

ΕΝΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΥΠΡΟΥ

31^Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

Κυριακή 26 Μαρτίου 2017

Ώρα: 10:30 – 13:30

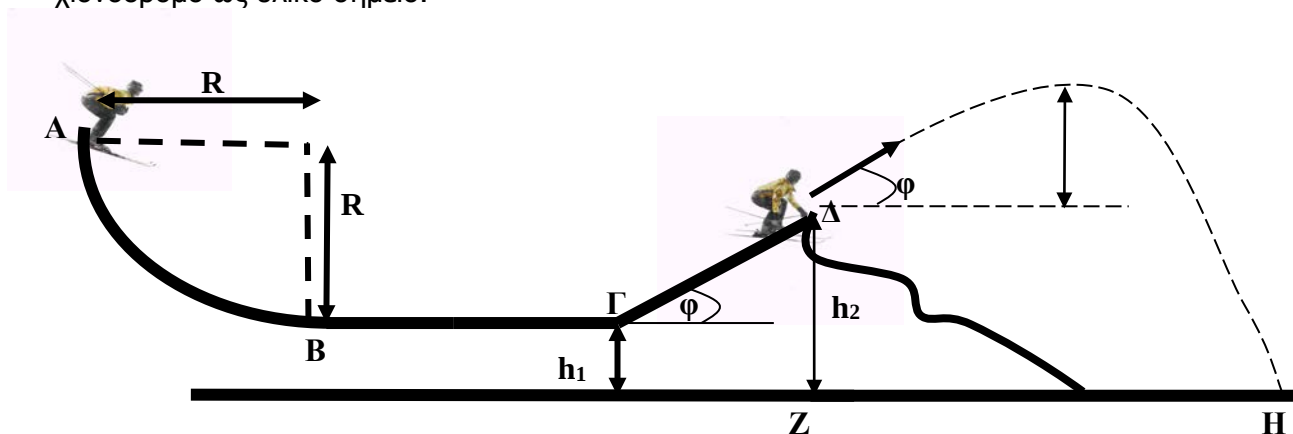
Οδηγίες:

- (1) Το δοκίμιο αποτελείται από οκτώ (8) θέματα και δέκα (10) σελίδες.
- (2) Να απαντήσετε σε όλα τα θέματα.
- (3) Τα σχήματα δεν είναι σχεδιασμένα με κλίμακα.
- (4) Επιτρέπεται η χρήση μόνο μη προγραμματιζόμενης υπολογιστικής μηχανής.
- (5) Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υγρού.
- (6) Επιτρέπεται η χρήση μπλε μελανιού μόνο.
- (7) Οι γραφικές παραστάσεις και τα σχήματα, μπορούν να γίνουν και με μολύβι.
- (8) Οι γραφικές παραστάσεις να γίνουν στο τετραγωνισμένο χαρτί.
- (9) Οι απαντήσεις να δίνονται με τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων, σύμφωνα με τα δεδομένα του κάθε προβλήματος.
- (10) Να χρησιμοποιείτε, όπου χρειάζεται, τις σταθερές που δίνονται στον πιο κάτω πίνακα.

ΣΤΑΘΕΡΕΣ	
Επιτάχυνση της βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης	$g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$
Ένταση του πεδίου βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης.	$g = 9.81 \text{ Nkg}^{-1}$
Παγκόσμια σταθερά βαρύτητας	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
Μέση ακτίνα της Γης	$R_{\text{Γης}} = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$
Μάζα της Γης	$M_{\text{Γης}} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$
Σταθερά Coulomb	$k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
Φορτίο του ηλεκτρονίου	$q_e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Φορτίο πρωτονίου	$q_p = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Μάζα ηλεκτρονίου	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Μάζα πρωτονίου	$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Μάζα νετρονίου	$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Ταχύτητα του φωτός στο κενό	$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

ΘΕΜΑ 1 (15 μονάδες)

Σε ένα χιονοδρομικό κέντρο υπάρχει η χιονοδρομική πίστα του πιο κάτω σχήματος. Η διαδρομή που ακολουθεί ένας χιονοδρόμος ο οποίος ξεκινά από το σημείο Α είναι η ΑΒΓΔ. Από το σημείο Δ εκτελεί πλάγια βολή προς τα πάνω και καταλήγει στο σημείο Η, το οποίο βρίσκεται στη βάση της πλαγιάς. Για την επίλυση του προβλήματος, να θεωρήσετε τον χιονοδρόμο ως υλικό σημείο.



Αν υπάρχουν τριβές μόνο κατά τη διαδρομή ΒΓ (ΒΓ = 50.0 m) με συντελεστή τριβής $\mu = 0.0505$ και ο χιονοδρόμος ξεκινά χωρίς αρχική ταχύτητα από το σημείο Α:

- (α) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας με το οποίο φτάνει στο σημείο Β, αν το τεταρτοκύκλιο ΑΒ έχει ακτίνα 55.0 m. (2 μονάδες)
- (β) Να δείξετε ότι το μέτρο της ταχύτητας με το οποίο φτάνει στο σημείο Δ, αν $h_1 = 18.0$ m και $h_2 = 48.0$ m, είναι 21.0 ms^{-1} . (3 μονάδες)

Στο σημείο Δ ο χιονοδρόμος εκτελεί πλάγια βολή. (δίνεται ότι $\eta\mu\phi = 0.600$ και $\sigma\upsilon\nu\phi = 0.800$).

- (γ) Να γράψετε τις εξισώσεις ταχύτητας και θέσης του χιονοδρόμου, ως συνάρτηση του χρόνου, κατά την πλάγια βολή στους άξονες x και y . (2 μονάδες)
- (δ) Να υπολογίσετε τον χρόνο ανόδου και το μέγιστο ύψος που θα φτάσει ο χιονοδρόμος πάνω από το σημείο Δ. (2 μονάδες)
- (ε) Να υπολογίσετε τον χρόνο πτήσης του χιονοδρόμου από το σημείο Δ μέχρι το σημείο Η στη βάση της πλαγιάς. (2 μονάδες)
- (ζ) Να υπολογίσετε την απόσταση ΖΗ. (1 μονάδα)
- (η) Να υπολογίσετε την ταχύτητα του χιονοδρόμου τη χρονική στιγμή που ακουμπά στο έδαφος. (3 μονάδες)

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Κωνικό εκκρεμές αποτελείται από αβαρές μη εκτατό νήμα μήκους $L = 1.50 \text{ m}$, στο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σώμα μάζας $m = 612 \text{ g}$, το οποίο διαγράφει οριζόντια κυκλική τροχιά με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω , ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία $\theta = 60.0^\circ$ με την κατακόρυφη, όπως φαίνεται στο σχήμα.

(Δίνεται $\sin 60.0^\circ = 0.866$, $\cos 60.0^\circ = 0.500$)

- (α) Να ορίσετε τα εξής φυσικά μεγέθη για την κυκλική κίνηση:

Περίοδος, συχνότητα, γωνιακή ταχύτητα.

(2 μονάδες)

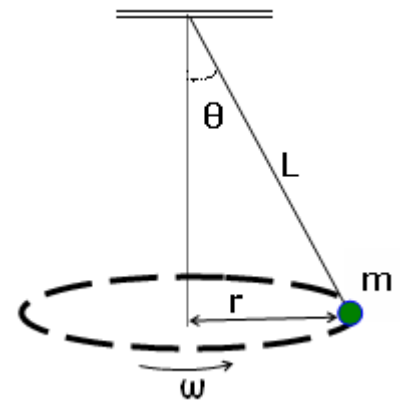
- (β) Να υπολογίσετε:

- (i) Την τάση του νήματος.

(1 μονάδα)

- (ii) Την περίοδο του κωνικού εκκρεμούς.

(1 μονάδα)



- (γ) Αν η γωνιακή ταχύτητα γίνει 2.40 rad.s^{-1} , να βρείτε:

- (i) Τη γωνία που σχηματίζει το νήμα με την κατακόρυφο.

(2 μονάδες)

- (ii) Τη νέα τάση του νήματος.

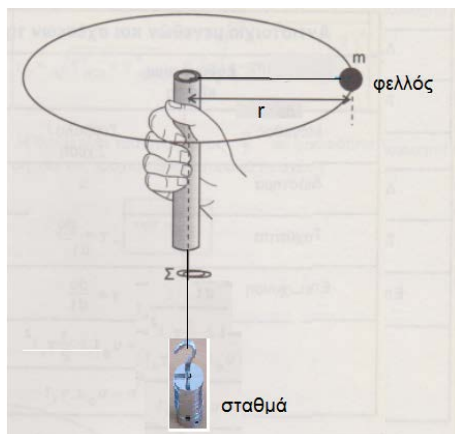
(1 μονάδα)

- (δ) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τη γραφική παράσταση της τάσης του νήματος σε συνάρτηση με τη γωνιακή ταχύτητα ω , όταν η γωνιακή ταχύτητα μεταβάλλεται από 0.00 rad.s^{-1} μέχρι 5.00 rad.s^{-1} .

(3 μονάδες)

ΘΕΜΑ 3 (15 μονάδες)

Μία ομάδα μαθητών με τη χρήση της πιο κάτω πειραματικής διάταξης μελέτησε τη σχέση κεντρομόλου δύναμης (F_k) και περιόδου (T) μιας κυκλικής κίνησης και συμπλήρωσε τον πιο κάτω πίνακα μετρήσεων. Δίνονται : Μάζα σταθμών M , μάζα φελλού m , ακτίνα κυκλικής τροχιάς r .



F_k (N)	T (s)	
0.10	1.60	
0.15	1.39	
0.20	1.30	
0.25	1.18	
0.30	1.10	
0.35	1.04	
0.40	1.00	
0.45	0.95	
0.50	0.90	
0.55	0.87	

- (α) Να γράψετε τα φυσικά μεγέθη που διατήρησαν σταθερά σε αυτό το πείραμα.
(1 μονάδα)
- (β) Ποια δύναμη παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης;
(1 μονάδα)
- (γ) Να εξηγήσετε πώς κατάφεραν οι μαθητές:
- (i) Να μετρήσουν την περίοδο της κυκλικής κίνησης.
(1 μονάδα)
- (ii) Να πάρουν τις διαφορετικές τιμές της κεντρομόλου δύναμης.
(1 μονάδα)
- (δ) Να μεταφέρετε τον πιο πάνω πίνακα μετρήσεων στο τετράδιο απαντήσεων, να συμπληρώσετε κατάλληλα την τελευταία στήλη του, ώστε να χαράξετε κατάλληλη γραφική παράσταση, για να μπορέσετε να επιβεβαιώσετε τη σχέση που συνδέει την κεντρομόλο δύναμη και την περίοδο μιας κυκλικής κίνησης.
(5 μονάδες)
- (ε) Να γράψετε το συμπέρασμα που προκύπτει από τη γραφική παράσταση για τη σχέση της κεντρομόλου δύναμης και της περιόδου μιας κυκλικής κίνησης.
(1 μονάδα)
- (ζ) Αν στο πιο πάνω πείραμα η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ήταν 60.0 cm, να υπολογίσετε από τη γραφική παράσταση τη μάζα του φελλού.
(3 μονάδες)
- (η) Να αναφέρετε μια αιτία σφαλμάτων στο πιο πάνω πείραμα και να εξηγήσετε πως μπορεί αυτό το σφάλμα να ελαχιστοποιηθεί.
(2 μονάδες)

ΘΕΜΑ 4 (10 μονάδες)

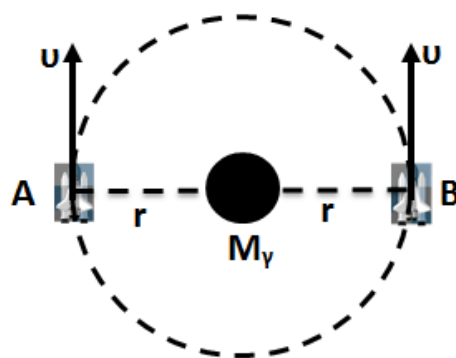
(α) Να διατυπώσετε τον νόμο της παγκόσμιας έλξης. (1 μονάδα)

(β) Δύο όμοιοι δορυφόροι Α και Β μάζας m ο καθένας, κινούνται στην ίδια κυκλική τροχιά ακτίνας r γύρω από τη Γη, αλλά με αντίθετες φορές περιστροφής.

Όλες οι απαντήσεις στα ερωτήματα που ακολουθούν, να εκφραστούν σε συνάρτηση των μεγεθών G , M_Y , m και r .

(i) Να υπολογίσετε το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας των δύο δορυφόρων. (2 μονάδες)

(ii) Αν τη χρονική στιγμή $t = 0$ s βρίσκονται στις αντιδιαμετρικές θέσεις του σχήματος (θέση Α και θέση Β) να βρείτε τον χρόνο μέχρι να συγκρουστούν οι δύο δορυφόροι. (3 μονάδες)



(iii) Να μεταφέρετε στο τετράδιο απαντήσεών σας το πιο πάνω σχήμα και να σημειώσετε τη θέση όπου οι δύο δορυφόροι θα συγκρουστούν. (1 μονάδα)

(iv) Αν η κρούση είναι πλαστική (δηλαδή ένα συσσωμάτωμα), να υπολογίσετε την ολική μηχανική ενέργεια του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση. (2 μονάδες)

(v) Να υπολογίσετε την απώλεια της μηχανικής ενέργειας από την κρούση. (1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 5 (10 μονάδες)

- (α) Να διατυπώσετε τον γενικευμένο 2^ο νόμο του Νεύτωνα.
(1 μονάδα)
- (β) Σε σώμα μάζας m που κινείται με ταχύτητα μέτρου u_0 , σε λείο οριζόντιο επίπεδο, δρα δύναμη F σταθερού μέτρου, με φορά αντίθετη της u_0 . Θεωρούμε θετική τη φορά της u_0 .
Οι απαντήσεις σας να δοθούν σε συνάρτηση των μεγεθών m , F , και u_0 .
- Όταν η μεταβολή της ορμής του σώματος είναι $-4m \cdot u_0$ να υπολογιστούν:
- (i) Η ταχύτητα του σώματος.
(3 μονάδες)
- (ii) Η χρονική διάρκεια κατά την οποία προκλήθηκε η προηγούμενη μεταβολή ορμής.
(2 μονάδες)
- (iii) Το έργο της δύναμης F για τη μετατόπιση κατά την οποία η δύναμη F είναι ομόρροπη με την ταχύτητα του σώματος.
(2 μονάδες)
- (iv) Το μέτρο της μετατόπισης που αντιστοιχεί στο έργο που υπολογίσατε στο ερώτημα (iii).
(2 μονάδες)

ΘΕΜΑ 6 (15 μονάδες)

- (Α) Τα σώματα Α και Β του πιο κάτω σχήματος, με μάζες 150.0 g και 300.0 g αντίστοιχα, κινούνται σε οριζόντιο επίπεδο χωρίς τριβές στην ίδια διεύθυνση αλλά με αντίθετη φορά. Οι ταχύτητές τους έχουν μέτρο $u_A = 2.50 \text{ m/s}$ και $u_B = 1.25 \text{ m/s}$ αντίστοιχα. Τα σώματα συγκρούονται κεντρικά – μετωπικά.



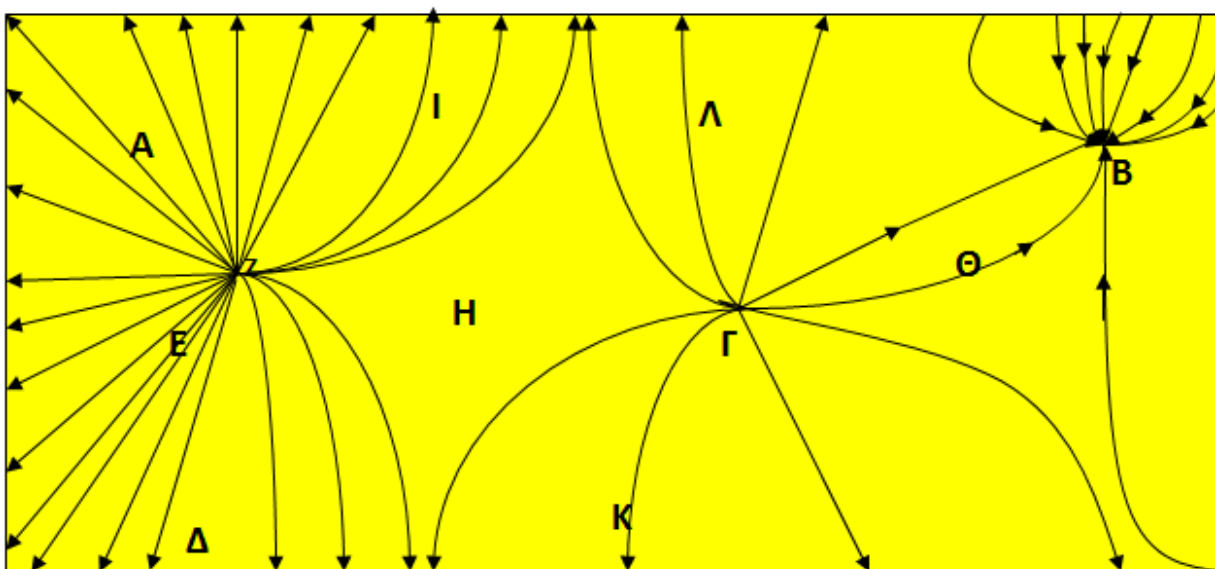
- (α) Τι ονομάζουμε κρούση δύο σωμάτων;
(1 μονάδα)
- (β) Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι κρούσεις, με κριτήριο τη διατήρηση ή όχι της κινητικής ενέργειας;
(1 μονάδα)
- (γ) Αν η κρούση είναι πλαστική, να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωμάτων μετά την κρούση και να καθορίσετε την κατεύθυνσή της.
(2 μονάδες)
- (δ) Αν η κρούση είναι ελαστική, να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωμάτων μετά την κρούση και να καθορίσετε την κατεύθυνσή της.
(Δίνεται η σχέση: $\vec{u}_A + \vec{v}_A = \vec{u}_B + \vec{v}_B$, όπου $\vec{u}$ και $\vec{v}$ οι ταχύτητες πριν και μετά την κρούση αντίστοιχα.)
(3 μονάδες)
- (ε) Για το ερώτημα (δ), να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες, στο ίδιο διάγραμμα, την ορμή του κάθε σώματος καθώς και του συστήματος των δύο σωμάτων, πριν, κατά και μετά την κρούση, για χρονικό διάστημα $0 < \Delta t < 5.0 \text{ s}$, θεωρώντας ότι η κρούση ξεκινά τη χρονική στιγμή $t_1 = 2.0 \text{ s}$ και διαρκεί $\Delta t = 0.50 \text{ s}$.
(5 μονάδες)
- (Β) Δύο πολύ μικρές (αμελητέων διαστάσεων) μπάλες Α και Β με μάζα 0.150 Kg η κάθε μία, συνδέονται μεταξύ τους με αβαρές και μη εκτατό νήμα μήκους 31.9 cm. Οι μπάλες βρίσκονται στο έδαφος και εφάπτονται, ώστε να μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα κέντρα μάζας τους συμπίπτουν. Τη χρονική στιγμή $t = 0$, δίνουμε στην μπάλα Α κατακόρυφη αρχική ταχύτητα προς τα πάνω, μέτρου 6.50 m/s. Θεωρήστε την αντίσταση του αέρα αμελητέα και το τέντωμα του σχοινιού ακαριαίο.
- Να υπολογίσετε το μέγιστο ύψος που θα φθάσει η μπάλα Α.
(3 μονάδες)

ΘΕΜΑ 7 (15 μονάδες)

A. (α) Να ορίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του.

(1 μονάδα)

(B) Το πιο κάτω διάγραμμα δείχνει τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές σε μια περιοχή ενός ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργείται από ακίνητα σημειακά ηλεκτρικά φορτία. Το διάγραμμα δεν αφορά ολόκληρο το πεδίο που δημιουργείται αλλά είναι μέρος του. Πάνω στο διάγραμμα σημειώνονται σημεία (A, B, Γ, Δ, E, H, Θ, I, K, και Λ). Τα σημεία που αναφέρονται δεν έχουν κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό.



Με βάση το πιο πάνω διάγραμμα των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών, να απαντήσετε στα πιο κάτω ερωτήματα.

(α) Να αναφέρετε τον αριθμό των ηλεκτρικών φορτίων που υπάρχουν στο διάγραμμα.

(1 μονάδα)

(β) Να γράψετε το είδος των ηλεκτρικών φορτίων, αναφέροντας και το γράμμα που βρίσκεται πλησιέστερά τους.

(3 μονάδες)

(γ) Να αναφέρετε το ηλεκτρικό φορτίο που έχει το μεγαλύτερο μέτρο.

(1 μονάδα)

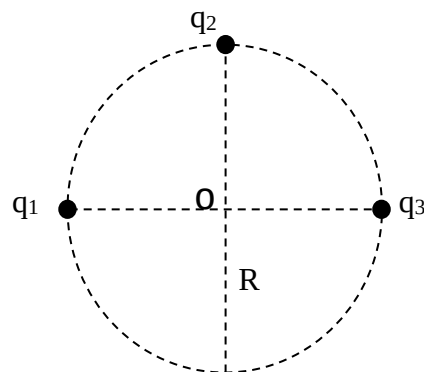
(δ) Να προσδιορίσετε σε ποιο από τα σημεία A, E, I, K και H, το πεδίο έχει τη μεγαλύτερη ένταση.

(1 μονάδα)

- (ε) Να κατατάξετε τα σημεία Α, Ε, Ι, Κ και Η, σε σχέση με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, γράφοντας πρώτα το σημείο που έχει την μικρότερη ένταση.
(2 μονάδες)
- (στ) Να κατατάξετε τα σημεία Α, Β, Η, Θ και Κ, σε σχέση με το δυναμικό τους, γράφοντας πρώτα το σημείο που έχει το μεγαλύτερο δυναμικό.
(2 μονάδες)
- (ζ) Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση που θα ακολουθήσει ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο, αν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Θ.
(1 μονάδα)
- (η) Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση που θα ακολουθήσει ένα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, αν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Δ.
(1 μονάδα)
- (θ) Λίγο πιο πάνω και δεξιά στον χώρο του πεδίου που εμφανίζεται στο διάγραμμα, από τη μορφή των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών, μπορούμε να καταλάβουμε ότι υπάρχει ακόμα ένα ηλεκτρικό φορτίο.
- (i) Να σχεδιάσετε στο τετράδιο απαντήσεών σας το πάνω δεξιά κομμάτι του πεδίου. Να προσδιορίσετε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση αυτού του ηλεκτρικού φορτίου και να καθορίσετε το είδος του.
(1 μονάδα)
- (ii) Να συμπληρώσετε τις δυναμικές γραμμές, στον χώρο μεταξύ του ηλεκτρικού φορτίου στη θέση Β και του ζητούμενο ηλεκτρικού φορτίου.
(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 8 (10 μονάδες)

Τρία φορτία $q_1 = +2.50 \mu\text{C}$, $q_2 = -5.00 \mu\text{C}$ και $q_3 = -2.50 \mu\text{C}$ βρίσκονται τοποθετημένα (ακλώνητα) στον αέρα σε περιφέρεια κύκλου ακτίνας $R = 50.0 \text{ cm}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Ζητούνται:

- (α) Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο O του κύκλου.
(4 μονάδες)
- (β) Το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο O του κύκλου.
(2 μονάδες)
- (γ) Το έργο των δυνάμεων του ηλεκτρικού πεδίου κατά την μετακίνηση ενός πυρήνα, που αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια, από το κέντρο O του κύκλου μέχρι το άπειρο.
(2 μονάδες)
- (δ) Η τιμή και η θέση ενός τέταρτου ηλεκτρικού φορτίου q_4 που πρέπει να τοποθετήσουμε στην περιφέρεια του κύκλου, ώστε η ολική ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο O να μηδενιστεί.
(2 μονάδες)

ΤΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΟΎ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

ΕΝΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΥΠΡΟΥ

31^Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

Κυριακή 26 Μαρτίου 2017

Ώρα: 10:30 – 13:30

Οδηγίες:

- (1) Το δοκίμιο αποτελείται από οκτώ (8) θέματα και δέκα (10) σελίδες.
- (2) Να απαντήσετε σε όλα τα θέματα.
- (3) Τα σχήματα δεν είναι σχεδιασμένα με κλίμακα.
- (4) Επιτρέπεται η χρήση μόνο μη προγραμματιζόμενης υπολογιστικής μηχανής.
- (5) Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υγρού.
- (6) Επιτρέπεται η χρήση μπλε μελανιού μόνο.
- (7) Οι γραφικές παραστάσεις και τα σχήματα, μπορούν να γίνουν και με μολύβι.
- (8) Οι γραφικές παραστάσεις να γίνουν στο τετραγωνισμένο χαρτί.
- (9) Οι απαντήσεις να δίνονται με τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων, σύμφωνα με τα δεδομένα του κάθε προβλήματος.
- (10) Να χρησιμοποιείτε, όπου χρειάζεται, τις σταθερές που δίνονται στον πιο κάτω πίνακα.

ΣΤΑΘΕΡΕΣ	
Επιτάχυνση της βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης	$g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$
Ένταση του πεδίου βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης.	$g = 9.81 \text{ Nkg}^{-1}$
Παγκόσμια σταθερά βαρύτητας	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
Μέση ακτίνα της Γης	$R_{Γης} = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$
Μάζα της Γης	$M_{Γης} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$
Σταθερά Coulomb	$k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
Φορτίο του ηλεκτρονίου	$q_e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Φορτίο πρωτονίου	$q_p = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Μάζα ηλεκτρονίου	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Μάζα πρωτονίου	$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Μάζα νετρονίου	$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Ταχύτητα του φωτός στο κενό	$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

Οδηγός βαθμολόγησης εξεταστικού δοκιμίου 31^{ης} Παγκύπριας Ολυμπιάδας Φυσικής Β' Λυκείου 2017

Γενικές οδηγίες.

- Οι βαθμολογητές ακολουθούν τον οδηγό βαθμολόγησης και όχι τις προσωπικές τους απόψεις ή αντιλήψεις.
- Για κάθε σημείο που απαντά ο μαθητής βαθμολογείται με ελάχιστο 0.5 της μονάδας όπως φαίνεται στον οδηγό βαθμολόγησης. Δε δίνεται 0.25 της μονάδας.
- Γίνεται βαθμολόγηση με θετικό πνεύμα. Από την άλλη η βαθμολόγηση δεν πρέπει να χαρακτηρίζεται από αδικαιολόγητη επιείκεια.

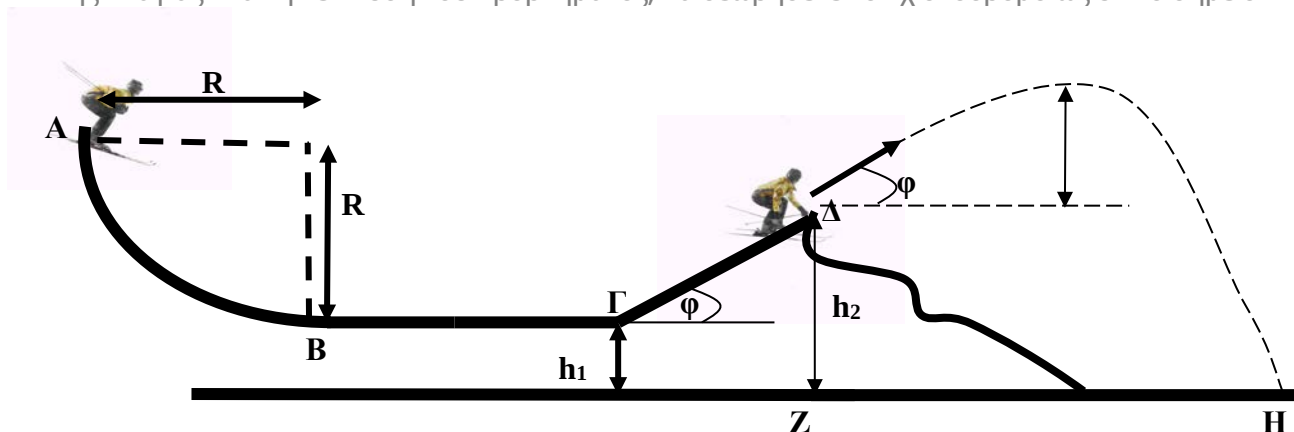
Οδηγίες για τη βαθμολόγηση.

- Το αριθμητικό λάθος που τιμωρείται σε ένα μέρος ενός υποερωτήματος δεν επηρεάζει τη βαθμολογία στο υπόλοιπο υποερώτημα ή σε επόμενο υποερώτημα. Δυνατόν όμως να τιμωρείται η απάντηση σε επόμενο υποερώτημα, αν αυτή επηρεάζεται από το αρχικό λάθος. Αυτό θα καθορίζεται στον οδηγό βαθμολόγησης της συγκεκριμένης ερώτησης.
- Απουσία μονάδας μέτρησης σημαίνει ότι χάνεται 0.5 της μονάδας στην τελική απάντηση, εκτός αν δηλώνεται διαφορετικά. Δεν τιμωρείται πάνω από δύο φορές για παράληψη μονάδας μέτρησης μέσα στο ίδιο θέμα.
- Η μη σωστή χρήση των σταθερών, θα οδηγήσει σε λάθος αποτέλεσμα. Θα αφαιρείται 0.5 της μονάδας για κάθε λανθασμένη χρήση.

Οι πιο κάτω απαντήσεις δίνουν μόνο οδηγίες με βάση τις οποίες θα βαθμολογηθεί το γραπτό του μαθητή και η καθεμία δεν αποτελεί μοντέλο απάντησης. Πιθανόν, ορθές απαντήσεις των μαθητών να μην ταυτίζονται με αυτές του οδηγού.

ΘΕΜΑ 1 (15 μονάδες)

Σε ένα χιονοδρομικό κέντρο υπάρχει η χιονοδρομική πίστα του πιο κάτω σχήματος. Η διαδρομή που ακολουθεί ένας χιονοδρόμος ο οποίος ξεκινά από το σημείο Α είναι η ΑΒΓΔ. Από το σημείο Δ εκτελεί πλάγια βολή προς τα πάνω και καταλήγει στο σημείο Η, το οποίο βρίσκεται στη βάση της πλαγιάς. Για την επίλυση του προβλήματος, να θεωρήσετε τον χιονοδρόμο ως υλικό σημείο.



Αν υπάρχουν τριβές μόνο κατά τη διαδρομή ΒΓ (ΒΓ = 50.0 m) με συντελεστή τριβής $\mu = 0.0505$ και ο χιονοδρόμος ξεκινά χωρίς αρχική ταχύτητα από το σημείο Α:

- (α) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας με το οποίο φτάνει στο σημείο Β, αν το τεταρτοκύκλιο ΑΒ έχει ακτίνα 55.0 m.

(2 μονάδες)

Σύμφωνα με το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας,

$$\frac{1}{2}mu^2 = mgR \Rightarrow u = \sqrt{2gR}$$

(1 μονάδα)

$$u = 32.8497 \frac{m}{s} \Rightarrow u = 32.8 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

- (β) Να δείξετε ότι το μέτρο της ταχύτητας με το οποίο φτάνει στο σημείο Δ, αν $h_1 = 18.0$ m και $h_2 = 48.0$ m, είναι 21.0 ms^{-1} .

(3 μονάδες)

$$\frac{1}{2}mu^2 = -\mu mg(\Delta\chi) + mg(\Delta h)$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow u = \sqrt{-2\mu g(\Delta\chi) + 2g(\Delta h)}$$

$$\Rightarrow u = \sqrt{440.96} = 20.999$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow u = 21.0 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

Στο σημείο Δ ο χιονοδρόμος εκτελεί πλάγια βολή. (δίνεται ότι $\eta\mu\varphi^0 = 0.600$ και $\sigma\upsilon\nu\varphi^0 = 0.800$)

(γ) Να γράψετε τις εξισώσεις ταχύτητας και θέσης του χιονοδρόμου, ως συνάρτηση του χρόνου, κατά την πλάγια βολή στους άξονες x και y

(2 μονάδες)

Άξονας x:

$$u_x = u_{0x} \Rightarrow u_x = u_0 \sigma\upsilon\nu\varphi^0 \Rightarrow u_x = 0.800 u_0 \Rightarrow u_x = 0.800 \times 21.0 \\ \Rightarrow u_x = 16.8 \text{ m/s} \\ x = u_{0x} t \Rightarrow x = (u_0 \sigma\upsilon\nu\varphi^0) t \Rightarrow x = 16.8 t$$

(1 μονάδα)

Άξονας y:

$$u_y = u_{0y} - gt \Rightarrow u_y = u_0 \eta\mu\varphi^0 - gt \Rightarrow u_y = 12.6 - 9.81 t \\ y = u_{0y} t - \frac{1}{2} gt^2 = (u_0 \eta\mu\varphi^0) t - \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow y = 12.6 t - 4.905 t^2$$

(1 μονάδα)

Οι μονάδες μέτρησης όλων των πιο πάνω φυσικών μεγεθών είναι στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.)

(δ) Να υπολογίσετε τον χρόνο ανόδου και το μέγιστο ύψος που θα φτάσει ο χιονοδρόμος πάνω από το σημείο Δ.

(2 μονάδες)

$$u_y = 12.6 - 9.81 t \Rightarrow 0 = 12.6 - 9.81 t$$

(0.5 μονάδα)

$$t = 1.2844 \Rightarrow t = 1.28 \text{ s}$$

(0.5 μονάδα)

$$y = 12.6 t - 4.905 t^2$$

$$h_{\max} = 12.6 \times 1.2844 - 4.905 \times 1.6497 \Rightarrow h_{\max} = 8.0913 \text{ m}$$

(0.5 μονάδα)

$$\Rightarrow h_{\max} = 8.09 \text{ m}$$

(0.5 μονάδα)

(ε) Να υπολογίσετε τον χρόνο πτήσης του χιονοδρόμου από το σημείο Δ μέχρι το σημείο Η στη βάση της πλαγιάς.

(2 μονάδες)

$$y = 12.6 t - 4.905 t^2 \Rightarrow -48.0 = 12.6 t - 4.905 t^2$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow t = 4.67 \text{ s}$$

(1 μονάδα)

(ζ) Να υπολογίσετε την απόσταση ΖΗ.

(1 μονάδα)

$$x = 16.8 \times 4.6661 = 78.39 \text{ m}$$

$$\Rightarrow x = 78.4 \text{ m}$$

(1 μονάδα)

- (η) Να υπολογίσετε την ταχύτητα του χιονοδρόμου τη χρονική στιγμή που ακουμπά στο έδαφος.

(3 μονάδες)

$$u_y = 12.6 - 9.81 \times 4.6661 = -33.174 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{(16.8)^2 + (-33.174)^2} = 37.186 \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow u = 37.2 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

$$\varepsilon\phi\hat{=} \frac{u_y}{u_x} = \frac{-33.174}{16.8} \Rightarrow \hat{\phi} = -63.1^\circ$$

(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Κωνικό εκκρεμές αποτελείται από αβαρές μη εκτατό νήμα μήκους $L = 1.50 \text{ m}$, στο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σώμα μάζας $m = 612 \text{ g}$, το οποίο διαγράφει οριζόντια κυκλική τροχιά με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω , ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία $\theta = 60.0^\circ$ με την κατακόρυφη, όπως φαίνεται στο σχήμα.

(Δίνεται $\sin 60.0^\circ = 0.866$, $\cos 60.0^\circ = 0.500$)

- (α) Να ορίσετε τα εξής φυσικά μεγέθη για την κυκλική κίνηση:
Περίοδος, συχνότητα, γωνιακή ταχύτητα.

(2 μονάδες)

Περίοδος T ορίζουμε τον χρόνο που χρειάζεται για να διαγράψει ένα κινητό μια πλήρη περιστροφή. Μονάδες μέτρησης στο S.I.: (s).

(0.5 μονάδα)

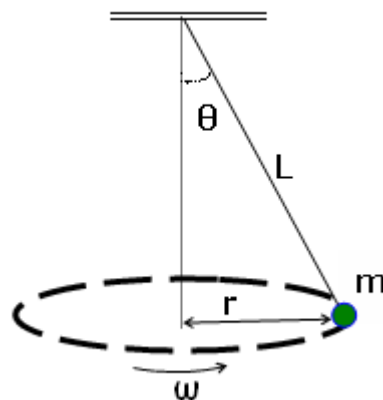
Συχνότητα ορίζουμε τον αριθμό των πλήρων περιστροφών στη μονάδα του χρόνου. $f = \frac{c}{t}$

Μονάδες μέτρησης στο S.I.: (Hz).

(0.5 μονάδα)

Γωνιακή ταχύτητα ω , ορίζουμε το φυσικό διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο τον ρυθμό μεταβολής της επίκεντρης γωνίας, διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς και φορά που καθορίζεται με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία ή της δεξιάς παλάμης. $\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ Μονάδες μέτρησης στο S.I.: (rad/s)

(1 μονάδα)



(β) Να υπολογίσετε:

(i) Την τάση του νήματος.

(1 μονάδα)

Άξονα y:

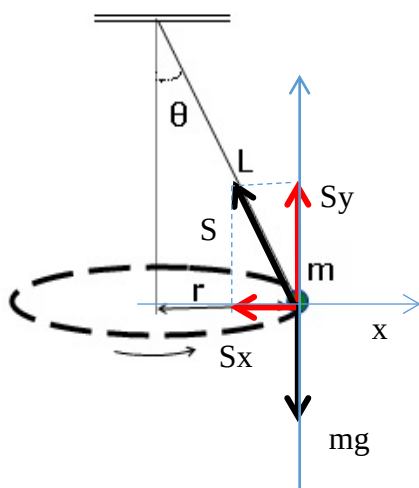
$$\Sigma \vec{F}_y = 0 \Rightarrow S_y = mg \Rightarrow S = \frac{mg}{\sin \theta} \quad (\text{Σχέση 1.})$$

(0.5 μονάδα)

$$\Rightarrow S = \frac{0.612 \times 9.81}{0.500} = 12.01 \text{ N}$$

$$\Rightarrow S = 12.0 \text{ N}$$

(0.5 μονάδα)



(ii) Την περίοδο του κωνικού εκκρεμούς.

(1 μονάδα)

Άξονας X:

$$\Sigma \vec{F}_x = m \vec{a}_k \Rightarrow$$

$$S \sin \theta = m \omega^2 L \sin \theta$$

$$S_x = \frac{mu^2}{r} = m \omega^2 L \sin \theta$$

$$S = m \omega^2 L$$

(Σχέση 2.)

(0.5 μονάδα)

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{S}{mL} = \frac{12.01}{0.612 \times 1.5}$$

$$\Rightarrow \omega = 3.617 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{3.617} = 1.737 \text{ s}$$

$$\Rightarrow T = 1.74 \text{ s}$$

(0.5 μονάδα)

(γ) Αν η γωνιακή ταχύτητα γίνει 2.40 rad.s^{-1} , να βρείτε:

(i) Τη γωνία που σχηματίζει το νήμα με την κατακόρυφο.

(2 μονάδες)

$$\text{Από σχέση 1 \& 2} \Rightarrow \frac{mg}{\sin\theta} = m\omega^2 L \Rightarrow \sin\theta = \frac{g}{\omega^2 L}$$

$$\Rightarrow \text{για } \omega_{\min} \Rightarrow \sin\theta = 1 \Rightarrow 1 = \frac{g}{\omega^2 L} \Rightarrow \omega_{\min} = 2.557 \text{ rad/s}$$

(1 μονάδα)

$$\omega_{\min} > 2.40 \text{ rad/s} \Rightarrow \text{το νήμα παραμένει κατακόρυφο,} \Rightarrow \text{γωνία } \theta = 0^\circ$$

(1 μονάδα)

(ii) Τη νέα τάση του νήματος.

(1 μονάδα)



$$\Sigma \vec{F}_y = 0 \Rightarrow S_y = mg \Rightarrow S = 0.612 \times 9.81 = 6.0037 \text{ N} \Rightarrow S = 6.00 \text{ N}$$

(1 μονάδα)

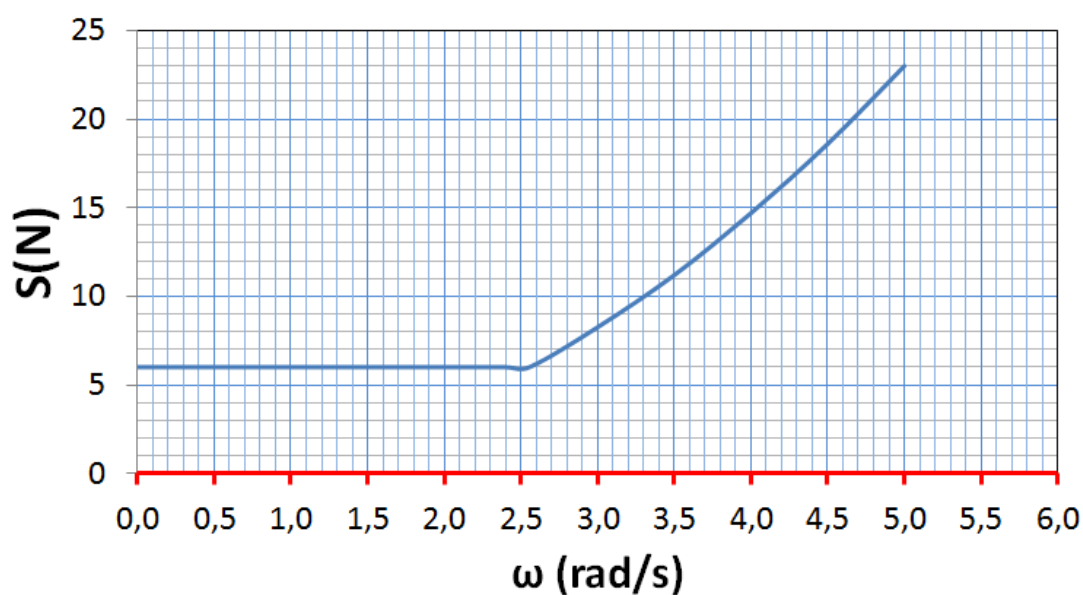
- (δ) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τη γραφική παράσταση της τάσης του νήματος σε συνάρτηση με τη γωνιακή ταχύτητα ω , όταν η γωνιακή ταχύτητα μεταβάλλεται από 0.00 rad.s^{-1} μέχρι 5.00 rad.s^{-1} .

(3 μονάδες)

$$S = m\omega^2 L$$

$$S = 0.918\omega^2$$

S (N)	ω (rad/s)
23.0	5.00
18.6	4.50
14.7	4.00
11.2	3.50
8.26	3.00
6.02	2.56
6.0	2.40
6.0	2.00
6.0	1.00
6.0	0.00



Σωστή βαθμολόγηση αξόνων

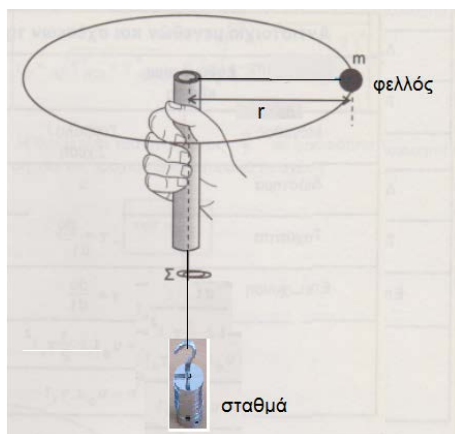
(1 μονάδα)

Σωστή χάραξη της γραφικής

(2 μονάδες)

ΘΕΜΑ 3 (15 μονάδες)

Μία ομάδα μαθητών με τη χρήση της πιο κάτω πειραματικής διάταξης μελέτησε τη σχέση κεντρομόλου δύναμης (F_k) και περιόδου (T) μιας κυκλικής κίνησης και συμπλήρωσε τον πιο κάτω πίνακα μετρήσεων. Δίνονται : Μάζα σταθμών M , μάζα φελλού m , ακτίνα κυκλικής τροχιάς r .



F_k (N)	T (s)	
0.10	1.60	
0.15	1.39	
0.20	1.30	
0.25	1.18	
0.30	1.10	
0.35	1.04	
0.40	1.00	
0.45	0.95	
0.50	0.90	
0.55	0.87	

(α) Να γράψετε τα φυσικά μεγέθη που διατήρησαν σταθερά σε αυτό το πείραμα.

(1 μονάδα)

Μάζα φελλού m , ακτίνα κυκλικής τροχιάς r .

(1 μονάδα)

(β) Ποια δύναμη παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης;

(1 μονάδα)

Η Τάση του νήματος, που ουσιαστικά είναι βάρος των σταθμών.

(1 μονάδα)

(γ) Να εξηγήσετε πώς κατάφεραν οι μαθητές:

(i) Να μετρήσουν την περίοδο της κυκλικής κίνησης.

(1 μονάδα)

Έθεσαν τον φελλό σε οριζόντια κυκλική τροχιά ακτίνας r και μέτρησαν με τη βοήθεια χρονομέτρου τον χρόνο για ένα αριθμό πλήρων περιστροφών, έστω 10. Ακολουθώντας υπολόγισαν τον χρόνο μιας περιστροφής.

(1 μονάδα)

(ii) Να πάρουν τις διαφορετικές τιμές της κεντρομόλου δύναμης.

(1 μονάδα)

Αλλάζοντας τη μάζα των σταθμών και θέτοντας κάθε φορά σε περιστροφή τον φελλό διατηρώντας σταθερή την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

(1 μονάδα)

- (δ) Να μεταφέρετε τον πιο πάνω πίνακα μετρήσεων στο τετράδιο απαντήσεων, να συμπληρώσετε κατάλληλα την τελευταία στήλη του, ώστε να χαράξετε κατάλληλη γραφική παράσταση, για να μπορέσετε να επιβεβαιώσετε τη σχέση που συνδέει την κεντρομόλο δύναμη και την περίοδο μιας κυκλικής κίνησης.

(5 μονάδες)

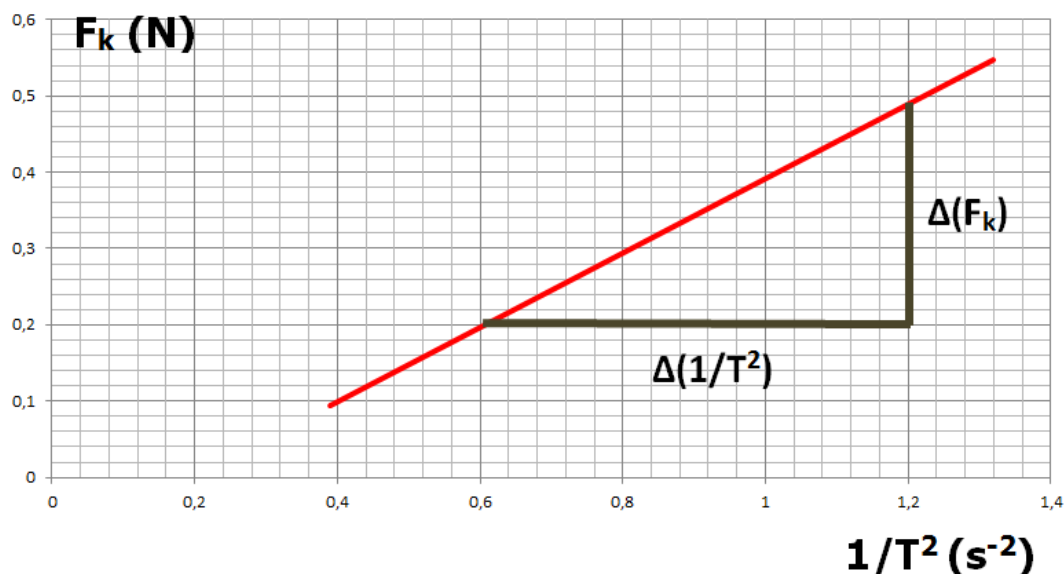
$$F_k = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow F_k = \frac{m\omega^2}{r} r^2 = \frac{m4\pi^2}{T^2} r \Rightarrow F_k = 4\pi^2 mr \frac{1}{T^2}$$

(1 μονάδα)

F_k (N)	T (s)	$1/T^2$ (s ⁻²)
0.10	1.60	0.39
0.15	1.39	0.52
0.20	1.30	0.59
0.25	1.18	0.72
0.30	1.10	0.83
0.35	1.04	0.92
0.40	1.00	1.00
0.45	0.95	1.11
0.50	0.90	1.23
0.55	0.87	1.32

(2 μονάδες)

$$F_k = f\left(\frac{1}{T^2}\right)$$



Σωστή βαθμολόγηση αξόνων ((1 μονάδα) Σωστή χάραξη της γραφικής (2 μονάδες)

Αν ο μαθητής σχεδιάσει τη γραφική παράσταση $F_k = f(T^2)$ σωστά, να δοθούν οι μονάδες.

- (ε) Να γράψετε το συμπέρασμα που προκύπτει από τη γραφική παράσταση για τη σχέση της κεντρομόλου δύναμης και της περιόδου μιας κυκλικής κίνησης.

(1 μονάδα)

Η κεντρομόλος δύναμη είναι ανάλογη του $1/T^2$ ' (ή η κεντρομόλος δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της περιόδου.)

(1 μονάδα)

- (ζ) Αν στο πιο πάνω πείραμα η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ήταν 60.0 cm, να υπολογίσετε από τη γραφική παράσταση τη μάζα του φελλού.

(3 μονάδες)

$$F_k = 4\pi^2 mr \frac{1}{T^2} \quad (\text{Κλίση} = 4\pi^2 mr)$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow \frac{0.5 - 0.2}{1.2 - 0.6} = 4\pi^2 \times 0.6 m$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow m = 0.02111 \Rightarrow m = 0.021 \text{ Kg}$$

(1 μονάδα)

- (η) Να αναφέρετε μια αιτία σφαλμάτων στο πιο πάνω πείραμα και να εξηγήσετε πως μπορεί αυτό το σφάλμα να ελαχιστοποιηθεί.

(2 μονάδες)

Ο χρόνος μέτρησης της περιόδου.

(1 μονάδα)

Αντί να μετρά ένας μαθητής τον χρόνο 10 περιστροφών, να μετρούν περισσότεροι μαθητές και να εξάγεται η μέση τιμή του χρόνου για μια περίοδο. Αν μια μέτρηση διαφέρει αρκετά από τις υπόλοιπες, απορρίπτεται, γιατί πιθανόν ο μαθητής να μέτρησε παραπάνω ή λιγότερες περιστροφές.

(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 4 (10 μονάδες)

(α) Να διατυπώσετε τον νόμο της παγκόσμιας έλξης.

(1 μονάδα)

Το μέτρο των δυνάμεων παγκόσμιας έλξης μεταξύ δύο σωμάτων Α και Β, που μπορούν να θεωρηθούν υλικά σημεία, είναι ανάλογο με το γινόμενο των μαζών των Α και Β, και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης:

$$|\vec{F}_{A \rightarrow B}| = |\vec{F}_{B \rightarrow A}| = G \frac{m_A m_B}{r_{AB}^2}$$

Οι δυνάμεις είναι πάντοτε ελκτικές και η διεύθυνσή τους είναι η ευθεία που ενώνει τα κέντρα μάζας των δύο σωμάτων.

(1 μονάδα)

(β) Δύο όμοιοι δορυφόροι Α και Β μάζας m ο καθένας, κινούνται στην ίδια κυκλική τροχιά ακτίνας r γύρω από τη Γη, αλλά με αντίθετες φορές περιστροφής.

Όλες οι απαντήσεις στα ερωτήματα που ακολουθούν, να εκφραστούν σε συνάρτηση των μεγεθών G , M_γ , m και r .

(i) Να υπολογίσετε το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας των δύο δορυφόρων.

(2 μονάδες)

$$|\vec{F}_k| = m \frac{v^2}{r}, (1)$$

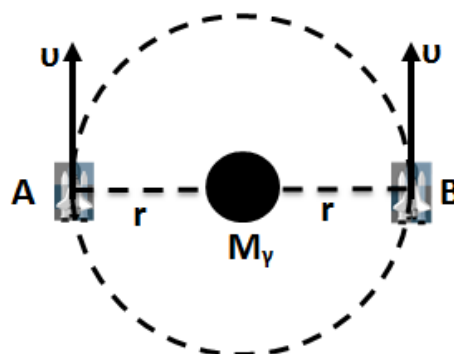
$$|\vec{F}_E| = G \frac{M_\gamma m}{r^2} (2)$$

από τις (1) και (2): $\frac{GM_\gamma m}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$

(1 μονάδα)

$$\frac{GM_\gamma}{r} = v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{GM_\gamma}{r}}$$

(1 μονάδα)



- (ii) Αν τη χρονική στιγμή $t = 0$ s βρίσκονται στις αντιδιαμετρικές θέσεις του σχήματος (θέση Α και θέση Β) να βρείτε τον χρόνο μέχρι να συγκρουστούν οι δύο δορυφόροι.

(3 μονάδες)

$$\frac{GM_{\gamma}m}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

(1 μονάδα)

$$\frac{4\pi^2}{GM_{\gamma}} r^3 = T^2 \Leftrightarrow T = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{GM_{\gamma}}}$$

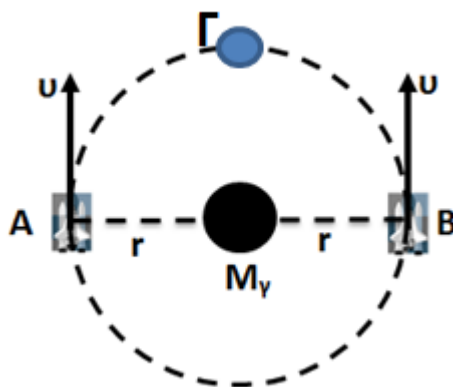
(1 μονάδα)

$t = 1/4 T$ (ο χρόνος μέχρι να γίνει η σύγκρουση είναι το $1/4$ της περιόδου)

(1 μονάδα)

- (iii) Να μεταφέρετε στο τετράδιο απαντήσεών σας το πιο πάνω σχήμα και να σημειώσετε τη θέση όπου οι δύο δορυφόροι θα συγκρουστούν.

(1 μονάδα)



Σχεδιασμός σημείου Γ

(1 μονάδα)

- (iv) Αν η κρούση είναι πλαστική (δηλαδή ένα συσσωμάτωμα), να υπολογίσετε την ολική μηχανική ενέργεια του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση.

(2 μονάδες)

Η ολική ενέργεια που απομένει στους δύο δορυφόρους είναι η δυναμική ενέργεια των δορυφόρων:

$$E_{ολ} = E_{\Delta ολ} + E_K \xrightarrow{E_K=0} E_{ολ} = E_{\Delta ολ}$$

(1 μονάδα)

$$E_{ολ} = 2E_{\Delta} = -2 \frac{GM_{\gamma}m}{r}$$

(1 μονάδα)

- (v) Να υπολογίσετε την απώλεια της μηχανικής ενέργειας από την κρούση. (1 μονάδα)

$$\Delta E = 2E_K = 2 \cdot \frac{1}{2}mv^2 = m \frac{GM_\gamma}{r}$$

$$\Rightarrow \Delta E = \frac{GM_\gamma m}{r}$$

(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 5 (10 μονάδες)

- (α) Να διατυπώσετε τον γενικευμένο 2^{ος} νόμο του Νεύτωνα.

(1 μονάδα)

Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής ενός σώματος ή συστήματος σωμάτων, είναι ίσος με τη συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό.

$$\Sigma \vec{F}_{\varepsilon\xi} = \overline{\Delta \vec{P}} / \Delta t$$

(1 μονάδα)

- (β) Σε σώμα μάζας m που κινείται με ταχύτητα μέτρου u_0 , σε λείο οριζόντιο επίπεδο, δρα δύναμη F σταθερού μέτρου, με φορά αντίθετη της u_0 . Θεωρούμε θετική τη φορά της u_0 . Οι απαντήσεις σας να δοθούν σε συνάρτηση των μεγεθών m , F , και u_0 .

Όταν η μεταβολή της ορμής του σώματος είναι $-4mu_0$ να υπολογιστούν:

- (i) Η ταχύτητα του σώματος.

(3 μονάδες)

$$\overline{\Delta \vec{P}} = \vec{P}_{\text{META}} - \vec{P}_{\text{PRIN}} \Rightarrow -4m \cdot u_0 = P_{\text{META}} - mu_0$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow P_{\text{META}} = -4mu_0 + mu_0 \Rightarrow P_{\text{META}} = -3mu_0$$

(1 μονάδα)

$\Rightarrow mu = -3mu_0 \Rightarrow u = -3u_0$ Η ταχύτητα u θα έχει αντίθετη φορά από την αρχική ταχύτητα u_0 (η u θα έχει αρνητική φορά).

(1 μονάδα)

- (ii) Η χρονική διάρκεια κατά την οποία προκλήθηκε η προηγούμενη μεταβολή ορμής.

(2 μονάδες)

$$\Sigma \vec{F}_{\varepsilon\xi} = \overline{\Delta \vec{P}} / \Delta t \Rightarrow \Delta P / \Delta t = -F$$

(1 μονάδα)

$$-F = -4mu_0 / \Delta t \Rightarrow \Delta t = 4mu_0 / F$$

(1 μονάδα)

- (iii) Το έργο της δύναμης F για τη μετατόπιση κατά την οποία η δύναμη F είναι ομόρροπη με την ταχύτητα του σώματος.

(2 μονάδες)

Η κίνηση του σώματος ξεκινάει με u_0 και F να έχουν αντίθετη φορά τα διανύσματα τους και καταλήγει με τα u και F να έχουν την ίδια φορά.

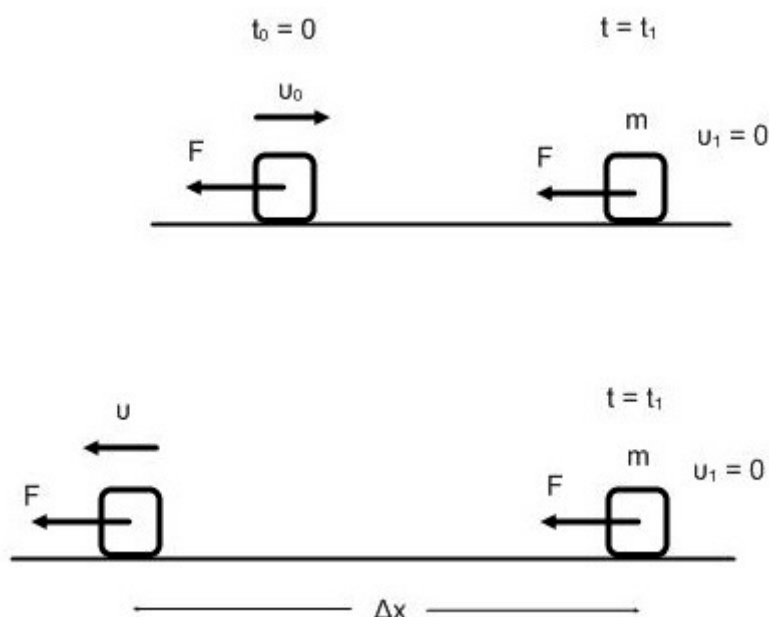
Το σώμα αρχικά επιβραδύνεται ομαλά, μέχρι να σταματήσει. Έστω ότι η ταχύτητα του σώματος μηδενίζεται τη χρονική στιγμή $t = t_1$.

(Τη χρονική στιγμή t_1 μπορούμε να την υπολογίσουμε:

$$u_1 = u_0 - at_1 \Rightarrow 0 = u_0 - at_1 \Rightarrow at_1 = u_0 \Rightarrow t_1 = u_0 / a$$

ενώ 2ος νόμος του Newton, $F = ma$, θα μας δώσει την επιτάχυνση a .)

Από τη χρονική στιγμή $t = t_1$ και μετά, η επίδραση της δύναμης F στο σώμα το επιταχύνει ομαλά.



Το θεώρημα έργου - μεταβολής της κινητικής ενέργειας για τις θέσεις (I) τη χρονική στιγμή $t = t_1$ (κάτω δεξιά σχήμα) ως την θέση (II) (κάτω αριστερά σχήμα) :

$$W_F = \Delta E_K \Rightarrow W_F = E_{K \text{ τελ}} - E_{K \text{ αρχ}} \Rightarrow W_F = \frac{1}{2} \cdot m u^2 - 0$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow W_F = \frac{1}{2} \cdot m (3u_0)^2 \Rightarrow W_F = \frac{9}{2} m u_0^2.$$

(1 μονάδα)

- (iv) Το μέτρο της μετατόπισης που αντιστοιχεί στο έργο που υπολογίσατε στο ερώτημα (iii).

(2 μονάδες)

$$\text{Ο ορισμός του έργου: } W_F = F \cdot \Delta x = \frac{9}{2} m u_0^2$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{9 m u_0^2}{2 F}$$

(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 6 (15 μονάδες)

- (Α) Τα σώματα Α και Β του πιο κάτω σχήματος, με μάζες 150.0 g και 300.0 g αντίστοιχα, κινούνται σε οριζόντιο επίπεδο χωρίς τριβές στην ίδια διεύθυνση αλλά με αντίθετη φορά. Οι ταχύτητές τους έχουν μέτρο $u_A = 2.50 \text{ m/s}$ και $u_B = 1.25 \text{ m/s}$ αντίστοιχα. Τα σώματα συγκρούονται κεντρικά – μετωπικά.



- (α) Τι ονομάζουμε κρούση μεταξύ δύο σωμάτων;

(1 μονάδα)

Κρούση μεταξύ δύο σωμάτων ονομάζουμε την επαφή ή την προσέγγιση των δύο σωμάτων για μικρό χρονικό διάστημα, που κινούνται το ένα προς το άλλο με διαφορετικές ταχύτητες, κατά το οποίο εμφανίζονται εσωτερικές δυνάμεις (δράσης – αντίδρασης)

(1 μονάδα)

- (β) Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι κρούσεις, με κριτήριο τη διατήρηση ή όχι της κινητικής ενέργειας;

(1 μονάδα)

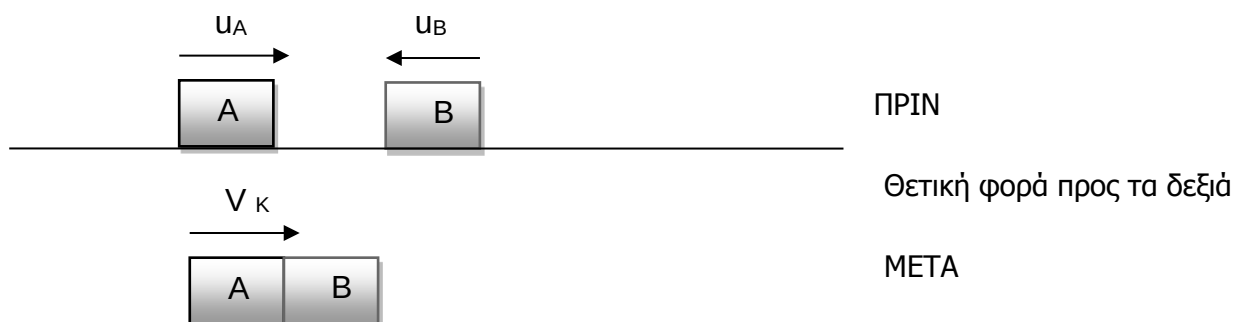
Σε ελαστικές κρούσεις (διατήρηση της κινητικής ενέργειας)

Ανελαστικές ή μη ελαστικές (μη διατήρηση της κινητικής ενέργειας)

(1 μονάδα)

- (γ) Αν η κρούση είναι πλαστική, να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωμάτων μετά την κρούση και να καθορίσετε την κατεύθυνσή της.

(2 μονάδες)



$$\Sigma \vec{F}_{\epsilon\chi} = 0 \Rightarrow \Delta \vec{P} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{\text{ΜΕΤΑ}} = \vec{P}_{\text{ΠΡΙΝ}}$$

(0.5 μονάδα)

$$\Rightarrow (m_A + m_B) \vec{V}_K = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (m_A + m_B) V_K = m_A u_A - m_B u_B \Rightarrow 0.45 V_K = 0.375 - 0.375$$

(0.5 μονάδα)

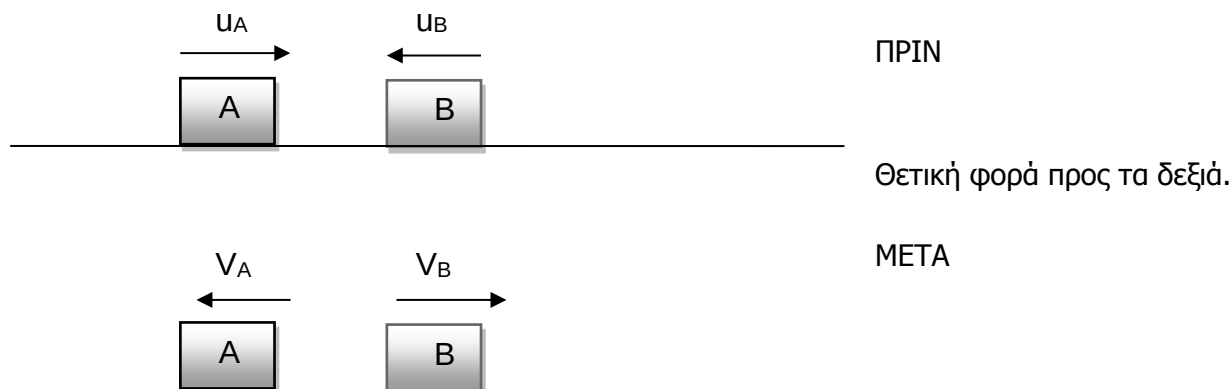
$$V_K = 0 \Rightarrow \text{Το συσσωμάτωμα θα παραμείνει ακίνητο}$$

(1 μονάδα)

- (δ) Αν η κρούση είναι ελαστική, να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωμάτων μετά την κρούση και να καθορίσετε την κατεύθυνσή της.

(Δίνεται η σχέση: $\vec{u}_A + \vec{v}_A = \vec{u}_B + \vec{v}_B$, όπου $\vec{u}$ και $\vec{v}$ οι ταχύτητες πριν και μετά την κρούση αντίστοιχα.)

(3 μονάδες)



$$\Sigma \vec{F}_{\varepsilon\xi} = 0 \Rightarrow \Delta \vec{P} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{\text{ΜΕΤΑ}} = \vec{P}_{\text{ΠΡΙΝ}}$$

$$\Rightarrow m_A \vec{V}_A + m_B \vec{V}_B = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -m_A V_A + m_B V_B = m_A u_A - m_B u_B \Rightarrow 0.15 V_A = 0.3 V_B \Rightarrow V_A = 2 V_B$$

(1 μονάδα)

$$\vec{V}_A + \vec{V}_B = \vec{u}_A + \vec{u}_B \Rightarrow -m_A V_A + m_B V_B = m_A u_A - m_B u_B$$

$$\Rightarrow V_A + V_B = 3.75$$

(1 μονάδα)

$$\Rightarrow V_A = 2.5 \frac{m}{s}, V_B = 1.25 \frac{m}{s} \text{ με φορές όπως στο σχήμα, } V_A \text{ αριστερά και } V_B \text{ δεξιά.}$$

(1 μονάδα)

- (ε) Για το ερώτημα (δ), να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες, στο ίδιο διάγραμμα, την ορμή του κάθε σώματος καθώς και του συστήματος των δύο σωμάτων, πριν, κατά και μετά την κρούση, για χρονικό διάστημα $0 < \Delta t < 5.0 \text{ s}$, θεωρώντας ότι η κρούση ξεκινά τη χρονική στιγμή $t_1 = 2.0 \text{ s}$ και διαρκεί $\Delta t = 0.50 \text{ s}$.

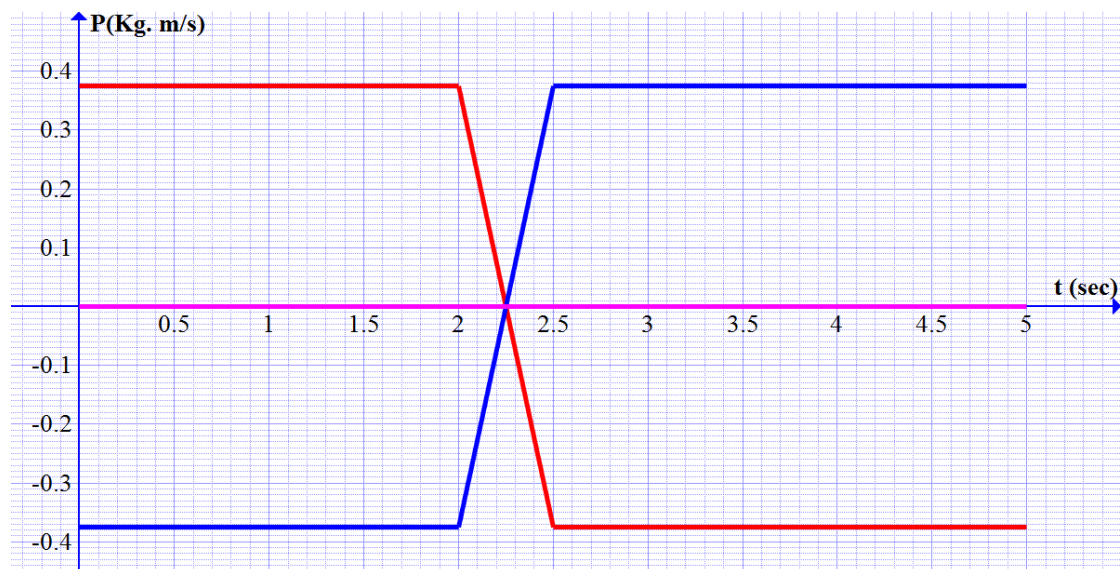
(5 μονάδες)

$$P_{A(\text{ΠΡΙΝ})} = 0.375 \text{ Ns}, P_{A(\text{ΜΕΤΑ})} = -0.375 \text{ Ns}$$

$$P_{B(\text{ΠΡΙΝ})} = -0.375 \text{ Ns}, P_{B(\text{ΜΕΤΑ})} = 0.375 \text{ Ns}$$

$$P_{\text{ΣΥΣΤ}(\text{ΠΡΙΝ})} = 0 \text{ Ns}, P_{\text{ΣΥΣΤ}(\text{ΜΕΤΑ})} = 0 \text{ Ns}$$

(2 μονάδες)



(3 μονάδες)

(B) Δύο πολύ μικρές (αμελητέων διαστάσεων) μπάλες Α και Β με μάζα 0.150 Kg η κάθε μία, συνδέονται μεταξύ τους με αβαρές και μη εκτατό νήμα μήκους 31.9 cm. Οι μπάλες βρίσκονται στο έδαφος και εφάπτονται, ώστε να μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα κέντρα μάζας τους συμπίπτουν. Τη χρονική στιγμή $t = 0$, δίνουμε στην μπάλα Α κατακόρυφη αρχική ταχύτητα προς τα πάνω, μέτρου 6.50 m/s. Θεωρήστε την αντίσταση του αέρα αμελητέα και το τέντωμα του σχοινιού ακαριαίο.

Να υπολογίσετε το μέγιστο ύψος που θα φθάσει η μπάλα Α.

(3 μονάδες)

Εφαρμόζουμε το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για τη σφαίρα Α, για την κίνησή της από την στιγμή της βολής της μέχρι την στιγμή ακριβώς πριν τεντώσει το νήμα.

$$\frac{1}{2} m u_0^2 = mgl + \frac{1}{2} m u_A^2 \Rightarrow u_A = \sqrt{35.99} = 5.9992 \frac{m}{s} \Rightarrow u_A = 6.00 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

Κατά το τέντωμα του νήματος:

$$\Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow \vec{P}_{META} = \vec{P}_{PIN} \Rightarrow 2m V_K = m u_A \Rightarrow V_K = 3.00 \frac{m}{s}$$

(1 μονάδα)

Εφαρμόζουμε το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για το σύστημα των δύο σφαιρών, από την στιγμή που αποκτούν την κοινή ταχύτητα $V_K = 3.00 \frac{m}{s}$, μέχρι την στιγμή που η σφαίρα Α φτάνει στο μέγιστο ύψος.

$$2mg(\Delta h) = \frac{1}{2} 2m V_K^2 \Rightarrow (\Delta h) = 0.459 \text{ m} \Rightarrow H_{max} = 0.459 + 0.319$$

$$\Rightarrow H_{max} = 0.778 \text{ m}$$

(1 μονάδα)

ΘΕΜΑ 7 (15 μονάδες)

A. (α) Να ορίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του.

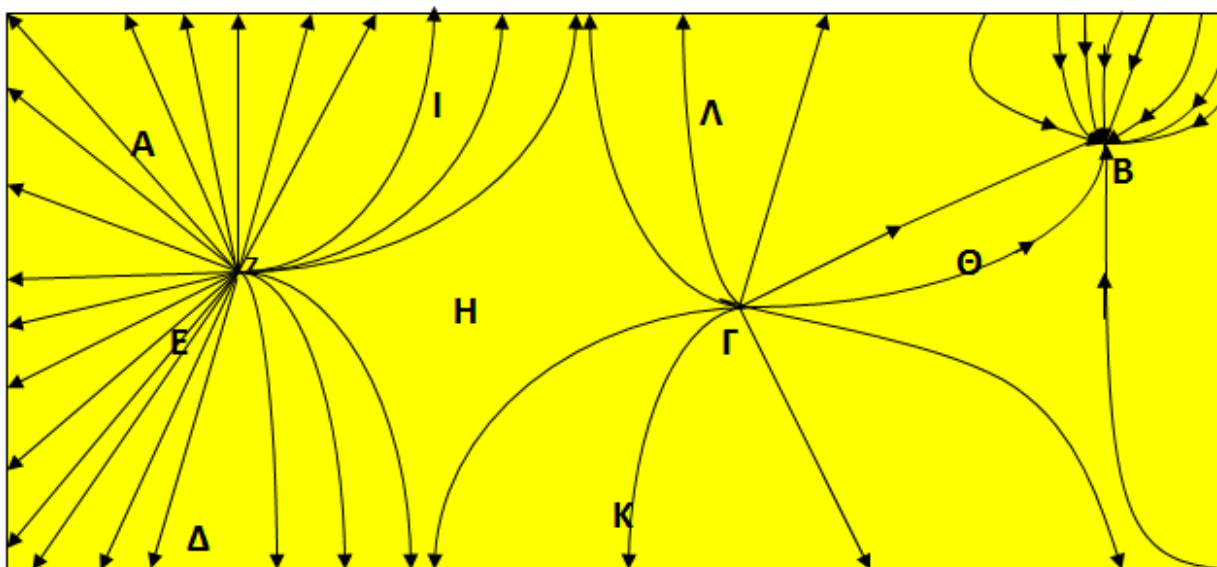
(1 μονάδα)

Ένταση σε σημείο ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζουμε το φυσικό διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με το πηλίκο του μέτρου της δύναμης που ασκείται σε φορτίο q που βρίσκεται σ' αυτό το σημείο προς το φορτίο αυτό και κατεύθυνση την κατεύθυνση της δύναμης, αν αυτή ασκείται σε θετικό φορτίο.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I. , $\frac{N}{C}$

(B) Το πιο κάτω διάγραμμα δείχνει τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές σε μια περιοχή ενός ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργείται από ακίνητα σημειακά ηλεκτρικά φορτία. Το διάγραμμα δεν αφορά ολόκληρο το πεδίο που δημιουργείται αλλά είναι μέρος του. Πάνω στο διάγραμμα σημειώνονται σημεία (Α, Β, Γ, Δ, Ε, Η, Θ, Ι, Κ, και Λ). Τα σημεία που αναφέρονται δεν έχουν κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό.



Με βάση το πιο πάνω διάγραμμα των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών, να απαντήσετε στα πιο κάτω ερωτήματα.

(α) Να αναφέρετε τον αριθμό των ηλεκτρικών φορτίων που υπάρχουν στο διάγραμμα.

(1 μονάδα)

Τρία (3) φορτία.

- (β) Να γράψετε το είδος των ηλεκτρικών φορτίων, αναφέροντας και το γράμμα που βρίσκεται πλησιέστερά τους.

(3 μονάδες)

Το φορτίο κοντά στο Ε θετικό

(1 μονάδα)

το φορτίο κοντά στο Γ θετικό

(1 μονάδα)

και το φορτίο κοντά στο Β αρνητικό.

(1 μονάδα)

- (γ) Να αναφέρετε το ηλεκτρικό φορτίο που έχει το μεγαλύτερο μέτρο.

(1 μονάδα)

Το φορτίο στο σημείο Ε.

- (δ) Να προσδιορίσετε σε ποιο από τα σημεία Α, Ε, Ι, Κ και Η, το πεδίο έχει τη μεγαλύτερη ένταση.

(1 μονάδα)

Το σημείο Ε

- (ε) Να κατατάξετε τα σημεία Α, Ε, Ι, Κ και Η, σε σχέση με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, γράφοντας πρώτα το σημείο που έχει την μικρότερη ένταση.

(2 μονάδες)

Η, Κ, Ι, Α, Ε

Θα δοθούν και οι δύο μονάδες αν η κατάταξη είναι σωστή σε όλα τα σημεία.

Θα δοθεί 1 μονάδα αν η κατάταξη είναι λάθος σε δύο σημεία ενδιάμεσα. Αν υπάρχει λάθος στο σημείο με την μικρότερη ή στο σημείο με την μεγαλύτερη ένταση καμία μονάδα.

- (στ) Να κατατάξετε τα σημεία Α, Β, Η, Θ και Κ, σε σχέση με το δυναμικό τους, γράφοντας πρώτα το σημείο που έχει το μεγαλύτερο δυναμικό.

(2 μονάδες)

Α, Κ, Η, Θ, Β

Θα δοθούν και οι δύο μονάδες αν η κατάταξη είναι σωστή σε όλα τα σημεία και 1 μονάδα αν η κατάταξη είναι λάθος σε δύο σημεία ενδιάμεσα. Αν υπάρχει λάθος στο σημείο με την μικρότερη ή στο σημείο με την μεγαλύτερη ένταση, καμία μονάδα.

- (ζ) Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση που θα ακολουθήσει ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο, αν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Θ.

(1 μονάδα)

Θα κατευθυνθεί προς την περιοχή που βρίσκεται το σημείο Β.

- (η) Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση που θα ακολουθήσει ένα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, αν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Δ.

(1 μονάδα)

Θα κατευθυνθεί προς το φορτίο που είναι κοντά στο σημείο Ε.

- (θ) Λίγο πιο πάνω και δεξιά στον χώρο του πεδίου που εμφανίζεται στο διάγραμμα, από τη μορφή των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών, μπορούμε να καταλάβουμε ότι υπάρχει ακόμα ένα ηλεκτρικό φορτίο.

- (i) Να σχεδιάσετε στο τετράδιο απαντήσεών σας το πάνω δεξιά κομμάτι του πεδίου. Να προσδιορίσετε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση αυτού του ηλεκτρικού φορτίου και να καθορίσετε το είδος του.

(1 μονάδα)

Αν έχουν βρει σωστά τη θέση του φορτίου και αν δηλώσουν ότι το φορτίο είναι θετικό.

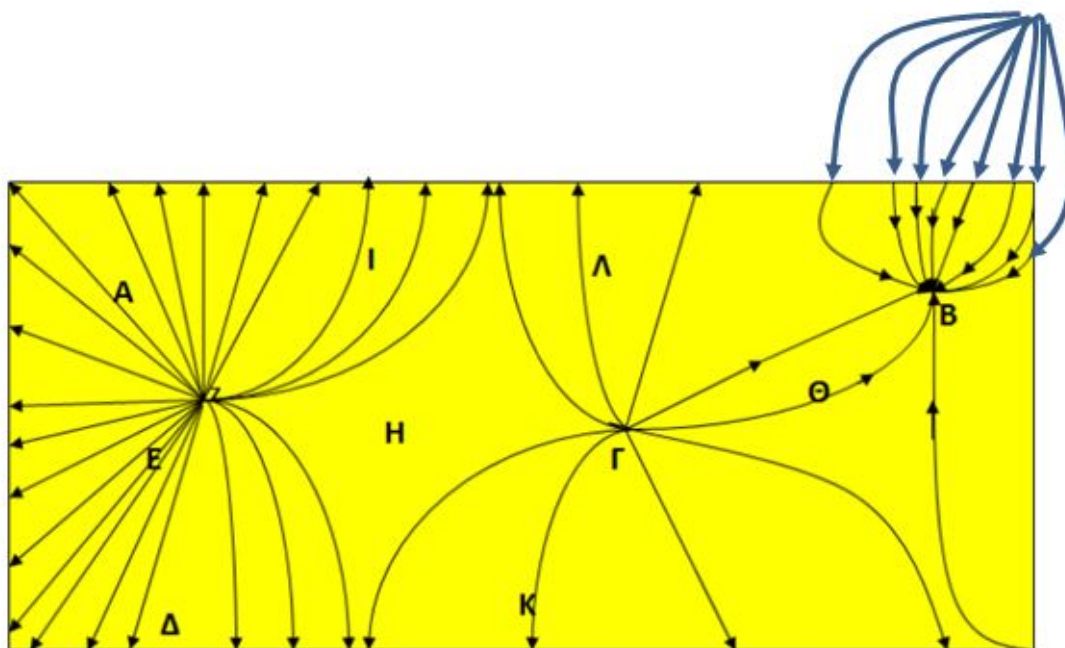
(1 μονάδα)

- (ii) Να συμπληρώσετε τις δυναμικές γραμμές, στον χώρο μεταξύ του ηλεκτρικού φορτίου στη θέση Β και του ζητούμενο ηλεκτρικού φορτίου.

(1 μονάδα)

Αν έχουν κάνει τουλάχιστον 5 γραμμές που να ταυτολογούν το φορτίο.

(1 μονάδα)



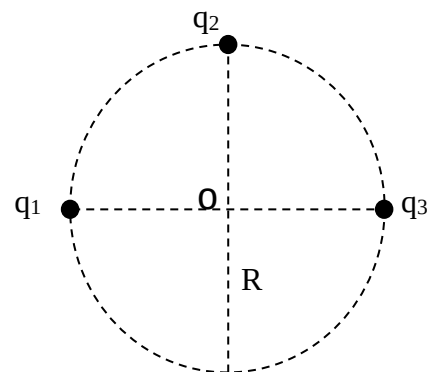
ΘΕΜΑ 8 (10 μονάδες)

Τρία φορτία $q_1 = +2.50 \mu\text{C}$, $q_2 = -5.00 \mu\text{C}$ και $q_3 = -2.50 \mu\text{C}$ βρίσκονται τοποθετημένα (ακλόνητα) στον αέρα σε περιφέρεια κύκλου ακτίνας $R = 50.0 \text{ cm}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Ζητούνται:

(α) Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο O του κύκλου.

(4 μονάδες)



$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$E_{1,3} = \frac{KQ_1 + KQ_3}{R^2} = \frac{K(Q_1 + Q_3)}{R^2}$$

$$E_{1,3} = \frac{8.99 \times 10^9 \times (2.5 + 2.5) \times 10^{-6}}{(0.5)^2} = 1.798 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

(1 μονάδα)

$$E_2 = \frac{KQ_2}{R^2} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{(0.5)^2} = 1.798 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

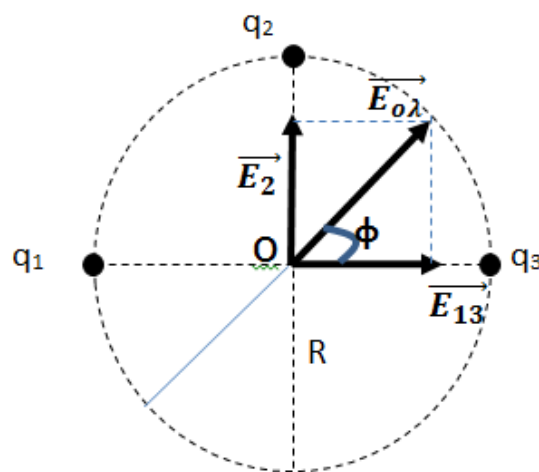
(1 μονάδα)

$$E_O = \sqrt{E_{1,3}^2 + E_2^2} = 2.54 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

(1 μονάδα)

$$\varepsilon\phi\hat{=} \frac{E_{1,3}}{E_2} = \gg \hat{\phi} = 45.0^\circ$$

(1 μονάδα)



(β) Το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο O του κύκλου.

(2 μονάδες)

$$V_O = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{KQ_1}{R} + \frac{KQ_2}{R} + \frac{KQ_3}{R}$$

$$V_O = 8.99 \times 10^9 \left(\frac{2.5}{0.5} + \frac{-5}{0.5} + \frac{-2.5}{0.50} \right) \times 10^{-6}$$

(1 μονάδα)

$$V_O = -8.99 \times 10^4 \text{ V}$$

(1 μονάδα)

- (γ) Το έργο των δυνάμεων του ηλεκτρικού πεδίου κατά την μετακίνηση ενός πυρήνα, που αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια, από το κέντρο Ο του κύκλου μέχρι το άπειρο.

(2 μονάδες)

$$W_{O \rightarrow \infty} = -q\Delta V$$

(0.5 μονάδα)

$$W_{O \rightarrow \infty} = -2 \times 1.6 \times 10^{-19}(0 - V_O)$$

(0.5 μονάδα)

$$W_{O \rightarrow \infty} = -2 \times 1.6 \times 10^{-19}(0 + 8.99 \times 10^4) = -2.8768 \times 10^{-14}$$

(0.5 μονάδα)

$$W_{O \rightarrow \infty} = -2.88 \times 10^{-14} J$$

(0.5 μονάδα)

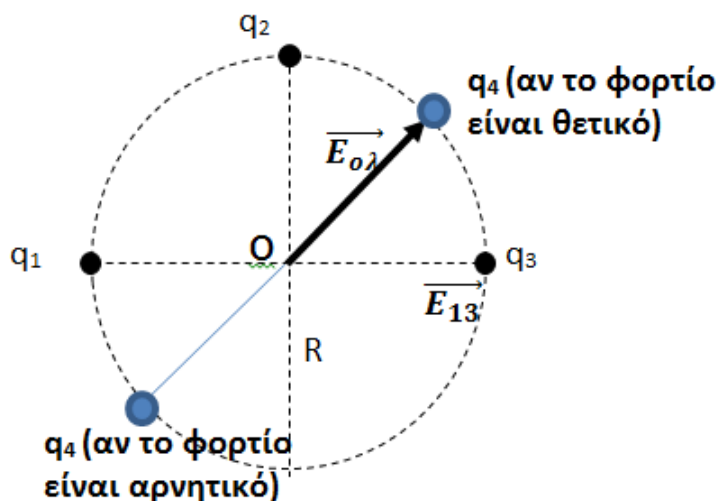
- (δ) Η τιμή και η θέση ενός τέταρτου ηλεκτρικού φορτίου q_4 που πρέπει να τοποθετήσουμε στην περιφέρεια του κύκλου, ώστε η ολική ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο Ο να μηδενιστεί.

(2 μονάδες)

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = 0 \Rightarrow E_4 = -2.54 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_4 = \frac{KQ_4}{R^2} \Rightarrow Q_4 = \frac{-2.54 \times 10^5 (0.5)^2}{8.99 \times 10^9} = -7.07 \mu C \text{ ή } Q_4 = 7.07 \mu C$$

(1 μονάδα)



(1 μονάδα)

ΤΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ