



ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

22^Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (Πρώτη Φάση)

Κυριακή, 13 Ιανουαρίου, 2008

Ωρα: 10.00 - 13.00

Οδηγίες:

- 1) Το δοκίμιο αποτελείται από πέντε (5) θέματα.
- 2) Να απαντήσετε τα ερωτήματα όλων των θεμάτων.
- 3) Να εκφράζετε τις απαντήσεις σας, όπου χρειάζεται, με ακρίβεια δύο σημαντικών ψηφίων.
- 4) Όταν σε ένα θέμα δεν δίνονται αριθμητικά δεδομένα, να εκφράζετε τις απαντήσεις σας ως συνάρτηση μεγεθών που δίνονται στο αντίστοιχο θέμα.
- 5) Να χρησιμοποιείτε σταθερές που δίνονται στο αντίστοιχο ερώτημα.
- 6) Επιτρέπεται η χρήση μόνο μη προγραμματισμένης υπολογιστικής μηχανής.
- 7) Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υγρού.
- 8) Τα σχήματα των θεμάτων δεν είναι υπό κλίμακα.

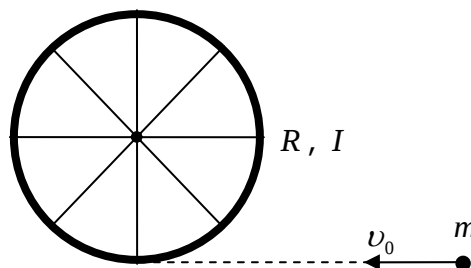
ΘΕΜΑ 1 (15 μονάδες)

Ένας τροχός, ακτίνας R , είναι αρχικά ακίνητος και μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα (χωρίς τριβές) γύρω από οριζόντιο άξονα που περνά από το κέντρο του και κάθετα στην επιφάνεια του. Ο τροχός έχει ροπή αδράνειας I ως προς τον άξονα περιστροφής. Ένα σωματίδιο μάζας m σφηνώνεται εφαιπτομενικά στο κατώτατο σημείο της περιφέρειας του τροχού με ταχύτητα μέτρου v_0 και με διεύθυνση παράλληλη με το επίπεδο του τροχού. Το χρονικό διάστημα της κρούσης είναι αμελητέο. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g .

(α) Να εξηγήσετε ποια ή ποιες αρχές διατήρησης ισχύουν στο σύστημα τροχού-σωματιδίου (i) κατά τη διάρκεια της κρούσης. (ii) μετά την κρούση.

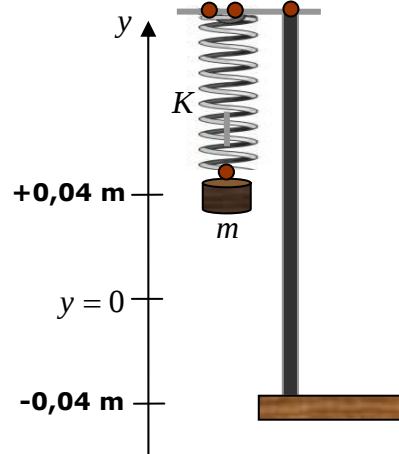
(β) Να εξάγετε τη σχέση που δίνει το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας του τροχού, ω_0 , αμέσως μετά την κρούση.

(γ) Να εξάγετε τη σχέση που πρέπει να ικανοποιεί το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου, v_0 , ώστε ο τροχός να μπορεί να κάνει πλήρεις περιστροφές.



ΘΕΜΑ 2 (20 μονάδες)

Ένα σώμα, μάζας $m = 100\text{ g}$, συνδέεται στο ένα άκρο αβαρούς ελατηρίου, σταθεράς $K = 10\text{ N/m}$ και ισορροπεί στο σημείο όπου $y = 0$. Μετατοπίζουμε το σώμα κατακόρυφα προς τα πάνω, προς τη θετική y διεύθυνση, κατά $0,04\text{ m}$ από το σημείο ισορροπίας, όπως δείχνει το σχήμα, και τη χρονική στιγμή $t = 0$ το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα στη συνέχεια εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\text{ m/s}^2$.



(α) Να εξάγετε την εξίσωση της ταλάντωσης του σώματος, $y = f(t)$.

(β) Να σχεδιάσετε στους ίδιους βαθμολογημένους άξονες, ως συνάρτηση της θέσης y , τη γραφική παράσταση (i) της κινητικής ενέργειας και (ii) της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσης. (iii) Να προσδιορίσετε τα σημεία τομής των δύο γραφικών παραστάσεων και να δώσετε μια φυσική ερμηνεία για τα σημεία αυτά.

(γ) (i) Να εξάγετε τη σχέση που δίνει τη δύναμη που ασκείται στο σώμα από το ελατήριο, ως συνάρτηση του χρόνου, $F_{ελ} = f(t)$. (ii) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τη γραφική παράσταση $F_{ελ} = f(t)$, για $0 \leq t \leq T$, όπου T είναι η περίοδος της ταλάντωσης.

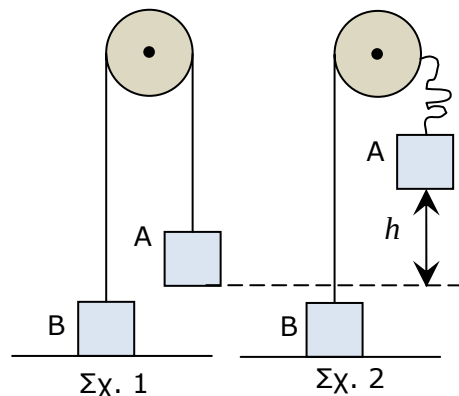
(δ) Όταν το σώμα περνά από τη θέση ισορροπίας, $y = 0$, με φορά προς τα κάτω εκρήγνυται σε δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι, μάζας $m_1 = 80\text{ g}$, παραμένει στο ελατήριο. Το δεύτερο κομμάτι, μάζας $m_2 = 20\text{ g}$, που χάνει επαφή με το ελατήριο, έχει, αμέσως μετά την έκρηξη, ταχύτητα μέτρου $v_2 = 2\text{ m/s}$, με φορά κατακόρυφα προς τα κάτω. Η διάρκεια της έκρηξης είναι αμελητέα.

(i) Να υπολογίσετε την ταχύτητα του πρώτου κομματιού, μάζας m_1 , αμέσως μετά την έκρηξη. Να αναφέρετε την αρχή διατήρησης στην οποία στηριχτήκατε για τον υπολογισμό αυτό.

(ii) Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης της μάζας m_1 μετά την έκρηξη.

ΘΕΜΑ 3 (20 μονάδες)

Τα δύο σώματα Α και Β στο Σχ. 1, με μάζες $m_1 = 2\text{ kg}$ και $m_2 = 3\text{ kg}$, αντίστοιχα, είναι συνδεδεμένα με αβαρές μη εκτατό νήμα. Το νήμα περνά μέσα από μια αβαρή τροχαλία που μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που περνά από το κέντρο της, όπως δείχνει το Σχ. 2. Ανασηκώνουμε το σώμα Α κατακόρυφα κατά $h = 1,8\text{ m}$ και το αφήνουμε να κινηθεί ελεύθερα, όπως δείχνει το Σχ. 2.



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

(α) Να υπολογίσετε το μέτρο των ταχυτήτων των δύο σωμάτων, αμέσως μετά το τέντωμα του νήματος.

(β) Να εξηγήσετε ποιοτικά πως θα αλλάξει η απάντηση του ερωτήματος (α), εάν το βάρος της τροχαλίας δεν ήταν αμελητέο.

(γ) Να εξηγήσετε εάν παρατηρείται απώλεια μηχανικής ενέργειας του συστήματος κατά το τέντωμα του νήματος. Στην περίπτωση που παρατηρείται απώλεια μηχανικής ενέργειας, να την υπολογίσετε.

(δ) Να υπολογίσετε το διάστημα που διανύει το σώμα Β από τη στιγμή που τεντώνει το νήμα, μέχρι τη στιγμή που το σώμα Β βρίσκεται ξανά στην αρχική του θέση.

(ε) Να υπολογίσετε το χρονικό διάστημα που περνά από τη στιγμή που αφήνουμε το σώμα Α να κινηθεί ελεύθερα μέχρι τη στιγμή που το σώμα Β βρεθεί ξανά στην αρχική του θέση.

(στ) Να περιγράψετε ποιοτικά την κίνηση των σωμάτων, αμέσως μετά το τέντωμα του νήματος, στην περίπτωση που $m_1 > m_2$.

ΘΕΜΑ 4 (20 μονάδες)

(α) Να διατυπώσετε τον ορισμό της απλής αρμονικής ταλάντωσης.

(β) Να διατυπώσετε την ικανή και αναγκαία συνθήκη ώστε ένα σώμα να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.

(γ) (i) Με βάση την αναγκαία και ικανή συνθήκη για απλή αρμονική ταλάντωση, να αποδείξετε τη σχέση: $\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{D}{m} y = 0$, όπου y είναι η θέση του σώματος μάζας m ως προς το σημείο ισορροπίας και D είναι η σταθερά της ταλάντωσης.

(ii) Να αποδείξετε επίσης ότι η σχέση $\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{D}{m} y = 0$ προκύπτει από την ενέργεια ενός απλού αρμονικού ταλαντωτή, η οποία παραμένει σταθερή με το χρόνο.

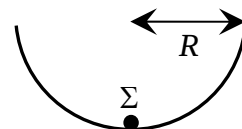
(iii) Με δεδομένο ότι η λύση της $\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{D}{m} y = 0$ είναι η συνάρτηση

$y = y_0 \eta \mu \left(\sqrt{\frac{D}{m}} t + \theta_0 \right)$ (η οποία περιγράφει απλή αρμονική ταλάντωση που

είναι περιοδική κίνηση), να αποδείξετε τη σχέση $D = m\omega^2$, όπου $\omega = \frac{2\pi}{T}$ και

T είναι η περίοδος της ταλάντωσης.

(δ) Ένα σωματίδιο (υλικό σημείο) Σ μάζας m μπορεί να κινείται χωρίς τριβές στο εσωτερικό ενός ακίνητου ημισφαιρικού δοχείου ακτίνας R . Απομακρύνουμε το σωματίδιο από τη θέση ισορροπίας του και το αφήνουμε να κινηθεί χωρίς τριβές. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g .

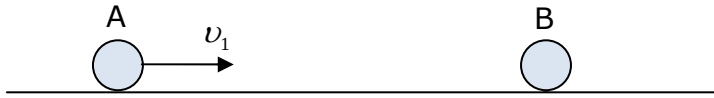


(i) Να αποδείξετε ότι για μικρές μετατοπίσεις, ως προς το σημείο ισορροπίας του σωματιδίου, η κίνησή του είναι απλή αρμονική ταλάντωση.

(ii) Να εξαγάγετε τη σχέση για την περίοδο της απλής αρμονικής ταλάντωσης του σωματιδίου.

ΘΕΜΑ 5 (25 μονάδες)

(Α) Μια σφαίρα Α, μάζας m_1 , κινείται με ταχύτητα μέτρου v_1 και συγκρούεται κεντρικά με δεύτερη σφαίρα Β, μάζας m_2 , που είναι αρχικά ακίνητη. Η κρούση είναι τελείως ελαστική και οι σφαίρες εκτελούν μόνο μεταφορική κίνηση σε οριζόντια επιφάνεια χωρίς τριβές.



(α) Να εξηγήσετε ποια ή ποιες αρχές διατήρησης ισχύουν στο σύστημα των δύο σφαιρών **(i)** κατά τη διάρκεια της κρούσης **(ii)** πριν και μετά την κρούση.

(β) (i) Να αποδείξετε τη σχέση: $\frac{E_{2(B)}}{E_{1(A)}} = \frac{4 \frac{m_2}{m_1}}{(1 + \frac{m_2}{m_1})^2}$, όπου $E_{2(B)}$ είναι η

κινητική ενέργεια της σφαίρας Β μετά την κρούση και $E_{1(A)}$ είναι η κινητική ενέργεια της σφαίρας Α πριν την κρούση.

(ii) Σε μια περίπτωση κρούσης των δύο σφαιρών υπολογίστηκε το πηλίκο $\frac{E_{2(B)}}{E_{1(A)}}$ από την πιο πάνω σχέση και βρέθηκε ότι $\frac{E_{2(B)}}{E_{1(A)}} = 75\%$. Να εξηγήσετε τι εκφράζει το αποτέλεσμα αυτό σε σχέση με την ενέργεια των σωμάτων.

(γ) Να προσδιορίσετε την τιμή του πηλίκου $\frac{m_2}{m_1}$ για την οποία έχουμε

μέγιστη τιμή του πηλίκου $\frac{E_{2(B)}}{E_{1(A)}}$.

(δ) Η τιμή του πηλίκου $\frac{E_{2(B)}}{E_{1(A)}}$, για σταθερές τιμές των v_1 και m_1 ,

ελαττώνεται για διάφορες τιμές του λόγου $\frac{m_2}{m_1}$. Να εξηγήσετε, ποιοτικά, τι

παρατηρείται στο μέτρο των δυνάμεων (μέσες τιμές) που ασκούνται μεταξύ των σωμάτων Α και Β κατά την διάρκεια της κρούσης τους. Θεωρήστε ότι η διάρκεια της κρούσης των σφαιρών παραμένει σε κάθε περίπτωση η ίδια.

(Β) Σε ένα πυρηνικό αντιδραστήρα τα νετρόνια, που παράγονται από τη σχάση βαριών πυρήνων (όπως το $^{235}_{92}\text{U}$), κινούνται με μεγάλες σχετικά ταχύτητες. Για την επιβράδυνση αυτών των νετρονίων, ώστε να μπορούν να προκαλέσουν νέες σχάσεις των βαριών πυρήνων, χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντές κυρίως δευτέριο και άνθρακας. Ο πυρήνας του δευτερίου έχει διπλάσια μάζα από το νετρόνιο ενώ ο πυρήνας του άνθρακα έχει δωδεκαπλάσια μάζα από το νετρόνιο.

(α) Από τη σχέση που αποδείξατε στο ερώτημα (Α) (β), ή με οποιονδήποτε άλλον τρόπο, να υπολογίσετε το ποσοστό της κινητικής ενέργειας που αποβάλλει το νετρόνιο όταν συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με ακίνητο πυρήνα **(i)** δευτερίου και **(ii)** άνθρακα.

(β) Να εξηγήσετε ποιοτικά κατά πόσο θα πετυχαίναμε τον σκοπό μας, δηλαδή τη σχάση των πυρήνων, εάν για την επιβράδυνση αυτών των νετρονίων χρησιμοποιηθούν ακίνητα αρχικά νετρόνια.