

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2023-24

ΘΕΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

- ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ
- ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ
- ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ
- ΧΡΩΜΑ
- ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ – LED
- PINHOLE CAMERA
- ΠΟΛΩΣΗ
- ΣΥΜΒΟΛΗ – ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ
- ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΦΑΚΟΣ
- LASER – ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ

Πώς περιγράφουμε τη διάδοση του φωτός

- Φωτεινές Ακτίνες → Γεωμετρική Οπτική



σκιά

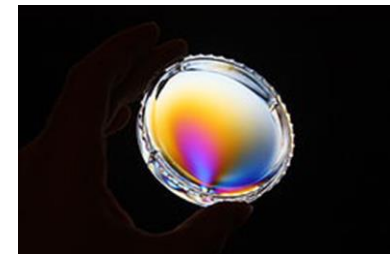
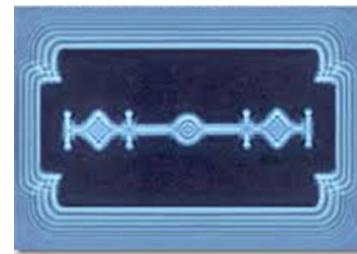
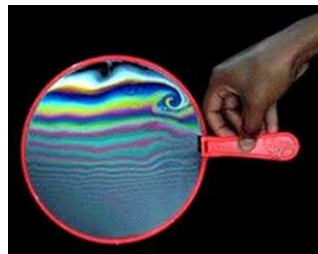


ανάκλαση



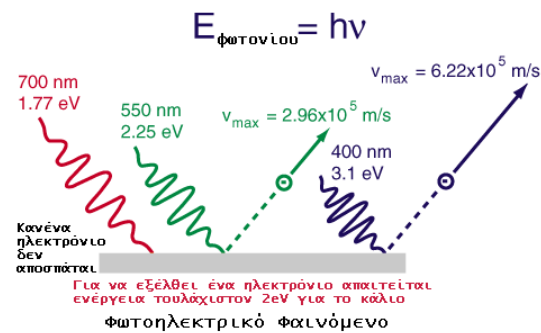
διάθλαση

- Ηλεκτρομαγνητικά κύματα → Κυματική Οπτική



- Φωτόνια → Κβαντική Οπτική

$$E = h\nu$$



ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ



<https://fphoto.photoshelter.com/image/I0000nFZpKs7dW1g>
Copyright:© 1974 George Resch - Fundamental Photographs

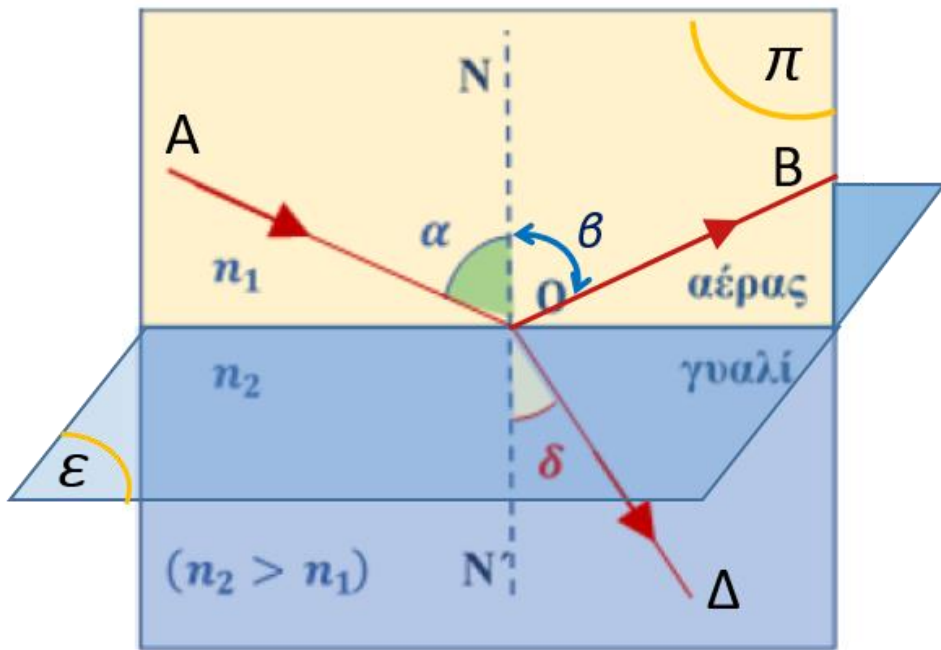
- ΑΟ, ΟΒ, ΟΔ , ΝΝ' βρίσκονται όλες στο ίδιο επίπεδο πρόσπτωσης π

- Ανάκλαση : $\alpha = \beta$

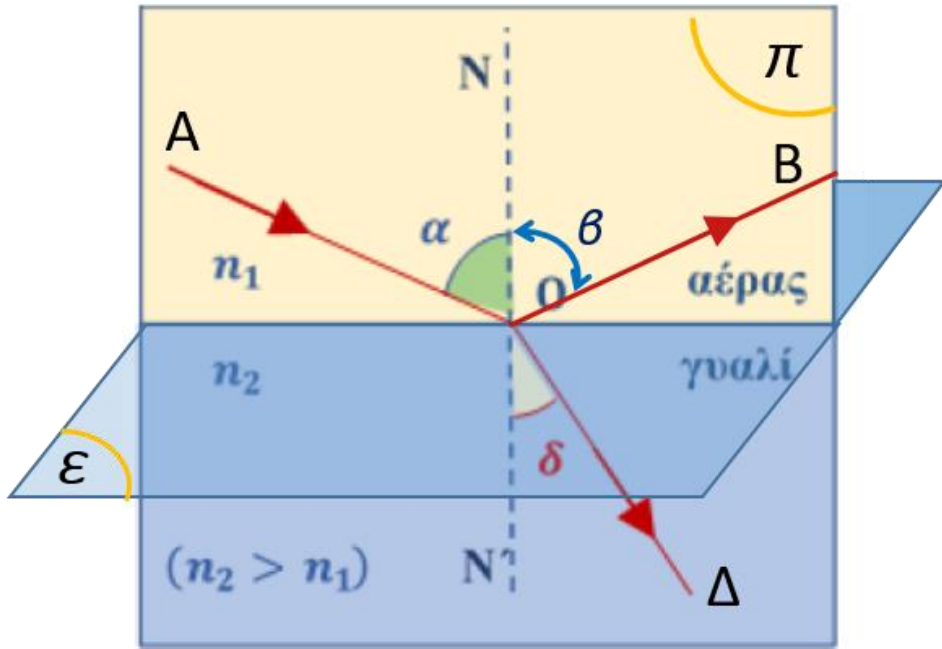
- Διάθλαση : νόμος Snell : $\frac{\eta_{\mu\delta}}{\eta_{\mu\alpha}} = \frac{n_1}{n_2}$



$$n_1 \cdot \eta_{\mu\alpha} = n_2 \cdot \eta_{\mu\delta}$$



ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ



- **ΑΟ, ΟΒ, ΝΝ', ΔΟ** βρίσκονται όλες στο ίδιο επίπεδο πρόσπτωσης π

- Ανάκλαση : $\alpha = \beta$

- Διάθλαση : νόμος Snell : $\frac{\eta\mu\delta}{\eta\mu\alpha} = \frac{n_1}{n_2}$

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΙΔΩΛΩΝ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ → ΚΑΤΟΠΤΡΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ → ΦΑΚΟΙ

• **Πραγματικά** Είδωλα : σχηματίζονται από τις ίδιες τις ακτίνες (ανακλώμενες ή διαθλώμενες)



κοίλη επιφάνεια



• **Φανταστικά** Είδωλα : σχηματίζονται από τις προεκτάσεις των ακτίνων (ανακλώμενων ή διαθλώμενων)



κυρτή επιφάνεια



ΔΙΑΘΛΑΣΗ – ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ



<https://fphoto.photoshelter.com/image/I0000nFZpKs7dW1g>
Copyright:© 1974 George Resch - Fundamental Photographs

- Δείκτης Διάθλασης - Ορισμός:

$$n = \frac{c_0}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \geq 1$$

- εξαρτάται από:

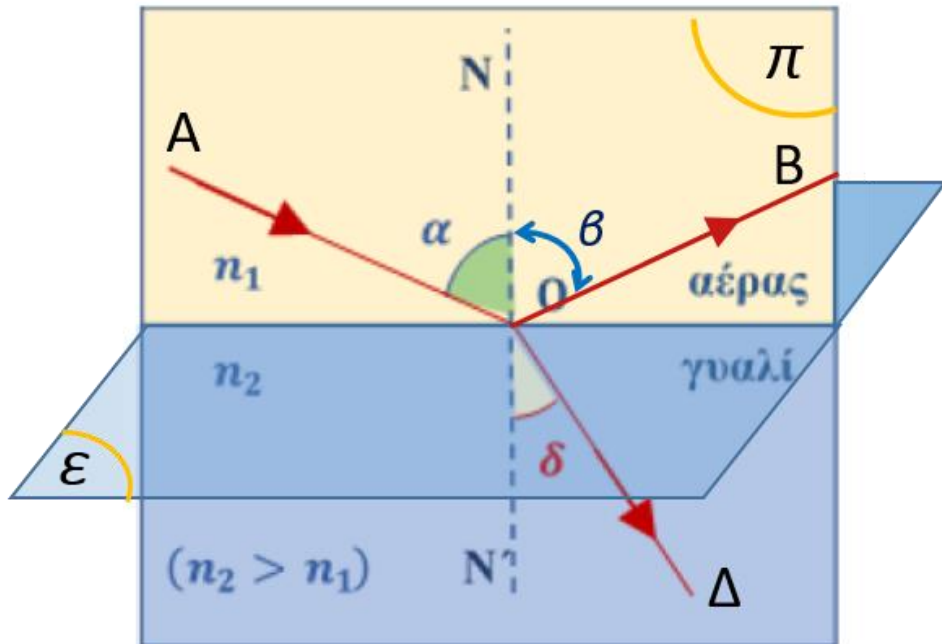
το υλικό
το μήκος κύματος της
προσπίπτουσας ακτινοβολίας

- νόμος Snell :

$$\frac{\eta_{\mu\delta}}{\eta_{\mu\alpha}} = \frac{n_1}{n_2}$$

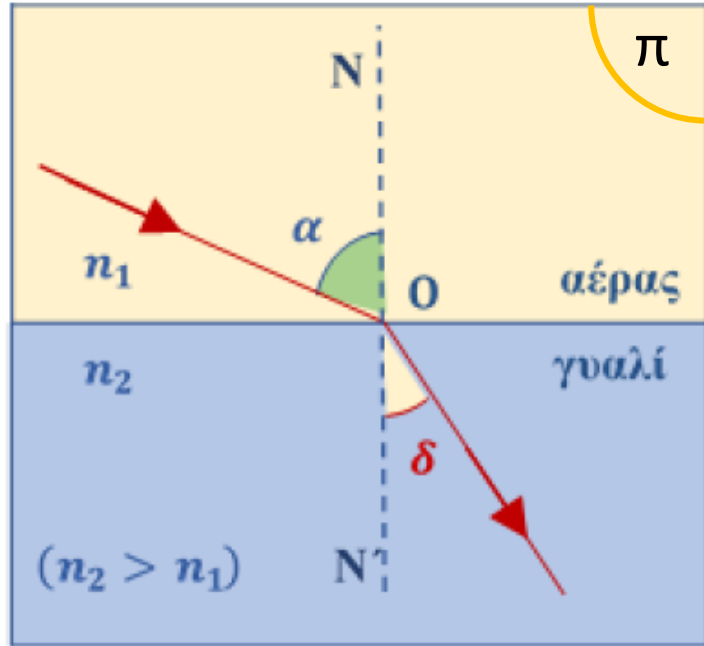


$$n_1 \cdot \eta_{\mu\alpha} = n_2 \cdot \eta_{\mu\delta}$$



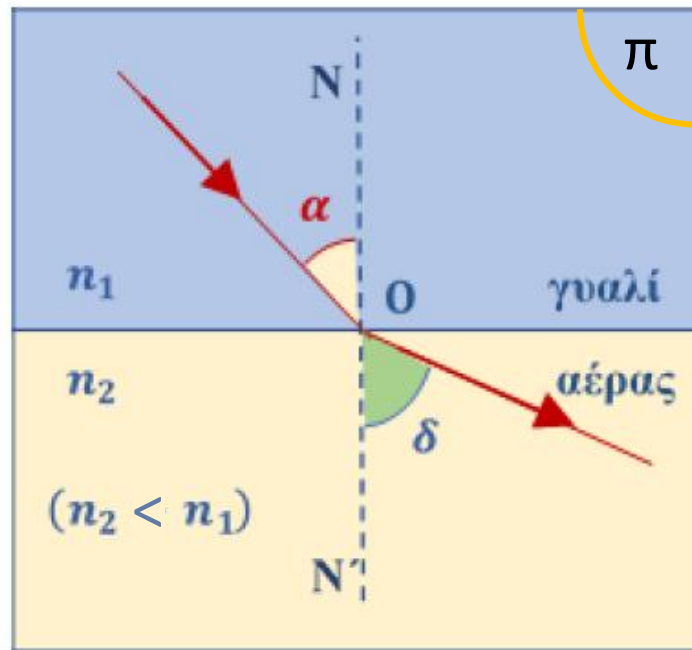
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΜΕΣΟ (1) ΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΜΕΣΟ (2)

(i) αραιότερο \rightarrow πυκνότερο



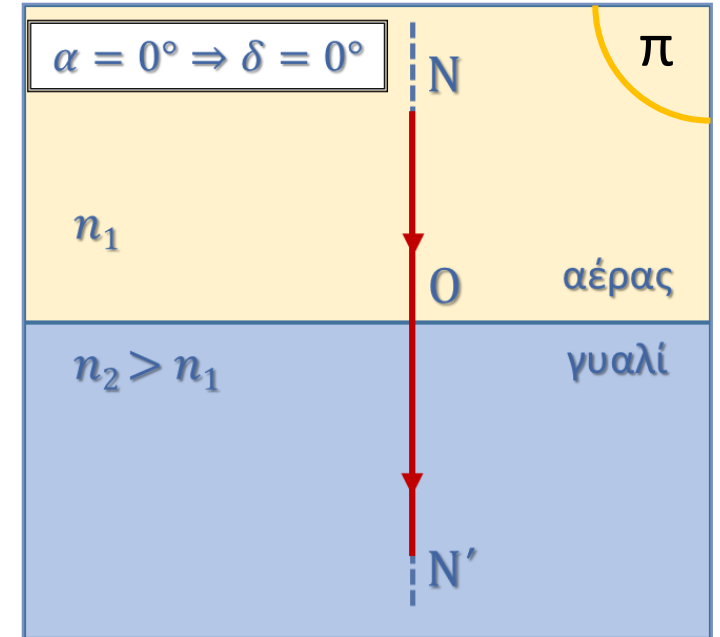
$$n_1 < n_2 \Rightarrow \delta < \alpha$$

(ii) πυκνότερο \rightarrow αραιότερο



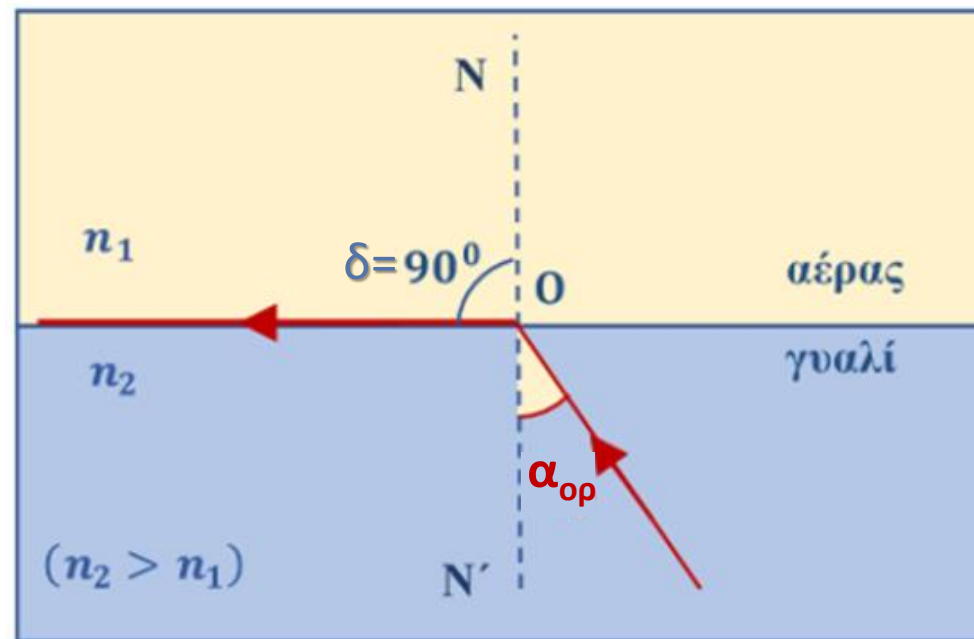
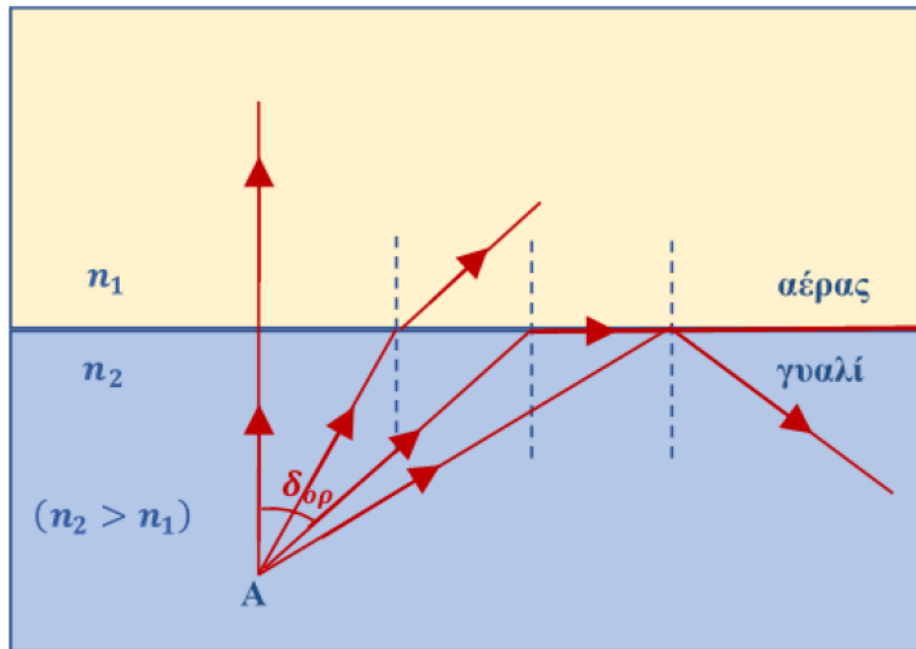
$$n_1 > n_2 \Rightarrow \delta > \alpha$$

(iii) κάθετη πρόσπτωση



$$\alpha = 0^\circ \Rightarrow \delta = 0^\circ$$

ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΟΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ



v. Snell:

$$n_2 \cdot \eta \mu \alpha_{\text{ορ}} = n_1 \cdot \eta \mu \delta$$

$$\alpha = \alpha_{\text{ορ}} \rightarrow \delta = 90^\circ \rightarrow \eta \mu \delta = 1$$

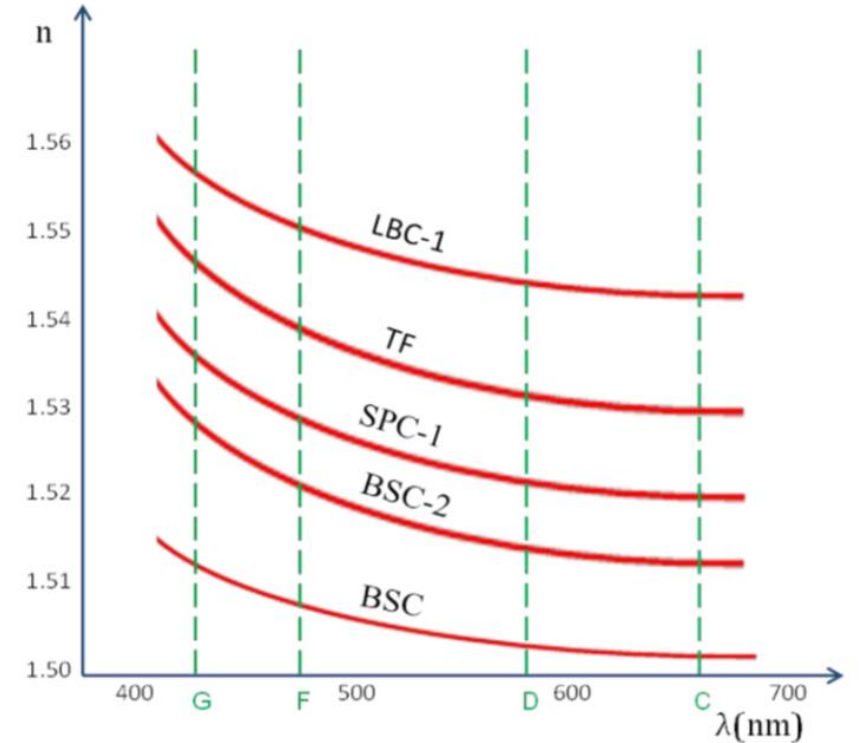
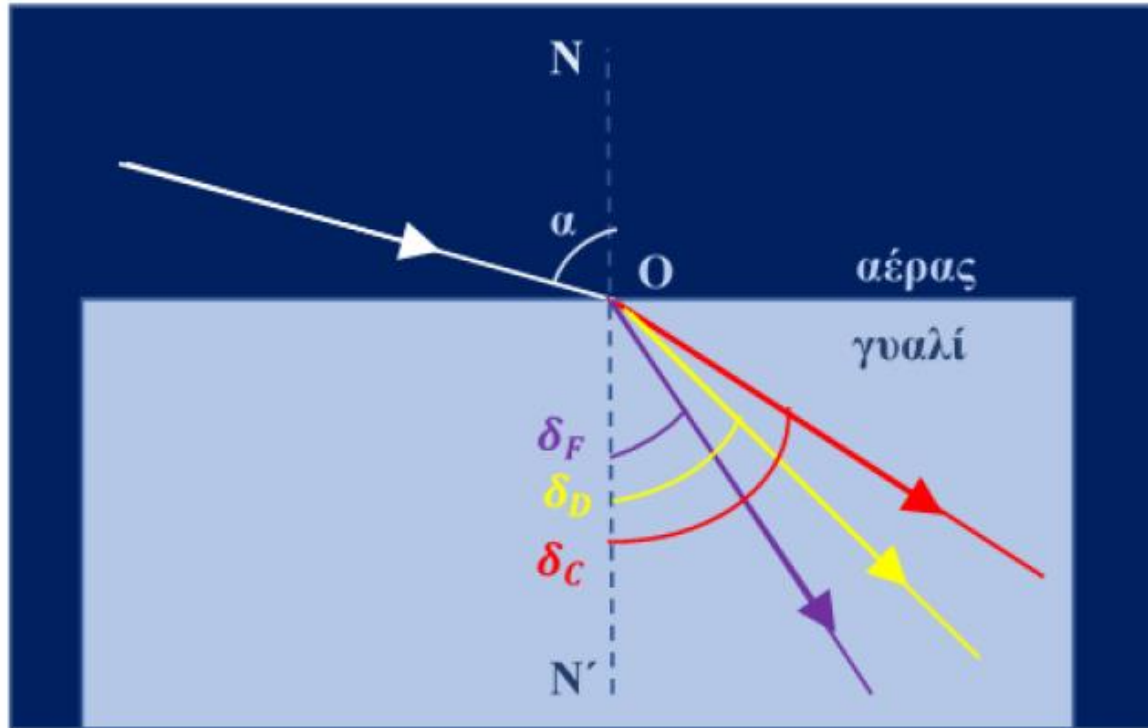
$$n_1 = 1$$

$$n_2 \cdot \eta \mu \alpha_{\text{ορ}} = 1$$

$$\alpha_{\text{ορ}} = \text{τοξημ} (1/n_2)$$

$$n_2 = \frac{1}{\eta \mu \alpha_{\text{ορ}}}$$

ΔΙΑΣΠΟΡΑ $n = f(\lambda)$

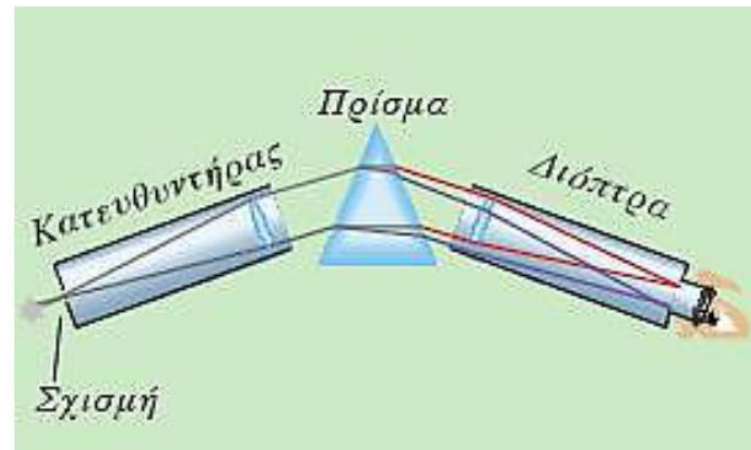
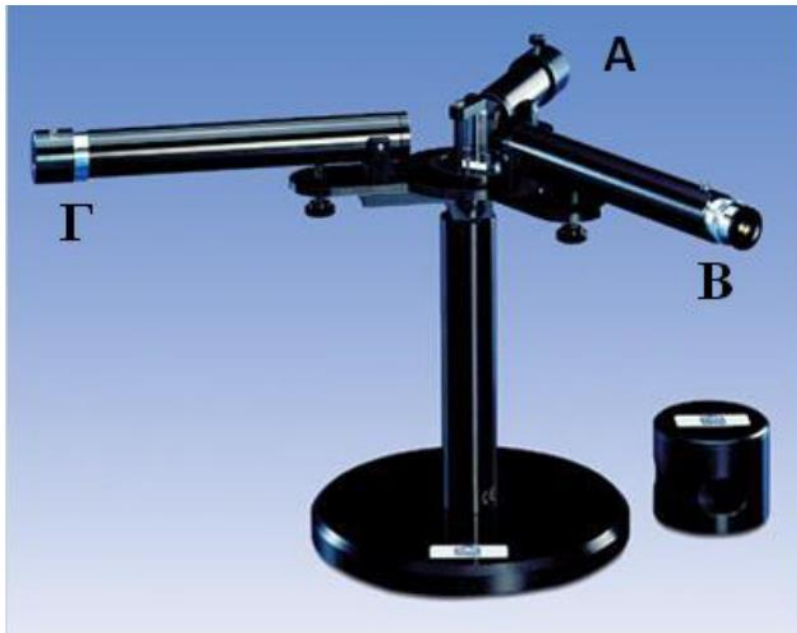
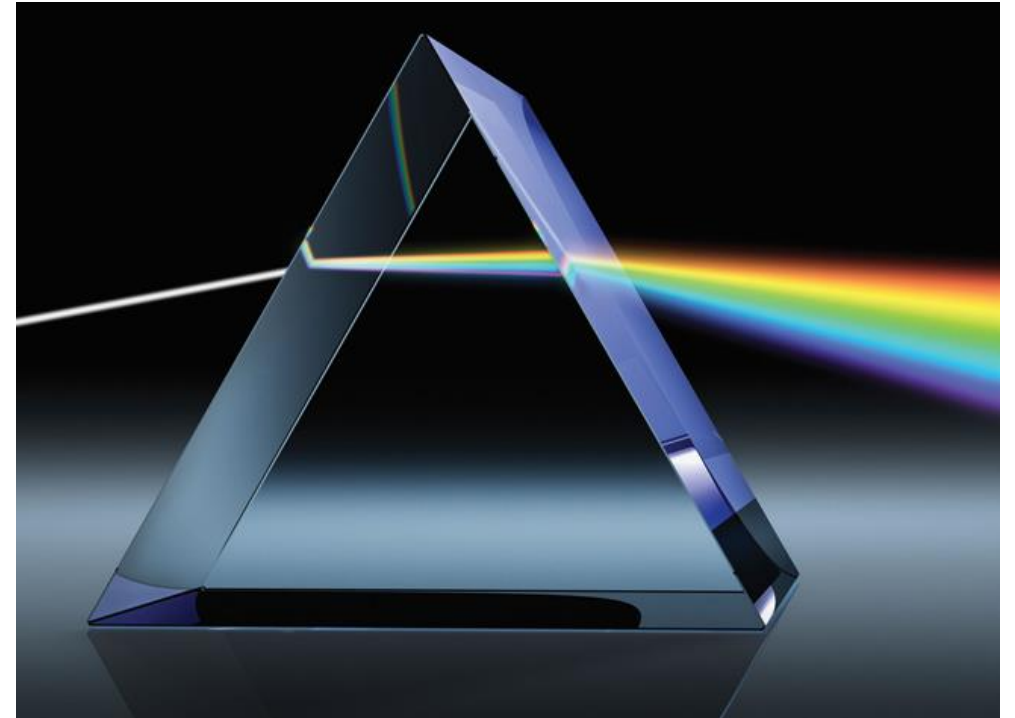


$$n_{\text{γυαλιου}} \cdot \eta_{\mu\delta} = 1 \cdot \eta_{\mu\alpha} = \text{σταθ.} \rightarrow \eta_{\mu\delta} \sim (1/n_{\text{γυαλιου}})$$

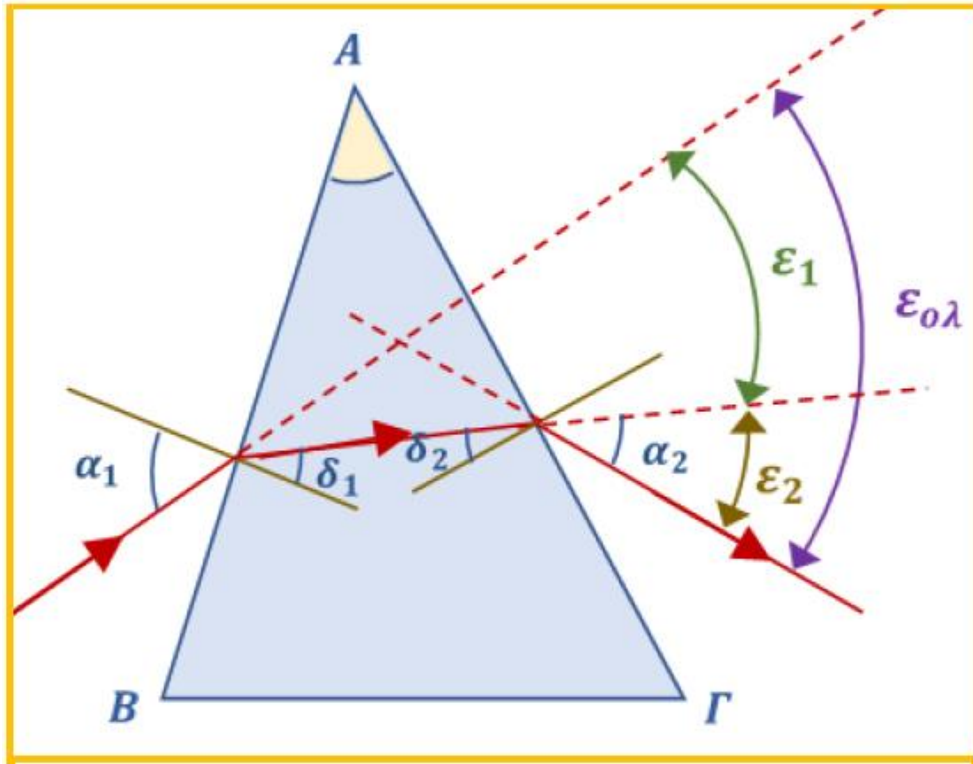
μεγαλύτερη τιμή $n \leftrightarrow$ μικρότερη γωνία δ

ΟΠΤΙΚΟ ΠΡΙΣΜΑ

Διαφανές, Ομογενές & Ισότροπο οπτικό μέσο
που περιορίζεται από δύο
επίπεδες, μη-παράλληλες επιφάνειες



Γωνία εκτροπής σε πρίσμα

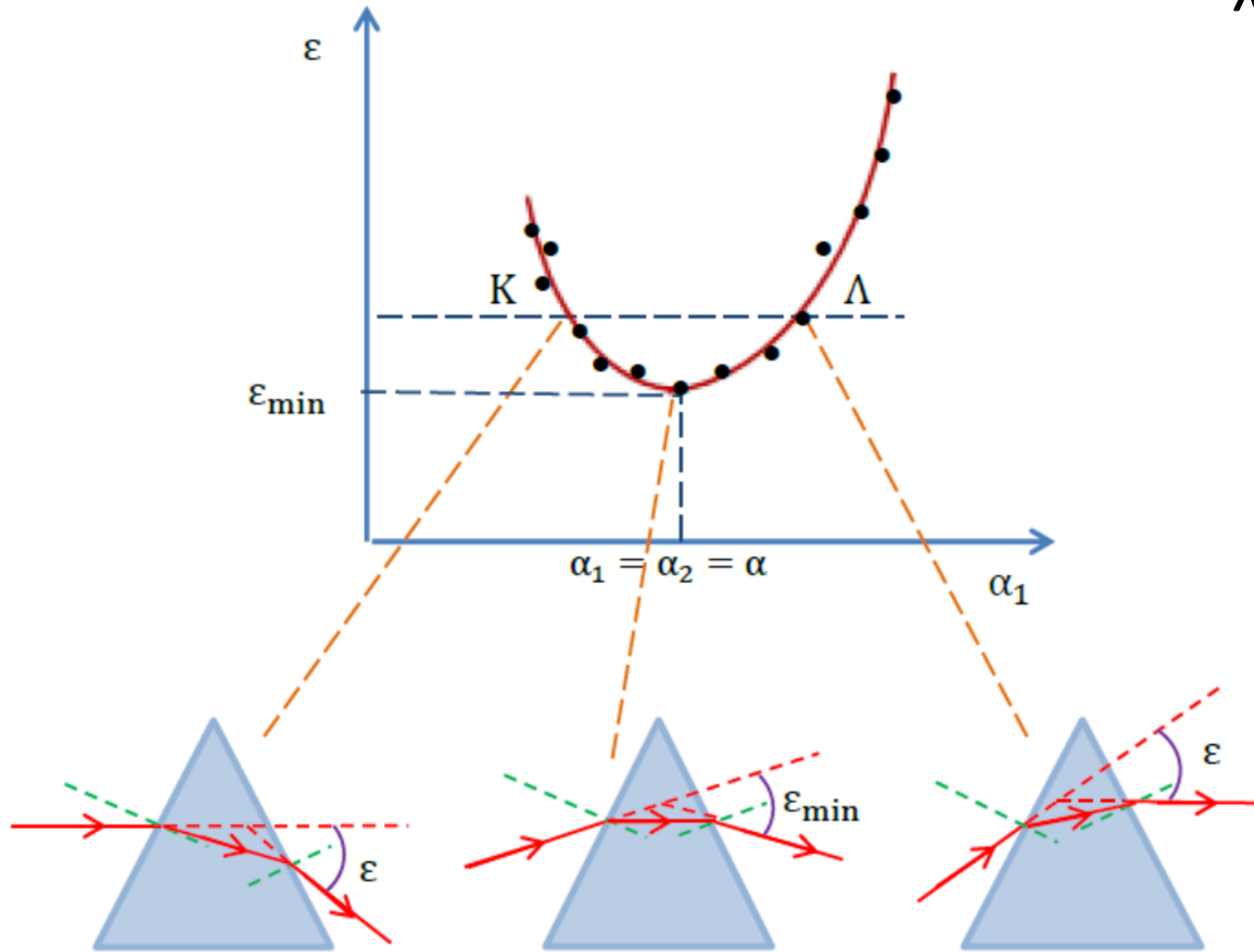


$$\varepsilon_{0\lambda} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \alpha_1 + \alpha_2 - A$$

η γωνία εκτροπής ακτινοβολίας λόγω διέλευσής της μέσα από πρίσμα εξαρτάται από:

- το δ.δ. n του υλικού (**ΑΡΑ** διαφέρει για διαφορετικά λ)
- τη θλαστική γωνία **A**
- μεταβάλλεται με τη γωνία πρόσπτωσης

ελάχιστη γωνία εκτροπής

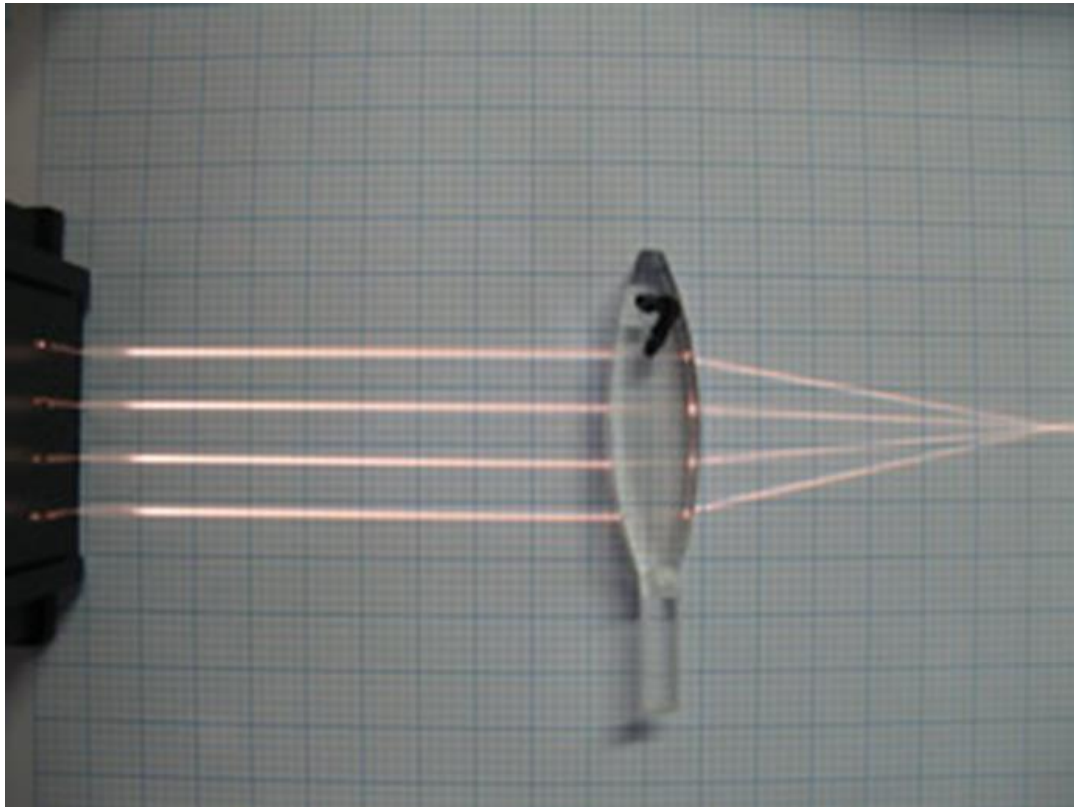


$$\epsilon_{min} = a_1 + a_2 - A = 2\alpha_1 - A$$

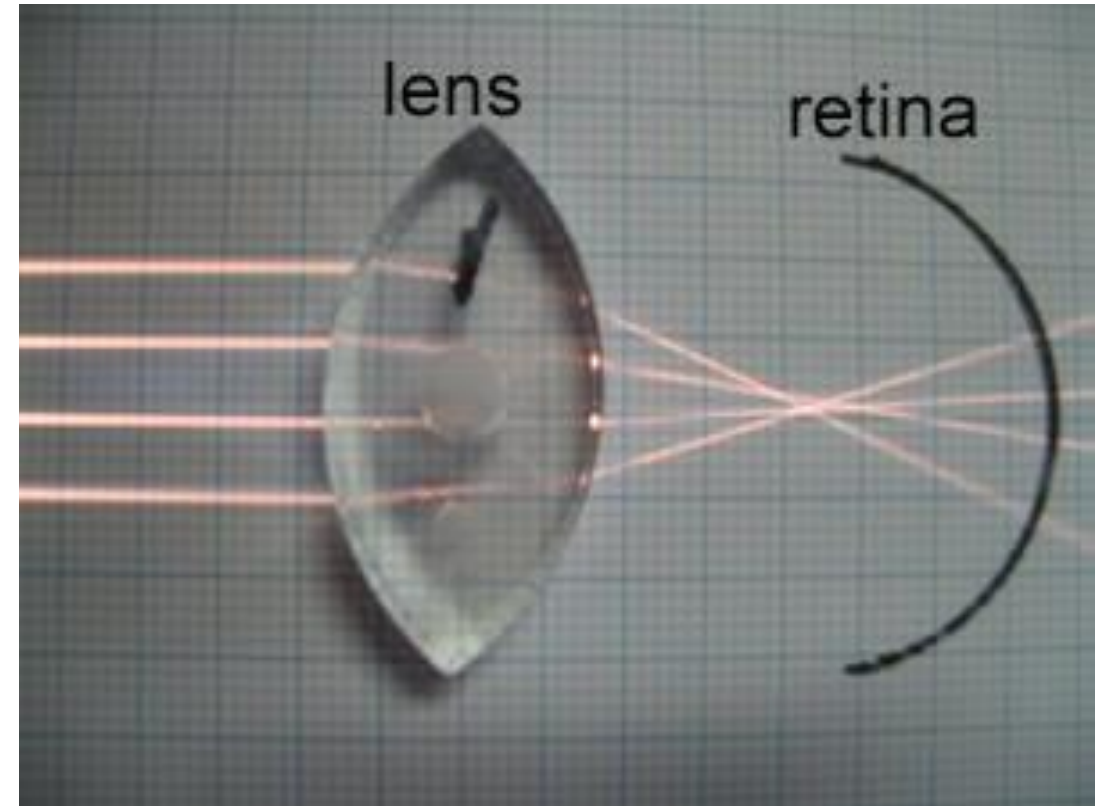
$$n = \frac{\eta\mu \frac{\epsilon_{min} + A}{2}}{\eta\mu \frac{A}{2}}$$

Σχήμα 2. Μεταβολή της γωνίας εκτροπής σε σχέση με την γωνία πρόσπτωσης α_1 .

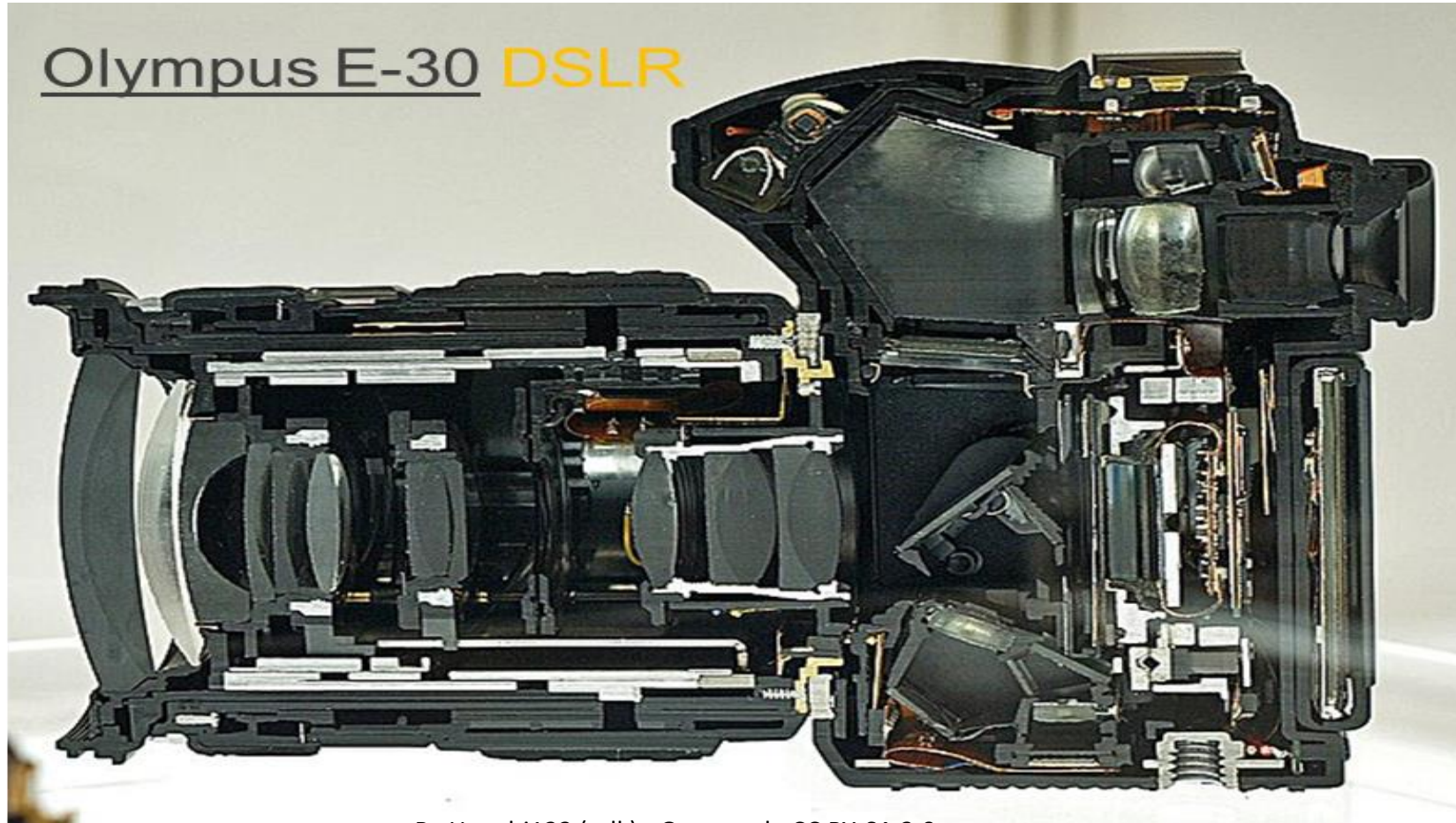
ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ



ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ



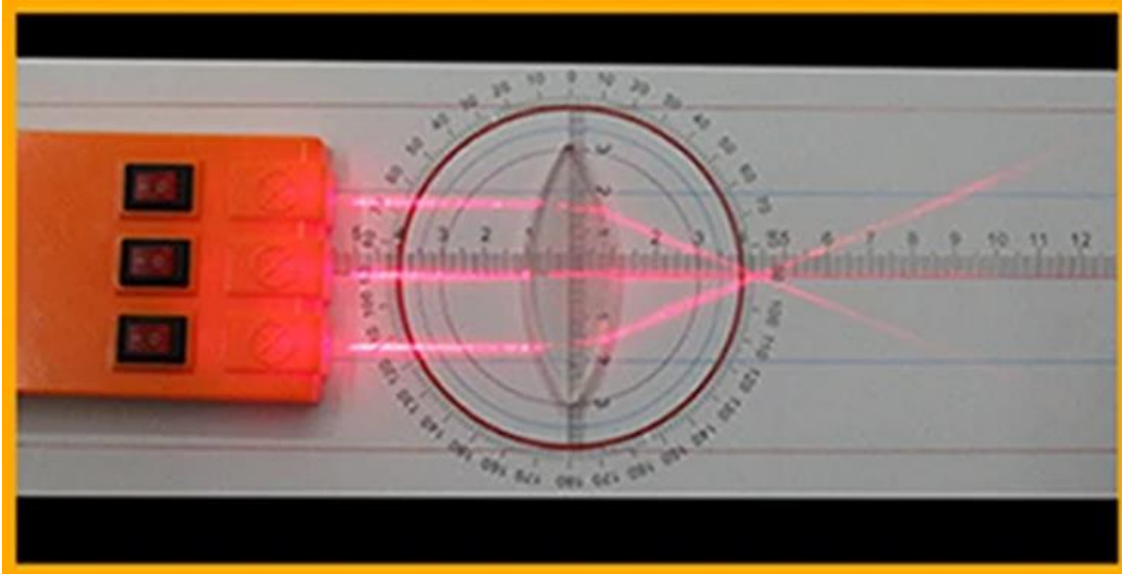
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ



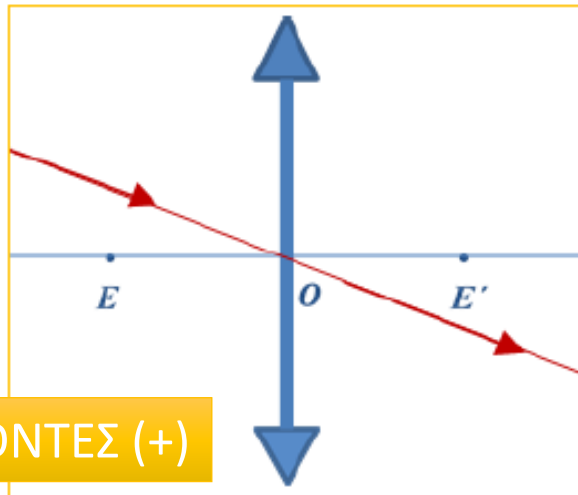
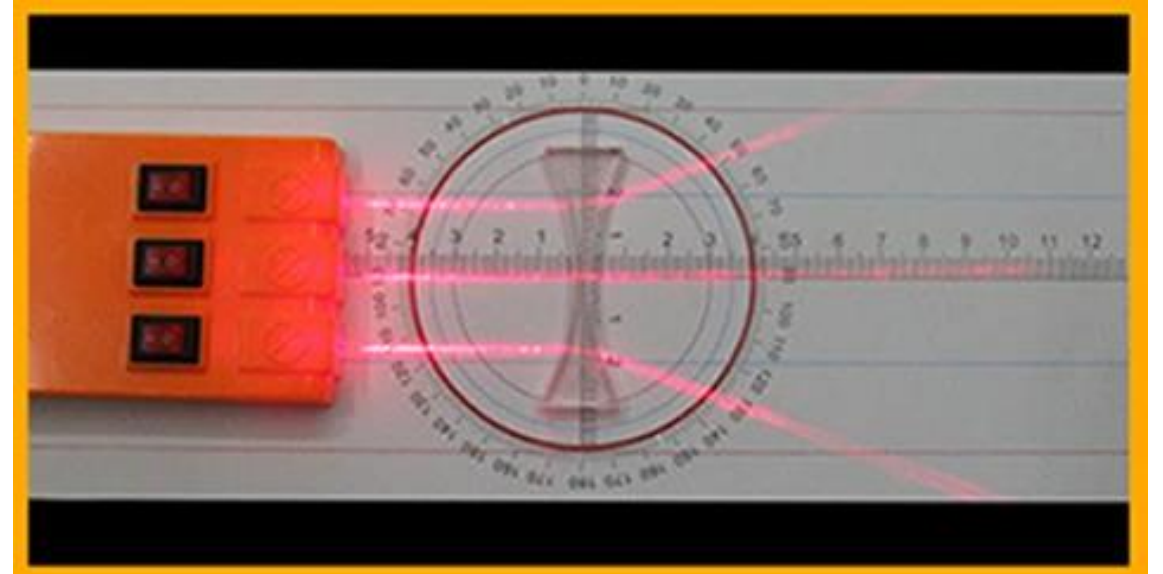
By Hanabi123 (talk) - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5956392>

ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (+)

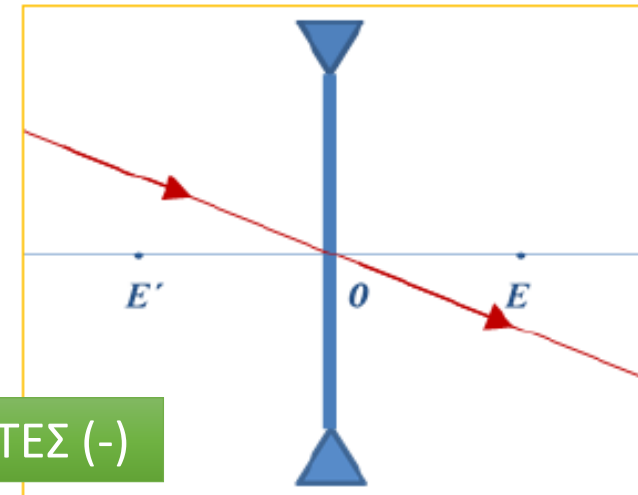


ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (-)



ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (+)

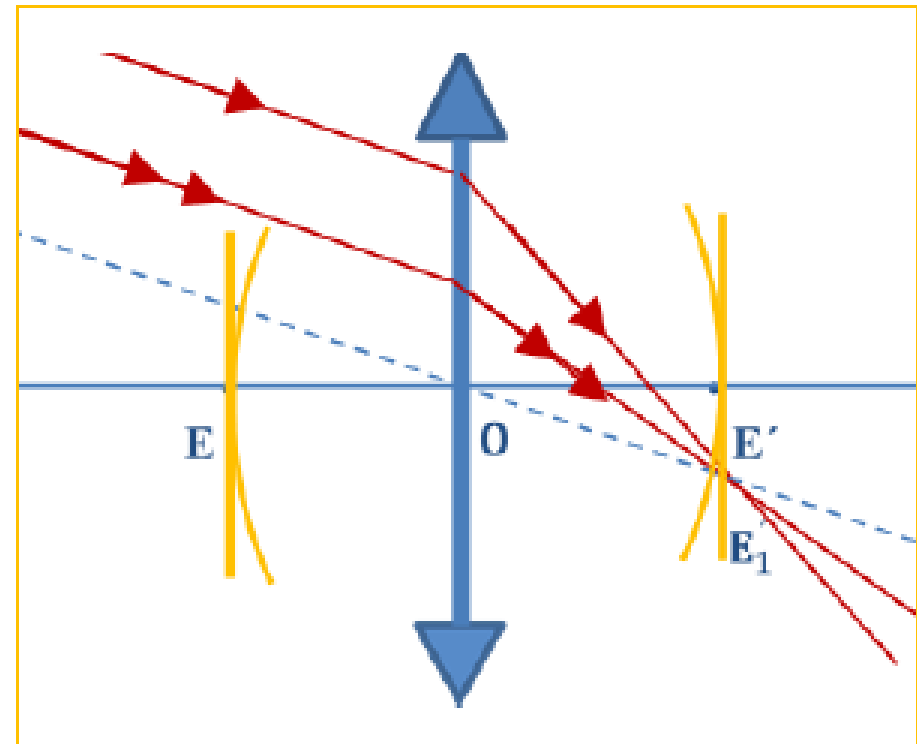
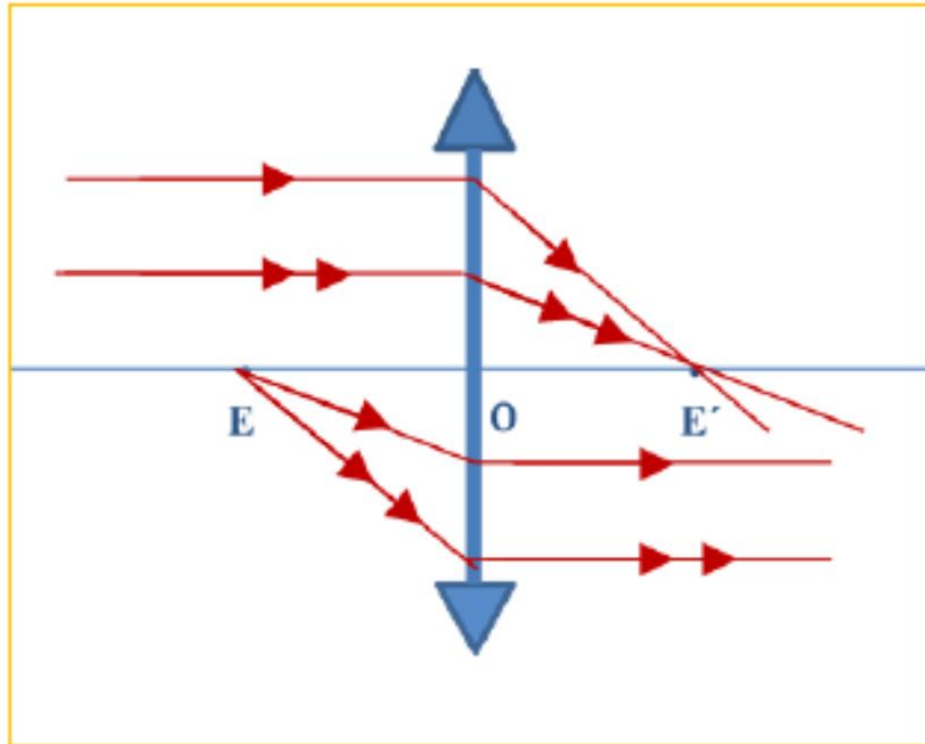
ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (-)

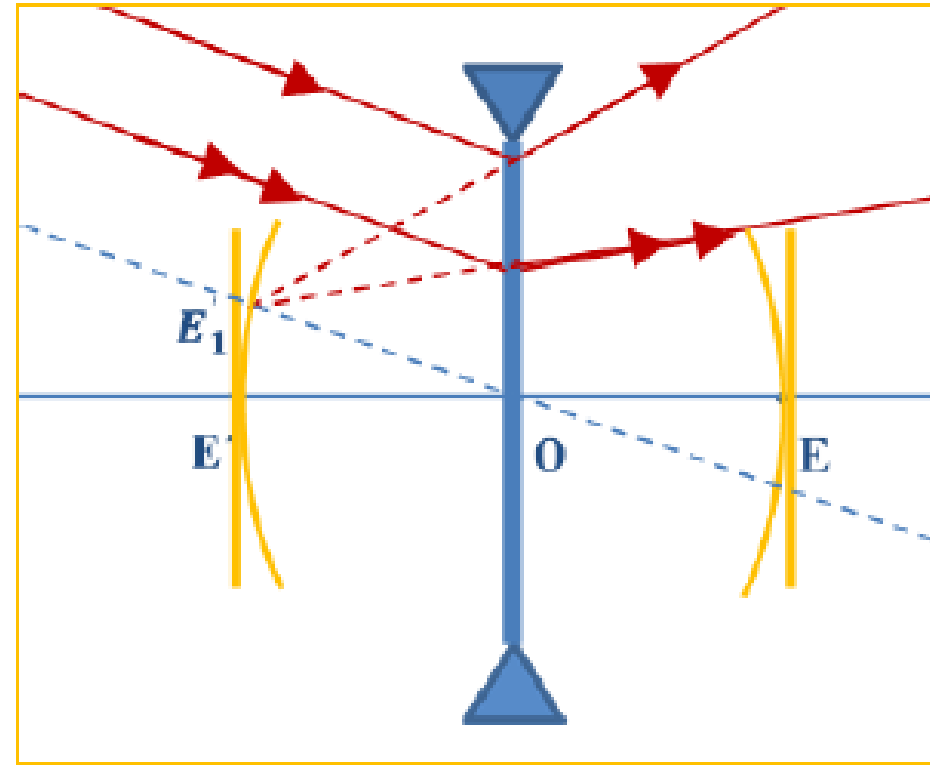
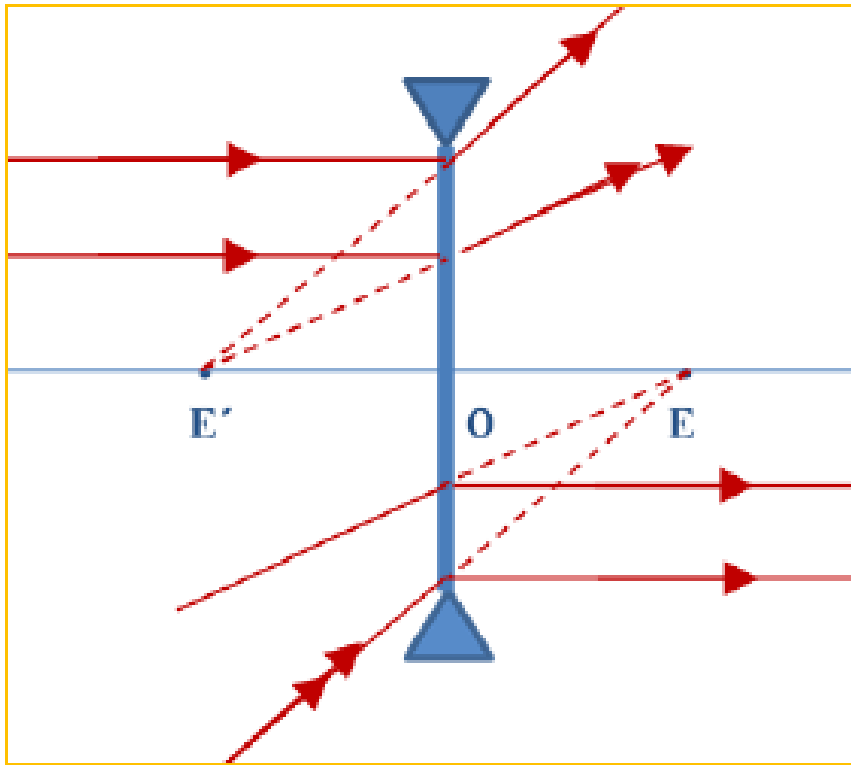
ΛΕΠΤΟΙ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

ΚΥΡΙΕΣ & ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΕΣΤΙΕΣ – ΕΣΤΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ

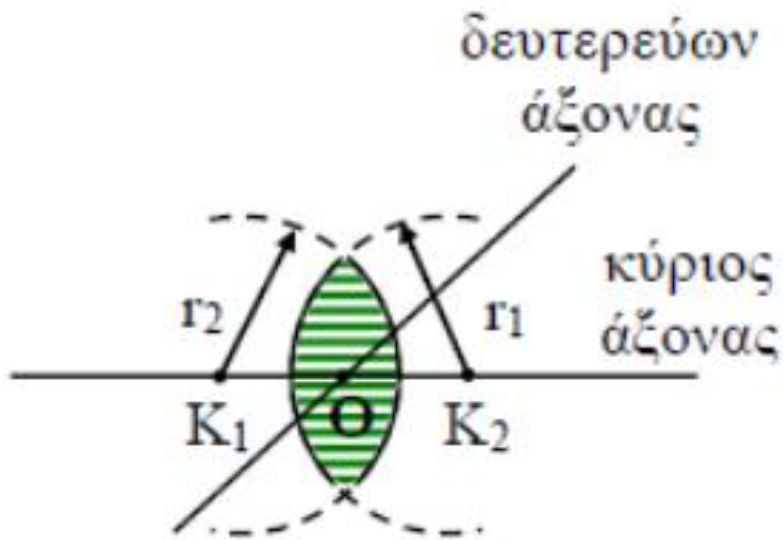


ΛΕΠΤΟΙ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

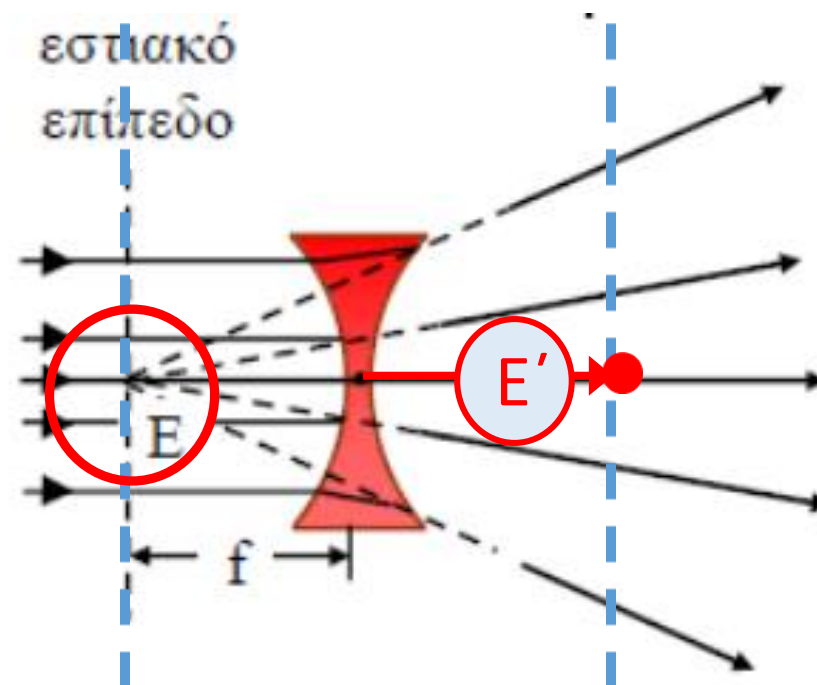
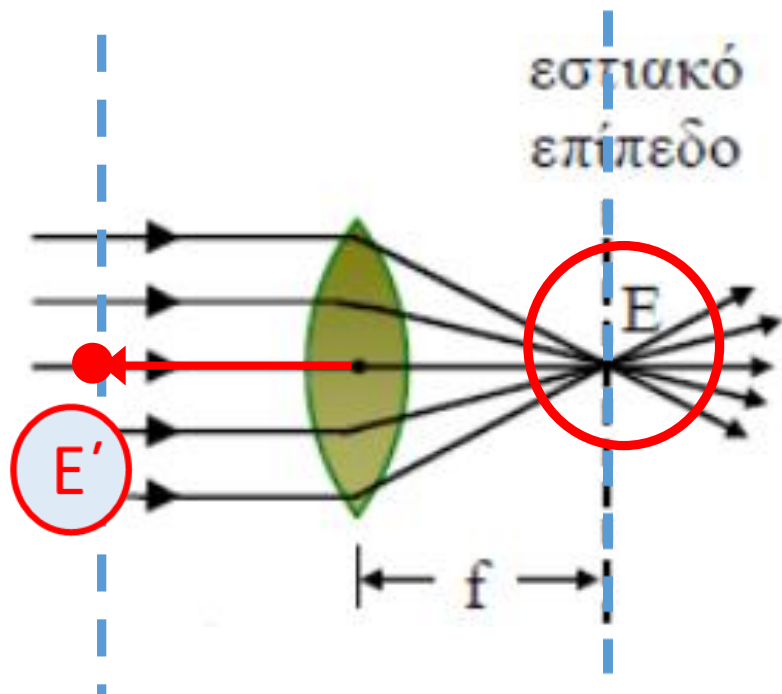
ΚΥΡΙΕΣ & ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΕΣΤΙΕΣ – ΕΣΤΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ



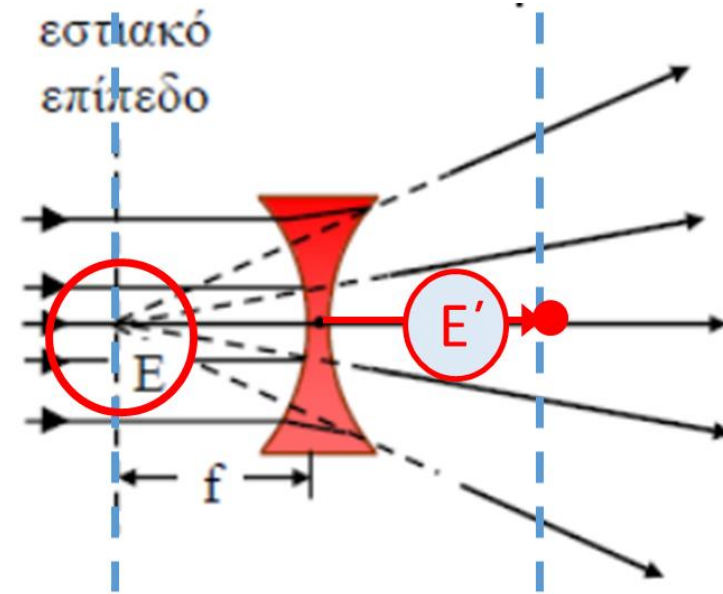
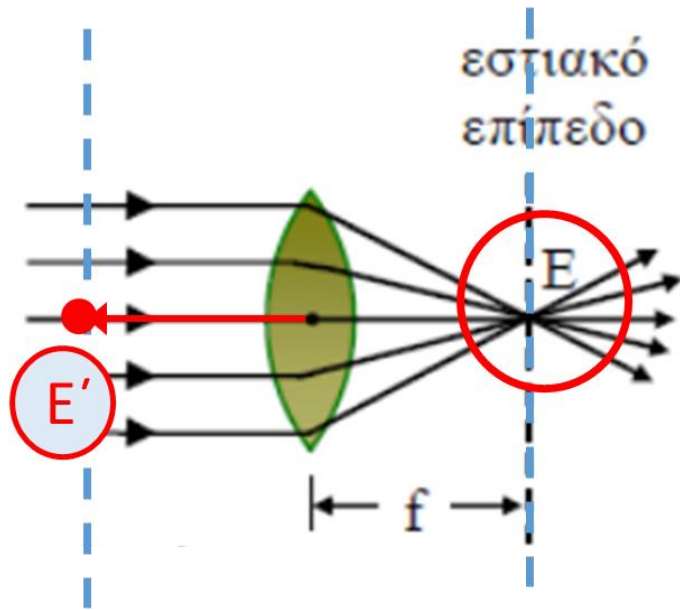
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΑΚΩΝ



- Ακτίνες καμπυλότητας: r_1, r_2
- Κύριος Άξονας
- Οπτικό κέντρο Ο
- Κύρια Εστία - Εστιακό επίπεδο



- Εστιακή Απόσταση f – Οπτική Ισχύς $P = 1/f$



Τύπος των κατασκευαστών φακών

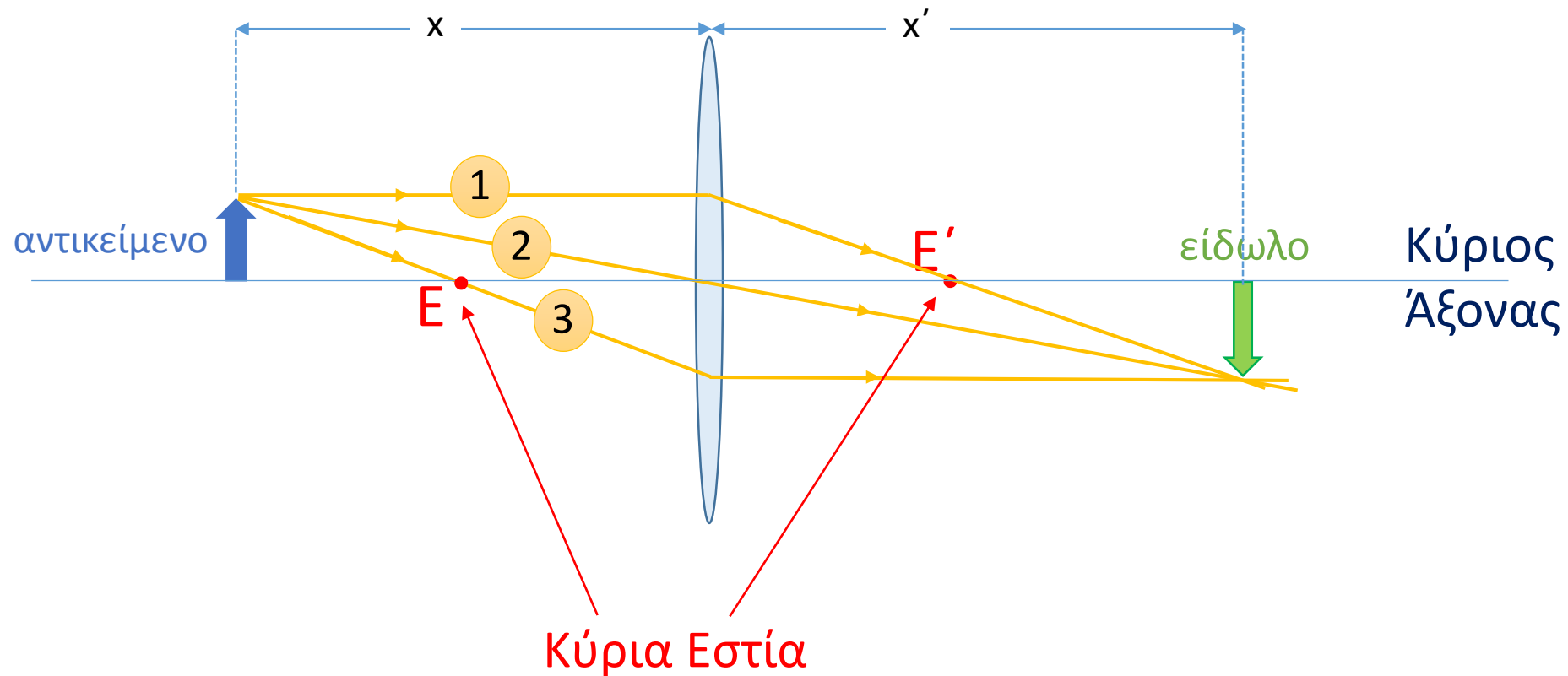
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

όταν ο φακός περιβάλλεται από αέρα

Πώς προσδιορίζουμε τα πρόσημα των r_1, r_2 :

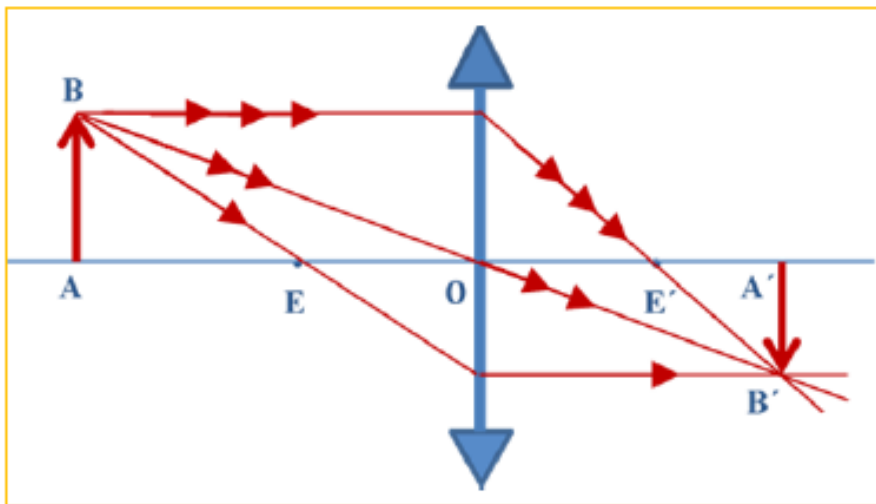
- Οι ακτίνες προσπίπτουν από αριστερά
- Όταν προσπίπτουν σε **κυρτή** επιφάνεια $\rightarrow r > 0$ (+)
- Όταν προσπίπτουν σε **κοίλη** επιφάνεια $\rightarrow r < 0$ (-)
- Όταν προσπίπτουν σε **επίπεδη** επιφάνεια $\rightarrow r = \infty$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ – ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

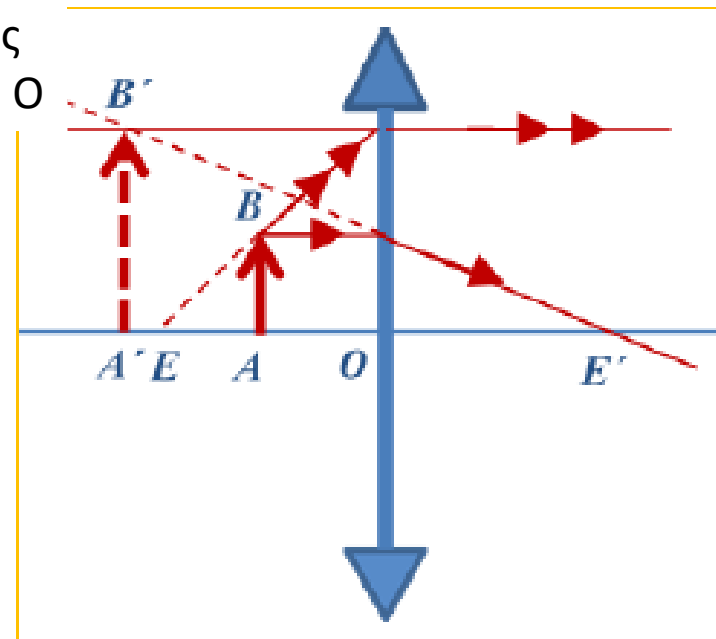


ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΟΡΕΙΕΣ ΑΚΤΙΝΩΝ – ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

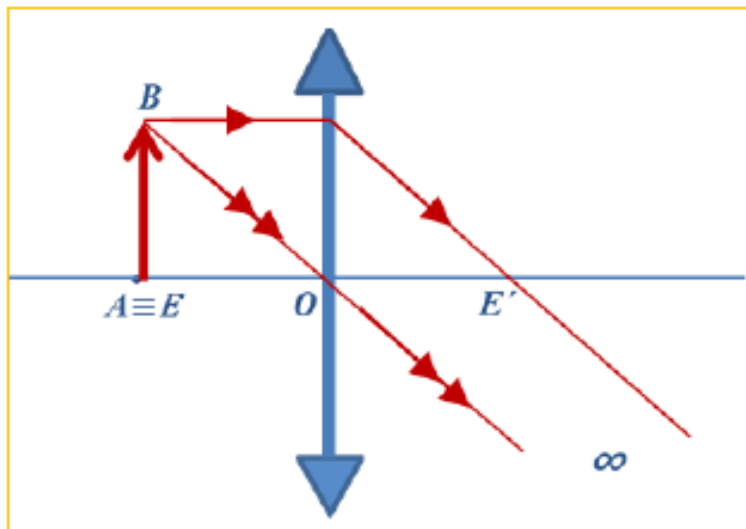
(I) αντικείμενο πέραν της κύριας εστίας E



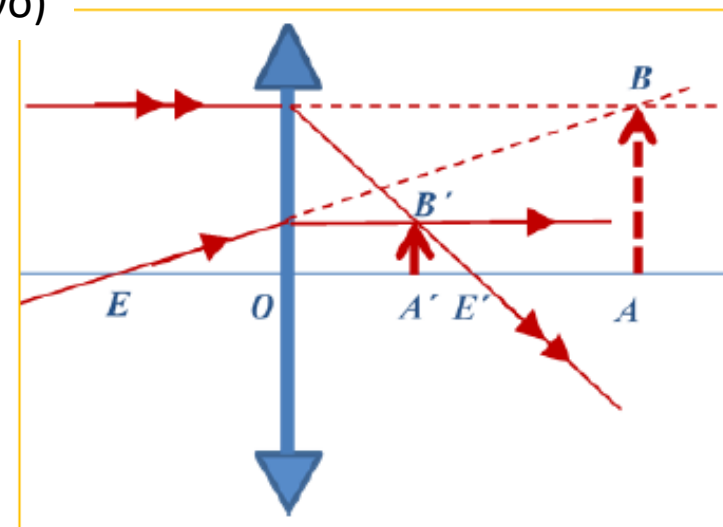
(II) αντικείμενο μεταξύ κύριας εστίας E και οπτικού κέντρου O



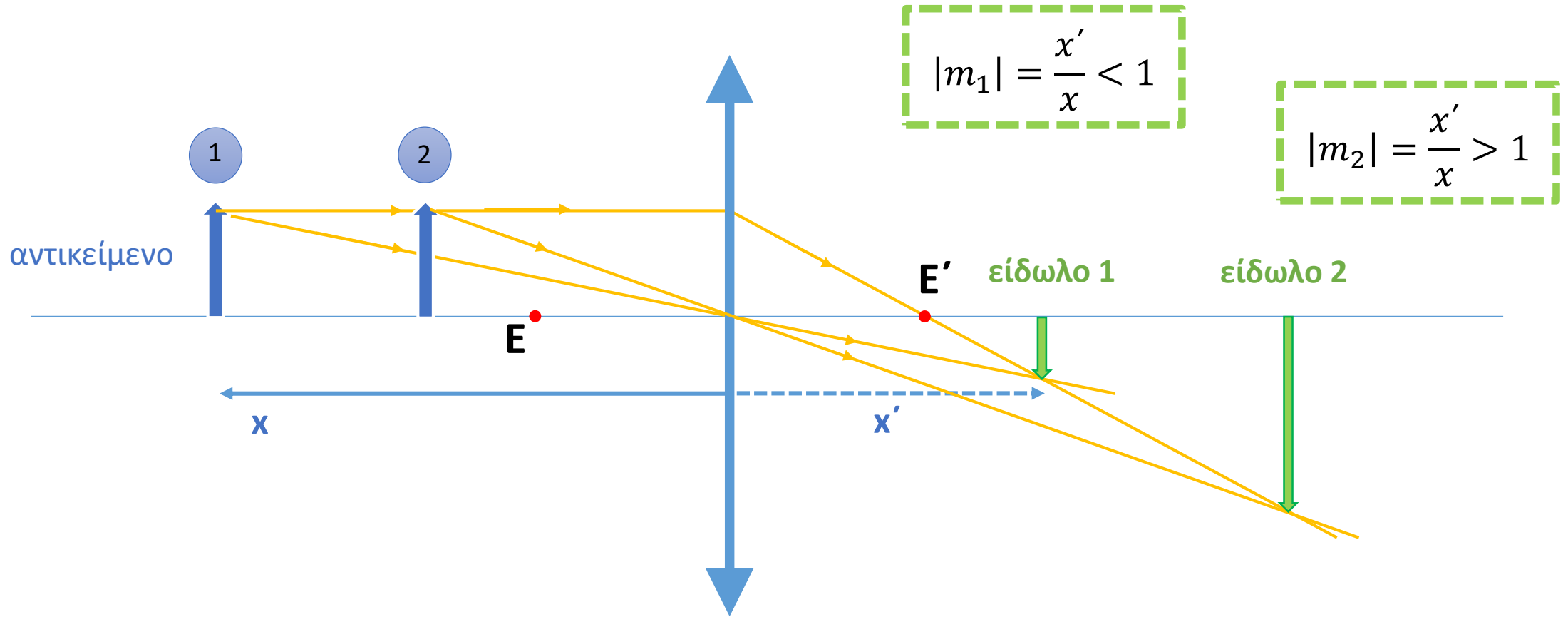
(II) αντικείμενο στην κύρια εστία E ($x=f$)



(iv) φανταστικό αντικείμενο

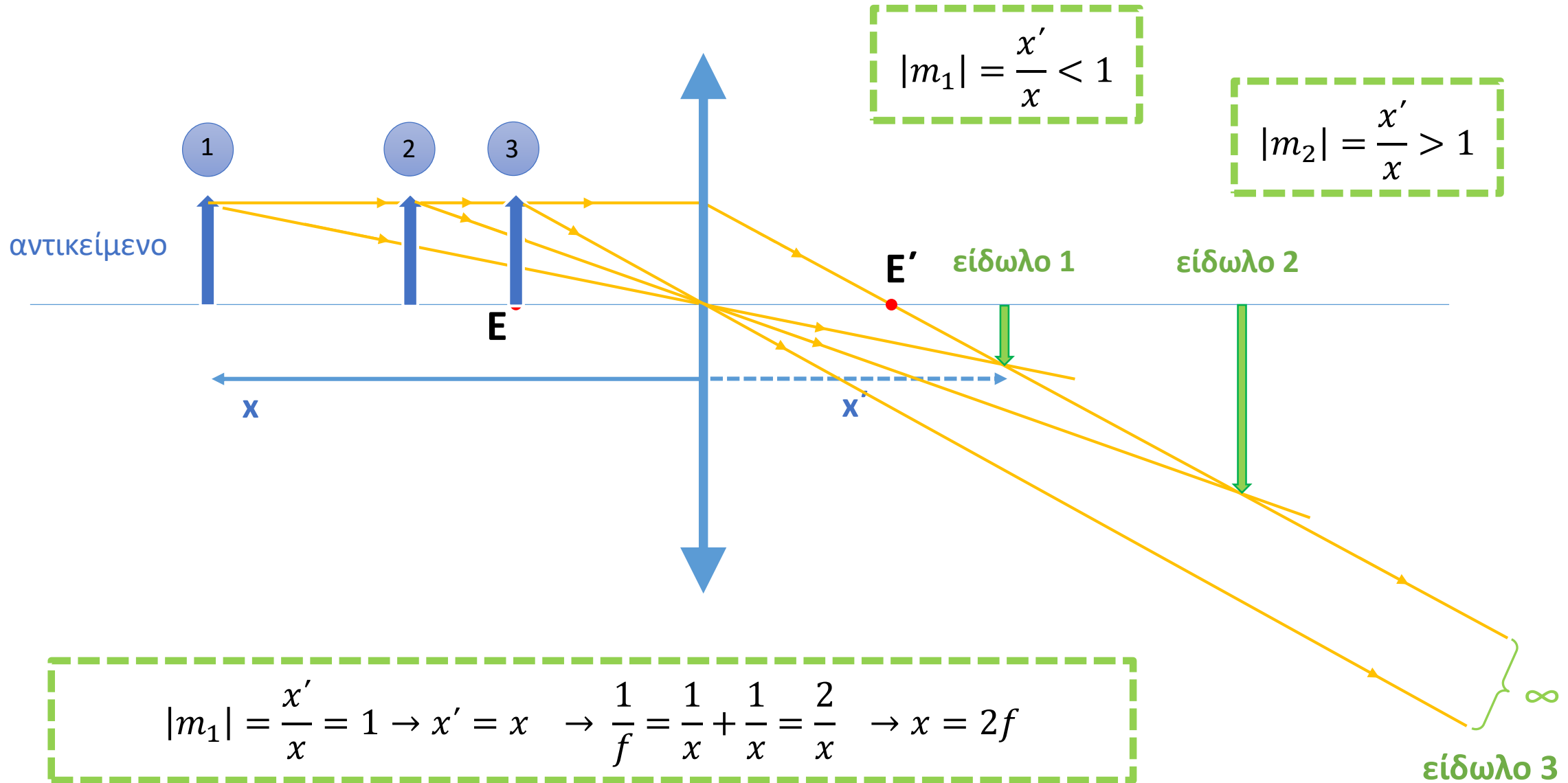


Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:

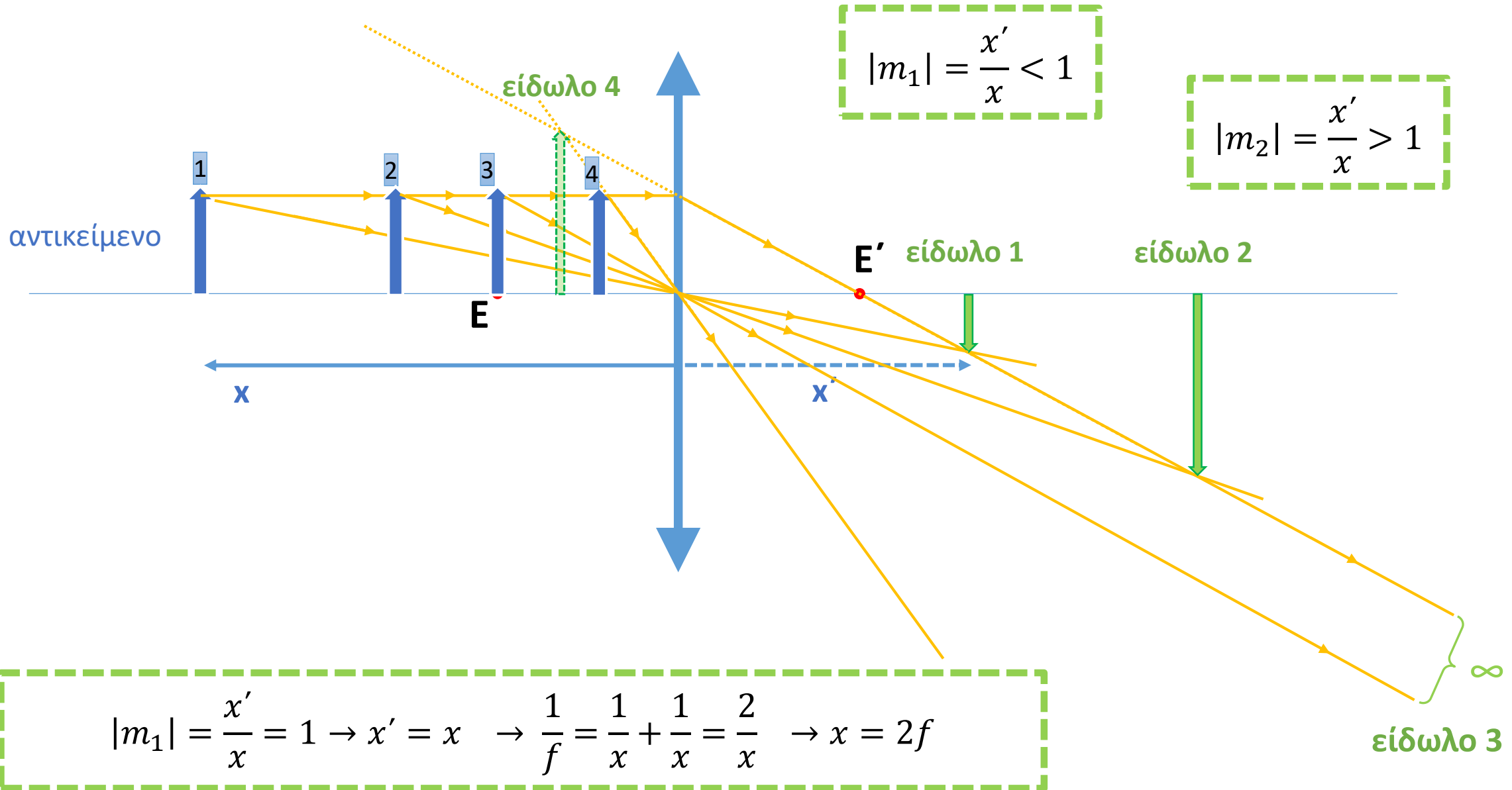


$$|m_1| = \frac{x'}{x} = 1 \rightarrow x' = x \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{2}{x} \rightarrow x = 2f$$

Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:



Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:



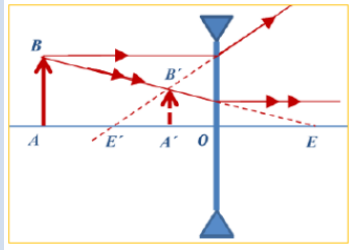
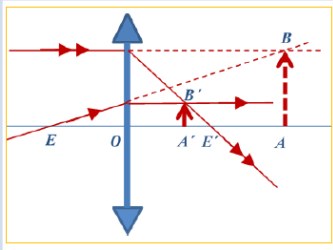
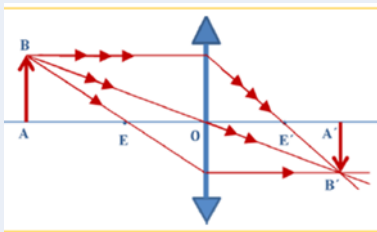
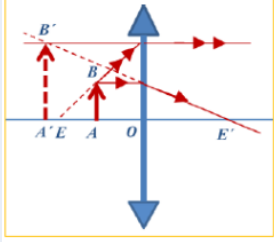
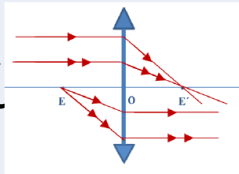
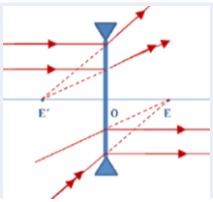
Προσδιορισμός ειδώλου σε λεπτό φακό εστιακής απόστασης f που περιβάλλεται από αέρα

Σχέση Gauss:

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

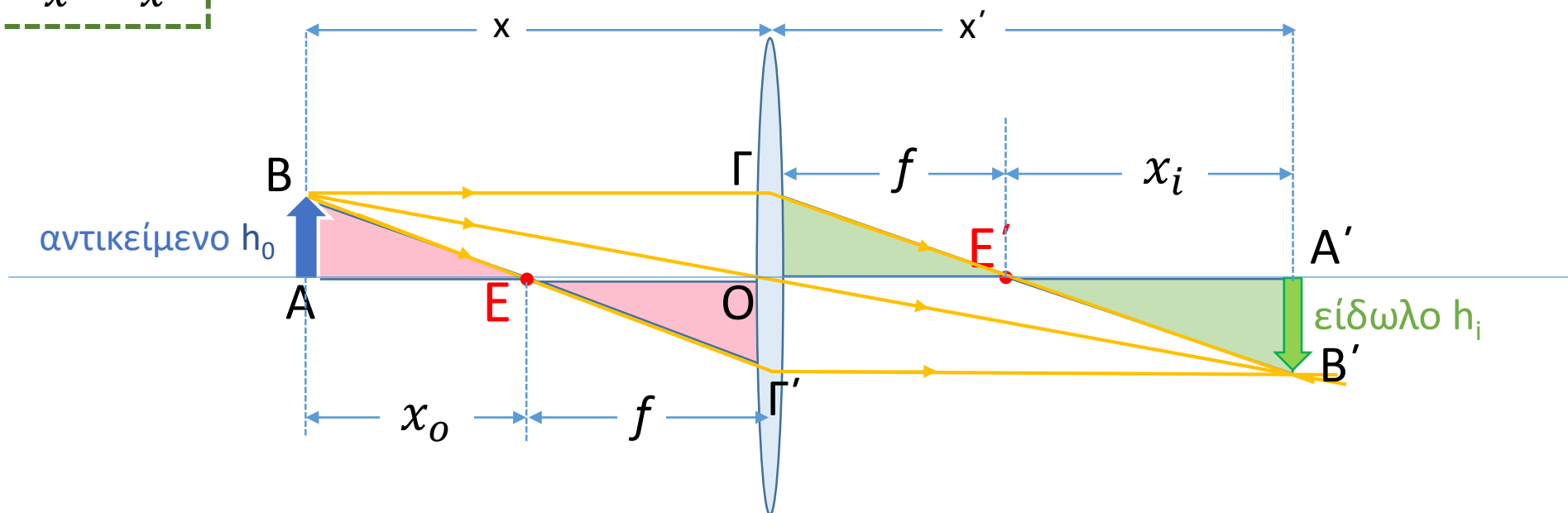
P : οπτική ισχύς

Πίνακας προσημοθέτησης

μέγεθος - σύμβολο	θετικό (>0)	αρνητικό (<0)
Απόσταση αντικειμένου από οπτικό κέντρο O: x	πραγματικά αντικείμενα 	φανταστικά αντικείμενα 
Απόσταση ειδώλου από οπτικό κέντρο O: x'	πραγματικά είδωλα 	φανταστικά είδωλα 
Ακτίνα καμπυλότητας: R	φωτεινή δέσμη προσπίπτει σε κυρτή επιφάνεια	φωτεινή δέσμη προσπίπτει σε κοίλη επιφάνεια
Εστιακή απόσταση (E από O): f Οπτική Ισχύς: P=1/f	συγκλίνοντες φακοί 	αποκλίνοντες φακοί 

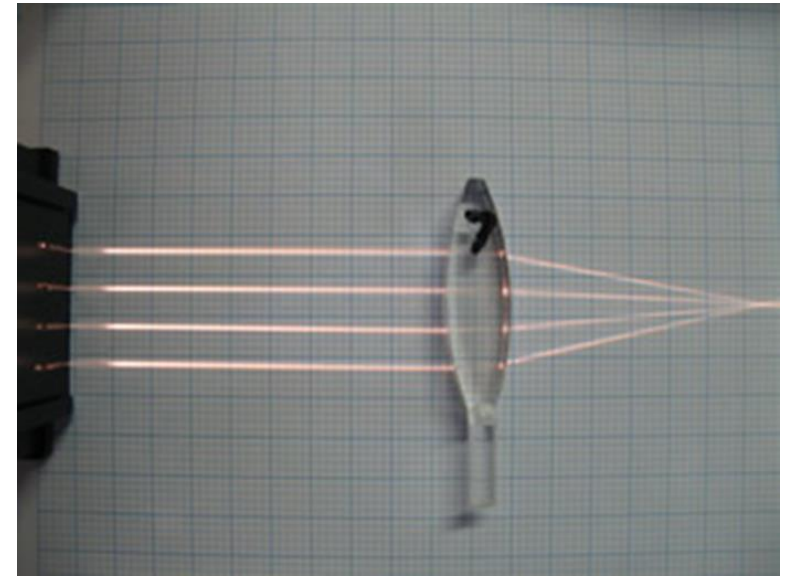
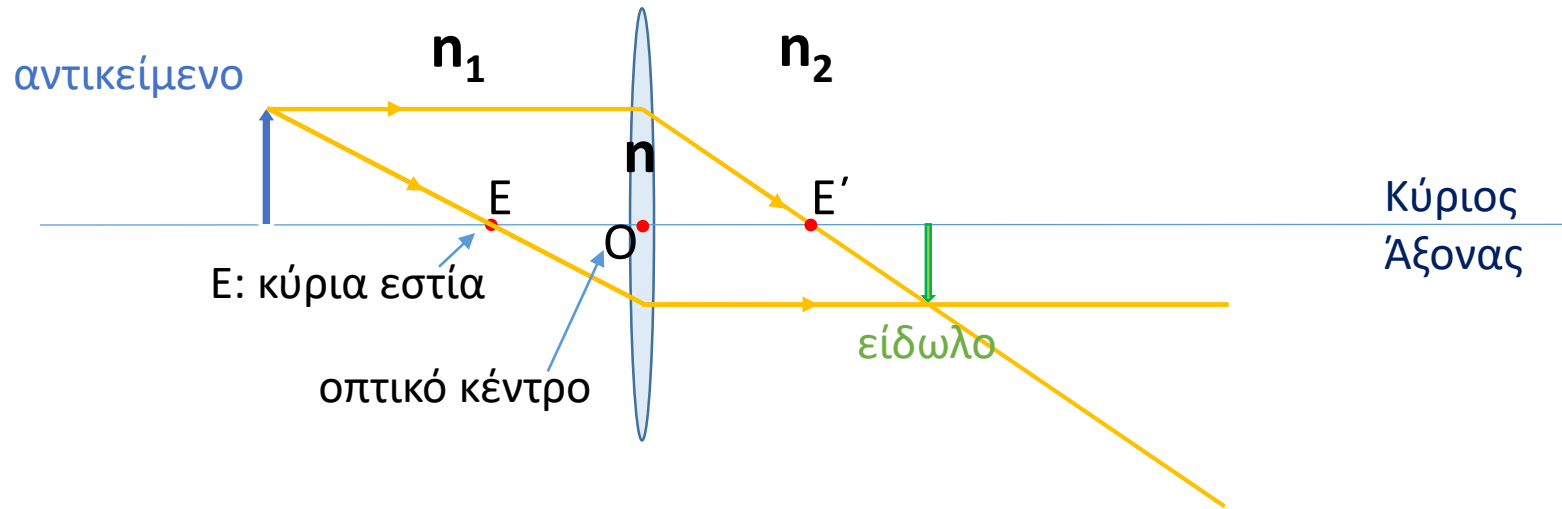
Αλγεβρικός προσδιορισμός ειδώλου– σχέσεις Gauss & Newton

Σχέση Gauss : $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$



- τριγ. BAE \approx τριγ. $\Gamma'OE$: $\frac{x_o}{f} = \frac{h_o}{O\Gamma'} \xrightarrow{O\Gamma'=h_i} \frac{x_o}{f} = \frac{h_o}{h_i}$
 - τριγ. B'A'E' \approx τριγ. $\Gamma OE'$: $\frac{f}{x_i} = \frac{O\Gamma}{h_i} \xrightarrow{O\Gamma=h_o} \frac{f}{x_i} = \frac{h_o}{h_i}$
- $\left. \begin{array}{l} \frac{x_o}{f} = \frac{h_o}{h_i} \\ \frac{f}{x_i} = \frac{h_o}{h_i} \end{array} \right\} \frac{x_o}{f} = \frac{f}{x_i} \rightarrow \boxed{x_o \cdot x_i = f^2} \rightarrow \text{Σχέση Newton}$

ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

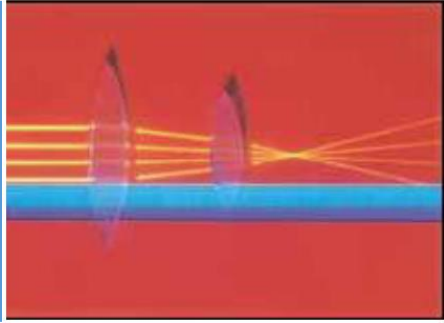


- Εστιακές αποστάσεις (Focal Lengths) : $OE=f$, $OE'=f'$

Αν $n_1=n_2$ \longrightarrow $OE = OE' = f$

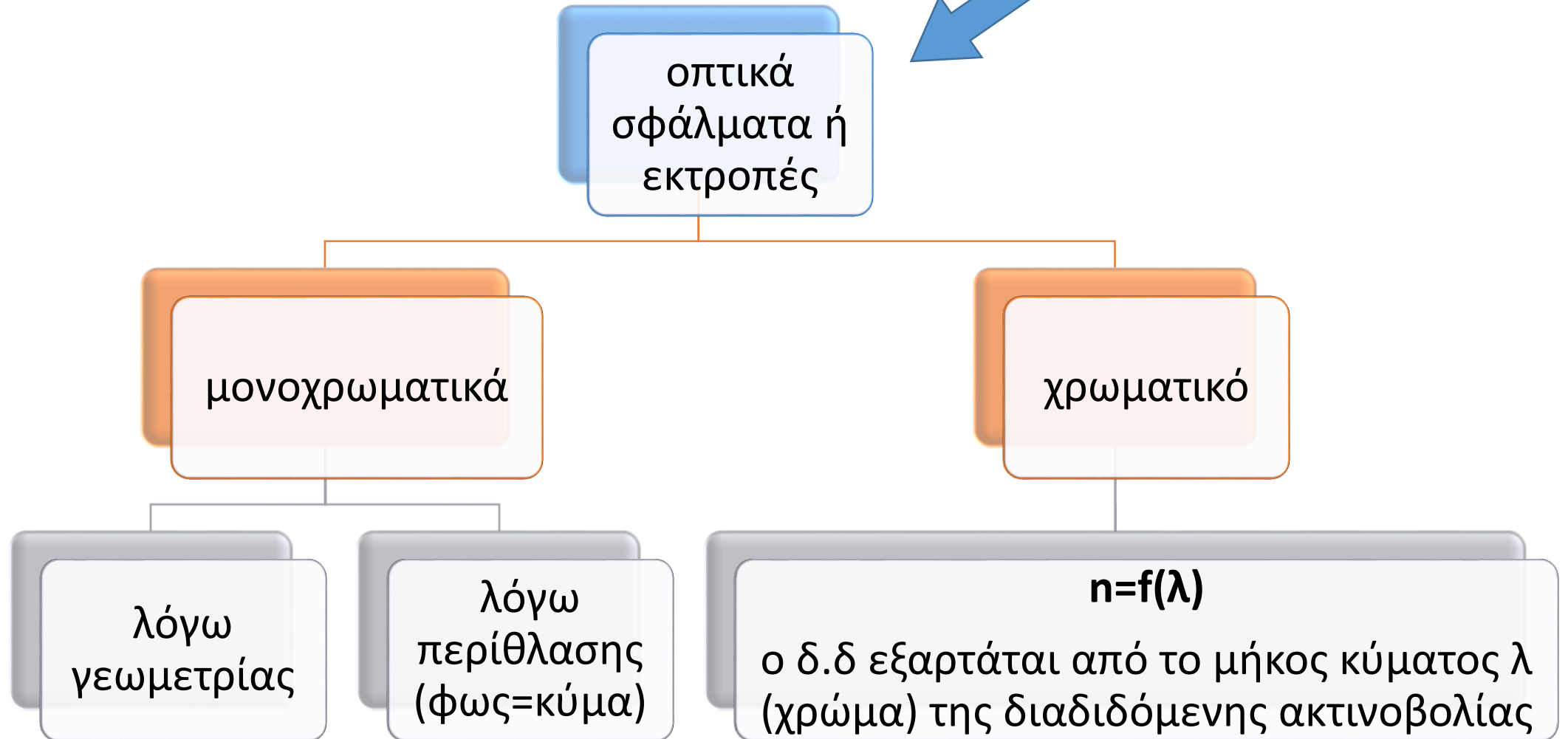
Οπτική Ισχύς: $P = \frac{n_1}{f}$ $\xrightarrow{\text{στον αερα } n_1=1}$ $P = \frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

Οπτική Ισχύς P : Μονάδα (S.I.)=1 διοπτρία: **1 dpt = 1/m=m⁻¹**

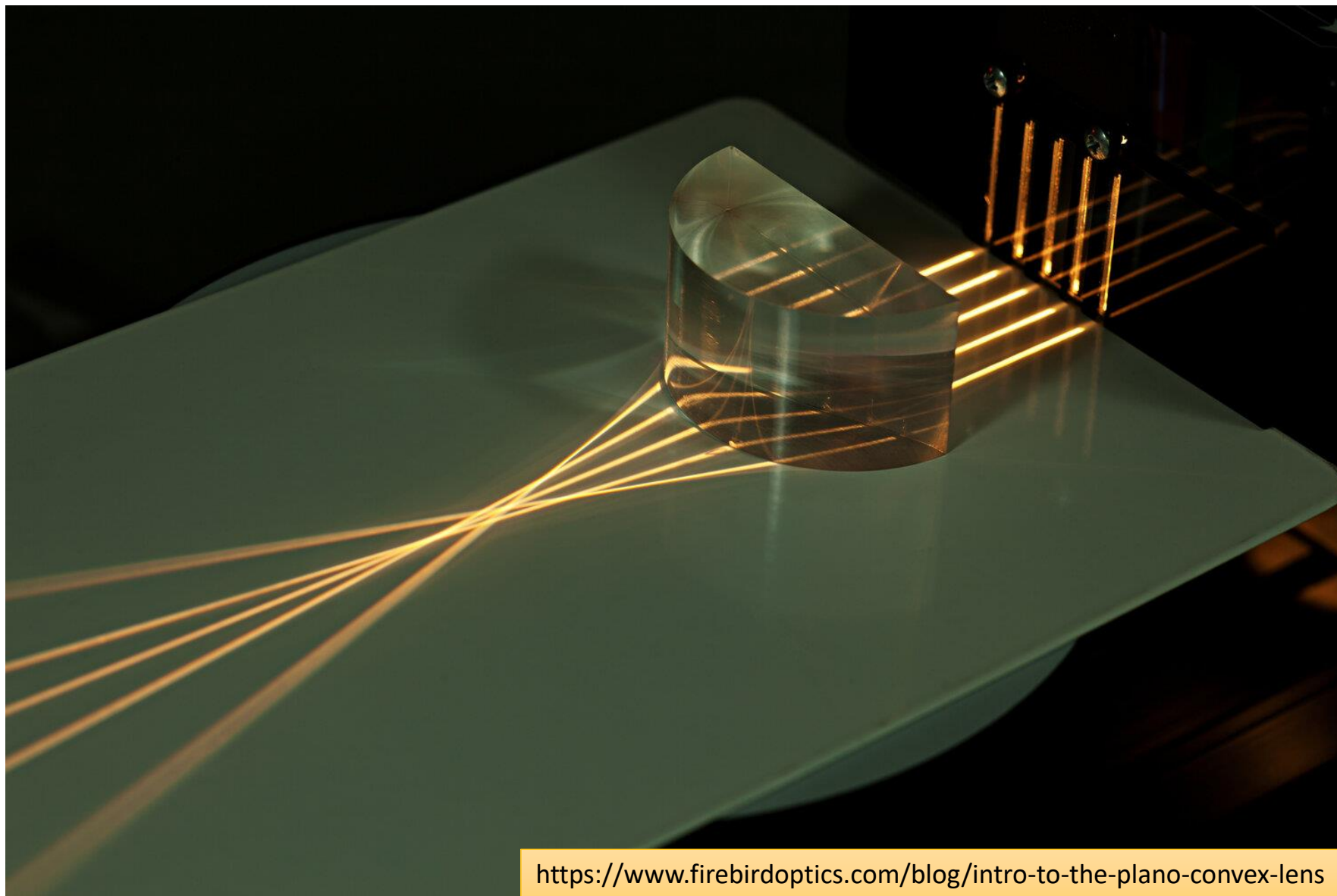
	Λεπού Φακού εστιακής απόστασης f και δ.δ. n	Συστήματος Δύο Λεπτών Φακών f_1, f_2 σε απόσταση d	
Σε <u>περιβάλλον οπτικό μέσο</u> με δ.δ. n_π	$P = \frac{n_\pi}{f}$	$P_{ολ} = P_1 + P_2 - \frac{d}{n_\pi} \cdot P_1 \cdot P_2$	
Σε περιβάλλον αέρα ($n_\pi = 1$)	$P = \frac{1}{f}$	$P_{ολ} = P_1 + P_2 - d \cdot P_1 \cdot P_2$	
Λεπτών Φακών σε επαφή ($d=0$)		$P_{ολ} = P_1 + P_2$	

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΦΑΚΩΝ

Πραγματικό οπτικό σύστημα = ~~ΙΔΑΝΙΚΟ~~ → θολό είδωλο

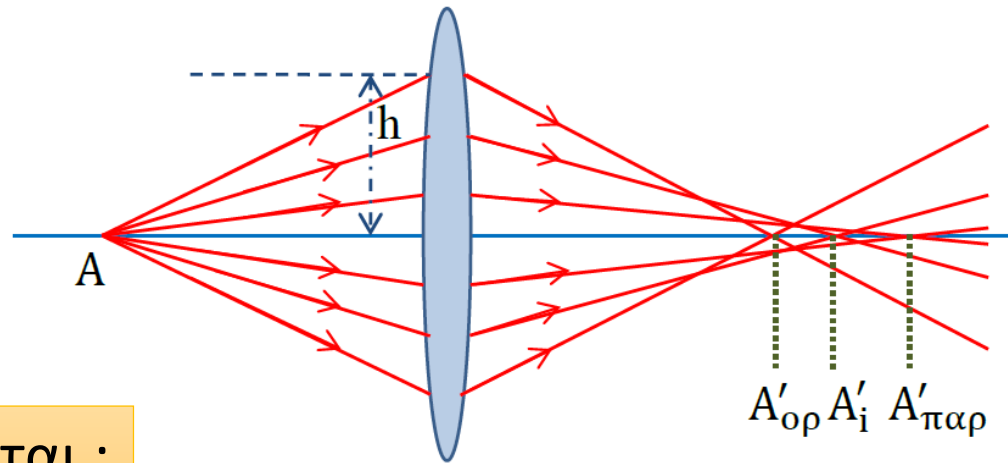
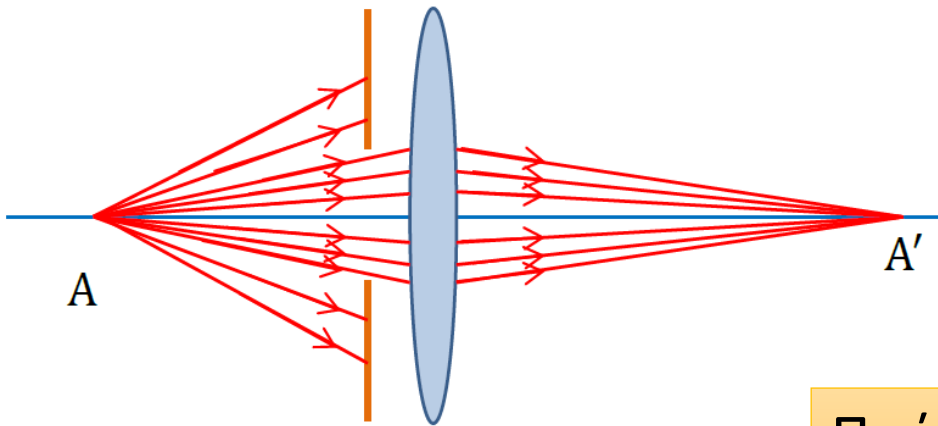


ΣΦΑΛΜΑ ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

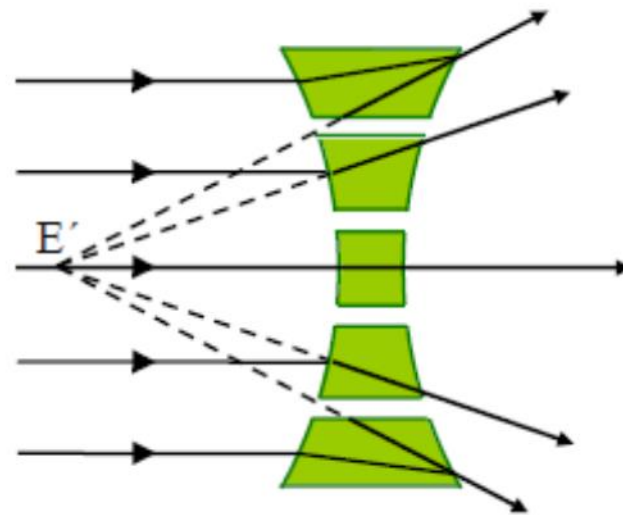
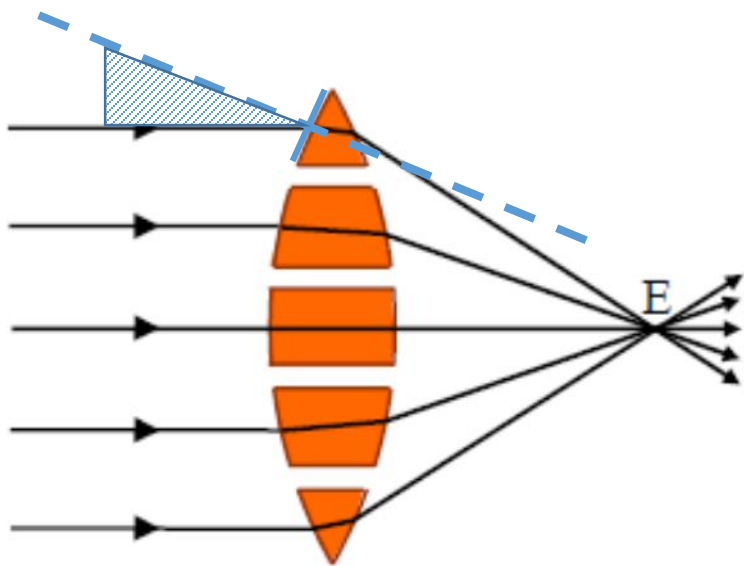


<https://www.firebirdoptics.com/blog/intro-to-the-plano-convex-lens>

ΣΦΑΛΜΑ ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ



Πού οφείλεται :

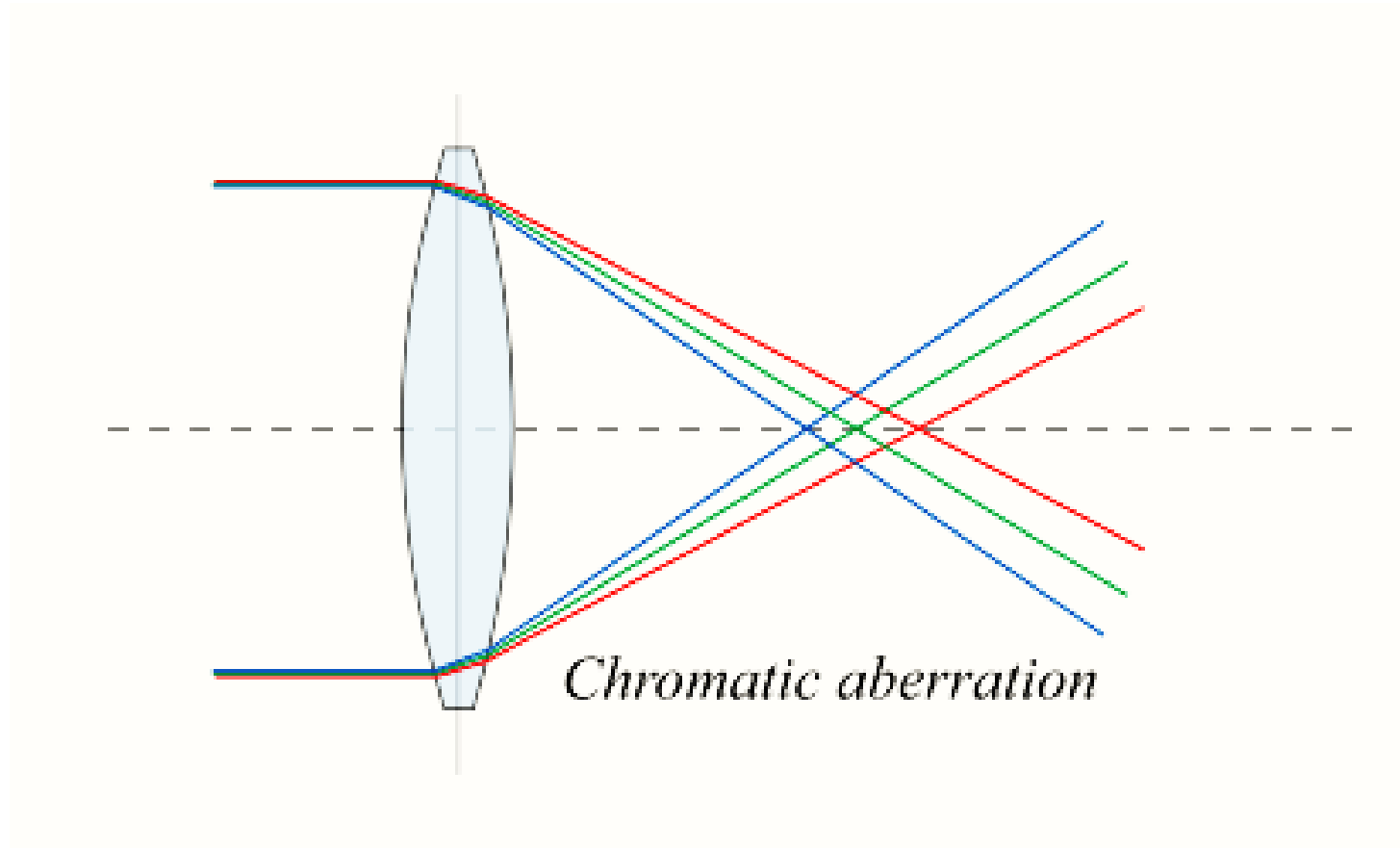


ΣΦΑΛΜΑ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

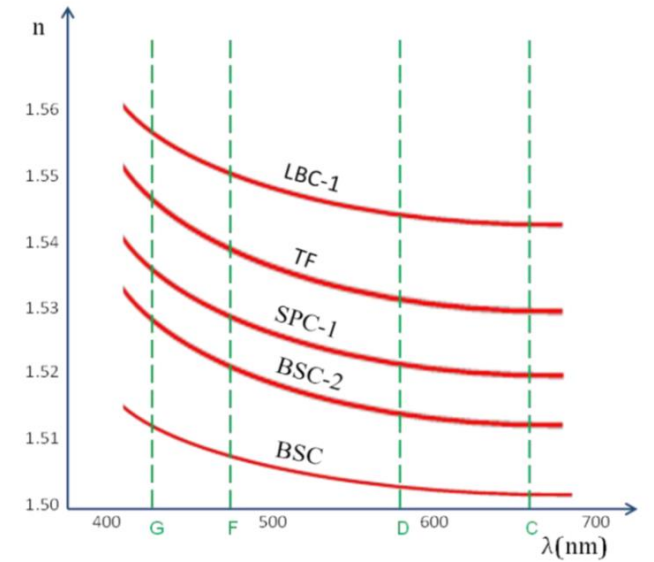


https://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic_aberration

Διαμήκης Χρωματική Εκτροπή



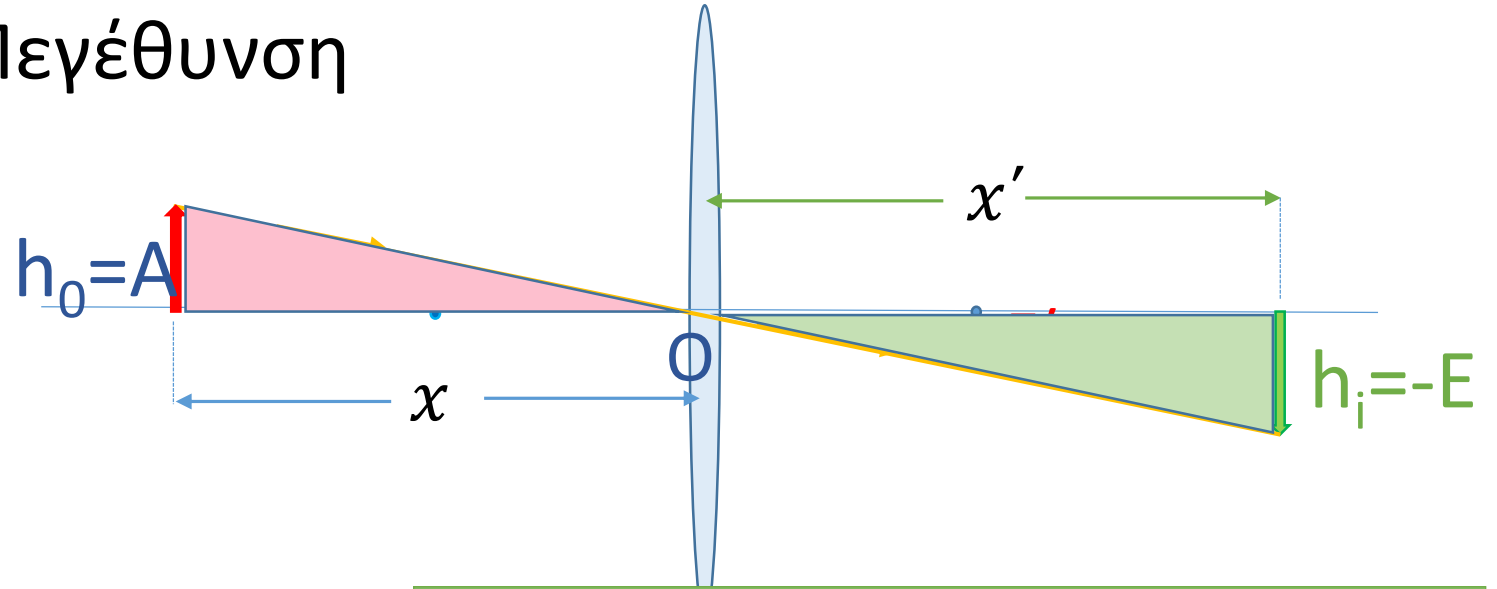
"Chromatic aberration lens diagram" από [HDrBob](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)



ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Εγκάρσια Γραμμική Μεγέθυνση

$$M = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-E}{A}$$



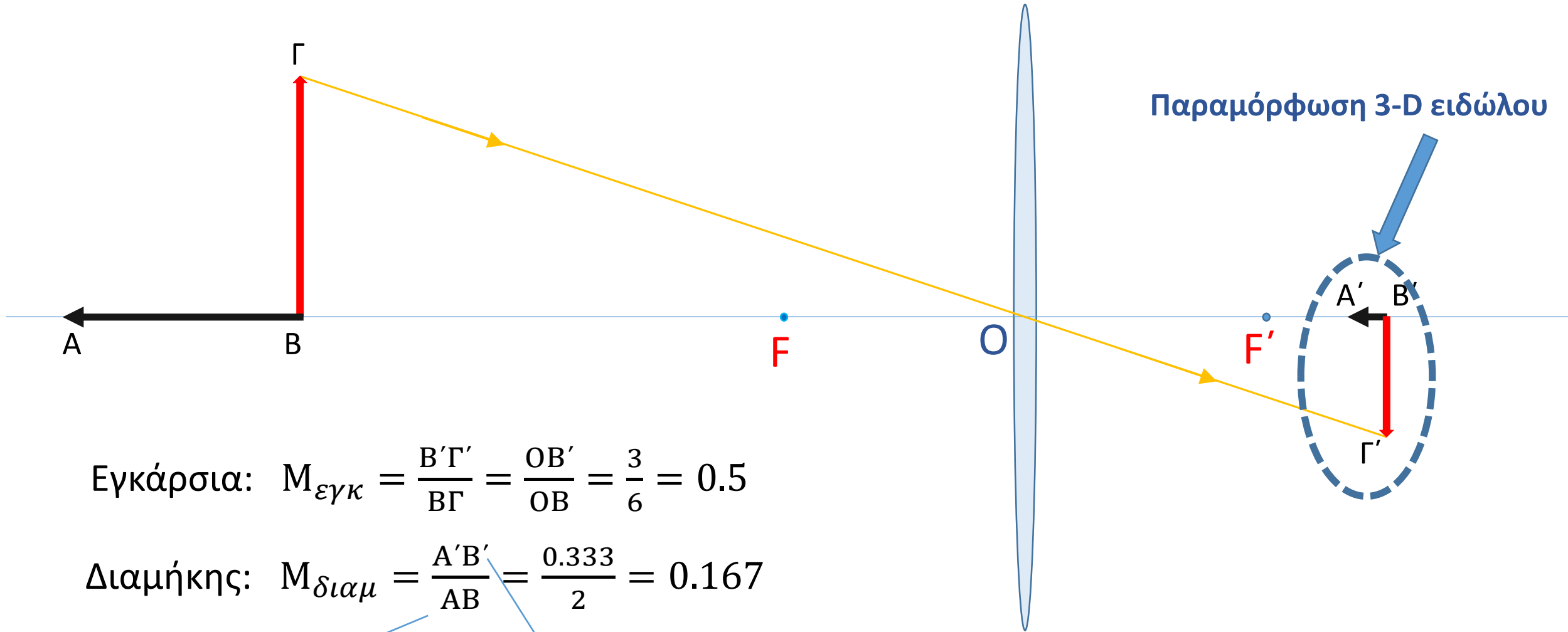
$$M = -\frac{E}{A} = -\frac{x'}{x}$$

$M < 0 \rightarrow$ είδωλο ανεστραμμένο

$M > 0 \rightarrow$ είδωλο ορθό

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \rightarrow \frac{x}{f} = \frac{x}{x} + \frac{x}{x'} \rightarrow \frac{x}{f} = 1 + \frac{A}{E} \rightarrow f = \frac{x}{1 + \frac{A}{E}}$$

ΕΓΚΑΡΣΙΑ & ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ



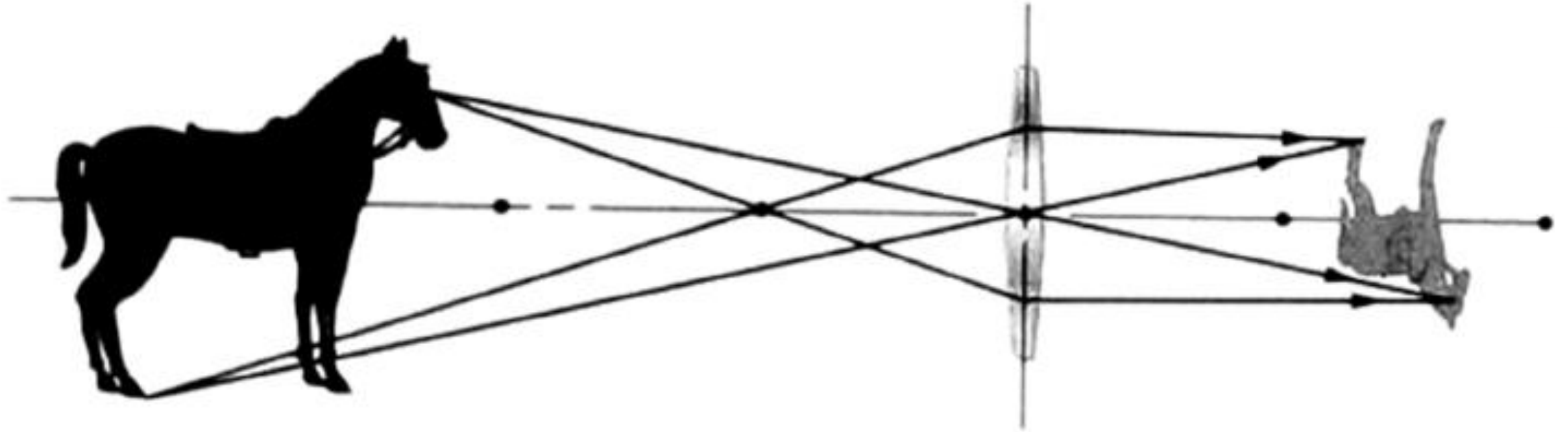
Εγκάρσια: $M_{εγκ} = \frac{B'\Gamma'}{B\Gamma} = \frac{OB'}{OB} = \frac{3}{6} = 0.5$

Διαμήκης: $M_{διαμ} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{0.333}{2} = 0.167$

$AB = x_A - x_B = 2mm$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \rightarrow \left[\begin{array}{l} x_{A'} = 2.7mm \\ x_{B'} = 3mm \end{array} \right] \rightarrow A'B' = x_{B'} - x_{A'} = 0.3mm$

Εγκάρσια & Διαμήκης Μεγέθυνση: Παραμόρφωση 3-D ειδώλου



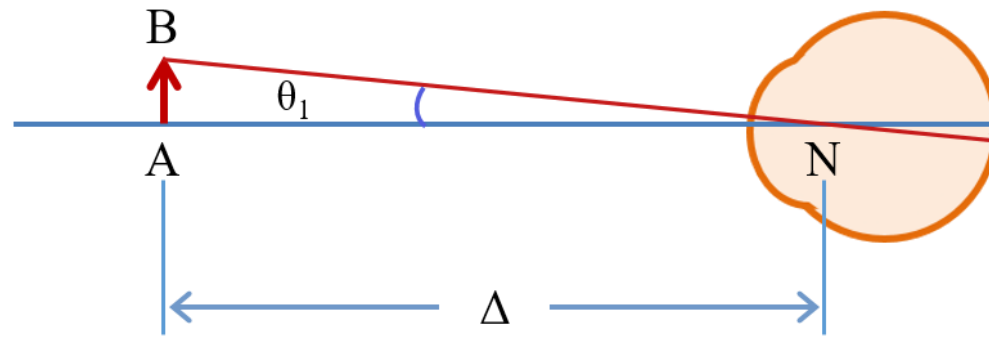
ΜΕΓΕΘΥΝΤΙΚΟΣ ΦΑΚΟΣ – ΓΩΝΙΑΚΗ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ



Στην Ελάχιστη Απόσταση Ευκρινούς οράσεως Δ (25 cm) :

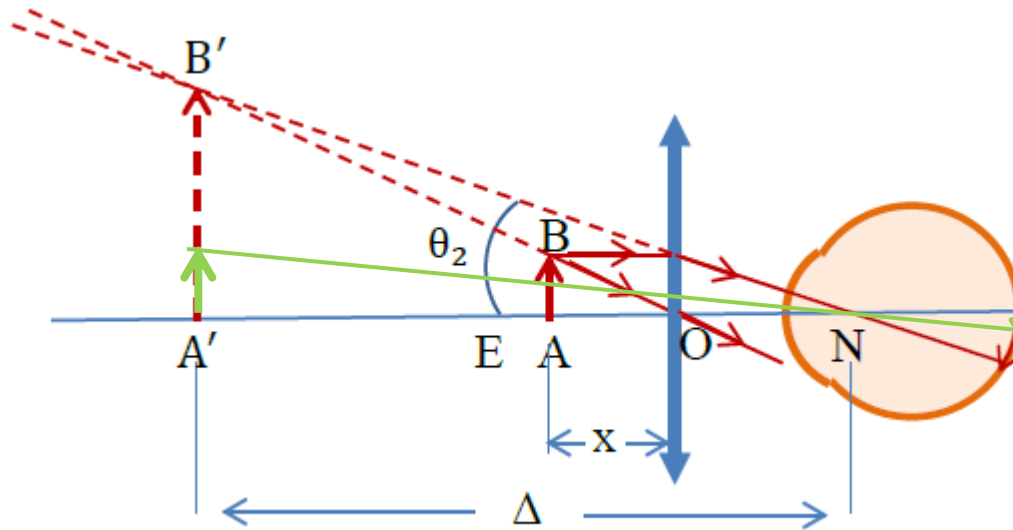
1. Παρατήρηση με γυμνό οφθαλμό

↓
Γωνία οράσεως θ_1



2. Παρατήρηση μέσω μεγεθυντικού φακού

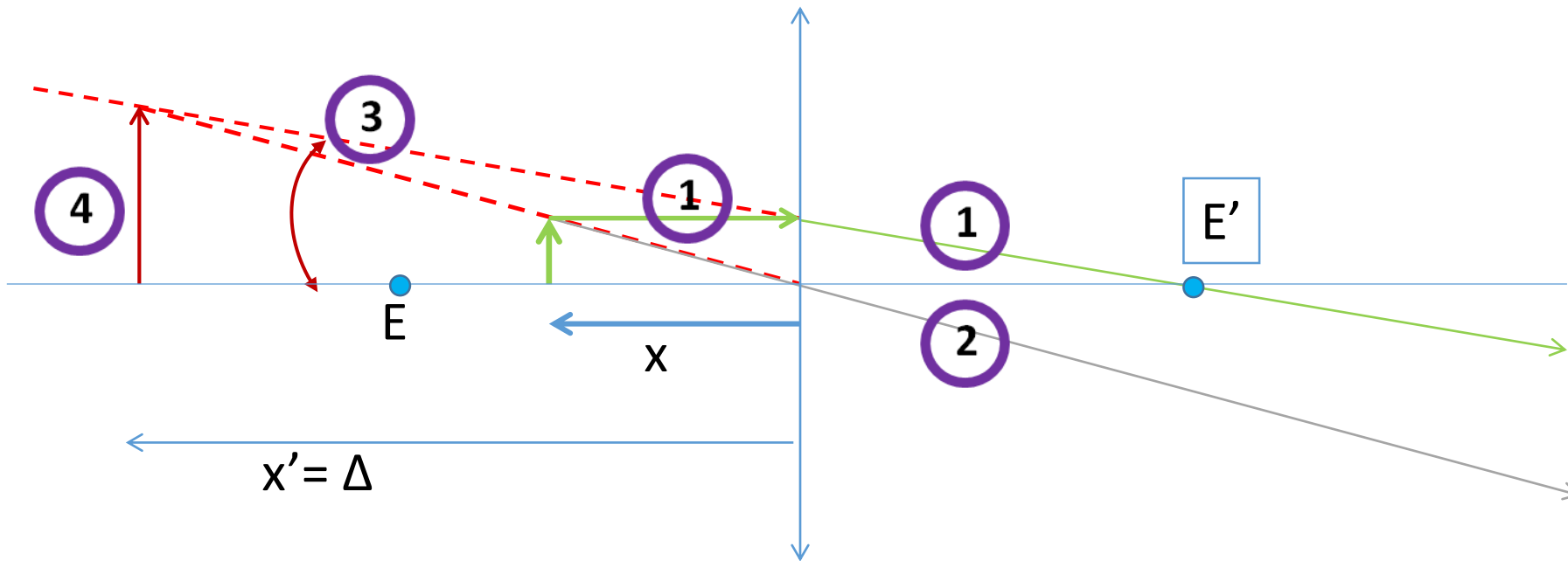
↓
Γωνία οράσεως θ_2



Γωνιακή Μεγέθυνση

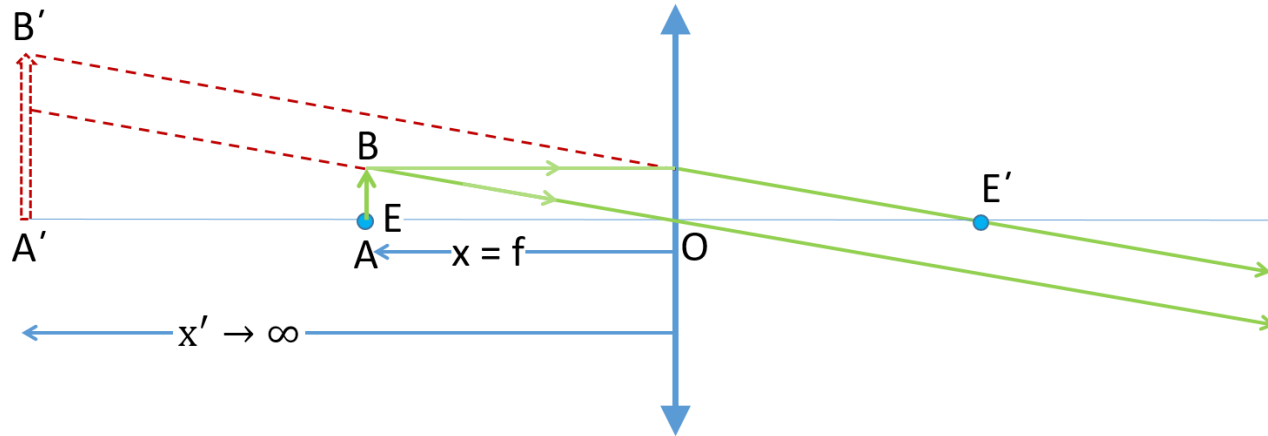
$$M_{\gamma\omega\nu} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

Πώς σχεδιάζουμε τις πορείες των ακτίνων για να σχηματίσουμε το είδωλο



Μεγέθυνση που επιτυγχάνεται με Μεγεθυντικό Φακό : $M_{\gamma\omega\nu} = -\frac{\Delta}{x}$

(α) Αντικείμενο στην Εστία \rightarrow Είδωλο στο ∞



$$x = f \rightarrow M_{\gamma\omega\nu} = -\frac{\Delta}{f}$$

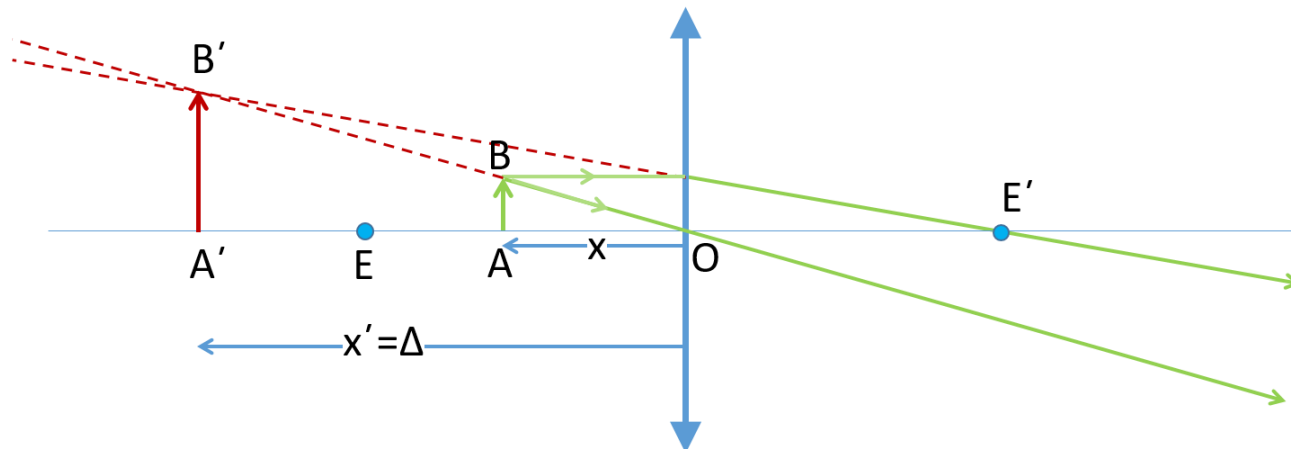
$$P = \frac{1}{f}$$

$$M_{\gamma\omega\nu} = -P \cdot \Delta$$

$$P \rightarrow \text{dpt} \ \& \ \Delta = -0.25\text{m}$$

(α)

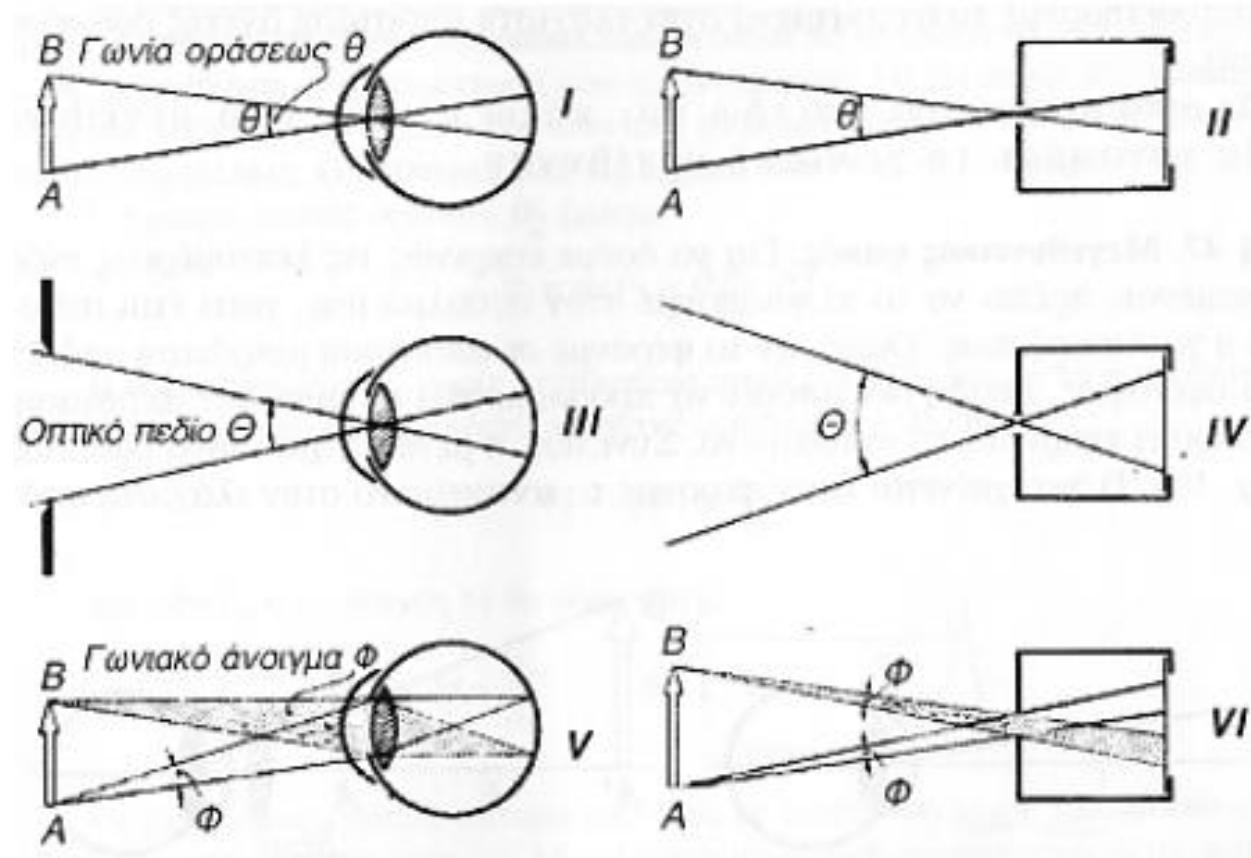
(β) Αντικείμενο σε θέση για την οποία το Είδωλο στο Δ



$$0 < x < f \rightarrow M_{\gamma\omega\nu} = 1 - \frac{\Delta}{f}$$

(β)

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ – ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ – ΓΩΝΙΑΚΟ ΑΝΟΙΓΜΑ



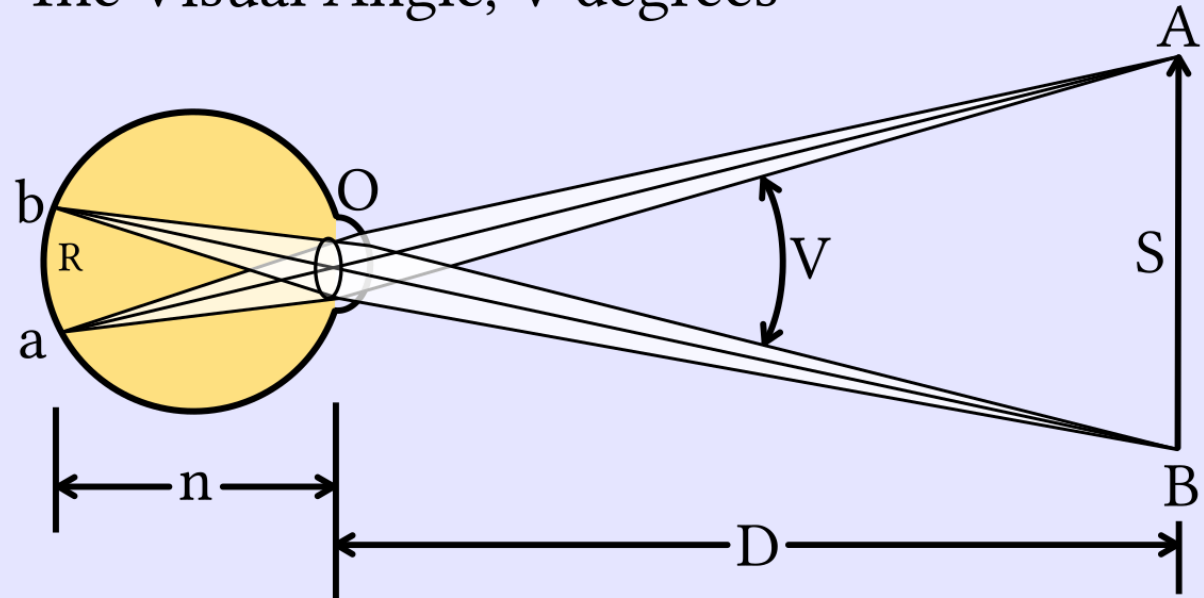
Σχ. 104. Σχήμα για τον ορισμό της γωνίας οράσεως, του οπτικού πεδίου και του γωνιακού ανοίγματος.

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ (visual angle/angle of vision)

Η γωνία υπό την οποία παρατηρείται το αντικείμενο

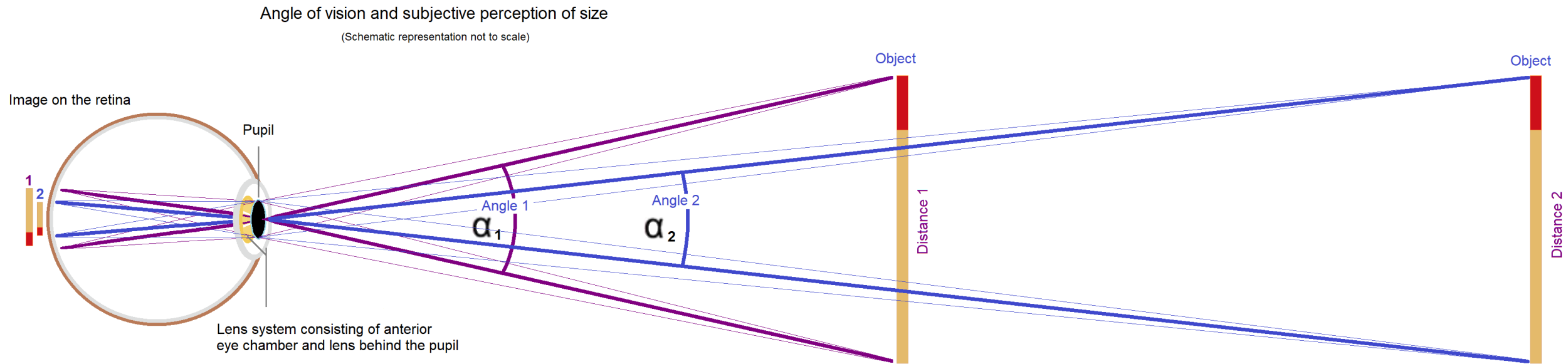
Εξαρτάται από : (i) διαστάσεις αντικειμένου (AB)
(ii) απόσταση (D)

The Visual Angle, V degrees



$$V = 2 \text{ τοξεφ}(S/2D)$$

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ : «γωνιακό» μέγεθος ειδώλου



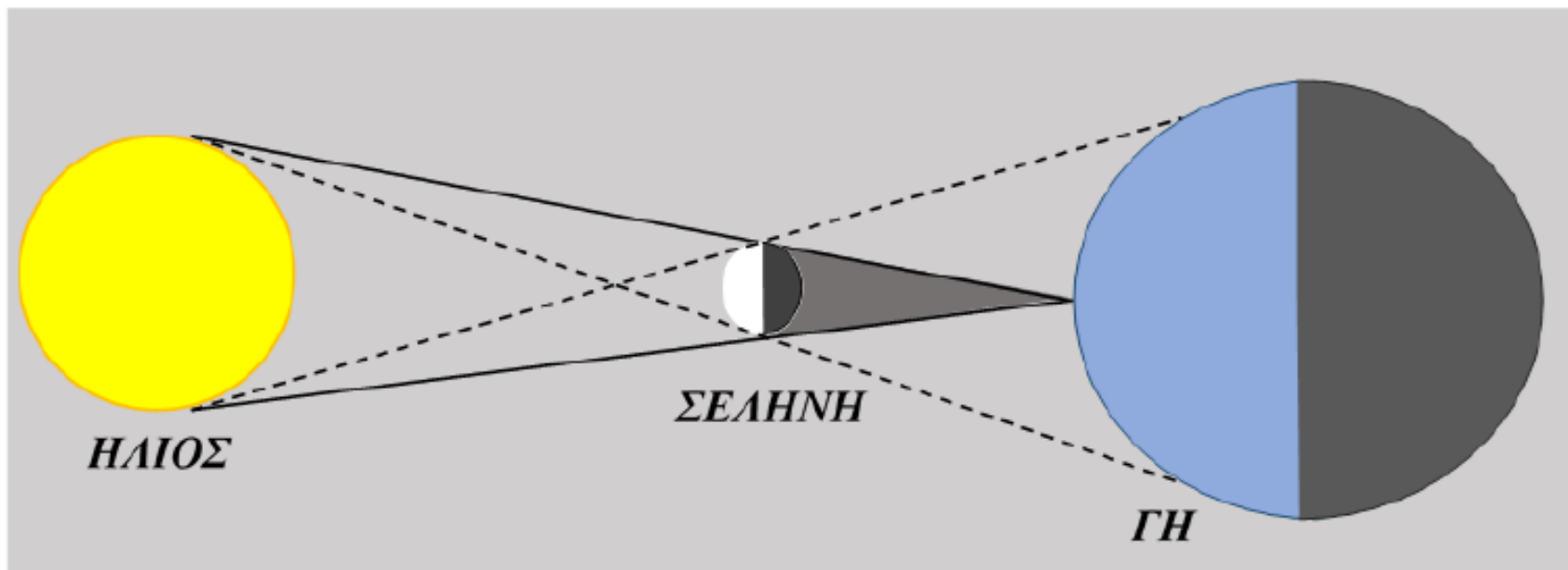
https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_angle available under the [Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικές αποστάσεις → διαφορετική γωνία οράσεως



διαφορετικό μέγεθος ειδώλου στον αμφιβληστροειδή

Αλλά και διαφορετικά αντικείμενα με την ίδια γωνία οράσεως

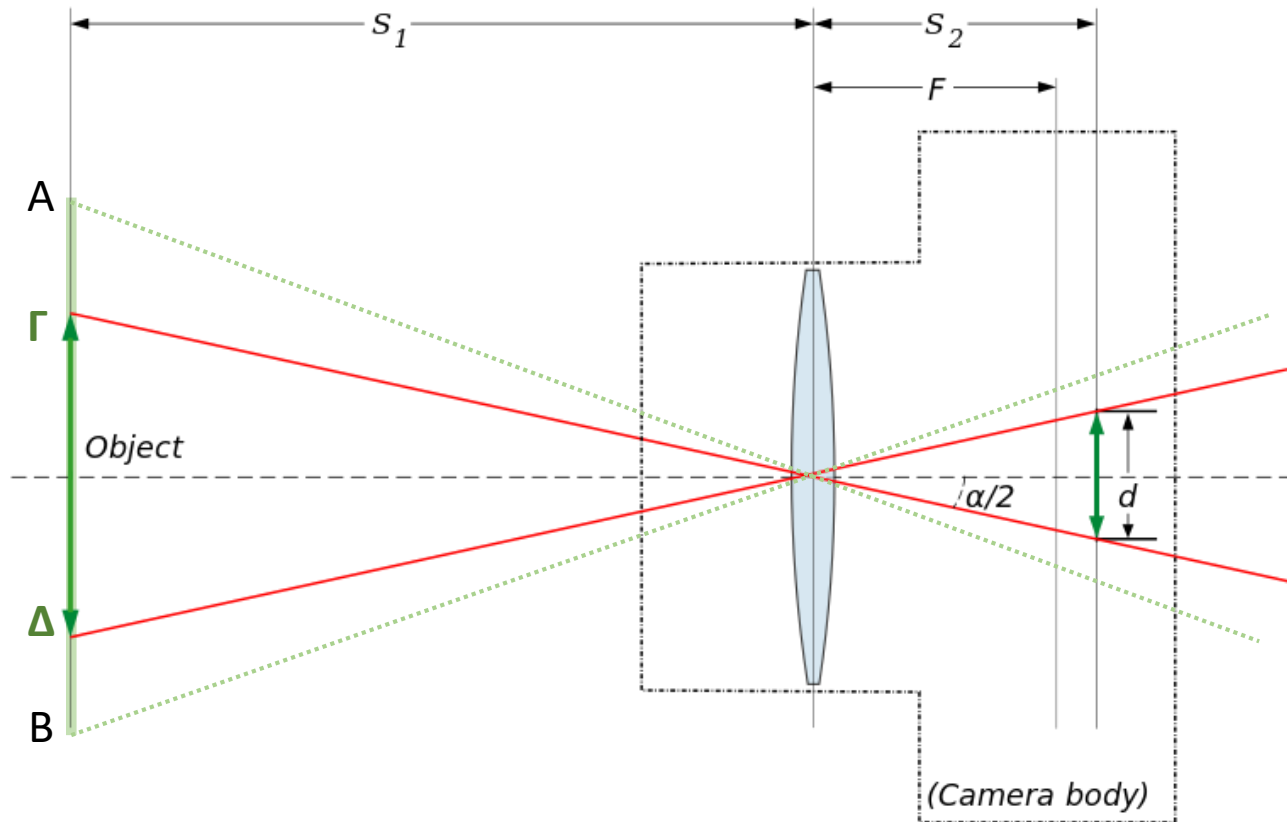


	διάμετρος S (km)	απόσταση D από Γη (km)	S/D	γωνία οράσεως V (μοίρες)
ΣΕΛΗΝΗ	3474	384,400	0.009	0.5
ΗΛΙΟΣ	1,393,000	149,600,000	0.009	0.5

ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (FOV)

Η max γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες που χρησιμοποιούνται στο οπτικό σύστημα
Καθορίζει (περιορίζει ;;;) την έκταση του ορατού πεδίου

Εξαρτάται από : (i) διαστάσεις αισθητήρα (**d**) & (ii) εστιακή απόσταση φακού (**F**)



FOV

$$\alpha = 2 \text{τοξεφ} \left(\frac{d}{2F} \right)$$

Φακός εστιασμένος στο άπειρο ($s_1 \rightarrow \infty$) $\rightarrow s_2 \cong F$

Εστιακή απόσταση – FOV

$$\text{FOV: } \alpha = 2 \arctan\left(\frac{d}{2f}\right)$$

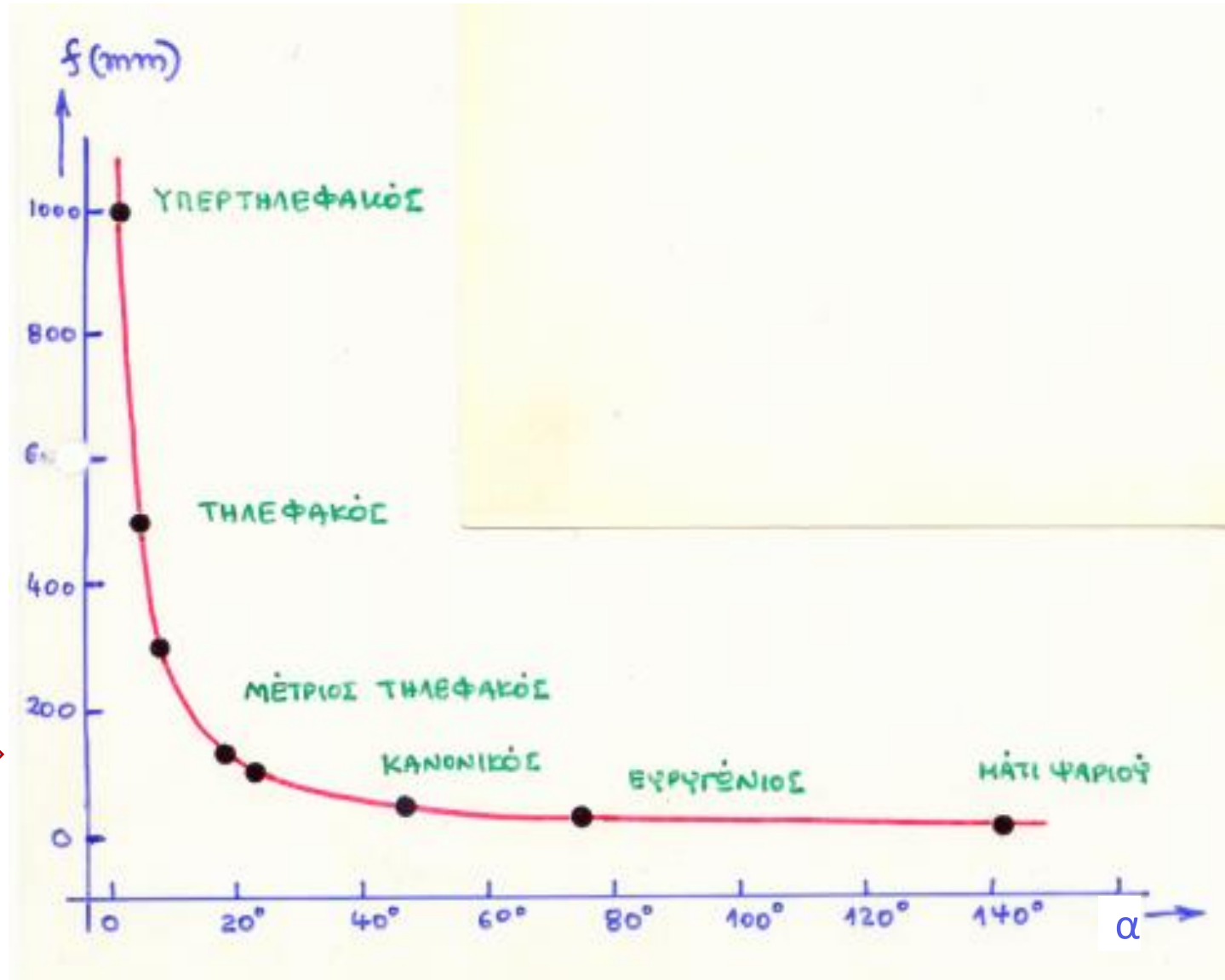
$$\text{Άρα: } \frac{d}{2f} = \tan\frac{\alpha}{2}$$

Για φωτοευαίσθητη επιφάνεια με διάσταση
(24x36)mm είναι:

$$d \sim 43 \text{ mm} \rightarrow d/2 = 21.6 \text{ mm}$$

$$\text{Άρα } \tan\frac{\alpha}{2} = \frac{21.6}{f} \Rightarrow f = \frac{21.6}{\tan\frac{\alpha}{2}}$$

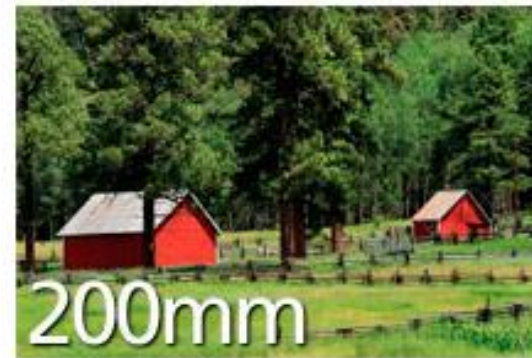
όπου f : εστιακή απόσταση (σε mm).



ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ : ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ – ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ – ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ

Μεγέθυνση

Εστιακή απόσταση f



<https://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/understanding-focal-length.html#>

© Dave Black

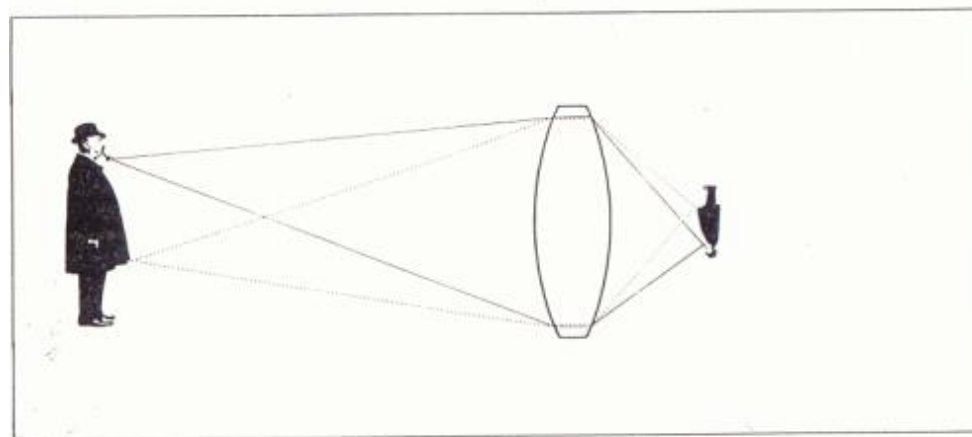
Γωνία οράσεως

Βάθος Πεδίου

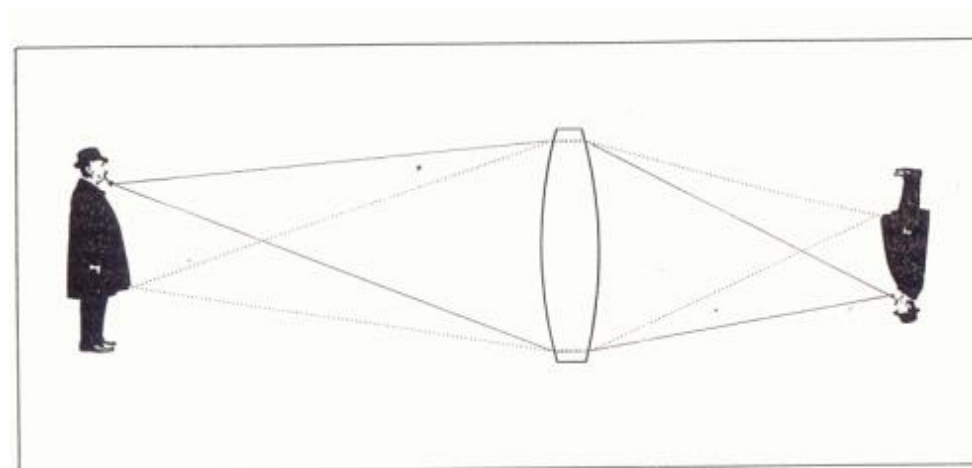
Μεταβολή μεγέθους E ειδώλου με f

$$E = \frac{A}{1 - \frac{\alpha}{f}}$$

- Φωτογραφικός φακός με μικρή εστιακή απόσταση δημιουργεί μικρό είδωλο.



- Φωτογραφικός φακός με μεγάλη εστιακή απόσταση δημιουργεί μεγάλο είδωλο.



E : Μέγεθος Ειδώλου
A : Μέγεθος Αντικειμένου
 α : Απόσταση φωτογράφισης
f : Εστιακή Απόσταση φακού

Γωνιακό Άνοιγμα 2θ

Η max γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες από ένα φωτεινό σημείο (F) που εισέρχονται στο οπτικό σύστημα και συντελούν στο σχηματισμό ειδώλου.

- Καθορίζει τη **φωτεινή ροή** που εισέρχεται στη διάταξη (**φωτεινότητα ειδώλου**)
- Εξαρτάται από τη **διάμετρο της οπής (διάφραγμα)**

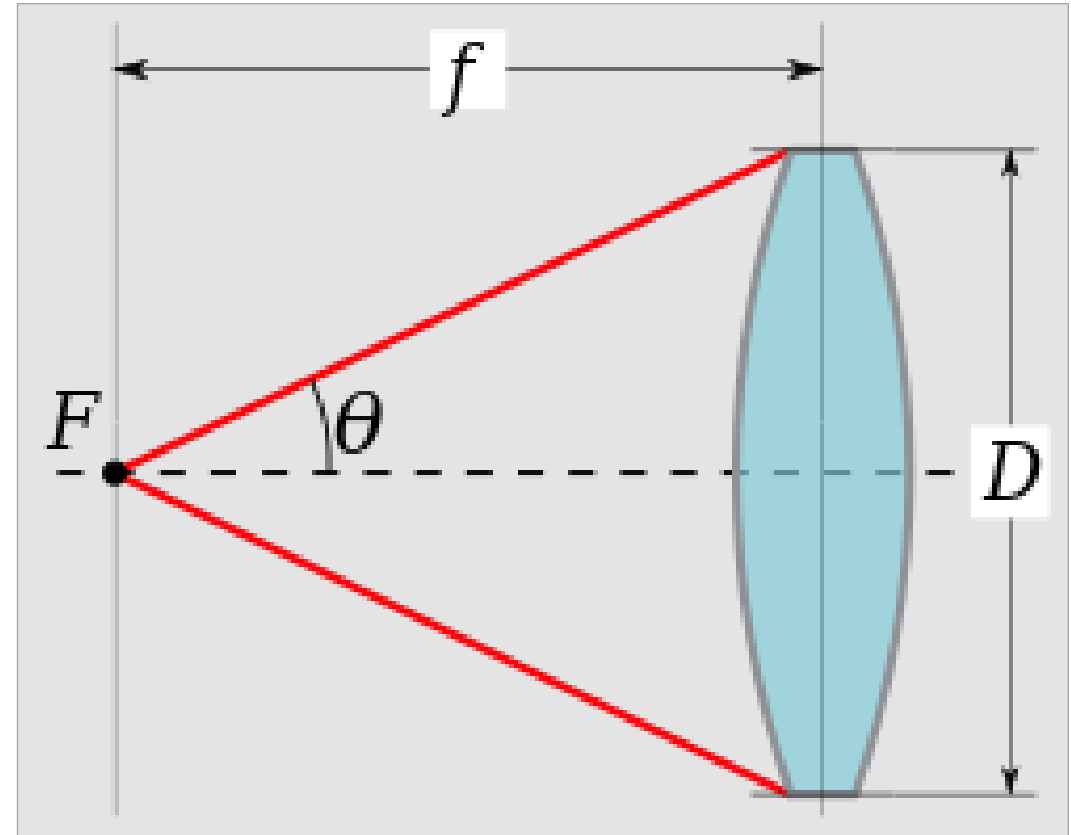
$$2\theta = 2 \cdot \text{τοξεφ} \left(\frac{D}{2f} \right)$$

Για μικρή γωνία θ:

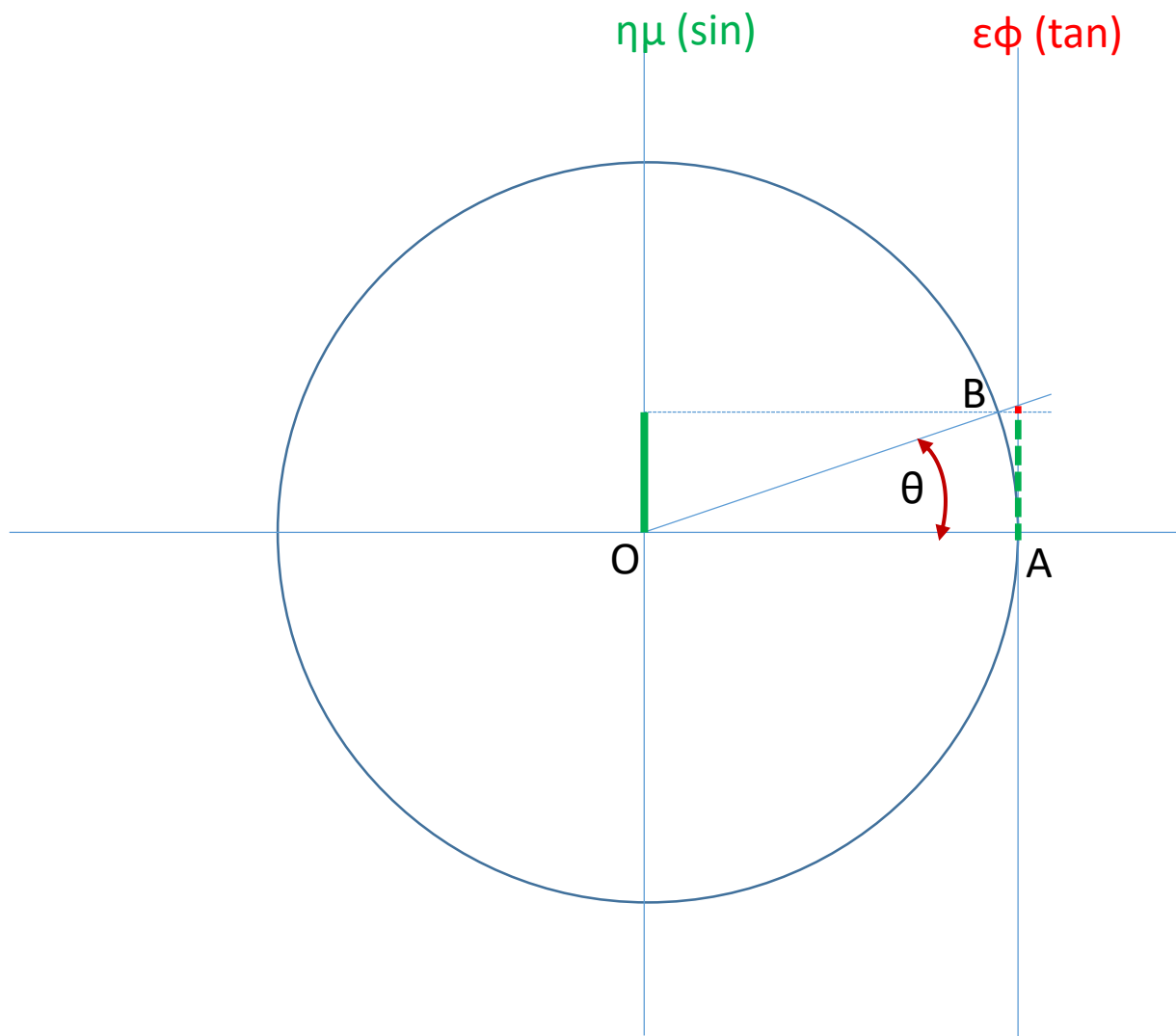
$$\tan \left(\frac{D}{2f} \right) \approx \left(\frac{D}{2f} \right) \Rightarrow$$

$$2\theta = \frac{D}{f} = \frac{1}{f / \neq}$$

$$f\text{-number} = f / D$$



By Moxfyre at English Wikipedia - Transferred from en.wikipedia to Commons by Moxfyre., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6545240>



$$\eta\mu\theta \approx \epsilon\phi\theta \approx (AB) = \theta(\text{rad})$$

$$(AB) (\text{rad}) = \theta (\text{rad}) \cdot (OA)$$

1

ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ

(ή ΑΝΟΙΓΜΑ ΦΑΚΟΥ ή ΣΤΟΠ)

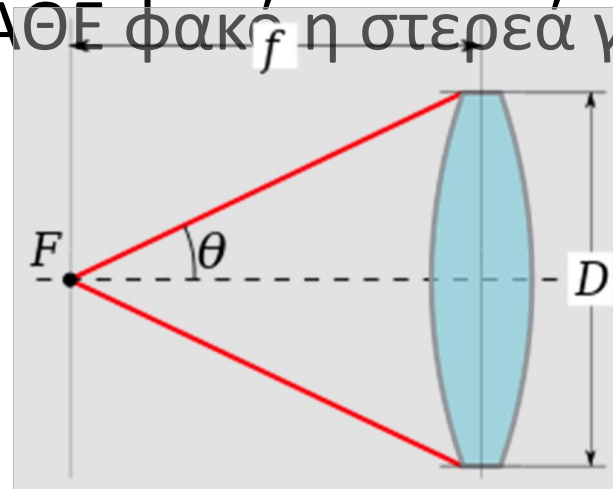
- **Σκοπός** : Πρόκειται για άνοιγμα κυκλικού σχήματος πολύ κοντά στον φωτογραφικό φακό. Καθορίζει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στη φωτογραφική μηχανή.
- Αναφέρεται σαν αριθμός f και είναι το πηλίκο :
(εστιακή απόσταση προς την διάμετρο του ανοίγματος δηλαδή f / D).
Έτσι, μεγάλο f number σημαίνει μικρό άνοιγμα.

$$f - \text{number} : \quad f / \neq = \frac{f}{D}$$

Τιμές Διαφράγματος (Κλίμακα)

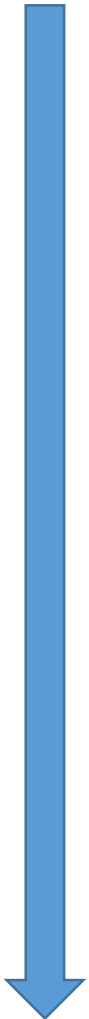
- Η καθιερωμένη σειρά διαφραγμάτων είναι:
1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32, ...
- Πρόκειται για σειρά αριθμών που αποτελούν γεωμετρική πρόοδο με λόγο την ρίζα του αριθμού 2 (= 1.414).
- Διάφραγμα (π.χ. 8) σημαίνει ότι για ΚΑΘΕ φακί f η στερεά γωνία εισόδου είναι η ΙΔΙΑ.

$$2\theta = \frac{D}{f} = \frac{1}{f/\neq}$$



$$f\text{-number} = f / D$$

Βάθος Πεδίου



f/#
1
1.4
2
2.8
4
5.6
8
11
16

Φωτεινότητα Ειδώλου
E
E/2
E/4
E/8
E/16
E/32
E/64
E/128
E/256

Φωτοφράκτης (ή Κλείστρο)

- καθορίζει τον χρόνο έκθεσης.
- Αναφέρεται και σαν «ταχύτητα» φωτογράφισης, η τιμή της αντιστοιχεί σε αντίστροφα του δευτερολέπτου
(π.χ. ταχύτητα 125 σημαίνει ότι ο χρόνος έκθεσης έχει διάρκεια : $1/125$ sec)
- Διπλάσια η τιμή ταχύτητας \sim μισή η ποσότητα του φωτός που αξιοποιείται.
- Μισή η τιμή ταχύτητας \sim διπλάσια η ποσότητα του φωτός.