

Υπολογισμός Εστιακής απόστασης συστήματος

Φακών σε απόσταση

1. Σκοπός

Σκοπός της άσκησης είναι η εύρεση της εστιακής απόστασης των επιμέρους φακών που αποτελούν σύστημα φακών, καθώς και η εύρεση της ισοδύναμης εστιακής απόστασης του συστήματος.

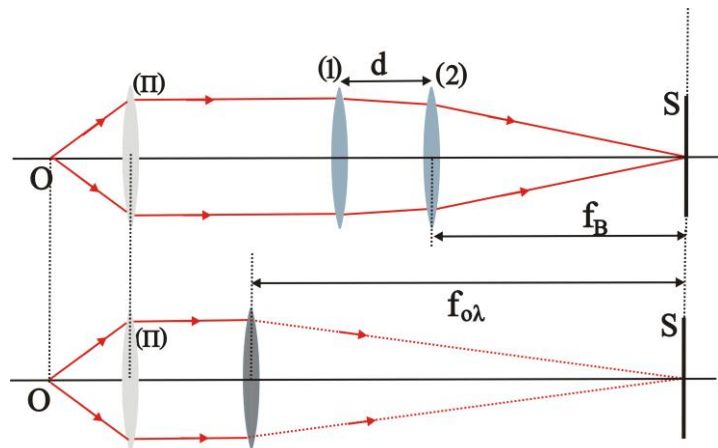
2. Θεωρία

Η θεωρία της άσκησης αυτής είναι η ίδια με αυτή της Ο16

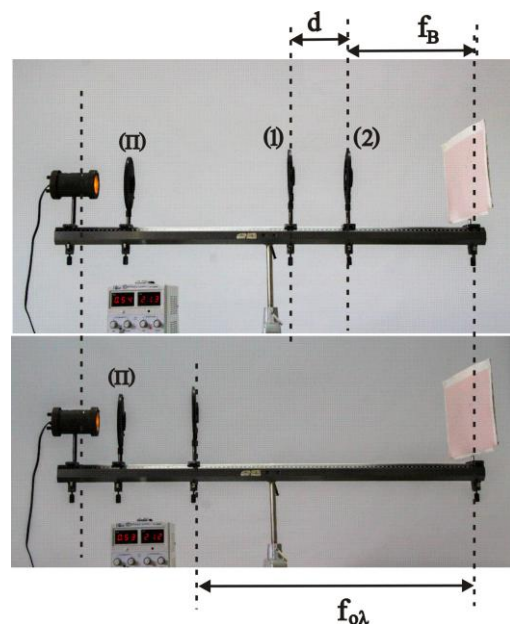
3. Πειραματική διάταξη- διαδικασία

Έχουμε στη διάθεσή μας μία οπτική τράπεζα πάνω στην οποία υπάρχουν δύο άγνωστοι φακοί ίδιας εστιακής απόστασης $f_1 = f_2 = f$ οι οποίοι βρίσκονται σε γνωστή απόσταση d μεταξύ τους και που αποτελούν το υπό μελέτη σύστημα φακών. Στην μία άκρη της οπτικής τράπεζας υπάρχει λαμπτήρας πυρακτώσεως μαζί με το τροφοδοτικό του ο οποίος μπορεί να εκλειφθεί προσεγγιστικά ως σημειακή φωτεινή πηγή O . Μπροστά από τον λαμπτήρα και σε απόσταση l έχει τοποθετηθεί συγκλίνων φακός εστιακής απόστασης $f_3 = l$.

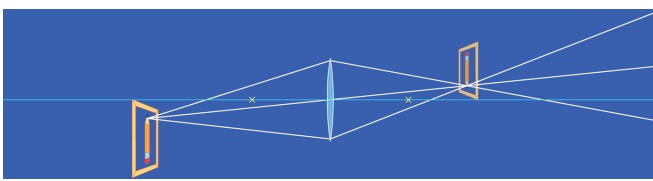
Επομένως επειδή ο φακός έχει τοποθετηθεί στην ίδια απόσταση με την εστιακή του απόσταση οι ακτίνες που προέρχονται από τον λαμπτήρα μετά την έξοδό τους από το φακό γίνονται παράλληλες. Έτσι δημιουργούμε μία παράλληλη δέσμη ακτίνων οι οποίες πέφτουν πάνω στο σύστημα φακών. Στην άλλη άκρη της οπτικής τράπεζας υπάρχει πέτασμα το οποίο



Σχήμα 1



Εικόνα 1



μετακινώντας το μπορούμε να εντοπίσουμε το σημείο που συγκλίνουν οι ακτίνες οι διερχόμενες από το φακό. Σε αυτό το σημείο βλέπουμε να σχηματίζεται πάνω στο πέτασμα το είδωλο του πυρακτωμένου νήματος του λαμπτήρα.

Η **πίσω εστιακή απόσταση** (back focal length) f_B ως άμεσα μετρήσιμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βρεθεί η εστιακή απόσταση f των φακών που αποτελούν το σύστημα φακών. Μετρώντας την μπορούμε από τη εξ. (2.12) λύνοντας ως προς f να την υπολογίσω .

$$f^2 - (d + 2f_B)f + f_B d = 0 \Rightarrow f = \frac{(d + 2f_B) + \sqrt{d^2 + 4f_B^2}}{2} \quad (3.1)$$

Στερεώνουμε ακλόνητα το πέτασμα σε αυτή τη θέση και αφαιρούμε από την οπτική τράπεζα το σύστημα φακών. Στη συνέχεια με το σετ συγκλινόντων φακών που έχουμε στη διάθεσή μας προσπαθούμε να αναπαράγουμε στο πέτασμα (το οποίο όπως έχει ήδη λεχθεί κρατείται από πριν ακίνητο) είδωλο ίδιου μεγέθους με αυτό του συστήματος φακών. Όταν το καταφέρουμε αυτό η εστιακή απόσταση αυτού του φακού που επιλέξαμε ισούται με την **ισοδύναμη εστιακή απόσταση** (equivalent focal length) $f_{ολ}$ του συστήματος φακών και που φυσικά θα πρέπει να βρίσκεται σε συμφωνία με αυτή που υπολογίζεται από το εξ. (2.10) της άσκησης O16.

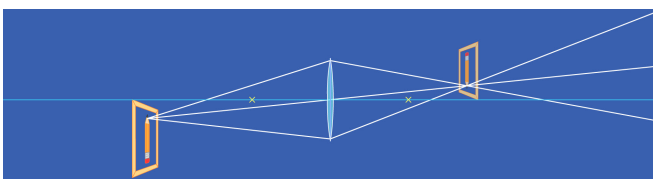
$$f_{ολ} = \frac{f^2}{2f - d} \quad (3.2)$$

4. Εργασίες

4.1 Α Μέρος:

1. Τοποθετούμε στην μία άκρη της οπτικής τράπεζας λαμπτήρα πυρακτώσεως και τον θέτουμε σε λειτουργία (με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή)
2. Μπροστά από τον λαμπτήρα τοποθετούμε φακό εστιακής απόστασης $f_3 = 15\text{cm}$ σε απόσταση $l = 15\text{cm}$ οπότε η φωτεινή δέσμη γίνεται παράλληλη.
3. Στην συνέχεια τοποθετούμε το σύστημα φακών αποτελούμενο από δύο ίδιους φακούς με άγνωστη εστιακή απόσταση $f_1 = f_2 = f$ σε απόσταση $d = 10\text{cm}$ μεταξύ τους (Εικόνα 1, Σχήμα 1).
4. Μετά το σύστημα φακών τοποθετούμε ένα πέτασμα. Μετακινούμε το πέτασμα μέχρι που πάνω του να εμφανισθεί ευκρινές είδωλο.
5. Μετράμε την απόσταση πίσω φακού -πέτασματος η οποία είναι η **πίσω εστιακή απόσταση** (back focal length) f_B (Εικόνα 1, Σχήμα 1).

$$f_B = \quad \text{cm}$$



6. Από την εξίσωση (3.1) υπολογίζουμε την εστιακή απόσταση των επιμέρους φακών που αποτελούν το σύστημα

$$f_{\text{πειρ}} = \quad \text{cm}$$

7. Βρίσκουμε την θεωρητική τιμή της εστιακής απόστασης των φακών (με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή)

$$f_{\text{θεωρ}} = \quad \text{cm}$$

8. Με την βοήθεια της σχέσης

$$\alpha = \frac{|f_{\text{θεωρ}} - f_{\text{πειρ}}|}{f_{\text{θεωρ}}} \cdot 100\%$$

υπολογίζουμε το επι τοις εκατό σφάλμα

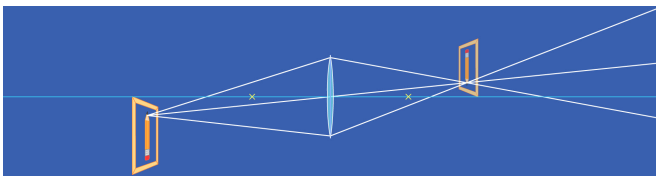
4.2 Β Μέρος

1. Τοποθετούμε στην μία άκρη της οπτικής τράπεζας λαμπτήρα πυρακτώσεως και τον θέτουμε σε λειτουργία (με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή)
2. Μπροστά από τον λαμπτήρα τοποθετούμε φακό εστιακής απόστασης $f_3 = 15\text{cm}$ σε απόσταση $l = 15\text{cm}$ οπότε η φωτεινή δέσμη γίνεται παράλληλη.
3. Στην συνέχεια τοποθετούμε το σύστημα φακών αποτελούμενο από δύο ίδιους φακούς με εστιακή απόσταση $f_1 = f_2 = f = 15\text{cm}$ σε απόσταση $d = 7.5\text{cm}$ μεταξύ τους (Εικόνα 1, Σχήμα 1).
4. Μετά το σύστημα φακών τοποθετούμε ένα πέτασμα. Μετακινούμε το πέτασμα μέχρι που πάνω του να εμφανισθεί ευκρινές είδωλο.

5. Μετράμε το μήκος του ειδώλου

$$l_{\text{ειδ}}^{\text{συστ}} = \quad \text{cm}$$

6. Στερεώνουμε ακλόνητα το πέτασμα ώστε να μη μπορεί να μετακινηθεί
7. Αντικαθιστούμε το σύστημα φακών (απομακρύνοντάς το) με φακούς διαφόρων εστιακών αποστάσεων από αυτούς που προσφέρονται.
8. Μετακινώντας τον καθένα από αυτούς βρίσκουμε την θέση ευκρινούς ειδώλου για τον καθένα από αυτούς πάνω στο στερεωμένο πέτασμα. Η απόσταση πετάσματος-φακού συμπίπτει με την εστιακή απόσταση του καθενός φακού επειδή έχουμε φροντίσει η φωτεινή δέσμη να είναι παράλληλη (Εικόνα 1, Σχήμα 1).
9. Για κάθε φακό σημειώνουμε την εστιακή του απόσταση καθώς και το μήκος του ειδώλου που σχηματίζει συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα



A/A	Φακός	Εστιακή απόσταση φακού	Μήκος ειδώλου

10. Συγκρίνουμε το μήκος ειδώλου του κάθε φακού με το μήκος ειδώλου που δίνει το σύστημα φακών και βρίσκουμε για ποιο φακό συμπίπτουν. Η εστιακή απόσταση αυτού του φακού συμπίπτει με την **ισοδύναμη εστιακή απόσταση** (equivalent focal length) $f_{ολ}^{πειρ}$ του συστήματος φακών

$$f_{ολ}^{πειρ} = \quad \text{cm}$$

11. Με τη βοήθεια της εξίσωσης (3.2) υπολογίζουμε τη θεωρητική τιμή της ισοδύναμης εστιακής απόστασης

$$f_{ολ}^{θεωρ} = \quad \text{cm}$$

12. Από τη σχέση

$$\alpha = \frac{|f_{ολ}^{θεωρ} - f_{ολ}^{πειρ}|}{f_{ολ}^{υθεωρ}} \cdot 100\%$$

υπολογίζουμε το επί τοις εκατό σφάλμα