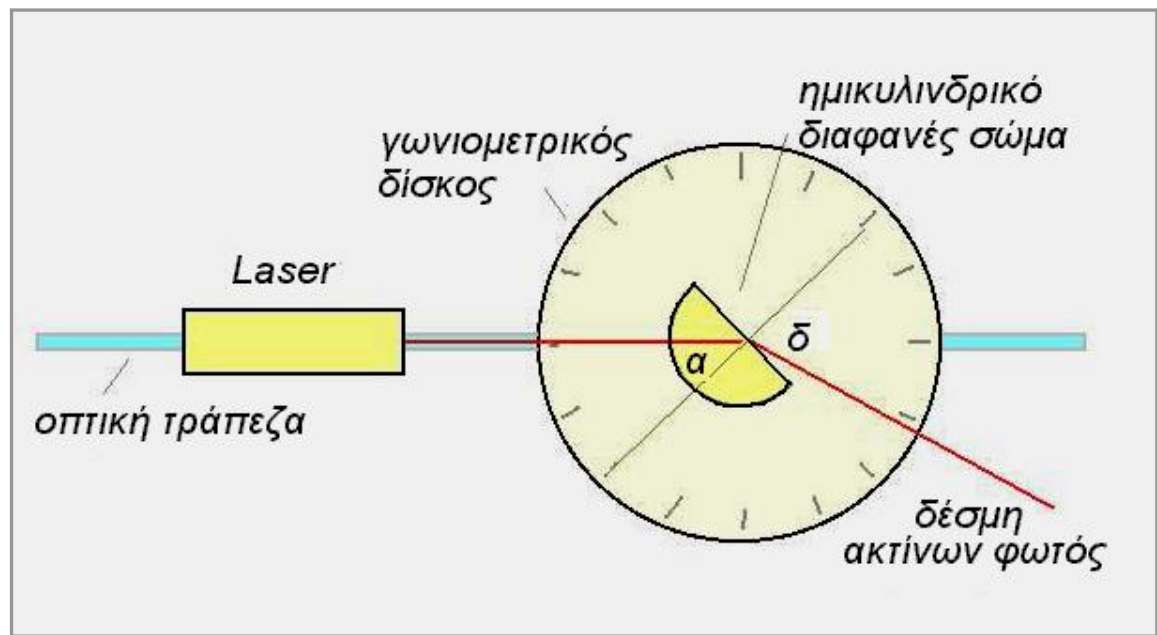


Διάθλαση φωτός και ολική ανάκλαση: Εύρεση του δείκτη διάθλασης και της γωνίας ολικής ανάκλασης

Μέθοδος

Σε σώμα διαφανές ημικυλινδρικού σχήματος είναι εύκολο να επιβεβαιωθεί ο νόμος του *Snell* και να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό του δείκτη διάθλασης του, μεταβάλλοντας τη γωνία πρόσπτωσης δέσμης ακτίνων φωτός από Laser και μετρώντας τη γωνία της αναδύμενης δέσμης. Κατά τον ίδιο τρόπο προσδιορίζεται από τον ίδιο τον ορισμό της και η ορική γωνία που αντιστοιχεί στο πέρασμα της δέσμης από διαχωριστική επιφάνεια οπτικά πυκνότερου προς οπτικά αραιότερου μέσου.



Σχήμα 1: Η πειραματική διάταξη σχηματικά

Γι' αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιείται η διάταξη του σχήματος 1, η οποία αποτελείται από α) ένα Laser, ως πηγή δέσμης ακτίνων φωτός, β) έναν γωνιομετρικό δίσκο, επάνω στον οποίο έχει τοποθετηθεί το διαφανές ημικυλινδρικού σχήματος σώμα και γ) την οπτική τράπεζα, στην οποία έχουν διαταχθεί τα προηγούμενα.

Θεωρία

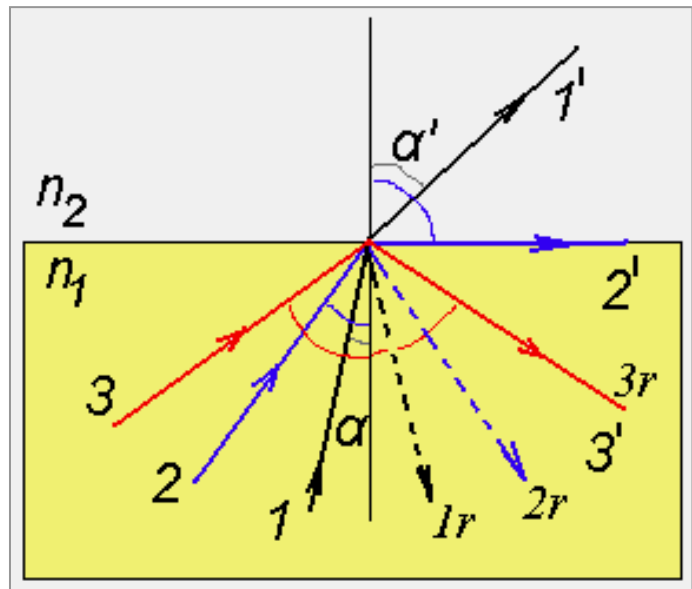
Πέφτει ακτίνα φωτός στην διαχωριστική επιφάνεια δύο ισότροπων μέσων, τότε αλλάζει η ταχύτητα διάδοσης, διαθλάται και εν μέρει ανακλάται. Ο λόγος των ταχυτήτων φωτός στο κενό και στο συγκεκριμένο μέσο καλείται **δείκτης διάθλασης** :

$$n_1 = \frac{c_0}{c_1} \quad (1)$$

Η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη και η διαθλώμενη ακτίνα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, το οποίο είναι κάθετο στην επιφάνεια, ενώ ισχύουν οι νόμοι της ανάκλασης και της διάθλασης (νόμος του Snell):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{και} \quad a = a' \quad (2,3)$$

Σχήμα 2:



Κατά τη μετάβαση από το οπτικά πυκνότερο στο οπτικά αραιότερο μέσο, $n_1 > n_2$, η γωνία της διαθλώμενης ακτίνας α' είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την γωνία της προσπίπτουσας ακτίνας α και γίνεται ίση με 90° , όταν η γωνία α είναι ίση με την γωνία α_{op}

$$a = a_{op} = \arcsin \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

Για γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες από την ορική γωνία a_{op} ($a > a_{op}$) η ακτίνα ανακλάται πλήρως. Το φαινόμενο αυτό της **ολικής ανάκλασης** αξιοποιείται στον προσδιορισμό του δείκτη διάθλασης του υλικού.

Ο δείκτης διάθλασης είναι μια συνάρτηση του μήκους κύματος του φωτός. Η σχέση αυτή καλείται **διασπορά**. Δεδομένου ότι ο δείκτης διάθλασης του αέρα ισούται σχεδόν με την μονάδα, $n_{αέρα}=1.0002718$, ο νόμος του Snell διατυπώνεται για διαχωριστική επιφάνεια σώματος με δ.δ. n και αέρα ως:

$$\sin a_{op} = \frac{1}{n_1} \quad (5)$$

Πειραματική διαδικασία

ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΟΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΤΟΥ LASER. Αν και μικρής σχετικά έντασης η δέσμη του Laser pointer μπορεί από κακούς χειρισμούς να προκαλέσει βλάβη στα μάτια, τα δικά μας ή των συναδέλφων μας.

Μετρήσεις. α) Δείκτης διάθλασης

1. Έχοντας τοποθετήσει στην οπτική τράπεζα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1, το Laser και τον γωνιομετρικό δίσκο, στο κέντρο του οποίου έχει τοποθετηθεί το ημικυλινδρικό διαφανές σώμα.
2. Θέτουμε σε λειτουργία το Laser και κατευθύνουμε τη δέσμη του, έτσι ώστε να περάσει από το κέντρο του δίσκου, παράλληλα στην επιφάνειά του και να πέσει στην καμπύλη επιφάνεια του σώματος.
3. Στρέφουμε τον δίσκο, ώστε η δέσμη του Laser να σχηματίζει με την επίπεδη επιφάνεια του σώματος γωνία ίση με μηδέν (επίπεδη επιφάνεια κάθετη στην δέσμη).
4. Στρέφουμε τον δίσκο κατά 5° (γωνία a) και μετράμε την γωνία που σχηματίζει η αναδυόμενη από το σώμα δέσμη με την κάθετη στην επιφάνεια και καταχωρούμε την τιμή της στο πίνακα I.

5. Επαναλαμβάνουμε για νέα γωνία και για άλλες έξι γωνίες πρόσπτωσης την ίδια διαδικασία και καταχωρούμε τις τιμές.
6. Υπολογίζουμε από τον τύπο διάθλασης του Snell τον δείκτη διάθλασης του σώματος για κάθε ζεύγος τιμών και ακολούθως βρίσκουμε την μέση τιμή και το σφάλμα μέσης τιμής του και γράφουμε το αποτέλεσμα στη μορφή $\bar{n} \pm \delta\bar{n}$
7. Γράφουμε και σχολιάζουμε το αποτέλεσμα και κάνουμε μια εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισήλθαν.

β) Γωνία ολικής ανάκλασης

1. Στρέφουμε τον δίσκο μέχρις ότου πάψει να αναδύεται από το σώμα δέση ακτίνων, δηλαδή αυτή γίνει παράλληλη με την επίπεδη πλευρά του και μετράμε την γωνία πρόσπτωσης στην διαχωριστική επιφάνεια.
2. Σημειώνουμε την γωνία αυτή, η οποία είναι η ορική γωνία.
3. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία άλλες τέσσερις φορές, ξεκινώντας να στρέφουμε τον δίσκο από νέα τυχαία κάθε φορά θέση.
4. Υπολογίζουμε από την μέση τιμή των τριών ορικών γωνιών εξ ορισμού, σχέση 5, τον δείκτη διάθλασης του σώματος και γράφουμε το αποτέλεσμα στη μορφή $\bar{n} \pm \delta\bar{n}$
5. Συγκρίνουμε και σχολιάζουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τον δείκτη διάθλασης του υλικού, βάσει των δύο μεθόδων προσδιορισμού του και κάνουμε μια εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισήλθαν.

Οι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια λογισμικού υπολογισμών, πχ Excel. Ένα τέτοιο πρόγραμμα υπάρχει στις σελίδες του εργαστηρίου Φυσικής Ι:

<http://physics.teiath.gr/lab/physlab1.htm>

Πίνακας τιμών I

A/A	γωνία α σε [deg]	γωνία δ σε [deg]	Δείκτης διάθλασης $n_i = \sin \delta / \sin \alpha$	Μέση τιμή δείκτη διάθλασης n	$\Delta n = n_i - n$	$\Delta n^2 = (n_i - n)^2$	Σφάλμα μέσης τιμής δείκτη διάθλασης δn
1	10						
2	15						
3	20						
4	25						
5	30						
6	35						
m=7	40						

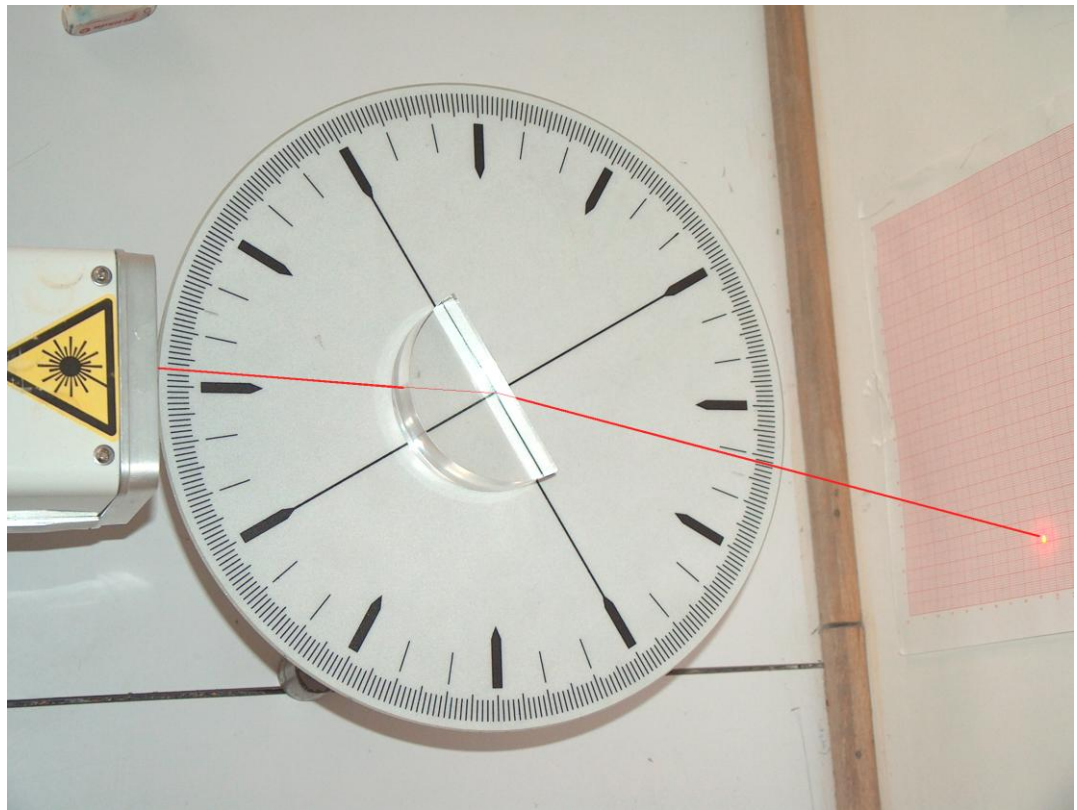
$$\delta n = \sqrt{\frac{\sum_i (n_i - n)^2}{m(m-1)}}$$

$$\sum_i (n_i - n)^2 = \dots\dots\dots$$

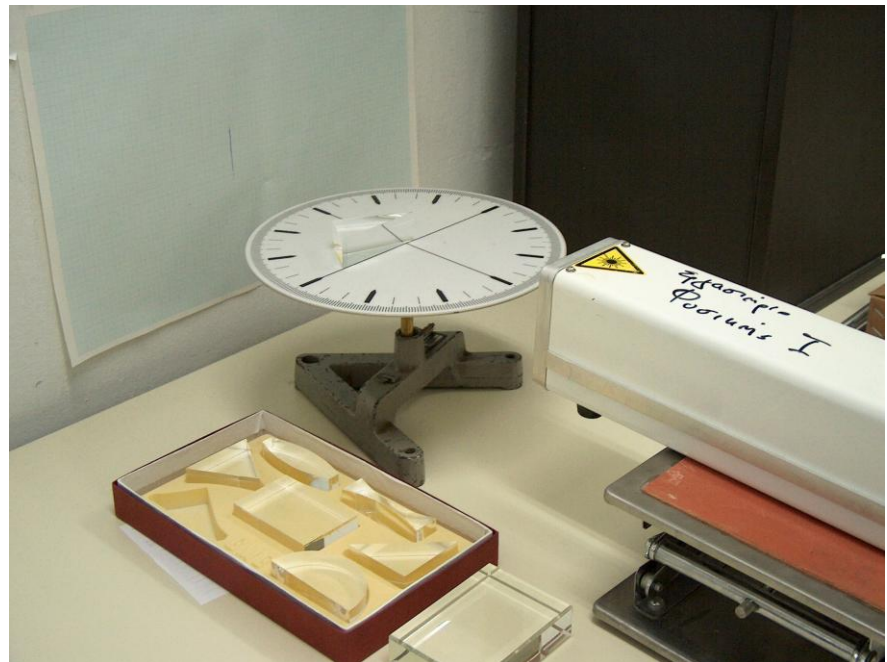
Πίνακας τιμών II

A/A	γωνία α σε [deg]	Δείκτης διάθλασης $n = [\sin \alpha]^{-1}$	Μέση τιμή δείκτη διάθλασης n	$\Delta n = n_i - n$	$\Delta n^2 = (n_i - n)^2$	Σφάλμα μέσης τιμής δείκτη διάθλασης δn
1						
2						
3						
4						
m=5						

$$\sum_i (n_i - n)^2 = \dots\dots\dots$$



Εικόνα 1: Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης



Εικόνα 2: Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης