



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Όνομα : Κάραλης Νικόλας
A/M: 09104042

Εργαστηριακή Άσκηση 27
Φαινόμενα διάθλασης – Ιδιότητες και σφάλματα φακών

Συνεργάτες:
Καλαμαρά Αντιγόνη

Υπεύθυνος Εργαστηρίου:

Ημερομηνία Διεξαγωγής : 17/5/2005
Ημερομηνία Παράδοσης : 24/5/2005

Σκοπός της Άσκησης:

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι η μελέτη του φαινομένου της διάθλασης και των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των λεπτών φακών ενώ θα γίνει και μελέτη των σφαλμάτων των φακών. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε ο δείκτης διάθλασης υλικού, η εστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντος φακού, το βάθος πεδίου ενώ έγινε μελέτη των χρωματικών και των σφαιρικών σφαλμάτων ενός απλού φακού.

Πειραματική Μέθοδος

Η πειραματική μέθοδος για κάθε ένα από τα 5 πειράματα που εκτελέστηκαν θα αναπτυχθεί περιληπτικά στην εισαγωγή της επεξεργασίας των δεδομένων κάθε πειράματος

Πειραματική διάταξη

Για τη μέτρηση του δείκτη διάθλασης χρησιμοποιήθηκαν :

1. Πηγή λευκού φωτός
2. Μεταλλική σχισμή
3. Οπτικό μέσο ημικυλινδρικού σχήματος
4. Γωνιόμετρο

Για τη μέτρηση της εστιακής απόστασης και των χρωματικών και σφαιρικών σφαλμάτων του φακού χρησιμοποιήθηκαν :

1. Ο υπό μελέτη φακός
2. Πηγή λευκού φωτός
3. Διαφάνεια
4. Ένα ζευγάρι φακών (διεύρυνση – παραλληλία δέσμης φωτός)
5. Σειρά διαφραγμάτων (επιλογή ακτινών – αποστάσεων)
6. Σειρά χρωματικών φίλτρων (επιλογή μηκών κύματος δέσμης)
7. Οθόνη (παρατήρηση των πραγματικών ειδώλων)
8. Μια οπτική τράπεζα (στήριξη οπτικών – μέτρηση αποστάσεων)

Επεξεργασία Δεδομένων

Πείραμα 1

Προσδιορισμός του δείκτη διάθλασης υλικού

Θεωρία

Ορισμός 1: Έστω μία μονοχρωματική ακτίνα φωτός συχνότητας f και ένα υλικό σώμα (ομοιογενές) X . Ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό c , προς την ταχύτητα v της μονοχρωματικής ακτίνας μέσα στο υλικό X , ονομάζεται δείκτης διάθλασης του υλικού ως προς τη συγκεκριμένη ακτίνα φωτός.

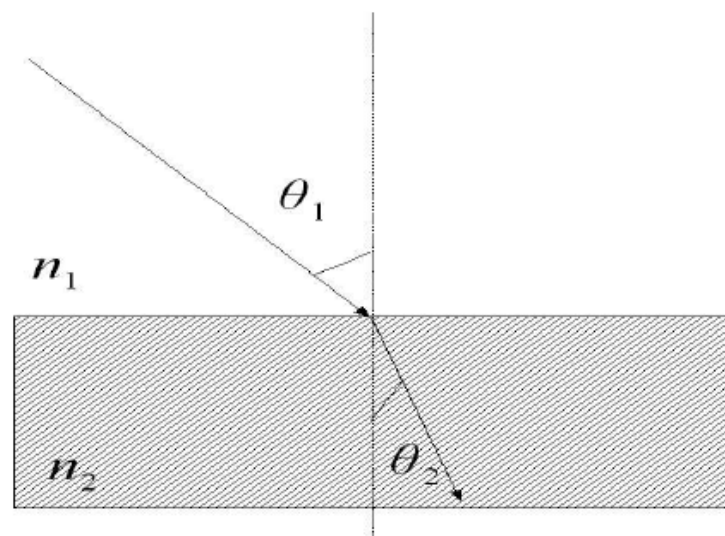
$$n = \frac{c}{v} \quad .$$

Είναι φανερό από τον ορισμό πως:

$$c > v \Rightarrow \frac{c}{v} > 1 \Rightarrow n > 1 \quad , \text{ για διάδοση σε κάποιο υλικό.}$$

Νόμος Snell: Αν θ_1, θ_2 , είναι οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης αντίστοιχα και n_1, n_2 , οι δείκτες διάθλασης των αντίστοιχων οπτικών μέσων, τότε ισχύει:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad .$$



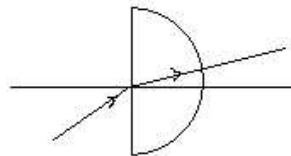
Σχέδιο 1 Νόμος Snell

Από το παραπάνω τίθεται όμως ένα ζήτημα. Ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από το χρώμα του φωτός. Χρησιμοποιώντας λευκό φως είναι σαν να εξετάζουμε όλο το φάσμα του ορατού φωτός. Επειδή όμως το φως υφίσταται μόνο μία ανάκλαση (θα εξηγήσω μετά γιατί) και εφόσον η μέτρηση της γωνίας γίνεται σε πολύ μικρή απόσταση, στην ουσία δε μπορεί να μετρηθεί η διαφορά του δείκτη διάθλασης από χρωματική ακτίνα σε χρωματική ακτίνα. Αυτό που θα βρούμε λοιπόν από αυτό το πείραμα, θα είναι κάτι σαν μέσος όρος των δεικτών διάθλασης του ημικυλινδρικού φακού, όσον αφορά το ορατό φως.

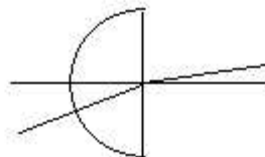
Ο ημικυκλικός φακός έχει το εξής πλεονέκτημα: Αν η ακτίνα φωτός εισέλθει μέσα σε αυτόν κινούμενη ακτινικά, θα υποστεί μόνο μία διάθλαση. Αυτό συμβαίνει γιατί κινούμενη ακτινικά, συναντά την κυλινδρική επιφάνεια πάντα κάθετα, επομένως διάθλαση συμβαίνει μόνο όταν συναντά την επίπεδη επιφάνεια.

Στο πείραμα αυτό έγιναν δύο διαφορετικές σειρές μετρήσεων. Στη μία η ακτίνα διαθλάται κατά την είσοδο στον ημικυλινδρικό φακό και στην άλλη κατά την έξοδο. Την πρώτη φορά οι μετρήσεις εκτείνονται από 0 έως 80 μοίρες, τη δεύτερη από 0-40 μοίρες καθώς μετά παρουσιάζεται το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.

Ο δείκτης διάθλασης που θα βρούμε από κάθε μέτρηση αναμένουμε να είναι περίπου ίδιος.



Σχέδιο 2, 1η Σειρά Μετρήσεων



Σχέδιο 3, 2η Σειρά μετρήσεων

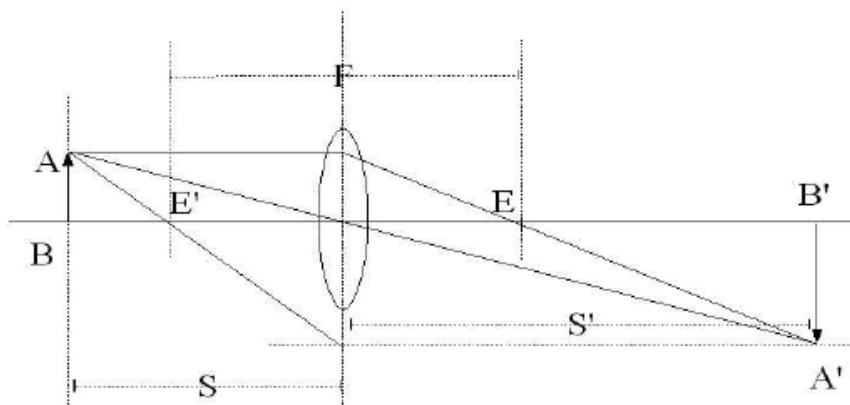
Πείραμα 2

Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης συγκλίνοντος φακού

Θεωρία

Στο σχέδιο 4 φαίνεται ένας συγκλίνων φακός. Μπορούμε κατά προσέγγιση να πούμε πως ένας τέτοιος φακός έχει την ιδιότητα οι ακτίνες που τον διαπερνούν οριζόντια, να περνούν από ένα χαρακτηριστικό σημείο, έστω E, του άξονα συμμετρίας τους. Η απόσταση του σημείου αυτού από το κέντρο του φακού ονομάζεται εστιακή απόσταση f και είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του φακού.

Παρότι υπάρχουν επιφάνειες που μπορούν να συγκεντρώσουν τις ακτίνες σε ένα σημείο με μεγάλη ακρίβεια, πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση του σφαιρικού φακού, που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το πείραμα, κάτι τέτοιο ισχύει κατά προσέγγιση και για μικρές γωνίες διάθλασης.



Σχέδιο 4, Συγκλίνων φακός

Ένα άλλο μέγεθος που χαρακτηρίζει τους συγκλίνοντες φακούς είναι η αποστάσεις s και s' όπως φαίνονται στο σχέδιο 4. Το s είναι η απόσταση του παρατηρούμενου αντικειμένου από τον φακό, ενώ το s' είναι η απόσταση του από τον φακό, στην οποία το είδωλο του αντικειμένου – όταν το προβάλουμε σε μία οθόνη – φαίνεται εστιασμένο (καθαρό).

Τέλος υπάρχει μία σχέση, που ονομάζεται σχέση των κατασκευαστών του φακού, η οποία συνδέει την εστιακή απόσταση f με τις αποστάσεις s και s' :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

Πείραμα 3

Χρωματικά σφάλματα

Πείραμα 4

Σφαιρικά σφάλματα

Πείραμα 5

Βάθος πεδίου

Θεωρία

Βάθος πεδίου ενός φακού είναι η μεταβολή της απόστασης οθόνης – φακού στην οποία ο βαθμός εστίασης του ειδώλου παραμένει πρακτικά αμετάβλητος.