

**ΑΝΩΤΑΤΗ  
ΣΧΟΛΗ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

<b>ΜΑΘΗΜΑ</b>	<b>ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ</b>
<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>	<b>Ηλεκτρολόγων – Ηλεκτρονικών Μηχανικών</b>
<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>	<b>Μηχανολόγων Μηχανικών</b>
<b>ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ</b>	<b>Πολιτικών Μηχανικών</b>

**Καθηγητής Σιδεράς Ευστάθιος**

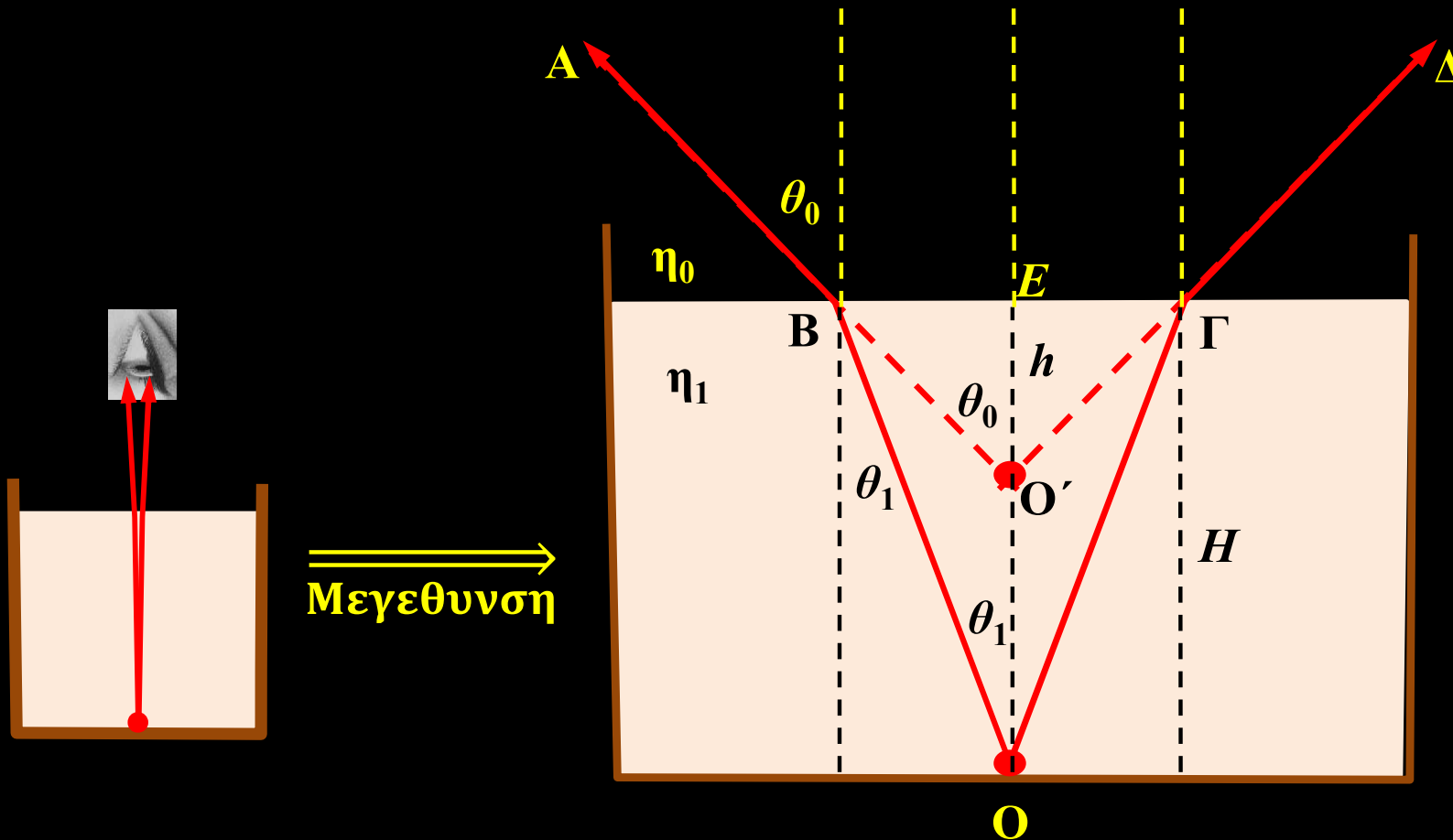
# ΑΚΤΙΝΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

## Σχηματισμός Ειδώλων με Διάθλαση

### Λεπτοί Φακοί

- Είδη φακών
- Πορεία Φωτεινών Ακτινών σε Φακούς
- Δημιουργία Ειδώλων με Φακούς
- Μεγέθυνση
- Εξισώσεις Λεπτών Φακών
- Ισχύς Φακών

# Διάθλαση – Σχηματισμός Ειδώλου



$$EB \ll h$$

$$\theta_0 \ll 1 \text{ rad}$$

$$\theta_1 \ll 1 \text{ rad}$$

Προσέγγιση μικρών  
γωνιών:

$$\sin \theta_0 \approx \tan \theta_0$$

$$\sin \theta_1 \approx \tan \theta_1$$

Νόμος Snell στην Ακτίνα ΟΒΑ:  $\eta_1 \sin \theta_1 = \eta_0 \sin \theta_0$

Ορθογώνιο Τρίγωνο ΟΒΕ:

$$\sin \theta_1 \approx \tan \theta_1 = \frac{(BE)}{H}$$

Ορθογώνιο Τρίγωνο Ο'ΒΕ:

$$\sin \theta_0 \approx \tan \theta_0 = \frac{(BE)}{h}$$

$$\eta_1 \frac{(BE)}{H} = \eta_0 \frac{(BE)}{h}$$

$$h = \frac{\eta_0}{\eta_1} H$$

# ΦΑΚΟΙ

Φακός είναι ένα διαφανές υλικό το οποίο περικλείεται μεταξύ δυο σφαιρικών επιφανειών ή μεταξύ μιας σφαιρικής και μιας επίπεδης επιφάνειας



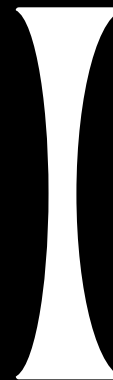
Αμφίκυρτος  
φακός



Μηνίσκος  
φακός



Επιπεδόκυρτος  
φακός



Αμφίκοιλος  
φακός



Επιπεδόκοιλος  
φακός



Αποκλίνων  
Μηνίσκος

**Οπτικές και Γεωμετρικές παράμετροι Φακών**

Δείκτης διάθλασης:  $n$

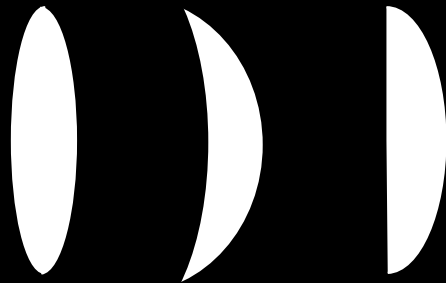
Ακτίνες Καμπυλότητας σφαιρικών επιφανειών:  $R_1$  και  $R_2$

# ΦΑΚΟΙ

Εξαιτίας του φαινομένου της διάθλασης, οι ακτίνες φωτός που διέρχονται από ένα φακό εκτρέπονται.

Ανάλογα με το είδος της εκτροπής, οι φακοί χαρακτηρίζονται ως:

Συγκλίνοντες



Παχύτεροι στο μέσο  
από ότι στα άκρα

Οι παράλληλες οπτικές  
ακτίνες που προσπίπτουν σε  
αυτούς **συγκλίνουν** σε  
συγκεκριμένα σημεία.

Αποκλίνοντες

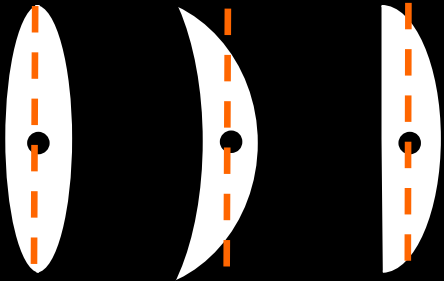


Λεπτότεροι στο μέσο  
από ότι στα άκρα

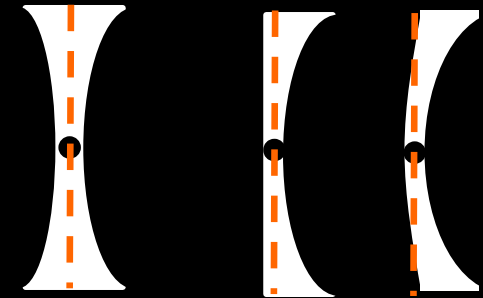
Οι παράλληλες οπτικές  
ακτίνες που προσπίπτουν σε  
αυτούς **αποκλίνουν** από  
συγκεκριμένα σημεία.

# Χρήσιμα Στοιχεία Φακών

Συγκλίνοντες



Αποκλίνοντες

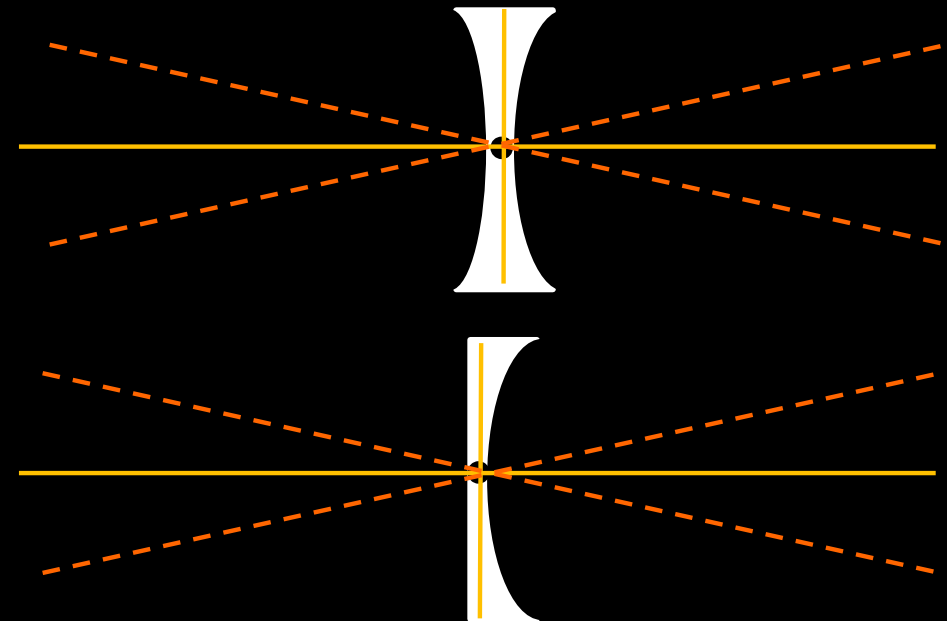
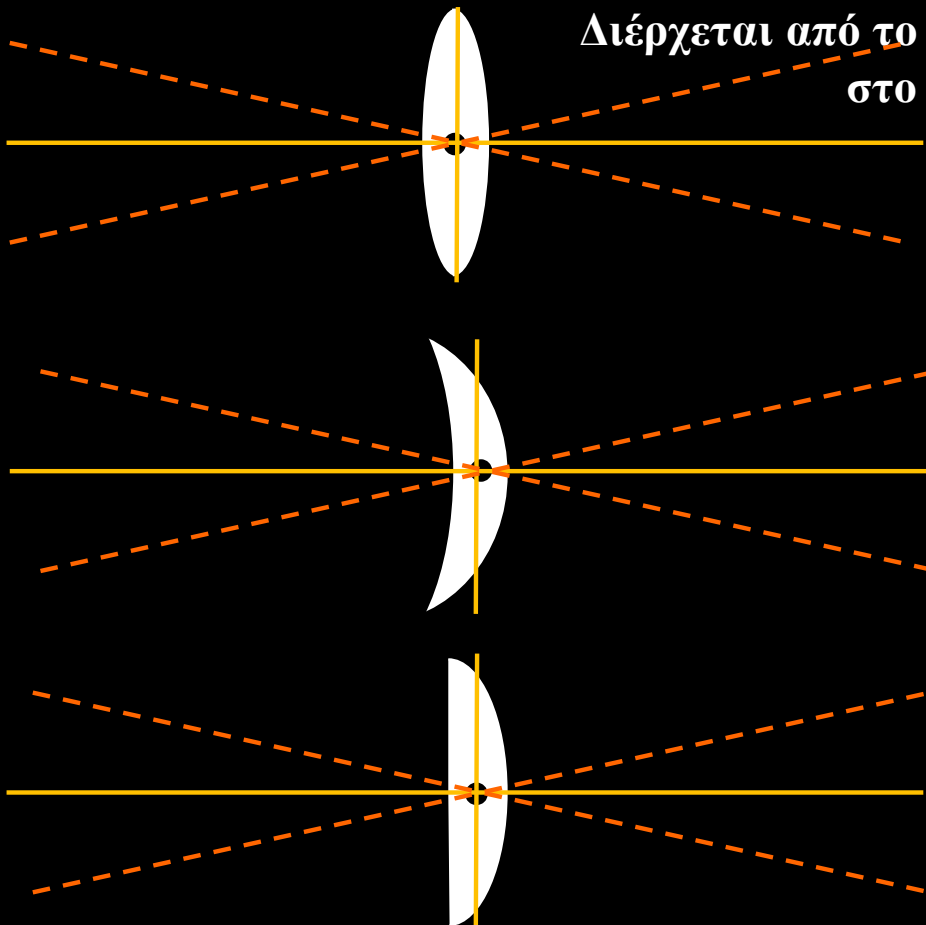


Οπτικό Κέντρο Φακού

Επίπεδο Φακού

Κύριος Οπτικός Άξονας

Διέρχεται από το οπτικό κέντρο και είναι κάθετος στο επίπεδο του φακού

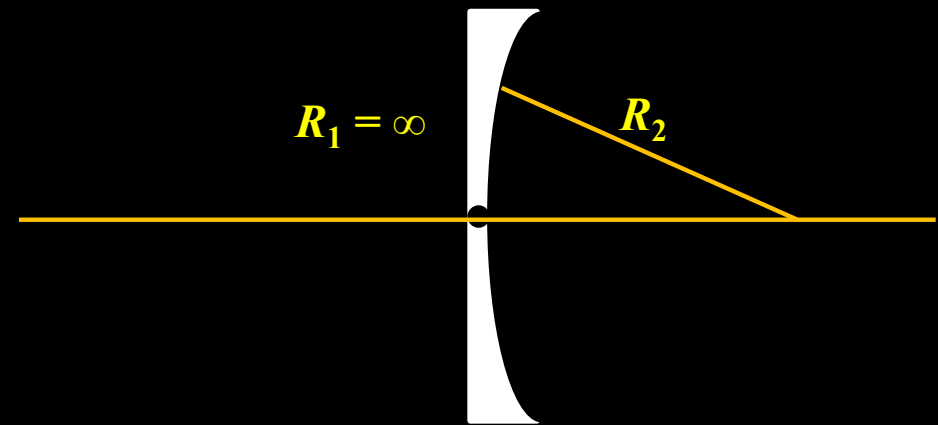
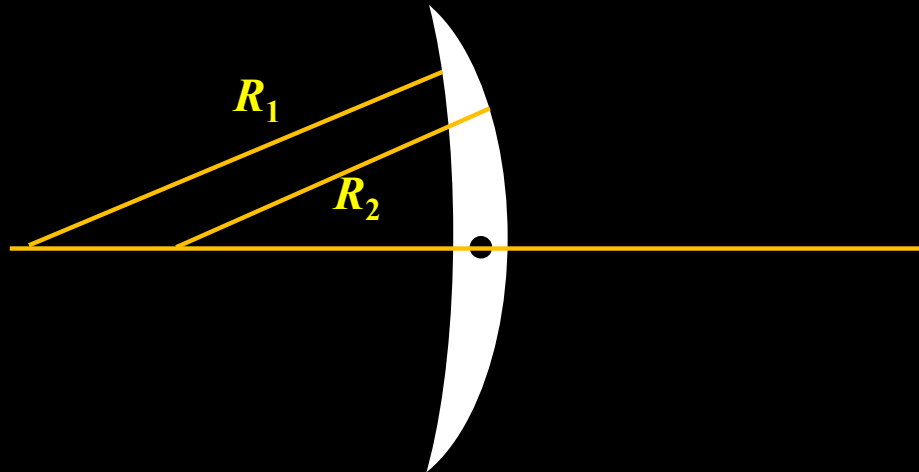
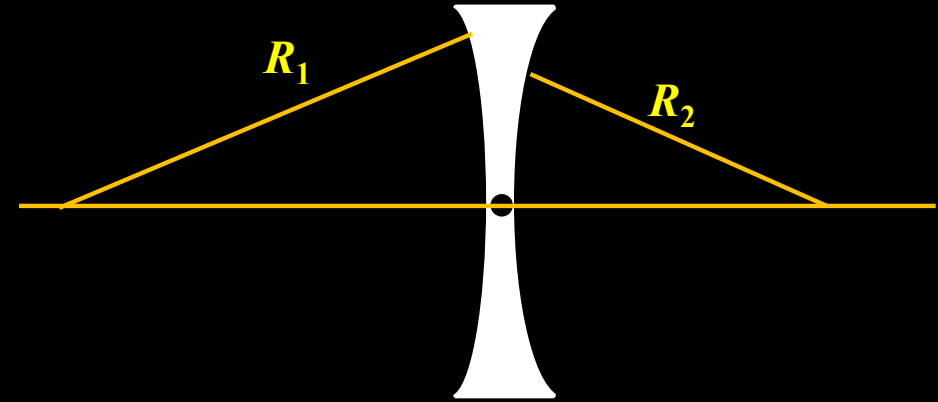
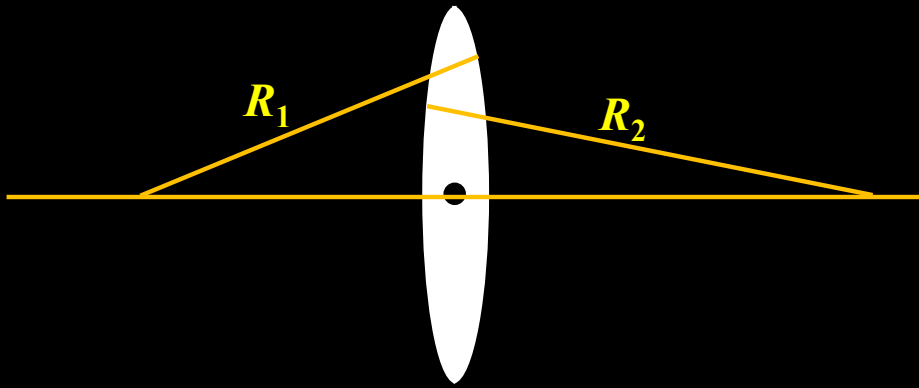


Δευτερεύοντες Οπτικοί Άξονες

Διέρχονται από το οπτικό κέντρο του φακού

# Χρήσιμα Στοιχεία Φακών

## Ακτίνες καμπυλότητας φακού



# Λεπτοί Φακοί

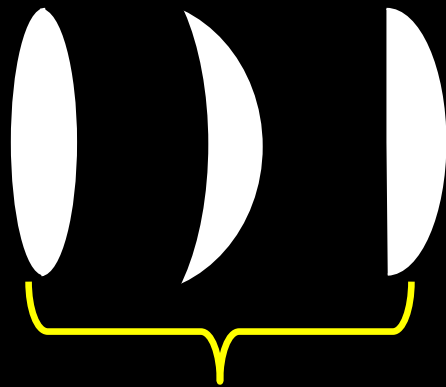
Για τον περιορισμό των σφαλμάτων, οι φακοί πρέπει να έχουν πολύ μικρό πάχος

Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως **ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ**

Στους **ΛΕΠΤΟΥΣ ΦΑΚΟΥΣ** οι ακτίνες φωτός διαθλώνται μια μόνο φορά

Για πρακτικούς λόγους οι **ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ** συμβολίζονται:

Συγκλίνοντες φακοί



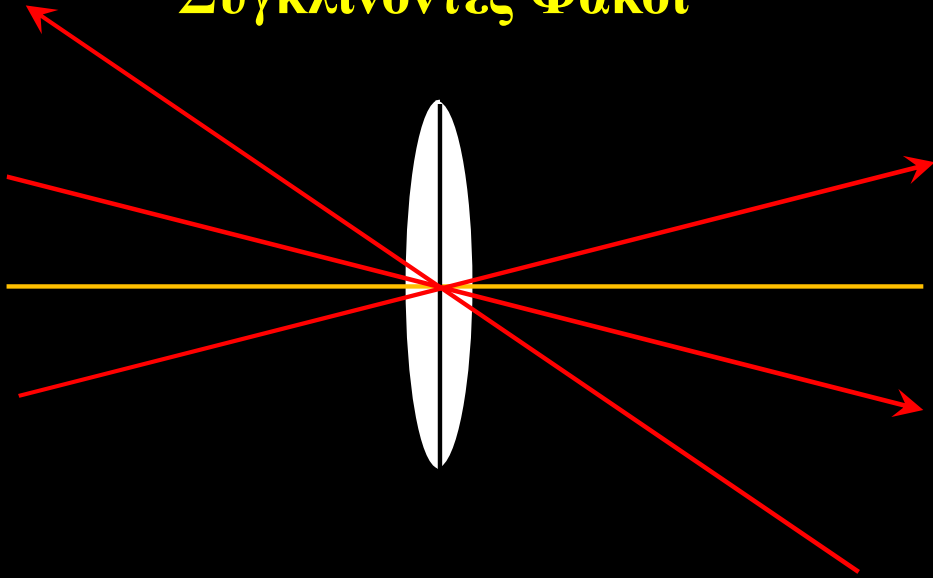
Αποκλίνοντες



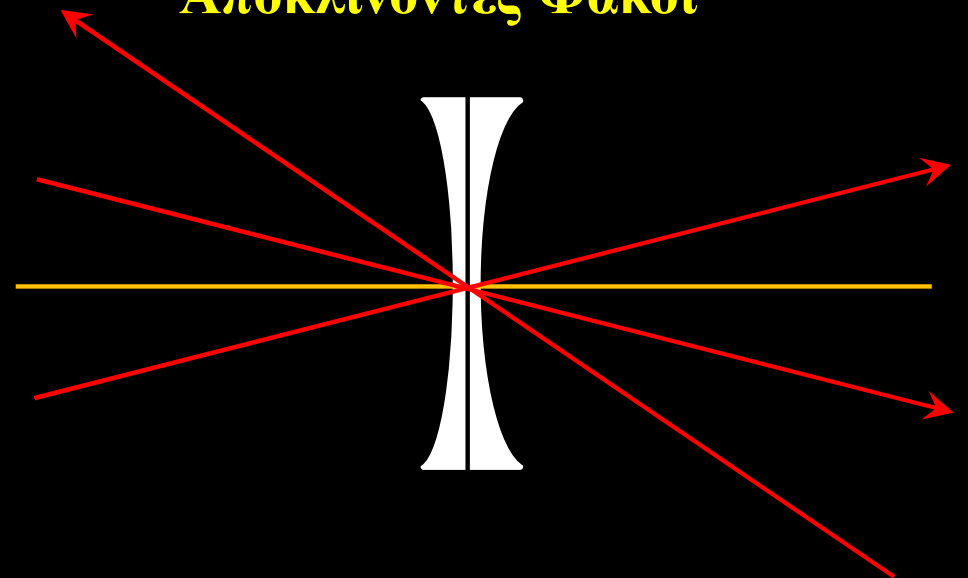
Οι συμβολισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως για το σχεδιασμό της πορείας των οπτικών ακτινών

# Πορεία Φωτεινών Ακτινών στους Λεπτούς Φακούς

**Συγκλίνοντες Φακοί**



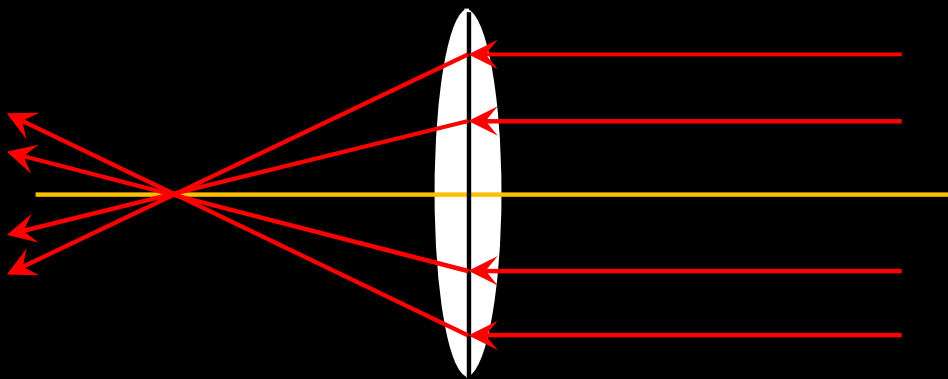
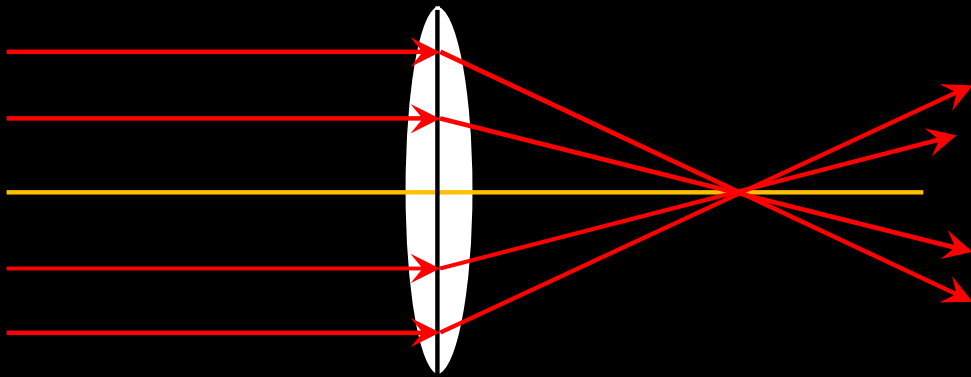
**Αποκλίνοντες Φακοί**



**Οι οπτικές ακτίνες, ανεξαρτήτου φοράς, που διέρχονται από το οπτικό κέντρο κάθε φακού δεν υφίστανται καμιά εκτροπή**

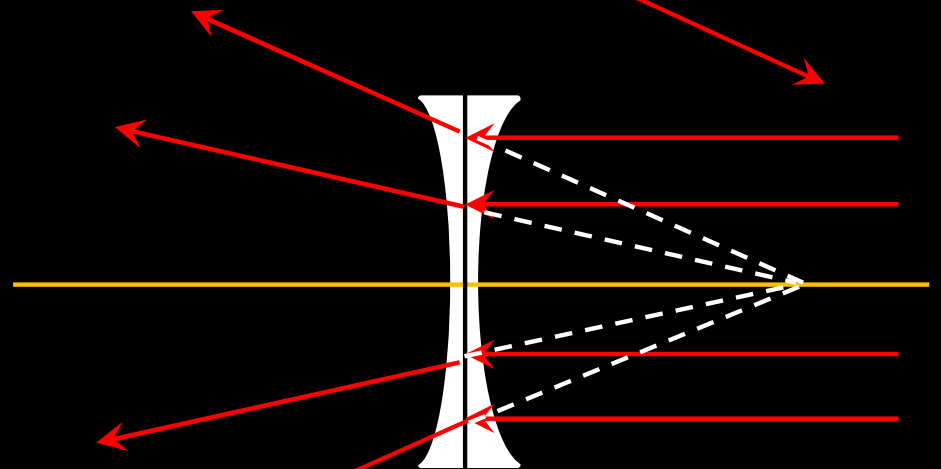
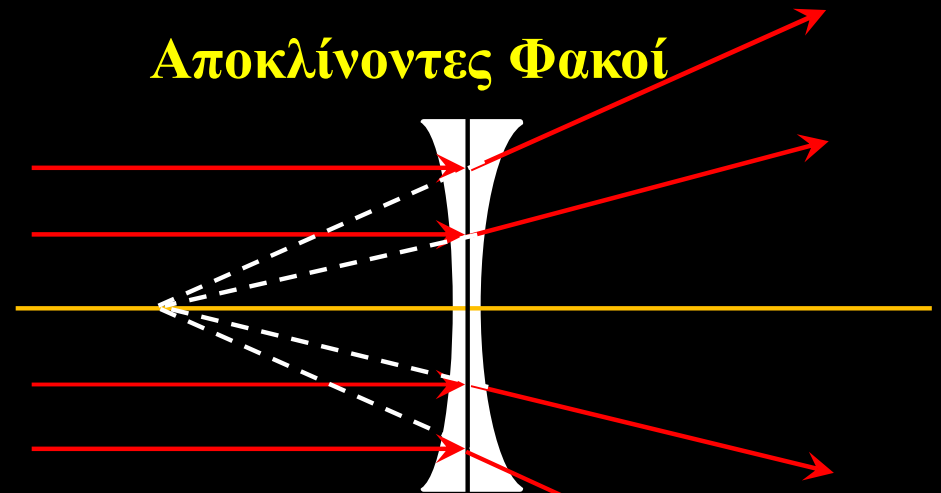
# Πορεία Φωτεινών Ακτινών στους Λεπτούς Φακούς

## Συγκλίνοντες Φακοί



Οπτικές ακτίνες, ανεξαρτήτου φοράς, που είναι παράλληλες με τον κύριο οπτικό άξονα συγκλίνουν σε ένα σημείο το οποίο ονομάζεται κύρια εστία του φακού

## Αποκλίνοντες Φακοί



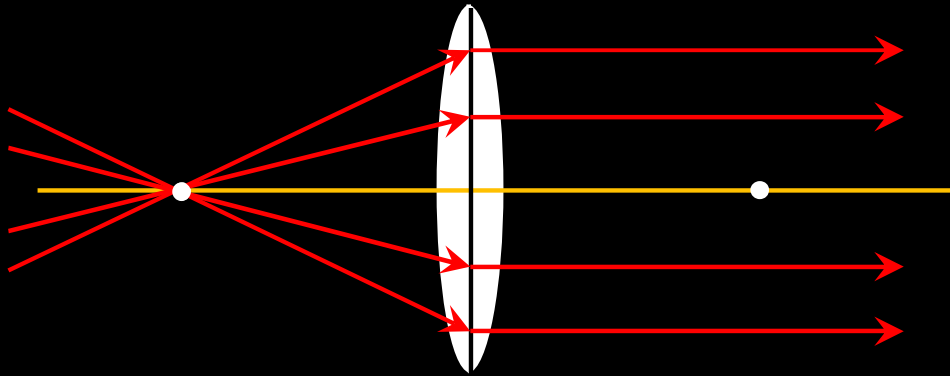
Οπτικές ακτίνες, ανεξαρτήτου φοράς, που είναι παράλληλες με τον κύριο οπτικό άξονα αποκλίνουν από ένα σημείο το οποίο ονομάζεται κύρια εστία του φακού

Κάθε Φακός έχει **δύο Κύριες Εστίες** που είναι **συμμετρικές** ως προς το Οπτικό Κέντρο

Η απόσταση κάθε **Κύριας Εστίας** από το οπτικό κέντρο λέγεται **εστιακή απόσταση  $f$**

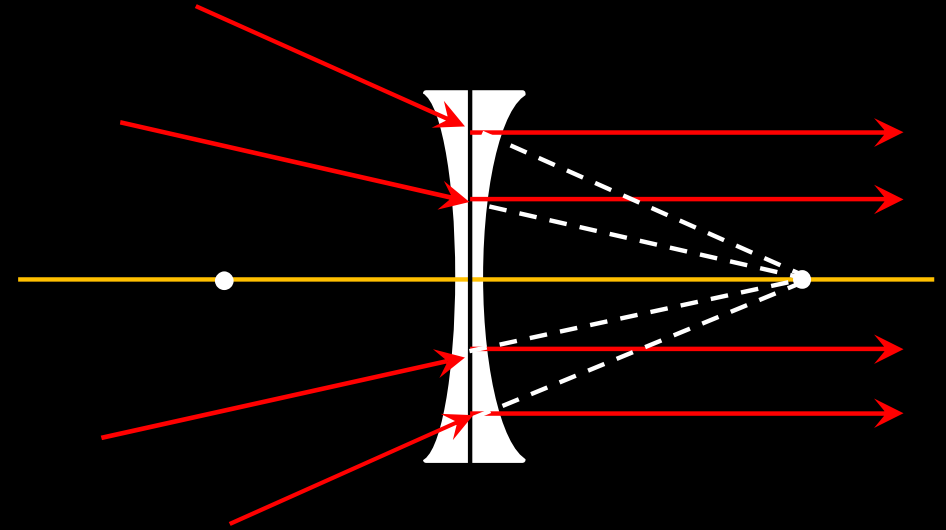
# Πορεία Φωτεινών Ακτινών στους Λεπτούς Φακούς

## Συγκλίνοντες Φακοί



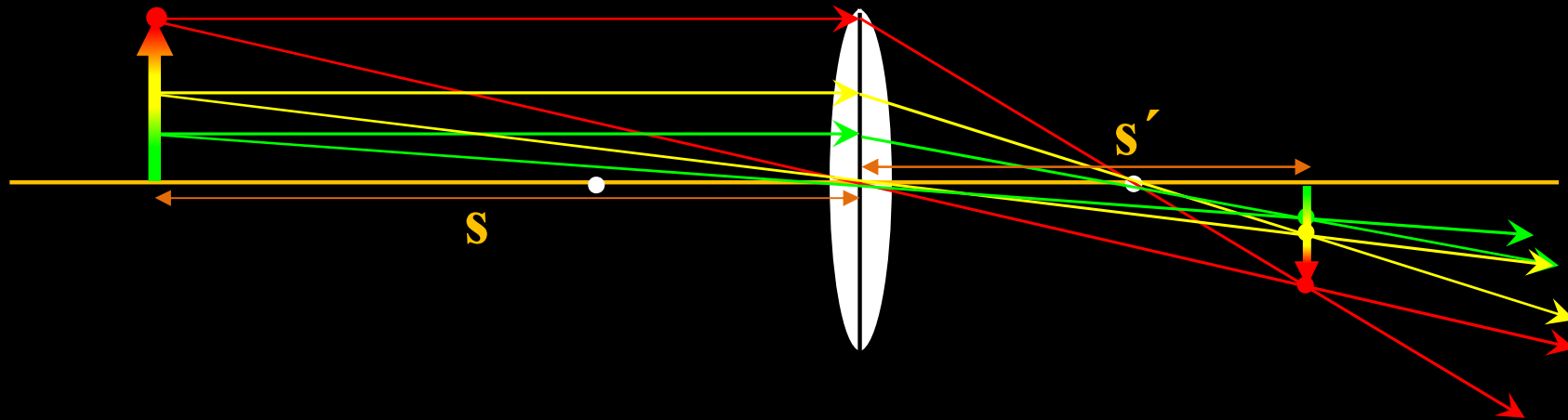
Οπτικές ακτίνες, ανεξαρτήτου φοράς, που διέρχονται από μια κύρια εστία και προσπίπτουν σε συγκλίνοντα φακό εξέρχονται από αυτόν παράλληλα με τον κύριο οπτικό άξονα

## Αποκλίνοντες Φακοί



Οπτικές ακτίνες, ανεξαρτήτου φοράς, που συγκλίνουν σε συγκλίνοντα φακό και οι προεκτάσεις τους διέρχονται από μια κύρια εστία, εξέρχονται από το φακό παράλληλα με τον οπτικό άξονα.

# Δημιουργία Ειδώλου σε Συγκλίνοντα Λεπτό Φακό



Σχεδιάζουμε το Φακό μαζί με τον **κύριο οπτικό άξονα** και τις δυο **κύριες εστίες**.

Θέτουμε το αντικείμενο, π.χ. ένα βέλος, κάθετα στον οπτικό άξονα και σε απόσταση **S** από το οπτικό κέντρο

Σχεδιάζουμε την πορεία **δυο χαρακτηριστικών φωτεινών ακτίνων** που εκπέμπονται από την κορυφή του αντικειμένου:

Την ακτίνα που εκπέμπεται **παράλληλα** με τον **κύριο οπτικό άξονα**

Την ακτίνα που διέρχεται από **το οπτικό κέντρο** του φακού

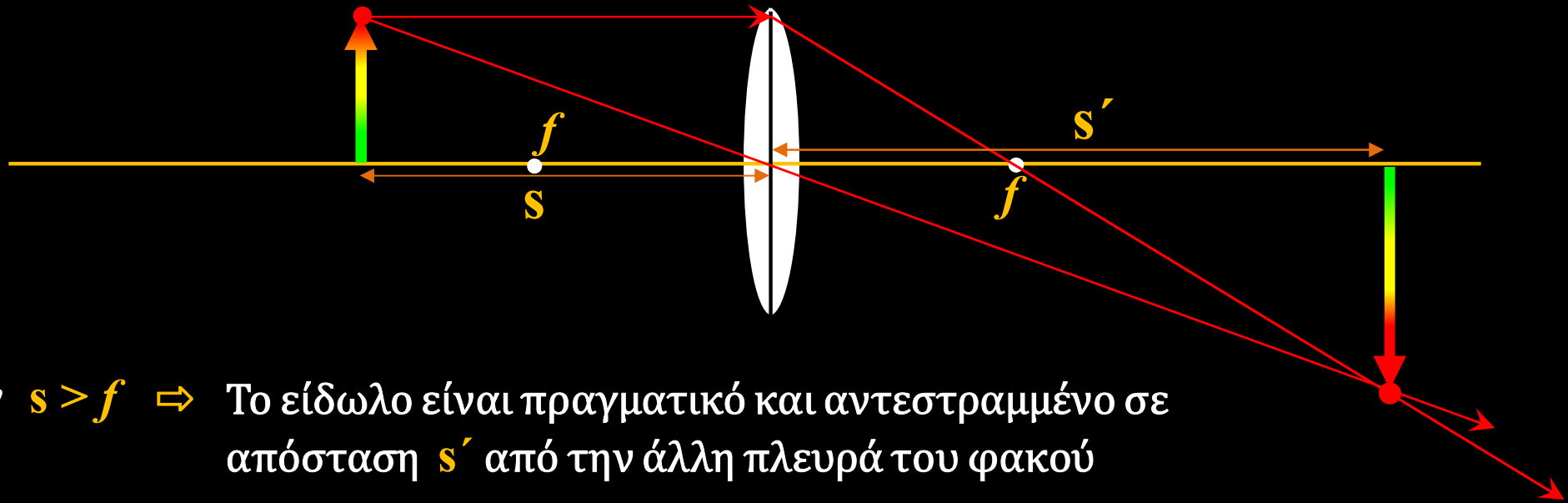
Εκεί που τέμνονται οι δυο ακτίνες δημιουργείται το είδωλο της κορυφής του βέλους

Με την ίδια διαδικασία προσδιορίζονται και τα είδωλα των άλλων σημείων του αντικειμένου

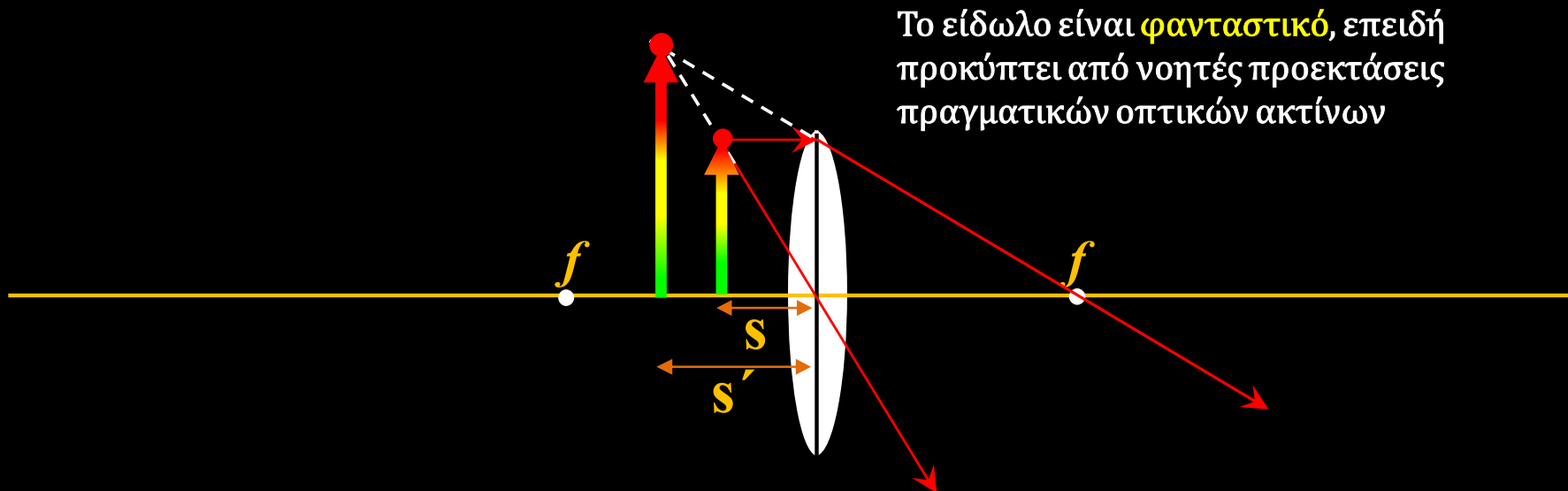
Η ένωση των σημειακών ειδώλων δημιουργεί το είδωλο του αντικειμένου σε απόσταση **S'** από το οπτικό κέντρο

**Το είδωλο είναι πραγματικό επειδή προκύπτει από την τομή πραγματικών φωτεινών ακτίνων**

# Δημιουργία Ειδώλου σε Συγκλίνοντα Λεπτό Φακό



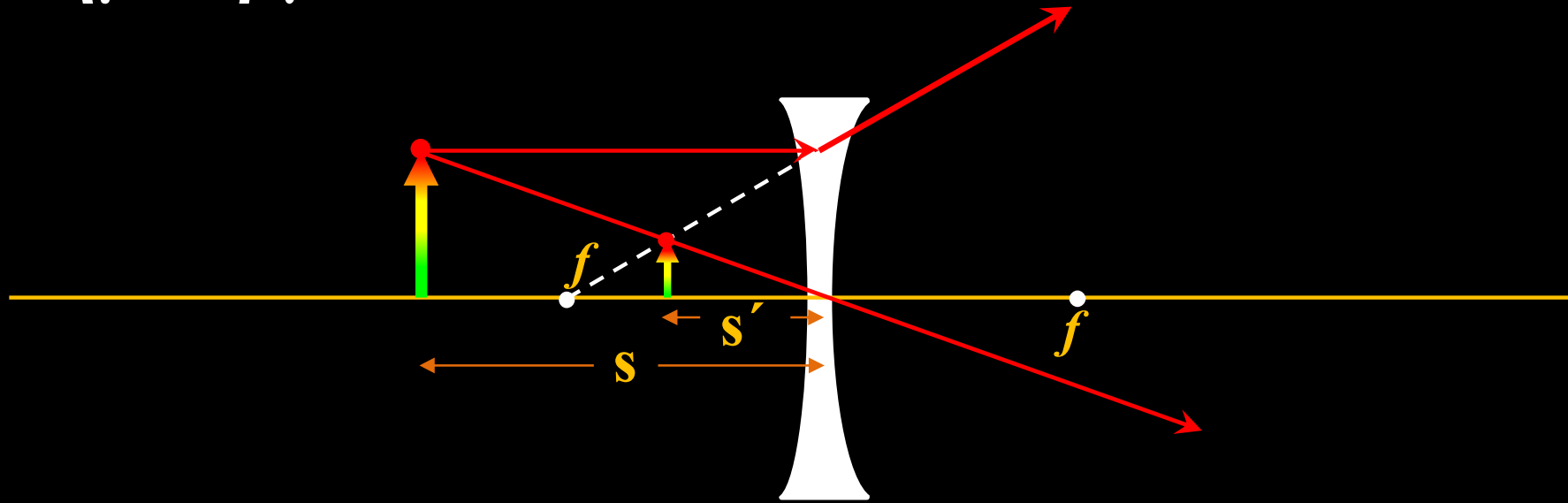
Όταν  $s > f \Rightarrow$  Το είδωλο είναι πραγματικό και αντεστραμμένο σε απόσταση  $s'$  από την άλλη πλευρά του φακού



Το είδωλο είναι **φανταστικό**, επειδή προκύπτει από νοητές προεκτάσεις πραγματικών οπτικών ακτίνων

Όταν  $s < f \Rightarrow$  Το είδωλο είναι φανταστικό, ορθό και φαίνεται προς την πλευρά που είναι και το αντικείμενο

# Δημιουργία Ειδώλου σε Αποκλίνοντα Λεπτό Φακό



Σχεδιάζουμε το Φακό μαζί με τον **κύριο οπτικό άξονα** και τις δυο **κύριες εστίες**.

Θέτουμε το αντικείμενο, π.χ. ένα βέλος, **κάθετα** στον οπτικό άξονα και σε απόσταση **S** από το οπτικό κέντρο

Σχεδιάζουμε την πορεία **δυο χαρακτηριστικών φωτεινών ακτινών** που εκπέμπονται από την κορυφή του αντικειμένου:

Την ακτίνα που εκπέμπεται **παράλληλα** με τον **κύριο οπτικό άξονα**

Την ακτίνα που διέρχεται από **το οπτικό κέντρο** του φακού

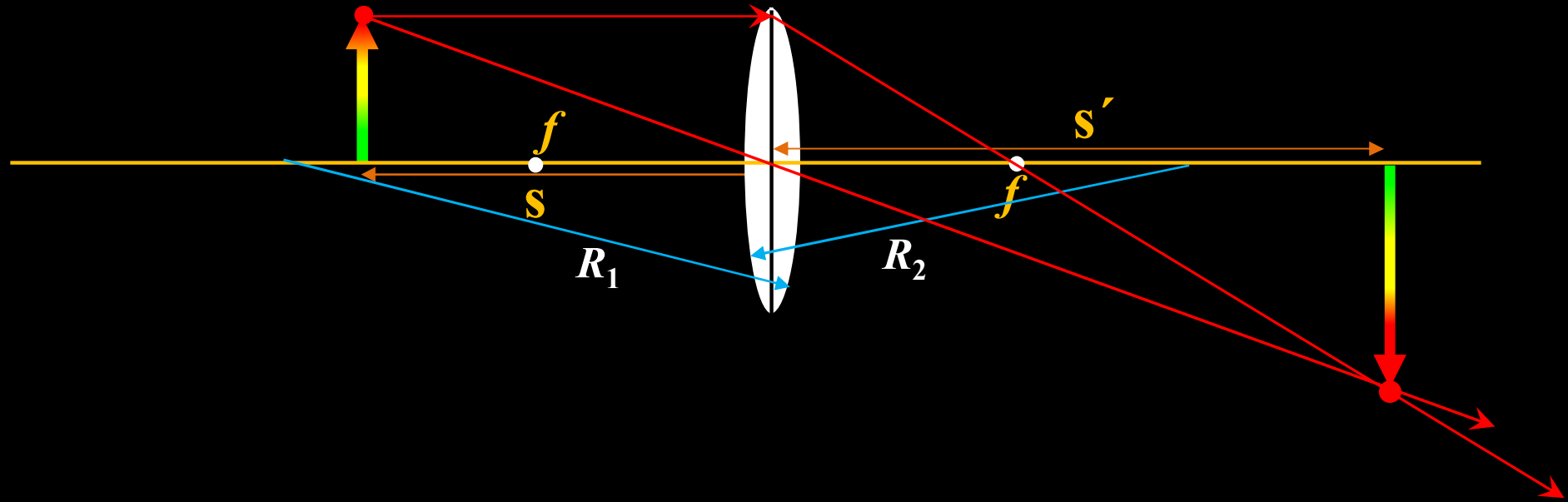
Προεκτείνουμε νοητά την αποκλίνουσα φωτεινή ακτίνα προς την κυρία εστία που βρίσκεται προς το μέρος του αντικειμένου

Εκεί που τέμνονται η πραγματική ακτίνα με την προέκταση της αποκλίνουσας δημιουργείται το φανταστικό είδωλο της κορυφής του βέλους

Με ανάλογη διαδικασία δημιουργούνται και τα υπόλοιπα σημεία του ειδώλου του αντικειμένου

**Το είδωλο είναι φανταστικό, ορθό και φαίνεται προς την πλευρά του αντικειμένου**

# Εξισώσεις Λεπτών Φακών



**Εξίσωση Κατασκευαστή Φακών:**

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$f$  = Εστιακή απόσταση φακού

$n$  = Δείκτης διάθλασης φακού

$R_1$  και  $R_2$  = ακτίνες καμπυλότητας  
σφαιρικών επιφανειών φακού

**Εξίσωση Λεπτών Φακών:**

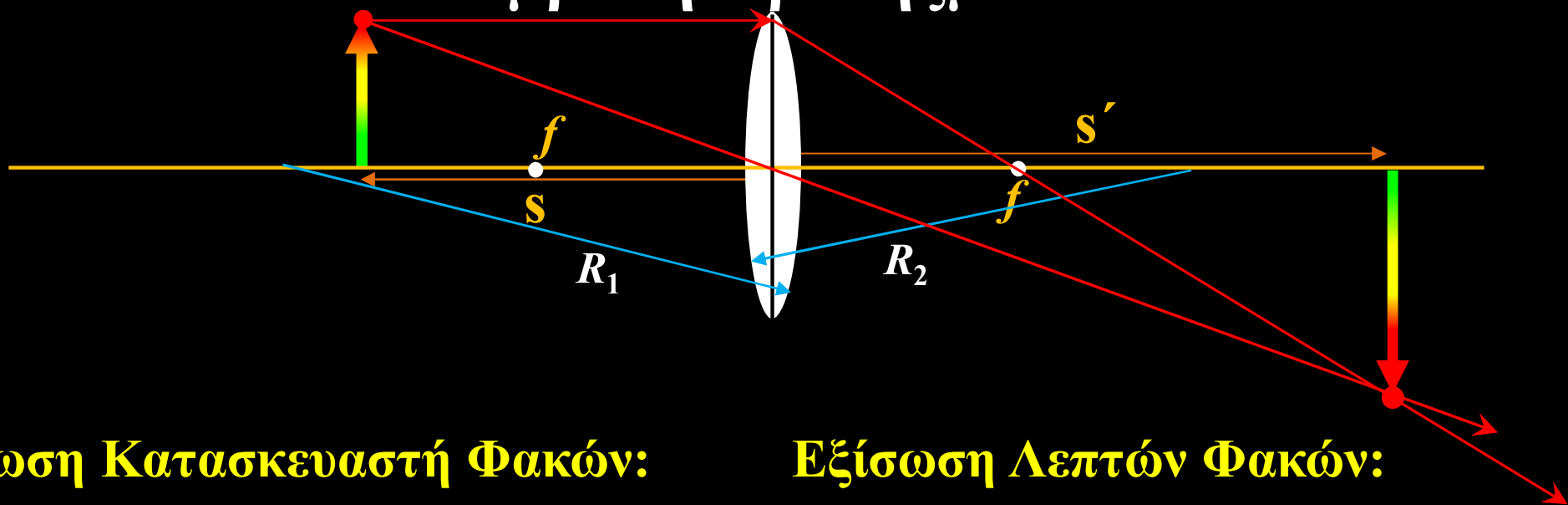
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$s$  = Απόσταση αντικειμένου από οπτικό  
κέντρο φακού

$s'$  = Απόσταση ειδώλου από οπτικό  
κέντρο φακού

# Εξισώσεις Λεπτών Φακών

## Σύμβαση Προσήξμων



**Εξίσωση Κατασκευαστή Φακών:**

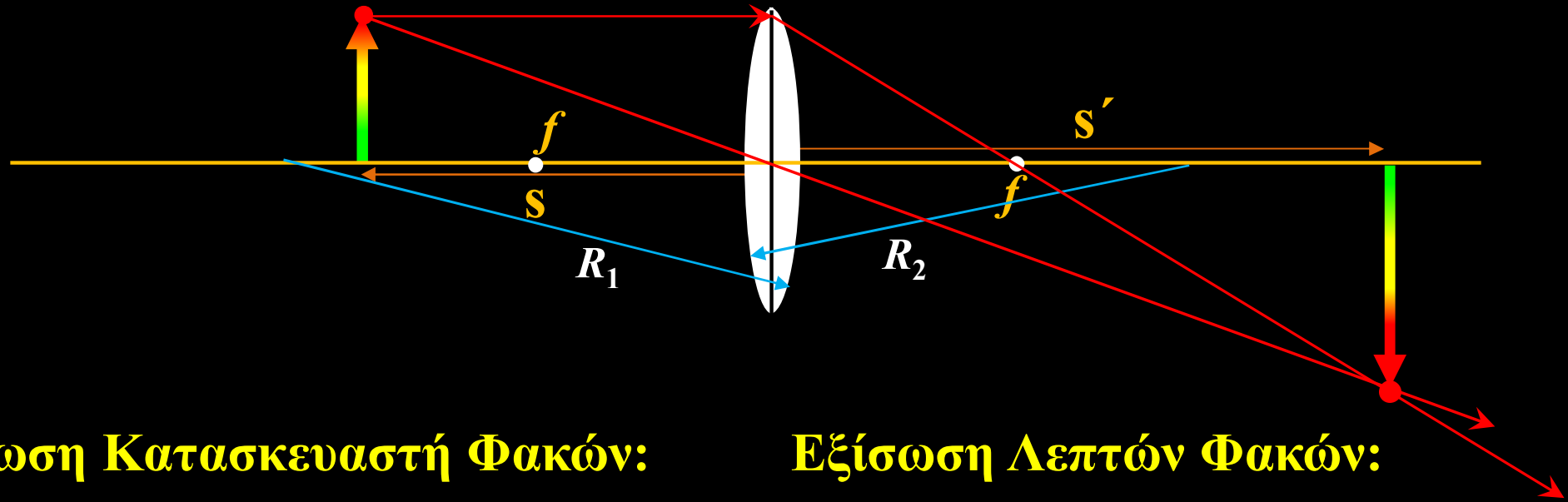
**Εξίσωση Λεπτών Φακών:**

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

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

Παράμετρος	Θετική	Αρνητική
$R_1, R_2$	Κυρτή επιφάνεια προς το μέρος του αντικειμένου	Κοίλη επιφάνεια προς το μέρος του αντικειμένου
$f$	Συγκλίνων φακός (παχύτερος στο μέσο)	Αποκλίνων φακός (λεπτότερος στο μέσο)
$s'$	Πραγματικό είδωλο προς το άλλο μέρος του φακού	Φανταστικό είδωλο προς το μέρος του αντικειμένου

# Εξισώσεις Λεπτών Φακών



**Εξίσωση Κατασκευαστή Φακών:**

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

**Εξίσωση Λεπτών Φακών:**

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

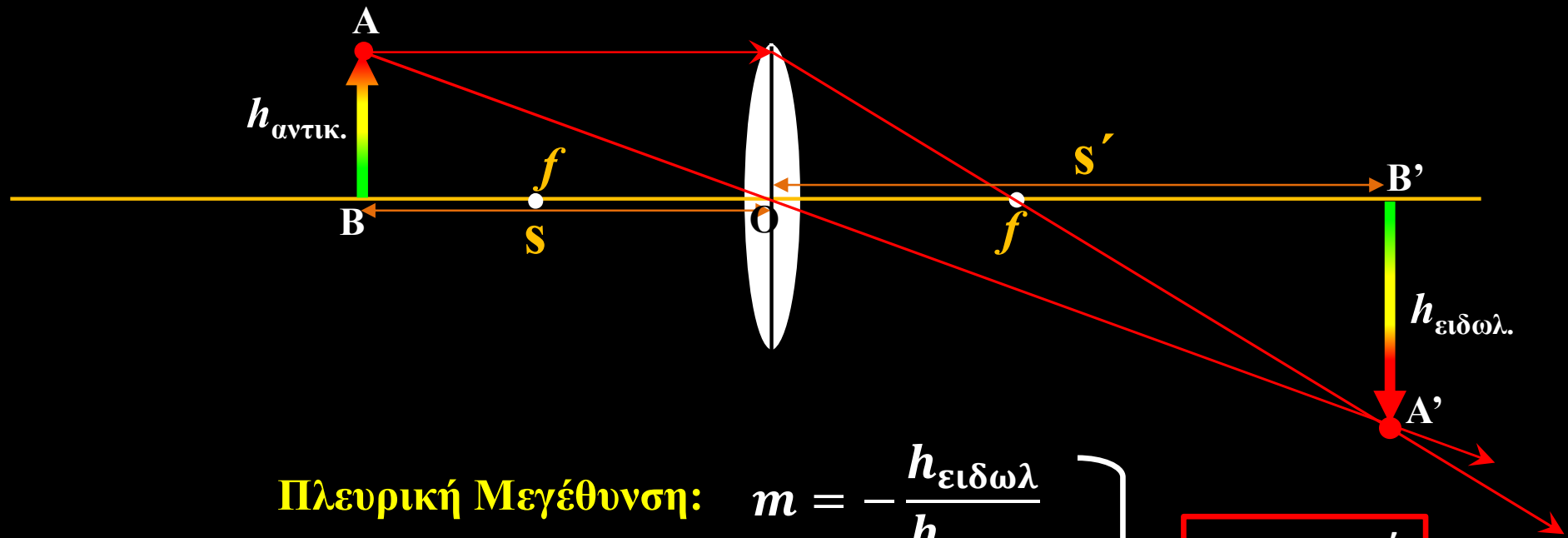
**Ισχύς Φακού:**  $P = \frac{1}{f}$

**Μονάδα Ισχύος Φακού:** 1 dioptre = 1 D = 1 m<sup>-1</sup>

Ισχύς  $P_{ολ}$  συστήματος φακών με εστιακές αποστάσεις  $f_1, f_2, f_3, \dots$  με κοινό κύριο οπτικό άξονα:

$$P_{ολ} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

# Πλευρική Μεγέθυνση σε Συγκλίνοντα Λεπτό Φακό



Πλευρική Μεγέθυνση:  $m = -\frac{h_{\text{ειδωλ}}}{h_{\text{αντικ}}}$

Τα τρίγωνα  $\triangle ABO$  και  $\triangle A'B'O$  είναι όμοια  $\Rightarrow \frac{h_{\text{ειδωλ}}}{h_{\text{αντικ}}} = \frac{s'}{s}$

$$m = -\frac{s'}{s}$$

## ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

$m > 0$  Το είδωλο είναι ορθό σε σχέση με το αντικείμενο

$m < 0$  Το είδωλο είναι αντεστραμμένο σε σχέση με το αντικείμενο