ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
ΓΙΑ ΤΟ
ΝΕΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΛΕΥΚΩΣΙΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2007

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Εισαγωγή

Το υποστηρικτικό υλικό που δόθηκε πέρσι κατά τη σχολική χρονιά 2006-2007, μετά από παρατηρήσεις και εισηγήσεις συναδέλφων και της συγγραφικής ομάδας, έχει τροποποιηθεί κατάλληλα. Η καινούργια αυτή έκδοση έχει συσταθεί για **να βοηθήσει** και **να καθοδηγήσει** τους συναδέλφους στη διδασκαλία **όχι όμως να τους περιορίσει.**

Όπως όλοι γνωρίζουμε, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βρίσκεται απέναντι σε νέες προκλήσεις. Η παγκοσμιοποίηση και οι προβλεπόμενες απαιτήσεις της αγοράς εργασίας επιβάλουν νέους σκοπούς και στόχους στην εκπαίδευση γενικά και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ειδικότερα.
Γι' αυτό η ανάπτυξη δεξιοτήτων και η αναγκαιότητα της μεταφοράς γνώσης θα πρέπει να είναι από τους βασικούς στόχους της εκπαίδευσης.
Οι πιο πάνω στόχοι μπορούν να αναπτυχθούν μέσα από τα αναλυτικά προγράμματα, τα διδακτικά βιβλία, το υποστηρικτικό διδακτικό υλικό και άλλες πηγές.

Το υποστηρικτικό αυτό υλικό παρουσιάζει διάφορες μορφές που η κάθε μια επικεντρώνεται σε διαφορετικούς στόχους :

1. Εννοιολογικές ερωτήσεις με στόχο την ορθή κατανόηση εννοιών και νόμων και τη διόρθωση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.
2. Πειραματικές δραστηριότητες με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων παρατήρησης, υπόθεσης, πρόβλεψης, αναγνώρισης μεταβλητών, πειραματισμού, εξαγωγής συμπερασμάτων.
3. Θεωρητικά πειραματικά προβλήματα με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων αναγνώρισης μεταβλητών, σχεδιασμού, χάραξης και χρήσης γραφικών παραστάσεων.
4. Προβλήματα με γραφικές παραστάσεις με στόχο την κατανόηση, την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως την αναγνώριση μεταβλητών, την εύρεση κλίσης και σημείων που τέμνουν τους άξονες και τη φυσική σημασία τους.
5. Προβλήματα από την καθημερινή ζωή με στόχο τη σύνδεση της επιστήμης με τη ζωή.
6. Αριθμητικά προβλήματα με στόχο την ανάπτυξη της ικανότητας χειρισμού αριθμητικών πράξεων, της ορθής χρήσης και κατανόησης των μαθηματικών εκφράσεων που εμπλέκονται στους διάφορους νόμους της Φυσικής και την ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων.
7. Σύνθετα προβλήματα με στόχο την μεταφορά και σύνθεση της γνώσης που έχουν οι μαθητές από διάφορα θεματικά πλαίσια σε άλλα.
8. Ιδέες για έρευνες με στόχο την ανάπτυξη της ερευνητικής διαδικασίας και της κριτικής σκέψης

Ομάδα Εργασίας

Για την ετοιμασία του υποστηρικτικού υλικού για το νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Φυσικής Γ΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου και Τεχνικών Σχολών (Θεωρητικής Κατεύθυνσης (6ωρο)) εργάστηκαν κάτω από την εποπτεία της κυρίας Θεοφανώς Χειμωνίδου (Επιθεωρήτριας Φυσικής) και του κυρίου Νίκου Θεοφίλου (Επιθεωρητή Φυσικής) οι πιο κάτω καθηγητές Φυσικής:

- Αλεξάνδρου Ανδρέας, Διευθυντής
  99345496, cl1@cytanet.com.cy
- Ασπρομάλλης Γιώργος, Διευθυντής
  99416013, atomic@cytanet.com.cy
- Δημητρίου Αλέξανδρος, Β. Δ.
  99997467
- Σαββίδου Κυριακή, Β. Δ.
  99567613
- Παναγή Αντρέας, Β. Δ.
  99561131, andemage@cytanet.com.cy
- Πουαγκαρέ Μυρτώ, Β. Δ.
  99625517, myrto@pouangare.com
- Βασιλειάδης Στέλιος, Β. Δ.
  99678058, steliosb@cytanet.com.cy
- Ελευθερίου Παναγιώτης, Β. Δ.
  99416691, p2511958@cytanet.com.cy
- Λοΐζου Μαρία, Β. Δ.
  99667679, thasmari@cytanet.com.cy
- Αθανασιάδης Χρήστος
  99538083, athanasiadi@cytanet.com.cy
- Νικολάου Νικόλας
  99692097, nicmaths@spidernet.com.cy
- Τσαλακός Γιώργος
  99872143, tsalakou@spidernet.com.cy
- Φιλίππου Δημήτριος
  99451248, phildem@cytanet.com.cy

Σημειώσεις:

1. Αν σε μια άσκηση ζητείται να βρεθεί κάποιο διανυσματικό μέγεθος εννοείται ότι ζητούνται όλα τα χαρακτηριστικά αυτού του μεγέθους (μέτρο, διεύθυνση, φορά). Στις περιπτώσεις, στις οποίες ζητείται μόνο το μέτρο κάποιου διανύσματος, αυτό θα αναφέρεται συγκεκριμένα.
2. Στις αριθμητικές απαντήσεις ο μαθητής θα πρέπει οπωσδήποτε να δίνει και τη μονάδα μέτρησης.
3. Οι ασκήσεις κάθε κεφαλαίου είναι ταξινομημένες σε τρεις κατηγορίες. Η κατηγορία Α΄ περιλαμβάνει απλές ερωτήσεις και ασκήσεις και η κατηγορία Γ΄ τις περισσότερο σύνθετες ασκήσεις.
4. Στην αναθεωρημένη έκδοση του παρόντος υλικού στο τέλος κάθε κεφαλαίου παρατίθενται λύσεις μερικών ασκήσεων του κεφαλαίου.
5. Στο τέλος του υποστηρικτικού υλικού παρατίθεται κατάλογος των πειραμάτων φυσικής που υποβοηθούν την πληρέστερη κάλυψη της ύλης.
6. Τονίζεται ότι το τελικό προϊόν είναι το αποτέλεσμα συλλογικής δουλειάς όλης της Ομάδας Εργασίας κάτω από την εποπτεία των επιθεωρητών Φυσικής.
7. Παρακαλούνται οι συνάδελφοι να ενημερώσουν την Επιθεώρηση Φυσικής για τυχόν παραλήψεις ή και λάθη που θα εντοπίσουν στο υποστηρικτικό υλικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

(17 ΠΕΡΙΟΔΟΙ)

Κατηγορία Α΄

1. α. Μπορείτε να τρέξετε αρκετά γρήγορα ώστε να αποκτήσετε την ίδια ορμή με ένα αυτοκίνητο που κινείται με ταχύτητα μέτρου 1 km/h;

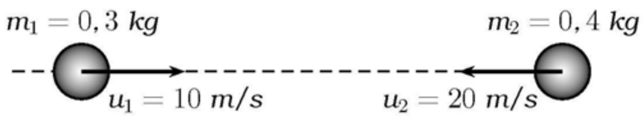
β. Πόσο γρήγορα πρέπει να κινείται ένα πρωτόνιο για να έχει την ίδια ορμή με ένα φτερό που πέφτει αργά; Να σχολιάσετε το αποτέλεσμα.

2. Ρίχνουμε ένα σώμα κατακόρυφα προς τα πάνω. Όταν το σώμα είναι σε άνοδο το μέτρο της ορμής του μειώνεται και όταν είναι σε κάθοδο το μέτρο της ορμής του αυξάνεται. Εξηγήστε αν μπορεί να εφαρμοστεί η αρχή διατήρησης της ορμής.

3. Αν η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι μηδενική, η γραμμική ορμή του σώματος μπορεί να είναι διάφορη του μηδενός; Αν η ολική μηχανική ενέργεια ενός σώματος είναι μηδενική είναι απαραίτητο να έχει μηδενική γραμμική ορμή;
Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

4. α. Τι ονομάζουμε ορμή ενός συστήματος σωμάτων;

β. Δύο μπάλες κινούνται σε οριζόντιο επίπεδο χωρίς τριβές, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μάζα και η ταχύτητα κάθε μπάλας φαίνονται στο σχήμα.
Να υπολογίσετε την ολική ορμή του συστήματος.



(*Απάντηση:* $P_{ολ.} = 5\ kg \cdot m \cdot s^{-1}$, φορά προς τα αριστερά)

5. Ένα φορτωμένο φορτηγό και ένα μικρό αυτοκίνητο τα οποία κινούνται σε ένα δρόμο με ταχύτητες ίδιου μέτρου και αντίθετης φοράς συγκρούονται μετωπικά και πλαστικά. Γιατί ο οδηγός του μικρού αυτοκινήτου τραυματίστηκε περισσότερο από τον οδηγό του φορτηγού;

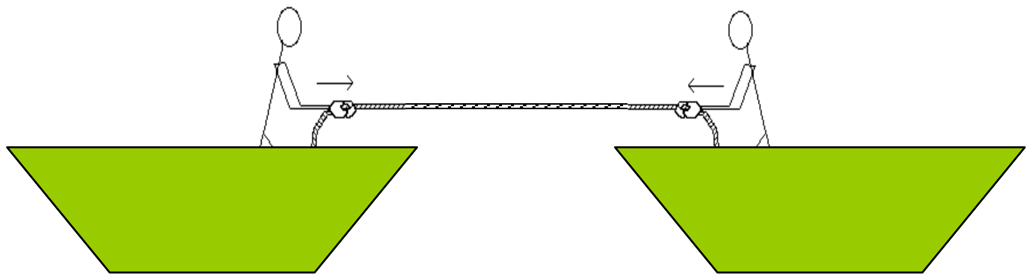
6. Όταν η ταχύτητα του ανέμου διπλασιαστεί πώς θα αλλάξει η δύναμη που ο άνεμος ασκεί σε κάποιο σπίτι;

7. Η διατήρηση της ορμής στηρίζεται στην ομογένεια του χώρου. Να εξηγήσετε τι εννοούμε με τον όρο ομογένεια του χώρου δίνοντας και κατάλληλο παράδειγμα.

8. Η διατήρηση της ενέργειας στηρίζεται στην ομογένεια του χρόνου. Να εξηγήσετε τι εννοούμε με τον όρο ομογένεια του χρόνου δίνοντας και κατάλληλο παράδειγμα.

9. Εξηγήστε ποια επίδραση θα είχε σ' ένα απομονωμένο σύστημα σωμάτων το σπάσιμο μιας συμμετρίας, για παράδειγμα, του χώρου ή του χρόνου.

10. Δύο ναύτες βρίσκονται μέσα σε δύο όμοιες βάρκες που επιπλέουν στην ήρεμη επιφάνεια της θάλασσας. Ξαφνικά τραβά ο ένας τον άλλο με ένα σχοινί όπως φαίνεται στο σχήμα.



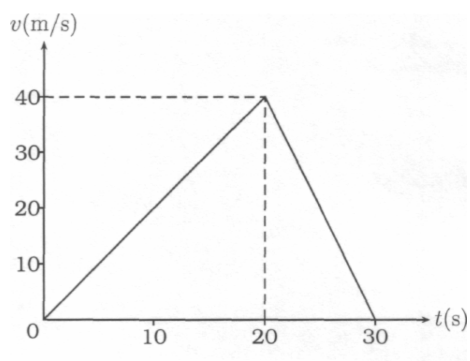
Τι υποθέσεις πρέπει να κάνετε και τι πληροφορίες χρειάζεστε για να βρείτε τη θέση στην οποία οι δύο βάρκες θα συναντηθούν; Πώς θα χρησιμοποιήσετε τις πληροφορίες αυτές; Λάβετε υπ' όψη όλες τις μεταβλητές που μπορούν να επηρεάσουν τη θέση συνάντησης.

<u>Κατηγορία Β΄</u>

11. Με ένα λάστιχο νερού εκτοξεύουμε νερό το οποίο κτυπά οριζόντια σε κατακόρυφο τοίχο με ταχύτητα 1,2 m/s . Μετά την πρόσκρουση το νερό κινείται κατακόρυφα (δηλ. παράλληλα με τον τοίχο). Αν πέφτουν 50 g νερού σε κάθε δευτερόλεπτο να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί το νερό στον τοίχο.

(0,06 N)

12. Ένα σώμα το οποίο αρχικά ηρεμεί, έχει μάζα $5kg$. Κάποια στιγμή αρχίζει να ασκείται στο σώμα δύναμη *F* σταθερής διεύθυνσης. Με την επίδραση της δύναμης αυτής η ταχύτητα υ του σώματος μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο t, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



α. Να κατασκευάσετε τα αντίστοιχα διαγράμματα *F = f(t)* και *F = f(x),* όπου *x* είναι η θέση του σώματος.

β. Πώς μεταβάλλονται η ορμή *P* και η κινητική ενέργεια $E_{κιν.}$ του σώματος κατά τη διάρκεια της κίνησής του; Να δώσετε αριθμητικές τιμές για τα χρονικά διαστήματα 0 – 20 s και 0 – 30 s.

(*Απάντηση:* $\Delta P_{0\to 20} = 200\,N\cdot s, \quad \Delta P_{0\to 30} = 0N\cdot s$,

$\Delta E_{K\,0\to 20} = 4000\,J, \quad \Delta E_{K\,0\to 30} = 0\,J$)

γ. Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις *P = f(t)* και $E_{κιν.}$= *f(t)*. Τριβές αμελητέες.

13. Βλήμα μάζας 20 g και ταχύτητας μέτρου 250 m/s μπαίνει μέσα σε κορμό δέντρου και σταματά αφού διανύσει απόσταση 12 cm μέσα σ' αυτόν.

α. Πόση δύναμη ασκεί ο κορμός στο βλήμα, όταν το βλήμα

i) κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω,

ii) κινείται οριζόντια;

(Η δύναμη θεωρείται σταθερή κατά τη διαδρομή του βλήματος)

(*Απάντηση:* i) F = 5208,5 N, ii) F = 5208,3 N)

β. Πόσο χρόνο κινείται το βλήμα μέσα στον κορμό μέχρι να σταματήσει;

(*Απάντηση*: $t \approx 9,6\cdot 10^{-4}\,s$)

14. Μπάλα μάζας 0,2 kg πέφτει από ύψος 3,2 m πάνω σε ακλόνητο οριζόντιο δάπεδο και αναπηδά στο ίδιο αρχικό ύψος. Αν η διάρκεια επαφής της μπάλας με το δάπεδο είναι 10^{-3} s, να βρείτε πόση είναι (α) η μέση ολική δύναμη που ασκείται στη μπάλα κατά την κρούση, (β) η μέση δύναμη που ασκείται στο δάπεδο κατά την επαφή της μπάλας με αυτό.

(*Απάντηση*: α) ΣF = 3200 N, β) N = 3202 N)

15. Ένα αυτοκίνητο, το οποίο κινείται με ταχύτητα μέτρου 20 m/s, συγκρούεται μετωπικά με τοίχο και σταματά αμέσως. Ένας επιβάτης μάζας 75 kg , ο οποίος φορά ζώνη ασφαλείας, ακινητοποιείται σε χρόνο 0,2 s. Να βρείτε:

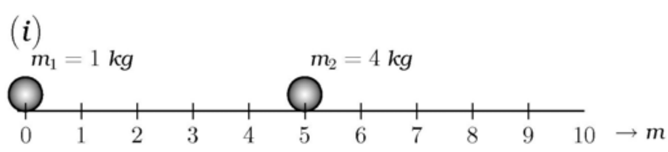
α. Τη δύναμη (θεωρείται σταθερή) που ασκεί η ζώνη στον επιβάτη.

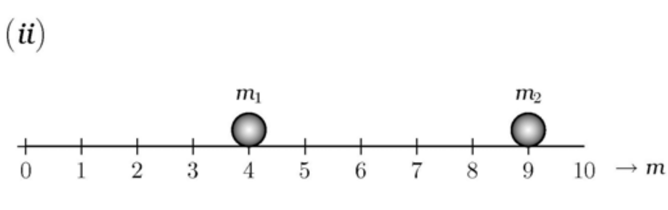
(*Απάντηση*: F = 7500 N, με φορά προς τα πίσω)

β. Το ποσόν της ενέργειας που απορροφάται από το σύστημα της ζώνης ασφαλείας.

(*Απάντηση*: ΔE = 15000 J)

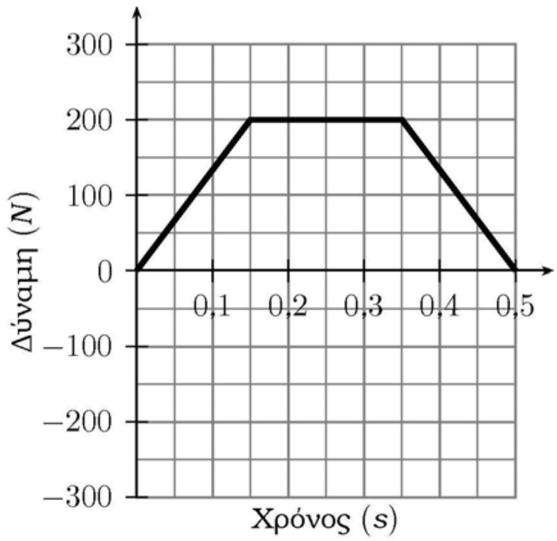
16. α. Να βρείτε τη θέση του κέντρου μάζας των δύο σφαιρών σε καθεμιά από τις πιο κάτω περιπτώσεις (i) και (ii).





(*Απάντηση*: i) x_{KM} = 4 m, ii) x_{KM} = 8 m) β) Ποιο συμπέρασμα προκύπτει από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων στις περιπτώσεις (i) και (ii);

17. Ένας πατέρας (μάζας 80 kg) και η κόρη του (50 kg), στέκονται αρχικά ακίνητοι πάνω σε τροχοπέδιλα. Κάποια στιγμή η κόρη δίνει στον πατέρα της ένα σπρώξιμο σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα δεξιά.



α. Να σχεδιάσετε, στο διάγραμμα που δίνεται πιο πάνω, τη δύναμη που ασκείται από τον πατέρα πάνω στην κόρη σαν συνάρτηση του χρόνου, για το χρονικό διάστημα 0 – 0,5 s.

β. Ποια αρχή της Φυσικής χρησιμοποιήσατε για να σχεδιάσετε την πιο πάνω γραφική παράσταση;

γ. Ποιες άλλες δυνάμεις επιδρούν πάνω στον πατέρα κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος 0 – 0,5 s;

δ. Πόση είναι η ολική ορμή του συστήματος τις χρονικές στιγμές $t_1 = 0,2\,s$ και $t_2 = 0,5\,s$;

(*Απάντηση*: $P_{ολ.1} = P_{ολ.2} = 0$)

18. Δύο εντελώς πλαστικές σφαίρες με μάζες $20\,g$ και $30\,g$ κινούνται χωρίς τριβές με αντίθετη φορά πάνω στην ίδια ευθεία με ταχύτητες μέτρου 30 m/s και 10 m/s, αντίστοιχα. Μετά τη σύγκρουσή τους οι σφαίρες κινούνται μαζί σαν ένα σώμα. Να βρείτε α) την κοινή τους ταχύτητα μετά την κρούση, β) την απώλεια μηχανικής ενέργειας κατά την κρούση.

(*Απάντηση*: α) V_K = 6 m/s, με φορά την ίδια με τη φορά της ταχύτητας της μπάλας με μάζα 20 g,
β) ΔE_K = -9,6 J)

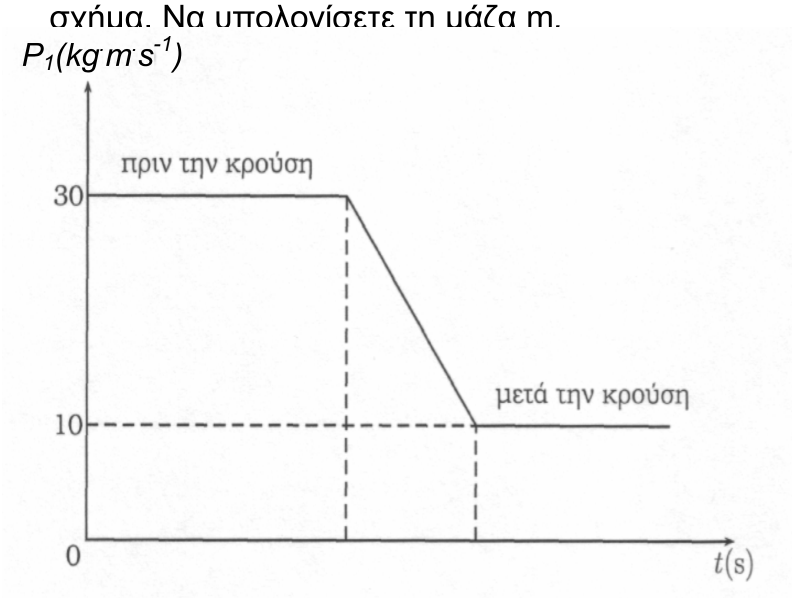
19. Δύο μπάλες M_1 και M_2 με μάζες $2\,kg$ και $3\,kg$, αντίστοιχα, κινούνται χωρίς τριβές με αντίθετη φορά πάνω στην ίδια ευθεία με ταχύτητες μέτρου 6 m/s και 2 m/s, αντίστοιχα, και συγκρούονται τελείως ελαστικά. Η διάρκεια της σύγκρουσης είναι 0,02 s.

α) Να βρείτε τις ταχύτητες τους μετά από την κρούση.

(*Απάντηση*: $u_1 = 3,6\,m \cdot s^{-1}, u_2 = 4,4\,m \cdot s^{-1}$, φορές αντίθετες των αρχικών) β) Να σχεδιάσετε στους ίδιους βαθμολογημένους άξονες τις γραφικές παραστάσεις της ορμής P_1 και P_2 της κάθε μπάλας καθώς και της συνολικής ορμής $P_{ολ}$ του συστήματος σε συνάρτηση με το χρόνο (πριν, κατά και μετά την κρούση).

γ) Να σχεδιάσετε τα διαγράμματα $F_1 = f(t)$ και $F_2 = f(t)$, όπου F_1 και F_2 οι εσωτερικές δυνάμεις (μέση τιμή) που ασκούνται πάνω στις μπάλες M_1 και M_2, αντίστοιχα.

20. Το μέτρο της ορμής P_1 ενός σώματος μάζας 1 kg, που συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με άλλο αρχικά ακίνητο σώμα m , μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο *t* όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Να υπολογίσετε τη μάζα m.



(*Απάντηση*: m_2 = 2 kg)

21. Σε ένα πείραμα για τη μελέτη των κρούσεων χρησιμοποιείται ένα αμαξάκι Α μάζας 1,6 kg. Το αμαξάκι αυτό κατευθύνεται προς ένα δεύτερο αμαξάκι Β μάζας 0,8 kg, το οποίο κινείται προς την ίδια κατεύθυνση με το Α, αλλά με μικρότερη ταχύτητα. Τα μέτρα των ταχυτήτων των Α και Β πριν και μετά την κρούση, σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, φαίνονται πιο κάτω:

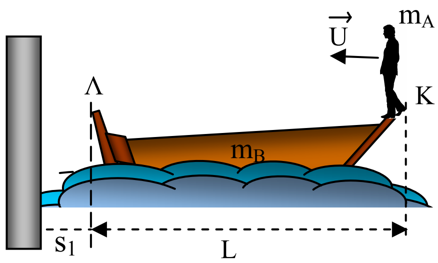
Κρούση K_1	**Μέτρο ταχύτητας πριν**	**Μέτρο ταχύτητας μετά**
Αμαξάκι Α	0,70 m/s	0,30 m/s
Αμαξάκι Β	0,10 m/s	0,89 m/s
Κρούση K_2		
Αμαξάκι Α	0,60 m/s	0,37 m/s
Αμαξάκι Β	0,10 m/s	0,57 m/s

α. Να αποδείξετε, με βάση τα πιο πάνω αποτελέσματα, την αρχή διατήρησης της ορμής.

β. Να εξηγήσετε γιατί τα μέτρα των ταχυτήτων πρέπει να μετρούνται <u>αμέσως</u> πριν και μετά την κρούση.

γ. Να καθορίσετε το είδος καθεμιάς από τις κρούσεις K_1 και K_2.

22. Μια βάρκα ΚΛ μήκους $L = 8m$ και μάζας m_B = 100kg επιπλέει στην ήρεμη επιφάνεια νερού με τον άξονα της κάθετο στην ακτή. Η άκρη Λ της βάρκας απέχει από την ακτή απόσταση S_1 = 8,5 m. Ένας άνθρωπος μάζας m_A = 60kg βαδίζει κατά μήκος της βάρκας από την άκρη Κ μέχρι την άκρη Λ. Όταν ο άνθρωπος φθάσει στην άκρη Λ πόσο θα απέχει από την ακτή;



23. Ένας κυνηγός μάζας 80 kg κρατά όπλο μάζας 4 kg και στέκεται ακίνητος στην επιφάνεια μιας παγωμένης λίμνης. Το όπλο εκπυρσοκροτεί και η σφαίρα, μάζας 15 g, κινείται οριζόντια με ταχύτητα μέτρου 600 m/s. Να βρείτε:

α. Την ταχύτητα ανάκρουσης του όπλου.

(*Απάντηση*: $u_{\text{οπλ.}}$ = 2,25 m/s, φορά αντίθετη της φοράς της ταχύτητας της σφαίρας)

β. Την ταχύτητα του κυνηγού, αμέσως μετά τη σύγκρουση του όπλου με τον ώμο του, και θεωρώντας ότι η κρούση τους είναι τελείως πλαστική.

(*Απάντηση*: $u_{\text{κυν.}}$ = 0,107 m/s, με φορά την ίδια με της ταχύτητας ανάκρουσης του όπλου)

γ. Την ταχύτητα του κυνηγού, αν αρχικά το όπλο ακουμπούσε σταθερά στον ώμο του.

(*Απάντηση*: $u'_{\text{κυν.}}$ = 0,107 m/s, με φορά την ίδια με της ταχύτητας ανάκρουσης του όπλου)

24. Ένας ακίνητος πυρήνας ραδιενεργού ραδίου ($^{226}_{88}Ra$), διασπάται σε ένα πυρήνα ραδονίου ($^{222}_{86}Rn$) και ένα σωματίδιο άλφα ($^{4}_{2}He$). Αν η κινητική ενέργεια του σωματιδίου άλφα είναι $6,72 \cdot 10^{-13} J$, να βρείτε (α) το μέτρο της ταχύτητας του πυρήνα ραδονίου, (β) την κινητική ενέργεια του πυρήνα ραδονίου.
(οι μάζες των πυρήνων είναι αντίστοιχα: $m_{Rn} \approx 222u$, $m_{He} \approx 4u$, όπου $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$).

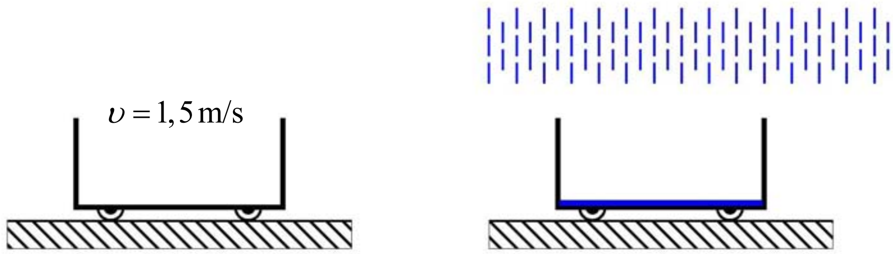
(*Απάντηση:* α) $u_{Rn} = 2,56 \cdot 10^{5}$ m/s,
β) $E_{KRn} = 1,21 \cdot 10^{-14}$ J)

25. Το βαγόνι του σχήματος, μάζας 100 Kg, κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου 1,5 m/s. Κάποια στιγμή αρχίζει να βρέχει οπότε αρχίζει να μαζεύεται νερό μέσα στο βαγόνι. (Αγνοήστε τριβές και αντιστάσεις στην κίνηση του βαγονιού).

i. Ποια επίδραση θα έχει στην ταχύτητα του βαγονιού η συνεχής αύξηση του νερού μέσα στο βαγόνι; Εξηγήστε.

ii. Ποιο θα είναι το μέτρο της ταχύτητας του βαγονιού όταν η μάζα του νερού μέσα στο βαγόνι γίνει 50Kg; (1m/s)

iii. Τη στιγμή που η μάζα του νερού στο βαγόνι είναι 50Kg ανοίγει μια τάπα που βρίσκεται στο πάτωμα του βαγονιού και χύνεται στο δρόμο τόσο νερό όσο πέφτει μέσα στο βαγόνι από τη βροχή, με αποτέλεσμα η μάζα του νερού να διατηρείται σταθερή (50Kg). Σχολιάστε την περαιτέρω κίνηση του βαγονιού.



<u>Κατηγορία Γ΄</u>

26. Μια μπάλα M_1 που έχει μάζα 4 kg και κινείται με ταχύτητα μέτρου 10 m/s συγκρούεται πλαστικά και κεντρικά με μια άλλη μπάλα M_2 που έχει μάζα 16 kg και κινείται πάνω στην ίδια ευθεία με ταχύτητα μέτρου 4 m/s. Η διάρκεια της σύγκρουσης είναι 0,02 s. Τριβές δεν υπάρχουν.

α. Να βρείτε την κοινή ταχύτητα των δύο μπαλών μετά την κρούση, αν οι ταχύτητες τους πριν από την κρούση είχαν: i) την ίδια φορά, ii) αντίθετη φορά.

(*Απάντηση*: i) V_K = 5,2 m/s, φορά ίδια με τη φορά των αρχικών ταχυτήτων, ii) V_K = 1,2 m/s, με φορά τη φορά της αρχικής ταχύτητας της μπάλας M_2)

β. Για καθεμιά από τις πιο πάνω περιπτώσεις να σχεδιάσετε στο ίδιο διάγραμμα τις γραφικές παραστάσεις της ορμής P_1 και P_2 της κάθε μπάλας καθώς και της συνολικής ορμής $P_{ολ}$ του συστήματος σε συνάρτηση με το χρόνο πριν, κατά και μετά την κρούση.

γ. Να σχεδιάσετε τα διαγράμματα $F_1 = f(t)$ και $F_2 = f(t)$, όπου F_1 και F_2 οι εσωτερικές δυνάμεις (μέση τιμή) που ασκούνται πάνω στις μπάλες M_1 και M_2, αντίστοιχα.

27. Δύο σφαίρες με μάζες m_1 =1 kg και m_2 = 3 kg κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα..

(I) Αν η κρούση είναι <u>ελαστική,</u> ζητούνται:

α. Οι ταχύτητες (μέτρο, διεύθυνση, φορά) των δύο σφαιρών μετά την κρούση.

(*Απάντηση*: $\upsilon_1 = 7\, m\cdot s^{-1}$, φορά προς τα αριστερά, $\upsilon_2 = 1 m\cdot s^{-1}$, φορά προς τα αριστερά)

β. Η μέση δύναμη που ασκείται πάνω σε κάθε σφαίρα, αν η χρονική διάρκεια της κρούσης είναι 10^{-3} s.

(*Απάντηση*: F_1 = 9000 N, φορά προς τα αριστερά, F_2 = 9000 N, φορά προς τα δεξιά)

γ. Η γραφική παράσταση της ταχύτητας κάθε σφαίρας και της ταχύτητας του κέντρου μάζας του συστήματος σε σχέση με το χρόνο στους ίδιους βαθμολογημένους άξονες.

(II) Αν η κρούση είναι <u>πλαστική,</u> ζητούνται:

α. Η κοινή ταχύτητα (μέτρο, διεύθυνση, φορά) των δύο σφαιρών μετά την κρούση.

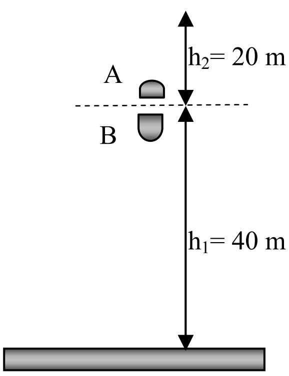
(*Απάντηση*: $\upsilon = 2,5\, m\cdot s^{-1}$, φορά προς τα αριστερά)

β. Η απώλεια κινητικής ενέργειας, κατά την κρούση.

(*Απάντηση*: ΔE_K = - 13,5 J)

γ. Η γραφική παράσταση της ορμής κάθε σφαίρας και της ορμής του συστήματος, στους ίδιους βαθμολογημένους άξονες, σε σχέση με το χρόνο. (Η δύναμη κατά την κρούση θεωρείται σταθερή).

28. Βλήμα μάζας m=3kg εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω. Όταν φτάνει σε ύψος h_1 = 40 m η κινητική του ενέργεια μηδενίζεται και αμέσως εκρήγνυται. Το βλήμα διασπάται σε δύο κομμάτια Α και Β που έχουν μάζες $m_A = \frac{m}{3}$ και $m_B = \frac{2m}{3}$. Το κομμάτι Α αμέσως μετά την έκρηξη κινείται προς τα πάνω και φτάνει σε ύψος h_2=20 m από το σημείο της έκρηξης.



Ζητούνται:

α. Το μέτρο της ταχύτητας του κομματιού Α αμέσως μετά την έκρηξη.

(*Απάντηση*: $υ_A$ = 20 m/s)

β. Η ταχύτητα του κομματιού Β αμέσως μετά την έκρηξη.

(*Απάντηση*: $υ_B$ = 10 m/s, με φορά κατακόρυφα προς τα κάτω)

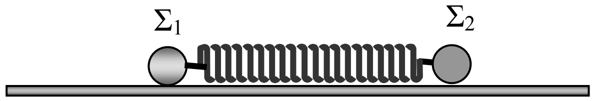
γ. Η ενέργεια της έκρηξης.

(*Απάντηση:* $E_{έκρηξης}$ = 300 J)

δ. Αν το δεύτερο κομμάτι Β συγκρούεται ελαστικά με το έδαφος και αναπηδά προς τα πάνω, πόση είναι η μέση δύναμη που ασκείται σ' αυτό από το έδαφος κατά τη διάρκεια της κρούσης; Διάρκεια επαφής με το έδαφος 10^{-2} s.

(*Απάντηση*: F = 12020 N)

29. Δύο σώματα $Σ_1$ και $Σ_2$ με μάζες m_1 και m_2, αντίστοιχα, είναι δεμένα στις άκρες ενός ελατηρίου σταθεράς Κ, το οποίο αρχικά έχει το φυσικό του μήκος. Απομακρύνουμε τα σώματα από τις αρχικές τους θέσεις, το σώμα $Σ_1$ προς τα αριστερά κατά x_1 και το σώμα $Σ_2$ προς τα δεξιά κατά x_2.



α. Στην κατάσταση αυτή να βρείτε τις δυνάμεις που ασκεί το ελατήριο και την ελαστική ενέργεια του ελατηρίου.

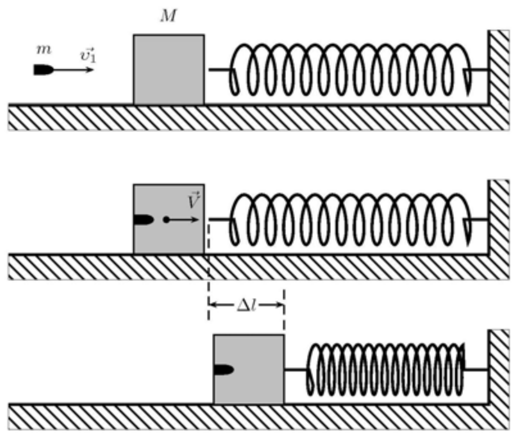
(*Απάντηση*: $F_1 = F_2 = K(x_1 + x_2)$)

β. Αν αφήσουμε τα σώματα ελεύθερα, να βρείτε τις ταχύτητές τους στη θέση όπου το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος.

(*Απάντηση*: $υ_1 = \sqrt{\dfrac{m_2 K}{m_1(m_2+m_1)}}(x_1+x_2)$, με φορά προς τα δεξιά

$υ_2 = \sqrt{\dfrac{m_1 K}{m_2(m_1+m_2)}}(x_1+x_2)$, με φορά προς τα αριστερά)

30. Ένα βλήμα μάζας m=30g κινείται οριζόντια και προσκρούει με ταχύτητα $υ_1$=300m/s σ' ένα ακίνητο κομμάτι ξύλο μάζας M=29,97 Kg στο οποίο ενσωματώνεται . Το σύστημα ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε οριζόντιο επίπεδο και συμπιέζει ελατήριο που βρίσκεται οριζόντια τοποθετημένο με τον άξονα του



κατά τη διεύθυνση της κίνησης του βλήματος και που είναι στερεωμένο σε ακίνητο τοίχο.

Α) Να βρεθούν

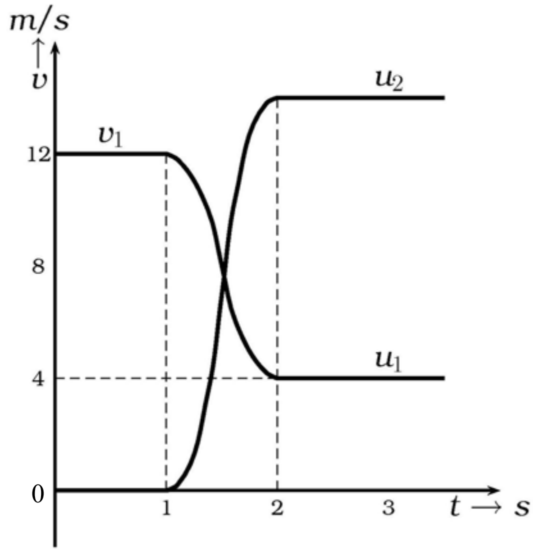
α) Η ταχύτητα ξύλου – βλήματος αμέσως μετά τη κρούση

β) Η μέγιστη συμπίεση του ελατηρίου , αν το θεωρήσουμε αβαρές και σταθεράς K=270 N/m

Β) Αν υπήρχε τριβή μεταξύ επιπέδου και ξύλου και ο συντελεστή τριβής ολίσθησης ήταν μ=0,1 να βρείτε τη νέα μέγιστη συμπίεση του ελατηρίου

(Απάντηση: 0,3m/s Δl=10cm Δl=3,8 cm)

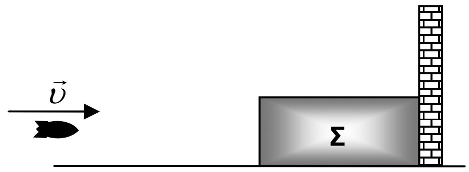
31. Η διπλανή γραφική παράσταση περιγράφει την ελαστική κρούση δύο σφαιρών $Σ_1$ και $Σ_2$ με μάζες m_1 και m_2 αντίστοιχα. Η ταχύτητα u_2 της σφαίρας $Σ_2$ μετά την κρούση <u>δεν είναι σχεδιασμένη με κλίμακα</u>.
Αν $m_1 = 0{,}2$ kg,



α. να σχεδιάσετε στους ίδιους βαθμολογημένους άξονες τις γραφικές παραστάσεις : $P_1 = f(t)$, $P_2 = f(t)$, $P_{ολ} = f(t)$ για το χρονικό διάστημα 0 – 3 s, για την ορμή P_1, P_2 και $P_{ολ}$ των δύο σφαιρών και του συστήματος τους αντίστοιχα,

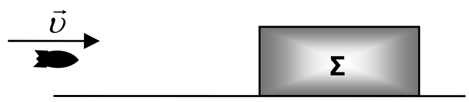
β. σε δεύτερο διάγραμμα να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις $\bar{F}_1 = f(t)$ και $\bar{F}_2 = f(t)$ για το χρονικό διάστημα 0 – 3 s.
($\bar{F}_1, \bar{F}_2$: η μέση εσωτερική δύναμη που ασκείται σε κάθε σφαίρα αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της κρούσης.)

32. Στο σώμα Σ, μάζας 9,8kg , το οποίο ακουμπά στο κατακόρυφο τοίχωμα (Σχ.1), προσκρούει ένα βλήμα μάζας 200g και σφηνώνεται σε βάθος 15m. Αν δεν υπήρχε το τοίχωμα (Σχ.2) και η τριβή μεταξύ του Σ και του οριζόντιου επιπέδου είναι μηδέν



Σχ. 1

α) Να βρείτε μέχρι ποιο βάθος θα σφηνωνόταν το βλήμα μέσα στο Σ.



Σχ. 2

β) Να κάνετε τη γραφική παράσταση του βάθους σε συνάρτηση με τη μάζα του σώματος Σ

(Να θεωρήσετε την αντίσταση του σώματος στη διείσδυση του βλήματος σταθερή και την ίδια και στις δυο διατάξεις).

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 1

13. α. i)

$$\Delta E_K = W_{\Sigma F}$$

$$0 - \frac{1}{2} m\upsilon_0{}^2 = -\overline{F} \cdot \Delta x + mg \cdot \Delta x$$

$$\overline{F} = \frac{m\upsilon_0{}^2 + 2mg \cdot \Delta x}{2\Delta x} \approx 5208,5\,\mathrm{N}$$

ii)

$$\Delta E_K = W_{\Sigma F} \quad \Rightarrow \quad E_{K(\tau\varepsilon\lambda.)} - E_{K(\alpha\rho\chi.)} = W_{\Sigma F}$$

$$\Rightarrow \quad 0 - \frac{1}{2} m\upsilon_0{}^2 = -\overline{F} \cdot \Delta x$$

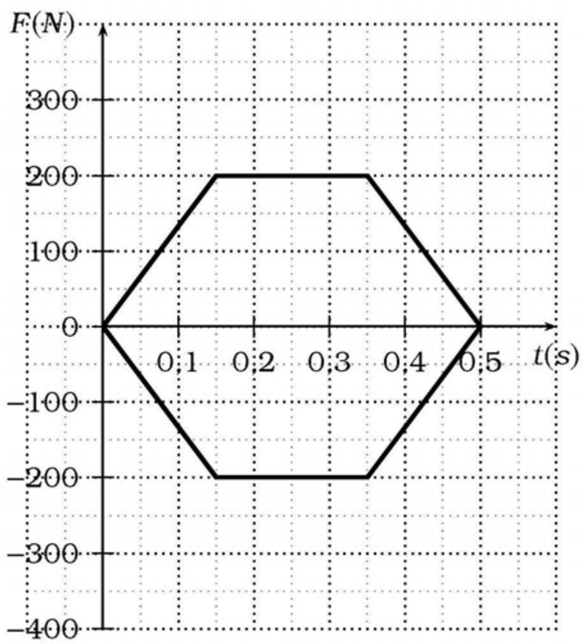
$$\Rightarrow \quad \overline{F} = \frac{m\upsilon_0{}^2}{2\Delta x} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 250^2}{2 \cdot 12 \cdot 10^{-2}} = 5208,3\,\mathrm{N}$$

β. Αφού η δύναμη F είναι και στις δύο περιπτώσεις περίπου ίση με 5208 N, θα έχουμε

$$\upsilon_{\tau\varepsilon\lambda.} = \upsilon_0 - a \cdot t \Rightarrow 0 = \upsilon_0 - \frac{F}{m} t$$

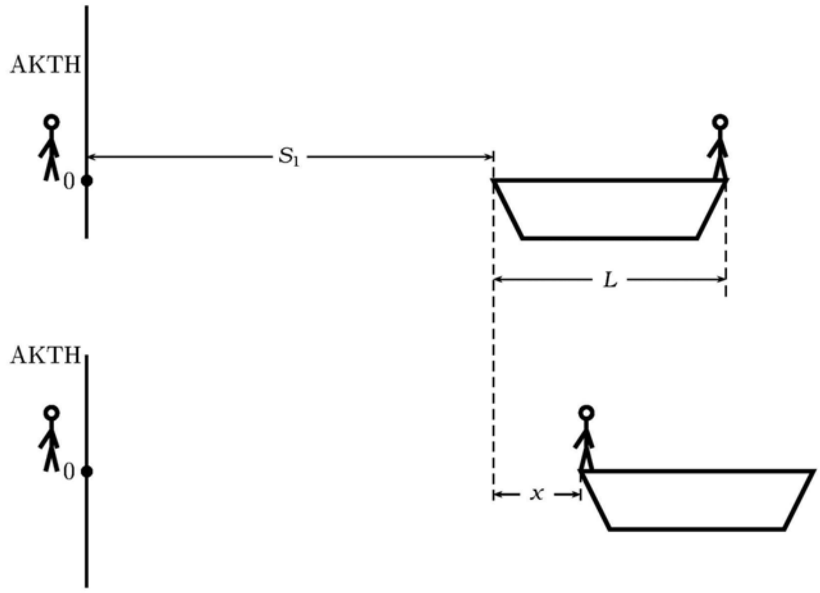
$$\Rightarrow t = \frac{m\upsilon_0}{F} \approx 9,6 \cdot 10^{-4}\, s$$

17. α.



β. Την αρχή δράσης – αντίδρασης.
γ. Η τριβή από το έδαφος και η αντίσταση του αέρα, καθώς και το βάρος του και η κάθετη αντίδραση από το έδαφος.
δ. Η ολική ορμή του συστήματος είναι σταθερή και ίση σε όλες τις χρονικές στιγμές με μηδέν.

22. Αν θεωρήσουμε ότι η κίνηση γίνεται με $\vec{\upsilon} = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\acute{\eta}$ τότε ως προς ακίνητο παρατηρητή στην ακτή θα είναι $\Delta P_{\sigma\upsilon\sigma\tau.} = 0$ επειδή $\Sigma F_{\varepsilon\xi.} = 0$.



Άρα

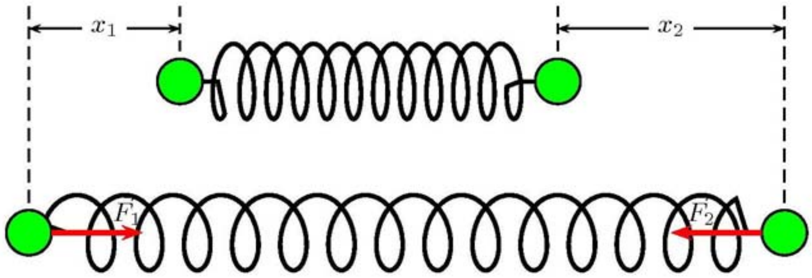
$$0 = m_\beta \cdot \upsilon_{\beta,0} - m_\alpha \cdot \upsilon_{\alpha,0} \Rightarrow 0 = m_\beta \cdot \upsilon_{\beta,0} - m_\alpha \cdot (\upsilon - \upsilon_{\beta,0}) \Rightarrow$$
$$0 = (m_\beta + m_\alpha) \cdot \upsilon_{\beta,0} - m_\alpha \upsilon \Rightarrow m_\alpha \upsilon \cdot t = (m_\beta + m_\alpha) \cdot \upsilon_{\beta,0} \cdot t \Rightarrow$$
$$m_\alpha \cdot L = (m_\beta + m_\alpha) \cdot x \Rightarrow x = \frac{m_\alpha \cdot L}{(m_\beta + m_\alpha)}$$

και

$$s = s_1 + x = 8,5 + \frac{60 \cdot 8}{160} = 11,5\,\text{m}$$

<u>Σημείωση</u>: Η άσκηση μπορεί να λυθεί θεωρώντας δεδομένο ότι το κέντρο μάζας του συστήματος παραμένει ακίνητο.

29.



α. $F_1 = F_2 = K(x_1 + x_2)$ και $E_{ολ.} = \dfrac{1}{2}K(x_1 + x_2)^2$

β. Επειδή $\Delta P_{συστ.} = 0$, άρα $m_1\upsilon_1 = m_2\upsilon_2$ και

$$E_{ολ.} = E_{K_1} + E_{K_2} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}K(x_1 + x_2)^2 = \frac{1}{2}m_1\upsilon_1^{\ 2} + \frac{1}{2}m_2\upsilon_2^{\ 2} \Rightarrow$$

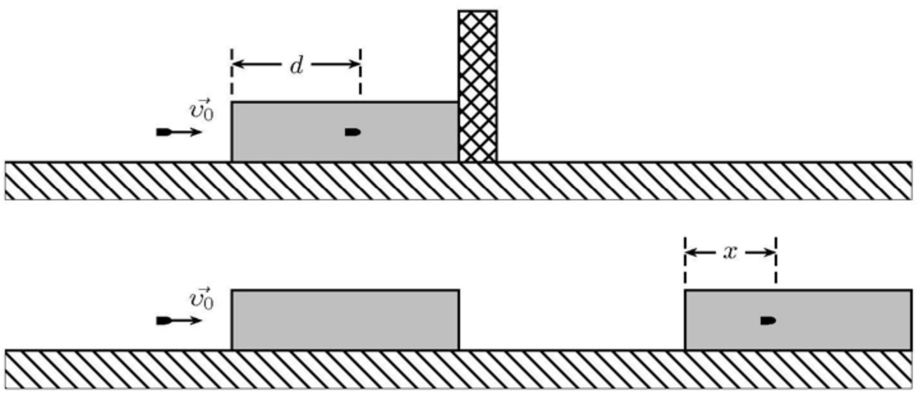
$$K(x_1 + x_2)^2 = m_1\upsilon_1^{\ 2} + m_2\left(\frac{m_1^{\ 2}\upsilon_1^{\ 2}}{m_2^{\ 2}}\right)$$

Άρα

$$\upsilon_1 = (x_1 + x_2)\sqrt{\frac{m_2 K}{m_1(m_2 + m_1)}},$$

$$\upsilon_2 = \frac{m_1\upsilon_1}{m_2} = (x_1 + x_2)\sqrt{\frac{m_1 K}{m_2(m_1 + m_2)}}$$

32.



α.

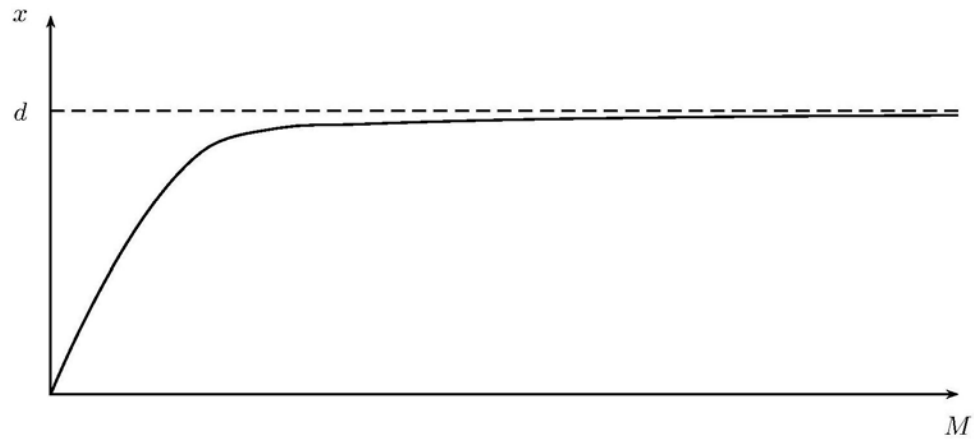
Αρχικά ισχύει $\dfrac{1}{2}m\upsilon_0^{\ 2} = F \cdot d$, ενώ στη δεύτερη περίπτωση (χωρίς τον τοίχο) χρησιμοποιούμε την αρχή διατήρησης της ορμής και το θεώρημα έργου – μεταβολής κινητικής ενέργειας:

$$m \cdot \upsilon_0 = (m+M) \cdot V_K \ ,$$
$$\frac{1}{2} m \cdot \upsilon_0{}^2 - \frac{1}{2}(m+M) \cdot V_K{}^2 = x \cdot F$$

Έτσι έχουμε

$$\frac{1}{2} m \cdot \upsilon_0{}^2 - \frac{1}{2}(m+M)\frac{m^2 \upsilon_0{}^2}{(m+M)^2} = x \cdot F \quad \Rightarrow$$
$$F \cdot d - \frac{m \cdot d \cdot F}{m+M} = F \cdot x \quad \Rightarrow$$
$$x = \frac{M}{m+M} d \approx 14,7\,\mathrm{m}$$

β. Η γραφική παράσταση θα έχει τη μορφή



ΠΕΙΡΑΜΑ 1Α:

Ο ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ (Μελέτη με τη χρήση φωτοπυλών).

Σκοπός

Η μελέτη της ελαστικής και πλαστικής κρούσης δύο σωμάτων, ο υπολογισμός της ορμής του συστήματος των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση και η επαλήθευση της διατήρησης της ορμής κατά τις κρούσεις.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

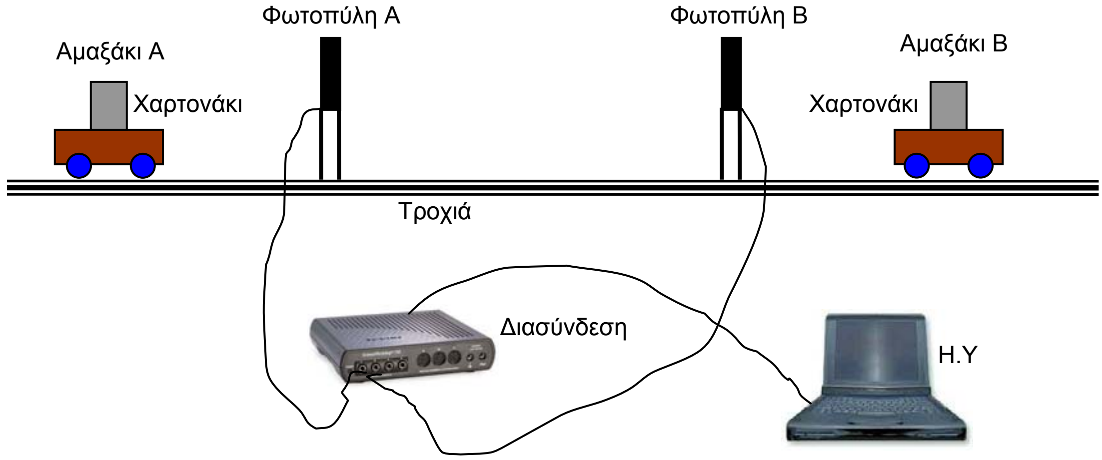
Ο γενικευμένος δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.
Η έννοια της ορμής.
Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις σε ένα σύστημα.
Χρήση της διασύνδεσης (Pasco)

Υλικά και όργανα

Για την εργαστηριακή άσκηση απαιτούνται τα εξής υλικά και όργανα :
αεροδιάδρομος ή οριζόντια λεία τροχιά, αμαξάκια (δύο της ίδιας μάζας, m, και ένα (περίπου) διπλάσιας μάζας, 2m), διασύνδεση, 2 αισθητήρες-φωτοπύλες, ζυγαριά και ηλεκτρονικός υπολογιστής.

Διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος

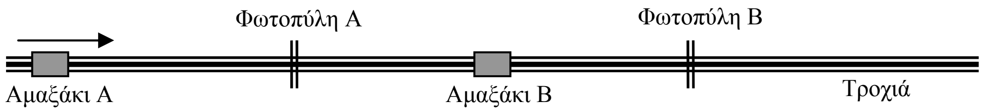
1. Με τη βοήθεια του καθηγητή σας ετοιμάστε τη διασύνδεση ώστε με τη βοήθεια των φωτοπυλών και του λογισμικού προγράμματος DataStudio να μπορείτε να λαμβάνεται μετρήσεις για την ταχύτητα των σωμάτων (αμαξάκια) πριν και μετά την κρούση.
2. Με τη βοήθεια της ζυγαριάς μετρείστε τις μάζες των σωμάτων.
3. Να ετοιμάσετε την πιο κάτω πειραματική διάταξη.



4. Για την ελαστική κρούση να χρησιμοποιείσετε τα δύο αμαξάκια διαφορετικής μάζας, όπου στο καθένα είναι τοποθετημένο στο μπροστινό μέρος ένα τεντωμένο λαστιχάκι (εναλλακτικά ειδικά αμαξάκια με μαγνήτες στο μπροστινό

μέρος). Το αμαξάκι με τη μεγαλύτερη μάζα είναι αρχικά ακίνητο στο μέσο της τροχιάς και μεταξύ των δύο φωτοπυλών. Το αμαξάκι με τη μικρότερη μάζα κινείται, πριν την κρούση, από τη μια άκρη της τροχιάς, περνά από τη μια φωτοπύλη και συγκρούεται με το ακίνητο αμαξάκι. Μετά την κρούση το αμαξάκι Α ξαναπερνά από την πρώτη φωτοπύλη για δεύτερη φορά ενώ το αμαξάκι Β περνά από τη δεύτερη φωτοπύλη. Το επόμενο σχήμα δείχνει παραστατικά την κατάσταση πριν και μετά την κρούση των δύο σωμάτων.

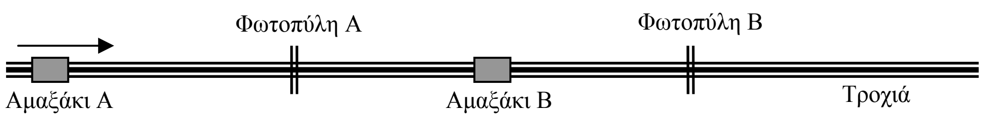
Πριν την κρούση



Μετά την κρούση

5. Να καταγράψετε τις ταχύτητες των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση.
6. Να επαναλάβετε τη διαδικασία 4. με τα αμαξάκια της ίδιας μάζας όπου πριν την κρούση (i) η κατάσταση περιγράφεται από το επόμενο σχήμα

Πριν την κρούση

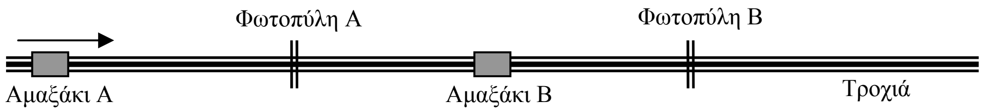


και (ii) η κατάσταση περιγράφεται από το επόμενο σχήμα.

Πριν την κρούση

7. Να καταγράψετε, σε κάθε περίπτωση, τις ταχύτητες των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση.
8. Για την πλαστική κρούση να χρησιμοποιήσετε τα δύο αμαξάκια με διαφορετική μάζα. Το αμαξάκι με τη μεγαλύτερη μάζα φέρει στο μπροστινό άκρο του καρφί και το άλλο φελλό. Το αμαξάκι με το φελλό είναι αρχικά ακίνητο στο μέσο της τροχιάς και μεταξύ των δύο φωτοπυλών.
   Το αμαξάκι με το καρφί κινείται, πριν την κρούση, από τη μια άκρη της τροχιάς, περνά από τη μια φωτοπύλη και συγκρούεται με το ακίνητο αμαξάκι. Μετά την κρούση τα δύο αμαξάκια κινούνται μαζί, ως ένα σώμα, και περνούν από τη δεύτερη φωτοπύλη. Το επόμενο σχήμα δείχνει παραστατικά την κατάσταση πριν και μετά την κρούση των δύο σωμάτων.

Πριν την κρούση



Μετά την κρούση

9. Να καταγράψετε τις ταχύτητες των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση.
10. Να γράψετε εργαστηριακή έκθεση όπου θα καταλήγετε σε συμπεράσματα της πιο πάνω πειραματικής διαδικασίας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 1Β (Προαιρετικό):

Ο ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ (Μελέτη με τη χρήση αισθητήρων κίνησης).

Σκοπός

Η μελέτη της ελαστικής και πλαστικής κρούσης δύο σωμάτων, ο υπολογισμός της ορμής του συστήματος των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση και η επαλήθευση της διατήρησης της ορμής κατά τις κρούσεις.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

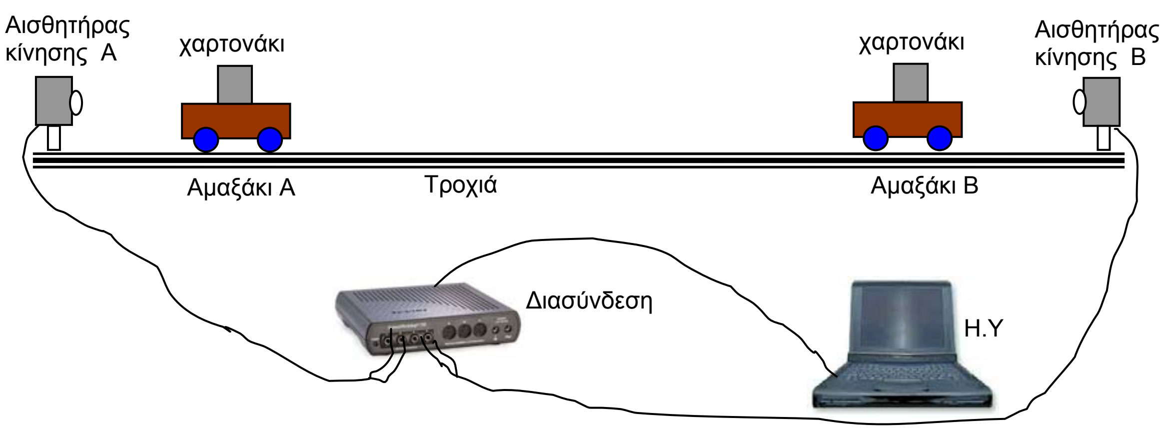
Ο γενικευμένος δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.
Η έννοια της ορμής.
Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις σε ένα σύστημα.
Χρήση της διασύνδεσης (Science Workshop).

Υλικά και όργανα

Για την εργαστηριακή άσκηση απαιτούνται τα εξής υλικά και όργανα :
αεροδιάδρομος ή οριζόντια λεία τροχιά, αμαξάκια (δύο της ίδιας μάζας, m, και ένα (περίπου) διπλάσιας μάζας, 2m), διασύνδεση, δύο αισθητήρες-κίνησης, ζυγαριά και ηλεκτρονικός υπολογιστής.

Διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος

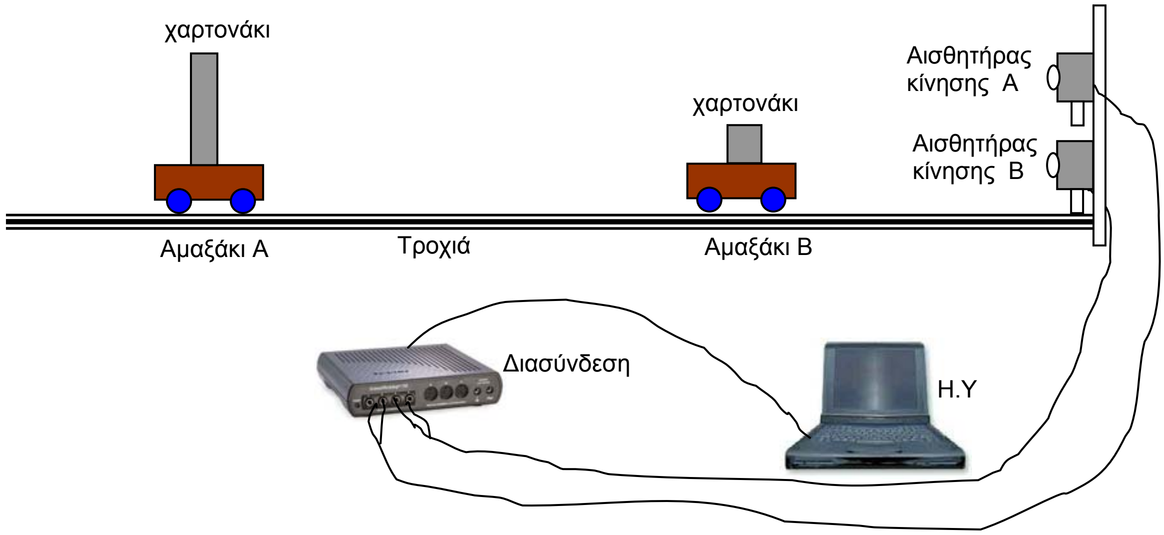
1. Με τη βοήθεια του καθηγητή σας να ετοιμάσετε τη διασύνδεση ώστε με τη βοήθεια των αισθητήρων-κίνησης και του λογισμικού προγράμματος DataStudio να μπορείτε να λαμβάνετε γραφικές παραστάσεις της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο, $υ = f(t)$, των σωμάτων (αμαξάκια) πριν και μετά την κρούση. Οι γραφικές παραστάσεις $υ = f(t)$, των σωμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται στους ίδιους άξονες.
2. Με τη βοήθεια της ζυγαριάς να μετρείσετε τις μάζες των σωμάτων.
3. Να ετοιμάσετε την πιο κάτω πειραματική διάταξη.



4. Να βεβαιωθείτε, στην περίπτωση που τα δύο σώματα κινούνται αντίθετα, η μια ταχύτητα να είναι αρνητική σε σχέση με την άλλη. Αυτό μπορεί να γίνει

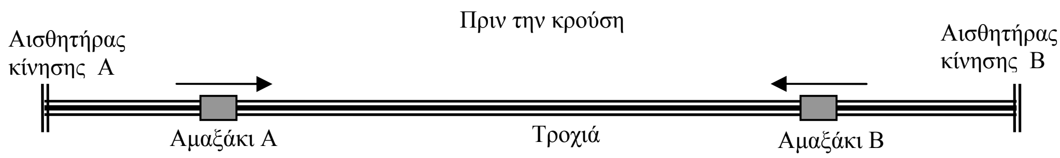
εισάγοντας με τη βοήθεια του προγράμματος DataStudio νέα μεταβλητή (με την επιλογή Calculate).

Μπορείτε, εναλλακτικά, να χρησιμοποιήσετε την ακόλουθη πειραματική διάταξη. Σε αυτή την περίπτωση επειδή οι αισθητήρες κίνησης βρίσκονται στην ίδια πλευρά της τροχιάς δεν χρειάζεται ειδική ρύθμιση για να καταγράφεται αρνητική η μια ταχύτητα όταν τα σώματα κινούνται αντίθετα.



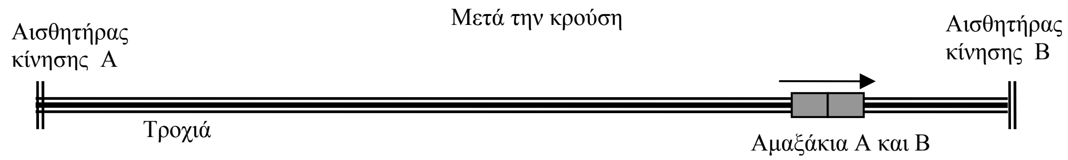
5. Για την ελαστική κρούση να χρησιμοποιήσετε τα δύο αμαξάκια διαφορετικής μάζας, όπου στο καθένα είναι τοποθετημένο στο μπροστινό μέρος ένα τεντωμένο λαστιχάκι (εναλλακτικά ειδικά αμαξάκια με μαγνήτες στο μπροστινό μέρος). Το αμαξάκι με τη μεγαλύτερη μάζα είναι αρχικά ακίνητο στο μέσο της τροχιάς. Το αμαξάκι με τη μικρότερη μάζα κινείται, πριν την κρούση και συγκρούεται με το ακίνητο αμαξάκι. Οι αισθητήρες κίνησης καταγράφουν την αντίστοιχη ταχύτητα των δύο σωμάτων σε σχέση με το χρόνο.
6. Να εκτυπώσετε τη γραφική παράσταση υ = f(t), όπως καταγράφηκε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
7. Να επαναλάβετε τη διαδικασία 4. με τα αμαξάκια της ίδιας μάζας όπου πριν την κρούση (i) η κατάσταση περιγράφεται από το επόμενο σχήμα

και (ii) η κατάσταση περιγράφεται από το επόμενο σχήμα.



8. Να εκτυπώσετε, σε κάθε περίπτωση, τη γραφική παράσταση υ = f(t), όπως καταγράφηκε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
9. Για την πλαστική κρούση να χρησιμοποιήσετε τα δύο αμαξάκια με διαφορετική μάζα. Το αμαξάκι με τη μεγαλύτερη μάζα φέρει στο μπροστινό

άκρο του καρφί και το άλλο φελλό. Το αμαξάκι με το φελλό είναι αρχικά ακίνητο στο μέσο της τροχιάς. Το αμαξάκι με το καρφί κινείται, πριν την κρούση, από τη μια άκρη της τροχιάς και συγκρούεται με το ακίνητο αμαξάκι. Μετά την κρούση τα δύο αμαξάκια κινούνται μαζί, ως ένα σώμα. Το επόμενο σχήμα δείχνει παραστατικά την κατάσταση πριν και μετά την κρούση των δύο σωμάτων.



10. Να εκτυπώσετε τη γραφική παράσταση υ = f(t), όπως καταγράφηκε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
11. Να γράψετε σύντομη εργαστηριακή έκθεση όπου, χρησιμοποιώντας τις γραφικές παραστάσεις, θα καταλήγετε σε συμπεράσματα σχετικά με την ορμή και την κινητική ενέργεια στις πιο πάνω περιπτώσεις κρούσεων.

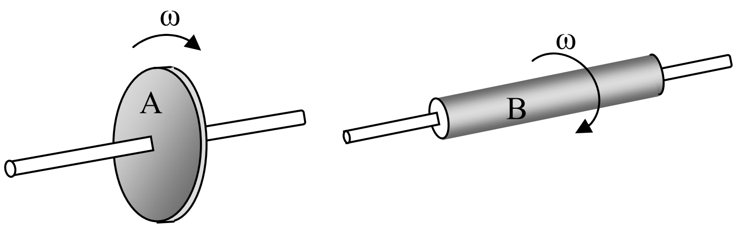
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ
(8 ΠΕΡΙΟΔΟΙ)

Κατηγορία Α΄

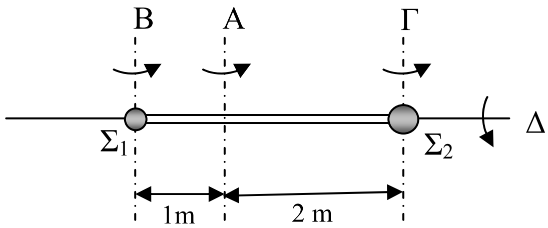
1. Ποια στάση και ποιο άξονα θα επιλέγατε για να δώσετε στο σώμα σας τη μικρότερη ροπή αδρανείας; Τη μεγαλύτερη;

2. Οι δυο κύλινδροι του σχήματος είναι κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό, είναι ομογενείς, έχουν την ίδια μάζα και περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα. Να εξηγήσετε ποιον από τους δυο κυλίνδρους μπορείτε να σταματήσετε πιο εύκολα.



3. Δυο σφαίρες έχουν την ίδια ακτίνα και την ίδια μάζα. Ωστόσο η μια είναι συμπαγής και η άλλη είναι κούφια από μέσα. Πώς μπορείτε να ξεχωρίσετε την κούφια;

4. Δυο σφαιρίδια Σ_1 και Σ_2, με μάζες 3 kg και 5 kg αντίστοιχα, είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με μια αβαρή ράβδο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Θεωρώντας τα σφαιρίδια ως υλικά σημεία, να υπολογίσετε τη ροπή αδρανείας του συστήματος ως προς άξονες Α, Β, Γ και Δ.



5. Πιστεύεται ότι ο Ήλιος σχηματίστηκε από τη βαρυτική κατάρρευση ενός σύννεφου σκόνης που βρισκόταν στο χώρο που σήμερα καταλαμβάνει το ηλιακό σύστημα (και πέρα από αυτό). Αν υποθέσουμε ότι το σύννεφο αυτό ήταν σφαιρικό με ακτίνα R_0, και περιστρεφόταν με γωνιακή ταχύτητα ω_0, πόση είναι η σημερινή γωνιακή ταχύτητα του Ήλιου; Θεωρήστε ότι ο ήλιος είναι σφαιρικός με ακτίνα R, και αγνοήστε τις μάζες των πλανητών. (Η μάζα του Ήλιου αποτελεί το 99,85% της μάζας του ηλιακού συστήματος ενώ όλοι μαζί οι πλανήτες μόνο το 0,135%. $I_{\sigma\varphi}= (2/5)mR^2$)

6. Ποια είναι η φορά της στροφορμής της Γης που οφείλεται στην περιστροφή της γύρω από τον άξονά της;

7. Να εξηγήσετε πότε η Γη έχει μεγαλύτερη γραμμική ταχύτητα καθώς περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, όταν βρίσκεται στο αφήλιο ή στο περιήλιο;

8. Όταν ένας κολυμβητής καταδύσεων θέλει να κάνει αναστροφές στον αέρα, μαζεύει τα πόδια του κοντά στο στήθος του. Γιατί κάνει την αναστροφή του πιο γρήγορη; Τι πρέπει να κάνει για να επιβραδύνει την αναστροφή;

9. Αν όλοι οι κάτοικοι της Γης περπατούν προς ανατολάς πώς θα επηρεαστεί η διάρκεια της ημέρας; Όταν σταματήσουν να περπατούν;

10. Χορεύτρια στον πάγο με ανοικτά χέρια περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της με ρυθμό 2,4 στροφές ανά δευτερόλεπτο. Όταν κλείσει τα χέρια της, η ροπή αδράνειας της ελαττώνεται στα 6/10 της αρχικής τιμής. Με ποιο ρυθμό περιστρέφεται τότε;

(*Απάντηση*: 4 στρ./s)

<u>Κατηγορία Β΄</u>

11. Οριζόντιος κυκλικός δίσκος περιστρέφεται ελεύθερα με συχνότητα 1 Hz γύρω από κατακόρυφο άξονα περιστροφής που περνά από το κέντρο του. Ένα κομμάτι πλαστελίνης με μάζα 8 g αφήνεται να πέσει και να κολλήσει στο δίσκο σε απόσταση 0,5 m από τον άξονα περιστροφής. Τότε η συχνότητα του δίσκου γίνεται 0,8 Hz.

α. Να υπολογίσετε τη ροπή αδράνειας του δίσκου.

(*Απάντηση*: 0,008 $kg \cdot m^2$)

β. Να υπολογίσετε την αρχική κινητική ενέργεια του δίσκου και την τελική κινητική ενέργεια του συστήματος μετά την πτώση της πλαστελίνης. Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

(*Απάντηση*: 0,158 J, 0,126 J)

12. Ένας μαθητής κάθεται πάνω σε κάθισμα που μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από κατακόρυφο άξονα και έχει τα χέρια του ανοικτά σε οριζόντια θέση. Η ροπή αδράνειας του συστήματος είναι 2 $kg \cdot m^2$. Το κάθισμα και ο μαθητής περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα 1,5 rad/s.

I. Ο μαθητής φέρνει τα χέρια στο στήθος του οπότε η ροπή αδράνειας του συστήματος ελαττώνεται στα 1,2 $kg \cdot m^2$.

α. Να υπολογίστε τη η νέα τιμή της γωνιακής ταχύτητας.

(*Απάντηση*: 2,5 rad/s)

β. Να υπολογίστε τη μεταβολή στην κινητική ενέργεια του συστήματος. Πού οφείλεται η μεταβολή αυτή;

(*Απάντηση*: 1,5 J)

II. Στη συνέχεια ο μαθητής ανοίγει λίγο τα χέρια του και η ροπή αδράνειας του συστήματος γίνεται 1,8 $kg \cdot m^2$. Να υπολογίσετε τη νέα κινητική ενέργεια, να τη συγκρίνετέ με τις προηγούμενες τιμές και να εξηγήσετε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας.

(*Απάντηση*: 2,5 J)

13. Οριζόντιος δίσκος με μάζα 120 kg και ακτίνας 1 m, περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα που περνά από το κέντρο του. Ένας άνθρωπος με μάζα 60 kg βρίσκεται στην περιφέρεια του περιστρεφόμενου δίσκου και έχει γραμμική ταχύτητα 10 m/s. Αν μετακινηθεί στο κέντρο του δίσκου, ποια θα είναι η μεταβολή στο μέτρο της γωνιακής ταχύτητας του δίσκου και ποια θα είναι η μεταβολή στην κινητική ενέργεια του συστήματος; (Σημείωση: Οι διαστάσεις του ανθρώπου θεωρούνται αμελητέες συγκρινόμενες με αυτές του δίσκου. Ροπή αδράνειας του δίσκου ως προς τον άξονα περιστροφής : I= ½ m r^2).

(*Απάντηση*: 10 rad/s, 6000 J)

14. Ένας μαθητής, μάζας 60 kg βρίσκεται στην άκρη μιας πλατφόρμας ακτίνας 2 m. Η πλατφόρμα είναι αρχικά ακίνητη και έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται οριζόντια χωρίς τριβές με ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα περιστροφής της 360 kg·m^2. Ο μαθητής αρχίζει να περπατά δεξιόστροφα (όπως φαίνεται από πάνω) στην περιφέρεια της πλατφόρμας με γραμμική ταχύτητα 1,5 m/s ως προς το έδαφος.

α. Ποια είναι η γωνιακή ταχύτητα της πλατφόρμας;

(*Απάντηση*: 0,5 rad/s)

β. Στη συνέχεια περπατά προς το κέντρο της πλατφόρμας και παραμένει εκεί. Ποια είναι τώρα η γωνιακή ταχύτητα της πλατφόρμας;

(*Απάντηση*: 0 rad/s)

<u>Κατηγορία Γ΄</u>

15. Ένας κύλινδρος με ροπή αδράνειας I_1 περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω_0 γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα χωρίς τριβή. Ένας δεύτερος κύλινδρος, με ροπή αδράνειας I_2 που αρχικά είναι ακίνητος, πέφτει πάνω στον πρώτο και τελικά αποκτούν και οι δύο την ίδια γωνιακή ταχύτητα ω.

α. Να υπολογίσετε τη γωνιακή ταχύτητα ω.

(*Απάντηση*: $I_1 \omega_0 / (I_1 + I_2)$)

β. Να υπολογίσετε το λόγο της τελικής προς την αρχική κινητική ενέργεια.

(*Απάντηση*: $I_1 / (I_1 + I_2)$)

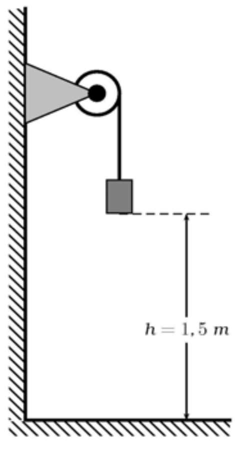
Να εξηγήσετε πού οφείλεται η απώλεια που παρατηρείται.

γ. Ποια θα ήταν η απώλεια στην κινητική ενέργεια αν ο δεύτερος κύλινδρος περιστρεφόταν αρχικά και αυτός όπως ο πρώτος με γωνιακή ταχύτητα ω_0 γύρω από κατακόρυφο άξονα χωρίς τριβή;

(*Απάντηση*: 0 J)

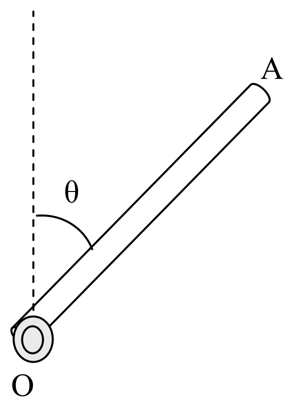
16. Η τροχαλία του σχήματος έχει ροπή αδράνειας 0,05 kg·m^2, ακτίνα 0,20 m, είναι στερεωμένη στον τοίχο και στην περιφέρειά της είναι τυλιγμένο λεπτό νήμα. Στην άλλη άκρη του νήματος είναι στερεωμένο ένα σώμα μάζας 0,50 kg το οποίο συγκρατούμε σε ύψος h=1,50 m από το έδαφος. Αφήνουμε ελεύθερο το σώμα οπότε αυτό κατεβαίνει, το νήμα ξετυλίγεται και η τροχαλία περιστρέφεται. Με ποια ταχύτητα το σώμα κτυπά στο έδαφος; (g=10 m/s^2)

(*Απάντηση*: 2,93 m/s)

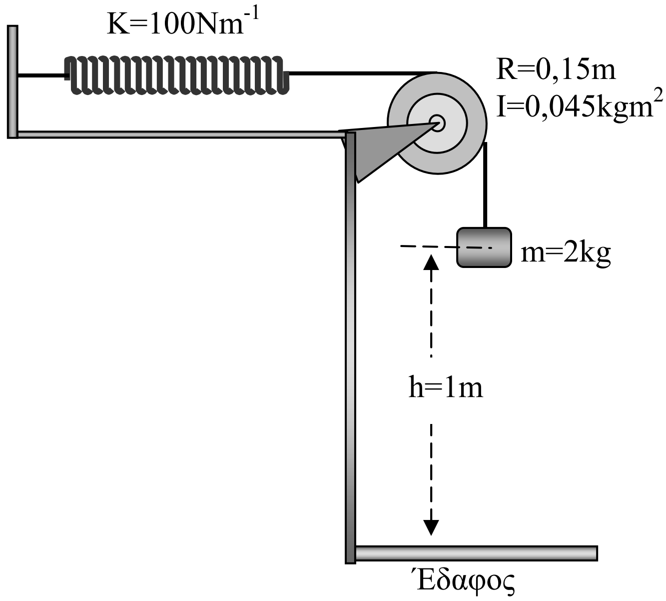


17. Η ομογενής ράβδος του σχήματος, μήκους L, αφήνεται ελεύθερη. Όταν η ράβδος γίνει κατακόρυφη, το άκρο της Α έχει ταχύτητα υ (οριζόντια). Να βρεθεί η γωνία θ. Οι τριβές και οι αντιστάσεις θεωρούνται αμελητέες και $I_O = 1/3mL^2$.

(Απ. συνθ=$υ^2/3gL – 1$)



18. Στη διάταξη του σχήματος κρατάμε το σώμα Σ (σε ύψος 1m από το έδαφος) έτσι ώστε η επιμήκυνση του ελατηρίου να είναι μηδέν. Στη συνέχεια αφήνουμε το Σ ελεύθερο. Οι τριβές και οι αντιστάσεις θεωρούνται αμελητέες.
Ζητούνται:
 i. Η ταχύτητα του Σ όταν αυτό βρίσκεται σε ύψος 80cm από το έδαφος.
(Απ. υ=1m/s)
 ii. Το μικρότερο ύψος από το έδαφος, στο οποίο θα κατέβει το Σ.
(Απ. 0,6 m)



19. **(Η άσκηση αυτή προτείνεται να γίνει και πειραματικά)**
Ένας μαθητής, ενώ κάθεται σε οριζόντιο κάθισμα το οποίο μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές, κρατά τον τροχό ενός ποδηλάτου ο οποίος έχει χερούλια στον άξονά του. Τόσο το κάθισμα με το μαθητή όσο και ο τροχός αρχικά δεν περιστρέφονται.

Τι θα συμβεί στον τροχό και στο μαθητή στις παρακάτω διαδοχικές περιπτώσεις. Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας.

α. Ο μαθητής, κρατώντας το ένα χερούλι, διατηρεί τον άξονα κατακόρυφο και με το ελεύθερο χέρι πιάνει το λάστιχο του τροχού και τον περιστρέφει οριζόντια και δεξιόστροφα (όπως φαίνεται από πάνω).

β. Ενώ ο τροχός περιστρέφεται, ο μαθητής πιάνει με τα δυο του χέρια τα χερούλια και γυρίζει τον άξονα μέχρις ότου (ο άξονας) γίνει οριζόντιος.

γ. Στη συνέχεια ο μαθητής δίνει τον κατακόρυφα περιστρεφόμενο τροχό σε μια μαθήτρια η οποία γυρίζει τον άξονα ώστε ο τροχός να περιστρέφεται οριζόντια και δεξιόστροφα και τον επιστρέφει στο μαθητή.

δ. Ο μαθητής πιάνοντας τα χερούλια γυρίζει τον άξονα ώστε αυτός να γίνει και πάλι οριζόντιος.

ε. Τελικά ο μαθητής γυρίζει τον άξονα και τον φέρνει σε κατακόρυφη διεύθυνση ώστε ο τροχός τώρα να περιστρέφεται οριζόντια αλλά αριστερόστροφα.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

9. Οι άνθρωποι είναι μέρος της Γης. Όταν είναι ακίνητοι (ή κινούνται προς τυχαίες κατευθύνσεις) στην πραγματικότητα κινούνται προς ανατολάς με τη γωνιακή ταχύτητα της Γης.

$$L_{\Gamma\eta\varsigma} = L_{\Gamma\eta\varsigma\,\pi\lambda\eta\nu\ \acute{\alpha}\nu\theta\rho\omega\pi\omicron\iota} + L_{\alpha\nu\theta\rho\acute{\omega}\pi\omega\nu} = \sigma\tau\alpha\theta.$$

Όταν όλοι οι άνθρωποι περπατούν προς ανατολάς αυξάνουν τη γωνιακή τους ταχύτητα και, άρα, αυξάνουν τη στροφορμή τους ($L_{\alpha\nu\theta\rho\acute{\omega}\pi\omega\nu}$). Επομένως, η στροφορμή της υπόλοιπης Γης ($L_{\Gamma\eta\varsigma\ \pi\lambda\eta\nu\ \acute{\alpha}\nu\theta\rho\omega\pi\omicron\iota}$) μειώνεται, άρα μειώνεται και η γωνιακή της ταχύτητα και επομένως η ημέρα μεγαλώνει.
Όταν οι άνθρωποι σταματήσουν να περπατούν η διάρκεια της ημέρας επανέρχεται στην αρχική της τιμή (μικραίνει).

16.

$\mathrm{I}_1 = 0,05\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2$, $r = 0,2\mathrm{m}$, $m = 0,5\mathrm{kg}$, $h = 1,5\,\mathrm{m}$

$u =;$

$$E_{M(1)} = E_{M(2)}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}I_1{}^2\omega_1^2$$ (Τριβές και αντιστάσεις αμελητέες)

$$mgh = \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}I_1\frac{u^2}{r^2}$$

$$0,5.10.1,5 = \frac{1}{2}.0,5.u^2 + \frac{1}{2}0,05.\frac{u^2}{0,2^2}$$

$$\Rightarrow u \ = 2,93m/s$$

17. Δίνονται: L, u Ζητείται: θ=;

$$E_{M(1)} = E_{M(2)} \Rightarrow mg(\frac{L}{2} + \frac{L}{2}\sigma\upsilon\nu\theta) = \frac{1}{2}\mathrm{I_O}\omega^2 \Rightarrow$$

$$mg\frac{L}{2}(1+\sigma\upsilon\nu\theta) = \frac{1}{2}.\frac{1}{3}mL^2\omega^2 \Rightarrow g(1+\sigma\upsilon\nu\theta) = \frac{1}{3}L\frac{u^2}{L^2}$$

$$\Rightarrow \sigma\upsilon\nu\theta = u^2/3Lg - 1$$

18. i. $h_1 = 0,8\,\mathrm{m} \quad \upsilon =;$

$$mgh = mgh_1 + \frac{1}{2}K(h-h_1)^2 + \frac{1}{2}I\left(\frac{\upsilon}{R}\right)^2 + \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow$$

$$mg(h-h_1) - \frac{1}{2}K(h-h_1)^2 = \frac{1}{2}I\frac{\upsilon^2}{R^2} + \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow$$

$$2\cdot 10\cdot(1-0,8) - \frac{1}{2}\cdot 100\cdot(1-0,8)^2 = \frac{1}{2}\cdot 0,045\cdot\frac{\upsilon^2}{0,15^2} + \frac{1}{2}\cdot 2\cdot\upsilon^2 \Rightarrow$$

$$4-2 = \upsilon^2 + \upsilon^2 \Rightarrow \upsilon = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

ii. $h_2 =;$

$$mgh = mgh_2 + \frac{1}{2}K(h-h_2)^2 \Rightarrow$$

$$mg(h-h_2) = \frac{1}{2}K(h-h_2)^2 \Rightarrow$$

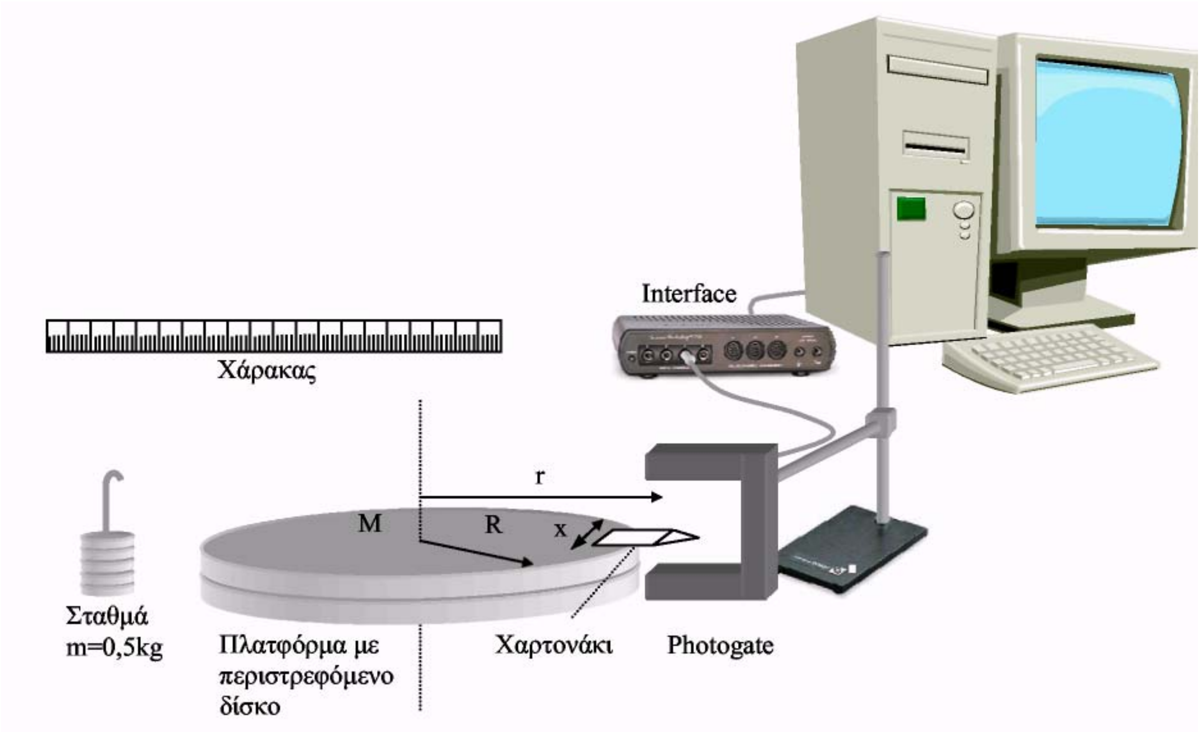
$$h-h_2 = \frac{2mg}{K} = \frac{2\cdot 2\cdot 10}{100} = 0,4\,\mathrm{m} \Rightarrow$$

$$h_2 = 1-0,4 = 0,6\,\mathrm{m}$$

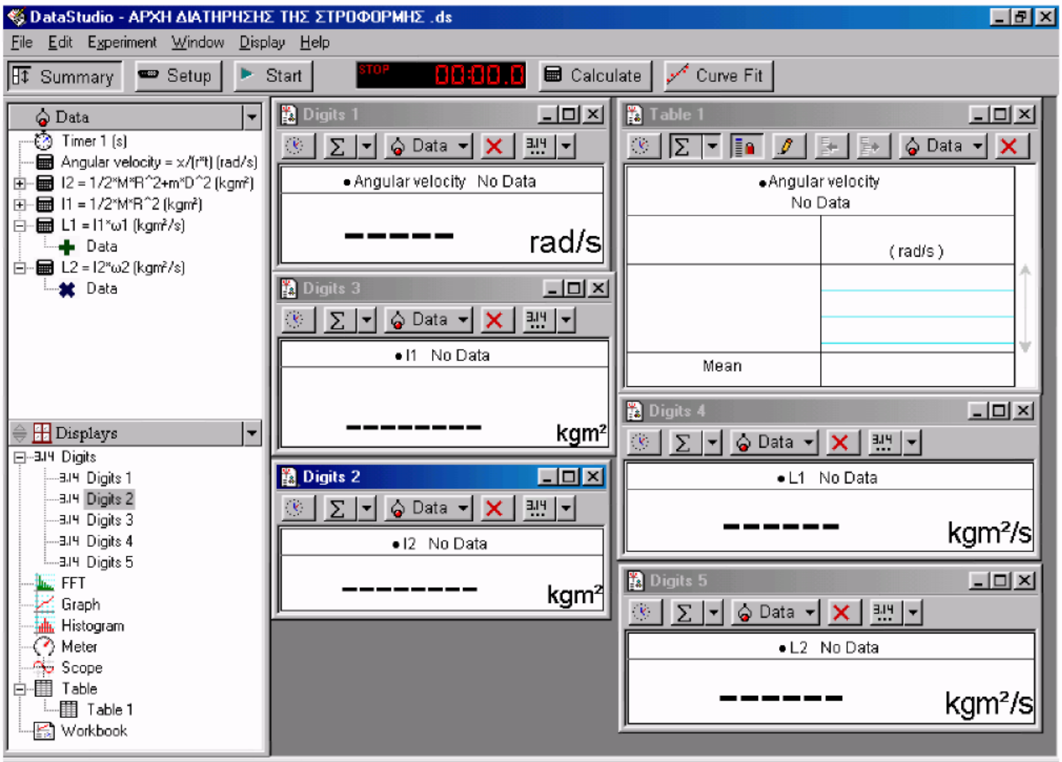
19. Εφ’ όσον το κάθισμα μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές δεν μπορούν να ασκηθούν οριζόντιες εξωτερικές δυνάμεις στο σύστημα «μαθητής – κάθισμα». Άρα δεν υπάρχουν κατακόρυφες εξωτερικές ροπές, και άρα η κατακόρυφη συνιστώσα της στροφορμής διατηρείται.
Μπορούν να ασκηθούν μόνο οριζόντιες εξωτερικές ροπές εξ’ αιτίας των δυνάμεων από το πάτωμα στο κάθισμα.
α) Η αρχική στροφορμή του συστήματος είναι μηδέν, άρα και η τελική. Επομένως ο μαθητής περιστρέφεται αριστερόστροφα.
β) Η κατακόρυφη συνιστώσα της στροφορμής του συστήματος παραμένει μηδέν επειδή δεν υπάρχουν κατακόρυφες εξωτερικές ροπές. Η στροφορμή του τροχού είναι τώρα οριζόντια οπότε η στροφορμή του μαθητή μηδενίζεται.
γ) Ο μαθητής παραμένει ακίνητος και η στροφορμή του συστήματος είναι προς τα κάτω εξ’ αιτίας της κίνησης του τροχού.
δ) Η κατακόρυφη συνιστώσα της στροφορμής του συστήματος πρέπει να μείνει σταθερή οπότε ο μαθητής περιστρέφεται δεξιόστροφα (ο τροχός, βέβαια, περιστρέφεται κατακόρυφα).
ε) Η στροφορμή του συστήματος πρέπει να είναι σταθερή (προς τα κάτω). Η στροφορμή του τροχού είναι προς τα πάνω, οπότε ο μαθητής περιστρέφεται δεξιόστροφα και μάλιστα με διπλάσια γωνιακή ταχύτητα απ΄ότι στην περίπτωση δ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2:
ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ

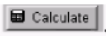
1. Να συναρμολογήσετε τη διάταξη του πιο κάτω σχήματος. Να θέσετε σε λειτουργία το Interface και μετά τον Η.Υ.



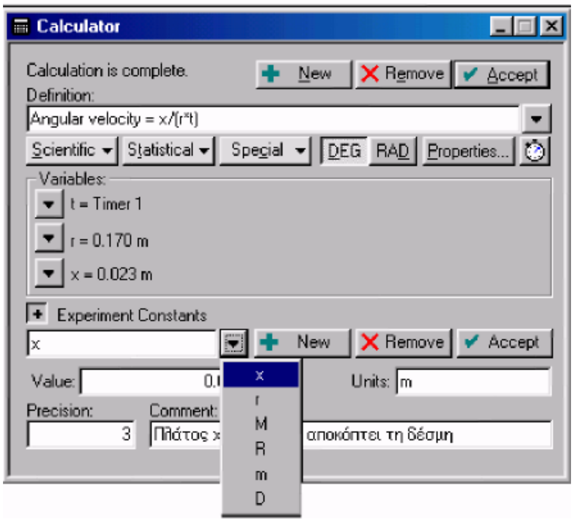
2. Για να φορτώσετε το πρόγραμμα να επιλέξετε το εικονίδιο ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ από το φάκελο Data Studio Library. Στην οθόνη θα ανοίξει το πιο κάτω παράθυρο.



3. Να ζυγίσετε την πλατφόρμα και να μετρήσετε το πλάτος x που έχει το χαρτονάκι, την ακτίνα R του περιστρεφόμενου δίσκου και την απόσταση r της κεφαλής της φωτοδιόδου από το κέντρο του δίσκου.

4. Να πατήσετε 

. Στην οθόνη θα ανοίξει το παράθυρο του διπλανού σχήματος. Στο Experiment Constants να επιλέξετε:

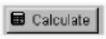


> x και στο Value να καταχωρήσετε το πλάτος που έχει το χαρτονάκι που αποκόπτει τη δέσμη.
> r και στο Value να καταχωρήσετε την απόσταση της κεφαλής της φωτοδιόδου από κέντρο του δίσκου.
> M και στο Value να καταχωρήσετε τη μάζα του περιστρεφόμενου δίσκου (Είναι η μισή της συνολικής μάζας της πλατφόρμας).
> R και στο Value να θέσετε ως δεδομένο την ακτίνα του δίσκου.

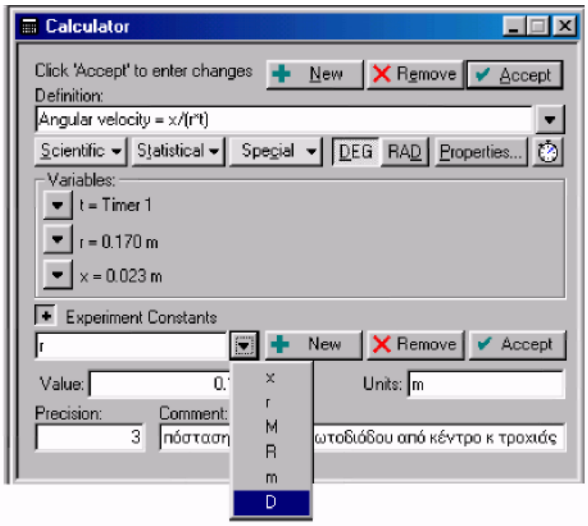
Κάθε φορά που καταχωρείτε ένα δεδομένο να πατάτε Accept. Η μάζα των σταθμών m έχει προεπιλεγεί 0,5kg.

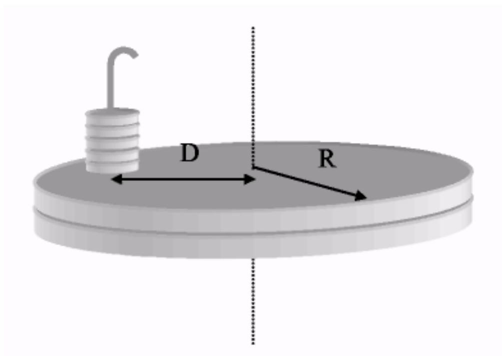
Να κλείσετε το παράθυρο. Στο digit 1 θα καταγράφεται η στιγμιαία γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δίσκου κάθε φορά που το χαρτονάκι διακόπτει τη δέσμη ενώ ταυτόχρονα θα καταχωρείται η τιμή της στον πίνακα table 1. Στα digit 2 και 3 θα καταγράφονται οι ροπές αδράνειας του δίσκου και στα digit 4 και 5 οι στροφορμές του συστήματος πριν και μετά την πτώση των σταθμών.

5. Να πατήσετε Start και να θέσετε σε περιστροφή το δίσκο. Μόλις διαγράψει μια στροφή να αφήσετε τα σταθμά να πέσουν από μικρό ύψος (2-3 cm). Μόλις καταγραφεί η νέα γωνιακή ταχύτητα του συστήματος να πατήσετε Stop.

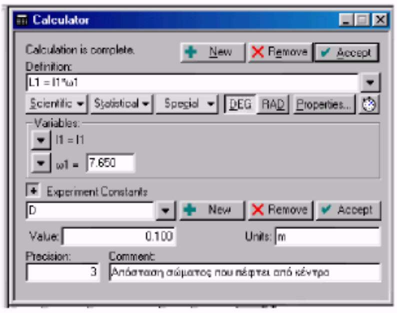
6. Να ανοίξετε ξανά το 

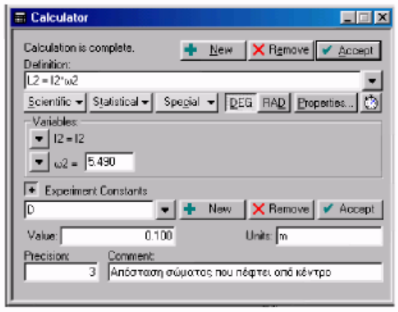
και στο Experiment Constants να επιλέξετε D. Να καταχωρήσετε στο Value την απόσταση των σταθμών από το κέντρο του δίσκου και να πατήσετε Accept.





7. Να διπλοπατήσετε τα L_1 και L_2 στο παράθυρο Data και να θέσετε στο Variable τις τιμές των γωνιακών ταχυτήτων που είναι καταχωρημένες στον πίνακα 1. Να πατήσετε Accept.





8. Τι παρατηρείτε για τη στροφορμή του συστήματος πριν και μετά την πτώση των σταθμών;

9. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται τυχόν διαφορά των δύο στροφορμών που βρήκατε;

10. Να υπολογίσετε το εκατοστιαίο σφάλμα (επί της στροφορμής του συστήματος πριν την πτώση των σταθμών).

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Γεωργίου Γιάννης

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το πείραμα ενδείκνυται να γίνει με τον ειδικό τροχό της PASCO ή με κατάλληλο τροχό χωρίς σημαντικές τριβές.

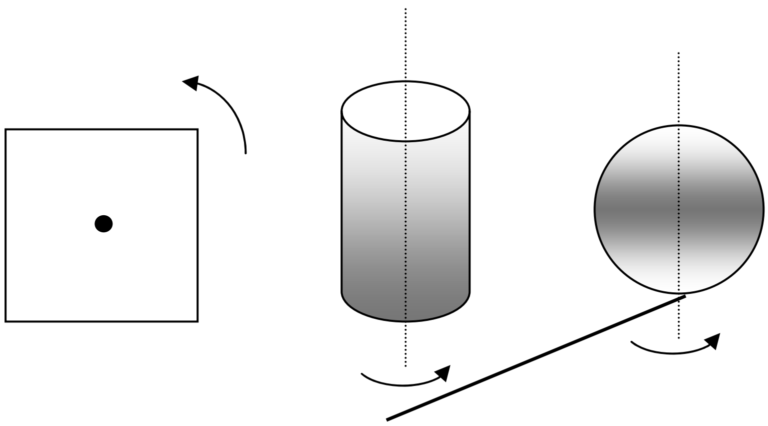
ΕΝΘΕΤΟ:

ΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Πριν ξεκαθαρίσουμε με απλά παραδείγματα τη σύνδεση ανάμεσα στους νόμους διατήρησης και τις συμμετρίες, θα πρέπει να απαντήσουμε στην ερώτηση ¨Τι είναι συμμετρία;¨.
Όταν μια ομάδα από μαθητές ρωτηθούν να δώσουν ένα ορισμό της συμμετρίας, οι απαντήσεις που δίνουν είναι γενικά ορθές. Για παράδειγμα, ακούμε τις εξής απαντήσεις:

- Είναι όπως οι πλευρές ενός ισοπλεύρου τριγώνου που είναι όλες ίσες ή όταν οι γωνίες είναι ίσες.
- Τα αντικείμενα που δεν αλλάζουν σχήμα όταν τα βλέπεις από διαφορετικές κατευθύνσεις.

Οι επιστήμονες δίνουν την εξής απάντηση για το πιο πάνω ερώτημα.
Η συμμετρία είναι η σταθερότητα (το αναλλοίωτο) μιας ιδιότητας ενός σώματος ή ενός συστήματος σωμάτων υπό την επίδραση μιας σειράς από αλλαγές (μετασχηματισμούς).
Για παράδειγμα αντικείμενα που παραμένουν αναλλοίωτα με την επίδραση κάποιου μετασχηματισμού λέμε ότι παρουσιάζουν συγκεκριμένη συμμετρία. Έτσι, αν ένα τετράγωνο στραφεί κατά 90^o η μορφή του δεν αλλάζει. Μια σφαίρα παρουσιάζει σφαιρική συμμετρία ως προς οποιοδήποτε άξονα που περνά από το κέντρο της. Ο κύλινδρος παρουσιάζει σφαιρική συμμετρία ως προς ένα μόνο άξονα.



Συμμετρία περιστροφής

Αν τρεις επιστήμονες, ο καθένας σε διαφορετικό τόπο, κάνουν το ίδιο πείραμα και φτάσουν στο ίδιο αποτέλεσμα (στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων), τότε αποδεικνύουν μια συμμετρία της φύσης, την ομογένεια του χώρου. Αν τώρα το πείραμα επαναληφθεί αργότερα (σε άλλο χρόνο) και φτάσουμε στο ίδιο και πάλι αποτέλεσμα, τότε αποδεικνύουμε την ύπαρξη μιας άλλης συμμετρίας, την ομογένεια του χρόνου.
Η συμμετρία αποτελεί θεμελιώδη ιδέα της Φυσικής. Γενικά, οι νόμοι της Φυσικής, εμπεριέχουν εντυπωσιακές συμμετρίες. Παραμένουν οι ίδιοι σε όλα τα σημεία του χώρου και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, οι βασικές εξισώσεις της κινηματικής είναι συμμετρικές ως προς τον χρόνο. Έτσι βλέπουμε οι εξισώσεις της κινηματικής να είναι το ίδιο αποτελεσματικές είτε έχουμε θετικούς χρόνους είτε αρνητικούς χρόνους (χρονική συμμετρία).

Στο επίπεδο του νόμου της βαρύτητας του Νεύτωνα, αλλά και στο επίπεδο των ατόμων είναι γνωστή η συμμετρία ως προς τις στροφές.
Η συμμετρία αυτή υποδηλώνει ότι η εξέλιξη με το χρόνο ενός απομονωμένου συστήματος δεν εξαρτάται από τον αρχικό του προσανατολισμό στο χώρο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν απόλυτες κατευθύνσεις αλλά σχετικές.
Στον μικρόκοσμο, παρατηρούνται αρκετές συμμετρίες: Έτσι, οι αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων είναι συμμετρικές ως προς τη μετατόπιση τους ως προς τον χρόνο και χώρο. Σαν συνέπεια αυτών των δύο συμμετριών έχουμε τη διατήρηση της ενέργειας και της ορμής, αντίστοιχα.
Βασικές συμμετρίες στη φύση υπογραμμίζουν τους διάφορους νόμους διατήρησης. Για παράδειγμα, η συμμετρία του χώρου και του χρόνου σε σχέση με τη θέση και την κατεύθυνση στο χώρο σημαίνει ότι ένα συγκεκριμένο πείραμα καταλήγει στα ίδια αποτελέσματα και συμπεράσματα ανεξαρτήτως που έχει πραγματοποιηθεί, σε ποια κατεύθυνση ήταν προσανατολισμένα τα όργανα μέτρησης, ή πότε είχε πραγματοποιηθεί. Αυτές οι τρεις συμμετρίες εμφανίζονται για να δηλώνουν τους νόμους διατήρησης της ορμής, στροφορμής και ενέργειας, αντίστοιχα.
Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη συμμετρία τόσο στη λύση προβλημάτων όσο στην αναζήτηση νέων θεωριών για την κατανόηση του κόσμου. Στην πυρηνική φυσική η έννοια της συμμετρίας παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των νόμων της φύσης που κυβερνούν τη συμπεριφορά της ύλης.
Όποτε ανακαλύπτεται μια συμμετρία στη φύση, υπάρχει ένας νόμος διατήρησης που κρύβεται πίσω από αυτή τη συμμετρία.
Η Emmy (Amalie) Noether (1882 - 1935) διατύπωσε, το 1915, το εξής θεώρημα.

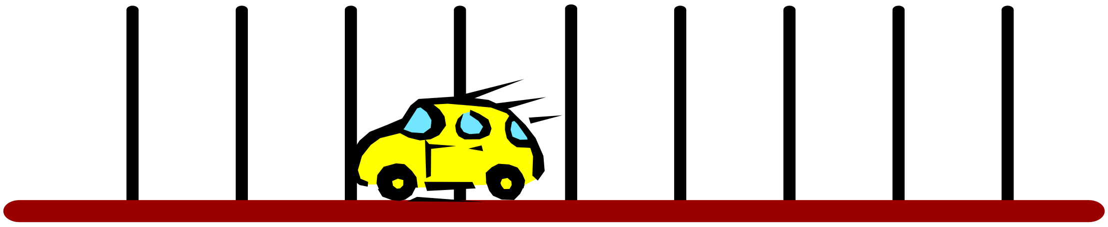
- Για κάθε συμμετρία στους νόμους της φυσικής υπάρχει και ένας νόμος διατήρησης και αντιστρόφως.

Οι νόμοι διατήρησης της ορμής, στροφορμής και ενέργειας που διδάσκονται στο Λύκειο παρουσιάζονται ως συνέπεια των νόμων του Νεύτωνα (και είναι ορθό). Βλέπουμε τώρα από το θεώρημα της Noether ότι οι νόμοι αυτοί αναδύονται από τις συμμετρίες πολύ πιο βαθιά από τους νόμος του Νεύτωνα.
Σύμφωνα, λοιπόν, με το θεώρημα της Noether, κάθε συμμετρία συνεπάγεται την ύπαρξη κάποιου μετρήσιμου μεγέθους που παραμένει σταθερό (νόμος διατήρησης του αντίστοιχου μεγέθους).

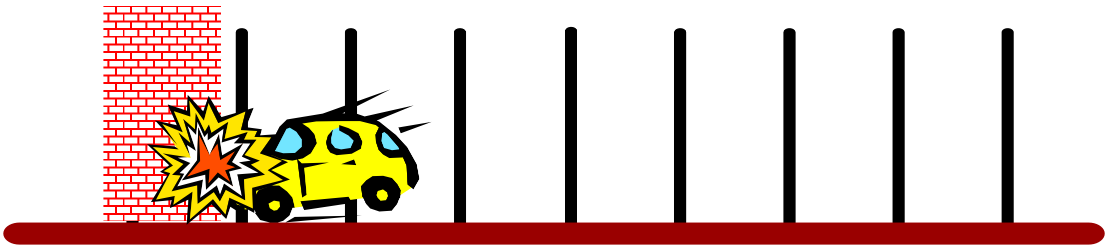
<u>ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ</u>

Ο νόμος διατήρησης της ορμής συνεπάγεται από τη συμμετρία μετασχηματισμού του χώρου (ομογένεια του χώρου ή ομοιομορφία της θέσης) δηλαδή δεν εξαρτάται από τη θέση, όπου δηλαδή δεν υπάρχει ξεχωριστή θέση για ένα σώμα στο χώρο. Σε ένα κλειστό σύστημα σωμάτων η ορμή του παραμένει η ίδια κατά τις παράλληλες μετατοπίσεις ολόκληρου του συστήματος στο χώρο.
Θεωρείστε, για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο το οποίο κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή σε ευθεία γραμμή με ταχύτητα της οποίας το μέτρο δεν αλλάζει. Η μάζα του αυτοκινήτου είναι σταθερή, και επομένως η γραμμική ορμή του είναι επίσης σταθερή. Θεωρείστε επίσης κατακόρυφους πασσάλους οι οποίοι τοποθετούνται σε ίσα διαστήματα ο ένας με τον άλλο.
Αν παρακολουθούσαμε σε ταινία την κίνηση του αυτοκινήτου δεν θα μπορούσαμε να διακρίνουμε ή να ξεχωρίσουμε ένα πάσσαλο από κάποιο άλλο. Κανένα σημείο δηλαδή δεν ξεχωρίζει από ένα άλλο.

Αυτό σημαίνει υπάρχει συμμετρία ως προς τη θέση στην κίνηση του αυτοκινήτου με σταθερή ταχύτητα.



Εάν ξαφνικά ο οδηγός εφαρμόσει φρένα ή αν ακόμα το αυτοκίνητο συγκρουστεί με ένα ακλόνητο εμπόδιο, τότε η διατήρηση της ορμής παύει να ισχύει. Υπάρχει μια θέση που διακρίνεται από όλες τις άλλες. Υπάρχει ένας πάσσαλος που ξεχώρισε, αυτός που είναι πιο κοντά στο σημείο που σταματάει το αυτοκίνητο.
Όταν σπάζει η συμμετρία της ομογένειας του χώρου, η ορμή δεν διατηρείται πλέον. Περιγράφουμε την «αιτία» ως δύναμη, είτε αυτή προκαλείται από τα φρένα είτε από το εμπόδιο.



<u>ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ</u>

Η διατήρηση της στροφορμής συνεπάγεται από τη συμμετρία μετασχηματισμού της περιστροφής στο χώρο, δηλαδή στην ισοτροπία του χώρου ή στην ομοιομορφία της κατεύθυνσης (δηλαδή δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση ή τον προσανατολισμό), όπου δεν υπάρχει ξεχωριστός προσανατολισμός στο χώρο.
Σε ένα κλειστό σύστημα σωμάτων η στροφορμή του συστήματος παραμένει η ίδια όταν περιστραφεί ολόκληρο το σύστημα, με οποιοδήποτε τρόπο, στο χώρο.
Θεωρείστε, για παράδειγμα, μια μαγνητική βελόνα που την κρατάμε ώστε να δείχνει ανατολικά και μετά την αφήνουμε ελεύθερη. Τότε η βελόνα προσανατολίζεται προς βορρά, λόγω της επίδρασης του μαγνητικού πεδίου της Γης. Αν όμως μεταφέρουμε τη βελόνα στο διάστημα και μακριά από οποιαδήποτε εξωτερική επίδραση και τοποθετηθεί έτσι ώστε να προσανατολιστεί προς κάποια κατεύθυνση, τότε θα παραμένει σε αυτή την κατεύθυνση. Μια στροφή σε συγκεκριμένη κατεύθυνση θα σημαίνει ότι ο χώρος δεν είναι ισότροπος, ως προς το μαγνητικό πεδίο, για το παράδειγμα της βελόνας.

Η δράση ροπής δύναμης στην περιστροφή ενός τροχού είναι η αιτία για το σπάσιμο της συμμετρίας της περιστροφής. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης κατεύθυνσης στο χώρο στην οποία δρα η ροπή σπάζει τη συμμετρία της περιστροφής.

Επομένως η δύναμη και η ροπή δύναμης σχετίζονται με το σπάσιμο συμμετρίας. Το σπάσιμο συμμετριών στη φύση συνεπάγεται περισσότερο πολυπλοκότητα στον κόσμο.

<u>ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>

Η διατήρηση της ενέργειας συνεπάγεται από τη συμμετρία μετασχηματισμού του χρόνου (δεν εξαρτάται από τη χρονική στιγμή) όπου δεν υπάρχει ξεχωριστή στιγμή στο χρόνο.

Θεωρείστε το εξής παράδειγμα για να δείξουμε τη σχέση της συμμετρίας του χρόνου με τη διατήρηση της ενέργειας.

Ας υποθέσουμε ότι διαθέτουμε μια δεξαμενή με νερό μάζας M σε κάποιο ύψος H από το έδαφος. Υποθέστε ότι η ένταση του βαρυτικού πεδίου g που προσδιορίζει την επιτάχυνση της βαρύτητας είναι κάθε μέρα της εβδομάδας σταθερή εκτός από την Τρίτη, όπου είναι μικρότερη, $g' < g$. Τώρα, αφήνουμε τη Δευτέρα το νερό να πέσει προς το έδαφος και διαμέσου μιας τουρμπίνας μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια βαρύτητας MgH σε ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση μιας μπαταρίας. Όλο αυτό το έργο γίνεται τη Δευτέρα. Την Τρίτη χρησιμοποιώντας την ενέργεια που αποθηκεύτηκε στην μπαταρία αντλούμε το νερό πίσω στη δεξαμενή σε ύψος H. Αλλά τώρα η τιμή του g' είναι μικρότερη του g. Έτσι το έργο που κάνουμε $Mg'H$ είναι μικρότερο από την ενέργεια που πήραμε τη Δευτέρα. Αυτό μας αφήνει με έξτρα ενέργεια,

$M(g-g')H$, που παραμένει στην μπαταρία. Μπορούμε να πουλήσουμε την έξτρα ενέργεια μέχρι την επόμενη Δευτέρα, όπου θα επαναλάβουμε τη διαδικασία. Αυτή η διαδικασία παραγωγής ενέργειας δεν συνάδει με τους νόμους της φυσικής, γιατί σπάσαμε μια συμμετρία, αυτή του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

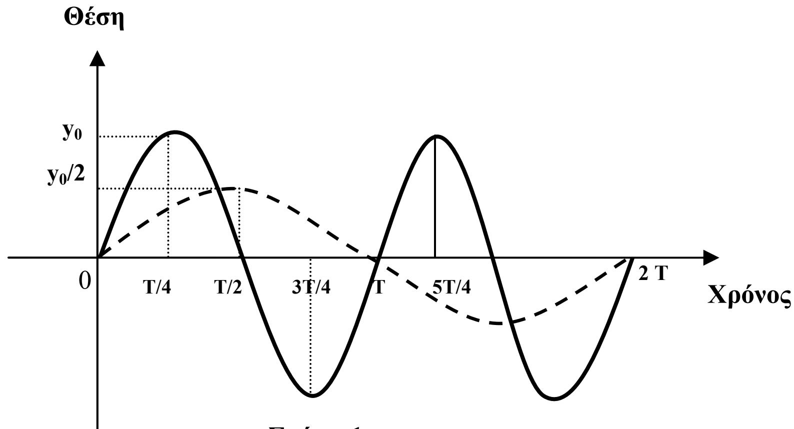
ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ
(23 ΠΕΡΙΟΔΟΙ)

Κατηγορία Α

1. Να προσδιορίσετε ποια από τα πιο κάτω φυσικά μεγέθη μπορεί να έχουν την ίδια κατεύθυνση για ένα απλό αρμονικό ταλαντωτή:
i. θέση και ταχύτητα,
ii. Ταχύτητα και επιτάχυνση,
iii. Θέση και επιτάχυνση.

2. Δίνονται οι γραφικές παραστάσεις $y = f(t)$ των απλών αρμονικών ταλαντώσεων (Α.Α.Τ.), y_1 και y_2. Η y_1 παριστάνεται με συνεχή γραμμή και η y_2 με διακεκομμένη γραμμή (σχήμα 1). Αν το πλάτος της ταχύτητας της y_1 είναι υ_0, υπολογίστε το πλάτος της ταχύτητας της Α.Α.Τ. y_2 σε σχέση με τη υ_0.

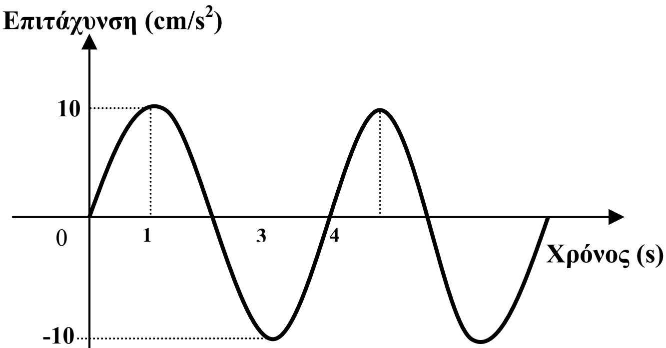
(Απάντηση: $\upsilon_0/4$)



Σχήμα 1

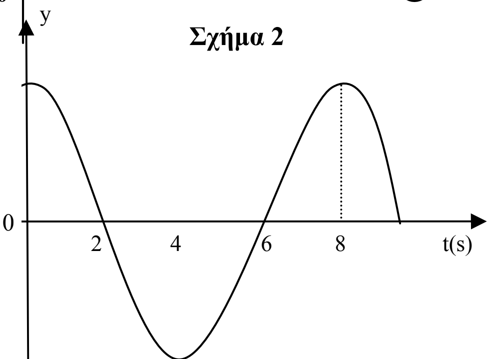
3. Ένα σώμα εκτελεί γραμμική αρμονική ταλάντωση. Η γραφική παράσταση της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο $a = f(t)$ φαίνεται στο σχήμα 2. Να βρεθεί η θέση του σώματος τη χρονική στιγμή t = 0,5s ($\pi^2 = 10$).

(Απάντηση: $y = -2\sqrt{2}cm$)



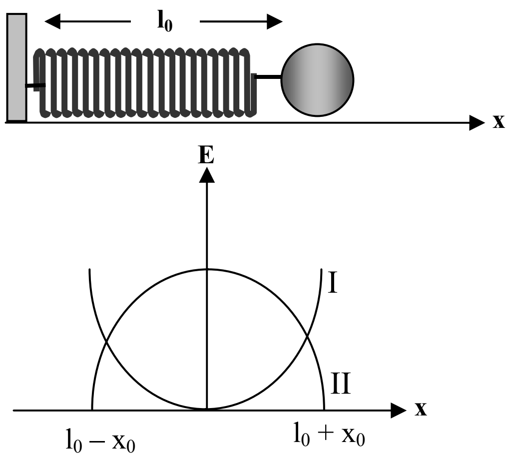
Σχήμα 2

4. Η γραφική παράσταση του σχήματος 3 δείχνει τη θέση y σε συνάρτηση με το χρόνο t ενός σώματος που εκτελεί Α.Α.Τ. Να εξηγήσετε αν,
(α) Η ταχύτητα είναι μέγιστη όταν t=4s,
(β) Η δύναμη επαναφοράς είναι μηδέν όταν t=2s.
(γ) Η απομάκρυνση είναι μέγιστη όταν t =8 s.
(δ) Η επιτάχυνση έχει μέγιστο μέτρο όταν t =8 s.
(ε) Η δυναμική ενέργεια είναι μέγιστη όταν t =4s



Σχήμα 3

5. Στο άκρο ιδανικού ελατηρίου με φυσικό μήκος l_0 και σταθερά ελατηρίου K είναι συνδεδεμένο σώμα μάζας m, όπως δείχνει το σχήμα.
α. Ποια από τις καμπύλες I και II του παρακάτω διαγράμματος αντιστοιχεί στη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου και ποια στη κινητική ενέργεια του σώματος: Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας
β. Να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση της ολικής ενέργειας, με μολύβι πάνω στο σχήμα μαζί με τις άλλες δύο γραφικές.

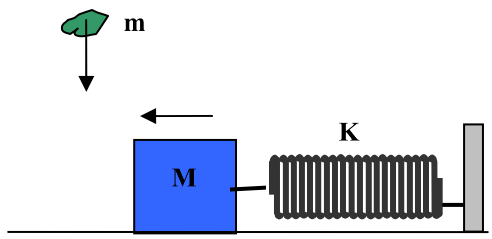


Σχήμα 4

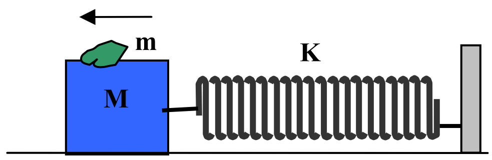
6. α) Ένα ρολόι τοίχου ελέγχεται από ένα εκκρεμές. Αν το ρολόι πάει πίσω, πώς πρέπει να επαναριθμήσουμε το μήκος του εκκρεμούς;
β) Ο Γαλιλαίος ισχυριζόταν ότι οι ταλαντώσεις ενός εκκρεμούς είναι ισόχρονες ακόμα και για πλάτη ταλάντωσης που φτάνουν τις 30^o. Ποία είναι η δική σας γνώμη γι' αυτό τον ισχυρισμό;
γ)Να προβλέψετε με ποιοτικά επιχειρήματα αν ένα εκκρεμές που ταλαντώνεται με μεγάλο πλάτος θα έχει περίοδο μικρότερη ή μεγαλύτερη από τη περίοδο ενός που ταλαντεύεται με μικρό πλάτος.

7. Στο σχήμα 5α το σώμα μάζας Μ εκτελεί γραμμική αρμονική ταλάντωση και η μάζα m πέφτει κατακόρυφα από μικρό ύψος. Όταν η μάζα Μ περνά από τη θέση ισορροπίας η μάζα m κτυπά στη μάζα Μ και τα δύο σώματα κινούνται μαζί, όπως δείχνει το σχήμα 5β. Να εξηγήσετε αν μεταβληθούν και πώς θα μεταβληθούν, μετά την κρούση,
(α) Το πλάτος της ταλάντωσης,
(β) Η περίοδος της ταλάντωσης και
(γ) Το πλάτος της ταχύτητας ταλάντωσης.

Σχήμα 5α



Σχήμα 5β



8. Αιτιολογείστε τις απαντήσεις σας σε όλα τα ερωτήματα.
α) Ένας ενήλικας και ένα παιδί κάθονται σε μία τραμπάλα έτσι ώστε να κινούνται πάνω κάτω γύρω από το κέντρο βάρους του συστήματος των τριών σωμάτων. Καθώς κινούνται, ο ενήλικας σε σχέση με το παιδί, θα κινείται οπωσδήποτε με:
   i) Μεγαλύτερη περίοδο;
   ii) Μεγαλύτερη συχνότητα;
   iii) Την ίδια περίοδο;
   iv) Το ίδιο πλάτος;
   v) Τίποτα από αυτά;
β)Ένα ρολόι εκκρεμές έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να λειτουργεί σωστά στο επίπεδο της θάλασσας. Τι θα συμβεί εάν τοποθετηθεί στην κορυφή ενός βουνού;

i) Θα λειτουργεί το ίδιο;
ii) Θα πηγαίνει μπροστά;
iii) Θα πηγαίνει πίσω;
v) Θα σταματήσει;

γ)Ένα ρολόι εκκρεμές βρίσκεται στερεωμένο στην οροφή ενός ανελκυστήρα ο οποίος εκτελεί ελεύθερη πτώση. Να εξηγήσετε ποιο από τα παρακάτω συμβαίνει;

i) Θα λειτουργεί κανονικά;
ii) Θα πηγαίνει μπροστά;
iii) Θα πηγαίνει πίσω;
v) Τίποτα από αυτά;

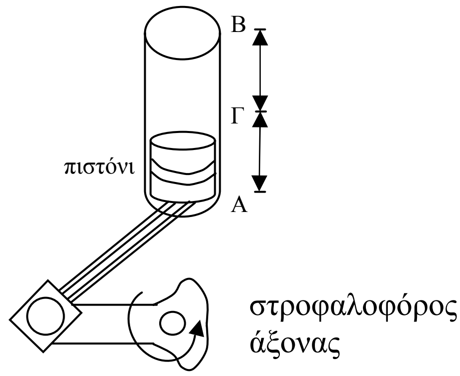
9. Σύστημα ελατηρίου – μάζας κάνει απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους x_0. Αν διπλασιάσουμε τη μάζα και το πλάτος παραμείνει το ίδιο, εξηγήστε αν μεταβάλλονται:

i. η ενέργεια ταλάντωσης,
ii. η κυκλική συχνότητα,
iii. η σταθερά ταλάντωσης.

10. Πως θα μπορούσατε να μετρήσετε τις διαστάσεις ενός δωματίου αν είχατε στη διάθεσή σας μόνο ένα ρολόι, τα κορδόνια των παπουτσιών σας και ένα μικρό σφαιρίδιο;

<u>Κατηγορία Β</u>

11. Το σχεδιάγραμμα του σχήματος 6, δείχνει το πιστόνι στο εσωτερικό μιας μηχανής εσωτερικής καύσης. Καθώς ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται κατά 360^0, το πάνω μέρος του πιστονιού κινείται ανάμεσα στο επίπεδο Α και στο επίπεδο Β. Η απόσταση ανάμεσα στα δυο επίπεδα είναι ίση με 8,6 cm. Το πιστόνι ανεβοκατεβαίνει 6000 φορές το λεπτό.
α) Ποια η περίοδος ταλάντωσης του πιστονιού;
β) Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης.
γ) Αν υποθέσουμε ότι η κίνηση του πιστονιού είναι Α.Α.Τ. να υπολογίσετε τη μέγιστη επιτάχυνση του.
δ) Σε ποια σημεία του πιστονιού η επιτάχυνση είναι μηδέν;



Σχήμα 6

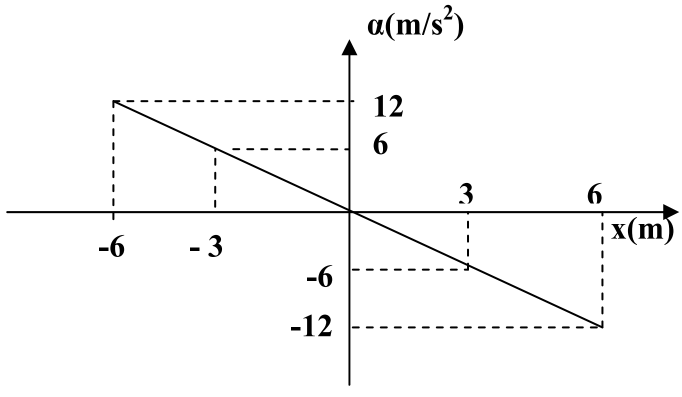
(Απαντήσεις. α) 0,01 s, β) 4,3 cm, γ) 1720π² m/s²)

12. Σώμα εκτελεί Α.Α.Τ. με μέγιστη επιτάχυνση $5\pi^2$ cm s^{-2}. Όταν απέχει 4 cm από τη θέση ισορροπίας, η ταχύτητα του είναι 3π cm.s^{-1}. Να βρείτε το πλάτος, την περίοδο και τη μέγιστη ταχύτητα του σώματος.

(Απαντήσεις: $x_o = 5$ cm, $T = 2$ s, $u_o = 5\pi$ cm s^{-1})

13. Το σχήμα 7, δείχνει τη γραφική παράσταση της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με τη θέση, ενός σώματος που εκτελεί Α.Α.Τ.
α) Να εξηγήσετε τη μορφή του διαγράμματος.
β) Να βρείτε την περίοδο της Α.Α.Τ.

(Απαντήσεις: β) 4.44 s)



Σχήμα 7

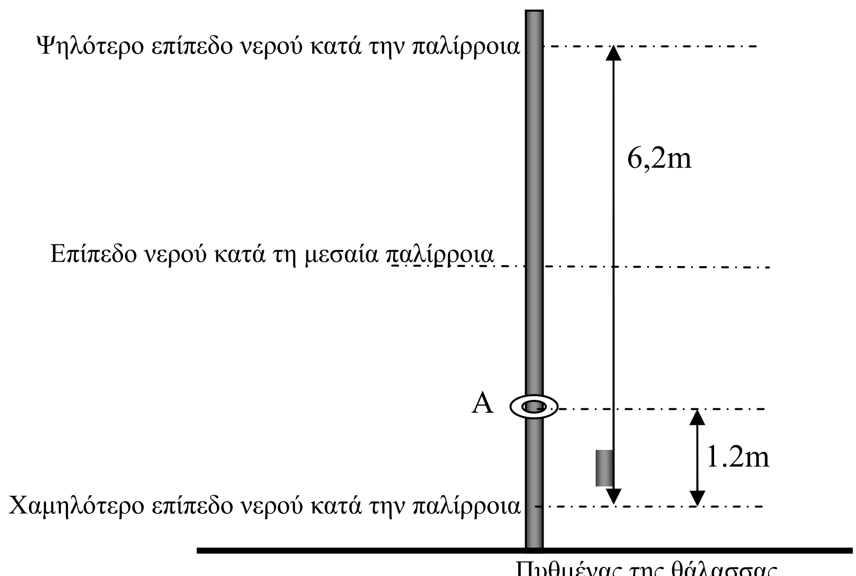
14. Σώμα μάζας 2 kg εκτελεί Α.Α.Τ. με πλάτος 0,5 m. Η σταθερά της ταλάντωσης είναι D = 200 N/m. Κάποια χρονική στιγμή t_1 το μέτρο της ταχύτητας του σώματος είναι u_1= 2,5 m/s. Να υπολογιστούν:
(α) Η κυκλική συχνότητα ω της ταλάντωσης.
(β) Το μέτρο της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του τη χρονική στιγμή t_1.
(γ) Το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος την ίδια χρονική στιγμή.

(Απαντήσεις:(α) 10 rad.s^{-1},(β) 0,433 m (γ) 43,3 m/s^2)

15. Η θέση ενός υλικού σημείου μάζας 0,05 kg σε συνάρτηση με το χρόνο δίνεται από την εξίσωση $x = 5\eta\mu(40\pi t + \frac{\pi}{2})$, όπου x σε cm και t σε s. Θεωρείστε π^2 = 10.
Να υπολογίσετε:
α)Το πλάτος της ταχύτητας.
β)Τη μέγιστη κινητική του ενέργεια.
γ)Τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο κινητό τη χρονική στιγμή t = 0,5 s.
δ) Το ολικό διάστημα που διάνυσε το κινητό από τη στιγμή t=0 s μέχρι t = 0,5 s.
ε) Σε σχήμα να δείξετε την αρχική θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση του κινητού

(Απαντήσεις: α) 2$\sqrt{10}$ m/s, β) 1 J γ) - 40 N, δ) 2 m)

16. Υποθέστε ότι η περιοδική κίνηση των κυμάτων κατά τη διάρκεια παλίρροιας περιγράφεται από μια Α.Α.Τ., με περίοδο 12 h. Το σχήμα 8 δείχνει ένα κατακόρυφο πάσαλο καλά στερεωμένο στον πυθμένα της θάλασσας, με ένα δακτυλίδι στο σημείο Α.
α) Ποιο είναι το πλάτος της ταλάντωσης των κυμάτων της παλίρροιας;
β) Το ψηλότερο επίπεδο



Σχήμα 8

του νερού κατά την παλίρροια σε μια συγκεκριμένη μέρα παρατηρείται στις 9.00 π.μ. Σε ποια ώρα καταγράφεται η αμέσως επόμενη:

i) Μεσαία παλίρροια;

ii) Χαμηλή παλίρροια;

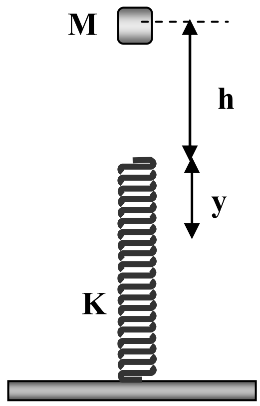
γ) Να γράψετε την εξίσωση και να σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της κίνησης των κυμάτων. (Θεωρείστε ότι η ώρα 6.00 π.μ. είναι η χρονική στιγμή t = 0).

δ) Να υπολογίσετε το χρονικό διάστημα που χρειάζεται το νερό της παλίρροιας να κατέβει από το ψηλότερο επίπεδο νερού στο επίπεδο όπου βρίσκεται το δακτυλίδι Α.

(Απαντήσεις: α) 3,1 m, β) (i) 12.00 μεσημέρι, (ii)15.00, γ) $y = 3{,}1\eta\mu\frac{\pi}{6}t$ *. δ) 4,26h)*

17. Πλαστελίνη μάζας m πέφτει ελεύθερα από απόσταση h πάνω σε κατακόρυφο ελατήριο με το ένα άκρο στερεωμένο στο δάπεδο (σχήμα 9). Η πλαστελίνη σταματά την κάθοδο της, όταν προκαλέσει στο ελατήριο συμπίεση y. Η σταθερά του ελατηρίου είναι K, και η μάζα του είναι αμελητέα. Ποια είναι η μάζα της πλαστελίνης σε kg;

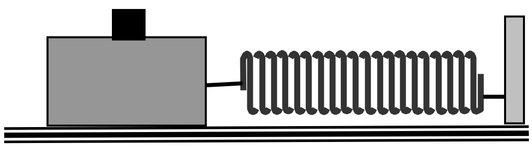
(Απάντηση: $\mathrm{m} = \frac{\mathrm{K}y^2}{2g(h+y)}$ *)*



Σχήμα 9

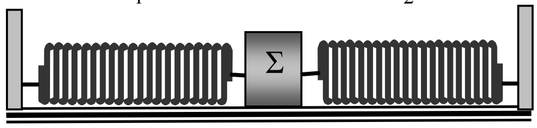
18. Το αμαξάκι του σχήματος 10 εκτελεί Α.Α.Τ. με περίοδο 2 s. Πάνω σ΄ αυτό βρίσκεται ένα κομμάτι ξύλο Σ, το οποίο αρχίζει να γλιστρά στην επιφάνεια του αμαξιού, όταν το πλάτος της ταλάντωσης, x_0, υπερβεί τα 20 cm. Να βρείτε τη μέγιστη τιμή του συντελεστή στατικής τριβής μεταξύ των δυο σωμάτων.

(Απάντηση: $\mu = \frac{4\pi^2 x_0}{gT^2} = 0{,}2$ *)*


Σχήμα 10

19. Κάθε ελατήριο στο σχήμα 11 έχει το ένα άκρο του στερεωμένο σε ακίνητο σημείο και το άλλο του άκρο προσδεμένο στο σώμα Σ. Οι σταθερές των δύο ελατηρίων είναι K_1=120 N/m και K_2=80 N/m.

Το σώμα Σ, έχει μάζα 2kg και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Να αποδείξετε ότι



Σχήμα 11

η κίνηση που θα εκτελέσει το σώμα Σ, αν εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας του είναι απλή αρμονική ταλάντωση και να υπολογίσετε την περίοδο της ταλάντωσης.

(Απάντηση: Τ = 0,2π s)

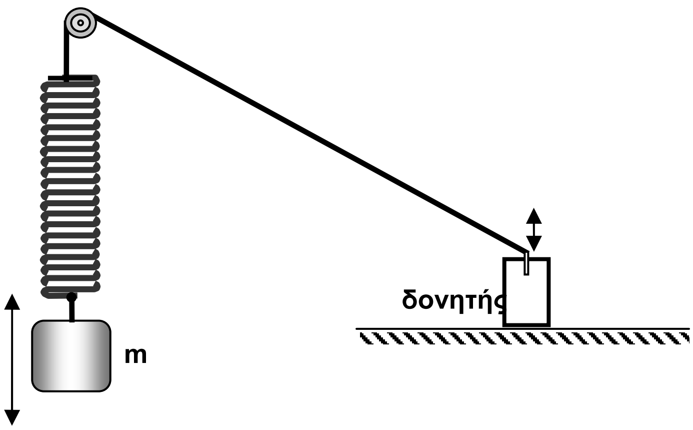
20. Οι αστροναύτες για να μετρήσουν την μάζα τους χρησιμοποιούν μια συσκευή (Body Mass Measuring Device - BMMD), η συσκευή αυτή έχει σχεδιασθεί για διαστημικά οχήματα που κινούνται σε τροχιά και επιτρέπει στους αστροναύτες να μετρούν τη μάζα τους όταν βρίσκονται σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας. Αποτελείται από μια ειδική καρέκλα η οποία είναι προσαρτημένη στο σκάφος με ελατήρια. Ο αστροναύτης μπορεί να μετράει την περίοδο των ταλαντώσεων αυτού του συστήματος. Η σταθερά ενός συγκεκριμένου ελατηρίου είναι K=600 N/m. Αν η περίοδος της ταλάντωσης του συστήματος χωρίς τον αστροναύτη είναι 0,9s και με τον αστροναύτη 2,1s να υπολογίσετε την μάζα του αστροναύτη. (π^2=10).

Σχήμα 12

(Απάντηση: $m_\alpha = \dfrac{K\left(T_2^2 - T_1^2\right)}{4\pi^2} = 54Kg$ *)*

21. α. Τι είναι συντονισμός, πότε παρατηρείται και να εξηγήσετε γιατί συμβαίνει;
β. Ένα μαθηματικό εκκρεμές που έχει μήκος ℓ και ιδιοσυχνότητα f_0, εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση με την επίδραση εξωτερικής περιοδικής δύναμης συχνότητας $f = \dfrac{f_0}{2}$. Αν το μήκος του εκκρεμούς τετραπλασιασθεί πώς θα μεταβληθούν
i. η ιδιοσυχνότητα του εκκρεμούς,
ii. η συχνότητα της ταλάντωσης,
iii. το πλάτος της ταλάντωσης. (Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας δίνοντας το κατάλληλο διάγραμμα).
γ. Πώς θα μεταβληθούν τα i, ii, iii της ερώτησης β, αν η μάζα του εκκρεμούς διπλασιαστεί;

22. α. Να ορίσετε το φαινόμενο του συντονισμού στις ταλαντώσεις.
β. Να αναφέρετε ένα παράδειγμα συντονισμού από την καθημερινή ζωή.
γ. Ένα σώμα μάζας m είναι αναρτημένο από ένα ελατήριο και εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση με τη βοήθεια ενός δονητή, όπως δείχνει το σχήμα. Ο δονητής πάλλεται με συχνότητα f = 20 Hz. Η ιδιοσυχνότητα του συστήματος μάζας - ελατηρίου είναι f_0 = 15 Hz
(i) Με ποια συχνότητα

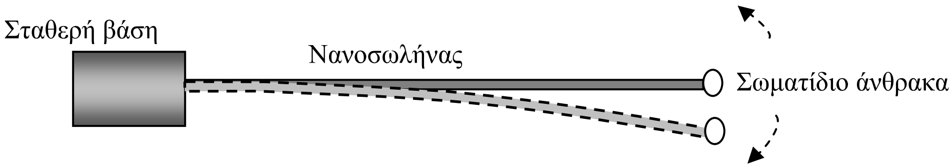


Σχήμα 13

εκτελεί ταλάντωση το σώμα;

(ii) Η συχνότητα του δονητή μεταβάλλεται σταδιακά από 20 Hz σε 10 Hz. Να εξηγήσετε πώς θα μεταβάλλεται το πλάτος ταλάντωσης του σώματος.

23. Ένας έξυπνος τρόπος ζυγίσματος πολύ μικρών σωματιδίων όπως για παράδειγμα ενός σωματιδίου άνθρακα είναι να τα ¨συνδέσει¨ κανείς στο ένα άκρο ενός νανοσωλήνα και στη συνέχεια να θέσει το σύστημα νανοσωλήνας και σωματίδιο του άνθρακα σε ταλάντωση.



Σχήμα 14

Σ΄ ένα τέτοιο πείραμα, το σωματίδιο του άνθρακα ταλαντεύεται με μέγιστο πλάτος ταλάντωσης όταν η συχνότητα της ταλάντωσης του είναι ίση με 970 KHz.

α) Πως ονομάζεται η συχνότητα κατά την οποία ένα σώμα ταλαντεύεται με μέγιστο πλάτος.

β) Αυτή η διάταξη μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ταλαντευόμενη μάζα στερεωμένη σ΄ ένα ελατήριο. Υπολογίστε τη μάζα του σωματιδίου του άνθρακα, υποθέτοντας ότι η σταθερά του ελατηρίου είναι ίση με 0,81 Nm^{-1}.

γ) Κάτω από ποίες προϋποθέσεις ισχύει η απάντηση στο ερώτημα.

(Απάντηση: β) 2,18x10^{-14} Kg)

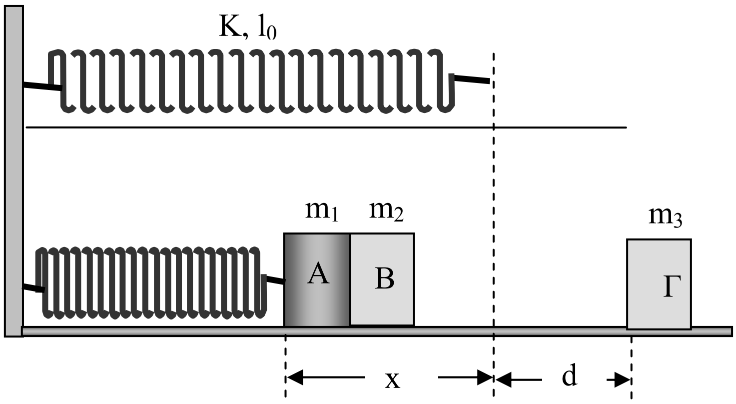
24. Στο οριζόντιο ελατήριο του σχήματος σταθεράς $k = 400N/m$, στερεώνουμε σώμα Α, μάζας $m_1 = 1\text{kg}$. Συμπιέζουμε το ελατήριο κατά $x = 0,4\text{m}$ και μπροστά στο σώμα Α τοποθετούμε σώμα Β, μάζας $m_2 = 3\text{kg}$. Αφήνουμε το σύστημα να κινηθεί χωρίς τριβές.

(α) Σε ποιο σημείο το σώμα Β χάνει την επαφή με το σώμα Α;

(β) Ποια η εξίσωση κίνησης του σώματος Α μετά το διαχωρισμό των σωμάτων; (Θεωρείστε ως $t_0 = 0s$ τη στιγμή του διαχωρισμού).

(γ) Ποια χρονική στιγμή το σώμα Β θα συναντήσει το σώμα Γ, μάζας $m_3 = 1\text{kg}$, που βρίσκεται στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου κι απέχει $d = 12\text{m}$ από τη θέση ισορροπίας του σώματος Α;

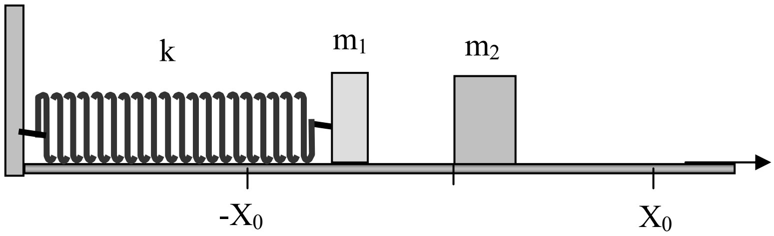
(δ) Αν η κρούση των δύο σωμάτων Β και Γ είναι πλαστική, πόσο απέχει το συσσωμάτωμα από τη θέση ισορροπίας του σώματος Α τη χρονική στιγμή $t = 5\text{s}$;



Σχήμα 15

(Απάντηση: (α) Στη Θ. Ι., (β) $y = 0,2\eta\mu 20t$, (γ) $t = 3\text{s}$, (δ) 18m)

25. Σώμα $Σ_1$ μάζας m_1=1kg είναι συνδεδεμένο στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς k=400 N/m και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους x_0=0,1 m κατά μήκος λείου οριζοντίου επιπέδου . Όταν το σώμα $Σ_1$ διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του συγκρούεται μετωπικά με ακίνητο σώμα $Σ_2$ μάζας m_2=3kg. Η κρούση είναι μετωπική και η διάρκεια της είναι αμελητέα. Να βρείτε το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελείται αν η κρούση είναι



Σχήμα 16

α. ελαστική
β. πλαστική

(Απάντηση: α. 0,05 m, β. 0,025 m)

Κατηγορία Γ

26. Σώμα μάζας m κρέμεται στο ένα άκρο ελατήριο αμελητέας μάζας και σταθεράς K , το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο. Το σώμα εκτελεί κατακόρυφη αρμονική ταλάντωση της οποίας η ολική ενέργεια ταλάντωσης είναι 0,5 *J* και η περίοδος 0,4π s. Κατά τη χρονική στιγμή $t=0$ *s* το σώμα περνά από τη θέση ισορροπίας και κατά τη χρονική στιγμή $t=5\pi\times10^{-2}s$ η θέση του είναι $x=10\sqrt{2}cm$.

Να βρεθούν :

α) Το πλάτος x_0 της ταλάντωσης
β) Η σταθερά K του ελατηρίου .
γ) Η μάζα m του σώματος
δ) Η ταχύτητα, η κινητική ενέργεια και η δυναμική ενέργεια του σώματος όταν η απομάκρυνση του είναι $x=12cm$.
ε) Το μικρότερο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να κινηθεί το σώμα από τη θέση $x_1=6cm$ κάτω από τη θέση ισορροπίας στη θέση $x_2=14cm$ πάνω από τη θέση ισορροπίας.
στ) Να παρασταθεί γραφικά η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου:
ι) σε συνάρτηση με το τετράγωνο της απομάκρυνσης από τη θέση ισορροπίας, και
ιι) σε συνάρτηση με το χρόνο t.

(Απαντήσεις: α) 0,2 m, β) 25 N/m, γ) 1 Kg, δ) 0,8 m/s, 0,32 J, 0,18 J, ε) 0,216 s)

27. Στην Κύπρο, σε μια συγκεκριμένη μέρα του χειμώνα, ο Ήλιος ανατέλλει στις 6 το πρωί, φτάνει στο ζενίθ στις 12 το μεσημέρι και δύει στις 6 το απόγευμα. Η θερμοκρασία είναι 0^oC κατά την ανατολή, 10^oC το μεσημέρι και 0^oC κατά τη δύση. Δεχόμαστε κατά προσέγγιση ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας από την ανατολή ως τη δύση ακολουθεί το μισό της περιόδους μιας Α.Α.Τ. Με την προσέγγιση αυτή

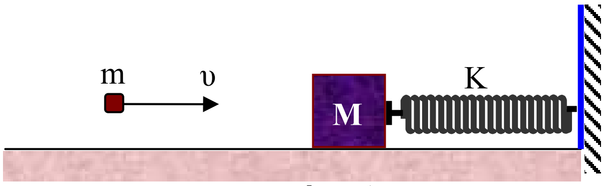
(i) α) Να σχεδιάσετε τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο από την ανατολή ως τη δύση και γράψετε την εξίσωση που την περιγράφει. (Θεωρείστε ότι η ώρα 6.00 π.μ. είναι η χρονική στιγμή t = 0).
β) Να βρείτε τη θερμοκρασία στις 9 π.μ.

(ii) Αν τα αγρινά τα οποία βρίσκονται στη περιοχή του Τροόδου μπορούν να βγαίνουν για συλλογή τροφής μόνο όταν η θερμοκρασία είναι ίση ή μεγαλύτερη από 5^0C, για πόσες ώρες τα αγρινά είναι έξω για να τραφούν;

(Απαντήσεις: i(α) $\theta = 10\eta\mu\frac{\pi}{12}t$ όπου t η ώρα της ημέρας μείον 6, (β) 7^oC, ii) 8h)

28. Ένα σώμα μάζας M = 2 Kg βρίσκεται ακίνητο σε λείο οριζόντιο επίπεδο, συνδεδεμένο στο ένα άκρο ελατηρίου σταθεράς K = 400 N/m. Το άλλο άκρο του ελατηρίου βρίσκεται σε ακλόνητο σημείο, όπως δείχνει το σχήμα 15.

Μια μικρή ελαστική μπάλα μάζας m = 50 g κινείται οριζόντια με ταχύτητα μέτρου υ = 20 m/s προς το σώμα όπου σε κάποια στιγμή συγκρούεται με το σώμα τελείως ελαστικά. Μετά την κρούση το σώμα M εκτελεί αρμονική ταλάντωση. Η διάρκεια κρούσης θεωρείται αμελητέα. Να υπολογίσετε:

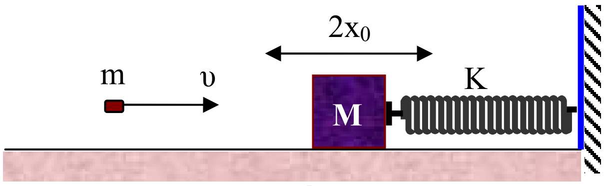


Σχήμα 17

(α) Την ταχύτητα του σώματος M αμέσως μετά την κρούση.
(β) Το πλάτος ταλάντωσης.

(Απαντήσεις: α) 1 m/s, β) 7,1 cm)

29. Ένα σώμα μάζας M = 2,0 Kg εκτελεί γραμμική αρμονική ταλάντωση, πλάτους x_0 = 10,0 cm και περιόδου T, σε λεία επιφάνεια με τη βοήθεια αβαρούς ελατηρίου σταθεράς K = 800 N/m, όπως δείχνει το σχήμα 16.



Σχήμα 18

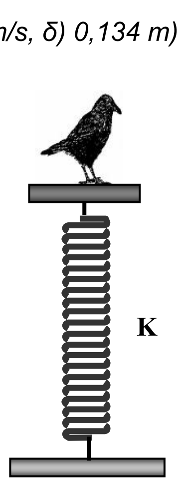
Ένα σώμα από πλαστελίνη μάζας m = 500 g κτυπά το σώμα M με ταχύτητα μέτρου υ = 4 m/s και κολλά σε αυτό τη χρονική στιγμή που το σώμα M έχει μέγιστη σε μέτρο ταχύτητα και η φορά κίνησης είναι η ίδια με τη φορά της ταχύτητας της πλαστελίνης.
Η διάρκεια της κρούσης θεωρείται αμελητέα. Να υπολογίσετε:

(α) Την περίοδο T πριν την κρούση.
(β) Την περίοδο T΄ μετά την κρούση.
(γ) Την κοινή ταχύτητα του συστήματος των δύο μαζών αμέσως μετά την κρούση.
(δ) Το πλάτος ταλάντωσης μετά την κρούση.

(Απαντήσεις: α) 0,314 s, β) 0,351 s, γ) 2,4 m/s, δ) 0,134 m)

30. Δίσκος μάζας M=1kg είναι στερεωμένο στο πάνω άκρο κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς k=200N/m του οποίου το άλλο άκρο είναι στερεωμένο σε οριζόντιο δάπεδο. Πάνω στο δίσκο κάθεται ένα πουλί μάζας m=0,2kg και κάποια στιγμή εκτινάσσεται κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα υ=2m/s. Να βρείτε

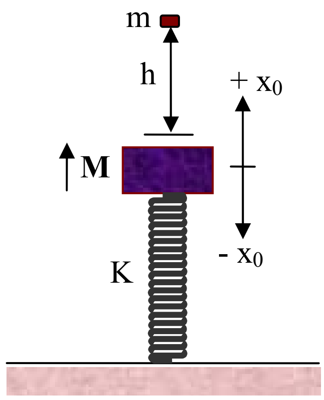
α. το μέτρο της ταχύτητας που αποκτά ο δίσκος
β. το πλάτος της ταλάντωσης του δίσκου
γ. τη μέγιστη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης
δ. τη μέγιστη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου
(Δίδεται $g=10m/s^2$)



Σχήμα 19

(Απάντηση: α. $0,4\,\mathrm{m/s}$, β. $0,03\,\mathrm{m}$, γ. $0,09\,\mathrm{J}$, δ. $0,64\,\mathrm{J}$)

31. Ένα σώμα μάζας Μ = 2,0 Kg εκτελεί γραμμική αρμονική ταλάντωση, πλάτους x_0 = 10,0 cm, με τη βοήθεια αβαρούς κατακόρυφου ελατηρίου σταθεράς Κ = 800 N/m, όπως δείχνει το σχήμα 20 το οποίο δεν είναι υπό κλίμακα. Ένα σώμα από πλαστελίνη μάζας m = 500 g αφήνεται ελεύθερα και διανύει κατακόρυφα ύψος h = 2 m μέχρι να συγκρουστεί με το σώμα Μ που εκτελεί ταλάντωση. Η κρούση είναι πλαστική και συμβαίνει τη χρονική στιγμή που η μάζα Μ περνά από τη θέση $+x_0/2$ με φορά κίνησης προς τα πάνω. Τα σώματα μετά την κρούση κινούνται μαζί με πλάτος ταλάντωσης $x_0΄$. Η διάρκεια της κρούσης θεωρείται αμελητέα. Να υπολογίσετε:



Σχήμα 20

(α) Την κοινή ταχύτητα του συστήματος των δύο μαζών αμέσως μετά την κρούση.
(β) Τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του συστήματος λόγω της κρούσης.
(γ) Το πλάτος ταλάντωσης μετά την κρούση.

(Απαντήσεις: α) 0,12 m/s, β) -12,98 J, γ) 5,66 cm)

32. Από οροφή που απέχει από το οριζόντιο δάπεδο πολύ μεγάλη απόσταση εξαρτάται το ένα άκρο ιδανικού ελατηρίου σκληρότητας $k = 100 N/m$ και φυσικού μήκους $l_0 = l_m$ το οποίο ισορροπεί στην κατακόρυφη θέση .Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου κρεμάμε σώμα μάζας $m = 1kg$ και ταυτόχρονα το αφήνουμε ελεύθερο (24 μον.)

(α) Να αποδείξετε ότι το σώμα θα εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση και να βρείτε την εξίσωση της απομάκρυνσης του θεωρώντας ως χρονική στιγμή $t = 0$ τη στιγμή που αρχίζει να ταλαντώνεται και θετική φορά τη φορά προς τα πάνω.
(β) Υπολογίστε την περίοδο και το πλάτος της ταλάντωσης του σώματος.
(γ) Όταν το σώμα βρίσκεται στην πιο χαμηλή θέση της ταλάντωσης του βρείτε την ελαστική δυναμική ενέργεια του ελατηρίου
(δ) Αν θεωρήσετε την πιο χαμηλή θέση της ταλάντωσης ως επίπεδο μηδενικής βαρυτικής ενέργειας υπολογίστε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια την κινητική ενέργεια και την ελαστική δυναμική ενέργεια του ελατηρίου όταν το σώμα περνά από τη θέση ισορροπίας του.
(ε) Συγκρίνετε την απάντηση στο ερώτημα γ με το άθροισμα των απαντήσεων στο ερώτημα (δ). Τι παρατηρείται; Γιατί;
(στ) Υπολογίστε την ενέργεια της ταλάντωσης του σώματος.

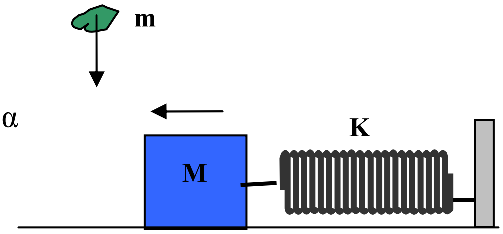
(Απάντηση: (α) $y = 0,1\eta\mu 10t$, (β) $T = 0,628\,\mathrm{s}$, $\mathrm{y}_0 = 0,1\,\mathrm{m}$, (γ) $2\,\mathrm{J}$, (δ) $E_{\Delta(\beta\alpha\rho.)} = 1\,\mathrm{J}$, $E_{\Delta(\varepsilon\lambda\alpha\sigma\tau.)} = 0,5\,\mathrm{J}$, $E_{\mathrm{K}} = 0,5\,\mathrm{J}$)

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3

7.

(γ) Λόγω του ότι πέφτει την ώρα που περνά από τη Θ.Ι. το σώμα πριν να πέσει θα έχει ταχύτητα υ_0 ενώ μετά τη πτώση από την αρχή διατήρησης της ορμής η ταχύτητα των δύο σωμάτων θα γίνει $M\upsilon_0/(M+m)$, θα ελαττωθεί δηλαδή.

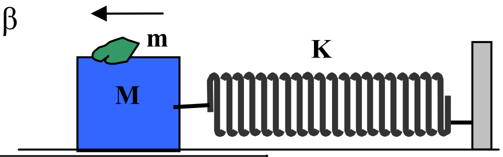
Σχήμα 5α



(β) Η περίοδος τώρα θα γίνει

$T' = 2\pi\sqrt{\dfrac{M+m}{K}} > T$.

Σχήμα 5β



(α) Θα πρέπει να έχουμε στην ταλάντωση διατήρηση της ενέργειας και έτσι

$$\frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{M\upsilon_0}{M+m}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{M^2}{M+m}\upsilon_0{}^2 = \frac{M}{M+m}\frac{1}{2}M\upsilon_0{}^2 = \boxed{\frac{M}{M+m}\frac{1}{2}Ky_0{}^2 = \frac{1}{2}Ky_0{}'^2}$$

και έτσι $y_0' = y_0\dfrac{M}{M+m}$ και άρα το πλάτος της ταλάντωσης μικραίνει

16.

(α) Εφόσον το χαμηλότερο με το ψηλότερο επίπεδο βρίσκονται σε απόσταση 6,2m, αυτή η απόσταση αντιστοιχεί σε δύο πλάτη ταλάντωσης και άρα το πλάτος θα είναι η μισή απόσταση δηλαδή 3,1m.

(β) Εφόσον η περίοδος είναι 12h και η μεσαία παλίρροια αντιστοιχεί στη Θ. Ι. της ταλάντωσης τότε για να κατεβεί από τη ψηλότερη παλίρροια (που είναι το πιο ψηλό σημείο της ταλάντωσης) θα χρειάζεται χρόνο ίσο με το ένα τέταρτο της περιόδου δηλαδή 3h. Άρα η επόμενη μεσαία παλίρροια θα είναι σε 3h, δηλαδή η ώρα 12 το μεσημέρι, και η επόμενη χαμηλή παλίρροια σε χρόνο που αντιστοιχεί στο μισό της περιόδου δηλαδή σε 6h, ή η ώρα 3 το απόγευμα.

(γ) Η περίοδος της ταλάντωσης είναι T=12h και άρα $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{\pi}{6} rad/h$.

Θεωρώντας ότι η ώρα 6.00π.μ. είναι ο χρόνος μηδέν τότε αυτό σημαίνει ότι θα βρίσκεται στην Θ.Ι. και θα πηγαίνει προς τις θετικές τιμές του άξονα μετά από αυτό το χρόνο και άρα η εξίσωση δεν έχει αρχική φάση και άρα θα είναι η εξίσωση: $y = y_0\eta\mu\omega t \Rightarrow y = 3{,}1\eta\mu\dfrac{\pi}{6}t$ (το y σε m και ο t σε h)

(δ) Για να κατεβεί από το ψηλότερο σημείο στο σημείο μεσαίας παλίρροιας χρειάζεται 3h το νερό έτσι αν βρούμε το χρόνο που χρειάζεται να πάει από τη Θ.Ι. στο σημείο όπου y=1.8m απλώς θα τον προσθέσουμε στις 3h και θα έχουμε έτσι το χρόνο που χρειάζεται για να κατεβεί σε αυτό το σημείο το νερό.

$$y = 3{,}1\eta\mu\frac{\pi}{6}t \Rightarrow 1{,}9 = 3{,}1\eta\mu\frac{\pi}{6}t \Rightarrow \eta\mu\frac{\pi}{6}t = 0{,}613 \Rightarrow \frac{\pi}{6}t = 0{,}66 \Rightarrow t = 1{,}26h$$

και έτσι ο συνολικός χρόνος είναι 4,26h.

24.
Δεδομένα: K=400N/m , m_1=1kg, m_2=3kg, x=0,4m

α) Το σώμα Β χάνει την επαφή με το σώμα Α στη θέση Ισορροπίας (Θ.Ι), λόγω του ότι αμέσως μετά τη θέση ισορροπίας το σώμα Α που βρίσκεται στο ελατήριο δέχεται τη δύναμη επαναφοράς από το ελατήριο αναγκάζοντας το να επιβραδύνει, ενώ το σώμα Β κινείται πλέον με σταθερή ταχύτητα.

β) Από θεώρημα διατήρησης ενέργειας έχουμε:
$\frac{1}{2}\mathrm{K}x^2 = \frac{1}{2}(m_1+m_2)u_0^2$ και έτσι: $400(0,4)^2 = 4u_0^2 \Rightarrow \boxed{u_0 = 4m/s}$
Όμως λόγω του ότι αυτή είναι η ταχύτητα στη θέση ισορροπίας, για το σώμα Α μετά που μένει μόνο του έχουμε: $u_0 = \omega y_0 \Rightarrow 4 = 20 y_0 \Rightarrow \boxed{y_0 = 0,2m}$.

Η γωνιακή ταχύτητα μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 20rad/s$,
και έτσι η εξίσωση της ταλάντωσης δίδεται από τη σχέση: $y = y_0 \eta\mu\omega t \Rightarrow \boxed{y = 0,2\eta\mu 20t}$

γ) Μετά τη αποκόλληση του σώματος Β από το σώμα Α, αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα και έτσι πρέπει να βρούμε το χρόνο που χρειάζεται για να καλύψει την απόσταση $d = 12m$. Έτσι: $d = u_0 t \Rightarrow t = \frac{d}{u_0} = 3s$

δ) Μετά το 3ο δευτερόλεπτο έχουμε τη πλαστική κρούση και έτσι από θεώρημα διατήρησης ορμής έχουμε:
$m_2 u_0 = (m_2 + m_3)u \Rightarrow 3\cdot 4 = (3+1)u \Rightarrow \boxed{u = 3m/s}$.
Έτσι το συσσωμάτωμα μετά τη κρούση για τα επόμενα δύο δευτερόλεπτα θα κινείται με ταχύτητα $u = 3m/s$ και έτσι θα καλύψει ακόμα επιπλέον απόσταση $d_2 = ut_2 = 3\cdot 2 = 6m$
Η συνολική απόσταση του συσσωματώματος θα είναι:
$d_{o\lambda} = d + d_2 = 12 + 6 = 18m$

26.
(α) Από την εξίσωση της ταλάντωσης έχουμε $x = x_0 \eta\mu\omega t$ με το $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4\pi} rad/s = 5 rad/s$ και έτσι η εξίσωση παίρνει τη μορφή $x = x_0 \eta\mu 5t$
Όταν $t = 5\pi \cdot 10^{-2} s$ τότε το $x = 10\sqrt{2}cm$ και αντικαθιστώντας έχουμε:
$10\sqrt{2} = x_0 \eta\mu \frac{\pi}{4} \Rightarrow \boxed{x_0 = 20cm = 0,2m}$
(β) Ξέρουμε ότι $E_{o\lambda} = \frac{1}{2}Kx_0^2 \Rightarrow K = \frac{2E_{o\lambda}}{x_0^2} \Rightarrow \boxed{K = 25N/m}$

(γ) $K = m\omega^2 \Rightarrow \boxed{m = \frac{K}{\omega^2} = 1Kg}$

(δ) $\upsilon^2 = \omega^2\left(y_0{}^2 - y^2\right) \Rightarrow \upsilon = \sqrt{5^2\left(0,2^2 - 0,12^2\right)} \Rightarrow \boxed{\upsilon = 0,8\,m/s}$

$E_K = \frac{1}{2}m\upsilon^2 = 0,32J$, $E_\Delta = \frac{1}{2}Kx^2 = 0,18J$

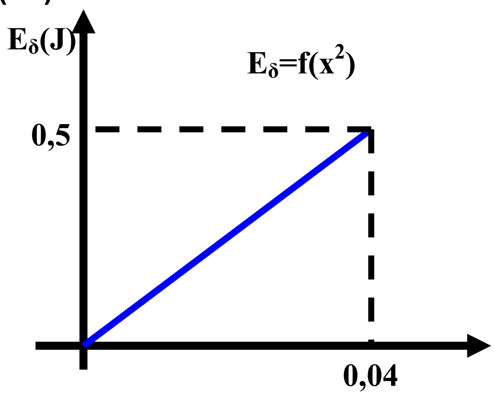
(ε) Τον χρόνο σε αυτή τη περίπτωση μπορούμε να τον υπολογίσουμε σπάζοντας τον χρόνο σε δύο περιπτώσεις δηλαδή να βρούμε ένα χρόνο για να πηγαίνει το σώμα από τη θέση ισορροπίας στη πρώτη απομάκρυνση και από τη θέση ισορροπίας προς τη δεύτερη απομάκρυνση και να προσθέσουμε τους χρόνους και έτσι:

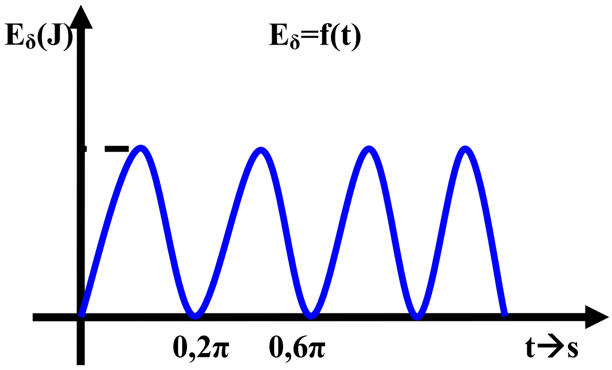
$x_1 = x_0\eta\mu5t \Rightarrow 6 = 20\eta\mu5t \Rightarrow \eta\mu5t = 0,3 \Rightarrow \boxed{t_1 = 0,06s}$

$x_2 = x_0\eta\mu5t \Rightarrow 14 = 20\eta\mu5t \Rightarrow \eta\mu5t = 0,7 \Rightarrow \boxed{t_2 = 0,16s}$

$t = t_1 + t_2 = 0,22s$

(στ)





28.

(α) Λόγω του ότι η κρούση είναι ελαστική έχουμε διατήρηση και ορμής και ενέργειας και έτσι, από την αρχή διατήρησης της ορμής έχουμε:

$mu = m\upsilon_1 + M\upsilon_2 \Rightarrow m\left(u - \upsilon_1\right) = M\upsilon_2 \quad (1)$

και από τη διατήρηση ενέργειας έχουμε

$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}m\upsilon_1^2 + \frac{1}{2}M\upsilon_2^2 \Rightarrow m\left(u^2 - \upsilon_1^2\right) = M\upsilon_2^2 \quad (2)$

Διαιρώντας τις 1 και τις 2 κατά μέλη έχουμε

$\frac{2}{1} \Rightarrow \frac{m\left(u^2 - \upsilon_1^2\right)}{m\left(u - \upsilon_1\right)} = \frac{M\upsilon_2^2}{M\upsilon_2} \Rightarrow \boxed{u + \upsilon_1 = \upsilon_2}$ (3)

Αντικαθιστώντας την 3 στην 1 έχουμε

$m\left(u - \upsilon_1\right) = M\upsilon_2 \Rightarrow m\left(u - \upsilon_1\right) = M\left(u + \upsilon_1\right) \Rightarrow \left(m - M\right)u = (m + M)\upsilon_1$

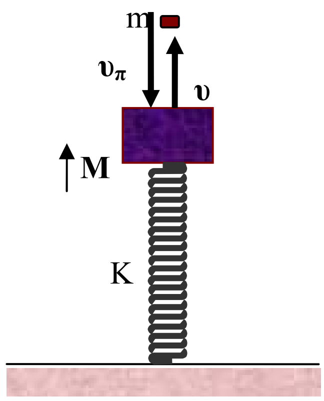
$\upsilon_1 = \frac{\left(m - M\right)u}{\left(m + M\right)} = -19\,m/s$

και η ταχύτητα του σώματος M θα είναι $\upsilon_2 = u + \upsilon_1 = 20 - 19 = 1\,m/s$

(β) Την ώρα που ξεκινά η ταλάντωση το σώμα έχει την μέγιστη ταχύτητα του και έτσι στην άκρια η κινητική γίνεται όλη ελαστική και έτσι από θεώρημα διατήρησης ενέργειας έχουμε

$$\frac{1}{2}M\upsilon_2^2 = \frac{1}{2}Ky_0{}^2 \Rightarrow y_0 = \sqrt{\frac{M\upsilon_2^2}{K}} = 0,071m = 7,1cm$$

31.



Πριν τη κρούση

(α) Την ώρα της σύγκρουσης η πλαστισίνη θα έχει ταχύτητα η οποία μπορεί να υπολογιστεί από Θεώρημα διατήρησης Μηχανικής ενέργειας και έτσι:

$mgh = \frac{1}{2}m\upsilon_\pi{}^2 \Rightarrow \upsilon_\pi = \sqrt{2gh} = 6,32\,{}^{m}\!/_{s}$ με φορά προς τα κάτω όπως στο σχήμα.

Το σώμα M θα έχει την ταχύτητα της ταλάντωσης και έτσι

$$\upsilon^2 = \omega^2\left(y_0{}^2 - y^2\right) \Rightarrow \upsilon = \sqrt{\omega^2\left(y_0{}^2 - y^2\right)}$$

με το ω να είναι $K = m\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = 20\,{}^{rad}\!/_{s}$ και έτσι η ταχύτητα θα είναι

$\upsilon = \sqrt{\omega^2\left(y_0{}^2 - y^2\right)} = 1,73\,{}^{m}\!/_{s}$ με φορά προς τα πάνω.

Μετά τη κρούση από θεώρημα διατήρησης ορμής έχουμε:

$$M\upsilon - m\upsilon_\pi = \left(M+m\right)u \Rightarrow u = \frac{M\upsilon - m\upsilon_\pi}{M+m} = 0,12\,{}^{m}\!/_{s}$$

(β) Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας είναι:

$$\Delta E = \frac{1}{2}m\upsilon_\pi^2 + \frac{1}{2}M\upsilon^2 - \frac{1}{2}\left(m+M\right)u^2 = -12,98J$$

(γ) με το που παραμένει η πλαστισίνη στο σώμα αλλάζει η θέση ισορροπίας, κατεβαίνει η θέση ισορροπίας κατά $\Delta e = \frac{mg}{K} = 6,25\cdot10^{-3}m$ και έτσι στη νέα ταλάντωση η απομάκρυνση των δύο σωμάτων είναι η ήδη υπάρχουσα συν η νέα μεταβολή στη θέση ισορροπίας του συστήματος και άρα το σύστημα μετά τη κρούση έχει ταχύτητα $u = 0,12\,{}^{m}\!/_{s}$ και απομάκρυνσή $y' = y + \Delta e = 0,05m + 6,25\cdot10^{-3}m = 0,05625m$ και άρα η ολική ενέργεια της ταλάντωσης θα είναι $E = \frac{1}{2}\left(M+m\right)u^2 + \frac{1}{2}Ky^2 = 1,28J$ και είναι ίση με

$$E = \frac{1}{2}Ky_0^2 \Rightarrow y_0 = \sqrt{\frac{2E}{K}} = 0,0566m = 5,66cm$$

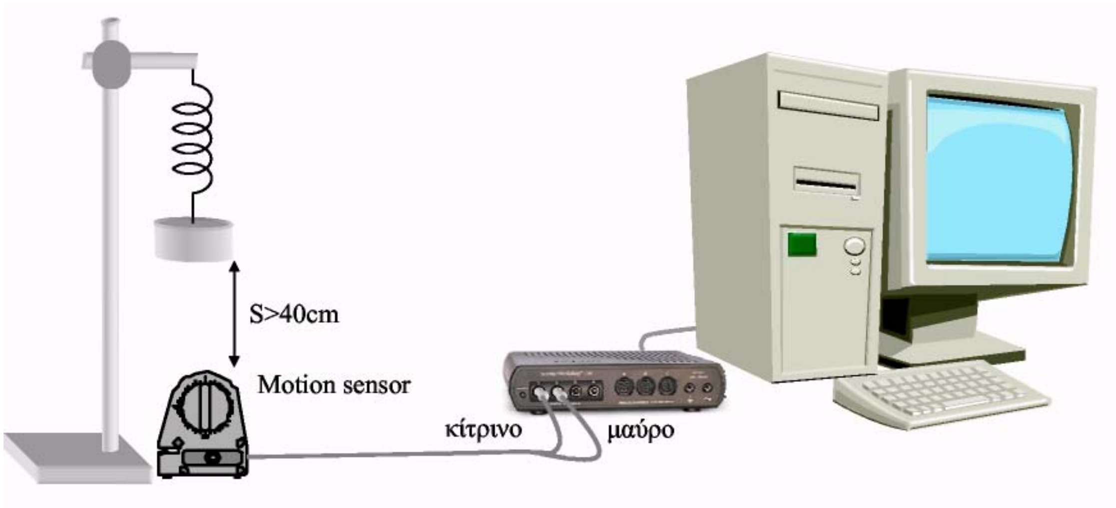
ΠΕΙΡΑΜΑ 3:

ΜΕΛΕΤΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

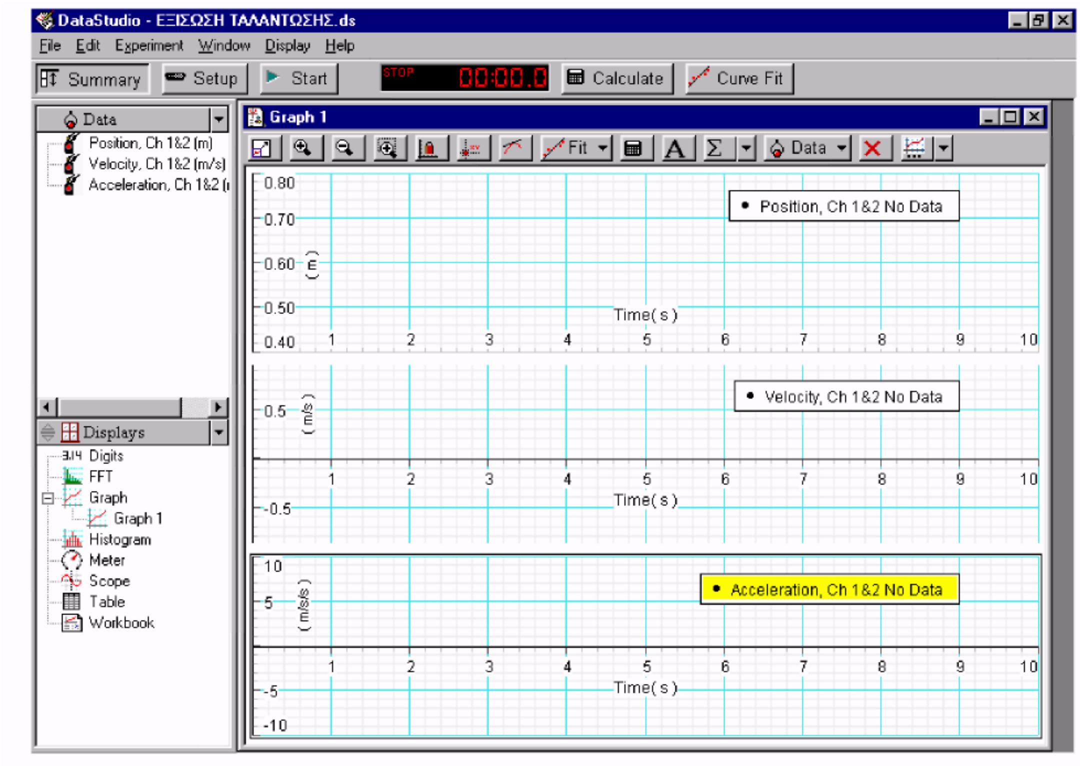
Γραφικές Παραστάσεις y=f(t), υ=f(t), a=f(t), υ=f(y), a=f(y)

ΜΕΡΟΣ Α

1. Να συναρμολογήσετε τη διάταξη του πιο κάτω σχήματος. Να θέσετε σε λειτουργία το Interface και μετά τον Η.Υ.



2. Για να φορτώσετε το πρόγραμμα να επιλέξετε το εικονίδιο ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ από το φάκελο Data Studio Library. Στην οθόνη θα ανοίξει το πιο κάτω παράθυρο.



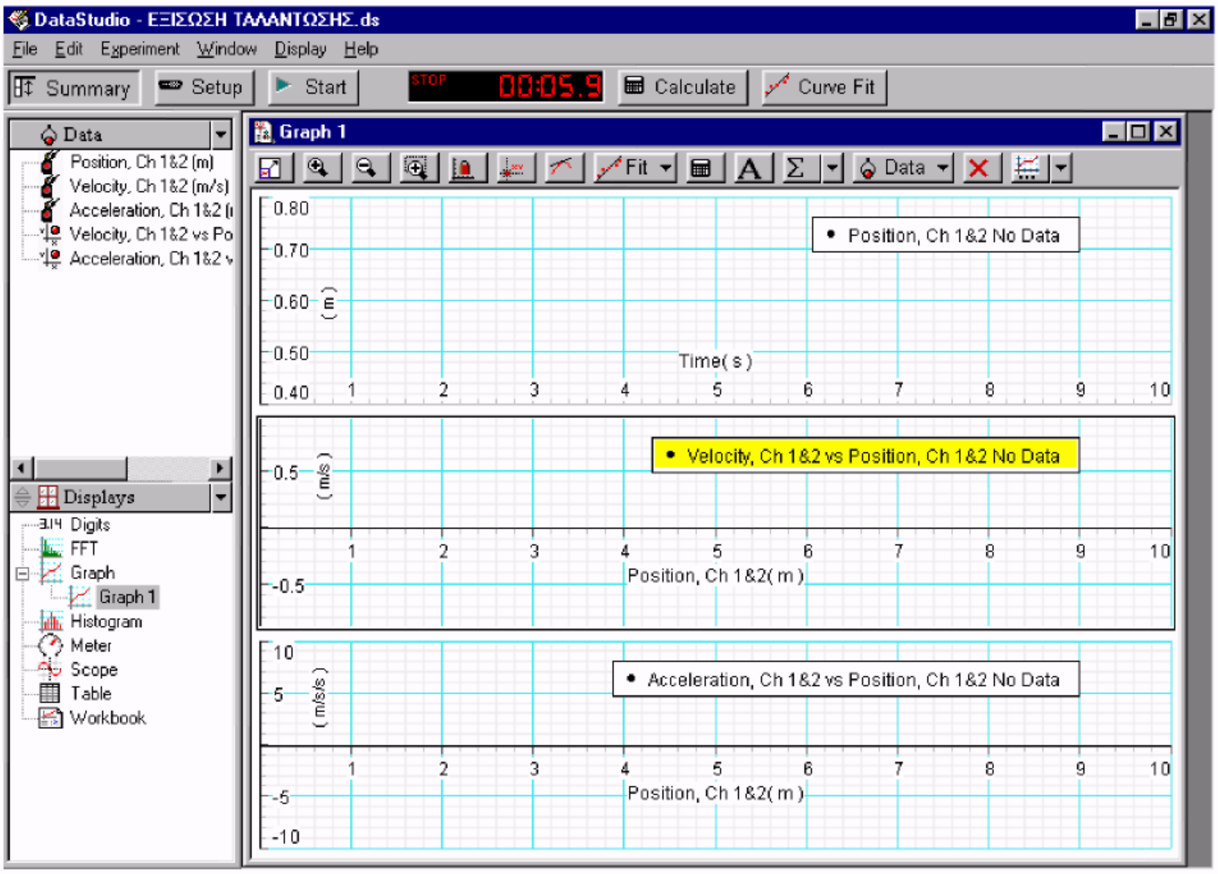
3. Να θέσετε σε ταλάντωση το ελατήριο με τα σταθμά και να πατήσετε Start. Ενώ το ελατήριο ταλαντώνεται να πατήσετε Stop.

4. Να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις y=f(t), υ=í(ĩ), a=f(t) που βλέπετε στην οθόνη του υπολογιστή.

5. Να γράψετε τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις πιο πάνω γραφικές παραστάσεις αναφορικά με:
α. τη μορφή τους,
β. τη διαφορά
φάσης μεταξύ τους,
γ. την περίοδο τους.

ΜΕΡΟΣ Β

1. Από το αριστερό παράθυρο (Data) να κάνετε Drag στο Position. Να το μεταφέρετε στον άξονα των χρόνων της δεύτερης γραφικής παράστασης υ=í(ĩ) και να το αφήσετε όταν εμφανιστεί το διακεκομμένο περίγραμμα. Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για την τρίτη γραφική παράσταση α=í(ĩ). Τώρα οι άξονες των χρόνων των αντιστοίχων γραφικών παραστάσεων έχουν μετατραπεί σε άξονες απομακρύνσεων όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



2. Να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις υ=í(y) και a=f(y) που εμφανίζονται στην οθόνη του Η.Υ. και να δικαιολογήσετε τη μορφή τους.

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Αλεξάνδρου Ανδρέας, Γεωργίου Γιάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΥΜΑΤΑ
(23 ΠΕΡΙΟΔΟΙ)

Κατηγορία Α΄

1. Ένα αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ένα ελαστικό μέσο με ταχύτητα σταθερού μέτρου. Αυτό σημαίνει ότι τα υλικά σημεία του μέσου θα έχουν πάντα επιτάχυνση μηδέν; Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.

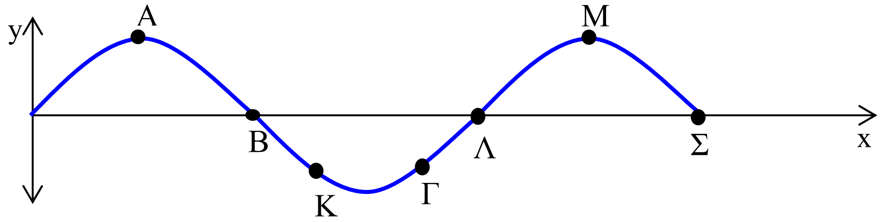
2. Ένα αρμονικό κύμα συχνότητας f και μήκους κύματος λ, διαδίδεται πρώτα σε ένα ελαστικό μέσο Α και μετά σε ένα άλλο μέσο Β. Στο ελαστικό μέσο Β διαδίδεται με διπλάσια ταχύτητα. Ποια θα είναι η συχνότητα και ποιο το μήκος κύματος στο μέσο Β; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3. Να γράψετε τη διαφορά ή τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ:
α) Μηχανικών και ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
β) Γραμμικών, κυμάτων επιφανείας και κυμάτων χώρου.
γ) Εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων.
δ) Επίπεδων και σφαιρικών κυμάτων.

4. Σε ποια κατηγορία ανήκουν τα πιο κάτω κύματα ως προς τον τρόπο διάδοσης και ως προς τον τρόπο παραγωγής τους.
α) Ένα ηχητικό τρέχον κύμα που παράγεται από μια σειρήνα.
β) Ένα φωτεινό τρέχον κύμα που παράγεται από μια μικρή λάμπα.
γ) Τα κύματα που εκπέμπει η κεραία της τηλεόρασης στο Τρόοδος.

5. Κατά τη διάδοση ενός ηχητικού κύματος, υπάρχουν σωμάτια του μέσου τα οποία παραμένουν πάντοτε ακίνητα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας

6. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται το στιγμιότυπο ενός τρέχοντος αρμονικού κύματος.

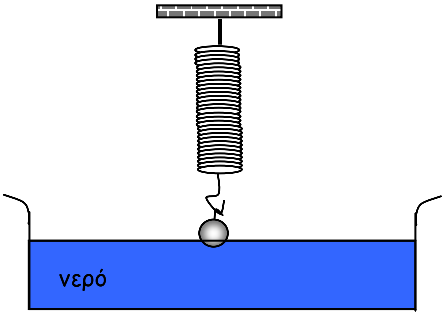


α) Τι ονομάζεται στιγμιότυπο ενός κύματος.
β) Να σχεδιάσετε το διάνυσμα θέσης (απομάκρυνσης) των σημείων Α και Γ.
γ) Να βρείτε σε ποιο από τα σημεία Κ, Γ τα διανύσματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης είναι ομόρροπα και σε ποιο είναι αντίρροπα.
δ) Να κατατάξετε τα σημεία Α, Β, Γ, Κ, Λ και Μ σύμφωνα με τη φάση τους (αρχίζοντας από το σημείο με τη μικρότερη φάση). Να δικαιολογήστε την απάντησή σας.
ε) Να βρείτε δύο σημεία που αντιπροσωπεύουν δύο διαδοχικά μέτωπα κύματος.

ζ) Να βρείτε δύο σημεία που ταλαντώνονται σε φάση και δύο με αντίθετη φάση. Να γράψετε για κάθε ζεύγος σημείων την απόσταση μεταξύ τους σε σχέση με το μήκος κύματος.

Κατηγορία Β΄

7. Στο σχήμα η μικρή σφαίρα μάζας m με τη βοήθεια του αβαρούς ελατηρίου σταθεράς Κ ταλαντώνεται και παράγει κύμα στην επιφάνεια του νερού μιας μεγάλης λεκάνης.



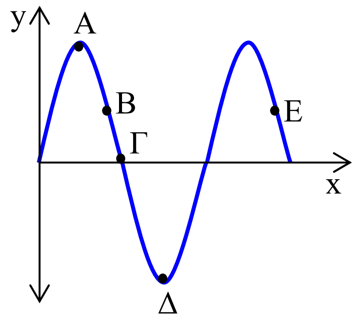
α) Να συγκρίνετε τη συχνότητα με την οποία ταλαντώνεται η σφαίρα, με τη συχνότητα του κύματος και να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.
β) Να γράψετε τη σχέση που συνδέει τη συχνότητα με τα δεδομένα της άσκησης.
γ) Ποιες αλλαγές πρέπει να γίνουν στη διάταξη ώστε:
i. Να ελαττωθεί η περίοδος του κύματος.
ii. Να μεταβληθεί η ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
iii. Να αυξηθεί το μήκος κύματος.

8. Η βάρκα ενός ψαρά έχει μήκος 6 m και είναι τοποθετημένη κατά μήκος της διεύθυνση διάδοσης των κυμάτων στη θάλασσα. Ο ψαράς παρατηρεί ότι περνά από ένα σημείο μπροστά του ένα όρος κύματος κάθε 1,5 s. Επίσης μετρά ότι ένα όρος του κύματος χρειάζεται 10 s για να διανύσει την απόσταση από την πρύμνη στην πλώρη. Να βρεθούν: η περίοδος, η συχνότητα, και το μήκος κύματος.

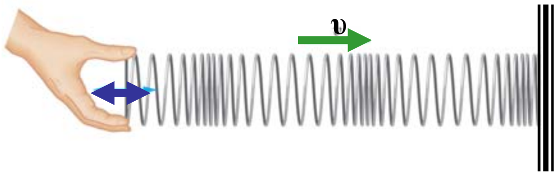
(Απαντήσεις: T=1,5 s, υ=0,6 m/s, λ=0,9 m.)

9. Σε ένα ελαστικό μέσο, μια πηγή δημιουργεί εγκάρσια κύματα με συχνότητα f=5 Hz. Σε ένα στιγμιότυπο του εγκάρσιου κύματος, η απόσταση ενός όρους από τη μεθεπόμενη κοιλάδα είναι d=60 cm.
α) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος,
β) Να υπολογίσετε την απόσταση από την πηγή που θα φτάσει το κύμα σε χρόνο 12 s.
γ) Εάν το κύμα από την ίδια πηγή διαδοθεί σε ένα άλλο ελαστικό μέσο με ταχύτητα 6m/s ποιο θα είναι το μήκος του κύματος στο νέο μέσο.
(Απαντήσεις: α) λ=0,4 m , υ=2 m/s β) x=24 m γ) λ'=1,2 m)

10. Α. Το σχήμα δείχνει το στιγμιότυπο ενός τρέχοντος αρμονικού κύματος για μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ποιο από τα σημεία Α, Β, Γ έχει αυτή τη στιγμή τη
α) μεγαλύτερη σε μέτρο ταχύτητα κατά την ταλάντωση του;
β) μεγαλύτερη σε μέτρο επιτάχυνση;
Β. Να επιλέξετε από τα Α, Β, Γ, Δ και Ε δύο σημεία των οποίων
α) οι φάσεις διαφέρουν κατά π.
β) οι φάσεις διαφέρουν κατά 2π.
γ) οι θέσεις ισορροπίας απέχουν ένα μήκος κύματος λ.



11. Διάμηκες αρμονικό κύμα διαδίδεται σε ένα ελατήριο μήκους ℓ=1,5 m σε χρόνο t=3 s, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Το πλάτος της ταλάντωσης κάθε σπείρας είναι 4 mm και η απόσταση μεταξύ ενός πυκνώματος και του αμέσως επομένου αραιώματος είναι 20 cm.

Να υπολογίσετε:

α) Την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

β) Το μήκος και τη συχνότητα του κύματος.

γ) Τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης κάθε σπείρας.

(Απαντήσεις: α) υ=0,5 m/s β) λ=0,4 m γ) $υ_{max}$=π cm/s)

12. Μια έκρηξη γίνεται στην άκρη μιας προβλήτας. Ο ήχος φθάνει στην άλλη άκρη της προβλήτας, διαδιδόμενος ταυτόχρονα μέσα σε τρία μέσα: αέρα, νερό και μια ατσάλινη πλατφόρμα. Οι ταχύτητες του ήχου στον αέρα, στο νερό και στην πλατφόρμα είναι αντίστοιχα 340 m/s, 1450 m/s και 5000 m/s. Ο ήχος διανύει απόσταση 500 m σε κάθε μέσο.

α) Μέσα από ποιο υλικό ο ήχος θα φτάσει γρηγορότερα στον παρατηρητή και γιατί;

β) Αφού φτάσει ο πρώτος ήχος, μετά από πόσο χρόνο θα φτάσει ο δεύτερος και μετά από πόσο χρόνο ο τρίτος; (*Η απάντηση να δοθεί με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων*)

(Απαντήσεις: β) $Δt_1$=0,24 s, $Δt_2$=1,37 s)

13. Ένα εγκάρσιο τρέχον αρμονικό κύμα διαδίδεται από αριστερά προς τα δεξιά κατά μήκος μιας τεντωμένης χορδής με ταχύτητα 48 m/s. Αν το μήκος κύματος είναι 0,6 m και το πλάτος του κύματος 5 cm, να βρείτε:

α) τη συχνότητα του κύματος.

β) την εξίσωση της θέσης (απομάκρυνσης) των υλικών σημείων της χορδής ως προς τη θέση ισορροπίας. Δίδεται ότι τη χρονική στιγμή t = 0 το αριστερό άκρο της χορδής βρίσκεται στη θέση ισορροπίας και κινείται προς τη θετική κατεύθυνση.

(Απαντήσεις: α) f=80 Hz, β) $y = 5.10^{-2}\eta\mu 2\pi(80t - \frac{5x}{3})$ *σε μονάδες S.I.)*

14. Η εξίσωση ενός εγκάρσιου αρμονικού κύματος που διαδίδεται κατά μήκος σε μια χορδή περιγράφεται από τη μαθηματική σχέση:

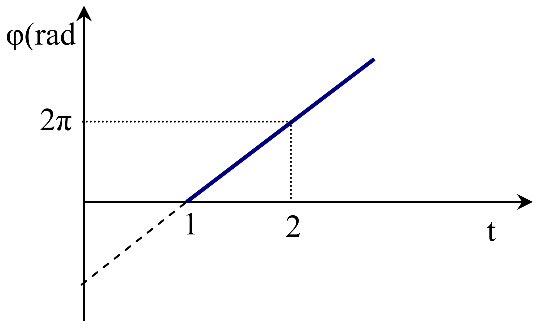
$$y = 2\eta\mu\pi\left(20t - 0,5x\right)$$ *y και x σε cm, t σε s.*

α) Να προσδιορίσετε το πλάτος, τη συχνότητα, την περίοδο και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

β) Να σχεδιάσετε τα στιγμιότυπα (τη μορφή της χορδής), τις χρονικές στιγμές 0,025s και 0,05s .

(Απαντήσεις: α) y_0=2 cm, f=10 Hz, T=0,1 s, υ=40 cm/s)

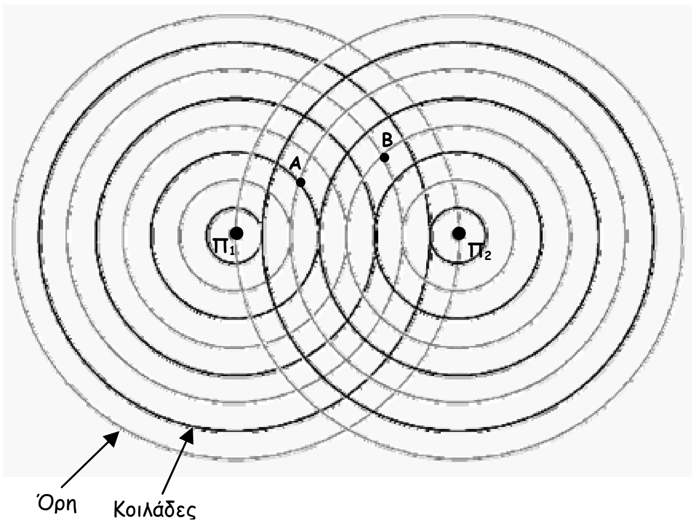
15. Στο σχήμα δίνεται η γραφική παράσταση της φάσης ενός σημείου του μέσου διάδοσης, ενός τρέχοντος κύματος, που απέχει απόσταση x=30 cm από τη πηγή σε συνάρτηση με το χρόνο. Αν το πλάτος του κύματος είναι 5 cm.



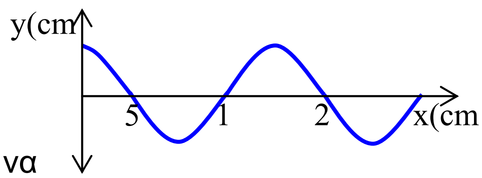
α) Να βρείτε την περίοδο, το μήκος και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
β) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.
γ) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της φάσης των σημείων του μέσου σε συνάρτηση με την απόσταση τους από την πηγή τη χρονική στιγμή t=1,75 s.
δ) Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή t=1,75 s.

(Απαντήσεις: α)T=1s, λ=0,3m, υ=0,3m/s β) $y = 5.10^{-2}\eta\mu 2\pi\left(t - \frac{10x}{3}\right)$*)*

16. Οι πηγές κυμάτων Π_1 και Π_2 του σχήματος είναι συνδεδεμένες με την ίδια γεννήτρια συχνοτήτων, που βρίσκεται σε λειτουργία.
α) Να εξηγήσετε τις έννοιες: συμβολή απόσβεσης και συμβολή ενίσχυσης.
β) Να βρείτε τη διαφορά δρόμου από τις δύο πηγές των κυμάτων που φτάνουν στα σημεία Α και Β σε συνάρτηση με το μήκος κύματος λ.
γ) Να περιγράψετε την κίνηση των υλικών σημείων Α και Β.



17. Στο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο ενός στάσιμου κύματος, τη στιγμή t_1 κατά την οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου βρίσκονται στη μέγιστη μετατόπιση από τη θέση ισορροπίας τους. Τα κύματα που συμβάλλουν για να δώσουν το στάσιμο κύμα έχουν περίοδο T=2 s, και πλάτος y_0.



α) Να σχεδιάσετε τα στιγμιότυπα του κύματος μετά από 0,5 s και μετά από 1 s μετά τη χρονική στιγμή t_1.
β) Να βρείτε το πλάτος της ταλάντωσης ενός σημείου που βρίσκεται στη θέση x=12,5 cm, σε σχέση με το πλάτος y_0.

(Απάντηση: β) $y_{0_{\sigma\tau}} = \sqrt{2}y_0$ *)*

18. Δύο κύματα διαδίδονται ταυτόχρονα κατά μήκος του ίδιου σχοινιού.
Οι εξισώσεις των κυμάτων είναι:
y_1 = 5ημ π(5t -x) και y_2 = 5ημ π(5t + x) όπου y και x σε cm και t σε s.
α) Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων.
β) Να βρείτε τη θέση των τριών πρώτων σημείων του σχοινιού τα οποία παραμένουν ακίνητα και των τριών πρώτων σημείων των οποίων το πλάτος της ταλάντωσης είναι μέγιστο.
γ) Ποιο είναι το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης;

(Απαντήσεις: α) υ=5 cm/s β) κοιλίες x=0, x=1cm, x=2 cm, x=3 cm, δεσμούς x=0,5 cm, x=1,5 cm, x=2,5 cm, γ) y_{0max}=10 cm)

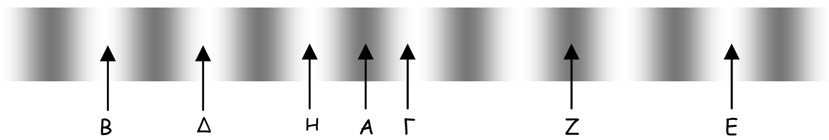
19. Δύο κύματα ίδιου πλάτους, συχνότητας 40 Hz, διαδίδονται αντίθετα σε χορδή της οποίας τα άκρα είναι στερεωμένα σε ακλόνητα σημεία. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων είναι 100 m/s. Το στάσιμο κύμα που δημιουργείται στη χορδή έχει τρεις δεσμούς. Βρείτε το μήκος της χορδής.

(Απάντηση: $\ell = 2{,}5\,m$)

20. Στο πείραμα του Young η απόσταση μεταξύ των δυο σχισμών είναι 2 mm και το πέτασμα απέχει από τις σχισμές 2,0 m. Όταν φωτίσουμε τις δύο σχισμές με μονοχρωματική ακτινοβολία παρατηρούμε ότι σε απόσταση 7 mm πάνω στο πέτασμα σχηματίζονται 11 φωτεινοί κροσσοί.
α) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας.
β) Αν η απόσταση μεταξύ των δύο σχισμών γίνει 1mm σε πόση απόσταση πάνω στο πέτασμα θα είναι οι 11 φωτεινοί κροσσοί;
γ) Με πόση διαφορά χρόνου φτάνει το φως από τις δύο σχισμές στη θέση που δημιουργείται ο 4^{ος} φωτεινός κροσσός, αν Τ η περίοδος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας;

(Απαντήσεις: α) λ=700 nm, β) s'=14 mm γ) Δt=4T)

21. α) Να σχεδιάσετε ένα διάγραμμα της πειραματικής διάταξης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή φωτεινών και σκοτεινών κροσσών με τη βοήθεια πλακιδίου δύο σχισμών. Να ονομάσετε τα διάφορα μέρη της πειραματικής διάταξης.
β) Η φωτογραφία δείχνει όλους τους κροσσούς που λήφθηκαν από ένα τέτοιο πείραμα κατά το οποίο χρησιμοποιήθηκε μονοχρωματικό φως.



Να γράψετε σε ποια ή ποιες από τις θέσεις Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ και Η το φως από τις δύο σχισμές :

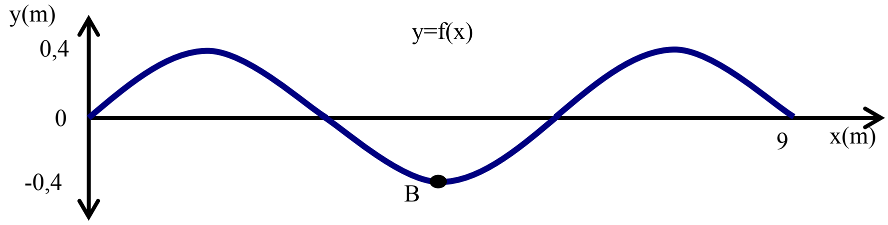
i. ταξίδεψε την ίδια απόσταση
ii. φτάνει με διαφορά φάσης 180°
iii. παρουσιάζει διαφορά δρόμου 3λ
iv. παρουσιάζει διαφορά δρόμου $\frac{\lambda}{2}$
v) δημιουργείται ο φωτεινός κροσσός 1^{ης} τάξης
vi) δημιουργείται ο σκοτεινός κροσσός 2^{ης} τάξης

γ) Στο πιο πάνω πείραμα του Young χρησιμοποιήθηκε κίτρινο φως λ=690nm, τι θα παρατηρήσουμε στη διάταξη των κροσσών, αν:

i. Χρησιμοποιήσουμε κόκκινο φως;
ii. Αυξήσουμε την απόσταση σχισμών- οθόνης;
iii. Αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο σχισμών;

Κατηγορία Γ΄

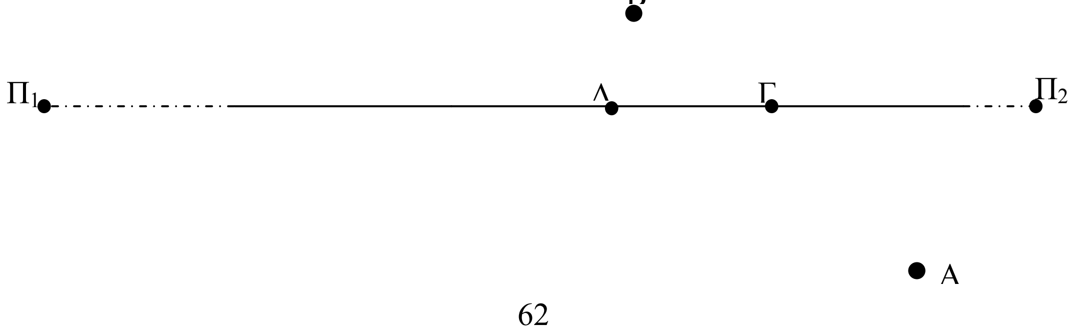
22. Το σχήμα δείχνει το στιγμιότυπο τρέχοντος αρμονικού κύματος τη χρονική στιγμή t_1, το οποίο διαδίδεται προς τα δεξιά. Στην αρχή των αξόνων βρίσκεται η πηγή του κύματος η οποία άρχισε να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή t=0. Η περίοδος του κύματος είναι T=3 s.



α) Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή t_1, το μήκος κύματος, την ταχύτητα διάδοσης του κύματος και να γράψετε την εξίσωση του κύματος.
β) Να σημειώσετε στο στιγμιότυπο δύο σημεία Γ και Δ, που οι θέσεις ισορροπίας τους να απέχουν μεταξύ τους 1,25λ και να υπολογίσετε τη διαφορά φάσης μεταξύ των σημείων αυτών.
γ) Να υπολογίσετε το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας ταλάντωσης ενός σημείου και να σημειώσετε στο στιγμιότυπο, ένα σημείο Α που να έχει αυτή την ταχύτητα και να κινείται προς τα κάτω.
δ) Να υπολογίσετε τη φάση της πηγής τη χρονική στιγμή t_1.
ε) Να υπολογίσετε τη φάση του σημείου Β που είναι σημειωμένο στο σχήμα τη χρονική στιγμή t_1 και να προσδιορίσετε τη χρονική στιγμή που το σημείο αυτό άρχισε να ταλαντώνεται.
στ) Να σχεδιάσετε στο ίδιο σχήμα το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή t_1 + T/4.
ζ) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τη γραφική παράσταση της θέσης του σημείου Β με το χρόνο, y=f(t), για το χρονικό διάστημα $0 \le t \le 6,75 s$.
η) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τη γραφική παράσταση της φάσης σε συνάρτηση με την απόσταση x των σημείων, φ =f(x), για τη χρονική στιγμή t=3 s και να εξηγήσετε τι παριστάνουν τα σημεία τομής με τους άξονες.

(*Απαντήσεις: α) λ=6 m, υ=2 m/s,* $y=0,4\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{3}-\frac{x}{6}\right)$ *οι μονάδες μέτρησης στο S.I.,* t_1*=4,5 s*
β) Δφ=2,5π rad, γ) $υ_{max}$*=0,8π/3 m/s, δ) φ=3π rad, ε)* $φ_B$*=3π/2 rad,* t_B*=2,25 s)*

23. Δύο σύγχρονες πηγές $Π_1$, και $Π_2$, αρχίζουν να εκπέμπουν κύματα τη χρονική στιγμή t=0 s. Τα κύματα έχουν πλάτος 6cm, συχνότητα f=25 Hz και διαδίδονται με ταχύτητα υ=25 m/s στο ίδιο ελαστικό μέσο. Το σημείο Α που απέχει απόσταση x_1 = 11,5 m από την πηγή $Π_1$, και απόσταση x_2=2,5 m από την πηγή $Π_2$, ενώ το σημείο Β απέχει απόσταση d_1 = 8 m από την πηγή $Π_1$, και απόσταση d_2 =5,5 m από την πηγή $Π_2$. Τα κύματα που φθάνουν στα σημεία Γ και Δ έχουν την ίδια διαφορά δρόμου, με τα κύματα που φθάνουν στα σημεία Α και Β αντίστοιχα.



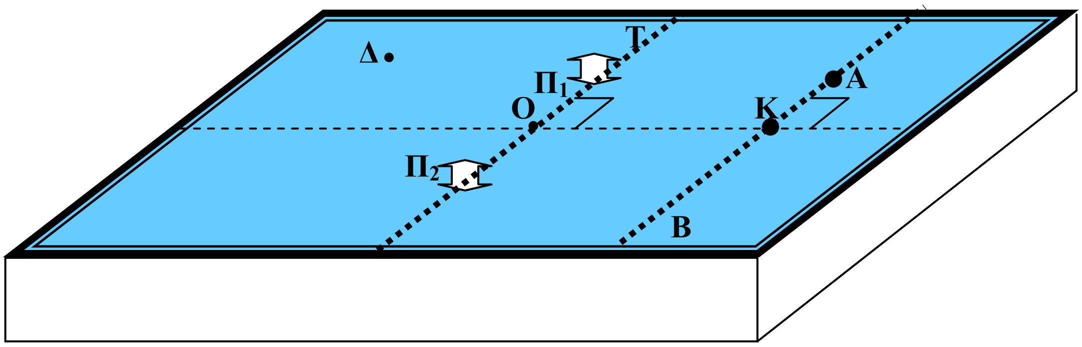
α) Να προσδιορίσετε το είδος της συμβολής που συμβαίνει στα σημεία Α και Β.
β) Ποια είναι η μετατόπιση και η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου Α τις χρονικές στιγμές t_1=0,08 s, και t_2=0,21 s.
γ) Σε πόσα σημεία έχουμε συμβολή ενίσχυσης και σε πόσα σημεία συμβολή απόσβεσης, μεταξύ των σημείων Γ και Δ.
δ) Να υπολογίσετε την απόσταση ΓΔ;

(Απαντήσεις: β) y_1 =0, y_2=-6.10^{-2} m γ) σε 6 σημεία Σ.Ε. και σε 6 σημεία Σ.Α. δ) s=3,25 m)

24. Διαπασών συχνότητας 340 Hz ηχεί μπροστά σε λείο κατακόρυφο τοίχο. Ανάμεσα στο διαπασών και στον τοίχο, στην ευθεία που είναι κάθετη στον τοίχο, μετακινείται ευαίσθητος δέκτης. Παρατηρούμε ότι σε δύο διαδοχικές θέσεις του δέκτη, που απέχουν μεταξύ τους 0,5 m, η ένδειξη του μηδενίζεται.
α) Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου;
β) Αντικαθιστούμε το διαπασών με άλλο άγνωστης συχνότητας.
Διαπιστώνουμε δύο διαδοχικά μέγιστα έντασης σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους 0,8 m. Να υπολογίσετε τη συχνότητα του ήχου του δεύτερου διαπασών;

(Απαντήσεις: α) υ=340 m/s, β) f=212,5 Hz)

25. Το πιο κάτω σχήμα δείχνει μία πισίνα μεγάλων διαστάσεων ενός υδροπάρκου της Κύπρου. Στην επιφάνεια της έχει δύο σύγχρονες πηγές υδάτινων κυμάτων τις $Π_1$ και $Π_2$, οι οποίες απέχουν 12 m. Οι πηγές αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή t=0 s, με φορά προς τα πάνω. Η συχνότητα ταλάντωσης των πηγών είναι ίση με 5 Hz και τα κύματα τα οποία παράγουν έχουν πλάτος 80cm και διαδίδονται με ταχύτητα υ=10 m/s
Το Ο είναι το μέσο της απόστασης $Π_1Π_2$, ΟΚ είναι κάθετος στις $Π_1Π_2$ και ΑΒ. Δίνεται επίσης ότι ΟΚ=5 m.
<u>Σημείωση</u>: *Για την άσκηση θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά τη διάδοση των κυμάτων στην επιφάνεια της πισίνας.*



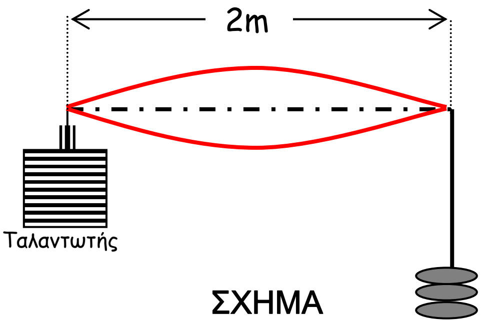
α) Σε ποιο σημείο θα αρχίσει πρώτα η συμβολή και να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή της έναρξης της.
β) Να περιγράψετε τι παρατηρείτε να συμβαίνει στην επιφάνεια του νερού, μετά που αρχίζει το φαινόμενο της συμβολής, σε όλη την έκταση της πισίνας.
γ) Μια μικρή μπάλα βρίσκεται στη θέση Κ και κινείται με τη βοήθεια του ανέμου σιγά- σιγά προς τη θέση Α που απέχει 6m από το Κ.
i. Να βρείτε σε πόσα σημεία, αρχίζοντας από το Κ, η μπάλα θα ταλαντώνεται με μέγιστο πλάτος μέχρι να φτάσει στο Α και σε πόσα σημεία με ελάχιστο πλάτος.
ii. Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της ταχύτητας ταλάντωσης της μπάλας μέχρι να φτάσει στο Α.

δ) Ένας μικρός φελλός βρίσκεται στη θέση Δ που απέχει από τη πρώτη πηγή $Π_1$ απόσταση d_1=6m και από τη δεύτερη πηγή $Π_2$ απόσταση ίση με d_2=6,5 m. Να υπολογίσετε την απομάκρυνση του φελλού τις χρονικές στιγμές t_1=0,625 s και t_2=0,66 s

ε) Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι πάνω στο τμήμα $Π_1$Τ σχηματίζονται μέγιστα και ελάχιστα. Να εξηγήσετε εάν συμφωνείτε ή διαφωνείτε με αυτήν την άποψη και να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.

(Απαντήσεις: α) t=0,6 s, γ) 5 σημεία, 4 σημεία συμπεριλαμβανομένων και των σημείων Κ και Α, $υ_0$=16π m/s δ) $y_1 = 0{,}4\sqrt{2}$ m, y_2=1 m)

26. Η διάταξη του σχήματος Ι χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία, στάσιμου κύματος σε χορδή μήκους 2 m. Όταν η συχνότητα του ταλαντωτή είναι 40 Hz το στάσιμο κύμα στη χορδή έχει την ιδιομορφή του σχήματος. Το πλάτος του στάσιμου κύματος που δημιουργείται είναι 10 mm.



ΣΧΗΜΑ

α) Να εξηγήσετε τους όρους στάσιμο κύμα, δεσμοί και κοιλίες.

β) Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος που δημιουργείται στη χορδή.

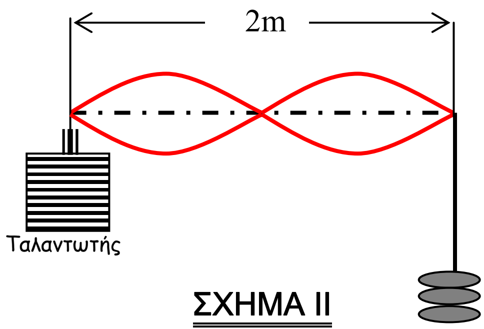
γ) Να βρείτε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος κατά μήκος στη χορδής.

δ) Αν η μάζα της χορδής είναι 5 g να βρείτε τη δύναμη με την οποία τείνεται η χορδή.

ε) Με ποια συχνότητα πρέπει να πάλλεται ο ταλαντωτής ώστε η χορδή να έχει τη ιδιομορφή του σχήματος ΙΙ;

στ) Εάν την χρονική στιγμή t=0 η πρώτη κοιλία (από τον ταλαντωτή) βρίσκεται στην πάνω

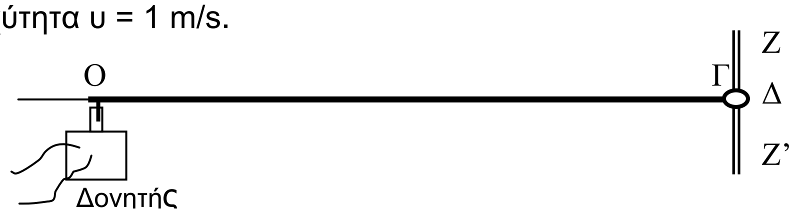
ζ) Να σχεδιάσετε την ιδιομορφή του στάσιμου κύματος που
παράγεται στη χορδή αν η μάζα της χορδής γίνει ίση με 6 g, χωρίς να γίνουν άλλες αλλαγές.



ΣΧΗΜΑ ΙΙ

(Απαντήσεις: β) $y = 10^{-2}ημπ\frac{x}{2}συν80πt$, γ) υ=160 m/s, δ) F=64 N, ε) f'=80 Hz)

27. Α. Μια ελαστική χορδή ΟΓ μήκους L = 110 cm στερεώνεται με τη βοήθεια ενός μικρού δακτυλιδιού Δ σε κατακόρυφη λεπτή ράβδο ΖΖ', όπως δείχνει το σχήμα. Το δακτυλίδι Δ είναι ελεύθερο να κινείται κατά μήκος της λεπτής ράβδου. Το άκρο Ο τίθεται σε ταλάντωση, με τη βοήθεια μηχανικού δονητή, τη χρονική στιγμή t = 0, με θετική φορά προς τα πάνω. Δημιουργείται έτσι ένα εγκάρσιο κύμα πλάτους 5 cm που διαδίδεται από αριστερά προς δεξιά κατά μήκος της χορδής με ταχύτητα υ = 1 m/s.



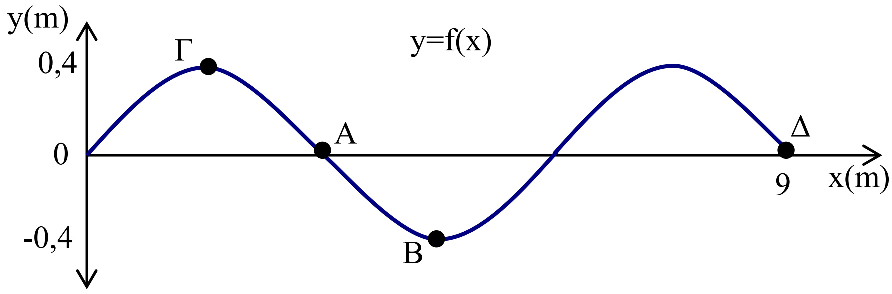
Δύο σημεία της χορδής Α και Β απέχουν από το Ο απόσταση 20 cm και 80 cm αντίστοιχα. Το τρέχον κύμα φτάνει στα δύο σημεία με διαφορά φάσης 3π.
α) Να βρεθεί η εξίσωση του τρέχοντος κύματος που διαδίδεται κατά μήκος της χορδής, λαμβάνοντας το σημείο Ο ως αρχή (x = 0) και τη φορά προς τα δεξιά θετική.
β) Να βρεθεί, τη χρονική στιγμή t = 1,0 s η ταχύτητα και η επιτάχυνση του σημείου Β.
γ) Να χαράξετε τη γραφική παράσταση της φάσης των σημείων της χορδής σε συνάρτηση με την απόσταση x από την πηγή κατά τη χρονική στιγμή t = 1,1 s.
δ) Να σχεδιάσετε, στο ίδιο διάγραμμα, τα στιγμιότυπα του κύματος τις χρονικές στιγμές (ι) $t_1 = 0,8$ s και (ιι) $t_2 = 1,1$ s.

Β. Το κύμα από την πηγή Ο ανακλάται στο σημείο Γ και το ανακλώμενο κύμα διαδιδόμενο προς αριστερά συμβάλλει με το αρχικό κύμα. Ως αποτέλεσμα της συμβολής είναι η δημιουργία ενός στάσιμου κύματος.
α) Να αναφέρετε τρεις διαφορές μεταξύ του αρχικού (τρέχοντος) κύματος και του στάσιμου κύματος.
β) Να σχεδιάσετε τα στιγμιότυπα του στάσιμου κύματος τις χρονικές στιγμές
i. t = 2,2 s, **ii.** t = 2,3 s και **iii.** t = 2,4 s και **iv.** t = 2,5 s.

(Απαντήσεις: Α. α) $y = 0,05\eta\mu 5\pi(t - x)$ *β) υ=-0,785m/s, α=0 m/s²)*

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4

22.



α) i. $\upsilon = \frac{x_1}{t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{x_1}{\upsilon} = \frac{9}{2} \Rightarrow \boxed{t_1 = 4,5s}$

ii. Από το σχήμα $\cancel{3}^1 \frac{\lambda}{2} = \cancel{9}^3 \Rightarrow \boxed{\lambda = 6m}$

iii. $\upsilon = \lambda . f = \lambda . \frac{1}{T} = 6.\frac{1}{3} \Rightarrow \boxed{\upsilon = 2m/s}$, $\upsilon = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{\upsilon} = \frac{6}{2} \Rightarrow \underline{T = 3s}$

iv. Η εξίσωση του κύματος δίνεται από τη σχέση $y = y_0 \eta\mu \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$

Από το σχήμα $y_0 = 0,4m$

$\boxed{y = 0,4\eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{3} - \frac{x}{6} \right)}$ οι μονάδες μέτρησης στο S.I.

β) Τα δύο σημεία Γ και Δ που απέχουν μεταξύ τους 1,25 λ φαίνονται στο σχήμα.

Η διαφορά φάσης είναι $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = 2\pi \frac{1,25\cancel{\lambda}}{\cancel{\lambda}} \Rightarrow \boxed{\Delta\varphi = 2,5\pi \,\mathrm{rad}}$

γ) $\upsilon_{\max} = \omega \cdot y_0 = \frac{2\pi}{T} \cdot y_0 = \frac{2\pi}{3} \cdot 0,4 \Rightarrow \boxed{\upsilon_{\max} = \frac{0,8}{3}\pi \,\mathrm{m/s}}$. Ένα τέτοιο σημείο είναι το σημείο Α που φαίνεται στο σχήμα.

δ) Επειδή τη χρονική στιγμή t_1 το κύμα διανύει απόσταση 1,5 λ αυτό αντιστοιχεί σε 1,5 πλήρεις ταλαντώσεις της πηγής άρα η φάση είναι $\varphi = 2\pi + \pi \Rightarrow \boxed{\varphi = 3\pi \,\mathrm{rad}}$

ή $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = 2\pi \frac{9}{6} = 3\pi \Rightarrow \varphi_\pi = 3\pi$

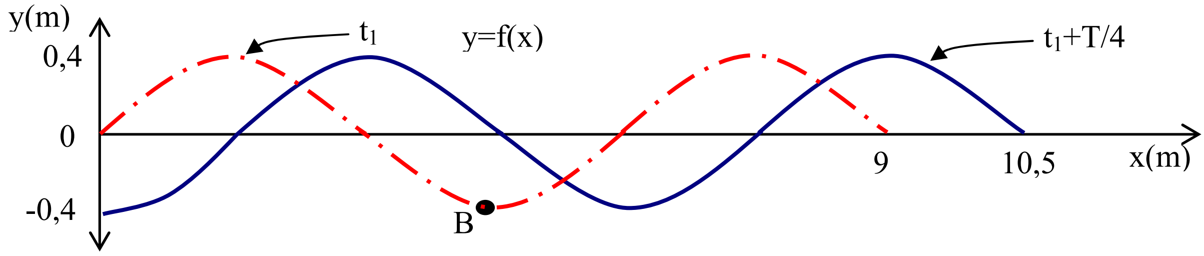
ή $\varphi_\pi = 2\pi \frac{t}{T} - 2\pi \frac{x}{\lambda} = 2\pi \frac{4,5}{3} - 2\pi \frac{0}{6} = 3\pi \Rightarrow \boxed{\varphi_\pi = 3\pi \,\mathrm{rad}}$

ε) Βρίσκουμε το χρόνο που χρειάζεται να φτάσει το κύμα στο Β. $\upsilon = \frac{x_B}{t_B} \Rightarrow t_B = \frac{x_B}{\upsilon} = \frac{4,5}{2} \Rightarrow \boxed{t_B = 2,25 \cdot \mathrm{s}}$

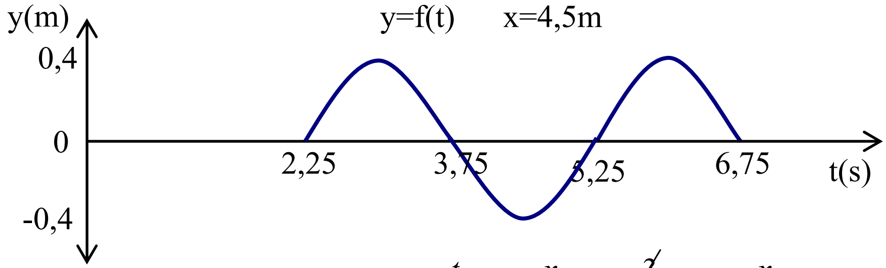
$$\varphi_B = 2\pi\frac{t_1}{T} - 2\pi\frac{x_B}{\lambda} = 2\pi\frac{4,5}{3} - 2\pi\frac{4,5}{6} = 3\pi - 3\frac{\pi}{2} \Rightarrow \boxed{\varphi_B = 3\frac{\pi}{2}\,\text{rad}}$$

στ) Για να σχεδιάσουμε το στιγμιότυπο για τη χρονική στιγμή t_1+T/4, βρίσκουμε πόσο μετακινείται η διαταραχή σε χρόνο Δt=T/4.

$$\Delta x = \upsilon \cdot \Delta t = \upsilon \cdot \frac{T}{4} = 2 \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow \Delta x = 1,5\,\text{m}$$



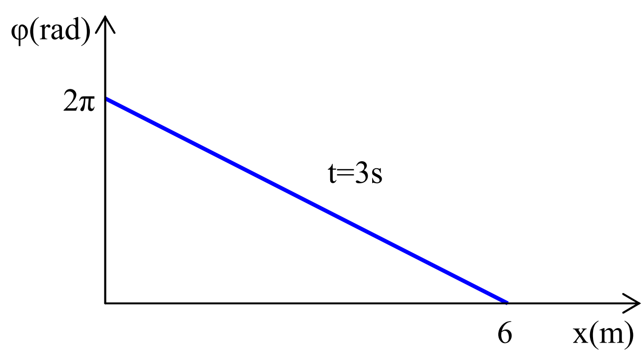
ζ) Το σημείο B απέχει από την πηγή 4,5m. Ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα να φτάσει στο σημείο B είναι $\upsilon = \frac{x}{t} \Rightarrow t_B = \frac{x_B}{\upsilon} = \frac{4,5}{2} \Rightarrow \underline{t_B = 2,25s}$



η) Η φάση δίνεται από τη σχέση $\varphi = 2\pi\frac{t}{T} - 2\pi\frac{x}{\lambda} = 2\pi\frac{\cancel{3}}{\cancel{3}} - \cancel{2}\pi\frac{x}{\cancel{6}^{3}} \Rightarrow \underline{\varphi = 2\pi - \frac{\pi}{3}x}$

Για $x = 0 \Rightarrow \underline{\varphi = 2\pi}$ σημείο τομής με τον άξονα των φάσεων. Το σημείο αυτό παριστάνει τον αριθμό των πλήρων κύκλων ταλάντωσης που κάνει η πηγή στο χρόνο που δίδεται.

Για $\varphi = 0 \Rightarrow 2\cancel{\pi} = \frac{\cancel{\pi}}{3} \cdot x \Rightarrow \underline{x = 6\,\text{m}}$ το σημείο τομής με τον άξονα της απόστασης από την πηγή. Το σημείο αυτό παριστάνει τη θέση που έφτασε το κύμα.



23. $f = 25\,\text{Hz},\ y_0 = 6\,\text{cm},\ \upsilon = 25\,\text{m/s},\quad x_1 = 11{,}5\,\text{m},\ x_2 = 2{,}5\,\text{m},\ d_1 = 8\,\text{m},\ d_2 = 5{,}5\,\text{m}.$

$\upsilon = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \dfrac{\upsilon}{f} = \dfrac{25}{25} \Rightarrow \lambda = 1\,\text{m} \quad \kappa\alpha\iota \quad \dfrac{\lambda}{2} = 0{,}5\,\text{m}$

α) Στο σημείο Α έχουμε <u>Συμβολή Ενίσχυσης</u> διότι $\Delta\delta = x_1 - x_2 = 11{,}5 - 2{,}5 = 9 = 9\lambda$ (Ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος-Συνθήκη Ενίσχυσης)

Στο σημείο Β έχουμε <u>Συμβολή Απόσβεσης</u> διότι $\Delta\delta = d_1 - d_2 = 8 - 5{,}5 = 2{,}5 = 5\dfrac{\lambda}{2}$

(Περιττό πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος – Συνθήκη Απόσβεσης)

β) Το κύμα από την Π1 χρειάζεται χρόνο $t_{A_{\Pi_1}} = \dfrac{x_{A_{\Pi_1}}}{\upsilon} = \dfrac{11{,}5}{25} \Rightarrow t_{A_{\Pi_1}} = 0{,}46s$

Το κύμα από την Π2 χρειάζεται χρόνο $t_{A_{\Pi_2}} = \dfrac{x_{A_{\Pi_2}}}{\upsilon} = \dfrac{2{,}5}{25} \Rightarrow t_{A_{\Pi_2}} = 0{,}1s$

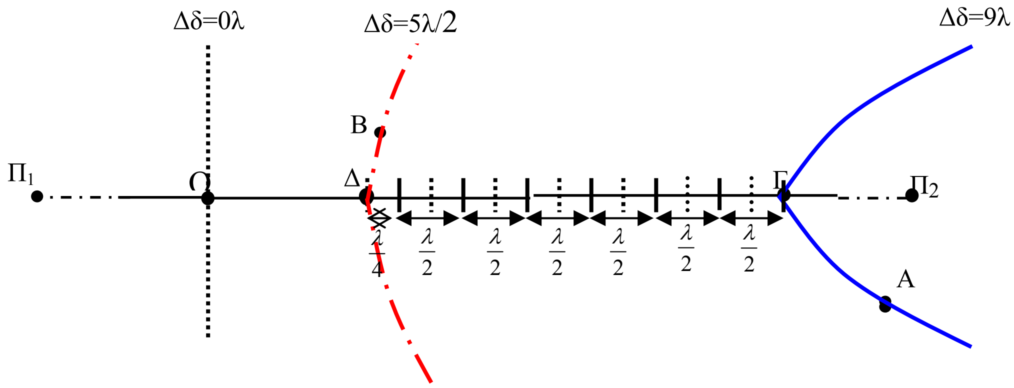
Τη χρονική στιγμή t=0,08s στο σημείο Α δεν φτάνει κανένα κύμα και έτσι η απομάκρυνση από τη Θέση Ισορροπίας θα είναι μηδέν $\boxed{y = 0}$.

Τη χρονική στιγμή t=0,21s στο σημείο Α φτάνει το κύμα από την Π2 και έτσι η απομάκρυνση από τη Θέση Ισορροπίας δίνεται από την εξίσωση του κύματος που παράγεται από την πηγή Π2 $y_{\Pi_2} = 6 \cdot 10^{-2} \eta\mu 2\pi\left(25t - x\right)$. Άρα

$$\left.\begin{array}{l} t = 0{,}21s \\ x = 2{,}5m \end{array}\right\} \Rightarrow y_A = 6.10^{-2}\eta\mu 2\pi\left(25 \cdot 0{,}21 - 2{,}5\right) = -6 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \Rightarrow \boxed{y_A = -6 \cdot 10^{-2}\,\text{m}}$$

γ) Για το σημείο Α έχουμε ότι $\Delta\delta = x_1 - x_2 = 11{,}5 - 2{,}5 = 9m \Rightarrow \Delta\delta = 9\lambda$ Συνθήκη Ενίσχυσης.

Για το σημείο Β έχουμε ότι $\Delta\delta = d_1 - d_2 = 8 - 5{,}5 = 2{,}5m \Rightarrow \Delta\delta = 5\dfrac{\lambda}{2}$ Συνθήκη Απόσβεσης.



Από το σχήμα φαίνεται ότι μεταξύ του σημείου Γ και Δ υπάρχουν <u>έξι σημεία συμβολής ενίσχυσης</u> και <u>έξι σημεία συμβολής απόσβεσης</u>.

δ) Η απόσταση ΔΓ είναι ίση με $s = \dfrac{\lambda}{4} + 6\dfrac{\lambda}{2} = 13 \cdot \dfrac{1}{4} \Rightarrow \boxed{s = 3{,}25m}$

24. $f = 340 Hz$

α) Αφού σε δύο διαδοχικές θέσεις του δέκτη, που απέχουν μεταξύ τους 0,5 m η ένδειξη του ευαίσθητου δέκτη μηδενίζεται αυτές οι θέσεις είναι δεσμοί και έτσι αυτή η απόσταση είναι ίση με λ/2. $\frac{\lambda}{2} = 0,5 \Rightarrow \lambda = 1\,\text{m}$ και

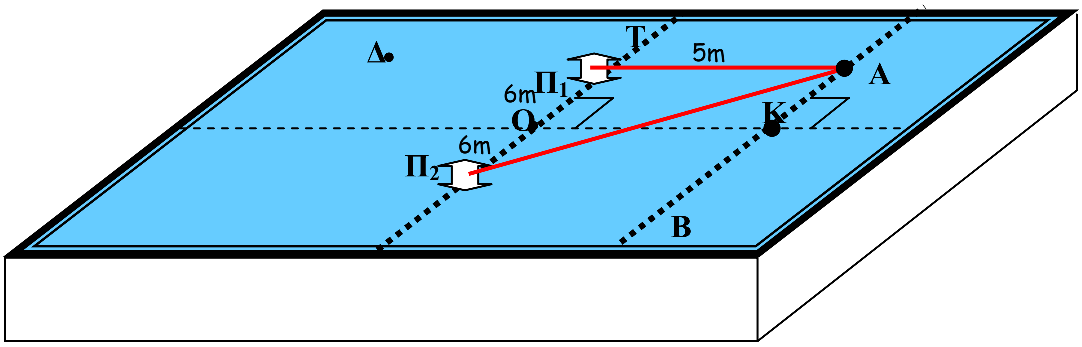
$\upsilon = \lambda \cdot f = 1 \cdot 340 \Rightarrow \boxed{\upsilon = 340\,\text{m/s}}$

β) Αφού σε δύο διαδοχικές θέσεις του δέκτη, που απέχουν μεταξύ τους 0,2 m η ένδειξη του ευαίσθητου δέκτη έχει μέγιστη τιμή αυτές οι θέσεις είναι κοιλίες και έτσι αυτή η απόσταση είναι ίση με λ/2. $\frac{\lambda}{2} = 0,8 \Rightarrow \lambda = 1,6m$

Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου παραμένει σταθερή διότι το περιβάλλον είναι το ίδιο.

$\upsilon = \lambda \cdot f \Rightarrow f_2 = \frac{\upsilon}{\lambda} = \frac{340}{1,6} \Rightarrow \boxed{f_2 = 212,5\,\text{Hz}}$

25.



$OK = 5m, \;\; \Pi_1\Pi_2 = 12\,\text{m} \Rightarrow \text{O}\Pi_1 = \text{O}\Pi_2 = 6\,\text{m}, \;\; y_0 = 80\,\text{cm} = 0,8\,\text{m}, \;\; \upsilon = 10\,\text{m/s}, \;\; f = 5\,\text{Hz}$

$KA = 6m$

α) Η συμβολή των κυμάτων είναι η συνάντηση δύο ή περισσότερων κυμάτων σε ένα σημείο ή περιοχή του χώρου.

$$\Pi_1\Pi_2 = 12m \Rightarrow O\Pi_1 = O\Pi_2 = \frac{12}{2} = 6\,\text{m}$$

$$f = 5\,\text{Hz}, \;\; y_0 = 80\,\text{cm} = 0,8\,\text{m}, \;\; \upsilon = 10\,\text{m/s}, \;\; OK = 5\,\text{m}.$$

Η συνάντηση των κυμάτων που παράγονται από τις δύο πηγές αρχίζει σε απόσταση 6m πάνω στην ευθεία που ενώνει τις δύο πηγές. Η συμβολή θα αρχίσει τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{x}{\upsilon} = \frac{6}{10} \Rightarrow \boxed{t_1 = 0,6\,\text{s}}$

β) Στην πισίνα θα παρατηρούσαμε:

i. Κάποια σημεία να ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος - διπλάσιου του πλάτους των πηγών.

ii. Κάποια σημεία να ταλαντώνονται με μηδενικό πλάτος, δηλαδή παραμένουν ακίνητα.

iii. Τα υπόλοιπα σημεία θα ταλαντώνονται με ενδιάμεσο πλάτος από 0 μέχρι διπλάσιο πλάτος από αυτό των πηγών.

γ) $\upsilon = f\cdot\lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{\upsilon}{f} = \frac{10}{5} \Rightarrow \lambda = 2\,\text{m/s},\ \frac{\lambda}{2} = 1\,\text{m/s}$

Με πυθαγόρειο θεώρημα $\Pi_1\mathrm{A} = 13m$

Για το Κ $\Delta\delta = 0$ Ταλάντωση διπλάσιου πλάτους

$\Delta\delta = 1\frac{\lambda}{2} = 1\,\text{m}$, $\Delta\delta = 1\lambda = 2\,\text{m}$, $\Delta\delta = 3\frac{\lambda}{2} = 3\,\text{m}$, $\Delta\delta = 2\lambda = 4\,\text{m}$, $\Delta\delta = 5\frac{\lambda}{2} = 5\,\text{m}$

$\Delta\delta = 3\lambda = 6\,\text{m}$, $\Delta\delta = 7\frac{\lambda}{2} = 7\,\text{m}$

Για το Α $\Delta\delta = x_2 - x_1 = \Pi_1\mathrm{A} - \Pi_2\mathrm{A} = 13 - 5 = 8\,\text{m} = 4\lambda$

i. Μέχρι το Α η μπάλα θα ταλαντώνεται με διπλάσιο πλάτος σε πέντε σημεία συμπεριλαμβανομένου του Κ. Μέχρι το Α συμπεριλαμβανομένου η μπάλα δεν θα ταλαντώνεται σε τέσσερα σημεία.

ii. $\upsilon_0 = 2\pi\cdot f\cdot 2\cdot y_0 = 2\pi\cdot 5\cdot 2\cdot 0,8 \Rightarrow \boxed{\upsilon_0 = 16\pi\,\text{m/s}}$

δ) Ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα για να φτάσει από τις δύο πηγές στο Δ είναι:

$t_{\Pi_1} = \frac{d_1}{\upsilon} = \frac{6}{10} = 0,6\,\text{s},\ \ t_{\Pi_2} = \frac{d_2}{\upsilon} = \frac{6,5}{10} = 0,65\,\text{s}$

Η περίοδος είναι $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5} \Rightarrow T = 0,2\,\text{s}$ και $\frac{T}{4} = 0,05\,\text{s}$

Οι εξισώσεις των κυμάτων που προέρχονται από τις δύο πηγές είναι:

$y_1 = 0,8.\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x_1}{2})$ και $y_2 = 0,8.\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x_2}{2})$

i. Τη χρονική στιγμή t_1=0,625s το σημείο Α ταλαντώνεται εξαιτίας του κύματος που φτάνει από την πηγή Π_1.

Η εξίσωση του κύματος από την πηγή Π_1 είναι:

$y_1 = y_0\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}) = 0,8.\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x_1}{2})$

Άρα για t_1=0,625s η απομάκρυνση του σημείου Α θα είναι:

$y_A = 0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5\cdot 0,625 - \frac{6}{2}) \Rightarrow y_A = 0,8\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\ \boxed{y_A = 0,4\sqrt{2}\ \text{m}}$

ii. Τη χρονική στιγμή t_2=0,66s το σημείο Α ταλαντώνεται εξαιτίας του κύματος που φτάνει και από τις δύο πηγές.

Άρα για t_2=0,66s η απομάκρυνση του σημείου Α θα είναι:

$y_\Delta = y_1 + y_2 \Rightarrow$

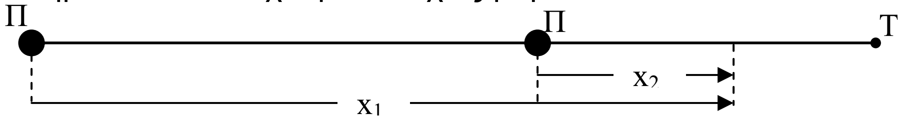
$y_\Delta = 0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x_1}{2}) + 0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x_2}{2}) \Rightarrow$

$y_\Delta = 0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5\cdot 0,66 - \frac{6}{2}) + 0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5\cdot 0,66 - \frac{6,5}{2}) \Rightarrow$

$y_\Delta = 0,8\cdot(\eta\mu 0,6\pi + \eta\mu 0,1\pi) = 0,8\mp\cdot(0,95 + 0,3) = 1\,\text{m} \Rightarrow \boxed{y_\Delta = 1\text{m}}$

ε) Για οποιοδήποτε σημείο δεξιά της πηγής Π_2 στη ευθεία $\Pi_1\Pi_2$ έχουμε ότι:

$\Delta\delta = x_2 - x_1 = \Pi_1\Pi_2 = 12 = 6\cdot\lambda$ Άρα ισχύει η συνθήκη δημιουργικής συμβολής για όλα τα σημεία και έτσι έχουμε συνεχώς μέγιστο.



26. $\ell = 2\,\text{m},\quad f = 40\,\text{Hz},\quad y_{0_{\sigma\tau}} = 10\,\text{mm} = 10^{-2}\,\text{m}$

α) Στάσιμο κύμα είναι το αποτέλεσμα της συμβολής δύο όμοιων κυμάτων (ίδιας συχνότητας, ιδίου μήκους κύματος και ιδίου πλάτους) της ίδιας διεύθυνσης αλλά αντίθετης φοράς.
Δεσμοί είναι τα σημεία που ταλαντώνονται με μηδενικό πλάτος δηλαδή είναι τα σημεία που παραμένουν ακίνητα.
Κοιλίες είναι τα σημεία που ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος.

β) Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών είναι $\frac{\lambda}{2}$. έτσι από το σχήμα έχουμε ότι: $\frac{\lambda}{2} = 2 \Rightarrow \lambda = 4\,\text{m}$

Η εξίσωση του στάσιμου κύματος είναι

$$y = 2y_0\eta\mu 2\pi\frac{x}{\lambda}\sigma\upsilon\nu 2\pi\frac{t}{T} \Rightarrow y = 2\cdot10^{-2}\eta\mu\cancel{2}\pi\frac{x}{\cancel{4}^{2}}\sigma\upsilon\nu 2\pi\cdot 40t \Rightarrow \boxed{y = 10^{-2}\eta\mu\pi\frac{x}{2}\sigma\upsilon\nu 80\pi t}$$

γ) $\upsilon = \lambda\cdot f = 4\cdot 40 \Rightarrow \boxed{\upsilon = 160\,\text{m/s}}$

δ) Οι συχνότητες με τις οποίες μπορεί να πάλλεται η χορδή δίνεται από τον τύπο:

$$f = k\frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{\mu}} = k\frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F.\ell}{m_x}}$$

Άρα αφού k=1 και m_x=5g=5.10^{-3}kg

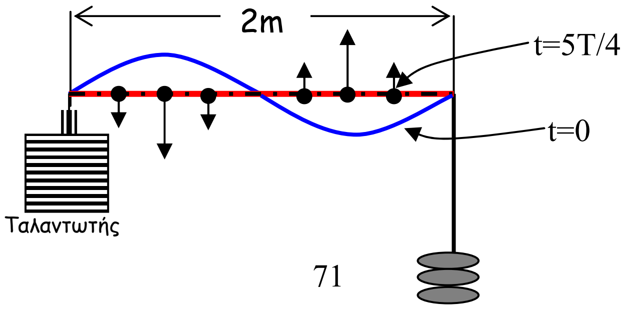
$$f^2 = 1^2\frac{1}{4\ell^{\cancel{2}}}\frac{F\cdot\cancel{\ell}}{m_x} \Rightarrow F = 4\cdot\ell\cdot f^2\cdot m_x \Rightarrow F = 4\cdot 2\cdot 40^2\cdot 5\cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{F = 64\,\text{N}}$$

ε) Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος του κύματος αφού η τείνουσα δύναμη παρέμεινε σταθερή έχει παραμείνει σταθερή.

Από το σχήμα ΙΙ έχουμε ότι $\cancel{2}\frac{\lambda}{\cancel{2}} = 2 \Rightarrow \lambda = 2\,\text{m}$

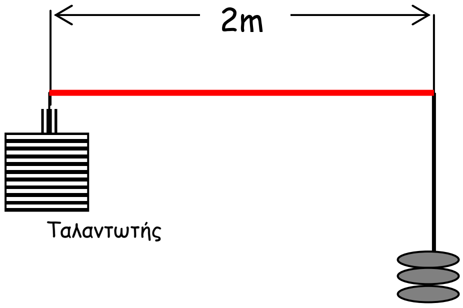
$$\upsilon = \lambda'\cdot f' \Rightarrow f' = \frac{\upsilon}{\lambda'} = \frac{160}{2} \Rightarrow \boxed{f' = 80\,\text{Hz}}$$

στ) Μετά από χρόνο μίας περιόδου το στιγμιότυπο θα είναι το ίδιο και έτσι σε 5T/4 όλα τα σημεία θα βρίσκονται στις θέσεις Ισορροπίας τους, με φορά προς τα κάτω.



ζ) Εάν m=6.10^{-3}kg $\quad f = k\dfrac{1}{2\ell}\sqrt{\dfrac{F\cdot\ell}{m_x}} \Rightarrow k = 2.f\sqrt{\dfrac{m_x\cdot\ell}{F}} = 2\cdot 2\cdot 40\cdot\sqrt{\dfrac{6\cdot 10^{-3}\cdot 2}{64}} = 2{,}19$.

Επειδή το k δεν είναι ακέραιος η χορδή θα είναι ευθεία. Τα υλικά σημεία της χορδής θα ταλαντώνονται με πολύ μικρό πλάτος και η χορδή θα «τρέμει».



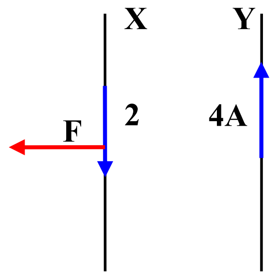
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

(19 ΠΕΡΙΟΔΟΙ)

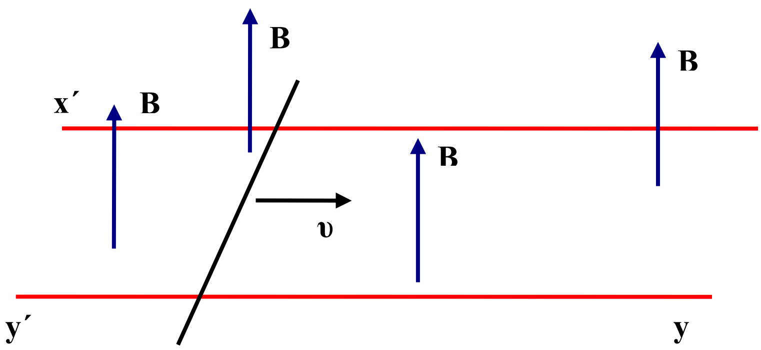
Κατηγορία Α΄

1. Δύο ευθύγραμμοι, παράλληλοι και μεγάλου μήκους αγωγοί διαρρέονται από ρεύμα όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν η δύναμη F ανά μέτρο που δέχεται ο αγωγός Χ από τον Υ είναι ίση με $4x10^{-5}$ N, να εξηγήσετε πόσο είναι το μέτρο και ποια η διεύθυνση και η φορά της δύναμης ανά μέτρο που δέχεται ο αγωγός Υ από τον αγωγό Χ.

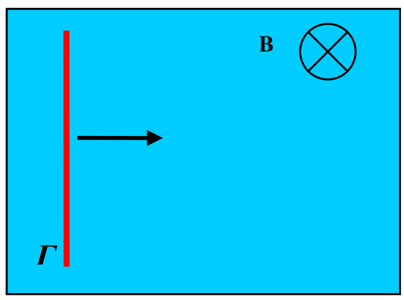


2. Ηλεκτρόνιο κινείται στο εσωτερικό και κατά μήκος του άξονα ενός σωληνοειδούς που διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης. Να εξηγήσετε αν το ηλεκτρόνιο κινείται με σταθερή ταχύτητα ή όχι.

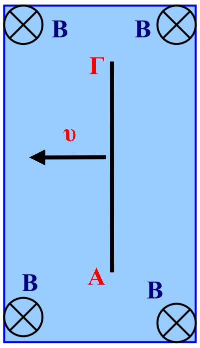
3. Ο αγωγός ΑΓ κινείται χωρίς τριβές κατά μήκος των τροχιών x΄x και y΄y, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν στον αγωγό δοθεί αρχική ταχύτητα υ, να εξηγήσετε αν χρειάζεται να ασκείται σ' αυτόν εξωτερική δύναμη ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

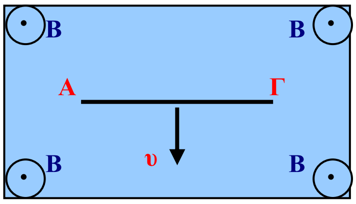


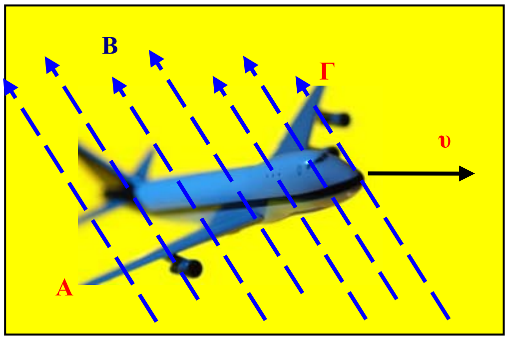
4. Μια γυάλινη ράβδος ΑΓ κινείται με σταθερή ταχύτητα υ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να εξηγήσετε αν δημιουργείται Η.Ε.Δ λόγω επαγωγής στα άκρα της ράβδου.



5. Να βρείτε την πολικότητα της Η.Ε.Δ που δημιουργείται λόγω επαγωγής ανάμεσα στα άκρα Α και Γ των σωμάτων που δίνονται στα πιο κάτω σχήματα. (Οι ράβδοι και το αεροπλάνο είναι μεταλλικά.)



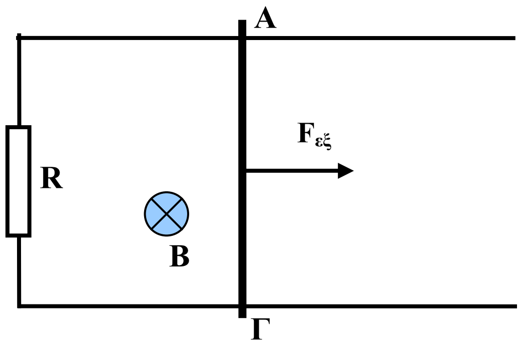




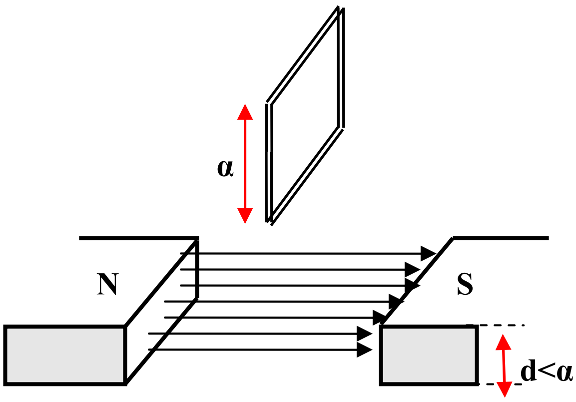
6. Η μεταλλική ράβδος ΑΓ, η οποία αρχικά είναι ακίνητη, αρχίζει να κινείται κατά μήκος μεταλλικών τροχιών με την επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης, $F_{εξ}$. Το σύστημα ράβδου και τροχιών είναι οριζόντιο και βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τριβές δεν υπάρχουν.

α) Να περιγράψετε, ποιοτικά, την κίνηση της ράβδου.

β) Να εξηγήσετε ποιες ενεργειακές μετατροπές συμβαίνουν, κατά τη διάρκεια της κίνησης της ράβδου.

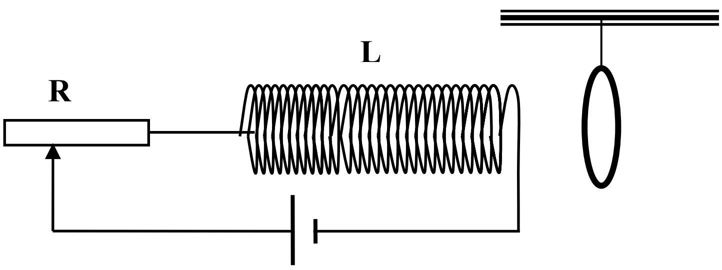


7. Χάλκινο ορθογώνιο πλαίσιο αφήνεται ελεύθερο να πέσει, με το επίπεδό του κατακόρυφο, ανάμεσα στους πόλους ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να διερευνήσετε ποιοτικά την κίνηση του πλαισίου, μέχρι να εξέλθει ολόκληρο από το μαγνητικό πεδίο. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

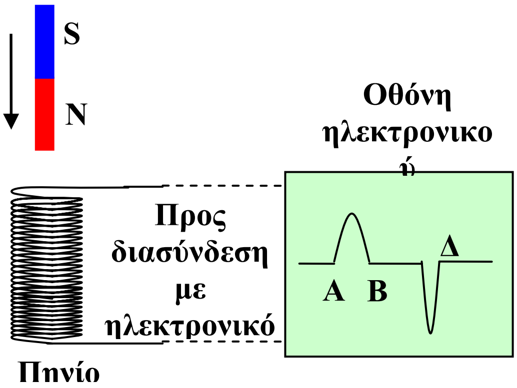


8. Αν η αντίσταση R στο διπλανό κύκλωμα αυξηθεί, να εξηγήσετε αν θα εμφανιστεί ηλεκτρικό ρεύμα στο μεταλλικό κυκλικό πλαίσιο.

Αν ναι, να σημειώσετε τη φορά του ρεύματος στο πλαίσιο.

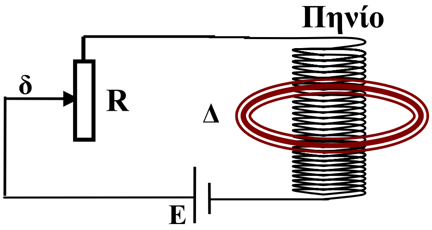


9. Ραβδόμορφος μαγνήτης αφήνεται ελεύθερος να πέσει μέσα από πηνίο μεγάλου μήκους, το οποίο είναι συνδεδεμένο με διασύνδεση. Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η εικόνα που φαίνεται στο σχήμα.

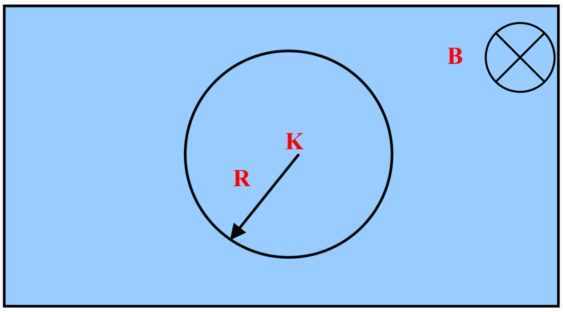


α) Να εξηγήσετε γιατί,
(i) δημιουργείται Η.Ε.Δ στο πηνίο κατά την είσοδο του μαγνήτη σ'αυτό (τμήμα ΑΒ),
(ii) η περιοχή ΒΓ είναι ευθεία γραμμή,
(iii) η περιοχή ΓΔ αντιστοιχεί σε αρνητικές τιμές, έχει μεγαλύτερο μέγιστο και αντιστοιχεί σε μικρότερο χρονικό διάστημα από την περιοχή ΑΒ.
β) Ποιο φυσικό μέγεθος υπολογίζεται με το εμβαδόν της περιοχής μεταξύ καμπύλης και οριζόντιου άξονα;
γ) Αν αφήσουμε το μαγνήτη από την ίδια θέση, αλλά με αντίθετη πολικότητα, πώς θα μεταβληθεί η γραφική παράσταση;

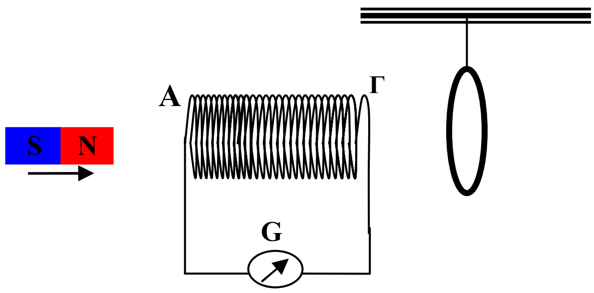
10. Χάλκινος δακτύλιος Δ, περιέχει νερό και περιβάλλει πηνίο όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν μετακινούμε συνεχώς το δρομέα δ της ρυθμιστικής αντίστασης R, παρατηρούμε ότι αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, ενώ όταν ο δρομέας δ δεν μετακινείται η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή.
Να εξηγήσετε το φαινόμενο.



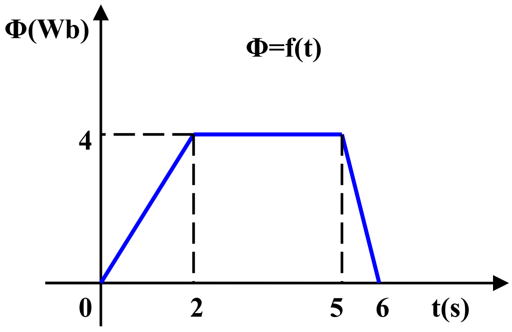
11. Να σχεδιάσετε τη φορά του ρεύματος στο μεταλλικό δακτύλιο, καθώς:
α) διπλασιάζουμε το μέτρο του $\vec{B}$,
β) μειώνουμε το μέτρο του $\vec{B}$,
γ) αντιστρέφουμε τη φορά του $\vec{B}$,
δ) κινούμε το δακτύλιο μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο έτσι ώστε, το επίπεδό του να είναι συνεχώς κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.



12. Ραβδόμορφος μαγνήτης κινείται προς το πηνίο ΑΓ όπως φαίνεται στο σχήμα. Να εξηγήσετε:
α) τι πόλος θα εμφανιστεί στο κάθε άκρο του πηνίου,
β) προς τα πού θα κινηθεί ο δακτύλιος.

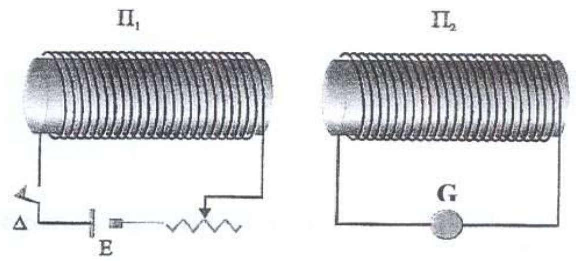


13. Ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο περνά μέσα από ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο και την ταχύτητα του πλαισίου. Το σχήμα δείχνει πώς μεταβάλλεται η μαγνητική ροή Φ μέσα από το πλαίσιο σε σχέση με το χρόνο t. Να εξηγήσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι ορθές και ποιες λανθασμένες.



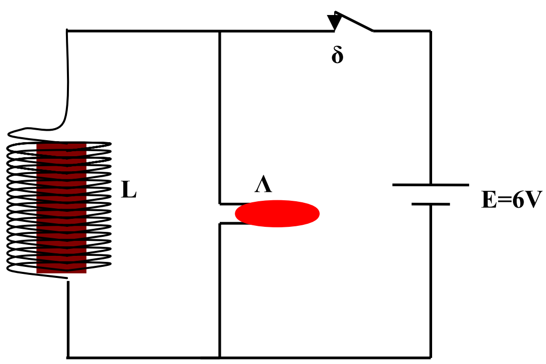
α) Το πλαίσιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα μικρότερη από εκείνη με την οποία εξέρχεται από αυτό.
β) Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο είναι μέγιστη στο χρονικό διάστημα $2s \le t \le 5s$.
γ) Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος είναι μεγαλύτερη κατά την έξοδο, από ότι κατά την είσοδο του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο.
δ) Στο χρονικό διάστημα $0 \le t \le 2s$, η ένταση του επαγωγικού ρεύματος είναι ανάλογη προς το χρόνο.

14. Τα πηνία $Π_1$ και $Π_2$ του σχήματος βρίσκονται σε επαγωγική σύζευξη μεταξύ τους. Αν ο διακόπτης Δ του πρώτου κυκλώματος κλείσει, τότε η βελόνα του γαλβανομέτρου G στο δεύτερο κύκλωμα αποκλίνει δεξιά.



Να εξηγήσετε αν η βελόνα θα αποκλίνει και προς ποια κατεύθυνση στις εξής περιπτώσεις:
α) Ο δρομέας της ρυθμιστικής αντίστασης μετακινείται προς τα δεξιά.
β) Τα πηνία πλησιάζουν μεταξύ τους.

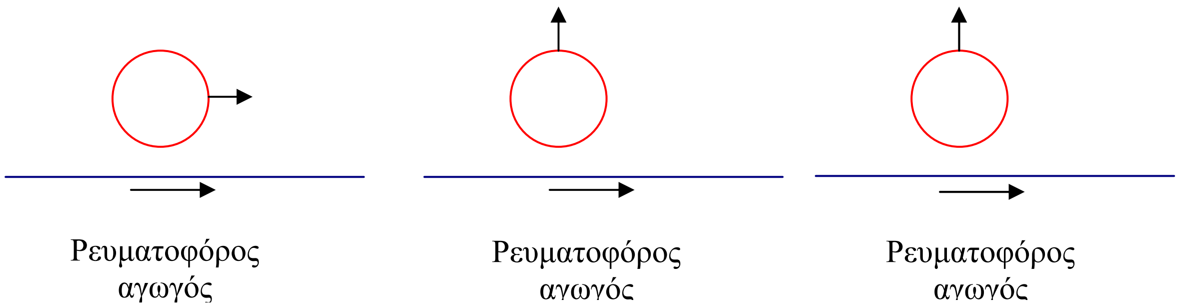
15. Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή, διακόπτη, πηνίο και λαμπτήρα νέον (Λ) τάσης λειτουργίας 110 V. Όταν ο διακόπτης δ είναι κλειστός, ο λαμπτήρας νέον δεν ανάβει.



α) Να εξηγήσετε γιατί, ανοίγοντας το διακόπτη δ, ο λαμπτήρας φωτοβολεί έντονα για μικρό χρονικό διάστημα.
β) Να σχεδιάσετε τη φορά του ρεύματος που διαρρέει το λαμπτήρα.

16. Α. Να εξηγήσετε αν περνά ρεύμα και με ποια κατεύθυνση από ένα κυκλικό πλαίσιο που κινείται,
α) παράλληλα με ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, (Σχ.1)
β) απομακρυνόμενο κάθετα από τον αγωγό. (Σχ.2)

Β. Να εξηγήσετε αν ασκείται επαγωγική δύναμη στο πλαίσιο, και προς τα πού, αν το κυκλικό πλαίσιο απομακρύνεται κάθετα από τον αγωγό. (Σχ.3)



Σχ.1 Σχ.2 Σχ.3

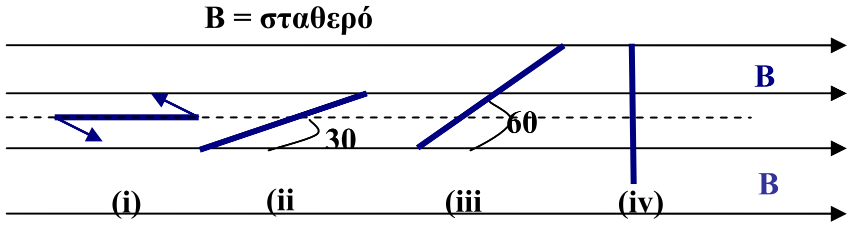
17. Να εξηγήσετε αν οι ακόλουθες προτάσεις είναι ορθές:

α) Οι μετασχηματιστές δεν λειτουργούν με συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης.

β) Είναι δυνατόν να υπάρχει διαφορά δυναμικού στα άκρα αγωγού, όταν αυτός δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

<u>Κατηγορία Β΄</u>

18. Πηνίο με 25 σπείρες, εμβαδού 50 cm^2 η καθεμιά, περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του με συχνότητα 50 Hz, μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής



B = 0,4 T, το οποίο είναι κάθετο προς τον άξονα του πηνίου.
Να υπολογίσετε την Η.Ε.Δ στα άκρα του πηνίου, για καθεμιά από τις θέσεις (i) , (ii) , (iii) και (iv).

(Απαντήσεις: 15,7 V, 13,6 V, 7,9 V, 0 V)

19. Μικρό πηνίο με 50 σπείρες, εμβαδού $2x10^{-4}$ m^2 η καθεμιά, είναι συνδεδεμένο με γαλβανόμετρο και η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι 100 Ω. Το πηνίο είναι τοποθετημένο έτσι ώστε, το επίπεδό του να είναι κάθετο στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου μαγνητικής επαγωγής 0,25 T.

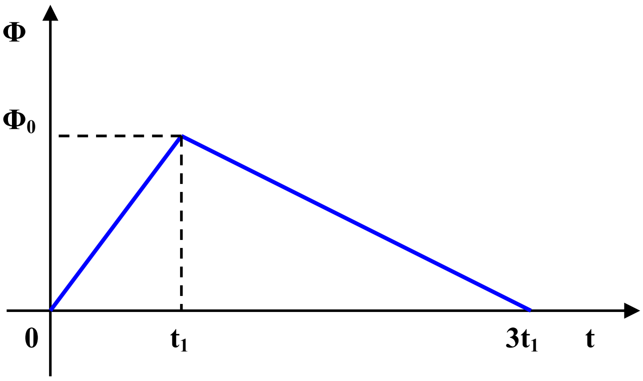
α) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της μαγνητικής ροής στο κύκλωμα, όταν το πηνίο απομακρυνθεί (βγει έξω) από το πεδίο.

β) Να υπολογίσετε την ποσότητα του φορτίου, που περνά από το γαλβανόμετρο, στην πιο πάνω περίπτωση.

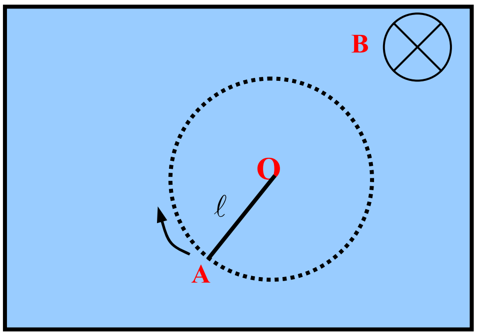
(Απαντήσεις: (α) $-2,5x10^{-3}$ Wb, (β) 25 μC)

20. Μέσα από κλειστό συρμάτινο πλαίσιο αντίστασης R, η μαγνητική ροή Φ μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο t όπως φαίνεται στο σχήμα. Να βρείτε τη σχέση που δίνει το ολικό ποσόν της θερμότητας που εκλύεται στο περιβάλλον, ως συνάρτηση των $Φ_o$, R και t_1.

(Απάντηση: $\frac{3Φ_o^2}{2Rt_1}$ *)*



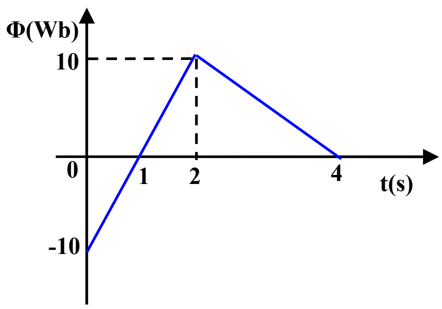
21. Μεταλλική ράβδος ΟΑ, μήκους $\ell = 1{,}5$ m, είναι στερεωμένη στο σημείο Ο και περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο γύρω από κατακόρυφο άξονα ο οποίος περνά από το Ο.
Η ράβδος περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα 24 rad/s, μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β = 65 mT, κάθετο στο επίπεδο περιστροφής.



<u>Ζητούνται:</u>
α) Ο ρυθμός με τον οποίο η ράβδος σαρώνει εμβαδόν, καθώς περιστρέφεται.
β) Η Η.Ε.Δ. επαγωγής στα άκρα της ράβδου.

(Απαντήσεις: (α) 27 m^2/s, (β) 1,76 V)

22. Πλαίσιο έχει αντίσταση 10 Ω και βρίσκεται μέσα σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Η μαγνητική ροή Φ που περνά από το πλαίσιο μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο t όπως δείχνει το σχήμα.

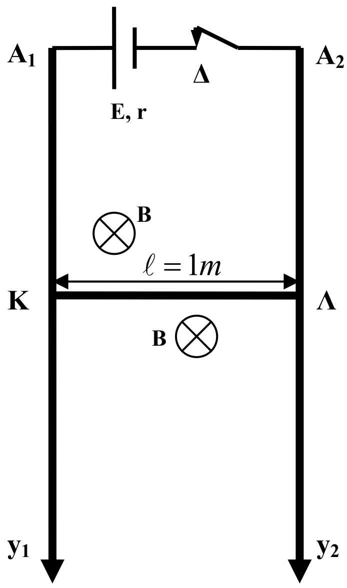


<u>Ζητούνται:</u>
α) Τα διαγράμματα $E_{επ} = f(t)$ και $I_{επ} = f(t)$, σε βαθμολογημένους άξονες.
β) Το ηλεκτρικό φορτίο που περνά από μια διατομή του πλαισίου σε καθένα από τα χρονικά διαστήματα,
i) $0 \le t \le 2s$ και ii) $2s \le t \le 4s$

(Απαντήσεις: (i) 2C , (ii) 1C)

<u>Κατηγορία Γ΄</u>

23. Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί A_1y_1 και A_2y_2 απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση 1m και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A_1 και A_2 συνδέονται, μέσω διακόπτη Δ, με πηγή συνεχούς ρεύματος Η.Ε.Δ Ε = 20 V και εσωτερικής αντίστασης r = 2 Ω. Αγωγός ΚΛ, μήκους ℓ=1 m, μάζας 0,3 kg και ωμικής αντίστασης 8 Ω, έχει τα άκρα του Κ, Λ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς A_1y_1 και A_2y_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται



σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β = 1 Τ, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών A_1y_1 και A_2y_2. Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος και είναι δυνατό να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές.
Κλείνουμε το διακόπτη Δ και, τη χρονική στιγμή
t = 0, αφήνουμε τον αγωγό ΚΛ ελεύθερο.

Ζητούνται:

α) Η ένταση του ρεύματος και οι δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό ΚΛ μόλις αυτός αφεθεί ελεύθερος. ($g = 10\,m/s^2$)

β) Η κατεύθυνση κίνησης του αγωγού ΚΛ και η αρχική του επιτάχυνση.

γ) Να εξηγήσετε γιατί ο αγωγός ΚΛ θα αποκτήσει τελικά μια σταθερή ταχύτητα $U_{ορ}$ και να υπολογίσετε την τιμή της, καθώς και την ένταση του ρεύματος όταν $U=U_{ορ}$.

δ) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της έντασης Ι του ρεύματος σε συνάρτηση με την ταχύτητα U του αγωγού, I = f(U), από την έναρξη της κίνησής του.

ε) Όταν $U = U_{ορ}$, να υπολογίσετε:

i) την ισχύ που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα,

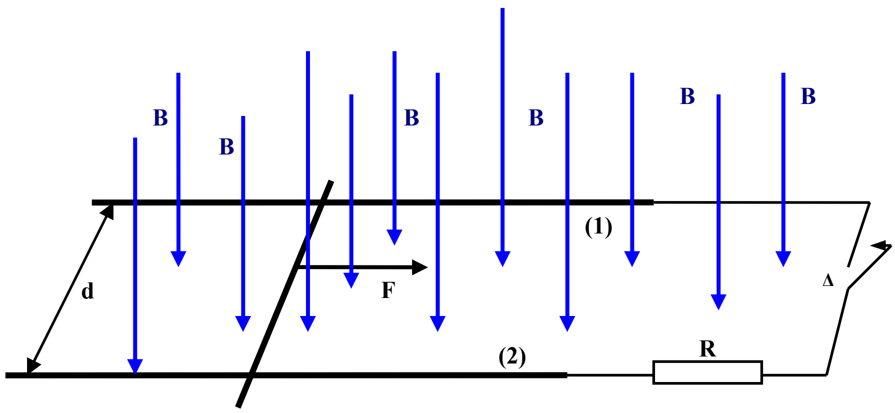
ii) το ρυθμό με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική,

iii) το ρυθμό μεταβολής της δυναμικής ενέργειας του αγωγού.

Να διατυπώσετε τα συμπεράσματά σας.

(Απαντήσεις: (α) $I_Π$ = 2 A, F_L = 2 N, B = 3 N, (β) προς τα κάτω, α = 3,3m/s², (γ) $U_{ορ}$ =10 m/s, I = 3A, (ε) (i) $P_π$ = 60 W, (ii) $P_θ$ = 90 W, (iii) $P_Δ$ = 30 W)

24. Μεταλλική ράβδος μάζας 0,25 kg, ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε δύο παράλληλους μεταλλικούς οδηγούς, που απέχουν μεταξύ τους απόσταση d = 0,2 m και βρίσκονται σε οριζόντιο επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα άκρα των οδηγών στη δεξιά πλευρά (1 και 2) συνδέονται μέσω αντιστάτη αντίστασης R = 0,5 Ω, με καλώδια στα άκρα του διακόπτη Δ. Οι οδηγοί και η μεταλλική ράβδος δεν παρουσιάζουν αντίσταση. Κάθετα στο επίπεδο που κινείται η μεταλλική ράβδος υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο, μαγνητικής επαγωγής Β = 2,5 Τ. Τη χρονική στιγμή t = 0, εφαρμόζεται στο μέσο της ακίνητης μεταλλικής ράβδου και κάθετα προς αυτή οριζόντια εξωτερική δύναμη F = 0,5 N, όπως φαίνεται στο σχήμα.



α) Με ανοικτό το διακόπτη Δ, η ράβδος υπό την επίδραση της δύναμης F ολισθαίνει πάνω στους μεταλλικούς αγωγούς με σταθερή επιτάχυνση α.

i) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση της ράβδου.

ii) Να εξηγήσετε γιατί στα άκρα του ανοικτού διακόπτη Δ εμφανίζεται διαφορά δυναμικού.

iii) Να σχεδιάσετε, σε βαθμολογημένους άξονες, τη γραφική παράσταση της διαφοράς
δυναμικού V στα άκρα του διακόπτη Δ σε συνάρτηση με το χρόνο t, V = f(t), για το χρονικό διάστημα $0 \le t \le 0,5s$.

β) Τη χρονική στιγμή t = 0,5 s, ο διακόπτης Δ κλείνει.

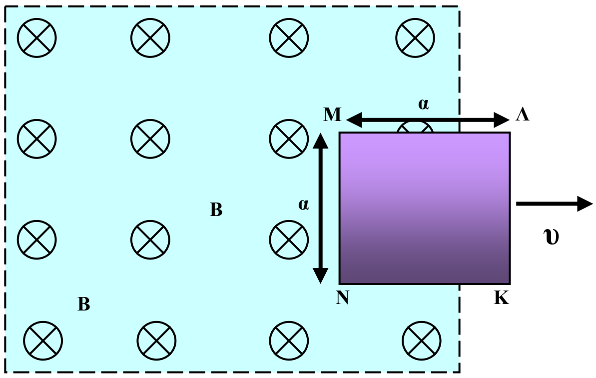
i) Να μελετήσετε την κίνηση της ράβδου στη συνέχεια.

ii) Να υπολογίσετε την ισχύ που προσφέρεται στο κύκλωμα και την ισχύ που καταναλώνεται στην αντίσταση R.

Να συγκρίνετε και να σχολιάσετε τις τιμές αυτές.

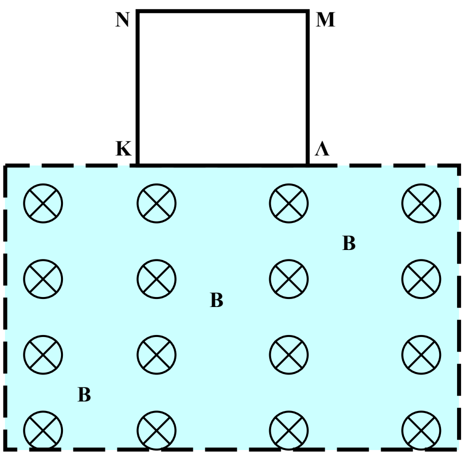
(Απαντήσεις: ($α_i$) $α = 2m/s^2$, ($β_{ii}$) $P_{προσφ}$ = 0,5 W, P_R = 0,5 W)

25. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΚΛΜΝ, πλευράς α = 0,4 m, βρίσκεται εν μέρει μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β = 2 Τ. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου και κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση 1 Ω.
Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο πρέπει να προσφέρεται ενέργεια στο πλαίσιο ώστε, να βγαίνει από το πεδίο με σταθερή ταχύτητα U = $0,4 m/s$.



(Απάντηση: $2,56x10^{-2}$ W)

26. Ένα τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΚΛΜΝ, μάζας m, πλευράς α και ολικής αντίστασης R, κρατείται ακίνητο με το επίπεδό του κατακόρυφο όπως φαίνεται στο σχήμα.
Τη χρονική στιγμή t = 0, το πλαίσιο αφήνεται ελεύθερο οπότε αρχίζει να εισέρχεται σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β έτσι ώστε, να κόβει κάθετα τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το πλαίσιο αποκτά οριακή ταχύτητα όταν κατέβει απόσταση $\frac{\alpha}{2}$. Αν η ένταση του πεδίου βαρύτητας είναι g, να εξηγήσετε ποιες από τις πιο κάτω προτάσεις είναι ορθές και ποιες λανθασμένες.



α) Τη χρονική στιγμή t = 0, η επιτάχυνση του πλαισίου είναι, $a = g$

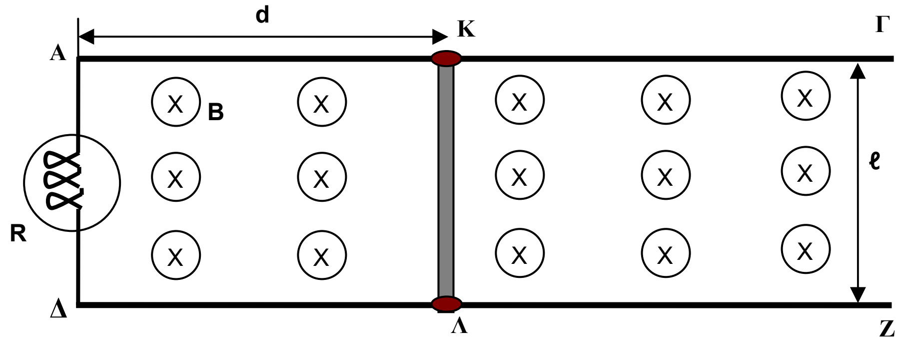
β) Το μέτρο της οριακής ταχύτητας του πλαισίου δίνεται από τη σχέση, $U_{ορ} = \frac{mgR}{B^2 a^2}$

γ) Το πλαίσιο θα κινείται με την οριακή του ταχύτητα για χρόνο $t = \frac{B^2 a^2}{2mgR}$.

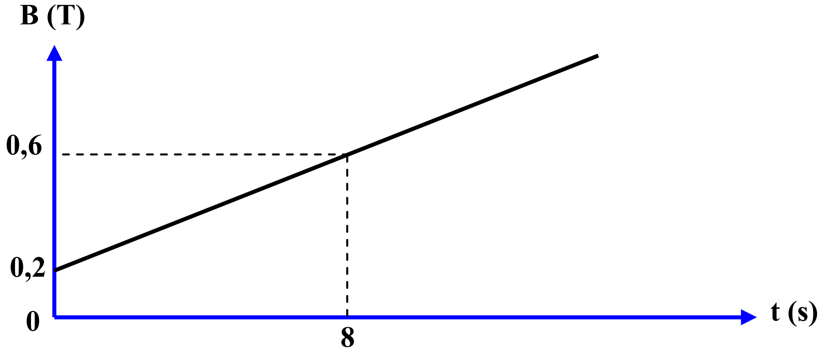
δ) Η θερμότητα που αναπτύσσεται στο πλαίσιο μέχρι να αποκτήσει οριακή ταχύτητα, δίνεται από τη σχέση, $Q = \frac{mga}{2} - \frac{1}{2} m U_{o\rho}^2$

ε) Από τη στιγμή που το πλαίσιο θα εισέλθει ολόκληρο μέσα στο πεδίο, η ταχύτητά του θα μειώνεται με σταθερό ρυθμό.

27. Μια αγώγιμη ράβδος ΚΛ τοποθετείται σε δύο αγωγούς, ΑΓ και ΔΖ, μεγάλου μήκους. Τα άκρα Α και Δ συνδέονται με λαμπτήρα ωμικής αντίστασης R = 5 Ω μέσω αγώγιμου καλωδίου, όπως δείχνει το σχήμα. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση ℓ = 2 m μεταξύ τους. Η ράβδος και οι αγωγοί είναι αμελητέας ωμικής αντίστασης. Το σύστημα των αγωγών και της ράβδου είναι σε οριζόντιο επίπεδο και βρίσκεται ολόκληρο σε κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β.



Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β μεταβάλλεται με το χρόνο t σύμφωνα με την πιο κάτω γραφική παράσταση.



(α) Κρατούμε τη ράβδο ακίνητη, κατά το χρονικό διάστημα 0 ≤ t ≤ 8 s, και σε απόσταση d = 10 m από τα άκρα των αγωγών Α και Δ.

(i) Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή που περνά από το βρόχο ΚΛΔΑ τη χρονική στιγμή t = 0.

(ii) Να υπολογίσετε την επαγώμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη στο βρόχο ΚΛΔΑ και την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το βρόχο, κατά το χρονικό διάστημα 0 ≤ t ≤ 8 s.

(iii) Να σημειώσετε σε σχήμα τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τη ράβδο ΚΛ, στο χρονικό διάστημα 0 ≤ t ≤ 8 s. Εξηγήστε.

(β) Αφήνουμε τη ράβδο να κινηθεί ελεύθερα, τη χρονική στιγμή t = 8 s.

(i) Να εξηγήσετε σε ποια κατεύθυνση θα κινηθεί η ράβδος όταν αφεθεί ελεύθερη.

(ii) Να δικαιολογήσετε γιατί η φωτοβολία του λαμπτήρα αρχίζει να ελαττώνεται.

(Απαντήσεις: ($α_i$) $Φ = 4\ Wb$, ($α_{ii}$) $|E_{επ}| = 1\ V$, $|I_{επ}| = 0,2\ A$, ($α_{iii}$) $\uparrow I_{επ}$, ($β_i$) προς τα αριστερά)

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5

7. (α) Πριν η κάτω πλευρά του πλαισίου εισέλθει στο πεδίο, το πλαίσιο εκτελεί ελεύθερη πτώση, με $\alpha = g$.

(β) Όταν η κάτω πλευρά βρίσκεται μέσα στο πεδίο, δέχεται δύναμη Laplace με φορά αντίθετη της φοράς της κίνησης, με αποτέλεσμα η επιτάχυνσή της να είναι μικρότερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας, δηλαδή, $\alpha < g$, με την προϋπόθεση ότι $F_L < B_{\text{ράβδου}}$.

[(i) Αν $F_L = B_{\text{ράβδου}} \Rightarrow \alpha = 0 \Rightarrow$ Η ράβδος εκτελεί Ε.Ο.Κ.

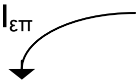
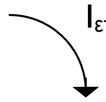
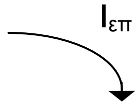
(ii) Αν $F_L > B_{\text{ράβδου}} \Rightarrow$ Η ράβδος επιβραδύνεται].

(γ) Όταν η κάτω πλευρά του πλαισίου εξέλθει από το πεδίο,αλλά η πάνω πλευρά ακόμα να εισέλθει σ'αυτό, το πλαίσιο κινείται με επιτάχυνση $\alpha = g$.

(δ) Όταν η πάνω πλευρά του πλαισίου βρίσκεται μέσα στο πεδίο, η κίνηση είναι όπως στο (β).

(ε) Όταν ολόκληρο το πλαίσιο εξέλθει από το πεδίο, θα εκτελεί ελεύθερη πτώση, με $\alpha = g$.

8. Όταν η R αυξάνεται, η ένταση I του ρεύματος στο κύκλωμα του πηνίου μειώνεται. $\Rightarrow$ Μειώνεται η μαγνητική επαγωγή B του πεδίου του πηνίου $\Rightarrow$ Μειώνεται η μαγνητική ροή Φ στο πηνίο $\Rightarrow$ Μειώνεται η Φ στο κυκλικό πλαίσιο Π $\Rightarrow$ Λόγω αμοιβαίας επαγωγής, εμφανίζεται Η.Ε.Δ. στο πλαίσιο $\Rightarrow$ **Το πλαίσιο διαρρέεται από $I_{\varepsilon\pi}$** του οποίου η φορά σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, αντιτίθεται στη μείωση της Φ η οποία το προκάλεσε $\Rightarrow$ Φορά $I_{\varepsilon\pi}$ ίδια με τη φορά του I στο κύκλωμα του πηνίου.

11. (α) $I_{\varepsilon\pi}$  (β)  $I_{\varepsilon\pi}$ (γ)  $I_{\varepsilon\pi}$ (δ) $I_{\varepsilon\pi} = 0$

16. Α. (α) **Δεν διαρρέεται από ρεύμα**, διότι Φ = σταθερή $\Rightarrow \Delta\Phi = 0 \Rightarrow$

$E_{\varepsilon\pi} = 0 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = 0$.

(β) **Διαρρέεται από ρεύμα**, διότι καθώς το πλαίσιο απομακρύνεται από τον αγωγό η μαγνητική επαγωγή, B , στο μαγνητικό πεδίο του ευθύγραμμου αγωγού μειώνεται $\Rightarrow$ Μαγνητική ροή Φ μέσα από το πλαίσιο μεταβάλλεται $\Rightarrow$ Δημιουργείται $E_{\varepsilon\pi}$ στο πλαίσιο $\Rightarrow$ Το πλαίσιο διαρρέεται από $I_{\varepsilon\pi}$.

Φορά ρεύματος στο κυκλικό πλαίσιο: Αντίθετη με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού, έτσι ώστε να αναπτύσσεται ελκτική δύναμη μεταξύ ευθύγραμμου αγωγού και κυκλικού πλαισίου η οποία να αντιστέκεται στη μείωση της μαγνητικής ροής μέσα από το πλαίσιο κατά την απομάκρυνσή του από τον αγωγό (κανόνας του Lenz).

Β. Το πλαίσιο είναι ρευματοφόρος αγωγός και, κατά τη διάρκεια της κίνησής του στο μαγνητικό πεδίο του ευθύγραμμου αγωγού, η μαγνητική ροή Φ μέσα από αυτό μειώνεται $\Rightarrow$ **Δέχεται μαγνητική επαγωγική δύναμη** (δύναμη Laplace) από το πεδίο του ευθύγραμμου αγωγού, της οποίας η φορά είναι **αντίθετη** από τη φορά κίνησης του πλαισίου (σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz).

26. (α) Ορθή , (β) Ορθή , (γ) Λάθος , (δ) Ορθή , (ε) Λάθος.

27.

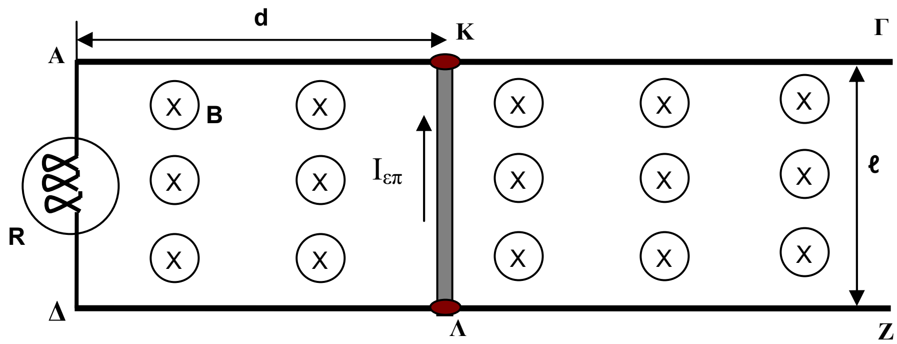
(α) (i)

$\Phi = B \cdot S \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = B \cdot d \cdot \ell = 0,2 \cdot 10 \cdot 2 = 4Wb$

(ii) $E_{\varepsilon\pi} = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -\dfrac{d(B \cdot S)}{dt} = -d \cdot \ell \cdot \dfrac{dB}{dt} = -10 \cdot 2 \cdot \dfrac{0,6-0,2}{8} = -1V$. Το αρνητικό πρόσημο οφείλεται στον κανόνα του Lenz.

$I_{\varepsilon\pi} = \dfrac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \dfrac{1}{5} = 0,2\,A$.

(iii)



Η φορά του επαγωγικού ρεύματος είναι αυτή που θα αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί. Στην περίπτωση που μελετούμε η αιτία είναι η αύξηση της μαγνητικής επαγωγής. Το ρεύμα έχει τη φορά που σημειώνεται στο σχήμα ώστε να δημιουργεί επαγωγικό μαγνητικό πεδίο με τη φορά των μαγνητικών γραμμών να είναι αντίθετη με τη φορά του πεδίου Β, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz.

(β) (i) Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό ΚΛ θα έχει φορά προς τα αριστερά, κανόνας δεξιού χεριού, άρα η ράβδος όταν αφεθεί θα κινηθεί προς τα αριστερά.

(ii) Λόγω της κίνησης της ράβδου στο μαγνητικό πεδίο αναπτύσσεται στα άκρα της επαγωγική τάση με αντίθετη πολικότητα από την προηγούμενη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα και, κατά συνέπεια, τη μείωση της φωτοβολίας του λαμπτήρα.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

1. Αρχή διατήρησης της ορμής με τη χρήση φωτοπυλών και διασύνδεσης.
2. Αρχή διατήρησης της στροφορμής.
3. Πειραματική διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος απλού εκκρεμούς.
4. Πειραματική διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος μάζας σε κατακόρυφο ελατήριο.
5. Πειραματικός προσδιορισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας με την ταλάντωση μάζας στο άκρο κατακόρυφου ελατηρίου.
6. Πειραματικός προσδιορισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας με την ταλάντωση απλού εκκρεμούς.
7. Απλή αρμονική ταλάντωση μάζας σε κατακόρυφο ελατήριο με χρήση διασύνδεσης και από τη γραφική παράσταση x=f(t) ο υπολογισμός της περιόδου, συχνότητας και πλάτους.
8. Πειραματική διερεύνηση εξαναγκασμένης ταλάντωσης. Η καμπύλη συντονισμού.
9. Επίδειξη διάδοσης εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων με χρήση ελατηρίου ή νήματος.
10. Επίδειξη των φαινομένων συμβολής και περίθλασης σε επιφανειακά κύματα νερού.
11. Παρατήρηση φαινομένων συμβολής: κατά μήκος μιας χορδής, φωτεινών κυμάτων (πείραμα του Young), μικροκυμάτων, ηχητικών κυμάτων από δύο μεγάφωνα και σε ηχητικό σωλήνα κλειστό στο ένα άκρο.
12. Πειραματικός υπολογισμός του μήκους κύματος μικροκυμάτων από τη δημιουργία στάσιμου κύματος από ανάκλαση.
13. Πειραματική διερεύνηση των παραγόντων για το σχηματισμό στάσιμου κύματος κατά μήκος μιας χορδής στερεωμένης στα δύο άκρα. (παράγοντες: συχνότητα δονητή, τείνουσα δύναμη και μήκος χορδής).
14. Πειραματικός προσδιορισμός της μορφής του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδούς.
15. Πείραμα Oersted.
16. Πειραματική διερεύνηση της δύναμης Laplace.
17. Πειραματική διερεύνηση του νόμου του Faraday για τη δημιουργία επαγωγικής Η.Ε.Δ.
18. Πειραματική διερεύνηση του κανόνα του Lenz.
19. Πειραματική διερεύνηση της Η.Ε.Δ. που δημιουργείται με τη πτώση μαγνήτη μέσα από πηνίο, με τη χρήση διασύνδεσης.
20. Πειραματική διερεύνηση της αυτεπαγωγής.
21. Πειραματική διερεύνηση της αμοιβαίας επαγωγής.

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλου, Κ. Δ., Μαρίνου, Δ. Ι.(1985) *Ασκήσεις Φυσικής*, Εκδ. Ολύμπια, Αθήνα.
2. Βλάχος, Ι., Κόκκοτας, Π., Γραμματικάκη, Ι., Περιστερόπουλος, Π., Καραπαναγιώτης, Β., Τιμοθέου, Γ. (1999) *Φυσική Γενικής Παιδείας, Β΄ Τάξη*, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
3. Δημόπουλος, Μ. Γ. (1993) *Ερωτήσεις Εμβάθυνσης στη Φυσική της Γ΄ Λυκείου*, Εκδοτικός Όμιλος Συγγραφέων Καθηγητών, Αθήνα.
4. Δημόπουλος, Μ. Γ. (1993) *Μεθοδική Φυσική, Τ. 1 – 5*, Εκδοτικός Όμιλος Συγγραφέων Καθηγητών, Αθήνα.
5. Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (1999). *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης, Γ΄ Τάξη*. Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
6. Πουλλής, Γ., Πουργουρίδης, Κ. (1999) *Προβλήματα Φυσικής*, ΥΑΠ, Λευκωσία.
7. Σαββάλας, Α., Σαββάλας, Σ. (2001*) Φυσική Γ΄ Λυκείου Τευχος Β΄*, Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα.
8. Σαββάλας, Α. , Σαββάλας, Σ. , Χρονόπουλος, Χ. (1995) . *Φυσική. Ερωτήσεις Κρίσεως*, Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα.
9. Adams, S., Allday, J. (2000) Advanced Physics, Oxford University Press, Oxford.
10. Akrill, T., Bennet, G., Millar, C. (1994) Practice in Physics, Hodder and Stoughton.
11. Alonso, M., Fin, E. (1979). *Θεμελιώδης Πανεπιστημιακή Φυσική.* Εκδ. Αθανασόπουλου-Παπαδήμα Ο.Ε. , Αθήνα.
12. Benson, H. (1996) *University Physics*, John Wiley.
13. Brodie, D. (2001) *Further Advanced physics*, Hodder Murray.
14. Feynman, R. (1967) *The Character of Physical Law.*
15. Feynman, R. (1963) *The Feynman Lectures on Physics* , Addison-Wesley.
16. Ford, K. (1980) Κλασική και σύγχρονη Φυσική, Γ. Πνευματικού, Αθήνα.
17. Gardner, M. (1969) *The Ambidextrous Universe: Left, Right, and the Fall of Parity (rev. ed.)*
18. Glashow, S. (1991) *The Charm of Physics.*
19. Haliday, D., Resnick, R., Walker, J. (1987) *Επιλεγμένες Ασκήσεις Φυσικής,*
Εκδ. Gutenberg, Αθήνα.
20. Halpern, A. (1988). *Schaum's 3000 Solved Problems in Physics,* McGraw-Hill.
21. Heidi, V. M., Hingley, D. (2005). "Student understanding of induced current: Using tutorials in introductory physics to teach electricity and magnetism", *Am. J. Phys.* 73 (12), 1164

22. Hewitt, G. P. (2004) *Οι έννοιες της Φυσικής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

23. Hill, C., Lederman, L. (2000) “Teaching Symmetry in the Introductory Physics Curriculum”*, The Physics Teacher,* 38, 348.

24. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. (1971) Θεωρητική Φυσική, Αναγέννησις, Αθήνα.

25. Leonard, W. J., Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Mestre, J. P. (2000) *Minds on Physics*: *Motion*, Kehdall / Hunt, Dubuque, Iowa.

26. Leonard, W. J., Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Mestre, J. P. (2000) *Minds on Physics*: *Fundamental Forces and Fields*, Kehdall / Hunt, Dubuque, Iowa.

27. Ohanian, H. (1989) *Physics*, W.W. Norton.

28. Ohanian, H.(1988) *Physics, Mechanics*, Penguin Books, Canada.

29. Physics Advanced Level Papers.

30. Pinkerton, K. D., (2005) “Learning from Mistakes”, *The Physics Teacher*, 43, 510.

31. Schaim, U. H., Dodge, H. J., Walter, A. J. (1985) *Φυσική P.S.S.C.*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

32. Serway, R.(1990) *Physics, Mechanics,* Saunders College, Publishing, Philadelphia.

33. Serway, R. A. (1991) *Physics for scientists and engineers 3*. Απόδοση στα Ελληνικά: Λ.Κ. Ρεσβάνης, Αθήνα.

34. Serway, R. A. (1996) *Physics for scientists and engineers with modern physics.*

35. Weyl, H. (1989) *Symmetry,* Reprint ed. , Princeton Science Library, Princeton.

36. *Yang, C. N. (1994) In Proceedings of the First International Symposium on Symmetries in Subatomic Physics,* edited by W-Y. Pauchy Huang and Leonard Kisslinger, Vol. 32, 6-11, p. 143.

37. Young, H. (1994) *Πανεπιστημιακή Φυσική*, Εκδ. Παπαζήση, Αθήνα.

Άλλες πηγές

38. http://www.kee.gr/html/themata.php
39. Εξεταστικά δοκίμια Ενιαίων Εξετάσεων Φυσικής.
40. Εξεταστικά δοκίμια Παγκυπρίων Εξετάσεων Φυσικής.