

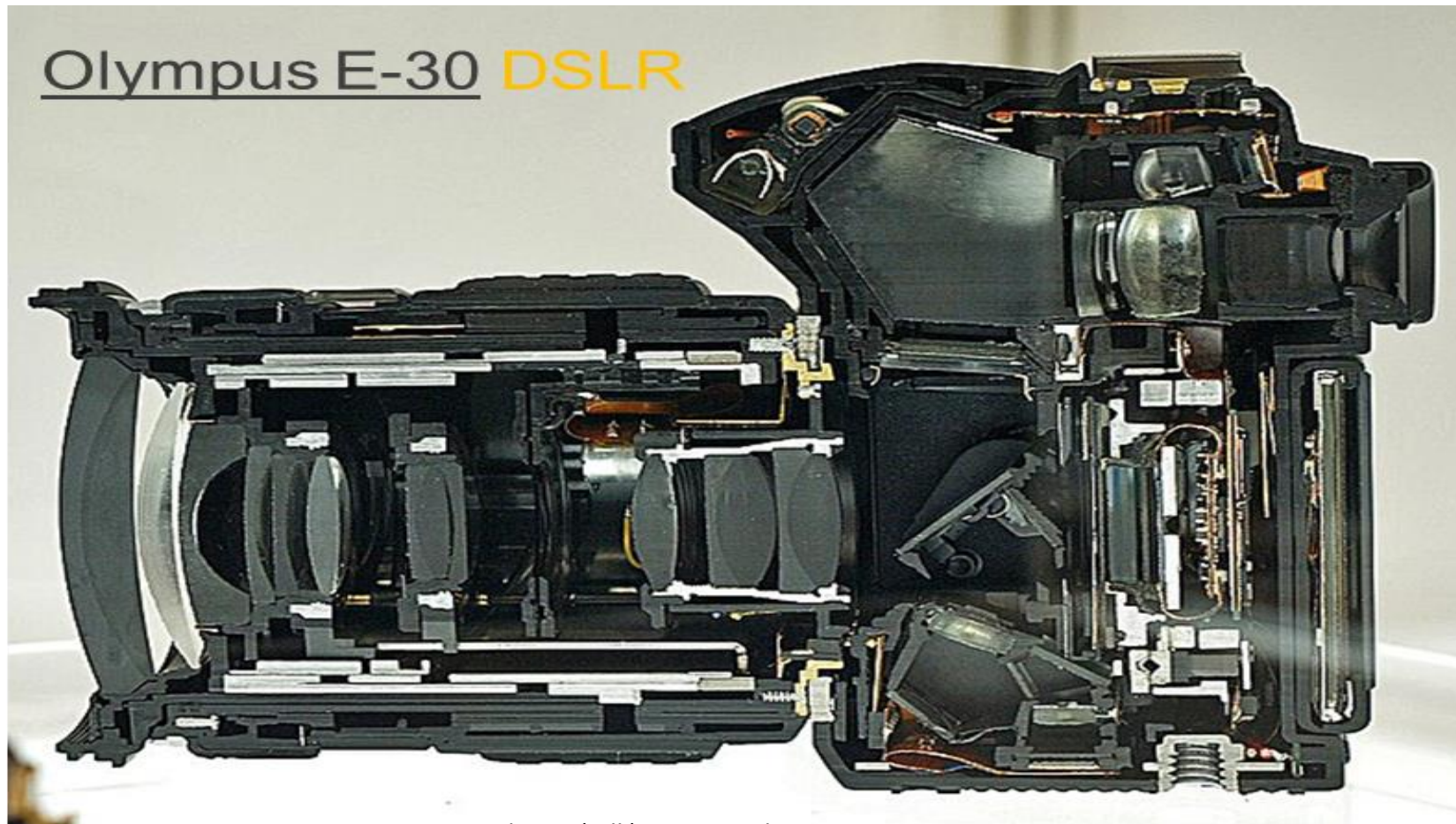
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2023-24

ΘΕΜΑΤΟΛΟΓΙΑ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΑΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ 2023-24

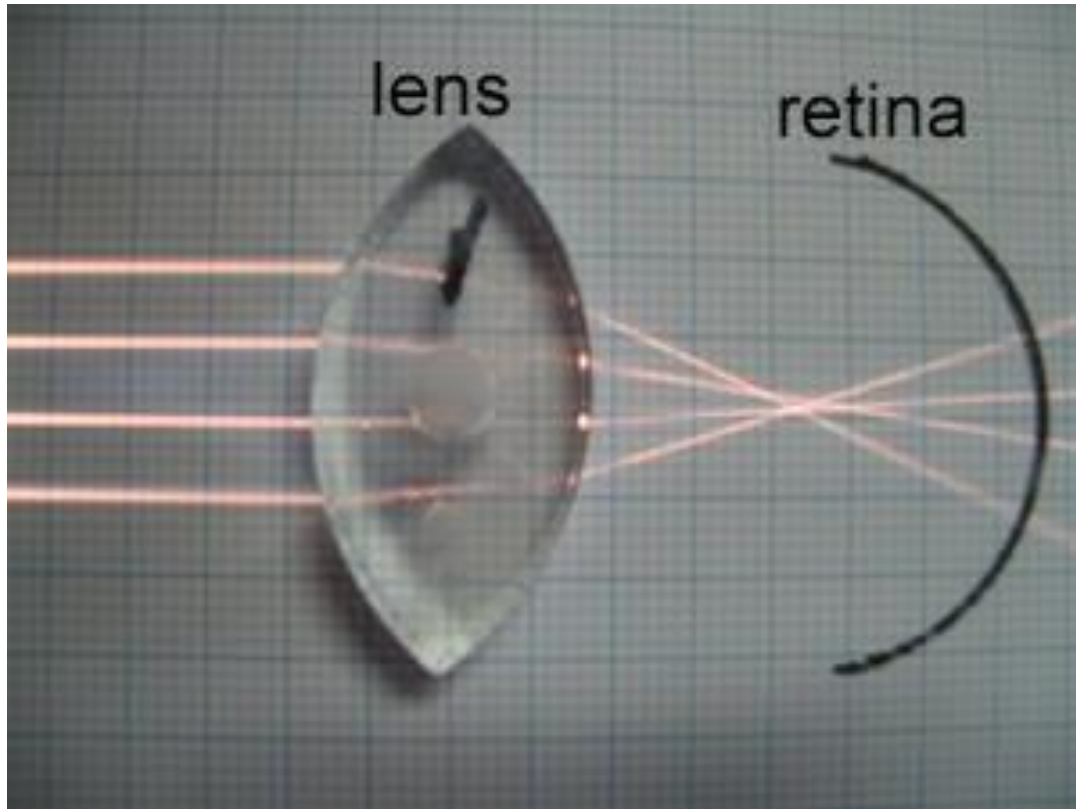
1. Φωτογραφίες μέσω κινητού – Υπολογισμός συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του φωτογραφικού φακού σε smart-phone.
2. Θεωρητικός υπολογισμός έντασης ήχου από δυο ανεξάρτητες, γνωστές πηγές σε εγκατάσταση υποθετικού στούντιο.
3. Μεγεθυντικός φακός.
4. Σφάλματα φακών.
5. Πόλωση – επιβεβαίωση νόμου Malus.
6. Συμβολή σε μεταλλικό κανόνα.
7. Χαρακτηριστικά του LASER.
8. Φωτομετρία – Πολική κατανομή της φωτοβολίας λαμπτήρα πυρακτώσεως.
9. Υπολογισμός του συντελεστή απόδοσης λαμπτήρα πυρακτώσεως.
10. Φασματοσκόπιο πρίσματος – Βαθμονόμηση φασματοσκοπίου – Φάσματα εκπομπής & απορρόφησης.
11. Περίθλαση φωτός laser μέσω διαφανών υλικών - μέτρηση σταθεράς λεπτού πλέγματος και της ακτίνας μικρών κόκκων.
12. Φασματοσκόπιο φράγματος – Φάσμα Hg.
13. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

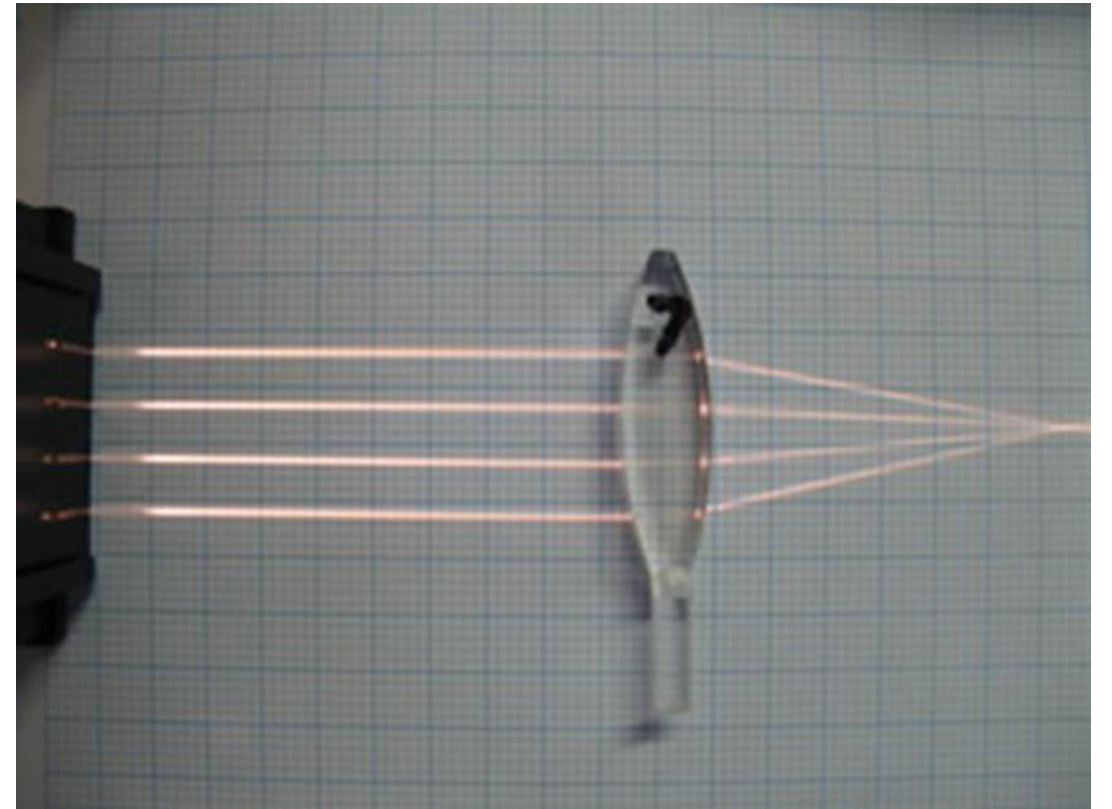


By Hanabi123 (talk) - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5956392>

ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ

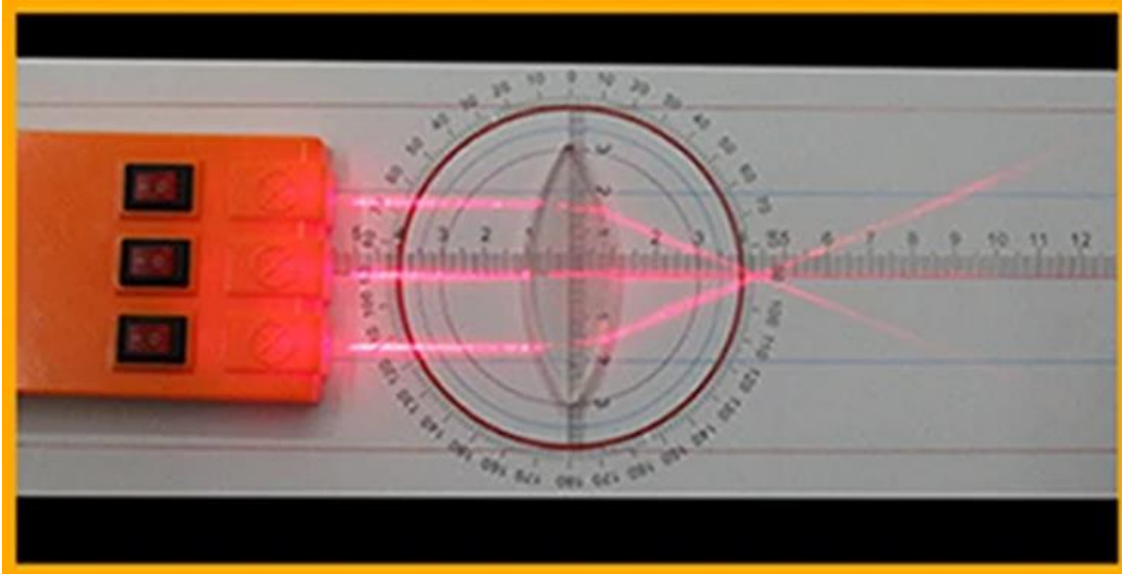


ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

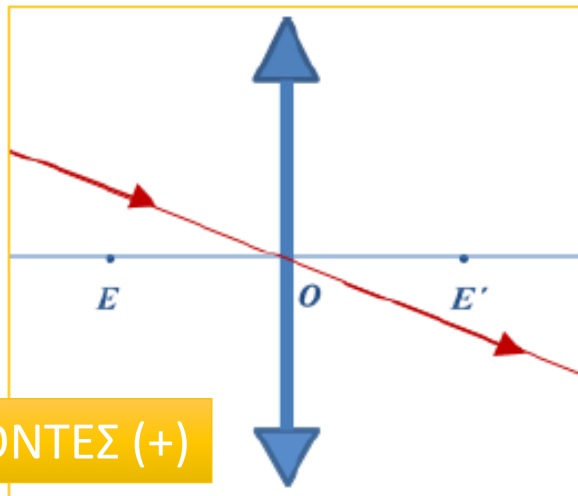
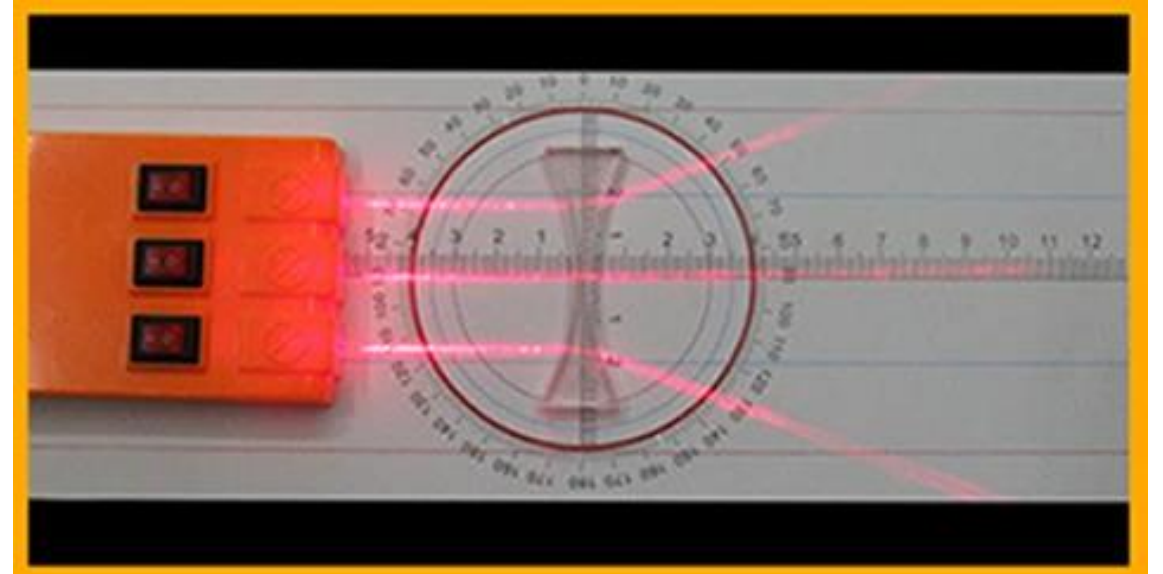


ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (+)

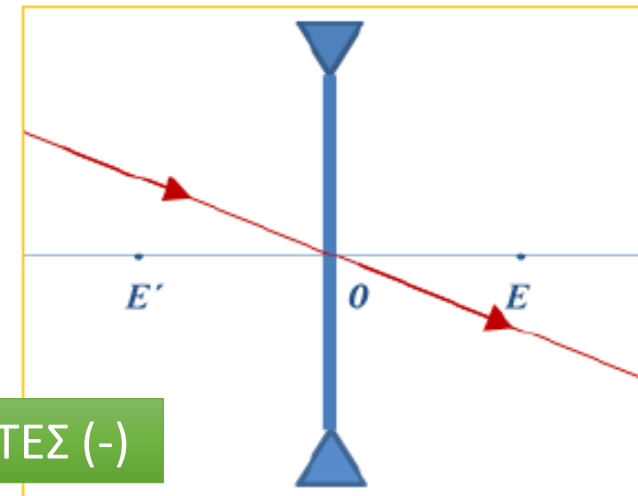


ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (-)



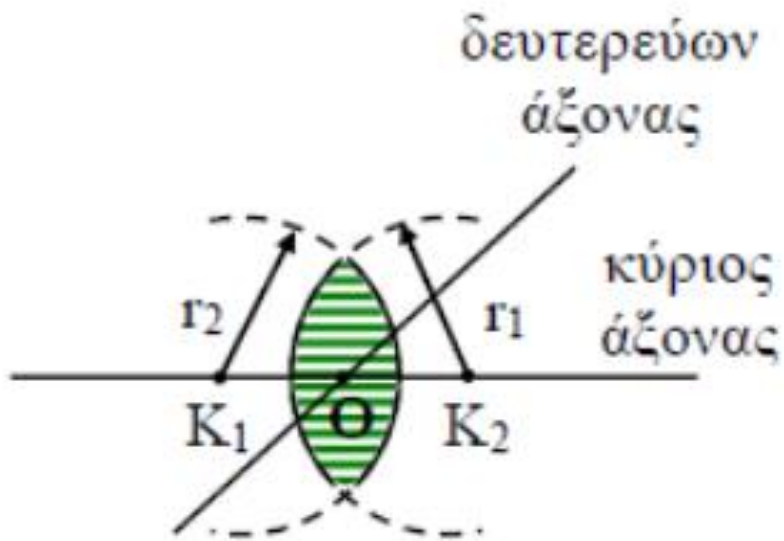
ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (+)

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

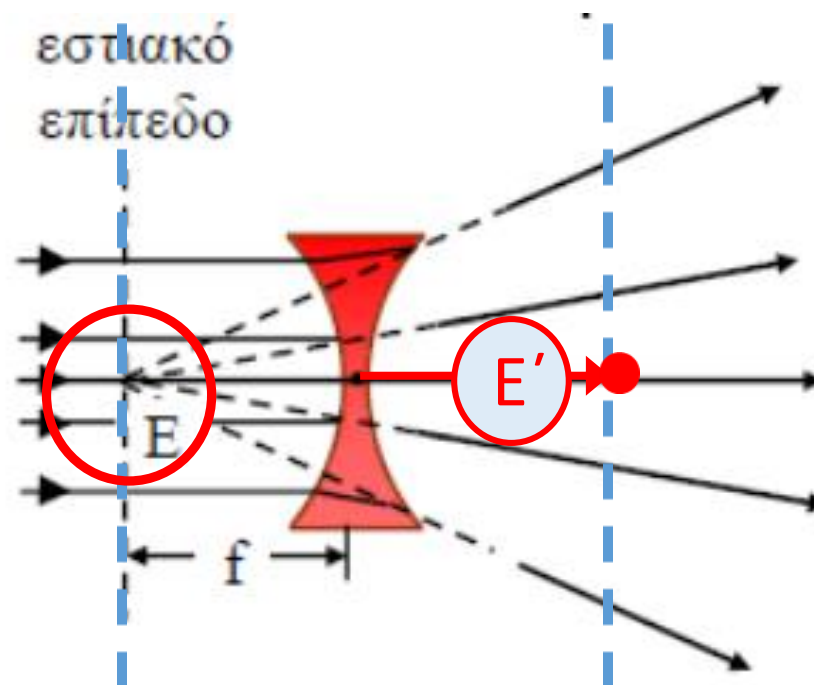
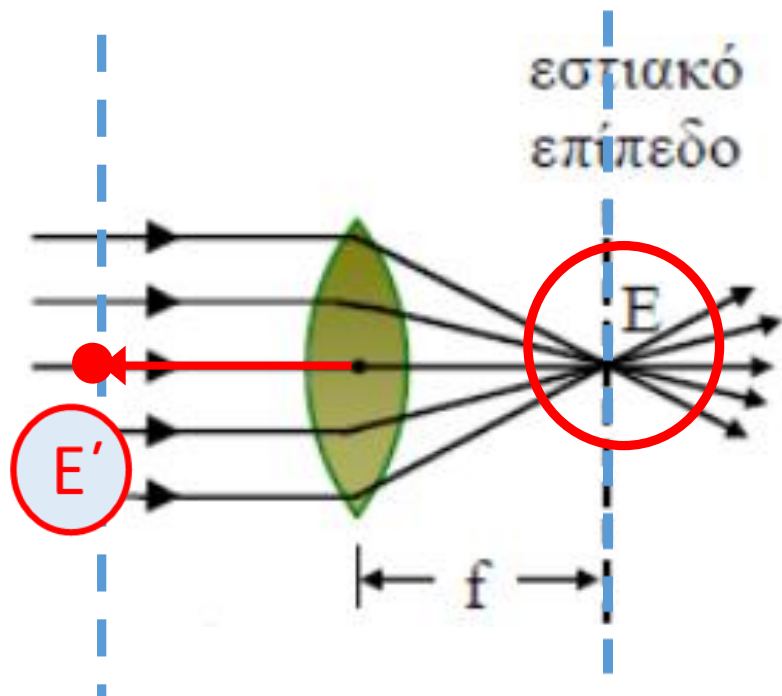


ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ (-)

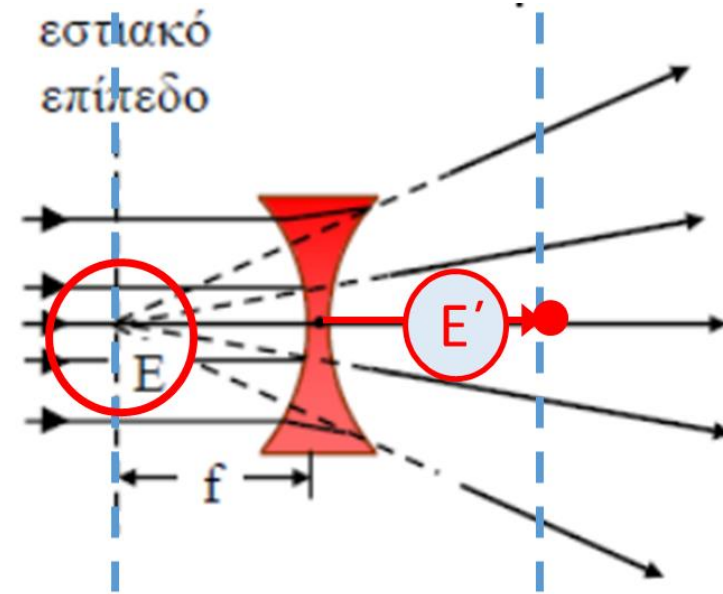
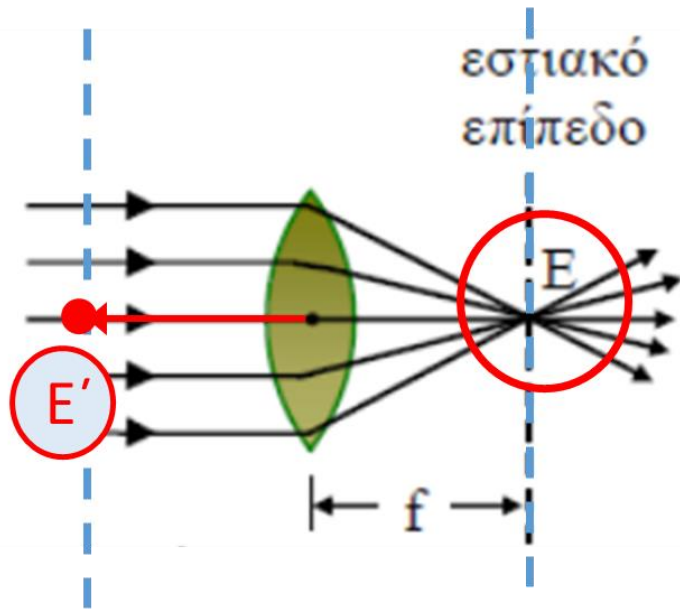
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΑΚΩΝ



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



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



Τύπος των κατασκευαστών φακών

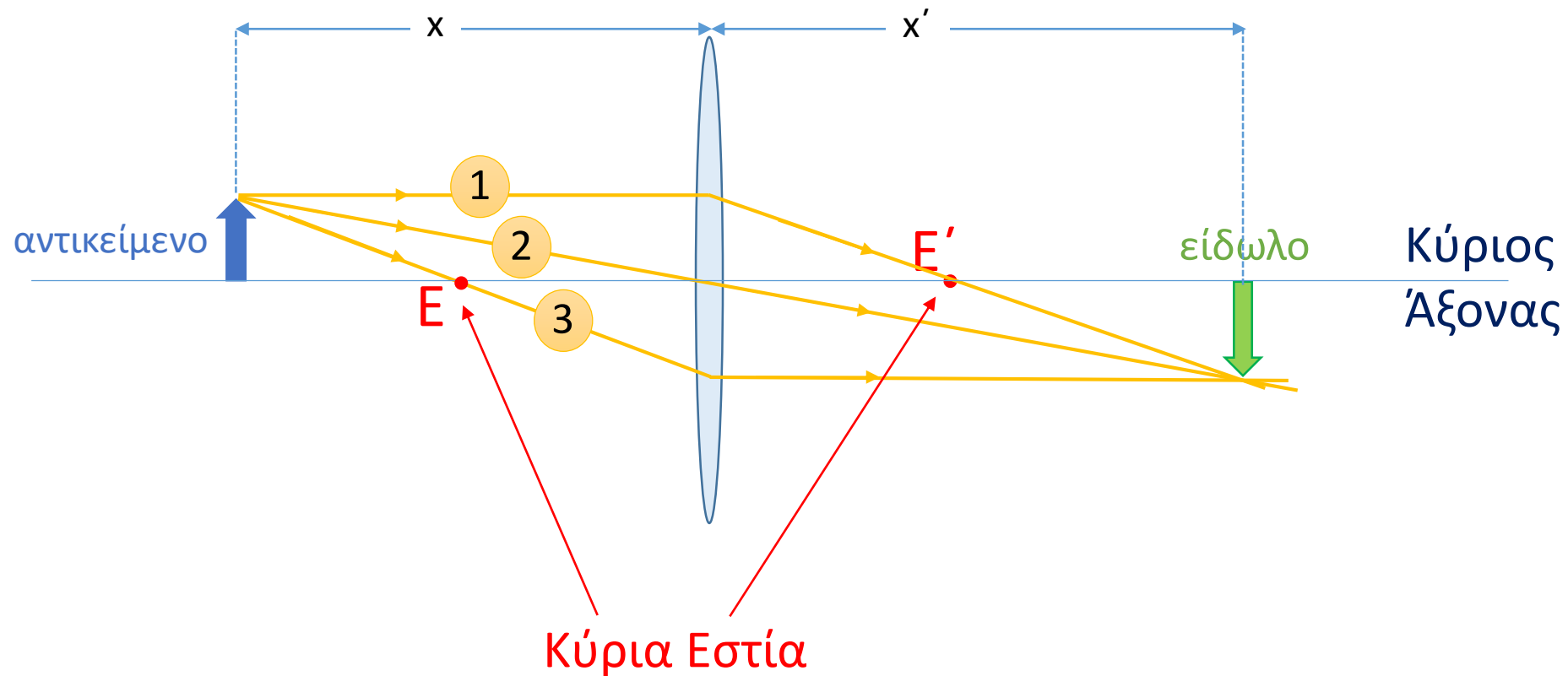
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

όταν ο φακός περιβάλλεται από αέρα

Πώς προσδιορίζουμε τα πρόσημα των r_1, r_2 :

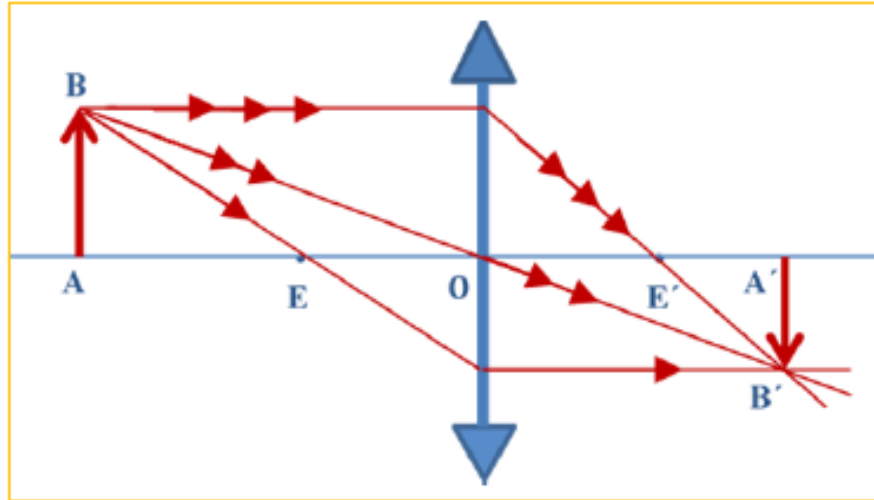
- Οι ακτίνες προσπίπτουν από αριστερά
- Όταν προσπίπτουν σε **κυρτή** επιφάνεια $\rightarrow r > 0$ (+)
- Όταν προσπίπτουν σε **κοίλη** επιφάνεια $\rightarrow r < 0$ (-)
- Όταν προσπίπτουν σε **επίπεδη** επιφάνεια $\rightarrow r = \infty$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ – ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

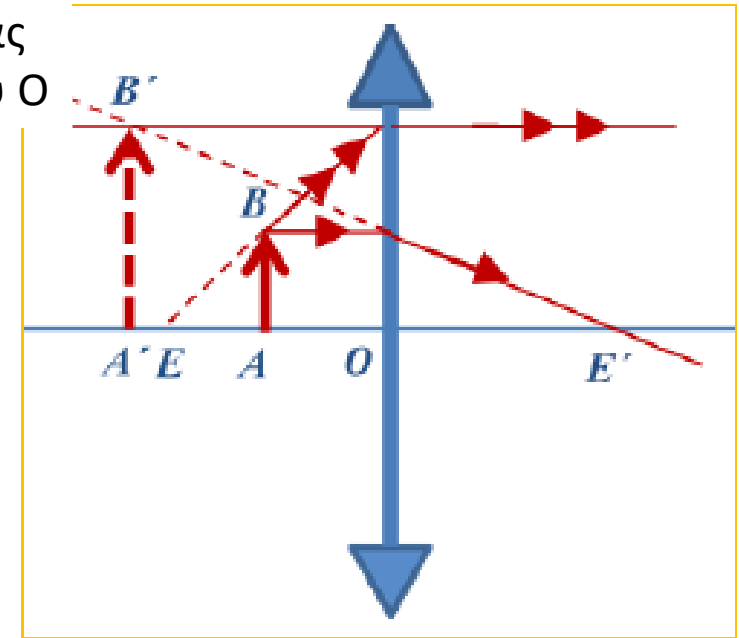


ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΟΡΕΙΕΣ ΑΚΤΙΝΩΝ – ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

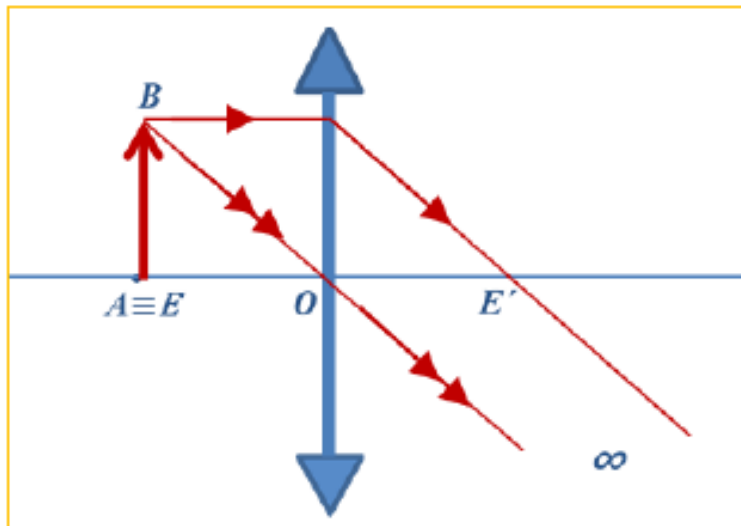
(I) αντικείμενο πέραν της κύριας εστίας E



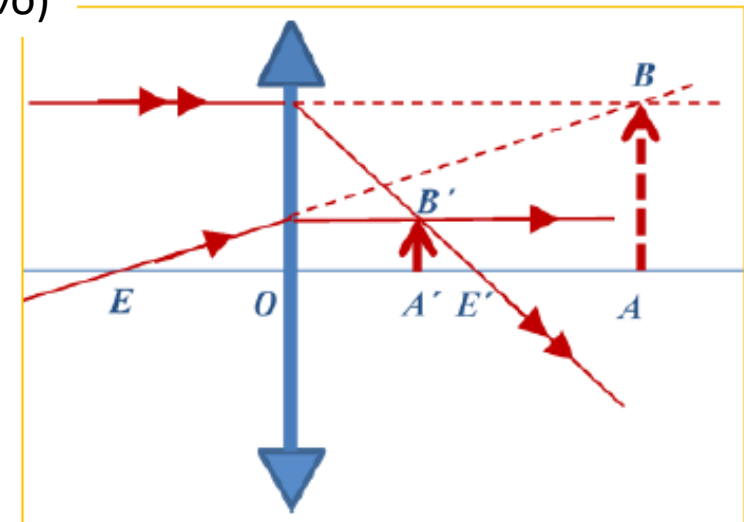
(II) αντικείμενο μεταξύ κύριας εστίας E και οπτικού κέντρου O



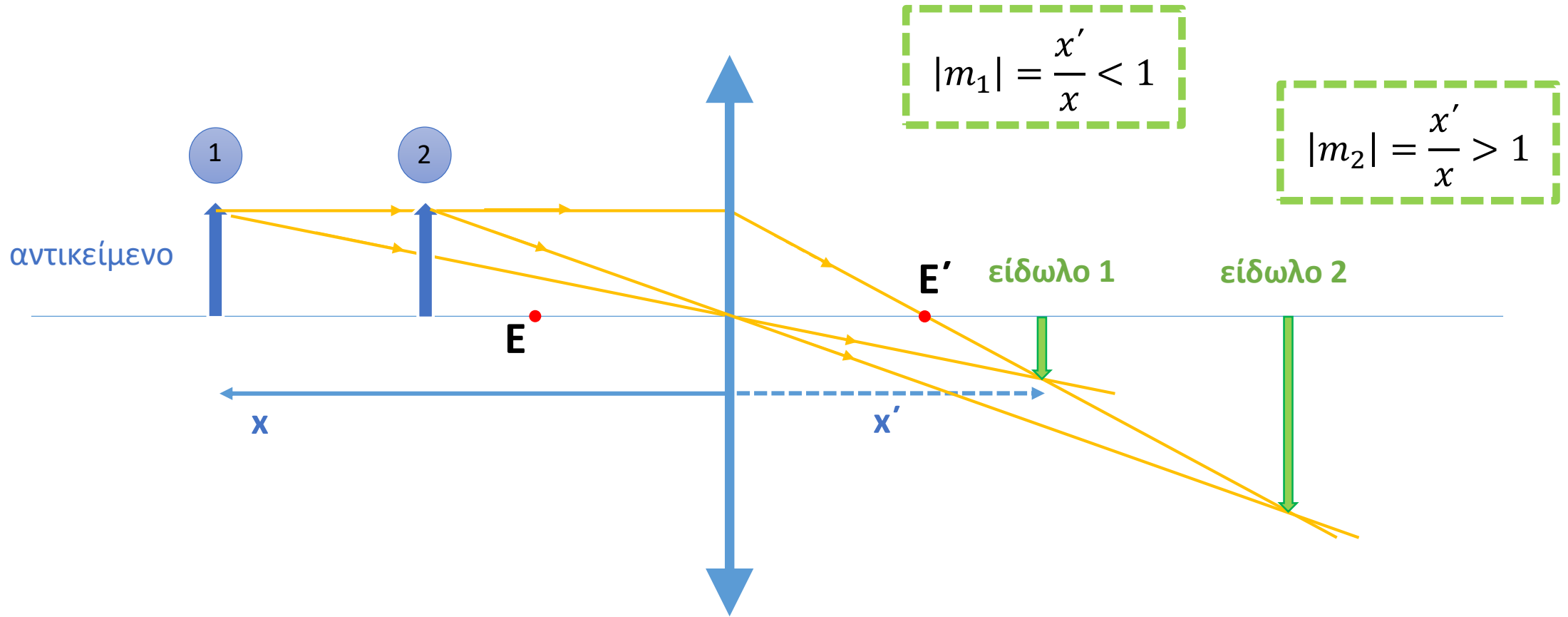
(II) αντικείμενο στην κύρια εστία E ($x=f$)



(iv) φανταστικό αντικείμενο

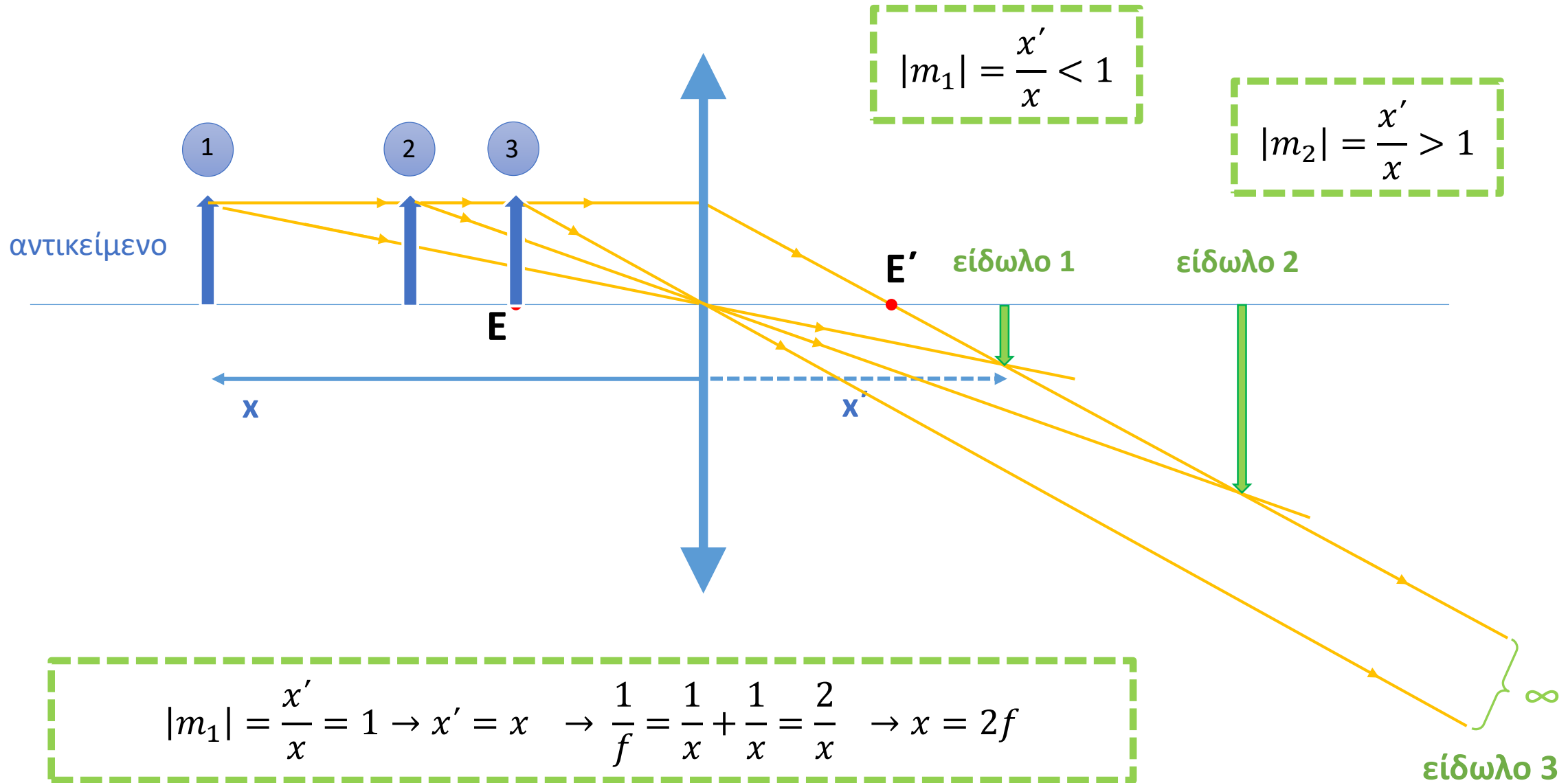


Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:

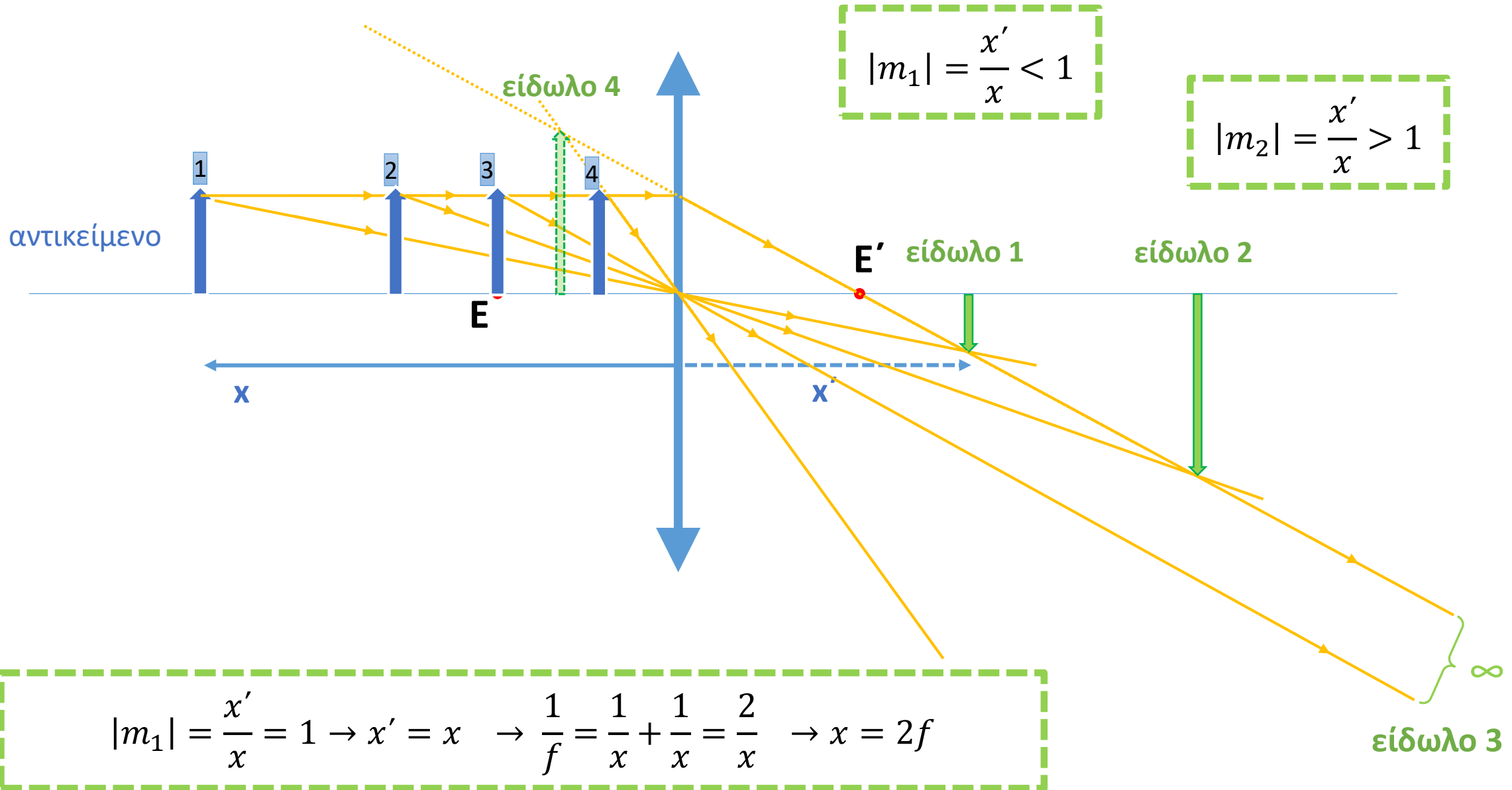


$$|m_1| = \frac{x'}{x} = 1 \rightarrow x' = x \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{2}{x} \rightarrow x = 2f$$

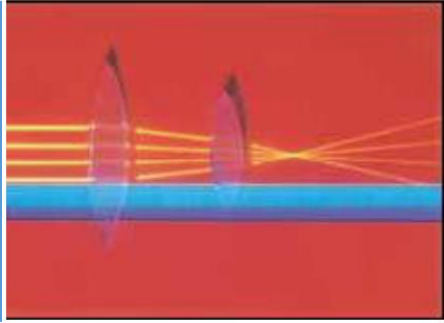
Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:



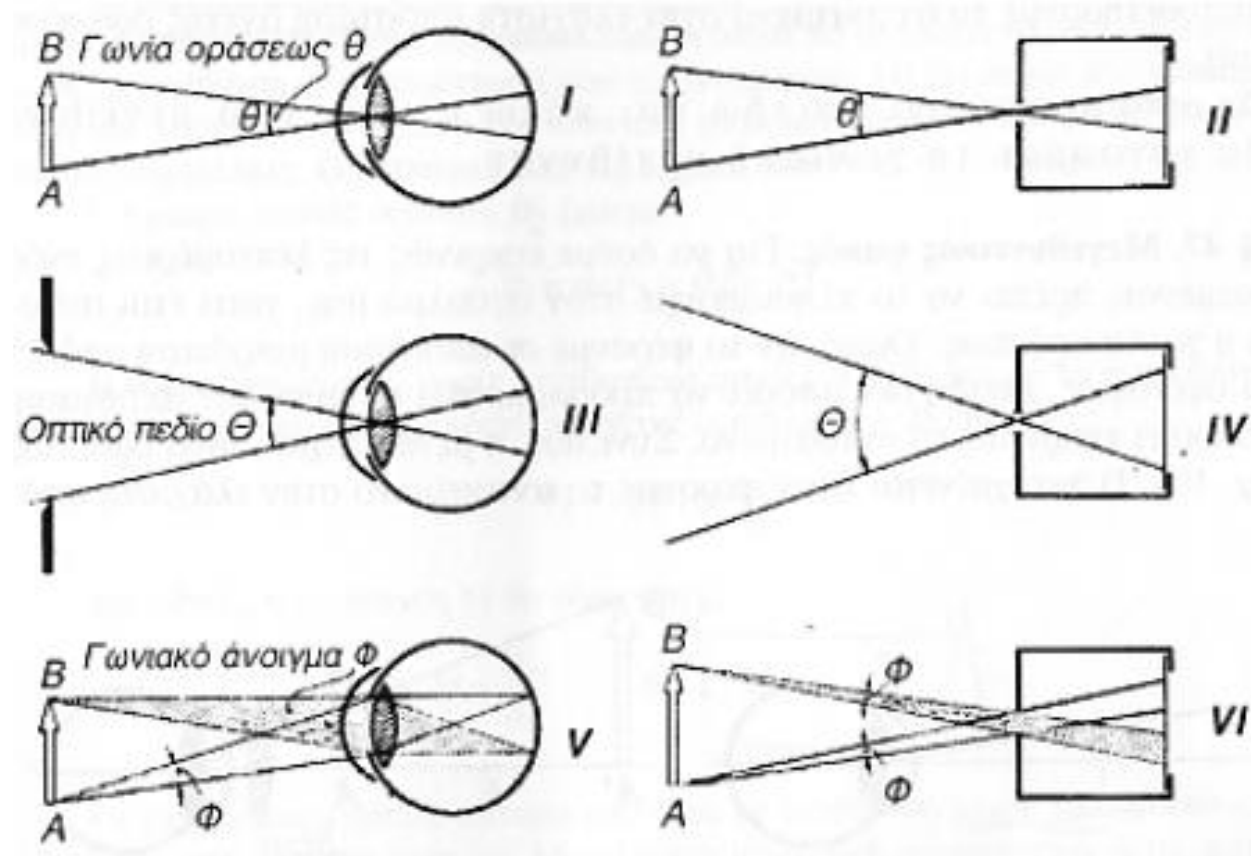
Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:



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 ($d=0$)		$P_{ολ} = P_1 + P_2$	

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ – ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ – ΓΩΝΙΑΚΟ ΑΝΟΙΓΜΑ



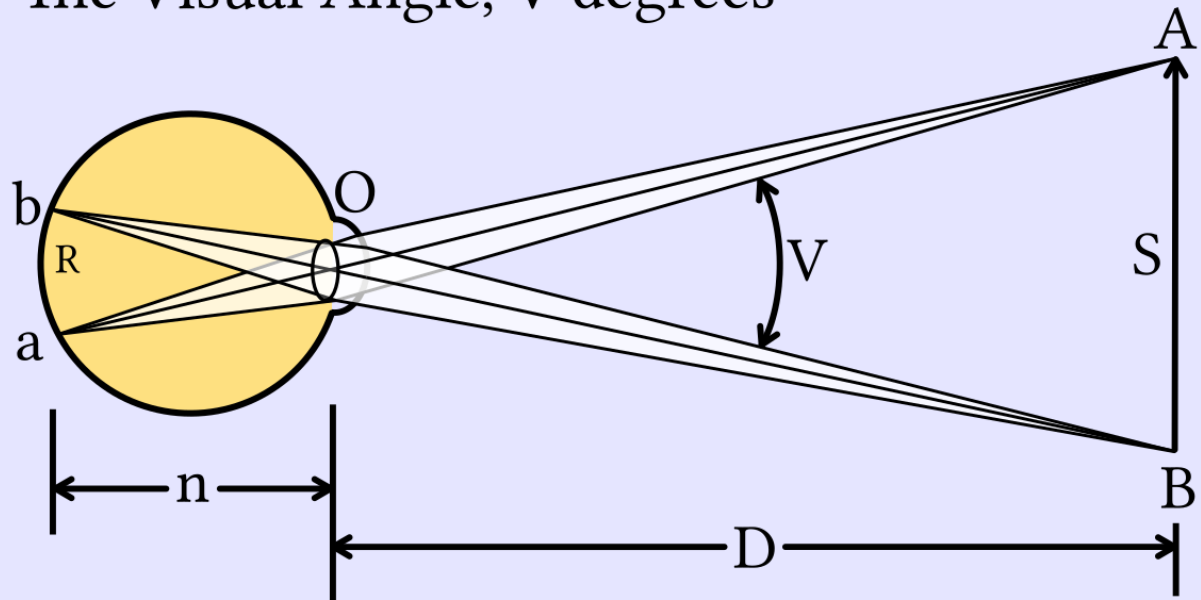
Σχ. 104. Σχήμα για τον ορισμό της γωνίας οράσεως, του οπτικού πεδίου και του γωνιακού ανοίγματος.

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ (visual angle/angle of vision)

Η γωνία υπό την οποία παρατηρείται το αντικείμενο

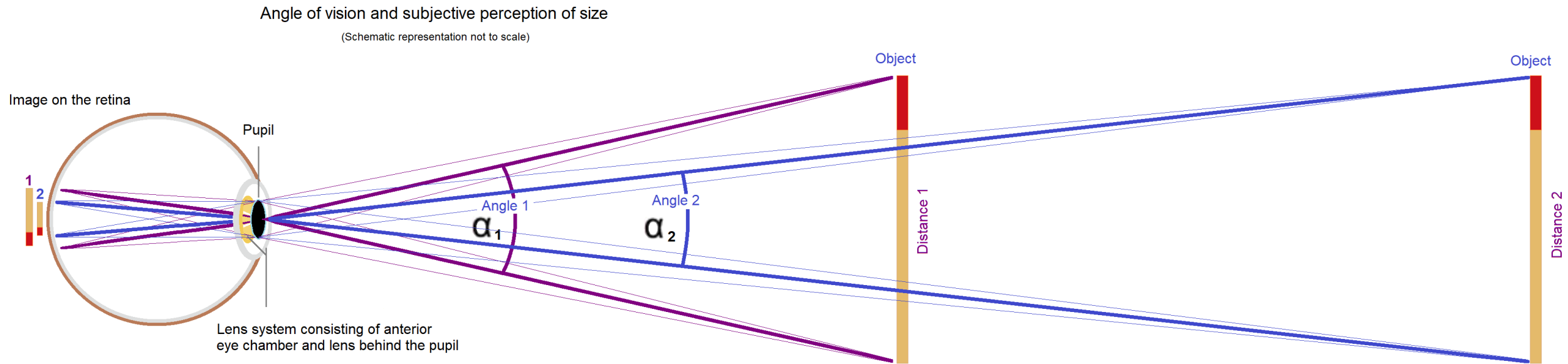
Εξαρτάται από : (i) διαστάσεις αντικειμένου (AB)
(ii) απόσταση (D)

The Visual Angle, V degrees



$$V = 2 \text{ τοξεφ}(S/2D)$$

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ : «γωνιακό» μέγεθος ειδώλου



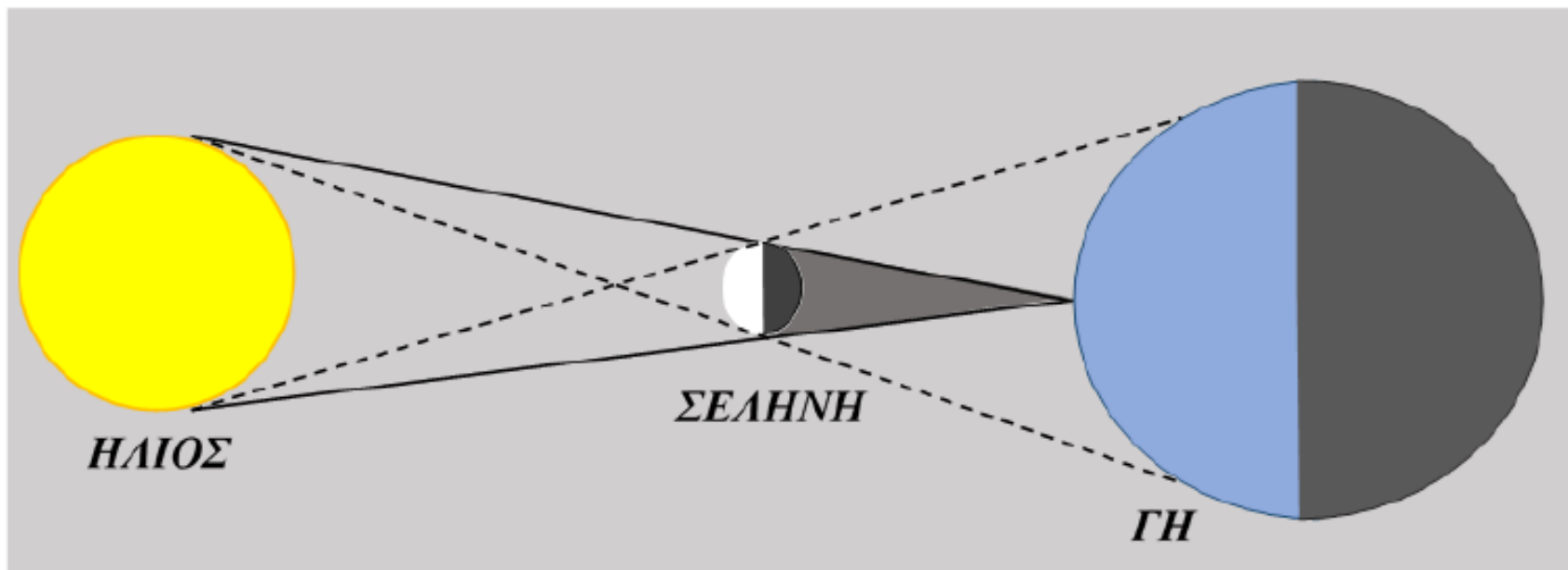
https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_angle available under the [Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικές αποστάσεις → διαφορετική γωνία οράσεως



διαφορετικό μέγεθος ειδώλου στον αμφιβληστροειδή

Αλλά και διαφορετικά αντικείμενα με την ίδια γωνία οράσεως

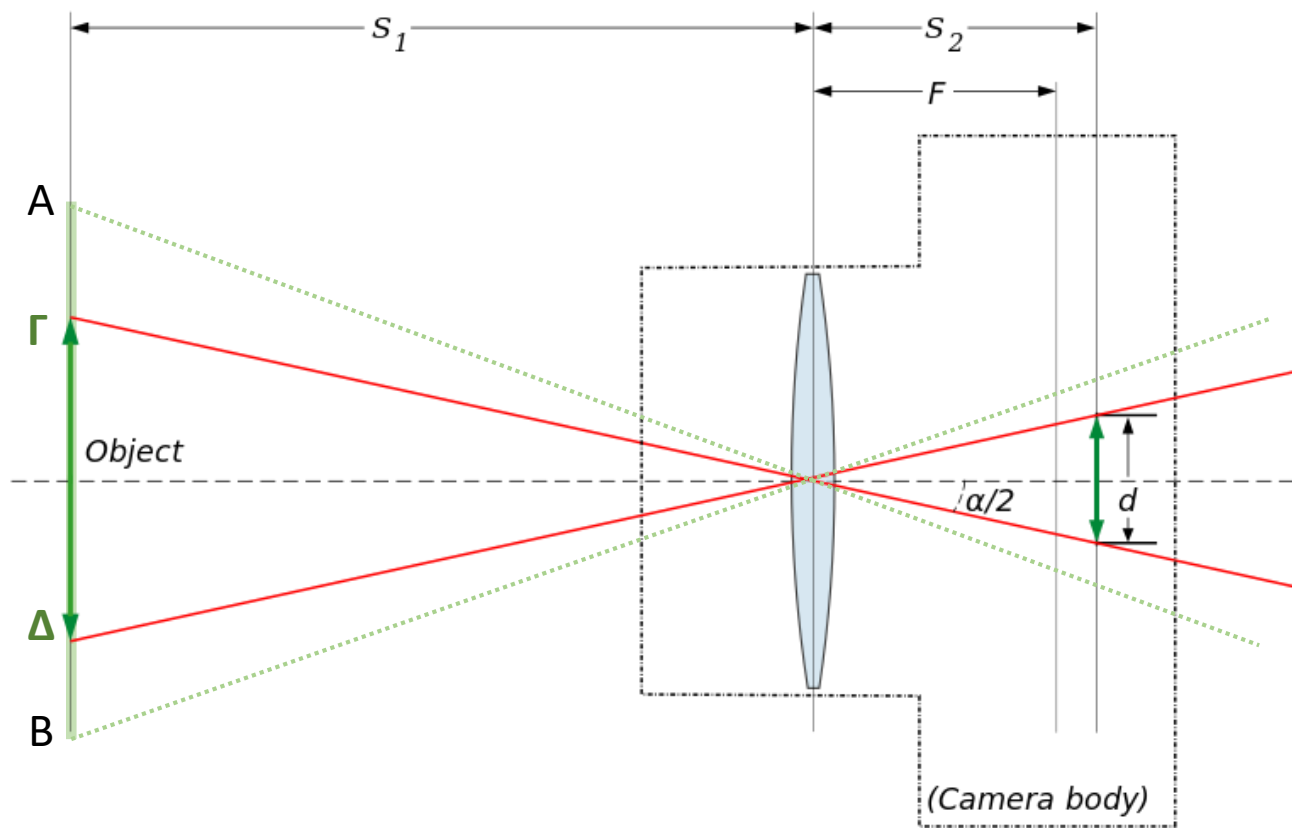


	διάμετρος S (km)	απόσταση D από Γη (km)	S/D	γωνία οράσεως V (μοίρες)
ΣΕΛΗΝΗ	3474	384,400	0.009	0.5
ΗΛΙΟΣ	1,393,000	149,600,000	0.009	0.5

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 ($S_1 \rightarrow \infty$) $\rightarrow S_2 \cong F$

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ: Διαστάσεις αισθητήρα – crop factor: FOV & EFL

- «Κανονικός» φακός (normal lens): $FOV \sim 1\text{rad} \sim 57.3^\circ$
- Αισθητήρας αναφοράς : full-frame (35mm): $24\text{mm} \times 36\text{mm} \rightarrow d \sim 43\text{ mm}$
- Μικρότερος αισθητήρας : Crop Factor $CF = d_{35\text{mm}} / d_{\text{αισθ.}}$ $\rightarrow FOV = \frac{FOV_{35\text{mm}}}{CF}$



Ισοδύναμη εστιακή απόσταση (effective/equivalent focal length) EFL: $f_{\text{eff}} = CF \cdot f$:

Η εστιακή απόσταση που θα πρέπει να έχει φακός όταν χρησιμοποιηθεί με τον αισθητήρα αναφοράς (full-frame) ώστε να δίνει το ίδιο FOV.

Εστιακή απόσταση – FOV

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

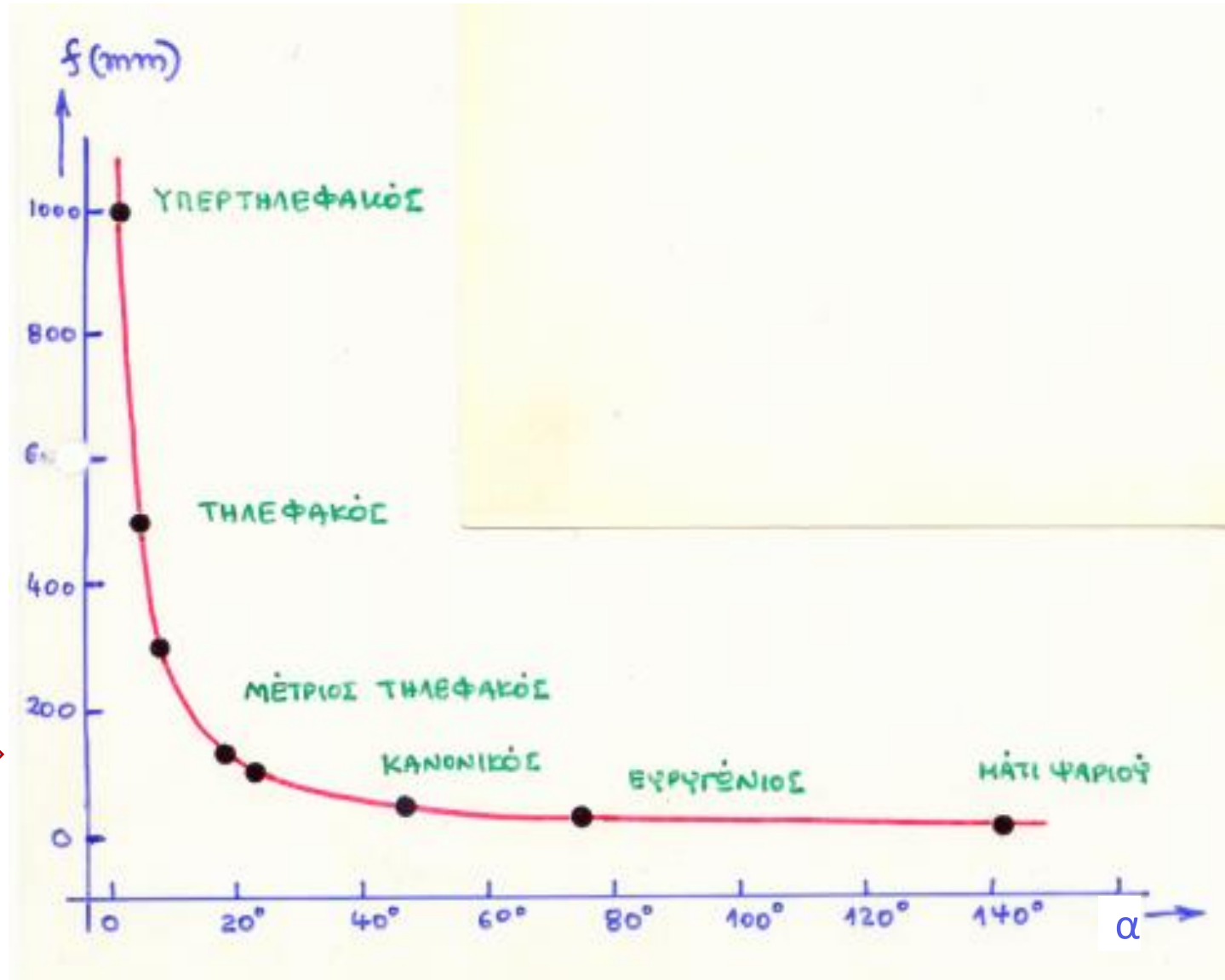
$$\text{Άρα: } \frac{d}{2f} = \tan\frac{\alpha}{2}$$

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).



Φωτογραφική Μηχανή

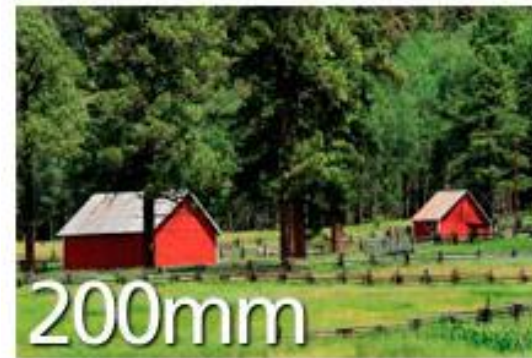
Φωτογραφικός Φακός

- Εστιακή απόσταση
- Γωνία Οράσεως
- Βάθος Πεδίου
- Φωτοφράκτης – Χρόνος έκθεσης

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

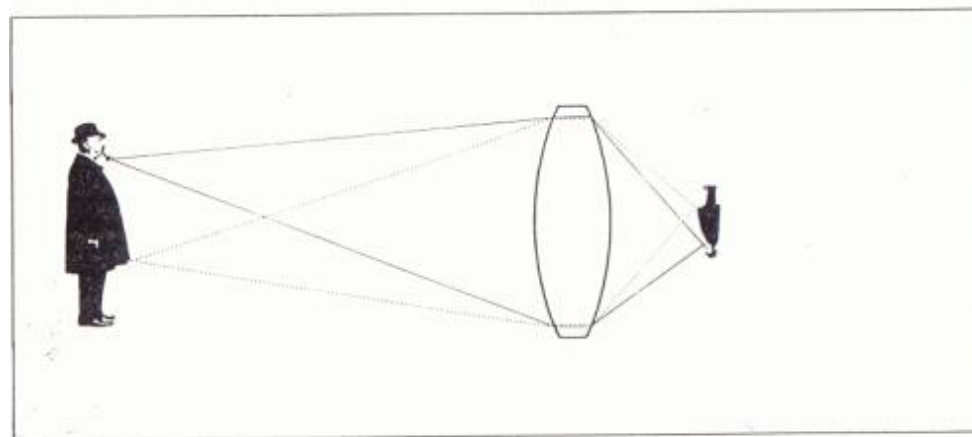
Γωνία οράσεως

Βάθος Πεδίου

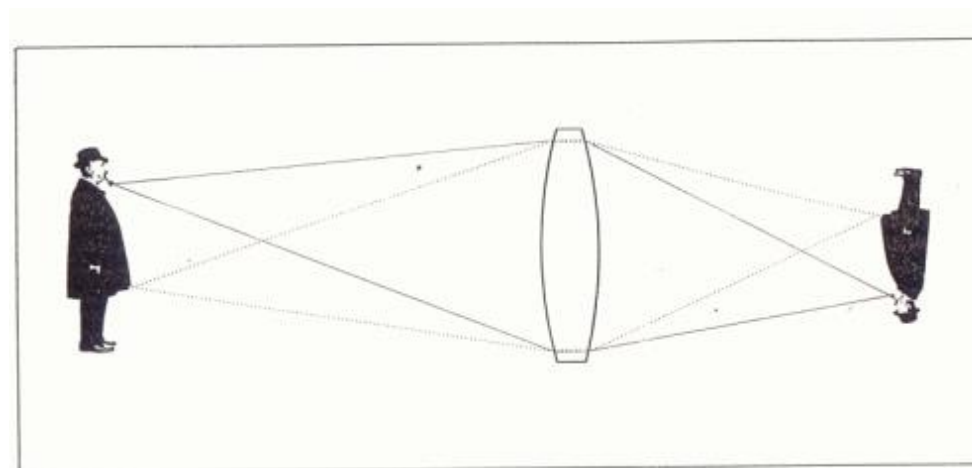
Μεταβολή μεγέθους E ειδώλου με f

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

- 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)**

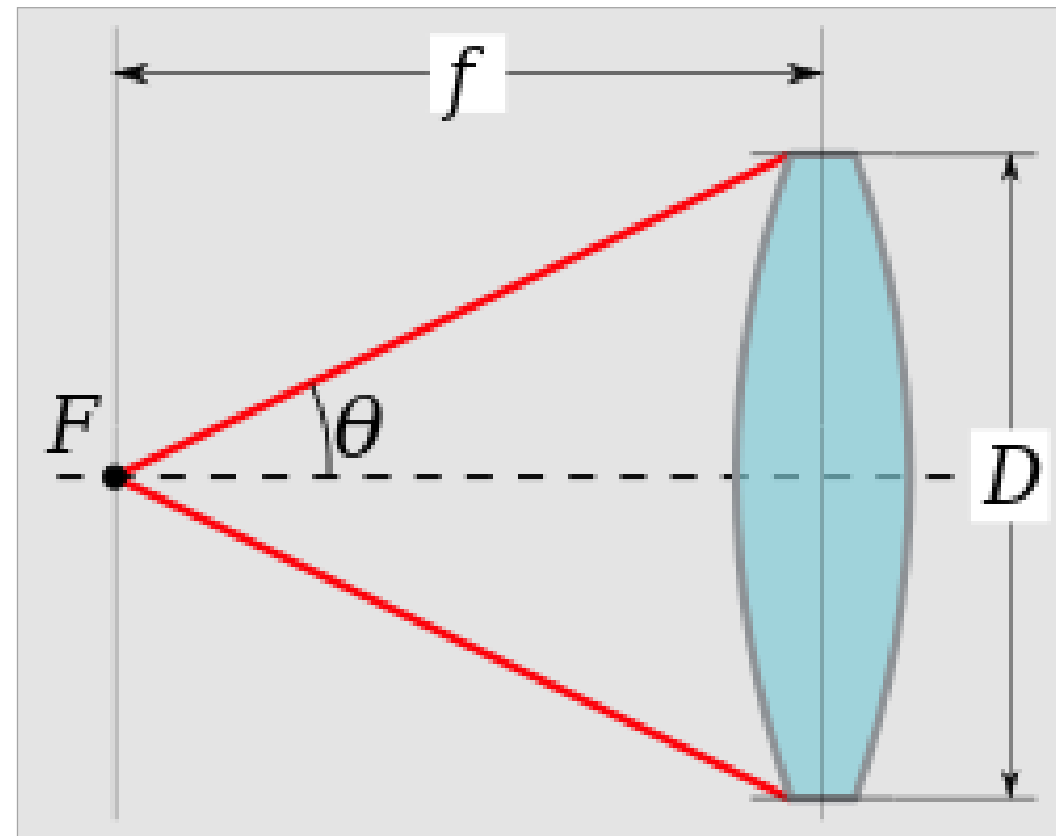
$$2\theta = 2 \cdot \text{τοξεφ} \left(\frac{D}{2f} \right)$$

Για μικρή γωνία θ:

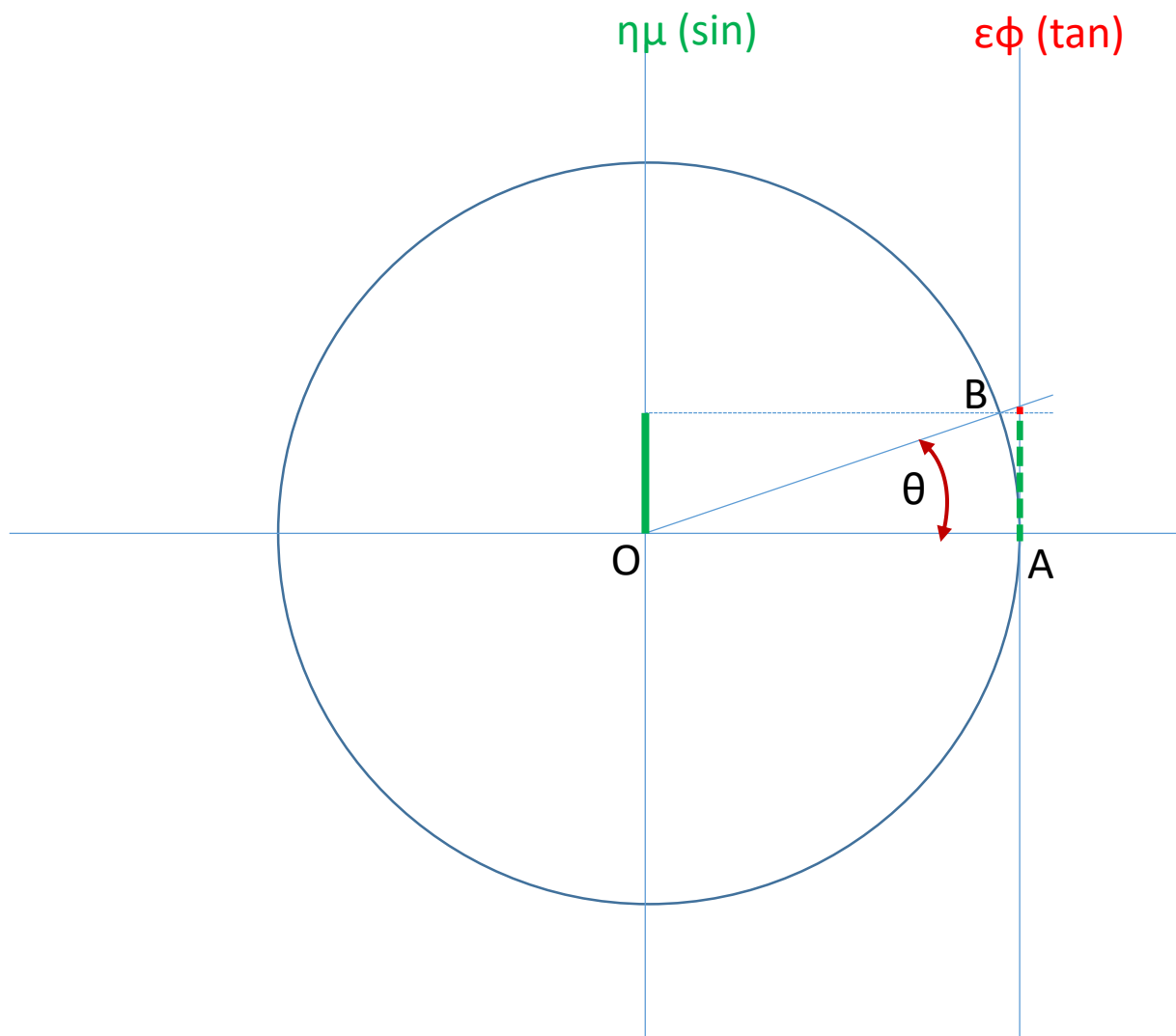
$$\tan \left(\frac{D}{2f} \right) \approx \left(\frac{D}{2f} \right) \Rightarrow$$

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

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



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)

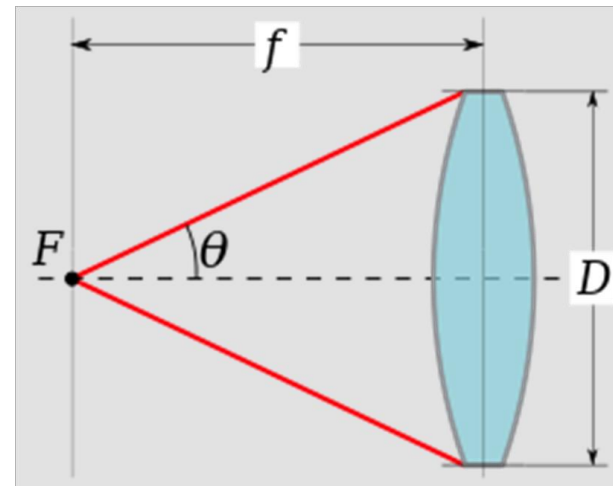
- **Σκοπός** : Πρόκειται για άνοιγμα κυκλικού σχήματος πολύ κοντά στον φωτογραφικό φακό. Καθορίζει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στη φωτογραφική μηχανή.
- Αναφέρεται σαν αριθμός f και είναι το πηλίκο :
(εστιακή απόσταση προς την διάμετρο του ανοίγματος δηλαδή f / D).
Έτσι, μεγάλο f number σημαίνει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

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



Κλίμακες Διαφραγμάτων

f/1.4



f/2



f2.8



f/4



f/5.6



f/8



f/11



f/16

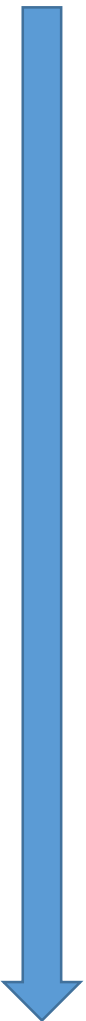


Διάφραγμα (ή Άνοιγμα φακού ή Στοπ)

- Ισχύουν :
Αύξηση κατά 1 στοπ
($\times 1.414$) \sim μισή ποσότητα φωτός
Ελάττωση κατά 1 στοπ
($: 1.414$) \sim διπλάσια ποσότητα φωτός
- Φωτογραφικές Επιπτώσεις :
Μεγάλο f number (π.χ. 11 ή και 16) \sim Μεγάλο βάθος πεδίου.
Μικρό f number (π.χ. 2 ή 2.8) \sim Μικρό βάθος πεδίου.

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

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.

Βάθος πεδίου

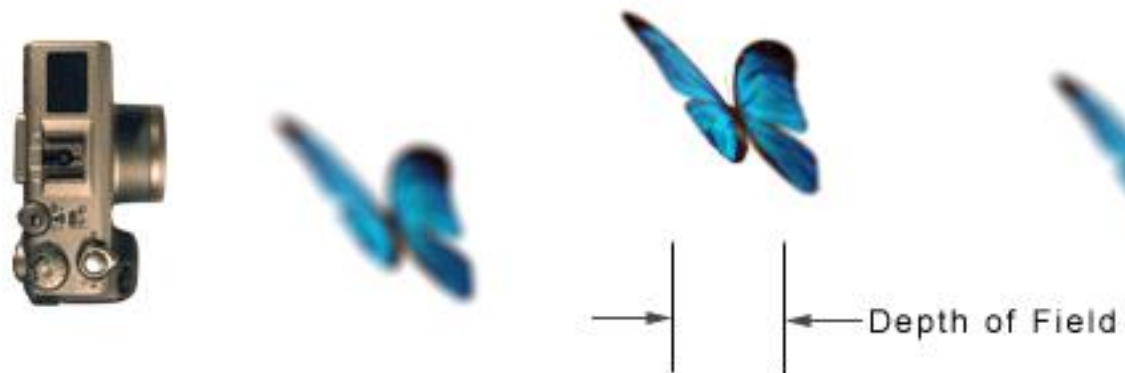
- Πρόκειται για την περιοχή των αποστάσεων από την φωτογραφική μηχανή για την οποία όλα τα αντικείμενα εμφανίζονται στην φωτογραφία καλά εστιασμένα.

Βάθος πεδίου

Φυτομετρικά προσομοιώματα



[“Focus stacking Tachinid fly”](#) από [Muhammad Mahdi Karim](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

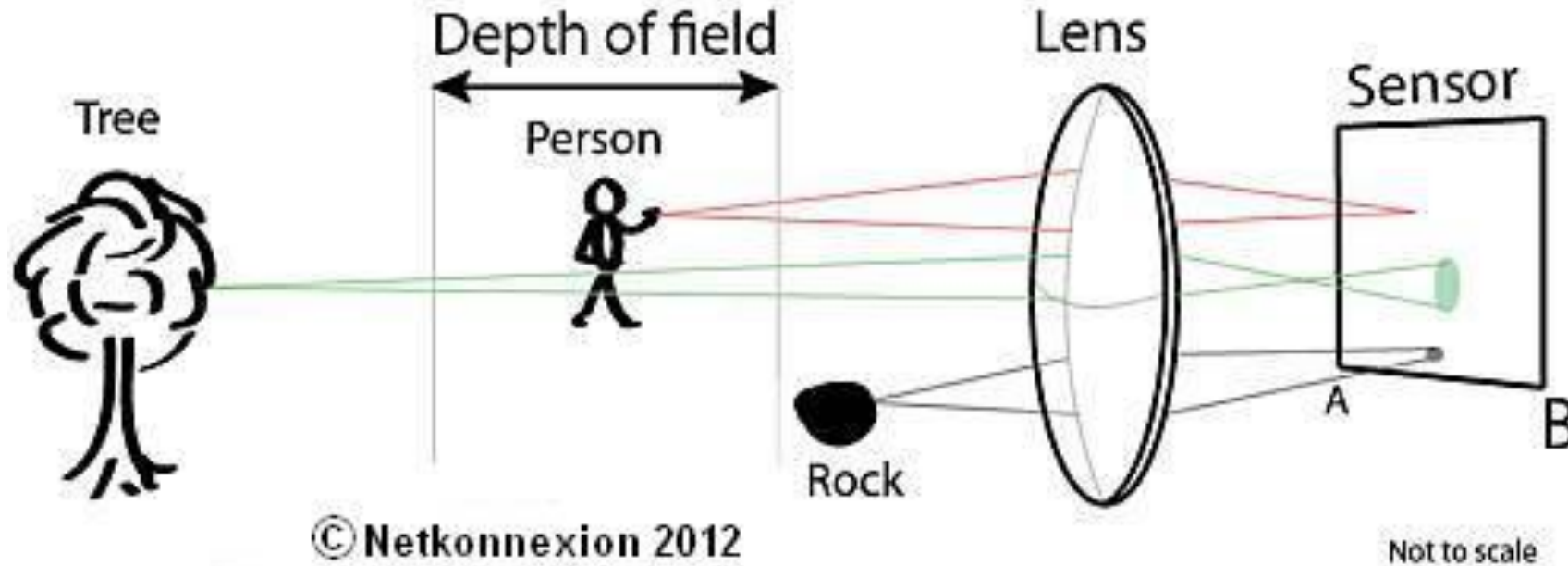


[“Depth of field diagram”](#) από [BenFrantzDale~commonswiki](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

Βάθος πεδίου

- Πρόκειται για την περιοχή των αποστάσεων από την φωτογραφική μηχανή για την οποία όλα τα αντικείμενα εμφανίζονται στην φωτογραφία καλά εστιασμένα.
- Το βάθος πεδίου ερμηνεύεται με την θεωρία των κύκλων σύγχυσης.

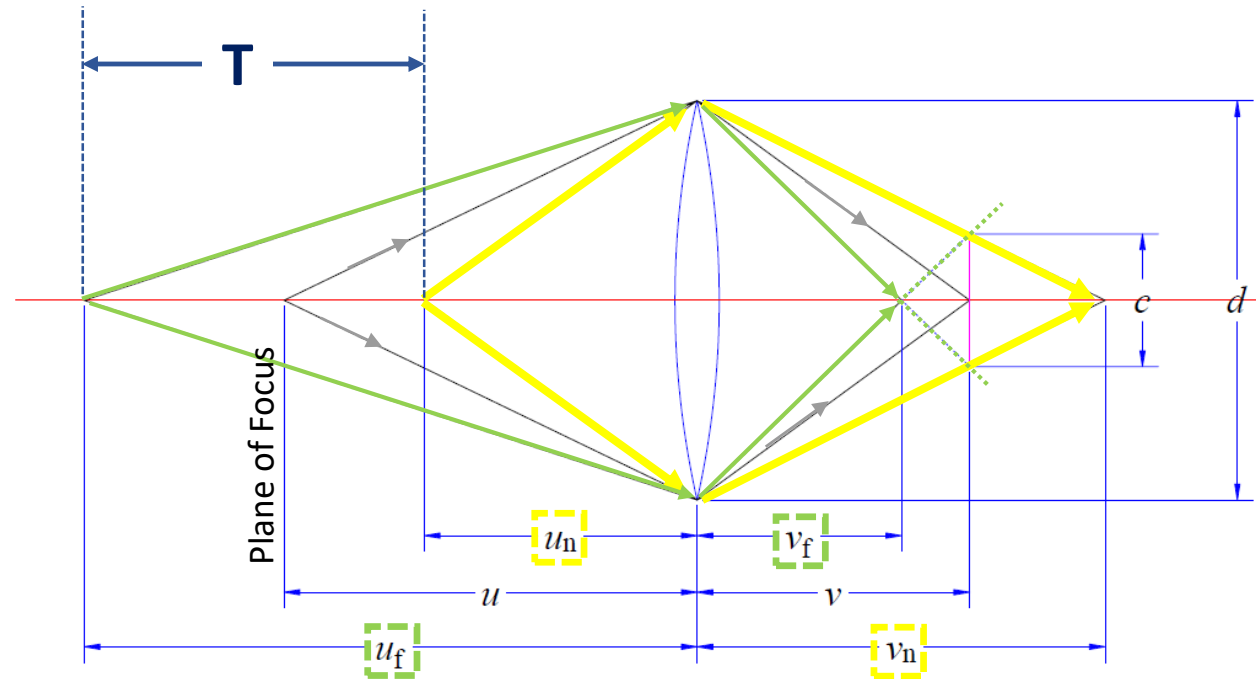
ΚΥΚΛΟΙ ΣΥΓΧΥΣΗΣ (CoC)



<https://www.photokonnexion.com/circle-of-confusion-definition/>

Size is the critical factor. An 'acceptably sharp' CoC is defined as one that appears sharp to the eye on an 203×254 mm (8 x 10 inch) print viewed from 305 mm (12 inches) away. In practice this works out to about 0.25 mm (1/100th of an inch) on that print size. Of course a different standard size would apply to different print sizes. In the modern digital camera the individual pixel on the sensor makes a convenient focus-point definition. If an individual point of light creates a circle of confusion bigger than the size of one pixel, it will start to affect the surrounding pixels and the sharpness will be lost.

ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ



By Jeff Conrad for the Large Format Page

$$u_n = \frac{u}{1 + \frac{N \cdot c}{f \cdot m}}$$

$$u_f = \frac{u}{1 - \frac{N \cdot c}{f \cdot m}}$$

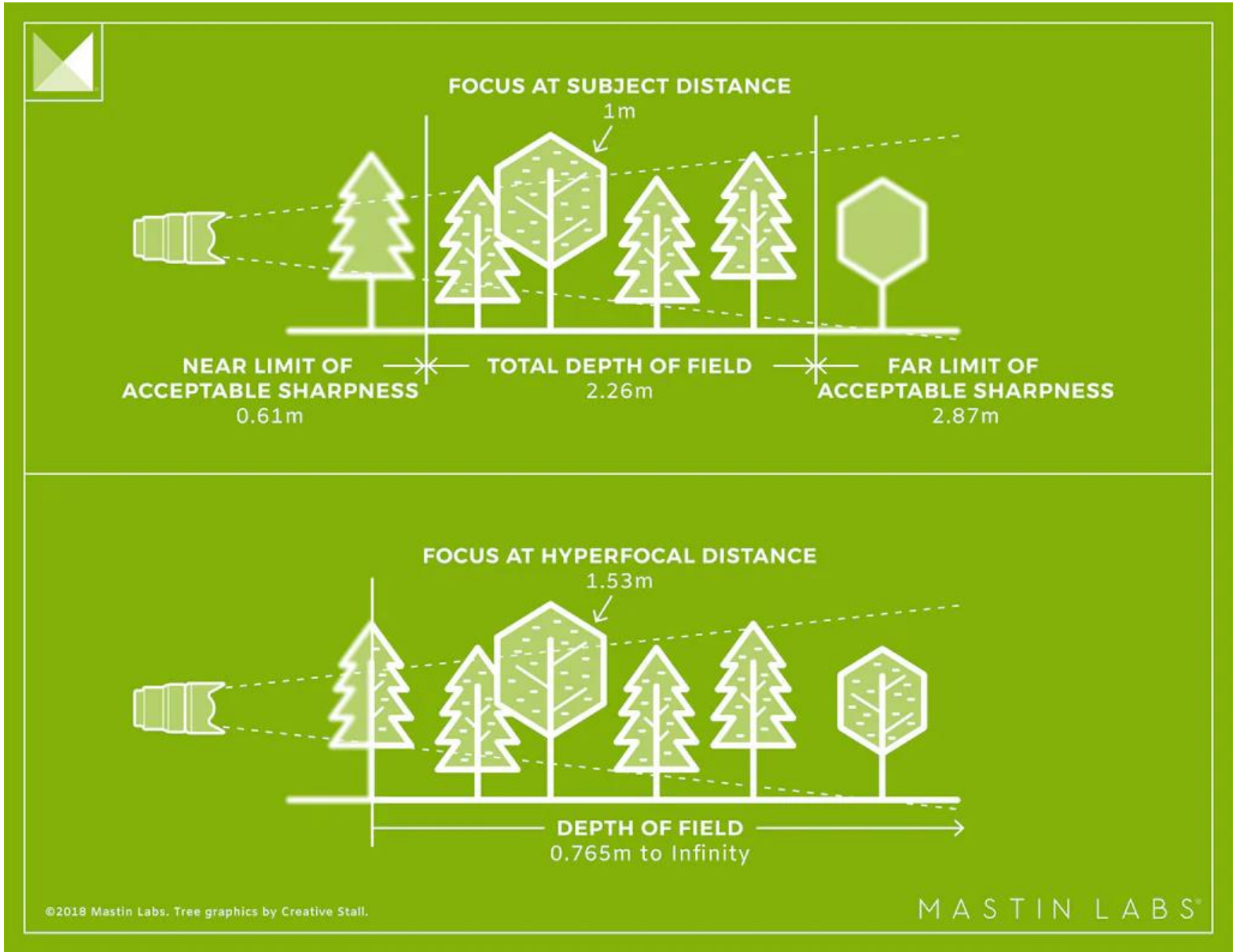
$$T = u_f - u_n \cong \frac{2u^2 \cdot N \cdot c}{f^2}$$

Για $u_f \rightarrow \infty \Rightarrow u = \text{υπερεστιακή απόσταση} = u_h \cong \frac{f^2}{N \cdot c}$

$$\text{και } u_n = \frac{u_h}{2}$$

$m = \frac{v}{u}$: εγκάρσια μεγέθυνση

Οτιδήποτε από $u_h/2$ μέχρι ∞ απεικονίζεται καλά εστιασμένο



<https://mastinlabs.com/blogs/photoism/understanding-depth-of-field>

Βάθος πεδίου

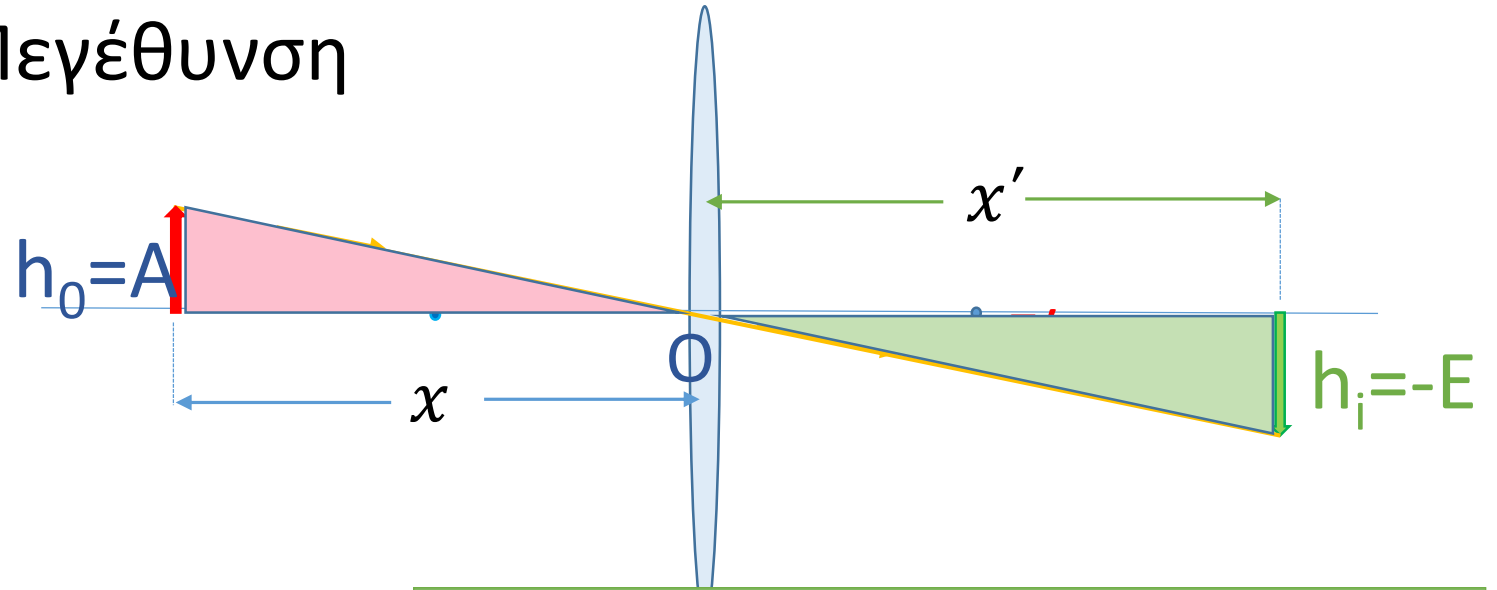
Το βάθος πεδίου εξαρτάται από:

- Το διάφραγμα (f number)
- Απόσταση από το θέμα
- Εστιακή απόσταση φακού

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

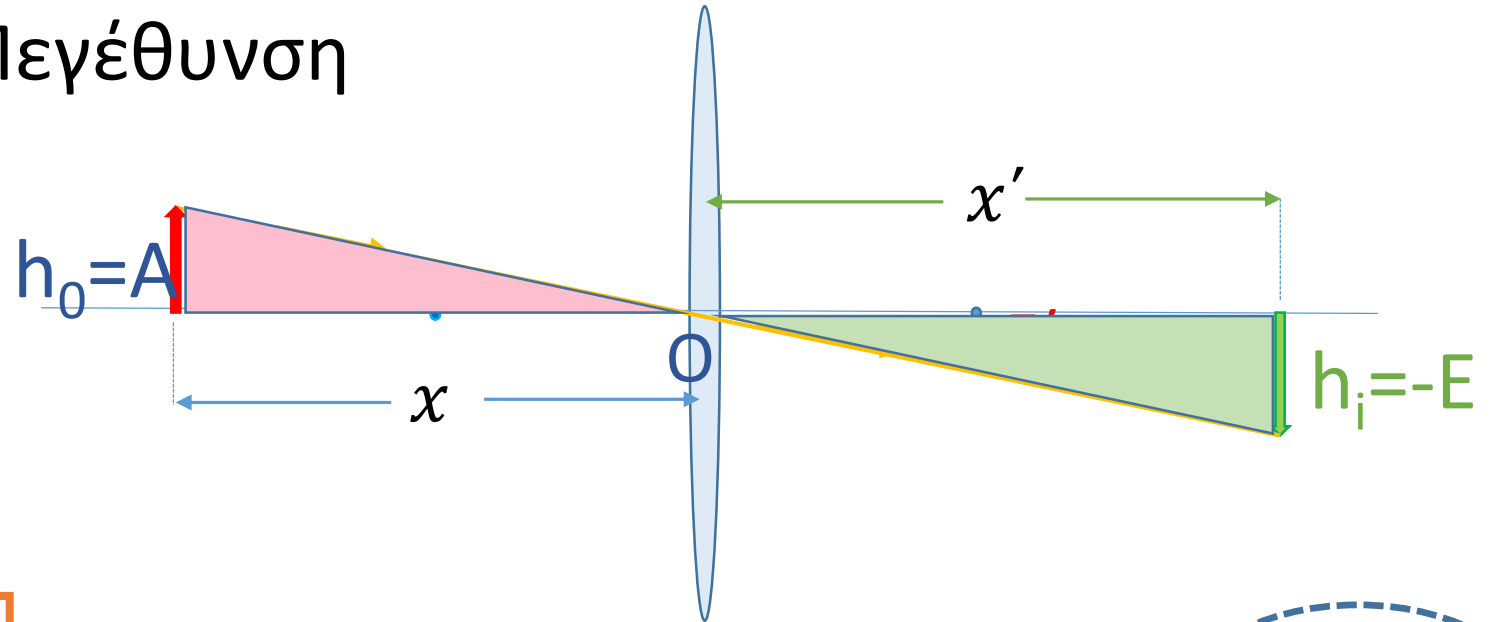
$M > 0 \rightarrow$ είδωλο ορθό

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

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Εγκάρσια Γραμμική Μεγέθυνση

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



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

Για $x \approx \infty \rightarrow x' \approx f$

$$\frac{E}{A} \approx \frac{f}{x} \rightarrow f \approx x \cdot \frac{E}{A}$$

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

$$x \gg f \rightarrow A \gg E \rightarrow f \approx \frac{x}{A/E}$$