



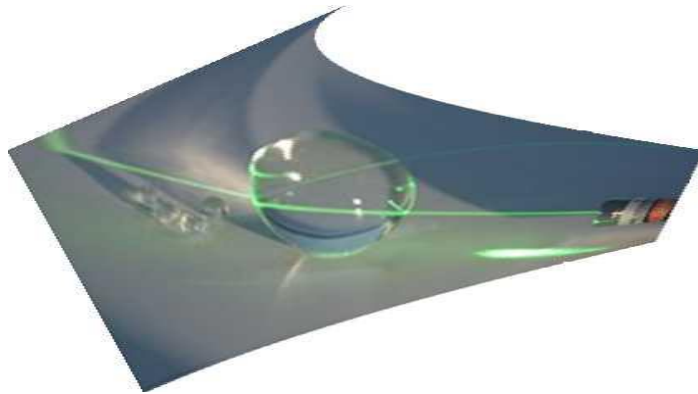
Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ανατολικής Θεσσαλονίκης



ΕΚΦΕ Κέντρου - ΕΚΦΕ Τούμπας



ΤΟΠΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ EUSO 2016



ΦΥΣΙΚΗ

5 Δεκεμβρίου 2015

ΛΥΚΕΙΟ:

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1.

2.

3.

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Μελέτη οπτικών ιδιοτήτων διαφανούς υλικού με τη βοήθεια πηγής φωτός laser

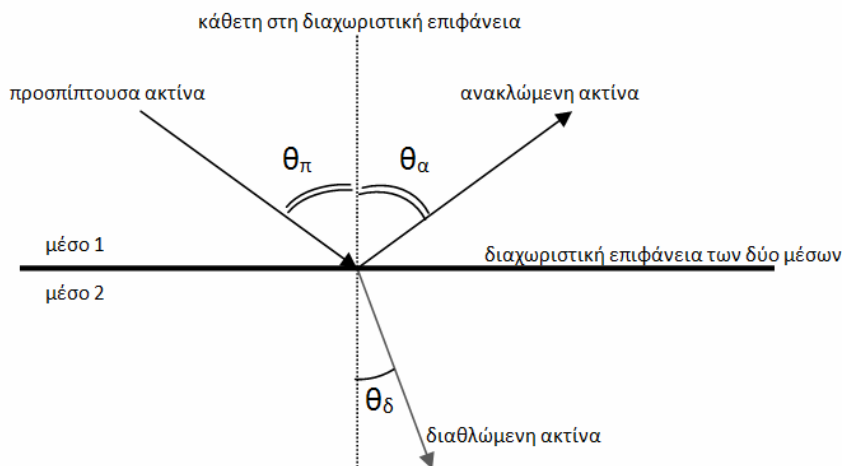
Το πρόβλημα

Είστε στο δωμάτιό σας το βράδυ έχοντας αναμμένη μια μόνο χαμηλής έντασης και μικρών διαστάσεων φωτεινή πηγή, όπως είναι για παράδειγμα μια μικρή ηλεκτρική λάμπα ή η φλόγα ενός κεριού. Μπορείτε να δείτε το φως του φεγγαριού ή των λαμπών του δρόμου έξω από το διάφανο τζάμι του παραθύρου σας. Ακόμη, κοιτώντας προς τα έξω, διακρίνετε σε κάποια θέση στο τζάμι και τη μικρή φωτεινή πηγή που βρίσκεται μέσα στο δωμάτιο. Πιθανόν όμως **αντί για μία** εικόνα/είδωλο της μικρής αυτής φωτεινής πηγής **να δείτε δύο**, των οποίων η σχετική τους θέση μεταβάλλεται καθώς μετακινείστε στο δωμάτιο!

Άραγε, πώς σχετίζεται η απλή αυτή παρατήρηση με βασικά φαινόμενα της οπτικής και ιδιότητες του υλικού του διάφανου τζαμιού;

Λίγα λόγια από τη θεωρία

A. Όταν μια δέσμη ακτίνων φωτός συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικά διαφανών διαφορετικών μέσων διάδοσης, ένα μέρος της υφίσταται **ανάκλαση** (εκτρέπεται δηλαδή από την αρχική πορεία της αλλά συνεχίζει να διαδίδεται στο ίδιο οπτικό μέσο) και ένα μέρος της υφίσταται **διάθλαση** (εισέρχεται δηλαδή και διαδίδεται στο άλλο μέσο). Αν η διαχωριστική επιφάνεια είναι αρκετά λεία, όπως για παράδειγμα είναι αυτή ενός καθρέφτη ή ενός τζαμιού, η ανάκλαση που συμβαίνει ονομάζεται **κατοπτρική**.



Σχήμα 1.

Στο Σχήμα 1 αναπαριστώνται τα δύο φαινόμενα. Σε αυτό μπορείτε να διακρίνετε την *προσπίπτουσα ακτίνα* και την *ανακλώμενη ακτίνα*, οι οποίες κινούνται στο μέσο 1, καθώς και τη *διαθλώμενη ακτίνα*, η οποία κινείται στο μέσο 2. Το κοινό σημείο των τριών ακτίνων είναι το *σημείο πρόσπτωσης*. Αν θεωρήσουμε μία υποθετική ευθεία γραμμή η οποία συναντά κάθετα τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων στο σημείο της πρόσπτωσης, τότε σχηματίζονται τρεις γωνίες των οποίων η μία πλευρά είναι πάντα αυτή η υποθετική *κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια ευθεία*: α. η γωνία πρόσπτωσης θ_{π} (σχηματίζεται έχοντας ως δεύτερη πλευρά την προσπίπτουσα ακτίνα), β. η γωνία ανάκλασης θ_{α} (σχηματίζεται έχοντας ως δεύτερη πλευρά την ανακλώμενη ακτίνα), και γ. η γωνία διάθλασης θ_{δ} (σχηματίζεται έχοντας ως δεύτερη πλευρά τη διαθλώμενη ακτίνα).

Για την κατοπτρική ανάκλαση ισχύει πάντα ότι:

$$\theta_{\pi} = \theta_{\alpha} \quad (1)$$

ενώ για τη διάθλαση ισχύει ο νόμος του Snell:

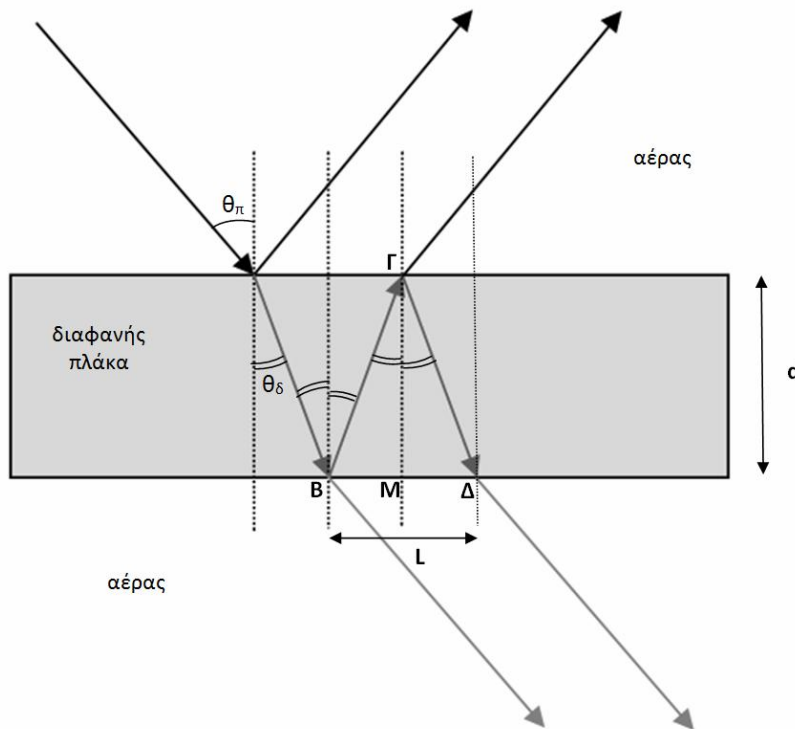
$$n_1 \cdot \eta\mu\theta_{\pi} = n_2 \cdot \eta\mu\theta_{\delta} \quad (2)$$

όπου n_1 και n_2 είναι ο δείκτης διάθλασης του μέσου 1 και του μέσου 2 αντίστοιχα. Ο δείκτης διάθλασης αποτελεί μία χαρακτηριστική ιδιότητα του μέσου και σχετίζεται με την ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο συγκεκριμένο μέσο. Ο δείκτης διάθλασης του αέρα είναι σχεδόν ίσος με τη μονάδα. Έτσι, αν η ακτίνα του φωτός προσπίπτει από τον αέρα σε ένα άλλο οπτικό μέσο, για παράδειγμα σε γυαλί, τότε είναι $n_1=1$ και η σχέση (2) γράφεται :

$$\eta\mu\theta_{\pi} = n \cdot \eta\mu\theta_{\delta} \quad (3)$$

όπου με n συμβολίζεται ο δείκτης διάθλασης του άλλου οπτικού μέσου.

B. Αν στην πορεία μίας ακτίνας φωτός, η οποία κινείται στον αέρα, παρεμβληθεί μία πλάκα διαφανούς υλικού σταθερού πάχους d , τότε θα συμβούν μία σειρά από διαδοχικές ανακλάσεις και διαθλάσεις (Σχήμα 2) στην πάνω και στην κάτω διαχωριστική επιφάνεια (πάνω και κάτω έδρα της πλάκας αντίστοιχα).



Αν η διαχωριστική επιφάνεια $BM\Delta$ καλυφθεί με λεπτό ημιδιαφανές υλικό, για παράδειγμα ένα φύλλο χαρτιού, και εφόσον η δέσμη των ακτίνων είναι επαρκώς ισχυρή, μπορεί να διακρίνονται πάνω στο χαρτί τα σημεία πρόσπτωσης B και Δ της δέσμης στην κάτω διαχωριστική επιφάνεια (απόσταση L). Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΓBM ισχύει (λαμβάνοντας υπόψη την ισότητα των γωνιών που προκύπτει από το νόμο της ανάκλασης και τις εντός και εναλλάξ γωνίες που σχηματίζονται) για τη γωνία θ_{δ} η παρακάτω σχέση:

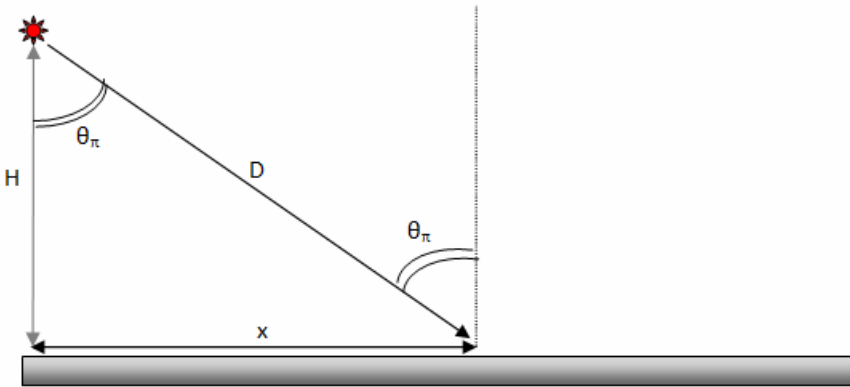
Σχήμα 2.

$$\eta\mu\theta_{\delta} = \frac{BM}{B\Gamma} = \frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}} = \frac{L}{\sqrt{4d^2 + L^2}} \quad (4)$$

Αντίστοιχα, η γωνία πρόσπτωσης θ_{π} μπορεί να υπολογιστεί από το Σχήμα 3, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\eta\mu\theta_{\pi} = \frac{x}{D} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + H^2}} \quad (5)$$

όπου H το ύψος της πηγής φωτός από το οριζόντιο επίπεδο πρόσπτωσης, x το μήκος της προβολής της ακτίνας φωτός στο οριζόντιο επίπεδο του πάγκου εργασίας και D το μήκος της πορείας που ακολουθεί το φως από την έξοδο της συσκευής laser μέχρι το σημείο πρόσπτωσης στον πάγκο εργασίας.



Σχήμα 3.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, μπορεί κανείς να οδηγηθεί σε διερευνητική μελέτη της διάθλασης του φωτός, όπως επίσης και σε υπολογισμό του δείκτη διάθλασης του υλικού της διάφανης πλάκας μετά από μετρήσεις των κατάλληλων μηκών και υπολογισμό των $\eta\mu\theta_{\pi}$ και $\eta\mu\theta_{\delta}$.

Πειραματική διαδικασία

Όργανα – υλικά:

1. Διάφανη πλάκα με προσκολλημένο φύλλο χαρτιού μιλλιμετρέ στη μια έδρα της
2. Συσκευή laser (και ένα μανταλάκι)
3. Σύστημα ορθοστάτη (βάση παραλληλόγραμμη, μεταλλική ράβδος, σύνδεσμος απλός)
4. Σύστημα στήριξης της συσκευής laser συνδεδεμένο με τον ορθοστάτη με δυνατότητα περιστροφής της συσκευής και της δέσμης ακτίνων laser γύρω από οριζόντιο άξονα (μεταλλική ράβδος, σύνδεσμος απλός, λαβίδα μεταλλική απλή)
5. Μετροταινία
6. Νήμα της στάθμης
7. Διαστημόμετρο
8. Λεπτό φύλλο μαλακού χαρτιού (για παράδειγμα χαρτιού κουζίνας)
9. Φακός (στον πάγκο κοινών υλικών)



Σημεία προσοχής – αφαίρεση βαθμών από κακή χρήση

- **Προσοχή!** Η δέσμη ακτίνων laser μπορεί να προκαλέσει σημαντική βλάβη στα μάτια αν προσπέσει σε αυτά είτε απευθείας είτε μετά από κατοπτρική ανάκλαση για περισσότερο από 0,5 s.

Να διατηρείτε σβησμένη τη συσκευή laser και να την θέτετε σε λειτουργία **μόνο για όσο χρόνο απαιτείται** για τη λήψη μίας μέτρησης. Σε κάθε περίπτωση να διασφαλίζετε ότι δεν θα προσπέσει η δέσμη ακτίνων laser σε μάτι είτε απευθείας είτε μετά από κατοπτρική ανάκλαση.


Κακή χρήση της συσκευής laser μπορεί να οδηγήσει σε αφαίρεση έως **πέντε** (5) μονάδων.

- Η διάφανη πλάκα είναι εύθραυστη. Επιφανειακή φθορά της, όπως για παράδειγμα χάραξη, οδηγεί σε αφαίρεση έως **τριών** (3) μονάδων, ενώ θραύση της σε αφαίρεση έως **πέντε** (5) μονάδων και μη δυνατότητα συνέχισης διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας μετά τη θραύση της πλάκας, δεδομένης της μη δυνατότητας αντικατάστασής της.

Εργαστηριακές Δραστηριότητες

1. Ελέγξτε ότι ο πάγκος εργασίας σας διαθέτει όλα τα παραπάνω υλικά.
2. Χρησιμοποιείτε το διαστημόμετρο για να μετρήσετε το πάχος **d** της διάφανης πλάκας (Σχήμα 2).

*Τιμή του πάχους της διάφανης πλάκας **d** =*

 Καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή τόσο για να ελέγξει τη διάταξή σας και να εκτιμήσει την προσπάθειά σας, πριν θέσετε σε λειτουργία τη συσκευή laser, όσο και για να του εξηγήσετε τη διαδικασία αυτής της μέτρησης.

3. Περιγράψτε τη διαδικασία που θα ακολουθήσετε για να μετρήσετε τη γωνία πρόσπτωσης (θ_{π}) της δέσμης ακτίνων laser με τη βοήθεια της μετροταινίας και του νήματος της στάθμης, με βάση το Σχήμα 3.

.....

.....

.....

.....

4. Συμπληρώστε **όσα** από τα κενά κελιά της πρώτης γραμμής του Πίνακα 1 εκτιμάτε ότι απαιτούνται για τη μέτρηση και τον υπολογισμό της γωνίας πρόσπτωσης θ_{π} , με τα κατάλληλα μεγέθη και τις μονάδες μέτρησής τους. Χρησιμοποιείτε τα σύμβολα των μεγεθών που σημειώνονται στο «λίγα λόγια από τη θεωρία». (Αν δεν μπορείτε να εκτιμήσετε τι θα χρειαστεί να μετρήσετε, καλέστε τον επιτηρητή. Να γνωρίζετε όμως ότι θα έχετε κάποιους βαθμούς ποινής)
5. Θέστε σε λειτουργία τη συσκευή laser (τοποθετώντας κατάλληλα το μανταλάκι) αφού ρυθμίσετε την κλίση της **χωρίς να ακουμπήσετε την ίδια τη συσκευή**, ώστε η δέσμη να συναντά την επιφάνεια του πάγκου εργασίας σε απόσταση x (Σχήμα 3) περίπου 30 cm
6. Τοποθετήστε κατάλληλα στον πάγκο εργασίας τη διαφανή πλάκα παρεμβάλλοντάς την στην πορεία της δέσμης ώστε να δείτε τις δύο κουκίδες **B** και **Δ** (Σχήμα 2).
7. Πραγματοποιήστε όποιες μετρήσεις θεωρείτε ότι απαιτούνται, και τις οποίες έχετε περιγράψει στο βήμα 3, ώστε να υπολογίσετε το ημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης θ_{π} . Συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 1.
8. Μετρήστε την απόσταση **L** μεταξύ των δύο κηλίδων **B** και **Δ** (Σχήμα 2) με τη βοήθεια του χαρτιού μιλλιμετρέ. Η κηλίδα **B** είναι η πιο έντονη και η **Δ** είναι η αμέσως ασθενέστερη. Καταγράψτε την τιμή στον Πίνακα 1.

Προσοχή! Για να εντοπίσετε τις δύο κηλίδες (και ιδιαίτερα την ασθενέστερη κηλίδα **Δ**) ίσως να χρειαστεί να φωτίσετε τη διάταξή σας με το φακό που είναι διαθέσιμος στον κοινόχρηστο πάγκο.

Σβήστε τη συσκευή laser αμέσως μόλις ολοκληρώσετε τη μέτρησή σας (αφαιρέστε το μανταλάκι).

9. Με τη βοήθεια των σχέσεων (4) και (5) υπολογίστε τις τιμές των $\eta\mu\theta_{\pi}$ και $\eta\mu\theta_{\delta}$ και σημειώστε τις στα αντίστοιχα κενά κελιά του Πίνακα 1.
10. Μεταβάλλετε κατάλληλα την κλίση της συσκευής laser **χωρίς να ακουμπήσετε την ίδια τη συσκευή**, έτσι ώστε η απόσταση x (σχήμα 3) να αυξηθεί κατά 5 περίπου cm. Επαναλάβετε τα παραπάνω βήματα 6 έως 8.
11. Επαναλάβετε τα βήματα 9 και 10 όσες φορές απαιτείται, έτσι ώστε να συμπληρωθούν όλες οι γραμμές του Πίνακα 1.

Πίνακας 1

α/α (...) (...) (...)	$\eta\mu\theta_{\pi}$	L (...)	$\eta\mu\theta_{\delta}$
1						
2						
3						
4						

[Στις παρενθέσεις να συμπληρώσετε τις μονάδες μέτρησης των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών]

Επεξεργασία δεδομένων

1. Με βάση τη σχέση (3) επιλέξτε τα μεγέθη του Πίνακα 1 που θα χρησιμοποιήσετε για τη χάραξη κατάλληλης γραφικής παράστασης, βάση της οποίας θα μπορέσετε τελικά να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του διαφανούς υλικού. Αιτιολογήστε την επιλογή σας.

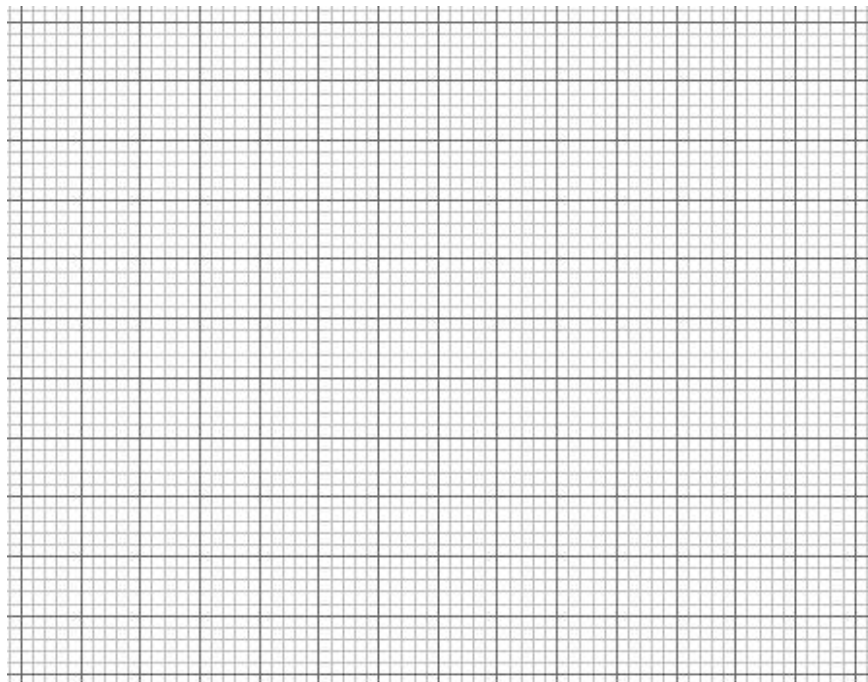
.....

.....

.....

.....

2. Προχωρήστε στη χάραξη της γραφικής αυτής παράστασης στο παρακάτω φύλλο χαρτιού μιλλμετρέ.



3. Εφόσον, κατά τη γνώμη σας, τα πειραματικά σας σημεία στην παραπάνω γραφική παράσταση μπορούν να προσεγγισθούν με ευθεία γραμμή, να χαράξετε αυτή την ευθεία γραμμή και να υπολογίσετε την κλίση της.

.....
.....
.....
.....

Κλίση ευθείας γραφικής παράστασης:

4. Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης της ευθείας που χαράξατε;

.....
.....
.....
.....

5. Να αναφέρετε πιθανούς παράγοντες σφαλμάτων στην πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε και προτάσεις ενδεχόμενης βελτίωσης της πειραματικής διαδικασίας που ακολουθήσατε.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Καλή επιτυχία!!

Επιτροπή Θεμάτων Φυσικής:

Θανάσης Καρούτης – Κώστας Κεραμιδάς – Κώστας Παντίδης –
Θοδωρής Πιερράτος – Μαρία Τσακίρη