Μελέτη συστήματος φακών με τη Μέθοδο του Newton

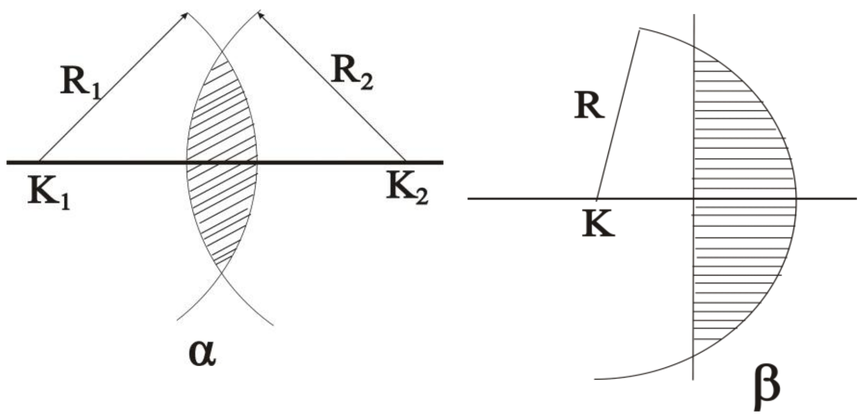
1.Σκοπός

Σκοπός της άσκησης είναι η μελέτη της εστιακής απόστασης συστήματος φακών , η εύρεση της ισοδύναμης εστιακής απόστασης του συστήματος αυτού καθώς και η εύρεση της εστιακής απόστασης των επιμέρους φακών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Newton .

2.Θεωρία

2.1 Γενική θεωρία περί λεπτών φακών

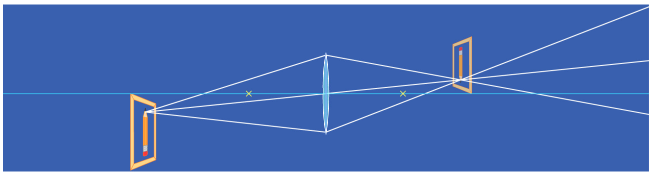
Σφαιρικός φακός ονομάζεται ένα διαφανές οπτικό μέσο (συνήθως γυαλί) που περιορίζεται μεταξύ δύο σφαιρικών επιφανειών ή μεταξύ μιας σφαιρικής και μιας επίπεδης (Σχήμα 1). Έτσι η ακτίνα φωτός διαθλάται και κατά την είσοδο αλλά και κατά την έξοδο της.



Σχήμα 1

Οι φακοί χωρίζονται σε κοίλους και κυρτούς ανάλογα με τη μορφή της καμπυλότητας της ή των σφαιρικών επιφανειών που τις ορίζουν
Οι **κυρτοί φακοί**, που λέγονται και **συγκλίνοντες φακοί**, είναι αυτοί που η δέσμη φωτός μετά το πέρασμά της από αυτούς συγκλίνει (Σχήμα 2,Σχήμα 4α). Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι λεπτότεροι στα άκρα και παχύτεροι στην μέση. Υπάρχουν τρία είδη συγκλινόντων φακών.**Αμφίκυρτος, επιπεδόκυρτος, μηνίσκος**

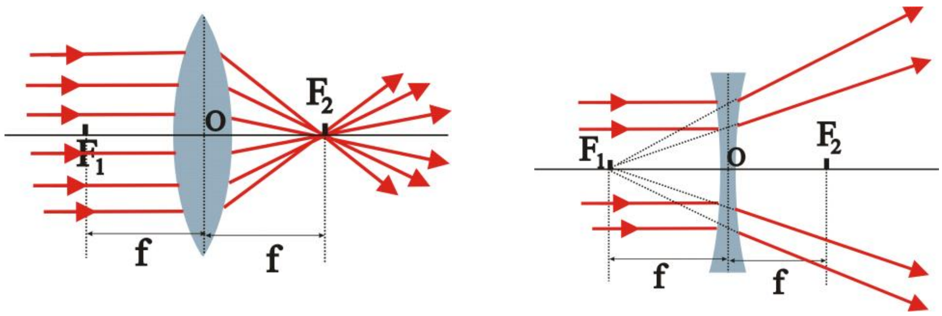
Σχήμα 2: Συγκλίνοντε ς φακοί



συγκλίνων (όπως κατά σειρά φαίνονται στο Σχήμα 2)

Οι **κοίλοι φακοί** που λέγονται και **αποκλίνοντες φακοί** είναι αυτοί που η δέσμη φωτός μετά το πέρασμά της από αυτούς αποκλίνει (Σχήμα 3,Σχήμα 4β**)**. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι λεπτότεροι στην μέση και παχύτεροι στα άκρα. Υπάρχουν τρία είδη αποκλινόντων φακών: **Αμφίκοιλος , επιπεδόκοιλος και Μηνίσκος αποκλίνων μηνίσκος (**όπως κατά σειρά φαίνονται στο Σχήμα 3)

Σχήμα 3:Αποκλίνοντες φακοί

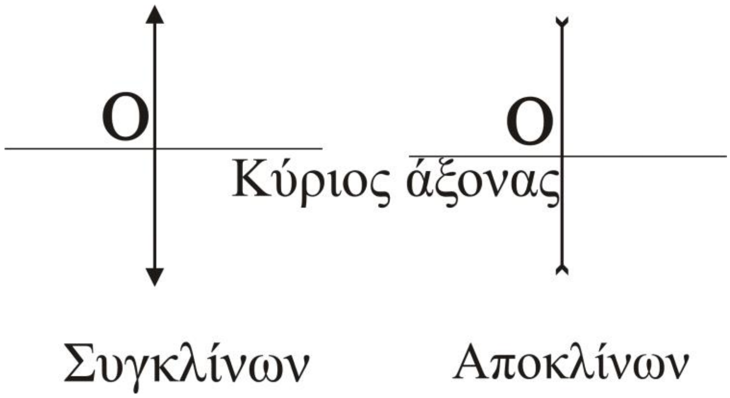


(α) **(β)**

Σχήμα 4

Η ταξινόμηση αυτή γίνεται με την παραδοχή ότι το οπτικό μέσο που τους περιβάλλει είναι οπτικά αραιότερο από το οπτικό μέσο που είναι κατασκευασμένος ο φακός.

Λεπτοί φακοί ονομάζονται αυτοί που έχουν πάχος πολύ μικρότερο των ακτίνων καμπυλότητάς τους. Κατά συνέπεια οι σφαιρικές επιφάνειες των λεπτών φακών είναι μικρού ανοίγματος ($10° - 20°$).



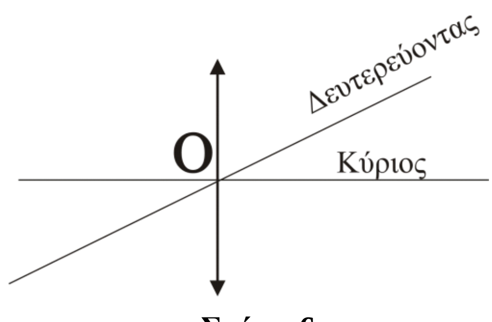
Σχήμα 5:Σύμβολα για συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακό

Τους λεπτούς φακούς σχηματικά τους συμβολίζουμε όπως στο Σχήμα 5 ,και χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω στοιχεία

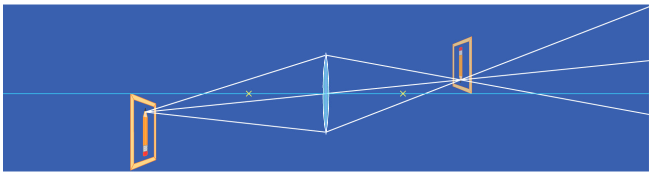
α) **τις ακτίνες καμπυλότητάς** τους R_1 και R_2 (σχήμα 1) που είναι οι ακτίνες των σφαιρικών επιφανειών του φακού . Στην περίπτωση που μία από τις δύο επιφάνειες είναι επίπεδη τότε $R \to \infty$

β**) τον κύριο άξονα** του φακού ο οποίος ενώνει τα κέντρα καμπυλότητας K_1 και K_2 του φακού

γ) **το οπτικό κέντρο** του φακού O είναι το σημείο του επιπέδου του φακού που περνάει ο



Σχήμα 6



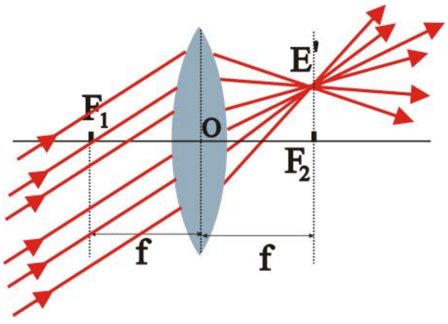
κύριος άξονας

Κάθε ευθεία διερχόμενη από το οπτικό κέντρο μη παράλληλη με τον κύριο άξονα ονομάζεται **δευτερεύων άξονας (**Σχήμα 6**)**

δ)**την κύρια Εστία :** Έστω μία οπτική δέσμη παράλληλη με τον κύριο άξονα του φακού. Μετά την διάθλαση που παθαίνουν οι ακτίνες από το πέρασμα μέσα από τον φακό διέρχονται όλες από ένα σημείο που ονομάζεται κύρια εστία F του φακού.

Η απόσταση της κύριας εστίας F από το οπτικό κέντρο O την ονομάζουμε **εστιακή απόσταση** του φακού και συμβολίζεται με f. Κάθε φακός έχει δύο κύριες εστίες F_1 και F_2 που ισαπέχουν από το οπτικό κέντρο του φακού (Σχήμα 4)

ε) **Δευτερεύουσες εστίες :** Κάθε οπτική δέσμη που είναι παράλληλη με έναν δευτερεύοντα άξονα του φακού εστιάζει σε ένα σημείο που ονομάζεται δευτερεύουσα εστία του φακού (Σχήμα 7). Το σύνολο των εστιών ενός φακού δημιουργεί μία επιφάνεια η οποία ονομάζεται **εστιακό επίπεδο του φακού Ε΄.** Υπάρχουν δύο εστιακά επίπεδα (μπροστά και πίσω από τον φακό)



Σχήμα 7

στ) **Ισχύς φακού** P ονομάζεται το αντίστροφο της εστιακής απόστασης του φακού

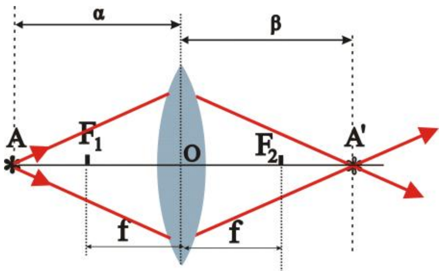
$$P = \frac{1}{f} \qquad (2.1)$$

Μονάδα μέτρησης ισχύος είναι η διοπτρία $1\text{dpt} = 1\text{m}^{-1}$

Η ισχύς του φακού υπολογίζεται από τον τύπο (2.2) που ονομάζεται τύπος των κατασκευαστών των φακών.

$$P = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (2.2)$$

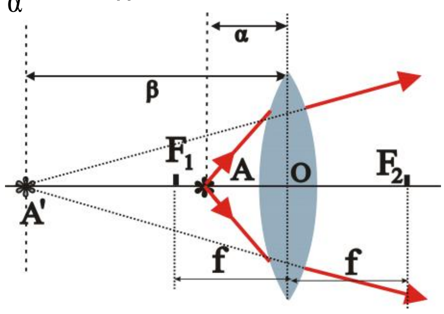
όπου n ο δείκτης διάθλασης του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένος ο φακός και R_1 η ακτίνα καμπυλότητας της επιφάνειας στην οποία προσπίπτει η ακτίνα.



Σχήμα 8

2.2 Είδωλο σημειακής φωτεινής πηγής

Έστω σημειακή φωτεινή πηγή A η οποία βρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα. Οι αποκλίνουσες ακτίνες οι οποίες ξεκινούν από την A και περνούν μέσα από τον φακό μετά την διέλευσή τους συγκεντρώνονται στο σημείο A΄ το οποίο ονομάζεται είδωλο της σημειακής φωτεινής πηγής A. Εάν η απόσταση α του φωτεινού σημείου από το οπτικό κέντρο O είναι μεγαλύτερη της εστιακής απόστασης f τότε το είδωλο είναι **πραγματικό**, δηλ. προκύπτει από ακτίνες οι οποίες μετά το πέρασμά τους από τον φακό συγκλίνουν (Σχήμα 8). Αν όμως η απόσταση είναι μικρότερη της εστιακής απόστασης f τότε το είδωλο είναι **φανταστικό**, δηλ. προκύπτει από τις



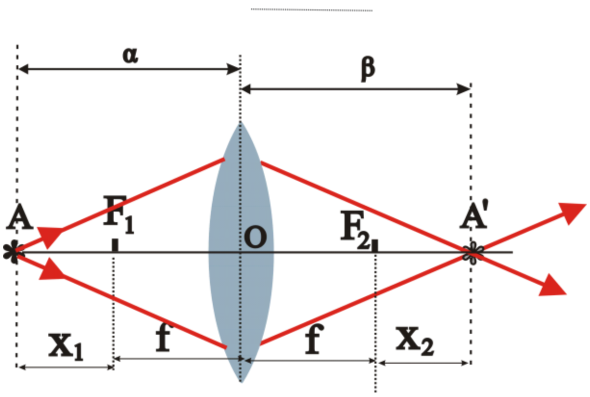
Σχήμα 9

προεκτάσεις προς τα πίσω των ακτίνων ,οι οποίες μετά το πέρασμά τους από τον φακό αποκλίνουν (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**). Εάν β η απόσταση του ειδώλου από το οπτικό κέντρο Ο ισχύει η σχέση που ονομάζεται **τύπος των φακών**

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=\frac{1}{f} \qquad (2.3)$$

Αν το φωτεινό αντικείμενο δεν ευρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα του φακού αλλά πάνω σε δευτερεύοντα άξονα , τότε και το είδωλο σχηματίζεται πάνω στον δευτερεύοντα άξονα και η προηγούμενη σχέση ισχύει κατά προσέγγιση.

Από το (Σχήμα 10) παρατηρούμε πως αν x_1 είναι η απόσταση αντικειμένου και της μπροστά από το φακό κύριας εστίας F_1 και x_2 η απόσταση του ειδώλου και της πίσω από το φακό κύριας εστίας F_2 ισχύουν οι σχέσεις:



Σχήμα 10

$$x_1=\alpha-f \Rightarrow \alpha=x_1+f$$

και

$$x_2=\beta-f \Rightarrow \beta=x_2+f$$

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω σχέσεις στην εξ (2.3) και κάνοντας απλές πράξεις καταλήγουμε ότι

$$x_1 \cdot x_2=f^2 \qquad (2.4)$$

η οποία αποτελεί το νόμο του Newtonγια τους φακούς

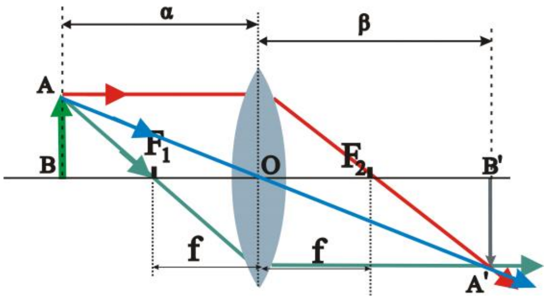
Γραφική εύρεση ειδώλου σημειακής φωτεινής πηγής

Για να βρούμε γραφικά το είδωλο ενός σημειακού αντικειμένου χρησιμοποιούμε τα παρακάτω συμπεράσματα για την πορεία μερικών χαρακτηριστικών ακτίνων οι οποίες προσπίπτουν πάνω σε φακό

α) Ακτίνα που διέρχεται από το οπτικό κέντρο του φακού διέρχεται από τον φακό χωρίς να αλλάξει πορεία

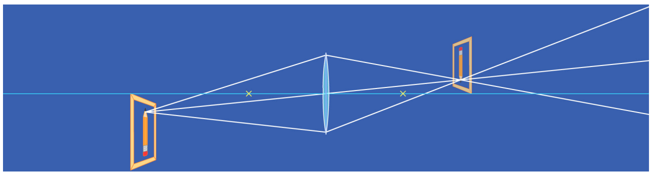
β) Ακτίνα παράλληλη με τον κύριο άξονα μετά την διάθλασή της στον φακό περνά από την κύρια εστία του κατόπτρου

γ) Ακτίνα που περνά από την κύρια εστία του φακού μετά την διάθλασή της στον φακό γίνεται παράλληλη με τον κύριο άξονα.



Σχήμα 11

Για να βρούμε το είδωλο ενός σημειακού αντικειμένου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο από τους παραπάνω κανόνες βρίσκοντας έτσι το σημείο τομής **δύο** χαρακτηριστικών ακτίνων οι οποίες περνούν μέσα από τον φακό το οποίο συμπίπτει με το είδωλό του. Στα παρακάτω σχήματα έχουμε βρει το είδωλο του φωτεινού σημείου Α , το οποίο είναι το Α΄ (Σχήμα 11)απεικονίζοντας και τις τρείς χαρακτηριστικές ακτίνες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.



2.3 Είδωλο φωτεινού αντικειμένου

Θεωρούμε φωτεινό αντικείμενο ΑΒ κάθετα τοποθετημένο στον κύριο άξονα συγκλίνοντος φακού όπως φαίνεται στο Σχήμα 11 και σε απόσταση μεγαλύτερη από την εστιακή. Για να βρούμε το είδωλο του αντικειμένου, αρκεί να βρούμε τα είδωλα των δύο άκρων Α και Β. Το είδωλο του Β βρίσκεται πάνω στο κύριο άξονα. Το είδωλο του Α βρίσκεται με τη βοήθεια δύο χαρακτηριστικών ακτίνων α) της παράλληλης προς τον κύριο άξονα η οποία μετά το πέρασμά της από τον φακό περνά από την κύρια εστία F_2 β) και της ακτίνας που περνάει από το οπτικό κέντρο του φακού η οποία και δεν αλλάζει πορεία. Αυτές τέμνονται στο Α΄ το οποίο αποτελεί το είδωλο του Α. Συνεπώς το $A'B'$ είναι το είδωλο το ΑΒ και όπως παρατηρούμε είναι πραγματικό και αντεστραμμένο και κάθετο στο κύριο άξονα του φακού.

Μεγέθυνση: ονομάζεται το πηλίκο του μήκους του ειδώλου προς το μήκος του αντικειμένου

$$M = \frac{(A'B')}{(AB)} \qquad (2.5)$$

όπου $(A,B),(A',B')$ τα μήκη του αντικειμένου και του ειδώλου αντίστοιχα. Όταν το είδωλο είναι αντεστραμμένο το $A'B'$είναι αρνητικό. Αποδεικνύεται ότι ισχύει :

$$M = -\frac{\beta}{\alpha} \qquad (2.6)$$

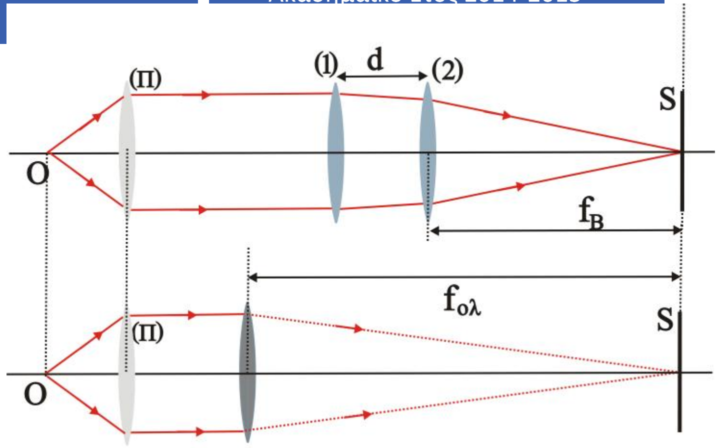
2.4 Συνθήκη προσήμων για τους λεπτούς φακούς

Όλοι οι παραπάνω τύποι είναι γενικοί και εφαρμόζονται και για συγκλίνοντες αλλά και για αποκλίνοντες φακούς θέτοντας τα διάφορα μεγέθη με το κατάλληλο πρόσημο σύμφωνα με τους παρακάτω κανόνες:

1) α θετικό όταν το αντικείμενο βρίσκεται μπροστά από τον φακό
   α αρνητικό όταν το αντικείμενο βρίσκεται πίσω από τον φακό
2) β θετικό όταν το είδωλο βρίσκεται πίσω από τον φακό
   β αρνητικό όταν το είδωλο βρίσκεται μπροστά από τον φακό
3) τα R_1, R_2 είναι θετικά εάν το κέντρο καμπυλότητας βρίσκεται πίσω από τον φακό ενώ είναι αρνητικά εάν το κέντρο καμπυλότητας βρίσκεται μπροστά από τον φακό
4) το M είναι θετικό όταν το είδωλο είναι όρθιο
   το M είναι αρνητικό όταν το είδωλο είναι ανεστραμμένο
5) f θετικό στους συγκλίνοντες φακούς
   f αρνητικό στους αποκλίνοντες φακούς

2.5 Σύστημα λεπτών φακών σε απόσταση μεταξύ τους

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύστημα δύο λεπτών φακών (1) και (2) με εστιακές αποστάσεις f_1 και f_2 αντίστοιχα σε απόσταση d μεταξύ τους όπως φαίνεται στο Σχήμα 12. Δημιουργούμε με τον φακό (Π) παράλληλες ακτίνες (τοποθετώντας τον σε απόσταση από το φωτεινό αντικείμενο ίση με την εστιακή απόσταση του), οι οποίες πέφτουν πάνω στο σύστημα φακών και μετά το πέρασμά τους εστιάζουν σε ένα σημείο στο οποίο τοποθετούμε ένα πέτασμα S. Το σημείο αυτό μπορούμε να πούμε ότι είναι η κύρια εστία του συστήματος των φακών.

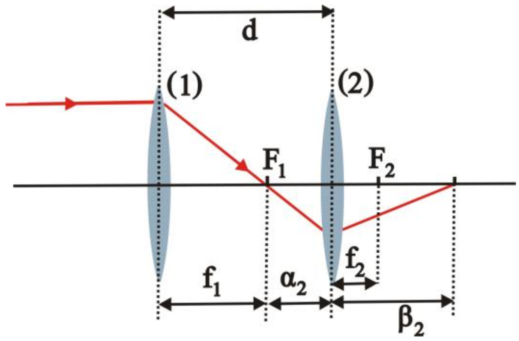


Σχήμα 132

Η απόσταση του δεύτερου κατά σειρά φακού από το οποίο περνάει το φως από την κύρια εστία του συστήματος ονομάζεται **πίσω εστιακή απόσταση(back focal length)** και δίνεται από τη σχέση

$$\frac{1}{f_B}=\frac{1}{f_2}+\frac{1}{f_1-d} \quad ή$$

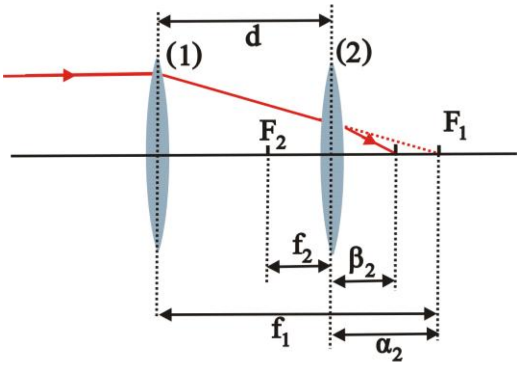
$$f_B=\frac{f_2(f_1-d)}{f_1+f_2-d} \qquad (2.7)$$



Σχήμα 13

Αυτό αποδεικνύεται ως εξής: Ας υποθέσουμε ότι διαθέτουμε δύο φακούς (1) κα (2) με εστιακές αποστάσεις f_1 και f_2 αντίστοιχα οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση d μεταξύ τους.

Αρχικά ας υποθέσουμε ότι $f_1 < d$ (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**3) Η παράλληλη προς τον κύριο άξονα ακτίνα καθώς περνάει από τον φακό (1) αλλάζει πορεία και περνάει από την κύρια εστία του φακού (1), η οποία είναι το πραγματικό αντικείμενο για τον φακό (2) και άρα ισχύει



Σχήμα 124

$$\frac{1}{α_2}+\frac{1}{β_2}=\frac{1}{f_2} \rightarrow \frac{1}{d-f_1}+\frac{1}{β_2}=\frac{1}{f_2}$$

και επειδή $β_2 \equiv f_B$ έχουμε

$$\frac{1}{f_B}=\frac{1}{f_2}+\frac{1}{f_1-d}$$

Στην περίπτωση που $f_1 > d$ τότε το είδωλο του πρώτου φακού γίνεται φανταστικό αντικείμενο για τον δεύτερο (Σχήμα 14), οπότε ακολουθώντας αντίστοιχο τρόπο σκέψης με πριν έχουμε:

$$-\frac{1}{\alpha_2}+\frac{1}{\beta_2}=\frac{1}{f_2} \rightarrow -\frac{1}{f_1-d}+\frac{1}{f_B}=\frac{1}{f_2}$$

Έτσι $\quad \dfrac{1}{f_B}=\dfrac{1}{f_2}+\dfrac{1}{f_1-d}$

Ας θεωρήσουμε στη συνέχεια έναν φακό ο οποίος θα επιφέρει στις παράλληλες ακτίνες που προσπίπτουν πάνω του το ίδιο αποτέλεσμα με το σύστημα των δύο φακών δηλαδή θα τις αναγκάσει να συγκλίνουν στο ίδιο σημείο (Σχήμα 12).
Η εστιακή απόσταση αυτού του φακού $f_{ολ}$ ονομάζεται **ισοδύναμη εστιακή απόσταση(equivalent focal length)**του συστήματος των φακών και δίνεται από τη σχέση

$$f_{ολ}=\frac{f_1 f_2}{f_1+f_2-d} \qquad (2.8)$$

Από την παραπάνω σχέση και τον ορισμό της ισχύος φακού μπορούμε εύκολα να συνάγουμε ότι:

$$P_{ολ}=P_1+P_2-d\cdot P_1\cdot P_2 \qquad (2.9)$$

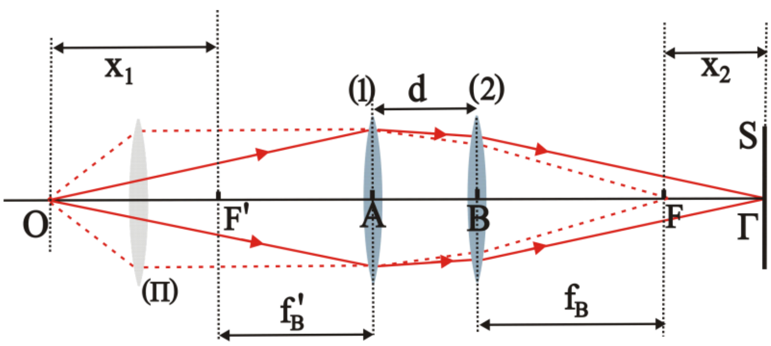
Στην περίπτωση που οι δύο φακοί είναι ίδιοι $f_1=f_2=f$ οι παραπάνω τύποι λαμβάνουν την προφανή μορφή:

$$f_{ολ}=\frac{f^2}{2f-d} \qquad (2.10)$$

$$P_{ολ}=2P-d\cdot P^2 \qquad (2.11)$$

$$f_B=\frac{f(f-d)}{2f-d} \qquad (2.12)$$

Έστω σύστημα φακών (1) και (2) οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση d μεταξύ τους (Σχήμα 15) Μπροστά από το σύστημα φακών υπάρχει σχεδόν σημειακή φωτεινή πηγή Ο. Άς υποθέσουμε πως με τον φακό (Π) δημιουργούμε παράλληλη δέσμη ακτίνων (διακεκομμένη γραμμή) οι οποίες αφού περάσουν μέσα από το σύστημα φακών εστιάζουν στο σημείο F. Η απόσταση BF συμπίπτει με την πίσω εστιακή απόσταση f_B ($BF=f_B$) στην οποία αναφερθήκαμε προηγουμένως. Αν η πηγή Ο τοποθετηθεί στην άλλη μεριά του συστήματος δημιουργώντας πάλι παράλληλη δέσμη οι ακτίνες



Σχήμα 145

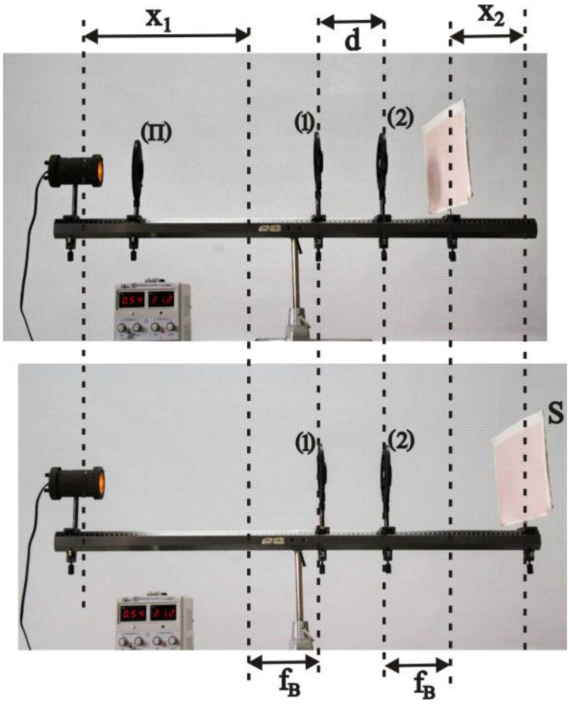
θα εστιάσουν στο σημείο F΄ το οποίο απέχει απόσταση $AF' = f_B'$ από τον φακό (1). Θεωρώντας στη συνέχεια τη φωτεινή πηγή στα αριστερά του συστήματος και αφαιρώντας το φακό (Π) οι ακτίνες μετά το πέρασμά τους από το σύστημα θα συγκλίνουν στο σημείο Γ στο οποίο τοποθετούμε πέτασμα S. Αν x_1 και x_2 είναι οι αποστάσεις των F΄ και F από την φωτεινή πηγή O και το πέτασμα S αντίστοιχα, ισχύει η σχέση του Newton:

$$x_1 \cdot x_2 = f_{ολ}^2 \qquad (2.13)$$

όπου $f_{ολ}$ η ισοδύναμη εστιακή απόσταση η οποία ορίστηκε προηγουμένως.

3. Πειραματική διάταξη-διαδικασία

Έχουμε στη διάθεσή μας μία οπτική τράπεζα πάνω στην οποία υπάρχουν δύο άγνωστοι φακοί ίδιας εστιακής απόστασης $f_1 = f_2 = f$ (κατά συνέπεια θα είναι: $P_1 = P_2 = P$) οι οποίοι βρίσκονται σε γνωστή απόσταση d μεταξύ τους και που αποτελούν το υπό μελέτη σύστημα φακών (Εικόνα 1). Στην μία άκρη της οπτικής τράπεζας υπάρχει λαμπτήρας πυρακτώσεως, μαζί με το τροφοδοτικό του, τον οποίο μπορούμε να θεωρήσουμε προσεγγιστικά ως σημειακή φωτεινή πηγή O. Μπροστά από τον λαμπτήρα και σε απόσταση l έχει τοποθετηθεί συγκλίνων φακός (Π) 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 μετακινώντας το μπορούμε να εντοπίσουμε το σημείο που συγκλίνουν οι ακτίνες οι διερχόμενες από το φακό επειδή πάνω του δημιουργείται το ευκρινές είδωλο το σύρματος της λαμπτήρα πυρακτώσεως.

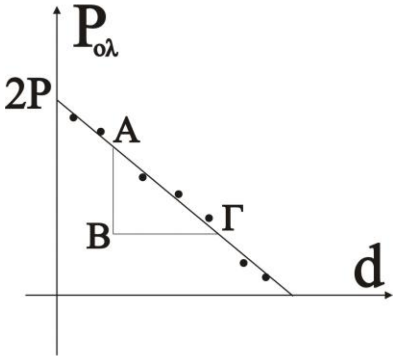


Εικόνα 1

Έτσι βρίσκουμε το σημείο F. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η απόσταση BF συμπίπτει με την πίσω εστιακή απόσταση του συστήματος(back focal length) f_B ($BF = f_B$)**(**Σχήμα 15**,**Εικόνα 1**).** Λόγω συμμετρίας (επειδή οι δύο φακοί που αποτελούν το σύστημα είναι ίδιας εστιακής απόστασης) και η μπροστά από το σύστημα φακών πίσω εστιακή απόσταση είναι ίδια.

$$AF' = BF = f_B \qquad (3.1)$$

Έτσι μπορούμε εύκολα να προσδιορίσουμε το σημείο F΄.
Αφαιρώντας τον φακό (Π) βρίσκουμε με τον ίδιο τρόπο το σημείο εστίασης της φωτεινής δέσμης Γ. Έχοντας πλέον προσδιορίσει τα σημεία F,F΄ ,Γ μπορούμε να βρούμε τις αποστάσεις x_1, x_2 και με τη βοήθεια της σχέσης (2.13) του Newton:



Σχήμα 16

$$x_1 \cdot x_2 = f_{ολ}^2 \qquad (3.2)$$

την ισοδύναμη εστιακή απόσταση(equivalent focal length) του συστήματος φακών.
Εύκολα στη συνέχεια μπορούμε να προσδιορίσουμε την ισοδύναμη ισχύ του συστήματος φακών $P_{ολ}$ από την σχέση (2.1)

$$P_{ολ} = \frac{1}{f_{ολ}} \qquad (3.3)$$

Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία για διαφορετικές αποστάσεις d μεταξύ των φακών του συστήματος οι οποίες όπως είναι φυσικό δίνουν διαφορετικές τιμές της ισοδύναμης ισχύος του συστήματος φακών. Ακολούθως κάνουμε την γραφική παράσταση $P_{ολ} = f(d)$ η μορφή της οποίας φαίνεται στο (Σχήμα 16) Η γραφική παράσταση είναι ευθεία διότι η σχέση που συνδέει την ισοδύναμη εστιακή απόσταση του συστήματος των φακών $P_{ολ}$ με την μεταξύ των φακών απόσταση d δίνεται από την εξ.(2.11):

$$P_{ολ} = 2P - d \cdot P^2 \qquad (3.4)$$

δηλαδή είναι της μορφής $y = \beta - kx$
Έτσι το σημείο τομής της ευθείας με τον κατακόρυφο άξονα είναι το $2P$.

$$\beta = 2P \Rightarrow P = \frac{\beta}{2} \qquad (3.5)$$

Επίσης η κλίση της ευθείας η οποία υπολογίζεται γραφικά από τη σχέση

$$k = \frac{(AB)}{(B\Gamma)}$$

συμπίπτει με το P^2:

$$k = P^2 \Rightarrow P = \sqrt{k} \qquad (3.6)$$

Έτσι μπορούμε από τη γραφική παράσταση να βρούμε την ισχύ καθενός φακού του συστήματος με δύο τρόπους και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα βρίσκοντας και τη μέση τιμή τους. Ακολούθως από τον ορισμό της ισχύος φακού:

$$P = \frac{1}{f}$$

μπορούμε να υπολογίσουμε την εστιακή απόσταση καθενός φακού του συστήματος, το οποίο είναι και ο τελικός μας στόχος

4. Εργασίες

1. Τοποθετούμε τον λαμπτήρα πυρακτώσεως στην οπτική τράπεζα, του οποίου το νήμα αποτελεί το αντικείμενο για το σύστημα φακών.

2. Σε απόσταση 10 cm από το νήμα του λαμπτήρα τοποθετούμε το φακό εστιακής απόστασης 10 cm, έτσι ώστε να δημιουργεί παράλληλη δέσμη για το σύστημα φακών.

3. Τοποθετούμε τους δύο φακούς ίσης εστιακής απόστασης στην οπτική τράπεζα σε απόσταση $d = 4\text{cm}$.

4. Μετακινούμε το πέτασμα έτσι ώστε να έχουμε ευκρινές είδωλο. Σημειώνουμε την απόσταση του δεύτερου φακού του συστήματος με το πέτασμα (σε μέτρα) στη στήλη BF του Πίνακα 1(Σχήμα 15,Εικόνα 1)

5. Αφαιρούμε τον πρώτο φακό 10 cm από την τράπεζα, ο οποίος έκανε τη δέσμη παράλληλη. Μετακινούμε το πέτασμα για να δούμε εστιασμένο είδωλο ξανά. Σημειώνουμε την απόσταση του δεύτερου φακού του συστήματος με το πέτασμα (σε μέτρα) στη στήλη ΒΓ του Πίνακα 1(Σχήμα 15,Εικόνα 1).

6. Υπολογίζουμε την απόσταση x_1 (σε μέτρα), δηλαδή x_1 = ΒΓ-BF συμπληρώνοντας τον Πίνακα 1.

7. Γνωρίζοντας ότι οι φακοί έχουν την ίδια εστιακή απόσταση, ισχύει BF=AF΄ για κάθε τιμή του d(Σχήμα 15,Εικόνα 1).Μετράμε την απόσταση του νήματος από τον πρώτο φακό του συστήματος ΑΟ και υπολογίζουμε το x_2 (σε μέτρα) σύμφωνα με τη σχέση x_2=AO-AF΄ και συμπληρώνουμε την αντίστοιχη στήλη του Πίνακα 1.

8. Υπολογίζουμε την εστιακή απόσταση του συστήματος φακών $f_{ολ}$ σε μέτρα από τη σχέση του Νεύτωνα, εξ. (3.2) γνωρίζοντας τα x_1, x_2.συμπληρώνοντας τον Πίνακα 1.

9. Υπολογίζουμε την ισοδύναμη ισχύ του συστήματος φακών $P_{ολ}$ από την εξ.(3.3) και την συμπληρώνουμε στον Πίνακα 1.

10. Μεταβάλουμε την απόσταση d κατά ένα εκατοστό, μέχρι 7 εκατοστά και επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα (2-8) για τον υπολογισμό της εστιακής απόστασης του συστήματος.

11. Κάνουμε τη γραφική παράσταση $P_{ολ}$=f(d). Βρίσκουμε το β, το σημείο τομής με τον άξονα $P_{ολ}$ και από τη εξ(3.5) υπολογίζουμε την ισχύ του ενός φακού του συστήματος

$$\beta = \ldots\ldots\ldots\ldots(\text{dpt})$$

$$P' = \frac{\beta}{2} = \ldots\ldots\ldots\ldots(\text{dpt})$$

12. Βρίσκουμε τη κλίση της ευθείας και από την κλίση υπολογίζουμε και πάλι την ισχύ του ενός φακού του συστήματος

$$k = \frac{(\text{AB})}{(\text{B}\Gamma)} = \ldots\ldots\ldots(\text{m}^{-2})$$

$$P'' = \sqrt{k} = \ldots\ldots\ldots(\text{dpt})$$

13. Βρίσκουμε τη μέση τιμή των δύο αποτελεσμάτων και από αυτό την εστιακή απόσταση του κάθε φακού

$$P = \frac{P' + P''}{2} = \ldots\ldots\ldots(\text{dpt})$$

$$f = \frac{1}{P} = \ldots\ldots\ldots(\text{m})$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

d (m)	BF (m)	ΒΓ (m)	x_1 (m)	AF΄=BF (m)	AO (m)	x_2 (m)	$f_{ολ}$ (m)	$P_{ολ}=1/f_{ολ}$ (Dpt)
0,04								
0,05								
0,06								
0,07								