Θέματα Φυσικής

EUSO European Union Science Olympiad

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2008

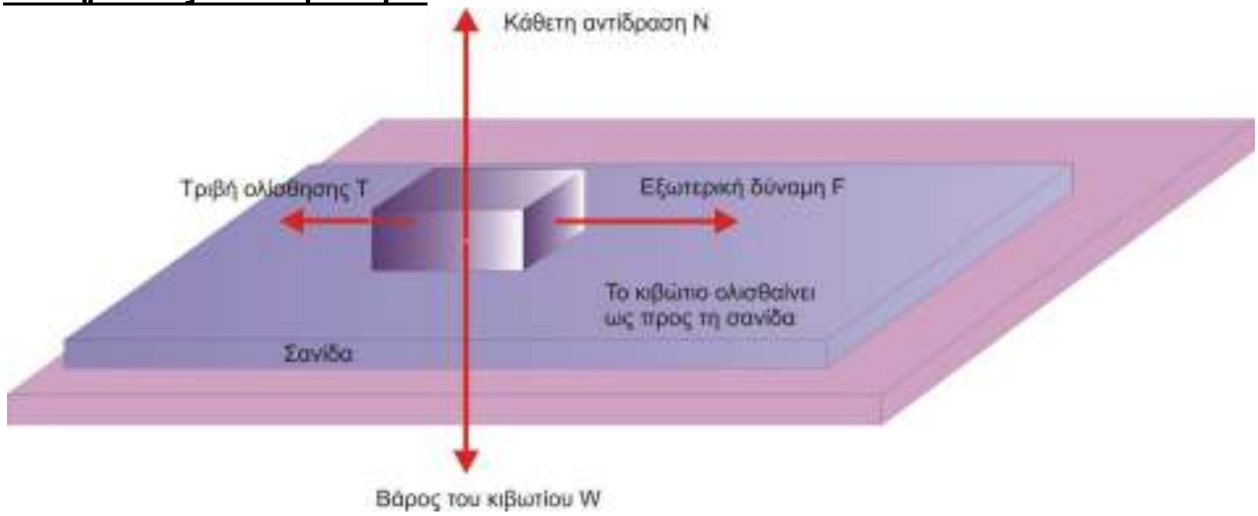
Σχολείο: ____

Ονόματα των μαθητών της ομάδας

1) ______________________________
2) ______________________________
3) ______________________________

Φύλλο εργασίας

Επισημάνσεις από τη θεωρία



Όταν ένα σώμα ολισθαίνει πάνω σε μια επιφάνεια, τότε πάνω στο σώμα ασκείται από την επιφάνεια δύναμη, που μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες:

a) Σε μια κάθετη στην επιφάνεια, που ονομάζεται κάθετη αντίδραση (N) και
b) Σε μια παράλληλη προς την επιφάνεια, που ονομάζεται τριβή ολίσθησης (T).

Η τριβή ολίσθησης έχει κατεύθυνση αντίθετη της κατεύθυνσης της ταχύτητας του σώματος και το μέτρο της είναι ανάλογο της Κάθετης αντίδρασης N:

$$T=\mu N$$

Η σταθερά μ ονομάζεται συντελεστής τριβής ολίσθησης. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος των εφαπτόμενων επιφανειών.

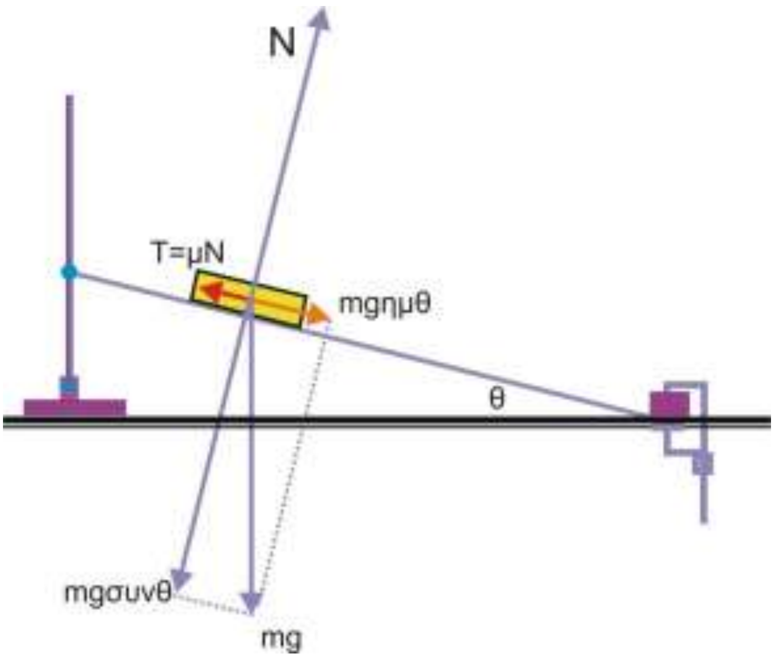
Όταν το σώμα τοποθετηθεί σε οριζόντιο επίπεδο, τότε η κάθετη αντίδραση N είναι ίση με το βάρος του σώματος: $N=mg$, και η προηγούμενη σχέση λαμβάνει τη μορφή:

$$T=\mu mg$$

Όταν το σώμα τοποθετηθεί σε κεκλιμένο επίπεδο και η γωνία κλίσης θ είναι μικρή, τότε το σώμα παραμένει ακίνητο: Η συνιστώσα mgημθ του βάρους του εξουδετερώνεται από την αντίθετή της στατική τριβή, που ασκεί η επιφάνεια στο σώμα.

Αν αυξάνουμε προοδευτικά τη γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου, τότε για κάποια τιμή της γωνίας θ, θα πετύχουμε ώστε το σώμα να κινείται αργά, με (σχεδόν) σταθερή ταχύτητα. Η γωνία αυτή ονομάζεται γωνία τριβής θ_T. Όταν η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου είναι ίση με τη γωνία τριβής, το σώμα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, επομένως ισχύει:

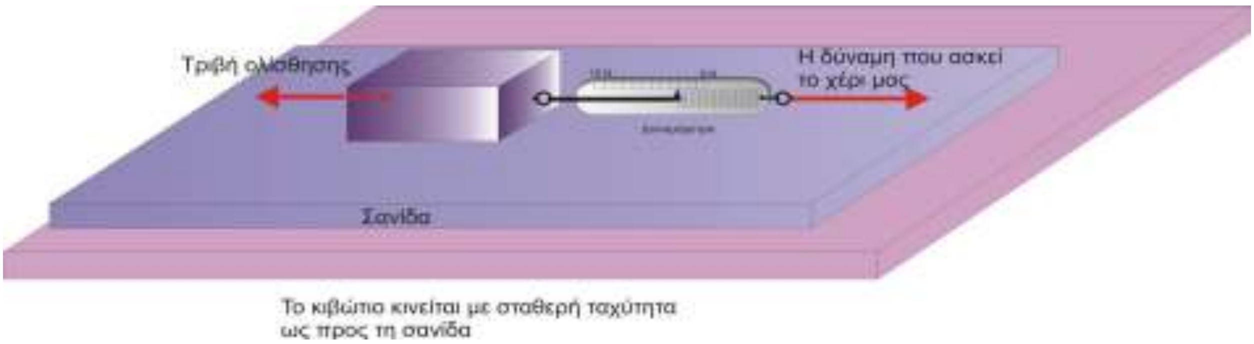
$T = mg\eta\mu\theta_T$
$N = mg\sigma\upsilon\nu\theta_T$
$T = \mu N$
Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει ότι:
$\mu = \varepsilon\varphi\theta_T$
Ώστε αν καταφέρουμε να μετρήσουμε τη γωνία τριβής θ_T, από την τελευταία σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά το συντελεστή τριβής ολίσθησης μ.



<u>Όργανα και υλικά</u>

1. Μικρό κιβώτιο με κυλινδρικές εγκοπές και με επιφάνειες από διαφορετικό υλικό
2. Ξύλινη σανίδα
3. Μεταλλικά, κυλινδρικά σώματα που προσαρμόζουν στις εγκοπές του κιβωτίου
4. Δυναμόμετρο
5. Ζυγός
6. Αλφάδι με ενσωματωμένο γωνιόμετρο

<u>Πειραματική διαδικασία</u>



<u>Πείραμα 1</u> : <u>Μέτρηση του συντελεστή τριβής ολίσθησης τριών διαφορετικών υλικών ως προς το ξύλο</u>

Μέτρησε με το ζυγό, τη μάζα του κιβωτίου και υπολόγισε το βάρος του (g=9,8m/s^2).
m=______ Kg
W=______ N

Τοποθέτησε την ξύλινη σανίδα πάνω στην οριζόντια επιφάνεια του θρανίου (ή του πάγκου). Τοποθέτησε το κιβώτιο πάνω στη σανίδα, έτσι ώστε η αλουμινένια έδρα του να εφάπτεται με αυτή.

Κράτησε με το χέρι σου τη σανίδα ακίνητη (ως προς την επιφάνεια του θρανίου) και με τη βοήθεια του δυναμόμετρου, σύρε το κιβώτιο πάνω στη σανίδα (εικόνα). Φρόντισε ώστε το κιβώτιο να κινείται αργά και με σταθερή ταχύτητα. Μέτρησε με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια τη δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στο σώμα και υπολόγισε την τριβή ολίσθησης. Υπολόγισε το συντελεστή τριβής ολίσθησης του αλουμινίου ως προς το σανίδι. Κατάγραψε τα αποτελέσματα στον πίνακα 1.

Επανάλαβε την ίδια διαδικασία όταν το κιβώτιο εφάπτεται στη σανίδα με τη λαστιχένια και την ξύλινη έδρα του. Συμπλήρωσε τον πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Υλικό	Τριβή	μ
Αλουμίνιο		
Λάστιχο		
Ξύλο		

Πείραμα 2: Υπολογισμός του συντελεστή τριβής ολίσθησης του λάστιχου ως προς το ξύλο, με μέτρηση της γωνίας τριβής ολίσθησης

Α) Τοποθέτησε το κιβώτιο πάνω στη σανίδα, έτσι ώστε η λαστιχένια έδρα του να εφάπτεται με αυτή. Δώσε στη σανίδα μια κλίση, ώστε να σχηματίσει κεκλιμένο επίπεδο και μέτρησε με το αλφάδι τη γωνία τριβής ολίσθησης του κιβωτίου ως προς τη σανίδα.

φ=_____ μοίρες

Με βάση την τιμή της γωνίας τριβής ολίσθησης, υπολόγισε το συντελεστή τριβής του λάστιχου ως προς το ξύλο.

μ=_______

Β) Αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης του λάστιχου που υπολόγισες με το πείραμα 1, διαφέρει από την τιμή που βρήκες με το πείραμα 2, που οφείλεται αυτή η διαφορά; (Διάλεξε την ή τις σωστές κατά τη γνώμη σου απαντήσεις)

1. Η διαφορά οφείλεται στα σφάλματα που υπεισέρχονται στην πειραματική διαδικασία.
2. Οι τιμές του συντελεστή τριβής του λάστιχου ως προς το ξύλο είναι διαφορετικές γιατί μετρήθηκαν με διαφορετική πειραματική διαδικασία.
3. Ο συντελεστής τριβής έχει μια τιμή όταν οι εφαπτόμενες επιφάνειες είναι οριζόντιες και διαφορετική τιμή όταν οι ίδιες επιφάνειες σχηματίζουν γωνία ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Πείραμα 3: Μέτρηση της μάζας σώματος, χρησιμοποιώντας τους νόμους της τριβής ολίσθησης

Χρησιμοποίησε τα δεδομένα του πειράματος 1 και, χωρίς να χρησιμοποιήσεις το ζυγό, υπολόγισε πειραματικά τη μάζα του μεταλλικού κυλίνδρου, που επισυνάπτεται του κιβωτίου. Κατάγραψε την τιμή της μάζας του σώματος που βρήκες πειραματικά.

Μάζα του μεταλλικού κυλίνδρου m=_______Kg

Κάνε μια σύντομη περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας που ακολούθησες για να υπολογίσεις πειραματικά τη μάζα του μεταλλικού κυλίνδρου. Γράψε τις ενδιάμεσες μετρήσεις που έκανες και τους υπολογισμούς που σε οδήγησαν στο τελικό αποτέλεσμα.

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

ΠΑΝΕΚΦΕ

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2009
Πανελλήνιος προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική
17-01-2009

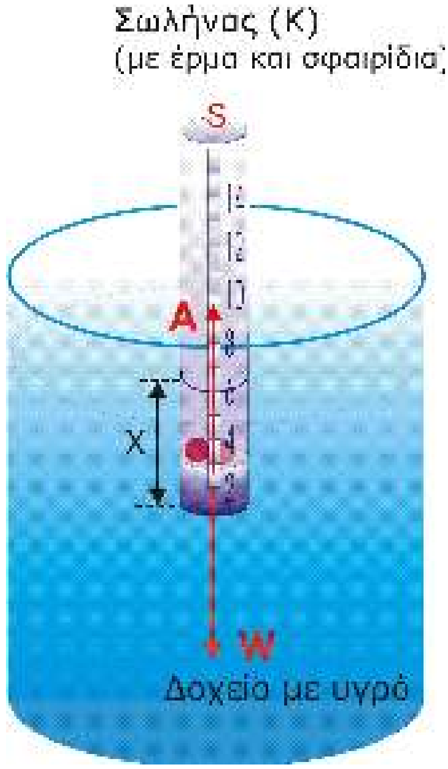
Σχολείο: ____
Ονόματα των μαθητών της ομάδας: 1) __________________________
2) ___________________________ 3) __________________________

Επισημάνσεις από τη θεωρία

Πάνω στον πάγκο του εργαστηρίου βρίσκεται ένα δοχείο που περιέχει υγρό. Το υγρό ισορροπεί και η ελεύθερη επιφάνειά του είναι οριζόντια. Αν τοποθετήσουμε μέσα στο υγρό του δοχείου ένα στερεό σώμα, τότε το υγρό θα ασκήσει πάνω του μια δύναμη με κατακόρυφη διεύθυνση και φορά αντίθετη του βάρους του σώματος, που ονομάζεται **άνωση**. Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, το μέτρο της άνωσης (A) ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα. Έτσι, αν συμβολίσουμε με ρ_{υ} την πυκνότητα του υγρού, με g την επιτάχυνση της βαρύτητας και με V_{ε} τον όγκο του βυθισμένου τμήματος του σώματος (δηλαδή τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα), τότε ισχύει η σχέση:

$$A = g \cdot \rho_{\upsilon} \cdot V_{\varepsilon} \qquad (1)$$

Ας υποθέσουμε τώρα, ότι τοποθετούμε στο υγρό ένα κυλινδρικό σωλήνα, ο οποίος ισορροπεί με τον άξονά του κατακόρυφο, όπως δείχνει το σχήμα 1. Για να επιτύχουμε ευσταθή ισορροπία του σωλήνα, ρίχνουμε μέσα σ' αυτόν λίγα σκάγια (έρμα). Το σωλήνα αυτόν το ονομάζουμε Κ.
Μπορούμε να αυξάνουμε τη μάζα του Κ, ρίχνοντας μέσα στο σωλήνα σφαιρίδια γνωστής μάζας m_{σ}.



Σχήμα 1

Το βυθισμένο τμήμα του σωλήνα έχει μήκος x. Αν S συμβολίζει το εμβαδόν της διατομής του, τότε ο όγκος του βυθισμένου τμήματος είναι:

$$V_{\varepsilon} = S \cdot x \qquad (2)$$

Αφού ο σωλήνας ισορροπεί, η συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν πάνω του ισούται με το μηδέν. Η συνθήκη ισορροπίας εκφράζεται με τη σχέση:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \qquad (3)$$

όπου, το αριστερό μέρος της εξίσωσης 3 συμβολίζει το άθροισμα όλων των δυνάμεων που ενεργούν στον Κ.

Οι δυνάμεις που ενεργούν στο Κ είναι το βάρος του W και η άνωση A, που δέχεται το βυθισμένο τμήμα του. Ο δυνάμεις W και A έχουν κατακόρυφη διεύθυνση, επομένως η συνθήκη ισορροπίας (3) εκφράζεται με την εξίσωση:

$$W = A \qquad (4)$$

Συμβολίζουμε με M τη μάζα του σωλήνα και του έρματος (των σκαγιών). Έστω ότι στο σωλήνα έχουμε ρίξει ορισμένο αριθμό σφαιριδίων συνολικής μάζας m. Τότε, σε συνδυασμό με τις σχέσεις 1 και 2, η εξίσωση ισορροπίας 4, γράφεται:

$$(M + m) \cdot g = g \cdot \rho_{\upsilon} \cdot V_{\varepsilon}$$

ή:

$$M + m = \rho_{\upsilon} \cdot S \cdot x$$

και τελικά:

$$\boxed{m = \rho_{\upsilon} \cdot S \cdot x - M \qquad (5)}$$

Η εξίσωση 5 μας λέει ότι η μάζα των σφαιριδίων m, που έχουμε ρίξει μέσα στο σωλήνα Κ, εκφράζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του μήκους x, του βυθισμένου τμήματος του σωλήνα.

Αν κατασκευάσουμε πειραματικά, την ευθεία m=f(x) που αντιστοιχεί στην εξίσωση 5, τότε από την κλίση της μπορούμε να υπολογίσουμε το γινόμενο $\rho_{\upsilon} \cdot S$ και μετρώντας τη διατομή S του σωλήνα, μπορούμε να υπολογίσουμε την πυκνότητα ρ_{υ} του υγρού. Επιπλέον από την τομή της ευθείας με τον άξονα των μαζών m, μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την μάζα του σωλήνα και του έρματος, M. Η μάζα του σωλήνα και του έρματος μετρείται και με απευθείας ζύγιση του σώματος Κ. Έστω M′ η τιμή που προκύπτει από τη ζύγιση αυτή. Από τη σύγκριση των δύο τιμών, M και M′ μπορούμε να αξιολογήσουμε τόσο την πειραματική διαδικασία, όσο και τη θεωρία, με βάση την οποία σχεδιάσαμε το πείραμα.

Με τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης εργαστηριακής άσκησης, επιδιώκουμε:

1) Να κατασκευάσουμε πειραματικά την ευθεία m=f(x) που αντιστοιχεί στην εξίσωση 5. [Στον άξονα x θα μετράμε το μήκος x του βυθισμένου τμήματος του σωλήνα και στον άξονα y τη συνολική μάζα m των σφαιριδίων που έχουμε ρίξει μέσα στο σωλήνα]
2) Από την κλίση της πειραματικής ευθείας m=f(x), και τη μέτρηση της διατομής του σωλήνα, να υπολογίσουμε την πυκνότητα του υγρού.
3) Από την πειραματική ευθεία m=f(x), να υπολογίσουμε τη μάζα M του σωλήνα και του έρματος. Να συγκρίνουμε την τιμή αυτή με τη μάζα (M′) που προκύπτει από τη ζύγιση σωλήνα και έρματος, με χρήση ηλεκτρονικού ζυγού.

4) Να χρησιμοποιήσουμε την πειραματική ευθεία m=f(x) για να μετρήσουμε τη μάζα δεδομένου σώματος.

Όργανα και υλικά

1. Δοχείο ύψους 20cm (περίπου) και διαμέτρου 8cm (περίπου). (Μπορεί να χρησιμοποιηθεί δοχείο νερού 1,5L).
2. Ηλεκτρονικός ζυγός με ακρίβεια 0,1g.
3. Δοκιμαστικός σωλήνας μεγάλου μεγέθους. Κατά μήκος του δοκιμαστικού σωλήνα έχει επικολληθεί μετρητική ταινία, με το μηδέν να αντιστοιχεί στον πυθμένα του (περίπου στο μέσον του κοίλου τμήματος του πυθμένα).
4. Stand του δοκιμαστικού σωλήνα (ποτήρι ζέσης 250 mL).
5. Διαστημόμετρο.
6. Σκάγια.
7. Έξι όμοια γυάλινα σφαιρίδια.
8. Μεταλλικό σφαιρίδιο (Σ), άγνωστης μάζας.
9. Υγρό άγνωστης πυκνότητας.
10. Αριθμομηχανή.
11. Χαρτί millimeter.
12. Πλαστικό ποτηράκι.

Πειραματική διαδικασία

Α μέρος: <u>Μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών της πειραματικής διάταξης</u>

1. <u>Μέτρηση της μάζας Μ′ του σωλήνα, μαζί με το έρμα:</u> Τοποθέτησε τα σκάγια που βρίσκονται στο πλαστικό ποτηράκι μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα. Με τον ηλεκτρονικό ζυγό μέτρησε τη μάζα Μ′ του σωλήνα μαζί με το έρμα.

Μ′=______g

2. <u>Μέτρηση της μέσης μάζας των (γυάλινων) σφαιριδίων</u>: Τα γυάλινα σφαιρίδια έχουν μάζες που μπορεί να διαφέρουν το πολύ σε ένα ή δύο δέκατα του γραμμαρίου. Η διαφορές αυτές δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της πειραματικής μας διαδικασίας. Θα θεωρήσουμε ως μάζα κάθε σφαιριδίου (**m_σ**) τη μέση μάζα των έξι σφαιριδίων που διαθέτεις. Για να βρεις το m_σ, ζύγισε όλα μαζί τα **γυάλινα** σφαιρίδια και διαίρεσε το αποτέλεσμα με το πλήθος τους. Κατάγραψε το αποτέλεσμα με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου.

$6m_\sigma$=_______g

m_σ=________g

3. Χρησιμοποίησε το διαστημόμετρο και μέτρησε την εξωτερική διάμετρο (Δ) του δοκιμαστικού σωλήνα. Στη συνέχεια υπολόγισε το εμβαδόν S της (κυκλικής) διατομής του, με προσέγγιση εκατοστού του cm^2.

Δ=_______cm

S=________cm^2

Β μέρος: <u>Πειραματική κατασκευή της ευθείας:</u>

$$m = \rho_{\upsilon} S \times x - M \qquad (5)$$

4. Τοποθέτησε το δοκιμαστικό σωλήνα με το έρμα μέσα στο υγρό του δοχείου. Παρατήρησε ότι ισορροπεί σε κατακόρυφη θέση. Μέσα στο σωλήνα δεν έχουμε ρίξει, ακόμα, κανένα σφαιρίδιο επομένως το m στη σχέση 5 είναι μηδέν. Μέτρησε το αντίστοιχο x και συμπλήρωσε την πρώτη γραμμή του πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Αριθμός σφαιριδίων	**Συνολική μάζα σφαιριδίων m g**	**x cm**
0	0	
1		
2		
3		
4		
5		
6		

5. Ρίξε ένα σφαιρίδιο μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα. Περίμενε μέχρι να ισορροπήσει και μέτρησε τη νέα τιμή του x. Συμπλήρωσε τη $2^{η}$ γραμμή του πίνακα 1.

6. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία, προσθέτοντας κάθε φορά ένα σφαιρίδιο, και συμπλήρωσε όλα τα κελιά του πίνακα 1.

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

1) Στο χαρτί millimeter, σχεδίασε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: μήκος x (οριζόντιος) – συνολική μάζα σφαιριδίων m (κατακόρυφος). Βαθμονόμησε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα, ώστε να συμπεριλαμβάνονται όλες οι πειραματικές τιμές που έχεις καταχωρήσει στον πίνακα 1.

2) Τοποθέτησε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία μήκους (x) – μάζας (m), σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 1. Εξέτασε αν τα πειραματικά σημεία βρίσκονται (περίπου) πάνω σε μια ευθεία. Σχεδίασε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα από το σύνολο των σημείων και προέκτεινέ τη, μέχρις ότου τμήσει τον άξονα των μαζών. [Αν χρειαστεί, σχεδίασε και δεύτερο σύστημα αξόνων].

3) Από την πειραματική ευθεία που σχεδίασες, υπολόγισε τη μάζα M του δοκιμαστικού σωλήνα με το έρμα.

M=______g

Σύγκρινε την τιμή του M με την M′, που έχει προκύψει από την απευθείας ζύγιση του δοκιμαστικού σωλήνα με το έρμα, στη δραστηριότητα 1 του Α μέρους της πειραματικής διαδικασίας. Για να έχεις μια ποσοτική αξιολόγηση των υπολογισμών σου, υπολόγισε την επί τοις εκατό απόκλιση μεταξύ των δύο τιμών, μέσω του λόγου:

$$\left|\frac{M - M'}{M'}\right| = \_\_\_\_\_\_ \%$$

4) Σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλεται κατά τη γνώμη σου η απόκλιση των τιμών M και M′; [Επίλεξε ποιες από τις ακόλουθες απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες. Κάθε σωστή απάντηση βαθμολογείται με 2 μονάδες στις 100, κάθε λανθασμένη με -2 και η μη απάντηση με 0]
   A) Στα υποκειμενικά σφάλματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.
   ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
   B) Η θεωρία, στην οποία στηρίχτηκε ο σχεδιασμός του πειράματος δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε.
   ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
   C) Στη χάραξη της πειραματικής ευθείας: Κανονικά θα έπρεπε να σχεδιάσουμε την ευθεία στο περιβάλλον ενός κατάλληλου λογισμικού, όπως το EXCEL.
   ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ
   D) Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει μόνο για το νερό.
   ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

Ε) Το υλικό του έρματος είναι διαφορετικό από εκείνο των σφαιριδίων, με συνέπεια να μην ισχύει ακριβώς η αρχή του Αρχιμήδη.
ΣΩΣΤΗ – ΛΑΘΟΣ

5) Υπολόγισε την κλίση κ της πειραματικής ευθείας και μέσω αυτής, την πυκνότητα του υγρού.
Υπολογισμοί:

____

____

____

____

____

Συμπεράσματα:

κ=_______	**$\rho_{υ}$=______g/cm^3**

6) Βγάλε από το δοκιμαστικό σωλήνα τα σφαιρίδια, χωρίς να μεταβάλεις την ποσότητα του έρματος. Στη συνέχεια, τοποθέτησε μέσα στο σωλήνα το μεταλλικό σφαιρίδιο Σ. Χρησιμοποίησε την πειραματική ευθεία που έχεις σχεδιάσει για να βρεις τη μάζα $m_Σ$ του σφαιριδίου Σ.

x=_______cm	**$m_Σ$=________g**

ΠΑΝΕΚΦΕ

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2009
Πανελλήνιος προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική
16-01-2010

Σχολείο: ____
Ονόματα των μαθητών της ομάδας:
1) ____
2) ____
3) ____

Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης

Ο βασικός στόχος της άσκησης είναι **ο πειραματικός υπολογισμός των ειδικών θερμοτήτων του νερού και κράματος αλουμινίου**. Ο σχεδιασμός του πειράματος στηρίζεται στην **εξίσωση της θερμιδομετρίας**, στο **νόμο του Joule** και στην **αρχή της διατήρησης της ενέργειας σε απομονωμένο σύστημα**.

Πώς σχεδιάστηκε η πειραματική διαδικασία - Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης

Α) Διαθέτουμε μια ποσότητα νερού σε αρχική θερμοκρασία θ_0. Αν μεταφέρουμε στο νερό μια ποσότητα θερμότητας Q, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία (θ) του νερού αυξάνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας $(\theta-\theta_0)$ του νερού είναι ανάλογη της προσφερόμενης θερμότητας Q. Επιπλέον, το ποσό θερμότητας που πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό για να επιτύχουμε συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας του, είναι ανάλογο της μάζας του m. Οι δύο αυτοί φυσικοί νόμοι περιγράφονται με την «**εξίσωση της θερμιδομετρίας**»:

$$Q = c \cdot m \cdot (\theta - \theta_0) \quad (1)$$

Η ποσότητα c είναι μια σταθερά, που ονομάζεται ειδική θερμότητα του νερού. Η τιμή της ειδικής θερμότητας εξαρτάται από το υλικό του σώματος που θερμαίνουμε. Για το νερό, η τιμή του c, σε μονάδες του συστήματος S.I., είναι περίπου 4200J/KgC. [Το Q μετριέται σε Joule, το m σε Kg και η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου C.]

Με αντίστοιχη σχέση συνδέεται η θερμότητα που μεταφέρουμε σε ένα μεταλλικό σώμα, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του. Αν η μάζα του μεταλλικού σώματος είναι Μ, τότε η θερμότητα $Q_{\mu\varepsilon\tau}$ που απαιτείται για να μεταβάλει τη θερμοκρασία του σώματος από μια αρχική τιμή θ_0 σε μια άλλη θ, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{\mu\varepsilon\tau} = c_{\mu\varepsilon\tau} \cdot M \cdot (\theta - \theta_0) \quad (2)$$

όπου $c_{\mu\varepsilon\tau}$ είναι η ειδική θερμότητα του υλικού του μεταλλικού σώματος.

Β) Όταν από έναν αντιστάτη περνά ηλεκτρικό ρεύμα, τότε ο αντιστάτης θερμαίνεται: Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία μεταφέρεται στο περιβάλλον του αντιστάτη. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο Joule. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα ($Q_{αντ}$) σε αντιστάτη αντίστασης R, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα I, υπολογίζεται από το **νόμο του Joule**:

$$Q_{\alpha\nu\tau} = I^2 \cdot R \cdot t \quad (3)$$

όπου t, παριστάνει το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από τον αντιστάτη.

Γ) Ας συνδυάσουμε τα φαινόμενα Α και Β, που περιγράφονται από τις εξισώσεις 1, 2 και 3, χρησιμοποιώντας μια πολύ γενική αρχή της φυσικής: την **Αρχή της Διατήρησης της Ενέργειας**:

Μέσα σε ένα δοχείο, που είναι **θερμικά μονωμένο**, τοποθετούμε μια μάζα m νερού και έναν αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Θεωρούμε ότι στο χρόνο διεξαγωγής του πειράματος, οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον της πειραματικής διάταξης είναι αμελητέες σε σχέση με το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται στο νερό. Έτσι, σύμφωνα με την αρχή της διατήρησης της ενέργειας, η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη, μεταφέρεται (σχεδόν) εξ ολοκλήρου στο νερό και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του κατά $Δθ=θ-θ_0$. Σύμφωνα με τις σχέσεις 1 και 3, ισχύει:

$$c \cdot m \cdot (\theta - \theta_0) = I^2 \cdot R \cdot t$$

ή:

$$c \cdot m \cdot \Delta\theta = I^2 \cdot R \cdot t \quad (4)$$

όπου $\Delta\theta = \theta - \theta_0$

Το ηλεκτρικό ρεύμα (I), το χρόνο (t) διέλευσής του από τον αντιστάτη (R) και τη θερμοκρασία του νερού (θ), μπορούμε να τα μετράμε με αντίστοιχα όργανα μέτρησης (αμπερόμετρο, χρονόμετρο, θερμόμετρο).

Από τη σχέση 4 βλέπουμε ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας Δθ του νερού είναι ανάλογη του χρόνου διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος t. Από την 4 προκύπτει η εξίσωση:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m} \cdot t \quad (5)$$

η οποία σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων Δθ-t, παριστάνει μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν.

Η κλίση κ της ευθείας αυτής είναι:

$$\kappa = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m} \quad (6)$$

Στη σχέση 6 τα μεγέθη κ, I, R, m είναι δυνατό να υπολογιστούν πειραματικά. Επομένως μπορούμε να τη λύσουμε ως προς c και να υπολογίσουμε την τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού, όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.

Δ) Ας υποθέσουμε ότι επαναλαμβάνουμε το πείραμα Γ με τη διαφορά, ότι μέσα στο θερμικά μονωμένο δοχείο ρίχνουμε **νερό μάζας m_1 και ένα μεταλλικό σώμα μάζας Μ**. Τότε ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη, μεταφέρεται στο νερό και το υπόλοιπο στο μεταλλικό σώμα. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας περιγράφεται με τη σχέση:

$$c \cdot m_1 \cdot (\theta - \theta_0) + M \cdot c_\mu \cdot (\theta - \theta_0) = I^2 \cdot R \cdot t$$

ή:

$$\left(c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu\right) \cdot \Delta\theta = I^2 \cdot R \cdot t$$

Η ευθεία Δ-tθ περιγράφεται, στην περίπτωση αυτή, από την εξίσωση:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu} \cdot t \quad (7)$$

που έχει κλίση:

$$\kappa_1 = \frac{I^2 \cdot R}{c \cdot m_1 + M \cdot c_\mu} \quad (8)$$

Με βάση τη σχέση 8, μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την ειδική θερμότητα c_μ του μεταλλικού σώματος, δεδομένου ότι όλες οι άλλες ποσότητες έχουν γνωστές πειραματικές τιμές.

Ε) Συνοπτική περιγραφή της πειραματικής μας δραστηριότητας.

1. Σε κοινό σύστημα ορθογωνίων αξόνων (Δθ-t) θα σχεδιάσουμε δύο πειραματικές ευθείες, που αντιστοιχούν στις εξισώσεις 5 και 7. Για να βρούμε την πρώτη θερμαίνουμε με τον αντιστάτη, μέσα στο κύπελλο, μόνο νερό μάζας m, ενώ για να βρούμε τη δεύτερη μέσα στο κύπελλο ρίχνουμε νερό μάζας m_1 και ένα μεταλλικό σώμα μάζας Μ. Στη συνέχεια, υπολογίζουμε τις κλίσεις κ και κ_1 των δύο πειραματικών ευθειών.
2. Από τις σχέσεις 6 και 8 θα υπολογίσουμε τις πειραματικές τιμές της ειδικής θερμότητας του νερού (c) και του μετάλλου (c_μ):

   $$c = \frac{I^2 \cdot R}{\kappa \cdot m} \quad (9)$$

   $$c_\mu = \frac{1}{M} \cdot \left(\frac{I^2 \cdot R}{\kappa_1} - c \cdot m_1\right) \quad (10)$$

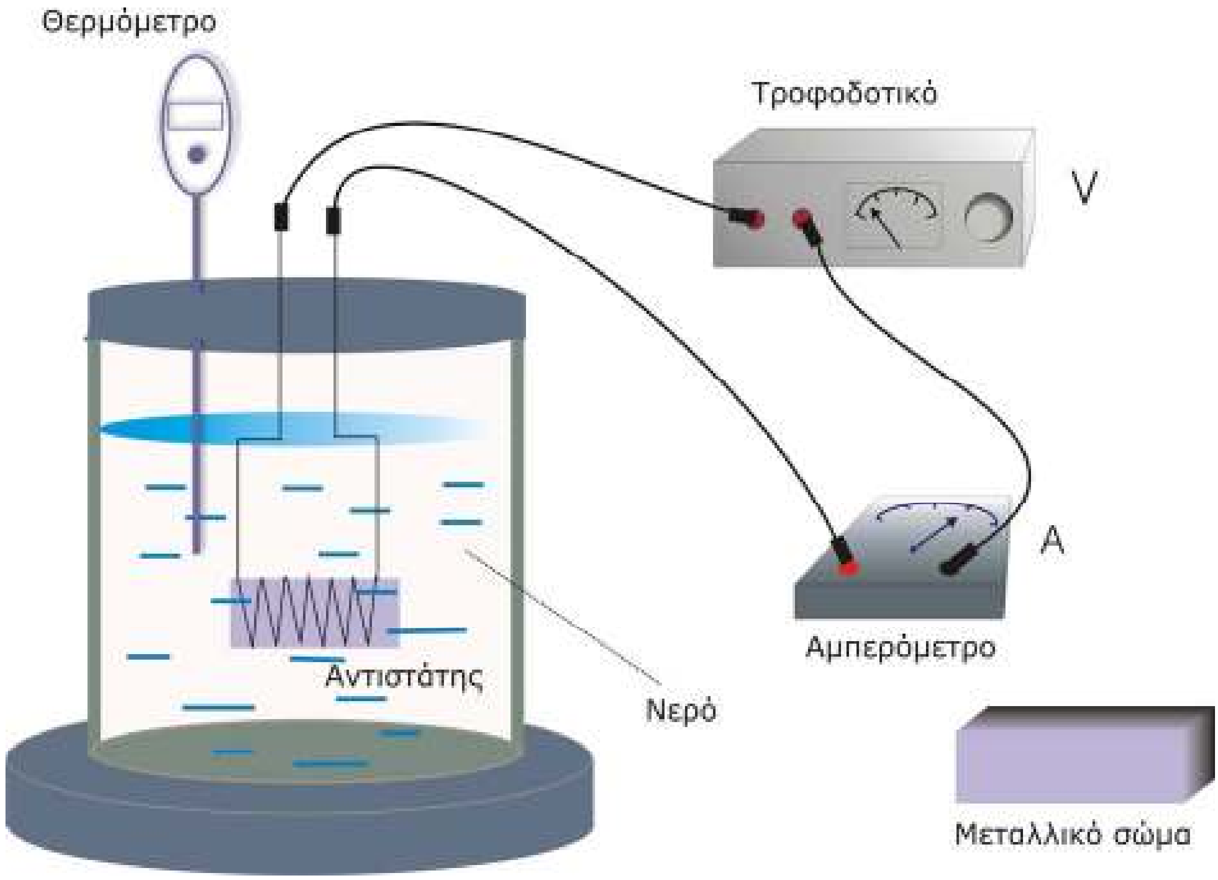
   [Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και τον διαρρέει το ίδιο ρεύμα Ι, και στα δύο πειράματα.]

Όργανα και υλικά

1. Τροφοδοτικό DC, τάσης 0-20V, μέγιστο ρεύμα 6A.
2. Πολύμετρο.
3. Ζυγός με ακρίβεια μέτρησης 1g.
4. Ηλεκτρονικό θερμόμετρο με ακρίβεια μέτρησης 0,1C.
5. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο.
6. Αντιστάτης αντίστασης R, ισχύος>15W.

7. Μεταλλικό πλακίδιο από κράμα αλουμινίου.
8. Καλώδια.
9. Κυπελάκι από φελιζόλ χωρητικότητας>350mL, με καπάκι και βάση.
10. Δοχείο ζέσεως 300mL.
11. Υδροβολέας.
12. Χαρτί μιλιμετρέ.
13. Αριθμομηχανή.
14. Χάρακας 20cm.
15. Μολύβι, στυλό.

Πειραματική διαδικασία - Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων



Σχήμα 1

1) Μετρήστε την αντίσταση R του αντιστάτη και καταγράψτε την τιμή της. [Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Περιμένετε μέχρι η ένδειξη του ωμομέτρου σταθεροποιηθεί στην ελάχιστη τιμή]

R= ______Ω

Πείραμα 1

2) Ρίξτε μέσα στο κυπελάκι νερό μάζας 0,2Kg και σφραγίστε το με το καπάκι του.
3) Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 1. Προσέχετε ιδιαίτερα τα εξής: α) Ο αντιστάτης να είναι εντελώς βυθισμένος στο νερό. β) Το άκρο του θερμομέτρου να είναι βυθισμένο στο νερό, αλλά να μην ακουμπά στο κύπελλο και να βρίσκεται όσο το

δυνατόν μακριά από τον αντιστάτη. Όταν κάνετε τη συναρμολόγηση της διάταξης και πριν θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό, καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή.

4) Ρυθμίστε το ρεύμα Ι του αντιστάτη στα 0,7Α. Μόλις ρυθμίσετε το ρεύμα πρέπει να κουνάτε ελαφρά το δοχείο, ώστε **το νερό να αναδεύεται διαρκώς** (με τη συνεχή ανάδευση επιδιώκουμε το σύστημα να αποκτά γρήγορα ενιαία θερμοκρασία). Περιμένετε μέχρις ότου παρατηρήσετε αισθητή μεταβολή στην ένδειξη του θερμομέτρου. Τότε, θέστε σε λειτουργία το χρονόμετρο και πάρτε μετρήσεις θερμοκρασίας-χρόνου κάθε 30 δευτερόλεπτα, **ξεκινώντας από το t=0**. Καταγράψτε τις μετρήσεις στον πίνακα Α. Μόλις καταγράψετε την τελευταία μέτρηση (για t=240s), μηδενίστε το ρεύμα, βγάλτε το καπάκι από το κύπελλο και αδειάστε το νερό από το κύπελλο.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α [Πείραμα 1]		
t s	**θ C**	**$\Delta\theta=\theta-\theta_0$ C**
0		0
30		
60		
90		
120		
150		
180		
210		
240		

ΠΙΝΑΚΑΣ Β [Πείραμα 2]		
t s	**θ C**	**$\Delta\theta=\theta-\theta_0$ C**
0		0
30		
60		
90		
120		
150		
180		
210		
240		

Πείραμα 2

5) Ζυγίστε το πλακίδιο αλουμινίου (Μ) και τοποθετήστε το μέσα στο κύπελλο. Ρίξτε μέσα στο κύπελλο νερό μάζας **m_1=0,12Kg**, σφραγίστε το με το καπάκι του και επαναλάβατε τα βήματα 3 και 4, καταγράφοντας τις μετρήσεις σας στον πίνακα Β.

Μάζα πλακιδίου αλουμινίου: **Μ=______Kg**

Επεξεργασία δεδομένων

6) Συμπληρώστε όλες τις στήλες των πινάκων Α και Β.
7) Στο τετραγωνισμένο χαρτί σχεδιάστε σύστημα αξόνων χρόνου t (οριζόντιος) - μεταβολής θερμοκρασίας Δθ (κάθετος), με τις κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία (σύμφωνα με τους πίνακες μετρήσεων Α και Β) και χαράξτε τις πειραματικές ευθείες που αντιστοιχούν στα δύο πειράματα. Υπολογίστε την κλίση κάθε ευθείας:

   Κλίση της ευθείας που αντιστοιχεί στη θέρμανση μόνο νερού (πείραμα1):
   κ=__________

   Κλίση της ευθείας που αντιστοιχεί στη θέρμανση νερού και μετάλλου (πείραμα 2):
   $κ_1$=__________

   Εφαρμόστε τις σχέσεις 9 και 10 και υπολογίστε τις πειραματικές τιμές των ειδικών θερμοτήτων του νερού (c) και του μετάλλου ($c_μ$).

   c=___________J/KgC

   $c_μ$=__________ J/KgC

Ερωτήσεις

1. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα, υπολογίστε την ηλεκτρική ενέργεια ($E_{ηλ}$) που μετατράπηκε σε θερμότητα στον αντιστάτη, από τη χρονική στιγμή t=0s έως την τελευταία μέτρηση, σε κάθε πείραμα.

   Στο πείραμα 1: ____

   Στο πείραμα 2: ____

2. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα του πειράματος 2, υπολογίστε τη θερμότητα Q που μεταφέρθηκε στο νερό και τη θερμότητα $Q_{μετ}$ που μεταφέρθηκε στο αλουμινένιο πλακίδιο, από τη χρονική στιγμή t=0s έως την τελευταία μέτρηση, που έχετε καταγράψει στον πίνακα Β. Ελέγξτε κατά πόσον ικανοποιείται η αρχή διατήρησης της ενέργειας.

   Q=_________J

   $Q_{μετ}$=_________J

   ____
   ____

3. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι στην περιοχή θερμοκρασιών, όπου διεξήχθη η πειραματική διαδικασία, η τιμή της ειδικής θερμότητας του

νερού, είναι c=4190J/KgC. Σε ποιους από τους παρακάτω λόγους πιστεύετε ότι οφείλεται η όποια διαφορά της πειραματικής τιμής που βρήκατε, από εκείνη της βιβλιογραφίας; [Επιλέξτε ποιες από τις ακόλουθες απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες]

a. Σε υποκειμενικά σφάλματα κατά τη μέτρηση του χρόνου και της θερμοκρασίας του συστήματος. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
b. Σε αναπόφευκτες απώλειες θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον του. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
c. Η θεωρία, με βάση την οποία έγινε ο σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας, δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
d. Σε σφάλματα που έγιναν κατά τη χάραξη της πειραματικής ευθείας και στον υπολογισμό της κλίσης της. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
e. Η αρχή της διατήρησης της ενέργειας δεν ισχύει ακριβώς, όταν η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**

Αξιολόγηση της άσκησης

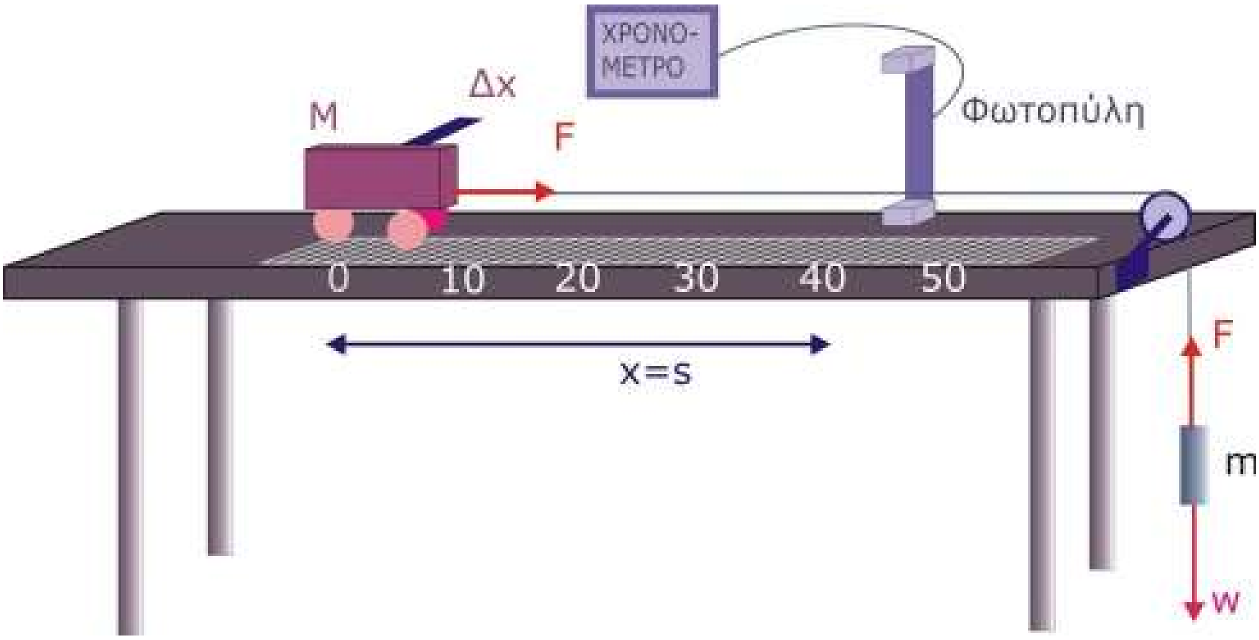
Λύκειο ___________________________

Μέτρηση αντίστασης	3	0 - 3	
Ζυγίσεις	3	0 - 3	
Συναρμολόγηση και λειτουργία πειραματικής διάταξης	12	Σύνθεση κυκλώματος: 0-3 Θέσεις θερμομέτρου - αντιστάτη: 0-3 Ρύθμιση ρεύματος: 0-3 Ανάδευση: 0-3	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων στο πείραμα 1	4	0-4	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων στο πείραμα 2	4	0-4	
Συμπλήρωση των πινάκων Α και Β	8	Συμπλήρωση των στηλών με τις θερμοκρασίες: 0-2 Συμπλήρωση των στηλών με τις μεταβολές θερμοκρασίας: 0-6	
Κλίμακες, μονάδες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος.	8	Κλίμακα - βαθμονόμηση: 0-6 Μονάδες: 0-2	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων.	4	0-4	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας.	6	Πείραμα1: 0-3 Πείραμα2: 0-3	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	6	Πείραμα1: 0-3 Πείραμα2: 0-3	
Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας του νερού	10	Απόκλιση έως 10%: 10 Απόκλιση 10 έως 20%: 7 Απόκλιση 20-30%: 3 Απόκλιση >30%: 0	
Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας του μετάλλου	10	Απόκλιση έως 10%: 10 Απόκλιση 10 έως 20%: 7 Απόκλιση 20-30%: 3 Απόκλιση >30%: 0	
Απάντηση στην ερώτηση 1	4	Στο πείραμα 1: 0-2 Στο πείραμα 2: 0-2	
Απάντηση στην ερώτηση 2	8	1η υπό-ερώτηση: 0-2 2η υπό-ερώτηση: 0-2 3η υπό-ερώτηση: 0-4	
Απάντηση στην ερώτηση 3	10	0-2 για κάθε σωστή επιλογή	
Σύνολο	**100**		

ΠΑΝΕΚΦΕ

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2011
Πανελλήνιος προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική

Σχολείο: ______________________________________
Ονόματα των μαθητών της ομάδας:
1) ______________________________________
2) ______________________________________
3) ______________________________________



Σχήμα 1

Εργαστηριακή Άσκηση: Μέτρηση της μάζας κινούμενου σώματος

Ως αδρανειακή μάζα (ή απλά, μάζα M) ορίζεται ο λόγος της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα, προς την επιτάχυνση που η δύναμη αυτή του προσδίδει. Ως βαρυτική μάζα σώματος ορίζεται το μέγεθος M΄, που προσδιορίζει το βάρος W του σώματος, από τη σχέση: $W = M' \cdot g$, όπου g είναι η ένταση του πεδίου βαρύτητας, που έλκει το σώμα. Η M΄ μετρείται με ζύγιση του σώματος.

Στη διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 1 το αμαξάκι (μάζας M) και το βαρίδι (m) συνδέονται με μη εκτατό και αμελητέου βάρους νήμα, που διέρχεται από ελαφριά τροχαλία. Στο αμαξάκι -στην πάνω επιφάνειά του και κάθετα στη μεγαλύτερη πλευρά της, (σχήμα 1)- είναι κολλημένη χάρτινη λωρίδα πλάτους Δx. Το αμαξάκι ξεκινά πάντοτε από την ίδια θέση x=0. Το βαρίδι κινείται κατακόρυφα, **χωρίς να αιωρείται**. Τη χρονική στιγμή t=T, η χάρτινη λωρίδα διέρχεται από τη φωτοπύλη, η οποία βρίσκεται στη σταθερή θέση x=s ως προς την αρχική θέση του αμαξιού. Το χρονόμετρο (στην επιλογή F1) καταγράφει το χρονικό διάστημα Δt, που απαιτήθηκε για να διέλθει η λωρίδα κατά πλάτος Δx από τη φωτοπύλη. Η μετατόπιση του αμαξιού στο χρονικό διάστημα Δt είναι ίση με το πλάτος Δx της χάρτινης λωρίδας. Η ταχύτητα του αμαξιού στη θέση x=s, μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση v=Δx/Δt. Η κίνηση του συστήματος των δύο σωμάτων περιγράφεται με τις εξισώσεις:

$$F = M \cdot a$$

$$w - F = m \cdot a \qquad (1)$$

$$(M + m) \cdot a = w$$

όπου F συμβολίζει την τάση του νήματος και a την κοινή επιτάχυνση των δύο σωμάτων. **Έχουμε θεωρήσει ότι οι τριβές είναι αμελητέες**.

Από τις εξισώσεις (1) προκύπτει ότι η επιτάχυνση a του αμαξιού δίδεται από τη σχέση:

$$a = \frac{w}{M + m} \qquad (2)$$

Βλέπουμε ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή, επομένως το αμαξάκι κάνει κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, χωρίς αρχική ταχύτητα. Τη χρονική στιγμή T, που διέρχεται από τη φωτοπύλη, η θέση του s και η ταχύτητά του v ικανοποιούν τις σχέσεις:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot T^2 \qquad (3)$$

$$v = a \cdot T \qquad (4)$$

Από τις σχέσεις 2 έως 4, προκύπτει ότι:

$$T^2 = \frac{2 \cdot s}{w}(M + m) \qquad (5)$$

και

$$T = \frac{2 \cdot s}{v} \qquad (6)$$

Από τις σχέσεις 5 και 6 προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1) Η σχέση 5 μας λέει ότι: αφού τα m, s και w είναι σταθερά το τετράγωνο του χρόνου κίνησης του αμαξιού από την αρχική του θέση (x=0) έως τη φωτοπύλη (x=s) είναι γραμμική συνάρτηση της μάζας του M. **Η σχέση του T^2 με το M παριστάνεται με μια ευθεία γραμμή**.

2) Ο χρόνος T μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της σχέσης 6. Όπου s είναι η θέση της φωτοπύλης ως προς την αρχική θέση του αμαξιού και v είναι η ταχύτητα του αμαξιού όταν διέρχεται από τη φωτοπύλη. Η τιμή της v υπολογίζεται πειραματικά από τη σχέση:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (7)$$

όπου Δx είναι το πλάτος χάρτινης λωρίδας (Δx=1cm) και Δt είναι ο χρόνος που χρειάζεται η λωρίδα για να διέλθει από τη φωτοπύλη. Το χρόνο Δt μετράει το ηλεκτρονικό χρονόμετρο της φωτοπύλης στην επιλογή F_1.

[Σημείωση: Το χρονόμετρο στην επιλογή F1 μετράει το χρόνο Δt, που η χάρτινη λωρίδα διακόπτει τη φωτεινή δέσμη της φωτοπύλης οπότε και η μετατόπιση του αμαξιού είναι ίση με το πλάτος της : Δx=1cm]

3) Όλα τα μεγέθη στη σχέση 5 μπορούμε να τα μετρήσουμε. Δηλαδή **η ευθεία T^2-M μπορεί να σχεδιαστεί πειραματικά**.

Πειραματική διαδικασία

Όργανα και υλικά:

1) Αμαξάκι εργαστηρίου.
2) Μεταλλικές πλάκες, που προσαρμόζονται στο αμαξάκι.
3) Σώμα άγνωστης μάζας που μπορεί να αναρτηθεί στο αμαξάκι.

4) Ζυγός τριπλής φάλαγγας ή ηλεκτρονικός ζυγός με δυνατότητα ζύγισης έως 2Kg και ακρίβεια 1g.
5) Ηλεκτρονικό χρονόμετρο με φωτοπύλη .
6) Χάρτινη λωρίδα 1cmx10cm. Η οποία τοποθετείτε σταθερά στο αμαξάκι, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Η λωρίδα πρέπει να προεξέχει αρκετά από τη μια πλευρά του αμαξιού, ώστε κατά την κίνησή του να μπορεί να διέλθει ελεύθερα από τη φωτοπύλη.
7) Βάση, ράβδος στήριξης μήκους 20 cm περίπου, λαβίδα και σύνδεσμος για τη στήριξη της φωτοπύλης.
8) Ελαφριά τροχαλία με σύστημα στήριξης στον εργαστηριακό πάγκο.
9) Βαρίδι μάζας 200g με άγκιστρο, ώστε να μπορεί να αναρτηθεί στο άκρο του νήματος (σχήμα 1).
10) Ξύλινη ορθογώνια ράβδος και σφικτήρα τύπου C, για τον προσδιορισμό της αρχικής -σταθερής- θέσης του αμαξιδίου.
11) Νήμα μήκους 1m (περίπου).
12) Μετρητική ταινία μήκους ενός μέτρου (σχήμα 1).
13) Φύλλο μιλιμετρέ.

Στόχος μας είναι ο πειραματικός υπολογισμός της αδρανειακής μάζας ενός σώματος, μέσω του γραφήματος T^2-M (εξίσωση 5). Συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με τη βαρυτική μάζα του, που προκύπτει από τη ζύγισή του.

Σχεδιασμός του γραφήματος T^2-M
[Όλα τα μεγέθη θα εκφραστούν στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων. Προσεγγίσεις: Μάζα Μ: ±0,01Kg Θέση s: ±0,01m Χρόνος Δt: ±0,001s Χρόνος Τ: ±0,01s Ταχύτητα v: ±0,01m/s Τετράγωνο του χρόνου Τ, T^2: ±0,01s^2 Βάρος w: ±0,1N]

A. Ζυγίζουμε το αμαξάκι και καταχωρούμε τη μάζα του στον Πίνακα Μετρήσεων. Αφήνουμε το αμαξάκι να κινηθεί όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα. Με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετράμε το χρόνο Δt που χρειάζεται η χάρτινη λωρίδα, πλάτους Δx=1cm, να διέλθει από τη φωτοπύλη και καταχωρούμε την ένδειξη του χρονομέτρου με τρία δεκαδικά ψηφία στον Πίνακα Μετρήσεων [Για αποφυγή σφαλμάτων από το χειρισμό της διάταξης, η μέτρηση να γίνει τουλάχιστον τρεις φορές]. Υπολογίζουμε την ταχύτητα (v) και στη συνέχεια το χρόνο (Τ). Καταχωρούμε όλες τις τιμές στον Πίνακα Μετρήσεων.
B. Αλλάζουμε τη μάζα του αμαξιού, προσθέτοντας διαδοχικά μία, δύο, τρεις, μεταλλικές πλάκες (τις οποίες ζυγίζουμε) και επαναλαμβάνουμε κάθε φορά την ίδια διαδικασία (βήμα Α). Καταγράφουμε όλες τις τιμές στον Πίνακα Μετρήσεων.
C. Συμπληρώνουμε όλα τα κελιά του Πίνακα Μετρήσεων. Σε χαρτί μιλιμετρέ σχεδιάζουμε σύστημα αξόνων Μ (οριζόντιο) και T^2 (κάθετο), με κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετούμε τις πειραματικές τιμές των T^2 και Μ και σχεδιάζουμε το γράφημα T^2-M.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				
Δx=1cm s=0,4m g=9,8m/s^2				
M (Kg}	**Δt (s)**	**$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (m/s)**	**T (s)**	**T^2 (s^2)**

Επεξεργασία δεδομένων - Ερωτήσεις

1. Υπολογίζουμε την κλίση κ του γραφήματος και από αυτή, το βάρος w του βαριδιού που κινείται κατακόρυφα.

   κ=___________ (μονάδες S.I.)

   w=___________N

   a. Ζυγίζουμε το βαρίδι και από τη σχέση βάρους-μάζας, υπολογίζουμε το βάρος του w.

      m=_________ Kg

      w=_________ N

   b. Πού οφείλεται η όποια διαφορά μεταξύ των δύο τιμών του βάρους w του βαριδιού; [Επιλέγουμε ποιές απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λάθος]
      1) Στο πείραμα, μεταξύ των σωμάτων της πειραματικής διάταξης αναπτύσσονται και δυνάμεις τριβής, οι οποίες δεν έχουν ληφθεί υπόψη στην παραγωγή της θεωρητικής σχέσης 5. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
      2) Το θεωρητικό μοντέλο, στο πλαίσιο του οποίου έχει παραχθεί η σχέση 5 είναι λανθασμένο. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
      3) Το ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετράει το χρόνο κίνησης του αμαξιού από την αρχική θέση του, μέχρι τη φωτοπύλη. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
      4) Ενδεχομένως, η διαφορά των δύο τιμών οφείλεται στο ότι ο πάγκος δεν είναι εντελώς οριζόντιος και επίπεδος, με συνέπεια το αμαξίδιο να επιταχύνεται και από συνιστώσες του βάρους του. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**

2. Τοποθετούμε πάνω στο αμαξάκι το σώμα Σ_x άγνωστης μάζας m_x. Υπολογίζουμε τη μάζα του m_x με τη βοήθεια του γραφήματος (**T^2-M)** που έχουμε σχεδιάσει, ακολουθώντας την ίδια πειραματική διαδικασία.

s m	Δt s	v m/s	T s	T^2 s^2
0,4				

   Μάζα αμαξιού και σώματος Σ_x: ________ Kg

   m_x=_______ Kg

3. Ζυγίζουμε το Σ_x με ένα ζυγό.

   m'_x=_______ Kg

   Υπολογίζουμε την επί τοις εκατό διαφορά των τιμών των **m_x** και **m'_x**.

   ____

   ____

4. **Μελετάμε το κείμενο και απαντάμε στις ερωτήσεις:** «Οι δύο μάζες του σώματος Σ_x αφορούν δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη: Η **m_x** είναι η αδρανειακή μάζα του Σ_x, δηλαδή το μέτρο της αδράνειας του σώματος όταν πάνω του ενεργούν δυνάμεις που το επιταχύνουν. Η **m'_x** είναι η βαρυτική μάζα, δηλαδή προσδιορίζει το μέτρο

της δύναμης με την οποία η γη έλκει το $Σ_x$ (το βάρος του). Ωστόσο, στο πείραμα οι δύο μάζες χρησιμοποιούνται αδιάκριτα».

Α) Πώς τεκμηριώνεται, **σύμφωνα με την πειραματική διαδικασία**, ότι η $\mathbf{m_x}$ αφορά στην αδρανειακή μάζα και η $\mathbf{m'_x}$ στη βαρυτική μάζα του σώματος;

____
____
____
____
____

Β) Γιατί μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις δύο μάζες αδιακρίτως, σαν να πρόκειται για το ίδιο μέγεθος;

____
____
____
____
____

Γ) Ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα του πειράματος αυτού, όσον αφορά στις μετρήσεις της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας του σώματος $Σ_Χ$ αν το πείραμα αυτό γινόταν στη Σελήνη αντί για τη Γη; (Απάντηση αιτιολογημένη.)

____
____
____
____
____

Αξιολόγηση της άσκησης

Σύνθεση της πειραματικής διάταξης, σύμφωνα με το σχήμα	1
Τοποθέτηση του αμαξιδίου στην αρχική θέση του και της φωτοπύλης στη θέση s=0,4m	1
Κίνηση του αμαξιδίου παράλληλα με τη μετρητική χαρτοταινία και με το νήμα	1
Το βαρίδι που κινείται κατακόρυφα δεν αιωρείται	1
Ζύγιση αμαξιδίου και πλακιδίων -Συμπλήρωση της πρώτης στήλης του πίνακα μετρήσεων (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Μέτρηση του χρόνου Δt (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Υπολογισμός της ταχύτητας v (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Υπολογισμός του χρόνου T και του T^2 (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Τοποθέτηση δεδομένων και γενική εικόνα του Πίνακα Μετρήσεων	2
Κλίμακες, βαθμονόμηση, μονάδες αξόνων γραφήματος (2+1+1 μονάδα για κάθε άξονα)	8
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων (1 μονάδα για κάθε σημείο)	4
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας	2
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας	2
Υπολογισμός του βάρους w του βαριδιού μέσω της κλίσης	2
Υπολογισμός του βάρους w του βαριδιού μέσω ζύγισης	2
Ερώτηση 1b πολλαπλής επιλογής (2 μονάδες για κάθε σωστή επιλογή)	8
Μέτρηση της μάζας του άγνωστου σώματος μέσω του γραφήματος (Μέτρηση του Δt: 1 μονάδα - Υπολογισμός του v: 1 μονάδα - Υπολογισμός του T και του T^2: 1 μονάδα - Υπολογισμός του $M+m_x$ από το γράφημα 2 μονάδες - Υπολογισμός του m_x: 1 μονάδα)	6
Μέτρηση της m_x με ζύγιση	1
Υπολογισμός της $\lvert m_x - m'_x \rvert / m_x$	2
Απάντηση στην ερώτηση 4Α	3
Απάντηση στην ερώτηση 4Β	3
Απάντηση στην ερώτηση 4Γ	3
Σύνολο μονάδων (Μ)	**68**
Βαθμολογία με άριστα το 100 (Β): Β=Μx100/68	**100**

Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός
για την επιλογή στην 10η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστημών - EUSO 2012
Σάββατο 21 Ιανουαρίου 2012

ΦΥΣΙΚΗ

Σχολείο:……………………………………………………………………………………………………

1) …………………………………………………………………………………………………

Ονομ/επώνυμα μαθητών: 2) …………………………………………………………………………………………………..

3) …………………………………………………………………………………………………

Μελέτη της σχέσης αγωγιμότητας - περιεκτικότητας (w/w) ιοντικού διαλύματος

Κεντρική ιδέα

Στόχος της άσκησης είναι η **πειραματική μελέτη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αραιού διαλύματος άλατος σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα (w/w) του διαλύματος** (η μελέτη περιορίζεται σε ορισμένη περιοχή τιμών της περιεκτικότητας κατά βάρος (w/w)). Η σχέση αγωγιμότητας - συγκέντρωσης που προκύπτει από την πειραματική διαδικασία, απεικονίζεται με ένα γράφημα. Το γράφημα χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης προπαρασκευασμένου διαλύματος του ίδιου άλατος. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η αξιοπιστία της πειραματικής διαδικασίας.

Βασικές Έννοιες και Φυσικά Μεγέθη: Βολτάμετρο - Ιοντικό διάλυμα - Ηλεκτρική αντίσταση και αγωγιμότητα του βολτάμετρου- Περιεκτικότητα διαλύματος κατά βάρος (w/w)

Θεωρητικό υπόβαθρο και σχεδιασμός του πειράματος

Αγωγιμότητα ιοντικού διαλύματος - Ο νόμος του Ohm

Είναι γνωστό ότι ένα ιοντικό διάλυμα είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, συμπεριφέρεται όπως ένας αντιστάτης, δηλαδή υπακούει στο **νόμο του Ohm**.

Σε ένα δοχείο ρίχνουμε μια ποσότητα ιοντικού διαλύματος, για παράδειγμα διάλυμα άλατος ορισμένης περιεκτικότητας c, και βυθίζουμε στο διάλυμα δύο ίδια μεταλλικά ελάσματα (**ηλεκτρόδια**). Τότε λέμε ότι έχουμε φτιάξει ένα **βολτάμετρο** (σχήμα 1).

Σύμφωνα με το νόμο του Ohm, αν στα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου εφαρμόσουμε τάση V, τότε από το διάλυμα θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα I, ανάλογο της τάσης V:

$$I = G \cdot V \qquad (1)$$

Η σταθερά G ορίζεται ως **αγωγιμότητα του βολτάμετρου**. Η αγωγιμότητα G ισούται με το αντίστροφο της αντίστασης (R) του βολτάμετρου $\left(G = \frac{1}{R}\right)$ και μετράται σε Ω^{-1}.

Από τη σχέση 1 είναι φανερό ότι για σταθερή τάση V, το ρεύμα που διέρχεται από το βολτάμετρο είναι ανάλογο της αγωγιμότητάς του. Επιπλέον, η σχέση 1 μας δείχνει και έναν τρόπο **πειραματικού υπολογισμού της αγωγιμότητας G** του βολτάμετρου: Συνδέουμε το βολτάμετρο σε κλειστό κύκλωμα που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Με ένα **βολτόμετρο** μετράμε την τάση V στους πόλους του βολτάμετρου και με ένα **αμπερόμετρο** το ρεύμα I που διέρχεται από αυτό. Τότε η αγωγιμότητα G του βολτάμετρου είναι ίση με το λόγο του ρεύματος προς την αντίστοιχη τάση:

$$G = \frac{I}{V} \qquad (2)$$

Η αγωγιμότητα G βολτάμετρου που περιέχει ιοντικό διάλυμα, εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

1) Το μέγεθος, τη θέση και τη μορφή των ηλεκτροδίων του βολτάμετρου.
2) Τη θερμοκρασία του διαλύματος
3) Την περιεκτικότητα (ή τη συγκέντρωση) του ιοντικού διαλύματος

Συμπεραίνουμε ότι αν θέλουμε να μελετήσουμε πειραματικά την αγωγιμότητα του βολτάμετρου σε συνάρτηση με έναν από τους παραπάνω παράγοντες, πρέπει να φροντίσουμε οι άλλοι δύο, κατά τη διάρκεια του πειράματος, να διατηρούνται αμετάβλητοι. **Έτσι, για να μελετήσουμε την αγωγιμότητα σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα του διαλύματος, πρέπει να φροντίσουμε ώστε τα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου να διατηρούνται σε σταθερές θέσεις και η θερμοκρασία του διαλύματος σταθερή.**

Σύμφωνα με ένα απλό θεωρητικό μοντέλο, μπορούμε να δείξουμε ότι η αγωγιμότητα G είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που υπάρχουν στο διάλυμα. Έτσι, αν σε νερό βρύσης διαλύσουμε μαγειρικό αλάτι και φτιάξουμε ένα διάλυμα περιεκτικότητας c κατά βάρος (w/w) ως προς το μαγειρικό αλάτι που διαλύσαμε, τότε σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο, η αγωγιμότητα του βολτάμετρου θα δίδεται από τη σχέση:

$$G = \lambda \cdot c + G_0 \qquad (3)$$

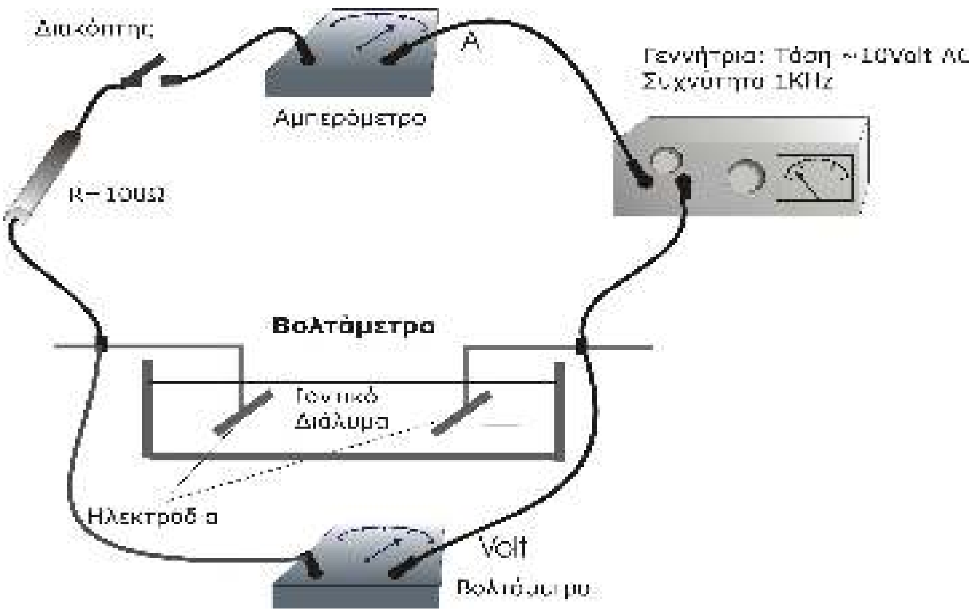
όπου: λ σταθερά εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, το είδος του διαλύματος και τον τρόπο κατασκευής του βολτάμετρου και G_0 η αγωγιμότητα του βολτάμετρου όταν αυτό περιέχει νερό βρύσης.

Στην πειραματική διαδικασία που ακολουθεί, για διαφορετικές τιμές της περιεκτικότητας c διαλύματος αλατόνερου, μετράμε την αντίστοιχη τιμή της αγωγιμότητας του βολτάμετρου και ελέγχουμε την ισχύ της θεωρητικής σχέσης 3.

Πειραματική διαδικασία

Όργανα και υλικά

1. Γεννήτρια YB16200. [Ρυθμίσεις: Κυματομορφή AC, Συχνότητα 1KHz, Ισχύς: Power OVt]
2. Δύο Πολύμετρα.
3. Αντιστάτης 100Ω.
4. Βολτάμετρο: Σύστημα ηλεκτροδίων και δοχείου. Απόσταση ηλεκτροδίων 4cm
5. Διακόπτης μαχαιρωτός.
6. Πέντε καλώδια Μπανάνα-Μπανάνα και δύο Μπανάνα-Κροκόδειλος.
7. Ογκομετρικό δοχείο 150-200mL.
8. Ένα γυάλινο χωνάκι.
9. Έξι πλαστικά φιαλίδια με διαλύματα αλατόνερου διαφορετικών περιεκτικοτήτων.
10. Χαρτί millimeter.
11. Αριθμομηχανή.
12. Χάρακας 20-30cm.
13. Μολύβι, στυλό, γόμα.



Σχήμα 1

1. Τοποθετούμε τα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου παράλληλα μεταξύ τους και τα σταθεροποιούμε ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι 4cm. Ρυθμίζουμε τη συχνότητα της πηγής στο 1KHz και τη διατηρούμε στην τιμή αυτή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.
2. Συναρμολογούμε το κύκλωμα που αναπαρίσταται στο σχήμα 1. [Ο ρόλος του αντιστάτη των 100Ω είναι να αποτρέψει την αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος]
3. Αδειάζουμε μέσα στο βολτάμετρο το διάλυμα αλατόνερου περιεκτικότητας 1% (w/w), που βρίσκεται στο αντίστοιχο πλαστικό φιαλίδιο.
4. **Πριν κλείσουμε το διακόπτη του κυκλώματος ζητάμε από τον επιβλέποντα καθηγητή να ελέγξει την όλη πειραματική διάταξη.**
5. Γυρίζουμε το πλάτος του σήματος της ηλεκτρικής πηγής στη μέγιστη τιμή. Μετράμε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στους πόλους του βολτάμετρου. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στον πίνακα μετρήσεων. [**Η τάση θα μετρηθεί σε Volt με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου και το ρεύμα σε A, με προσέγγιση δύο δεκαδικών ψηφίων**]
6. Ανοίγουμε το διακόπτη, αποσυνδέουμε το βολτάμετρο από το κύκλωμα και με το χωνάκι ρίχνουμε το διάλυμα μέσα στο φιαλίδιο, από το οποίο το πήραμε. Καθαρίζουμε το βολτάμετρο με απορροφητικό χαρτί και το ξανασυνδέουμε στο κύκλωμα. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 3, 5 και 6, χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα διαλύματα.
7. Συμπληρώνουμε όλα τα κελιά του πίνακα μετρήσεων. [**Η αγωγιμότητα θα υπολογιστεί σε Ω^{-1} με προσέγγιση τριών δεκαδικών ψηφίων**]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			
c (g διαλυμένης ουσίας)/(100g διαλύματος)	**V Volt**	**I A**	$G=\frac{I}{V}$ **Ω^{-1}**
1			
1,5			
2			
2,5			
3			

Επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων

1. Σε χαρτί millimeter, σχεδιάζουμε σύστημα αξόνων περιεκτικότητας (οριζόντιος) και αγωγιμότητας (κάθετος), επιλέγοντας τις κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία, σύμφωνα με τον πίνακα μετρήσεων και σχεδιάζουμε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των σημείων.
2. Εκτιμάτε ότι επικυρώνεται το θεωρητικό μας μοντέλο, στην περιοχή των τιμών της περιεκτικότητας των διαλυμάτων που χρησιμοποιήσαμε; **[ΝΑΙ - ΟΧΙ]**. Αν **ΝΑΙ**, με βάση την πειραματική ευθεία που σχεδιάσατε, υπολογίστε τις σταθερές λ και G_0 που υπεισέρχονται στη σχέση 3.

   <u>**Υπολογισμοί:**</u>

   ____

   ____

____
____
____

λ=________

G_0=_______

3. Ζητήστε από τον επιβλέποντα καθηγητή προπαρασκευασμένο διάλυμα αλατόνερου, άγνωστης σε εσάς περιεκτικότητας c_x. Υπολογίστε πειραματικά την περιεκτικότητα του διαλύματος, χρησιμοποιώντας την πειραματική σας διάταξη και την ευθεία που σχεδιάσατε. **Μόλις συναρμολογήσετε το κύκλωμα και πριν κάνετε μετρήσεις, καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή**.

<u>**Υπολογισμοί:**</u>

Τάση V=______Volt   Ρεύμα I=______ A   Αγωγιμότητα G=________ Ω^{-1}

c_x=_________

4. Στο βήμα 2 της πειραματικής διαδικασίας αναφέρθηκε ότι ο ρόλος της αντίστασης των 100Ω που χρησιμοποιήσαμε στο κύκλωμα ήταν να αποτρέψει την αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος. Εξηγήστε το μηχανισμό με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό.
____
____
____
____
____
____
____
____

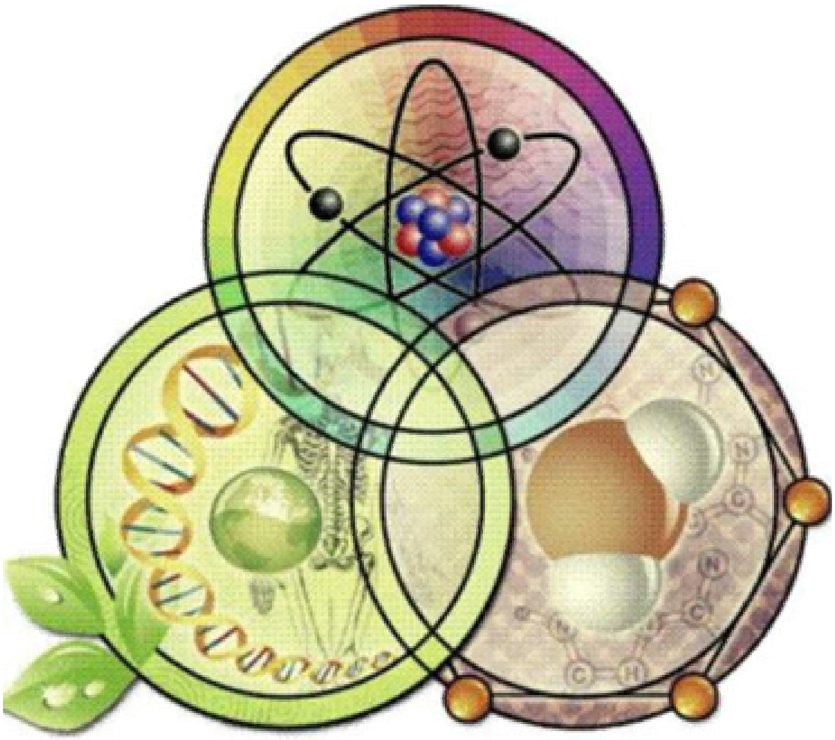
Βαθμολόγηση της άσκησης

Εργαστηριακή θέση: ______

Συναρμολόγηση του κυκλώματος, με βάση το σχήμα 1	0-4	
Σύνδεση του βολτομέτρου (επιλογή ακροδεκτών και θέσης επιλογέα)	0-2	
Σύνδεση του αμπερομέτρου (επιλογή ακροδεκτών και θέσης επιλογέα)	0-2	
Τοποθέτηση κάθε διαλύματος στο βολτάμετρο: -2 μονάδες αν χρειαστεί πρόσθετο διάλυμα	-	
Μέτρηση και καταγραφή του ρεύματος με την απαιτούμενη προσέγγιση (0-1 μονάδες για κάθε διάλυμα)	(0-1)x5	
Μέτρηση και καταγραφή της τάσης με την απαιτούμενη προσέγγιση (0-1 μονάδες για κάθε διάλυμα)	(0-1)x5	
Υπολογισμός της αγωγιμότητας για κάθε διάλυμα (0-1)	(0-1)x5	
Μουντζούρες στον πίνακα μετρήσεων: -2 μονάδες	-	
Κλίμακες, μονάδες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος: 3 μονάδες για κάθε άξονα	2x3	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων: 1 μονάδα για κάθε σημείο	(0-1)x5	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας $G = \lambda \cdot c + G_0$	0-4	
Υπολογισμός της σταθεράς λ	0-4	
Υπολογισμός της σταθεράς G_0	0-4	
Υπολογισμός της περιεκτικότητας του άγνωστου διαλύματος: Συναρμολόγηση του κυκλώματος: 0-2 Μέτρηση της τάσης: 0-2 Μέτρηση του ρεύματος: 0-2 Υπολογισμός της αγωγιμότητας: 0-2 Υπολογισμός της περιεκτικότητας από την πειραματική ευθεία: 0-4	0-12	
Σύγκριση της πειραματικής τιμής με την τιμή του παρασκευαστή: Σχετικό σφάλμα<10%: 10 Σχετικό σφάλμα μεταξύ 10 και 15%: 5 Σχετικό σφάλμα >15%:0	0-10	
Απάντηση στην ερώτηση 4	0-12	
Βαθμός=Μονάδεςx100/80	**max=80**	**max=100**

Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός
για την επιλογή στην 11η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστημών - EUSO 2013
Σάββατο 19 Ιανουαρίου 2013

ΦΥΣΙΚΗ



Σχολείο: ……………………………………………………………

Ονόματα των μαθητών:

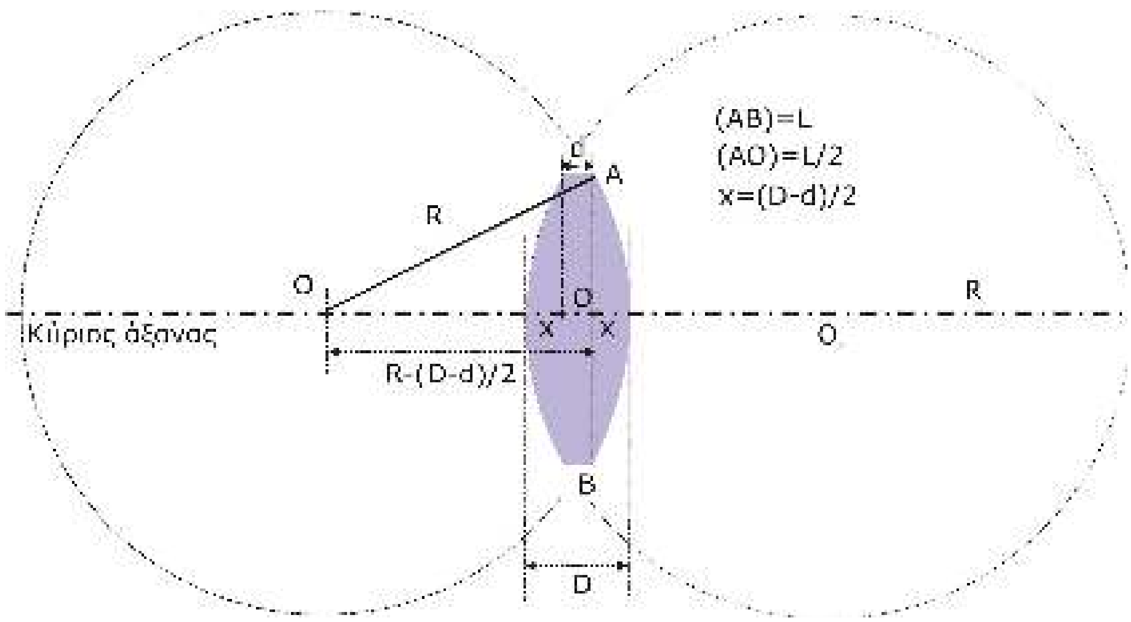
1) ………………………………………………………………………
2) ………………………………………………………………………
3) ………………………………………………………………………

Πειραματική μελέτη λεπτών σφαιρικών φακών

Στόχοι της εργαστηριακής άσκησης

1) Μέτρηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών λεπτού αμφίκυρτου συμμετρικού σφαιρικού φακού. Υπολογισμός της εστιακής απόστασης (f) και του δείκτη διάθλασης (n) του υλικού του φακού.
2) Πειραματικός έλεγχος της εξίσωσης $\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{q}$: Σχεδιασμός της πειραματικής ευθείας $y=ax+b$, όπου $x=\frac{1}{p}$ και $y=\frac{1}{q}$. Υπολογισμός του f από το πειραματικό γράφημα.

Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης - Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας



Σχήμα 1: Το πάχος του φακού είναι D. Η διάμετρος του δίσκου του φακού είναι (AB)=L. Ο φακός στην περίμετρό του έχει πάχος d.

Α. Λεπτός σφαιρικός φακός

Στην άσκηση θα μελετήσουμε τις ιδιότητες ενός λεπτού συμμετρικού σφαιρικού φακού. Ο φακός μας αποτελείται από ένα κομμάτι γυαλιού που περιορίζεται από δύο σφαιρικές επιφάνειες ίσης ακτίνας R. Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι n. Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φακού φαίνονται στο σχήμα 1. Με την λέξη «λεπτός» εννοούμε ότι το πάχος D του φακού είναι πολύ μικρότερο της ακτίνας του R: D<<R. Στην περίμετρο του φακού το πάχος του γυαλιού είναι d. Από το ορθογώνιο τρίγωνο AOO_1 προκύπτει η σχέση:

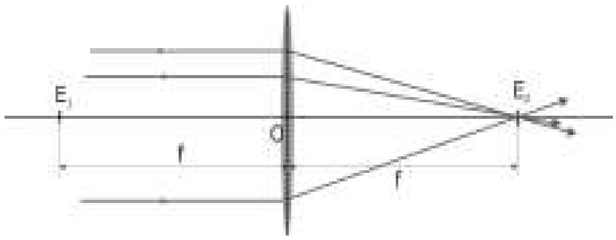
$$R^2=\frac{L^2}{4}+\left(R-\frac{D-d}{2}\right)^2$$

ή:

$$\boxed{R=\frac{L^2}{4(D-d)}+\frac{D-d}{4}} \qquad (1)$$

Από τη σχέση 1 μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την ακτίνα R του φακού, εφόσον μετρήσουμε το πάχος του D, το πάχος d στην περίμετρο και τη διάμετρο του δίσκου του φακού L.

Κάθε λεπτή φωτεινή δέσμη που έχει διεύθυνση παράλληλη με τον κύριο άξονα του φακού, αφού διαθλασθεί, διέρχεται από ένα συγκεκριμένο σημείο του κύριου άξονα που ονομάζεται **κύρια εστία** του φακού (σχήμα 2). Ο φακός έχει δύο κύριες εστίες που βρίσκονται σε συμμετρικές θέσεις ως προς το κέντρο O του φακού. Η απόσταση κάθε κύριας εστίας από το O ονομάζεται **εστιακή απόσταση** (**f**) του φακού και αποτελεί χαρακτηριστικό του γνώρισμα.



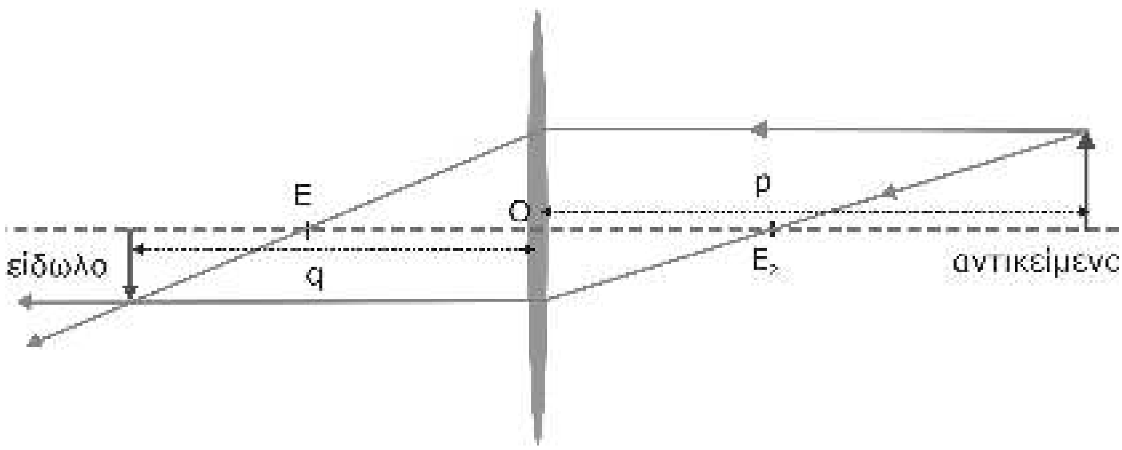
Σχήμα 2: Οι δύο κύριες εστίες E_1 και E_2 του φακού, απέχουν από το κέντρο του O απόσταση f.

Η εστιακή απόσταση του λεπτού φακού σχετίζεται με την ακτίνα R και το δείκτη διάθλασης n. Μπορεί να αποδειχθεί θεωρητικά ότι ισχύει η σχέση:

$$\boxed{n = 1 + \frac{R}{2f}} \qquad (2)$$

Η 2 ονομάζεται «εξίσωση του κατασκευαστή» του φακού. Παρατηρούμε ότι αν μετρήσουμε την ακτίνα R των σφαιρικών επιφανειών του φακού και την εστιακή απόσταση f, τότε από την «εξίσωση του κατασκευαστή» μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά το δείκτη διάθλασης n του γυαλιού από το οποίο έχει κατασκευαστεί ο φακός.

Β. Σχηματισμός ειδώλου, σχετική θέση αντικειμένου-ειδώλου.
Η εικόνα ενός φωτεινού αντικειμένου που σχηματίζεται από ένα φακό ονομάζεται **είδωλο**. Αν είναι δυνατό να προβάλλουμε το είδωλο πάνω σε μια οθόνη, τότε το ονομάζουμε **πραγματικό**. Αντίθετα, αν είναι αδύνατη η προβολή του σε οθόνη, τότε λέγεται **φανταστικό**.
Για να σχηματιστεί από το φακό μας πραγματικό είδωλο, πρέπει να τοποθετήσουμε το φωτεινό αντικείμενο σε σημείο του κύριου άξονα που απέχει από το κέντρο O του φακού απόσταση p μεγαλύτερη της εστιακής (p>f). Τότε μπορούμε να δούμε με



Σχήμα 3: Γεωμετρικός σχηματισμός ειδώλου: α) Κάθε ακτίνα παράλληλη στον κύριο άξονα, διέρχεται από την εστία E_1. β) Κάθε ακτίνα που διέρχεται από την εστία E_2, εξέρχεται από το φακό με διεύθυνση παράλληλη στον κύριο άξονα.

ευκρίνεια το ανεστραμμένο είδωλο πάνω σε μία οθόνη που τοποθετούμε σε κατάλληλη θέση από την άλλη πλευρά του φακού. Με μια μετροταινία μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση q του ειδώλου από το κέντρο Ο του φακού. Αν το αντικείμενο βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση από το φακό ($p \to \infty$), τότε το αντικείμενο σχηματίζεται πάνω στην κύρια εστία του φακού. Για παράδειγμα, το είδωλο του ηλιακού δίσκου σχηματίζεται πάνω στην κύρια εστία του φακού.

Αν τοποθετήσουμε ένα μικρό φωτεινό αντικείμενο -για παράδειγμα ένα κεράκι- πάνω στον κύριο άξονα του φακού, σε απόσταση p από το κέντρο του Ο (p>f), τότε σε ποια απόσταση q από το Ο, από την άλλη πλευρά του φακού, πρέπει να τοποθετήσουμε μια οθόνη για να δούμε με ευκρίνεια το είδωλο της φλόγας του κεριού;

Αποδεικνύεται θεωρητικά ότι μεταξύ των q, p και f ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$\boxed{\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}} \qquad (3)$$

Η σχέση 3 μπορεί να ελεγχθεί πειραματικά: Αν θέσουμε $x = \frac{1}{p}$ και $y = \frac{1}{q}$, τότε από την 3 προκύπτει η εξίσωση:

$$x + y = \frac{1}{f} \qquad (4)$$

ή

$$y = -x + 1/f$$

Η εξίσωση 4 μας λέει ότι καθώς μεταβάλλουμε την απόσταση p του φωτεινού αντικειμένου από το φακό, μεταβάλλεται και η απόσταση του ειδώλου του q, έτσι ώστε το άθροισμα των μεταβλητών x και y να διατηρείται σταθερό και ίσο με το αντίστροφο της εστιακής απόστασης f του φακού. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι για x=0, το y=1/f και για y=0, το x=1/f. Δηλαδή η ευθεία 4 τέμνει τους άξονες Οx και Οy αντίστοιχα, στα σημεία x=1/f και y=1/f.

Ώστε αν για διαφορετικές τιμές της απόστασης p του κεριού από το φακό, μετρήσουμε τις αντίστοιχες αποστάσεις q, του ειδώλου της φλόγας και σχεδιάσουμε την ευθεία που διέρχεται από τα πειραματικά σημεία (x,y), όπου $x = \frac{1}{p}$ και $y = \frac{1}{q}$, μπορούμε να ελέγξουμε πειραματικά τη θεωρητική σχέση 4 και να υπολογίσουμε την εστιακή απόσταση f του φακού.

Πειραματική διαδικασία

Σημείωση: Για να προλάβετε να ολοκληρώσετε την άσκηση στο διαθέσιμο χρόνο, πρέπει να γίνει **καταμερισμός των εργασιών**.

Όργανα και υλικά

1) Λεπτός σφαιρικός συμμετρικός φακός
2) Διαστημόμετρο
3) Μετροταινία
4) Κεράκι σε αλουμινένιο δοχείο και βάση ύψους 1-2cm
5) Χαρτονένια οθόνη
6) Χαρτί
7) Χάρακας 30cm, τρίγωνο
8) Χαρτί μιλιμετρέ
9) Αριθμομηχανή

Πείραμα 1: Μέτρηση του πάχους D του φακού και του πάχους d του γυαλιού στην περίμετρο του φακού. Μέτρηση της διαμέτρου L του δίσκου του φακού. Υπολογισμός της ακτίνας R των σφαιρικών επιφανειών του φακού. Εκτίμηση της τιμής της εστιακής απόστασης f του φακού.

1. Μετρήστε το πάχος D του φακού και το πάχος d του γυαλιού στην περίμετρό του. Μετρήστε τη διάμετρο L του δίσκου του φακού. Χρησιμοποιήστε χαρτί, για να μη γδάρετε την επιφάνεια του φακού. Υπολογίστε την ακτίνα R των σφαιρικών επιφανειών του φακού. Οι μετρήσεις σας να γίνουν σε cm, με προσέγγιση 2ου δεκαδικού ψηφίου.

   D=________cm

   d=________cm

   L=________cm

   R=________cm

2. Τοποθετήστε το φακό σε απόσταση 50cm από το αναμμένο κεράκι. Βρείτε τη θέση που πρέπει να τοποθετήσετε την οθόνη, ώστε να σχηματιστεί ευκρινές (ανεστραμμένο) είδωλο της φλόγας και μετρήστε την αντίστοιχη απόσταση q του ειδώλου από το φακό (σχήμα 4). Στη συνέχεια απομακρύνατε το φακό από το κεράκι, στα 70, 90, 110, 130cm σχηματίζοντας κάθε φορά το είδωλο της φλόγας στην οθόνη και μετρήστε το αντίστοιχο q. Καταγράψτε τις τιμές του q στον πίνακα μετρήσεων Α.

3. Όσο απομακρύνουμε το κεράκι από το φακό, το είδωλό του πλησιάζει στην κύρια εστία και το q τείνει στο f. Για μεταβολή του p από p=110cm στο p=130cm, υπολογίστε την αντίστοιχη μεταβολή Δq του q, καθώς και την επί τοις εκατό μεταβολή του (σ), ως προς το q: $\sigma = \frac{\Delta q}{q'}$ (όπου q′ η τιμή του q που αντιστοιχεί στο p=130cm). Εφόσον το σ είναι μικρότερο του 5% μπορούμε να **κάνουμε την υπόθεση** ότι η τιμή του q′ προσεγγίζει ικανοποιητικά το f. Με βάση αυτό το συλλογισμό, κάντε μια εκτίμηση της τιμής της εστιακής απόστασης του φακού.

Δq=_______cm

$$\sigma = \frac{\Delta q}{q'} = \_\_\_\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_\_ \%$$

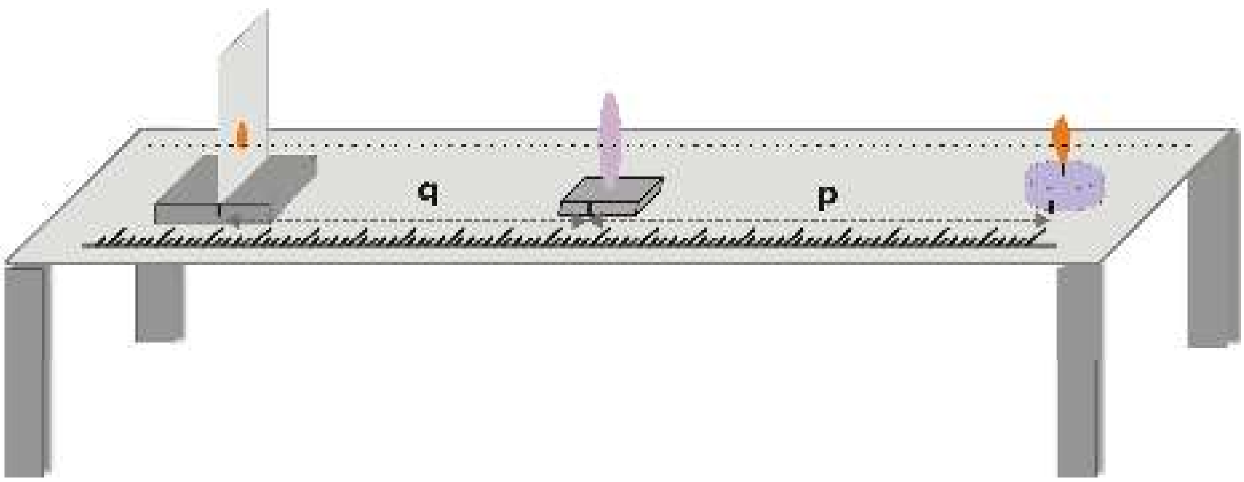
f≈q′=_______cm

Πείραμα 2: Πειραματικός έλεγχος της εξίσωσης 4. Υπολογισμός της εστιακής απόστασης του φακού και του δείκτη διάθλασης του γυαλιού.

1. Τοποθετήστε το φακό σε απόσταση p=30cm ως προς το κεράκι, όπως δείχνει το σχήμα 4. Βρείτε τη θέση της οθόνης, όπου το είδωλο της φλόγας σχηματίζεται με ευκρίνεια. Μετρήστε την αντίστοιχη απόσταση της οθόνης από το φακό και καταγράψτε τη στον πίνακα Β. Επαναλάβατε την ίδια διαδικασία για όλες τις τιμές του p που αναγράφονται στην πρώτη στήλη του πίνακα Β. [**Οι μετρήσεις των p και q να γίνουν σε cm με προσέγγιση ενός δεκαδικού ψηφίου**]

2. Συμπληρώστε όλα τα κελιά του πίνακα Β. [**Οι υπολογισμοί των x και y να γίνουν σε cm^{-1} με προσέγγιση τριών δεκαδικών ψηφίων**]

3. Σε χαρτί μιλιμετρέ σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων (O,x,y), επιλέγοντας την ίδια κλίμακα για τους δύο άξονες. Στο σύστημα αξόνων (O,x,y) τοποθετήστε τα σημεία (x,y), σύμφωνα με τις πειραματικές τιμές του πίνακα Β. Σχεδιάστε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων.



Σχήμα 4.

4. Προεκτείνατε την πειραματική ευθεία έτσι ώστε να προσδιορίσετε τα σημεία τομής της με τους άξονες Ox και Oy. Βρείτε τις αλγεβρικές τιμές των σημείων τομής σε κάθε άξονα.

   Το σημείο τομής της πειραματικής ευθείας με τον άξονα x αντιστοιχεί στην τιμή:

   α=________cm^{-1}

   Το σημείο τομής της πειραματικής ευθείας με τον άξονα y αντιστοιχεί στην τιμή:

   β=________cm^{-1}

5. Σύμφωνα με τη θεωρητική εξίσωση 4, οι τιμές α και β πρέπει να είναι ίσες και το αντίστροφο τους ίσο με την εστιακή απόσταση του φακού.
   a. Υπολογίστε τη μέση τιμή α_μ των α και β: $\alpha_\mu = \frac{\alpha + \beta}{2}$
   b. Υπολογίστε τη σχετική απόκλιση λ των πειραματικών τιμών σας, με βάση τη σχέση: $\lambda = \frac{|\alpha - \beta|}{\alpha_\mu}$. Εκφράστε το λ επί τοις εκατό.
   c. Υπολογίστε την τιμή της εστιακής απόστασης f_μ από τη σχέση $\alpha_\mu = 1/f_\mu$.

   Απαντήσεις:

   α_μ=_______cm^{-1}

   λ=_______=____%

   f_μ=_______cm

6. Υπολογίστε το δείκτη διάθλασης του γυαλιού από το οποίο έχει κατασκευαστεί ο φακός.

   n= _______

7. Ταυτίζεται η τιμή f_μ που υπολογίσατε για την εστιακή απόσταση του φακού από το πείραμα 2 με την τιμή της εστιακής απόστασης που βρήκατε στο πείραμα 1; (**ΝΑΙ - ΟΧΙ**).
   Υπολογίστε τη σχετική απόκλιση λ′ των δύο πειραματικών τιμών και εκφράστε την επί τοις εκατό:
   $\lambda' = \frac{|f - f_\mu|}{\bar{f}}$, όπου $\bar{f} = \frac{f + f_\mu}{2}$ η μέση τιμή των δύο πειραματικών τιμών.

   Απαντήσεις:

   λ′=_______=______%

   Ποιο τρόπο πειραματικού υπολογισμού θεωρείτε περισσότερο αξιόπιστο, και γιατί; [Επιλέξτε τις σωστές (Σ) και τις λανθασμένες (Λ) απαντήσεις]
   a. Το πρώτο πείραμα είναι πιο αξιόπιστο γιατί η απόσταση των 130cm του φακού από το κεράκι (αντικείμενο) είναι αρκετά μεγάλη, ώστε το είδωλο να σχηματιστεί στην κύρια εστία. **Σ - Λ**
   b. Η εκτίμηση που κάναμε για το f στο πρώτο πείραμα δεν είναι αρκετά αξιόπιστη γιατί η υπόθεσή μας ότι η προσέγγιση Δq/q<5% είναι «**καλή**» είναι υποκειμενική και δεν στηρίζεται σε μαθηματικά επιχειρήματα. **Σ - Λ**
   c. Το δεύτερο πείραμα είναι αξιόπιστο διότι επικυρώνει τη θεωρητική εξίσωση 3 και από το πειραματικό γράφημα προέκυψε η τιμή του f. **Σ - Λ**
   d. Το δεύτερο πείραμα δεν είναι αξιόπιστο διότι η πειραματική ευθεία τέμνει τους άξονες στα σημεία (0,α) και (β,0), αλλά δεν ισχύει **ακριβώς** η σχέση α=β, όπως προβλέπεται από τη θεωρία. **Σ - Λ**
   e. Κανένα πείραμα δεν είναι αξιόπιστο διότι η εξίσωση 3 δεν περιγράφει **ικανοποιητικά** τους φακούς του εμπορίου, που χρησιμοποιήσαμε. **Σ - Λ**

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α					
p cm	50	70	90	110	130
q cm					

ΠΙΝΑΚΑΣ Β			
p cm	**q cm**	**$x=1/p$ cm^{-1}**	**$y=1/q$ cm^{-1}**
30			
35			
40			
45			
50			
60			
70			

Αναφορές:

Alonso-Finn, Physics, Addison-Wesley, 1981, sections 27.3, 27.4

http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_(optics)

Αξιολόγηση της άσκησης

Εργαστηριακές θέσεις:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Μέτρηση του πάχους D του φακού ($D_{ΕΚΦΕ}$=0,7cm): |D-0,7|≤0,05: 2μ - 0,05<|D-0,7|≤0,1: 1μ - |D-0,7|>0,1: 0μ											
Μέτρηση του πάχους d του γυαλιού, στην περίμετρο του φακού ($d_{ΕΚΦΕ}$=0,3cm): |d-0,3|≤0,05: 2μ - 0,05<|d-0,3|≤0,1: 1μ - |d-0,3|>0,1: 0μ											
Μέτρηση της διαμέτρου L του δίσκου του φακού ($L_{ΕΚΦΕ}$=6,5cm): |L-6,5|≤0,05: 2μ - 0,05<|L-6,5|≤0,1: 1μ - |L-6,5|>0,1: 0μ											
Υπολογισμός της ακτίνας R των σφαιρικών επιφανειών του φακού ($R_{ΕΚΦΕ}$=26,5cm): |R-26,5|≤1: 2μ - 1<|R-26,5|≤2: 1μ - |R-26,5|>2: 0μ											
Συμπλήρωση του Πίνακα Α: 1μ για κάθε στήλη, εφόσον η αντίστοιχη τιμή έχει απόκλιση ±2cm σε σχέση με την αντίστοιχη μέτρηση του ΕΚΦΕ. Μουτζούρες: -1μ. Μονάδες δίπλα στις αριθμητικές τιμές: -1μ											
Εκτίμηση της εστιακής απόστασης του φακού, σύμφωνα με το συλλογισμό της δραστηριότητας 3 του πειράματος 1 ($f_{ΕΚΦΕ}$=26,4cm) |f-26,4|≤1,3: 2μ - 1,3<|f-26,4|≤2,6: 1μ - 2,6<|f-26,4|: 0μ											
Συμπλήρωση του Πίνακα Β: Αριθμός δεκαδικών ψηφίων, σύμφωνα με τις οδηγίες: 0-2μ Σωστός υπολογισμός των τιμών των στηλών x=1/p και y=1/q: 0-0,5μ για κάθε κελί. Μουτζούρες: -1μ. Μονάδες δίπλα στις αριθμητικές τιμές: -1μ											
Επιλογή κλίμακας στους άξονες του γραφήματος: 2x2μ Αναγραφή μεγεθών και μονάδων στους άξονες: 2x1μ											

Τοποθέτηση των πειραματικών σημείων στο επίπεδο των αξόνων: 1μ για κάθε σημείο.											
Σχεδίαση της πειραματικής ευθείας: 2μ											
Προέκταση της ευθείας και υπολογισμός των συντεταγμένων των σημείων τομής της με τους άξονες (ερώτηση 4 του πειράματος 2). Δίδονται: $α_{ΕΚΦΕ}=β_{ΕΚΦΕ}=0,045cm^{-1}$ $\|α-0,045\|\leq 0,005$: 2μ - $0,005<\|α-0,045\|\leq 0,01$: 1μ - $\|α-0,045\|>0,01$: 0μ $\|β-0,045\|\leq 0,005$: 2μ - $0,005<\|β-0,045\|\leq 0,01$: 1μ - $\|β-0,045\|>0,01$: 0μ											
Ερώτηση 5 του πειράματος 2: $0<λ\leq 5\%$: 4μ - $5\%<λ\leq 10\%$: 3μ - $10\%<λ\leq 15\%$: 2μ - $15\%<λ\leq 20\%$: 1μ - $20\%<λ$: 0μ Υπολογισμός της f ($f_{μΕΚΦΕ}=22cm$): $\|f-22\|\leq 2,5$: 2μ - $2,5<\|f-22\|\leq 5$: 1μ - $5<\|f-22\|$: 0μ											
Υπολογισμός του δείκτη διάθλασης του γυαλιού ($n_{ΕΚΦΕ}=1,6$) $\|n-1,6\|\leq 0,2$: 2μ - $0,2<\|n-1,6\|\leq 0,4$: 1μ - $\|n-1,6\|>0,4$: 0μ											
Απάντηση στην ερώτηση 7 του πειράματος 2: Υπολογισμός του λ': 0-1μ 1μ για κάθε σωστή επιλογή											
Σύνολο μονάδων Μ: 0-57											
Αναγωγή στα 100: Μ'=Μx100/57											

Μετρήσεις ΕΚΦΕ

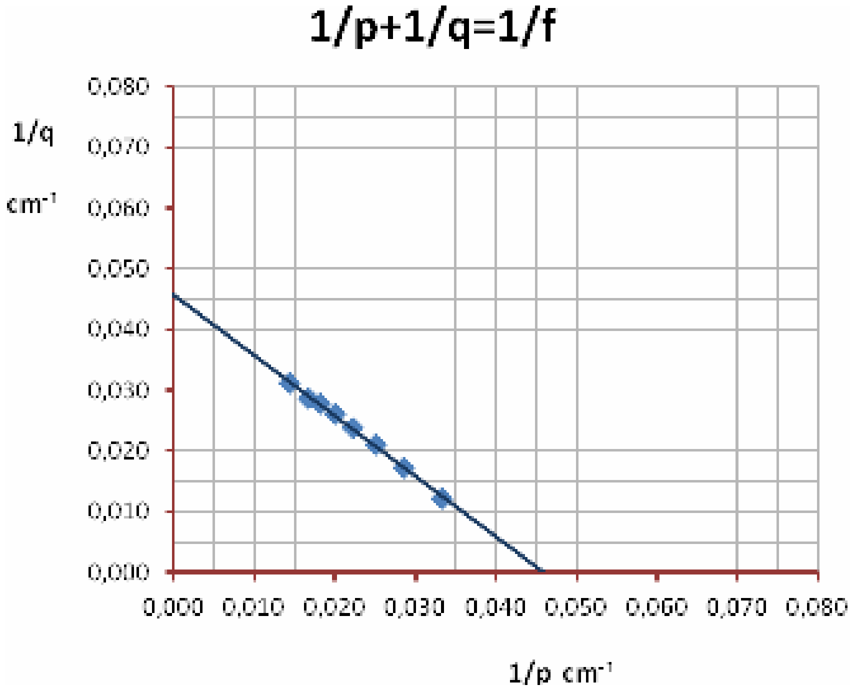
Μέτρηση της διαμέτρου L του φακού: L=6.5cm
Πάχος D του φακού: D=0.7cm
Πάχος της περιφέρειας του φακού: d=0.3cm

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Α

p cm	50	70	90	110	130
q cm	39.2	32.0	29.1	27.5	26.4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Β

p	q	1/p cm^-1	1/q cm^-1
30	82	0.033	0.012
35	58	0.029	0.017
40	47.5	0.025	0.021
45	42.2	0.022	0.024
50	38.2	0.020	0.026
55	36	0.018	0.028
60	35	0.017	0.029
70	32	0.014	0.031



Με βάση το γράφημα η εστιακή απόσταση του φακού είναι f≈22.0cm
Ο φακός είναι συμμετρικός ($R_1=R_2=R$). Η ακτίνα του φακού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = \frac{L^2}{4(D-d)} + \frac{D-d}{4}$$

Προκύπτει ότι R=26.5cm.

Ο δείκτης διάθλασης υπολογίζεται από τον «τύπο του κατασκευαστή»: $n = 1 + \frac{R}{2f}$ Βρίσκουμε: n=1.6

Αναφορές:
Alonso-Finn, Physics, Addison-Wesley, 1981, sections 27.3, 27.4

http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_(optics)

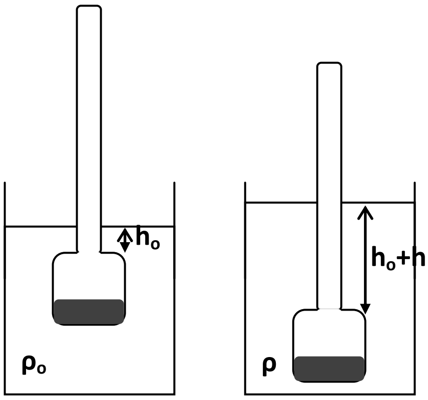
Βαθμονόμηση πυκνόμετρου.

Υποθέστε ότι εργάζεστε σε εργοστάσιο, που κατασκευάζει όργανα μετρήσεων.
Το τμήμα που ανήκετε έχει την ευθύνη της βαθμονόμησης πυκνόμετρων, αραιόμετρων, αλκοολομέτρων κλπ. Έχετε ένα απλό όργανο με μια ισομήκη κλίμακα σε cm και θέλετε να το μετατρέψετε σε πυκνόμετρο. Τα όρια της κλίμακας θα σας επιτρέψουν να αντιστοιχήσετε πυκνότητες με ελάχιστη τιμή περίπου $0{,}9 g/cm^3$ και μέγιστη περίπου $1{,}2 g/cm^3$. Για τη βαθμονόμηση του θα μετρήσετε το πόσο βυθίζεται η κλίμακα του, σε καθένα από πέντε (5) υγρά γνωστής πυκνότητας, που σας έχουν διαθέσει μαζί με ένα άγνωστης. (**Προσοχή! Το όργανο είναι ευαίσθητο και χρειάζεται λεπτούς χειρισμούς**)

Αρχικά θα υπολογίσετε την πυκνότητα του άγνωστου υγρού με κλασική μέθοδο.

Αφού ολοκληρώσετε τις μετρήσεις θα κατασκευάσετε διάγραμμα αντιστοίχησης των μετρήσεων σας με τις γνωστές πυκνότητες. Με τη βοήθεια αυτού του διαγράμματος θα υπολογίσετε ξανά την πυκνότητα του άγνωστου υγρού.

Θεωρητικές επισημάνσεις.



Το ‘πυκνόμετρο’ του σχήματος έχει μάζα **m** και ο σωλήνας έχει εμβαδό διατομής **S**. Όταν βυθίζεται σε κάποιο υγρό ισορροπεί στη θέση που η άνωση **A**, που δέχεται από το υγρό, έχει ίδιο μέτρο με το βάρος του **B**.

Αρχικά βυθίζεται σε υγρό πυκνότητας $\boldsymbol{\rho_o}$ και ισορροπεί σε τέτοια θέση, ώστε ο σωλήνας να έχει βυθιστεί κατά $\boldsymbol{h_o}$, ενώ ο συνολικός όγκος του βυθισμένου τμήματος είναι $\boldsymbol{V_o}$.

Θα ισχύει: $A_o = B \Leftrightarrow \rho_o \cdot g \cdot V_o = m \cdot g \Leftrightarrow \rho_o \cdot V_o = m \qquad (1)$

Κατόπιν βυθίζεται σε υγρό πυκνότητας **ρ** και ισορροπεί σε τέτοια θέση, ώστε ο σωλήνας να βυθιστεί επί πλέον κατά **h**, ενώ ο συνολικός όγκος του βυθισμένου τμήματος είναι $\boldsymbol{V=V_o+S\cdot h}$.

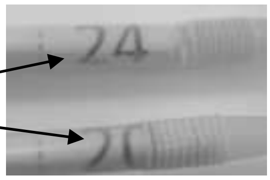
Θα ισχύει: $A = B \Leftrightarrow \rho \cdot g \cdot V = m \cdot g \Leftrightarrow \rho \cdot (V_o + S \cdot h) = m \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow S \cdot h = \frac{m}{\rho} - V_o \quad \Leftrightarrow \qquad \mathbf{h} = \frac{m}{S} \cdot \frac{1}{\rho} - \frac{V_o}{S} \qquad (2)$$

Η τελευταία σχέση δείχνει ότι η συνάρτηση **h(1/ρ)** είναι **πρώτου βαθμού**, δηλαδή οι μεταβολές του ύψους που βυθίζεται, είναι ανάλογες με το αντίστροφο της πυκνότητας.

Υλικά.
Στο εργαστηριακό σας τραπέζι και στο χώρο του εργαστηρίου υπάρχουν:

- Αριθμημένο, χειροποίητο ‘πυκνόμετρο’, με ενσωματωμένη κλίμακα σε cm.
- Βάση δοκιμαστικών σωλήνων.
- Πέντε (5) μεγάλοι δοκιμαστικοί σωλήνες, που περιέχουν υγρά, γνωστής πυκνότητας.
- Πλαστικό δοχείο με υγρό άγνωστης πυκνότητας.
- Ογκομετρική φιάλη των 100ml.
- Κενός δοκιμαστικός σωλήνας.
- Πλαστικό καπάκι.
- Ηλεκτρονικός ζυγός (στο χώρο του εργαστηρίου).



Φύλλο εργασίας.

Σημειώστε τον αριθμό του ‘πυκνόμετρου’:___________

Δραστηριότητες.

1. Υπολογίστε την πυκνότητα του άγνωστου υγρού σε g/cm^3.
Χρησιμοποιείστε: ποσότητα από το υγρό, την ογκομετρική φιάλη και το ζυγό του εργαστηρίου. Σημειώστε τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς σας.

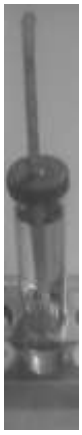
____

____

____

ρ= g/cm^3

2. Τοποθετείστε το 'πυκνόμετρο' στο υγρό του δοκιμαστικού σωλήνα **Α**. Χρησιμοποιείστε και το πλαστικό καπάκι, ώστε το 'πυκνόμετρο' να μην ακουμπά στα τοιχώματα του σωλήνα. Σημειώστε στον παρακάτω πίνακα, το ύψος που βυθίστηκε. Αφαιρώντας το 'πυκνόμετρο' αφήστε το 3-4sec να στραγγίξει, πριν το βυθίσετε στο επόμενο υγρό. Συνεχίστε με τα υπόλοιπα υγρά, από το **Β** μέχρι το **Ε**, και συμπληρώστε την **4η** στήλη του πίνακα.



1	2	3	4	5	6
Διάλυμα	**Πυκνότητα ρ (g/cm^3)**	**1/ρ (cm^3/g)**	**Ύψος h_1 (cm)**	**Ύψος h_2 (cm)**	**Μέσο ύψος h (cm)**
Α (μωβ)	**0,930**	**1,08**			
Β (γαλάζιο)	**0,975**	**1,03**			
Γ (κίτρινο)	**1,025**	**0,98**			
Δ (πορτοκαλί)	**1,085**	**0,92**			
Ε (κόκκινο)	**1,155**	**0,87**			

3. Επαναλάβετε τη διαδικασία ξεκινώντας από το υγρό **Ε** μέχρι το **Α** και συμπληρώστε την **5η** στήλη του πίνακα.

4. Υπολογίστε το μέσο ύψος για κάθε διάλυμα και συμπληρώστε την **6η** στήλη.

5. Στο τετραγωνισμένο χαρτί κατασκευάστε το διάγραμμα του μέσου ύψους σε σχέση με το αντίστροφο της πυκνότητας **h=h(1/ρ)**. Επιλέξτε κατάλληλα τους άξονες, ώστε να απεικονίσετε τα πειραματικά σημεία με ακρίβεια.

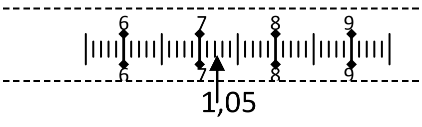
6. Με βάση την κλίμακα του ‘πυκνόμετρου’ σας, ποιες είναι οι ακραίες τιμές που θα μετρά; Σημειώστε τους υπολογισμούς σας

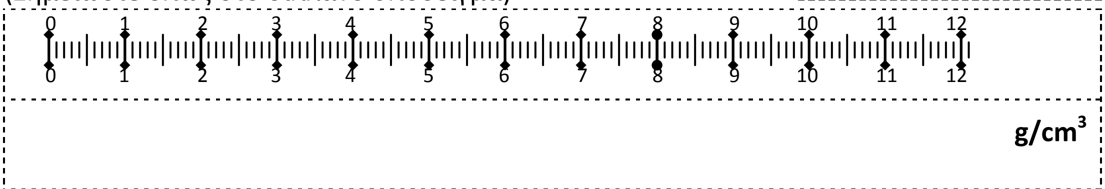
____

____

Ελάχιστη: **ρ_{min}= ____________ g/cm^3** Μέγιστη: **ρ_{max}= ____________ g/cm^3**

7. Κάτω από την κλίμακα που σας δίνεται σημειώστε ανά **0,05g/cm^3** τις πυκνότητες, αρχίζοντας από **0,90g/cm^3**, ώστε να αντικατασταθεί η κλίμακα μήκους με την κλίμακα πυκνοτήτων. (Σημειώστε όπως στο διπλανό υπόδειγμα)





8. Τοποθετείστε ποσότητα από το άγνωστο υγρό στον κενό δοκιμαστικό σωλήνα. Χρησιμοποιώντας το 'πυκνόμετρο' και το διάγραμμα που έχετε κατασκευάσει υπολογίστε ξανά την πυκνότητα του άγνωστου υγρού.

ρ= g/cm^3

9. Υπολογίστε το % σφάλμα της μέτρησης της πυκνότητας με το 'πυκνόμετρο', σε σχέση με την πυκνότητα που υπολογίσατε στην 1η δραστηριότητα.

σ%= %

10. Υπολογίστε την Άνωση που δέχεται το πυκνόμετρο, όταν τοποθετείται στο υγρό με την άγνωστη πυκνότητα. Χρησιμοποιείστε τα υλικά που διαθέτετε. (g=10 m/s^2)

A= N

11. Όταν τοποθετείται στο υγρό της μέγιστης πυκνότητας, δέχεται Άνωση:

☐ μεγαλύτερη, ☐ μικρότερη ή ☐ ίση

με αυτήν που υπολογίσατε στην προηγούμενη δραστηριότητα.

12. Θέλετε να βοηθήσετε τους χρήστες του οργάνου, ώστε να μπορούν να μετρήσουν τις πυκνότητες υγρών, που είναι λίγο μεγαλύτερες ή μικρότερες από το πάνω και το κάτω όριο της κλίμακας του, αντίστοιχα. Γνωρίζετε ότι κατά την ανάμειξη τέτοιων διαλυμάτων, η συστολή του όγκου είναι αμελητέα, για τα όρια των μετρήσεων σας.

Έστω Α το υγρό με τη μεγάλη πυκνότητα και Β με τη μικρή.

Ο 1^{ος} συνεργάτης σας προτείνει: Και το Α και το Β να αραιώνονται με όγκο αποσταγμένου νερού, ίσο με τον όγκο τους. Η πυκνότητα που θα μετρηθεί θα είναι ο μέσος όρος της πυκνότητας του άγνωστου υγρού και της πυκνότητας του αποσταγμένου νερού (1 g/cm^3).

Ο 2^{ος} συνεργάτης σας, συμφωνεί με τον 1^{ο} για το Α υγρό, αλλά για το Β προτείνει να αραιώνεται με ίσο όγκο υγρού, γνωστής, μικρότερης πυκνότητας.

Ο 3^{ος} συνεργάτης προτείνει και το Α και το Β να αραιώνονται με ίσο όγκο από το υγρό , γνωστής, μικρότερης πυκνότητας.

Συμφωνείτε με την πρόταση κάποιου συνεργάτη σας;

☐ Του 1^{ου} ☐ Του 2^{ου} ☐ Του 3^{ου}

☐ Διαφωνείτε και με τους 3 και προτείνετε:

EUSO European Union Science Olympiad

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ - «ΠΑΝΕΚΦΕ»

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

EUSO Athens 2014

ΦΥΣΙΚΗ

25 Ιανουαρίου 2014

ΛΥΚΕΙΟ: ……………………………………………………………………………………..

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. ………………………………………………………………………….

2. ………………………………………………………………………….

3. ………………………………………………………………………….

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Το πρόβλημα

Ένας φίλος σας βρήκε ένα μικρό, πολύ όμορφο τεμάχιο διαφανούς στερεού και ζητά τη γνώμη σας μήπως είναι πολύτιμος λίθος. Χαρακτηριστικό φυσικό μέγεθος των διάφανων υλικών και των τριών φάσεων είναι ο δείκτης διάθλασης, που στα διάφορα εργαστήρια μετρείται με ειδικά όργανα γνωστά ως διαθλασίμετρα. Εσείς δεν διαθέτετε τέτοιο όργανο μέτρησης και σκέφτεστε αν μπορείτε με τη βοήθεια απλούστερου εργαστηριακού εξοπλισμού, όπως αυτός ενός σχολικού εργαστηρίου φυσικών επιστημών, να δώσετε αρκετά ικανοποιητική απάντηση στο φίλο σας.

Λίγα λόγια θεωρίας και εφαρμογή στο πείραμα

Γενικά το φαινόμενο που συμβαίνει στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο διαφανών μέσων κατά τη διέλευση μιας δέσμης φωτός από το ένα διαφανές μέσο στο άλλο ονομάζεται **διάθλαση** του φωτός. Μια λεπτή δέσμη φωτός, για παράδειγμα μια δέσμη laser, όταν συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, κατά ένα μέρος ανακλάται σύμφωνα με τους νόμους της ανάκλασης και κατά το υπόλοιπο μέρος διαθλάται.

Μια πολύ λεπτή δέσμη φωτός μπορεί να χαρακτηρίζεται και σαν ακτίνα φωτός ή φωτεινή ακτίνα. Εφόσον σ' ένα ομογενές μέσο μια φωτεινή ακτίνα διαδίδεται ευθύγραμμα, για τη μελέτη των φωτεινών ακτίνων διευκολύνει σημαντικά η προσέγγισή τους με γεωμετρικές ευθείες.

Η διάθλαση του φωτός περιγράφεται από :

- Το γεγονός ότι η προσπίπτουσα, η διαθλώμενη και η ανακλώμενη ακτίνα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων στη θέση πρόσπτωσης, γνωστό ως επίπεδο πρόσπτωσης.
- Το νόμο του Snell :

$$n_1 ημθ_1 = n_2 ημθ_2, \qquad (1)$$

όπου θ_1 και θ_2 είναι οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης, που είναι οι γωνίες που σχηματίζουν με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια η προσπίπτουσα και η διαθλώμενη ακτίνα, αντίστοιχα και n_1 και n_2 οι δείκτες διάθλασης των μέσων 1 και 2, στα οποία διαδίδονται η προσπίπτουσα και η διαθλώμενη ακτίνα, αντίστοιχα.

Αν το μέσο 1 είναι ο αέρας τότε : $n_1 \cong 1$ και η σχέση (1) γράφεται :

$$ημθ_1 = n_2 ημθ_2. \qquad (2)$$

Εφόσον στην περίπτωση που εξετάζουμε, δεν υπεισέρχεται διάδοση φωτεινής ακτίνας σε άλλο μέσο με δείκτη διάθλασης διαφορετικό από τη μονάδα εκτός από το μέσο 2, μπορεί για το δείκτη διάθλασης του μέσου αυτού να αντικατασταθεί το σύμβολο n_2 με n, οπότε η σχέση (2) γράφεται :

$$ημθ_1 = n ημθ_2 \qquad (3)$$

Η αρχή λειτουργίας της πειραματικής μας διάταξης παριστάνεται στο σχ.1. Η δέσμη διοδικού laser, αρκετά λεπτή ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ακτίνα φωτός με χονδροειδή προσέγγιση, προσπίπτει με γωνία πρόσπτωσης θ_1 στην πάνω οριζόντια έδρα της διάφανης πλάκας (σκιασμένο παραλληλόγραμμο), οπότε κατά ένα μέρος ανακλάται σύμφωνα με τους νόμους της ανάκλασης και κατά το άλλο μέρος διαθλάται με γωνία διάθλασης θ_2. Επειδή η απευθείας μέτρηση γωνιών στη διάταξη αυτή είναι αρκετά δύσκολη, θα μετρούνται χαρακτηριστικά μήκη και με τη βοήθεια απλών μαθηματικών σχέσεων γεωμετρίας και τριγωνομετρίας θα υπολογίζουμε τα ημίτονα των γωνιών θ_1 και θ_2. Έτσι από το ορθογώνιο τρίγωνο ΑΟΓ προκύπτει για τη γωνία πρόσπτωσης θ_1 :

$$ημθ_1 = L/\sqrt{(L^2+H^2)} \qquad (4)$$

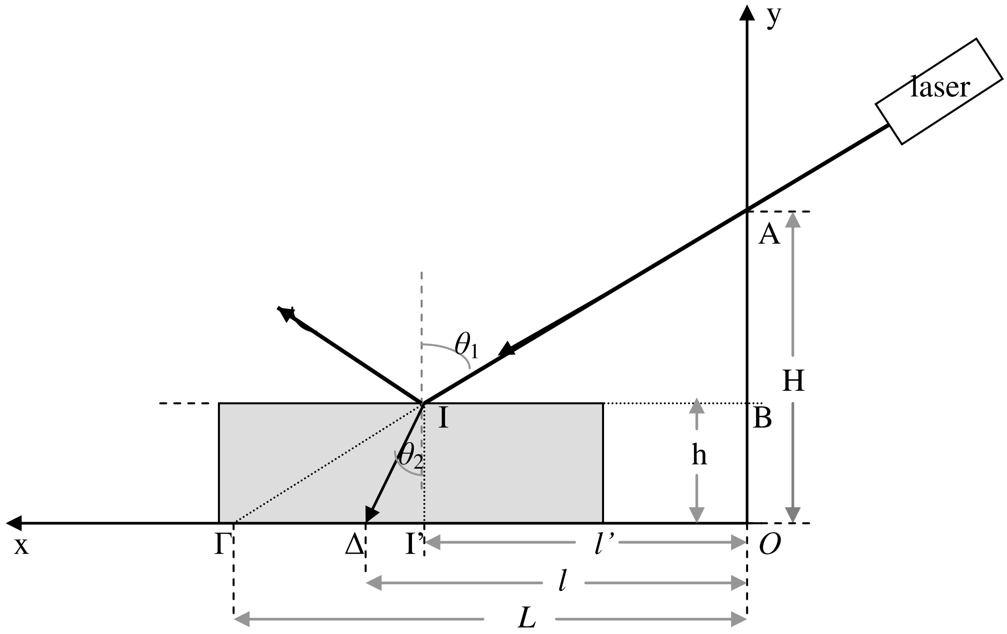
και από το ορθογώνιο τρίγωνο ΙΙ΄Δ για τη γωνία διάθλασης θ_2 :

$$ημθ_2 = (l - l')/\sqrt{[h^2+(l - l')^2]} \qquad (5)$$

όπου :

- οι αποστάσεις L και l καθορίζουν τις θέσεις Γ και Δ, αντίστοιχα (σχ.1), της κηλίδας της δέσμης laser στο οριζόντιο επίπεδο στήριξης της ορθογώνιας γυάλινης πλάκας, όταν η δέσμη laser δεν διέρχεται μέσα από την πλάκα και όταν διέρχεται μέσα από αυτή, αντίστοιχα, όπως προσδιορίζονται σε σύστημα συντεταγμένων με οριζόντιο άξονα Ox που είναι η προβολή της ακτίνας laser στο οριζόντιο επίπεδο στήριξης της πλάκας και κατακόρυφο άξονα Oy που διέρχεται από επιλεγμένη θέση μηδέν (0) του οριζόντιου άξονα, ενώ (*l', h*) είναι οι συντεταγμένες της θέσης I που η δέσμη laser συναντά την πάνω οριζόντια έδρα της πλάκας στο σύστημα αυτό συντεταγμένων,

- *H* είναι το ύψος της δέσμης laser στο κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται από την αρχή των αξόνων O και :
- *h* είναι το ύψος της πάνω οριζόντιας έδρας της πλάκας από την απέναντί της έδρα που στηρίζεται στον οριζόντιο πάγκο εργασίας (πάχος της διάφανης πλάκας).



Σχ.1. *Σχηματική παράσταση της αρχής της πειραματικής διάταξης για επαλήθευση του νόμου του Snell σε ότι αφορά τη διάθλαση ακτίνας φωτός που διαδίδεται από τον αέρα σε διαφανές στερεό.*

Το μήκος *l'* μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της σχέσης :

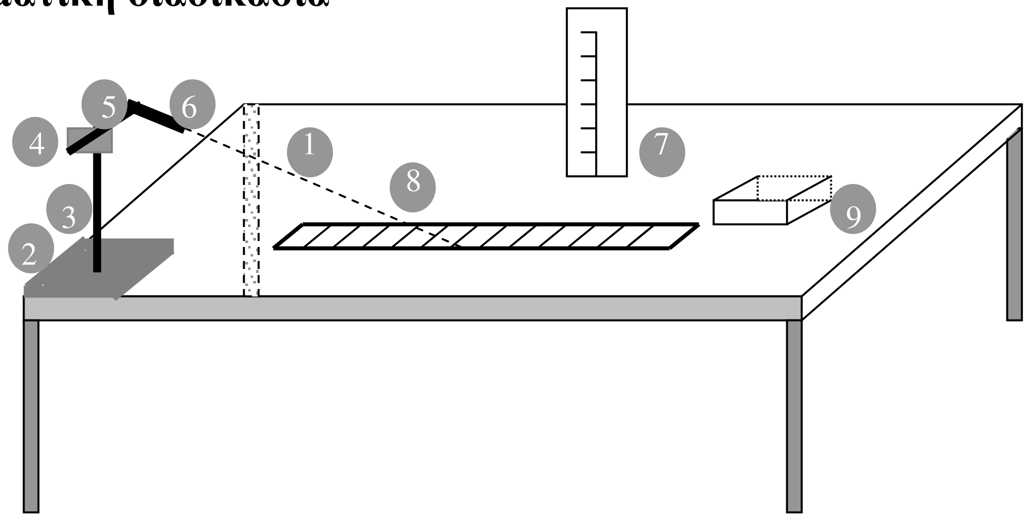
$$l' = (H-h)L/H, \qquad (6)$$

που προκύπτει από την ομοιότητα των ορθογώνιων τριγώνων ABI και AOΓ.

Διαθέσιμα υλικά

- Σύστημα ορθοστάτη με παραλληλόγραμμη χυτοσιδερένια βάση, σφικτήρες, μεταλλική ράβδο μήκους 50 cm – 60cm, απλή μεταλλική λαβίδα και δύο (2) απλούς συνδέσμους
- Βαθμονομημένη κλίμακα L κατάλληλα επικολλημένη στον πάγκο εργασίας που έχει ρυθμισθεί οριζόντιος με ικανοποιητική προσέγγιση.
- Laser pointer
- Διάφανη πλάκα διαστάσεων περίπου 10cm x 5cm x 2,5cm
- Βαθμονομημένη κλίμακα H μήκους περίπου 25cm επικολλημένη σε κατάλληλη βάση κατά τρόπο που να μπορεί να τοποθετείται σταθερά στον πάγκο εργασίας σε κατακόρυφη διεύθυνση με ικανοποιητική προσέγγιση
- Διαστημόμετρο
- Φύλλο χαρτιού κουζίνας

Πειραματική διαδικασία



Σχ. 2. Σχηματική παράσταση της πειραματικής διάταξης: ***1.*** *πάγκος εργασίας,* ***2.*** *παραλληλόγραμμη χυτοσιδερένια βάση,* ***3.*** *μεταλλική ράβδος μήκους 50 cm – 60cm,* ***4.*** *απλός σύνδεσμος,* ***5.*** *απλή μεταλλική λαβίδα,* ***6.*** *Laser pointer,* ***7.*** *κατακόρυφη κλίμακα H,* ***8.*** *οριζόντια κλίμακα L και* ***9.*** *Διάφανη πλάκα.*

Γενικά σημεία προσοχής σχετικά με την ακτινοβολία της συσκευής laser.
Η ισχύς της ακτινοβολίας της συσκευής laser που διαθέτετε είναι πολύ χαμηλή. Παρόλα αυτά απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο να μην τοποθετήσετε μάτι σας ούτε τυχόν άλλη ανακλαστική επιφάνεια στην πορεία της δέσμης laser. Αυτό ισχύει και για τις ανακλώμενες ακτίνες στις έδρες της πλάκας, αν και αυτές είναι σημαντικά ασθενέστερες.

1. Ακολουθείστε τα εξής βήματα :

1.1. Περιστρέψτε προσεκτικά (χωρίς μετατόπιση) τη μεταλλική λαβίδα με τη συσκευή laser γύρω από τον οριζόντιο άξονά της, ενώ η συσκευή laser ακτινοβολεί, έτσι ώστε να μεταβάλλεται η γωνία που σχηματίζει η δέσμη ακτίνων, με το οριζόντιο επίπεδο του πάγκου εργασίας σας. Το ίχνος της ακτίνας laser πάνω στον πάγκο εργασίας κινείται παράλληλα στην οριζόντια κλίμακα L προς την πλευρά των ενδείξεων της κλίμακας (άξονας Ox στο σχ.1) ; Σημειώστε «Χ» στο αντίστοιχο τετραγωνίδιο :

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Αν επιλέξατε «ΟΧΙ», σημειώστε τις παρατηρήσεις σας.

………

………

………

………

1.2. Στερεώστε τη μεταλλική λαβίδα με τη συσκευή laser σε κατάλληλη θέση, ώστε η ακτίνα laser να προσπίπτει πλάγια στον άξονα Ox, όπως αυτός καθορίζεται στο βήμα 1.1. Μετακινείστε την κατακόρυφη κλίμακα H κατά μήκος του άξονα Ox και παρατηρείστε αν το ίχνος της ακτίνας laser διαγράφει με ικανοποιητική προσέγγιση την ακμή της κλίμακας H προς τη μεριά των ενδείξεων. Στην περίπτωση αυτή το επίπεδο πρόσπτωσης της ακτίνας laser μπορεί να θεωρηθεί κατακόρυφο. Σημειώστε «Χ» στο αντίστοιχο τετραγωνίδιο, «ΝΑΙ» αν ισχύει αυτό που περιγράφεται, «ΟΧΙ» σε αντίθετη περίπτωση :

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Αν επιλέξατε «ΟΧΙ», σημειώστε τις παρατηρήσεις σας.

………

………

……

……

……

1.3. Ελέγξτε αν η αρχή (το μηδέν) της κατακόρυφης κλίμακας συμπίπτει και σε ποιο βαθμό κατά την εκτίμησή σας με το οριζόντιο επίπεδο του πάγκου εργασίας σας.

Σημειώστε τις παρατηρήσεις σας και τις τυχόν επιδράσεις τους στις μετρήσεις ύψους από το οριζόντιο επίπεδο του πάγκου εργασίας σας.

……

……

……

1.4. Μετρήστε με τη βοήθεια του διαστημόμετρου το πάχος της διάφανης πλάκας που σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε ως ύψος h :

$$h = \ldots\ldots\ldots.$$

Για να μην τραυματίσετε τη διάφανη πλάκα κυρίως στις απέναντι λείες και διαφανείς έδρες της με το διαστημόμετρο, συνιστάται να καλύψετε τις έδρες της που θα έρθουν ή πιθανόν να έρθουν σε επαφή με το διαστημόμετρο, με το φύλλο χαρτιού κουζίνας.

Μόλις συμπληρώσετε γραπτά τα παραπάνω σημεία με τις απαντήσεις – παρατηρήσεις – μετρήσεις σας, καλέστε τον καθηγητή - επιτηρητή σας για να εκτιμήσει την προσπάθειά σας κατά τα παραπάνω βήματα, όπως επίσης και για οποιαδήποτε τυχόν δυσλειτουργία προκύψει.

2. Θα εφαρμόσετε πειραματική διαδικασία με βάση τη θεωρητική εισαγωγή, τα σχ.1, σχ.2 και τα διαθέσιμα όργανα και υλικά προκειμένου με κατάλληλες μετρήσεις φυσικών μεγεθών και με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων (4) έως (6) να μπορείτε να υπολογίσετε ζεύγη τιμών των ημιτόνων των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης και στη συνέχεια με κατάλληλη περαιτέρω επεξεργασία των πειραματικών αυτών δεδομένων, το δείκτη διάθλασης του υλικού της διάφανης πλάκας σας με βάση τη σχέση (3). Θα μετράτε τα μήκη κατά τις διευθύνσεις των κλιμάκων κατακόρυφη και οριζόντια με την αντίστοιχη κλίμακα με ακρίβεια 1mm και εκτίμηση 0,5mm. Πιο συγκεκριμένα, μόνο με περιστροφή της μεταλλικής λαβίδας όπου είναι τοποθετημένη η συσκευή laser, γύρω από θεωρούμενο οριζόντιο άξονα κατά μήκος της ράβδου της μεταλλικής λαβίδας :

2.1. Με τη συσκευή laser στη λαβίδα και τη ράβδο της λαβίδας στο σύνδεσμο με τον ορθοστάτη, ενεργοποιείστε τη συσκευή laser και τοποθετείστε σταθερά τη μεταλλική λαβίδα που τη συγκρατεί, ώστε η ακτίνα laser να προσπίπτει υπό γωνία με το οριζόντιο επίπεδο του πάγκου εργασίας σας στον άξονα Ox. Μετρείστε το μήκος L (σχ.1) και συμπληρώστε το κελί της στήλης L στην πρώτη γραμμή του πίνακα 1.

2.2 Τοποθετείστε σε κατάλληλη θέση την κατακόρυφη κλίμακα προκειμένου να μετρήσετε το ύψος H (σχ.1) χωρίς να μεταβληθεί η γωνία πρόσπτωσης. Περιγράψτε σύντομα την επιμέρους σχετική διαδικασία και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής στη στήλη H του πίνακα 1. Αν κρίνετε σκόπιμο, συνοδέψτε την περιγραφή με κατάλληλο σχήμα στο αμέσως κάτω δεξιά λευκό τμήμα της παρούσας σελίδας.

………………………………………………………………..

………………………………………………………………..

………………………………………………………………..

………………………………………………………………..

2.3. Τοποθετείστε κατάλληλα τη διάφανη πλάκα πάνω στον οριζόντιο πάγκο εργασίας κατά τρόπο που η ακτίνα laser να εισέρχεται σε αυτήν στην πάνω οριζόντια έδρα της (σχ.1). Μετρείστε το μήκος l, σχετικά με τη νέα θέση της κηλίδας της ακτίνας laser και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα 1.

2.4. Με τη βοήθεια των σχέσεων (6), (4) και (5), υπολογίστε τις τιμές των μεγεθών l', ημθ_1 και ημθ_2, για τη θέση της κηλίδας της ακτίνας laser στην πάνω οριζόντια έδρα της διάφανης πλάκας και τα ημίτονα των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης, αντίστοιχα και συμπληρώστε τα κελιά της πρώτης γραμμής στις αντίστοιχες στήλες του πίνακα 1.

2.5. Απομακρύνετε τη διάφανη πλάκα από την κλίμακα L και τοποθετείστε την στην αρχική της θέση πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας. Επαναλάβετε τη διαδικασία που περιγράφεται στα παραπάνω στάδια 2.1 έως 2.4 για άλλες τέσσερες γωνίες πρόσπτωσης και συμπληρώστε τις υπόλοιπες γραμμές του πίνακα 1, μία γραμμή για κάθε γωνία πρόσπτωσης..

Καλέστε τον καθηγητή - επιτηρητή σας για να εκτιμήσει την προσπάθειά σας κατά τα παραπάνω βήματα 2.1 έως και 2.4, που οδηγούν στη συμπλήρωση μιας γραμμής του πίνακα 1, όχι κατ’ ανάγκη της πρώτης.

3. Παρατίθεται ο πίνακας 1 προς συμπλήρωση των πειραματικών αποτελεσμάτων, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στο στάδιο 2.

Πίνακας 1

α/α	L (…..)	H (…..)	l (…..)	l' (…..)	ημθ_1	ημθ_2
1						
2						
3						
4						
5						

4. Χαράξτε τη γραφική παράσταση με άξονες τα ημίτονα των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης στο φύλλο χαρτιού μιλλιμετρέ που επισυνάπτεται.

5. Να αξιοποιήσετε τη γραφική παράσταση των πειραματικών σας δεδομένων για να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του διαφανούς υλικού της πλάκας. Να εξηγήσετε αναλυτικά τη σχετική διαδικασία και να παραθέσετε τους υπολογισμούς.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

6. Συζητήστε με κατάλληλη αιτιολόγηση τυχόν σφάλματα στην πειραματική σας διάταξη, στην πειραματική σας διαδικασία και την επεξεργασία των πειραματικών σας δεδομένων, όπως επίσης και τι θα προτείνατε εκ των υστέρων προκειμένου να τα είχατε αποφύγει.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

Σημείωση

Στο παρόν φύλλο εργασίας που παραδίδετε συμπληρωμένο, επισυνάπτετε και το φύλλο χαρτιού μιλλιμετρέ με τη γραφική σας παράσταση.

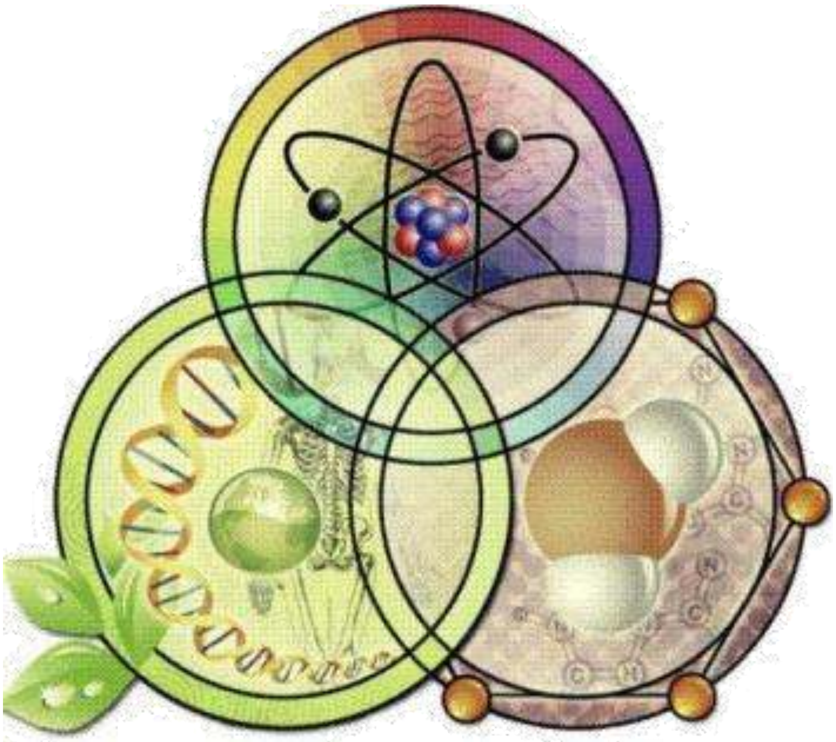
Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός

για την επιλογή στη 13η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστημών -

EUSO 2015

Σάββατο 07 Φεβρουαρίου 2015

ΦΥΣΙΚΗ



Σχολείο: ……………………………………………………………………………

Ονόματα των μαθητών:

1) ………………………………………………………………………………………

2) ………………………………………………………………………………………

3) ………………………………………………………………………………………

Πειραματικός προσδιορισμός του θερμικού συντελεστή αντίστασης του χαλκού

Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης

Σκοπός της άσκησης είναι ο πειραματικός προσδιορισμός του θερμικού συντελεστή αντίστασης του χαλκού και της ειδική θερμότητας του νερού. Η διαδικασία στηρίζεται στο φαινόμενο Joule, στον ορισμό της αντίστασης και στην αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Θεωρητικό υπόβαθρο - Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας

Βασικές έννοιες και σχέσεις
Ηλεκτρικό κύκλωμα - Ηλεκτρική τάση - Ηλεκτρικό ρεύμα - Αντίσταση αγωγού - Ηλεκτρική ισχύς - Φαινόμενο Joule - Αρχή διατήρησης της ενέργειας - Εξίσωση της θερμιδομετρίας - Θερμικές απώλειες

Α) Η αντίσταση μεταλλικού αγωγού εξαρτάται από το υλικό, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού και τη θερμοκρασία. Αν ρ συμβολίζει την ειδική αντίσταση του υλικού, l το μήκος του αγωγού και S το εμβαδό της διατομής του, ισχύει:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση R όταν μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του αγωγού;
Η ειδική αντίσταση του υλικού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση:

$$\rho = \rho_0 \left(1 + \alpha\theta\right)$$

όπου ρ_0 η ειδική αντίσταση στους $0\,^{o}C$, θ η θερμοκρασία σε ^{o}C και α ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του υλικού. Το πηλίκο $\frac{l}{S}$ μεταβάλλεται ελάχιστα όταν μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία. Επομένως, σε πολύ καλή προσέγγιση, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η αντίσταση ενός αγωγού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση:

$$R = R_0 \left(1 + \alpha\theta\right) \tag{1}$$

Β) Τμήμα ηλεκτρικού κυκλώματος, που τροφοδοτείται από τάση V και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I, για χρόνο t, καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια

$$W_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot t$$

Στην περίπτωση μεταλλικού αγωγού, αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα που αποδίδεται στο περιβάλλον.
Αν βυθίσουμε τον αγωγό σε νερό μάζας m, η θερμότητα Q που μεταφέρεται στο νερό αυξάνει τη θερμοκρασία του νερού κατά $\Delta\theta$, σύμφωνα με τη σχέση (εξίσωση της θερμιδομετρίας):

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta$$

όπου c η ειδική θερμότητα του νερού.
Αν υποθέσουμε ότι ολόκληρη η ηλεκτρική ενέργεια $W_{\eta\lambda}$ ισούται με τη θερμότητα που θερμαίνει το νερό, προκύπτει η σχέση:

$$c \cdot m \cdot \Delta\theta = V \cdot I \cdot t$$

<u>Μονάδες</u>: ο χρόνος μετρείται σε δευτερόλεπτα (*s*), η τάση σε Volt (*V*), το ρεύμα σε Ampere (*A*), η ενέργεια σε *Joule*, η μάζα σε γραμμάρια (*g*), η θερμοκρασία σε ^{0}C και η ειδική θερμότητα σε $Joule/(g.^{0}C)$

Πειραματική διαδικασία

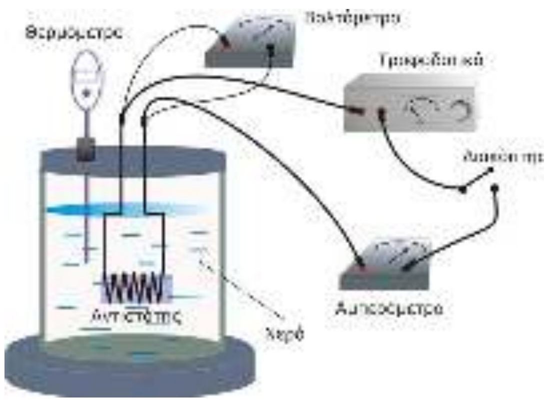
Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας

Για να ελέγξουμε πειραματικά τη σχέση 1 και να προσδιορίσουμε τις τιμές των R_0 και a, βυθίζουμε ένα σύρμα χαλκού σε νερό. Μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία θ του νερού διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στο σύρμα. Για διαφορετικές τιμές της θερμοκρασίας θ, μετράμε την τάση V στα άκρα του σύρματος και την ένταση I του ρεύματος που διαρρέει το σύρμα. Από τη σχέση $R = \frac{V}{I}$ υπολογίζουμε την αντίσταση του σύρματος για κάθε τιμή της θερμοκρασίας θ. Για να πετύχουμε κάθε φορά ομοιόμορφη θερμοκρασία του νερού και του αντιστάτη (σύρματος) ανοίγουμε το διακόπτη του κυκλώματος και αναδεύουμε ελαφρά το νερό για μερικά δευτερόλεπτα.
Από την πειραματική ευθεία $R = f\left(\theta\right)$ υπολογίζουμε τα R_0 και a.

Πειραματικός προσδιορισμός του θερμικού συντελεστή αντίστασης

Για τη σύνθεση της πειραματικής διάταξης θα χρησιμοποιήσετε τα παρακάτω όργανα και υλικά:

- Σύρμα χαλκού, διαμέτρου 0,3mm και μήκους περίπου 12m, με κατάλληλους ακροδέκτες.
- Βολτόμετρο.
- Αμπερόμετρο.
- Θερμόμετρο.
- Χρονόμετρο.
- Διακόπτη.
- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης.
- Καλώδια.
- Μονωτικό ποτηράκι.
- Ποσότητα νερού.



Σχήμα 1

Πραγματοποιήστε τη διάταξη του σχήματος 1.

<u>Οι μετρήσεις όλων των μεγεθών [τάση (V), ρεύμα (I), θερμοκρασία (θ), κλπ] να γίνουν με ακρίβεια τριών σημαντικών ψηφίων</u>

Προσθέστε στο ποτηράκι νερό μάζας m=100g. [Φροντίστε να καλυφτεί πλήρως η συρμάτινη «μπάλα» χαλκού από το νερό]

Καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή να ελέγξει το κύκλωμα και να θέσει σε λειτουργία το τροφοδοτικό. **Πριν κλείσετε το διακόπτη του κυκλώματος, ρυθμίστε την τάση του τροφοδοτικού στα 9Volt, την οποία δεν μεταβάλλουμε κατά την πειραματική διαδικασία**.

Κλείστε το διακόπτη του κυκλώματος και παρατηρήστε την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού. Μόλις η θερμοκρασία του νερού αυξηθεί κατά 2 έως $3^{0}C$, ανοίξτε το διακόπτη και αναδεύοντας ελαφρά το ποτήρι (<u>προσοχή: δεν χτυπάτε καφέ!</u>), περιμένετε 10-15*s*, μέχρι να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία του νερού.

Θεωρήστε τη θερμοκρασία αυτή ως αρχική και σημειώστε τη στον πίνακα μετρήσεων (αντιστοιχεί στην **πρώτη μέτρηση**). Κλείστε το διακόπτη και ταυτόχρονα θέστε σε

λειτουργία το χρονόμετρο. Μέσα σε 2-3 δευτερόλεπτα από το κλείσιμο του διακόπτη σημειώστε τις ενδείξεις του βολτομέτρου και του αμπερομέτρου και καταγράψτε τις στην πρώτη γραμμή του πίνακα μετρήσεων.
Μετά από **2*min***, ανοίξτε το διακόπτη. **Αναδεύοντας ελαφρά** το ποτήρι, περιμένετε 10-15*s*, μέχρι να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία σε μια τιμή, την οποία θα γράψετε στη δεύτερη γραμμή του πίνακα μετρήσεων. Μηδενίστε το χρονόμετρο.

Επαναλάβατε την ίδια διαδικασία μέχρι να συμπληρωθούν όλες οι γραμμές του πίνακα.

<u>Προσοχή</u>
Στην πέμπτη και τελευταία μέτρηση, αφού σημειώσετε τη θερμοκρασία του νερού, κλείστε το διακόπτη και στα επόμενα 2-3 δευτερόλεπτα σημειώστε τις τιμές της τάσης και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Μόλις πάρετε τη μέτρηση, ανοίξτε **αμέσως** το διακόπτη. Δηλαδή στην τελευταία μέτρηση φροντίζουμε ώστε ο χρόνος λειτουργίας του κυκλώματος είναι σχεδόν μηδενικός (δείτε την τελευταία γραμμή του πίνακα μετρήσεων).

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

1. Υπολογίστε την τιμή της αντίστασης για κάθε τιμή τάσης (V)–έντασης (I) και συμπληρώστε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα μετρήσεων.

2. Τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία (θ,R) στο μιλιμετρέ χαρτί, επιλέγοντας την κατάλληλη κλίμακα.
   Χαράξτε την πειραματική ευθεία $R = f\left(\theta\right)$.

3. Από τη γραφική παράσταση υπολογίστε την τιμή της αντίστασης R_0 στους 0^0C και στη συνέχεια τον θερμικό συντελεστή αντίστασης α του χαλκού. [Καταγράψτε τους υπολογισμούς σας]
   ____
   ____
   ____
   ____

   Αντίσταση στους 0^0C: R_o=________

   Θερμικός συντελεστής αντίστασης *α* του χαλκού *α*=________

4. Υπολογίστε την αντίσταση του σύρματος στους $100\,^\circ C$.
   ____
   ____

   Αντίσταση στους 100^0C: R_{100}=________

5. Υπολογίστε την ηλεκτρική ενέργεια $\Delta W = V \cdot I \cdot \Delta t$ που καταναλώνει ο αντιστάτης κάθε δύο λεπτά λειτουργίας του κυκλώματος και γράψτε τη στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα μετρήσεων.
   Υπολογίστε τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια $W_{ηλ.}$ που κατανάλωσε το χάλκινο σύρμα.
   ____
   ____

   $W_{ηλ.}$=________*Joule*

6. Θεωρώντας ότι όλη η ηλεκτρική ενέργεια στον αντιστάτη, μετατράπηκε σε θερμότητα που την απορρόφησε το νερό, υπολογίστε την ειδική θερμότητα c του νερού.
   ____
   ____

   c=__________J/g^0C

7. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η ειδική θερμότητα του νερού είναι $c_{βιβλ.}$=4,18J/g^0C. Υπολογίστε την επί τοις εκατό (%)απόκλιση **σ** της πειραματικής τιμής c ως προς την τιμή της βιβλιογραφίας.

   ____
   ____

   $σ$=__________%

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ						
αριθμός μέτρησης	**Διάρκεια**	***V Volt***	***I A***	**Ηλεκτρική ενέργεια** $\Delta W = V \cdot I \cdot \Delta t$ ***Joule***	***θ ^{0}C***	***R Ω***
1η	Δt=2*min*					
2η	Δt=2*min*					
3η	Δt=2*min*					
4η	Δt=2*min*					
5η	~0*min*					

Κατάσταση Αξιολόγησης Φυσικής

Αίθουσα_____

					Όνομα ομάδας					
					1	2	3	4	5	6
Μέγιστος βαθμός		αιτία								
Συμπλήρωση πίνακα (στήλες V,I,θ,R)	10	V	2	5x0,4						
		I	2	5x0,4						
		θ	3	5x0,6						
		R	3	5x0,6						
Διάγραμμα	30	Άξονες	10	Μεταφορά 4						
				Βαθμονόμηση 4						
				Μονάδες 2						
		Σημεία	10	5x2						
		Ευθεία	10	Χάραξη, προέκταση						
Υπολογισμοί από διάγραμμα	15	R_o	5							
		α	10	κλίση 5						
				κλίση/ Ro 5						
R_{100}	10	Υπολογισμός 10								
Ηλεκτρική Ενέργεια	15	στήλη W	10	5x2						
		συνολική	5							
C νερού	15	Υπολογισμός 10								
		απόκλιση<10% 5, >25% 0								
Απόκλιση σ%	5	Υπολογισμός 5								
Σύνολο γραπτού										
Μονογραφή βαθμολογητών										
Σύνολο εργαστηρίου										
Σύνολο										

Παρατηρήσεις

- Οι θερμοκρασίες πρέπει να έχουν περίπου τις ίδιες Δθ ανά μέτρηση. Αν η μια από την άλλη έχουν διαφορά μεγαλύτερη από 10-15%, φαίνεται ότι έχει γίνει λάθος χρονομέτρηση.
- Σε λάθη στους αριθμητικούς υπολογισμούς ή στα σημαντικά ψηφία αφαιρούνται μέχρι 20%.

Κατασταση αξιολόγησης Φυσικής
(Αρνητική βαθμολόγηση στο εργαστήριο)
Αίθουσα _____

Αιτία		Αρνητικός βαθμός	Όνομα ομάδας 1	2	3	4	5	6
Κλίση επιβλέποντα	ναι	**0**						
	όχι	**-5**						
Ζύγιση νερού	σωστή	**0**						
	βοήθεια	**-1**						
	λάθος	**-3**						
Κύκλωμα	σωστό	**0**						
	βοήθεια	**-3**						
	λάθος	**-5**						
Τροφοδοτικό 9V	ναι	**0**						
	όχι	έως **-3**						
θ,V, I (σε σωστό χρόνο)	ναι	**0**						
	όχι	έως **-3**						
Ανάδευση	σωστή	**0**						
	λάθος	έως **-3**						
Συνεργασία	άριστη	**0**						
	μέτρια	**-2**						
	κακή	**-5**						
Ταχύτητα μετρήσεων	μεγάλη	**0**						
	μέτρια	**-2**						
	μικρή	**-5**						
Καταστροφή οργάνου		**-20**						
Νέα ποσότητα νερού		**-2**						
Κακή διευθέτηση πάγκου		έως **-5**						
Σύνολο								
Μονογραφή επιτηρητών-βαθμολογητών								

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 7 Φεβρουαρίου 2015

ΛΥΚΕΙΟ: …………………………………………………………………………………….

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. ……………………………………………………………………….

2. ………………………………………………………..……………………

3. ………………………….…………………………………………….

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Α. Εισαγωγή

Α.1. Γενική εισαγωγή - το πρόβλημα

Το φως του Ήλιου είναι η κινητήρια δύναμη της ζωής. Με την ενέργειά του τα διάφορα έμβια όντα και υλικά κοντά στην επιφάνεια του πλανήτη μας εμπεριέχουν ικανή εσωτερική θερμική ενέργεια ώστε να διατηρούνται σε κατάλληλη θερμοκρασία για την επιβίωση και την ύπαρξή τους. Για τα έμβια όντα ειδικότερα με σχετικά υψηλή παραγωγή μηχανικού έργου, τα οποία μέσω κινήσεων και άσκησης δυνάμεων αφαιρούν από την εσωτερική τους ενέργεια, προκειμένου να τη διατηρήσουν, απαιτείται η λήψη κατάλληλης τροφής, που μέρος της με τη βοήθεια κατάλληλων βιοχημικών κύκλων μετατρέπεται σε εσωτερική τους ενέργεια.

Ο άνθρωπος από αρχαιοτάτων χρόνων για να διατηρήσει την εσωτερική θερμική του ενέργεια ιδιαίτερα σε ψυχρές περιόδους ανακάλυψε πηγές ενέργειας, πιο συγκεκριμένα τη χημική αντίδραση της καύσης. Υπάρχει άραγε ισοδυναμία μεταξύ των διαφόρων μορφών ενέργειας κατά τις μετατροπές της από τη μία μορφή σε άλλη; Ο άγγλος φυσικός J.P. Joule (1818-1889), στον οποίο οφείλεται το όνομα της μονάδας ενέργειας στο S.I., με το περίφημο πείραμά του απόδειξε ισοδυναμία μεταξύ του μηχανικού έργου που μέσω της τριβής μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και την αύξηση της εσωτερικής θερμικής ενέργειας σώματος στο οποίο αυτή αποδίδεται και προσδιόρισε το μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας σε $\alpha_{\mu\eta\chi} \approx 4{,}18$ J/cal.

Σήμερα, χάρη στις εργασίες του άγγλου πειραματικού φυσικού Michael Faraday (1791 – 1867), έχει εδραιωθεί σε ευρεία κλίμακα η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας και της αύξησης της εσωτερικής θερμικής ενέργειας σώματος στο οποίο αυτή αποδίδεται αφού μετατραπεί σε θερμική ; Με την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουμε σήμερα, θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε σ' αυτό το πρόβλημα.

Α.2. Θεωρητική εισαγωγή

Η πειραματική διερεύνηση των παραπάνω διευκολύνεται σημαντικά από τη χρήση ειδικού δοχείου για την πειραματική διάταξη γνωστού με το όνομα αδιαβατικό θερμιδόμετρο. Το θερμιδόμετρο είναι ένα δοχείο με διπλά θερμομονωτικά τοιχώματα και το χαρακτηριστικό του είναι η μη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του περιεχομένου του και του περιβάλλοντός του. Πληρούται με απιονισμένο νερό, προκειμένου να αποφευχθούν ηλεκτροχημικά φαινόμενα και στο εσωτερικό του εμβαπτίζεται αντιστάτης, οι ακροδέκτες του οποίου καταλήγουν στο επίσης θερμομονωτικό καπάκι ώστε να δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο καπάκι υπάρχουν οπές για την τοποθέτηση θερμομέτρου και αναδευτήρα.

Η ηλεκτρική ενέργεια $\Delta E_{\eta\lambda}$ που καταναλώνεται σε αντιστάτη, στον οποίο εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού V και κατά συνέπεια διαρρέεται από ρεύμα έντασης I για χρονικό διάστημα Δt, δίνεται από τη σχέση :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = V\, I\, \Delta t = P\, \Delta t, \tag{1}$$

όπου P είναι η ηλεκτρική ισχύς στον αντιστάτη. Η ενέργεια αυτή θεωρείται ότι μετατρέπεται σε θερμική, που, εφόσον ο αντιστάτης βρίσκεται μέσα σε ορισμένο σώμα (για παράδειγμα βυθισμένος σε νερό μάζας m μέσα σε ένα θερμιδόμετρο), μεγάλο μέρος της χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμικής εσωτερικής ενέργειας του τελευταίου, που εκδηλώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του κατά $\Delta\vartheta$ και δίνεται από τη σχέση :

$$\Delta Q = m\, c\, \Delta\vartheta \tag{2}$$

όπου c χαρακτηριστική ποσότητα του υλικού γνωστή ως ειδική θερμότητα, ενώ για τη συγκεκριμένη ποσότητα του υλικού αυτού το γινόμενο mc χαρακτηρίζεται ως θερμοχωρητικότητα C. Αν υπάρχει κάποια μορφή ισοδυναμίας μεταξύ των δύο παραπάνω μορφών ενέργειας, θα πρέπει να μπορεί να γραφεί μια σχέση της μορφής :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha \Delta Q + \Delta E \tag{3}$$

όπου α συντελεστής, γνωστός ως <u>ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας</u> και ΔE η ηλεκτρική ενέργεια στον αντιστάτη <u>που δεν</u> χρησιμοποιείται για αύξηση του θερμικού περιεχομένου του νερού αλλά στην αύξηση του θερμικού περιεχομένου του αντιστάτη και των εσωτερικών τοιχωμάτων του θερμιδομέτρου. Αν η θερμοχωρητικότητα του συστήματος θερμιδομέτρου και αντιστάτη είναι $C_{\delta r}$ και θεωρήσουμε ότι αντιστάτης – νερό – εσωτερικά τοιχώματα θερμιδομέτρου βρίσκονται σε θερμική ισορροπία κατά τη μέτρηση της θερμοκρασίας, η σχέση (3) γράφεται :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha \Delta U + C_{\delta r}\Delta\vartheta \tag{4}$$

ή :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = \alpha m c \Delta\vartheta + C_{\delta r}\Delta\vartheta \tag{5}$$

ή :

$$\Delta E_{\eta\lambda} = (\alpha V_v \rho_v c + C_{\delta r})\Delta\vartheta \tag{6}$$

όπου ρ_v και V_v η πυκνότητα και ο όγκος του νερού στο θερμιδόμετρο, αντίστοιχα. Η σχέση (6) σε γραφική παράσταση με άξονα τετμημένων τη μεταβολή της θερμοκρασίας και τεταγμένων την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στον αντιστάτη, οδηγεί σε ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Από τη σχέση (6) ή τη γραφική της παράσταση, εφόσον θεωρηθεί η ειδική θερμότητα του νερού c ίση με **1 cal/(g °C)**, μετρηθεί ο όγκος V_v του νερού και δοθεί η πυκνότητα ρ_v του νερού και η θερμοχωρητικότητα $C_{\delta r}$ δοχείου και αντιστατών, μπορεί εύκολα να υπολογιστεί το ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας α. Τα πειραματικά σημεία για χάραξη της παραπάνω γραφικής παράστασης προκύπτουν από διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από τις τιμές V, I, Δt που επιλέγονται κάθε φορά και την μετρούμενη μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\vartheta$ που οφείλεται στην αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια.

Β. Πειραματική διαδικασία

Β.1. Εργαστηριακός εξοπλισμός και υλικό

Στον πάγκο εργασίας θα βρείτε:

1. Ένα τροφοδοτικό υψηλής και χαμηλής τάσης (οι ακροδέκτες της υψηλής τάσης είναι καλυμμένοι με μονωτική ταινία και δεν θα χρησιμοποιηθούν)
2. Ένα διακόπτη
3. Δύο ψηφιακά πολύμετρα, από τα οποία το ένα θα χρησιμοποιηθεί ως βολτόμετρο και το άλλο ως αμπερόμετρο
4. Ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο
5. Ένα θερμιδόμετρο που αποτελείται από: δύο ποτηράκια πολυστυρενίου το ένα μέσα στο άλλο που καλύπτονται από ένα κωνικό καπάκι από πολυστυρένιο πάχους 3 cm με μία οπή για τοποθέτηση του στελέχους του ηλεκτρονικού θερμομέτρου και δύο ακροδέκτες για ηλεκτρική σύνδεση. Οι δύο αυτοί ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τα άκρα απλού ηλεκτρικού κυκλώματος που αποτελείται από δύο αντιστάτες αντίστασης 5,6Ω και αντοχής ισχύος 5W ο καθένας, συνδεδεμένους σε σειρά με μόνωση στους αγωγούς σύνδεσης. Η όλη κατασκευή στηρίζεται σε βάση από κομμένο πλαστικό μπουκάλι νερού.
6. Καλώδια σύνδεσης με ακροδέκτες τύπου μπανάνα με δυνατότητα πολλαπλών συνδέσεων (δημιουργία κόμβου)
7. Υδροφολέας 250ml με απιονισμένο νερό
8. Ογκομετρικός κύλινδρος των 100ml
9. Χρονόμετρο

Β.2. Πειραματικά βήματα

1. Μετρήστε όγκο απιονισμένου νερού ίσου με 150ml.
2. Καλέστε τον επιτηρητή να αξιολογήσει την προσπάθειά σας. (3 μονάδες)
3. Εισάγετε το νερό όγκου 150ml στο θερμιδόμετρο και τοποθετείστε το καπάκι του. Οι κινήσεις σας εδώ θα πρέπει να είναι προσεκτικές ώστε αφενός μόνο το νερό του παραπάνω όγκου να εισαχθεί με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια στο θερμιδόμετρο, αφετέρου να μην προκληθεί οποιαδήποτε βλάβη στο θερμιδόμετρο. Για οτιδήποτε σχετικό εφαρμόζεται ποινή έως 7 μονάδες που εκτιμάται από τον επιτηρητή σας.
4. Κατασκευάστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος και σημειώστε το ηλεκτρικό στοιχείο/όργανο μέτρησης και τον τρόπο σύνδεσής του στο κύκλωμα

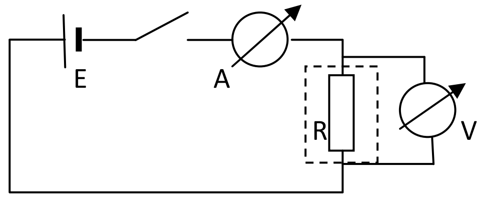
Ε : ………………….. …………………………..

Δ : ………………….. …………………………..

Α : ………………….. …………………………..

V : ………………….. …………………………..

(6 μονάδες)



5. Επιλέξτε την κλίμακα στα όργανα μέτρησης για τάση στο τροφοδοτικό έως 15V.
6. Τοποθετείστε το ηλεκτρονικό σας θερμόμετρο στην οπή του καπακιού, ώστε η σημειωμένη ένδειξη στο στέλεχός του να βρίσκεται στην πάνω επίπεδη βάση του καπακιού, οπότε, όταν το καπάκι του θερμιδομέτρου βρίσκεται στη σωστή του θέση στο θερμιδόμετρο, το άκρο του στελέχους αυτού θα πρέπει να βρίσκεται σε βάθος περίπου 1cm από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού στο θερμιδόμετρο.
7. Καλέστε τον επιτηρητή σας για να αξιολογήσει την προσπάθειά σας στα παραπάνω βήματα 3 έως 6.

(12 μονάδες)

8. Από τη στιγμή που ο επιτηρητής σας ελέγξει το κύκλωμά σας και το εκτιμήσει ορθό, <u>τότε μόνο</u> μπορείτε να κλείσετε το διακόπτη και να συνεχίσετε την πειραματική σας εργασία.
9. Μετρείστε τη θερμοκρασία του νερού και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής με τη στήλη $\boldsymbol{\vartheta_0}$ του παρακάτω πίνακα Ι.
10. Επιλέξτε πολική τάση στο τροφοδοτικό περίπου 6,5V. Κλείστε το διακόπτη για χρονικό διάστημα Δt = 2 min, αναδεύοντας ελαφρά κατά την παραπάνω χρονική διάρκεια και συμπληρώστε τα κελιά των τριών (3) πρώτων στηλών μετά τη στήλη «α/α» της πρώτης γραμμής του πίνακα Ι.
11. Περιμένετε περίπου 1,5 - 2 min χωρίς ανάδευση, έως ότου επέλθει θερμική ισορροπία στο εσωτερικό περιεχόμενο του θερμιδομέτρου. Μετρείστε τη θερμοκρασία του νερού στο θερμιδόμετρο και συμπληρώστε το κελί της πρώτης γραμμής με τη στήλη $\boldsymbol{\vartheta_\tau}$.
12. Καλέστε τον επιτηρητή σας και δείξτε του τη διαδικασία που ακολουθήσατε, για να αξιολογήσει την προσπάθειά σας. (5 μονάδες)
13. Για να συμπληρώσετε τα κελιά των γραμμών δεύτερης έως και πέμπτης του παρακάτω πίνακα Ι, επαναλάβετε τέσσερες (4) φορές τα παραπάνω βήματα 10 έως 12 αφού επιλέξτε διαδοχικά πολική τάση περίπου 8V, 9,5V, 11V και 12,5V στο τροφοδοτικό σας, μία φορά για κάθε διαφορετική επιλεγμένη τιμή τάσης, κλείνοντας το διακόπτη για χρονικό διάστημα Δt = 2 min κάθε φορά.
14. Συμπληρώστε τα υπόλοιπα κελιά του πίνακα Ι, υπολογίζοντας τη $\boldsymbol{\Delta E_{\eta\lambda}}$ από τη σχέση (1) με προσέγγιση τριών δεκαδικών ψηφίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

α/α	V (V)	I (A)	Δt (s)	$\Delta E_{\eta\lambda}$ (J)	ϑ_0 (°C)	ϑ_τ (°C)	$\Delta\vartheta=\vartheta_\tau-\vartheta_o$ (°C)
1							
2							
3							
4							
5							

(28 μονάδες)

15. Στο χιλιοστομετρικά τετραγωνισμένο χαρτί στην επόμενη σελίδα χαράξτε τη γραφική παράσταση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κάθε φορά στον αντιστάτη ως προς την εκάστοτε μεταβολή της θερμοκρασίας. (19 μονάδες)

16. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας γραμμής στη γραφική σας παράσταση, που θεωρείτε ότι προσεγγίζει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα πειραματικά σας σημεία και σημειώστε την στο τετραγωνίδιο που ακολουθεί.

Κλίση **κ** = ……….. …….

(7 μονάδες)

17. Χρησιμοποιείστε τη σχέση (6) και τα παραπάνω αποτελέσματα που εκτιμάτε ότι απαιτούνται, προκειμένου να υπολογίσετε το ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας α και συμπληρώστε την τιμή που προκύπτει στο παρακάτω τετραγωνίδιο. Για τον υπολογισμό αυτόν επιπλέον λάβετε υπόψη τις παρακάτω τιμές :

- Πυκνότητα νερού : ρ_v = 1 g/ml
- Ειδική θερμότητα νερού : c = 1 cal/(g.deg)
- Θεωρήστε αμελητέα τη θερμοχωρητικότητα $\boldsymbol{C_{\delta r}}$ θερμιδομετρικού δοχείου και αντιστατών

α = ………………. J/cal

(7 μονάδες)

18. Σχολιάστε την πειραματική σας διαδικασία και τα αποτελέσματά της σχετικά με :

- Τη σχέση των τιμών της πτώσης τάσης στα άκρα του συστήματος αντιστατών με την αντίστοιχη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που μετρήσατε

- Την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνονταν σε κάθε αντιστάτη σε σχέση με την ονομαστική μέγιστη ισχύ αντοχής του

- Τη σχέση του ηλεκτρικού ισοδυνάμου της θερμότητας που προσδιορίσατε με την παραπάνω πειραματική διαδικασία, με την τιμή του μηχανικού ισοδυνάμου της θερμότητας που προσδιόρισε ο J.P.Joule και πού αποδίδετε τις τυχόν διαφοροποιήσεις.

(13 μονάδες)

Καλή επιτυχία !!!

Κατάσταση Αξιολόγησης Φυσικής

α/α	Θέματα	βαθμολόγηση		
		άριστη	**Επιμερισμός**	**ομάδας**
1	στάδια 1, 2 (εκτίμηση επιτηρητή)	**3**		
2	στάδιο 4	**6**	1,5 ανά στοιχείο/όργανο	
3	στάδια 4-6 (εκτίμηση επιτηρητή)	**12**	6 (στάδιο 5) + 4 (στάδιο 6) + 2 (στάδιο 7)	
4	στάδια 9-13 (εκτίμηση επιτηρητή)	**5**	3 (στάδια 10, 12) + 2 (στάδια 9, 11)	
6	στάδια 9-14 (μετρήσεις, επεξεργασία, συμπλήρωση πίνακα Ι)	**28**	0,8 ανά κελί	
7	στάδιο 15	**19**	3 ανά άξονα, 2 ανά σημείο, 3 για ευθεία	
8	στάδιο 16	**7**		
9	στάδιο 17	**7**		
10	στάδιο 18	**13**	από 4 τα δύο πρώτα ερωτήματα, 5 για το τρίτο	
	Σύνολο (πριν τις ποινές) :	**100**		
	ποινές (στάδιο 3 κλπ) : έως έξι (7)	**0**	1 για χύσιμο νερού, 1 για σπάσιμο ογκομετρικού, 1 για αποκόλληση/σπάσιμο κλπ διάταξης αντιστατών, θερμιδομέτρου και καπακιού, 1 για βλάβη ανά όργανο (τροφοδοτικό, πολύμετρα (2), θερμόμετρο)	
	Τελικό Σύνολο :	**100**		

Κατάσταση Αξιολόγησης Επιτηρητών

α/α	Αξιολόγηση πειραμ. βήματα (Β2)	βαθμολόγηση	
		άριστη	**ομάδας**
1	στάδια 1, 2	**3**	
2	στάδιο 4	**6**	
3	στάδιο 5	**4**	
4	στάδιο 6	**2**	
6	στάδια 8 και 10	**3**	
7	στάδια 10 και 12	**2**	
	Σύνολο :	**20**	

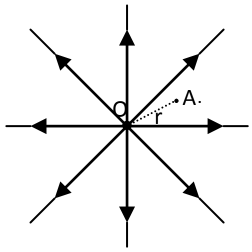
Ποινές	μέγιστη	ομάδας
χύσιμο νερού	**-1**	
σπάσιμο ογκομετρικού κυλίνδρου	**-1**	
αποκόλληση/σπάσιμο κλπ διάταξης αντιστατών, θερμιδομέτρου και καπακιού	**-1**	
βλάβη τροφοδοτικού	**-1**	
βλάβη πολύμετρου/βολτομέτρου	**-1**	
βλάβη πολύμετρου/αμπερομέτρου	**-1**	
βλάβη θερμομέτρου	**-1**	
Σύνολο ποινών :	**-7**	
Τελικό σύνολο :	**13**	

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Εισαγωγή.

Γύρω από ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα δημιουργείται ηλεκτροστατικό πεδίο. Η μελέτη του ηλεκτρικού πεδίου γίνεται με τη βοήθεια των μεγεθών: *ένταση Ε* (διανυσματικό) και *δυναμικό V* (μονόμετρο),ενώ για την απεικόνιση του χρησιμοποιούνται οι δυναμικές γραμμές. Στην εργαστηριακή άσκηση θα ασχοληθούμε με το *δυναμικό*.

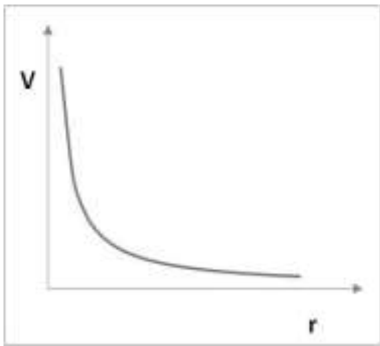
<u>Ηλεκτρικό πεδίο σημειακού φορτίου.</u>



Το διπλανό σχήμα απεικονίζει ένα τέτοιο πεδίο, που δημιουργείται από θετικό **σημειακό** ηλεκτρικό φορτίο τοποθετημένο στο σημείο Ο. Οι δυναμικές γραμμές απομακρύνονται ακτινικά από το σημειακό φορτίο. Αντίθετα, αν το φορτίο είναι αρνητικό, οι δυναμικές γραμμές κατευθύνονται προς αυτό.

Σε σημείο Α του πεδίου, που απέχει απόσταση **r** από το σημειακό φορτίο **Q**, το δυναμικό δίνεται από τη σχέση:

$$V = \frac{k \cdot Q}{r} \qquad (1)$$



όπου η σταθερά *k* εξαρτάται από το μέσο και είναι για το κενό

$$k = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2 / C^2$$

ενώ για το απιονισμένο νερό είναι περίπου

$$k = 10^8 \ N \cdot m^2 / C^2$$

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι το δυναμικό είναι αντίστροφα ανάλογο με την απόσταση, κάτι που απεικονίζεται και στο διπλανό διάγραμμα.

<u>Ηλεκτρικό πεδίο φορτισμένου αγωγού.</u>

Θεωρείται, ότι η σχέση (1) ισχύει και για το δυναμικό του πεδίου φορτισμένου σφαιρικού αγωγού, ακτίνας R, για το χώρο εκτός του αγωγού και σε απόσταση **r** από το κέντρο του. Δηλαδή, το δυναμικό σφαιρικού αγωγού, φορτισμένου με φορτίο Q δίνεται από τη σχέση:

$$V = \frac{k \cdot Q}{r}, \alpha \nu \ r > R \qquad (2)$$

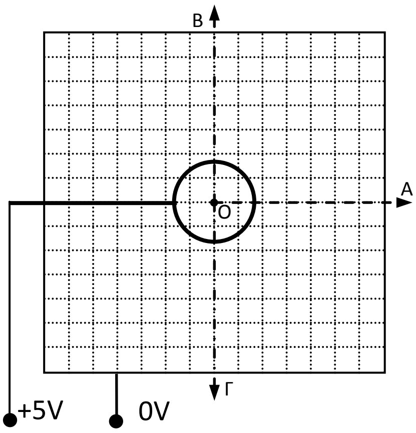
Σκοπός της εργαστηριακής διαδικασίας είναι να ελεγχθεί, πειραματικά, η αλήθεια της παραπάνω υπόθεσης και να εκτιμηθεί το πώς μεταβάλλεται το δυναμικό στο εσωτερικό του αγωγού.

Ο έλεγχος θα γίνει στην επιφάνεια νερού. Σαν σημειακό φορτίο θα χρησιμοποιηθεί η άκρη της ακίδας σχήματος ‘Γ’ και σαν τομή του σφαιρικού αγωγού με την επιφάνεια του νερού θα χρησιμοποιηθεί ο μεταλλικός δακτύλιος.

<u>Όργανα και υλικά.</u>

- Τροφοδοτικό. Θα χρησιμοποιηθεί η έξοδος +/-5V ή 8V.
- Πλαστικό τετράγωνο δοχείο για την τοποθέτηση του νερού, με κατάλληλες υποδοχές. Στον πυθμένα του είναι σχεδιασμένο πλέγμα ανά 0,5cm.
- Ηλεκτρόδια τύπου ακίδας και δακτυλίου.
- Πολύμετρο. Θα χρησιμοποιηθεί σαν βολτόμετρο σε 20 V.
- Μπουκαλάκι με απιονισμένο νερό.
- Κατάλληλα καλώδια σύνδεσης.

1η Εργαστηριακή δραστηριότητα.



- Τοποθετείστε το δακτύλιο, στην ειδική υποδοχή, έτσι ώστε το κέντρο του να βρίσκεται στο κέντρο του τετράγωνου δοχείου.
- Προσθέστε στο δοχείο απιονισμένο νερό, ώστε να βυθίζεται μέρος του δακτυλίου.
- Συνδέστε με τα κατάλληλα καλώδια για να κατασκευάσετε το κύκλωμα του σχήματος. Ο δακτύλιος θα συνδεθεί σε δυναμικό +5V και το περίβλημα του δοχείου σε 0V
- Συνδέστε το 'COM' του πολυμέτρου σε δυναμικό '0'.
- Ο ακροδέκτης, που συνδέεται με το 'V/Ω' του πολυμέτρου, θα χρησιμοποιηθεί για να μετρά το δυναμικό στο νερό.
- Τοποθετείστε τον επιλογέα του πολυμέτρου στη θέση 20V συνεχές. *(Όλες οι μετρήσεις δυναμικού να υπολογιστούν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου)*

Ερώτηση 1:Αν ισχύει η σχέση (2) της εισαγωγής, τι μορφή πρέπει να έχει το διάγραμμα **V=V(1/r)** του **δυναμικού V** σε σχέση με το **αντίστροφο της απόστασης r** (r>R) από το κέντρο του δακτυλίου;

Α. κύκλος_____ Β. Υπερβολή_____ Γ. Ευθεία_____

Σημειώστε τη σωστή απάντηση πριν την κατασκευή του διαγράμματος. Καλέστε τον επιβλέποντα, να ελέγξει την απάντηση και το κύκλωμα και να θέσει σε λειτουργία το τροφοδοτικό.

- Μετρήστε το δυναμικό σε διάφορες αποστάσεις από το κέντρο του δακτυλίου, όπως φαίνεται στη στήλη 1 του πίνακα. Οι μετρήσεις θα γίνουν και στις 3 διευθύνσεις ΟΑ, ΟΒ και ΟΓ συμπληρώνοντας τις στήλες 3,4 και 5. Το δυναμικό θα υπολογιστεί από τη μέση τιμή συμπληρώνοντας τη στήλη 6 του πίνακα.

1	2	3	4	5	6
r (cm)	**1/r (1/m)**	V_A	V_B	V_Γ	**Μέση τιμή V (Volt)**
2,5					
3					
3,5					
4					
4,5					

- Τοποθετείστε το διακόπτη του τροφοδοτικού στη θέση 'OFF'.
- Συμπληρώστε τον πίνακα.
- Κατασκευάστε το διάγραμμα **V=V(1/r)**, της μέσης τιμής του **δυναμικού V** με **το αντίστροφο της απόστασης r** (r>R) από το κέντρο του δακτυλίου, σε μιλιμετρέ χαρτί.

Ερώτηση 2:Από το διάγραμμα που κατασκευάσατε, πιστεύετε ότι ισχύει η σχέση (2);

Α. ΝΑΙ_____ Β. ΟΧΙ_____

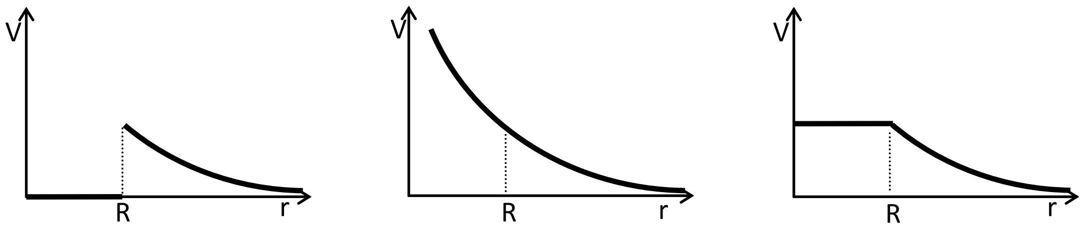
- Υπολογίστε την κλίση του διαγράμματος. *(Ο τρόπος υπολογισμού να φαίνεται στο φύλλο του διαγράμματος).*

Κλίση=__________________

Από την κλίση υπολογίστε το φορτίο **Q** του δακτυλίου. Χρησιμοποιήστε τη σχέση (2) της εισαγωγής και την αντίστοιχη τιμή της σταθεράς *k*. *(Σημειώστε τη διαδικασία του υπολογισμού σας):*

Q=________**C**

<u>Ερώτηση 3</u>:Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα πιστεύετε ότι απεικονίζει καλύτερα το δυναμικό του πεδίου του δακτυλίου, ακτίνας **R**, σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο του;

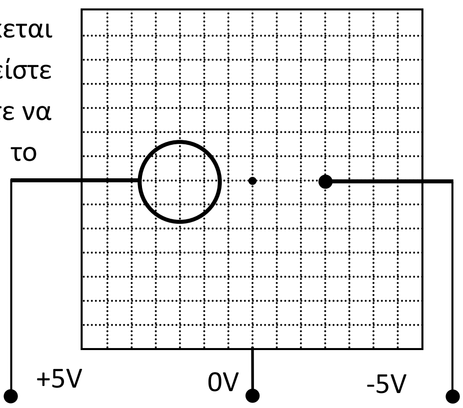


Α **Β** **Γ**

Δικαιολογείστε, **πειραματικά**, την απάντηση σας. *(Σημείωση: Να μη χρησιμοποιηθεί μέτρηση στην επιφάνεια του μετάλλου.)*

Σωστό διάγραμμα είναι το ________

2η Εργαστηριακή δραστηριότητα.



- Μετακινείστε το δακτύλιο, ώστε το κέντρο του να βρίσκεται σε απόσταση 3cm από το κέντρο του δοχείου. Τοποθετείστε το ηλεκτρόδιο ακίδας, στη δεύτερη ειδική υποδοχή, ώστε να βυθίζεται στο νερό σε απόσταση, επίσης, 3cm από το κέντρο του δοχείου, όπως στο σχήμα.
- Συνδέστε με τα κατάλληλα καλώδια για να κατασκευάσετε το κύκλωμα του σχήματος.
- Συνδέστε το 'COM' του πολυμέτρου και το μεταλλικό περίβλημα της δοχείου σε δυναμικό '0'.
- Ο ακροδέκτης, που συνδέεται με το 'V/Ω' του πολυμέτρου, θα χρησιμοποιηθεί για να μετρά το δυναμικό στο νερό.

<u>Καλέστε τον επιβλέποντα να ελέγξει το κύκλωμα και να θέσει σε λειτουργία το τροφοδοτικό.</u>

- Μετακινώντας τον ακροδέκτη βρείτε σε ποιο σημείο, <u>στο τμήμα μεταξύ του κέντρου του δακτυλίου και της ακίδας</u>, μηδενίζεται το δυναμικό.

  x=______cm από το κέντρο του δοχείου,

  προς το μέρος <u>του δακτυλίου</u>/<u>της ακίδας</u>.*(διαγράψτε το λάθος)*
- Τοποθετείστε το διακόπτη του τροφοδοτικού στη θέση 'OFF'.
- Υπολογίστε το λόγο των φορτίων του δακτυλίου ($\mathbf{Q_1}$) και της ακίδας ($\mathbf{Q_2}$).

Σημειώστε τη διαδικασία του υπολογισμού σας:

$\mathbf{Q_1/Q_2}$=______

ΦΥΣΙΚΗ
ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ – EUSO 2016

					ομάδα						
Μέγιστος βαθμός		ανάλυση			1	2	3	4	5	6	7
Ερώτηση 1	**5**	απάντηση 5									
Πίνακας	**25**	$V_{A,B,Γ}$	9	15x0,6							
		1/r	8								
		μέση τιμή	8								
Διάγραμμα	**15**	άξονες	5	Βαθ/ση 3							
				μον.2							
		σημεία	5	5x1							
		ευθεία	5	χάραξη 5							
Ερώτηση 2	**5**	απάντηση 5									
Κλίση	**10**	διαδικασία	5								
		τιμή	3								
		μονάδες	2								
Φορτίο	**10**	διαδικασία	5								
		τιμή	3								
		μονάδες	2								
Ερώτηση 3	**10**	απάντηση	4								
		δικαιολόγηση	6								
Θέση	**10**	x	8								
		διευκρίνηση	2								
Λόγος φορτίων	**10**	απάντηση	4	+/- -1							
		διαδικασία	6								
Σύνολο γραπτού											
Μονογραφή βαθμολογητών											
Σύνολο εργαστηρίου											
Σύνολο											

Σημείωση: Αν οι μετρήσεις αποκλίνουν σταθερά, αλλά η διαδικασία είναι σωστή, να κληθούν οι υπεύθυνοι του μαθήματος.

Αρνητική βαθμολόγηση στο εργαστήριο

	Αιτία		αρν. βαθμός	ομάδα 1	2	3	4	5	6	7
1η δραστηριότητα	Προετοιμασία-τοποθέτηση δακτυλίου	άριστη	**0**							
		καλή	**-2**							
		μέτρια	**-3**							
	Συνδεσμολογία	άριστη	**0**							
		καλή	**-2**							
		μέτρια	**-3**							
	Κλήση επιβλέποντα πριν το διάγραμμα	ναι	**0**							
		όχι	**-5**							
	Βραχυκύκλωμα	όχι	**0**							
		ναι	**-2**							
	Σωστή μέτρηση δυναμικού (κατακόρυφα το ηλεκτρόδιο)	ναι	**0**							
		όχι	**-3**							
	OFF	ναι	**0**							
		όχι	**-1**							
2η δραστηριότητα	Προετοιμασία-τοποθέτηση ακίδας- Συνδεσμολογία	άριστη	**0**							
		καλή	**-2**							
		μέτρια	**-3**							
	Κλήση επιβλέποντα	ναι	**0**							
		όχι	**-2**							
	Μέτρηση ανάμεσα	ναι	**0**							
		όχι	**-1**							
	OFF-αποσύνδεση-τακτοποίηση πάγκου	ναι	**0**							
		όχι	**-3**							
γενικά	Επανάληψη πειράματος	όχι	**0**							
		ναι	**-4**							
	Καταστροφή οργάνου	όχι	**0**							
		ναι	**-10**							
	Ταχύτητα μετρήσεων	άριστη	**0**							
		καλή	**-1**							
		μέτρια	**-2**							
	Συνεργασία	άριστη	**0**							
		καλή	**-2**							
		μέτρια	**-5**							
			Σύνολο							
			Μονογραφή επιτηρητών-βαθμολογητών							

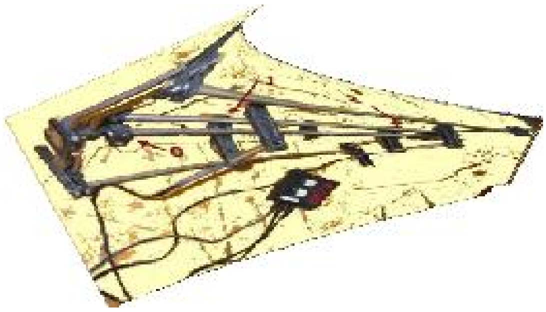
Σημείωση: Στη συνολική αρνητική βαθμολογία θα μονογράφουν (άρα θα συμφωνούν) και οι δύο επιτηρητές-βαθμολογητές.

EUSO European Union Science Olympiad

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ
ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ - «ΠΑΝΕΚΦΕ»

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



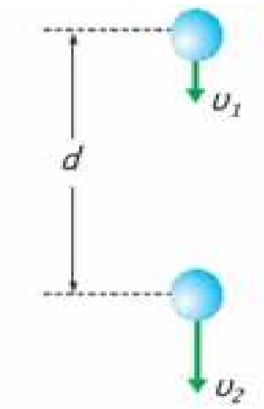
23 Ιανουαρίου 2016

ΛΥΚΕΙΟ: ………………………………………………………………………………

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ:
1. ………………………………………………………………………………
2. ………………………………………………………………………………
3. ………………………………………………………………………………

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Α. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ - Η ΙΔΕΑ



Εικόνα 1: Ελεύθερη πτώση

Ελεύθερη πτώση ονομάζεται η κίνηση που εκτελεί ένα σώμα όταν αφεθεί ελεύθερο να πέσει από κάποιο ύψος και η μοναδική δύναμη που ενεργεί πάνω του είναι το βάρος του W. Η ελεύθερη πτώση είναι κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, η οποία πραγματοποιείται σε κατακόρυφη διεύθυνση, με σταθερή επιτάχυνση ίση με την επιτάχυνση της βαρύτητας g. Η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου και από το ύψος του πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Για μια τέτοια κίνηση, σε δύο τυχαίες θέσεις που απέχουν μεταξύ τους απόσταση ***d*** και στις οποίες το σώμα έχει ταχύτητες $\boldsymbol{\upsilon_1}$ και $\boldsymbol{\upsilon_2}$ αντίστοιχα (Εικόνα 1), ισχύει:

$$\upsilon_2 = \upsilon_1 + gt \tag{1}$$

$$d = \upsilon_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \tag{2}$$

Απαλείφοντας το χρόνο από τις εξισώσεις (1) και (2) παίρνουμε:

$$\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2 = 2g \cdot d \tag{3}$$

Αν θέσουμε $y = \upsilon_2^2 - \upsilon_1^2$ και $x = d$, η εξίσωση (3) μετασχηματίζεται σε γραμμική εξίσωση της μορφής $y = \lambda \cdot x$ με κλίση:

$$\lambda = 2g \tag{4}$$

Από τις εξισώσεις (3) και (4) γίνεται προφανές ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας μπορεί να προσδιοριστεί από την κλίση μιας πειραματικής ευθείας $y = \lambda \cdot x$, όπου $y = \upsilon_2^2 - \upsilon_1^2$ και $x = d$, με d τη μετατόπιση του σώματος που εκτελεί ελεύθερη πτώση μεταξύ δύο θέσεων στις οποίες το σώμα έχει ταχύτητες υ_1 και υ_2 αντίστοιχα.

Β. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Βάση παραλληλόγραμμη
- Σφιγκτήρας τύπου G
- Δύο (2) ράβδοι μεταλλικές 80 και 30 cm
- Δύο (2) απλοί σύνδεσμοι (σταυροί)
- Λαβίδα μεταλλική απλή για στήριξη οργάνων.
- Δακτύλιος ορειχάλκινος με άγκιστρο.
- Διαστημόμετρο.
- Διαφανής χάρακας 30 cm
- Αυτοκόλλητα αδιαφανή stick (σελιδοδείκτες)
- Λεπτά χάλκινα σύρματα μήκους 12 cm περίπου
- Αναπτήρας
- Σύστημα φωτοπυλών - ηλεκτρονικού χρονομέτρου P/N 1460
  (αναλυτικές οδηγίες χρήσης και λειτουργίας στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)
- Κομπιουτεράκι
- Χαρτί millimeter

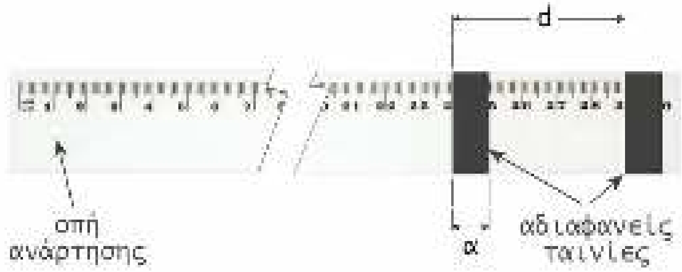
Γ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Μπορείτε να προσδιορίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας με πολλούς διαφορετικούς τρόπους χρονομέτρησης. Στο συγκεκριμένο πείραμα θα χρησιμοποιήσετε μια φωτοπύλη συνδεδεμένη σε ένα αρκετά ακριβές ηλεκτρονικό χρονόμετρο. Η φωτοπύλη εκπέμπει μια λεπτή δέσμη υπέρυθρης ακτινοβολίας, η οποία «ταξιδεύει» από το ένα άκρο της προς το άλλο, όπου κατάλληλος δέκτης ανιχνεύει πότε διακόπτεται η δέσμη. Θα αφήσετε ένα διαφανή χάρακα να περάσει διαμέσου της φωτοπύλης. Ο χάρακας φέρει σε συγκεκριμένη απόσταση d μεταξύ τους δύο αδιαφανείς ταινίες πλάτους α η κάθε μία. Το ηλεκτρονικό χρονόμετρο θα καταγράψει τους χρόνους διέλευσης των αδιαφανών ταινιών από τη φωτοπύλη. Με αυτούς τους χρόνους μπορείτε να υπολογίσετε τις ταχύτητες υ_1 και υ_2 με τις οποίες ο χάρακας διέρχεται από τη φωτοπύλη. Θεωρούμε πως οι ταχύτητες αυτές είναι ίσες με τις στιγμιαίες ταχύτητες στο μέσο κάθε αδιαφανούς ταινίας. Μεταβάλλοντας την απόσταση d μεταξύ των αδιαφανών ταινιών στο χάρακα και επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία θα συλλέξετε πειραματικά δεδομένα που θα σας επιτρέψουν να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $\left(\upsilon_2^2-\upsilon_1^2\right)=f(d)$ από την οποία θα υπολογίσετε τελι-κά την επιτάχυνση της βαρύτητας στον τόπο διεξαγωγής του πειράματος.

Προετοιμασία του χάρακα

1. Αρχικά με τη βοήθεια του διαστημομέτρου θα μετρήσετε το πλάτος **α** των αδιαφανών ταινιών (αυτοκόλλητα sticks).

Είναι: **α = ………………… mm = …………………… m**



Εικόνα 2: Προετοιμασία χάρακα

2. Στο χάρακα που σας δόθηκε έχει ήδη κολληθεί η μία από τις δύο αδιαφανείς ταινίες. Με οδηγό την Εικόνα 2 κολλήστε και τη δεύτερη αδιαφανή ταινία στο χάρακα, ώστε οι δύο ταινίες να απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 5\,cm$. **Προσέξτε** ώστε οι δύο ταινίες να είναι παράλληλες μεταξύ τους.

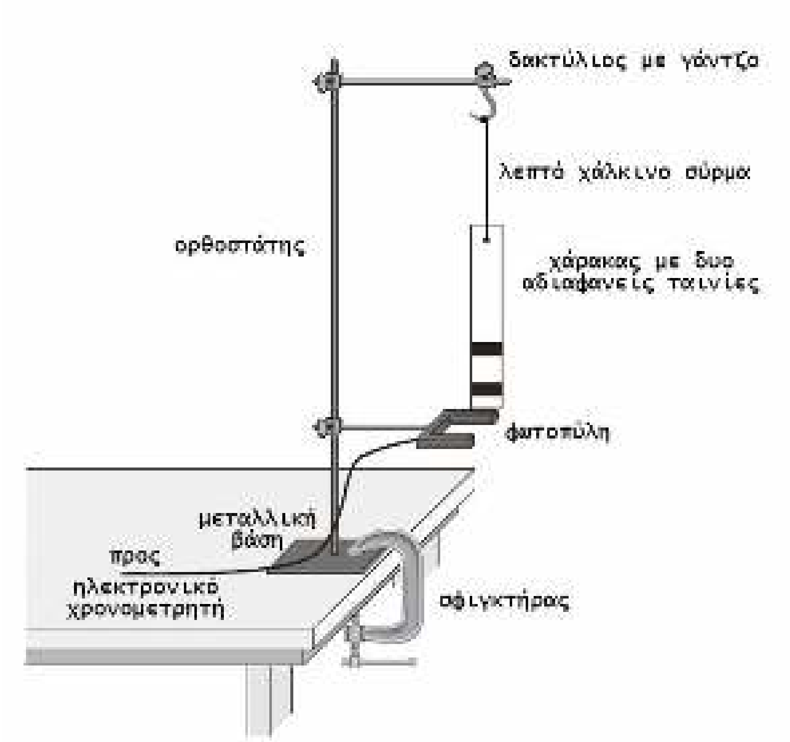
Συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης

Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Η φωτοπύλη θα στερεωθεί στη διάταξη με τη βοήθεια της μεταλλικής λαβίδας που σας δίνεται, ώστε η δέσμη της να είναι οριζόντια. Το βύσμα τύπου jack της φωτοπύλης θα συνδεθεί στην είσοδο (1) του ηλεκτρονικού χρονομετρητή. Η διάταξη θα στερεωθεί στον πάγκο εργασίας με τη βοήθεια ενός σφιγκτήρα τύπου G.

Με ένα πολύ λεπτό χάλκινο σύρμα θα αναρτήσετε το χάρακα στο γάντζο της διάταξης, ώστε να κρέμεται κατακόρυφος κάτω από το γάντζο και με το κάτω άκρο του να βρίσκεται στο ίδιο ύψος με την επάνω οριζόντια όψη της φωτοπύλης. Μικρορυθμίσεις μπορούν να γίνουν και με καθ' ύψος μετακίνηση της λαβίδας που συγκρατεί τη φωτοπύλη.

Θα προσέξετε ώστε κατά την πτώση του χάρακα οι αδιαφανείς ταινίες να τέμνουν κάθετα τη δέσμη της φωτοπύλης. Για το σκοπό αυτό μπορείτε να περιστρέψετε ελαφρά το γάντζο του ορειχάλκινου δακτυλίου ο οποίος μέσω του χάλκινου σύρματος θα στρέψει αντίστοιχα και το χάρακα.

<u>ΠΡΟΣΟΧΗ:</u> Φροντίστε να ρυθμίσετε τη θέση του δακτυλίου με το γάντζο ώστε η δέσμη της φωτοπύλης ***<u>να μη τέμνει</u>*** το τμήμα του χάρακα που φέρει τη γράμμωση και τους αριθμούς.



Εικόνα 3: Η πειραματική διάταξη

<u>ΠΡΟΣΟΧΗ:</u> Φροντίστε να ρυθμίσετε τη θέση του δακτυλίου με το γάντζο ώστε η δέσμη της φωτοπύλης <u>***να μη τέμνει***</u> το τμήμα του χάρακα που φέρει τη γράμμωση και τους αριθμούς.

Αφού ολοκληρώσετε τη συναρμολόγηση και τις ρυθμίσεις της διάταξης, και προτού συνεχίσετε με τη λήψη των μετρήσεων, καλέστε τον επιτηρητή σας να ελέγξει τη διάταξη.

Λήψη μετρήσεων

Συνδέστε το ηλεκτρονικό χρονόμετρο στην τάση τροφοδοσίας και επιλέξτε τρόπο λειτουργίας «F1». Ενώ ο χάρακας κρέμεται ακίνητος πάνω από τη φωτοπύλη, κάψτε <u>***προσεκτικά***</u> με τον αναπτήρα το χάλκινο σύρμα (χωρίς να το αγγίξετε και αναταράξετε το σύστημα). Ο χάρακας πέφτει τότε κατακόρυφα, οι δυο αδιαφανείς του ταινίες διακόπτουν διαδοχικά τη δέσμη της φωτοπύλης και ο ηλεκτρονικός χρονομετρητής καταγράφει τους χρόνους διέλευσης των αδιαφανών ταινιών από τη φωτοπύλη.
Σημειώστε στην πρώτη γραμμή του Πίνακα (1):

- Την απόσταση ***d*** μεταξύ των αντιστοίχων άκρων των δύο αδιαφανών ταινιών του χάρακα (όπως φαίνεται στην Εικόνα 2).
- Τους χρόνους $\boldsymbol{\Delta t_1}$ και $\boldsymbol{\Delta t_2}$ διέλευσης των αδιαφανών ταινιών από τη φωτοπύλη.

Καθώς ο χρόνος διέλευσης μιας αδιαφανούς ταινίας από τη φωτοπύλη αντιστοιχεί σε μετατόπιση του χάρακα κατά απόσταση ίση με το πλάτος α της αδιαφανούς ταινίας, μπορείτε να υπολογίσετε τις αντίστοιχες ταχύτητες του χάρακα μέσω των εξισώσεων:

$$\upsilon_1 = \frac{\alpha}{\Delta t_1} \quad \text{και} \quad \upsilon_2 = \frac{\alpha}{\Delta t_2}$$

Συμπληρώστε τέλος και τα υπόλοιπα κελιά της πρώτης γραμμής του Πίνακα (1) με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών σημείων.

Στη συνέχεια διατηρώντας σταθερή τη μία (την κατώτερη κατά την πτώση) αδιαφανή ταινία μετακινήστε την άλλη σε μεγαλύτερη απ’ ότι προηγουμένως απόσταση ***d = 10 cm***. Με άλλο χάλκινο σύρμα αναρτήστε το χάρακα στο γάντζο. Προσέξτε σε κάθε περίπτωση το κάτω άκρο του χάρακα να βρίσκεται στο ίδιο ύψος με την επάνω οριζόντια όψη της φωτοπύλης, ώστε ο χάρακας να πέφτει πάντα από το ίδιο ύψος σε σχέση με τη δέσμη της φωτοπύλης. Θυμηθείτε πριν κάψετε με τον αναπτήρα το χάλκινο σύρμα, να κάνετε επανεκκίνηση (Reset) του ηλεκτρονικού χρονομετρητή με πίεση του διακόπτη Δ1.

Απομακρύνοντας τις ταινίες κατά ***5 cm*** κάθε φορά, επαναλάβετε τη διαδικασία ώστε να πάρετε πέντε σύνολα μετρήσεων και συμπληρώσετε όλες τις γραμμές του Πίνακα (1).

Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

1. Στο χαρτί millimeter, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: απόσταση d (οριζόντιος άξονας) και διαφορά τετραγώνων ταχυτήτων $\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2$ (κατακόρυφος άξονας). Βαθμονομήστε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα με βάση τις πειραματικές τιμές του Πίνακα (1).

2. Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία απόστασης d - διαφοράς τετραγώνων ταχυτήτων $\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2$, σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα (1). Εξετάστε αν τα πειραματικά σημεία βρίσκονται (περίπου) πάνω σε μια ευθεία. Σχεδιάστε την ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα το σύνολο των σημείων.

3. Η γραμμή που χαράξατε αντιστοιχεί στην πειραματική επαλήθευση της σχέσης (3). Υπολογίστε την κλίση λ της πειραματικής ευθείας και μέσω της εξίσωσης (4) την επιτάχυνση της βαρύτητας $\boldsymbol{g}$. Τα αποτελέσματα να δοθούν σε μονάδες του Διεθνούς Συστήματος (S.I.) και με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων.

Υπολογισμοί:

....

....

....

....

....

....

....

$\lambda =$ ....

$g =$ ....

4. Η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας για τον τόπο που βρίσκεστε δίνεται από τη βιβλιογραφία περίπου ίση με $g_o = 9,81\, m/s^2$. Να συγκρίνετε την τιμή του g ***που βρήκατε*** με τη θεωρητική τιμή g_o, υπολογίζοντας την επί τοις εκατό απόκλιση μεταξύ των δύο αυτών τιμών*:*

$$\sigma = \left| \frac{g - g_o}{g_o} \right| \times 100 = \text{..................}\ \%$$

Αν η εκατοστιαία απόκλιση είναι μικρότερη από 5% μπορούμε να πούμε ότι ο σχεδιασμός και η πειραματική διαδικασία λειτούργησαν ικανοποιητικά.

5. Σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλεται κατά τη γνώμη σας η απόκλιση της πειραματικής από τη θεωρητική τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας; *[Επιλέξτε σωστό ή λάθος. Κάθε σωστή απάντηση βαθμολογείται με 2 μονάδες στις 100, κάθε λανθασμένη με -2 και η μη απάντηση με 0]*

α. Στα σφάλματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.

ΣΩΣΤΟ **ΛΑΘΟΣ**

β. Σε σφάλματα που οφείλονται στον τρόπο χάραξης της πειραματικής ευθείας.

ΣΩΣΤΟ **ΛΑΘΟΣ**

γ. Τα μεγαλύτερα σφάλματα οφείλονται στην αντίσταση του αέρα αφού η επιφάνεια του χάρακα που τέμνει κάθετα τον αέρα είναι σχετικά μεγάλη.

ΣΩΣΤΟ **ΛΑΘΟΣ**

6. Για ποιο λόγο πιστεύετε ότι χρησιμοποιήθηκε χάλκινο σύρμα για την ανάρτηση του χάρακα; Δε θα ήταν πιο απλό να χρησιμοποιούσαμε ένα εξίσου λεπτό νήμα και ψαλίδι για να το κόψουμε;

....

....

....

....

....

....

....

7. Ο υπολογισμός της ταχύτητας $\mathbf{\upsilon_2}$ δίνει τη στιγμιαία ταχύτητα του σημείου που βρίσκεται στη μέση της αντίστοιχης ταινίας ναι ή όχι και γιατί;

....

....

....

....

....

....

....

....

8. Τι θα έπρεπε να αλλάξετε στην πειραματική διάταξη ώστε να μειώσετε το σφάλμα μέτρησης της ταχύτητας;

....

....

....

....

....

....

....

9. Κατά την πειραματική διαδικασία σας ζητήθηκε να αφήνετε το χάρακα να πέσει πάντα από το ίδιο ύψος σε σχέση με τη δέσμη της φωτοπύλης. Πώς αποτυπώνεται το γεγονός αυτό στις μετρήσεις του χρόνου διέλευσης της πρώτης αδιαφανούς ταινίας από τη φωτοπύλη;

....

....

....

....

....

....

....

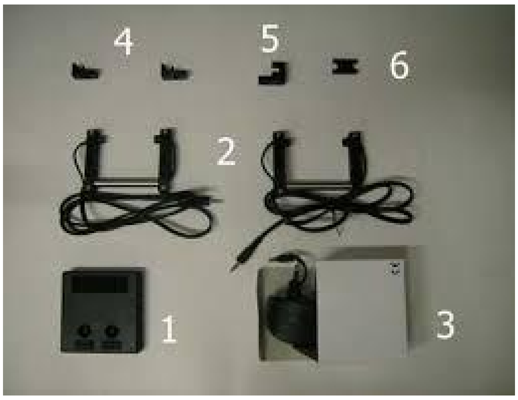
Καλή επιτυχία!!!

Πίνακας 1: Μετρήσεις του πειράματος

α/α	d (cm)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	υ_1 (m/s)	υ_2 (m/s)	υ_1^2 $(m/s)^2$	υ_2^2 $(m/s)^2$	$\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2$ $(m/s)^2$
1								
2								
3								
4								
5								

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΠΥΛΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟ P/N 1460



Το Ηλεκτρονικό Χρονόμετρο διαθέτει μία έξοδο, την οθόνη, με δυνατότητα μέτρησης από 0.0000 sec έως 99999 sec. Έχει δύο διακόπτες, «Δ1», «Δ2» για την επιλογή μεταξύ της δυνατότητας RESET και τριών τύπων λειτουργίας F1/F2/F3, αντίστοιχα.
Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τη λειτουργία «F1» στην οποία μετράει τον χρόνο κατά τον οποίο σκιάζεται η φωτοπύλη.
Όση ώρα εμφανίζεται στην οθόνη ο επιλεγμένος τρόπος λειτουργίας «F1», «F2» ή «F3» μετά από στιγμιαία ή συνεχή πίεση του διακόπτη Δ1, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν άλλο τρόπο λειτουργίας πιέζοντας διαδοχικά τον διακόπτη Δ2, αυξάνοντας έτσι την ένδειξη της οθόνης κατά 1, επιστρέφοντας στην τιμή F1 μετά από το F3.
Όταν εμφανιστεί στην οθόνη η ένδειξη «0.0000» το χρονόμετρο είναι έτοιμο να κάνει μετρήσεις.
Κρατώντας πατημένο μόνο το διακόπτη Δ1 γίνεται διαγραφή των θέσεων μνήμης για το συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας (RESET).
Το χρονόμετρο έχει δυνατότητα καταγραφής μετρήσεων σε οκτώ (8) θέσεις μνήμης. Όταν συμπληρωθεί ο αριθμός των οκτώ μετρήσεων, τότε η ένδειξη του τελευταίου χρόνου που μετρήθηκε αναβοσβήνει στην οθόνη.
Η εμφάνιση των αποθηκευμένων μετρήσεων γίνεται πατώντας το διακόπτη Δ1 ως ακολούθως:

- Αρχικά εμφανίζεται για 1 sec ο τρόπος λειτουργίας με βάση τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις.
- Κατόπιν, εμφανίζεται ο αύξων αριθμός της μέτρησης (1 – 8). Η ένδειξη αυτή παραμένει στην οθόνη για 1 sec.
- Στη συνέχεια εμφανίζεται ο χρόνος που καταγράφηκε. Η ένδειξη του χρόνου παραμένει στην οθόνη για 2 sec.

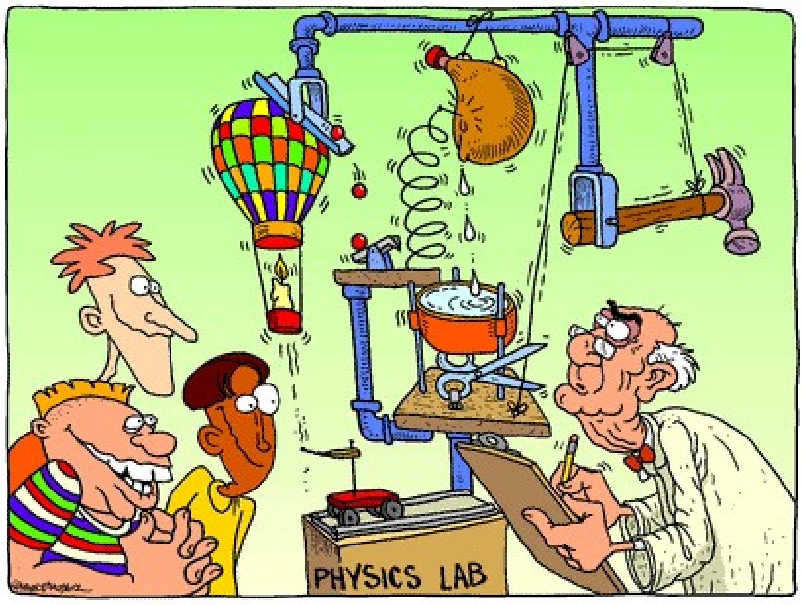
Χρησιμοποιώντας τον διακόπτη Δ2, ο χρήστης μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να σταματήσει προσωρινά την ροή του κύκλου απεικόνισης.

15η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2017

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2017



(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

Μαθητές:	Σχολική Μονάδα
1.	
2.	
3.	

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

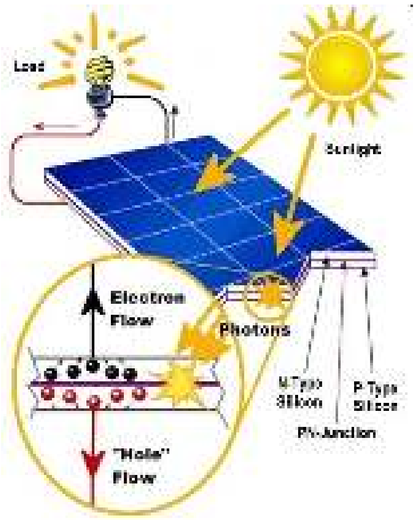
Αντικείμενο μελέτης: Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) πάνελ (solar panel)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ηλιακά κύτταρα) μετατρέπουν το φως, (που είναι ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατασκευάζονται με μικρό κόστος, από ημιαγώγιμα υλικά που μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα.
Λειτουργικά συμπεριφέρονται ως ηλεκτρικές πηγές και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μικρή, αλλά και σε μεγάλη κλίμακα αντικαθιστώντας τον παραδοσιακό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλο περιβαλλοντικό όφελος. Στις εφαρμογές που απαιτείται ρεύμα μεγάλης έντασης, πολλά Φ/Β στοιχεία ενώνονται με κατάλληλο τρόπο σχηματίζοντας Φ/Β συστοιχίες (solar panels).

Σκοπός και Κεντρική Ιδέα

Η διερεύνηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας ενός Φ/Β πάνελ και οι εφαρμογές του

Στοιχεία από τη θεωρία:



Όταν ένα Φ/Β στοιχείο φωτίζεται, οι φορείς των ηλεκτρικών φορτίων του ημιαγωγού απορροφούν ενέργεια και αναγκάζονται να μετακινηθούν στη ζώνη αγωγιμότητας δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα μικρής έντασης. Για το λόγο αυτό το στοιχείο παίζει το ρόλο ηλεκτρικής πηγής με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από παράγοντες όπως π.χ. το υλικό κατασκευής, τη θερμοκρασία του, τη φύση και την ποσότητα του προσπίπτοντος φωτός κ.α. Στο ηλεκτρικό κύκλωμα ένα Φ/Β πάνελ συμπεριφέρεται όπως μια πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος με βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά:

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης **Isc** : Είναι το ρεύμα που διαρρέει το Φ/Β όταν ο θετικός με τον αρνητικό πόλο συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό αμελητέας αντίστασης.
Η τάση ανοιχτού κυκλώματος **Voc** : Είναι η τάση που υπάρχει στους πόλους του Φ/Β, όταν αυτό δεν διαρρέεται από ρεύμα (δηλαδή όταν το κύκλωμα είναι ανοικτό και το ρεύμα ανοικτού κυκλώματος **Ioc = 0**)
Η μέγιστη ισχύς **Pmp** : Είναι η μέγιστη τιμή της ηλεκτρικής ισχύος με την οποία μπορεί να τροφοδοτήσει το Φ/Β έναν καταναλωτή. Όταν συμβαίνει αυτό η τιμή της τάσης είναι Vmp και της έντασης Imp.
Η απόδοση του Φ/Β: Είναι ο λόγος $P_{ΦΒ}$ / $P_{απ}$, της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος $P_{ΦΒ}$ προς την ισχύ $P_{απ}$ που απορροφάται από το Φ/Β, όταν αυτό φωτίζεται.

<u>Συμπληρωματικές γνώσεις:</u>

Η ισχύς P μιας ηλεκτρικής πηγής, υπολογίζεται από το γινόμενο VI σε μονάδες W στο SI. (1watt=1voltx1ampere, 1W=1V·1A)

Η επιφάνεια του κύκλου έχει εμβαδόν πr^2 (όπου r η ακτίνα του κύκλου)

Η επιφάνεια ενός ορθογώνιου παραλληλόγραμμου έχει εμβαδόν μήκος x πλάτος

Σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο εφθ = (μήκος απέναντι καθέτου)/(μήκος προσκείμενης καθέτου)

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι λαμπτήρες με νήμα βολφραμίου έχουν απόδοση σε φώς περίπου 15%

Μία βατώρα (Wh) είναι η ποσότητα ενέργειας που αποδίδει ή καταναλώνει μία συσκευή ισχύος ενός βατ σε μία ώρα: 1 Wh= 1W·1h

Η Μεταβλητή Αντίσταση (ροοστάτης)

Σε ορισμένα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι λειτουργικά αναγκαίο να ρυθμίζουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, χωρίς να αντικαθιστούμε τα δίπολα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τη μεταβλητή αντίσταση (δείτε στο σχήμα).

Η μεταβλητή αντίσταση συνδέεται στο κύκλωμα σε σειρά και μας παρέχει τη δυνατότητα να επιλέγουμε διάφορες τιμές αντίστασης, εντός μιας περιοχής τιμών, περιστρέφοντας το δρομέα (δείτε στο σχήμα).

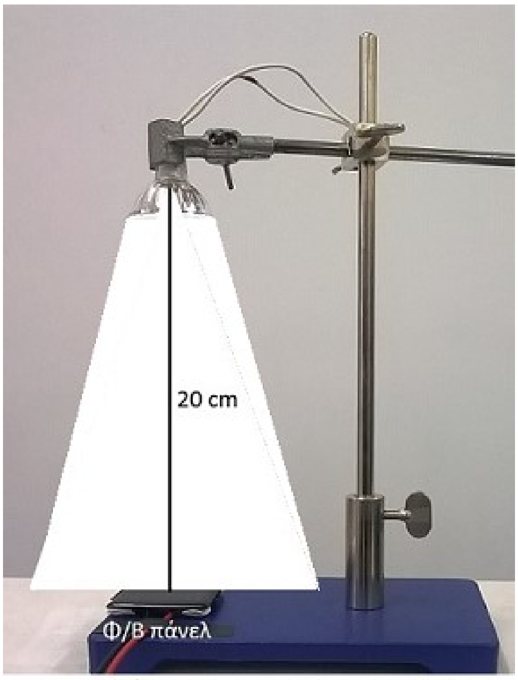
Μεταβλητή αντίσταση — Σχηματική απεικόνιση

Το τροφοδοτικό του λαμπτήρα

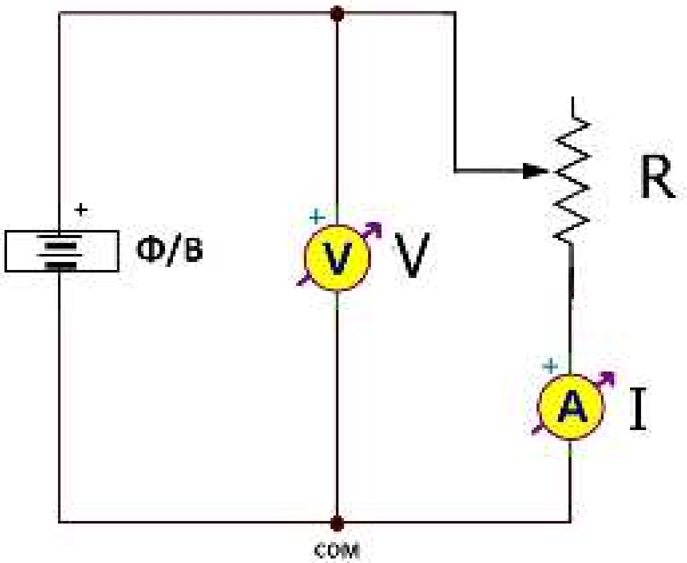
Όργανα και υλικά

Υλικά απαραίτητα για τη συναρμολόγηση ορθοστάτη και ένας σταυρός
Λαβίδα για τη συγκράτηση του λαμπτήρα
Τροφοδοτικό 12V/3A (DC ή AC) για την τροφοδοσία του λαμπτήρα
Λαμπτήρας βολφραμίου 12V/35W με ντουί και άνοιγμα δέσμης 36^0
Φ/Β πάνελ σε βάση και με αγωγούς σύνδεσης στο κύκλωμα
Πολύμετρο σε λειτουργία αμπερομέτρου με τον επιλογέα στη θέση 200 mA (μόνιμα)
Πολύμετρο σε λειτουργία βολτομέτρου με τον επιλογέα στη θέση 20 V (μόνιμα)
Μεταβλητή αντίσταση 220Ω
Αγωγοί σύνδεσης με μπανάνες στα άκρα
Υποδεκάμετρο

Πειραματική διαδικασία



Σχήμα 1: *Συναρμολόγηση διάταξης*



Σχήμα 2: Το ηλεκτρικό κύκλωμα

(Η λευκή περιοχή στο σχήμα 1 απεικονίζει τη φωτεινή δέσμη)

Α Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

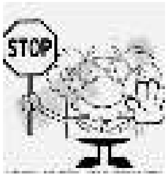
1. Συναρμολόγηση του ορθοστάτη με το λαμπτήρα και το Φ/Β (*βαθμολογήσιμο*)

Χρησιμοποιήστε τα κατάλληλα υλικά σύμφωνα με το Σχήμα 1, ώστε να προετοιμάσετε την πειραματική διάταξη.

Τοποθετήστε το Φ/Β πάνελ χαμηλά στον ορθοστάτη και, το λαμπτήρα σε τέτοια θέση ώστε το νήμα πυράκτωσης του λαμπτήρας εντός του κατόπτρου να απέχει 20 cm από το Φ/Β πάνελ όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. (το νήμα πυράκτωσης βρίσκεται σε βάθος 2 cm από το προστατευτικό τζάμι)

2. Σύνθεση του ηλεκτρικού κυκλώματος (*βαθμολογήσιμο*)

Χρησιμοποιήστε τα κατάλληλα όργανα σύμφωνα με το Σχήμα 2, ώστε να προετοιμάσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα. (Οι ρυθμίσεις των επιλογέων για το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο προαναφέρονται στα όργανα και υλικά, σελ 3)



Μόλις συναρμολογήσετε τη διάταξη (και χωρίς να θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό) καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο

Ονοματεπώνυμο επιτηρητή	**Υπογραφή**

Μετά από τον έλεγχο της πειραματικής διάταξης, τροφοδοτήστε το λαμπτήρα με τάση περίπου 13 V και ενεργοποιήστε το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο.

3. Βελτιστοποίηση της διάταξης (*βαθμολογήσιμο*)

Πριν αρχίσετε τις μετρήσεις, πρέπει με κατάλληλους χειρισμούς να ρυθμίσετε τη σχετική θέση του λαμπτήρα, έτσι ώστε το ρεύμα βραχυκύκλωσης **Isc** να γίνει μέγιστο. Μπορείτε να μετακινήσετε-περιστρέψετε το ΣΤΕΛΕΧΟΣ της λαβίδας που συγκρατεί το λαμπτήρα περί τον άξονά του και περί τον κατακόρυφο άξονα του ορθοστάτη για να μεγιστοποιήσετε το ρεύμα.
ΠΡΟΣΟΧΗ: Μη προσπαθήσετε να περιστρέψετε το Φ/Β πάνελ πιάνοντας το ίδιο !
Σκοπός είναι η επιφάνεια του Φ/Β πάνελ να είναι παράλληλη στο προστατευτικό τζάμι του λαμπτήρα και περίπου στην κεντρική περιοχή του φωτεινού δίσκου που δημιουργείται στον πάγκο εργασίας από τον λαμπτήρα.

Υπόδειξη:

Για το ρεύμα βραχυκύκλωσης **Isc**, θα βραχυκυκλώσετε τους ακροδέκτες του Φ/Β

Για την τάση ανοιχτού κυκλώματος **Voc,** θα διακόψετε το κύκλωμα (**Ioc=0)**.

Τώρα μπορείτε να ξεκινήσετε τις μετρήσεις

Β Μέρος: Λήψη μετρήσεων

Θα περιστρέψτε το δρομέα της μεταβλητής αντίστασης ξεκινώντας από τη θέση μηδενικής (θέση 1) αντίστασης (ο δρομέας στο πλησιέστερο συνδεδεμένο άκρο), έτσι ώστε να συμπληρώσετε τις δυο πρώτες στήλες (V και I) του ΠΙΝΑΚΑ Ι, σύμφωνα με τις οδηγίες που υπάρχουν.

Στις στήλες αυτές θα καταγραφεί η ένδειξη του κάθε οργάνου <u>όπως αυτή εμφανίζεται στην οθόνη του.</u>

Η τρίτη στήλη θα συμπληρωθεί σ τη συνέχεια, αφού λάβετε υπόψη σας ότι οι τιμές στην τελευταία στήλη του ΠΙΝΑΚΑ Ι θα στρογγυλοποιηθούν στη μονάδα.

4. Συμπλήρωση των κενών κελιών του ΠΙΝΑΚΑ Ι

<table>
<tr><th rowspan="2">α/α</th><th rowspan="2"></th><th>V</th><th>I</th><th>P</th></tr>
<tr><th>Volt</th><th>mA</th><th>mW</th></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="2"></td><td>Vsc≈ 0,00</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>0,50</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="6">ανά 0,5 volt</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td rowspan="7">ανά 0,2 volt</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>15</td><td></td><td>Ioc = 0,0</td><td>0</td></tr>
</table>

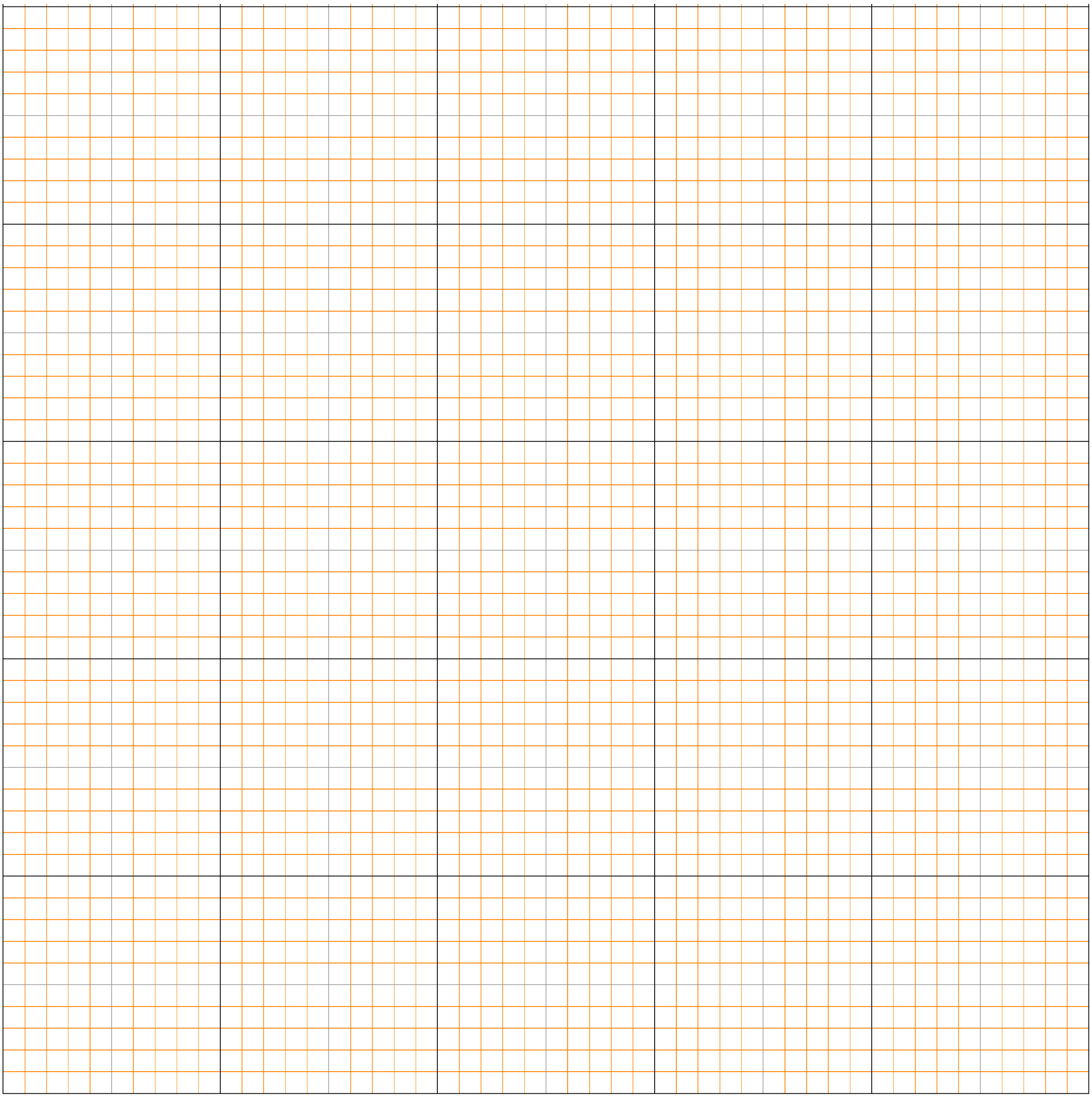
Γ Μέρος: Επεξεργασία των μετρήσεων

5. Κατασκευή των γραφημάτων **I – V** και **P – V**

Στο χιλιοστομετρικό χαρτί που σας δίνεται, πρέπει να μεταφέρετε τα δεδομένα των τριών τελευταίων στηλών του προηγούμενου πίνακα, ώστε να προκύψει ένα διάγραμμα των τιμών της έντασης **I** σε συνάρτηση με την τάση **V** και ένα διάγραμμα των τιμών της ισχύος **P** σε συνάρτηση με την τάση **V.** Πρέπει να επιλέξετε κατάλληλη κλίμακα στους άξονες, έτσι ώστε τα πειραματικά σημεία που θα προκύψουν από τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών, να «απλωθούν» όσο το δυνατό περισσότερο πάνω στο χιλιοστομετρικό χαρτί.
Στη συνέχεια, ανάμεσά τους σχεδιάστε τη βέλτιστη γραμμή.

ΓΡΑΦΗΜΑ **I – V**

ΓΡΑΦΗΜΑ **P – V**



6. Μελετήστε τα προηγούμενα γραφήματα και υπολογίστε

   a. την τιμή της μέγιστης ισχύος του Φ/Β στις δεδομένες συνθήκες φωτισμού

   Pmp = __________ mW

   b. τις τιμές της έντασης και της τάσης του Φ/Β για να αποδίδει μέγιστη ισχύ

   Vmp = __________ V

   Imp = __________ mA

Δ ΜΕΡΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

7. Πρόκειται να κυκλοφόρησαν οι πρώτες πρίζες τζαμιού! Προσκολλώνται με βεντούζα σε οποιοδήποτε τζάμι και φέρουν Φ/Β πάνελ.
    - Σε πόσες ώρες θα φορτιστεί το κινητό σας (μπαταρία: 3,6 V και 2,96 Wh) αν προσπαθήσετε να το φορτίσετε με το Φ/Β της προαναφερόμενης πρίζας από τον ήλιο;

(στοιχεία λειτουργίας του Φ/Β της πρίζας: 4 V και 80 mA)

- Για ποιους λόγους ο απαιτούμενος χρόνος είναι μεγαλύτερος στην πράξη;
- Δώστε μια πρακτική λύση αυτού του προβλήματος, ανεξάρτητη από το χρόνο φόρτισης.

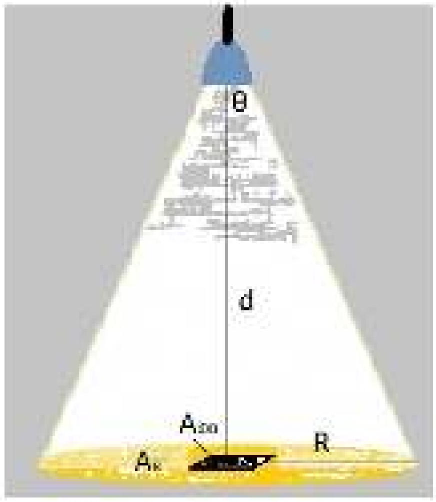
8. Στο γράφημα I – V διακρίνουμε μια περιοχή με μικρή (κατ απόλυτη τιμή) κλίση (περιοχή Α) και μια περιοχή με μεγάλη(κατ απόλυτη τιμή) κλίση (περιοχή Β). Εμείς θέλουμε να τροφοδοτήσουμε μια συσκευή με σταθερό ρεύμα ανεξάρτητα από την τάση που θα υπάρχει στα άκρα της ($V_{Φ/Β}$ <3,7 V).
Σε ποια περιοχή πρέπει να λειτουργεί το Φ/Β; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

9. Δεδομένου ότι οι λάμπες αλογόνου αποδίδουν σε φώς περίπου το 15% της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφούν από το ηλεκτρικό δίκτυο, να υπολογίσετε την % απόδοση του Φ/Β πάνελ της άσκησης (λόγος $\mathbf{P_{Φ/Β}/P_{απ}}$), στην κατάσταση μέγιστης ισχύος. (στρογγυλοποίηση στη μονάδα)

Δίδεται από τον κατασκευαστή η γωνία κορυφής (άνοιγμα της δέσμης) $2θ=36^0$ και $εφ18^0 = 0,325$

Οι επιφάνειες $A_{ΦΒ}$ του Φ/Β πάνελ και A_R (κυκλικός δίσκος στο ίδιο επίπεδο με το Φ/Β πάνελ) δέχονται φωτεινή ισχύ ανάλογη με το εμβαδόν τους.
Η προσπίπτουσα ισχύς στο Φ/Β πάνελ θα θεωρηθεί ότι απορροφάται ολικά (100%)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η λευκή περιοχή του σχήματος 3, απεικονίζει τη φωτεινή δέσμη.
Ο κυκλικός δίσκος εμβαδού A_R , φωτίζεται ομοιόμορφα



Σχήμα 3. *Φωτεινή δέσμη από τον λαμπτήρα προς το Φ/Β πάνελ*

Υπολογισμοί:

Βιβλιογραφία – Δικτυογραφία

[1] R. A. Serway, “Physics for Scientists and Engineers, Volume 2”, Saunders College Publishing, 1990.

[2] https://eclass.upatras.gr/modules/document/?course=CMNG2157

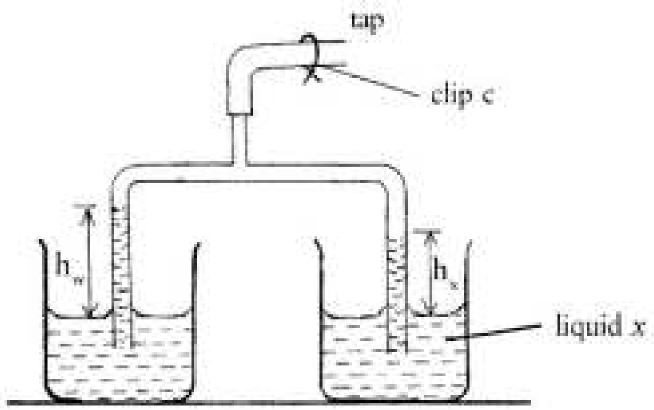
[3] http://inhabitat.com/window-socket-portable-solar-powered-outlet-sticks-to-windows-charges-small-electronics/

[4] http://www.pveducation.org/pvcdrom/short-circuit-current

ΠΡΟΧΕΙΡΟ

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



28 Ιανουαρίου 2017

ΛΥΚΕΙΟ: ……………………………………………………………………………

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. ……………………………………………………………………………
2. ……………………………………………………………………………
3. ……………………………………………………………………………

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Μέτρηση πυκνότητας υγρού με τη διάταξη Hare

Η κεντρική ιδέα της πειραματικής δραστηριότητας είναι να προσδιορισθεί η τιμή της πυκνότητας υγρού (αραβοσιτέλαιου) σε σχέση με τη γνωστή τιμή της πυκνότητας του καθαρού νερού.Θα ακολουθήσουμεμια τροποποιημένη πειραματική διαδικασία την οποία πρώτος υλοποίησε ο **RobertHare**(1781 – 1858), χημικός στην Πενσυλβανία της Αμερικής,στο τότε νεοσύστατο αμερικανικό έθνος. Η πειραματική άσκησηθεωρητικά στηρίζεται στην ***ισορροπία δύο διαφορετικών ρευστών σε σύστημα δύο γυάλινων σωλήνων σε σχήμα ανεστραμμένου U***.

Α. Βασικές θεωρητικές γνώσεις

1. Πυκνότητα

Πυκνότητα*(ρ)*ενός ομογενούς υλικού είναι η μάζα ανά μονάδα όγκου του, δηλ. αν η μάζα *(m)*του υλικού έχει όγκο*(V),*τότε η πυκνότητα τουισούται με:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (1)$$

Μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο σύστημα μονάδων S.I. είναι 1 kg/m^3.

2. Πίεση

Πίεση *(P)* ονομάζεται το πηλίκο της δύναμης *(F)* που ασκείται κάθετα σε μιαεπιφάνεια προς το εμβαδόν *(A)* της επιφάνειας αυτής:

$$P = \frac{F}{A}$$

Η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος και έχει μονάδα μέτρησης στο σύστημα μονάδων S.I. το 1Pa (Pascal):1 Pa = 1 N/m^2.

3. Πίεση των ρευστών (σε ισορροπία)

Το λάδι, το πετρέλαιο, το νερό, ο αέρας είναι ρευστά. Τα ρευστά δεν έχουν καθορισμένο σχήμα και μπορούν να είναι ασυμπίεστα όπως τα υγρά, ή συμπιεστά όπως τα αέρια.

Ένα ρευστό σε ισορροπία, πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. Η πίεση στα υγρά οφείλεται στις δυνάμεις βαρύτητας, ενώ στα αέρια είναι αποτέλεσμα της άτακτης θερμικής κίνησης των μορίων τους σε συνδυασμό με τις δυνάμεις βαρύτητας.

Η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση και είναι η πίεση στη βάση του αερίου όγκου που μας περιβάλλει και ζούμε.

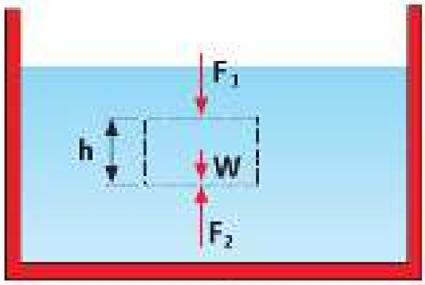
4. Υγρά σε ισορροπία

Όταν ένα υγρό βρίσκεται σε στατική ισορροπία (ηρεμεί), η πίεσησε κάποιο σημείοτου -που ονομάζεται **υδροστατική**-εξαρτάται από το βάθος αυτού του σημείου και όχι από τις διαστάσεις του υγρού ή του δοχείου:

$$P_{\upsilon\delta\rho} = \rho g h$$

όπου:*ρ*η πυκνότητα του υγρού, *g = 9,81 m/s*^{2} είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, και*h* το βάθος του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Στο δοχείο του διπλανού σχήματος ένα υγρόπυκνότητας ***ρ***ηρεμεί. Στην ποσότητα του υγρού που περικλείεται σε ένα «φανταστικό» κύλινδρο με εμβαδό διατομής *A* και ύψος *h*(δες στο σχήμα),στην κατακόρυφη διεύθυνση ασκούνται:



(a)

- ηδύναμηF_1λόγω της πίεσης στην επάνω βάση του κυλίνδρου,
- το βάρος *W*του υγρού,
- ηδύναμη F_2λόγω της πίεσης στην κάτω βάση του «φανταστικού» κυλίνδρου.

Η ποσότητα του υγρού ισορροπεί και συνεπώς:

$$\Sigma F_y = 0 \text{ δηλ. } F_2 = F_1 + W \text{ και } F_2 = F_1 + mg$$

με $m = \rho V$ ($V = A \cdot h$ είναι ο όγκος του κυλίνδρου).Διαιρώντας με το εμβαδόν διατομής *A*του δοχείου προκύπτει: $\frac{F_2}{A} = \frac{F_1}{A} + \frac{\rho g A h}{A}$, οπότε:

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

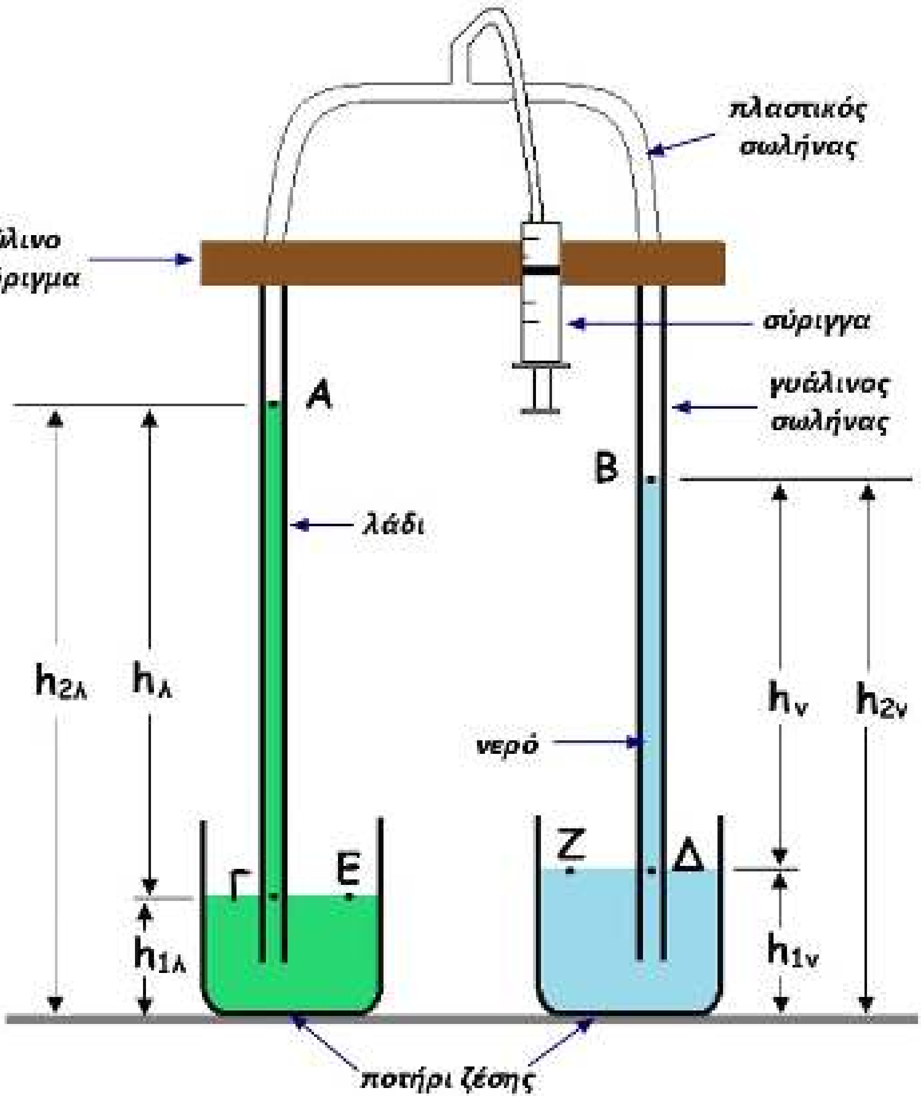
Η εξίσωση (4) συνδέει τις πιέσεις σε δύο οποιαδήποτε σημεία ενός υγρού που βρίσκεται σε κατάσταση στατικής ισορροπίας, ενώ από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι φανερό πως ***η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα***. Επιπλέον λόγω της ισορροπίας του υγρού κατά την οριζόντια διεύθυνση, εύκολα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως:***η πίεση είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του ίδιου οριζόντιου επιπέδου ενός ρευστού που ηρεμεί***.

5. Αέρια σε ισορροπία

Σε συνηθισμένων διαστάσεων δοχεία η συνεισφορά της βαρύτητας στην πίεση ενός αερίου είναι ασήμαντη, αφού το δοχείο θα έπρεπε να είναι σχεδόν 100 m ψηλό, ώστε η βαρύτητα να προκαλέσει μεταβολή μόλις κατά 1% στην πίεση μεταξύ της κορυφής και του πυθμένα. Σ’ αυτή την περίπτωση ***αιτία της πίεσης ενός αερίου που μακροσκοπικά ηρεμεί είναι η διαρκής άτακτη θερμική κίνηση των μορίων του***, με αποτέλεσμα ένας πολύ μεγάλος αριθμός μορίων ανά δευτερόλεπτο να συγκρούεται με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο περιέχονται, ασκώντας κατά τη διάρκεια των κρούσεων δυνάμεις σ’ αυτά. Καθώς όμως η κίνηση των μορίων του αερίου είναι άτακτη, δεν υπάρχει κάποια προτιμητέα κατεύθυνση κίνησης, και συνεπώς:***η πίεση ενός αερίου που μακροσκοπικά ηρεμεί, είναι η ίδια σε όλα τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο περιέχεται***.

Β. Περιγραφή – λειτουργία της πειραματικής διάταξης Hare

Δύο λεπτοί γυάλινοι σωλήνεςέχουν τα πάνω άκρα τους συνδεδεμένα με εύκαμπτο πλαστικό σωλήνα σχηματίζοντας ένα σύστημα με μορφή ανεστραμμένου «**U**», στην κορυφή του οποίου με συνδετήρα τύπου «**T**» και τη βοήθεια ελαστικού σωλήνα έχει συνδεθεί μια πλαστική σύριγγα. Η διάταξη με τη βοήθεια κατάλληλης ξύλινης βάσης και μεταλλικής λαβίδας στερεώνεται σε κατακόρυφο μεταλλικό ορθοστάτη, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολο να μετακινείται κατακόρυφα. Τα κάτω άκρα των δύο γυάλινων σωλήνων είναι βυθισμένα σε δύο μικρά ποτήρια ζέσης. Το ένα ποτήρι ζέσης είναι γεμάτο με υγρό γνωστής πυκνότητας (νερό στη δική μας περίπτωση),και το άλλο με ένα υγρό (αραβοσιτέλαιο στην περίπτωσή μας) του οποίου την πυκνότητα θέλουμε να προσδιορίσουμε.



Εικόνα 1: Η διάταξη Hare για τον προσδιορισμό της πυκνότητας ενός υγρού

Με τη βοήθεια της σύριγγας αφαιρούμε κάποια ποσότητα αέρα από τους δύο γυάλινους σωλήνες.Η πίεση του αέρα στο εσωτερικό των σωλήνων ελαττώνεται, και τα υγρά ανεβαίνουν στους δύο σωλήνες.Αν$\boldsymbol{P_{atm}}$είναι η ατμοσφαιρική πίεση και $\boldsymbol{P_o}$ η πίεση του αέρα που έχει παραμείνει στο εσωτερικό των γυάλινων σωλήνων, τότε:

1. Για το αέριο που μακροσκοπικά ηρεμεί στην κορυφή της διάταξης ισχύει:
$$\boldsymbol{P_A = P_B = P_o}$$
2. Το λάδι ηρεμεί και συνεπώς: $\boldsymbol{P_\Gamma = P_A + \rho_\lambda g h_\lambda}$ και $\boldsymbol{P_\Gamma = P_E = P_{atm}}$, οπότε:
$$\boldsymbol{P_{atm} = P_o + \rho_\lambda g h_\lambda} \qquad (i)$$
3. Το νερό ηρεμεί και συνεπώς: $\boldsymbol{P_\Delta = P_B + \rho_\nu g h_\nu}$ και $\boldsymbol{P_\Delta = P_Z = P_{atm}}$, οπότε:
$$\boldsymbol{P_{atm} = P_o + \rho_\nu g h_\nu} \qquad (ii)$$

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις(i) και (ii) προκύπτει: $\boldsymbol{\rho_\lambda g h_\lambda = \rho_\nu g h_\nu}$ και τελικά:

$$h_\nu = \left(\frac{\rho_\lambda}{\rho_\nu}\right) h_\lambda$$

Είναι προφανές πως η συνάρτηση $h_\nu = f(h_\lambda)$ είναι γραμμική με κλίση:

$$\alpha = \frac{\rho_\lambda}{\rho_\nu}$$

Δ. Πειραματική διαδικασία

Σας δίνονται:

- Μια πλήρης διάταξη Hare, δηλαδή: ένα σύστημα των δύο γυάλινων σωλήνων σε σχήμα ανεστραμμένου «**U**», στην κορυφή του οποίου με συνδετήρα τύπου «**T**» και τη βοήθεια ελαστικού εύκαμπτου σωλήνα έχει συνδεθεί πλαστική σύριγγα των 20 mL. Η διάταξη στηρίζεται σε κατάλληλη μεταλλική βάση.
- Δύο ποτήρια ζέσης των 100 mL.
- Δύο πλαστικά φιαλίδια που περιέχουν το ένα λάδι (αραβοσιτέλαιο) και το άλλο απιονισμένο νερό.
- Μετροταινία
- Αλφάδι (αεροστάθμη)
- Χάρακας

Μεταφέρετε λάδι (αραβοσιτέλαιο) στο ένα ποτήρι ζέσηςαπό το αντίστοιχο πλαστικό φιαλίδιο,**μέχρι την ένδειξη των50mL** περίπου. Με τον ίδιο τρόπο μεταφέρετε απιονισμένο νερό στο άλλο ποτήρι ζέσης. Βυθίστε στη συνέχεια το κάτω άκρο του ενός γυάλινου σωλήνα της διάταξης στο ποτήρι ζέσης που περιέχει το νερό, και το κάτω άκρο του άλλου γυάλινου σωλήνα μέσα στο ποτήρι ζέσης που περιέχει το λάδι, όπως φαίνεται και στην εικόνα της διάταξης.

Με το αλφάδι (αεροστάθμη) οριζοντιώστε την ξύλινη βάση της διάταξης, ώστε να έχετε ένα επίπεδο αναφοράς, το οποίο μπορεί να σας βοηθήσει στη συνέχεια της διαδικασίας για την κατακόρυφη τοποθέτηση της μετροταινίας.

Τραβώντας με προσοχή το έμβολο της σύριγγας **ως την ένδειξη 20mL** ανεβαίνει στους γυάλινους σωλήνες το λάδι και το νερό. Αφήστε τη σύριγγα ελεύθερη, ώστε ο ελαστικός σωλήνας σύνδεσής της στη διάταξη να τσακίσει (διπλώσει).Βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχουν διαρροές στη διάταξη και συνεπώς η στάθμη των υγρών στους γυάλινους σωλήνες παραμένει σταθερή για αρκετό χρόνο, ώστενα μην επηρεάζεται η λήψη των μετρήσεων.

!!! Καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή να ελέγξει τη διάταξη !!!

1.Λήψη μετρήσεων

1.1.Τοποθετώντας τη μετροταινία **κατακόρυφα**δίπλα σε κάθε γυάλινο σωλήνα (με το 0 της κλίμακας προς τα κάτω, ώστε να εφάπτεται στην επιφάνεια του πάγκου εργασίας), μετρήστε και καταγράψτε στον Πίνακα (1) (θα βρείτε τον Πίνακα στο τέλος των θεμάτων):

α) Το ύψος της ελεύθερης στάθμης του νερού στο ποτήρι ζέσης $\mathbf{h_{1\nu}}$

β) Το ύψος της ελεύθερης στάθμης του νερού στο γυάλινο σωλήνα $\mathbf{h_{2\nu}}$

γ) Επαναλάβετε τη διαδικασία (βήματα α,β) για το λάδι.

!!! Φροντίστε αυτήή κάποια από τις 4 επόμενες μετρήσεις σας να γίνει παρουσία του επιβλέποντα καθηγητή !!!

1.2. Πιέζοντας αργά το έμβολο της σύριγγας χαμηλώστε τηστάθμη του λαδιού στο σωλήνα του κατά **5-6 cm**περίπου (θα ελαττωθεί και η στάθμη του νερού).

1.3.Επαναλάβετε τις μετρήσεις όπως στο βήμα(1.1).
1.4. Επαναλάβετε τη διαδικασία (βήματα 1.2 και 1.3) άλλες 3 φορές, κατεβάζοντας κάθε φορά τη στάθμη του λαδιού στο σωλήνα κατά**5-6 cm**, ώστε να έχετε συνολικά 5 ζεύγη μετρήσεωνγια τη στάθμη του λαδιού και άλλα 5 ζεύγη μετρήσεων για τη στάθμη του νερού.

2. Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

2.1.Υπολογίστε τούψος της στήλης του νερού ως: $h_v = h_{2v} - h_{1v}$καθώς και τούψος της στήλης του λαδιού ως: $h_\lambda = h_{2\lambda} - h_{1\lambda}$, και συμπληρώστε τα κελιά στις σχετικές στήλες του Πίνακα 1.

2.2.Στο χαρτί millimeter που σας δόθηκε, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: ύψος h_λστον οριζόντιο άξονα και ύψος h_v στον κατακόρυφο άξονα. Βαθμονομήστε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα με βάση τις πειραματικές τιμές του Πίνακα (1).

2.3.Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία h_λ και h_v, σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα1. Σχεδιάστε την ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα το σύνολο των σημείων.

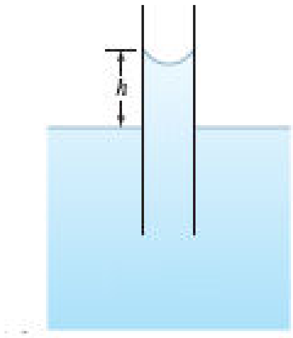
2.4.Η γραμμή που χαράξατε αντιστοιχεί στην πειραματική επαλήθευση της σχέσης (5). Υπολογίστε τηνκλίση(α) της πειραματικής ευθείας, και μέσω της εξίσωσης (6) την πυκνότητα του λαδιού ρ_λ. Θεωρείστε ότι$\rho_v = 1 g/cm^3$. Να γράψετε τα αποτελέσματα με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων:

$$\alpha = \dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad \text{και} \quad \rho_\lambda = \dots\dots\dots\dots\dots\ g/cm^3$$

Οι σχετικοί υπολογισμοί να δοθούν στο **Φύλλο απαντήσεων**(δίνεται στο τέλος των θεμάτων).

3. Εναλλακτική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων

Αν αφαιρέσετε τη σύριγγα από τη διάταξη (με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην αναταράξετε τη συσκευή και χυθούν τα υγρά από τα ποτήρια ζέσης), και αφήσετε τα υγρά στα δύο ποτήρια ζέσης να ισορροπήσουν, μπορείτε να παρατηρήσετε πως η στάθμη κάθε υγρού μέσα στο γυάλινο σωλήνα βρίσκεται λίγο ψηλότερα από την ελεύθερη επιφάνεια τουίδιου υγρού στο αντίστοιχο ποτήρι ζέσης (δείτε και το διπλανό σχήμα).Το φαινόμενο ανήκει σε μια γενικότερη κατηγορία φαινομένων γνωστή υπό το όνομα «**τριχοειδή φαινόμενα**», και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες συστηματικών σφαλμάτων στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.



3.1.Μπορείτε να αναφέρετε και κάποιους άλλους παράγοντες που κατά τη γνώμη σας αποτελούν πηγές σφαλμάτων στη διαδικασία προσδιορισμού της πυκνότητας ενός υγρού με τη μέθοδο Hare; Γράψτε την απάντησή σας στο **Φύλλο απαντήσεων**.
3.2.Για τη διόρθωση του συστηματικού σφάλματος λόγω τριχοειδών φαινομένων, προτείνεται η εξής διαδικασία:
Για την 1η μέτρηση που πραγματοποιήσατε, έστω: h_vτο ύψος της στήλης του νερού όπως το υπολογίσατε και το καταγράψατε στον Πίνακα (1), **α** το ύψος λόγω τριχοειδών φαινομένων στο σωλήνα του νερού και$h_{v,\delta}$το διορθωμένο ύψος του νερού στο σωλήνα του. Τότε: $h_{v,\delta} = h_v - \alpha$.
Αν **b** το ύψος λόγω τριχοειδών φαινομένων στο σωλήνα του λαδιού, αντίστοιχα θα ισχύει:$h_{\lambda,\delta} = h_\lambda - b$.

Θα είναι: $$\frac{\rho_\lambda}{\rho_v} = \frac{h_{v,\delta}}{h_{\lambda,\delta}} \text{ ή } \frac{\rho_\lambda}{\rho_v} = \frac{h_v - a}{h_\lambda - b} \quad (iii)$$

Αντίστοιχα για κάποια από τις επόμενες μετρήσεις, ισχύει:

$$\frac{\rho_\lambda}{\rho_\nu} = \frac{h'_{\nu,\delta}}{h'_{\lambda,\delta}} \text{ ή } \frac{\rho_\lambda}{\rho_\nu} = \frac{h'_\nu - a}{h'_\lambda - b} \quad (iv)$$

Συνδυάζοντας τις ανωτέρω εξισώσεις (iii) και (iv)και χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες των αναλογιών, μπορούμε να γράψουμε:

$$\frac{\rho_\lambda}{\rho_\nu} = \frac{h_\nu - h'_\nu}{h_\lambda - h'_\lambda}$$

Καθώς το συστηματικό σφάλμα λόγω τριχοειδών φαινομένων είναι πρακτικά το ίδιο σε όλες τις μετρήσεις, μέσω των αφαιρέσεων $h_\nu - h'_\nu$ και $h_\lambda - h'_\lambda$ η επίδρασή του στις μετρήσεις αναιρείται. Χρησιμοποιώντας τα πειραματικά δεδομένα του Πίνακα (1) και την εξίσωση (7),συμπληρώστε τις τιμές στα κελιά του Πίνακα 2. Θεωρείστε **ρ_ν=1g/cm^3**.

Από τις τιμές της πυκνότητας του λαδιού, που συμπληρώσατε στην τελευταία στήλη του Πίνακα (2), υπολογίστε τη μέση τιμή της πυκνότητας του λαδιού με βάση τη σχέση:

$$\bar{\rho}_\lambda = \frac{\rho_{\lambda_1} + \rho_{\lambda_2} + \ldots + \rho_{\lambda_4}}{4} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; g/cm^3$$

Αν **$\rho_{\lambda(max)}$**είναι η μέγιστη και **$\rho_{\lambda(min)}$**η ελάχιστη τιμή που υπολογίσατε στον Πίνακα (2)για την πυκνότητα του λαδιού, δώστε μια (υπερεκτίμηση) του σφάλματος μέσης τιμής για την πυκνότητα, ως:

$$\sigma_{\bar{\rho}} = \frac{\rho_{\lambda(\max)} - \rho_{\lambda(\min)}}{2} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; g/cm^3$$

Στρογγυλοποιήστε την τιμή του (υπερεκτιμημένου) σφάλματος που υπολογίσατε, ώστε να έχει **ένα μόνο μη μηδενικό ψηφίο**, και γράψτε **με την ίδια ακρίβεια** και τη μέση τιμή της πυκνότητας του λαδιού:

$$\rho_\lambda = \bar{\rho}_\lambda \pm \sigma_{\bar{\rho}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \;\pm\; \ldots\ldots\ldots\ldots\; g/cm^3$$

Ε. Ερωτήσεις

1. Η μέθοδος για τον προσδιορισμό της πυκνότητας ενός υγρού με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη,μπορεί να εφαρμοστεί εκτός βαρυτικού πεδίου; Στο κενό;Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

2.Αν στη διάταξη του πειράματος αντικαταστήσουμε το νερό με αιθυλική αλκοόλη (πυκνότητας 0,8 g/mLπερίπου) και με τη σύριγγα αφαιρέσουμε μικρή ποσότητα αέρα, σε ποιο σωλήνα πιστεύετε πως η στήλη του υγρού θα ανέλθει ψηλότερα και γιατί;

Να γράψετε τις απαντήσεις στις ερωτήσεις στο **Φύλλο απαντήσεων** που σας δίνεται στο τέλος των θεμάτων.

Πίνακας 1: Αρχικές μετρήσεις

	Νερό			Λάδι		
α/α	$h_{1\nu}$ (cm)	$h_{2\nu}$(cm)	h_{ν}(cm)	$h_{1\lambda}$(cm)	$h_{2\lambda}$(cm)	h_{λ}(cm)
1						
2						
3						
4						
5						

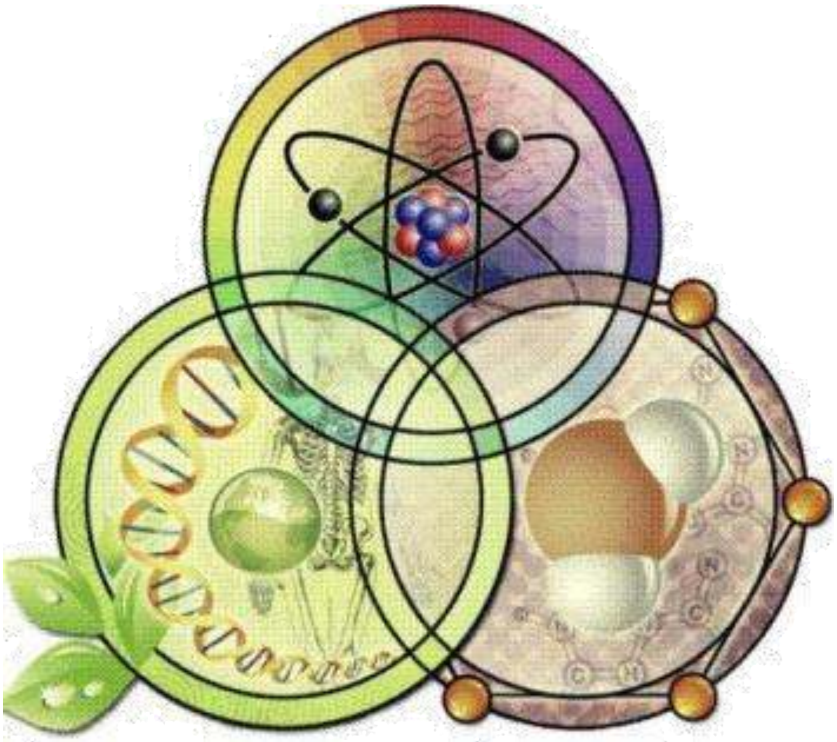
Πίνακας 2

<table>
<tr><th colspan="2">1η μέτρηση</th><th colspan="5">Άλλες μετρήσεις</th><th>Πυκνότητα λαδιού</th></tr>
<tr><th>h_{ν} (cm)</th><th>h_{λ} (cm)</th><th>Δεδομένα από</th><th>h'_{ν} (cm)</th><th>h'_{λ} (cm)</th><th>h_{ν} - h'_{ν} (cm)</th><th>h_{λ} - h'_{λ} (cm)</th><th>$\rho_{\lambda} = \rho_{\nu}\left(\frac{h_{\nu} - h'_{\nu}}{h_{\lambda} - h'_{\lambda}}\right)$</th></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td>2η μέτρηση</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3η μέτρηση</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4η μέτρηση</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5η μέτρηση</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Φύλλο απαντήσεων

Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός για την επιλογή στην 16η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών EUSO 2018

ΦΥΣΙΚΗ



Σχολείο:……………………………………………………………………………………………

Ονόματα μαθητών/μαθητριών:

1) ……………………………………………………………………………………………

2) ……………………………………………………………………………………………

3) ……………………………………………………………………………………………

ΑΘΗΝΑ

Σάββατο 27 Ιανουαρίου 2018

<u>Ζυγός Αδράνειας: Λειτουργία και Εφαρμογές</u>

ISS021E014503

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

α) Όποια χαρτιά χρησιμοποιήσετε, συμπεριλαμβανομένων και των σημειώσεων, πρέπει να παραδοθούν στο τέλος της πειραματική δοκιμασίας.

β) Όλα τα αποτελέσματα και οι απαντήσεις σας θα γραφούν στο απαντητικό φύλλο στο οποίο θα σας παραπέμπουν οι κατάλληλες οδηγίες.

γ) Η κατανομή των εργασιών μεταξύ των μαθητών της ομάδας θα εξοικονομήσει χρόνο.

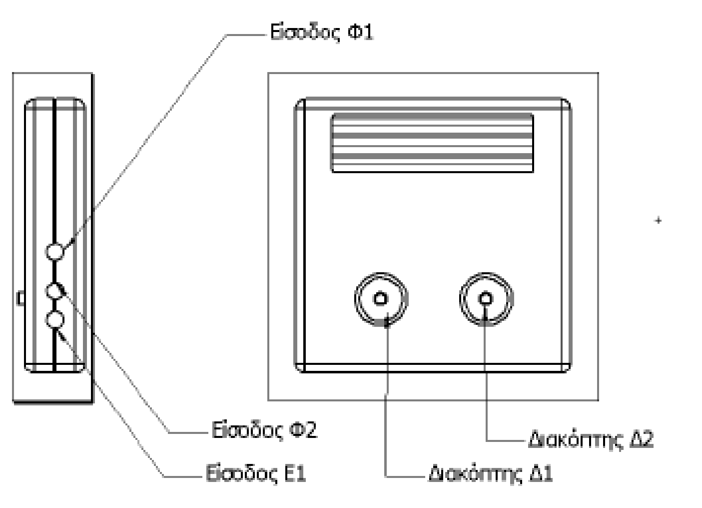
δ) Σαν πρόχειρο μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το φύλλο Α4 που έχει επισυναφθεί.

ε)Για οποιαδήποτε δυσλειτουργία εμφανιστεί να καλέσετε τον επιβλέποντα.

Προτεινόμενος χρόνος που θα αφιερώσετε σε κάθε εργασία

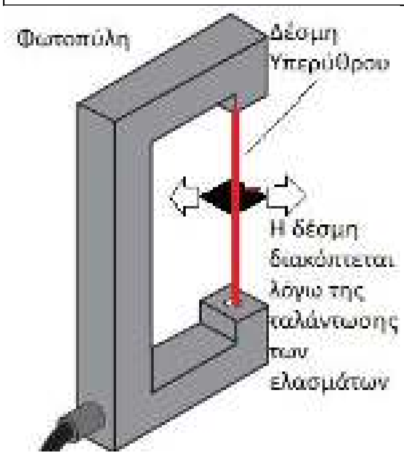
Εργασία	Προτεινόμενος χρόνος
1η πειραματική δραστηριότητα	25 λεπτά
2η πειραματική δραστηριότητα	10 λεπτά
Επεξεργασία μετρήσεων - Ερωτήσεις	25 λεπτά

Οδηγίες χρήσης του χρονομετρητή με φωτοπύλες



Κουμπί Δ1:
– Για επιλογή κατάστασης λειτουργίας (F1,F2,F3): Στιγμιαίο πάτημα του Δ1 και επιλογή λειτουργίας με το Δ2.
– Για reset μετρήσεων: κρατάμε πατημένο το Δ1

Κουμπί Δ2:
– Αλλάζουμε κατάσταση λειτουργίας σε συνδυασμό με το Δ1.
– Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, με ένα πάτημα επανεμφανίζει τις τιμές τους.



Η φωτοπύλη έχει τοποθετηθεί κατάλληλα στην πειραματική διάταξη, ώστε η δέσμη υπερύθρου να διακόπτεται από το ένα έλασμα του ζυγού αδράνειας έτσι ώστε να καταγράφονται οι περίοδοι ταλάντωσης του φορείου στον χρονομετρητή αυτόματα όταν έχει επιλεγεί η λειτουργία F3.

Σας ευχόμαστε επιτυχία

Ζυγός αδράνειας: λειτουργία και εφαρμογές

Εισαγωγή - Αφόρμηση

Στο διεθνή διαστημικό σταθμό και στα διαστημικά ταξίδια οι ερευνητές χρειάζεται να μετρούν καθημερινά τη μάζα των αστροναυτών ώστε να παρακολουθούν τον μεταβολισμό τους και να καθορίζουν τη διατροφή τους και τις χορηγούμενες φαρμακευτικές ουσίες (π.χ. εναντίον της απώλειας οστικής μάζας). Όμως λόγω τεχνητών ή φυσικών συνθηκών έλλειψης βαρύτητας στους χώρους αυτούς (στο εξής θα την ονομάζουμε μικροβαρύτητα) δεν μπορεί να λειτουργήσει μια συνηθισμένη ζυγαριά (με ελατήριο ή με ισοσκελείς βραχίονες) για τη μέτρηση της μάζας. Επίσης σε άλλα πειράματα χρειάζεται να μετρούν τη μάζα ενός αναπτυσσόμενου κρυστάλλου σε συνθήκες μικροβαρύτητας. Όλες αυτές οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν με τη χρήση του ζυγού αδράνειας.
Τέλος επιστήμονες δημιούργησαν μια μορφή μικροσκοπικού ζυγού αδράνειας όπου μπορούν για πρώτη φορά να μετρούν συνεχώς για ώρες ή και μέρες τη μάζα ενός μεμονωμένου κυττάρου κι έτσι να βγάζουν συμπεράσματα για τις βιοχημικές διαδικασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό του και πώς αυτές επηρεάζουν τη μάζα του.

Σκοπός και Κεντρική Ιδέα

Η μέτρηση της μάζας ενός αντικειμένου χωρίς την επίδραση βαρυτικών δυνάμεων

Επιμέρους στόχοι

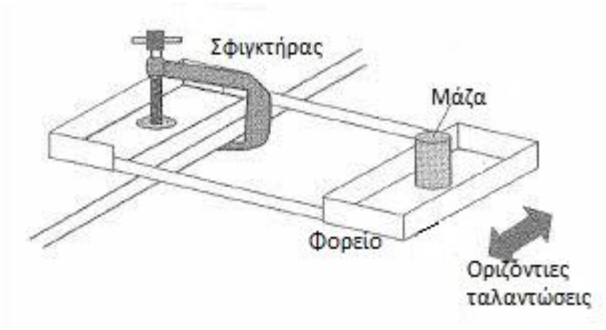
Η διάκριση μεταξύ βαρυτικής και αδρανειακής μάζας
Η βαθμονόμηση του ζυγού αδράνειας

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις:

1) Η μάζα που μετριέται με τη βοήθεια ζυγού (που διαθέτει ελατήριο ή ισοσκελείς βραχίονες) λέγεται βαρυτική μάζα. Για να λειτουργήσει ένας τέτοιος ζυγός απαιτούνται βαρυτικές δυνάμεις.
2) Αν σ' ένα ορισμένο σώμα ασκήσουμε δύναμη F και αυτό αποκτήσει επιτάχυνση α, τότε το πηλίκο F/α είναι σταθερό, εξαρτάται μόνο από το σώμα και λέγεται μάζα αδράνειας ή αδρανειακή μάζα (m=F/a ή F=ma (2^{ος} νόμος του Νεύτωνα)). Έτσι για να μετρήσουμε την αδρανειακή μάζα δεν απαιτούνται βαρυτικές δυνάμεις.
3) Λόγω του διαφορετικού τρόπου μέτρησης των δύο μαζών, η βαρυτική μάζα δεν ταυτίζεται με την αδρανειακή μάζα αλλά είναι ανάλογή της (ίσες βαρυτικές μάζες αντιστοιχούν σε ίσες αδρανειακές μάζες). Λόγω αυτής της αναλογίας χρησιμοποιούμε και για τις δύο την ίδια μονάδα μάζας. Αυτή η μονάδα θα μπορούσε να είναι οποιαδήποτε, αλλά αποφασίσαμε να είναι το 1Kg.

Συμπληρωματικές γνώσεις: Ο ζυγός αδράνειας

Ο ζυγός αδράνειας είναι μια συσκευή που περιλαμβάνει ένα εύκαμπτο ελαστικό τμήμα (ελάσματα, ελατήρια κ.λπ.) και μπορεί να θέτει σε ταλάντωση ένα αντικείμενο. Το προς μέτρηση αντικείμενο τοποθετείται σε κατάλληλο φορείο πάνω στη συσκευή και διατηρείται ακίνητο ως προς αυτή κατά τις ταλαντώσεις. Η περίοδος της ταλάντωσης εξαρτάται από τη μάζα του αντικειμένου και τη σκληρότητα του ελαστικού τμήματος. Ο ζυγός αδράνειας που θα σας δοθεί περιλαμβάνει δύο ελάσματα και οι ταλαντώσεις θα είναι οριζόντιες (εικόνα 1).



Εικόνα 1

Έτσι λοιπόν ο λόγος «F/m» δεν είναι ο μοναδικός τρόπος εύρεσης της αδρανειακής μάζας . Μπορεί εξ ίσου καλά να χρησιμοποιηθεί και ο ζυγός αδράνειας.

<u>1η πειραματική δραστηριότητα : Βαθμονόμηση ζυγού αδράνειας</u>

Όργανα, διατάξεις και υλικά

1) Ζυγός αδράνειας
2) Μεταλλικός κύλινδρος από το μέσον του οποίου διέρχεται ξύλινο καλαμάκι
3) 3 σφιγκτήρες τύπου C
4) Πέντε όμοια κυλινδρικά σώματα
5) Λαβίδα και σύνδεσμος για τη στήριξη της φωτοπύλης
6) Φωτοπύλη συνδεδεμένη με ηλεκτρονικό χρονόμετρο

Α Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

1) Η διάταξη είναι συναρμολογημένη. Αναγνωρίστε το ζυγό αδράνειας, τη φωτοπύλη και το ηλεκτρονικό χρονόμετρο.

2) Πατήστε στιγμιαία το κουμπί Δ1 του χρονομέτρου και με το κουμπί Δ2 επιλέξτε τη λειτουργία F3. Με την επιλογή αυτής της λειτουργίας το χρονόμετρο θα μετράει τη περίοδο ταλάντωσης του σώματος που ταλαντώνεται αρκεί να διακόπτεται η ακτίνα υπερύθρου της φωτοπύλης. Με το κουμπί Δ1 μηδενίστε την ένδειξη του χρονομέτρου.

3) Η φωτοπύλη είναι τοποθετημένη σε σταθερή θέση έτσι ώστε το νοητό ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τον πομπό και το δέκτη ανάμεσα στα σκέλη της φωτοπύλης (είναι η αόρατη ακτίνα υπέρυθρου) απέχει μικρή απόσταση από το ένα έλασμα

4) Απομακρύνετε αργά 3 cm περίπου το άδειο φορείο του ζυγού από την αρχική του θέση ώστε το έλασμα ν' <u>απομακρυνθεί</u> απ' την ακτίνα υπερύθρου και στη συνέχεια αφήστε το ελεύθερο. Το

φορείο ταλαντώνεται με τη βοήθεια των ελασμάτων. Το χρονόμετρο θα μετρήσει αυτόματα την περίοδο 8 διαδοχικών ταλαντώσεων και ακολούθως η τελευταία μέτρηση θα αναβοσβήνει. Τότε πατήστε το κουμπί Δ2 ώστε οι οκτώ μετρήσεις να εμφανίζονται στην οθόνη η μία μετά την άλλη.

Όταν είστε έτοιμοι να ξεκινήσετε τις μετρήσεις, καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο.

Β Μέρος: Λήψη μετρήσεων

5) Καταχωρίστε τις μετρήσεις της περιόδου των 8 ταλαντώσεων του κενού φορείου στον **ΠΙΝΑΚΑ 1** και υπολογίστε τη μέση τιμή. Καταχωρίστε την στην κατάλληλη θέση του πίνακα και μετά στρογγυλοποιείστε στο δεύτερο δεκαδικό γράφοντας τη νέα τιμή στην αντίστοιχη θέση.

6) Μηδενίστε τις ενδείξεις του χρονομέτρου με το κουμπί Δ1 και επιλέξτε πάλι τη λειτουργία F3. Τοποθετήστε στην <u>κεντρική θέση</u> πάνω στο φορείο ένα από τα 5 όμοια κυλινδρικά σώματα και βεβαιωθείτε ότι ακινητοποιήθηκε σε σχέση με το φορείο καθώς προσκολλήθηκε πάνω στη λευκή ουσία συγκόλλησης. Επαναλάβετε τα προηγούμενα βήματα 4 και 5. Συμπληρώστε τα αντίστοιχα κελιά του **ΠΙΝΑΚΑ 1.**

Εικόνα 2

7) Επαναλάβετε το βήμα 6 προσθέτοντας διαδοχικά στο φορείο το 2^{o}, 3^{o}, 4^{o} και 5^{o} κυλινδρικό σώμα (εικόνα 2). Σε κάθε νέα προσθήκη να συμπληρώνετε τα αντίστοιχα κελιά του **ΠΙΝΑΚΑ 1**

Σημείωση: Σαν μονάδα μέτρησης της μάζας θα λάβετε τη μάζα του ενός από τα 5 όμοια κυλινδρικά σώματα και θα τη συμβολίσετε με **κ** (π.χ. όταν στο φορείο υπάρχουν δύο κυλινδρικά σώματα τότε η μάζα είναι **2κ**).

8) Ξεκολλήστε τα κυλινδρικά σώματα από τη λευκή ουσία τραβώντας τα (λίγο απότομα) και αφήστε τα πάνω στο πάγκο. Μηδενίστε το χρονόμετρο.

Γ Μέρος: Επεξεργασία των μετρήσεων - Ερωτήσεις

9) Να κάνετε στο χιλιοστομετρικό χαρτί που υπάρχει στο απαντητικό φύλλο, τη γραφική παράσταση $\mathbf{T - m_N}$, της περιόδου ταλάντωσης **Τ** συναρτήσει της μάζας **m** των **Ν** κυλίνδρων που φέρει κάθε φορά το φορείο , αφού λάβετε υπόψη σας ότι πρέπει να χαράξετε <u>τη βέλτιστη απλή καμπύλη γραμμή</u> που διέρχεται από τα πειραματικά σημεία. Έτσι θα βαθμονομήσετε το ζυγό αδράνειας που σας δόθηκε.

2η πειραματική δραστηριότητα :Μέτρηση μάζας σώματος με τον ζυγό αδράνειας

Όργανα, διατάξεις και υλικά

Ένας μεταλλικός κύλινδρος που φέρει διαμπερή τρύπα στο μέσον του από την οποία διέρχεται ένα ξύλινο καλαμάκι. Τα υπόλοιπα όργανα και διατάξεις είναι αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στη $1^{η}$ πειραματική δραστηριότητα (πλην των όμοιων κυλινδρικών σωμάτων).

Α Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

1) Στηρίξτε τον κύλινδρο σε όρθια θέση (με το πρόσωπο πάνω), περνώντας τον μέσα από τη κεντρική οπή του φορείου και πιέστε τον ώστε να ακινητοποιηθεί πάνω στο φορείο.

Μόλις συναρμολογήσετε τη διάταξη καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο

Β Μέρος: Λήψη μετρήσεων

2) Θέσετε σε ταλάντωση το ζυγό με το γνωστό τρόπο, καταχωρίστε τις τιμές κάθε περιόδου των 8 ταλαντώσεων στα αντίστοιχα κελιά του **ΠΙΝΑΚΑ 2** και υπολογίστε (με ακρίβεια δυο δεκαδικών) την μέση περίοδο ταλάντωσης $\mathbf{T_{\alpha}}$.
3) Αφαιρέστε τον κύλινδρο από το φορείο, ακουμπήστε τον στο τραπέζι και μηδενίστε το χρονόμετρο.

Να απαντήσετε σε όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις που υπάρχουν στο απαντητικό φύλλο.

Βιβλιογραφία

1) Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας: Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω, σελ. 100-106, εκδ. Σαββάλας, Αθήνα 1996

3) Haber-Schaim, Dodge, Walter: PSSC Φυσική , 6η έκδοση, σελ. 42-44, εκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 1994

4) Haber-Schaim, Dodge, Walter: Εργαστηριακός Οδηγός PSSC Φυσική , 6η έκδοση, σελ. 11-13, εκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 1994

5) Haber-Schaim, Dodge, Walter: Βιβλίο του καθηγητή, PSSC Φυσική , 6η έκδοση, σελ. 23-25, εκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 1994

6) Zwart SR, Launius RD, Coen GK, Morgan JLL, et al. Body mass changes during long-duration spaceflight. Aviat Space Environ Med. 2014;85:897-904.

Αναφορές

1) https://mypages.iit.edu/~smile/phma1300.htm (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 25/11/2017)
2) https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/bone_loss.html (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 25/11/2017)
   http://www.amna.gr/home/article/201422/Nanozugaria-metra-to-baros-zontanon-memonomenon-kuttaron (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 21/01/2018)
3) https://www.nanosurf.com/en/products/cytomass
4) https://youtu.be/SbpHwGzkQrk (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 3/11/2017)
5) https://www.youtube.com/watch?v=DD6vLIT7pyA (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 3/11/2017)
6) https://www.nasa.gov/pdf/315957main_Microgravity_Inertial_Balance.pdf : *Inertial Balance Part 1* Microgravity: a Teacher's Guide with Activities (Secondary Level) (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 1/1/2018)
7) https://ekfechanion.eu/ (Οδηγίες χρήσης του χρονομετρητή με φωτοπύλες - (ΕΚΦΕ Χανίων)
8) https://www.nasa.gov/audience/foreducators/postsecondary/features/F_Bones_in_Space.html (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης 20/1/2018)

ΠΑΝΕΚΦΕ

European Union Science Olympiad

16η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2018

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 27 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2018

ISS021E014503

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

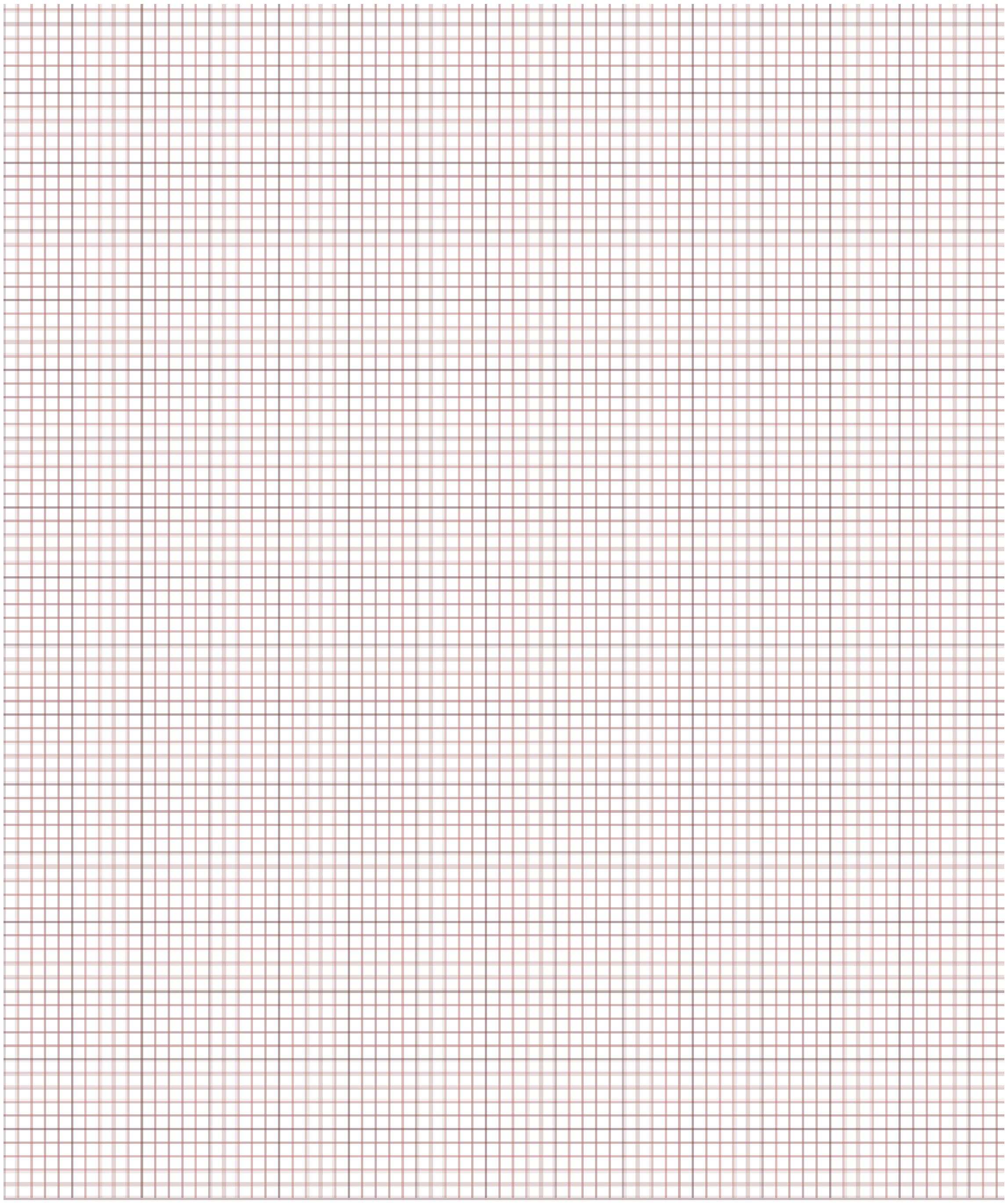
____ Βάρδια

ΟΜΑΔΑ ______________

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μάζα Ν κυλίνδρων στο φορείο (σε μονάδες κ)	Περίοδοι οκτώ διαδοχικών ταλαντώσεων T_i (s)									Μέση τιμή περιόδου T (s) (στρογγυλοποίηση στο 2^o δεκαδικό)
	T_1	**T_2**	**T_3**	**T_4**	**T_5**	**T_6**	**T_7**	**T_8**	**Μέση τιμή**	
0										
1										
2										
3										
4										
5										

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ T – m_N



ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Το μεγάλο κυλινδρικό σώμα στηρίζεται στο φορείο	**Περίοδοι οκτώ διαδοχικών ταλαντώσεων T_i (s)**									**Μέση τιμή περιόδου (s)** (στρογγυλοποίηση στο 2° δεκαδικό)
	T_1	**T_2**	**T_3**	**T_4**	**T_5**	**T_6**	**T_7**	**T_8**	**Μέση τιμή**	**T_α**

Ερώτηση 1

Να εξηγήσετε γιατί η ταλάντωση του ζυγού αδράνειας της πειραματικής διαδικασίας, δεν επηρεάζεται σχεδόν καθόλου από τις βαρυτικές δυνάμεις στην περιοχή των μετρήσεων.

Ερώτηση 2

Υποθέστε ότι ο κύλινδρος με το πρόσωπο είναι ένας αστροναύτης που βρίσκεται σε συνθήκες μικροβαρύτητας και ότι η μάζα του μετριέται με το ζυγό αδράνειας που βαθμονομήσατε. Επειδή έχει παρατηρηθεί απώλεια μάζας των αστροναυτών, σε συνθήκες μικροβαρύτητας, σε μια έρευνα ελέγχου της φυσικής κατάστασης του αστροναύτη, μετά από πολύμηνη παραμονή στο διάστημα, αποφασίστηκε να αλλάξει η διατροφή του αν παρουσιαστεί απώλεια της μάζας του πάνω από **5%** σε ένα μήνα. Την πρώτη μέρα αυτού του μήνα η περίοδος ταλάντωσης του αστροναύτη στο ζυγό ήταν $\mathbf{T_\alpha}$ (αυτό που βρήκατε στη 2η πειραματική δραστηριότητα).

α) Μέσω της γραφικής παράστασης **T – $\mathbf{m_N}$** υπολογίστε την αρχική μάζα του αστροναύτη $\mathbf{m_\alpha}$ (σε μονάδες μάζας **κ**) εξηγώντας τον τρόπο εργασίας.

Απάντηση:

$\mathbf{m_\alpha}$ = ____________ **κ** β)Τη τελευταία μέρα του μήνα η περίοδος ταλάντωσης του αστροναύτη είχε μεταβληθεί κατά **3%.** Να βρείτε αν θα πρέπει να αλλάξει η διατροφή του (εξηγώντας τον τρόπο εργασίας σας).

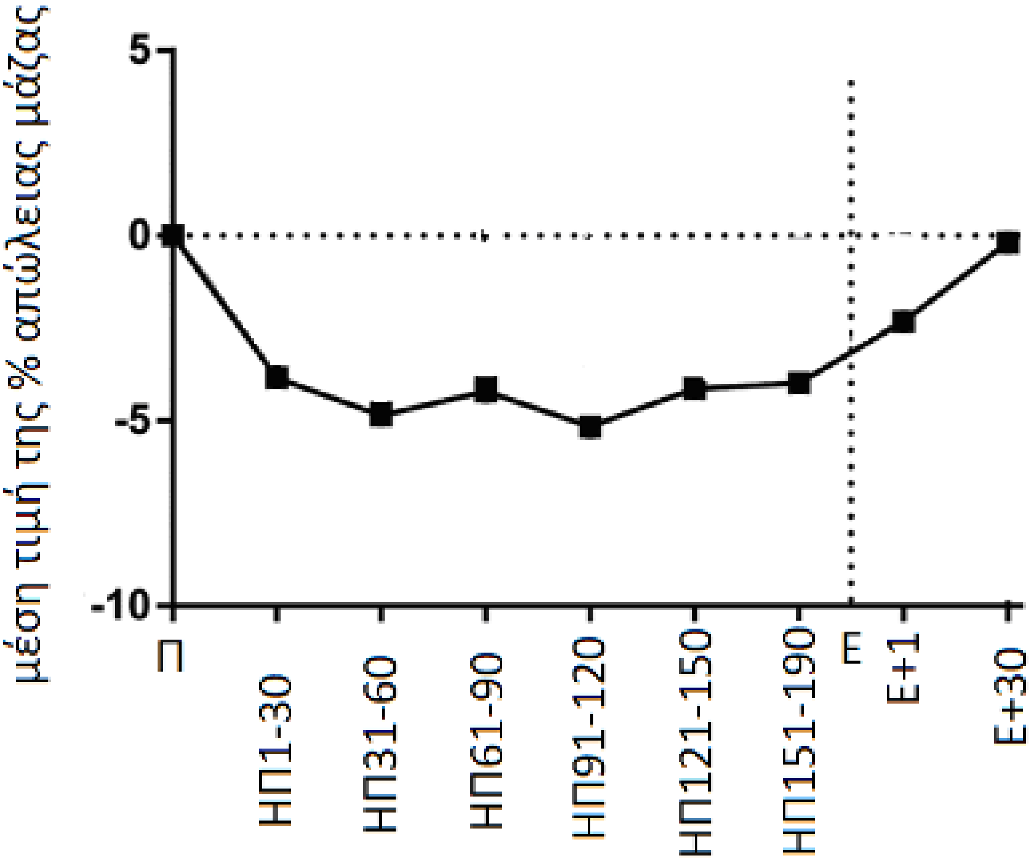
T' = ______________ **s** (ακρίβεια δυο δεκαδικών)

$m'_{αστρ}$ = ___________ κ

Απόφαση:

Ερώτηση 3

Στο αμέσως επόμενο διάγραμμα που προέκυψε από μετρήσεις με ζυγό αδράνειας, απεικονίζεται η μέση τιμή της % απώλειας μάζας ενός αστροναύτη ως προς τις διάφορες χρονικές περιόδους πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη πτήση σε ένα διαστημικό πρόγραμμα του Skylab.
Στον οριζόντιο άξονα το Π συμβολίζει τη προηγούμενη μέρα της εκτόξευσης, το ΗΠ συμβολίζει το πλήθος ημερών πτήσης (π.χ. ΗΠ31-60 σημαίνει το χρονικό διάστημα πτήσης από την $31^{η}$ έως την 60ή μέρα πτήσης) και το Ε συμβολίζει το πλήθος των ημερών μετά την επιστροφή στη Γη (π.χ. Ε+30 σημαίνει το χρονικό διάστημα 30 ημερών μετά την προσγείωση). Απαντήστε με ένα Σ για τη σωστή και με ένα Λ για τη λάθος πρόταση (χρησιμοποιώντας το διάγραμμα όπου χρειάζεται).



Προτάσεις	**Χαρακτηρισμοί**
α) Τις πρώτες 30 ημέρες πτήσης η απώλεια μάζας ήταν πάνω από 5%	
β) Τη μέρα της προσγείωσης η απώλεια μάζας ήταν λιγότερη από 5% και η μάζα επανήλθε στην αρχική τιμή (πριν την εκτόξευση) μετά από 30 μέρες από την προσγείωση.	
γ) Κατά τη πτήση από την 30ή έως την 190ή μέρα η μάζα του αστροναύτη δεν άλλαξε	
δ) Η απώλεια μάζας του αστροναύτη κατά τη πτήση είναι πραγματικό γεγονός ανεξάρτητο από τον τρόπο μέτρησης διότι κατά τη προσγείωση η μάζα ήταν μικρότερη απ' ότι κατά την απογείωση	
ε) Ο ζυγός αδράνειας βαθμολογήθηκε κατά τη διάρκεια της πτήσης και όχι στη Γη για να αποφύγουμε βαρυτικές επιδράσεις	

Ερώτηση 4

Στη φωτογραφία (εικόνα 3) βλέπετε έναν αστροναύτη καθώς κάνει push-up, ενώ πάνω του φέρει άλλους δύο αστροναύτες.

α) Γιατί ο κάτω αστροναύτης πρέπει να βαστιέται από κατάλληλες λαβές του τοιχώματος του σκάφους;

Εικόνα 3

β) Αν ο κάτω αστροναύτης παίζει το ρόλο του φορείου ενός ζυγού αδράνειας, ποιο είναι το ελαστικό τμήμα αυτού του ζυγού;

γ) Υπό ποιες προϋποθέσεις ο ζυγός αυτός θα είναι φορτωμένος με τη μάζα των δύο αστροναυτών; (του μεσαίου και του πάνω).

ΠΡΟΧΕΙΡΟ

ΦΥΣΙΚΗ - ΦΥΛΛΟ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ – EUSO 2018

_______ΠΕΡΙΟΔΟΣ				ΟΜΑΔΑ____________		
		ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ-ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΕΙΣ		ΑΡΙΣΤΑ		ΒΑΘΜΟΣ
1η πειραματική δραστηριότητα: Βαθμονόμηση ζυγού αδράνειας						
Α ΜΕΡΟΣ		(δια ζώσης αξιολόγηση εργαστηρίου)				
Β ΜΕΡΟΣ	**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**	Συμπλήρωση κελιών με ακρίβεια οργάνου, στρογγυλοποίηση της μέσης τιμής - ελάχιστη διασπορά τιμών (βήματα 5,6,7)		**18**		
		60 κελιά x 0,1		**6**		
Γ ΜΕΡΟΣ	Διάγραμμα **T – m_N**	Κατάλληλη επιλογή κλίμακας σε κάθε άξονα (2+2)		4	**18**	
		Μονάδες στους άξονες (2+2)		4		
		Τοποθέτηση 6 σημείων (6x1)		6		
		Βέλτιστη απλή καμπύλη γραμμή		4		
2η πειραματική δραστηριότητα: Υπολογισμός άγνωστης μάζας						
Α ΜΕΡΟΣ		(δια ζώσης αξιολόγηση εργαστηρίου)				
Β ΜΕΡΟΣ	**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**	Συμπλήρωση κελιών με ακρίβεια οργάνου, στρογγυλοποίηση της μέσης τιμής - ελάχιστη διασπορά τιμών (βήμα 2)		**3**		
		10 κελιά x 0,1		**1**		
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	**ΕΡΩΤΗΣΗ 1**	Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι κατακόρυφες και αντισταθμίζονται ….		**10**		
	ΕΡΩΤΗΣΗ 2	(α) Υπολογισμός $m_{αστρ}$ (ακριβής τιμή 3,5κ)	±6% (3,3-3,7) ±12% (3,1-3,9) -1 ±20% (2,8-4,2) -2	6	**22**	
		Εξήγηση τρόπου εργασίας		4		
		(β)	T' = ……	5		
			$m'_{αστρ}$ = ……… κ	5		
			Απόφαση	2		
	ΕΡΩΤΗΣΗ 3	(α) Σ		2	**10**	
		(β) Σ		2		
		(γ) Λ		2		
		(δ) Σ		2		
		(ε) Σ		2		
	ΕΡΩΤΗΣΗ 4	(α) Για να μη χαθεί η επαφή ….		4	**12**	
		(β) Οι βραχιόνιοι μύες …		4		
		(γ) Να συγκρατεί ο ένας το άλλον . ..		4		
Βαθμός γραπτού						
Μονογραφή βαθμολογητών						
Βαθμός εργαστηρίου						
ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ						

Αρνητική βαθμολόγηση στο εργαστήριο ΦΥΣΙΚΗΣ, EUSO 2018

_________ περίοδος

Αιτία		αρνητικός βαθμός	Ομάδα					
Αναγνώριση στοιχείων πειραματικής διάταξης (ζυγός, φωτοπύλη, χρονόμετρο)	άριστη	**0**						
	καλή	**-2**						
	μέτρια	**-3**						
Χρήση χρονομέτρου (επιλογή λειτουργίας F3, ανάγνωση ενδείξεων, μηδενισμός)	άριστη	**0**						
	καλή	**-2**						
	μέτρια	**-3**						
Απομάκρυνση κατά 3 cm	σωστή	**0**						
	λάθος	**-2**						
Κλήση επιβλέποντα για έλεγχο	ναι	**0**						
	όχι	**-5**						
Τοποθέτηση 1ου κυλίνδρου στην κεντρική θέση του φορείου	ναι	**0**						
	όχι	**-2**						
Διαδικασία συμμετρικής φόρτωσης κυλίνδρων και λήψης μετρήσεων	άριστη	**0**						
	καλή	**-2**						
	μέτρια	**-3**						
Ορθή αποκόλληση κυλίνδρων από το φορείο – Μηδενισμός χρονομέτρου	ναι	**0**						
	όχι	**-2**						
Ορθή στήριξη μεγάλου κυλίνδρου στην κεντρική οπή του φορείου	ναι	**0**						
	όχι	**-2**						
Διαδικασία λήψης μετρήσεων	άριστη	**0**						
	καλή	**-2**						
	μέτρια	**-3**						
Ορθή αποκόλληση κυλίνδρου από το φορείο – Μηδενισμός χρονομέτρου	ναι	**0**						
	όχι	**-2**						
Επανάληψη πειράματος	όχι	**0**						
	ναι	**-4**						
Καταστροφή οργάνου-συσκευής	όχι	**0**						
	ναι	**-10**						
Ταχύτητα μετρήσεων	μεγάλη	**0**						
	μέτρια	**-1**						
	Μικρή	**-2**						
Συνεργασία	άριστη	**0**						
	καλή	**-2**						
	μέτρια	**-5**						
Σύνολο								
Μονογραφή επιτηρητών-βαθμολογητών								

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ - «ΠΑΝΕΚΦΕ»

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

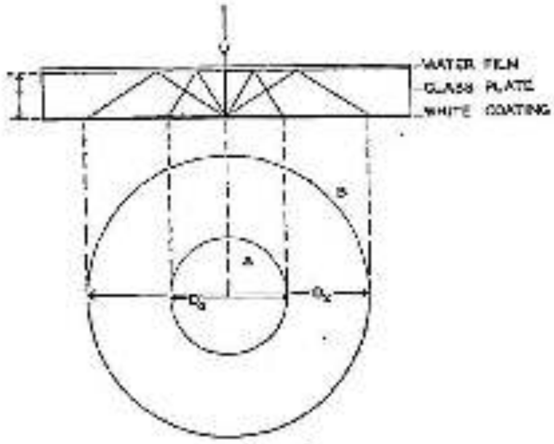


Fig. 1.

27 Ιανουαρίου 2018

ΛΥΚΕΙΟ: ……………………………………………………………………………………..

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. …………………………………………………………………………

2. …………………………………………………………………………

3. …………………………………………………………………………

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Μέτρηση του δείκτη διάθλασης γυαλιού

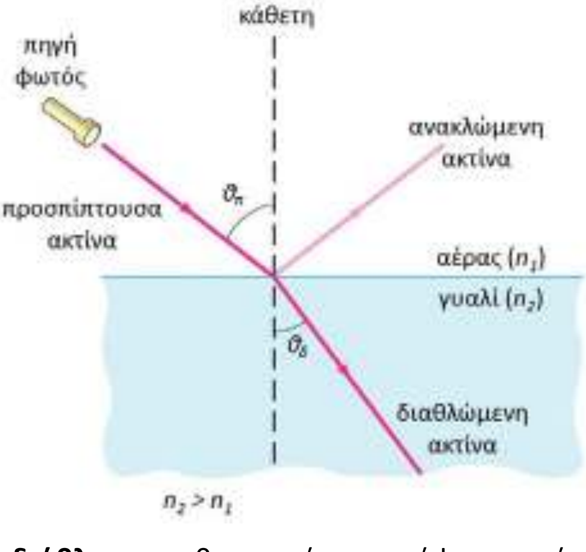
Στοιχεία Θεωρίας

Η αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη έχει ως αποτέλεσμα -εκτός των άλλων- τη μεταβολή στην ταχύτητα διάδοσής του. Μέτρο της μεταβολής της ταχύτητας διάδοσης (c) του φωτός σε κάποιο μέσο σε σχέση με την ταχύτητα διάδοσής του στο κενό (c_o) αποτελεί ο δείκτης διάθλασης του υλικού, που ορίζεται ως:

$$n = \frac{c_o}{c}$$

Μεταξύ δύο οπτικών μέσων αυτό με το **μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης** χαρακτηρίζεται ως **οπτικά πυκνότερο**, ενώ το μέσο με το **μικρότερο δείκτη διάθλασης** χαρακτηρίζεται ως **οπτικά αραιότερο**.

Όταν το φως διέρχεται από ένα οπτικό μέσο σε κάποιο άλλο, λόγω της διαφοράς στην ταχύτητα διάδοσης, εκτρέπεται από την ευθύγραμμη πορεία του.



Το φαινόμενο που ονομάζεται **διάθλαση**, μαθηματικά περιγράφεται από το **νόμο του Snell**, ο οποίος έχει τη μορφή:

$$n_1 \cdot \eta\mu\theta_\pi = n_2 \cdot \eta\mu\theta_\delta$$

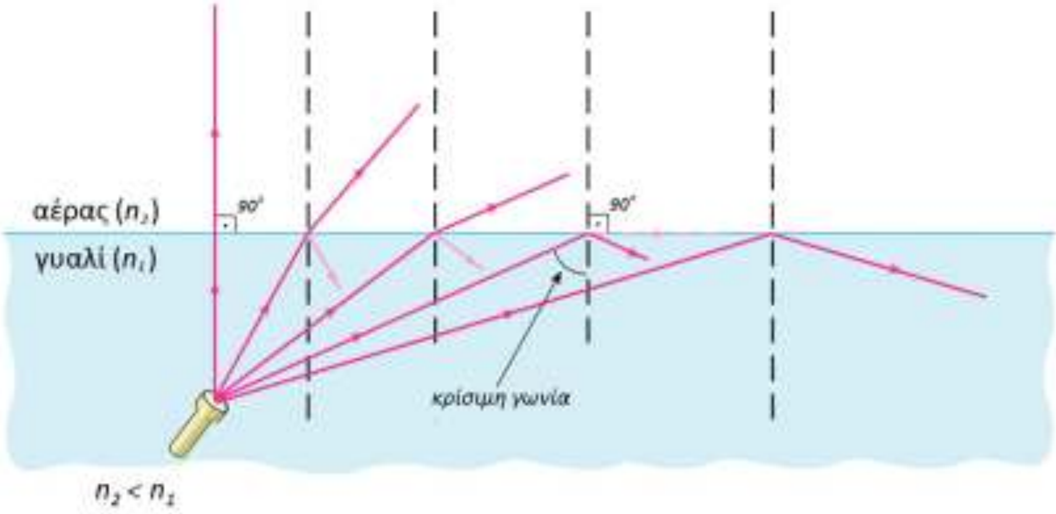
όπου ϑ_π και ϑ_δ οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης αντίστοιχα, και n_1, n_2 οι αντίστοιχοι δείκτες διάθλασης.

Είναι φανερό πως αν το φως πέφτει κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων (**$\theta_\pi = 0$**), τότε θα είναι και **$\theta_\delta = 0$**, δηλ. στην περίπτωση αυτή το φως δεν εκτρέπεται από την ευθύγραμμη πορεία του.

Επιπλέον, με βάση το νόμο του Snell εύκολα διαπιστώνει κανείς πως το φως απομακρύνεται από την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης όταν μεταβαίνει από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο, δηλ.:

$$\theta_\delta > \theta_\pi \quad \acute{o}\tau\alpha\nu \quad n_1 > n_2$$

Στην περίπτωση αυτή, καθώς η γωνία πρόσπτωσης αυξάνεται αντίστοιχα αυξάνεται και η γωνία διάθλασης (δες και την επόμενη εικόνα). Όταν η γωνία πρόσπτωσης γίνει ίση με μια τιμή γνωστή ως **κρίσιμη γωνία** τότε η γωνία διάθλασης θα έπρεπε να γίνει ίση με 90˚. Στην περίπτωση αυτή, αλλά και σε όλες τις περιπτώσεις που η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία, το φως καθόλου δεν εξέρχεται στο οπτικά αραιότερο μέσο, αλλά εξ' ολοκλήρου ανακλάται και επιστρέφει στο αρχικό και οπτικά πυκνότερο μέσο διάδοσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ολική εσωτερική ανάκλαση**.

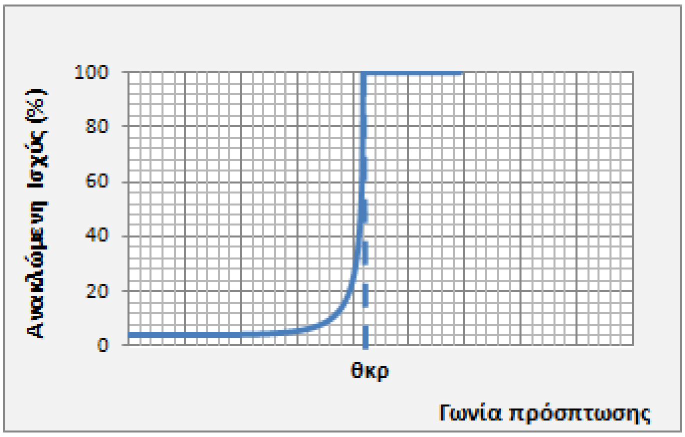


Στην περίπτωση που το οπτικά αραιότερο μέσο είναι ο αέρας με δείκτη διάθλασης περίπου ίσο με 1, αποδεικνύεται με βάση το νόμο του Snell πως για την κρίσιμη γωνία ($\boldsymbol{\theta_{κρ.}}$) ισχύει:

$$\eta\mu\theta_{\kappa\rho.} = \frac{1}{n}$$

όπου $\boldsymbol{n}$ είναι ο δείκτης διάθλασης του οπτικά πυκνότερου μέσου.

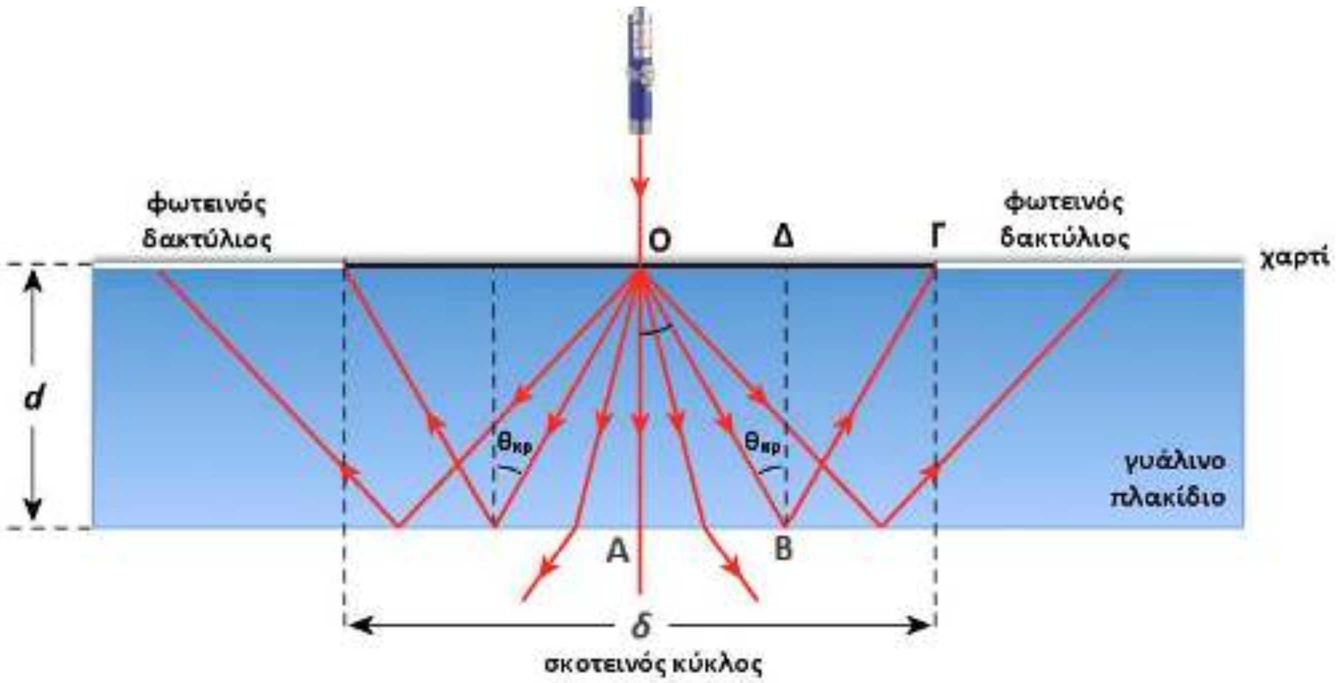
Ας σημειωθεί στο σημείο αυτό πως όλες οι ακτίνες που προσπίπτουν με γωνία μικρότερη από την κρίσιμη γωνία εν μέρει διαθλώνται και εν μέρει ανακλώνται. Το ποσοστό της προσπίπτουσας ισχύος που ανακλάται εξαρτάται από τους δείκτες διάθλασης των δύο μέσων διάδοσης και τη γωνία πρόσπτωσης, και υπολογίζεται θεωρητικά μέσω των εξισώσεων ***Fresnel***. Στην περίπτωση της διαχωριστικής επιφάνειας γυαλιού – αέρα, για γωνίες πρόσπτωσης μέχρι λίγο μικρότερες από την κρίσιμη, το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ισχύος διαθλάται και εξέρχεται στον αέρα, ενώ πολύ μικρό ποσοστό (της τάξης του 4%) ανακλάται, όπως φαίνεται και στο διπλανό διάγραμμα.



Το διαθλασίμετρο Pfund

«Το όργανο που πρόκειται να περιγραφεί βασίζεται σε τόσο στοιχειώδεις αρχές και είναι τόσο απλό στην κατασκευή του, που η καινοτομία του μπορεί να αμφισβητηθεί». Με τα λόγια αυτά ο ***August Herman Pfund*** ξεκινάει την περιγραφή του διαθλασίμετρου που εφηύρε το 1930.

Μια παραλλαγή της αρχικής διάταξης του Pfund είναι η διάταξη που θα χρησιμοποιήσετε στο σημερινό πείραμα. Αποτελείται από ένα γυάλινο πλακίδιο πάχους ***d***, στην πάνω επιφάνειά του οποίου έχει προσκολληθεί ένα βρεγμένο κομμάτι χαρτιού. Στην πλευρά αυτή προσπίπτει κάθετα η λεπτή δέσμη ενός κόκκινου laser. Λόγω των ανωμαλιών του βρεγμένου χαρτιού το φώς διαχέεται, εισέρχεται στο πλακίδιο διαδιδόμενο προς όλες τις κατευθύνσεις και προσπίπτει στην απέναντι (κάτω) επιφάνεια του πλακιδίου όπου συμβαίνει ανάκλαση και διάθλαση.



Οι ακτίνες που προσπίπτουν στην κάτω επιφάνεια του γυαλιού με γωνίες μικρότερες της κρίσιμης, κατά κύριο λόγο διαθλώνται και εξέρχονται από το γυαλί. Για γωνίες πρόσπτωσης ίσες με ή μεγαλύτερες από την κρίσιμη συμβαίνει ολική εσωτερική ανάκλαση και επιστροφή της ακτινοβολίας στην πάνω όψη της γυάλινης πλάκας όπου φωτίζει έντονα το σημείο του βρεγμένου χαρτιού στο οποίο προσπίπτει. Το συνολικό φαινόμενο έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό πάνω στο χαρτί ενός σκοτεινού κύκλου που περιβάλλεται από ένα φωτεινό κόκκινο δακτύλιο.

Στο ανωτέρω σχήμα η απόσταση ΟΓ ισούται με την ακτίνα του παρατηρούμενου σκοτεινού κύκλου, ενώ η φωτεινή ακτίνα ΒΓ είναι η ανακλώμενη της ακτίνας ΟΒ η οποία προσπίπτει στην κάτω επιφάνεια του γυάλινου πλακιδίου με γωνία ίση με την κρίσιμη. Συνεπώς με βάση το νόμο της ανάκλασης η γωνία ανάκλασης ($\Delta\hat{B}\Gamma$) είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης ($O\hat{B}\Delta$), ενώ το σημείο Γ στο οποίο η ακτίνα ΒΓ συναντάει το χαρτί είναι το πρώτο έντονα φωτεινό σημείο του κόκκινου δακτυλίου.

Η διάμετρος ***δ*** του σκοτεινού κύκλου καθορίζεται από την τιμή της κρίσιμης γωνίας για τη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού-αέρα. Αποδεικνύεται ότι:

$$\delta = \left(\frac{4}{\sqrt{n^2-1}}\right)d \qquad (1)$$

όπου ***n*** είναι ο δείκτης διάθλασης του γυάλινου πλακιδίου. Από την εξίσωση (1) συμπεραίνουμε πως η γραφική παράσταση ***δ = f (d)*** είναι ευθεία γραμμή με κλίση:

$$\lambda = \frac{4}{\sqrt{n^2-1}} \qquad (2)$$

Θα χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (2) για να προσδιορίσουμε το δείκτη διάθλασης του γυαλιού.

Πειραματική διάταξη

Σας δίνονται:

- Laser κόκκινου φωτός που φέρει ενσωματωμένο διακόπτη On-Off
- Σετ πέντε (5) γυάλινων πλακιδίων διαφορετικού πάχους
- Μεταλλική βάση στήριξης και ορθοστάτης

- Μεταλλικός σύνδεσμος
- Μεταλλική λαβίδα
- Διαστημόμετρο με βερνιέρο
- Μερικά κομμάτια μιλιμετρέ χαρτιού
- Πλαστικό (φελυζόλ) ποτήρι βαμμένο μαύρο στο εσωτερικό του
- Πλαστικό μπουκάλι με σταγονομετρικό στόμιο που περιέχει ποσότητα νερού
- Φύλλο μαύρου χαρτονιού

Με τη βοήθεια της μεταλλικής λαβίδας και του γωνιακού συνδέσμου το κόκκινο laser έχει στερεωθεί στον ορθοστάτη της βάσης στήριξης, ώστε η δέσμη του laser να κατευθύνεται κατακόρυφα και προς τα κάτω.

<u>ΠΡΟΣΟΧΗ</u>: Το laser πρέπει να ανάψει <u>μόνο</u> κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Σε καμιά περίπτωση δε στρέφουμε το αναμμένο laser προς τους συμμετέχοντες στο διαγωνισμό.

Πειραματική διαδικασία

Θα ξεκινήστε την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιώντας το γυάλινο πλακίδιο μεγαλύτερου πάχους.

1. Με το διαστημόμετρο μετρήστε (σε **mm**) το πάχος **d** του γυάλινου πλακιδίου και σημειώστε την τιμή που μετρήσατε στο πρώτο κελί της δεύτερης στήλης του Πίνακα (1) και με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων.
2. Τοποθετήστε το γυάλινο πλακίδιο πάνω στο ποτήρι. Ρίξτε μερικές σταγόνες νερό στο κέντρο του και απλώστε με το δάχτυλό σας το νερό ώστε να καλύψει όλη την επιφάνεια του γυαλιού σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα. Τοποθετήστε πάνω στη βρεγμένη επιφάνεια του πλακιδίου ένα κομμάτι μιλιμετρέ χαρτιού (με τη γράμμωση προς τα πάνω). Ρίξτε ακόμη μερικές σταγόνες νερού πάνω στο χαρτί και απλώστε τες, ενώ ταυτόχρονα πιέζετε ελαφρά το χαρτί πάνω στο γυαλί. Συνεχίστε μέχρι να διαβραχεί το χαρτί πλήρως και να «προσκολληθεί» στο γυάλινο πλακίδιο χωρίς να εγκλωβιστούν φυσαλίδες αέρα μεταξύ χαρτιού και γυαλιού. Πιθανώς να χρειαστεί να προσθέσετε και επιπλέον ποσότητα νερού κάτω από ή πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί.
   <u>ΠΡΟΣΟΧΗ:</u> Η κάτω επιφάνεια του γυάλινου πλακιδίου πρέπει να είναι εντελώς στεγνή. Αν τυχόν βραχεί κατά την προηγούμενη διαδικασία, σκουπίστε καλά με απορροφητικό χαρτί που θα βρείτε στον κοινόχρηστο πάγκο.
3. Τοποθετήστε το πλαστικό ποτήρι με το γυάλινο πλακίδιο κάτω από το laser. Χαμηλώστε το laser ώστε να ακουμπήσει στο κέντρο περίπου του βρεγμένου μιλιμετρέ χαρτιού. Με το διακόπτη on-off που είναι προσαρμοσμένος στο laser, ανάψτε το laser και παρατηρήστε πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί το σκοτεινό κύκλο που εμφανίζεται περιβαλλόμενος από ένα φωτεινό δακτύλιο. Μπορείτε να αυξήσετε την ευκρίνεια χρησιμοποιώντας το φύλλο του μαύρου χαρτονιού που σας δίνεται ή την παλάμη σας, ώστε να δημιουργήσετε συνθήκες «συσκότισης» γύρω από τη διάταξη.
   <u>ΠΡΟΣΟΧΗ:</u> Αν αντί για σκοτεινό κύκλο βλέπετε ένα φωτεινό κύκλο ή βλέπετε αρκετές σκοτεινές κηλίδες πάνω στο χαρτί αυτό σημαίνει ότι το μιλιμετρέ χαρτί δεν έχει διαβραχεί επαρκώς και η «προσκόλλησή» του στο γυαλί δεν είναι επιτυχής. Προσπαθήστε ξανά ρίχνοντας μια δυο σταγόνες νερού μεταξύ χαρτιού και γυαλιού ή πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί.
4. Με τη βοήθεια του μιλιμετρέ χαρτιού **μετρήστε τη διάμετρο *δ* του σκοτεινού κύκλου και σβήστε το laser**. Σημειώστε την τιμή της διαμέτρου (σε **mm**) που μετρήσατε στο πρώτο κελί της τρίτης στήλης στον Πίνακα (1) με ακρίβεια 0,5mm.
   Υπενθυμίζεται πως η απόσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε γραμμών στο μιλιμετρέ χαρτί ισούται με 1mm.
5. Ανασηκώστε τη μεταλλική λαβίδα με το laser, ώστε κατά την αφαίρεση του ποτηριού να μη σκιστεί

το μιλιμετρέ χαρτί, και επαναλάβετε τη διαδικασία (βήματα 1-4) και για τα υπόλοιπα γυάλινα πλακίδια σημειώνοντας τις τιμές που μετράτε στα κελιά των αντίστοιχων γραμμών του Πίνακα (1). Αν το μιλιμετρέ χαρτί κατά τη διαδικασία καταστραφεί, χρησιμοποιήστε ένα από τα άλλα που σας δίνονται.

Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα

α/α	Πάχος πλακιδίου d (mm)	Διάμετρος σκοτεινού κύκλου δ (mm)
1		
2		
3		
4		
5		

Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

1. Στο φύλλο μιλιμετρέ που σας δόθηκε στο φυλλάδιο των θεμάτων, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: πάχος πλακιδίου (**d**) στον οριζόντιο άξονα και διάμετρος σκοτεινού κύκλου (**δ**) στον κατακόρυφο άξονα. Βαθμονομήστε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα με βάση τις τιμές του Πίνακα (1).

2. Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία **(d, δ)**, σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα (1), και σχεδιάστε την ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα το σύνολο των σημείων.

3. Η γραμμή που χαράξατε αντιστοιχεί στην πειραματική επαλήθευση της εξίσωσης (1). Υπολογίστε την κλίση (**λ**) της πειραματικής ευθείας, και μέσω της εξίσωσης (2) υπολογίστε το δείκτη διάθλασης (**n**) του γυαλιού. Να γράψετε το τελικό αποτέλεσμα με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων:

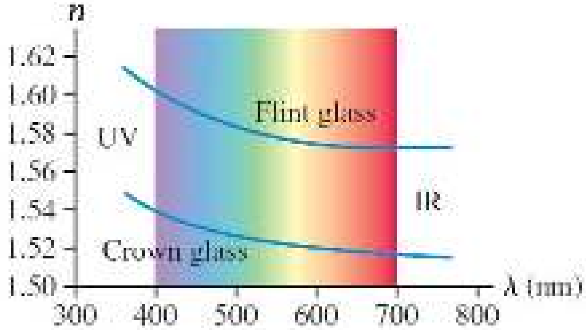
Ποιες είναι οι μονάδες της κλίσης στη γραφική παράσταση;

Ερωτήσεις

1. Αν γνωρίζετε πως η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι ίση με 300.000 km/s, να εκτιμήστε την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το φως στο γυαλί.

2. Με βάση τις υποδείξεις της δεύτερης παραγράφου της σελίδας 4, να αποδείξετε τη σχέση (1).

3. Ο δείκτης διάθλασης ενός οπτικού μέσου (εκτός του κενού) δεν είναι ο ίδιος για όλες τις ακτινοβολίες. Η επόμενη γραφική παράσταση δείχνει τη μεταβολή του δείκτη διάθλασης για δύο κοινούς τύπους γυαλιού σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



Μελετώντας αυτή τη γραφική παράσταση να εξηγήσετε **ποιοτικά** ποια μεταβολή θα παρατηρούσαμε στη διάμετρο του σκοτεινού κύκλου στην πειραματική μας διάταξη, αν αντί για laser κόκκινου χρώματος (με μήκος κύματος 650 nm) χρησιμοποιούσαμε πράσινο laser (με μήκος κύματος 532 nm).

4. Με βάση την πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε, ποια από τις δυο μετρήσεις:

   Α. Πάχος γυάλινου πλακιδίου

   Β. Διάμετρος σκοτεινού κύκλου

   έχει πραγματοποιηθεί με τη μεγαλύτερη ακρίβεια;

   Ποια από τις δύο αυτές μετρήσεις και γιατί επηρεάζει περισσότερο (αρνητικά) την ακρίβεια στον υπολογισμό του δείκτη διάθλασης του γυαλιού; Μπορείτε να προτείνετε έναν τρόπο ώστε να μειωθεί αυτή η αρνητική επίδραση;

Καλή επιτυχία !!!

ΠΑΝΕΚΦΕ European Union Science Olympiad

17η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2019

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 26 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2019

(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

ΒΑΘΜΟΣ

Μαθητές:	ΣχολικήΜονάδα
1.	
2.	
3.	

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

α) Η κατανομή των εργασιών μεταξύ των μαθητών της ομάδας θα εξοικονομήσει χρόνο.

β) Όλα τα αποτελέσματα και οι απαντήσεις σας θα γραφούν στο απαντητικό φύλλο στο οποίο θα σας παραπέμπουν οι κατάλληλες οδηγίες. Μόνο ένα φύλλο ανά ομάδα θα παραδίδεται και θα αξιολογείται.

γ)Μετά από την ολοκλήρωση της εργασίας σας, όλα τα χαρτιά που χρησιμοποιήσατε, συμπεριλαμβανομένων και των πρόχειρων σημειώσεων, πρέπει να παραδοθούν στο τέλος της πειραματικής δοκιμασίας.

δ) Σαν πρόχειρο μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το φύλλο Α4 που έχει επισυναφθεί.

ε)Για οποιαδήποτε δυσλειτουργία εμφανιστεί να καλέσετε τον επιβλέποντα.

Προτεινόμενος χρόνος που θα αφιερώσετε σε κάθε εργασία

Εργασία	Προτεινόμενος χρόνος

Σας ευχόμαστε επιτυχία

Θερμοκρασία της επιφάνειας των αστέρων, και ….. λαμπτήρας πυρακτώσεως !

Εισαγωγή

Γενικά, ένα οποιοδήποτε σώμα, σε κάποια μη μηδενική απόλυτη θερμοκρασία, εκπέμπει συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (θερμική ακτινοβολία).Η ενέργεια που εκπέμπεται δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλα τα μήκη κύματος των ακτινοβολιών που τη συνθέτουν.

Στην εικόνα φαίνεται μια ποσότητα λάβας, ενός είδους βασαλτικής λάβας, «πορτοκαλοκίτρινου» χρώματος. Η θερμοκρασία της μπορεί να υπολογιστεί από το χρώμα της. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού συμφωνεί με τις πειραματικές μετρήσεις για λάβα θερμοκρασίας από 1000 ^{o}C μέχρι 1200 ^{o}C.

Επίσης το ηλιακό φως είναι ένα μίγμα ακτινοβολιών διαφόρων μηκών κύματος συνεπώς και χρωμάτων, που συνταξιδεύουν με την ίδια ταχύτητα.

Η προσεκτική παρατήρηση των αστέρων οδήγησε τους επιστήμονες στη διαπίστωση ότι έχουν διαφορετικά χρώματα. Η βασική αιτία είναι η διαφορετική θερμοκρασία της επιφάνειας του κάθε αστέρα. ΟΙ θερμότεροι έχουν χρώμα μπλε, ενώ οι ψυχρότεροι ερυθρό.

Rigel and reflection nebula IC 2118 in Eridanus. Rigel B is not visible in the glare of the main star.

This orange blob shows the nearby star Betelgeuse, as seen by the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). This is the first time that ALMA has ever observed the surface of a star and this first attempt has resulted in the highest-resolution image of Betelgeuse available.

Sirius (bottom) and the constellation Orion (right). The three brightest stars in this image — Sirius, Betelgeuse (top right), and Procyon (top left) — form the Winter Triangle.

Σκοπός και Κεντρική Ιδέα

Η πειραματική διαπίστωση της σχέσης του χρώματος ενός διάπυρου σώματος και του φάσματος εκπομπής του.

Επιμέρους στόχοι

Η μελέτη της ηλεκτρικής συμπεριφοράς ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως στο συνεχές ρεύμα.
Ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας του νήματος του λαμπτήρα
Η παρατήρηση και καταγραφή του φάσματος εκπομπής του διάπυρου νήματος τους λαμπτήρα σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις:Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως

Το βολφράμιο είναι το μέταλλο με την υψηλότερη θερμοκρασία τήξης (T_F = 3695K). Ως εκ τούτου, αυτό χρησιμοποιήθηκε ευρέως από τις αρχές του 20ού αιώνα για την παραγωγή των νηματίων των λαμπτήρων πυρακτώσεως.

Δεδομένου ότι το νήμα της λυχνίας είναι ουσιαστικά ένας μεταλλικός αγωγός (αντιστάτης) που θερμαίνεται από το φαινόμενο Joule, για να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία του T απαιτείται η γνώση της τιμής της αντίστασής του R_T στη θερμοκρασία T.
Για λόγους απλούστευσης ως θερμοκρασία αναφοράς (περιβάλλοντος) θα λάβουμε T_{300}=300 K.

Έχουμε λοιπόν $R_T = \rho_T \cdot \frac{\ell}{A}$ (1) για θερμοκρασία νήματος T και $R_{300} = \rho_{300} \cdot \frac{\ell}{A}$ (2)

Όπου:
R_T: η αντίσταση (Ω) του νήματος του λαμπτήρα σε θερμοκρασία T
ρ_T: η ειδική αντίσταση (Ωm) του βολφραμίου σε θερμοκρασία T.
ℓ : το μήκος (m) του κυλινδρικού νήματος του λαμπτήρα
A : το εμβαδόν (m^2) της διατομής του νήματος του λαμπτήρα

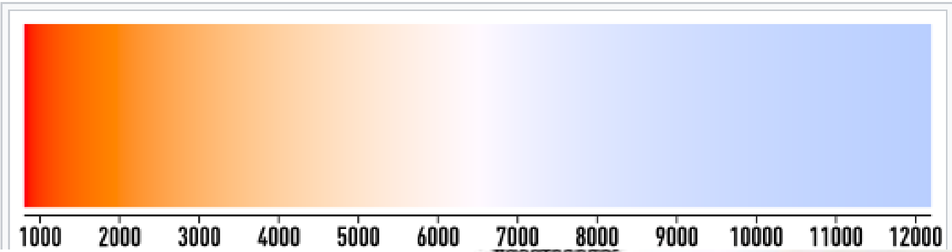
Επίσης δεχόμαστε ότι το μήκος ℓ και το εμβαδόν A της διατομής του νήματος του λαμπτήρα πυρακτώσεως, δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας.
Έτσι από τις (1) και (2) θα έχουμε:

$$\frac{R_T}{R_{300}} = \frac{\rho_T}{\rho_{300}} \text{ και } \rho_{\mathrm{T}} = \frac{R_T}{R_{300}} \cdot \rho_{300} \quad (3)$$

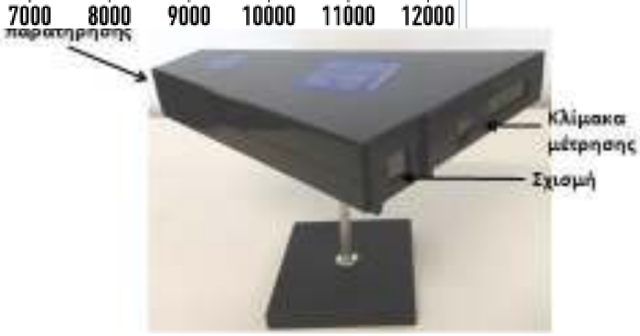
Συμπληρωματικές γνώσεις:

Χρώμα φωτός και θερμοκρασία θερμού σώματος

Στους κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης το μεταλλικό νήμα που φωτοβολεί, συνήθως από Βολφράμιο ή κάποιο κράμα του που είναι ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες, πυρακτώνεται από το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται καθώς λειτουργεί ως ηλεκτρική αντίσταση. Το φως που παράγεται από ένα κοινό λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι λευκό και δίνει ένα τύπο φάσματος που χαρακτηρίζεται από μια συνεχή αλληλουχία χρωμάτων. Το φάσμα αυτό ονομάζεται συνεχές φάσμα και παρατηρείται στα θερμά διάπυρα στερεά και υγρά (λιωμένος σίδηρος, λιωμένος χαλκός κτλ.). Τα συνεχή φάσματα είναι χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας του υλικού, αλλά όχι της φύσης τους.
Ένα σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 1000 Κ περίπου, παράγει φως με χρώμα που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του. Στην πιο κάτω εικόνα δίνεται η σχέση χρώματος – θερμοκρασίας. Στη συσκευασία των λαμπτήρων αναγράφεται η θερμοκρασία χρώματος του φωτός που εκπέμπει και χαρακτηρίζεται σαν θερμό ή ψυχρό λευκό.



Φασματοσκόπιο



Το φασματοσκόπιο είναι ένα όργανο με το οποίο γίνεται η ανάλυση μίας δέσμης φωτός και η μελέτη του φάσματός της. Το φασματοσκόπιο που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα δραστηριότητα έχει ενσωματωμένη μια διπλή παράλληλη κλίμακα μέτρησης του μήκους κύματος σε nm (400nm έως 700nm) και ενέργειας σε ηλεκτρονιοβόλτ (3,4eV έως 1,7eV).

<u>1η πειραματική δραστηριότητα : Η σχέση I – Vστο λαμπτήρα πυρακτώσεως</u>

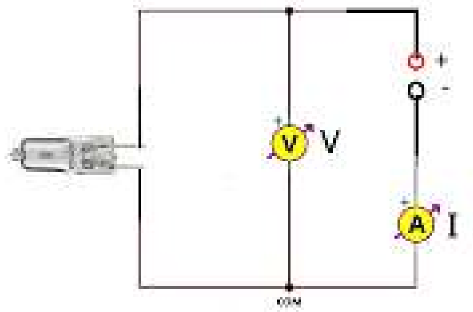
Όργανα, διατάξεις και υλικά

1) Τροφοδοτικό 0-20 Vκαι 0-5 A.
2) Λαμπτήρας πυρακτώσεως με στοιχεία λειτουργίας 12V , 20W
3) Βάση σύνδεσης του λαμπτήρα με καλώδια
4) 2 Πολύμετρα
5) Αγωγοί σύνδεσης για τη δημιουργία του κυκλώματος
6) Ορθοστάτης με λαβίδα στήριξης του λαμπτήρα

Α Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

1) Να αναγνωρίσετε τα όργανα που βρίσκονται στον πάγκο εργασίας σας και να ρυθμίσετε κατάλληλα το ένα πολύμετρο έτσι ώστε να μετρήσετε τάσεις μέχρι 15V(συνεχές) και το άλλο έτσι ώστε να μετρήσετε εντάσεις ρεύματος μέχρι 20A(συνεχές).

2) Συναρμολογήστε το κύκλωμα λαμβάνοντας υπόψιν τις παρακάτω παρατηρήσεις και <u>περιμένετε !</u>



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1: Το τροφοδοτικό και τα πολύμετρα θα τεθούν σε λειτουργία, ΜΟΝΟ μετά από τον έλεγχο.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2: ΠΡΙΝ θέσουμε σε λειτουργία το τροφοδοτικό, στρέφουμε τελείως αριστερά τον επιλογέα της τάσης (δείτε την διπλανή εικόνα)

Όταν είστε έτοιμοι να ξεκινήσετε τις μετρήσεις, καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο.

Μετά τον έλεγχο να θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό και τα πολύμετρα.

Β Μέρος: Λήψη μετρήσεων

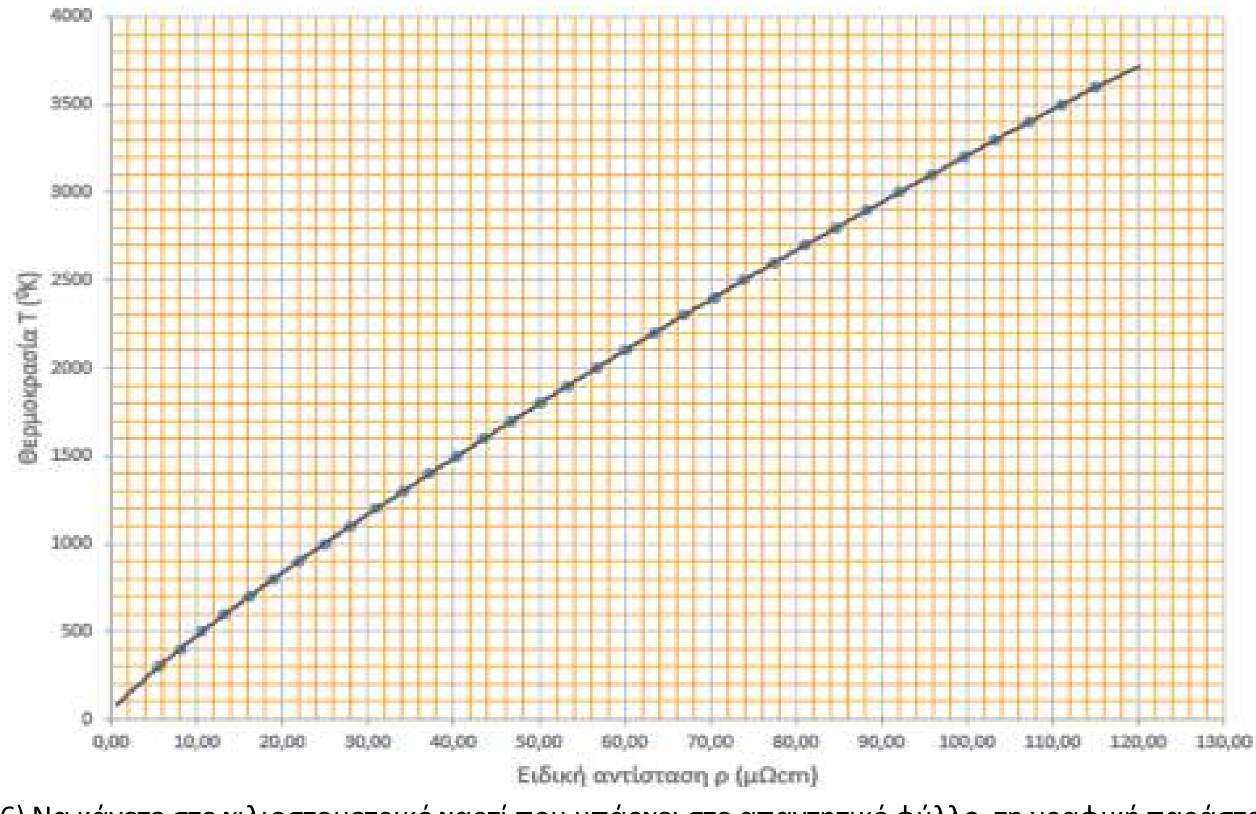
3) Περιστρέφοντας αργά τον επιλογέα τάσης τροφοδοτήστε με ρεύμα έντασης I σύμφωνα με την $1^η$ στήλη του **ΠΙΝΑΚΑ 1** του Φύλλου Απαντήσεων και καταγράψτε τις αντίστοιχες τιμές της τάσης.

Τελειώνοντας τις μετρήσεις σας μηδενίστε την τάση και θέστε εκτός λειτοτργίας όλα τα όργανα.

4) Για κάθε ζεύγος τιμών (V, I) υπολογίζουμε την τιμή της αντίστασης R (R=V/I) και συμπληρώνουμε τη στήλη R_T του **ΠΙΝΑΚΑ 1**. Οι τιμές της $\mathbf{R_T}$ να στρογγυλοποιηθούν στο $1^ο$ δεκαδικό ψηφίο.

Γ Μέρος: Επεξεργασία των μετρήσεων

5) Να συμπληρώσετε και τα υπόλοιπα κελιά του ΠΙΝΑΚΑ 1 στρογγυλοποιώντας τις τιμές των ρ_T (ειδική αντίσταση) και T (θερμοκρασία) στη μονάδα.
Με το δεδομένο ότι ρ_{300} = 5,6 μΩcm και R_{300}=0,5Ω η τιμή της ειδικής αντίστασης ρ_T θα υπολογιστεί από τη σχέση (3) η οποία παίρνει την εξής μορφή $\mathbf{\rho_T = 11{,}2 .\ R_T}$. Οι τιμές της θερμοκρασίας θα βρεθούν από το πιο κάτω γράφημα **T – ρ_T**



6) Να κάνετε στο χιλιοστομετρικό χαρτί που υπάρχει στο απαντητικό φύλλο, τη γραφική παράσταση **T – I** της θερμοκρασίας του νήματος του λαμπτήρα συναρτήσει της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει, αφού λάβετε υπόψη σας ότι πρέπει να χαράξετε <u>τη βέλτιστη απλή καμπύλη γραμμή</u> που διέρχεται από τα πειραματικά σημεία.

2η πειραματική δραστηριότητα: Παρατήρηση του φάσματος εκπομπής

Όργανα, διατάξεις και υλικά

1) Τροφοδοτικό 0-20 Vκαι 0-5 A.
2) Λαμπτήρας πυρακτώσεως με στοιχεία λειτουργίας 12V , 20W
3) Πολύμετρο με τον περιστροφικό επιλογέα στη θέση unfused20 A (συνεχές) [σύνδεση COM – 20Amax]
5) Αγωγοί σύνδεσης για τη δημιουργία του κυκλώματος
6) Φασματοσκόπιο

Α Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

1) Τροφοδοτήστε το λαμπτήρα με ρεύμα έντασης 1Α.
2) Ρυθμίστε το ύψος του λαμπτήρα στον ορθοστάτη ώστε να βρίσκεται απέναντι από τη σχισμή που κατευθυντήρα του φασματοσκοπίου σε απόσταση 10cm περίπου.
3) Κρατώντας το ένα σας μάτι κλειστό, κοιτάξτε μέσα από την θυρίδα παρατήρησης και εντοπίστε την σχισμή που βρίσκεται δεξιά. Στη συνέχεια προσανατολίστε το έτσι ώστε να βλέπετε το πυρακτωμένο νήμα του λαμπτήρα μέσα από αυτήν. Μπορείτε τώρα να παρατηρήσετε το φάσμα που σχηματίζεται στην κλίμακα μέτρησης του φασματοσκοπίου στο αριστερό μέρος.

Μόλις συναρμολογήσετε τη διάταξη καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο

Β Μέρος: Παρατήρηση - Λήψη μετρήσεων

4) Να τροφοδοτήσετε τον λαμπτήρα με διαφορετικής έντασης ρεύμα σύμφωνα με τον ΠΙΝΑΚΑ 2 του Φύλλου Απαντήσεων και παρατηρήστε το συνεχές φάσμα εκπομπής. Να σημειώσετε με **Χ** στον ΠΙΝΑΚΑ 2 τα χρώματα από τα οποία αποτελείται το φάσμα εκπομπής του λαμπτήρα σε κάθε περίπτωση.
5) Να χαρακτηρίσετε το χρώμα του φωτός του λαμπτήρα χρησιμοποιώντας όρους όπως: *λευκοκίτρινο, κίτρινο, κιτρινοπορτοκαλί, πορτοκαλί, πορτοκαλοκόκκινο, κόκκινο, σκούρο κόκκινο.*
6) Να συμπληρώσετε και την τελευταία στήλη σύμφωνα με τα πειραματικά σας αποτελέσματα.

Να απαντήσετε σε όλες τις ερωτήσεις που υπάρχουν στο απαντητικό φύλλο

Βιβλιογραφία

Δικτυογραφία

- https://en.wikipedia.org/wiki/Melting_point
- https://studylib.net/doc/18642204/calibration-of-a-tungsten-filament-lamp
- https://hypertextbook.com/facts/2004/DeannaStewart.shtml

Αναφορές

- **Black-Body Radiation** Department of Physics, Indiana University (HOM 2/1/00)
- **Seeing the Light: The Physics and Materials Science of the Incandescent Light Bulb** Dr. Lawrence D. Woolf, General Atomics, San Diego, CA 92121, Larry.Woolf@gat.com
- **RESISTIVITY VARIATION AND TEMPERATURE OF A TUNGSTEN FILAMENT** Jeethendra Kumar P K and Ajeya PadmaJeeth KamalJeeth Instrumentation & Service Unit, No 610, Tata Nagar Benaguluru-560 092. INDIA. labexperiments@rediffmail.com
- **Starlight inside a light bulb, 25/02/2015,** Carla Isabel Ribeiro, Science in school
- **Εισαγωγή στην Αστροφυσική**: Ενότητα 1: Φυσική των Αστέρων, Ξενοφών Δ. Μουσάς Σχολή Θετικών Επιστημών ΕΚΠΑ.

17η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2019

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 26 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2019

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

____ Βάρδια

ΟΜΑΔΑ ______________

<u>1η πειραματική δραστηριότητα : Καταχώριση μετρήσεων και υπολογισμών</u>

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

I(A)	**V (V)**	**R_T (Ω)**	**ρ_T (μΩcm)**	**T(K)**
ένδειξη οργάνου	ένδειξη οργάνου	στρογγυλοποίηση στο 1ο δεκαδικό	στρογγυλοποίηση στη μονάδα	στρογγυλοποίηση στη μονάδα
0	**0**	**0,5**	**5,6**	**300**
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				
1,2				
1,4				
1,6				
1,8				
1,9				

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Τ – Ι

<u>2η πειραματική δραστηριότητα: Παρατήρηση του φάσματος εκπομπής</u>

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

I(A)	χρώματα φάσματος							Χρώμα φωτός του λαμπτήρα	Θερμοκρασία του νήματος του λαμπτήρα (K)
	κόκκινο	πορτοκαλί	κίτρινο	πράσινο	γαλάζιο	μπλε	ιώδες		
1,70									
0,85									
0,65									

Ερώτηση 1

Προτείνατε μια πειραματική διαδικασία, βασισμένη σε όργανα που υπάρχουν στον πάγκο εργασία σας, που θα δώσει την ακριβέστερη τιμή για την αντίσταση του νήματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Περιγραφή (με συμβολική απεικόνιση του προτεινόμενου κυκλώματος)

Ερώτηση 2

Από τη θεωρία είναι γνωστό ότι κάθε σώμα ακτινοβολεί ενέργεια με ρυθμό που εξαρτάται από την επιφάνειά του και τη θερμοκρασία του. Πιο συγκεκριμένα η ακτινοβολούμενη ισχύς P (W) *δίνεται από τη σχέση :* $P = k \cdot (T^4 - T_0^{\,4})$ *όπου* T *ή θερμοκρασία του σώματος και* T_0 *η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε* K*. Μετά από επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων για το λαμπτήρα OSRAM 12V, 20W, προέκυψε ότι* $k = 5 \cdot 10^{-13} \dfrac{W}{K^4}$.

Πόση είναι η ένταση του ρεύματος που καταστρέφει το λαμπτήρα;

Αιτιολογήστε την απάντησή σας στο παρακάτω πλαίσιο.

Απάντηση

Ερώτηση 3

Τη νύχτα χωρίς φεγγάρι και σύννεφα και μακριά από τα φώτα της πόλης, μπορούμε να δούμε χιλιάδες αστέρια σαν λευκές κουκίδες σε όλο τον ουρανό. Εμφανίζονται λευκά επειδή τα μάτια μας δεν μπορούν συνήθως να ανιχνεύσουν το χρώμα τέτοιων αμυδρών αντικειμένων. Ωστόσο, αν κοιτάξουμε προσεκτικά τα πιο φωτεινά αστέρια μπορούμε να δούμε ότι δεν είναι όλα λευκά, έχουν διαφορετικές αποχρώσεις. Η σχέση θερμοκρασίας και χρώματος (π.χ. σε ένα πυρακτωμένο νήμα) διαπιστώθηκε ότι ισχύει και για τα αστέρια με κάποια προσέγγιση. Το χρώμα ενός αστεριού καθορίζεται από τη θερμοκρασία της επιφανείας του. Η μελέτη απαιτεί πολύπλοκα όργανα αλλά και πάλι λαμβάνεται το φάσμα του φωτός των αστεριών.

Αξιοποιώντας τις πληροφορίες που σας έχουν δοθεί και τα πειραματικά σας αποτελέσματα, να βρείτε πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η θερμοκρασία της επιφάνειας του Ήλιου μας από τη θερμοκρασία του πυρακτωμένου νήματος του λαμπτήρα σας

Απάντηση (να αναπτύξετε τον τρόπο εργασίας σας)

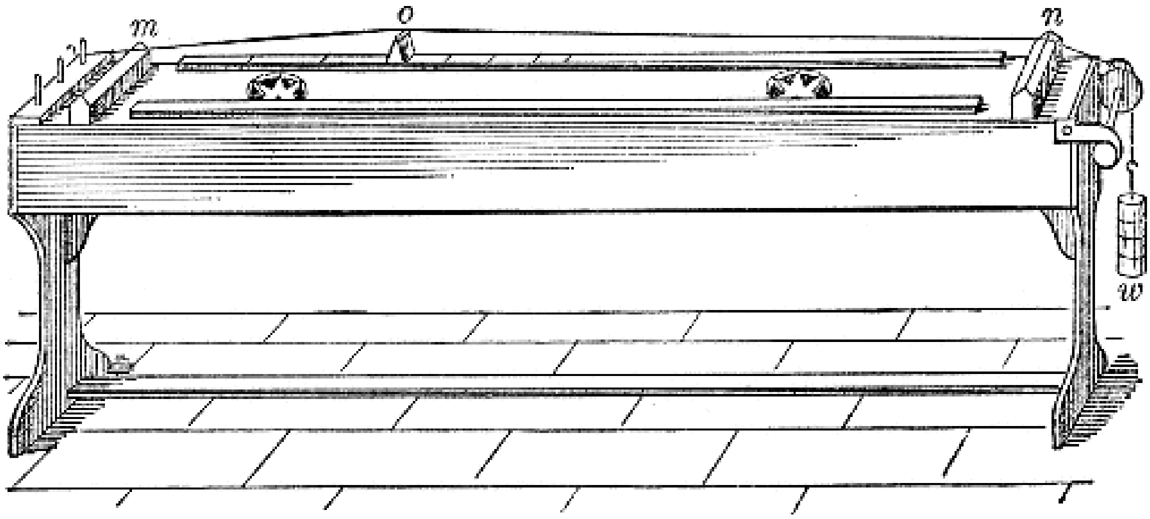
ΠΡΟΧΕΙΡΟ

EUSO European Union Science Olympiad

ΠΑΝΕΚΦΕ
ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



26 Ιανουαρίου 2019

ΛΥΚΕΙΟ: ……………………………………………………………………………

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. ……………………………………………………………………

2. ……………………………………………………………………

3. ……………………………………………………………………

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Η βασική ιδέα

Θα αναλάβετε το ρόλο ενός οργανοποιού με επιστημονικές ανησυχίες: Θέλετε να κατασκευάσετε μια κιθάρα με μη προκαθορισμένο μήκος χορδής. Ένα από τα προβλήματα που πρέπει να επιλύσετε είναι οι θέσεις στις οποίες πρέπει να τοποθετήσετε τα τάστα (τα μικρά συρμάτινα τμήματα που τοποθετούνται κατά μήκος του μπράτσου-ταστιέρας του οργάνου), τα οποία μας επιτρέπουν (πιέζοντας πάνω τους μια χορδή) να μεταβάλλουμε το μήκος της χορδής που ταλαντώνεται και με τον τρόπο αυτό να μπορούμε να παίζουμε με την ίδια χορδή πολλές διαφορετικές μουσικές νότες.

Θα επιλύσετε το πρόβλημα αυτό, αφού προηγουμένως επιβεβαιώσετε πειραματικά τις σχετικές θεωρητικές προβλέψεις, που από άποψη Φυσικής εμπλέκουν στοιχεία από τη θεωρία των στάσιμων κυμάτων.

Στοιχεία θεωρίας

Μια τεντωμένη χορδή έχει τα δύο άκρα της στερεωμένα σε ακλόνητα σημεία. Αν απομακρύνουμε τη χορδή από τη θέση ισορροπίας της και την αφήσουμε στη συνέχεια ελεύθερη, μια ιδιόμορφη ταλαντωτική κατάσταση δημιουργείται στη χορδή που ονομάζεται ***στάσιμο κύμα***. Χαρακτηριστικό του στάσιμου κύματος είναι πως υπάρχουν κατά μήκος της χορδής σημεία που διατηρούνται εντελώς ακίνητα (και ονομάζονται ***δεσμοί***), και σημεία που ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος (και ονομάζονται ***κοιλίες***), ενώ όλα τα υπόλοιπα σημεία ταλαντώνονται με ενδιάμεσο πλάτος και την ίδια συχνότητα.

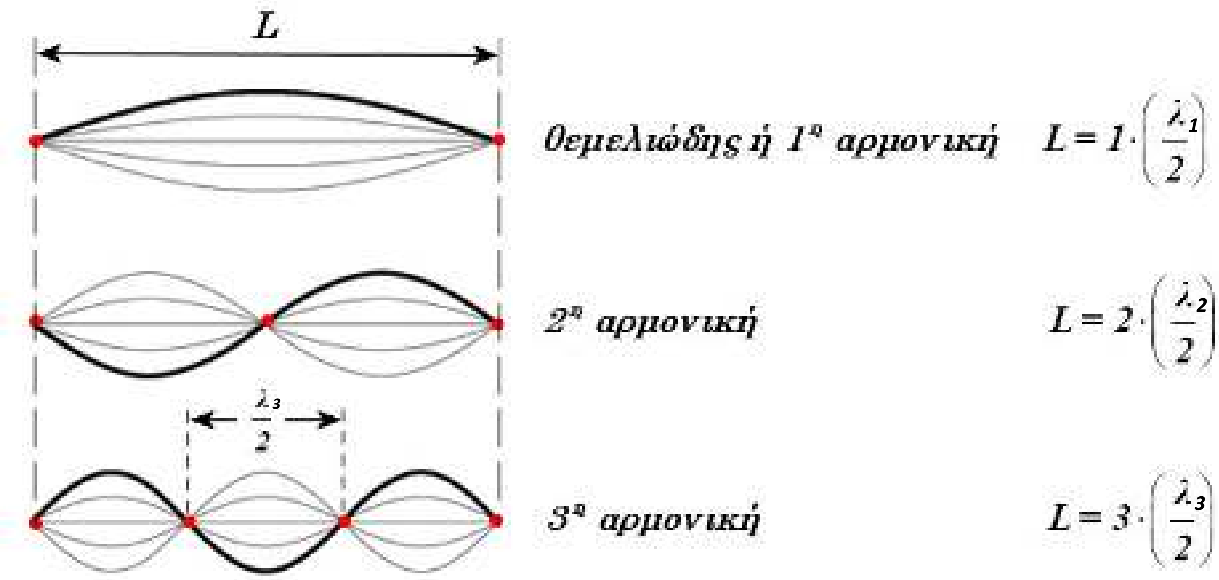
Η ενέργεια, που δίνουμε στη χορδή με την αρχική διέγερση, μέσω κυμάτων μεταφέρεται με σταθερή -σε δεδομένες συνθήκες- ταχύτητα κατά μήκος της τεντωμένης χορδής. Η ταχύτητα διάδοσης ***υ*** και η συχνότητα ***f*** των κυμάτων σχετίζονται μεταξύ τους με τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής:

$$\upsilon = \lambda \cdot f \tag{1}$$

όπου λ είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο ίσο με την περίοδό του και ονομάζεται ***μήκος κύματος***.

Η ανάκλαση των κυμάτων στα ακλόνητα άκρα της χορδής οδηγεί σε φαινόμενα συμβολής, με αποτέλεσμα την ανακατανομή της ενέργειας στη χορδή και τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων, στα οποία ***η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών (ή δύο διαδοχικών κοιλιών)***

ισούται με το μισό του μήκους κύματος λ. Άρα **δε μπορούν** όλα τα κύματα να δημιουργήσουν στάσιμα κύματα στη χορδή, αλλά **μόνο** όσα έχουν το κατάλληλο μήκος κύματος, ώστε να εμφανίζονται δεσμοί στα ακλόνητα άκρα της χορδής. Μερικές περιπτώσεις δημιουργίας στάσιμων κυμάτων σε τεντωμένη χορδή σταθερού μήκους ***L*** φαίνονται στο επόμενο σχήμα:



Είναι φανερό από τα παραπάνω πως η συνθήκη δημιουργίας στάσιμων κυμάτων σε μια χορδή μήκους ***L***, που έχει ακλόνητα στερεωμένα και τα δυο της άκρα, παίρνει τη μορφή:

$$L = n\left(\frac{\lambda}{2}\right) \tag{2}$$

με ***n*** ακέραιο αριθμό. Συνδυάζοντας τη σχέση (1) με τη (2) παίρνουμε:

$$L = n\left(\frac{\upsilon}{2f}\right) \tag{3}$$

Περιορίζοντας τη μελέτη μας μόνο για την 1^{η} αρμονική ή θεμελιώδη συχνότητα (***n = 1***), από την εξίσωση (3) παίρνουμε:

$$L = \left(\frac{\upsilon}{2}\right)\cdot\left(\frac{1}{f}\right) \tag{4}$$

ή χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη περίοδο αντί για τη συχνότητα ταλάντωσης των κινούμενων σημείων της χορδής:

$$L = \left(\frac{\upsilon}{2}\right)\cdot T \tag{5}$$

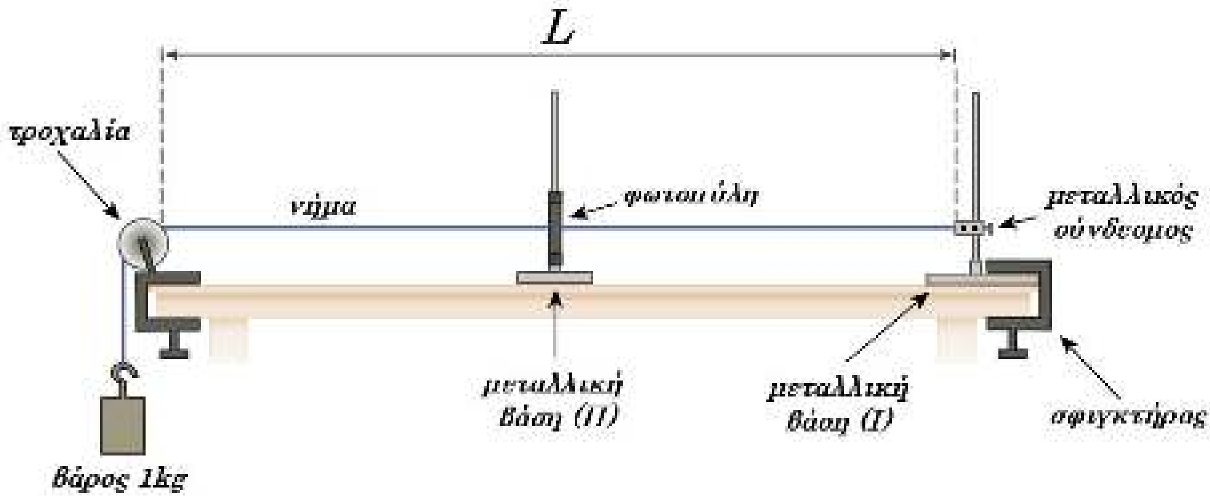
Στόχος της εργαστηριακής άσκησης που διαγωνίζεστε είναι η πειραματική επιβεβαίωση της σχέσης (5) και ο υπολογισμός της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων σε χορδή που σας δίνεται.

Πειραματική διάταξη

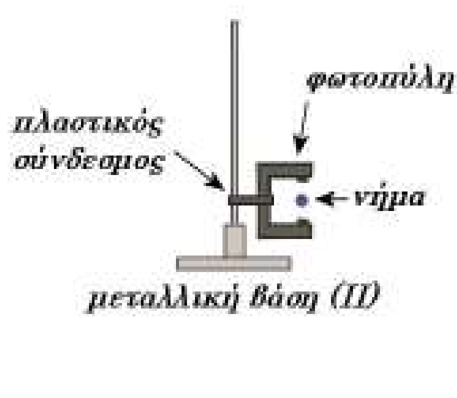
Σας δίνονται:

- Ηλεκτρονικό χρονόμετρο με φωτοπύλη.
- Μεταλλική βάση στήριξης με ορθοστάτη (Ι).
- Σφιγκτήρας τύπου G.
- Πλαστική τροχαλία.
- Κορδόνι στερεωμένο από τη μία του άκρη σε μεταλλικό σύνδεσμο.
- Μεταλλική βάση στήριξης με ορθοστάτη (ΙΙ).
- Πλαστικός σύνδεσμος για τη στερέωση της φωτοπύλης στον ορθοστάτη.
- Βάρος του 1 kg.
- Μετροταινία.

Η πειραματική διάταξη συναρμολογείται όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Η φωτοπύλη του ηλεκτρονικού χρονομέτρου τοποθετείται στη διάταξη κατά τέτοιο τρόπο, ώστε στη θέση ισορροπίας του το νήμα να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το LED υπερύθρων της φωτοπύλης, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί και αποτελεί πλάγια όψη της προηγούμενης εικόνας:



Κατ' αυτό τον τρόπο κατά τις οριζόντιες ταλαντώσεις του νήματος η δέσμη της φωτοπύλης διακόπτεται κάθε φορά που το νήμα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του. Είναι σημαντικό επίσης να τονίσουμε, ότι κάθε φορά η φωτοπύλη πρέπει να τοποθετείται περίπου στο μέσο του οριζόντιου τμήματος του νήματος.

Πειραματική διαδικασία

1. Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη, τοποθετώντας τη μεταλλική βάση (I) με τον αντίστοιχο ορθοστάτη στη μία άκρη του πάγκου εργασίας, και την τροχαλία στο ακριβώς απέναντι σημείο της άλλης άκρης του πάγκου. Στερεώστε τη μεταλλική βάση (I) με τη βοήθεια του σφιγκτήρα τύπου "G". Στερεώστε στον ορθοστάτη το μεταλλικό σύνδεσμο με το νήμα, περάστε το νήμα από το αυλάκι της τροχαλίας, και στο άκρο του κατακόρυφου τμήματος του νήματος στερεώστε το βάρος του 1kg, ώστε το νήμα να διατηρείται τεντωμένο και κατά το δυνατό οριζόντιο. Τέλος τοποθετήστε τη μεταλλική βάση (II) με τη φωτοπύλη σύμφωνα με τις οδηγίες που δόθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, και μόλις είσαστε έτοιμοι καλέστε τον επιτηρητή σας να ελέγξει τη διάταξη.

2. Με τη μετροταινία μετρήστε το μήκος ***L*** του νήματος (χορδή), από το ένα ακίνητο άκρο του στο μεταλλικό σύνδεσμο μέχρι το ακίνητο σημείο του πάνω στην τροχαλία και σημειώστε το σχετικό κελί στον Πίνακα 1.

3. Κρατώντας τη χορδή από το μέσο της, εκτρέψτε τη λίγο (περίπου 2 cm) από τη θέση ισορροπίας της κατά την οριζόντια διεύθυνση, και αφού ενεργοποιήσετε και θέσετε το ηλεκτρονικό χρονόμετρο σε τρόπο λειτουργίας "***F3***", αφήστε τη χορδή ελεύθερη. Αφήστε το χρονόμετρο να καταγράψει όλες τις τιμές χρόνου που μπορεί να αποθηκεύσει στη μνήμη του. Στον τρόπο λειτουργίας "*F3*" το χρονόμετρο καταγράφει το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε τρεις διαδοχικές διελεύσεις της χορδής από τη θέση ισορροπίας της, δηλ. κάθε αποθηκευμένη τιμή στη μνήμη του αντιστοιχεί στην περίοδο των ταλαντώσεων που εκτελεί η χορδή. Αγνοώντας τις δύο πρώτες μετρήσεις, ανακαλέστε τις επόμενες πέντε (5) από τη μνήμη του ηλεκτρονικού χρονομέτρου, και σημειώστε τες στη σχετική στήλη του Πίνακα (1). Τέλος υπολογίστε τη μέση τιμή αυτών των μετρήσεων και σημειώστε το αποτέλεσμα στο σχετικό κελί του Πίνακα (1). Χρησιμοποιήστε για τη μέση τιμή της περιόδου ακρίβεια ίδια με αυτή των επιμέρους μετρήσεων.

<u>Φροντίστε</u> είτε αυτή είτε κάποια από τις επόμενες μετρήσεις

να γίνει παρουσία του επιβλέποντα καθηγητή

4. Μειώστε το μήκος της χορδής περίπου κατά 10 cm, μετακινώντας τη μεταλλική βάση στήριξης (I), και στερεώστε τη βάση στη νέα της θέση με τη βοήθεια του σφιγκτήρα.

Μετακινήστε τη φωτοπύλη, ώστε να τοποθετηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες που σας έχουν ήδη δοθεί, και προσέξτε ώστε το βάρος του 1kg να μην ακουμπήσει στο πάτωμα.

5. Επαναλάβετε τα βήματα 2, 3 και 4 για συνολικά πέντε (5) διαφορετικά μήκη της χορδής.

Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα

	$1^{η}$ σειρά μετρήσεων	**$2^{η}$ σειρά μετρήσεων**	**$3^{η}$ σειρά μετρήσεων**	**$4^{η}$ σειρά μετρήσεων**	**$5^{η}$ σειρά μετρήσεων**
Μήκος χορδής L (m)					
Μετρήσεις περιόδου T (s)					
Μέση τιμή περιόδου T (s)					

Επεξεργασία δεδομένων

1. Μεταφέρετε στον Πίνακα 2, τα δεδομένα από τον Πίνακα 1.

Πίνακας 2: Δεδομένα για γραφική παράσταση

Μήκος χορδής L (m)	**Περίοδος ταλαντώσεων T(s) (μέση τιμή)**

2. Στο φύλλο μιλιμετρέ που σας δίνεται, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: μήκος χορδής (**L**) στον κατακόρυφο άξονα και περίοδος ταλαντώσεων (**T**) στον οριζόντιο άξονα. Βαθμονομήστε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα με βάση τις τιμές του Πίνακα (2).

3. Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία **(T, L)**, σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα (2), και σχεδιάστε την ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα το

σύνολο των πειραματικών σημείων.

4. Η γραμμή που χαράξατε αντιστοιχεί στην πειραματική επιβεβαίωση της εξίσωσης (5). Υπολογίστε την κλίση της πειραματικής ευθείας, και τελικά υπολογίστε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στη χορδή. Να γράψετε το τελικό αποτέλεσμα με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου:

5. Τους νόμους που διέπουν τις ταλαντώσεις μιας χορδής μελέτησε πειραματικά και διατύπωσε το 1636 ο Γάλλος κληρικός Marin Mersenne. Ο τρίτος σχετικός νόμος του διατυπώνεται ως εξής: «Για διαφορετικές χορδές του ίδιου μήκους και τάσης η περίοδος ταλάντωσης είναι ανάλογη της ποσότητας $\sqrt{w}$, όπου w είναι το βάρος της χορδής». Με βάση την πρόταση αυτή και τη θεωρία των στάσιμων κυμάτων όπως αναφέρθηκε στην αντίστοιχη θεωρία πιστεύετε πως η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην παχύτερη χορδή σε σχέση με την αντίστοιχη ταχύτητα σε μια λεπτότερη (αλλά ίδιου υλικού) χορδή είναι:

   α. μικρότερη β. μεγαλύτερη γ. ίδια

   Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Το πρόβλημα του οργανοποιού

Κατασκευάζετε μια κιθάρα με μήκος ανοιχτής χορδής (δηλαδή το μήκος της χορδής που ταλαντώνεται όταν δεν την πιέζουμε με το δάχτυλό μας σε κάποιο σημείο της) ίσο με ***L_1 = 57 cm***. Γνωρίζετε ότι:

1. Η θεμελιώδης συχνότητα της νότας που παράγεται από μια τεντωμένη χορδή είναι ίση με τη θεμελιώδη συχνότητα των στάσιμων κυμάτων που δημιουργούνται στη χορδή.
2. Οι θεμελιώδεις συχνότητες ***f_1*** και ***f_2*** από δύο διαδοχικές νότες (π.χ. Ντο και Ντο δίεση) στη συγκερασμένη μουσική κλίμακα έχουν λόγο σταθερό:

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[12]{2} \approx 1,059$$

Με βάση τα παραπάνω να προσδιορίσετε σε ποια θέση θα τοποθετήσετε το $1^{\text{ο}}$ μεταλλικό τάστο στην ταστιέρα της κιθάρας.

Υπενθυμίζεται ότι πιέζοντας με το δάχτυλό μας τη χορδή λίγο πριν από κάποιο τάστο, η χορδή ακουμπάει στο τάστο αυτό, και συνεπώς μόνο το τμήμα της χορδής ανάμεσα στο τάστο αυτό και στο κάτω άκρο της χορδής μπορεί να ταλαντώνεται, μεταβάλλοντας έτσι τη νότα που παράγεται από τη χορδή. Δηλαδή ο ρόλος των τάστων είναι να μειώνουν το μήκος του ταλαντούμενου τμήματος της χορδής.

Συνεχίζοντας με την ίδια διαδικασία όπως προηγουμένως μπορούμε να προσδιορίσουμε τις θέσεις όλων των τάστων στην κιθάρα.

καλή επιτυχία!!!

ΒΑΘΜΟΣ

ΠΑΝΕΚΦΕ European Union Science Olympiad

18η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2020

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 25 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2020

(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

Μαθητές:	Σχολική Μονάδα
1.	
2.	
3.	

Βραχυκύκλωμα …… στα φωτοβολταϊκά στοιχεία !

Α) Πληροφορίες για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ηλιακά κύτταρα) μετατρέπουν το φως, (που είναι ενέργεια με μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατασκευάζονται με μικρό κόστος, από ημιαγώγιμα υλικά που μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα. Η ηλεκτρική ισχύς που παράγουν τα φ.σ. είναι ανάλογη με τη φωτεινή ισχύ που απορροφούν (αλλά μικρότερη από αυτή επειδή ο συντελεστής απόδοσης των φ.σ. είναι μικρότερος του 100%).

Β) Απαραίτητες γνώσεις

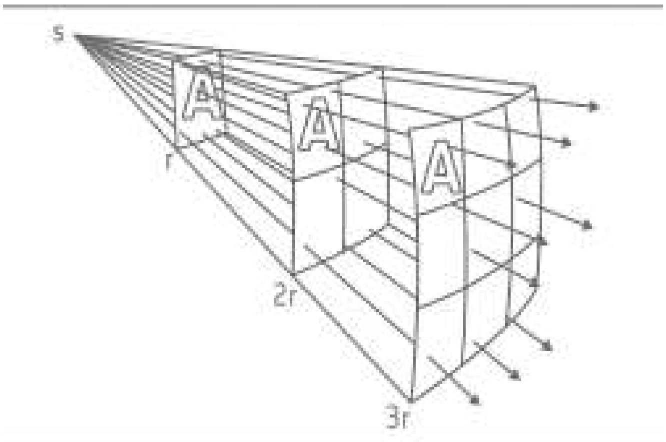
Ο Ήλιος εκπέμπει φως ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Αν θεωρήσουμε μία σφαίρα ακτίνας r που περιβάλλει τον Ήλιο , τότε μέσα από την επιφάνεια αυτής της σφαίρας εμβαδού $4\pi r^2$ θα διέρχεται ακτινοβολία ισχύος P. Η ροή ισχύος G ακτινοβολίας ορίζεται ως το πηλίκο ισχύος P που διέρχεται από μία επιφάνεια προς το εμβαδό A της επιφάνειας, $\mathrm{G} = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{A}}$ (W/m^2),

τότε ή ροή ισχύος G της φωτεινής ακτινοβολίας του Ήλιου σε μια απόσταση r θα είναι:

Ροή ισχύος **G** (της ηλιακής ακτινοβολίας σε απόσταση r) $= \frac{\text{Ισχύς που εκπέμπεται από τον Ήλιο}}{\text{εμβαδό σφαίρας ακτίνας } r} = \frac{\mathrm{P}\ (\text{Ηλίου})}{4\pi r^2}$ (1)

Η τιμή της ροής ισχύος G θα είναι η ίδια σε κάθε σημείο της σφαίρας ακτίνας r και ακολουθεί το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου.

Συνεπώς όταν μια σημειακή πηγή φωτός S (π.χ. το νήμα πυράκτωσης μιας λάμπας αλογόνου ή ο Ήλιος που μπορεί να θεωρηθεί σημειακή πηγή φωτός στην επιφάνεια της Γης λόγω της μεγάλης του απόστασης από αυτήν) εκπέμπει ομοιόμορφα φως (εικόνα 1) και σε μια απόσταση r το φως διέρχεται μέσα από την επιφάνεια A, σε διπλάσια απόσταση (2r), μέσα από την ίδια επιφάνεια A θα διέρχεται το ¼ της ποσότητας του φωτός, ενώ σε τριπλάσια απόσταση (3r) θα διέρχεται το 1/9 , κ.ο.κ.



Εικόνα 1

Απαιτούμενα όργανα

1) Τροφοδοτικό χαμηλής τάσης

2) Ορθοστάτης με ράβδο μήκους 0,8 m που περιλαμβάνει έναν απλό σύνδεσμο και μια μεταλλική λαβίδα

3) Φωτοβολταϊκό στοιχείο με στοιχεία 2V – 150 mA

4) Λάμπα αλογόνου με ισχύ κανονικής λειτουργίας 35W και τάση κανονικής λειτουργίας 12V (στο τροφοδοτικό 13 V) και συντελεστή μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ισχύ ίσο με 10%

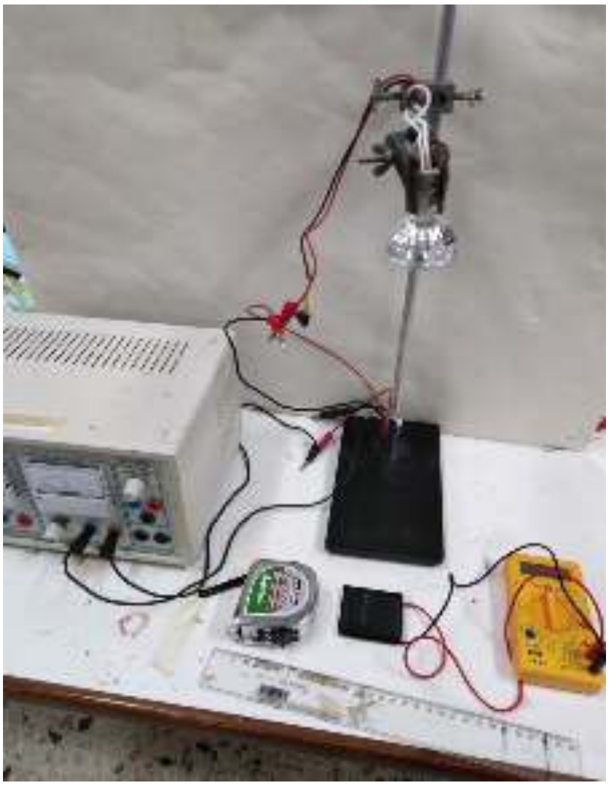
5) Μετροταινία

6) Πολύμετρο

7) Νήμα της στάθμης

<u>Πειραματική διαδικασία.</u>

1) Το φ.σ. έχει στερεωθεί πάνω στο πάγκο εργασίας με κολλητική μαστίχη. Η λάμπα συγκρατείται από λαβίδα. Να μετακινήσετε τη λαβίδα στο κατώτερο σημείο της διαδρομής της και να κάνετε τις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε το προστατευτικό τζάμι της λάμπας να γίνει παράλληλο με το επίπεδο του φ.σ. και να βρεθεί ακριβώς απέναντι από αυτό. Στο εξής θα προσέχετε ώστε να διατηρείται αυτή η παραλληλία.



Εικόνα 2

2) Να απομακρύνετε τη λάμπα σε τέτοια θέση ώστε το τζάμι να απέχει από το φ.σ. απόσταση d_o=78,5cm (εικόνα 2) . Για να εξασφαλίσετε ότι το φ.σ. είναι στην ίδια κατακόρυφη με τη λάμπα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το νήμα της στάθμης δεδομένου ότι οι διαστάσεις του φ.σ. και η διάμετρος του τζαμιού είναι περίπου ίδιες. Έτσι θα εξασφαλιστεί κάθετη πρόσπτωση του φωτός στο φ.σ.. Σε κάθε μετρούμενη απόσταση d_o θα προσθέτετε 1,5 cm που είναι η απόσταση του νήματος πυράκτωσης της λάμπας από το προστατευτικό τζάμι ώστε να προσδιορίζεται με ακρίβεια η απόσταση d της φωτεινής πηγής και του φ.σ.. Η ρύθμιση του ύψους θα γίνει με τη βοήθεια του απλού συνδέσμου στον ορθοστάτη.

3) ΠΡΙΝ τροφοδοτήσετε το λαμπτήρα να συνδέσετε το φ.σ. με το αμπερόμετρο συνεχούς του πολυμέτρου στη περιοχή 200mA **<u>(να κληθεί ο επιβλέπων για έλεγχο)</u>**. Τροφοδοτήστε με τάση 13 V το λαμπτήρα και μετρήσετε την ένταση του ηλ. ρεύματος που διαρρέει το φ.σ. (το οποίο ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}). Γράψτε την τιμή στη κατάλληλη θέση του **πίνακα 1** στη γραμμή με α/α 2. Συμπληρώστε τα υπόλοιπα κελιά της ίδιας γραμμής του **πίνακα 1**. Σβήστε τη λάμπα.

<u>Σημείωση</u>: όσο η λάμπα είναι σβηστή το αμπερόμετρο δείχνει ένα ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης που οφείλεται στο διάχυτο φωτισμό της αίθουσας. Αυτό το μικρό ρεύμα να το αγνοήσετε σε σχέση με αυτό που εμφανίζεται όταν η λάμπα είναι αναμμένη.

4) Ρυθμίστε την απόσταση d_o στα 68,5cm μετακινώντας τη σβηστή λάμπα προς τα κάτω με πολύ προσοχή! Εξασφαλίστε τη παραλληλία τζαμιού και φ.σ. και ότι βρίσκονται και τα δύο στην ίδια κατακόρυφο (όπως στο βήμα 1) . Ανάψτε τη λάμπα και επαναλάβετε το βήμα 2. Ακολούθως συμπληρώστε τη γραμμή με α/α 3 του **πίνακα 1**.

5) Να επαναλάβετε το βήμα 2 για όλες τις αποστάσεις d_o και να συμπληρώσετε τις υπόλοιπες γραμμές του πίνακα χωρίς να ξεχνάτε ότι για κάθε αλλαγή της απόστασης η λάμπα θα πρέπει να είναι σβηστή. Στο τέλος να αποσυνδέσετε το κύκλωμα.

Πίνακας 1				
α/α	Απόσταση d_o μεταξύ του τζαμιού της λάμπας και επιφάνειας φ.σ. (cm)	$d = d_o + 0{,}015$ (m)	$1/d^2$ (m^{-2}) Στρογγυλοποίηση στο 1ο δεκαδικό ψηφίο	Ένταση I_{sc} ηλ. ρεύματος (βραχυκύκλωσης) στο φ.σ. (mA)
1	∞	∞	0	
2	78,5			
3	68,5			
4	58,5			
5	48,5			
6	38,5			
7	28,5			
8	23,5			
9	18,5			
10	13,5			

<u>1η εφαρμογή: Το φ.σ. ως μετρητής-ελεγκτής μικρών αποστάσεων</u>

1) Στο χαρτί μιλλιμετρέ που σας δίδεται να κάνετε τη γραφική παράσταση του I_{sc} ως προς $1/d^2$ φέροντας τη βέλτιστη γραμμή που διέρχεται ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία.

2) Η λειτουργία μιας ηλεκτρομηχανολογικής διάταξης ελέγχεται από το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα ενός φ.σ. ίδιου ακριβώς με αυτό που διαθέτετε. Το αποτέλεσμα θέλουμε να είναι η διατήρηση του κινητού μέρους μιας μηχανής σε απόσταση ασφαλείας **d** από ένα σταθερό βάθρο στήριξης. Η απόσταση αυτή πρέπει να είναι d=(0,25 ± 0,02) m. Μελετήστε το γράφημα **I_{sc} – ($1/d^2$)** και βρείτε (όχι αλγεβρικά) το διάστημα [I_1,I_2] εντός του οποίου πρέπει να περιέχεται η τιμή του ρεύματος I, ($I_1<I<I_2$) που παράγει το φ.σ. όταν ακριβώς απέναντί του είναι ένας λαμπτήρας 35 W όπως ακριβώς στο πείραμα που κάνατε. Το φ.σ. είναι πακτωμένο πάνω στο κινητό μέρος της μηχανής καθώς πραγματοποιείται ο προηγούμενος έλεγχος.

I_1 = ………… mA

I_2 = …………. mA

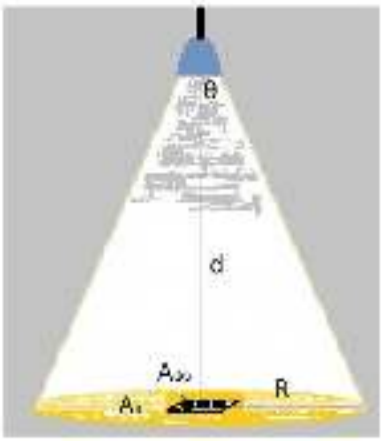
<u>2η εφαρμογή: Το φ.σ. ως μετρητής της ροής ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας</u>

1) Δεδομένης της απόδοσης του λαμπτήρα αλογόνου (που είναι 10%) μπορούμε να μετράμε την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας του λαμπτήρα στο επίπεδο του φ.σ. και να βαθμονομήσουμε το φ.σ. ως μετρητή της ροής ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό βρίσκει εφαρμογή στο βέλτιστο προσανατολισμό κατά τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ και ηλιακών θερμοσιφώνων.

Η εικόνα 3 δείχνει το φωτεινό κώνο που παράγεται από την λάμπα . Ο κατασκευαστής δίνει το άνοιγμα του κώνου ίσο με 2θ=36° και επομένως η γωνία θ ισούται με 18°. Αυτός ο κώνος φωτίζει το τραπέζι κατά ένα κύκλο ακτίνας R, εμβαδού $\mathbf{A_R = \pi R^2}$. Στο κέντρο του κύκλου είναι τοποθετημένο το φ.σ. για το οποίο φροντίσατε το φως να πέφτει κάθετα. Ζητείται να υπολογιστεί η ροή ισχύος G της φωτεινής ακτινοβολίας σε απόσταση d, όπου οι διάφορες αποστάσεις είναι ίδιες με αυτές στο προηγούμενο πείραμα (δεν χρειάζεται η εκ νέου λειτουργία της διάταξης) όπως επίσης και οι αντίστοιχες τιμές της έντασης I του ρεύματος. Επομένως στον **πίνακα 2** θα συμπληρώσετε τη στήλη του ηλ. ρεύματος I όπως ακριβώς στο πίνακα 1.

Δίνονται ότι:

α) από το σχήμα **εφθ=R/d** με εφ18°=0,325 και β) η απόδοση μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος $P_{ηλ}$ σε φωτεινή ισχύ $P_{φωτ}$ μέσω της λάμπας είναι **10%**. Μπορείτε τώρα να συμπληρώσετε τα κελιά του **πίνακα 2**.



Εικόνα 3 Φωτεινός κώνος από τη λάμπα αλογόνου . Μέσα σε αυτό το κώνο βρίσκεται το φ.σ. πάνω στο πάγκο εργασίας σε θέση κάθετης πρόσπτωσης του φωτός.

Πίνακας 2

α/α	d (m)	I_{sc} (mA)	R (m)	A_R (m^2)	**G** (W/m^2) Στρογγυλοποίηση στη μονάδα
1	∞				
2	0,80				
3	0,70				
4	0,60				
5	0,50				
6	0,40				
7	0,30				
8	0,25				
9	0,20				
10	0,15				

2) Σε χαρτί μιλλιμετρέ να κάνετε τη γραφική παράσταση της ροής ισχύος G της φωτεινής ακτινοβολίας ως προς την ένταση I του ρεύματος στο φ.σ. I_{sc}(mA) – G(W/m2) και να φέρετε τη βέλτιστη ευθεία γραμμή που διέρχεται ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία.

3) Να συνδέσετε το αμπερόμετρο συνεχούς στο φ.σ., όπως προηγουμένως και να το τοποθετήσετε σε οριζόντια επιφάνεια (εξωτερικό μάρμαρο του παραθύρου, ώστε να **μην** παρεμβάλλεται το τζάμι παραθύρου) έτσι ώστε οι ραβδώσεις που φέρει να είναι προς την κατεύθυνση του ήλιου. Γράψτε την ώρα και την τιμή του ρεύματος I:

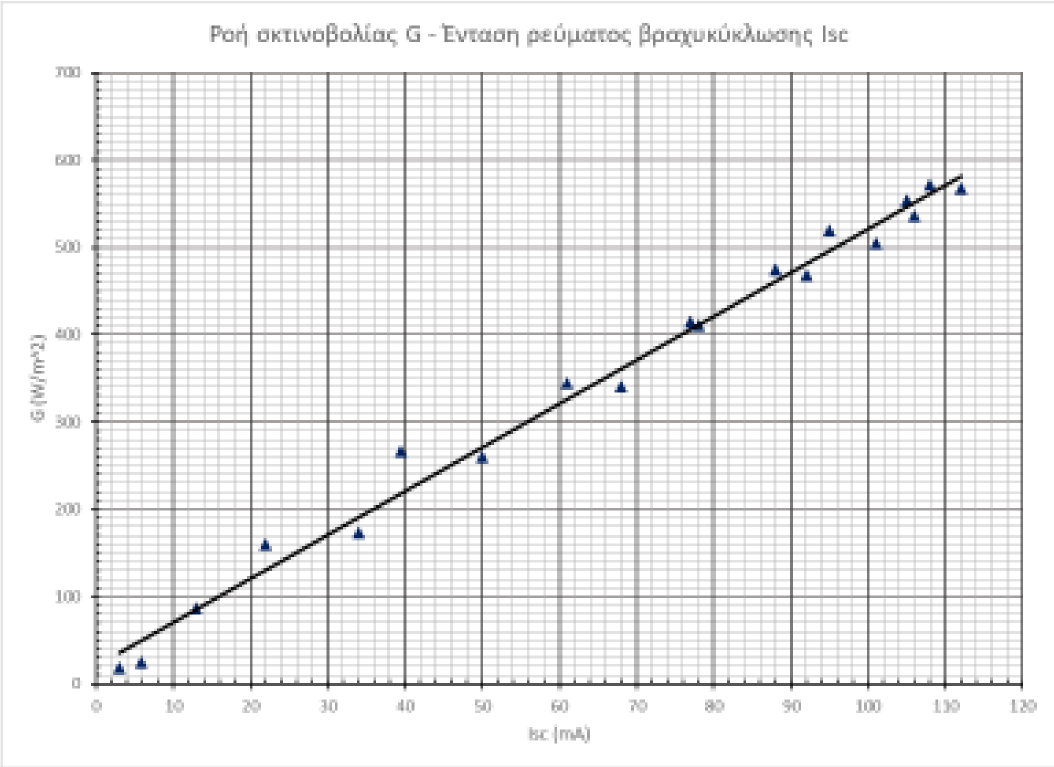
Ώρα (ωω:λλ) : …………………

I_{sc} = ………………… mA

4) Από το γράφημα I_{sc} – G που δημιουργήσατε (μιλιμετρέ) να βρείτε τη ροή ισχύος **G** της ακτινοβολίας του Ήλιου.

G = ………………. W/m^2

Μελετώντας την εικόνα 4, να βρείτε την αναμενόμενη τιμή του G και να υπολογίσετε το % ποσοστό απόκλισης μεταξύ των δύο τιμών, πειραματικής και τυπικής τιμής (εικόνα 4) ως προς την τιμή αυτή. Να εξηγήσετε την πιθανή απόκλιση μεταξύ των τιμών αυτών.



Εικόνα 4. Διάγραμμα βαθμονόμησης του φ.σ. βάσει τιμών του Ακτινομετρικού Σταθμού του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας Πανεπιστημιούπολη Πατρών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ:

1. Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης της ηλιακής ισχύος στις φωτοβολταϊκές συστοιχίες των διαστημομηχανών ;

2. α) Στρέψτε το φ.σ. όσο καλύτερα μπορείτε προς τον Ήλιο (άσχετα αν έχει νεφοκάλυψη, αλλά χωρίς να μεσολαβεί τζάμι παραθύρου). Ο επιβλέπων θα σας υποδείξει το χώρο που θα γίνει αυτό. Μετρήστε την ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και τη τάση στα άκρα ανοικτού κυκλώματος (επιλέγοντας ώστε το πολύμετρο να μετράει τάση στην κατάλληλη κλίμακα). Ακολούθως υπολογίστε το γινόμενο των δύο προηγούμενων μεγεθών που δίνει μία ένδειξη της μέγιστης ισχύος που μπορεί να αποδώσει το φ.σ.

   Έστω P η ισχύς αυτή που υπολογίσατε στο τόπο που βρίσκεστε.

   Απάντηση: Isc=……………., Voc=…………………………, P=……………………….

   β) Επειδή για αποστάσεις της τάξεως Γη - Ήλιος, από τη Γη ο Ήλιος μπορεί να θεωρηθεί σημειακή πηγή ακτινοβολίας, ισχύει η σχέση αναλογίας G - $1/d^2$. Θέλουμε να εφοδιάσουμε μια διαστημομηχανή με συστοιχία φ.σ. που θα παράγει μια ενδεικτική ισχύ όπως αυτή που υπολογίσατε προηγουμένως ίση με P_δ = 400W σε μια απόσταση από τον Ήλιο ίση με 5AU (η απόσταση 1AU είναι ίση με την απόσταση Γης-Ηλίου). Να υποθέσετε ότι βελτιωμένη τεχνική των φ.σ. έχει ελαχιστοποιήσει την επίδραση της θερμοκρασίας στη λειτουργία τους. Η συστοιχία αυτή θα κατασκευαστεί αποκλειστικά από φ.σ. όμοια με αυτά που έχετε. Ποιο θα είναι το εμβαδό της επιφάνειας αυτής της συστοιχίας; Να λάβετε υπόψη σας ότι ο τρόπος που θα συνδεθούν τα φ.σ. μεταξύ τους, θα εξασφαλίσει την αναλογία ανάμεσα στο εμβαδόν και την ενδεικτική ισχύ.

Απάντηση:

A_δ = ……………………….m^2

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τη κυρία Φουντά Δήμητρα , κύρια ερευνήτρια του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και τον καθηγητή του ΑΤΕΙ Ζακύνθου κ. Τάσο Καλημέρη για τις πληροφορίες που με μεγάλη προθυμία μας παρείχαν για την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας.

Βιβλιογραφία-Αναφορές

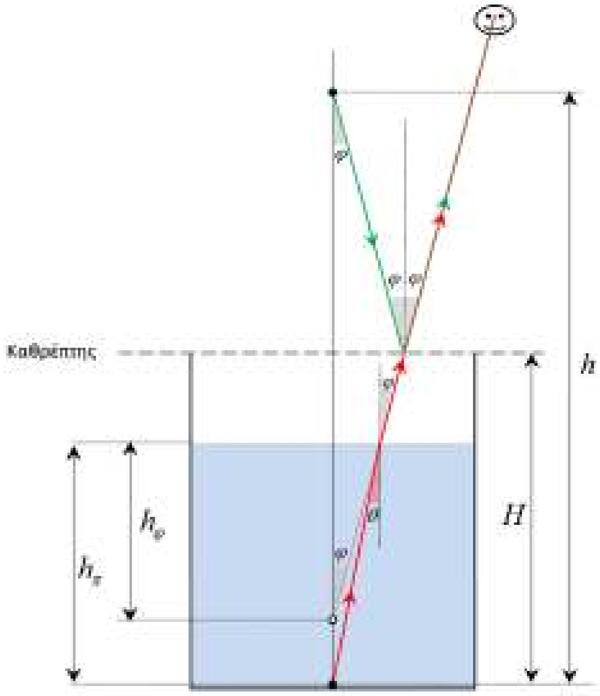
1) Η ιδέα γι’ αυτό το θέμα της Φυσικής στον Πανελλήνιο διαγωνισμό Νοτίου Ελλάδος EUSO 2020 προήλθε από το Secondary Activity Booklet στη δράση ESA AUTUMN TEACHERS WORKSHOP 2018 με τίτλο POWER FROM SUNLIGHT (σελ. 169-196).
2) Αλεξόπουλου Κ.: Οπτική, Αθήνα, 1966
3) http://ikee.lib.auth.gr/record/113829/files/Master_Thesis_all.pdf
4) https://stephenstuff.wordpress.com/2013/04/20/understanding-solar-panel-performance/
5) http://mymeasurements.eu/u/lapup/solar.php?lang=el Ακτινομετρικός σταθμός – Εργαστήριο Φυσικής της ατμόσφαιρας / Πανεπιστημιούπολη Πατρών
6) http://ionianweather.gr/stations/ Δίκτυο Μετεωρολογικών σταθμών Ιονίου

EUSO European Union Science Olympiad

ΠΑΝΕΚΦΕ

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



25 Ιανουαρίου 2020

ΛΥΚΕΙΟ: ……………………………………………………………………………………

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. …………………………………………………………………

2. …………………………………………………………………

3. …………………………………………………………………

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Παράλλαξη

Κάντε με το χέρι σας το σήμα «like / thumbs up» (: η παλάμη κλειστή και ο αντίχειρας τεντωμένος επάνω). Τεντώστε το χέρι σας όσο πιο μακριά πάει και φέρτε τον τεντωμένο αντίχειρα κατευθείαν μπροστά από το πρόσωπό σας. Κλείστε το δεξιό μάτι σας και κοιτάξτε τον αντίχειρα με το αριστερό, και μετά κλείστε το αριστερό μάτι και κοιτάξτε τον αντίχειρά σας με το δεξιό. Αλλάζοντας μάτι παρατήρησης θα διαπιστώσετε πως ο αντίχειράς σας φαίνεται να μετακινείται πλάγια σε σχέση με τα μακρινά ακίνητα αντικείμενα του υποβάθρου.

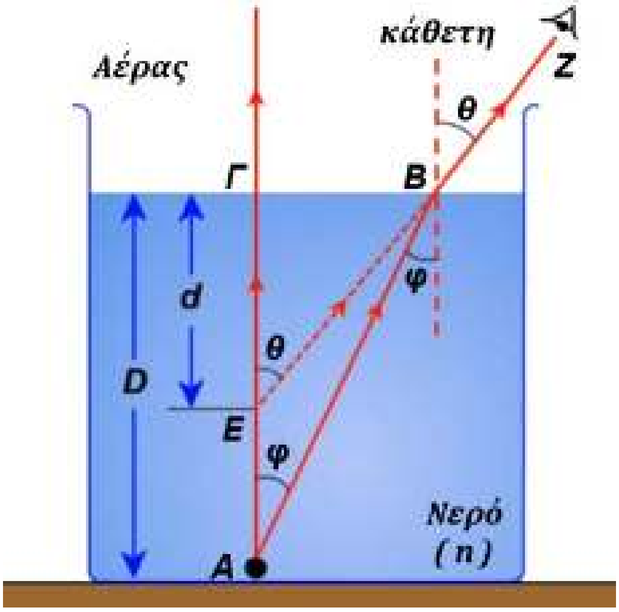
Αυτή η φαινομενική μετατόπιση της θέσης του αντίχειρά σας, σε σχέση με κάποιο απομακρυσμένο ακίνητο αντικείμενο, που οφείλεται στην αλλαγή της θέσης παρατήρησής του ονομάζεται παράλλαξη. Το φαινόμενο είναι γενικό, και εμφανίζεται είτε παρατηρούμε εναλλάσσοντας μάτι παρατήρησης πως προβάλλεται στο υπόβαθρο ο τεντωμένος αντίχειράς μας (ή οποιοδήποτε άλλο κοντινό μας αντικείμενο), είτε παρατηρούμε με ένα τηλεσκόπιο πως προβάλλεται ένα αστέρι στην ουράνια σφαίρα.

Αν επαναλάβετε την παρατήρηση πλησιάζοντας τον αντίχειρα προς το πρόσωπο σας, θα παρατηρήσετε ότι η μετατόπιση στη φαινόμενη θέση του αντίχειρα αυξάνεται καθώς η απόσταση μεταξύ του αντίχειρα και των ματιών σας μειώνεται.

Ένα από τα συνηθέστερα σφάλματα μέτρησης είναι το σφάλμα λόγω παράλλαξης, που εμφανίζεται όταν παρατηρούμε την κλίμακα ενός οργάνου υπό γωνία. Άλλοτε όμως η παράλλαξη γίνεται σημαντικό επιστημονικό εργαλείο: για παράδειγμα οι αστρονόμοι από τα μέσα του $19^{ου}$ αιώνα μέσω της παράλλαξης υπολογίζουν τις αποστάσεις από τον Ήλιο των κοντινότερων αστέρων. Εμείς σήμερα εδώ θα χρησιμοποιήσουμε αφενός την παράλλαξη, και αφετέρου τη φαινόμενη ανύψωση λόγω διάθλασης για τον υπολογισμό του δείκτη διάθλασης ενός υγρού.

Διάθλαση και φαινόμενη ανύψωση

Διάθλαση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο, όταν φωτεινή ακτίνα περνάει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών υλικών, εκτρέπεται από την ευθύγραμμη πορεία της. Η διάθλαση οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του φωτός στα δύο διαφανή υλικά (οπτικά μέσα).



Μαθηματικά το φαινόμενο της διάθλασης περιγράφεται από το νόμο του Snell, ο οποίος στην περίπτωση που το φως μεταβαίνει από κάποιο διαφανές υλικό (π.χ. νερό) στον αέρα έχει τη μορφή:

$$\eta\mu\theta = n \cdot \eta\mu\varphi \qquad (1)$$

όπου:

- **φ** είναι η γωνία πρόσπτωσης, δηλ. η γωνία που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (ΑΒ) με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο οπτικών μέσων,
- **θ** είναι η γωνία διάθλασης, δηλ. η γωνία που σχηματίζει η διαθλώμενη ακτίνα (ΒΖ) με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια,
- **n** είναι ο δείκτης διάθλασης του οπτικού μέσου (νερό στην περίπτωσή μας), που για φως συγκεκριμένου χρώματος μας δείχνει πόσο διαφέρει η ταχύτητα διάδοσής του στο διαφανές μέσο από την ταχύτητα του φωτός στο κενό (ή τον αέρα).

Παράπλευρο αποτέλεσμα της διάθλασης είναι και η φαινομενική ανύψωση: Οι ακτίνες που, ξεκινώντας από το σημείο Α, βγαίνουν από το νερό στον αέρα, όταν φτάνουν στο μάτι του παρατηρητή δίνουν την εντύπωση πως το σημείο αυτό βρίσκεται στο Ε, ψηλότερα από την πραγματική του θέση[1]. Αν παρατηρούμε σχεδόν κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού-αέρα, τότε τόσο η γωνία πρόσπτωσης, όσο και η γωνία διάθλασης είναι πολύ μικρές και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την προσέγγιση μικρών γωνιών: $\eta\mu\hat{\alpha} \approx \varepsilon\varphi\hat{\alpha} \approx \hat{\alpha}$, οπότε η σχέση (1) γράφεται:

$$(1) \Rightarrow \varepsilon\varphi\theta = n \cdot \varepsilon\varphi\varphi \Rightarrow \frac{\Gamma\mathrm{B}}{\Gamma\mathrm{E}} = n\frac{\Gamma\mathrm{B}}{\mathrm{A}\Gamma} \Rightarrow \mathrm{A}\Gamma = n \cdot \Gamma\mathrm{E}$$

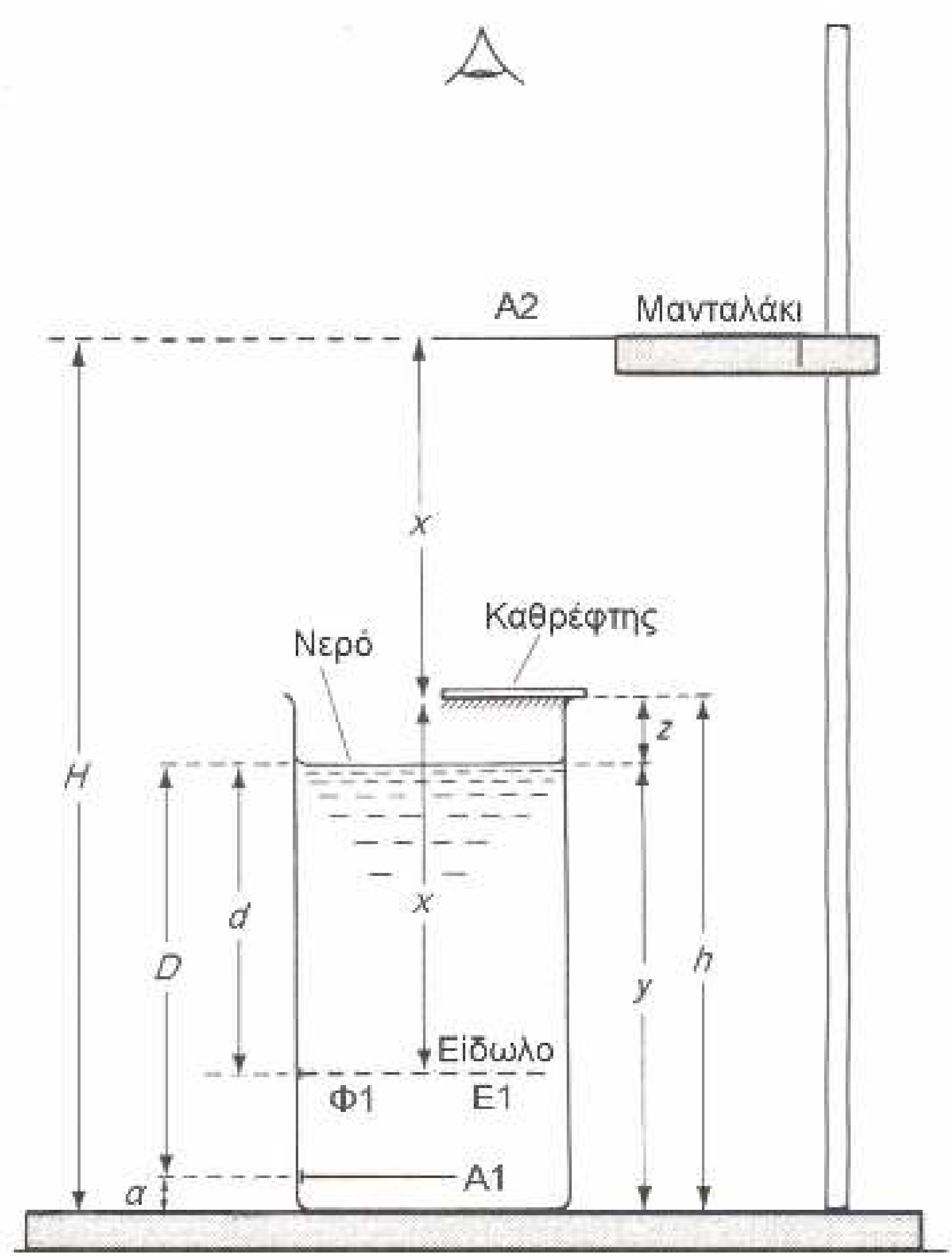
[1] *Ακριβέστερα, η φαινόμενη θέση δεν βρίσκεται ακριβώς πάνω στην ίδια κατακόρυφο με το Α, αλλά η οριζόντια μετατόπιση γίνεται αμελητέα όταν η παρατήρηση γίνεται από σημείο πολύ κοντά στην κατακόρυφο και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματά μας.*

Τελικά, συμβολίζοντας με D το πραγματικό βάθος και d το φαινόμενο βάθος του σημείου, προκύπτει:

$$D = n \cdot d \qquad (2)$$

Η σχέση (2) δηλώνει πως η γραφική παράσταση του πραγματικού βάθους D συναρτήσει του φαινόμενου βάθους d είναι ευθεία γραμμή η κλίση της οποίας ισούται με το δείκτη διάθλασης του υγρού.

Πειραματική διάταξη



Πλαστικό ποτήρι ύψους h έχει τοποθετηθεί πάνω σε μεταλλική βάση στήριξης, η οποία φέρει στερεωμένο επάνω της μεταλλικό ορθοστάτη. Στο χείλος του ποτηριού έχουμε κολλήσει ένα μικρό κομμάτι από πλαστικό καθρέφτη, ενώ σε ύψος ***α = 0,9 cm*** από τη μεταλλική βάση και μέσα στο ποτήρι έχει στερεωθεί λεπτή μεταλλική ακίδα (Α1 στο σχήμα). Στο ποτήρι έχουμε ρίξει νερό μέχρι ύψους y από τη βάση στήριξης.

Τότε το πραγματικό βάθος ***D*** της ακίδας Α1 από την επιφάνεια του νερού είναι:

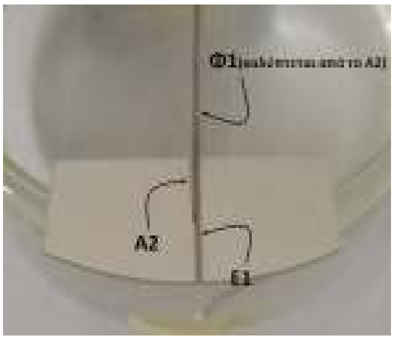
$$D = y - a \quad ή \quad D = \left(y - 0{,}9\right) cm \qquad (3)$$

Πάνω από τον καθρέφτη και προσαρμοσμένο στον μεταλλικό ορθοστάτη μπορεί να μετακινείται κατακόρυφα ένα μανταλάκι, το οποίο φέρει στο ένα σκέλος του στερεωμένη μια δεύτερη όμοια μεταλλική ακίδα (Α2 στο σχήμα). Στο σχήμα της διάταξης με ***H*** έχουμε συμβολίσει την απόσταση της δεύτερης ακίδας από τη μεταλλική βάση στήριξης.

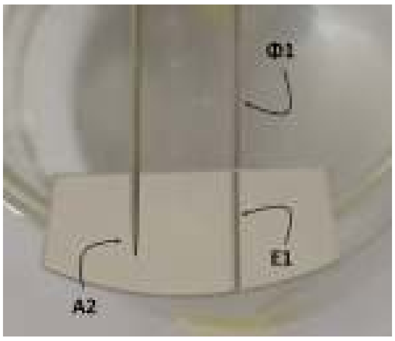
Κοιτάζοντας τη διάταξη από πάνω από το μανταλάκι βλέπουμε:

- Την ακίδα που βρίσκεται μέσα στο ποτήρι λίγο πιο πάνω από την πραγματική της θέση λόγω της φαινόμενης ανύψωσης (αντικείμενο Φ1 στο σχήμα).
- Το είδωλο από τον καθρέφτη της ακίδας Α2 που είναι προσαρμοσμένη στο μανταλάκι (αντικείμενο Ε1 στο σχήμα).

!!! Δείτε τα σχετικά αντικείμενα στις φωτ. 4 ή φωτ. 5 και εντοπίστε τα στην πειραματική διάταξη.

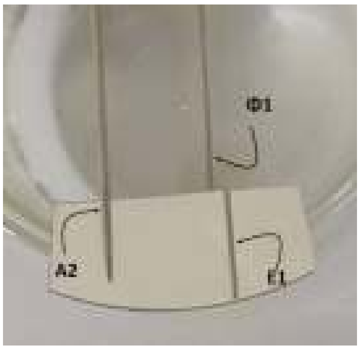


φωτ. 1

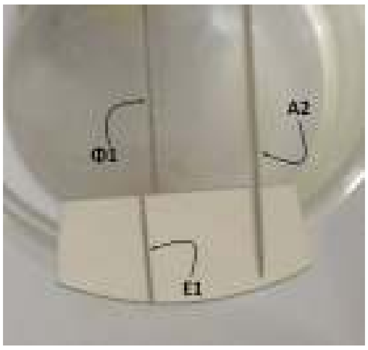


φωτ.2

φωτ.3



φωτ. 4



φωτ. 5

Στο σχήμα της διάταξης (στην προηγούμενη σελίδα) τα Φ1 και Ε1 φαίνονται στην ίδια κατακόρυφη απόσταση από τον παρατηρητή, και συνεπώς έχουν την ίδια ακριβώς παράλλαξη, οπότε για κάθε μικρή γωνία παρατήρησης τα βλέπουμε να ταυτίζονται (δηλ. εξακολουθούν να φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία γραμμή) **(φωτ. 2, φωτ. 3).** Αυτό όμως ισχύει μόνο για συγκεκριμένη κατακόρυφη θέση της ακίδας Α2, <u>***τέτοια ώστε η απόσταση, Α2 – καθρέπτης, να είναι ίση με την απόσταση, καθρέπτης – Φ1***</u>. Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε πως, αν δεν ισχύει η παραπάνω σχέση αλλάζοντας την γωνία παρατήρησης αλλάζει και η σχετική θέση των Φ1, Ε1 **(φωτ.4, φωτ. 5)**

Στη θέση της Α2 για την οποία ισχύει η παραπάνω ισότητα το βάθος ***d*** από την επιφάνεια του νερού στο οποίο λόγω φαινόμενης ανύψωσης φαίνεται η ακίδα Α1, με βάση τις σχέσεις:

$$d = x - z, \quad x = H - h \quad \kappa\alpha\iota \quad z = h - y$$

υπολογίζεται ως:

$$d = H - 2h + y \tag{4}$$

Πειραματική διαδικασία

1. Με το ποτήρι πάνω στη μεταλλική βάση μετράμε την απόσταση από τη μεταλλική βάση, μέχρι την κορυφή του πλαστικού καθρέφτη που είναι στερεωμένος στο χείλος του ποτηριού (μέγεθος ***h*** στο σχήμα). Είναι:

$$h = ...\, cm$$

2. Στο πλαστικό ποτήρι ρίχνουμε νερό μέχρι ύψους περίπου 6 – 6,5 cm και το τοποθετούμε πάνω στη μεταλλική βάση. Μετράμε το ύψος ***y*** του νερού στο ποτήρι και σημειώνουμε την τιμή στο σχετικό κελί του Πίνακα 1 (τον οποίο θα βρείτε στην επόμενη σελίδα).

3. Στη συνέχεια περιστρέφοντας το μανταλάκι ή και το ποτήρι παραλληλίζουμε την ακίδα Α2 με την ακίδα Α1. Στη θέση παραλληλίας κοιτάζοντας κατακόρυφα προς τα κάτω και με το μάτι μας πάνω από το μανταλάκι, **θα πρέπει οι ακίδες Α2, Φ1 και το είδωλο Ε1 να φαίνονται σε μια ευθεία γραμμή** **(φωτ. 1)**

4. Με μικρά και προσεκτικά βήματα (πάντα προσέχοντας την παραλληλία Α1, Α2) μετακινούμε κατακόρυφα το μανταλάκι μέχρι να πετύχουμε τη θέση όπου τα Ε1 και Φ1 ταυτίζονται για κάθε μικρή γωνία παρατήρησης. Κοιτάζουμε τη διάταξη από πάνω προς τα κάτω με το ένα μάτι μας (δηλ. έχοντας το άλλο κλειστό). Αλλάζουμε θέση παρατήρησης πότε λίγο δεξιά και πότε λίγο αριστερά από την ακίδα Α2. Όταν κατά την αλλαγή της θέσης παρατήρησης δεν αλλάζει η σχετική θέση των Ε1 και Φ1 (δηλ. εξακολουθούν να φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία γραμμή) έχουμε βρει τη θέση όπου Φ1 και Ε1 βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφη απόσταση από το μάτι μας. Στη θέση αυτή μετράμε την απόσταση ***H*** της ακίδας Α2 από τη μεταλλική βάση στήριξης της διάταξης, και σημειώνουμε την τιμή στο σχετικό κελί του Πίνακα 1.

Σε αυτή ή σε κάποια από τις επόμενες σειρές μετρήσεων καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή για έλεγχο.

5. Προσθέτουμε στο ποτήρι ποσότητα νερού ώστε να ανέβει η στάθμη του κατά περίπου 2 cm και επαναλαμβάνουμε το βήμα (4).

!!! Προσοχή !!! Απαιτούνται πολύ μικρές (της τάξης των λίγων χιλιοστών), πολύ προσεκτικές μετακινήσεις της ακίδας Α2 προς τα κάτω, μέχρι να πετύχουμε και πάλι τη θέση όπου για μικρές γωνίες παρατήρησης τα Ε1 και Φ1 ταυτίζονται (φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία).

6. Επαναλαμβάνουμε το βήμα (5) ακόμη τρεις φορές ανεβάζοντας τη στάθμη του νερού, ώστε στην τελική μέτρηση η ελεύθερη επιφάνεια του νερού σχεδόν να εφάπτεται με την κάτω όψη του καθρέφτη στο χείλος του ποτηριού.

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Με βάση τις εξισώσεις (3) και (4) υπολογίστε για κάθε μέτρηση το πραγματικό και το φαινόμενο βάθος (***D*** και ***d*** αντίστοιχα) της ακίδας Α1 και σημειώστε τις τιμές που βρήκατε στα αντίστοιχα κελιά του Πίνακα 1.
2. Να σχεδιάσετε στο μιλιμετρέ χαρτί που σας δίνεται τη γραφική παράσταση του πραγματικού σε συνάρτηση με το φαινόμενο βάθος ***D = f (d)***, καθώς και την καλύτερη ευθεία προσέγγισης των πειραματικών δεδομένων.
3. Από την κλίση της καλύτερης ευθείας που σχεδιάσατε να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του νερού. Να δώσετε και τους σχετικούς υπολογισμούς που κάνατε.

	$y(cm)$	$H(cm)$	$D(cm)$	$d(cm)$
1				
2				
3				
4				
5				

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………

<u>Δραστηριότητα</u>

Στον πάγκο εργασίας σας θα βρείτε ένα μικρό κυλινδρικό κομμάτι πλαστικού σωλήνα ένα διαστημόμετρο και μια μετροταινία.

Υποθέστε ότι βρίσκεστε σε εξωτερικό χώρο και παρατηρείτε ότι, κρατώντας το σωληνάκι κατακόρυφο με το χέρι τεντωμένο και κοιτάζοντας με το ένα μάτι, το σωληνάκι καλύπτει ακριβώς ένα επιβατικό αυτοκίνητο που βρίσκεται σε κάποια άγνωστη απόσταση και κινείται κάθετα στην ευθεία που σας ενώνει. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μήκος ενός συνηθισμένου επιβατικού αυτοκινήτου είναι περίπου ***4 m***, **περιγράψτε τις απαραίτητες ενέργειες, κάντε τις απαραίτητες μετρήσεις και εκτιμήστε την απόσταση στην οποία βρίσκεται το αυτοκίνητο.**

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………

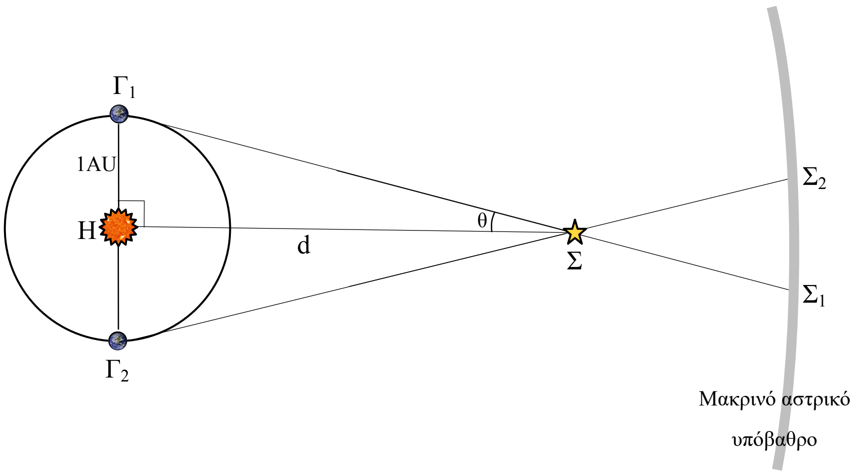
……………………………………………………………………………………………

Αστρική παράλλαξη

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή το φαινόμενο της παράλλαξης μπορεί να αξιοποιηθεί για την μέτρηση της απόστασης κοντινών σε μας αστέρων. Λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο η προβολή ενός παρατηρούμενου κοντινού αστέρα ανάμεσα στα άστρα του μακρινού υποβάθρου κατά τη διάρκεια του έτους, φαίνεται να μετακινείται πραγματοποιώντας μια ελλειπτική εν γένει τροχιά (ή ευθύγραμμη στην περίπτωση όπου το παρατηρούμενο αστέρι βρίσκεται πάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής), που ονομάζεται ***παραλλακτική τροχιά***.

Οι παραλλακτικές τροχιές των αστέρων είναι απόδειξη της περιφοράς της γης γύρω από τον ήλιο. Επειδή όμως η παράλλαξη ακόμα και των πιο κοντινών αστέρων είναι πολύ μικρή, δεν μπόρεσε να παρατηρηθεί μέχρι το 1836, οπότε ο γερμανός αστρονόμος, **Friedrich Wilhelm Bessel** κατάφερε να την μετρήσει για το άστρο 61 του αστερισμού του Κύκνου. Η αδυναμία παρατήρησης της παράλλαξης των αστέρων λειτούργησε παλαιότερα ως επιχείρημα των πολέμιων της ηλιοκεντρικής θεωρίας.

Στο σχήμα φαίνεται (όχι σε κλίμακα) η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο και οι ευθείες παρατήρησης από τις θέσεις $Γ_1$, $Γ_2$ του άστρου Σ που απέχει από τον ήλιο απόσταση d. Η γη περνά από τις θέσεις αυτές με διαφορά 6 μηνών. Κατά την διάρκεια αυτών των έξι μηνών η φαινόμενη θέση του άστρου όπως προβάλλεται στο μακρινό αστρικό υπόβαθρο κινείται από τη θέση $Σ_1$ στη θέση $Σ_2$.



Η γωνία $Η\hat{Σ}Γ_1 = \theta$ ονομάζεται γωνία παράλλαξης του αστέρα και είναι μικρότερη από ένα δεύτερο λεπτό της μοίρας ($1^o = 3600''$). Επειδή η γωνία παράλλαξης είναι πολύ μικρή ισχύει:

$$\frac{ΗΓ_1}{d} = εφ\theta \cong \theta \text{ (μετρημένη σε rad)}$$

Η μέση απόσταση γης – ήλιου (ΗΓ) χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης αποστάσεων στο ηλιακό σύστημα και ονομάζεται ***αστρονομική μονάδα (AU)***. Ισχύει:

$$1\,AU = 149,6 \cdot 10^6\,km$$

Η γωνία παράλλαξης μπορεί να μετρηθεί, μετρώντας την γωνία που σχηματίζουν οι ευθείες παρατήρησης του αστέρα από τις θέσεις $Γ_1$, $Γ_2$ και διαιρώντας με το 2. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση του αστέρα από τη σχέση,

$$d = \frac{1\,AU}{\theta}$$, όπου θ η γωνία παράλλαξης σε ακτίνια (rad)

Σημειώνεται ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί για τη μέτρηση αποστάσεων πολύ μακρινών αστέρων, γιατί η παράλλαξη είναι τόσο μικρή που είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί.

Μέσω της παράλλαξης ορίζεται στην αστρονομία μια βολική μονάδα μέτρησης αποστάσεων. Είναι η απόσταση στην οποία η παράλλαξη ισούται με ένα δεύτερο λεπτό της μοίρας ($1''$). Η μονάδα αυτή ονομάζεται ***parsec*** από τη σύντμηση των λέξεων **parallax second**.

Για τον ***Σείριο***, το φωτεινότερο αστέρι στον νυχτερινό ουρανό, μετρήθηκε παράλλαξη $0{,}38''$.

Υπολογίστε την απόσταση *d* του Σείριου από τον ήλιο σε parsec, χιλιόμετρα, αστρονομικές μονάδες και έτη φωτός.

Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό: $c = 3 \cdot 10^8 m/s$

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………

Καλή επιτυχία!!!