



τμήμα φωτογραφίας και οπτικοακουστικών τεχνών

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Επιστημονική Φωτογραφία (Θ)

Ενότητα 3: Macro-φωτογραφία

Αθανάσιος Αραβαντινός

Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών Τεχνών



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

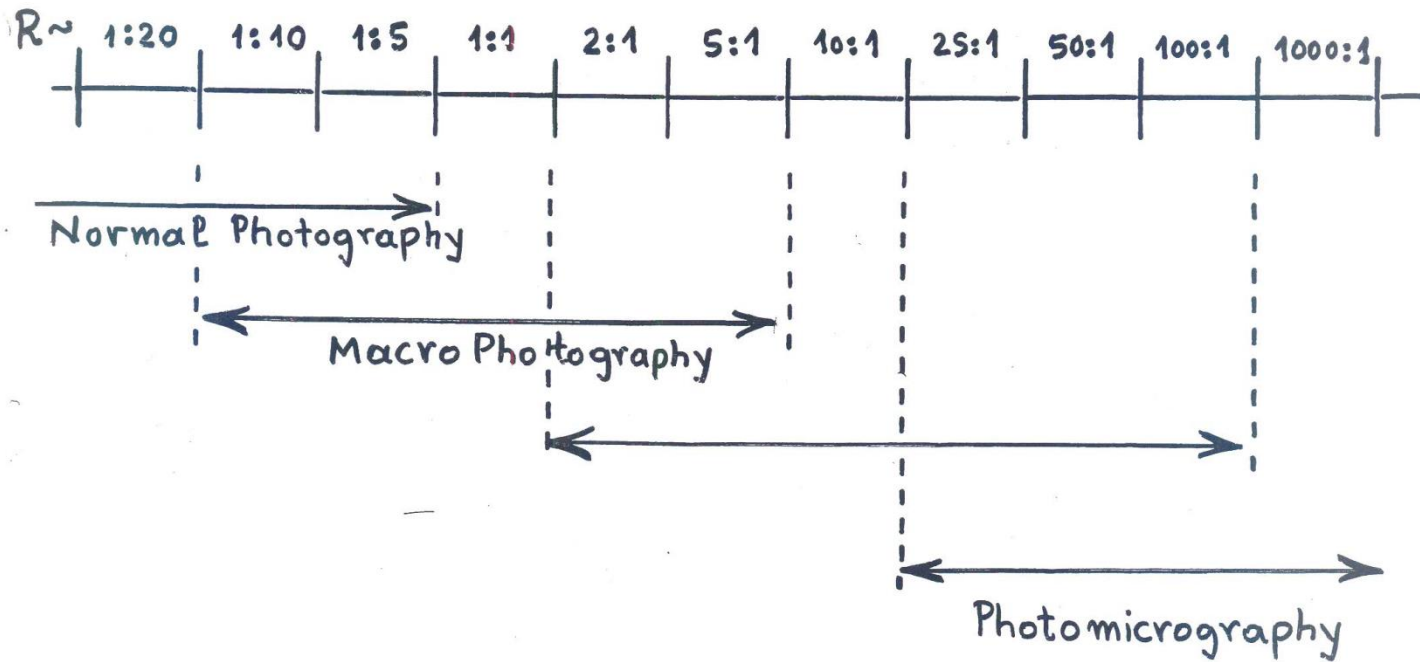


Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

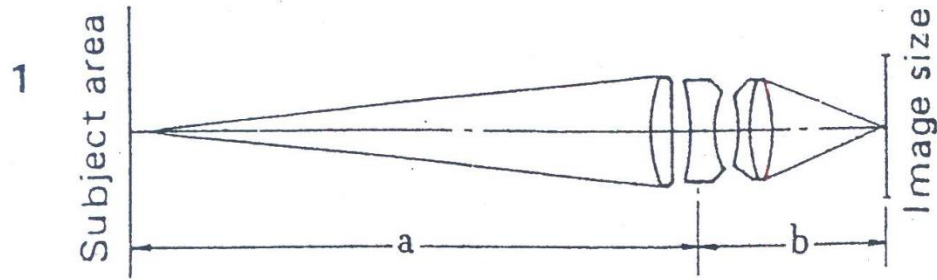
Κατηγορίες φωτογράφισης

α.α.	Κατηγορία φωτογράφισης	Τιμές μεγέθυνσης	Απόσταση εργασίας (mm)
1	Γενική φωτογράφιση	< 0.1	Άπειρο – 1000
2	Close up	0.1 - 1.0	1000 – 10
3	Macro φωτογραφία	1.0 - 50.0	10 – 2
4	Φωτομικρογραφία Μεσαίας μεγέθυνσης	20 - 100	5 – 1
5	Φωτομικρογραφία Μεγάλης μεγέθυνσης	50 - 1500	8 – 0.1

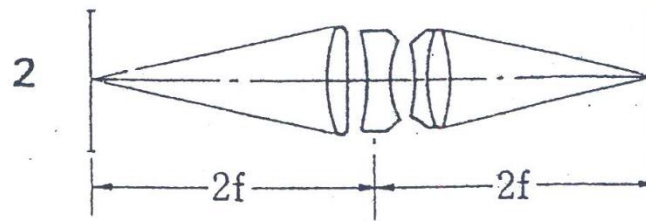
$$R = \frac{\text{ΕΙΔΩΛΟ}}{\text{ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ}}$$



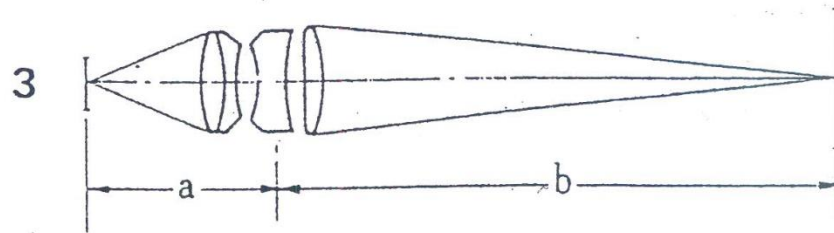
$m < 1$



$m = 1$



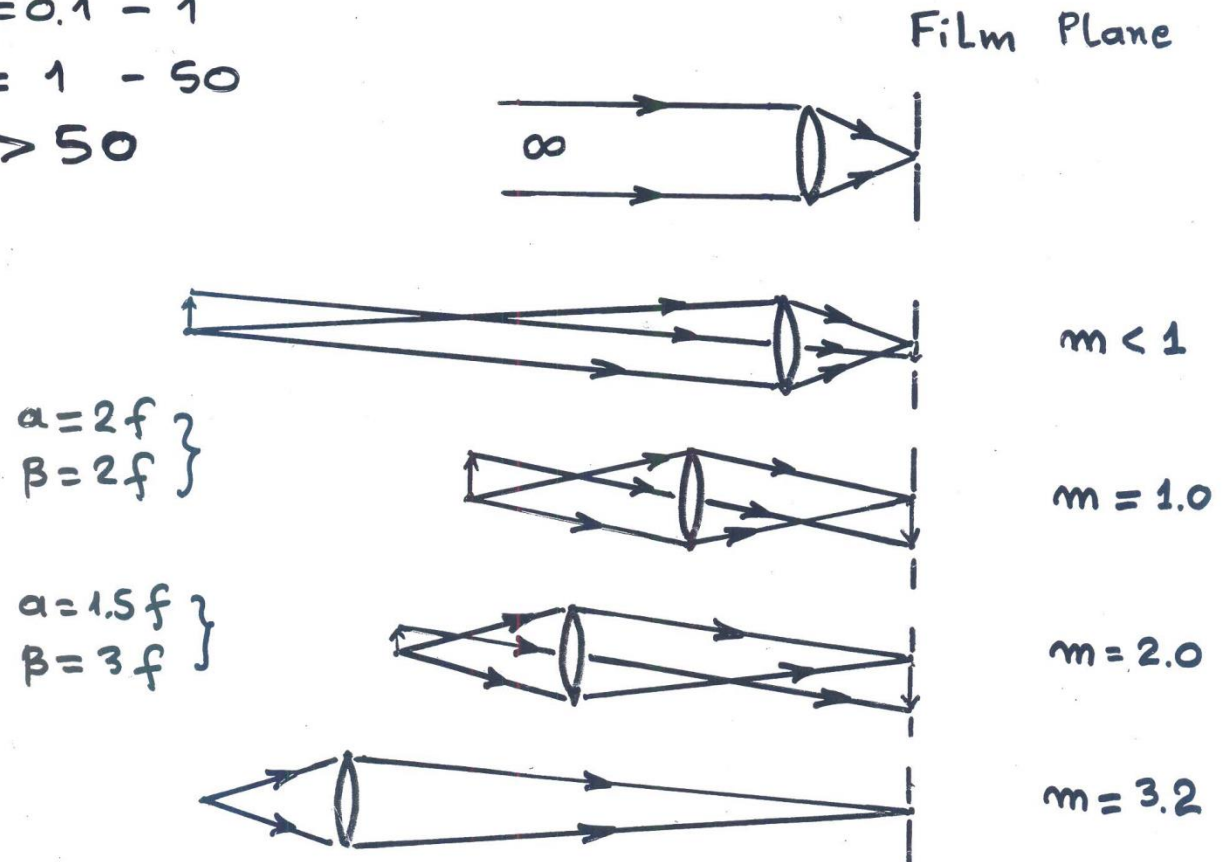
$m > 1$



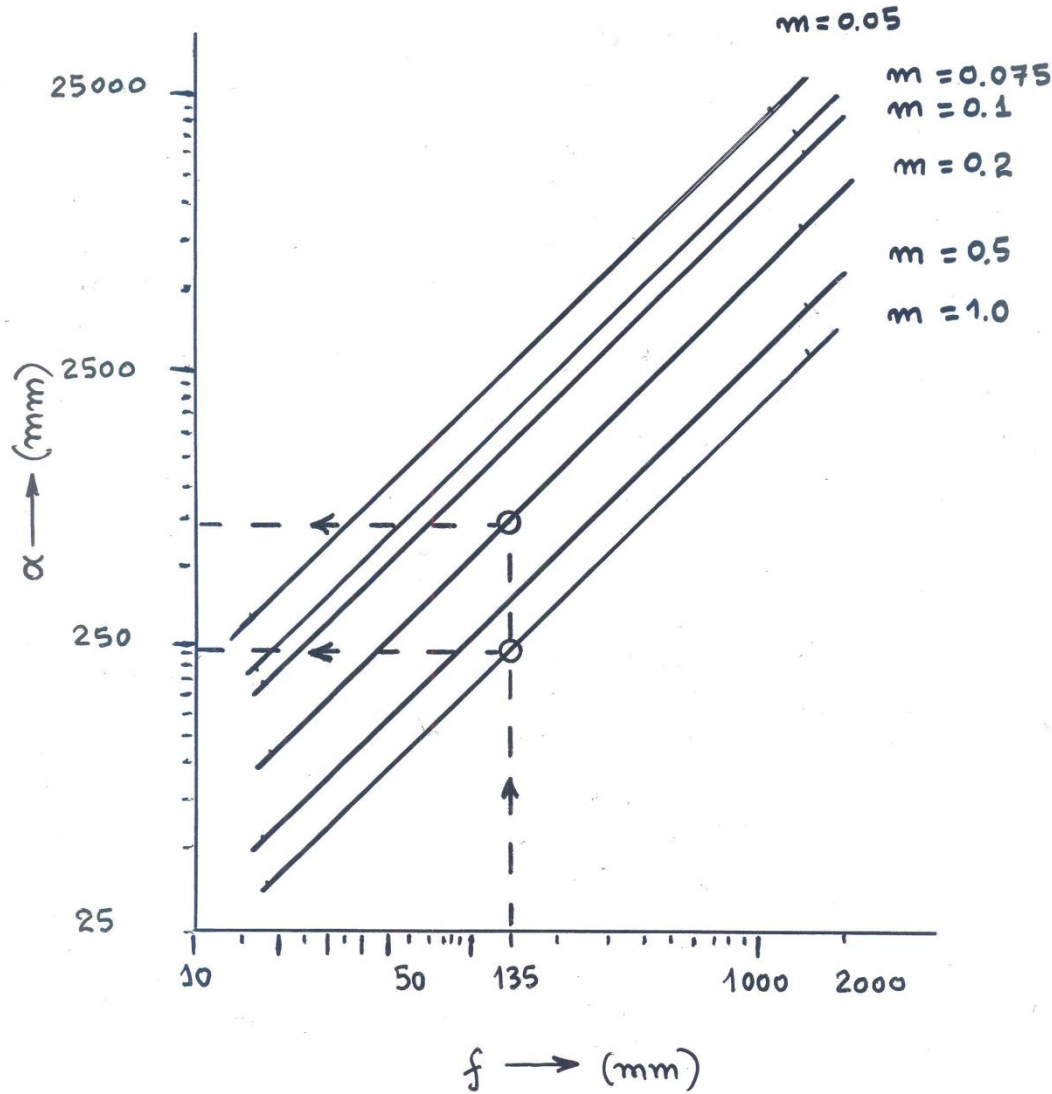
Μεγέθυνση (εγκάρσια)

Μεγέθυνση (εγκάρσια) : $m = \frac{E}{A} = -\frac{B}{a}$

- close up : $m = 0.1 - 1$
- macro : $m = 1 - 50$
- microscope : $m > 50$



Close up εστίαση



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΦΑΚΟΣ : $f = 135 \text{ mm}$

Για $\alpha = 750 \text{ mm} \rightarrow m = 0,2$

Για $\alpha = 270 \text{ mm} \rightarrow m = 1,0$

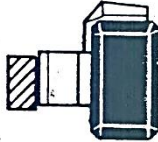
MACRO-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Method	Magnification	Cost	Working Distance	Pros	Cons
Macro Lens	Landscapes to 1:1	\$100 - \$1500	Poor with normal lens, Good with telephoto	Easy to use, continuous focusing	Costly
Extension	To 1:1 on 100 mm, to 2:1 on 50 mm	\$130 for a set of 3	Poor with normal lens, Good with telephoto	Inexpensive , works with all of your lenses	Focusing at high magnification
Supplementary	Greatest (~1:1) with telephoto	\$30 - \$90	Good	Small light, low cost accessory	Narrow magnification range
Teleconverter	1.4x or 2x of native lens (so 2:1 with 1:1 macro)	\$80 - \$400	Best	Continuous focus	Light loss hampers focusing

Close ups

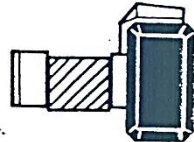
Close up lenses

Severe limitations to performance.



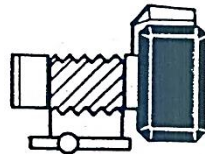
Extension tubes

Magnification range 0-1 to 1 - 0 or more in discrete steps.



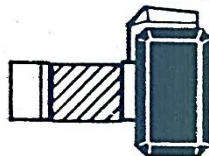
Extension bellows

Variable magnification range; typically 0-1 to 2 or 0 to 1 -0., May lose auto diaphragm operation.



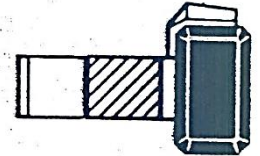
Reversed lens

Lens used in reverse normally improves results when used with tubes or bellows at larger magnifications.



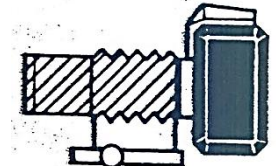
'Macro lens'

Infinity focusing lens in double helical mount giving magnification range 0 to 0-5. Some designs have a special extension ring for magnifications of 0-5 to 10.



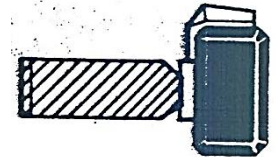
Macro lens with bellows

Overlapping ranges of magnification from 0 to 25 depending on focal length.



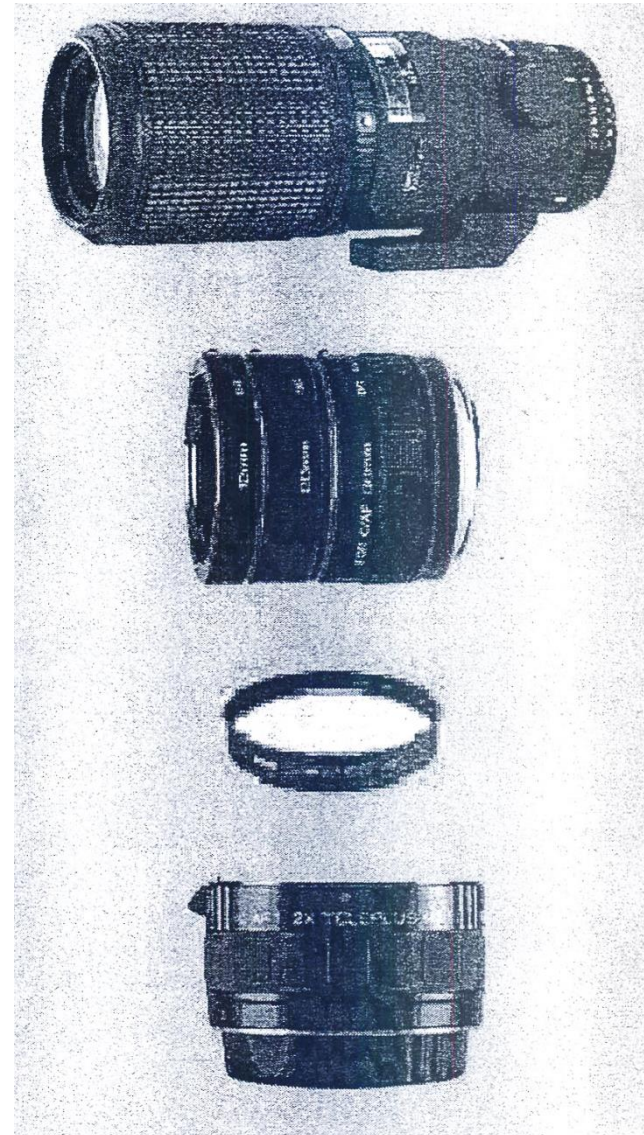
'Macro zoom' lens

Continuously variable magnification range.



Methods to get Magnification

- Macro lens
- Extension
- Supplementary lens
- Teleconverter



Macro lens

Max μεγέθυνση (R.R.) = 5:1



By Richard Bartz, Munich aka Makro Freak - Own work, CC BY-SA 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3451721>

Συνεχής μεταβολή f σε περιοχές τιμών συγκεκριμένου εύρους

- 45mm - 65mm: Μικρά αντικείμενα από μικρή απόσταση
- 90mm - 105mm: έντομα, φυτά – ενδιάμεσες αποστάσεις
- 150mm - 200mm: Μικρά αντικείμενα από μεγάλη απόσταση

Supplementary close up lenses



L



C



C+L



C+L+E



2C+L



zoom+L

L : camera lens
 C : close up lens
 E : extension

ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ



By User:Fg2 - Own work, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=168442>

ΦΥΣΟΥΝΑ

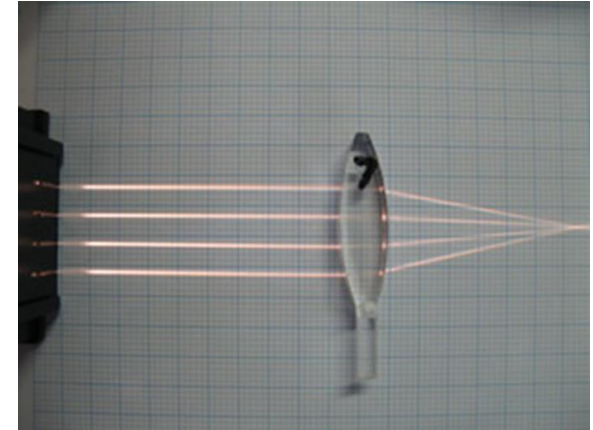
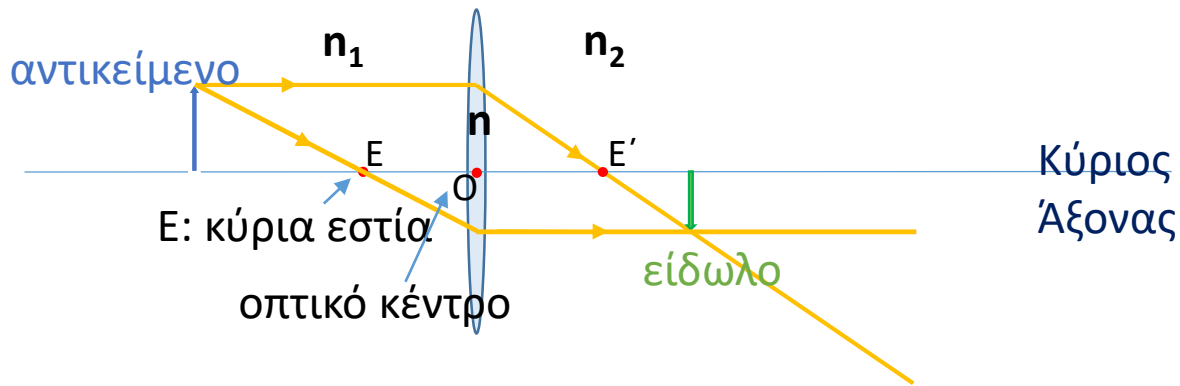


By User Smial on de.wikipedia - Own work, CC BY-SA 2.0 de,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=994122>

ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ

- Δεν περιλαμβάνουν οπτικά στοιχεία → απαλλαγμένοι από οπτικά σφάλματα
- Δεν επηρεάζουν ποιότητα φωτογραφικού φακού
- Αυξάνουν απόσταση φακού – ειδώλου (β)
 - εστιασμένο είδωλο για μικρότερες αποστάσεις αντικειμένου – φακού (α)
 - Αύξηση μεγέθυνσης ($M=\beta/\alpha$)
 - Μείωση φωτεινότητας ειδώλου
 - Μικρό βάθος πεδίου: DoF $\sim \alpha^2$
- Δεν είναι δυνατή η εστίαση στο άπειρο

ΛΕΠΤΟΙ ΦΑΚΟΙ

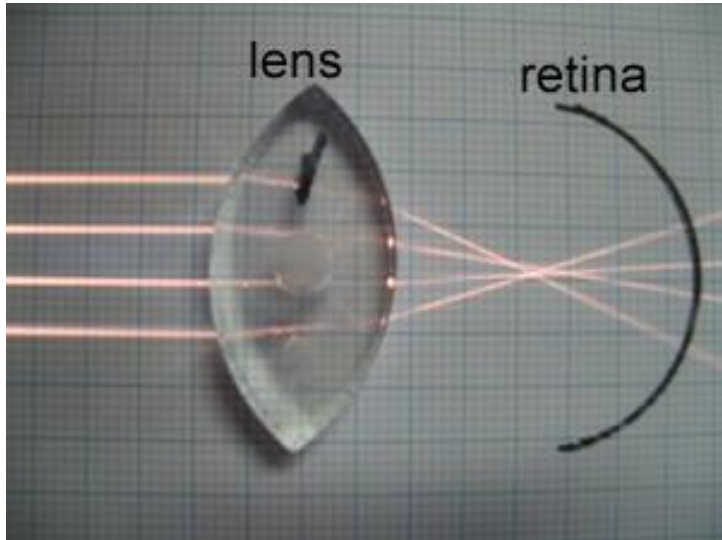


- Εστιακές αποστάσεις (Focal Lengths) : $OE=f$, $OE'=f'$

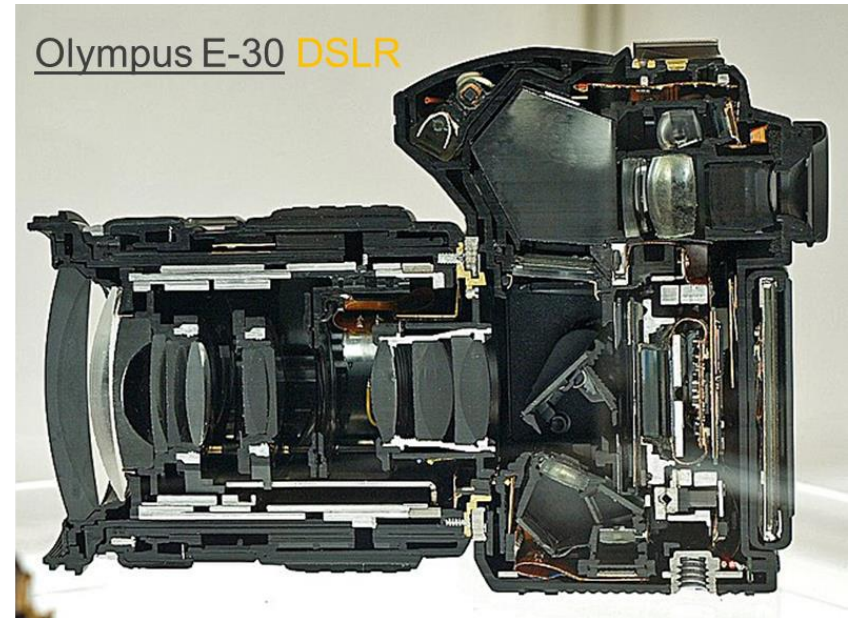
Αν $n_1=n_2$ \longrightarrow $OE = OE' = f$

Οπτική Ισχύς: $P = \frac{n_1}{f}$ $\xrightarrow{\text{στον αερα } n_1=1}$ $P = \frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

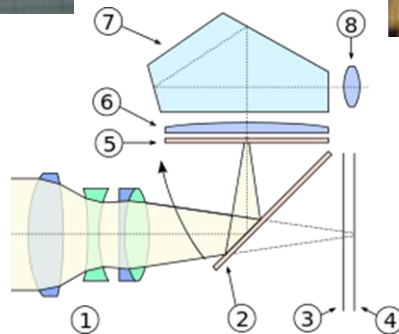
ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

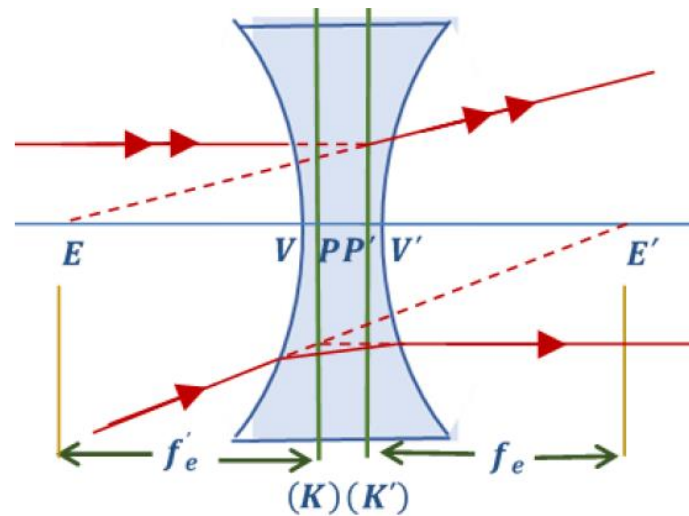
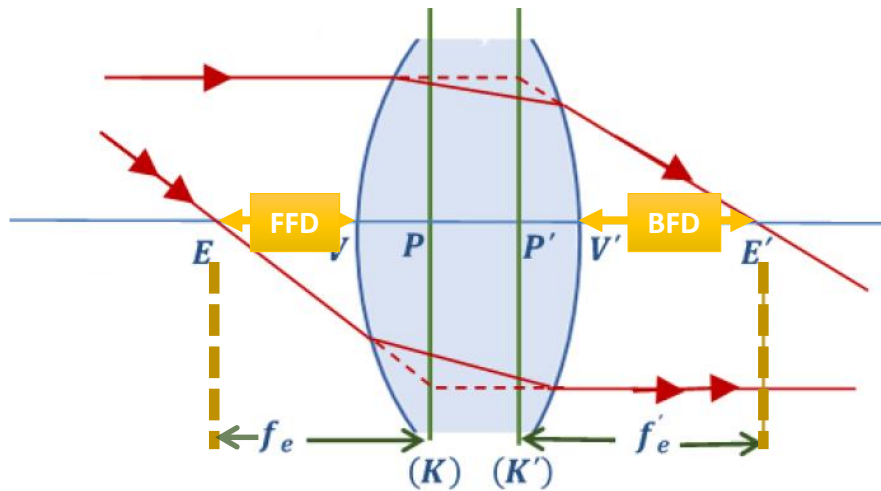


By Hanabi123 (talk) - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5956392>



1. [Camera lens](#)
2. [Reflex mirror](#)
3. [Focal-plane shutter](#)
4. [Image sensor](#)
5. [Matte focusing screen](#)
6. [Condenser lens](#)
7. [Pentaprism/pentamirror](#)
8. [Viewfinder eyepiece](#)

ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ



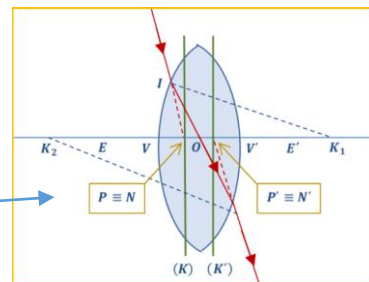
V, V' : κορυφές των διαθλαστικών επιφανειών

E, E' : κύριες εστίες

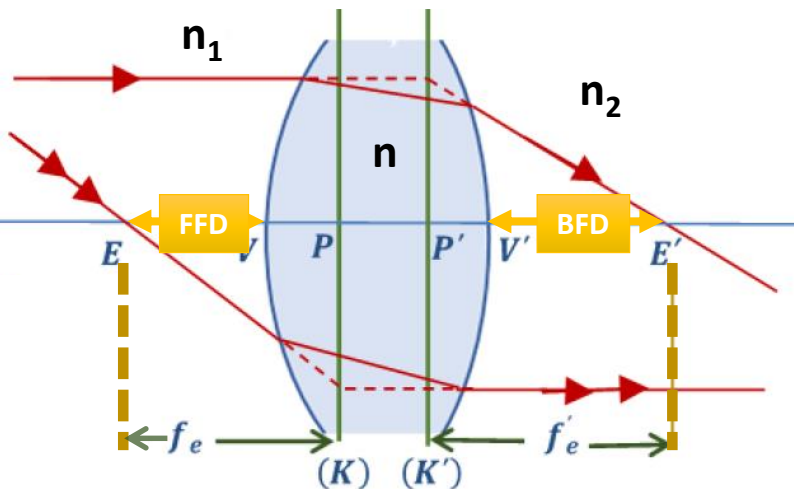
$(K), (K')$: κύρια επίπεδα

P, P' : κύρια σημεία

N, N' : δεσμικά (κομβικά) σημεία



ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ



- Εστιακή απόσταση (Focal Length) : f_e, f_e'

Αν $n_1 = n_2 \rightarrow f_e = f_e'$

Οπτική Ισχύς: $P_e = \frac{n_1}{f_e} \xrightarrow{\text{στον αερα } n_1=1} P_e = \frac{1}{f_e}$

- **Μετωπιαία** Εστιακή απόσταση

Πρόσθια (Front Focal Distance): VE

≠

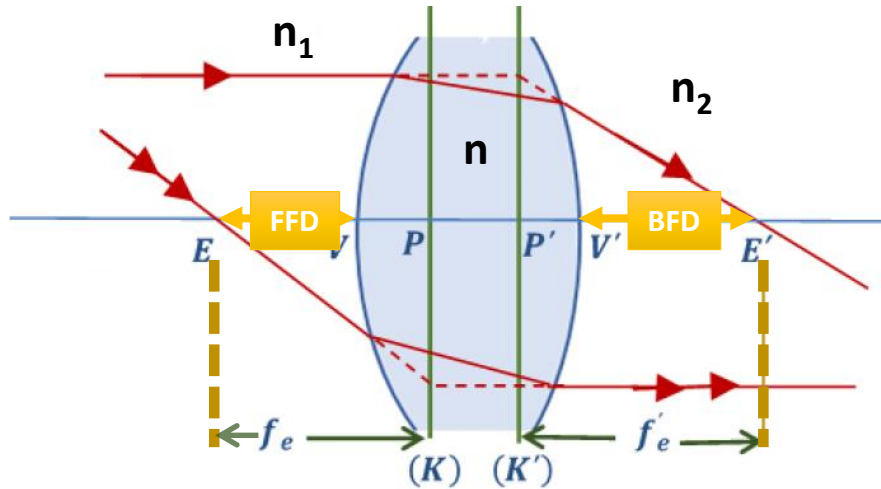
Πίσω (Back Focal Distance): V'E'

Πρόσθια Μετωπιαία Ισχύς: $P_F = \frac{n_1}{VE} \xrightarrow{n_1=1} P_A = \frac{1}{VE}$

≠

Πίσω Μετωπιαία Ισχύς: $P_B = \frac{n_1}{V'E'} \xrightarrow{n_1=1} P_A = \frac{1}{V'E'}$

ΦΑΚΟΙ ΜΕ ΠΑΧΟΣ



- Εστιακές αποστάσεις (Focal Lengths) : $PE, P'E'$

Αν $n_1 = n_2 \rightarrow PE = P'E'$

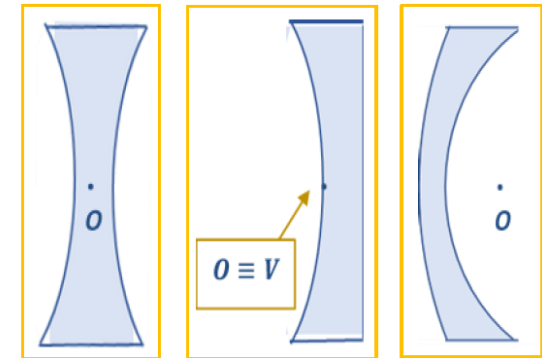
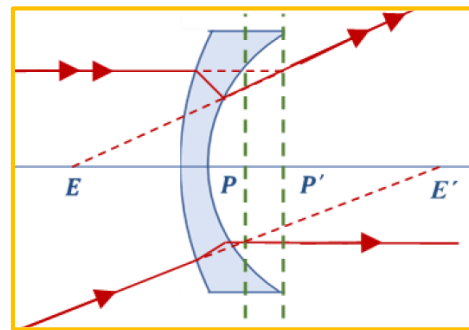
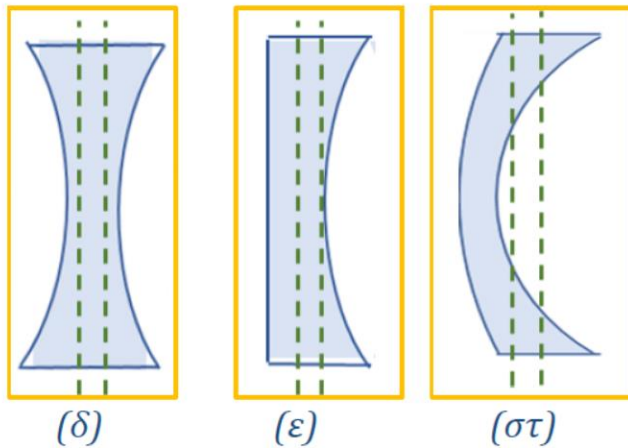
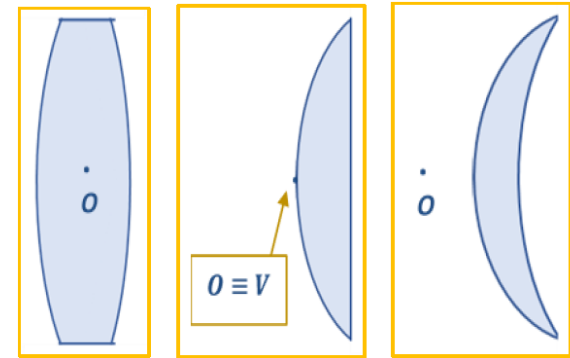
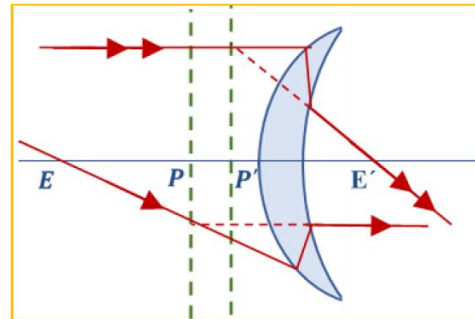
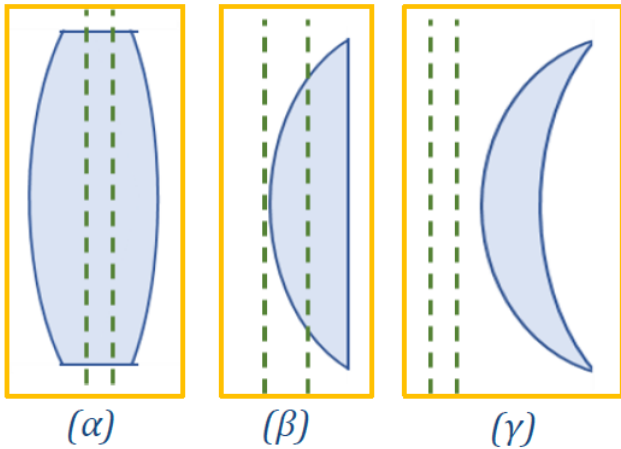
- Μετωπιαίες Εστιακές αποστάσεις : $VE, V'E'$

εξαρτώνται από θέση κυρίων επιπέδων



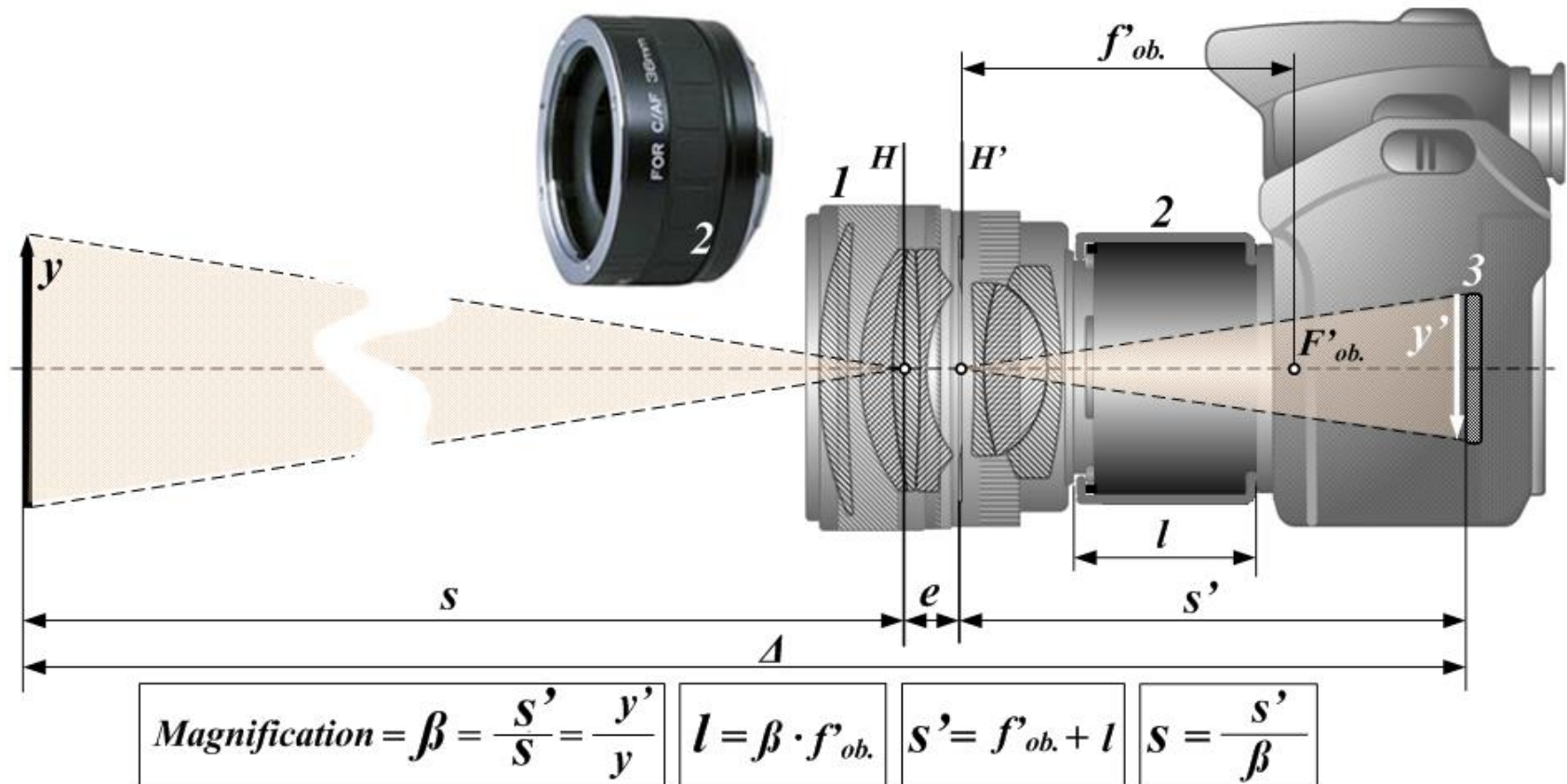
εξαρτάται από τη μορφή του φακού

Θέσεις των κυρίων επιπέδων σε διάφορους τύπους φακών με πάχος



Δ. Μελιτσιώτης: «Γεωμετρική Οπτική»

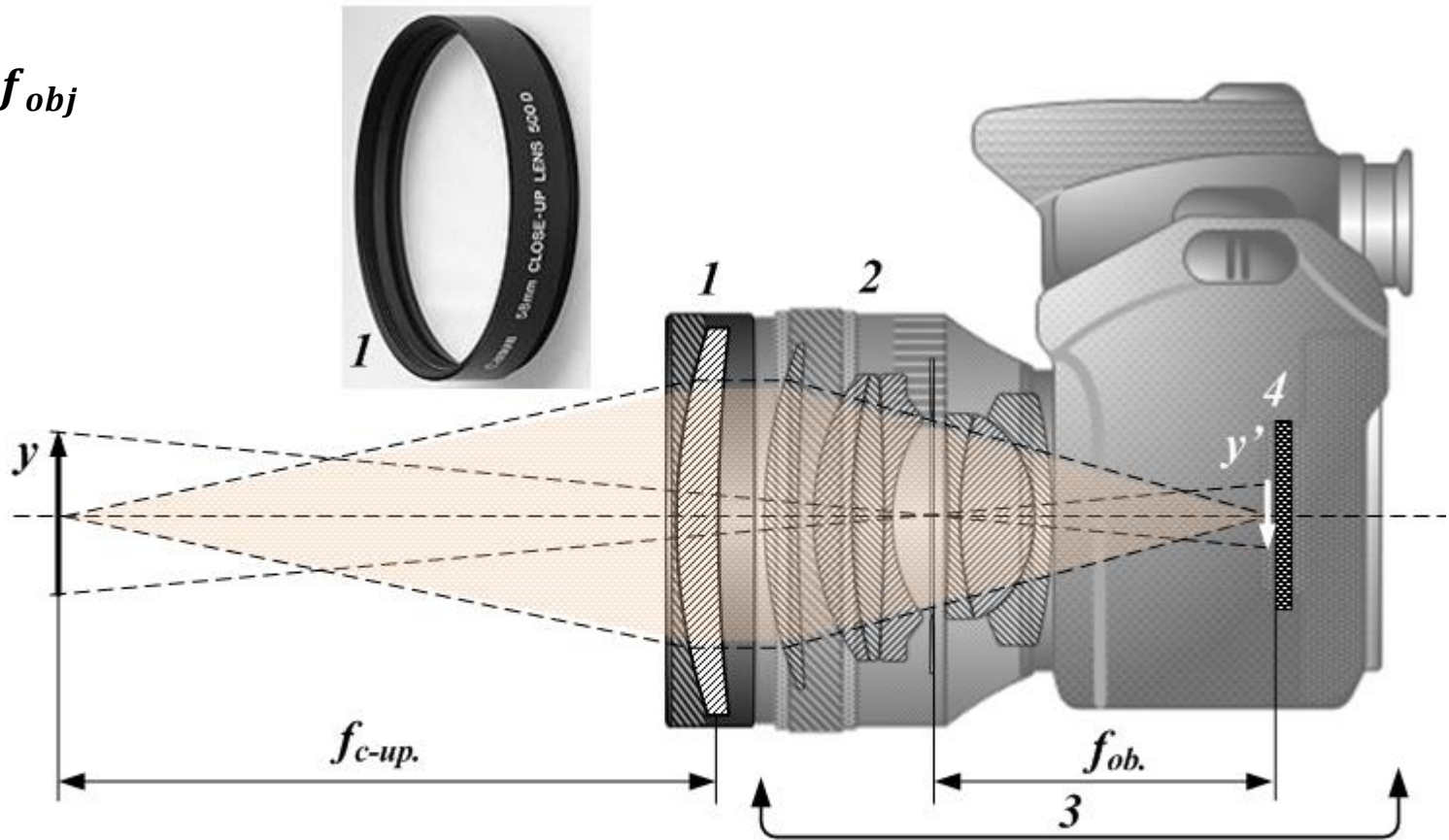
Extension tubes



close-up lens

($f_{c-up} > 0 \rightarrow$ αυξάνουν οπτική ισχύ)

$$M = D \cdot f_{obj}$$



$$\text{Magnification} = \beta = \frac{y'}{y} = \frac{f_{obj.}}{f_{c-up.}} = \frac{f_{obj.} \cdot D (\text{dioptr of c-up lens})}{1000} \quad f_{c-up.} = \frac{f_{obj.}}{\beta}$$

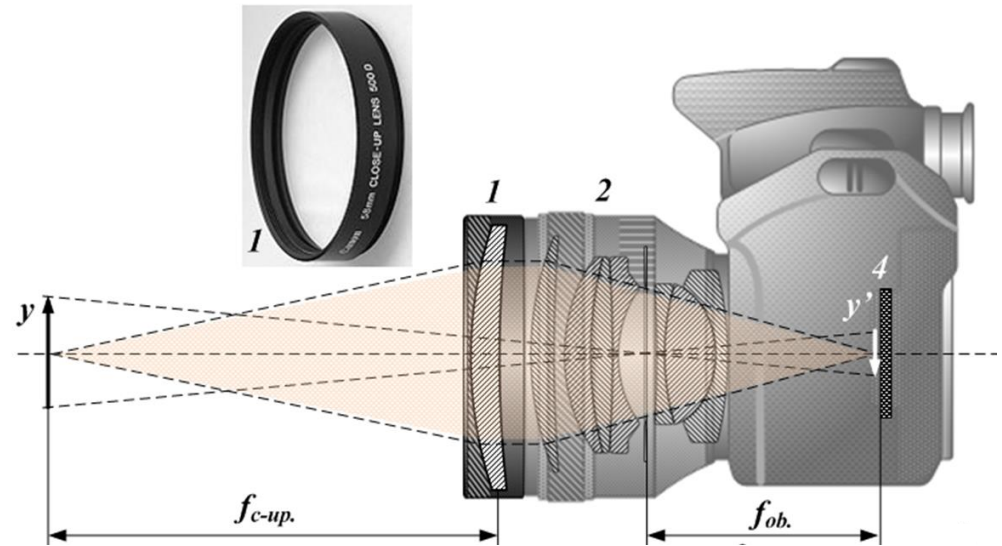
Φωτογραφική μηχανή φέρει φακό εστιακής απόστασης $f_{obj}=300\text{mm}$.

Αν ο φακός είναι εστιασμένος στο άπειρο και προστεθεί close-up ισχύος $D=+3\text{dpt}$ να βρεθεί η μεγέθυνση στη μέγιστη απόσταση εργασίας. Ποιά η μεγέθυνση στην ελάχιστη απόσταση εργασίας;

$$\frac{1}{f_{ολ}} = \frac{1}{f_{c-up}} + \frac{1}{f_{obj}} \quad (1)$$

εστίαση στο άπειρο : $f_{obj} \approx x'$

$$\text{και} \quad \frac{1}{f_{ολ}} = \frac{1}{x_{max}} + \frac{1}{x'} \quad (2)$$



Από (1) & (2) \rightarrow μέγιστη απόσταση εργασίας:

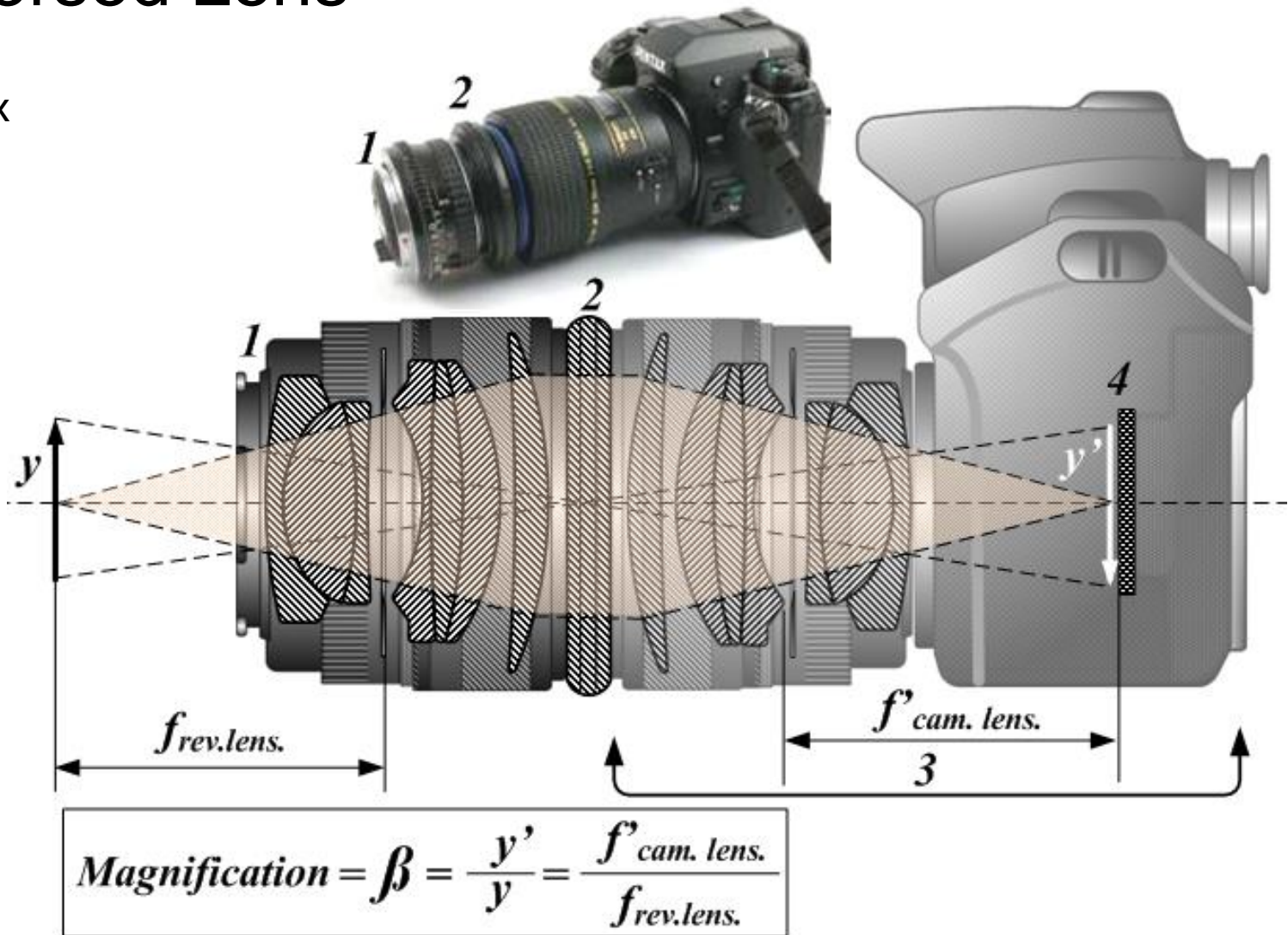
$$x_{max} = f_{c-up} = \frac{1}{D}$$

και

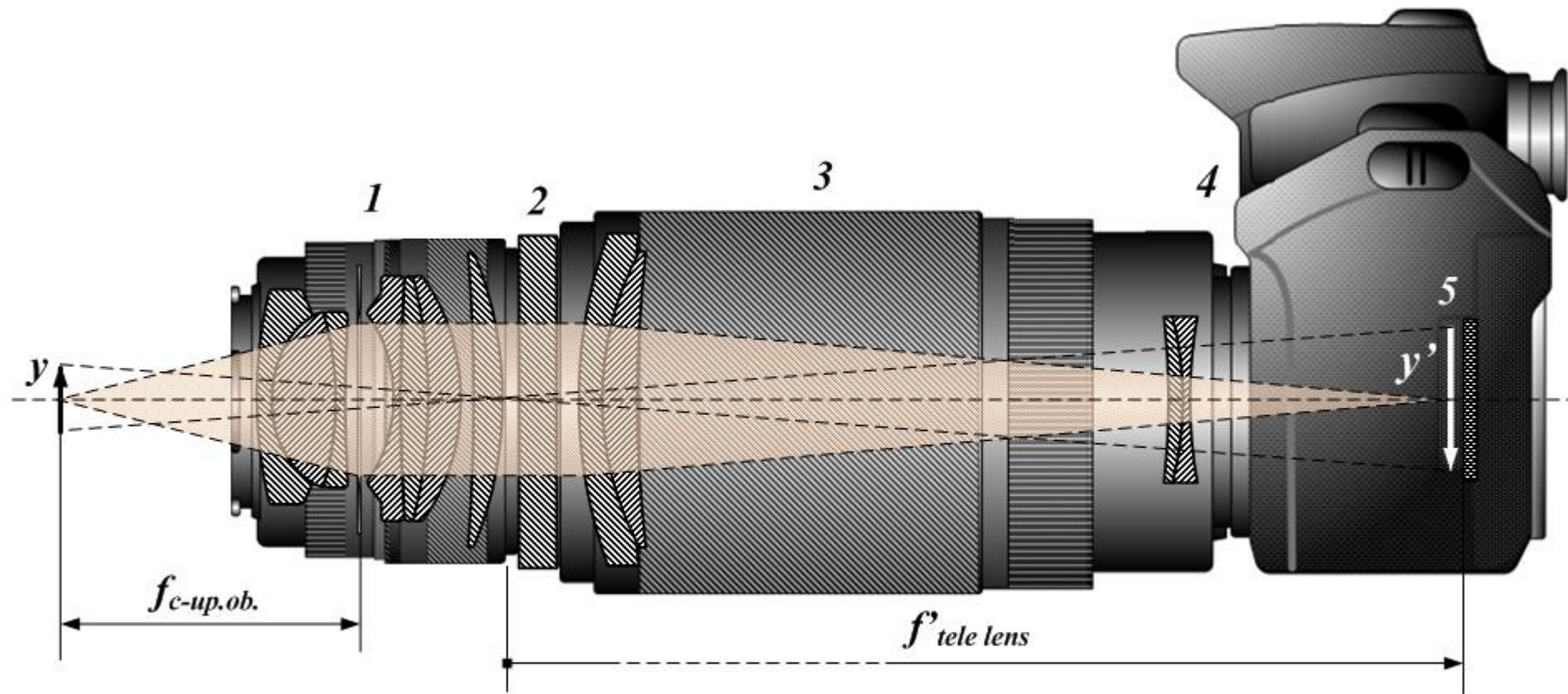
$$M(x_{max}) = \frac{x'}{x_{max}} = \frac{f_{obj}}{f_{c-up}} = \frac{300\text{mm}}{\frac{1000}{3}\text{mm}} = 0.9$$

Reversed Lens

M → 4x



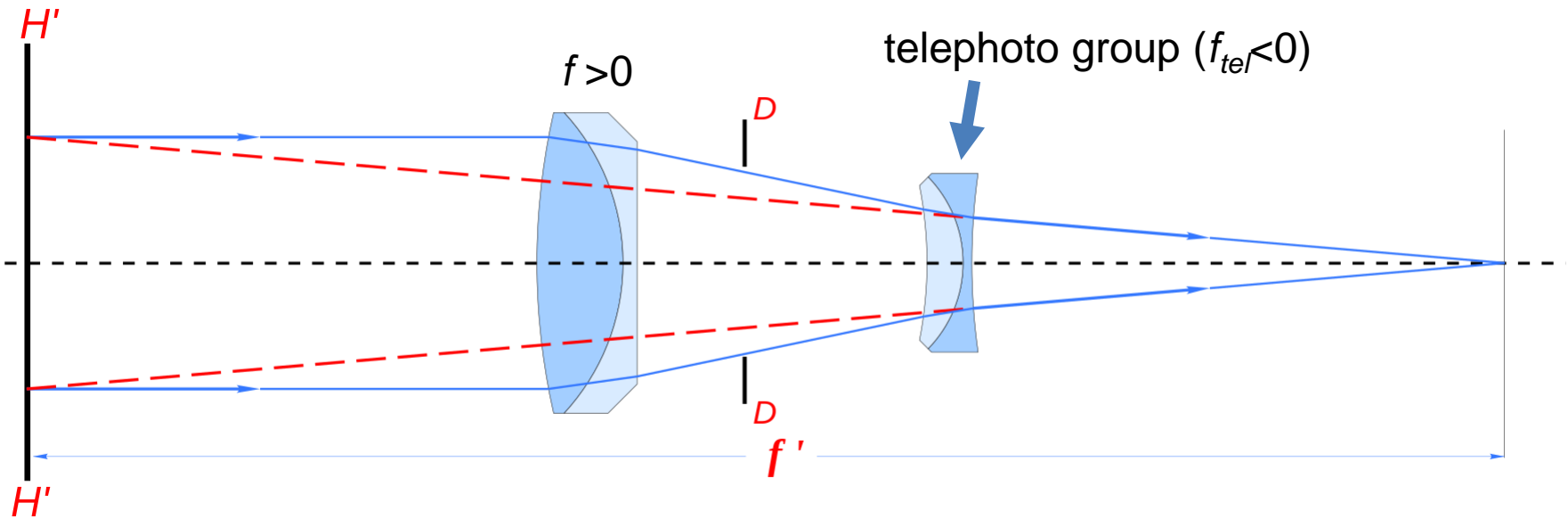
Reversed lens & telephoto lens



$$\text{Magnification} = \frac{y'}{y} = \frac{f'_{tele lens}}{f_{c-up.ob.}}$$

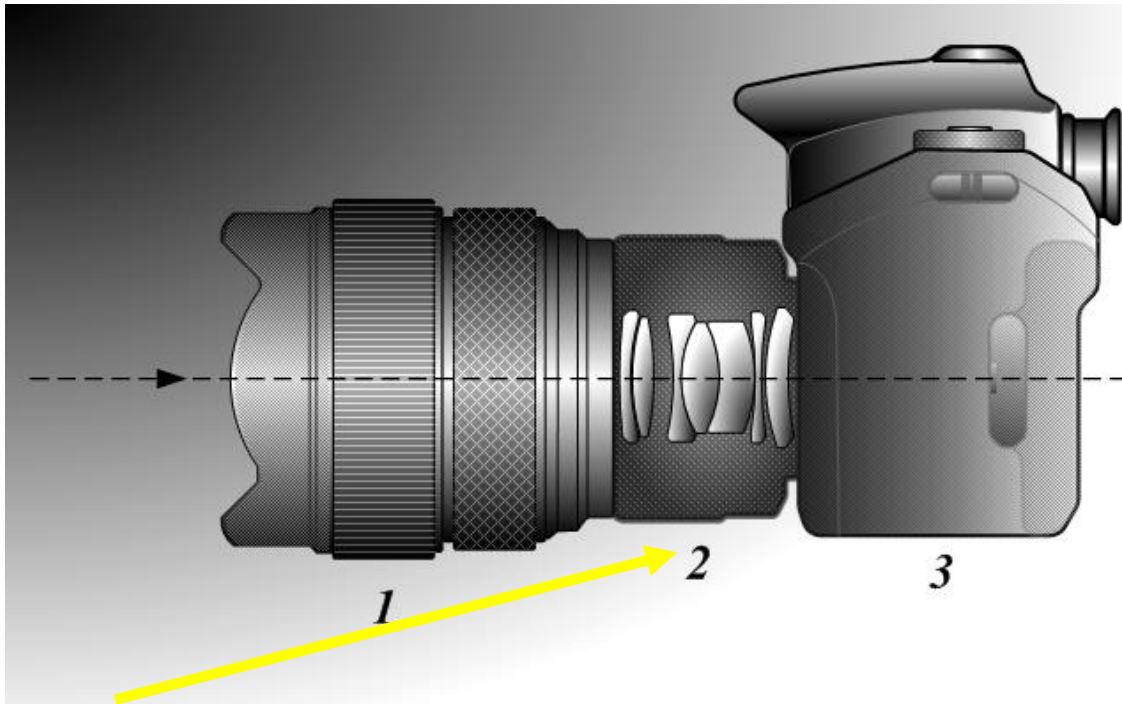
Telephoto lens

Φυσικό μήκος τηλεφακού < εστιακή απόσταση συστήματος φακών



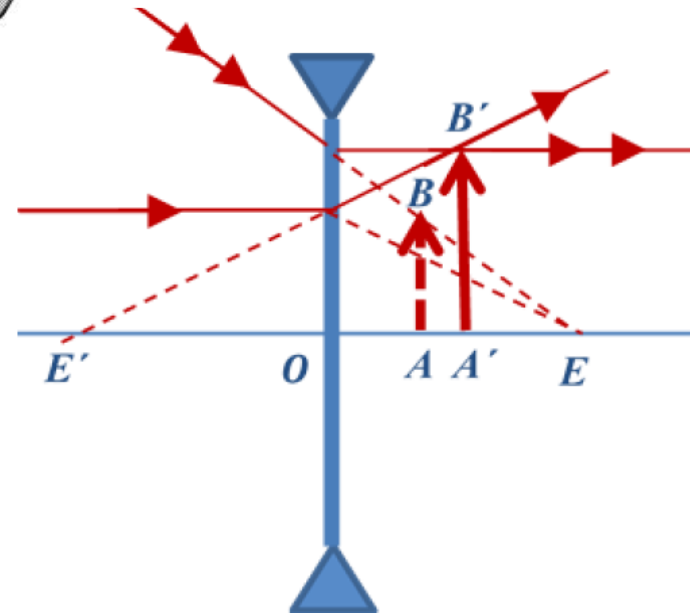
By Panther - Own work, CC BY-SA 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1403003>

Teleconverter lens ($f_{tele-c} < 0$)



Teleconverter

By Tamasflex - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11881080>



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΦΑΚΟΥ - ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ & ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ



f/3.2, dof = 0.024m

f/5.6, dof = 0.043m

f/11, dof = 0.086m

f/22, dof = 0.172m

Focal length 105mm, Focus Distance 1.5m



f/3.2, dof = 0.002m

f/5.6, dof = 0.004m

f/11, dof = 0.007m

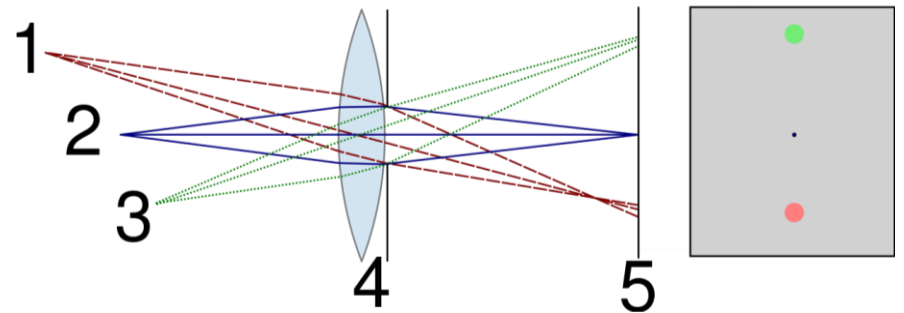
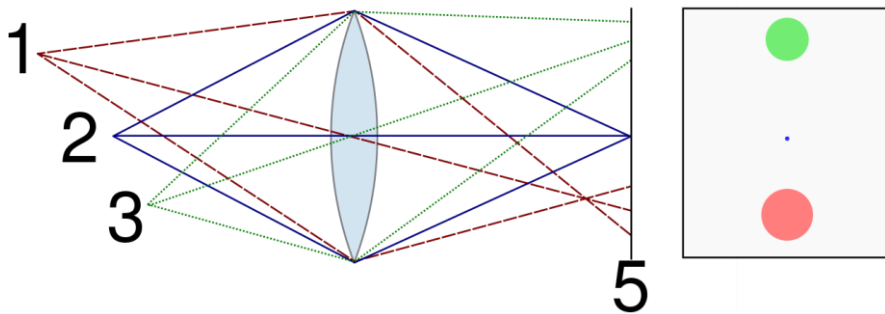
f/22, dof = 0.014m

Focal Length 105mm, Focus Distance 0.47m

ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ



By NightWolf1223 - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=118009180>



By Diaphragm.svgderivative work: BenFrantzDale - Diaphragm.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11606603>

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Αθανάσιος Αραβαντινός 2014. Αθανάσιος Αραβαντινός. «Επιστημονική Φωτογραφία (Θ). Ενότητα 3: Macro-φωτογραφία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση.

Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί και δοθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.
Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.

διαθέσιμο με άδεια CCO Public Domain
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο ως κοινό κτήμα
Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

χωρίς σήμανση
Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

