύμα πλάτους  $A$ . Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$ .



Το πλήθος των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου τα οποία τη χρονική στιγμή  $t_1$  διέρχονται από τη θέση ισορροπίας τους κινούμενα με αρνητική ταχύτητα, είναι ίσο με:

- α.** 2.                      **β.** 3.                      **γ.** 4.                      **δ.** 5.

- A2.** Σωληνοειδές μεγάλου μήκους τροφοδοτείται με συνεχή τάση  $V$ , οπότε στο εσωτερικό του δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B$ . Αν κόψουμε το σωληνοειδές στη μέση και τροφοδοτήσουμε το ένα τμήμα του με την ίδια συνεχή τάση  $V$ , τότε το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που θα δημιουργηθεί στο εσωτερικό του τμήματος αυτού θα γίνει ίσο με:

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

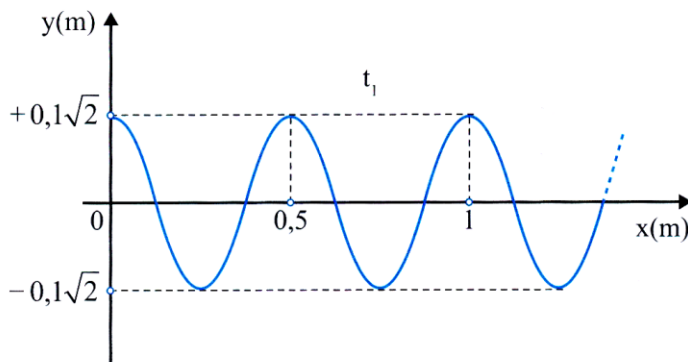
- A3.** Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία στο φαινόμενο Compton έχει:
- α.** Μεγαλύτερη συχνότητα από την προσπίπτουσα ακτινοβολία.
  - β.** Μικρότερη συχνότητα από την προσπίπτουσα ακτινοβολία.
  - γ.** Ίδια συχνότητα με την προσπίπτουσα ακτινοβολία.
  - δ.** Μικρότερο μήκος κύματος από την προσπίπτουσα ακτινοβολία.
- A4.** Στα άκρα ενός αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R = 10 \Omega$  εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = 20\eta\mu\omega t$  (S.I.). Η μέγιστη τιμή της στιγμιαίας ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης είναι ίση με:
- α.** 10 W.      **β.** 20 W.      **γ.** 40 W.      **δ.** 80 W.
- 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 σταθερά απόσβεσης ενός μηχανικού συστήματος που εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση εξαρτάται από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που ταλαντώνεται καθώς και από τις ιδιότητες του μέσου στο οποίο πραγματοποιείται η ταλάντωση.
  - β.** Στην ελικοειδή κίνηση φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, το μήκος της τροχιάς του σωματιδίου σε μία περίοδο είναι ίσο με το βήμα της έλικας.
  - γ.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή που εμφανίζεται στα άκρα ενός πηνίου δεν εξαρτάται από τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
  - δ.** Όταν δύο σώματα που έχουν ίσες μάζες συγκρούονται ελαστικά, ανταλλάσσουν ταχύτητες.
  - ε.** Αν σε ένα αρχικά ακίνητο στερεό σώμα που είναι ελεύθερο να κινηθεί ασκηθεί ένα ζεύγος δυνάμεων, τότε το σώμα θα εκτελέσει μόνο περιστροφική κίνηση γύρω από έναν νοητό άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Β

**B1.** Κατά μήκος μιας ελαστικής χορδής που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$  έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα εξαιτίας της συμβολής δύο εγκάρσιων αρμονικών κυμάτων ίδιου πλάτους  $A$  και ίδιου μήκους κύματος  $\lambda$ , τα οποία διαδίδονται ταυτόχρονα στη χορδή προς αντίθετες κατευθύνσεις. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του ημιάξονα είναι κοιλία του στάσιμου κύματος και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα.

Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η κινητική ενέργεια της χορδής είναι ίση με την ελαστική δυναμική ενέργεια παραμόρφωσής της. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μεγιστοποιήσεων της ελαστικής δυναμικής ενέργειας παραμόρφωσης της χορδής είναι ίσο με  $0,2$  s.



Η εξίσωση του στάσιμου κύματος που εμφανίζεται στη χορδή, στο S.I., είναι η:

**α.**  $y_1 = 0,1\sqrt{2}\sigma\upsilon\upsilon\upsilon(4\pi x)\eta\mu(5\pi t)$ .

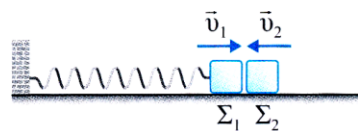
**β.**  $y = 0,2\sigma\upsilon\upsilon\upsilon(2\pi x)\eta\mu(10\pi t)$ .

**γ.**  $y = 0,2\sigma\upsilon\upsilon\upsilon(4\pi x)\eta\mu(5\pi t)$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

**B2.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = m$  βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο δεμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε κατακόρυφο τοίχο, και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A_1$ . Τη χρονική



στιγμή στην οποία το σώμα  $\Sigma_1$  βρίσκεται σε μία θέση στην οποία η κινητική του ενέργεια είναι τριπλάσια της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσής του συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = m$ , το οποίο κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση με ταχύτητα μέτρου  $v_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} A_1$ .

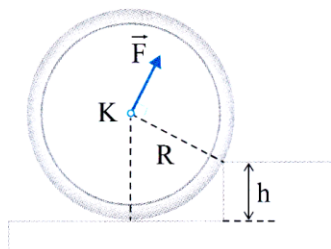
Το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το σώμα  $\Sigma_1$  μετά την κρούση είναι ίσο με:

- α.  $\frac{\sqrt{2}}{2} A_1$ .      β.  $\frac{A_1}{2}$ .      γ.  $\frac{\sqrt{3}}{2} A_1$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Ο τροχός του διπλανού σχήματος έχει βάρος  $\bar{w}$  και ακτίνα  $R$ , ενώ το σκαλοπάτι έχει ύψος  $h = \frac{R}{2}$ . Στο κέντρο  $K$  του τροχού ασκείται δύναμη  $\bar{F}$  σταθερού μέτρου, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Για να υπερπηδήσει ο τροχός το σκαλοπάτι, θα πρέπει το μέτρο της δύναμης  $\bar{F}$  να ικανοποιεί τη σχέση:

- α.  $F > \frac{\sqrt{3}}{2} w$ .      β.  $F > \frac{\sqrt{3}}{4} w$ .      γ.  $F > \sqrt{3} w$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

► ΘΕΜΑ Γ

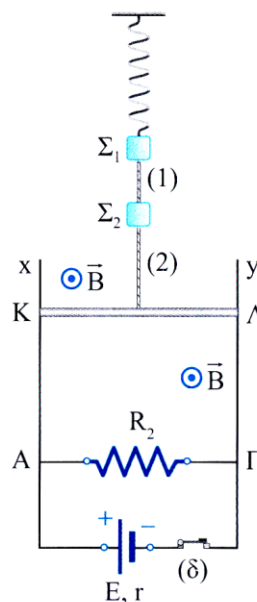
Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  με μάζες  $m_1 = 1 \text{ kg}$  και  $m_2 = 3 \text{ kg}$  αντίστοιχα είναι αναρτημένα στο ένα άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Τα δύο σώματα συνδέονται μεταξύ τους με ένα κατακόρυφο, αβαρές και μη εκτατό νήμα (1), όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Το σώμα  $\Sigma_2$  συνδέεται μέσω ενός άλλου κατακόρυφου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (2) με μία οριζόντια μεταλλική ράβδο ΚΛ μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 2 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_1 = 6 \Omega$ .

Η ράβδος ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε δύο κατακόρυφους μεταλλικούς αγωγούς Αx και Γy πολύ μεγάλου μήκους, οι οποίοι έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 2 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο κατακόρυφων αγωγών συνδέονται, μέσω διακόπτη (δ), με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ  $E = 30 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 1 \Omega$ . Στα άκρα Α και Γ των δύο κατακόρυφων αγωγών έχει συνδεθεί, επίσης, ένας αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_2 = 12 \Omega$ .

Η μεταλλική ράβδος ΚΛ βρίσκεται ολόκληρη μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο των αγωγών Αx και Γy. Αρχικά, ο διακόπτης (δ) είναι κλειστός και η ράβδος ΚΛ μαζί με τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ισορροπούν, ενώ τα νήματα (1) και (2) είναι τεντωμένα.

**Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται η ράβδος ΚΛ από το ομογενές μαγνητικό πεδίο και να αποδείξετε ότι η δυναμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο ελατήριο είναι ίση με  $12,5 \text{ J}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ανοίγουμε τον διακόπτη (δ) και ταυτόχρονα κόβουμε το νήμα που συνδέει το σώμα  $\Sigma_2$  με τη ράβδο ΚΛ, οπότε το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$  χωρίς να κάμπτεται το νήμα (1), ενώ η ράβδος ΚΛ αρχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω, παραμένοντας συνεχώς οριζόντια και με τα άκρα τη σε συνεχή επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy και τη χρονική στιγμή  $t_1$  αποκτά την οριακή της ταχύτητα  $\vec{v}_{op}$ . Το διάστημα που διανύει η ράβδος από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) είναι  $h = 4,5 \text{ m}$ .



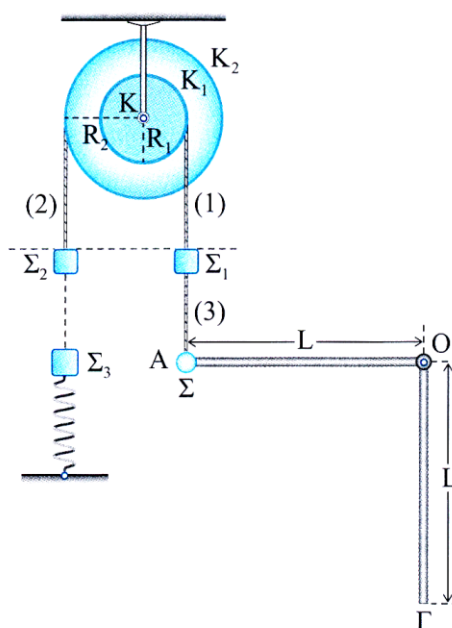
- Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας που αποκτά η ράβδος.
- Γ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ τη χρονική στιγμή στην οποία η τάση στα άκρα της είναι ίση με 6 V.
- Γ4.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από καθέναν από τους αντιστάτες του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$ .
- Γ5.** Να προσδιορίσετε τον λόγο της μέγιστης προς την ελάχιστη τιμή του μέτρου της τάσης του νήματος που δέχεται το σώμα  $\Sigma_2$  κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του συστήματος των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ .

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Μονάδες (6 + 4 + 4 + 5 + 6) 25

### ► ΘΕΜΑ Δ

Δύο ίδιες, λεπτές, ισοπαχείς και ομογενείς ράβδοι ΟΑ και ΟΓ, που έχουν μήκος  $L$  η καθεμία και μάζες  $M_{\text{ΟΑ}} = 2 \text{ kg}$  και  $M_{\text{ΟΓ}}$  αντίστοιχα, συγκολλούνται στο ένα τους άκρο Ο, ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία ( $\varphi = 90^\circ$ ). Το σύστημα των δύο ράβδων μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το σημείο Ο και είναι κάθετος στο επίπεδο ΑΟΓ. Στο άκρο Α της ράβδου ΟΑ είναι στερεωμένο ένα πολύ μικρό σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ . Αρχικά, το σύστημα των δύο ράβδων και του σώματος  $\Sigma$  ισορροπεί στη θέση όπου η ράβδος ΟΑ είναι οριζόντια με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου, αβαρούς και μη εκτατού νήματος (3). Το ένα άκρο του νήματος (3) συνδέεται με το σώμα  $\Sigma$ , ενώ το άλλο άκρο του συνδέεται με ένα άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2 \text{ kg}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  είναι δεμένο στο ελεύθερο άκρο ενός αβαρούς και μη εκτατού νήματος (1), το οποίο είναι πολλές φορές τυλιγμένο στην περιφέρεια ενός κυλίνδρου  $K_1$  μάζας  $M_1 = 4 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_1 = 1 \text{ m}$ . Ο κύλινδρος  $K_1$  είναι συγκολλημένος με έναν άλλο ομοαξονικό κύλινδρο  $K_2$  μάζας  $M_2 = 4 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R_2 = 2 \text{ m}$ , σχηματίζοντας μία διπλή τροχαλία. Η τροχαλία μπορεί να περιστρέφεται χωρίς



τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα  $K'K$  ο οποίος συμπίπτει με τον άξονα συμμετρίας των δύο κυλίνδρων. Στην περιφέρεια του κυλίνδρου  $K_2$  έχουμε τυλίξει πολλές φορές ένα άλλο αβαρές και μη εκτατό νήμα (2), στο ελεύθερο άκρο του οποίου έχουμε δέσει ένα σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ .

Αρχικά, το σύστημα της διπλής τροχαλίας και των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ισορροπεί, με τα νήματα (1) και (2) τεντωμένα και τα δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = 2 \text{ kg}$  ισορροπεί ακίνητο, δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 200 \text{ N/m}$ , του οποίου το κάτω άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο σε οριζόντιο δάπεδο. Τα σώματα  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφο που συμπίπτει με τον άξονα του ελατηρίου.

**Δ1.** Να αποδείξετε ότι η μάζα του σώματος  $\Sigma_2$  είναι  $m_2 = 2 \text{ kg}$  και να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται η διπλή τροχαλία από τον άξονα περιστροφής της.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε το νήμα (3) που συνδέει το σώμα  $\Sigma$  με το σώμα  $\Sigma_1$ , οπότε η διπλή τροχαλία αρχίζει να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα  $K'K$ , αντίθετα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση μέτρου  $\alpha_{\gamma\omega\nu} = 1 \text{ rad/s}^2$ , ενώ τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχίζουν να κινούνται κατακόρυφα. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  είναι  $d = 6 \text{ m}$  κόβουμε το νήμα (2) και αμέσως μετά το σώμα  $\Sigma_2$  συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_3$ . Το συσσωμάτωμα που δημιουργείται από την κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_2$  τη χρονική στιγμή  $t_1$ , ακριβώς πριν από την κρούση.

**Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης ενός σημείου της περιφέρειας του κυλίνδρου  $K_2$  τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα.

**Δ5.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή  $t_2$ , στην οποία η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου γίνεται ίση με  $1 \text{ J}$  για δεύτερη φορά μετά την κρούση.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Οι διαστάσεις των σωμάτων  $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_2$ ,  $\Sigma_3$  και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες. Κατά τη διάρκεια της περιστροφής της διπλής τροχαλίας να θεωρήσετε ότι τα νήματα δεν ολισθαίνουν στις περιφέρειες των δύο κυλίνδρων.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## 4ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.** Σωληνοειδές μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , με αποτέλεσμα στο εσωτερικό του να δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση έχει μέτρο  $B$ . Αν υποδιπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές, τότε το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του σωληνοειδούς θα γίνει ίσο με:

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

**A2.** Σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση το πλάτος της οποίας μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:

$$A = A_0 e^{-\Lambda t},$$

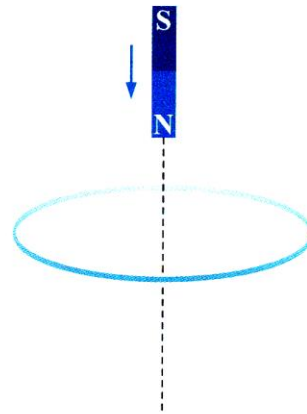
όπου  $A_0$  το αρχικό πλάτος της ταλάντωσης και  $\Lambda$  μια θετική σταθερά.

Η σταθερά  $\Lambda$  εξαρτάται:

- α. Μόνο από τη μάζα του σώματος.  
β. Μόνο από τη σταθερά απόσβεσης της φθίνουσας ταλάντωσης.  
γ. Από το αρχικό πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης.  
δ. Από τη μάζα του σώματος και τη σταθερά απόσβεσης της φθίνουσας ταλάντωσης.
- A3.** Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f > f_0$ , όπου  $f_0$  η συχνότητα κατωφλίου του μετάλλου της καθόδου. Αν αυξήσουμε την ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κάθοδο χωρίς να μεταβάλουμε τη συχνότητά της, τότε:
- α. Η μέγιστη κινητική ενέργεια με την οποία εκπέμπονται τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο θα αυξηθεί.

- β. Η μέγιστη κινητική ενέργεια με την οποία εκπέμπονται τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο θα μειωθεί.
- γ. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο ανά μονάδα χρόνου θα αυξηθεί.
- δ. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο ανά μονάδα χρόνου θα μειωθεί.

**A4.** Ο κατακόρυφος, ευθύγραμμος ραβδόμορφος μαγνήτης του διπλανού σχήματος κινείται προς τα κάτω πλησιάζοντας έναν κλειστό οριζόντιο μεταλλικό δακτύλιο. Για όσο χρονικό διάστημα ο μαγνήτης πλησιάζει τον δακτύλιο:



- α. Ο δακτύλιος διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει αντίθετη φορά από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- β. Ο δακτύλιος διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει την ίδια φορά με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- γ. Ο δακτύλιος δεν διαρρέεται από ρεύμα.
- δ. Το μέτρο της επιτάχυνσης του δακτυλίου είναι ίσο με το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

**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 αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι ανάλογη με τον χρόνο που το σύστημα παραμένει σε αυτή την κατάσταση.
- β. Η περίοδος μιας φθίνουσας ταλάντωσης διατηρείται σταθερή για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης  $b$ .
- γ. Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση εναλλασσόμενων τάσεων και ρευμάτων δείχνουν στιγμιαίες τιμές.
- δ. Όταν ένας τροχός κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο δάπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, όλα τα σημεία του έχουν κάθε χρονική στιγμή την ίδια ταχύτητα.

- ε. Σε μία κεντρική ελαστική κρούση μεταξύ δύο σφαιρών η κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα (1), το οποίο περιγράφεται από την εξίσωση:

$$y_1 = 0,1\eta\mu(5\pi t - 2\pi x) \text{ (S.I.)}$$

Η ενέργεια της ταλάντωσης ενός υλικού σημείου  $K$  του ελαστικού μέσου μάζας  $\Delta m$ , είναι ίση με  $E_1$ . Όταν στο ίδιο ελαστικό μέσο διαδίδεται, ανεξάρτητα από το κύμα (1), ένα άλλο εγκάρσιο αρμονικό κύμα (2), η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών του στο στιγμιότυπό του είναι ίση με το μισό της αντίστοιχης απόστασης στο στιγμιότυπο του κύματος (1) και η ενέργεια της ταλάντωσης του σημείου  $K$  είναι ίση με  $E_2 = 4E_1$ .

Αν το κύμα (2) διαδίδεται στο ελαστικό μέσο προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα  $x'Ox$  και το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα ξεκινά τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα, τότε η εξίσωση που το περιγράφει στο S.I. είναι η:

α.  $y_2 = 0,1\eta\mu(5\pi t - 4\pi x)$ .

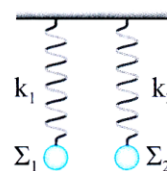
β.  $y_2 = 0,2\eta\mu(10\pi t - 4\pi x)$ .

γ.  $y_2 = 0,1\eta\mu(10\pi t - 4\pi x)$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Τα κατακόρυφα ελατήρια (1) και (2) του διπλανού σχήματος είναι ιδανικά και έχουν σταθερές  $k_1 = 100 \text{ N/m}$  και  $k_2$  αντίστοιχα. Τα πάνω άκρα των δύο ελατηρίων είναι ακλόνητα στερεωμένα σε οριζόντιο δοκό, η οποία μπορεί να κινείται κατακόρυφα, ενώ στα ελεύθερα άκρα τους είναι δεμένα τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ , τα οποία έχουν μάζες  $m_1 = 1 \text{ kg}$  και  $m_2 = 2 \text{ kg}$  αντίστοιχα. Η διάταξη της δοκού και των δύο συστημάτων  $(k_1, m_1)$  και  $(k_2, m_2)$  βρίσκεται μέσα σε κλειστό δοχείο με



αέρα χαμηλής πίεσης και η δοκός ταλαντώνεται κατακόρυφα με σταθερό πλάτος και συχνότητα  $f = (10/\pi)$  Hz, οπότε τα δύο συστήματα ελατήριο – σώμα εκτελούν εξαναγκασμένη ταλάντωση.

Όταν η παραπάνω διάταξη της δοκού και των δύο συστημάτων  $(k_1, m_1)$  και  $(k_2, m_2)$  βρίσκεται μέσα σε κλειστό δοχείο απουσία αέρα με τη δοκό σταθεροποιημένη, τα δύο συστήματα εκτελούν ανεξάρτητες μεταξύ τους απλές αρμονικές ταλαντώσεις. Κατά τη διάρκεια των απλών αρμονικών ταλαντώσεών τους, ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων του σώματος  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του είναι διπλάσιος από τον αντίστοιχο χρόνο του σώματος  $\Sigma_2$ .

Αν κατά τη διάρκεια της εξαναγκασμένης ταλάντωσης των δύο συστημάτων μειώσουμε τη συχνότητα ταλάντωσης της δοκού κατά 20% σε σχέση με την τιμή  $f = (10/\pi)$  Hz, τότε:

- α. Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_1$  θα αυξηθεί, ενώ το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$  θα μειωθεί.
- β. Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_1$  θα μειωθεί, ενώ το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$  θα αυξηθεί.
- γ. Θα μειωθούν τα πλάτη και των δύο εξαναγκασμένων ταλαντώσεων.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Αγώγιμο ορθογώνιο πλαίσιο αμελητέας ωμικής αντίστασης περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του και είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές του πλαισίου. Τα άκρα του πλαισίου είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης R.

Στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το πλαίσιο εκτελεί 10 πλήρεις περιστροφές, η θερμότητα Joule που εκλύει ο αντιστάτης στο περιβάλλον είναι ίση με Q. Αν διπλασιάσουμε τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου, τότε η θερμότητα Joule που εκλύει ο αντιστάτης στο περιβάλλον στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το πλαίσιο εκτελεί ξανά 10 πλήρεις περιστροφές γίνεται ίση με:

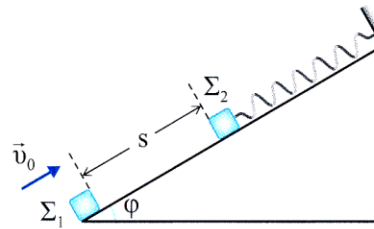
- α.  $\frac{Q}{2}$ .
- β. 2Q.
- γ. 4Q.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Το ιδανικό ελατήριο του διπλανού σχήματος έχει σταθερά  $k = 100 \text{ N/m}$  και το πάνω άκρο του είναι ακλόνητα στερεωμένο στην κορυφή λείου κεκλιμένου επιπέδου. Στο κάτω άκρο του ελατηρίου είναι δεμένο ένα σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ , το οποίο μπορεί να κινείται πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης  $\varphi = 30^\circ$  και αρχικά ισορροπεί. Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  εκτοξεύεται από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 5 \text{ m/s}$  και, αφού διανύσει διάστημα  $s = 2,2 \text{ m}$  στο κεκλιμένο επίπεδο, συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_2$ .



- Γ1.** Να υπολογίσετε το ποσοστό επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση που μετατράπηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της κρούσης.
- Γ2.** Να αποδείξετε ότι το συσσωμάτωμα που δημιουργείται μετά την κρούση θα εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .
- Γ3.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης που αποκτά το συσσωμάτωμα κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.
- Γ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή στην οποία η κινητική του ενέργεια γίνεται τριπλάσια από τη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσής του για δεύτερη φορά μετά την κρούση, θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση.
- Γ5.** Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης επαναφοράς που δέχεται το συσσωμάτωμα από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά την κρούση μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσής του γίνεται ίση με τη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου για πρώτη φορά μετά την κρούση.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Η χρονική διάρκεια της κρούσης και οι διαστάσεις των σωμάτων να θεωρηθούν αμελητέες.

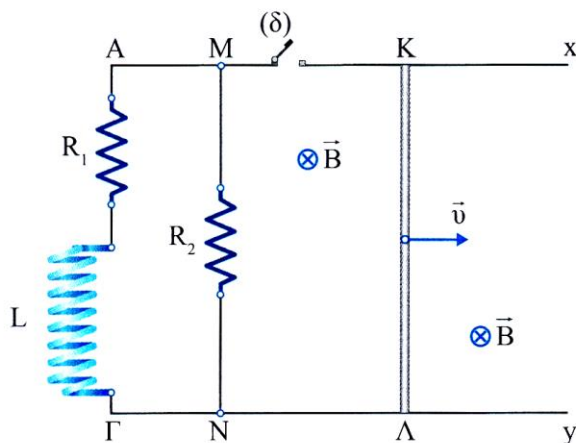
Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Οι οριζόντιοι παράλληλοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy του ακόλουθου σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Στα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 3 \ \Omega$  ιδανικό πηνίο το οποίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$  και αποτελείται από  $N = 500$  σπείρες. Στα σημεία Μ και Ν των αγωγών Αx και Γy αντίστοιχα συνδέεται αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_2 = 6 \ \Omega$ .

Μια οριζόντια μεταλλική ράβδος ΚΛ μάζας  $m = 0,3 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{KL}} = 2 \ \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς Αx και Γy παραμένοντας συνεχώς κάθετη και με τα άκρα της σε συνεχή επαφή με αυτούς. Η ράβδος βρίσκεται συνεχώς μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο των αγωγών Αx και Γy.

Αρχικά, ο διακόπτης (δ) που φαίνεται στο σχήμα είναι ανοικτός και η ράβδος ΚΛ κινείται προς τα δεξιά με σταθερή οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη (δ) και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον της ράβδου ΚΛ κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy, ώστε να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1$  τα ρεύματα που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος σταθεροποιούνται και το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$  που ασκείται στη ράβδο γίνεται ίσο με  $3 \text{ N}$ .



- Δ1. α. Να υπολογίσετε το μέτρο της σταθερής ταχύτητας  $\vec{v}$  με την οποία κινείται η ράβδος ΚΛ.

- β. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta$ ).
- Δ2. Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από μία σπείρα του πηνίου καθώς και την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο πηνίο τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- Δ3. Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_2$  από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ), αν το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι  $q = 2 \text{ C}$ .
- Τη χρονική στιγμή  $t_2$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ) χωρίς να δημιουργηθεί σπινθήρας.
- Δ4. Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή  $t_2$ , αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta$ ).
- Δ5. Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_1$  από τη χρονική στιγμή  $t_2$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3$ , στην οποία μηδενίζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

Να θεωρήσετε ότι το ομογενές μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο εσωτερικό του πηνίου, εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει, δεν αλληλεπιδρά με το ομογενές μαγνητικό πεδίο μέσα στο οποίο βρίσκεται η ράβδος ΚΛ.

Μονάδες (6 + 5 + 4 + 5 + 5) 25

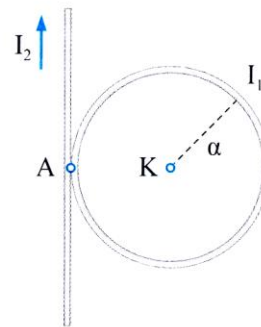
## 5ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Οριζόντιος κυκλικός αγωγός ακτίνας  $a$  διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_1$ . Ένας άλλος ηλεκτρικά μονωμένος ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_2$  βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τον κυκλικό αγωγό και εφάπτεται με αυτόν σε σημείο Α, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Αν η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν οι δύο αγωγοί στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού είναι ίση με το μηδέν, τότε ο κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

- α.  $I_1 = I_2$  και φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- β.  $I_1 = \frac{I_2}{\pi}$  και φορά ίδια με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- γ.  $I_1 = \pi I_2$  και φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- δ.  $I_1 = \frac{I_2}{\pi}$  και φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

**Α2.** Σωληνοειδές μεγάλο μήκους διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , οπότε στο κέντρο του δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση έχει μέτρο  $B$ . Αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σωληνοειδές κοντά στα άκρα του θα γίνει ίσο με:

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

**A3.** Όταν η θερμοκρασία ενός μέλανος σώματος είναι  $\theta_1 = 127^\circ\text{C}$ , το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ένταση της θερμικής ακτινοβολίας του ανά μονάδα μήκους κύματος είναι ίσο με  $\lambda_1$ . Αν η θερμοκρασία του μέλανος σώματος γίνει ίση με  $\theta_2 = 527^\circ\text{C}$ , τότε το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ένταση της θερμικής ακτινοβολίας του ανά μονάδα μήκους κύματος γίνεται:

**α.**  $\lambda_2 = 2\lambda_1$ .      **β.**  $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2}$ .      **γ.**  $\lambda_2 = 4\lambda_1$ .      **δ.**  $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{4}$ .

**A4.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  συγκρούεται με ταχύτητα μέτρου  $v_1$  μετωπικά και ελαστικά με άλλο, αρχικά ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 4m_1$ . Ο λόγος  $\frac{K_1}{K_2}$  των κινητικών ενεργειών των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αντίστοιχα, αμέσως μετά την κρούση, είναι:

**α.**  $\frac{K_1}{K_2} = 1$ .      **β.**  $\frac{K_1}{K_2} = \frac{25}{12}$ .      **γ.**  $\frac{K_1}{K_2} = \frac{3}{4}$ .      **δ.**  $\frac{K_1}{K_2} = \frac{1}{2}$ .

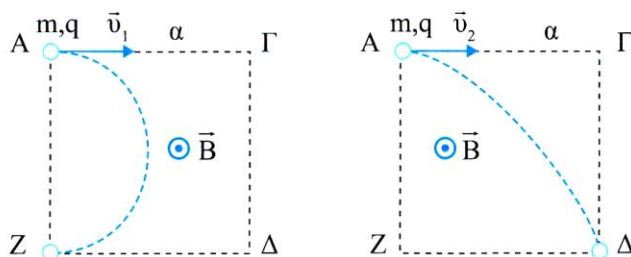
**A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

- α.** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στο κενό με διαφορετικές ταχύτητες.
- β.** Στην περιστροφική κίνηση ενός στερεού σώματος όλα τα σημεία του έχουν κάθε χρονική στιγμή την ίδια γωνιακή ταχύτητα.
- γ.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από μία επίπεδη επιφάνεια η οποία βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι μέγιστη, όταν η επιφάνεια είναι παράλληλη προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου.
- δ.** Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένας κυκλικός ρευματοφόρος αγωγός ακτίνας  $r$  στο κέντρο του είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
- ε.** Κάθε φορά που μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα κύκλωμα δημιουργείται ΗΕΔ από επαγωγή σε αυτό.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Η κάθετη τομή ενός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$  είναι τετράγωνο ΑΓΔΖ πλευράς  $a$ . Θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας  $m$  και φορτίου  $q$  εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο από την κορυφή Α με ταχύτητα  $\vec{v}_1$  κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και στην πλευρά ΑΖ και εξέρχεται από την κορυφή Ζ του τετραγώνου.



Για να εξέλθει το σωματίδιο από την κορυφή Δ του τετραγώνου, πρέπει να εισέλθει στο μαγνητικό πεδίο από την κορυφή Α με ταχύτητα  $\vec{v}_2$  κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και στην πλευρά ΑΖ, μέτρου:

- α.**  $v_2 = 2v_1$ .      **β.**  $v_2 = 3v_1$ .      **γ.**  $v_2 = 4v_1$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Φωτόνιο μήκους  $\lambda = 2 \frac{h}{m_e c}$ , όπου  $h$  η σταθερά του Planck,  $m_e$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό, σκεδάζεται από ακίνητο ηλεκτρόνιο. Αν η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι  $\varphi = 90^\circ$ , τότε η κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου (μετά την σκέδαση) ηλεκτρονίου είναι:

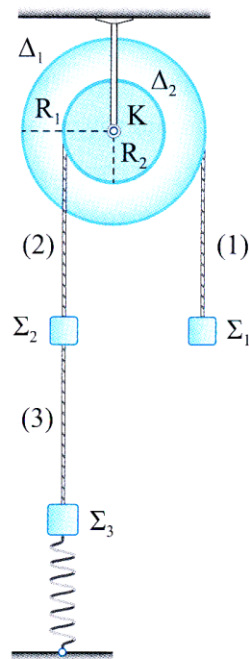
- α.**  $K = \frac{5}{6} m_e c^2$ .      **β.**  $K = \frac{1}{6} m_e c^2$ .      **γ.**  $K = \frac{7}{6} m_e c^2$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Η διπλή τροχαλία του διπλανού σχήματος αποτελείται από δύο ομογενείς δίσκους  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  με ακτίνες  $R_1 = 2R$  και  $R_2 = R$ , οι οποίοι είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους, ώστε να περιστρέφονται, χωρίς τριβές, ως ένα ενιαίο στερεό σώμα, γύρω από οριζόντιο ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το κοινό τους κέντρο  $K$  και είναι κάθετος στο επίπεδό τους.

Στο αυλάκι του δίσκου  $\Delta_1$  είναι τυλιγμένο αβαρές και μη εκτατό νήμα (1), στο ελεύθερο άκρο του οποίου είναι αναρτημένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2m$ , ενώ στο αυλάκι του δίσκου  $\Delta_2$  είναι τυλιγμένο άλλο αβαρές και μη εκτατό νήμα (2), στο ελεύθερο άκρο του οποίου είναι αναρτημένο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 2m$ . Το σώμα  $\Sigma_2$  συνδέεται με άλλο σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = m$ , μέσω κατακόρυφου αβαρούς και μη εκτατού νήματος (3). Το σώμα  $\Sigma_3$  είναι δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , του οποίου το κάτω άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο στο δάπεδο. Αρχικά, το σύστημα των σωμάτων και της διπλής τροχαλίας ισορροπεί ακίνητο με τα νήματα τεντωμένα. Κάποια χρονική στιγμή κόβουμε το νήμα (3) που συνδέει το σώμα  $\Sigma_3$  με το σώμα  $\Sigma_2$ , οπότε το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



Η ενέργεια της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_3$  είναι:

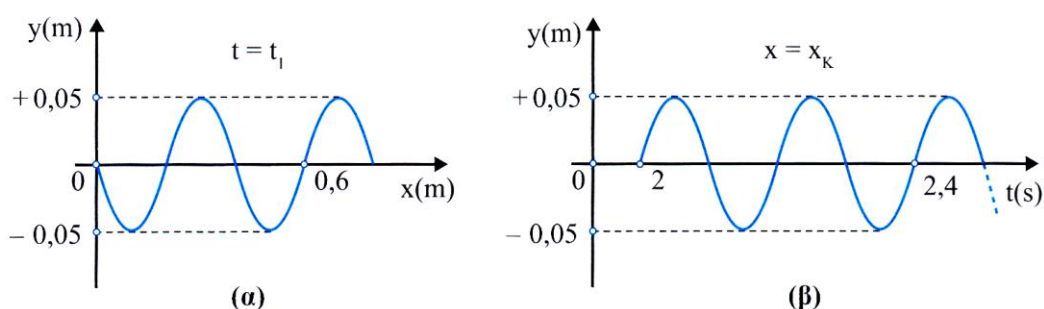
**α.**  $E = \frac{1}{2} \frac{m^2 g^2}{k}$ .      **β.**  $E = \frac{m^2 g^2}{k}$ .      **γ.**  $E = 2 \frac{m^2 g^2}{k}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ , προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Στο διάγραμμα (α) του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του κύματος στον θετικό ημιάξονα  $Ox$  τη χρονική στιγμή  $t_1$ , ενώ στο διάγραμμα (β) απεικονίζεται η γραφική παράσταση της απομάκρυνσης του υλικού σημείου  $K(x_K > 0)$  του ελαστικού μέσου από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο.



**Γ1.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

**Γ2.** Να γράψετε την εξίσωση του στιγμιότυπου του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

Ένα άλλο υλικό σημείο  $\Lambda$  του ελαστικού μέσου αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t_2$ , στην οποία το υλικό σημείο  $K$  φτάνει στην ακραία θετική του θέση για πρώτη φορά μετά την έναρξη της ταλάντωσής του.

**Γ3.** Να υπολογίσετε τη διαφορά φάσης των ταλαντώσεων των υλικών σημείων  $K$  και  $\Lambda$ .

**Γ4.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα του υλικού σημείου  $\Lambda$  τις χρονικές στιγμές στις οποίες η επιτάχυνση του υλικού σημείου  $K$  είναι  $a_K = -50 \text{ m/s}^2$ .

**Γ5.** Να υπολογίσετε το πλήθος των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου τα οποία τη χρονική στιγμή  $t_3 = 0,6 \text{ s}$  έχουν ταχύτητα μέτρου  $v = 0,3\pi \text{ m/s}$ .

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

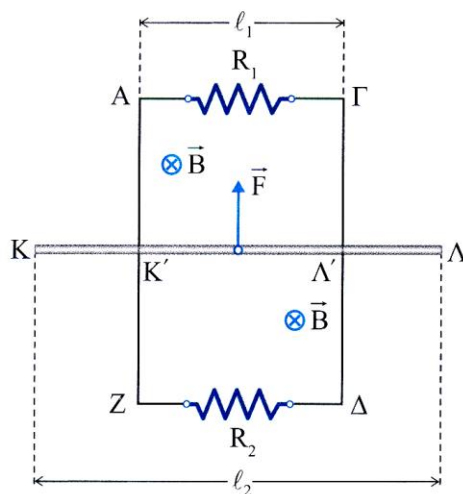
Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Οι κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί ΑΖ και ΓΔ που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell_1 = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 3 \ \Omega$ , ενώ τα άκρα τους Ζ και Δ συνδέονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 6 \ \Omega$ .

Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell_2 = 2 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 4 \ \Omega$  είναι τοποθετημένος κάθετα ως προς τους αγωγούς ΑΖ και ΓΔ. Αρχικά, ο αγωγός ΚΛ διατηρείται ακίνητος.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  αρχίζει να ασκείται στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα πάνω, οπότε αυτός αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές με σταθερή επιτάχυνση μέτρου  $a = 6 \text{ m/s}^2$ , παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος και με τα σημεία του Κ' και Λ' σε συνεχή επαφή με τους αγωγούς ΑΖ και ΓΔ. Ολόκληρη η κατακόρυφη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 2 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο της διάταξης.



33

- Δ1.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ.
- Δ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση του μέτρου της δύναμης  $\vec{F}$  και να υπολογίσετε την ισχύ της τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ s}$ .

**Δ3.** Να υπολογίσετε το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αντιστάτη  $R_1$  στο χρονικό διάστημα από  $t = 0$  έως  $t = 1$  s.

**Δ4.** Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t = 1$  s, αν η θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_2$  προς το περιβάλλον σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι ίση με 6 J.

Τη χρονική στιγμή  $t = 1$  s η δύναμη  $\vec{F}$  καταργείται ακαριαία. Μετά από λίγο ο αγωγός ΚΛ αποκτά οριακή ταχύτητα  $\bar{v}_{op}$ .

**Δ5.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ τις χρονικές στιγμές μετά την κατάργηση της δύναμης  $\vec{F}$  στις οποίες το μέτρο της ταχύτητάς του είναι ίσο με  $v = \frac{v_{op}}{2}$ .

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

Μονάδες (4 + 5 + 3 + 7 + 6) 25

## 6ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

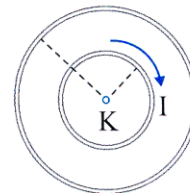
### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Δύο μικρά σώματα (1) και (2) με μάζες  $m_1 = m$  και  $m_2 = 2m$  αντίστοιχα που κινούνται πάνω στην ίδια ευθεία με αντίθετες ορμές συγκρούονται μετωπικά και πλαστικά. Αν η συνολική κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων ακριβώς πριν από την κρούση είναι ίση με  $K$ , τότε η απώλεια της μηχανικής ενέργειας του συστήματος των δύο σωμάτων κατά την κρούση είναι ίση με:

- α. 0.      β.  $\frac{K}{2}$ .      γ.  $\frac{K}{3}$ .      δ.  $K$ .

**Α2.** Οι δύο ομόκεντροι κυκλικοί αγωγοί που φαίνονται στο διπλανό σχήμα βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Αν ο εσωτερικός κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα που έχει την ίδια φορά με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και η έντασή του αυξάνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο, τότε:



- α. Ο εξωτερικός κυκλικός αγωγός διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει αντίθετη φορά από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.  
β. Ο εξωτερικός κυκλικός αγωγός διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει ίδια φορά με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.  
γ. Ο εξωτερικός κυκλικός αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα.  
δ. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο εξωτερικός κυκλικός αγωγός στο κέντρο του  $K$ , εξαιτίας του επαγωγικού ρεύματος που τον διαρρέει, είναι κάθετη στη σελίδα με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

**A3.** Δύο παράλληλοι μεταλλικοί αγωγοί (1) και (2) απείρου μήκους απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$  και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα με εντάσεις  $I_1$  και  $I_2$  αντίστοιχα. Το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται τμήμα μήκους  $\ell$  του αγωγού (2) από τον αγωγό (1) είναι ίσο με  $F$ . Αν διπλασιάσουμε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αγωγούς και υποδιπλασιάσουμε τη μεταξύ τους απόσταση, τότε το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται τμήμα μήκους  $\ell$  του αγωγού (1) από τον αγωγό (2) είναι ίσο με:

- α.  $F$ .                      β.  $2F$ .                      γ.  $4F$ .                      δ.  $8F$ .

**A4.** Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  βρίσκονται στα σημεία Κ και Λ αντίστοιχα της επιφάνειας ενός υγρού και αρχίζουν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνονται από τη θέση ισορροπίας τους με θετική ταχύτητα. Τα κύματα που δημιουργούν οι δύο πηγές διαδίδονται ταυτόχρονα στην επιφάνεια του υγρού και έχουν το ίδιο πλάτος  $A$ , το ίδιο μήκος κύματος  $\lambda$  και την ίδια περίοδο  $T$ . Σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού απέχει από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  αποστάσεις  $r_1 = \lambda$  και  $r_2 = 5\lambda$  αντίστοιχα. Τη χρονική στιγμή  $t = 3T$ , το σημείο Σ:

- α. Δεν έχει ξεκινήσει να ταλαντώνεται.  
β. Ταλαντώνεται με πλάτος  $A$ .  
γ. Ταλαντώνεται με πλάτος  $2A$ .  
δ. Έχει σταματήσει να ταλαντώνεται.

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

- α. Αν σε μια ελαστική χορδή έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα μήκους κύματος  $\lambda$ , τότε η διαφορά φάσης των ταλαντώσεων δύο υλικών σημείων της χορδής που βρίσκονται εκατέρωθεν ενός δεσμού και οι θέσεις ισορροπίας τους απέχουν απόσταση μικρότερη από  $\lambda/2$  είναι ίση με  $\pi$  rad.  
β. Σε μία φθίνουσα ταλάντωση η ενέργεια του ταλαντωτή μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.  
γ. Η ροπή ενός ζεύγους δυνάμεων είναι ίδια ως προς οποιοδήποτε σημείο και αν υπολογιστεί.

- δ. Αν σε ένα ελεύθερο σώμα που είναι αρχικά ακίνητο ασκηθεί δύναμη της οποίας ο φορέας διέρχεται από το κέντρο μάζας του σώματος, τότε αυτό θα εκτελέσει μόνο μεταφορική κίνηση.
- ε. Όταν στα άκρα ενός αντιστάτη εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση, τότε η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος που τον διαρρέει είναι συμφασική με την εναλλασσόμενη τάση.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σωληνοειδές (Α) μήκους  $\ell$  αποτελείται από  $N$  σπείρες ακτίνας  $a$  η καθεμία και συνδέεται με πηγή σταθερής τάσης  $V$ , με αποτέλεσμα στο εσωτερικό του να δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B$ . Η μαγνητική ροή που διέρχεται από μία σπείρα η οποία βρίσκεται στο μέσον του σωληνοειδούς (Α) είναι ίση με  $\Phi$ .

Χρησιμοποιούμε ολόκληρο το σύρμα του σωληνοειδούς (Α) και σχηματίζουμε ένα άλλο σωληνοειδές (Γ) μήκους  $\ell' = \ell/2$ , το οποίο αποτελείται από  $N'$  σπείρες ακτίνας  $a' = a/2$  η καθεμία. Αν συνδέσουμε το σωληνοειδές (Γ) με την ίδια πηγή σταθερής τάσης  $V$ , δημιουργείται στο εσωτερικό του ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B'$ . Η μαγνητική ροή που διέρχεται από μία σπείρα που βρίσκεται στο μέσον του σωληνοειδούς (Γ) είναι ίση με:

- α.  $\Phi$ .            β.  $2\Phi$ .            γ.  $4\Phi$ .

Δίνεται ότι το εμβαδόν  $A$  μιας κυκλικής σπείρας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A = \pi a^2, \text{ όπου } a \text{ η ακτίνα της σπείρας.}$$

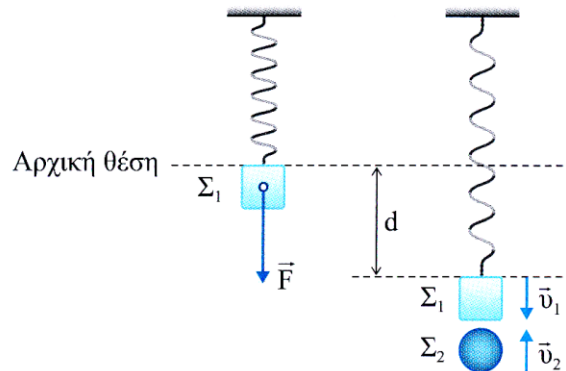
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Η διάταξη του επόμενου σχήματος αποτελείται από δύο σωλήνες Α και Β. Ο σωλήνας Α είναι σταθερός, ενώ ο σωλήνας Β, τμήμα του οποίου βρίσκεται μέσα στον σωλήνα Α, μπορεί να μετακινείται προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά, οπότε με τον τρόπο αυτόν μεταβάλλεται το μήκος  $x$ . Μια πηγή δημιουργεί ηχητικά κύματα μήκους κύματος  $\lambda$  στο ανοικτό άκρο Π του σωλήνα Α. Στο άλλο ανοικτό άκρο Σ του σωλήνα Α, όπου βρίσκεται ανιχνευτής ηχητικών κυμάτων, φτάνουν δύο ηχητικά κύματα, τα οποία διαδίδονται μέσω του αέρα στους σωλήνες Α και Β. Όταν μετα-



καταργείται ακαριαία και, ταυτόχρονα, το σώμα  $\Sigma_1$  συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$  που κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση, έχοντας ακριβώς πριν από την κρούση ταχύτητα μέτρου  $v_2 = 1 \text{ m/s}$ . Αμέσως μετά την κρούση το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω και τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ s}$  απέχει απόσταση  $h = 6 \text{ m}$  από τη θέση όπου έγινε η κρούση, ενώ το σώμα  $\Sigma_1$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με πλάτος  $A_2$ .



- Γ1. Να αποδείξετε ότι το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_2$  αμέσως μετά την κρούση είναι ίσο με  $1 \text{ m/s}$ .
- Γ2. Να υπολογίσετε τα μέτρα των ταχυτήτων του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν και αμέσως μετά την κρούση.
- Γ3. Να υπολογίσετε το πλάτος  $A_2$  της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_1$  μετά την κρούση.
- Γ4. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  τη χρονική στιγμή στην οποία η δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο ελατήριο γίνεται για πρώτη φορά ίση με  $2 \text{ J}$  μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά προς τα κάτω.
- Γ5. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$  και το πλάτος  $A_1$  της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_1$  πριν από την κρούση.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

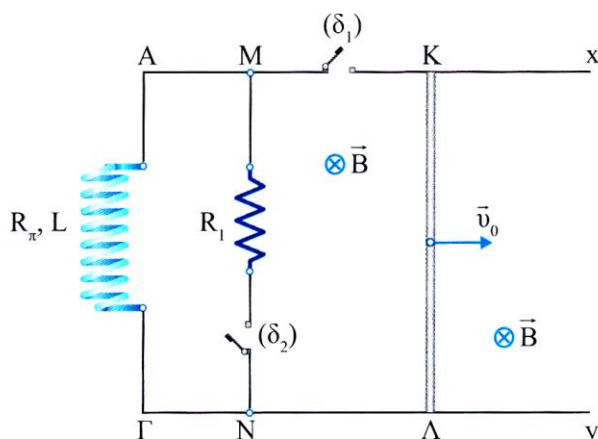
Η αντίσταση του αέρα, οι διαστάσεις των σωμάτων και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες  $(4 + 4 + 4 + 7 + 6)$  25

► ΘΕΜΑ Δ

Δύο οριζόντιοι, παράλληλοι ευθύγραμμοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy πολύ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών είναι συνδεδεμένα με πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 1 \text{ H}$  και ωμική αντίσταση  $R_{\pi} = 2 \Omega$ . Τα σημεία Μ και Ν των δύο αγωγών συνδέονται, μέσω διακόπτη ( $\delta_2$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 1 \Omega$ . Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 0,5 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \Omega$  μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς Αx και Γy, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Μεταξύ των σημείων Μ και Κ παρεμβάλλεται διακόπτης ( $\delta_1$ ).

Αρχικά, οι διακόπτες ( $\delta_1$ ) και ( $\delta_2$ ) είναι ανοικτοί και ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά με σταθερή οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}_0$ . Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται συνεχώς μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ .



Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και ταυτόχρονα αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη, οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy, ώστε η ένταση  $i$  του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ να μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με τη σχέση:  $i = 2 + 2t$  (S.I.).

- Δ1. α.** Να σχεδιάσετε τη φορά του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ καθώς και την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου.
- β.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου.

- Δ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ και να υπολογίσετε το μέτρο της αρχικής του ταχύτητας  $\bar{v}_0$  καθώς και το μέτρο του ρυθμού με τον οποίο μεταβάλλεται η ταχύτητά του.
- Δ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο η δύναμη  $\vec{F}$  προσφέρει ενέργεια στον αγωγό ΚΛ καθώς και τον ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύεται ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ s}$ .
- Δ4.** Να υπολογίσετε το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ανοίγουμε ακαριαία τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και ταυτόχρονα κλείνουμε το διακόπτη ( $\delta_2$ ), χωρίς να σχηματιστεί σπινθήρας.

- Δ5. α.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ ).
- β.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_1$ , λόγω φαινομένου Joule, από τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ ), έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία η τάση στα άκρα του πηνίου είναι ίση με 2 V.

Να θεωρήσετε ότι το ομογενές μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο εσωτερικό του πηνίου, εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει, δεν αλληλεπιδρά με το ομογενές μαγνητικό πεδίο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός ΚΛ.

Μονάδες (5 + 4 + 5 + 5 + 6) 25

## 7ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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 ενός αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R = 10 \Omega$  εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = 100\sqrt{2}\eta\mu 100\pi t$  (S.I.). Η θερμότητα Joule που εκλύει ο αντιστάτης στο περιβάλλον σε χρόνο 2 s είναι ίση με:

- α. 1.000 J.      β. 2.000 J.      γ. 4.000 J.      δ. 8.000 J.

**A2.** Ευθύγραμμος λεπτός αγωγός ΚΛ στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το ένα άκρο του Κ και είναι κάθετος στον αγωγό. Ο αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο περιστροφής του. Για να τετραπλασιάσουμε την τιμή της επαγωγικής τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού, πρέπει το μέτρο της γωνιακής του ταχύτητας να γίνει ίσο με:

- α.  $4\omega$ .      β.  $\frac{\omega}{4}$ .      γ.  $2\omega$ .      δ.  $\frac{\omega}{2}$ .

**A3.** Ένα πρωτόνιο μάζας  $m_p$  και ένα σωματίο άλφα μάζας  $m_\alpha = 4m_p$  έχουν ίσες κατά μέτρο ταχύτητες. Αν το μήκος κύματος de Broglie του πρωτονίου είναι ίσο με  $\lambda_p$ , τότε το μήκος κύματος de Broglie του σωματίου άλφα είναι:

- α.  $\lambda_\alpha = \lambda_p$ .      β.  $\lambda_\alpha = \frac{\lambda_p}{4}$ .      γ.  $\lambda_\alpha = \frac{\lambda_p}{2}$ .      δ.  $\lambda_\alpha = 4\lambda_p$ .

**A4.** Η αρχή διατήρησης της ενέργειας ισχύει:

- α. Μόνο στις ελαστικές κρούσεις.      β. Μόνο στις ανελαστικές κρούσεις.  
γ. Μόνο στις πλαγίες κρούσεις.      δ. Σε όλα τα είδη των κρούσεων.

**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.** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι εγκάρσια.
- β.** Με το σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων (αμορτισέρ) επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απόσβεσης των ταλαντώσεων.
- γ.** Όταν ένα μηχανικό σύστημα εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση, τότε στην κατάσταση συντονισμού η ενέργεια μεταφέρεται από τον διεγέρτη στο σύστημα κατά τον βέλτιστο τρόπο.
- δ.** Η διαφορά φάσης ανάμεσα στην απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και στην ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση είναι ίση με  $\frac{\pi}{2}$ .
- ε.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένας κυκλικός ρευματοφόρος αγωγός στο κέντρο του εξαρτάται από τη διάμετρό του.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

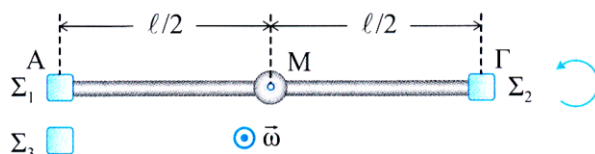
**B1.** Μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος  $\lambda$ , προσπίπτει στην επιφάνεια ενός μετάλλου και προκαλεί εκπομπή φωτοηλεκτρονίων με μέγιστη κινητική ενέργεια ίση με  $K$ . Κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου με τη μέγιστη κινητική ενέργεια εισέρχονται στη συνέχεια σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  κάθετα στις μαγνητικές του γραμμές και διαγράφουν κυκλικές τροχιές ακτίνας  $R_1$ . Μειώνουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του μετάλλου κατά 50% και παρατηρούμε ότι τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από αυτή με τη μέγιστη κινητική ενέργεια, όταν εισέλθουν στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , διαγράφουν κυκλικές τροχιές ακτίνας  $R_2 = 2R_1$ . Το έργο εξαγωγής του μετάλλου είναι:

- α.**  $\varphi = K$ .
- β.**  $\varphi = 2K$ .
- γ.**  $\varphi = 3K$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

- B2.** Η λεπτή αβαρής ράβδος ΑΓ του ακόλουθου σχήματος (κάτοψη) έχει μήκος  $\ell$  και περιστρέφεται, χωρίς τριβές, πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από κατακόρυφο ακλόνητο άξονα  $z'z$  που διέρχεται από το μέσον της Μ. Στα άκρα Α και Γ της ράβδου είναι στερεωμένα τα υλικά σημεία  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αντίστοιχα ίδιας μάζας  $m$ . Κάποια χρονική στιγμή το υλικό σημείο  $\Sigma_1$  συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με άλλο υλικό σημείο  $\Sigma_3$  μάζας  $2m$ , το οποίο βρίσκεται ακίνητο πάνω στο οριζόντιο δάπεδο.



Το ποσοστό επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας του συστήματος των υλικών σημείων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση που μετατράπηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της κρούσης, είναι ίσο με:

- α.** 25%.                      **β.** 50%.                      **γ.** 75%.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (6 + 2) 8

44

- B3.** Μικρό σώμα μάζας  $m$  ισορροπεί στερεωμένο στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , το πάνω άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Εκτρέπουμε το σώμα από τη θέση ισορροπίας του κατακόρυφα προς τα πάνω μέχρι τη θέση όπου το ελατήριο αποκτά το φυσικό του μήκος και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το αφήνουμε ελεύθερο από τη θέση αυτή να κινηθεί. Το σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση μικρής απόσβεσης με πλάτος που μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:  $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ , όπου  $A_0$  το πλάτος της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $\Lambda$  μια θετική σταθερά.

Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$  και το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης έχει μειωθεί στο μισό της αρχικής του τιμής στο τέλος της πρώτης περιόδου, τότε το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σώμα από το ελατήριο στο τέλος της δεύτερης περιόδου είναι ίσο με:

- α.**  $\frac{mg}{4}$ .                      **β.**  $\frac{mg}{2}$ .                      **γ.**  $\frac{3mg}{4}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

► ΘΕΜΑ Γ

Σε χορδή μεγάλου μήκους που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, εξαιτίας της συμβολής δύο εγκάρσιων αρμονικών κυμάτων ίδιου πλάτους και ίδιας συχνότητας, τα οποία διαδίδονται ταυτόχρονα στη χορδή προς αντίθετες κατευθύνσεις. Το υλικό σημείο της χορδής που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα  $x'Ox$  είναι κοιλία του στάσιμου κύματος και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  διέρχεται από τη θέση ισοροπίας του με θετική ταχύτητα.

Η απόσταση μεταξύ του πρώτου και του έβδομου δεσμού του στάσιμου κύματος στον θετικό ημιάξονα  $Ox$  είναι ίση με  $1,8 \text{ m}$ . Η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου  $K(x_K = +0,4 \text{ m})$  της χορδής είναι ίση με  $\pi \text{ m/s}$ , ενώ το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μεγιστοποιήσεων της ελαστικής δυναμικής ενέργειας της χορδής είναι ίσο με  $0,2 \text{ s}$ .

- Γ1.** Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος.
- Γ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της επιτάχυνσης ενός υλικού σημείου  $\Lambda$  της χορδής που βρίσκεται στη θέση  $x_\Lambda = +1,8 \text{ m}$ .
- Γ3.** Να υπολογίσετε το πλήθος των δεσμών που σχηματίζονται μεταξύ των σημείων  $K$  και  $\Lambda$  της χορδής.
- Γ4.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των σημείων  $K$  και  $\Lambda$  κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής τους.

Μεταβάλλουμε τη συχνότητα των δύο κυμάτων που δημιουργούν το στάσιμο κύμα στη χορδή χωρίς να μεταβάλλουμε το πλάτος τους, ώστε στο σημείο  $O$  να δημιουργείται ξανά κοιλία, στο σημείο  $\Lambda$  να δημιουργείται δεσμός και μεταξύ του σημείου  $O$  και του σημείου  $\Lambda$  να σχηματίζονται άλλες τέσσερις κοιλίες.

- Γ5.** Να υπολογίσετε την επί τοις εκατό (%) μεταβολή της ενέργειας ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$ .

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

Μονάδες  $(5 + 5 + 5 + 5 + 5)$  25

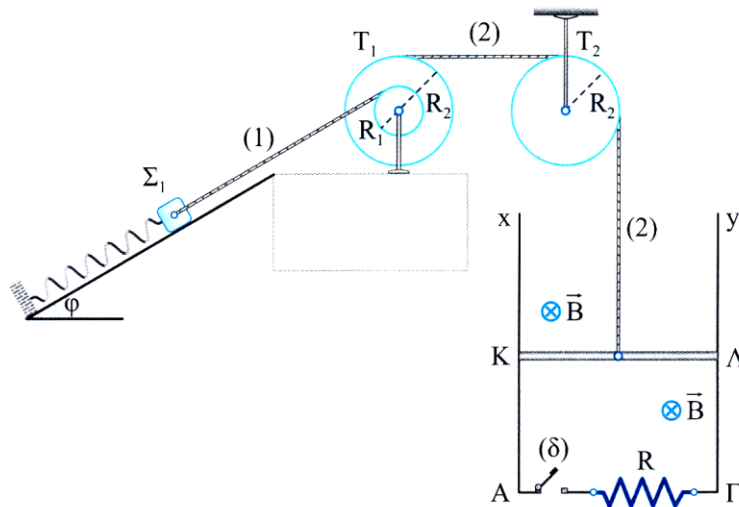
► ΘΕΜΑ Δ

Η διπλή τροχαλία  $T_1$  του επόμενου σχήματος αποτελείται από δύο ομογενείς λεπτούς δίσκους  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2 = 2R_1$  αντίστοιχα, οι οποίοι είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους, ώστε τα κέντρα τους να ταυτίζονται. Η διπλή τροχαλία  $T_1$  μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κοινό κέντρο των δύο δίσκων και είναι κάθετος στο επίπεδό τους. Στην περιφέρεια του δίσκου  $\Delta_1$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές ένα αβαρές και μη εκτατό νήμα (1), ενώ στην περιφέρεια του δίσκου  $\Delta_2$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές ένα άλλο αβαρές και μη εκτατό νήμα (2).

Στο ελεύθερο άκρο του νήματος (1) είναι δεμένο ένα σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2 \text{ kg}$ , το οποίο βρίσκεται πάνω σε λείο κεκλιμένο επίπεδο πολύ μεγάλου μήκους και γωνίας κλίσης  $\varphi = 30^\circ$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  είναι στερεωμένο στο πάνω άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το νήμα (2) περιβάλλει την περιφέρεια μιας άλλης τροχαλίας  $T_2$  ακτίνας  $R_2$ , η οποία μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της και είναι κάθετος στο επίπεδό της. Το ελεύθερο άκρο του νήματος (2) είναι δεμένο στο μέσον ενός οριζόντιου μεταλλικού αγωγού ΚΛ μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$ , μάζας  $m = 4 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 0,1 \ \Omega$ .

Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει πάνω σε δύο κατακόρυφα μεταλλικά σύρματα Αχ και Γγ πολύ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης, παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος και έχοντας τα άκρα του σε συνεχή επαφή με τα σύρματα. Τα άκρα Α και Γ των δύο μεταλλικών συρμάτων συνδέονται, μέσω διακόπτη (δ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R = 0,1 \ \Omega$ . Η κατακόρυφη διάταξη του μεταλλικού αγωγού ΚΛ, των συρμάτων Αχ και Γγ και της ωμικής αντίστασης  $R$  βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο της διάταξης.

Αρχικά, ο διακόπτης (δ) είναι ανοικτός και το σώμα  $\Sigma_1$ , οι τροχαλίες  $T_1$  και  $T_2$  και ο αγωγός ΚΛ ισορροπούν με το ελατήριο επιμηκυμένο κατά  $\Delta\ell = 0,6 \text{ m}$  και τα νήματα τεντωμένα. Ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί οριακά λόγω στατικής τριβής που εμφανίζεται στα σημεία επαφής του Κ και Λ με τα σύρματα Αχ και Γγ αντίστοιχα, συνολικού μέτρου  $T_{\text{στα(ορ)}}$ .



**Δ1.** Να υπολογίσετε το συνολικό μέτρο της οριακής στατικής τριβής  $T_{\text{στ(ορ)}}$  που εμφανίζεται στα σημεία επαφής K και Λ του αγωγού ΚΛ με τα σύρματα Αx και Γy αντίστοιχα.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε ταυτόχρονα τα νήματα (1) και (2) που συνδέουν τις τροχαλίες  $T_1$  και  $T_2$  με το σώμα  $\Sigma_1$  και με τον αγωγό ΚΛ αντίστοιχα, οπότε το σώμα  $\Sigma_1$  αρχίζει να κινείται πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, ενώ ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κατέρχεται. Στην κίνηση του αγωγού ΚΛ αντιτίθεται δύναμη τριβής ολίσθησης συνολικού μέτρου  $T = 5 \text{ N}$ , η οποία εμφανίζεται στα σημεία επαφής του με τα κατακόρυφα μεταλλικά σύρματα.

**Δ2.** Να αποδείξετε ότι η κίνηση του σώματος  $\Sigma_1$  από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και μετά είναι απλή αρμονική ταλάντωση και να γράψετε τη χρονική εξίσωση της ταχύτητάς του, θεωρώντας ως θετική τη φορά από τη βάση προς την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου.

Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1,6 \text{ s}$  κλείνουμε ακαριαία τον διακόπτη (δ).

**Δ3.** Να εξηγήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ), έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία αποκτά την οριακή του ταχύτητα  $\bar{v}_{\text{ορ}}$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το συνολικό ποσό θερμότητας (λόγω φαινομένου Joule και λόγω της τριβής ολίσθησης) που εκλύεται από το κύκλωμα προς το περιβάλλον από τη

χρονική στιγμή  $t_2$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3$  ( $t_3 > t_2$ ), αν το επαγωγικό φορτίο που διήλθε από μία διατομή του αγωγού ΚΛ στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι ίσο με  $7 \text{ C}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_4$  στην οποία το σώμα  $\Sigma_1$  βρίσκεται στην κάτω ακραία θέση της ταλάντωσής του, τοποθετούμε ακαριαία (χωρίς αρχική ταχύτητα) πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο ένα άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 2 \text{ kg}$ , ώστε να βρίσκεται σε επαφή με το σώμα  $\Sigma_1$ . Το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αρχίζει να κινείται προς την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου, μέχρι το σώμα  $\Sigma_2$  να χάσει την επαφή του με το σώμα  $\Sigma_1$ .

**Δ5.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωμάτων τη χρονική στιγμή  $t_4$  στην οποία χάνεται η επαφή τους καθώς και την ενέργεια της νέας απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_1$  μετά την απώλεια της επαφής του με το σώμα  $\Sigma_2$ .

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Η αντίσταση του αέρα να θεωρηθεί αμελητέα για όλα τα σώματα.

Μονάδες (5 + 4 + 5 + 5 + 6) 25

## 8ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

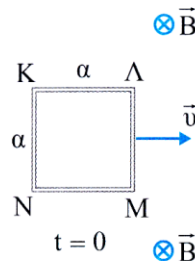
**Α1.** Δύο πολύ μικρά σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  με μάζες  $m_1$  και  $m_2$  αντίστοιχα συγκρούονται μετωπικά και ελαστικά. Αν  $\Delta K_1$  είναι η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  και  $\Delta K_2$  η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_2$  εξαιτίας της κρούσης, τότε ισχύει:

α.  $\frac{\Delta K_1}{\Delta K_2} = 1$ .      β.  $\frac{\Delta K_1}{\Delta K_2} = -1$ .      γ.  $\frac{\Delta K_1}{\Delta K_2} = \frac{m_1}{m_2}$ .      δ.  $\frac{\Delta K_1}{\Delta K_2} = \frac{m_2}{m_1}$ .

**Α2.** Σύστημα ενός ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  και ενός σώματος  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A$  και ολικής ενέργειας  $E$ . Αντικαθιστούμε το σώμα  $\Sigma_1$  με άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = \frac{m_1}{4}$ , χωρίς να αλλάξουμε το ελατήριο, και θέτουμε το νέο σύστημα σε απλή αρμονική ταλάντωση με το ίδιο πλάτος  $A$ . Η ολική ενέργεια του συστήματος ελατήριο – σώμα  $\Sigma_2$  είναι ίση με:

α.  $\frac{E}{4}$ .      β.  $\frac{E}{2}$ .      γ.  $E$ .      δ.  $4E$ .

**Α3.** Οριζόντιο τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΚΛΜΝ πλευράς  $a$  και συνολικής ωμικής αντίστασης  $R$  αποτελείται από  $N$  σπείρες. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  σε περιοχή όπου επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .

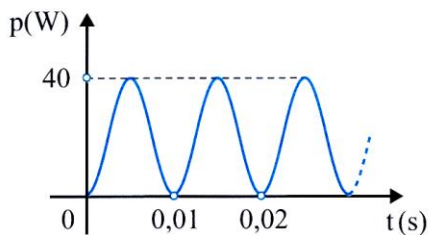


Το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του σύρματος του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή

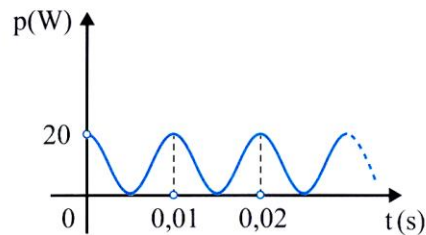
στην οποία ολοκληρώνεται η είσοδος του στο ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι:

α.  $q_{επ} = 0$ .      β.  $q_{επ} = \frac{B\alpha^2}{R}$ .      γ.  $q_{επ} = \frac{NB\alpha^2}{R}$ .      δ.  $q_{επ} = \frac{2NB\alpha^2}{R}$ .

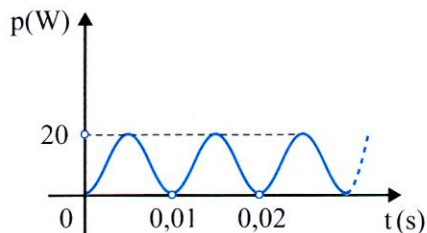
**A4.** Στα άκρα ενός αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R = 10 \Omega$  εφαρμόζεται εναλλασσό-  
μενη τάση της μορφής  $v = 20\eta\mu 100\pi t$  (S.I.). Το διάγραμμα που παριστάνει σωστά  
τη γραφική παράσταση της στιγμιαίας ισχύος  $p$  που καταναλώνει ο αντιστάτης σε  
συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  είναι το:



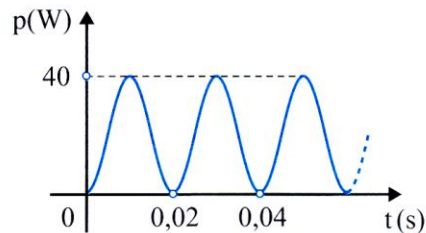
α.



β.



γ.



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 πρότα-  
ση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

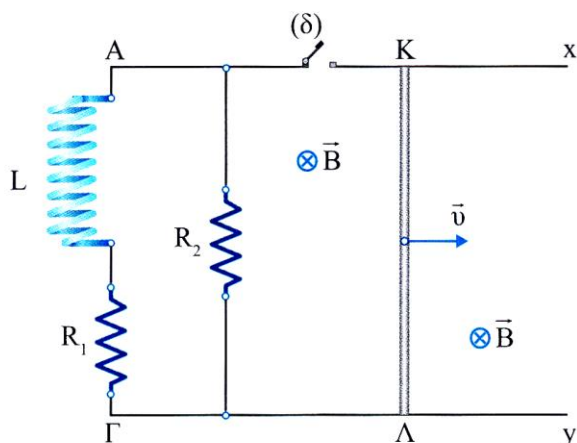
- α. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών της επιτάχυνσης ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση περιόδου  $T$  είναι ίσο με  $\frac{T}{4}$ .
- β. Η αύξηση της σταθεράς απόσβεσης ενός μηχανικού συστήματος το οποίο εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση προκαλεί μείωση της ιδιοσυχνότητας του συστήματος.
- γ. Ο νόμος του Ampère εφαρμόζεται κατά μήκος κλειστής διαδρομής οποιουδήποτε σχήματος.

- δ. Το στοιχειώδες μαγνητικό πεδίο  $d\vec{B}$  που δημιουργεί το στοιχειώδες τμήμα  $d\ell$  ρευματοφόρου αγωγού σε κάποιο σημείο το οποίο απέχει απόσταση  $r$  από το τμήμα  $d\ell$  έχει μέτρο αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης  $r$  ( $r^2$ ).
- ε. Οι ακτίνες  $\gamma$  δεν είναι διεισδυτικές και δεν βλάπτουν τους οργανισμούς.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Στο κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος το πηνίο είναι ιδανικό και έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , οι αντιστάτες  $R_1$  και  $R_2$  έχουν την ίδια ωμική αντίσταση  $R$  ( $R_1 = R_2 = R$ ) και ο ευθύγραμμος αγωγός  $ΚΛ$  έχει μήκος  $\ell$  και ωμική αντίσταση  $\frac{R}{2}$  ( $R_{ΚΛ} = \frac{R}{2}$ ). Αρχικά ο διακόπτης ( $\delta$ ) είναι ανοικτός και ο ευθύγραμμος αγωγός  $ΚΛ$  κινείται χωρίς τριβές προς τα δεξιά με σταθερή οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}$ , παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με δύο οριζόντια παράλληλα σύρματα  $Ax$  και  $\Gamma y$  αμελητέας ωμικής αντίστασης. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .
- Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ) και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού  $ΚΛ$  κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  παράλληλη προς τα σύρματα  $Ax$  και  $\Gamma y$ , ώστε ο αγωγός να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία σταθεροποιούνται τα ρεύματα στο κύκλωμα ανοίγουμε ακαριαία τον διακόπτη ( $\delta$ ) χωρίς να σχηματιστεί σπινθήρας.



Η θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_2$ , λόγω φαινομένου Joule, από τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta$ ), μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2$ , στην οποία η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι  $\left| \frac{di}{dt} \right| = \frac{Bv\ell}{2L}$ , δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha. Q_{R_2} = \frac{3LB^2v^2\ell^2}{32R}. \quad \beta. Q_{R_2} = \frac{3LB^2v^2\ell^2}{64R}. \quad \gamma. Q_{R_2} = \frac{LB^2v^2\ell^2}{8R}.$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

**B2.** Μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f_1$  προσπίπτει στην επιφάνεια μετάλλου (1) που έχει έργο εξαγωγής  $\phi_1$  και προκαλεί εκπομπή φωτοηλεκτρονίων που έχουν κινητική ενέργεια ίση με  $K_1$ . Κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου (1) εισέρχονται στη συνέχεια σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με ταχύτητα  $\vec{v}_1$  κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και διαγράφουν κυκλική τροχιά ακτίνας  $R$ .

Όταν η ίδια μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f_1$  προσπίπτει στην επιφάνεια ενός άλλου μετάλλου (2) που έχει έργο εξαγωγής  $\phi_2$ , προκαλεί εκπομπή φωτοηλεκτρονίων που έχουν κινητική ενέργεια ίση με  $K_2$ . Κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου (2) εισέρχονται στη συνέχεια στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με ταχύτητα  $\vec{v}_2$  που σχηματίζει γωνία  $\phi = (\pi/3)$  rad με την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου και διαγράφουν ελικοειδή τροχιά, της οποίας το βήμα είναι  $\beta = \pi R/2$ .

Αν η συχνότητα  $f_1$  είναι ίση με  $f_1 = 2f_{01}$ , όπου  $f_{01}$  είναι η συχνότητα κατωφλίου του μετάλλου (1), τότε για τα έργα εξαγωγής των μετάλλων (1) και (2) ισχύει:

$$\alpha. \phi_2 = \frac{\phi_1}{4}. \quad \beta. \phi_2 = \frac{3\phi_1}{4}. \quad \gamma. \phi_2 = \frac{7\phi_1}{4}.$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

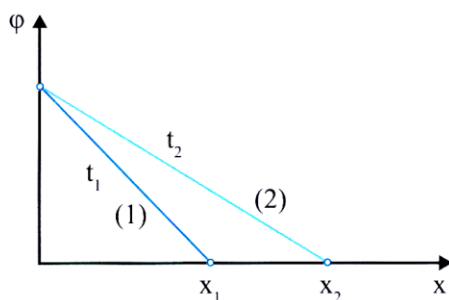
Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Οριζόντια ελαστική χορδή μεγάλου μήκους ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$ . Το υλικό σημείο της χορδής που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του ημιάξονα  $Ox$

αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα και με συχνότητα  $f_1$ , οπότε κατά μήκος της χορδής διαδίδεται, προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα  $Ox$ , εγκάρσιο αρμονικό κύμα (1) μήκους κύματος  $\lambda_1$ .

Σε μια άλλη περίπτωση το υλικό σημείο  $O$  αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με συχνότητα  $f_2$  και με θετική ταχύτητα, οπότε κατά μήκος της χορδής διαδίδεται, προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα  $Ox$ , ένα άλλο εγκάρσιο κύμα (2) μήκους κύματος  $\lambda_2$ .

Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζονται οι φάσεις των αρμονικών κυμάτων (1) και (2) τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$  αντίστοιχα σε συνάρτηση με τη θέση  $x$  των υλικών σημείων της χορδής στον ημιάξονα  $Ox$ .



Η απόσταση μεταξύ των θέσεων ισορροπίας δύο διαδοχικών υλικών σημείων της χορδής τα οποία κάθε χρονική στιγμή μετά την έναρξη της ταλάντωσής τους έχουν αντίθετες απομακρύνσεις και αντίθετες ταχύτητες, είναι:

- α.** Μεγαλύτερη, όταν στη χορδή διαδίδεται το κύμα (1).
- β.** Μεγαλύτερη, όταν στη χορδή διαδίδεται το κύμα (2).
- γ.** Η ίδια και στις δύο περιπτώσεις.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

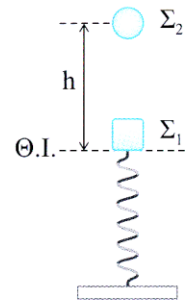
Μονάδες (2 + 6) 8

### ► ΘΕΜΑ Γ

Κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 400 \text{ N/m}$  έχει το κάτω άκρο του ακλόνητα στερεωμένο στο δάπεδο. Στο πάνω άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$ . Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$  διατηρείται αρχικά ακίνητο σε ύψος  $h$  πάνω από

το σώμα  $\Sigma_1$ . Εκτρέπουμε το σώμα  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του κατακόρυφα προς τα κάτω, μέχρι το ελατήριο να συσπειρωθεί επιπλέον κατά  $d$  και αμέσως μετά το αφήνουμε ελεύθερο να εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση.

Κάποια χρονική στιγμή αφήνουμε και το σώμα  $\Sigma_2$  ελεύθερο να κινηθεί. Το σώμα  $\Sigma_2$  κινείται στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου και τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , στην οποία το σώμα  $\Sigma_1$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κινούμενο προς τα πάνω, συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με αυτό. Τα δύο σώματα ακριβώς πριν από την κρούση έχουν αντίθετες ταχύτητες. Το συσσωμάτωμα που δημιουργείται από την κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$  και πλάτος  $A = 0,3\sqrt{2}$  m κατά τη διάρκεια της οποίας διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κάθε  $0,2\pi$  s. Το μέτρο της επιτάχυνσης του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση είναι ίσο με  $7,5$  m/s<sup>2</sup>.



Να υπολογίσετε:

- Γ1.** Το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση.
- Γ2.** Τις μάζες  $m_1$  και  $m_2$  των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αντίστοιχα.
- Γ3.** Το αρχικό ύψος  $h$  πάνω από το σώμα  $\Sigma_1$  από το οποίο αφέθηκε ελεύθερο το σώμα  $\Sigma_2$  να κινηθεί.
- Γ4.** Τη μέγιστη τιμή του μέτρου της δύναμης που δέχεται το σώμα  $\Sigma_1$  από το ελατήριο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης που εκτελεί πριν συγκρουστεί με το σώμα  $\Sigma_2$ .

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Οι διαστάσεις των σωμάτων και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

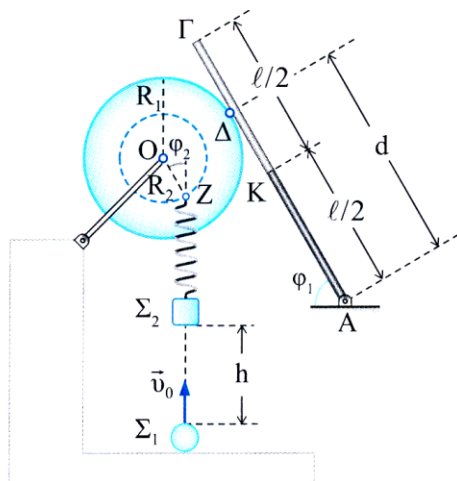
### ► ΘΕΜΑ Δ

Η τροχαλία του επόμενου σχήματος αποτελείται από έναν ομογενή δίσκο ακτίνας  $R_1$  και μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδό της. Σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3$  kg είναι δεμένο στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 75$  N/m, του οποίου το

πάνω άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο σε σημείο Z της τροχαλίας που απέχει απόσταση  $R_2 = \frac{R_1}{2}$  από τον άξονα περιστροφής της.

Η ισοπαχής ράβδος ΑΓ έχει μήκος  $\ell$  και αποτελείται από δύο ομογενείς και ισοπαχείς ράβδους ΑΚ και ΚΓ κατασκευασμένες από διαφορετικά υλικά μήκους  $\ell/2$  η καθεμία, με μάζες  $M_1 = 6 \text{ kg}$  και  $M_2 = 4 \text{ kg}$  αντίστοιχα. Οι ράβδοι ΑΚ και ΚΓ είναι συγκολλημένες μεταξύ τους στο ένα άκρο τους Κ, ώστε να σχηματίζουν τη ράβδο ΑΓ. Στο άκρο Α της ράβδου είναι προσαρμοσμένη άρθρωση, γύρω από την οποία η ράβδος μπορεί να περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο χωρίς τριβές. Η ράβδος εφάπτεται στην τροχαλία σε σημείο Δ, σχηματίζοντας γωνία  $\varphi_1 = 60^\circ$  με την οριζόντια διεύθυνση. Το σημείο επαφής Δ της ράβδου με την τροχαλία απέχει από το άκρο Α της ράβδου απόσταση  $d = 3\ell/4$ . Ο συντελεστής στατικής τριβής μεταξύ της ράβδου ΚΓ και της τροχαλίας είναι  $\mu_s = 0,5$ .

Αρχικά, το σύστημα ράβδος – τροχαλία – σώμα  $\Sigma_2$  ισορροπεί ακίνητο στη θέση όπου η ακτίνα του δίσκου που διέρχεται από το σημείο Z σχηματίζει γωνία  $\varphi_2 = 30^\circ$  με τη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου. Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  που βρίσκεται στο δάπεδο και σε απόσταση  $h = 1,6 \text{ m}$  κάτω από το σώμα  $\Sigma_2$  εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 6 \text{ m/s}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  κινείται στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με το σώμα  $\Sigma_2$ . Μετά την κρούση το σώμα  $\Sigma_2$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



- Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στατικής τριβής που εμφανίζεται μεταξύ της ράβδου ΚΓ και της τροχαλίας καθώς και το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος ΑΓ από την τροχαλία.

- Δ2.** Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_2$  μετά την κρούση.
- Δ3.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της αλγεβρικής τιμής της δύναμης που δέχεται το σώμα  $\Sigma_2$  από το ελατήριο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του, θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά προς τα πάνω.
- Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στατικής τριβής που εμφανίζεται μεταξύ της ράβδου ΚΓ και της τροχαλίας τη χρονική στιγμή στην οποία το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_2$  είναι ίσο με  $15 \text{ kg m/s}^2$  για πρώτη φορά μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .
- Δ5.** Να υπολογίσετε το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης που μπορεί να εκτελέσει το σώμα  $\Sigma_2$  μετά την κρούση, χωρίς η τροχαλία να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  και για τις πράξεις:  $\sqrt{956,25} = 31$ . Η χρονική διάρκεια της κρούσης και οι διαστάσεις των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

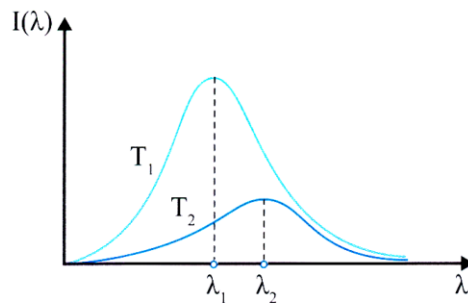
## 9ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► 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.** Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η μεταβολή της έντασης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ανά μονάδα μήκους κύματος  $I(\lambda)$  σε συνάρτηση με το μήκος κύματος  $\lambda$  για ένα μέλαν σώμα, σε δύο διαφορετικές απόλυτες θερμοκρασίες  $T_1$  και  $T_2 = T_1/3$ .



Αν  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  είναι τα μήκη κύματος στα οποία αντιστοιχεί η μέγιστη ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ανά μονάδα μήκους στις απόλυτες θερμοκρασίες  $T_1$  και  $T_2$ , τότε για τις ορμές  $p_1$  και  $p_2$  των φωτονίων που αντιστοιχούν στα μήκη κύματος  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  ισχύει:

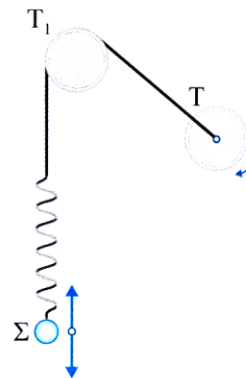
**α.**  $p_1 = 27p_2$ .

**β.**  $p_1 = 3p_2$ .

**γ.**  $p_1 = p_2$ .

**δ.**  $p_1 = 9p_2$ .

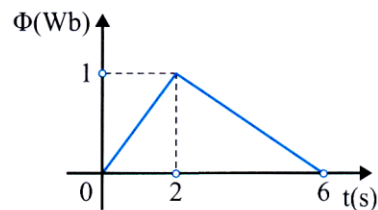
- A2.** Σύστημα ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  και σώματος  $\Sigma$  μάζας  $m$  εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με τη βοήθεια ενός τροχού, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Αρχικά η συχνότητα περιστροφής του τροχού είναι μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα του συστήματος.



Για να φέρουμε το σύστημα σε κατάσταση συντονισμού, θα πρέπει:

- Να αντικαταστήσουμε το σώμα με ένα άλλο σώμα μεγαλύτερης μάζας, χωρίς να μεταβάλλουμε τη συχνότητα περιστροφής του τροχού και τη σταθερά του ελατηρίου.
- Να αντικαταστήσουμε το σώμα με ένα άλλο σώμα μικρότερης μάζας, χωρίς να μεταβάλλουμε τη συχνότητα περιστροφής του τροχού και τη σταθερά του ελατηρίου.
- Να αυξήσουμε την περίοδο περιστροφής του τροχού.
- Να αντικαταστήσουμε το ελατήριο με ένα άλλο μεγαλύτερης σταθεράς, χωρίς να μεταβάλλουμε τη συχνότητα περιστροφής του τροχού και τη μάζα του σώματος.

- A3.** Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο το οποίο αποτελείται από  $N = 10$  σπείρες και έχει συνολική ωμική αντίσταση  $R = 5 \Omega$  μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με το διπλανό διάγραμμα.



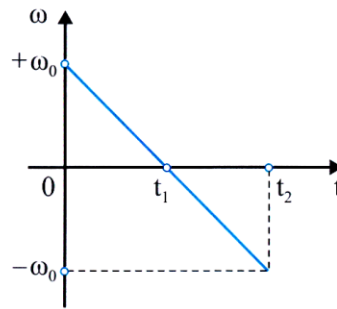
Το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του σύρματος του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t = 6 \text{ s}$  είναι ίσο με:

- α.** Μηδέν.      **β.** 1 C.      **γ.** 2 C.      **δ.** 4 C.

**A4.** Στο διπλανό διάγραμμα παριστάνεται γραφικά η αλγεβρική τιμή της γωνιακής ταχύτητας ενός στερεού σώματος το οποίο περιστρέφεται γύρω από σταθερό άξονα.

Η γωνιακή επιτάχυνση του στερεού σώματος τη χρονική στιγμή  $t_1$ :

- Είναι ίση με το μηδέν.
- Είναι μεγαλύτερη από τη γωνιακή του επιτάχυνση τη χρονική στιγμή  $t_2$ .
- Είναι ίση με τη γωνιακή του επιτάχυνση τη χρονική στιγμή  $t_2$ .
- Είναι μικρότερη από τη γωνιακή του επιτάχυνση τη χρονική στιγμή  $t_2$ .



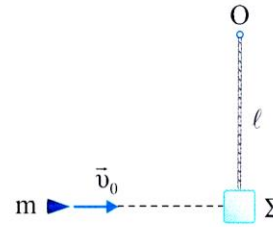
**A5.** Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν γράφοντας στο τετράδιό σας, δίπλα στο γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση, τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή τη λέξη **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

- Σε σύστημα ενός κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου και ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου και η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης μεγιστοποιούνται κάθε φορά που το σώμα φτάνει στην πάνω ακραία θέση της ταλάντωσης του.
- Σε μία εξαναγκασμένη ταλάντωση ενός μηχανικού συστήματος η ενέργεια που προσφέρει ο διεγέρτης στο ταλαντούμενο σύστημα αντισταθμίζει τις απώλειες ενέργειας του συστήματος μόνο στην περίπτωση που το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού.
- Η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ορμής ενός σωματιδίου εξαρτάται από την ενέργεια του σωματιδίου.
- Ο μηχανισμός παραγωγής των ακτίνων X είναι ακριβώς ο ίδιος με τον μηχανισμό εκπομπής φωτοηλεκτρονίων στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
- Αν στα άκρα ενός αντιστάτη εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu \frac{2\pi}{T}t$ , όπου T η περίοδος της εναλλασσόμενης τάσης, τότε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη είναι ίσο με  $\frac{T}{2}$ .

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Β

**B1.** Σώμα  $\Sigma$  μάζας  $M = 3m$  ισορροπεί δεμένο στο ένα άκρο κατακόρυφου αβαρούς και μη εκτατού νήματος μήκους  $\ell$ , του οποίου το άλλο άκρο είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο  $O$ . Ένα βλήμα μάζας  $m$  που κινείται οριζόντια συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma$ , έχοντας ακριβώς πριν από την κρούση ταχύτητα μέτρου  $v_0 = \sqrt{44g\ell}$ , όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας.



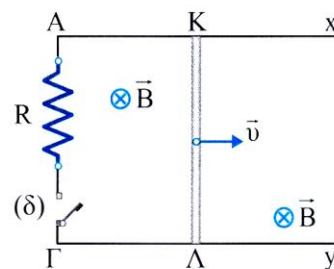
Αν η αντίσταση του αέρα θεωρηθεί αμελητέα, τότε ο λόγος του μέτρου του ρυθμού μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος προς το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του ως προς οριζόντιο άξονα ( $p$ ) που διέρχεται από το σημείο  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς του τη χρονική στιγμή στην οποία το νήμα γίνεται για πρώτη φορά οριζόντιο μετά την κρούση είναι ίσος με:

- α.  $\frac{5}{\ell}$ .                      β.  $\frac{5\sqrt{2}}{\ell}$ .                      γ.  $\frac{3}{\ell}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B2.** Δύο παράλληλα αγωγίμα σύρματα  $Ax$  και  $\Gamma y$  πολύ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell$ . Τα άκρα  $A$  και  $\Gamma$  των δύο συρμάτων συνδέονται, μέσω διακόπτη ( $\delta$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R$ .



Μία μεταλλική ράβδος  $KL$  μήκους  $\ell$  και ωμικής αντίστασης  $R_{KL} = 2R$  είναι κάθετη στα σύρματα  $Ax$  και  $\Gamma y$  και μπορεί να ολισθαίνει πάνω σε αυτά χωρίς τριβές, με τα άκρα της σε συνεχή επαφή με τα σύρματα. Στον χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .

Όταν ο διακόπτης ( $\delta$ ) είναι ανοικτός και η ράβδος  $KL$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , η τάση στα άκρα της είναι ίση με  $V$ . Όταν ο διακόπτης ( $\delta$ ) είναι κλειστός και η

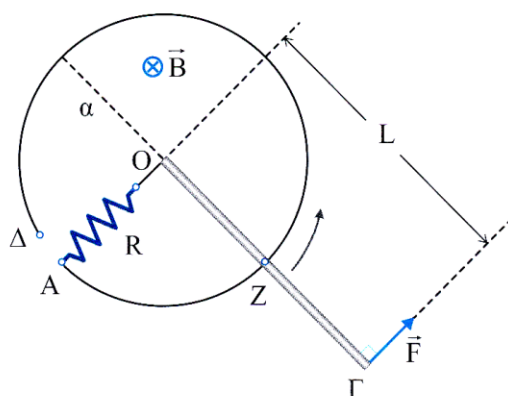
ράβδος ΚΛ κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ , η τάση στα άκρα της είναι ίση με:

α.  $V$ .                      β.  $\frac{V}{2}$ .                      γ.  $\frac{V}{3}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Κυκλικός αγωγός ακτίνας  $\alpha = \ell$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με το επίπεδό του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Ο κυκλικός αγωγός φέρει διάκενο ΑΔ. Το σημείο Α του κυκλικού αγωγού είναι συνδεδεμένο, μέσω ωμικής αντίστασης  $R$ , με το κέντρο του  $O$ . Μεταλλική ράβδος ΟΓ μήκους  $L = 2\ell$  και ωμικής αντίστασης  $R_{OG} = 2R$  περιστρέφεται χωρίς τριβές με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέτρου  $\omega$  γύρω από άξονα που διέρχεται από το άκρο της  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής της. Η ράβδος βρίσκεται στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού και εφάπτεται συνεχώς σε αυτόν στο σημείο της  $Z$ .



Για να περιστρέφεται η ράβδος ΟΓ με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$ , ασκείται στο άκρο της  $\Gamma$  δύναμη  $\vec{F}$  σταθερού μέτρου, η οποία βρίσκεται στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού και είναι συνεχώς κάθετη στη ράβδο. Το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$  είναι:

α.  $F = \frac{B^2 \omega \ell^3}{32R}$ .                      β.  $F = \frac{B^2 \omega \ell^3}{16R}$ .                      γ.  $F = \frac{B^2 \omega \ell^3}{64R}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Οριζόντια ελαστική χορδή ΟΔ μήκους  $L = 1,8 \text{ m}$  που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα Οx έχει το ένα άκρο της Δ ακλόνητα στερεωμένο στη θέση  $x = +L$  ενώ το ελεύθερο άκρο της Ο βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα εγκάρσιο αρμονικό κύμα (1), το οποίο διαδίδεται προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα Οx. Το κύμα ανακλάται στο ακλόνητο σημείο Δ της χορδής, οπότε στο ελαστικό μέσο διαδίδεται, προς την αρνητική κατεύθυνση του ημιάξονα, ένα άλλο εγκάρσιο αρμονικό κύμα (2) ίδιου πλάτους και ίδιου μήκους κύματος με το κύμα (1). Από τη συμβολή των δύο κυμάτων δημιουργείται στη χορδή στάσιμο κύμα με εξίσωση:  $y = 0,2\sin 2,5\pi x \eta 10\pi t$  (S.I.).

- Γ1.** Να γράψετε τις εξισώσεις των κυμάτων (1) και (2) που δημιουργούν το στάσιμο κύμα στη χορδή.
- Γ2.** Να υπολογίσετε το πλήθος των κοιλιών και των δεσμών που σχηματίζονται στη χορδή.
- Γ3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου  $K \left( x_K = +\frac{4}{15} \text{ m} \right)$  της χορδής τις χρονικές στιγμές στις οποίες το σημείο Ο διέρχεται από τη θέση ισοροπίας του με θετική ταχύτητα.
- Γ4.** Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος στη χορδή τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,15 \text{ s}$ .

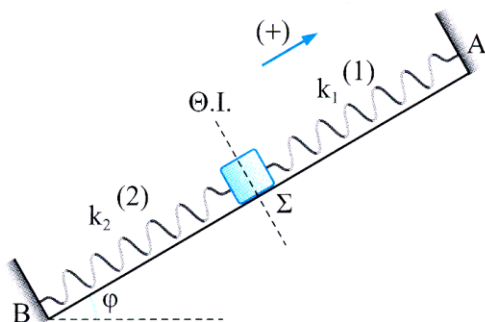
Σε μία άλλη περίπτωση η ίδια χορδή ΟΔ έχει ακλόνητα στερεωμένα και τα δύο της άκρα. Στη χορδή έχει δημιουργηθεί με κατάλληλη διαδικασία στάσιμο κύμα συχνότητας  $f'$ , με  $9 \text{ Hz} < f' < 11 \text{ Hz}$ .

- Γ5.** Να υπολογίσετε το πλήθος των κοιλιών που σχηματίζονται στη χορδή.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Λείο κεκλιμένο επίπεδο έχει γωνία κλίσης  $\varphi = 30^\circ$ . Στα σημεία A και B του κεκλιμένου επιπέδου στερεώνουμε τα άκρα δύο ιδανικών ελατηρίων (1) και (2) με σταθερές  $k_1 = 300 \text{ N/m}$  και  $k_2 = 100 \text{ N/m}$ , αντίστοιχα. Ένα σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m = 4 \text{ kg}$  ισορροπεί πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο δεμένο στα ελεύθερα άκρα των δύο ιδανικών ελατηρίων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στη θέση ισορροπίας του σώματος  $\Sigma$  τα ελατήρια (1) και (2) είναι επιμηκυσμένα κατά  $\Delta\ell_1$  και  $\Delta\ell_2 = 2\Delta\ell_1$ , αντίστοιχα. Εκτρέπουμε το σώμα  $\Sigma$  από τη θέση ισορροπίας του στη διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου προς το σημείο A, ώστε το ελατήριο (1) να αποκτήσει το φυσικό του μήκος, και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το αφήνουμε από τη θέση αυτήν ελεύθερο να κινηθεί.

- Δ1.** Να αποδείξετε ότι η κίνηση που εκτελεί το σώμα  $\Sigma$  είναι απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k_1 + k_2$ .
- Δ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σώματος  $\Sigma$  από τη θέση ισορροπίας του, θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά της αρχικής του εκτροπής.

**Δ3.** Να προσδιορίσετε τον λόγο  $\frac{F_{ελ(1)}^{max}}{F_{ελ(2)}^{min}}$  της μέγιστης τιμής του μέτρου της δύναμης που δέχεται το σώμα  $\Sigma$  από το ελατήριο (1) προς την ελάχιστη τιμή του μέτρου της δύναμης που δέχεται το σώμα από το ελατήριο (2) κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.

**Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma$  τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η δυναμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο ελατήριο (1) είναι ίση με  $6 \text{ J}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  αφαιρούμε ακαριαία το ελατήριο (1) και το απομακρύνουμε από την ευθεία κίνησης του σώματος Σ.

**Δ5.** Να υπολογίσετε το πλάτος της νέας απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελέσει το σώμα Σ μετά την αφαίρεση του ελατηρίου (1).

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Μονάδες (4 + 5 + 4 + 6 + 6) 25

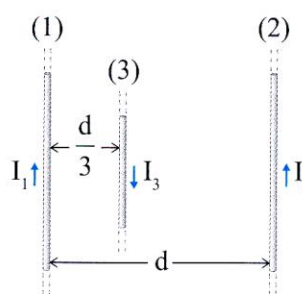
## 10ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Δύο ακλόνητοι, παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί (1) και (2) πολύ μεγάλου μήκους βρίσκονται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα εντάσεων  $I_1$  και  $I_2$ , αντίστοιχα. Η απόσταση μεταξύ των δύο αγωγών είναι ίση με  $d$ . Ένας τρίτος ευθύγραμμος αγωγός (3) μήκους  $\ell$  που διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_3$ , το οποίο είναι αντίρροπο προς τα ρεύματα που διαρρέουν τους αγωγούς (1) και (2), τοποθετείται πάνω στο ίδιο λείο οριζόντιο δάπεδο όπου βρίσκονται οι αγωγοί (1) και (2), παράλληλα προς αυτούς και σε απόσταση  $\frac{d}{3}$  από τον αγωγό (1).

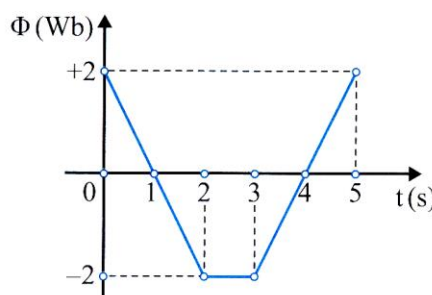


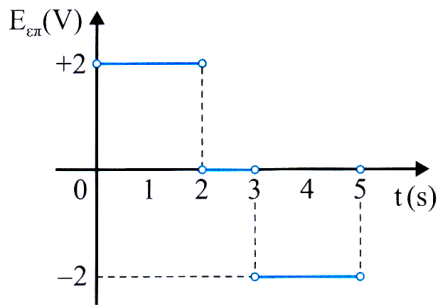
Αν ο ευθύγραμμος αγωγός (3) ισορροπεί, ο λόγος  $\frac{I_1}{I_2}$  των εντάσεων των ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς (1) και (2) αντίστοιχα είναι:

- α. 2.            β. 3.            γ.  $\frac{1}{2}$ .            δ.  $\frac{1}{3}$ .

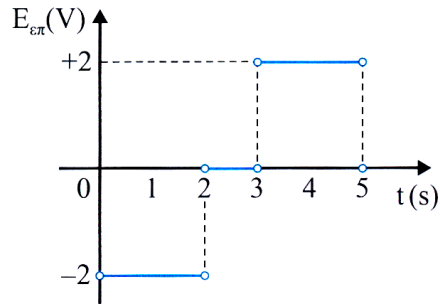
**Α2.** Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο μίας σπείρας μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με το διπλανό διάγραμμα.

Η ΗΕΔ από επαγωγή,  $E_{επ}$ , που διέρχεται από το πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  παριστάνεται σωστά στο διάγραμμα:

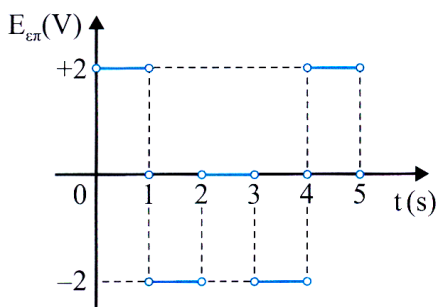




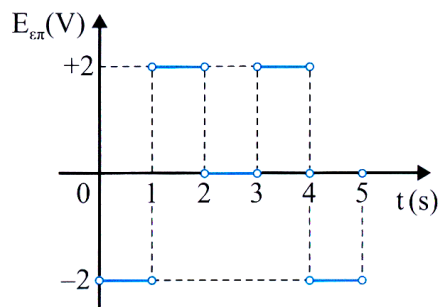
α.



β.



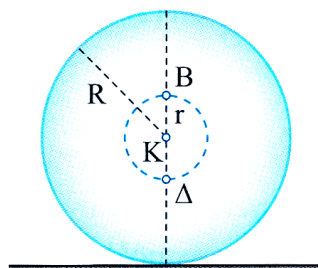
γ.



δ.

66

- A3.** Ο δίσκος του παρακάτω σχήματος έχει ακτίνα  $R$  και κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο δάπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Τα σημεία  $B$  και  $\Delta$  του δίσκου που φαίνονται στο σχήμα βρίσκονται τη χρονική στιγμή  $t_1$  πάνω στην κατακόρυφη διάμετρο του δίσκου και απέχουν από το κέντρο του  $K$  την ίδια απόσταση  $r = \frac{R}{3}$ .



Ο λόγος  $\frac{v_B}{v_\Delta}$  του μέτρου της ταχύτητας του σημείου  $B$  προς το μέτρο της ταχύτητας του σημείου  $\Delta$  τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι:

- α. 2.      β.  $\frac{1}{2}$ .      γ. 1.      δ.  $\frac{1}{3}$ .

**A4.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  με άλλο ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ . Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση που μεταβιβάζεται στο σώμα  $\Sigma_2$  κατά την κρούση είναι ίσο με:

α.  $\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} \cdot 100\%$ .

β.  $\frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} \cdot 100\%$ .

γ.  $\frac{4m_1 m_2}{(m_1 - m_2)^2} \cdot 100\%$ .

δ.  $\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 \cdot 100\%$ .

**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. Σκέδαση ονομάζεται το φαινόμενο του μικρόκοσμου στο οποίο τα συγκρουόμενα σωματίδια αλληλεπιδρούν με σχετικά μεγάλες δυνάμεις για πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

β. Αν ένα σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση στην οποία η αντιτιθέμενη δύναμη είναι της μορφής  $F_{\text{αντ}} = -bv$ , όπου  $b$  θετική σταθερά και  $v$  η ταχύτητα του σώματος, τότε το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο.

γ. Αν ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του, τότε η ορμή και η κινητική του ενέργεια δεν μεταβάλλονται.

δ. Στάσιμο κύμα ονομάζεται το αποτέλεσμα της συμβολής δύο κυμάτων της ίδιας συχνότητας και του ίδιου πλάτους που διαδίδονται στο ίδιο ελαστικό μέσο προς αντίθετες κατευθύνσεις.

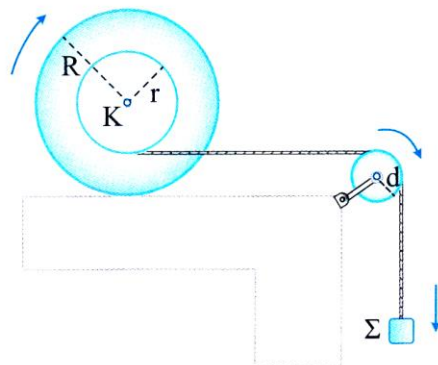
ε. Ο φασματογράφος μάζας είναι μια διάταξη που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό ιόντων που έχουν διαφορετικό πηλίκο μάζας προς φορτίο.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Β

**B1.** Ο ομογενής δίσκος του ακόλουθου σχήματος έχει ακτίνα  $R$  και διαθέτει κυκλική εγκοπή ακτίνας  $r = \frac{R}{2}$ . Στην περιφέρεια της κυκλικής εγκοπής είναι τυλιγμένο πολλές φορές αβαρές και μη εκτατό νήμα, το οποίο περιβάλλει τροχαλία ακτίνας  $d$  και καταλήγει σε σημειακό σώμα  $\Sigma$ . Αρχικά, το σύστημα δίσκος – τροχαλία – σώμα  $\Sigma$  συγκρατείται ακίνητο με τα νήματα τεντωμένα.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το σύστημα αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί, οπότε ο δίσκος αρχίζει να κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο δάπεδο μεγάλου μήκους με το κέντρο μάζας του να κινείται προς τα δεξιά με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}_{cm}$ , η τροχαλία αρχίζει να περιστρέφεται σύμφωνα με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού γύρω από τον άξονά της με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση  $\vec{\alpha}_{γων}$  και το σώμα  $\Sigma$  αρχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}_{\Sigma}$ .



Αν η μετατόπιση του σώματος  $\Sigma$  στο χρονικό διάστημα  $\Delta t$  από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι ίση με  $h$ , τότε το μήκος του νήματος που τυλίγεται στην περιφέρεια της κυκλικής εγκοπής του δίσκου στο ίδιο χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι:

- α.  $\ell = h$ .                      β.  $\ell = \frac{h}{3}$ .                      γ.  $\ell = \frac{2h}{3}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B2.** Δύο τετράγωνα αγωγίμα πλαίσια (1) και (2) έχουν τον ίδιο αριθμό σπειρών  $N$ , το ίδιο εμβαδόν  $A$  και την ίδια ωμική αντίσταση  $R$ . Τα δύο πλαίσια περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$  μέσα στο ίδιο κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό

πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , γύρω από ανεξάρτητους άξονες που διέρχονται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών τους και είναι κάθετοι στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου.

Στα άκρα του πλαισίου (1) είναι συνδεδεμένος αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_1 = R$ , ενώ στα άκρα του πλαισίου (2) είναι συνδεδεμένος αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_2$ .

Αν οι δύο αντιστάτες καταναλώνουν την ίδια μέση ισχύ, τότε ισχύει:

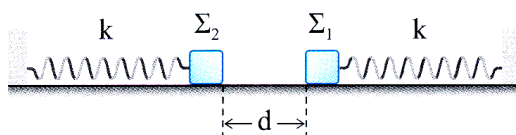
α.  $R_2 = R$ .      β.  $R_2 = 2R$ .      γ.  $R_2 = \frac{R}{2}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  με ίσες μάζες  $m$  βρίσκονται ακίνητα πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο, απέχοντας μεταξύ τους απόσταση  $d$ . Τα δύο σώματα είναι δεμένα στα ελεύθερα άκρα δύο οριζόντιων ιδανικών ελατηρίων ίδιας σταθεράς  $k$  που βρίσκονται στο φυσικό τους μήκος και των οποίων το άλλο άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο σε τοίχωμα.

Εκτρέπουμε το σώμα  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του οριζόντια προς τα δεξιά κατά  $2d$  και στη συνέχεια το αφήνουμε ελεύθερο από τη θέση αυτήν να εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ . Τη χρονική στιγμή στην οποία το σώμα  $\Sigma_1$  συναντά το σώμα  $\Sigma_2$  συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με αυτό. Το συσσωμάτωμα που δημιουργείται από την κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = 2k$ .



Το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα μετά την κρούση είναι ίσο με:

α.  $\frac{d}{2}$ .      β.  $d$ .      γ.  $2d$ .

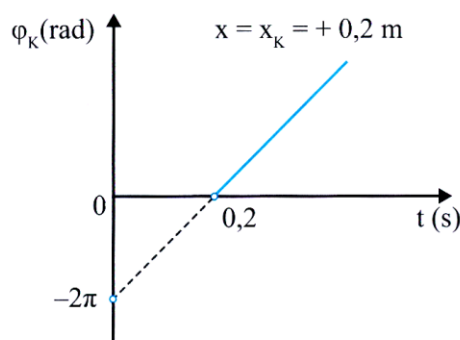
Η χρονική διάρκεια της κρούσης και οι διαστάσεις των σωμάτων να θεωρηθούν αμελητέες.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα  $x'Ox$  αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η γραφική παράσταση της φάσης  $\varphi_K$  της ταλάντωσης ενός υλικού σημείου  $K(x_K = +0,2 \text{ m})$  του ελαστικού μέσου, μάζας  $m = 10^{-4} \text{ kg}$ , σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ . Η ενέργεια ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$  είναι  $E = 2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ .



- Γ1.** Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.
- Γ2.** Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του κύματος στον θετικό ημιάξονα  $Ox$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,6 \text{ s}$  και να υπολογίσετε την ίδια χρονική στιγμή το πλήθος των υλικών σημείων του θετικού ημιάξονα που διέρχονται από τη θέση ισορροπίας τους κινούμενα με αρνητική ταχύτητα.
- Γ3.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της ταχύτητας ταλάντωσης ενός άλλου υλικού σημείου  $\Lambda(x_\Lambda > 0)$  του ελαστικού μέσου και να σχεδιάσετε τη γραφική της παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t' = 0,5 \text{ s}$ , αν το σημείο  $\Lambda$  αρχίζει να ταλαντώνεται νωρίτερα από το σημείο  $K$  και η διαφορά φάσης των ταλαντώσεών τους είναι  $\Delta\varphi = (3\pi/2) \text{ rad}$ .
- Γ4.** Να υπολογίσετε την απόσταση μεταξύ των σημείων  $K$  και  $\Lambda$  τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,8 \text{ s}$ .
- Γ5.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του σημείου  $\Lambda$  τη χρονική στιγμή  $t_3$  στην οποία το σημείο  $K$  κινείται επιβραδυνόμενο με ταχύτητα  $v_K = +\pi \text{ m/s}$ .

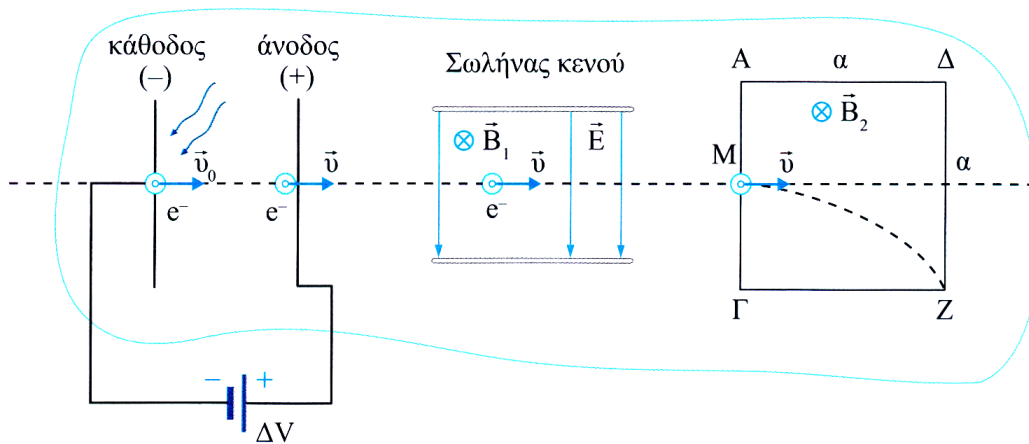
Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτει δέσμη ηλεκτρομαγνητικής μονοχρωματικής ακτινοβολίας μήκους κύματος  $\lambda = 500 \text{ nm}$  και ισχύος  $P = 0,99 \text{ W}$ . Από την κάθοδο εκπέμπονται φωτοηλεκτρόνια τα οποία επιταχύνονται από το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ της ανόδου και της καθόδου και φτάνουν στην άνοδο. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ της ανόδου και της καθόδου είναι  $\Delta V = V_{\text{αν}} - V_{\text{καθ}} = 6,125 \text{ V}$ .

Ορισμένα από τα φωτοηλεκτρόνια που φτάνουν στην άνοδο κινούμενα ευθύγραμμα και οριζόντια διέρχονται από κατάλληλη οπή που υπάρχει στο κέντρο της και στη συνέχεια εισέρχονται σε φίλτρο ταχυτήτων που αποτελείται από ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου  $E = 3.200 \text{ N/C}$  και ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ , τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους. Τα φωτοηλεκτρόνια δεν αποκλίνουν από την ευθύγραμμη πορεία τους καθώς διέρχονται από το φίλτρο ταχυτήτων και μετά την έξοδό τους από αυτό εισέρχονται σε μια περιοχή ΑΔΖΓΑ σχήματος τετραγώνου με πλευρά  $a = 2,4 \text{ mm}$ , όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$ , με ταχύτητα  $\vec{v}$  κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και κάθετη στην πλευρά ΑΓ. Τα φωτοηλεκτρόνια εισέρχονται από το μέσον Μ της πλευράς ΑΓ και εξέρχονται από την κορυφή Ζ.



Να υπολογίσετε:

- Δ1. Την ορμή και την ενέργεια ενός φωτονίου της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
- Δ2. Το πλήθος των φωτοηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο στη μονάδα του χρόνου.
- Δ3. Το έργο εξαγωγής του μετάλλου της καθόδου και την τάση αποκοπής.

**Δ4.** Το μέτρο της έντασης  $\vec{B}_2$  του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που επικρατεί στην περιοχή ΑΔΖΓΑ.

**Δ5.** Να υπολογίσετε το επί τοις εκατό (%) ποσοστό μεταβολής των φωτοηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο ανά μονάδα χρόνου, αν διπλασιάσουμε την ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κάθοδο, χωρίς να μεταβάλουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Να σχεδιάσετε ποιοτικά, στο ίδιο διάγραμμα, τις γραφικές παραστάσεις της έντασης του ρεύματος των φωτοηλεκτρονίων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη τάση μεταξύ της ανόδου και της καθόδου, πριν και μετά τον διπλασιασμό της έντασης της ακτινοβολίας.

Δίνονται η σταθερά του Planck:  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Js, η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, η μάζα του ηλεκτρονίου:  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  kg, το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C και  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J.

Να θεωρήσετε ότι κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας δέσμης προκαλεί εκπομπή ενός φωτοηλεκτρονίου από την κάθοδο με τη μέγιστη κινητική ενέργεια και ότι η ταχύτητα  $\bar{v}$  των φωτοηλεκτρονίων από τη χρονική στιγμή στην οποία εξέρχονται από την άνοδο μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία εισέρχονται στο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  δεν μεταβάλλεται. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

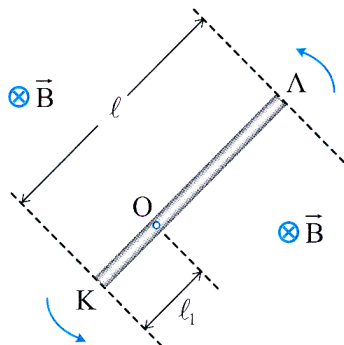
## 11ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

- Α1.** Ο λεπτός, οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ του ακόλουθου σχήματος έχει μήκος  $\ell$  και περιστρέφεται αντίθετα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$ , γύρω από κατακόρυφο ακλόνητο άξονα που διέρχεται από σημείο του Ο, το οποίο απέχει απόσταση  $\ell_1 = \frac{\ell}{4}$  από το άκρο του Κ. Ο αγωγός βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\bar{B}$ .



Η επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού είναι ίση με:

- α.  $\frac{1}{2} B\omega\ell^2$ .    β.  $\frac{1}{4} B\omega\ell^2$ .    γ.  $B\omega\ell^2$ .    δ.  $\frac{3}{4} B\omega\ell^2$ .

- Α2.** Ευθύγραμμος αγωγός μήκους  $\ell$  διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_1$  και βρίσκεται ολόκληρος στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς μεγάλου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_2$ . Ο ευθύγραμμος αγωγός είναι τοποθετημένος κάθετα στον άξονα του σωληνοειδούς και το μέσον του ταυτίζεται με το κέντρο του σωληνοειδούς.

Το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται ο ευθύγραμμος αγωγός, εξαιτίας του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του σωληνοειδούς, είναι ίσο με  $F$ . Αν διπλασιάσουμε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν το σωληνοειδές και τον ευθύγραμμο αγωγό, το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται ο ευθύγραμμος αγωγός θα γίνει ίσο με:

- α.  $F$ .                      β.  $2F$ .                      γ.  $4F$ .                      δ.  $\frac{F}{2}$ .

**A3.** Σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  που κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  συγκρούεται ελαστικά αλλά όχι κεντρικά με δεύτερη όμοια σφαίρα μάζας  $m_2 = m_1$ , που είναι αρχικά ακίνητη πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Μετά την κρούση:

- α. Η σφαίρα  $\Sigma_2$  κινείται με ταχύτητα  $\bar{v}'_2 = \bar{v}_1$ .  
β. Οι ταχύτητες των δύο σφαιρών έχουν διαφορετικές διευθύνσεις.  
γ. Η σφαίρα  $\Sigma_1$  κινείται με ταχύτητα  $\bar{v}'_1 = -\bar{v}_1$ .  
δ. Οι ταχύτητες των δύο σφαιρών είναι αντίθετες.

**A4.** Από τα παρακάτω ζεύγη εξισώσεων αυτό που περιγράφει σωστά στο S.I. την ένταση  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου και την ένταση  $B$  του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στο κενό είναι το:

- α.  $E = 60\eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ ,  $B = 3 \cdot 10^{-7}\eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ .  
β.  $E = 90\eta\mu 2\pi(4 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ ,  $B = 3 \cdot 10^{-7}\eta\mu 2\pi(4 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ .  
γ.  $E = 90\eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ ,  $B = 3 \cdot 10^{-7}\eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ .  
δ.  $E = 60\eta\mu 2\pi(4 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ ,  $B = 3 \cdot 10^{-7}\eta\mu 2\pi(4 \cdot 10^{14}t - 2 \cdot 10^6x)$ .

**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 μέτρησης στο S.I. της σταθεράς απόσβεσης  $b$  μίας φθίνουσας ταλάντωσης στην οποία η δύναμη αντίστασης είναι της μορφής  $F_{\text{αντ}} = -bv$ , όπου  $v$  η ταχύτητα του σώματος που εκτελεί τη φθίνουσα ταλάντωση και  $b$  θετική σταθερά, είναι το  $1 \text{ kg/s}$ .  
β. Σε μία εξαναγκασμένη ταλάντωση το πλάτος της ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα του διεγέρτη και τη σταθερά απόσβεσης  $b$ .

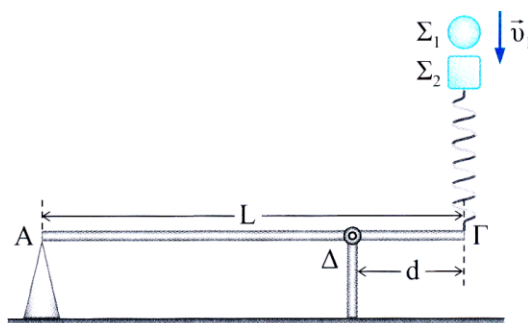
- γ. Αν μία μικρή σφαίρα που κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$  συγκρούσει ελαστικά με λείο κατακόρυφο τοίχο, το μέτρο της ορμής της δεν θα μεταβληθεί κατά την κρούση.
- δ. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένας ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$  σε σημείο που βρίσκεται σε απόσταση  $r$  από αυτόν δίνεται από τη σχέση:  $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{r}$ .
- ε. Ο νόμος του Ampère ισχύει μόνο για σταθερά ρεύματα και σταθερά μαγνητικά πεδία.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- Β1.** Η ομογενής ράβδος ΑΓ του παρακάτω σχήματος έχει μήκος  $L$ , μάζα  $M = 5m$  και μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από ακλόνητο οριζόντιο άξονα που διέρχεται από σημείο της  $\Delta$  και είναι κάθετος σε αυτήν. Η απόσταση του σημείου  $\Delta$  από το άκρο  $\Gamma$  της ράβδου είναι  $d = \frac{L}{4}$ . Η ράβδος ισορροπεί οριζόντια με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου υποστηρίγματος που είναι τοποθετημένο στο άκρο της  $A$ .

Σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3m$  ισορροπεί ακίνητο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , το κάτω άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στο άκρο  $\Gamma$  της ράβδου. Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 3m$  που κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω, στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου, συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  με το σώμα  $\Sigma_2$ . Μετά την κρούση το σώμα  $\Sigma_2$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$ , τότε η μέγιστη τιμή του μέτρου της ταχύτητας  $\bar{v}_1$  που μπορεί να έχει το σώμα  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση, ώστε η ράβδος να μην ανατρέπεται κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$ , είναι ίση με:

**α.**  $4g\sqrt{\frac{m}{3k}}$ .      **β.**  $2g\sqrt{\frac{m}{3k}}$ .      **γ.**  $4g\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

- B2.** Μικρό σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση με περίοδο  $T$  και με πλάτος που μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο. Αν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης είναι ίσο με  $A_0$ , ενώ τη χρονική στιγμή  $t = 2T$  το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης είναι ίσο με  $\frac{A_0}{4}$ , τότε το επί τοις εκατό (%) ποσοστό μείωσης της ολικής ενέργειας της φθίνουσας ταλάντωσης στη διάρκεια της πέμπτης περιόδου της είναι ίσο με:

**α.** 95%.      **β.** 50%.      **γ.** 75%.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Ένα πρωτόνιο μάζας  $m_p$  και ένα σωματίο  $\alpha$  μάζας  $m_\alpha = 4m_p$  κινούνται με ταχύτητες αρκετά μικρότερες από την ταχύτητα του φωτός και έχουν κινητικές ενέργειες  $K_p$  και  $K_\alpha = 16K_p$  αντίστοιχα. Αν  $\lambda_p$  και  $\lambda_\alpha$  είναι τα μήκη κύματος κατά de Broglie του πρωτονίου και του σωματίου  $\alpha$  αντίστοιχα, τότε ισχύει:

**α.**  $\lambda_p = 4\lambda_\alpha$ .      **β.**  $\lambda_p = \frac{\lambda_\alpha}{4}$ .      **γ.**  $\lambda_p = 8\lambda_\alpha$ .

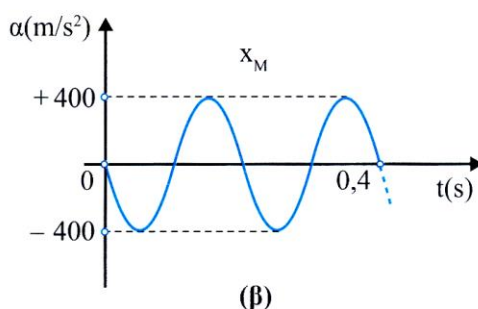
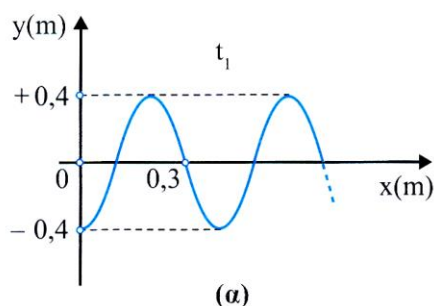
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

► ΘΕΜΑ Γ

Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$  έχει δημιουργηθεί με κατάλληλη διαδικασία στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση  $x = 0$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , αφού έχει δημιουργηθεί το στάσιμο κύμα σε όλο το ελαστικό μέσο, το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα.

Στο διάγραμμα (α) του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου τα οποία ταλαντώνονται βρίσκονται σε ακραίες θέσεις της ταλάντωσής τους. Στο διάγραμμα (β) απεικονίζεται η γραφική παράσταση της επιτάχυνσης της ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K$  του ελαστικού μέσου σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ανάμεσα στο υλικό σημείο  $O$  και στο υλικό σημείο  $K$  σχηματίζονται 4 δεσμοί.



- Γ1.** Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος.
- Γ2.** Να προσδιορίσετε τη θέση του σημείου  $K$  στον ημιάξονα  $Ox$ .
- Γ3.** Να σχεδιάσετε τα στιγμιότυπα του στάσιμου κύματος σε βαθμολογημένους άξονες μεταξύ των σημείων  $O$  και  $K$  τις χρονικές στιγμές  $t_2 = t_1 + 0,05$  s και  $t_3 = t_1 + 0,1$  s.
- Γ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας ταλάντωσης ενός άλλου υλικού σημείου  $\Lambda$  ( $x_\Lambda = +0,15$  m) του ελαστικού μέσου τις χρονικές στιγμές στις οποίες διέρχεται από τη θέση με απομάκρυνση  $y = -0,2$  m.

Μεταβάλλουμε τη συχνότητα των δύο εγκάρσιων αρμονικών κυμάτων που δημιουργούν το στάσιμο κύμα στο ελαστικό μέσο (χωρίς να μεταβάλλουμε το πλάτος τους), ώστε να

γίνει ίση με τα  $4/9$  της αρχικής τους συχνότητας, οπότε στο ελαστικό μέσο δημιουργείται ξανά στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση  $x = 0$ .

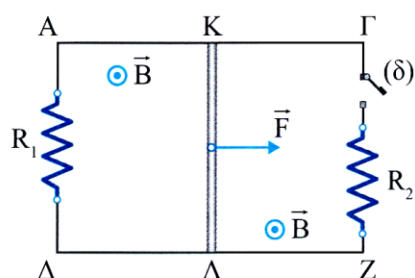
**Γ5.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των σημείων Ο και Λ κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής τους.

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

Μονάδες (4 + 5 + 4 + 6 + 6) 25

### ► ΘΕΜΑ Δ

Δύο οριζόντιοι, παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ πολύ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1$  m. Τα άκρα Α και Δ των δύο αγωγών είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 2 \Omega$ , ενώ τα άκρα Γ και Ζ είναι συνδεδεμένα μέσω διακόπτη (δ) με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ .



Οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ (κάτοψη) μάζας  $m = 1$  kg, μήκους  $\ell = 1$  m και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{κλ}} = 1 \Omega$  μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς ΑΓ και ΔΖ, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Αρχικά, ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος και ο διακόπτης (δ) είναι ανοικτός. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  αρχίζει να ασκείται στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , που είναι παράλληλη προς τους αγωγούς ΑΓ και ΔΖ, οπότε ο αγωγός ΚΛ ξεκινά να κινείται με σταθερή επιτάχυνση μέτρου  $a = 6 \text{ m/s}^2$  προς τα δεξιά. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1$  T.

**Δ1.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και να υπολογίσετε το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2$  s.

**Δ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση του μέτρου της δύναμης  $\vec{F}$  που ασκείται στον αγωγό ΚΛ.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  σταθεροποιούμε τη δύναμη  $\vec{F}$  στην τιμή που έχει αποκτήσει και ταυτόχρονα κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ). Τη χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα  $\bar{v}_{op}$ .

**Δ3.** Να εξηγήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  και να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής του ταχύτητας.

**Δ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα, λόγω φαινομένου Joule, από τον αντιστάτη  $R_2$  τη χρονική στιγμή  $t$  ( $t > t_1$ ) στην οποία ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ είναι ίσος με 32 J/s.

Τη χρονική στιγμή  $t_2$  η δύναμη  $\vec{F}$  καταργείται ακαριαία, οπότε ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να επιβραδύνεται και τη χρονική στιγμή  $t_3$  ακινητοποιείται.

**Δ5.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_1$ , λόγω φαινομένου Joule, από τη χρονική στιγμή  $t_2$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3$ .

*Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25*

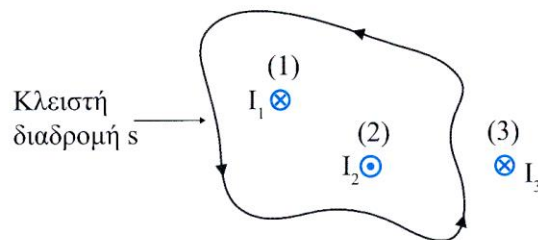
## 12ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

- Α1.** Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η τομή τριών ευθύγραμμων αγωγών (1), (2) και (3) οι οποίοι τέμνουν κάθετα το επίπεδο της σελίδας και διαρρέονται από σταθερά ρεύματα έντασης  $I_1 = I$ ,  $I_2 = 3I$  και  $I_3 = 2I$  αντίστοιχα.



Αν  $\mu_0$  είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού, τότε το άθροισμα των γινομένων  $\mathbf{B} \cdot d \cdot \ell \cdot \sin\theta$  κατά μήκος της κλειστής διαδρομής  $s$  που φαίνεται στο σχήμα είναι ίσο με:

- α.**  $\mu_0 4I$ .      **β.**  $\mu_0 2I$ .      **γ.**  $\mu_0 6I$ .      **δ.** Μηδέν.

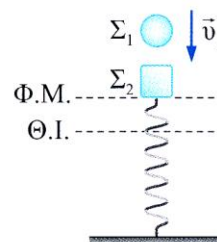
- Α2.** Ηλεκτρομαγνητικό κύμα συχνότητας  $f = 5 \cdot 10^{14}$  Hz διαδίδεται σε ένα οπτικό μέσο στη διεύθυνση του άξονα  $x'Ox$ . Κατά τη διάδοση του κύματος στο οπτικό μέσο η μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού του πεδίου είναι  $E_{\max} = 6 \cdot 10^6$  V/m και η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού του πεδίου είναι  $B_{\max} = 3 \cdot 10^{-2}$  T. Το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο οπτικό μέσο είναι ίσο με:

- α.** 400 nm.      **β.** 500 nm.      **γ.** 600 nm.      **δ.** 800 nm.



► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3m$  ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε οριζόντιο δάπεδο. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  εκτοξεύουμε το σώμα  $\Sigma_2$  από τη θέση ισορροπίας του κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = \sqrt{\frac{3m}{k}}g$ , όπου  $g$  το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας, οπότε αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία το σώμα  $\Sigma_2$  κινούμενο προς τα πάνω διέρχεται από τη θέση όπου μηδενίζεται η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = m$ , το οποίο ακριβώς πριν από την κρούση κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω, με ταχύτητα μέτρου  $v_1 = 6\sqrt{\frac{m}{k}}g$ .

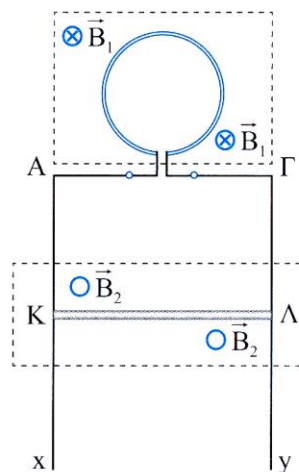
Το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_2$  μετά την κρούση είναι ίσο με:

- α.  $\frac{2mg}{k}$       β.  $\frac{3mg}{k}$       γ.  $\frac{6mg}{k}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

- B2.** Το κατακόρυφο κυκλικό μεταλλικό πλαίσιο του διπλανού σχήματος αποτελείται από  $N$  σπείρες εμβαδού  $A$  η καθεμία και έχει συνολική ωμική αντίσταση  $R$ . Το πλαίσιο βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο, ομογενές μαγνητικό πεδίο (1) έντασης  $\vec{B}_1$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στη σελίδα και έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου (1) μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση  $B_1 = B_0 + \lambda t$ , όπου  $B_0$  το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου (1) τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $\lambda$  μια θετική σταθερά.



Στα άκρα του κυκλικού πλαισίου είναι συνδεδεμένοι δύο κατακόρυφοι, ευθύγραμμοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy αμελητέας ωμικής αντίστασης, οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell$ . Ένας άλλος οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ, μάζας  $m$ , μήκους  $\ell$  και ωμικής αντίστασης  $R$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς Αx και Γy, έχοντας τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται μέσα σε ένα άλλο οριζόντιο, ομογενές μαγνητικό πεδίο (2) σταθερής έντασης  $\vec{B}_2$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στη σελίδα και έχουν άγνωστη φορά.

Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$  και ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί, τότε:

- α. Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου (2) έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα και το μέτρο της έντασής του είναι  $B_2 = \frac{2mgR}{N\lambda A\ell}$ .
- β. Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου (2) έχουν φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και το μέτρο της έντασής του είναι  $B_2 = \frac{2mgR}{N\lambda A\ell}$ .
- γ. Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου (2) έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα και το μέτρο της έντασής του είναι  $B_2 = \frac{mgR}{N\lambda A\ell}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Οριζόντια ελαστική χορδή ΟΓ μήκους  $L$ , που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα Οx, έχει το ένα άκρο της ακλόνητα στερεωμένο στη θέση  $x = L$  ενώ το ελεύθερο άκρο της Ο βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Το εγκάρσιο αρμονικό κύμα που δημιουργείται από την ταλάντωση του σημείου Ο διαδίδεται κατά μήκος της χορδής προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα Οx και όταν φτάνει στο ακλόνητο άκρο Γ της χορδής, ανακλάται, οπότε στο ελαστικό μέσο αρχίζει να διαδίδεται προς την αρνητική κατεύθυνση ένα δεύτερο αρμονικό κύμα ίδιου πλάτους και ίδιου μήκους κύματος με το πρώτο. Από τη συμβολή των δύο κυμάτων δημιουργείται στη χορδή στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση  $x = 0$ .

Η ενέργεια της ταλάντωσης των υλικών σημείων της χορδής πριν από τη δημιουργία του στάσιμου κύματος είναι ίση με  $E$ . Αν στη χορδή υπάρχουν συνολικά 13 υλικά σημεία των οποίων η ενέργεια ταλάντωσης δεν μεταβλήθηκε μετά τη δημιουργία

του στάσιμου κύματος, τότε το πλήθος των υλικών σημείων της χορδής, των οποίων η ενέργεια ταλάντωσης τετραπλασιάστηκε μετά τη δημιουργία του στάσιμου κύματος είναι ίσο με:

- α. 6.                      β. 7.                      γ. 8.

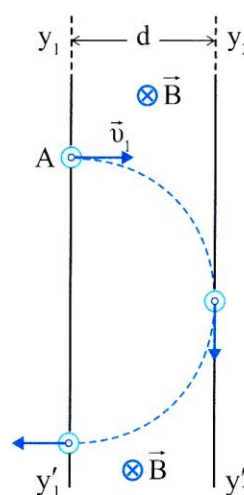
Να θεωρήσετε ότι όλα τα υλικά σημεία της χορδής έχουν την ίδια μάζα.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

## ► ΘΕΜΑ Γ

Μονοχρωματική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (1) μήκους κύματος  $\lambda_1$  προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια της οποίας το έργο εξαγωγής είναι  $\phi = 3,2 \text{ eV}$ . Κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια, αμέσως μετά την έξοδό τους από τη μεταλλική επιφάνεια, εισέρχονται από σημείο A με οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}_1$  σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 9 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ , του οποίου το εύρος στη διεύθυνση της ταχύτητας  $\vec{v}_1$  είναι ίσο με  $d = 0,01\sqrt{3} \text{ m}$ . Τα φωτοηλεκτρόνια εισέρχονται κάθετα στις μαγνητικές γραμμές και στο αριστερό κατακόρυφο όριο  $y'_1y_1$  του μαγνητικού πεδίου και αφού διαγράψουν ημικύκλιο, που εφάπτεται στο δεξιό κατακόρυφο όριο του  $y'_2y_2$  του μαγνητικού πεδίου, εξέρχονται από αυτό, όπως φαίνεται στο διπλανό **σχήμα 1**.



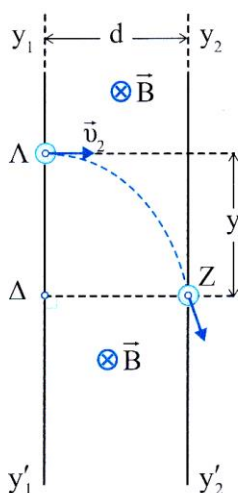
Σχήμα 1

**Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της στροφορμής των φωτοηλεκτρονίων ως προς άξονα (p) που διέρχεται από το κέντρο της ημικυκλικής τροχιάς τους και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής τους καθώς και τη χρονική διάρκεια κίνησής τους μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

**Γ2.** Να υπολογίσετε το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (1).

Σε μια άλλη περίπτωση, προσπίπτει στην ίδια μεταλλική επιφάνεια μονοχρωματική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (2) μήκους κύματος  $\lambda_2$  που έχει την ίδια ένταση με την ακτινοβολία (1), οπότε κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια, αμέσως μετά την έξοδό τους από τη μεταλλική επιφάνεια, εισέρχονται από το σημείο A στο ίδιο οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}_2$  κάθετα στις μαγνητικές γραμμές

και στο αριστερό όριο  $y'_1y_1$  του μαγνητικού πεδίου και αφού διαγράψουν μέσα σε αυτό κυκλικό τόξο μικρότερο του ημικυκλίου εξέρχονται από το σημείο Z του δεξιού ορίου  $y'_2y_2$  του μαγνητικού πεδίου, έχοντας εκτραπεί κατακόρυφα από την αρχική διεύθυνση της κίνησής τους κατά  $y = 0,03$  m, όπως φαίνεται στο παρακάτω **σχήμα 2**.



Σχήμα 2

**Γ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ορμής ενός φωτονίου και την τάση αποκοπής για την ακτινοβολία (2).

**Γ4.** Να προσδιορίσετε τον λόγο  $\frac{n_2}{n_1}$  του πλήθους των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων ανά μονάδα χρόνου, όταν στη μεταλλική επιφάνεια προσπίπτει η ακτινοβολία (2), προς το αντίστοιχο πλήθος, όταν στη μεταλλική επιφάνεια προσπίπτει η ακτινοβολία (1).

Δίνονται η μάζα του ηλεκτρονίου:  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  kg, η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J και για τις πράξεις  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J και  $hc = 19,84 \cdot 10^{-26}$  J · m. Να θεωρήσετε ότι:

- Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέες.
- Κάθε φωτόνιο των ακτινοβολιών (1) και (2), όταν προσπίπτει στη μεταλλική επιφάνεια, προκαλεί την εκπομπή από αυτήν ενός φωτοηλεκτρονίου με τη μέγιστη κινητική ενέργεια.

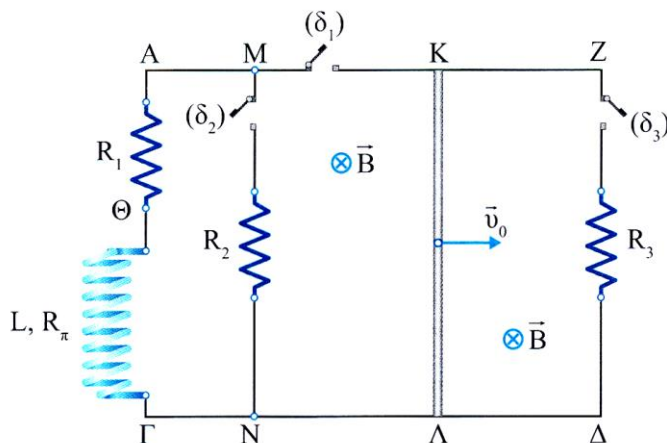
Μονάδες (6 + 6 + 6 + 7) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Τα οριζόντια μεταλλικά σύρματα ΑΖ και ΓΔ του ακόλουθου σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Στα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέεται πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$  και ωμική αντίσταση  $R_{\pi} = 2 \Omega$  σε σειρά με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 3 \Omega$ . Στα άκρα Ζ και Δ των συρμάτων συνδέεται, μέσω διακόπτη ( $\delta_3$ ), αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_3 = 2 \Omega$ . Στα σημεία Μ και Ν των δύο συρμάτων συνδέεται, μέσω διακόπτη ( $\delta_2$ ), αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 1 \Omega$ .

Οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 1 \Omega$  μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στα σύρματα ΑΖ και ΓΔ, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτά. Μεταξύ των σημείων Μ και Κ παρεμβάλλεται διακόπτης ( $\delta_1$ ). Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ . Αρχικά, όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί και ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά με οριζόντια σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 18 \text{ m/s}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  παράλληλη προς τα σύρματα ΑΖ και ΓΔ, ώστε ο αγωγός ΚΛ να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}_0$ .



- Δ1. Να υπολογίσετε τη μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου καθώς και τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_1$ ).

- Δ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο προσφέρεται ενέργεια στον αγωγό ΚΛ μέσω του έργου της δύναμης  $\vec{F}$  καθώς και την τάση στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή στην οποία ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι  $\frac{di}{dt} = +24 \text{ A/s}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , στην οποία σταθεροποιείται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, ανοίγουμε ακαριαία τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ), χωρίς να σχηματιστεί σπινθήρας, και καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ .

- Δ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ ).

- Δ4.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_2$  από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία μηδενίζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

Τη χρονική στιγμή  $t_2$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ) και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_3$ ).

- Δ5. α.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_3$  από τη χρονική στιγμή  $t_2$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_3$ ), μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_3$  στην οποία το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ είναι ίσο με  $3 \text{ J/s}$ .

- β.** Να υπολογίσετε το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_2$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_3$ ), έως τη χρονική στιγμή  $t_4$  στην οποία ακινητοποιείται, αν σε αυτό το χρονικό διάστημα διανύει απόσταση  $s = 54 \text{ m}$ .

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

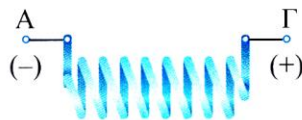
## 13ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

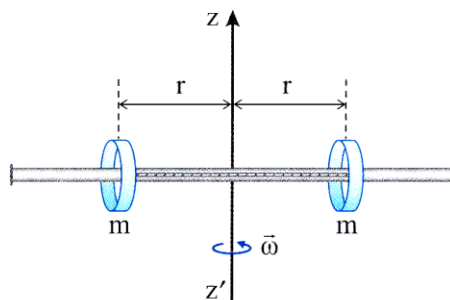
Στις ερωτήσεις **A1** – **A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στην επιλογή σας η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

- A1.** Στο πηνίο του ακόλουθου σχήματος αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή με το (+) στο άκρο Γ και το (-) στο άκρο Α.



Το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο έχει:

- α. Φορά προς τα δεξιά και η έντασή του μειώνεται.
  - β. Φορά προς τα δεξιά και η έντασή του είναι σταθερή.
  - γ. Φορά προς τα αριστερά και η έντασή του μειώνεται.
  - δ. Φορά προς τα δεξιά και η έντασή του αυξάνεται.
- A2.** Η λεπτή αβαρής ράβδος του επόμενου σχήματος έχει μήκος  $L$  και περιστρέφεται χωρίς τριβές σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από σταθερό κατακόρυφο άξονα  $z'z$  που διέρχεται από το μέσον της.  
Η ράβδος διέρχεται μέσα από δύο μεταλλικούς δακτυλίους αμελητέων διαστάσεων που έχουν την ίδια μάζα και απέχουν την ίδια απόσταση  $r = \frac{L}{4}$  από τον άξονα  $z'z$ . Οι δύο δακτύλιοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα λεπτό, αβαρές και μη εκτατό νήμα. Κάποια στιγμή το νήμα κόβεται, και οι δύο δακτύλιοι ωθούνται στα άκρα της ράβδου, όπου ακινητοποιούνται ως προς τη ράβδο.



Το μέτρο της τελικής γωνιακής ταχύτητας του συστήματος ράβδος – δακτύλιοι, είναι ίσο με:

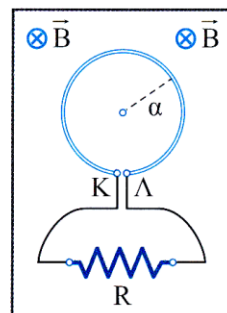
- α.  $\frac{\omega}{4}$       β.  $\frac{\omega}{2}$       γ.  $2\omega$       δ.  $4\omega$ .

**A3.** Δύο αντιστάτες που έχουν την ίδια ωμική αντίσταση  $R$  συνδέονται σε σειρά και στα άκρα του συστήματός τους εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu\omega t$ , οπότε η μέση ισχύς που καταναλώνει το σύστημα των δύο αντιστατών είναι ίση με  $\bar{P}$ .

Αν συνδέσουμε τους δύο αντιστάτες παράλληλα και στα άκρα του συστήματός τους εφαρμόσουμε την ίδια εναλλασσόμενη τάση, τότε η μέση ισχύς που καταναλώνει το σύστημα των δύο αντιστατών είναι ίση με:

- α.  $\bar{P}$       β.  $2\bar{P}$       γ.  $4\bar{P}$       δ.  $8\bar{P}$ .

**A4.** Το οριζόντιο μεταλλικό κυκλικό πλαίσιο του διπλανού σχήματος έχει ακτίνα  $a$ , ωμική αντίσταση  $R$  και αποτελείται από  $N$  σπείρες. Το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση  $B = \lambda t$ , όπου  $\lambda$  μια θετική σταθερά. Αν στα άκρα  $K$  και  $\Lambda$  του πλαισίου συνδεθεί ένας αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R$ , τότε:



- α. Το μέτρο της ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο κυκλικό πλαίσιο είναι  $\mathcal{E}_{\text{επ}} = \lambda\pi a^2$ .
- β. Το κυκλικό πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα έντασης  $I_{\text{επ}} = \frac{N\lambda\pi a^2}{2R}$ , που έχει αντίθετη φορά από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

γ. Το κυκλικό πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα έντασης  $I_{\text{επ}} = \frac{N\lambda\alpha^2}{2R}$ , που έχει την ίδια φορά με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

δ. Η τάση στα άκρα Κ και Λ του πλαισίου είναι  $V_{\text{ΚΛ}} = N\lambda\alpha^2$ .

**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. 1 Wb είναι η μαγνητική ροή η οποία, όταν διέρχεται από μία σπείρα και ελαττώνεται ομοιόμορφα έως την τιμή μηδέν σε χρόνο 1 s, αναπτύσσει στη σπείρα ΗΕΔ από επαγωγή ίση με 1 V.

β. Σε μία φθίνουσα ταλάντωση της οποίας το πλάτος μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο, το μέτρο της δύναμης που προκαλεί την απόσβεση είναι σταθερό.

γ. Τα μικροκύματα έχουν μεγαλύτερες συχνότητες από τις ορατές ακτινοβολίες.

δ. Μία σφαίρα δεν μπορεί να κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο.

ε. Η δύναμη Laplace ανάμεσα σε δύο παράλληλους, ευθύγραμμους ρευματοφόρους αγωγούς πολύ μεγάλου μήκους που διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα είναι απωστική.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

**B1.** Φωτόνιο μήκους κύματος  $\lambda = \frac{h}{2m_e c}$ , όπου  $h$  η σταθερά Planck,  $m_e$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό, σκεδάζεται από ακίνητο και ελεύθερο ηλεκτρόνιο κατά γωνία  $\varphi = 180^\circ$  σε σχέση με την αρχική του κατεύθυνση. Αν  $p$  και  $p'$  είναι τα μέτρα των ορμών του προσπίπτοντος και του σκεδαζόμενου φωτονίου, τότε ισχύει:

α.  $p' = \frac{p}{3}$ .

β.  $p' = \frac{p}{5}$ .

γ.  $p' = \frac{p}{2}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  με άλλο αρχικά ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ . Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση που μετατρέπεται σε θερμότητα κατά την κρούση είναι ίσο με  $\Pi_1$ .

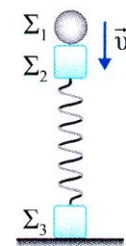
Αν το σώμα  $\Sigma_2$  συγκρουστεί μετωπικά και πλαστικά με ταχύτητα  $\bar{v}_2$  με το αρχικά ακίνητο σώμα  $\Sigma_1$ , τότε το επί τοις εκατό (%) ποσοστό της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση που θα μετατραπεί σε θερμότητα κατά την κρούση είναι ίσο με:

**α.**  $\Pi_2 = \Pi_1$ .      **β.**  $\Pi_2 = \frac{m_1}{m_2} \Pi_1$ .      **γ.**  $\Pi_2 = \frac{m_2}{m_1} \Pi_1$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Τα σώματα  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  που φαίνονται στο διπλανό σχήμα έχουν μάζες  $m_2 = 4m$  και  $m_3 = m$  αντίστοιχα και συνδέονται μεταξύ τους με ένα κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k$ . Αρχικά, το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  ισορροπεί ακίνητο. Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = m$ , το οποίο κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω, συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  με το σώμα  $\Sigma_2$ .



Μετά την κρούση το σώμα  $\Sigma_2$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ , χωρίς το σώμα  $\Sigma_3$  να χάνει την επαφή του με το δάπεδο.

Η μέγιστη τιμή του μέτρου της ταχύτητας  $\bar{v}_1$  που πρέπει να έχει το σώμα  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση, ώστε το σώμα  $\Sigma_3$  να μην χάνει την επαφή του με το δάπεδο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος  $\Sigma_2$ , είναι ίση με :

**α.**  $\frac{5}{2}g\sqrt{\frac{m}{k}}$ .      **β.**  $\frac{25}{4}g\sqrt{\frac{m}{k}}$ .      **γ.**  $\frac{25}{6}g\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

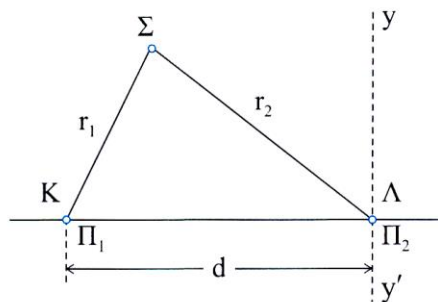
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 2,5 \text{ m}$  βρίσκονται στα σημεία Κ και Λ αντίστοιχα της ελεύθερης επιφάνειας ενός υγρού και εκτελούν απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση  $y = 0,01\eta\mu(10\pi t)$  (S.I.). Τα εγκάρσια αρμονικά κύματα που δημιουργούν οι δύο πηγές διαδίδονται στην επιφάνεια του υγρού με ταχύτητα  $v_\delta = 4 \text{ m/s}$ .

Σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού απέχει από την πηγή  $\Pi_1$  απόσταση  $r_1 = 1,2 \text{ m}$  και από την πηγή  $\Pi_2$  απόσταση  $r_2$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ξεκινά να ταλαντώνεται το σημείο Σ εξαιτίας του κύματος που προέρχεται από την πηγή  $\Pi_1$ , ενώ μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t = 0,2 \text{ s}$  φτάνει στο σημείο αυτό και το κύμα που προέρχεται από την πηγή  $\Pi_2$ .

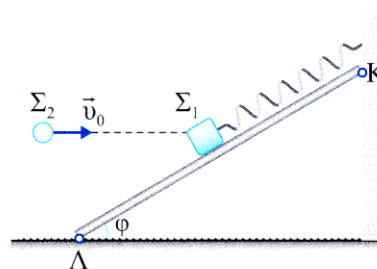


- Γ1. Να υπολογίσετε την απόσταση  $r_2$  και το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Σ τη χρονική στιγμή  $t = 1,7 \text{ s}$ .
- Γ2. Να υπολογίσετε το πλήθος των σημείων αποσβεστικής συμβολής που βρίσκονται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ.
- Γ3. Να υπολογίσετε το πλήθος των σημείων ενισχυτικής συμβολής τα οποία βρίσκονται πάνω στην ευθεία  $y'y'$  που διέρχεται από την πηγή  $\Pi_2$  και είναι κάθετη προς το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ.
- Γ4. Να υπολογίσετε την ελάχιστη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών, ώστε να παραμείνουν σύγχρονες και στο σημείο Σ να συμβαίνει αποσβεστική συμβολή.

Μονάδες (6 + 6 + 7 + 6) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Η λεία ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ που φαίνεται στο διπλανό σχήμα έχει μάζα  $M = 4 \text{ kg}$ , μήκος  $L = 4 \text{ m}$  και ισορροπεί σχηματίζοντας γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τραχύ οριζόντιο δάπεδο. Η ράβδος στηρίζεται με το ένα άκρο της Κ σε λείο κατακόρυφο τοίχο και με το άλλο άκρο της Λ στο οριζόντιο δάπεδο.



Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 2 \text{ kg}$  ισορροπεί στο μέσον της ράβδου, δεμένο στο ένα άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στον τοίχο. Ένα άλλο σώμα  $\Sigma_2$ , μάζας  $m_2 = 2 \text{ kg}$ , που κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 2 \text{ m/s}$  συγκρούεται πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_1$ . Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα εκτελεί αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ , ενώ η ράβδος συνεχίζει να ισορροπεί.

- Δ1. Να υπολογίσετε το μέτρο της στατικής τριβής και το μέτρο της κάθετης δύναμης που δέχεται η ράβδος από το δάπεδο πριν από την κρούση.
- Δ2. Να υπολογίσετε το επί τοις εκατό (%) ποσοστό της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_2$  πριν από την κρούση που μετατράπηκε σε θερμότητα κατά την κρούση.
- Δ3. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του συσσωματώματος, θεωρώντας ως χρονική στιγμή  $t = 0$  τη χρονική στιγμή στην οποία το μέτρο της δύναμης που δέχεται το συσσωμάτωμα από το ελατήριο γίνεται ίσο με μηδέν για δεύτερη φορά μετά την κρούση και ως θετική φορά τη φορά από το άκρο Λ προς το άκρο Κ της ράβδου.
- Δ4. Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου τις χρονικές στιγμές στις οποίες το μέτρο της επιτάχυνσης του συσσωματώματος γίνεται μέγιστο.
- Δ5. Να υπολογίσετε το μέτρο της στατικής τριβής που δέχεται η ράβδος από το δάπεδο τις χρονικές στιγμές στις οποίες ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος είναι  $\frac{dp}{dt} = -10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ .

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Οι διαστάσεις των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## 14ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

- Α1.** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα περιόδου  $T$  και μήκους κύματος  $\lambda$  διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου, που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$ , προς τη θετική κατεύθυνση του ημιάξονα. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O$  ( $x = 0$ ) του άξονα ξεκινά τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Αν η διαφορά φάσης των ταλαντώσεων δύο υλικών σημείων του ελαστικού μέσου είναι ίση με  $(3\pi/2)$  rad, τότε η χρονική διαφορά έναρξης των ταλαντώσεων των σημείων αυτών είναι ίση με:

α.  $\frac{3T}{2}$ .      β.  $\frac{3T}{4}$ .      γ.  $3T$ .      δ.  $\frac{T}{2}$ .

- Α2.** Σύστημα ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  και σώματος μάζας  $m = 1$  kg εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με τη βοήθεια εξωτερικής περιοδικής δύναμης. Η χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του είναι η:  $x = 0,5\eta\mu 20t$  (S.I.).

Παρατηρούμε ότι, αν αρχίσουμε να μειώνουμε σταδιακά τη συχνότητα της εξωτερικής περιοδικής δύναμης μέχρι να γίνει  $\frac{5}{\pi}$  Hz, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης αρχικά θα αυξάνεται και έπειτα θα μειώνεται, μέχρι να γίνει και πάλι ίσο με 0,5 m.

Η σταθερά  $k$  του ελατηρίου ικανοποιεί τη σχέση:

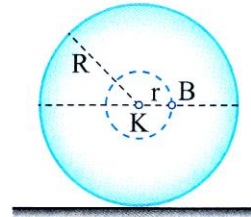
- α.  $k = 100$  N/m.      β.  $k < 100$  N/m.  
γ.  $k > 400$  N/m.      δ.  $100$  N/m  $< k < 400$  N/m.

**A3.** Ο δίσκος του διπλανού σχήματος έχει ακτίνα  $R$  και κυλίνει χωρίς να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο δάπεδο.

Αν τη χρονική στιγμή  $t$  το μέτρο της ταχύτητας του κέντρου μάζας του δίσκου είναι ίσο με  $v_{cm}$ , τότε την ίδια χρονική στιγμή το μέτρο της ταχύτητας του σημείου  $B$

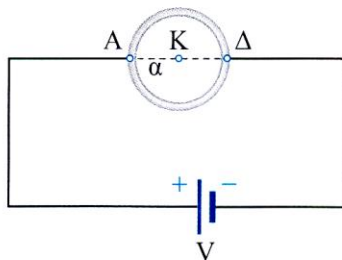
που φαίνεται στο σχήμα, το οποίο βρίσκεται πάνω στην

οριζόντια διάμετρο του δίσκου και απέχει απόσταση  $r = \frac{R}{3}$  από το κέντρο μάζας του, είναι ίσο με:



- α.  $\frac{\sqrt{10}}{3}v_{cm}$ .      β.  $\sqrt{2}v_{cm}$ .      γ.  $\frac{2}{3}v_{cm}$ .      δ.  $\frac{4}{3}v_{cm}$ .

**A4.** Μεταλλικός κυκλικός αγωγός σταθερής διατομής έχει ακτίνα  $a$  και ωμική αντίσταση  $R$ . Ηλεκτρική πηγή σταθερής τάσης  $V$  τροφοδοτεί τον κυκλικό αγωγό στα αντιδιαμετρικά του σημεία  $A$  και  $\Delta$ , όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο κυκλικός αγωγός στο κέντρο του  $K$  είναι:

- α.  $B = \frac{\mu_0 V}{2R\alpha}$ .      β.  $B = 0$ .      γ.  $B = \frac{\mu_0 V}{R\alpha}$ .      δ.  $B = \frac{2\mu_0 V}{R\alpha}$ .

**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 T (Tesla) είναι η ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου το οποίο ασκεί δύναμη Laplace μέτρου 1 N σε ευθύγραμμο αγωγό μήκους 1 m που διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1 A και βρίσκεται ολόκληρος μέσα στο μαγνητικό πεδίο, τοποθετημένος κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
- β.** Η δύναμη που ασκεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  σε ηλεκτρικό φορτίο που κινείται μέσα σε αυτό με ταχύτητα  $\vec{v}$ , το διάνυσμα της οποίας σχηματίζει γωνία  $\theta$  ( $0 < \theta < 180^\circ$ ) με τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα της έντασης  $\vec{B}$  και της ταχύτητας  $\vec{v}$ .
- γ.** Ο νόμος των Biot και Savart ισχύει μόνο για ευθύγραμμους αγωγούς.
- δ.** Τα μικροκύματα έχουν μήκος κύματος που εκτείνεται από 30 cm έως 1 mm και παράγονται από ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- ε.** Η επιτάχυνση και η ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση έχουν την ίδια φορά στα χρονικά διαστήματα στα οποία το μέτρο της δύναμης επαναφοράς που δέχεται το σώμα αυξάνεται.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

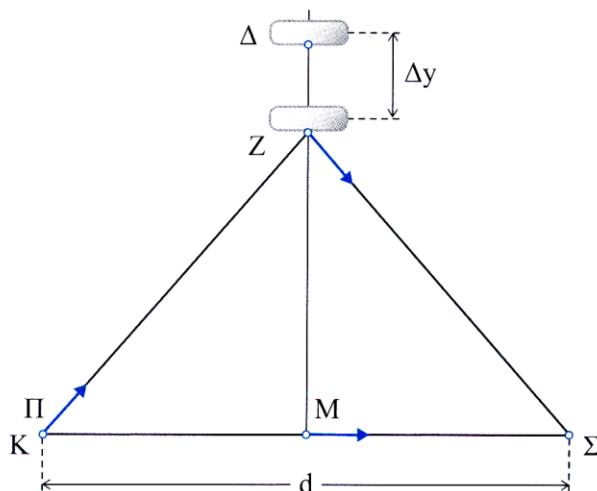
**B1.** Διαθέτουμε δύο συσκευές (1) και (2) μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Το μέταλλο της καθόδου της συσκευής (1) έχει έργο εξαγωγής  $\varphi_1$ , ενώ το μέταλλο της καθόδου της συσκευής (2) έχει έργο εξαγωγής  $\varphi_2$ . Όταν στην κάθοδο της συσκευής (1) προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f_1 = 2f_{01}$ , όπου  $f_{01}$  είναι η συχνότητα κατωφλίου για το μέταλλο της καθόδου της συσκευής (1), τότε η τάση αποκοπής για την ακτινοβολία αυτή είναι  $V_1$ . Όταν στην κάθοδο της συσκευής (2) προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f_2 = 1,5f_{02}$ , όπου  $f_{02}$  είναι η συχνότητα κατωφλίου για το μέταλλο της καθόδου της συσκευής (2), τότε η τάση αποκοπής για την ακτινοβολία αυτή είναι  $V_2 = V_1/2$ . Για τα έργα εξαγωγής  $\varphi_1$  και  $\varphi_2$  ισχύει:

**α.**  $\varphi_2 = \varphi_1$ .      **β.**  $\varphi_2 = 2\varphi_1$ .      **γ.**  $\varphi_2 = \frac{\varphi_1}{2}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται μια πηγή  $\Pi$  εγκάρσιων αρμονικών κυμάτων που βρίσκεται στο σημείο  $K$  της επιφάνειας ενός ελαστικού μέσου. Η πηγή δημιουργεί κύματα μήκους κύματος  $\lambda$ , τα οποία φτάνουν σε ένα σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του ελαστικού μέσου, είτε απευθείας από την πηγή ή μετά από ανάκλασή τους σε έναν ανακλαστήρα. Ο ανακλαστήρας μπορεί να κινείται πάνω στη μεσοκάθετο του τμήματος  $K\Sigma$  με την επιφάνειά του κάθετα τοποθετημένη στη μεσοκάθετο.



Όταν ο ανακλαστήρας βρίσκεται στη θέση  $Z$ , στο σημείο  $\Sigma$  συμβαίνει αποσβεστική συμβολή για πρώτη φορά, ενώ όταν βρίσκεται στη θέση  $\Delta$ , στο σημείο  $\Sigma$  συμβαίνει ενισχυτική συμβολή για τέταρτη φορά μετά τη μετακίνηση του ανακλαστήρα από την αρχική του θέση  $Z$ .

Αν η απόσταση μεταξύ του σημείου  $\Sigma$  και της πηγής  $\Pi$  είναι  $d = 6\lambda$ , τότε η κατακόρυφη μετατόπιση  $\Delta y$  του ανακλαστήρα από τη θέση  $Z$  στη θέση  $\Delta$  είναι ίση με:

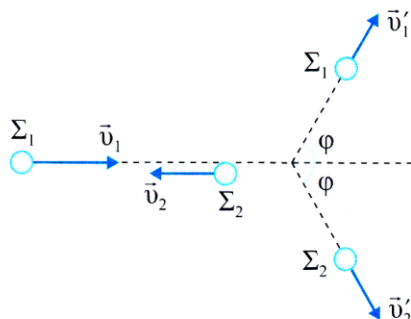
- α.**  $1,25\lambda$ .      **β.**  $4\lambda$ .      **γ.**  $2,75\lambda$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

- B3.** Σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  που κινείται σε λείο οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα μέτρου  $v_1$  συγκρούεται έκκεντρα με άλλη σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = m_1$ , η οποία τη στιγμή της κρούσης κινείται αντίθετα ως προς τη σφαίρα  $\Sigma_1$  με ταχύτητα μέτρου  $v_2 = \frac{v_1}{2}$ . Μετά την κρούση οι σφαίρες  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αποκτούν ταχύτητες  $\bar{v}'_1$  και  $\bar{v}'_2$  αντίστοιχα,

των οποίων τα διανύσματα σχηματίζουν την ίδια οξεία γωνία  $\varphi = 60^\circ$  με τη διεύθυνση της ταχύτητας  $\vec{v}_1$ , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Η κρούση μεταξύ των δύο σφαιρών είναι:

- α. Ελαστική και το μέτρο της ταχύτητας της σφαίρας  $\Sigma_1$  μετά την κρούση είναι ίσο με  $v_1$ .
- β. Ανελαστική και το μέτρο της ταχύτητας της σφαίρας  $\Sigma_1$  μετά την κρούση είναι ίσο με  $\frac{v_1}{2}$ .
- γ. Ελαστική και το μέτρο της ταχύτητας της σφαίρας  $\Sigma_1$  μετά την κρούση είναι ίσο με  $\frac{v_1}{2}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

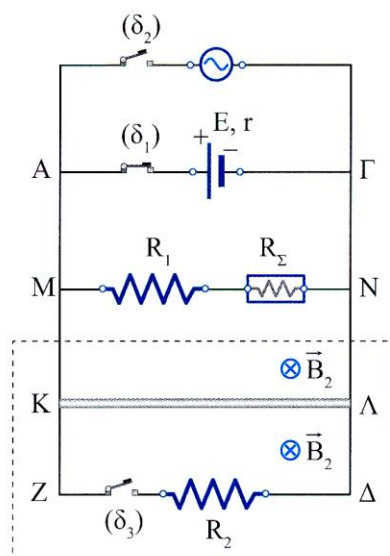
Μονάδες (2 + 6) 8

## ► ΘΕΜΑ Γ

Οι κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί ΑΖ και ΓΔ που φαίνονται στο επόμενο σχήμα έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μέσω διακόπτη ( $\delta_1$ ) με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ  $E = 4,8 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 0,2 \Omega$ . Τα άκρα Α, Γ συνδέονται, επίσης, μέσω διακόπτη ( $\delta_2$ ) με γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος που αποτελείται από αγωγίμο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς  $a = 0,1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\pi} = 3 \Omega$ , το οποίο έχει  $N = 100$  σπείρες. Το τετράγωνο πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο (1) έντασης μέτρου  $B_1 = 0,5 \text{ T}$  και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του και είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου (1).

Μεταξύ των σημείων Μ και Ν των κατακόρυφων αγωγών ΑΖ και ΓΔ συνδέεται αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_1 = 1 \Omega$  σε σειρά με θερμική συσκευή που έχει χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας  $P_K = 16 \text{ W}$  και  $V_K = 4 \text{ V}$ . Τα άκρα Ζ και Δ των κατακόρυφων αγωγών συνδέονται μεταξύ τους, μέσω διακόπτη ( $\delta_3$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ .

Μία οριζόντια μεταλλική ράβδος ΚΛ μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$ , μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς ΑΖ και ΓΔ παραμένοντας συνεχώς οριζόντια και με τα άκρα της σε συνεχή επαφή με αυτούς. Η ράβδος βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο (2) έντασης  $\vec{B}_2$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο των αγωγών ΑΖ και ΓΔ, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αρχικά, ο διακόπτης ( $\delta_1$ ) είναι κλειστός, ενώ οι διακόπτες ( $\delta_2$ ) και ( $\delta_3$ ) είναι ανοικτοί και η ράβδος ΚΛ ισορροπεί.



- Γ1.** Να αποδείξετε ότι το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου (2) μέσα στο οποίο βρίσκεται η ράβδος ΚΛ είναι ίσο με  $B_2 = 1 \text{ T}$  και να ελέγξετε αν η θερμική συσκευή λειτουργεί κανονικά.

Κάποια στιγμή ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ), οπότε η ράβδος ΚΛ αρχίζει να κινείται και μετά από λίγο αποκτά οριακή ταχύτητα  $\vec{v}_{\text{op}(t)}$ .

- Γ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας  $\vec{v}_{\text{op}(t)}$  που αποκτά η ράβδος ΚΛ. Τη χρονική στιγμή στην οποία η ράβδος ΚΛ αποκτά οριακή ταχύτητα  $\vec{v}_{\text{op}(t)}$  κλείνουμε

τον διακόπτη ( $\delta_3$ ) και κρατάμε ανοικτούς τους διακόπτες ( $\delta_1$ ) και ( $\delta_2$ ). Μετά από μικρό χρονικό διάστημα η ράβδος ΚΛ αποκτά νέα οριακή ταχύτητα  $\bar{v}_{\text{op}(2)}$ .

**Γ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_3$ ).

**Γ4.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τη θερμική συσκευή σε χρονικό διάστημα  $\Delta t = 0,5$  s μετά τη χρονική στιγμή στην οποία η ράβδος ΚΛ αποκτά τη νέα οριακή της ταχύτητα  $\bar{v}_{\text{op}(2)}$ .

Αφού απομακρύνουμε τη ράβδο ΚΛ από την παραπάνω διάταξη, κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ), ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_3$ ) και κρατάμε ανοικτό τον διακόπτη ( $\delta_1$ ). Το κύκλωμα που δημιουργείται διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και η θερμική συσκευή λειτουργεί κανονικά.

**Γ5.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της στιγμιαίας τιμής της εναλλασσόμενης τάσης που εμφανίζεται στα άκρα του πλαισίου, αν θεωρήσουμε ως χρονική στιγμή  $t = 0$  τη χρονική στιγμή στην οποία το διάνυσμα  $\vec{A}$  που προσανατολίζει την επιφάνεια του πλαισίου σχηματίζει με τις μαγνητικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου (1) γωνία  $\varphi = 0^\circ$ .

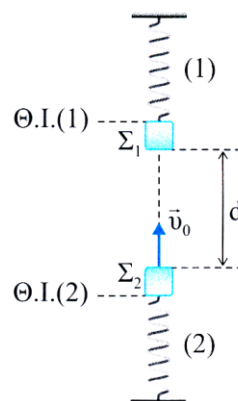
Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Μονάδες (4 + 5 + 4 + 6 + 6) 25

### ► ΘΕΜΑ Δ

Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 3 \text{ kg}$  ισορροπεί στερεωμένο στο κάτω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου (1) σταθεράς  $k_1 = 300 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε οροφή. Ένα δεύτερο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$  ισορροπεί στερεωμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου (2) σταθεράς  $k_2 = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο στο δάπεδο. Αρχικά, τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 0,4 \text{ m}$ .

Κάποια στιγμή εκτοξεύουμε το σώμα  $\Sigma_2$  κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 8 \text{ m/s}$ , στη διεύθυνση του κοινού άξονα των δύο ελα-



τηρίων, οπότε το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k_2$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  στην οποία το σώμα  $\Sigma_2$  συναντά το σώμα  $\Sigma_1$ , συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με αυτό και το συσσωμάτωμα που δημιουργείται από την κρούση αρχίζει να εκτελεί ταλάντωση.

- Δ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση.
- Δ2.** Να αποδείξετε ότι η ταλάντωση που εκτελεί το συσσωμάτωμα μετά την κρούση είναι απλή αρμονική.
- Δ3.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη ταχύτητα που αποκτά το συσσωμάτωμα κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.
- Δ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή στην οποία ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής του ενέργειας μηδενίζεται για πρώτη φορά μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά προς τα πάνω.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Οι διαστάσεις των σωμάτων και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (6 + 6 + 6 + 7) 25

## 15ο Κριτήριο Αξιολόγησης

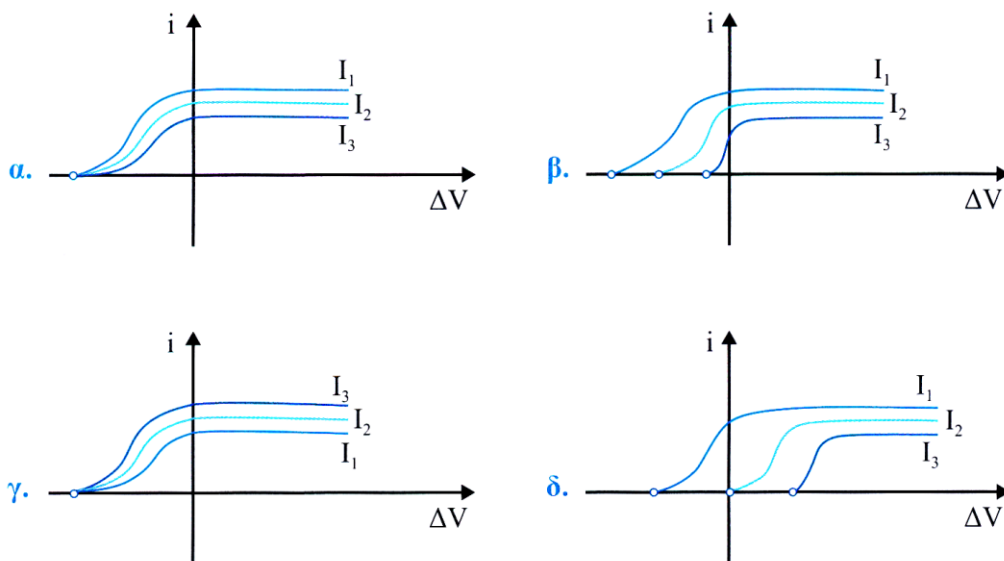
Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f$  προσπίπτει στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

Η ένταση  $i$  του φωτοηλεκτρικού ρεύματος σε συνάρτηση με τη διαφορά δυναμικού  $\Delta V$  μεταξύ ανόδου – καθόδου για διαφορετικές εντάσεις  $I_1, I_2$  και  $I_3$  ( $I_1 > I_2 > I_3$ ) της ακτινοβολίας απεικονίζεται ορθά στο διάγραμμα του σχήματος:



**Α2.** Σώμα μάζας  $m = 1$  kg εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A = 0,2$  m, στην οποία η επιτάχυνσή του  $a$  και η απομάκρυνσή του  $x$  από τη θέση ισορροπίας συνδέονται με τη σχέση  $a = -25x$  (S.I.).

Η εξίσωση της κινητικής ενέργειας  $K$  του σώματος σε συνάρτηση με την απομάκρυνση  $x$  από τη θέση ισορροπίας είναι η:

- α.  $K = 0,5 - 25x^2$  (S.I.).                      β.  $K = 12,5x^2$  (S.I.).  
γ.  $K = 0,5 - 12,5x^2$  (S.I.).                      δ.  $K = 25x^2$  (S.I.).

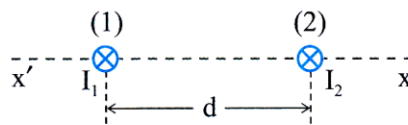
**A3.** Μικρό σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με πλάτος που μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:  $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ , όπου  $A_0$  το πλάτος της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $\Lambda$  μια θετική σταθερά.

Αν  $E_0$  είναι η ολική ενέργεια της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , τότε το έργο της δύναμης αντίστασης που δέχεται το σώμα από τη χρονική στιγμή  $t = 0$

έως τη χρονική στιγμή  $t = \frac{\ln 2}{\Lambda}$  είναι ίσο με:

- α.  $-\frac{E_0}{2}$ .                      β.  $-\frac{E_0}{4}$ .                      γ.  $-\frac{3E_0}{4}$ .                      δ.  $\frac{3E_0}{4}$ .

**A4.** Δύο κατακόρυφοι ευθύγραμμοι αγωγοί (1) και (2) απείρου μήκους τέμνουν κάθετα το επίπεδο της σελίδας και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έντασης  $I_1$  και  $I_2 = 4I_1$  αντίστοιχα.



Αν η απόσταση μεταξύ των δύο αγωγών είναι ίση με  $d$ , τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν οι δύο αγωγοί είναι ίση με το μηδέν σε σημείο  $K$  της ευθείας  $x'x$  το οποίο βρίσκεται:

- α. Αριστερά του αγωγού (1), σε απόσταση  $0,2d$  από τον αγωγό αυτόν.  
β. Δεξιά του αγωγού (2), σε απόσταση  $0,2d$  από τον αγωγό αυτόν.  
γ. Ανάμεσα στους δύο αγωγούς, σε απόσταση  $0,2d$  από τον αγωγό (2).  
δ. Ανάμεσα στους δύο αγωγούς, σε απόσταση  $0,2d$  από τον αγωγό (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. Μέλαν σώμα στη Φυσική θεωρείται το σώμα που απορροφά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό σε όλο το φάσμα της.

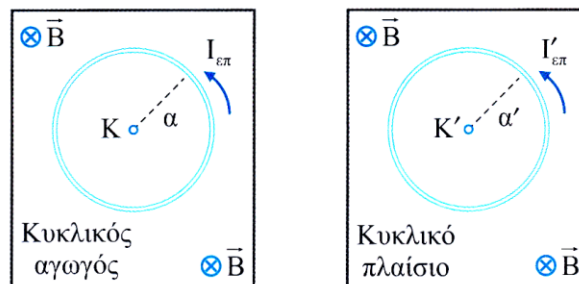
- β. Σύμφωνα με τις υποθέσεις του Planck για την ερμηνεία της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος, η ενέργεια των ταλαντούμενων ατόμων μπορεί να λάβει μόνο διακριτές τιμές και το ποσό της ενέργειας που μπορεί να απορροφήσει ή να εκπέμψει ένα άτομο υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή.
- γ. Αν σε ένα μηχανικό σύστημα που εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με την επίδραση εξωτερικής περιοδικής δύναμης συχνότητας  $f_1$  μεγαλύτερης από την ιδιοσυχνότητά του αυξήσουμε τη συχνότητα της εξωτερικής περιοδικής δύναμης, τότε το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης θα μειωθεί.
- δ. Οι θαλαμίσκοι στον κινούμενο τροχό του λούνα παρκ εκτελούν σύνθετη κίνηση.
- ε. Η ροπή ενός ζεύγους δυνάμεων τετραπλασιάζεται, αν διπλασιάσουμε τα μέτρα των δύο δυνάμεων και αφήσουμε ίδια τη μεταξύ τους απόσταση.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- B1.** Οριζόντιος κυκλικός αγωγός ακτίνας  $a$  βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση  $B = \lambda t$ , όπου  $\lambda$  μια θετική σταθερά. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο κυκλικός αγωγός στο κέντρο του, εξαιτίας του επαγωγικού ρεύματος που τον διαρρέει, είναι ίσο με  $B_K$ .

Ξετυλίγουμε το σύρμα από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο κυκλικός αγωγός και με ολόκληρο το μήκος του δημιουργούμε ένα κυκλικό πλαίσιο που αποτελείται από  $N$  σπείρες ακτίνας  $a' = \frac{a}{10}$  η καθεμία. Στη συνέχεια, τοποθετούμε ολόκληρο το κυκλικό πλαίσιο μέσα στο ίδιο χρονικά μεταβαλλόμενο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , με το επίπεδό του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου.



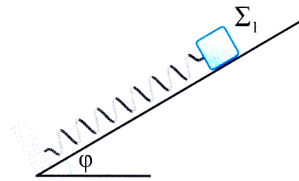
Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το κυκλικό πλαίσιο στο κέντρο του, εξαιτίας του επαγωγικού ρεύματος που το διαρρέει, είναι ίσο με:

- α.  $B_K$ .                      β.  $10B_K$ .                      γ.  $100B_K$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  βρίσκεται πάνω σε λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης  $\varphi$  και ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο. Απομακρύνουμε το σώμα  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του μέχρι τη θέση όπου το ελατήριο αποκτά το φυσικό του μήκος και αμέσως μετά το αφήνουμε ελεύθερο από τη θέση αυτή να κινηθεί.



Τη χρονική στιγμή στην οποία η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου μηδενίζεται για δεύτερη φορά μετά τη χρονική στιγμή που αφήσαμε το σώμα  $\Sigma_1$  ελεύθερο να κινηθεί, τοποθετούμε ακαριαία πάνω του (χωρίς αρχική ταχύτητα) ένα δεύτερο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$ . Το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ , στη διάρκεια της οποίας το σώμα  $\Sigma_2$  δεν ολισθαίνει πάνω στο σώμα  $\Sigma_1$ .

Αν ο συντελεστής οριακής στατικής τριβής μεταξύ των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  είναι ίσος με  $\mu_s$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση με  $g$ , τότε η συνθήκη για να μην ολισθαίνει το σώμα  $\Sigma_2$  σε σχέση με το σώμα  $\Sigma_1$  κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του συστήματός τους είναι η:

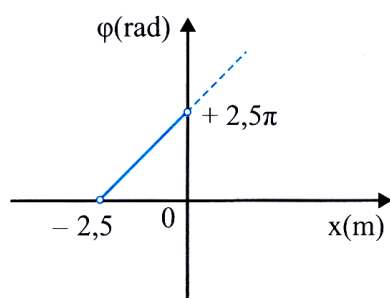
- α.  $\mu_s \geq 2\epsilon\varphi\varphi$ .                      β.  $\mu_s \leq 2\epsilon\varphi\varphi$ .                      γ.  $\mu_s \geq 2\eta\mu\varphi$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

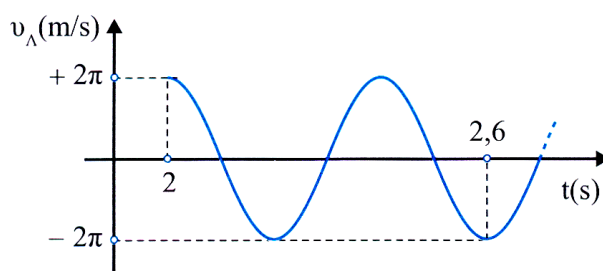
Μονάδες (2 + 7) 9

- B3.** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα πλάτους  $A$  και περιόδου  $T$  διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ , προς την αρνητική κατεύθυνση του άξονα. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με εξίσωση  $y = A\eta\mu\frac{2\pi}{T}t$ .

Στο διάγραμμα (α) του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η φάση  $\varphi$  του αρμονικού κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  σε συνάρτηση με τη θέση  $x$  των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου στον άξονα  $x'Ox$ , ενώ στο διάγραμμα (β) απεικονίζεται η γραφική παράσταση της ταχύτητας  $v_\Lambda$  του υλικού σημείου  $\Lambda(x_\Lambda < 0)$  του ελαστικού μέσου σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .



(α)



(β)

Η χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου  $\Lambda$  από τη θέση ισορροπίας του στο S.I. είναι η:

α.  $y = 0,2\eta\mu(2,5\pi t - 5\pi)$ .

β.  $y = 0,4\eta\mu(5\pi t + 10\pi)$ .

γ.  $y = 0,4\eta\mu(5\pi t - 10\pi)$ .

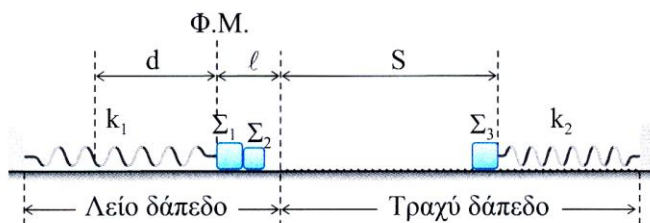
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

► ΘΕΜΑ Γ

Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  βρίσκεται ακίνητο πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο, δεμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου (1) σταθεράς  $k_1 = 100 \text{ N/m}$ , το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε τοίχο. Ένα δεύτερο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$  βρίσκεται ακίνητο στο οριζόντιο δάπεδο σε επαφή με το σώμα  $\Sigma_1$ . Το σύστημα των δύο σωμάτων αρχικά ισορροπεί, με το ελατήριο να βρίσκεται στο φυσικό του μήκος.

Εκτρέπουμε το σύστημα των δύο σωμάτων οριζόντια, στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου, ώστε το ελατήριο να συσπειρωθεί κατά  $d = 0,8 \text{ m}$  και στη συνέχεια το αφήνουμε ελεύθερο από τη θέση αυτή να εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



- Γ1.** Να αποδείξετε ότι το σώμα  $\Sigma_2$  χάνει την επαφή του με το σώμα  $\Sigma_1$  τη χρονική στιγμή στην οποία το ελατήριο (1) αποκτά το φυσικό του μήκος για πρώτη φορά μετά τη χρονική στιγμή που αφήσαμε το σύστημα των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ελεύθερο να κινηθεί.

Μετά την απώλεια της επαφής των δύο σωμάτων, το σώμα  $\Sigma_1$  συνεχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ , ενώ το σώμα  $\Sigma_2$  κινείται πάνω στο οριζόντιο δάπεδο και αφού διανύσει απόσταση  $\ell = \frac{2\pi}{15} \text{ m}$  εισέρχεται σε περιοχή όπου το οριζόντιο δάπεδο είναι τραχύ. Το σώμα  $\Sigma_2$ , αφού διανύσει απόσταση  $s = 1,2 \text{ m}$  στην περιοχή όπου το οριζόντιο δάπεδο είναι τραχύ, συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με σώμα  $\Sigma_3$  μάζας  $m_3 = 3 \text{ kg}$  που βρίσκεται ακίνητο στο τραχύ τμήμα του οριζόντιου δαπέδου. Το σώμα  $\Sigma_3$  είναι δεμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου (2) σταθεράς  $k_2 = 150 \text{ N/m}$ , που βρίσκεται στο φυσικό του μήκος. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε τοίχο. Τα σώματα  $\Sigma_2$  και  $\Sigma_3$  εμφανίζουν με το τραχύ τμήμα του οριζόντιου δαπέδου τον ίδιο συντελεστή τριβής ολίσθησης  $\mu = 0,5$ .

- Γ2.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σώματος  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας μετά την απώλεια της επαφής του με το σώμα  $\Sigma_2$ , θεωρώντας ως χρονική στιγμή  $t = 0$  τη χρονική στιγμή στην οποία χάνεται η επαφή των δύο σωμάτων και ως θετική τη φορά της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  εκείνη τη χρονική στιγμή.
- Γ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma_1$  τη χρονική στιγμή στην οποία το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να εισέρχεται στην περιοχή όπου το οριζόντιο δάπεδο είναι τραχύ.
- Γ4.** Να υπολογίσετε το διάστημα που διανύει το σώμα  $\Sigma_3$  από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά την κρούση με το σώμα  $\Sigma_2$  μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία ακινητοποιείται στιγμιαία για πρώτη φορά μετά την κρούση.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Οι διαστάσεις των σωμάτων και η χρονική διάρκεια της κρούσης να θεωρηθούν αμελητέες.

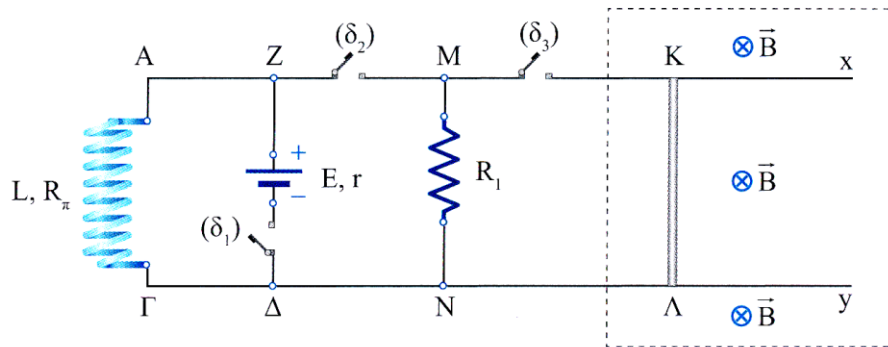
Μονάδες (6 + 6 + 6 + 7) 25

#### ► ΘΕΜΑ Δ

Δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί Αχ και Γγ έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 2 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται με πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,4 \text{ H}$ , ωμική αντίσταση  $R_\pi = 15 \Omega$  και αποτελείται από  $N = 1.000$  σπείρες. Μεταξύ των σημείων Ζ και Δ των δύο αγωγών έχει συνδεθεί, μέσω διακόπτη ( $\delta_1$ ), ηλεκτρική πηγή που έχει ΗΕΔ  $E = 32 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 2 \Omega$ , ενώ μεταξύ των σημείων Μ και Ν έχει συνδεθεί αντίστασης ωμικής αντίστασης  $R_1 = 10 \Omega$ . Μεταξύ των σημείων Ζ και Μ του αγωγού Αχ παρεμβάλλεται διακόπτης ( $\delta_2$ ).

Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ, μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 2 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 10 \Omega$  μπορεί να ολισθαίνει πάνω στους αγωγούς Αχ και Γγ παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Ο αγωγός ΚΛ είναι αρχικά ακίνητος και βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ . Μεταξύ του άκρου Κ του αγωγού ΚΛ και του σημείου Μ παρεμβάλλεται διακόπτης ( $\delta_3$ ).

Αρχικά, όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε, ταυτόχρονα, τους διακόπτες ( $\delta_1$ ) και ( $\delta_2$ ) και διατηρούμε τον διακόπτη ( $\delta_3$ ) ανοικτό.



**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από μία σπείρα του πηνίου τη χρονική στιγμή στην οποία τα ρεύματα που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος σταθεροποιούνται.

**Δ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή, πριν από τη σταθεροποίηση των ρευμάτων στο κύκλωμα, στην οποία η τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_1$  είναι ίση με 25 V.

Κάποια χρονική στιγμή, μετά τη σταθεροποίηση των ρευμάτων που διαρρέουν το κύκλωμα, ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) χωρίς να σχηματιστεί σπινθήρας.

**Δ3.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta_1$ ) καθώς και τη συνολική θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_1$  και από το πηνίο από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη  $\delta_1$  έως τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο γίνεται ίση με μηδέν.

Αφού μηδενιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ). Κάποια χρονική στιγμή μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta_2$ ), που τη θεωρούμε ως χρονική στιγμή  $t = 0$ , κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_3$ ) και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , που είναι παράλληλη προς τους αγωγούς Ax και Γy, οπότε ο αγωγός αρχίζει να κινείται προς τα δεξιά με σταθερή επιτάχυνση μέτρου  $a = 5 \text{ m/s}^2$ . Μεταξύ των άκρων του αγωγού ΚΛ και των οριζόντιων αγωγών Ax και Γy εμφανίζεται τριβή ολίσθησης συνολικού μέτρου  $T = 5 \text{ N}$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο η δύναμη  $\vec{F}$  προσφέρει ενέργεια στον αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$  καθώς και το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή το αγωγού ΚΛ κατά τη διάρκεια του 3ου δευτερολέπτου της κίνησής του.

**Δ5.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αγωγό ΚΛ κατά τη διάρκεια του 3ου δευτερολέπτου της κίνησής του, αν το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι ίσο με 155 J.

Να θεωρήσετε ότι το ομογενές μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο εσωτερικό του πηνίου, εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει, δεν αλληλεπιδρά με το ομογενές μαγνητικό πεδίο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός ΚΛ.

*Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25*

## 16ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

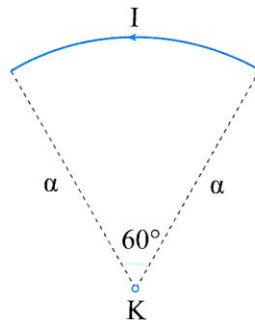
### ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία (1) συχνότητας  $f_1 = 2f_0$ , όπου  $f_0$  η συχνότητα κατωφλίου του μετάλλου της καθόδου. Η τάση αποκοπής για την ακτινοβολία (1) είναι ίση με  $V_1$ . Αν στην κάθοδο της συσκευής προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία (2) συχνότητας  $f_2 = 2f_1$ , τότε η τάση αποκοπής για την ακτινοβολία (2) θα είναι ίση με:

- α.  $V_1$ .                      β.  $2V_1$ .                      γ.  $3V_1$ .                      δ.  $4V_1$ .

**Α2.** Το ρευματοφόρο σύρμα του ακόλουθου σχήματος αποτελεί τμήμα κύκλου ακτίνας  $\alpha$  και διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ .



Αν  $\mu_0$  είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σύρμα στο κέντρο του  $K$  είναι:

- α.  $B = \frac{\mu_0 I}{2\alpha}$ .                      β.  $B = \frac{\mu_0 I}{12\alpha}$ .                      γ.  $B = \frac{\mu_0 I}{24\alpha}$ .                      δ.  $B = \frac{\mu_0 I}{4\alpha}$ .

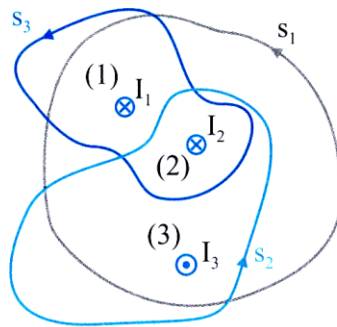
**A3.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζονται οι ενεργειακές στάθμες, ενός ατόμου σύμφωνα με τις υποθέσεις του Planck για την ερμηνεία της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος.

$n = 3$	—————	$3hf$
$n = 2$	—————	$2hf$
$n = 1$	—————	$hf$
$n = 0$	—————	$0$

Αν η απόλυτη τιμή της διαφοράς ενέργειας μεταξύ των ενεργειακών σταθμών που αντιστοιχούν στους κβαντικούς αριθμούς  $n = 3$  και  $n = 1$  είναι ίση με  $4 \text{ eV}$ , τότε το κβάντο ενέργειας για το άτομο αυτό είναι ίσο με:

- α.**  $1 \text{ eV}$ .      **β.**  $2 \text{ eV}$ .      **γ.**  $3 \text{ eV}$ .      **δ.**  $4 \text{ eV}$ .

**A4.** Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η τομή τριών ευθύγραμμων αγωγών (1), (2) και (3) που διαρρέονται από ρεύματα σταθερά έντασης  $I_1 = I$ ,  $I_2 = 2I$  και  $I_3 = 3I$  αντίστοιχα. Στο ίδιο σχήμα έχουν σχεδιαστεί τρεις κλειστές διαδρομές  $s_1$ ,  $s_2$  και  $s_3$  για την εφαρμογή του νόμου του Ampère.



Το άθροισμα των γινομένων  $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{\ell} \cdot \text{συνθ}$  είναι ίσο με μηδέν:

- α.** Στη διαδρομή  $s_1$ .      **β.** Στη διαδρομή  $s_2$ .  
**γ.** Στη διαδρομή  $s_3$ .      **δ.** Σε καμία από τις τρεις διαδρομές.

**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.

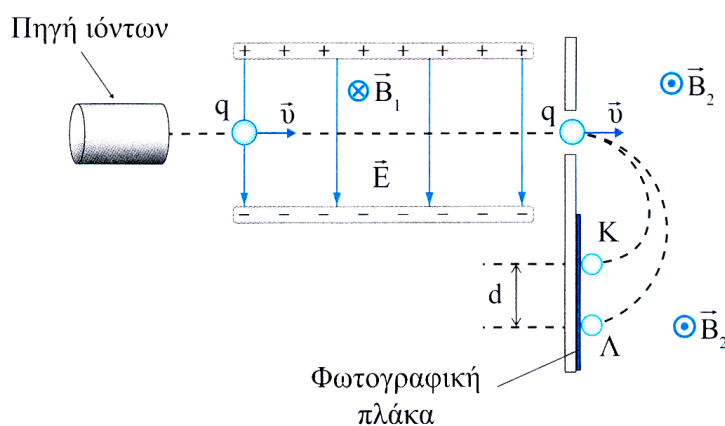
- α.** Όταν ένα μηχανικό σύστημα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση με μικρή σταθερά απόσβεσης, τότε η κίνησή του γίνεται απεριοδική.  
**β.** Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση ενός μηχανικού συστήματος ο τρόπος με τον οποίο το ταλαντούμενο σύστημα αποδέχεται την ενέργεια είναι εκλεκτικός και εξαρτάται από τη συχνότητα του διεγέρτη.

- γ. Όταν ένα ηλεκτρόνιο εκτοξεύεται από ένα σημείο ομογενούς μαγνητικού πεδίου με ταχύτητα που είναι παράλληλη προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, τότε η κίνηση που εκτελεί είναι ευθύγραμμη ομαλή.
- δ. Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που παράγεται από μια κεραία εμφανίζουν διαφορά φάσης  $90^\circ$  μακριά από την κεραία.
- ε. Με το πείραμά του ο Compton επιβεβαίωσε την εκπομπή ακτίνων X από μια μεταλλική επιφάνεια, όταν αυτή «βομβαρδιστεί» με ηλεκτρόνια που έχουν μεγάλες κινητικές ενέργειες.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- Β1.** Λεπτή δέσμη ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) τα οποία έχουν φορτίο  $q = +2e$  το καθένα, όπου  $e$  το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο, περιέχει δύο ισότοπα ασβεστίου. Η δέσμη διέρχεται από φίλτρο ταχυτήτων που αποτελείται από ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης  $\vec{E}$  και ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$ , τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους, χωρίς να αποκλίνει από την ευθύγραμμη πορεία της. Τα ιόντα εξέρχονται από το φίλτρο ταχυτήτων και αμέσως μετά εισέρχονται σε μια περιοχή όπου υπάρχει άλλο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B_2 = B_1$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην ταχύτητα των ιόντων, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Τα ιόντα αφού διαγράψουν ημικύκλιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  προσπίπτουν πάνω σε μια φωτογραφική πλάκα αφήνοντας δύο ίχνη, τα οποία απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = \frac{2m_p E}{B_1^2 e}$ , όπου  $m_p$  η μάζα του πρωτονίου.



Αν η μάζα του ελαφρύτερου από τα δύο ισότοπα του ασβεστίου είναι ίση με  $m_1 = 40m_p$ , τότε η μάζα του βαρύτερου ισότοπου του ασβεστίου είναι:

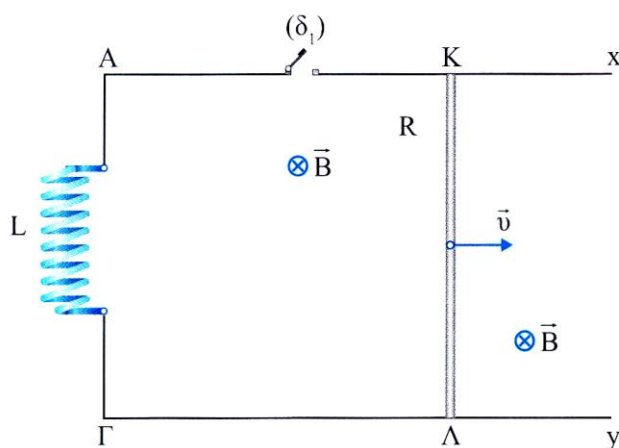
- α.  $m_2 = 44m_p$ .                      β.  $m_2 = 42m_p$ .                      γ.  $m_2 = 46m_p$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Στο κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος το πηνίο είναι ιδανικό και έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , ενώ ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ έχει μήκος  $\ell$  και ωμική αντίσταση  $R$ . Αρχικά, ο διακόπτης ( $\delta$ ) είναι ανοικτός και ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ κινείται χωρίς τριβές προς τα δεξιά με οριζόντια ταχύτητα  $\bar{v}$ , παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με δύο οριζόντιους παράλληλους ευθύγραμμους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας ωμικής αντίστασης. Ολόκληρη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\bar{B}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta$ ) και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy, ώστε ο αγωγός να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου σταθεροποιείται στην τιμή  $U_1$ .



Τη χρονική στιγμή στην οποία η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι ίση με  $U_1/4$ , η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι ίση με:

α.  $\frac{1}{2} \frac{Bv\ell}{L}$ .

β.  $\frac{Bv\ell}{L}$ .

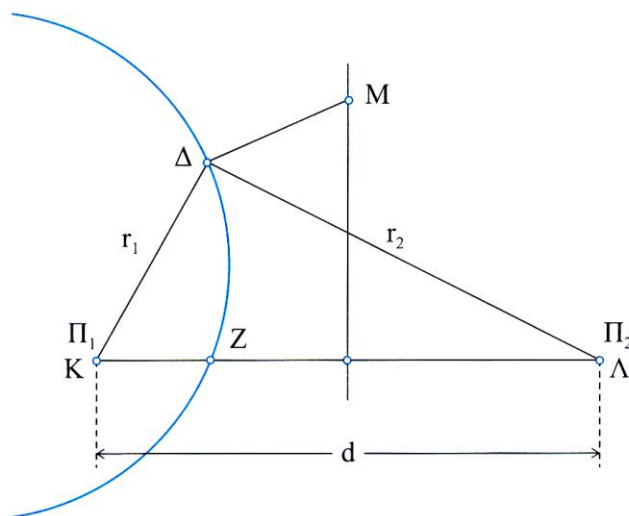
γ.  $\frac{3}{2} \frac{Bv\ell}{L}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B3.** Στην επιφάνεια ενός υγρού διαδίδονται δύο αρμονικά κύματα ίδιου μήκους κύματος  $\lambda$ , τα οποία δημιουργούνται από δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  που βρίσκονται στα σημεία Κ και Λ αντίστοιχα της επιφάνειας του υγρού και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 4\lambda$ . Οι δύο πηγές ξεκινούν να ταλαντώνονται ταυτόχρονα τη χρονική στιγμή  $t = 0$  με περίοδο  $T$ .

Σε σημείο Δ της επιφάνειας του υγρού που απέχει από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  αποστάσεις  $r_1 = \frac{\lambda}{2}$  και  $r_2$  ( $r_2 > r_1$ ) αντίστοιχα συμβαίνει αποσβεστική συμβολή. Στο ευθύγραμμο τμήμα ΔΜ που ενώνει το σημείο Δ με ένα σημείο Μ που βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο προς το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ υπάρχουν συνολικά 3 σημεία ενισχυτικής συμβολής.



Η υπερβολή αποσβεστικής συμβολής που διέρχεται από το σημείο Δ τέμνει το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ σε σημείο Ζ. Το πλήθος των ταλαντώσεων που εκτελεί το σημείο Ζ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t = 4,25T$  είναι ίσο με:

α. 4.

β. 3,5.

γ. 2,5.

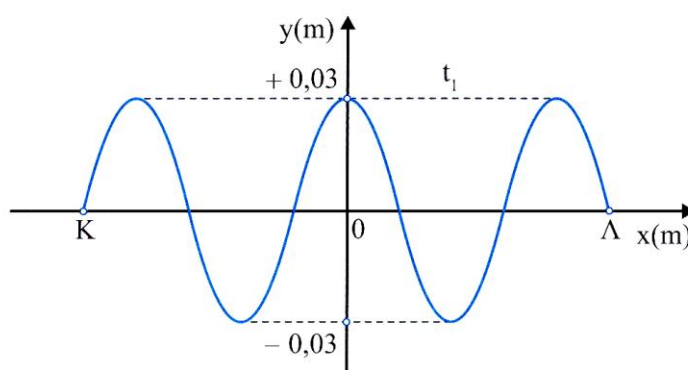
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

► ΘΕΜΑ Γ

Οριζόντια ελαστική χορδή ΚΛ ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ . Τα άκρα Κ και Λ της χορδής είναι στερεωμένα ακλόνητα και στη χορδή έχει δημιουργηθεί με κατάλληλη διαδικασία στάσιμο κύμα. Στο μέσον Ο της χορδής που βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  εμφανίζεται κοιλία του στάσιμου κύματος. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το υλικό σημείο Ο διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κινούμενο με θετική ταχύτητα.

Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος στη χορδή τη χρονική στιγμή  $t_1$ , στην οποία η κινητική ενέργεια κάθε ταλαντούμενου σημείου της χορδής είναι ίση με το 64% της ενέργειας ταλάντωσής του.



Το υλικό σημείο Ζ είναι το πλησιέστερο προς το άκρο Κ σημείο της χορδής στο οποίο εμφανίζεται κοιλία του στάσιμου κύματος. Το σημείο Ζ διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με συχνότητα 20 φορές το δευτερόλεπτο και η ελάχιστη απόστασή του από το άκρο Κ της χορδής κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του είναι  $d_{\min} = 0,05$  m.

- Γ1. Να υπολογίσετε το μήκος  $L$  της χορδής.
- Γ2. Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος.
- Γ3. Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου Ζ τη χρονική στιγμή  $t = 0,05$  s.
- Γ4. Να υπολογίσετε τη μέγιστη απόσταση όπου φτάνει το σημείο Ζ από το άκρο Κ της χορδής κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του.
- Γ5. Να υπολογίσετε την αμέσως επόμενη τιμή της συχνότητας διέγερσης της χορδής για την οποία δημιουργείται στάσιμο κύμα κατά μήκος της.

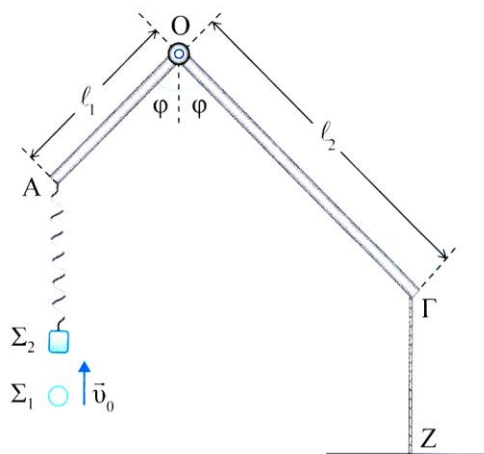
Μονάδες (4 + 6 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Οι ομογενείς ράβδοι  $OA$  και  $OG$  του ακόλουθου σχήματος έχουν μάζες  $M_1 = 4 \text{ kg}$  και  $M_2 = 1 \text{ kg}$  και μήκη  $\ell_1 = 1 \text{ m}$  και  $\ell_2 = 2 \text{ m}$  αντίστοιχα. Οι δύο ράβδοι είναι ενωμένες στο ένα άκρο τους  $O$ , ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία, και μπορούν να περιστρέφονται χωρίς τριβές σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από οριζόντιο ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το σημείο  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδο  $AOΓ$ .

Στο άκρο  $A$  της ράβδου είναι στερεωμένο το πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , στο άλλο άκρο του οποίου είναι δεμένο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 1 \text{ kg}$ . Αρχικά, το σύστημα των δύο ράβδων και του σώματος  $\Sigma_2$  ισορροπεί ακίνητο με τη βοήθεια κατακόρυφου αβαρούς και μη εκτατού νήματος, του οποίου το ένα άκρο είναι δεμένο στο άκρο  $\Gamma$  της ράβδου και το άλλο σε ακλόνητο σημείο  $Z$  του δαπέδου. Το όριο θραύσης του νήματος είναι  $T_{\theta\rho} = 50 \text{ N}$ . Στη θέση ισορροπίας του συστήματος οι δύο ράβδοι σχηματίζουν την ίδια γωνία,  $\varphi = 45^\circ$ , με την κατακόρυφο που διέρχεται από το σημείο  $O$ .

Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 3 \text{ kg}$  που κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου συγκρούεται τη χρονική στιγμή  $t = 0$  μετωπικά και πλαστικά με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = (2\sqrt{3}/3) \text{ m/s}$  με το σώμα  $\Sigma_2$ . Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα που δημιουργείται εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ , ενώ το σύστημα των δύο ράβδων εξακολουθεί να ισορροπεί ακίνητο χωρίς να χαλαρώνει ή να κόβεται το νήμα.



Να υπολογίσετε:

- Δ1.** Το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος  $OG$  από το νήμα καθώς και το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σύστημα των δύο ράβδων από τον άξονα περιστροφής του πριν από την κρούση.

- Δ2.** Το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί το συσσωμάτωμα.
- Δ3.** Τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας καθώς και τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η κινητική του ενέργεια ισούται με τα  $2/3$  της ενέργειας της ταλάντωσής του για πρώτη φορά μετά την κρούση, αν θεωρήσουμε ως θετική φορά τη φορά προς τα πάνω.
- Δ4.** Το μέτρο της δύναμης που δέχεται η ράβδος ΟΓ από το νήμα τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- Δ5.** Τη μέγιστη τιμή που μπορεί να έχει το μέτρο της ταχύτητας του σώματος  $\Sigma_1$  ακριβώς πριν από την κρούση, ώστε το σύστημα των δύο ράβδων να μην περιστρέφεται μετά την κρούση.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Η χρονική διάρκεια της κρούσης και οι διαστάσεις των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  να θεωρηθούν αμελητέες.

*Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25*

## 17ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης με πλάτος που μειώνεται εκθετικά σε συνάρτηση με τον χρόνο. Τη χρονική στιγμή στην οποία η ενέργεια της φθίνουσας ταλάντωσης έχει μειωθεί στο 1/16 της αρχικής της τιμής, το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης έχει μειωθεί σε σχέση με την αρχική του τιμή κατά:

- α. 12,5%.      β. 25%.      γ. 50%.      δ. 75%.

**Α2.** Φορτισμένο σωματίδιο φορτίου  $q$  και μάζας  $m$  εκτοξεύεται από σημείο Α ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$  με ταχύτητα  $\vec{v}$  που είναι κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, οπότε το σωματίδιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση. Το μέτρο  $L$  της στροφορμής και το μέτρο  $\left| \frac{dL}{dt} \right|$  του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του σωματιδίου ως προς άξονα ( $p$ ) που διέρχεται από το κέντρο της κυκλικής τροχιάς του και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής του είναι αντίστοιχα:

α.  $L = \frac{m^2 v^2}{B|q|}, \left| \frac{dL}{dt} \right| = 0.$       β.  $L = \frac{m^2 v^2}{B|q|}, \left| \frac{dL}{dt} \right| = mv^2.$

γ.  $L = \frac{m^2 v^2}{2B|q|}, \left| \frac{dL}{dt} \right| = mv^2.$       δ.  $L = \frac{m^2 v^2}{B|q|}, \left| \frac{dL}{dt} \right| = \frac{mv^2}{2}.$

**Α3.** Στο φαινόμενο Compton η μεταβολή του μήκους κύματος της προσπίπτουσας και της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας είναι μέγιστη, όταν η σκεδαζόμενη δέσμη ακτινοβολίας σχηματίζει με την προσπίπτουσα ακτινοβολία γωνία:

- α.  $\varphi = 0^\circ.$       β.  $\varphi = 60^\circ.$       γ.  $\varphi = 90^\circ.$       δ.  $\varphi = 180^\circ.$

**A4.** Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια ενός μετάλλου που έχει έργο εξαγωγής  $\phi$ . Αν  $h$  είναι η σταθερά του Planck και  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό, τότε για να εκπέμπονται φωτοηλεκτρόνια από την επιφάνεια του μετάλλου πρέπει το μήκος κύματος  $\lambda$  της προσπίπτουσας ακτινοβολίας να ικανοποιεί τη σχέση:

**α.**  $\lambda \leq 2 \frac{hc}{\phi}$ .      **β.**  $\lambda \geq \frac{hc}{\phi}$ .      **γ.**  $\lambda \leq \frac{hc}{\phi}$ .      **δ.**  $\lambda \geq 2 \frac{hc}{\phi}$ .

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

- α.** Αν σε ένα μηχανικό σύστημα που εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση το πλάτος της ταλάντωσης είναι το ίδιο για δύο διαφορετικές συχνότητες  $f_1 = 50$  Hz και  $f_2 = 60$  Hz του διεγέρτη, τότε η συχνότητα συντονισμού του συστήματος μπορεί να είναι ίση με 70 Hz.
- β.** Στον μικρόκοσμο η ελαστική κρούση αποτελεί μία εξιδανίκευση.
- γ.** Στην πράξη, μέλαν σώμα μπορεί να θεωρηθεί οποιοδήποτε αντικείμενο με αιθαλωμένη την επιφάνειά του.
- δ.** Αν διπλασιάσουμε το μέτρο της ταχύτητας ενός ηλεκτρονίου, τότε το μήκος κύματός του κατά de Broglie θα διπλασιαστεί.
- ε.** Η αβεβαιότητα στη μέτρηση της θέσης ενός σωματιδίου εξαρτάται από την αβεβαιότητα στη μέτρηση της ορμής του.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

**B1.** Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  διαδίδεται προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα εγκάρσιο αρμονικό κύμα πλάτους  $A = 0,1$  m. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι  $v_s = 2$  m/s. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να εκτελεί ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η φάση της ταλάντωσης του υλικού σημείου  $K(x_K = -0,3$  m) του ελαστικού μέσου είναι  $\phi_K = 4\pi$  rad, ενώ τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + \frac{T}{4}$  η φάση της ταλάντωσης ενός άλλου υλικού σημείου  $\Lambda(x_\Lambda = +0,3$  m) του ελαστικού μέσου είναι  $\phi_\Lambda = 3\pi$  rad.

Η εξίσωση που περιγράφει το κύμα στο S.I. είναι η:

α.  $y = 0,1\eta\mu(2,5\pi t - 1,25\pi x)$ .

β.  $y = 0,1\eta\mu(5\pi t - 2,5\pi x)$ .

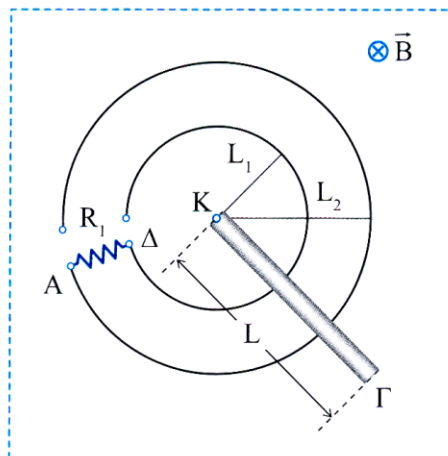
γ.  $y = 0,1\eta\mu(5\pi t - 5\pi x)$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B2.** Δύο ομόκεντροι κυκλικοί αγωγοί που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, με ακτίνες  $L_1 = \ell$  και  $L_2 = 2\ell$ , είναι τοποθετημένοι σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Οι αγωγοί δεν έχουν ωμική αντίσταση και το επίπεδό τους είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Οι αγωγοί έχουν μικρά διάκενα στα σημεία A και Δ, τα οποία είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = R$ .

Ένας ευθύγραμμος ομογενής αγωγός ΚΓ σταθερής διατομής που έχει μήκος  $L = 3\ell$  και ωμική αντίσταση  $R_{\text{ΚΑ}} = 3R$  περιστρέφεται χωρίς τριβές στο ίδιο επίπεδο με τους κυκλικούς αγωγούς, με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , γύρω από ακλόνητο άξονα που διέρχεται από το άκρο του Κ και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής του. Ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΓ εφάπτεται συνεχώς με τους κυκλικούς αγωγούς.



Η τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_1$  εξαιτίας του επαγωγικού ρεύματος που τον διαρρέει είναι:

α.  $V_{R_1} = \frac{3}{4}B\omega\ell^2$ .

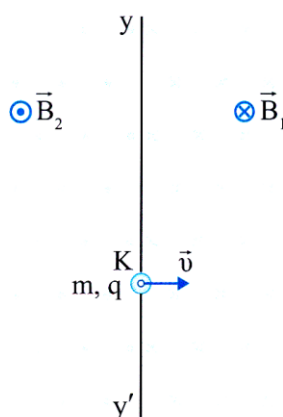
β.  $V_{R_1} = \frac{1}{2}B\omega\ell^2$ .

γ.  $V_{R_1} = \frac{3}{8}B\omega\ell^2$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

**B3.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζονται δύο ομογενή μαγνητικά πεδία με εντάσεις  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  που έχουν αντίθετη κατεύθυνση. Από σημείο K του ορίου  $y'y'$  των δύο μαγνητικών πεδίων εκτοξεύουμε θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας  $m$  και φορτίου  $q$  με ταχύτητας  $\vec{v}$  που είναι κάθετη στο όριο  $y'y'$  και στις μαγνητικές γραμμές των δύο ομογενών μαγνητικών πεδίων. Αρχικά, το σωματίδιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  και εξέρχεται για πρώτη φορά από το μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  από το σημείο Λ του ορίου  $y'y'$ . Η απόσταση ΚΛ είναι ίση με  $(ΚΛ) = 6R_1$ , όπου  $R_1$  η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο στο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$ .



Αν  $\Delta t_1$  και  $\Delta t_2$  είναι οι χρόνοι παραμονής του σωματιδίου μέσα στα μαγνητικά πεδία έντασης  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  αντίστοιχα κατά την κίνησή του από το σημείο K στο σημείο Λ, τότε ισχύει:

**α.**  $\Delta t_1 = \Delta t_2$ .

**β.**  $\Delta t_1 = 2\Delta t_2$ .

**γ.**  $\Delta t_1 = \frac{\Delta t_2}{2}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

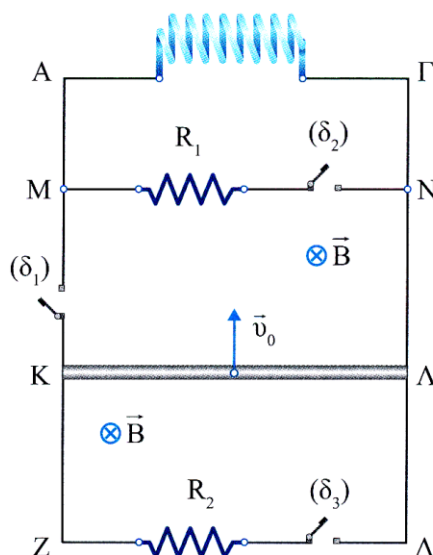
Μονάδες (2 + 6) 8

### ► ΘΕΜΑ Γ

Οι κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί ΑΖ και ΓΔ του επόμενου σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος και αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 1 \text{ H}$ , ενώ τα άκρα τους Ζ και Δ συνδέονται, μέσω διακόπτη ( $\delta_3$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_2 = 1 \Omega$ . Τα σημεία Μ και Ν των δύο κατακόρυφων αγωγών συνδέονται, μέσω διακόπτη ( $\delta_2$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 4 \Omega$ .

Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 1 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 2 \text{ } \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς ΑΖ και ΓΔ παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Ανάμεσα στο άκρο Κ του αγωγού ΚΛ και στο σημείο Μ του αγωγού ΑΖ παρεμβάλλεται διακόπτης  $(\delta_1)$ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Αρχικά, όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα  $\vec{v}_0$  και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τον διακόπτη  $(\delta_1)$ . Από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και μετά ασκούμε στο μέσον του αγωγού κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα πάνω, ώστε η ένταση το ρεύματος που διαρρέει το πηνίο να μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση  $i = 2t$  (S.I.). Ολόκληρη η κατακόρυφη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδό της.



- Γ1.** Να υπολογίσετε το μέτρο της αρχικής ταχύτητας  $\vec{v}_0$  του αγωγού ΚΛ καθώς και το μέτρο της σταθερής επιτάχυνσης με την οποία κινείται προς τα πάνω.
- Γ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο η δύναμη  $\vec{F}$  προσφέρει ενέργεια στον αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή  $t_1 = 3 \text{ s}$ .
- Γ3.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αγωγό ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αν σε αυτό το χρονικό διάστημα το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  είναι ίσο με  $390 \text{ J}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τους διακόπτες ( $\delta_2$ ) και ( $\delta_3$ ) και καταργούμε τη δύναμη  $\vec{F}$ .

**Γ4.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο καθώς και τον ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ), αν η θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_1$  από τη χρονική στιγμή  $t_1$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ ), έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  είναι  $Q_{R_1} = 16 \text{ J}$ .

**Γ5.** Να εξηγήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3$  ( $t_3 > t_1$ ) στην οποία αποκτά την οριακή του ταχύτητα και να υπολογίσετε το μέτρο της.

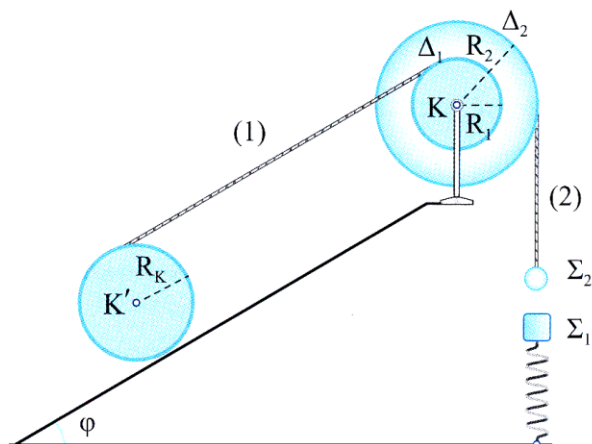
Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Να θεωρήσετε ότι ο αγωγός ΚΛ δεν συγκρούεται με τον αντιστάτη  $R_1$  και ότι ο διακόπτης ( $\delta_1$ ) δεν εμποδίζει την κίνησή του.

Μονάδες (4 + 6 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Δ

Η διπλή τροχαλία του επόμενου σχήματος αποτελείται από δύο ομογενείς συγκολλημένους δίσκους  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  με ακτίνες  $R_1 = 0,1 \text{ m}$  και  $R_2 = 0,2 \text{ m}$  αντίστοιχα και μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κοινό κέντρο Κ των δύο δίσκων και είναι κάθετος στο επίπεδό τους. Ένα λεπτό αβαρές και μη εκτατό νήμα (1) που είναι παράλληλο σε κεκλιμένο επίπεδο γωνία κλίσης  $\varphi = 30^\circ$  είναι τυλιγμένο πολλές φορές στο αυλάκι του εσωτερικού δίσκου  $\Delta_1$  και το άλλο άκρο του είναι τυλιγμένο στην περιφέρεια ενός ομογενούς κυλίνδρου ακτίνας  $R_K = 0,1 \text{ m}$  και μάζας  $m_K$ . Ένα άλλο λεπτό, αβαρές και μη εκτατό νήμα (2) είναι τυλιγμένο πολλές φορές στο αυλάκι του εξωτερικού δίσκου  $\Delta_2$  και στο ελεύθερο άκρο του είναι αναρτημένο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 3 \text{ kg}$ . Αρχικά, το σύστημα κύλινδρος – τροχαλία – σώμα  $\Sigma_2$  ισορροπεί ακίνητο.

Σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 1 \text{ kg}$  ισορροπεί δεμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$ , του οποίου το άλλο άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο στο οριζόντιο δάπεδο. Εκτρέπουμε το σώμα  $\Sigma_1$  από τη θέση ισορροπίας του κατακόρυφα προς τα κάτω κατά  $d = 0,1\sqrt{2} \text{ m}$  και στη συνέχεια το εκτοξεύουμε από τη θέση αυτή κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 4 \text{ m/s}$ . Το σώμα  $\Sigma_1$  μετά την εκτόξευσή του εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .



**Δ1.** Να υπολογίσετε τη μάζα  $m_K$  του κυλίνδρου καθώς και την ελάχιστη τιμή του συντελεστή στατικής τριβής που εμφανίζεται μεταξύ του κυλίνδρου και του κεκλιμένου επιπέδου.

**Δ2.** Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_1$ .

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κόβουμε το νήμα (2) που συνδέει το σώμα  $\Sigma_2$  με την τροχαλία, οπότε ο κύλινδρος αρχίζει να κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει στο κεκλιμένο επίπεδο με το κέντρο μάζας του να κινείται προς τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου με σταθερή επιτάχυνση, η τροχαλία αρχίζει να περιστρέφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού και το σώμα  $\Sigma_2$  αρχίζει να κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω, στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου.

**Δ3.** Να υπολογίσετε το πλήθος των περιστροφών που εκτελεί η τροχαλία από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,5$  s στην οποία το διάστημα που έχει διανύσει ο κύλινδρος στο κεκλιμένο επίπεδο είναι  $s = 0,25$  m καθώς και το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας του κυλίνδρου τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  το σώμα  $\Sigma_2$  συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με το σώμα  $\Sigma_1$ , το οποίο την ίδια χρονική στιγμή διέρχεται, κινούμενο προς τα πάνω, από μια θέση πάνω από τη θέση ισορροπίας του στην οποία η κινητική του ενέργεια είναι ίση με το 50% της ενέργειας της ταλάντωσης του. Το συσσωμάτωμα που δημιουργείται από την κρούση εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

**Δ4.** Να υπολογίσετε το ποσοστό επί τοις εκατό (%) της κινητικής ενέργειας του συστήματος των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση που μετατράπηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της κρούσης.

**Δ5.** Να προσδιορίσετε τον λόγο της μέγιστης τιμής της ταχύτητας που αποκτά το συσσωμάτωμα κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του μετά την κρούση προς τη μέγιστη τιμή της ταχύτητας που αποκτά το σώμα  $\Sigma_1$  κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του πριν από την κρούση.

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

- Το νήμα (1) δεν ολισθαίνει στην περιφέρεια του κυλίνδρου και στο αυλάκι του δίσκου  $\Delta_1$ .
- Τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  έχουν αμελητέες διαστάσεις.
- Η χρονική διάρκεια της κρούσης και η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέες.

*Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25*

## 18ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.** Σύστημα ιδανικού ελατηρίου και σώματος Σ εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση πολύ μικρής απόσβεσης. Η περίοδος του διεγέρτη είναι  $T_1 = \frac{T_0}{2}$ , όπου  $T_0$  η ιδιοπερίοδος του συστήματος. Για να φέρουμε το σύστημα σε κατάσταση συντονισμού, πρέπει:
- Να αυξήσουμε τη σταθερά απόσβεσης του συστήματος.
  - Να αυξήσουμε τη συχνότητα του διεγέρτη.
  - Να μειώσουμε τη συχνότητα του διεγέρτη.
  - Να μειώσουμε την περίοδο του διεγέρτη.
- A2.** Το μέτρο της δύναμης επαναφοράς που δέχεται ένα σώμα το οποίο εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση γίνεται μέγιστο τις χρονικές στιγμές στις οποίες:
- Η κινητική του ενέργεια γίνεται μέγιστη.
  - Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητάς του γίνεται μέγιστο.
  - Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητάς του γίνεται ίσο με μηδέν.
  - Η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης γίνεται ίση με μηδέν.
- A3.** Κατά μήκος μιας ελαστικής χορδής έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα. Όλα τα υλικά σημεία της χορδής που ταλαντώνονται:
- Έχουν ίσες μέγιστες επιταχύνσεις.
  - Έχουν διαφορετικές περιόδους ταλάντωσης.
  - Διέρχονται ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας τους.
  - Έχουν το ίδιο πλάτος.



είναι οριζόντιο, εκτοξεύουμε τη σφαίρα  $\Sigma_1$  κατακόρυφα προς τα κάτω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = \sqrt{2g\ell}$ . Η σφαίρα  $\Sigma_1$  κινείται κυκλικά αντίθετα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και τη χρονική στιγμή στην οποία το νήμα (1) γίνεται κατακόρυφο συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με τη σφαίρα  $\Sigma_2$ .

Αμέσως μετά την κρούση, η σφαίρα  $\Sigma_1$  κινείται κυκλικά σύμφωνα με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και ακινητοποιείται στιγμιαία για πρώτη φορά στη θέση όπου το νήμα (1) σχηματίζει οξεία γωνία  $\varphi = 60^\circ$  με την κατακόρυφο που διέρχεται από το σημείο O.

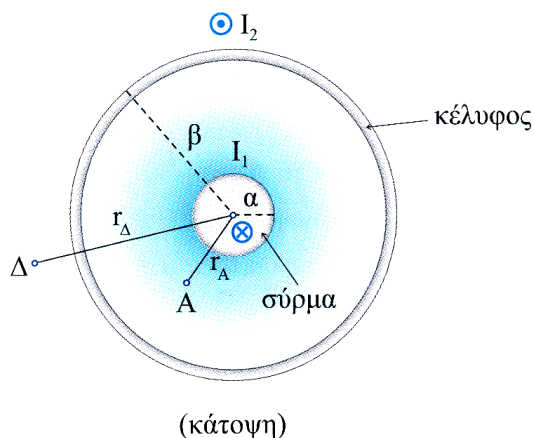
Το μέτρο της μεταβολής της στροφορμής της σφαίρας  $\Sigma_1$ , εξαιτίας της κρούσης, ως προς οριζόντιο άξονα (p) που διέρχεται από το σημείο O και είναι κάθετος στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς της είναι ίσο με:

- α.  $ml\sqrt{g\ell}$ .                      β.  $3ml\sqrt{g\ell}$ .                      γ.  $2ml\sqrt{g\ell}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Ομοαξονικό καλώδιο αποτελείται από ένα ευθύγραμμο κυλινδρικό σύρμα πολύ μεγάλου μήκους και ακτίνας  $a$ , το οποίο περιβάλλεται από λεπτό ομοαξονικό κυλινδρικό αγωγίμο κέλυφος ακτίνας  $\beta = 4a$ . Στον χώρο μεταξύ του σύρματος και του κελύφους υπάρχει μονωτικό υλικό, το οποίο δεν επηρεάζει το μαγνητικό πεδίο. Το κυλινδρικό σύρμα διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I_1 = I$  με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα, ενώ το κυλινδρικό κέλυφος διαρρέεται από αντίρροπο ρεύμα σταθερής έντασης  $I_2 = 3I$ .



Αν  $\mu_0$  είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού, τότε ο λόγος του μέτρου της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο Α που απέχει απόσταση  $r_A = 2a$  από τον άξονα του σύρματος προς το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο Δ που απέχει απόσταση  $r_\Delta = 5a$  από τον άξονα του σύρματος είναι ίσος με:

α. 5/4.

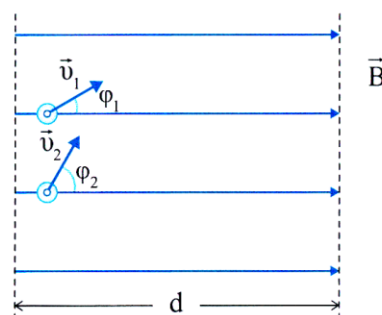
β. 1.

γ. 5/8.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B3.** Ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  εκτείνεται σε απόσταση  $d$  στη διεύθυνση των μαγνητικών του γραμμών. Μονοχρωματική ακτινοβολία (1) προσπίπτει στην επιφάνεια ενός μετάλλου και προκαλεί εκπομπή φωτοηλεκτρονίων που έχουν μέγιστη κινητική ενέργεια ίση με  $K$ . Κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου με



τη μέγιστη κινητική ενέργεια εισέρχονται στη συνέχεια στο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με ταχύτητα  $\vec{v}_1$  που σχηματίζει γωνία  $\varphi_1 = 30^\circ$  με την κατεύθυνση των μαγνητικών του γραμμών.

Όταν στην ίδια μεταλλική επιφάνεια προσπίπτει άλλη μονοχρωματική ακτινοβολία (2), κάποια από τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου και έχουν τη μέγιστη κινητική ενέργεια εισέρχονται στη συνέχεια στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  με ταχύτητα  $\vec{v}_2$  που σχηματίζει γωνία  $\varphi_2 = 60^\circ$  με την κατεύθυνση των μαγνητικών του γραμμών.

Κατά την παραμονή των φωτοηλεκτρονίων στο ομογενές μαγνητικό πεδίο, το πλήθος των περιστροφών που εκτελούν τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από τη μεταλλική επιφάνεια εξαιτίας της ακτινοβολίας (1) είναι διπλάσιο από το πλήθος των περιστροφών που εκτελούν τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από τη μεταλλική επιφάνεια εξαιτίας της ακτινοβολίας (2).

Αν η ορμή ενός φωτονίου της ακτινοβολίας (2) είναι διπλάσια από την ορμή ενός φωτονίου της ακτινοβολίας (1) και η σταθερά του Planck είναι ίση με  $h$ , τότε η συχνότητα κατωφλίου του μετάλλου είναι:

α.  $f_0 = \frac{5K}{h}$ .

β.  $f_0 = \frac{8K}{h}$ .

γ.  $f_0 = \frac{10K}{h}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

### ► ΘΕΜΑ Γ

Εγκάρσιο αρμονικό κύμα περιόδου  $T$  διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ , προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Η εξίσωση που περιγράφει το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι:  $y = 0,4\eta\mu(3,5\pi - 5\pi x)$  (S.I.).

Δύο υλικά σημεία  $K(x_K > 0)$  και  $\Lambda(x_\Lambda > 0)$  του ελαστικού μέσου ξεκινούν να ταλαντώνονται με χρονική διαφορά  $0,3$  s. Τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία το υλικό σημείο  $K$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κινούμενο με αρνητική ταχύτητα για πρώτη φορά μετά την έναρξη της ταλάντωσής του, το υλικό σημείο  $\Lambda$  ακινητοποιείται στιγμιαία για τρίτη φορά μετά την έναρξη της ταλάντωσής του.

- Γ1.** Να αποδείξετε ότι η περίοδος του κύματος είναι:  $T = 0,4$  s και να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
- Γ2.** Να υπολογίσετε το πλήθος των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου στον θετικό ημιάξονα  $Ox$  τα οποία τη χρονική στιγμή  $t_3 = t_1 + \frac{T}{2}$  έχουν αντίθετη επιτάχυνση από την επιτάχυνση του υλικού σημείου  $O$ .
- Γ3.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της επιτάχυνσης του σημείου  $K$  και να σχεδιάσετε τη γραφική της παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες, αν τη χρονική στιγμή  $t_4$  στην οποία το σημείο  $O$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα έχοντας εκτελέσει 10 πλήρεις ταλαντώσεις, το σημείο  $K$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα έχοντας εκτελέσει 9 πλήρεις ταλαντώσεις.
- Γ4.** Να υπολογίσετε πόσες φορές στο χρονικό διάστημα από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3$  η κινητική ενέργεια του σημείου  $\Lambda$  γίνεται ίση με το 25% της ενέργειας της ταλάντωσής του.

**Γ5.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης του υλικού σημείου Λ τις χρονικές στιγμές στις οποίες η απομάκρυνση του σημείου Κ από τη θέση ισορροπίας του είναι  $y_K = +0,4 \text{ m}$ .

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

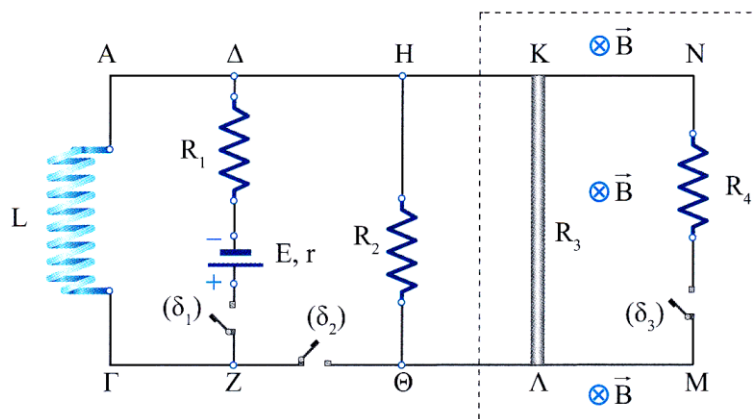
Μονάδες (6 + 4 + 5 + 5 + 5) 25

► ΘΕΜΑ Δ

Οι παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί AN και ΓΜ του ακόλουθου σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,4 \text{ H}$  και αποτελείται από  $N = 1.000$  σπείρες εμβαδού  $A = (1/2\pi) \text{ m}^2$  η καθεμία, ενώ τα άκρα τους Ν και Μ συνδέονται, μέσω διακόπτη ( $\delta_3$ ), με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_4 = 1 \Omega$ . Μεταξύ των σημείων Δ και Ζ των δύο αγωγών έχει συνδεθεί, μέσω διακόπτη ( $\delta_1$ ), ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ  $E = 12 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 2 \Omega$  σε σειρά με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 1 \Omega$ . Μεταξύ των σημείων Η και Θ των δύο αγωγών συνδέεται αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_2 = 1,5 \Omega$ , ενώ μεταξύ των σημείων Ζ και Θ του αγωγού ΓΜ παρεμβάλλεται διακόπτης ( $\delta_2$ ).

Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 0,5 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_3 = 1 \Omega$ , του οποίου τα άκρα βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με τους αγωγούς AN και ΓΜ, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς AN και ΓΜ παραμένοντας συνεχώς κάθετος σε αυτούς. Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που σχηματίζουν οι αγωγοί AN και ΓΜ.

Αρχικά, όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί και ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί ακίνητος.



Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και διατηρούμε τους διακόπτες ( $\delta_2$ ) και ( $\delta_3$ ) ανοικτούς. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο αποκτά τη μέγιστη τιμή της.

- Δ1. α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του πηνίου, εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει, τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- β.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_1$ ), και τη χρονική στιγμή στην οποία η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου που είναι αποθηκευμένη στο πηνίο είναι ίση με  $0,2 \text{ J}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ) χωρίς να δημιουργηθεί σπινθήρας. Από τη χρονική στιγμή  $t_1$  [αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $\delta_2$ )] έως τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία μηδενίζονται τα ρεύματα που διαρρέουν του κλάδους του κυκλώματος ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη οριζόντια εξωτερική δύναμη, ώστε ο αγωγός ΚΛ να συνεχίσει να ισορροπεί ακίνητος.

- Δ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή στην οποία η τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_2$  είναι ίση με  $1,5 \text{ V}$ .

- Δ3.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη  $R_2$ , λόγω φαινομένου Joule, από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

Κάποια χρονική στιγμή μετά τη χρονική στιγμή  $t_2$  ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ) και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τον διακόπτη ( $\delta_3$ ) και αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ άλλη οριζόντια σταθερή δύναμη  $\vec{F}$  μέτρου  $F = 10 \text{ N}$  που είναι παράλληλη προς τους αγωγούς ΑΝ και ΓΜ, οπότε ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να επιταχύνεται και τη χρονική στιγμή  $t_3$  αποκτά την οριακή του ταχύτητα  $\vec{v}_{op}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_3$  η δύναμη  $\vec{F}$  καταργείται ακαριαία, οπότε ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να επιβραδύνεται και τη χρονική στιγμή  $t_4$  ακινητοποιείται. Ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t_3$  έως τη χρονική στιγμή  $t_4$  διανύει διάστημα  $s = 12,8 \text{ m}$ .

- Δ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας  $\vec{v}_{op}$  που αποκτά ο αγωγός ΚΛ καθώς και τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα Joule από τον αντιστάτη  $R_4$  τη χρονική στιγμή  $t_3$ .

**Δ5.** Να υπολογίσετε τη συνολική θερμότητα Joule που εκλύεται από το κύκλωμα καθώς και το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αντιστάτη  $R_4$  από τη χρονική στιγμή  $t_3$  έως τη χρονική στιγμή  $t_4$ .

Να θεωρήσετε ότι το ομογενές μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο εσωτερικό του πηνίου, εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει, δεν αλληλεπιδρά με το ομογενές μαγνητικό πεδίο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός ΚΛ.

Μονάδες (6 + 4 + 5 + 5 + 5) 25

## 19ο Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

**Α1.** Φορτισμένο σωματίδιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το μέτρο της στροφορμής του σωματιδίου ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της κυκλικής τροχιάς του και είναι κάθετος στο επίπεδό της είναι ίσο με  $L$ . Αν το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου διπλασιαστεί, τότε το μέτρο της στροφορμής του ως προς άξονα που διέρχεται από το κέντρο της νέας κυκλικής τροχιάς που διαγράφει και είναι κάθετος στο επίπεδό της θα γίνει ίσο με:

α.  $L$ .

β.  $2L$ .

γ.  $4L$ .

δ.  $\frac{L}{2}$ .

**Α2.** Μικρό σώμα εκτελεί φθίνουσα ταλάντωση, το πλάτος της οποίας μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:  $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ , όπου  $A_0$  το πλάτος της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $\Lambda$  μια θετική σταθερά.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία το σώμα έχει εκτελέσει 10 πλήρεις ταλαντώσεις από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  που άρχισε να ταλαντώνεται, το πλάτος της ταλάντωσης έχει μειωθεί στο μισό της αρχικής του τιμής. Τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία το σώμα έχει εκτελέσει, επιπλέον, άλλες 20 ταλαντώσεις από τις ταλαντώσεις που είχε εκτελέσει μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1$ , το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης είναι ίσο με:

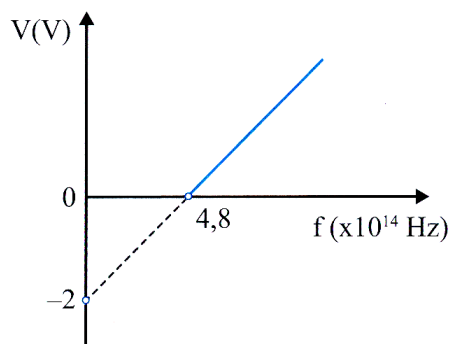
α.  $\frac{A_0}{4}$ .

β.  $\frac{A_0}{8}$ .

γ.  $\frac{A_0}{16}$ .

δ.  $\frac{A_0}{32}$ .

- A3.** Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η γραφική παράσταση της τάσης αποκοπής  $V$  σε συνάρτηση με τη συχνότητα  $f$  της ακτινοβολίας.



Το έργο εξαγωγής του μετάλλου της καθόδου είναι:

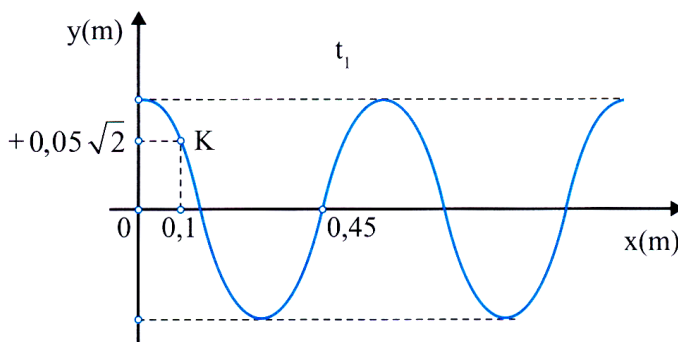
- α.**  $\phi = 2 \text{ eV}$ .      **β.**  $\phi = -2 \text{ eV}$ .      **γ.**  $\phi = 4,8 \text{ eV}$ .      **δ.**  $\phi = 3 \text{ eV}$ .
- A4.** Μικρή σφαίρα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1$  που κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα  $\bar{v}_1$  συγκρούεται ελαστικά αλλά όχι κεντρικά με άλλη σφαίρα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2$  που είναι αρχικά ακίνητη πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Αμέσως μετά την κρούση:
- α.** Η σφαίρα  $\Sigma_1$  ακινητοποιείται, ενώ η σφαίρα  $\Sigma_2$  κινείται με ταχύτητα  $\bar{v}'_2 = \bar{v}_1$ .
- β.** Τα διανύσματα των ταχυτήτων των δύο σφαιρών σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $\phi = 90^\circ$ .
- γ.** Τα διανύσματα των ταχυτήτων των δύο σφαιρών έχουν την ίδια διεύθυνση.
- δ.** Η σφαίρα  $\Sigma_1$  έχει μεταβιβάσει όλη την κινητική της ενέργεια στη σφαίρα  $\Sigma_2$ .
- 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.** Τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- β.** Η ταχύτητα διάδοσης ενός μηχανικού κύματος σε ένα ελαστικό μέσο εξαρτάται από τις ιδιότητες του ελαστικού μέσου.

- γ. Αν ένα φορτισμένο σωματίδιο εισέλθει στο εσωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς με ταχύτητα  $\vec{v}$  που σχηματίζει γωνία  $\varphi$  ( $0 < \varphi < 90^\circ$ ) με τον άξονα του σωληνοειδούς, τότε θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
- δ. Το χρώμα που αντιλαμβανόμαστε για ένα σώμα, όταν το φωτίζουμε με λευκό φως, καθορίζεται από τα μήκη κύματος των ακτίνων του φωτός που απορροφά.
- ε. Σύμφωνα με την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg, δεν μπορούμε να μετρήσουμε ταυτόχρονα και τη θέση και την ορμή ενός σωματιδίου με απεριόριστη ακρίβεια.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25

## ► ΘΕΜΑ Β

- Β1.** Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος που έχει δημιουργηθεί κατά μήκος μιας ελαστικής χορδής που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα  $Ox$ , τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η κινητική ενέργεια της χορδής είναι ίση με την ελαστική δυναμική ενέργεια παραμόρφωσής της.



137

Το υλικό σημείο  $O$  που βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  είναι κοιλία του στάσιμου κύματος και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Αν το υλικό σημείο  $K$  που φαίνεται στο στιγμιότυπο διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του με συχνότητα 10 φορές το δευτερόλεπτο, τότε η εξίσωση του στάσιμου κύματος στο S.I. είναι η:

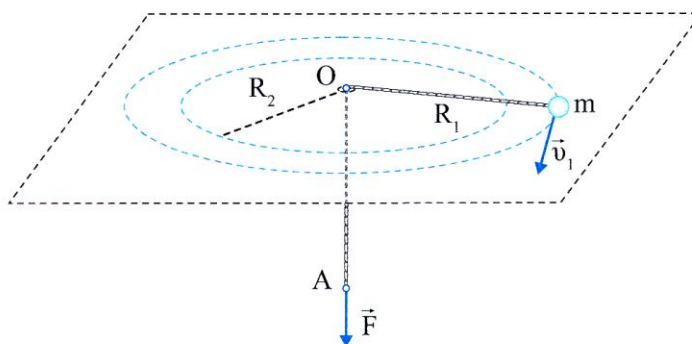
α.  $y = 0,2 \sin\left(\frac{10\pi x}{3}\right) \eta\mu(20\pi t)$ .      β.  $y = 0,2 \sin\left(\frac{10\pi x}{3}\right) \eta\mu(10\pi t)$ .

γ.  $y = 0,1 \sin\left(\frac{3\pi x}{10}\right) \eta\mu(10\pi t)$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

- B2.** Το σφαιρίδιο του ακόλουθου σχήματος έχει μάζα  $m$  και εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση ακτίνας  $R_1$  με ταχύτητα σταθερού μέτρου  $v_1$  επάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Το σφαιρίδιο είναι δεμένο στο ένα άκρο αβαρούς και μη εκτατού νήματος, το οποίο μπορεί να ολισθαίνει μέσω μικρής οπής που υπάρχει στο κέντρο  $O$  της κυκλικής τροχιάς του. Για να διατηρούμε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του σφαιριδίου σταθερή και ίση με  $R_1$ , ασκούμε στο ελεύθερο άκρο  $A$  του νήματος κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$ . Κάποια χρονική στιγμή αρχίζουμε να μετακινούμε πολύ αργά προς τα κάτω το ελεύθερο άκρο  $A$  του νήματος αυξάνοντας το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$ , μέχρι το σφαιρίδιο να αρχίσει να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση ακτίνας  $R_2$ .



Αν το έργο της δύναμης  $\vec{F}$  κατά τη διάρκεια της παραπάνω μετακίνησης είναι  $W_F = (5/8)FR_1$ , τότε η νέα ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του σφαιριδίου προκύπτει:

- α.**  $R_2 = \frac{3}{8}R_1$ .      **β.**  $R_2 = \frac{2}{3}R_1$ .      **γ.**  $R_2 = \frac{5}{8}R_1$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

- B3.** Φωτόνιο ηλεκτρομαγνητικής μονοχρωματικής ακτινοβολίας του οποίου η ορμή είναι  $p = 4m_e c$ , όπου  $m_e$  η μάζα του ηλεκτρονίου και  $c$  η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό, σκεδάζεται από ακίνητο ηλεκτρόνιο. Αν μετά τη σκέδαση η κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου ηλεκτρονίου είναι τετραπλάσια της ενέργειας του σκεδαζόμενου φωτονίου, τότε η γωνία σκέδασης του φωτονίου είναι:

- α.**  $\varphi = 30^\circ$ .      **β.**  $\varphi = 60^\circ$ .      **γ.**  $\varphi = 90^\circ$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

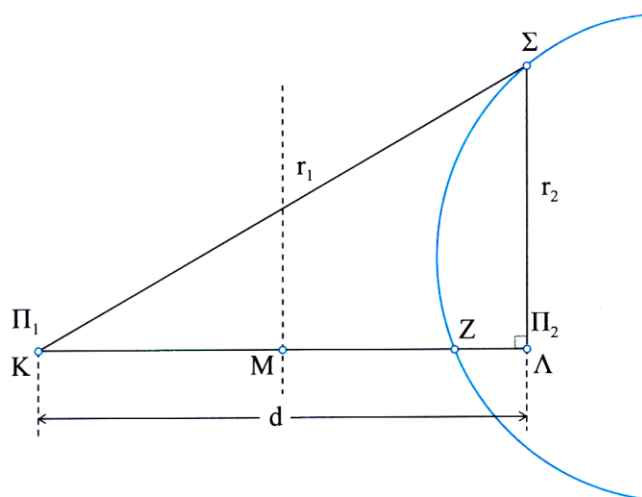
Μονάδες (2 + 6) 8

► ΘΕΜΑ Γ

Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού διαδίδονται με ταχύτητα  $v_s = 2 \text{ m/s}$  δύο εγκάρσια αρμονικά κύματα που δημιουργούνται από δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ . Οι πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  βρίσκονται στα σημεία Κ και Λ αντίστοιχα της επιφάνειας του υγρού, απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 4 \text{ m}$  και αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή  $t = 0$  με εξίσωση  $y = 0,05\eta\mu 8\pi t$  (S.I.).

Υλικό σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού απέχει από την πηγή  $\Pi_1$  απόσταση  $r_1$  και από την πηγή  $\Pi_2$  απόσταση  $r_2$  ( $r_2 < r_1$ ) σχηματίζοντας με τα σημεία Κ και Λ ορθογώνιο τρίγωνο ΚΛΣ ( $\hat{\Lambda} = 90^\circ$ ), όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

Από το σημείο Σ διέρχεται υπερβολή ενισχυτικής συμβολής, η οποία τέμνει το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ στο σημείο Ζ. Ανάμεσα στο σημείο Ζ και το μέσον Μ του ευθύγραμμου τμήματος ΚΛ υπάρχουν τέσσερα σημεία αποσβεστικής συμβολής.



- Γ1.** Να αποδείξετε ότι οι αποστάσεις του σημείου Σ από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  είναι ίσες με  $r_1 = 5 \text{ m}$  και  $r_2 = 3 \text{ m}$  αντίστοιχα.
- Γ2.** Να υπολογίσετε πόσες φορές ακινητοποιείται στιγμιαία το σημείο Σ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή στην οποία συμβάλλουν τα κύματα στο σημείο αυτό.
- Γ3.** Να υπολογίσετε το πλήθος των σημείων αποσβεστικής συμβολής που υπάρχουν στο ευθύγραμμο τμήμα ΣΛ.

**Γ4.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας ταλάντωσης του υλικού σημείου Σ τις χρονικές στιγμές στις οποίες η επιτάχυνσή του είναι  $\alpha = +32\sqrt{3} \text{ m/s}^2$ .

Μεταβάλλουμε τη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών, ώστε να παραμένουν σύγχρονες.

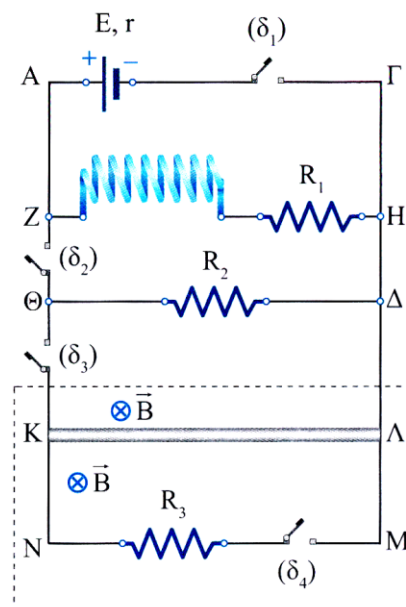
**Γ5.** Να υπολογίσετε την ελάχιστη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών, ώστε στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ να υπάρχουν 6 σημεία αποσβεστικής συμβολής.

Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

Μονάδες (6 + 4 + 5 + 5 + 5) 25

### ► ΘΕΜΑ Δ

Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί ΑΝ και ΓΜ του διπλανού σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται, μέσω διακόπτη  $(\delta_1)$ , με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ  $E = 9 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 1 \Omega$ , ενώ τα άκρα τους Ν και Μ συνδέονται, μέσω διακόπτη  $(\delta_4)$ , με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_3 = 1 \Omega$ . Μεταξύ των σημείων Ζ και Η των δύο κατακόρυφων αγωγών αντίστοιχα έχει συνδεθεί ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$  σε σειρά με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 6 \Omega$ , ενώ μεταξύ των σημείων των αγωγών Θ και Δ έχει συνδεθεί αντιστάτης ωμικής αντίστασης  $R_2 = 3 \Omega$ . Ανάμεσα στα σημεία Ζ και Θ του αγωγού ΑΝ παρεμβάλλεται διακόπτης  $(\delta_2)$ .



Οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$ , μάζας  $m = 0,5 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_{\text{ΚΛ}} = 1,25 \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς, έχοντας τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτούς. Ανάμεσα στο άκρο Κ του αγωγού ΚΛ και το σημείο Θ του αγωγού ΑΝ παρεμβάλλεται διακόπτης  $(\delta_3)$ . Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$  του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο των αγωγών ΑΝ και ΓΜ.

Αρχικά, όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί. Για όσο χρόνο ο διακόπτης ( $\delta_3$ ) είναι ανοικτός ο αγωγός ΚΛ συγκρατείται σε οριζόντια θέση.

Κάποια χρονική στιγμή κλείνουμε, ταυτόχρονα, τους διακόπτες ( $\delta_1$ ) και ( $\delta_2$ ), ενώ διατηρούμε ανοικτούς τους διακόπτες ( $\delta_3$ ) και ( $\delta_4$ ), οπότε μετά από κάποιο χρονικό διάστημα τα ρεύματα που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος σταθεροποιούνται.

- Δ1. α.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή αμέσως μετά το ταυτόχρονο κλείσιμο των διακοπών ( $\delta_1$ ) και ( $\delta_2$ ).
- β.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της ενέργειας που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.

Κάποια χρονική στιγμή, αφού έχουν σταθεροποιηθεί τα ρεύματα που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος, ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_1$ ) χωρίς να σχηματιστεί σπινθήρας.

- Δ2.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο καθώς και τον ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta_1$ ).

- Δ3. α.** Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού  $V_Z - V_H$  τη χρονική στιγμή στην οποία η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου είναι ίση με το 25% της μέγιστης τιμής της.
- β.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται, λόγω φαινομένου Joule, από τον αντιστάτη  $R_2$  από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta_1$ ) έως τη χρονική στιγμή στην οποία μηδενίζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

Αφού μηδενιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, ανοίγουμε τον διακόπτη ( $\delta_2$ ). Κάποια χρονική στιγμή μετά το άνοιγμα του διακόπτη ( $\delta_2$ ), που τη θεωρούμε ως χρονική στιγμή  $t = 0$ , εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ κατακόρυφα προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 10 \text{ m/s}$  και, ταυτόχρονα, κλείνουμε τους διακόπτες ( $\delta_3$ ) και ( $\delta_4$ ). Από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και μετά αρχίζει να ασκείται στο μέσον του αγωγού ΚΛ κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}$  με φορά προς τα πάνω, ώστε ο αγωγός ΚΛ να επιβραδύνεται με σταθερή επιβράδυνση μέτρου  $a = 2 \text{ m/s}^2$ , παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με τους αγωγούς ΑΝ και ΓΜ.

**Δ4. α.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ και να υπολογίσετε το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία ακινητοποιείται στιγμιαία.

**β.** Να υπολογίσετε την ισχύ της δύναμης  $\vec{F}$  τη χρονική στιγμή  $t = 2$  s.

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η δύναμη  $\vec{F}$  σταθεροποιείται στην τιμή που απέκτησε.

**Δ5.** Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας που αποκτά ο αγωγός ΚΛ τη χρονική στιγμή  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ).

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Να θεωρήσετε ότι ο διακόπτης ( $\delta_2$ ) δεν εμποδίζει την κίνηση του αγωγού ΚΛ και ότι ο αγωγός ΚΛ κατά τη διάρκεια της κίνησής του δεν συγκρούεται με κάποιον από τους αντιστάτες  $R_2$  και  $R_3$ .

Μονάδες (6 + 4 + 5 + 5 + 5) 25

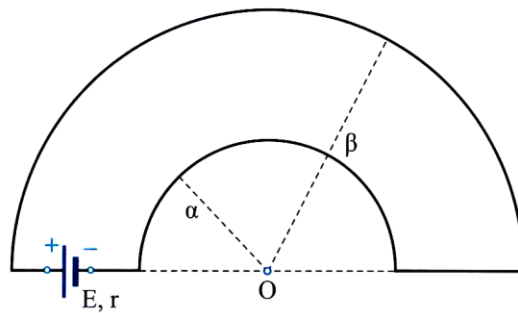
## 20ό Κριτήριο Αξιολόγησης

Διάρκεια εξέτασης: 180 min

### ► ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1 – Α4 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.

- Α1.** Ο αγωγός του ακόλουθου σχήματος διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$  και αποτελείται από δύο ομόκεντρα ημικυκλικά τμήματα  $\alpha$  και  $\beta = 2\alpha$ , τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με δύο ακτινικά ευθύγραμμα τμήματα.



Αν η μαγνητική διαπερατότητα του κενού είναι ίση με  $\mu_0$ , τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός στο κέντρο  $O$  των δύο ημικυκλικών τμημάτων είναι:

**α.**  $B = \frac{\mu_0 I}{4\alpha}$ .

**β.**  $B = \frac{3\mu_0 I}{4\alpha}$ .

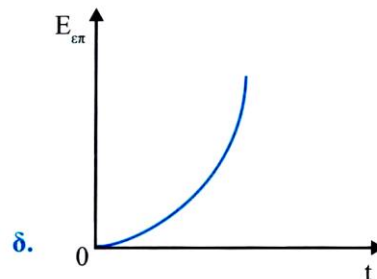
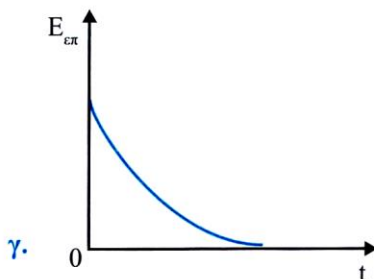
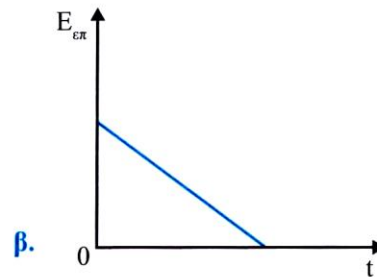
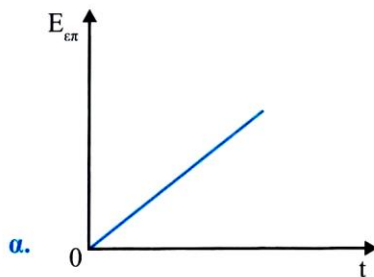
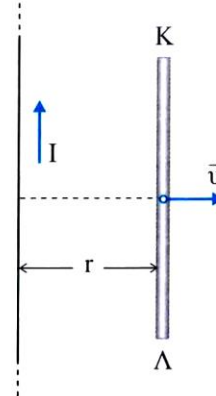
**γ.**  $B = \frac{\mu_0 I}{8\alpha}$ .

**δ.**  $B = \frac{3\mu_0 I}{8\alpha}$ .

› Επαναληπτικά Κριτήρια Αξιολόγησης

**A2.** Ακίνητο μεταλλικό σύρμα μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ . Μια μεταλλική λεπτή ράβδος ΚΛ βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το σύρμα και απομακρύνεται από αυτό με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$  παραμένοντας συνεχώς παράλληλη με το σύρμα.

Αν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  οι άξονες των δύο αγωγών ταυτίζονται, τότε η γραφική παράσταση της ΗΕΔ από επαγωγή  $E_{επ}$  που αναπτύσσεται στη ράβδο ΚΛ σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος:



**A3.** Πηνίο μήκους  $\ell$  έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ . Αν κόψουμε το πηνίο στη μέση, τότε καθένα από τα δύο πηνία που προκύπτουν θα έχει συντελεστή αυτεπαγωγής:

**α.**  $\frac{L}{4}$ .

**β.**  $\frac{L}{2}$ .

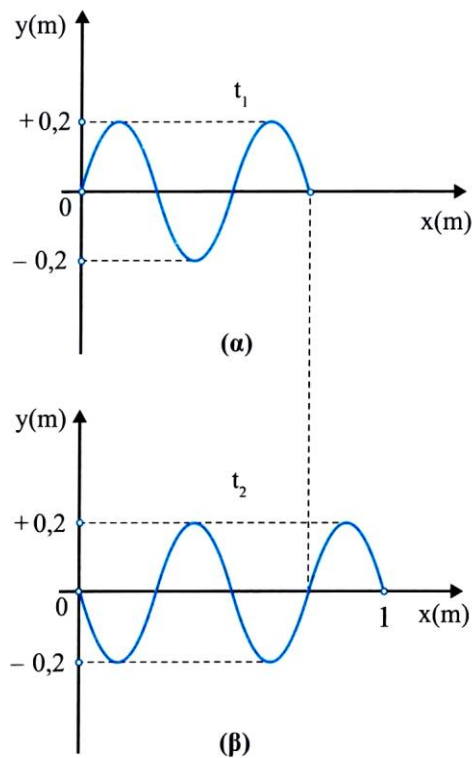
**γ.**  $L$ .

**δ.**  $2L$ .



► ΘΕΜΑ Β

**Β1.** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ , προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα. Το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται από τη θέση ισορροπίας του με θετική ταχύτητα. Στα διαγράμματα (α) και (β) του ακόλουθου σχήματος απεικονίζονται τα στιγμιότυπα του κύματος στον θετικό ημιάξονα τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2 = t_1 + 0,1$  s αντίστοιχα.



Η εξίσωση του στιγμιότυπου του κύματος στο S.I. τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι η:

**α.**  $y = 0,2\eta\mu 2\pi(1,5 - 2x)$  (S.I.).

**β.**  $y = 0,2\eta\mu 2\pi(2 - 2x)$  (S.I.).

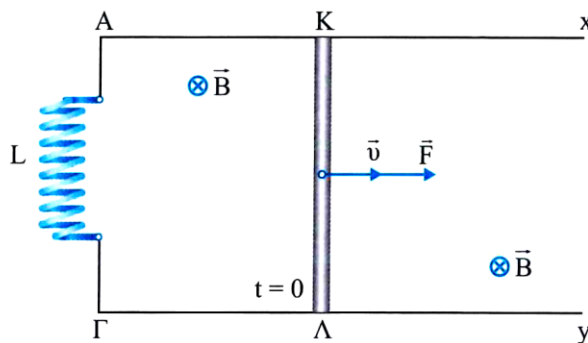
**γ.**  $y = 0,2\eta\mu 2\pi\left(1,5 - \frac{x}{2}\right)$  (S.I.).

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 6) 8

**B2.** Τα οριζόντια, παράλληλα μεταλλικά σύρματα Αx και Γy του ακόλουθου σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέονται με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$ . Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell = 1 \text{ m}$ , μάζας  $m = 1 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R = 1 \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στα σύρματα Αx και Γy, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε συνεχή επαφή με αυτά. Ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται συνεχώς μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ οριζόντια προς τα δεξιά με ταχύτητα  $\bar{v}_0$  και, ταυτόχρονα, αρχίζουμε να ασκούμε στο μέσον του οριζόντια δύναμη  $\bar{F}$  που είναι παράλληλη στα σύρματα Αx και Γy και το μέτρο της μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση:  $F = 4t + 4 \text{ (S.I.)}$ .

Ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και μετά κινείται με σταθερή επιτάχυνση μέτρου  $a = 4 \text{ m/s}^2$ .



147

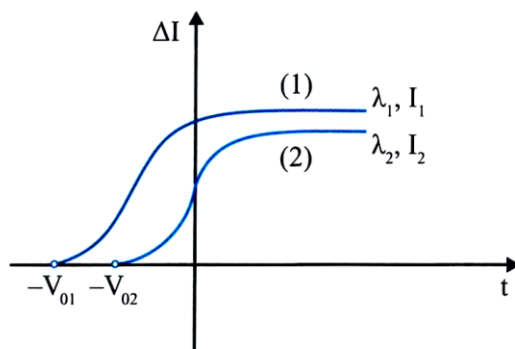
Το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία ο αγωγός αποκτά ταχύτητα μέτρου  $v = 10 \text{ m/s}$  είναι:

- α.**  $q = 2 \text{ C}$ .      **β.**  $q = 4 \text{ C}$ .      **γ.**  $q = 8 \text{ C}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες (2 + 7) 9

**B3.** Στην κάθοδο μιας συσκευής μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου προσπίπτουν δύο μονοχρωματικές ακτινοβολίες (1) και (2) με μήκη κύματος  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  και εντάσεις  $I_1$  και  $I_2$  αντίστοιχα. Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η ένταση  $i$  του ρεύματος των φωτοηλεκτρονίων σε συνάρτηση με τη διαφορά δυναμικού  $\Delta V$  μεταξύ της ανόδου και της καθόδου για καθεμία από τις ακτινοβολίες (1) και (2).



Αν το πλήθος των φωτονίων ανά μονάδα χρόνου που προσπίπτει στην κάθοδο είναι μεγαλύτερος για την ακτινοβολία (1), τότε ισχύει:

- α.  $\lambda_2 > \lambda_1$  και  $I_2 > I_1$ .
- β.  $\lambda_2 > \lambda_1$  και  $I_2 < I_1$ .
- γ.  $\lambda_2 < \lambda_1$  και  $I_2 < I_1$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

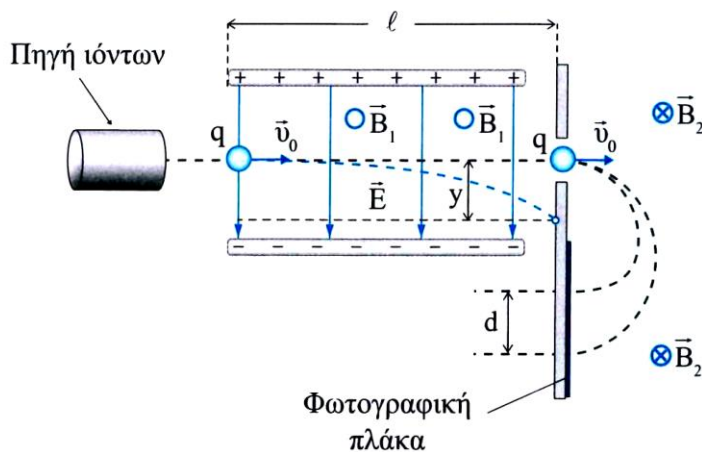
Μονάδες (2 + 6) 8

### ΘΕΜΑ Γ

Λεπτή δέσμη ιόντων χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) που αποτελείται από δύο ισότοπα χλωρίου διέρχεται από το φίλτρο ταχυτήτων ενός φασματογράφου μάζας όπου συνυπάρχουν ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  και ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου  $E = 3,5 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ , τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην αρχική ταχύτητα των ιόντων. Τα ιόντα που εισέρχονται στο φίλτρο ταχυτήτων με αρχική ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 1,25 \cdot 10^4 \text{ m/s}$  κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά μέσα σε αυτό στη διεύθυνση της αρχικής τους ταχύτητας και αφού διανύσουν απόσταση  $\ell = 1,25 \text{ cm}$  μέσα στο φίλτρο ταχυτήτων, διέρχονται από μια λεπτή οπή ενός διαφράγματος, του οποίου η επιφάνεια είναι κάθετη στη διεύθυνση της δέσμης. Αμέσως μετά τη διέλευσή τους από την οπή, τα ιόντα εισέρχονται σε μια περιοχί

όπου υπάρχει άλλο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B_2 = 0,1 \text{ T}$ , του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην ταχύτητα των ιόντων, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1**. Τα ιόντα, αφού διαγράψουν μέσα στο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  ημικυκλική τροχιά, επιστρέφουν στο διάφραγμα και πέφτουν πάνω σε φωτογραφική πλάκα αφήνοντας δύο ίχνη, τα οποία απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 5 \text{ mm}$ .

Αν καταργήσουμε το μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  του φίλτρου ταχυτήτων, τότε τα ιόντα του ελαφρύτερου ισότοπου του χλωρίου, τα οποία εισέρχονται στο ηλεκτρικό πεδίο με αρχική ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , αποκλίνουν από τη διεύθυνση της αρχικής τους ταχύτητας και κατά την έξοδό τους από το ηλεκτρικό πεδίο πέφτουν πάνω στην επιφάνεια του διαφράγματος. Η κατακόρυφη απόκλισή τους από τη χρονική στιγμή στην οποία εισέρχονται στο ηλεκτρικό πεδίο μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία προσπίπτουν πάνω στην επιφάνεια του διαφράγματος είναι  $y = 5 \text{ mm}$ .

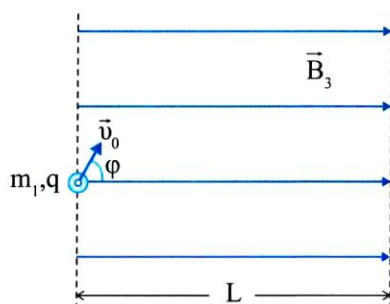


Σχήμα 1

- Γ1.** Να σχεδιάσετε την ένταση  $\vec{B}_1$  του μαγνητικού πεδίου του φίλτρου ταχυτήτων και να υπολογίσετε το μέτρο της.
- Γ2.** Να αποδείξετε ότι η μάζα του ελαφρύτερου ισότοπου του χλωρίου είναι  $m_1 = 56 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .
- Γ3.** Να αποδείξετε ότι η μάζα του βαρύτερου ισότοπου του χλωρίου είναι  $m_2 = 59,2 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

**Γ4.** Να υπολογίσετε τη χρονική διαφορά με την οποία εμφανίζονται τα ίχνη που αφήνουν πάνω στη φωτογραφική πλάκα τα ιόντα των δύο ισότοπων του χλωρίου.

Σε μια άλλη περίπτωση τα ιόντα του ελαφρύτερου ισότοπου του χλωρίου εκτοξεύονται από σημεία A ενός οριζόντιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B_3 = 3,5 \cdot 10^{-1}$  T με ταχύτητα μέτρου  $v_0$ , η οποία σχηματίζει γωνία  $\varphi = 60^\circ$  με την κατεύθυνση των μαγνητικών, όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**. Το ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_3$  εκτείνεται σε οριζόντια απόσταση  $L = 1,25\pi$  m.



Σχήμα 2

**Γ5.** Να υπολογίσετε το πλήθος των περιστροφών που εκτελούν τα ιόντα του χλωρίου, μέχρι να εξέλθουν από το μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_3$ .

Δίνεται ότι το φορτίο κάθε ισότοπου του χλωρίου είναι  $q = -e$ , όπου  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις να θεωρηθούν αμελητέες.

Μονάδες (5+5+5+5) 25

### ► ΘΕΜΑ Δ

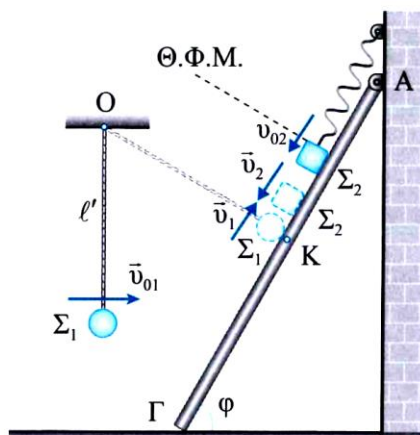
Η ομογενής λεπτή, λεία ράβδος ΑΓ του επόμενου σχήματος έχει μάζα  $M_p = 4$  kg και μήκος  $\ell = 2$  m. Το άκρο Α της ράβδου αρθρώνεται σε κατακόρυφο τοίχο, ενώ το άλλο άκρο της Γ εφάπτεται σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Η ράβδος μπορεί να περιστρέφεται, χωρίς τριβές, σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από την άρθρωσή της και ισορροπεί ακίνητη, σχηματίζοντας γωνία  $\varphi = 60^\circ$  με το οριζόντιο δάπεδο. Στο μέσον Κ της ράβδου ισορροπεί ακίνητο σώμα  $\Sigma_2$  μάζας  $m_2 = 4$  kg. Το σώμα  $\Sigma_2$  είναι δεμένο στο ένα άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k = 100$  N/m, του οποίου το άλλο άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο στον τοίχο. Η διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου είναι παράλληλη με τη διεύθυνση της ράβδου.

Ένα άλλο σφαιρικό σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_1 = 4 \text{ kg}$  ισορροπεί ακίνητο, δεμένο στο ένα άκρο κατακόρυφου αβαρούς και μη εκτατού νήματος μήκους  $\ell' = 1,6 \text{ m}$ , του οποίου το άλλο άκρο είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο  $O$ . Η ράβδος και το νήμα βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο.

Εκτρέπουμε το σώμα  $\Sigma_2$  από τη θέση ισορροπίας του στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου, μέχρι τη θέση όπου το ελατήριο αποκτά το φυσικό του μήκος και στη συνέχεια το εκτοξεύουμε από τη θέση αυτή με ταχύτητα μέτρου  $v_{02} = 1 \text{ m/s}$ , η οποία είναι παράλληλη προς τη ράβδο και έχει φορά προς τα κάτω. Το σώμα  $\Sigma_2$  μετά την εκτόξευσή του εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς  $D = k$ .

Κάποια χρονική στιγμή εκτοξεύουμε και το σώμα  $\Sigma_1$  με οριζόντια ταχύτητα μέτρου  $v_{01} = 5 \text{ m/s}$ , ώστε να αρχίσει να κινείται κυκλικά αντίθετα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  στην οποία η ταχύτητα του σώματος  $\Sigma_1$  γίνεται για πρώτη φορά παράλληλη με τη ράβδο συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με το σώμα  $\Sigma_2$ , το οποίο ακριβώς πριν από την κρούση διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κινούμενο προς τα κάτω.



- Δ1.** Να υπολογίσετε τα μέτρα των ταχυτήτων των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  ακριβώς πριν από την κρούση.
- Δ2.** Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της στροφορμής του σώματος  $\Sigma_1$ , εξαιτίας της κρούσης, ως προς οριζόντιο άξονα ( $p$ ) που διέρχεται από το κέντρο  $O$  της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει και είναι κάθετος στο επίπεδό της.

- Δ3.** Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος  $\Sigma_1$  καθώς και το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της στροφορμής του ως προς τον άξονα (p) τη χρονική στιγμή αμέσως μετά την κρούση.
- Δ4.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσης που εκτελεί το σώμα  $\Sigma_2$  μετά την κρούση, θεωρώντας ως θετική φορά τη φορά από το άκρο Γ προς το άκρο Α της ράβδου και στη συνέχεια να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες από τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t = 0,8\pi$  s.
- Δ5.** Να υπολογίσετε τα μέτρα των δυνάμεων που δέχεται η ράβδος από το οριζόντιο δάπεδο και από την άρθρωση τις χρονικές στιγμές, μετά την κρούση, στις οποίες το σώμα  $\Sigma_2$  κινείται με ταχύτητα  $v = +1,5\sqrt{3}$  m/s επιταχυνόμενο.
- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Να θεωρήσετε ότι:
- Οι διαστάσεις των σωμάτων  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  είναι αμελητέες.
  - Η χρονική διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα.
  - Τα σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  συγκρούονται μόνο μία φορά.

Μονάδες (5 + 5 + 5 + 5 + 5) 25