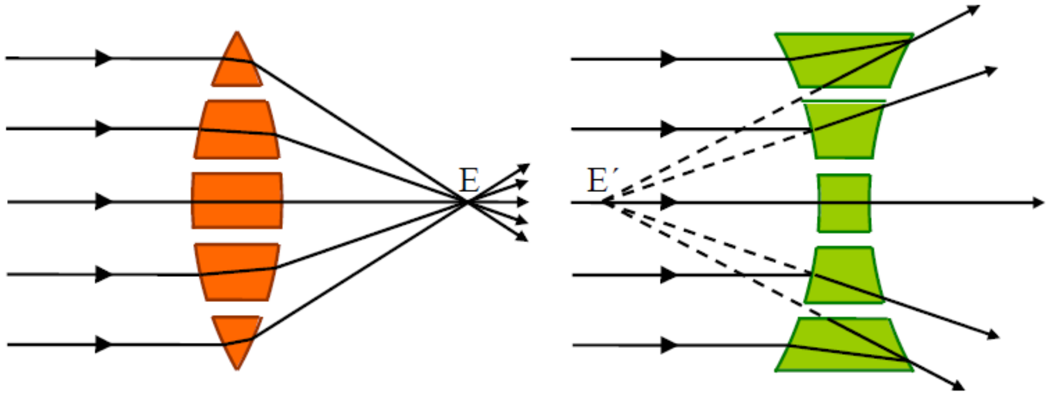
ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Φακός ονομάζεται κάθε ομογενές, ισότροπο και διαφανές οπτικό μέσο που διαμορφώνεται από δυο σφαιρικές επιφάνειες (ή από μια σφαιρική και μια επίπεδη).

Βασική του λειτουργία είναι ο σχηματισμός του ειδώλου ενός πραγματικού αντικειμένου.

Τέτοιας μορφής είδωλα είναι *συνήθως* μεγαλύτερα από τα αντικείμενα. Αν και η πλειοψηφία των φακών είναι κατασκευασμένη από απλό γυαλί, ειδικές κατηγορίες φακών κατασκευάζονται από άλλα διαφανή υλικά, όπως για παράδειγμα πλαστικό ή quartz.

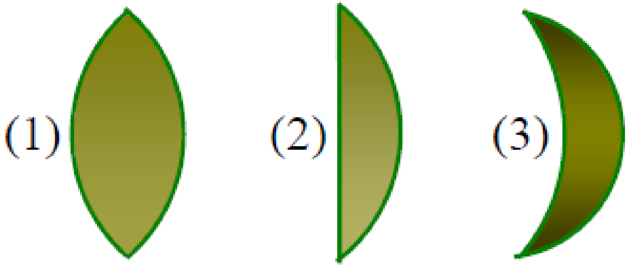


ΔΡΑΚΑΚΗ ΕΛΕΝΗ

ΑΣΚΗΣΗ 3.

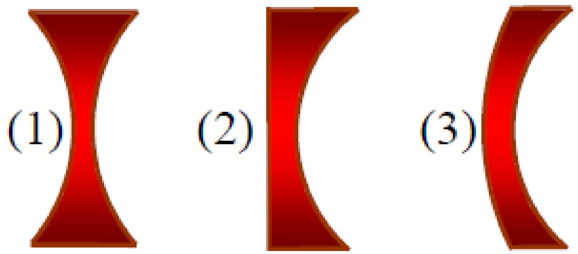
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Οι τρεις πρώτοι φακοί που είναι πιο παχείς στο κέντρο και λεπτότεροι στα άκρα καλούνται **συγκλίνοντες** ή **θετικοί φακοί**, ενώ οι υπόλοιποι τρεις που είναι πιο λεπτοί στο κέντρο και παχύτεροι στα άκρα καλούνται **αποκλίνοντες** ή **αρνητικοί φακοί**.



(α) συγκλίνοντες φακοί

Συνήθως οι χρησιμοποιούμενοι φακοί είναι **λεπτοί**, δηλ. το πάχος τους είναι μικρό σχετικά με το άνοιγμά τους, ή ισοδύναμα, οι προσπίπτουσες στον φακό ακτίνες βρίσκονται κοντά στον κύριο άξονά του.



(β) αποκλίνοντες φακοί

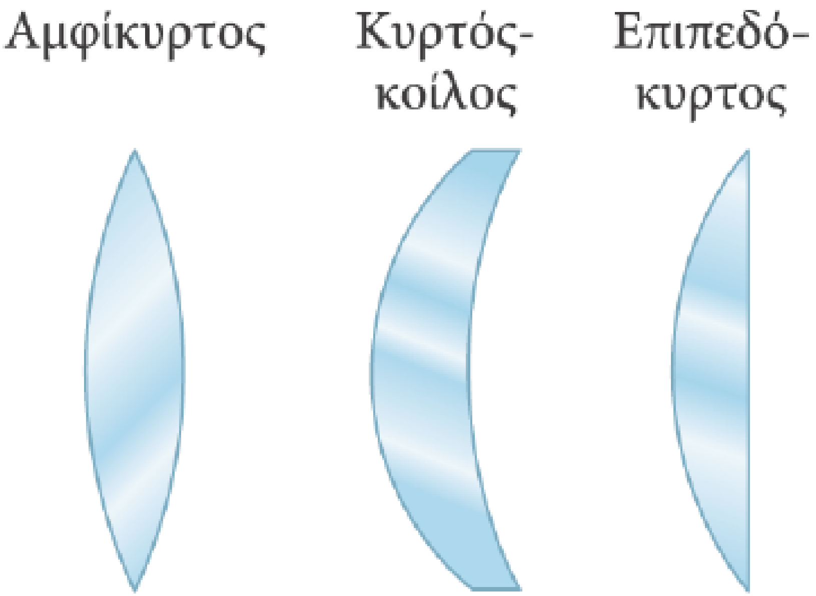
ΑΣΚΗΣΗ 3.
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχήματα λεπτών φακών

Συγκλίνοντες φακοί:

Έχουν θετική εστιακή απόσταση.

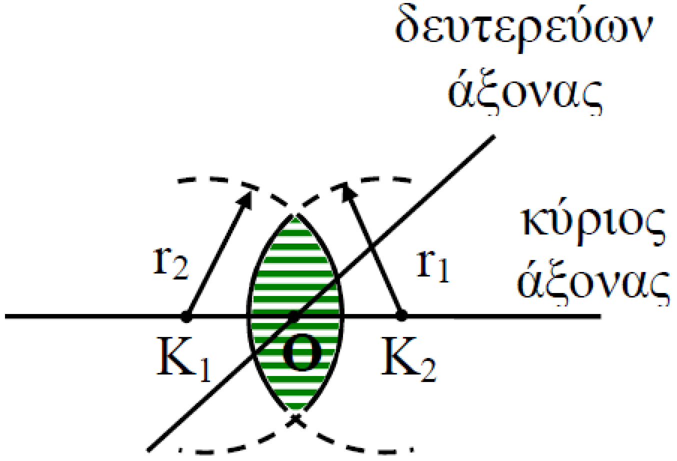
Είναι παχύτεροι στο κέντρο.



ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν ένα απλό λεπτό φακό είναι τα παρακάτω:



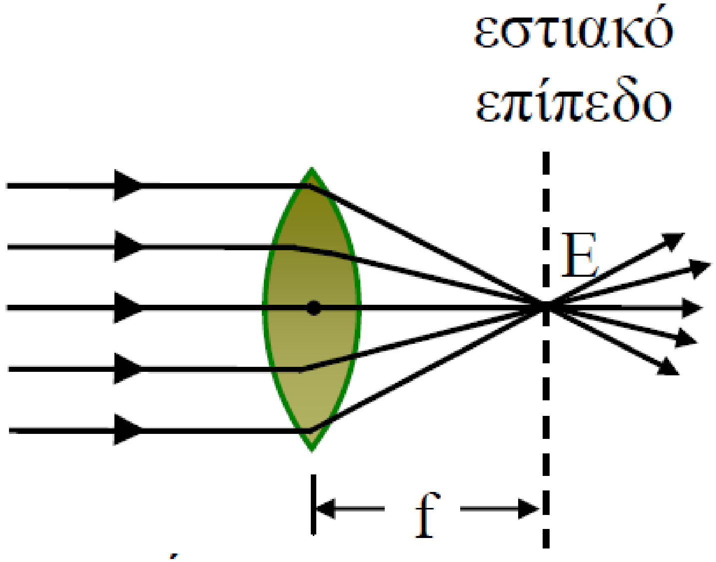
Οι ακτίνες καμπυλότητάς του r1 και r2, που είναι οι ακτίνες των σφαιρικών επιφανειών του φακού.
Στην περίπτωση που η μια επιφάνεια είναι επίπεδη, η σχετική ακτίνα καμπυλότητας είναι ∞.

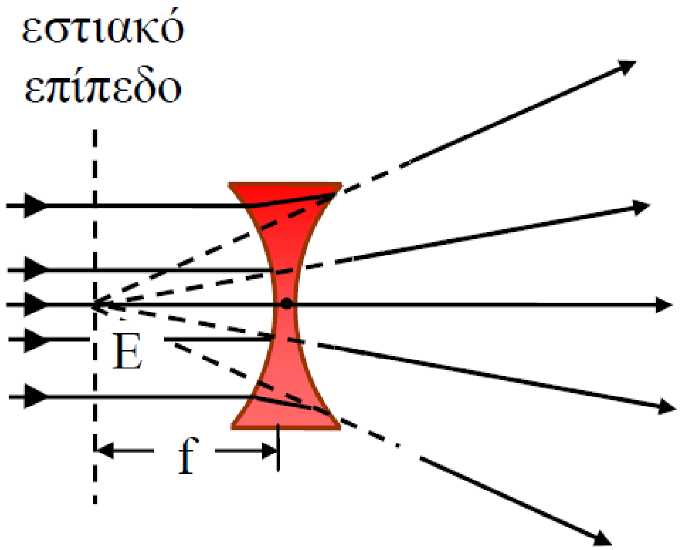
Ο κύριος άξονας που είναι η ευθεία που διέρχεται από το κέντρο του φακού και είναι κάθετη προς τις δυο πλευρές του στα σημεία που τις συναντά (ενώνει δηλαδή τα δυο κέντρα Κ1, Κ2 καμπυλότητας του φακού).

Το οπτικό κέντρο Ο από το οποίο διέρχεται ο κύριος άξονας (κάθε άλλη ευθεία που διέρχεται από το οπτικό κέντρο χωρίς να είναι κάθετη προς τις πλευρές του φακού αποτελεί το δευτερεύοντα άξονα).

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό





Η κύρια εστία Ε που βρίσκεται επάνω στον κύριο άξονα και ορίζεται, για μεν το συγκλίνοντα φακό, ως το σημείο εκείνο που θα συγκλίνει μια δέσμη παράλληλων προς τον κύριο άξονα ακτίνων, για δε τον αποκλίνοντα φακό ως το σημείο από το οποίο φαίνεται να ξεκινά μια δέσμη παράλληλων προς τον κύριο άξονα ακτίνων.

Λόγω συμμετρίας, κάθε φακός παρουσιάζει δυο εστίες, μια σε κάθε πλευρά του και στην ίδια απόσταση από το οπτικό του κέντρο.

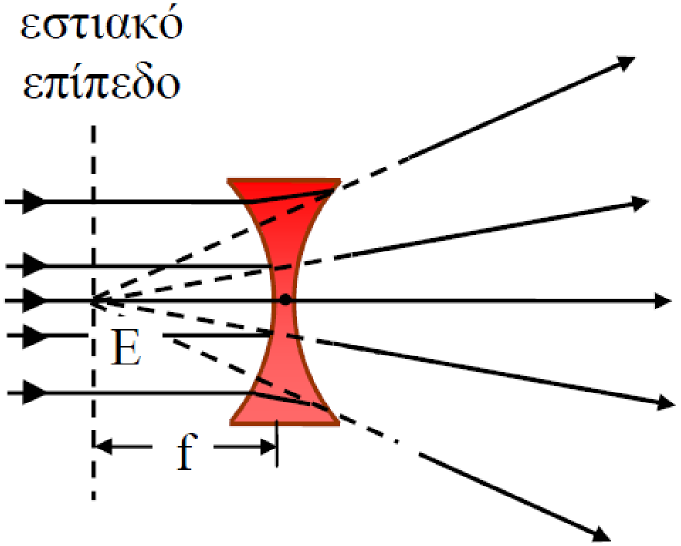
ΑΣΚΗΣΗ 3.

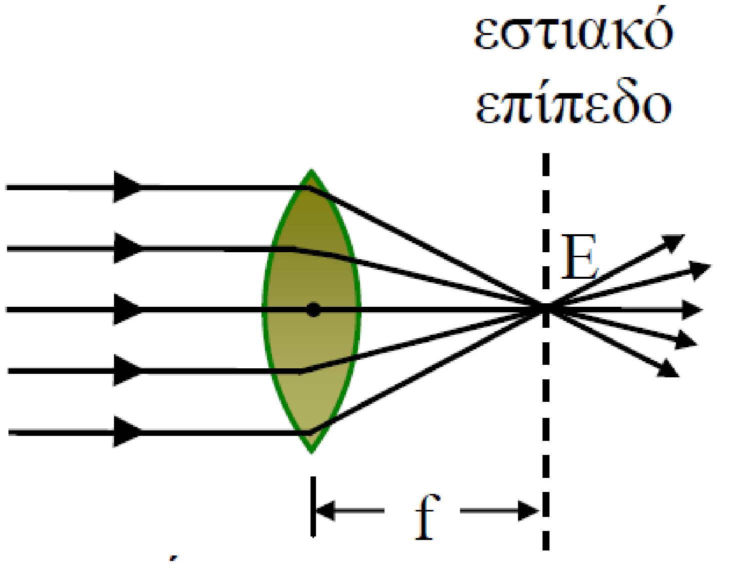
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Το εστιακό επίπεδο που είναι κάθετο προς τον κύριο άξονα του φακού και διέρχεται από την κύρια εστία.

Παράλληλες ακτίνες φωτός που προσπίπτουν στο φακό και δεν είναι παράλληλες προς τον κύριο άξονα, θα εστιάσουν σε κάποιο σημείο (δευτερεύουσα εστία) που βρίσκεται επάνω στο εστιακό ε-πίπεδο.

Επίσης, λόγω συμμετρίας, υπάρχουν δυο εστιακά επίπεδα: ένα εμπρός και ένα πίσω από το φακό.





ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Η εστιακή απόσταση f που είναι η απόσταση μεταξύ της κύριας εστίας και του οπτικού κέντρου και εξαρτάται από την καμπυλότητα των επιφανειών του φακού και από το δείκτη διάθλασης του υλικού.

Όσο μεγαλύτερη είναι η καμπυλότητα των σφαιρικών επιφανειών του φακού, τόσο μικρότερη θα είναι η εστιακή του απόσταση. Αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι μεγαλύτερη καμπυλότητα των επιφανειών προκαλεί μεγαλύτερη εκτροπή των ακτίνων που διέρχονται από το φακό κοντά στα άκρα του.

https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Η οπτική ισχύς D που είναι το αντίστροφο της εστιακής απόστασης f.

Στην τεχνολογία της φωτογραφίας καθώς και σε βιομηχανικές εφαρμογές, ένας φακός χαρακτηρίζεται από την οπτική του ισχύ παρά από την εστιακή του απόσταση.
Είναι κατανοητό ότι όσο μικρότερη είναι η εστιακή απόσταση, τόσο ισχυρότερος είναι ο φακός ως προς την ικανότητα σύγκλισης των ακτίνων.
Όταν η f εκφράζεται σε m η ισχύς δίνεται σε διοπτρίες, δηλ. 1 dpt = $1m^{-1}$

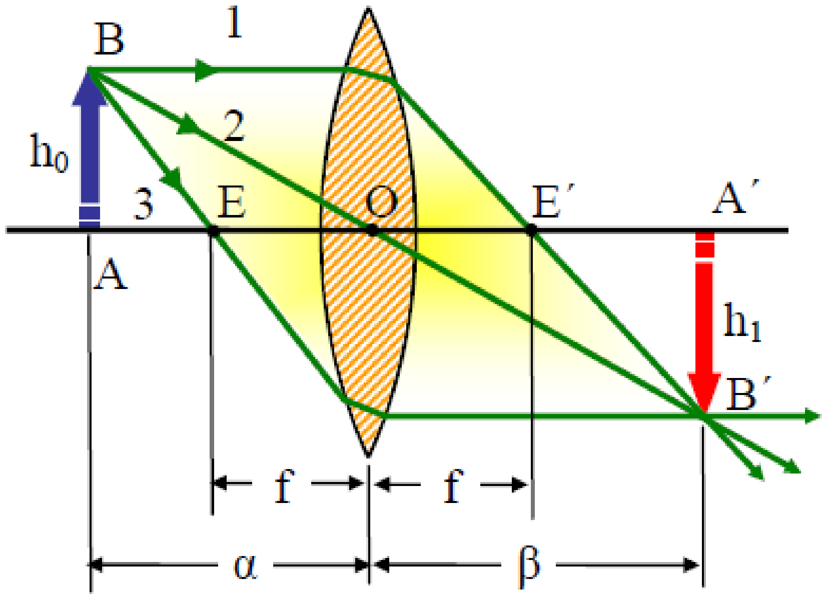
ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου

Όταν ένα αντικείμενο τοποθετηθεί από τη μια πλευρά ενός συγκλίνοντα φακού και πίσω από την κύρια εστία του Ε τότε από την άλλη πλευρά του φακού θα σχηματιστεί ένα πραγματικό είδωλο.

Να σημειώσουμε εδώ ότι όσο το αντικείμενο πλησιάζει προς την εστία τόσο το είδωλό του θα μεγαλώνει (μεγέθυνση) και τόσο πιο μακριά θα σχηματίζεται από το φακό. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το αντικείμενο απομακρύνεται από την εστία, δηλαδή το είδωλο μικραίνει και σχηματίζεται πιο κοντά στο φακό.



Τύπος των λεπτών φακών :

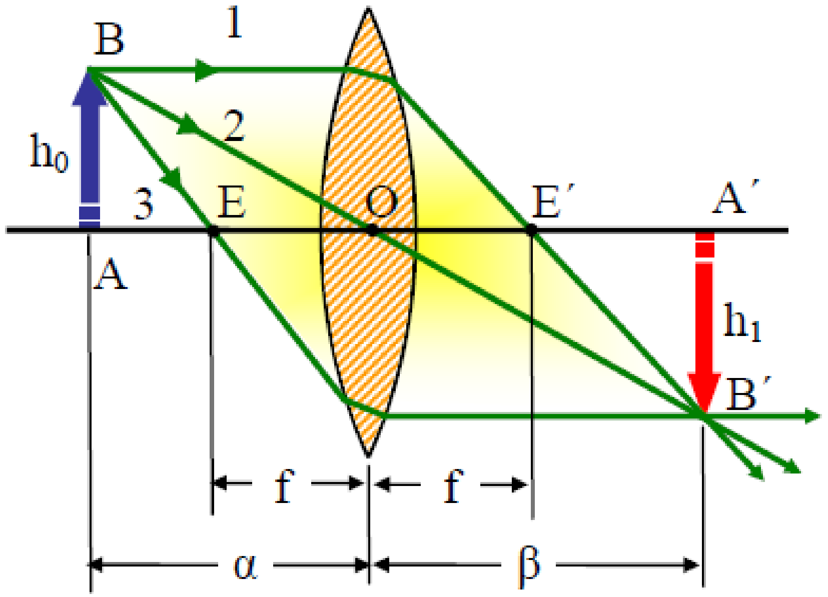
$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=\frac{1}{f}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου

Θεωρούμε το φωτεινό αντικείμενο ΑΒ τοποθετημένο επάνω στον κύριο άξονα ενός συγκλίνοντα φακού και πίσω από την εστία του Ε.



Η ακτίνα (1) που οδηγείται παράλληλα προς τον κύριο άξονα θα διαθλαστεί από το φακό και θα περάσει από την κύρια εστία Ε΄ του φακού.

Η ακτίνα (2) που περνάει από το κέντρο του φακού δεν θα διαθλαστεί, λόγω του ότι οι πλευρές του φακού στην περιοχή αυτή είναι παράλληλες και θα συνεχίσει χωρίς να μεταβάλλει την πορεία της.

Η ακτίνα (3) που διέρχεται από την εστία Ε, λόγω της αρχής της αντιστροφής των ακτίνων θα διαθλαστεί παράλληλα προς τον κύριο άξονα του φακού.

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

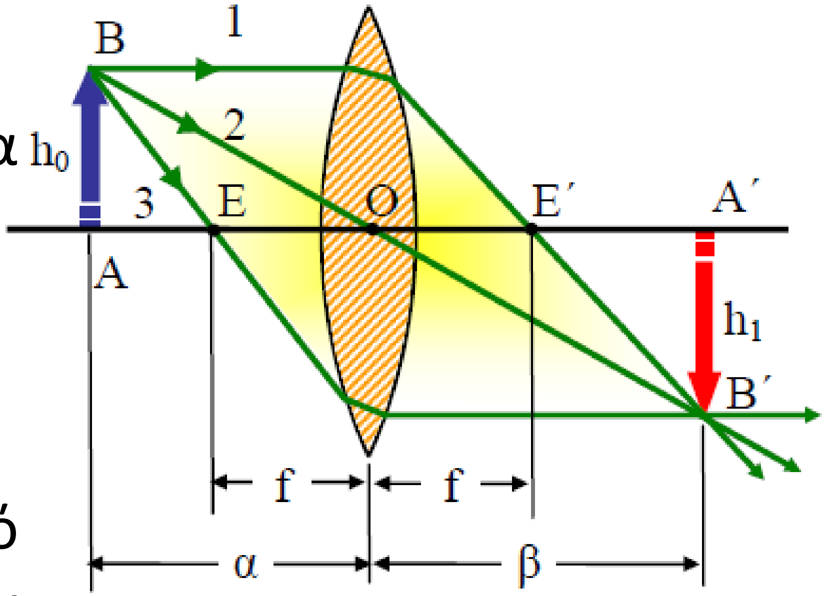
Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου

Οι παραπάνω ακτίνες συναντώνται στο σημείο Β΄ που αποτελεί την κορυφή του ειδώλου Α΄Β΄.

Όλες οι υπόλοιπες ακτίνες που ξεκινούν από το Β θα εστιάσουν στο ίδιο σημείο Β΄.

Το Α΄Β΄ αποτελεί το πραγματικό είδωλο του αντικειμένου ΑΒ.

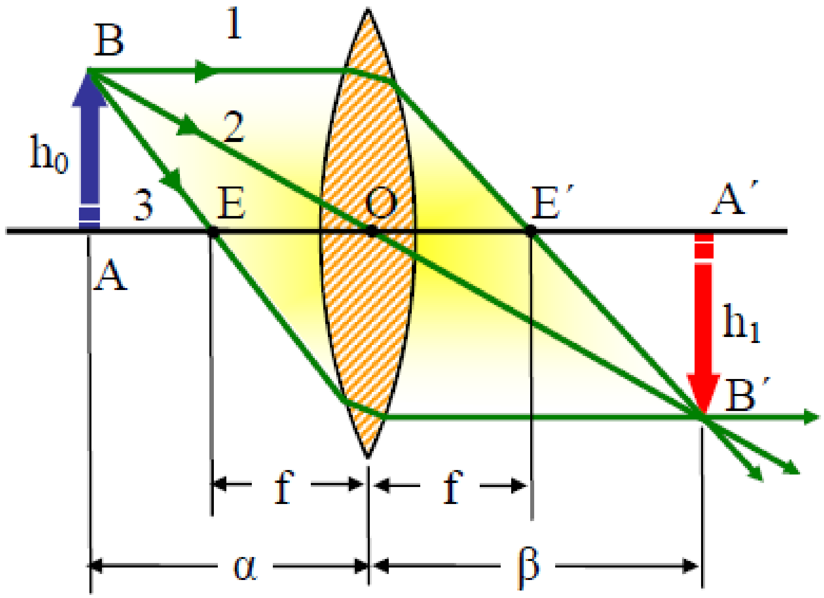
Σε αντίθεση με το φανταστικό είδωλο, το πραγματικό προκύπτει από την τομή των φωτεινών ακτίνων (και όχι των προεκτάσεών τους) και μπορεί να απεικονιστεί σε πέτασμα.



ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου



Τοποθετούμε αντικείμενο 60 cm εμπρός από συγκλίνοντα φακό εστιακής απόστασης f = 20 cm.

Αν επιλύσουμε τη σχέση $$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=\frac{1}{f}$$

ως προς β θα έχουμε

β=30 εκατοστά

Το είδωλο *(πραγματικο)* θα σχηματιστεί σε απόσταση 30 cm από το φακό, ενώ το μέγεθός του μπορεί να υπολογιστεί από την απλή σχέση

$$\frac{\text{μέγεθος ειδώλου}}{\text{μέγεθος αντικειμένου}}=\frac{\text{απόσταση ειδώλου}}{\text{απόσταση αντικειμένου}}$$

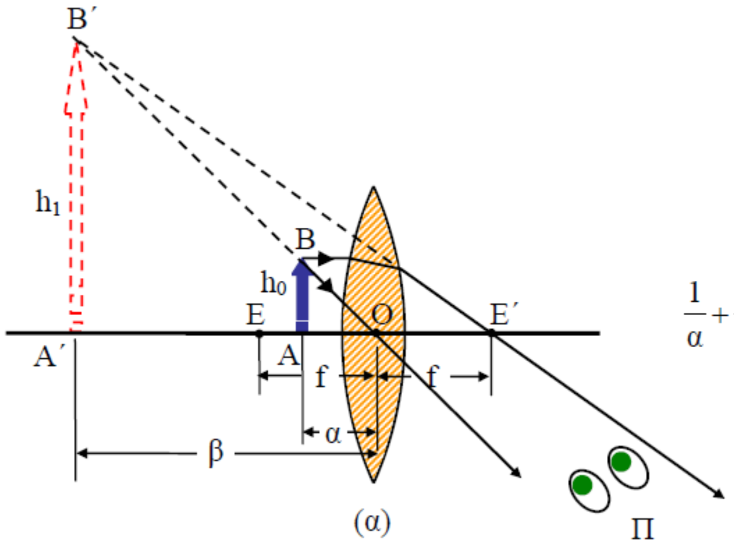
το είδωλο είναι ανεστραμμένο

$$M=\frac{h_1}{h_0}=-\frac{\beta}{\alpha}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3.

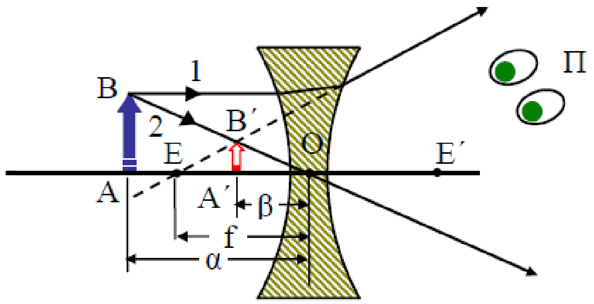
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχηματισμός φανταστικού ειδώλου



$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{-\beta}=\frac{1}{f}$$

(α)



$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{-\beta}=-\frac{1}{f}$$

(β)

Τα φανταστικά είδωλα δεν είναι πραγματικά, δεν μπορούν να απεικονιστούν σε πέτασμα και διαμορφώνονται από τις προεκτάσεις των ακτίνων.
Φανταστικά είδωλα μπορούν να σχηματιστούν:

(α) από συγκλίνοντα φακό αν το αντικείμενο τοποθετηθεί αναμεσα στο φακό και την εστία

(β) από αποκλίνοντα φακό με το αντικείμενο τοποθετημένο σε οποιοδήποτε σημείο.

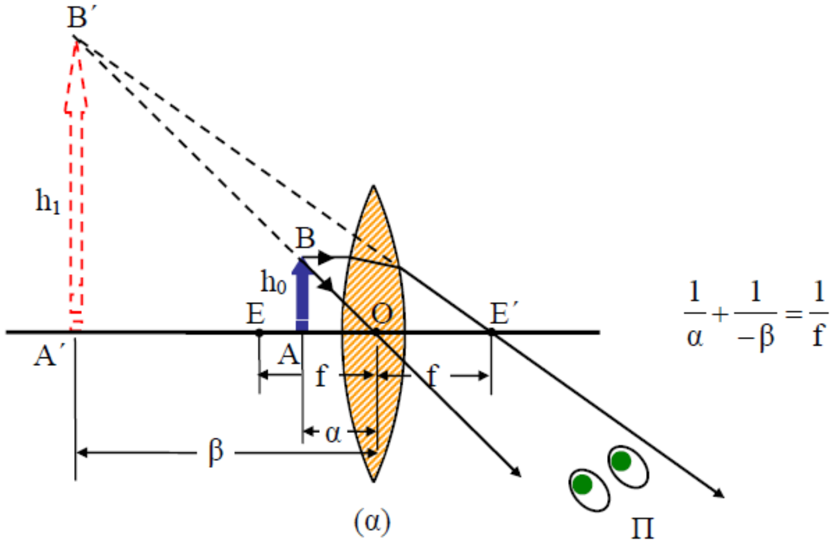
Το γεγονός ότι ένα φανταστικό είδωλο δεν μπορεί να απεικονιστεί σε πέτασμα δεν σημαίνει ότι είναι και ανύπαρκτο, έχει δηλαδή συγκεκριμένη θέση στην οποία σχηματίζεται καθώς και συγκεκριμένο μέγεθος και μπορεί να παρατηρηθεί με το μάτι, αν κοιτάξουμε μέσα από το φακό.

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Σχηματισμός φανταστικού ειδώλου

Στην πρώτη περίπτωση ο φακός χρησιμοποιείται ως μεγεθυντικός φακός. Οι φωτεινές ακτίνες που ξεκινούν από το σημείο Β θα διαθλαστούν από το συγκλίνοντα φακό, αλλά όχι αρκετά για να εστιάσουν στο ίδιο σημείο. Στο μάτι του παρατηρητή στο σημείο Π φαίνονται ως να προέρχονται από το σημείο Β΄ πίσω από το φακό.



Το σημείο Β΄ αποτελεί την κορυφή ενός φανταστικού ειδώλου, ορθού και μεγαλύτερου του αντικειμένου. Στην περίπτωση αυτή το είδωλο έχει σχηματιστεί στην ίδια πλευρά του φακού που βρίσκεται και το αντικείμενο σε απόσταση β η οποία φέρει αρνητικό πρόσημο (-β).

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{-\beta}=\frac{1}{f}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3.

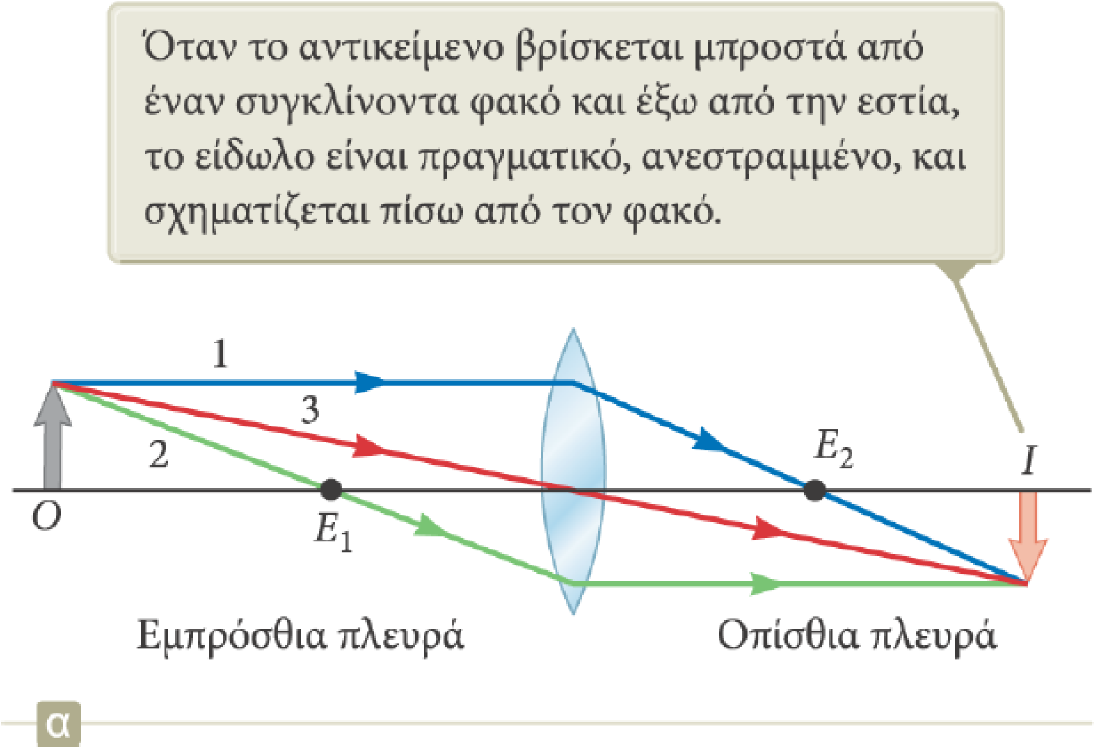
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Πίνακας 1

Φακός	f	Θέση αντικειμένου	Είδωλο	Τύπος φακών	Μεγέθυνση
Συγκλίνων	+	$\alpha > f$	πραγματικό ανεστραμμένο	$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=\frac{1}{f}$	$M=\frac{h_1}{h_0}=-\frac{\beta}{\alpha}$
Συγκλίνων	+	$\alpha = f$	πραγματικό ανεστραμμένο	$\frac{1}{\beta}=0$	
Συγκλίνων	+	$\alpha < f$	Φανταστικό ορθό	$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{-\beta}=\frac{1}{f}$	$M=\frac{h_1}{h_0}=\frac{\beta}{\alpha}$

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό



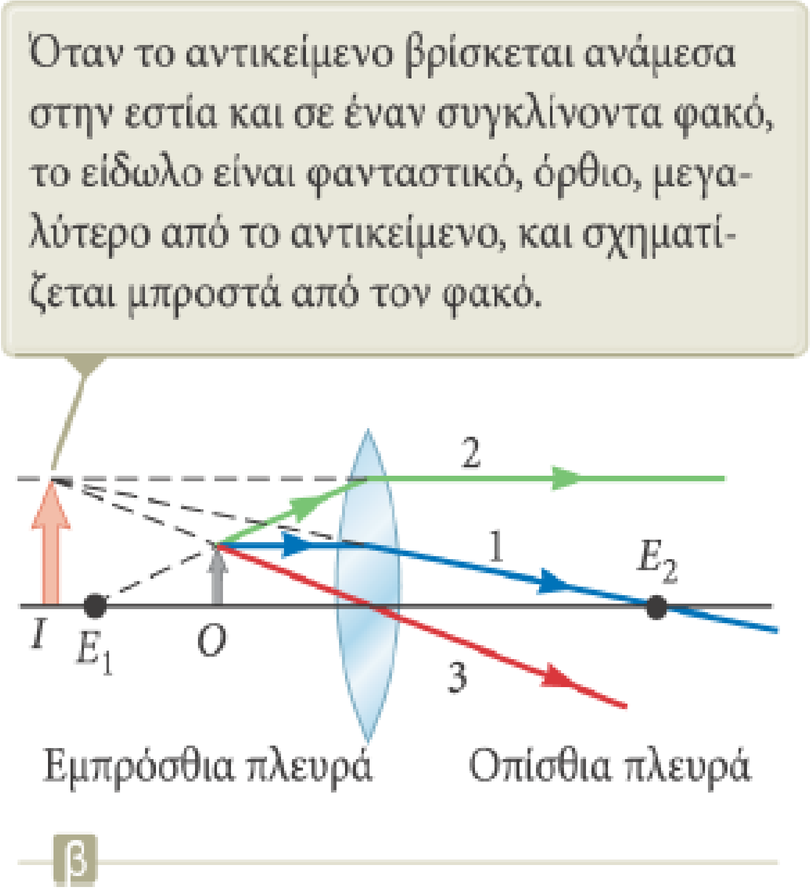
Το είδωλο είναι πραγματικό.

Το είδωλο είναι ανεστραμμένο.

Το είδωλο σχηματίζεται πίσω από τον φακό.

ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό



Το είδωλο είναι φανταστικό.

Το είδωλο είναι όρθιο.

Το είδωλο είναι μεγαλύτερο από το αντικείμενο.

Το είδωλο σχηματίζεται μπροστά από τον φακό.

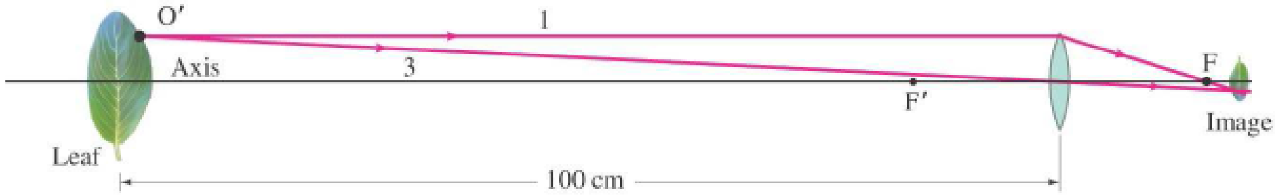
ΑΣΚΗΣΗ 3.

Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Ποια είναι (a) η θέση και (b) το μέγεθος του ειδώλου ενός φύλου, ύψους 7.6-cm που βρίσκεται 1.00 m από φακό με εστιακή απόσταση +50.0-mm.

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o} = \frac{1}{5.00\ \text{cm}} - \frac{1}{100\ \text{cm}}$$

$$= \frac{20.0 - 1.0}{100\ \text{cm}} = \frac{19.0}{100\ \text{cm}}.$$



$$d_i = \frac{100\ \text{cm}}{19.0} = 5.26\ \text{cm}.$$

$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{5.26\ \text{cm}}{100\ \text{cm}} = -0.0526,$$

$$h_i = mh_o = (-0.0526)(7.6\ \text{cm}) = -0.40\ \text{cm}.$$

ΑΣΚΗΣΗ 3.
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό με βάση βίντεο καθ. Ν. Μερλέμη

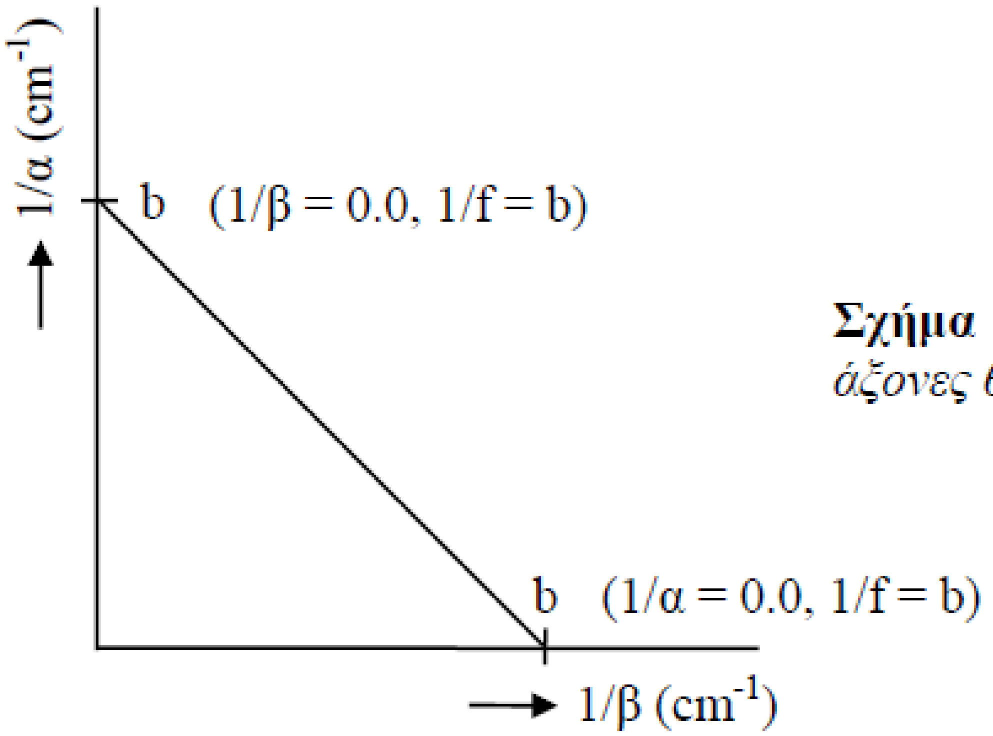
Ο σύνδεσμος για να παρακολουθήσετε τη διεξαγωγή της εργαστηριακής άσκησης Ο5 και για τη λήψη των μετρήσεων είναι ο παρακάτω:

https://uniwagr-
my.sharepoint.com/personal/merlemis_uniwa_gr/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fper
sonal%2Fmerlemis%5Funiwa%5Fgr%2FDocuments%2F%CE%9F5%2D%CE%9C%CE
%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%B5%CF%83%CF%84
%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%B1%CF%80%CF%8C%CF
%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82%20%CF%86%CE%B1%CE%BA
%CE%BF%CF%8D%2Emp4&parent=%2Fpersonal%2Fmerlemis%5Funiwa%5Fgr%2F
Documents&originalPath=aHR0cHM6Ly91bml3YWdyLW15LnNoYXJlcG9pbnQuY29tLz
p2Oi9nL3BlcnNvbmFsL21lcmxlbWlzX3VuaXdhX2dyL0ViSmdjS0pHOUdSQWk3UTFYV
U1Fc0pBQmpHOE5QNmtZdE42YnJ4aEZfNnFKSlE_cnRpbWU9VzRhUlkzenAyRWc

ΔΡΑΚΑΚΗ ΕΛΕΝΗ

3. Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διάταξη είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που χρησιμοποιούμε στην άσκηση 9Α.



Σχήμα 8. *Η τομή της ευθείας με τους άξονες θα μας δώσει την τιμή 1/f.*

Εδώ θα προσδιορίσουμε την εστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντα φακού με δυο τρόπους: α) αριθμητικά από τον τύπο των λεπτών φακών $\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=\frac{1}{f}$, αφού πραγματοποιήσουμε μετρήσεις για ζεύγη τιμών α και β και β) γραφικά από τη χαρακτηριστική 1/α = f(1/β). Στη δεύτερη περίπτωση επιλύουμε την παραπάνω σχέση ως προς 1/α, δηλαδή

$$\frac{1}{\alpha}=-\frac{1}{\beta}+\frac{1}{f}$$

Η τελευταία είναι της μορφής y = mx + b, όπου y = 1/α, m = -1, x = 1/β και b = 1/f

Βάσει των παραπάνω μπορεί να γραφεί και ως:

$$\frac{1}{\alpha}=\frac{m}{\beta}+b$$

Η γραφική της απεικόνιση διαμορφώνεται σε ευθεία που τέμνει τους άξονες 1/α και 1/β και έχει κλίση m = -1 (Σχήμα 8).

Ας επιχειρήσουμε μια σχετική διερεύνηση:

όταν $\frac{1}{\beta}=0 \Rightarrow \frac{1}{\alpha}=b=\frac{1}{f} \Rightarrow f=\frac{1}{b}$

όταν $\frac{1}{\alpha}=0 \Rightarrow \frac{1}{\beta}=\frac{b}{-m}=\frac{1}{f} \Rightarrow f=\frac{-m}{b}$

4. Εργασίες

Αριθμητικός προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f

1. Αναγνωρίζουμε τα μέρη της διάταξης και τα τοποθετούμε στην οπτική τράπεζα όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Εξασφαλίζουμε ότι όλα τα στοιχεία (λαμπτήρας – φακός - πέτασμα) βρίσκονται στο ίδιο ύψος και ότι το επίπεδο του φακού είναι κάθετο προς το λαμπτήρα (χρησιμοποιούμε το νήμα του λαμπτήρα ως αντικείμενο).

2. Θέτουμε σε λειτουργία το λαμπτήρα (ελέγχουμε ώστε η τάση στα άκρα του να μην υπερβαίνει τα 24V).

3. Μετακινούμε εμπρός – πίσω το φακό μέχρι να εμφανιστεί στο πέτασμα καθαρό είδωλο του νήματος του λαμπτήρα και προσδιορίζουμε τις τιμές α και β από την κλίμακα που είναι δομημένη επάνω στην οπτική τράπεζα. Καταχωρούμε τις τιμές στον Πίνακα 1.

4. Επαναλαμβάνουμε την εργασία 3 για άλλα 8 – 10 ζεύγη τιμών α και β.

5. Υπολογίζουμε τα 1/α, 1/β και 1/f. Υπολογίζουμε κατά τα γνωστά τη μέση τιμή f ($\bar{f}$) καθώς και το μέσο τυπικό σφάλμα $\delta\bar{f}$ και το σχετικό % σφάλμα.

Πίνακας 1

α/α	α (cm)	β (cm)	1/α $(cm)^{-1}$	1/β $(cm)^{-1}$	1/f $(cm)^{-1}$	f_i (cm)	$\bar{f}$ (cm)	Δf_i (cm)	$(\Delta f_i)^2$ $(cm)^2$
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Υπενθυμίζεται ότι:

$$\Delta f_i = f_i - \bar{f}$$

$$\delta \bar{f} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta f_i)^2}{n(n-1)}}$$

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ PDF ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

(Π..ΧΡΥΣΙΚΟΠΟΥΛΟΥ)

1) Στην παράγραφο *Αριθμητικός προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f* στην ερώτηση 5

α) θα παρουσιάσετε το στατιστικό σφάλμα της μέσης τιμής χωρίς στρογγυλοποίηση

β) θα το παρουσιάσετε στρογγυλοποιημένο κατάλληλα ,

γ) θα υπολογίσετε το σχετικό σφάλμα n % χωρίς στρογγυλοποίηση

δ) θα στρογγυλοποιήσετε το σχετικό σφάλμα n %

<u>ΔΕΝ ΚΑΝΟΥΜΕ ΤΗΝ ΕΠΟΜΕΝΗ ΕΡΩΤΗΣΗ 6 ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ</u>

6. Αναγράφουμε τα αποτελέσματα στη μορφή:

$$f = \bar{f} \pm \delta\bar{f} = (.....\pm......)\,\mathrm{cm} \text{ και } f = \bar{f} \pm \frac{\delta\bar{f}}{\bar{f}}\,\mathrm{x}100 = ...(\mathrm{cm}) \pm ......\%$$

2) Θα υπολογίσετε το σύνθετο σφάλμα ανάγνωσης $\boldsymbol{\delta\bar{f}}_{\text{αναγν}}$ του $\boldsymbol{\bar{f}}$

Για τον υπολογισμό του σύνθετου σφάλματος ανάγνωσης συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα 2 και καταχωρείστε το σύνθετο σφάλμα $\delta\bar{f}_{\text{αναγν}}$ **χωρίς στρογγυλοποιήσεις** στο αντίστοιχο κελλί και το σύνθετο σφάλμα $\delta\bar{f}_{\text{αναγν}}$ **κατάλληλα στρογγυλοποιημένο** στο κελί από κάτω.

α_i cm	β_i cm	$1/\alpha_i$ cm^{-1}	$1/\beta_i$ cm^{-1}	$1/f_i$ cm^{-1}	fi cm	$f_{ανα}$ cm	$\delta\alpha_i$ cm	$\delta\beta_i$ cm	δ(1/αi) cm^{-1}	δ(1/βi) cm^{-1}	$[\delta(1/\alpha i)]^2$ cm^{-2}	$[\delta(1/\beta i)]^2$ cm^{-2}	δ(1/fi) cm^{-1}	δfi cm	δfi^2 cm^{-2}

Οι τύποι σύνθετου σφάλματος που θα χρειαστείτε είναι :

αν f = K .(u+v+……… +z) $\delta f = K\sqrt{(\delta u)^2 + (\delta v)^2 + \cdots + (\delta z)^2}$ (1) όπου K μια σταθερά

αν f =u-v ή f =u+v $\delta f = \sqrt{(\delta u)^2 + (\delta v)^2}$ (2)

αν $f=u^{\alpha}$ $\delta f = |\alpha| . u^{\alpha-1}\, \delta u$ (3)

Τα σφάλματα ανάγνωσης της θέσης του φακού, της θέσης του πετάσματος και της θέσης του νήματος πυράκτωσης είναι 0,3 cm, τα α και β υπενθυμίζουμε ότι προκύπτουν από αφαιρέσεις των παραπάνω ποσοτήτων άρα για τον υπολογισμό των σφαλμάτων τους $\delta\alpha_i$, $\delta\beta_i$ θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος (2).
Τα σφάλματα των (1/αi) , 1/βi θα υπολογιστούν με την βοήθεια του τύπου (3)
Τα σφάλματα των (1/fi) θα υπολογιστούν με την βοήθεια του τύπου (2)
Τα σφάλματα των fi θα υπολογιστούν από τα δfi με την βοήθεια του τύπου (3)
Το σφάλμα $\delta \bar{f}_{αναγν}$ θα υπολογιστεί με την βοήθεια του τύπου (1)

$\Sigma\, \delta fi^2$ cm^{-2}
$\delta\bar{f}_{ανα}$ cm αστρογγυλοποίητο

ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΙΝΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΟ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΞΕΩΝ ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΟΥΝ ΟΙ **ΤΕΛΙΚΟΙ** ΤΥΠΟΙ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΑΤΕ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ **ΚΑΙ ΟΧΙ ΟΙ ΓΕΝΙΚΟΙ** ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΠΙΟ ΠΑΝΩ	$\delta f_{ανα}$ cm στρογ-γυλο-ποιη-μένο

3) Συγκρίνετε το $\delta\overline{f}_{\alpha\nu\alpha\gamma\nu}$ με το στατιστικό σφάλμα $\delta\overline{f}$ στατ της μέσης τιμής που υπολογίσατε με την βοήθεια του Πίνακα 1 και επιλέξτε με ποιο σφάλμα θα παρουσιάσετε τελικά την μέση τιμή $\overline{f}$ που υπολογίσατε στον Πίνακα 1.

4) Με το σφάλμα που επιλέξατε παρουσιάζετε:

$\overline{f} \pm \delta\overline{f}$ =………………………………

5) Υπολογίζετε από το $\delta\overline{f}$ το σχετικό σφάλμα n % χωρίς στρογγυλοποίηση

6) **Στρογγυλοποιείτε** το σχετικό σφάλμα n %

7) Παρουσιάζετε :

$\overline{f}$ ± n% =……………………………

8) Στην παράγραφο *Γραφικός προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f* θα αντικαταστήσετε τα βήματα του pdf με τα παρακάτω βήματα :

α) Από τα ζεύγη τιμών 1/α, 1/β κατασκευάζουμε το διάγραμμα 1/α = f(1/β) με την βοήθεια του excel και το ενσωματώνετε στην εργασία σας

β) Υπολογίζουμε τον πίνακα με τα αποτελέσματα του LINEST και το ενσωματώνουμε στην εργασία μας.

γ) Με την βοήθεια του LINEST βρίσκουμε την κλίση m και το σφάλμα της δm και την σταθερά b
Και τα παρουσιάζουμε στρογγυλοποιημένα κατάλληλα ως:
$m \pm \delta m$ = ... και
$b \pm \delta b$ = ...

δ) Από τις τιμές b και m υπολογίζουμε δύο τιμές της εστιακής απόστασης f_1 και f_2

$f_1 = 1/b$ και $f_2 = -m/b$ χωρίς στρογγυλοποίηση ε) Με την βοήθεια των τύπων σύνθετου σφάλματος (αν $f=u^{\alpha}$ $\delta f=|\alpha|.u^{a-1}\,\delta u$) και

(αν $f=\frac{u}{v}$ $\delta f=\frac{u}{v}\sqrt{\left(\frac{\delta u}{u}\right)^2+\left(\frac{\delta v}{v}\right)^2}$) υπολογίζετε τα σφάλματα δf_1 και δf_2

και τα στρογγυλοποιούμε κατάλληλα:

δf_1 =……….δf_2=……………………………………………

στ) Παρουσιάζουμε στρογγυλοποιημένα κατάλληλα τα :

$f_1 \pm \delta f_1$ = ……………………………………………. και

$f_2 \pm \delta f_2$ = ……………………………………………….

ζ) Βρίσκουμε τη μέση τιμή των f_1και f_2, $\bar{f}_{\gamma\rho\alpha\varphi}$ χωρίς να την στρογγυλοποιήσουμε

, $\bar{f}_{\gamma\rho\alpha\varphi}$ = …………

η) Υπολογίζουμε το σφάλμα του $\bar{f}_{\gamma\rho\alpha\varphi}$ με την βοήθεια των τύπων σύνθετου σφάλματος

(αν $f = K.(u+v+\ldots\ldots+z)$ $\delta f = K\sqrt{(\delta u)^2+(\delta v)^2+\cdots+(\delta z)^2}$ όπου K μια σταθερά)

και το στρογγυλοποιούμε κατάλληλα.

$\delta\bar{f}_{\gamma\rho\alpha\varphi}$ =. ………

(ΣΑΣ ΥΠΕΝΘΥΜΙΖΟΥΜΕ: Οι άξονες θα έχουν τίτλους και μονάδες. Στο διάγραμμα θα συμπεριλάβετε την εξίσωση του Trendline. Θα υπολογίσετε με την βοήθεια του Linest (τα αποτελέσματα του οποίου θα μεταφέρετε στο γραπτό σας χωρίς να τα στρογγυλοποιήσετε) την κλίση α με το σφάλμα της και θα την παρουσιάσετε κατάλληλα στρογγυλοποιημένη στην μορφή α ± δα (μονάδες)

Αν υπάρχει σταθερός όρος b διάφορος του μηδενός στο Linest θα τον παρουσιάσετε κατάλληλα στρογγυλοποιημένο στην μορφή b ± δb (μονάδες)

Αν στις γραφικές παραστάσεις δεν μπορείτε να φέρετε ευθείες, να υπολογίσετε την εξίσωση από το Trendline, ή να δώσετε τίτλους στους άξονες , λόγω προβλημάτων με το excel θα κάνετε τα ακόλουθα:

1) *Θα παρουσιάσετε το διάγραμμα μόνο με τα σημεία.*
2) *Θα γράψετε ποια φυσική ποσότητα απεικονίζεται στον άξονα x με τις μονάδες της και το ίδιο για τον άξονα y.*
3) *Αφου στρογγυλοποιήσετε όπως λέμε πιο πάνω τα αποτελέσματα του Linest θα παρουσιάσετε την εξίσωση της ευθείας χρησιμοποιώντας τις στρογγυλοποιημένες τιμές της κλίσης και του b.)*

9) Συγκρίνετε $\bar{f}_{γραφ}$ με το $\bar{f}$ του Πίνακα 1 και σχολιάστε.

10) Αν η τιμή της εστιακής απόστασης που αναγράφεται στον φακό είναι 15cm ποια ή απόκλιση των $\bar{f}$ και $\bar{f}_{γραφ}$ από αυτή ; Σχολιάστε.

$\Delta\bar{f}$ = ………………………………………………………………… και
$\Delta\bar{f}_{γραφ}$ = ……………………………………………………………

ΑΣΚΗΣΗ 3.
Ο5. Προσδιορισμός της εστιακής απόστασης f συγκλίνοντα φακού από τις αποστάσεις από τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου από το φακό

Βιβλιογραφια:

Ασκηση Ο3,

Ασκηση Ο5,

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ PDF ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ Ο5

(Π. Χρυσικοπούλου)

https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html

https://ophysics.com/l12.html

https://ophysics.com/l13.html

https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Refraction-and-Lenses/Optics-Bench/Optics-Bench-Refraction-Interactive

https://www.edumedia-sciences.com/en/media/665-converging-lens