

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ

ΣΧΟΛΗ : ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΤΕΧΝΩΝ & ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΦΥΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑΣ & ΗΧΟΥ II  
(ΦΕΗ II)

(Φωτοτυπίες διαφανειών)

Δρ. Α. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ  
Καθ. Φυσικής  
ΤΕΙ Αθήνας

Νοέμβριος 2008



ΦΥΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑΣ & ΗΧΟΥ II  
(ΦΕΗ II)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ (ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΓΕΘΩΝ, ΣΧΕΣΕΙΣ, ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ)
2. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ
3. ΣΚΟΠΕΥΣΗ (ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ) PINHOLE ΚΑΜΕΡΑ
4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ (ΔΟΜΗ – ΓΩΝΙΕΣ ΟΡΑΣΕΩΣ)
5. ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ, ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ)
6. ΧΡΩΜΑ (ΘΕΩΡΙΕΣ, ΔΡΑΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ)
7. ΔΕΣΜΕΣ LASER (ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ)
8. ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ (ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΙΚΟΝΑΣ)
9. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ – ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΧΟΥ, ΔΙΣΚΟΣ ΑΚΤΙΝΑΣ (CD)
10. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΧΩΡΩΝ, ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΟΣ ΗΧΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΟΠΤΙΚΗ Κ. Δ. Αλεξόπουλος, Παν. Εκδόσεις, Αθήνα
2. OPTICS, E. Hecht et al., Addison, Wesley 1974
3. OPTICS IN PHOTOGRAPHY Kingslake, SPIE, 1992
4. CAMERA TECHNOLOGY, Goldberg, Acad. Press, 1992
5. COLOR AND LIGHT IN NATURE 2<sup>nd</sup> ed. D. K. Lynch et al. Cambridge Univ. Press 2001
6. THE PHYSICS OF SOUND, 2<sup>nd</sup> ed., R. E. Berg, D. G. Stork, Prentice Hall, USA 1995.
7. THE SCIENCE OF SOUND, 3d ed. T. D. Rossing et al. Addison – Wesley, USA 2002
8. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ Δ. Σκαρλάτου, Καθ. Παν. Πατρών, 3<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Gotsis, Πάτρα 2008
9. PRINCIPLES OF DIGITAL AUDIO, K. C. Pohlmann 2<sup>nd</sup> ed. SAMS, USA 1994



# ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ ή ΦΩΤΕΙΝΗ ΙΣΧΥΣ

$$\Phi = dE / dt$$

Lumen (Lm) ή Watt (W)

ΦΩΤΟΒΟΛΙΑ ή ΕΝΤΑΣΗ  
ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ

$$I = d\Phi / d\Omega$$

Cd ή W / Sr

ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

$$B = d\Phi / dS$$

Lux ή W / m<sup>2</sup>

## ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ( ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ )

1. Ελάχιστη φωτεινή ροή από σημειακή πηγή προκειμένου να γίνει αντιληπτή από τον ανθρώπινο οφθαλμό :

$$\Phi_{\text{ελάχιστο}} = 4 \times 10^{-13} \text{ Lm}$$

Ή περίπου 200 πράσινα φωτόνια / sec (  $6 \times 10^{-15} \text{ W}$  )

2. Φωτοβολία ( ή ένταση ) τεχνητών φωτεινών πηγών :

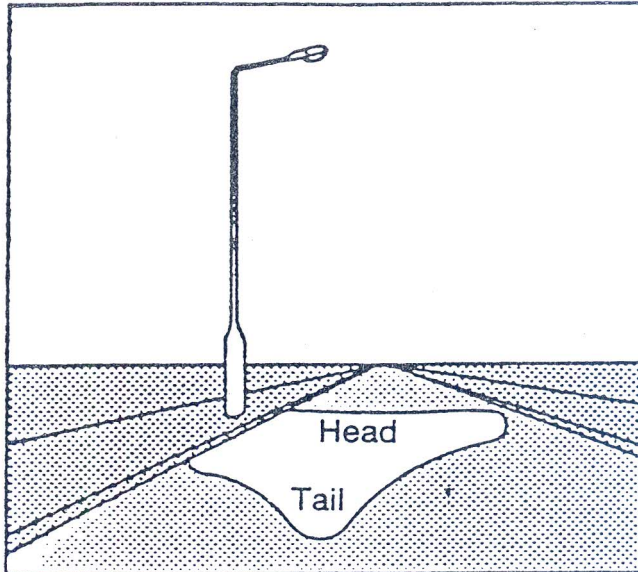
Λαμπτήρας πυρακτώσεως ( 100 W )	: 130 Cd
Διαφημιστικός προβολέας	: 800 Cd
Προβολέας αυτοκινήτου	: 10000 Cd
Ναυτικός φάρος	: 1500000 Cd

3. Διάφορες περιπτώσεις φωτισμού :

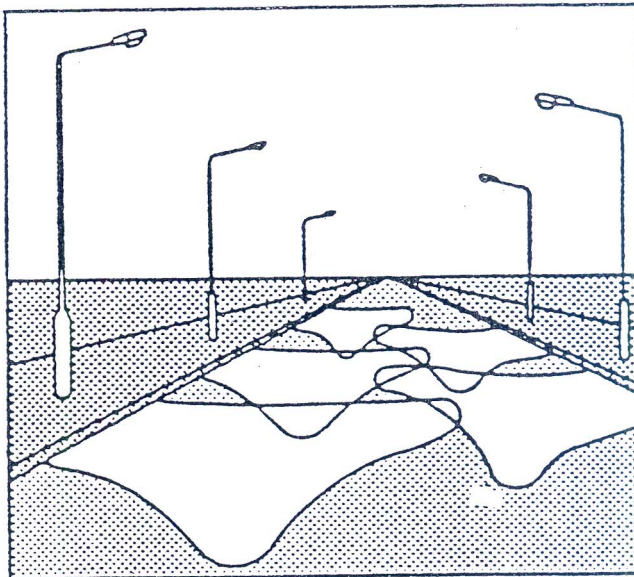
Φωτισμός στη γη από τον ήλιο	: ~ 6000 Lux
Οθόνη κινηματογράφου	: 100 Lux
Μέτριος φωτισμός αίθουσας	: 80 Lux
Φωτισμός στη γη με πανσέληνο	: 0.2 Lux

4. Περιοχές ενδεικτικών τιμών φωτισμού σε συγκεκριμένους χώρους :

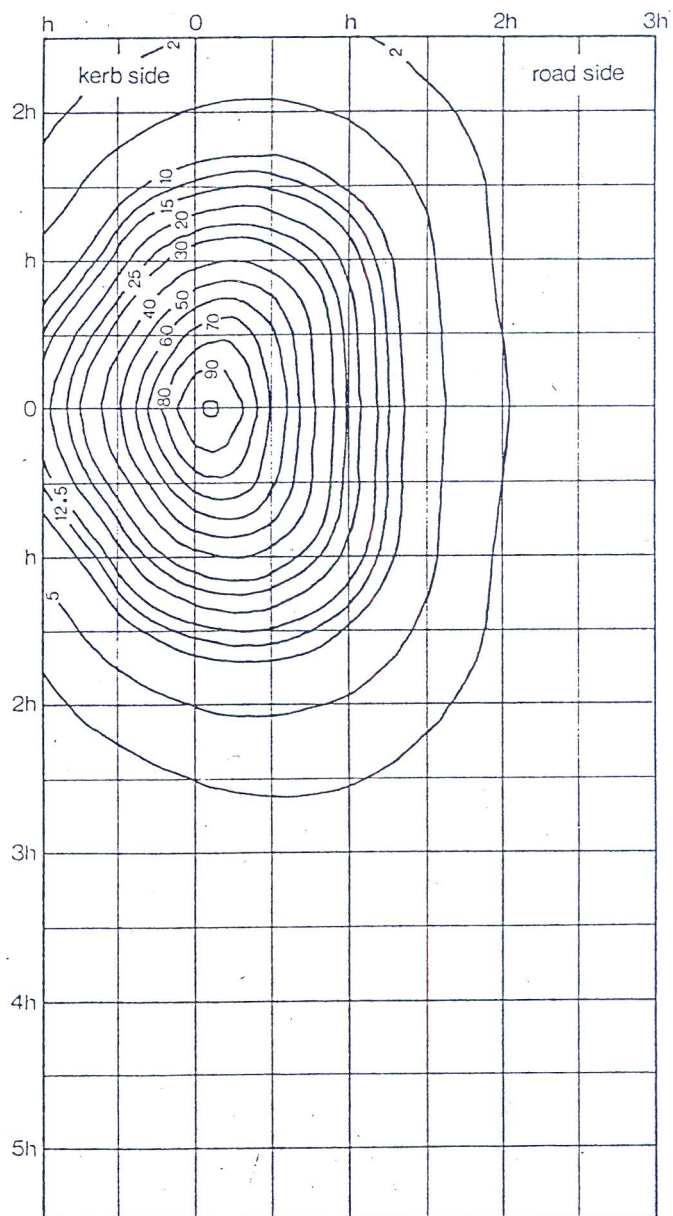
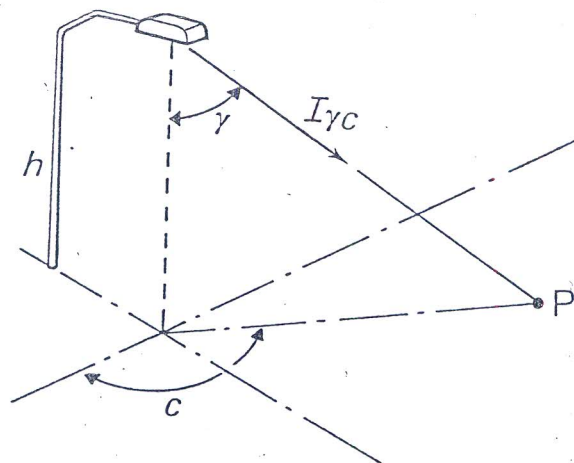
	Ελάχιστος ( Lux )	Καλός ( Lux )
<b>Σπίτι</b>		
Συνηθισμένο δωμάτιο	50	70
Γραφείο	80	120
<b>Βιομηχανία</b>		
Μέση εργασία	80	120
Λεπτή εργασία	120	200
<b>Σχολείο</b>		
Αίθουσα διδασκαλίας	80	120
Εργαστήριο	100	150
<b>Κατάστημα</b>		
Γενικός φωτισμός	80	150
Βιτρίνα	500	1000



Luminance patch from a single lamp



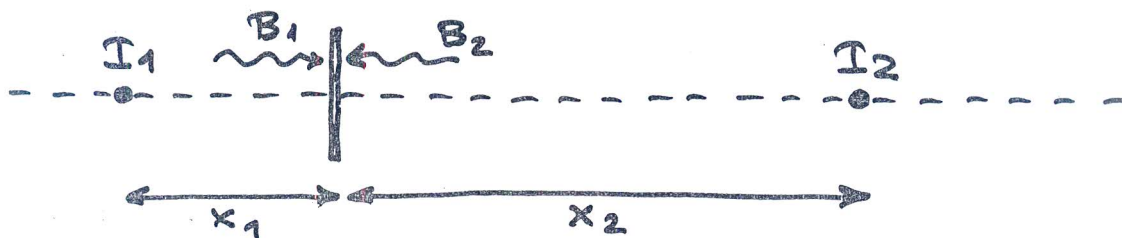
Luminance patches merging to give even lighting





# ΣΥΝΘΗΚΗ ΙΣΟΦΩΤΙΣΜΟΥ

(ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΠΛΗΞΗΣ)

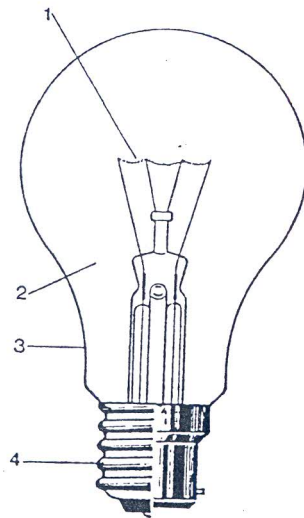


$$\text{Ισοφωτισμός: } B_1 = B_2 \text{ ή } \frac{I_1}{x_1^2} = \frac{I_2}{x_2^2}$$

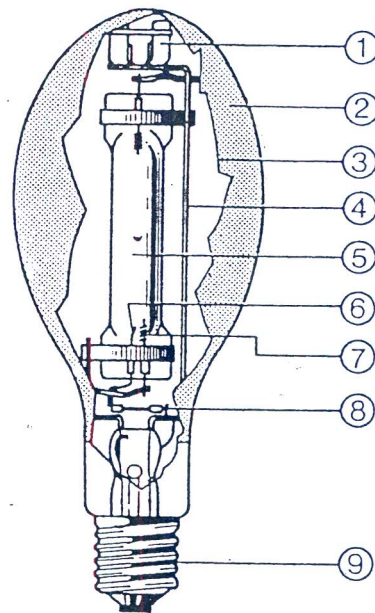
$$\text{ή } I_2 = I_1 \cdot \left( \frac{x_2}{x_1} \right)^2$$

Εάν η Φωτεινή Πηγή 1 είναι πηγή αναφοράς με ένταση  $I_0$  τότε η άγνωστη πηγή έχει ένταση  $I_x$  που δίνεται από τη σχέση:

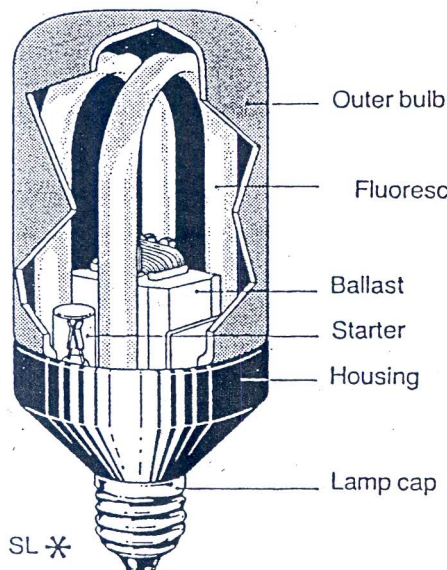
$$I_x = I_0 \cdot \left( \frac{x_2}{x_1} \right)^2$$



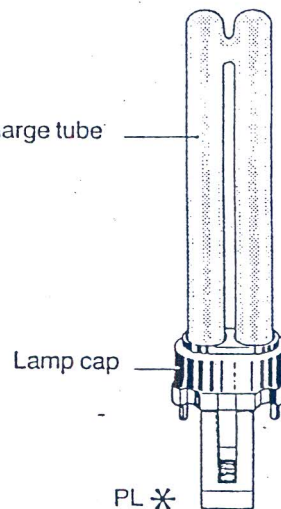
Principal parts of an incandescent lamp:  
 1. Filament  
 2. Fill gas  
 3. Bulb  
 4. Cap



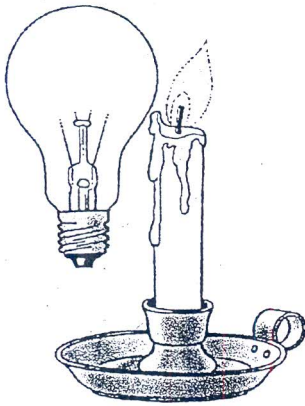
High-pressure mercury vapour lamp. 1. Support spring  
 2. Ovoid hard-glass outer envelope 3. Inner phosphor coating  
 4. Lead-in wire / support 5. Quartz discharge tube 6. Auxiliary  
 electrode 7. Main electrode 8. Starting resistor 9. Screw base.



Principle parts of the SL ✱ and PL ✱ lamps.



Για φωτεινή ροή 1000 Lumens και για χρονικό διάστημα 1000 ωρών χρειάζονται οι φλόγες από 11000 κεριά ή ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως.



« Θα κάνω το φως από λαμπτήρα να κοστίζει τόσο φθηνά ώστε στο μέλλον μόνο οι πλούσιοι θα χρησιμοποιούν τη φλόγα των κεριών για να φωτίζονται ».

Thomas Alva Edison  
1847 - 1931

## LIGHT POLLUTION




Μόλυνση στο περιβάλλον των σταθμών παραγωγής.



Οικονομία ( κατανάλωση καύσιμου ).

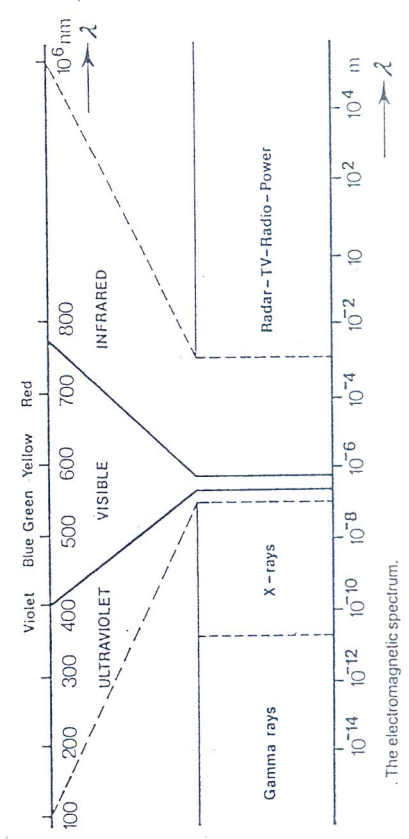
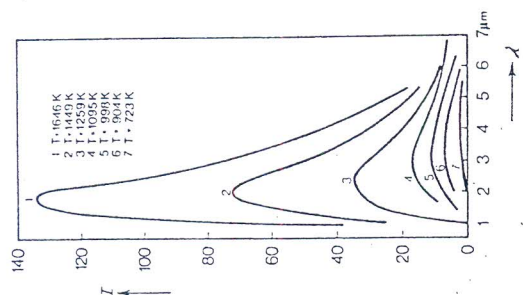
Οικολογία ( θαλάσσιες χελώνες, αποδημητικά πτηνά, πυγολαμπίδες, φυλλοβόλα δέντρα, κ.α. ).

Ανθρώπινος οργανισμός ( έκλυση ορμόνης, οιστρογόνα, μελατονίνη ).




Αύξηση μέσης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης.

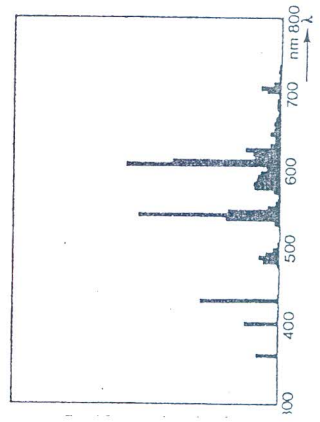
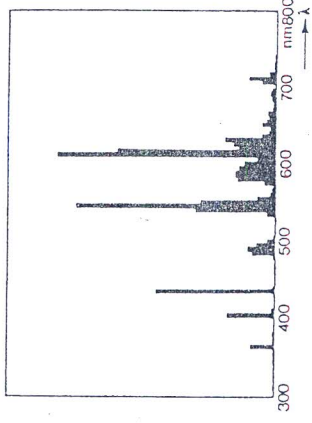
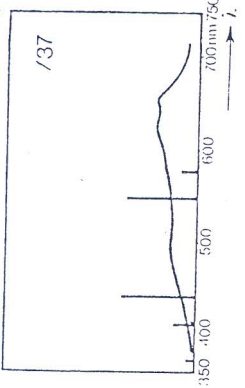
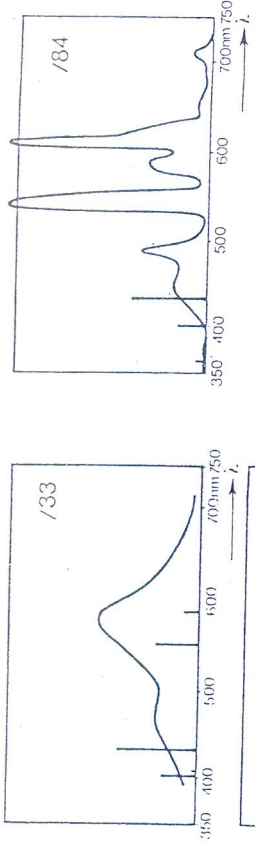
<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ</p>	<p>Το φως προέρχεται από την <b>ΘΕΡΜΑΝΣΗ</b> ενός λεπτού, μεταλλικού νήματος ( σπείραμα ) λόγω της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος. Πρόκειται για την αποδιέγερση μεγάλου αριθμού διηγεμένων ατόμων ( ή μορίων ) που αποτελούν το μεταλλικό πλέγμα του νήματος.</p> 
<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ</p>	<p>Το φως προέρχεται από την δημιουργία - αρχικά - υπερύδους ακτινοβολίας σε μικρή ποσότητα αερίου ( εκκένωση σε σταγόνες ατμών Hg ). Στην συνέχεια η αόρατη υπεριώδης ακτινοβολία προσπίπτει σε <b>ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΑ</b> ουσία την οποία και διεγείρει. Η αποδιέγερση της φθορίζουσας ουσίας γίνεται στην ορατή περιοχή του φάσματος.</p> 
<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ</p>	<p>Το φως προέρχεται από την συνεχή ηλεκτρική <b>ΕΚΚΕΝΩΣΗ</b> σε ποσότητα ιονισμένου αερίου ή ατμού. Τα άτομα του αερίου διεγείρονται και κατά την αποδιέγερσή τους ακτινοβολούν.</p> 







<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ</p>	<p>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ</p>	<p>ΤΥΠΟΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑ</p>
		<p>Κανονικός, ανακλαστικός</p>
		<p>Αλογόνου</p>

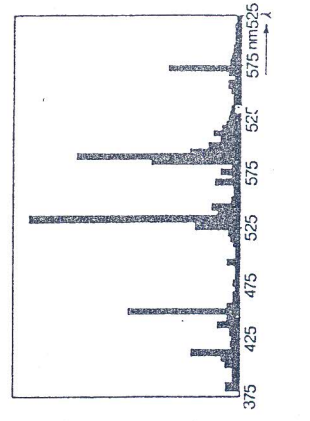
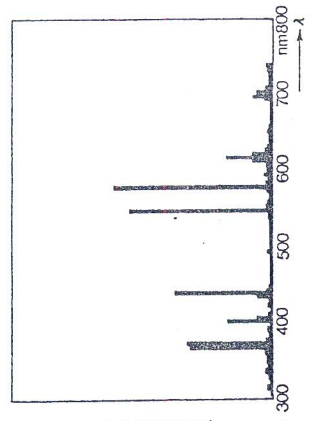
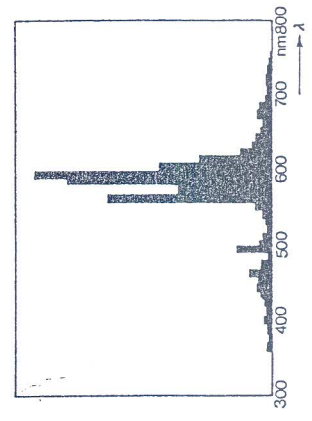
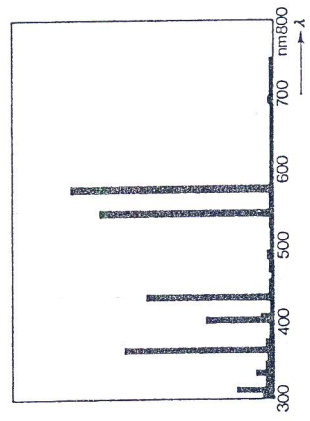
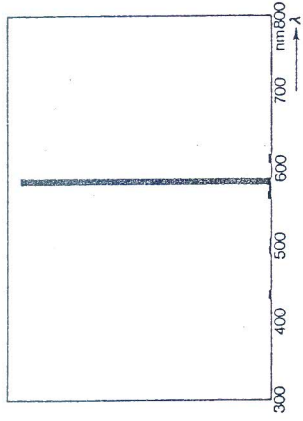


The electromagnetic spectrum.

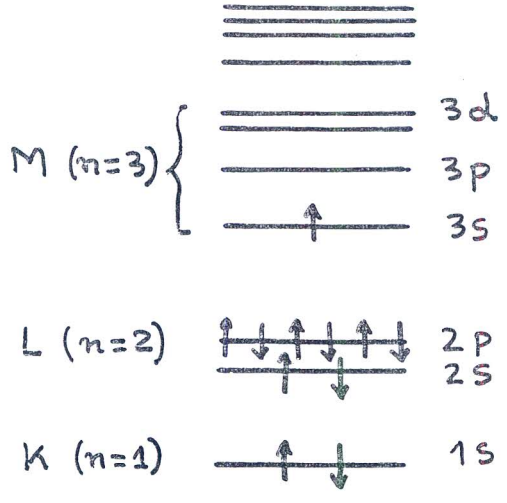
<b>ΦΑΜΠΤΗΡΕΣ</b> <b>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ</b>			<b>Φθορισμού σαλινοειδής</b>
			<b>Φθορισμού SL *</b>
			<b>Φθορισμού PL *</b>



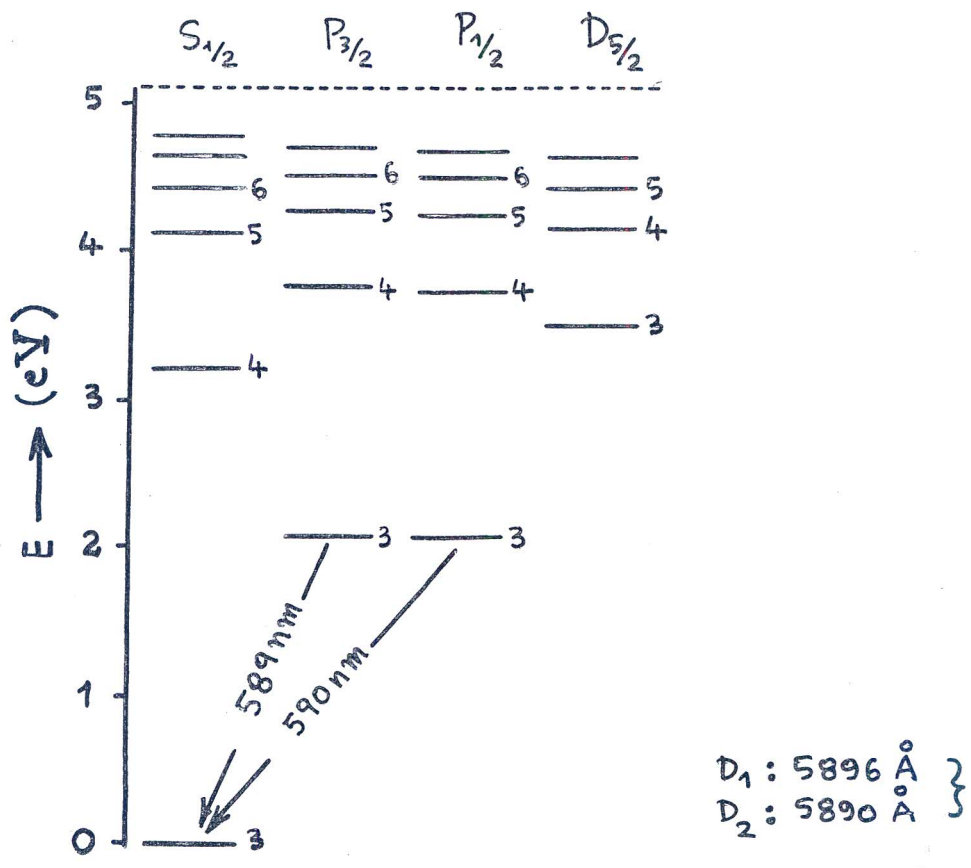
<b>ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ</b>			<b>Ατμών Νατρίου</b>
<b>ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ</b>			<b>Συνδιασμένου φωτός</b>
<b>ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ</b>		 	<b>Ατμών Υδραργύρου</b>
<b>ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ</b>			<b>Αλογονούχων Μετάλλων</b>
<b>ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ</b>		 	<b>Ατμών Νατρίου</b>













ΑΤΟΜΟ Na (Z=11)



Θεμελιώδης κατάσταση του ατόμου του Na  
 :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$





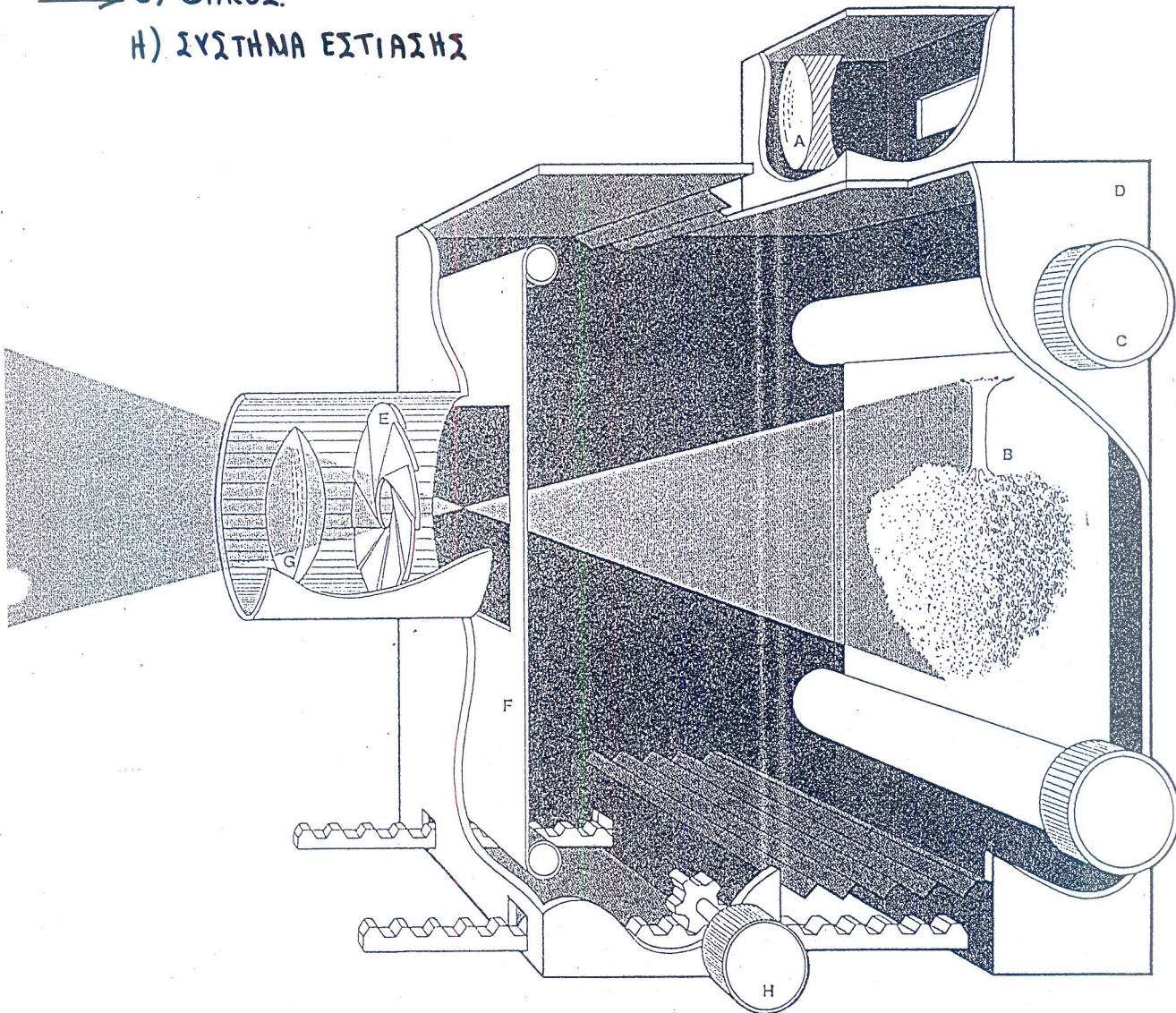
	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (Lumen/W)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ (ώρες)	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΡΑΚΤΩΣΕΩΣ		Κανονικός, ανακλαστικός	22	1000	Εύκολη εγκατάσταση και χρήση, μεγάλη ποικιλία, άμεσο ξεκίνημα, χαμηλό κόστος, κατευθυνόμενη δέσμη (ανακλαστικοί).	Οικιακός φωτισμός, διακοσμητικός, φωτισμός τοπικού χαρακτήρα, φωτισμός προβολής συγκεκριμένων θεμάτων.
		Αλογόνου	27	2000	Συμπαγής, μεγάλη ισχύς λευκού φωτός, εύκολη εγκατάσταση, μεγάλη διάρκεια ζωής.	Φωτισμός προβολής διαφόρων θεμάτων, έντονη φωταγωγή.
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ		Φθορισμού σωληνοειδής	104	7500	Φως ευρείας επιλογής χρωμάτων, οικονομικός στην χρήση.	Εμπορικά, δημόσια κτίρια, οικιακός φωτισμός, φωτισμός δρόμων.
		Φθορισμού SL*	50	5000	Ιδιαίτερα αποδοτικός, αντικαθιστά άμεσα τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.	Οι ίδιες με τις εφαρμογές των λαμπτήρων πυρακτώσεως.
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΣ		Φθορισμού PL*	80	5000	Συμπαγής μηχανισμός μικρού όγκου, μεγάλη διάρκεια ζωής, ενεργειακά πολύ αποδοτικός.	Δημιουργεί ευχάριστη ατμόσφαιρα, σε δημόσιους χώρους, σήματα ασφαλείας, προσανατολισμού.
		Ατμών Νατρίου	200	10000	Ιδιαίτερα αποδοτικός, μεγάλη διάρκεια ζωής, προσφέρει οξύτητα οράσεως, σχεδόν μονοχρωματικό φως, μικρή χρωματική πιστότητα.	Πολλές εφαρμογές διαφορετικού χαρακτήρα. Ιδιαίτερη χρήση σε περιπτώσεις όπου η οικονομία προέχει ενώ η έλλειψη χρωματικής πιστότητας δεν ενοχλεί.
		Συνδισσμένου φωτός	28	5000	Μεγάλη διάρκεια, μεγάλη χρωματική πιστότητα, εύκολη εγκατάσταση, καλή απόδοση.	Άμεση αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως, εγκαταστάσεις σε κήτους.
		Ατμών Υδραργύρου	63	12000	Μεγάλη απόδοση, μεγάλη διάρκεια ζωής, μέτρια χρωματική πιστότητα.	Φωτισμός οικιστικών περιοχών, γηπέδων, εγκαταστάσεων βιομηχανίας.
		Αλογονούχων Μετάλλων	94	6000	Μεγάλη τιμή απόδοσης, μεγάλη διάρκεια ζωής, πολύ καλή χρωματική πιστότητα.	Φωτισμός λεωφόρων, έντονη φωταγωγή, φωτοβολήση εγκαταστάσεων κτηνοτροφικής.
		Ατμών Νατρίου	125	12000	Μεγάλη απόδοση, μεγάλη διάρκεια ζωής, καλή χρωματική πιστότητα.	Δημόσιος, βιομηχανικός φωτισμός, άμεση αντικατάσταση των λαμπτήρων υδραργύρου.

## ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

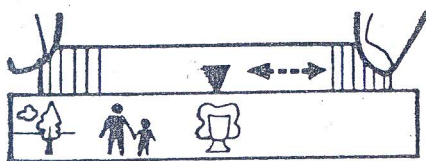
- Ηλεκτρική ισχύς λειτουργίας ( Watt )
- Συνολική παραγόμενη φωτεινή ροή ( Lumen )
- Φωτεινή απόδοση ( Lumen / Watt )
- Χρωματική πιστότητα
- Κόστος αγοράς – εγκατάστασης
- Κόστος λειτουργίας
- Διάρκεια ζωής
- Αξιοπιστία λειτουργίας
- Ασφάλεια στην χρήση ( ηλεκτρική – θερμική μόνωση )
- Εργονομία σχεδίασης ( μέγεθος – βάρος )
- Επιλογή χρωματισμού
- Γεωμετρία προσφερόμενης φωτεινής δέσμης
- Ευκολία στην συντήρηση ή και αντικατάσταση
- Δυνατότητα αυξομείωσης φωτεινής έντασης
- Συμβατότητα σε προϋπάρχουσα εγκατάσταση
- Ανθεκτικότητα κατασκευής
- Αισθητικό αποτέλεσμα εμφάνισης
- Οικολογική συμπεριφορά ( υλικά κατασκευής – φάσμα εκπομπής )
- Ποικιλία εφαρμογών

ΤΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.

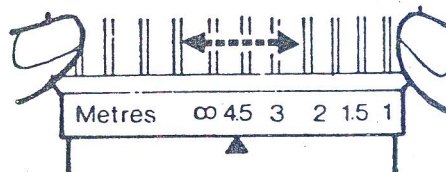
- A) ΪΚΟΠΕΥΤΡΟ
- B) ΤΟ ΦΙΛΜ
- C) ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ Κ' ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΙΛΜ.
- D) ΪΚΟΤΕΙΝΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
- E) ΤΟ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ
- F) ΚΛΕΙΣΤΡΟ
- G) ΦΑΚΟΣ.
- H) ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΤΙΑΣΗΣ



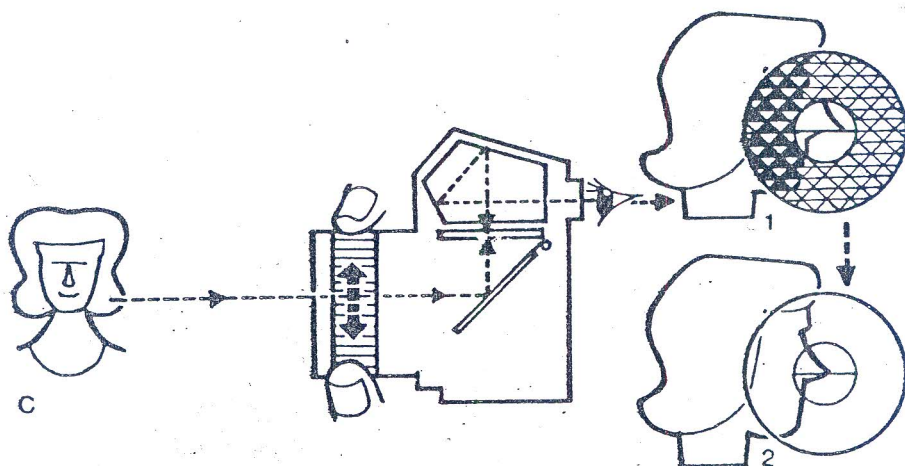
# ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΣΤΙΑΣΗΣ



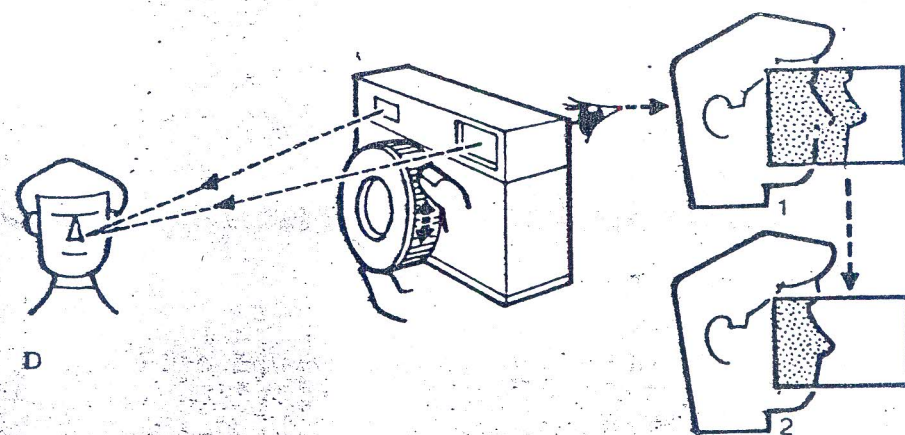
A



B



C



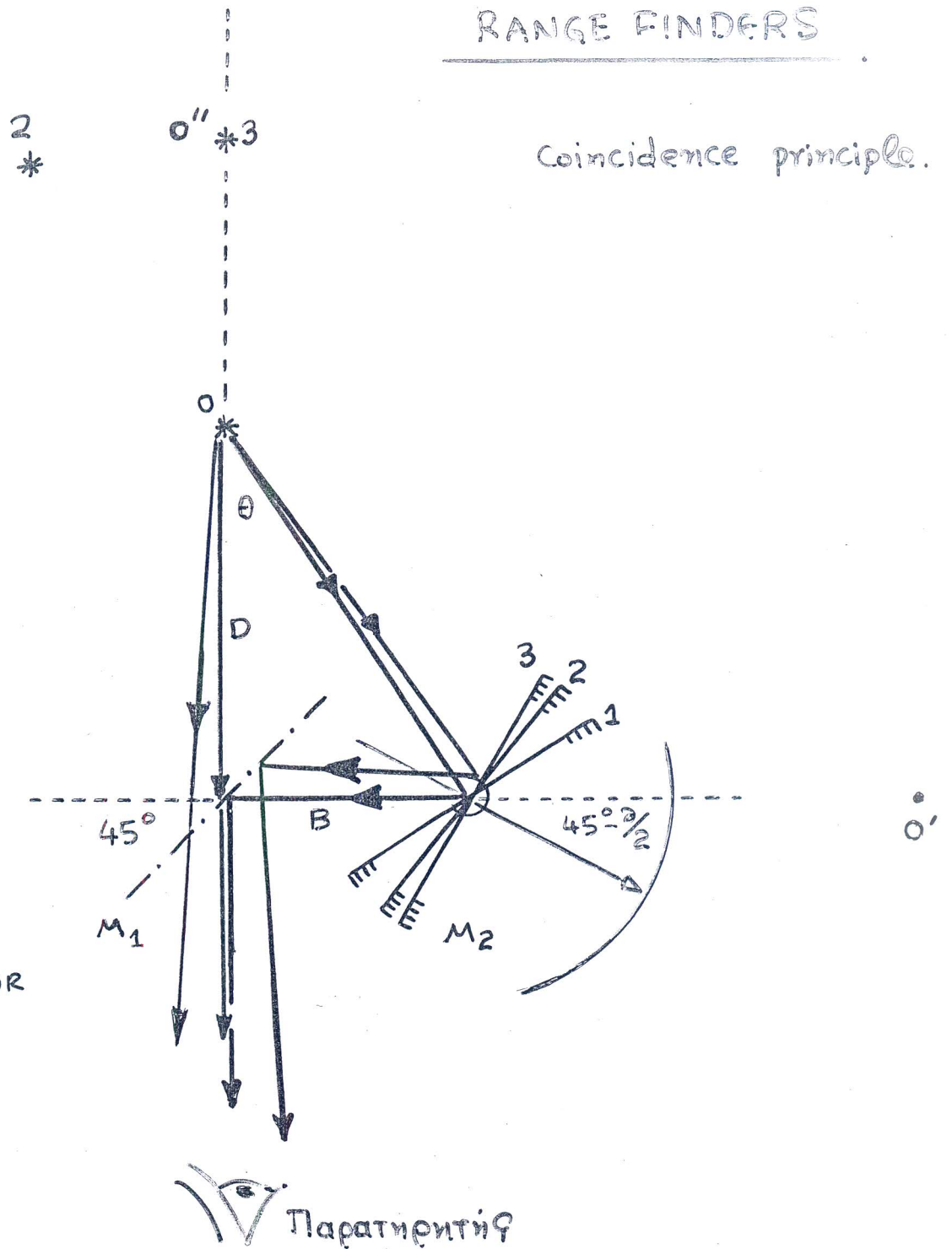
D

Διαφορετικές μέθοδοι εστίασης: Α. Εστίαση ζώνης, Β. Απλός δακτύλιος αποστάσεων, C. Μονοοπτική ρεφλέξ με μικροπρίσματα και σπαστό είδωλο, D. Συνδεδεμένο τηλέμετρο.

# RANGE FINDERS

Coincidence principle.

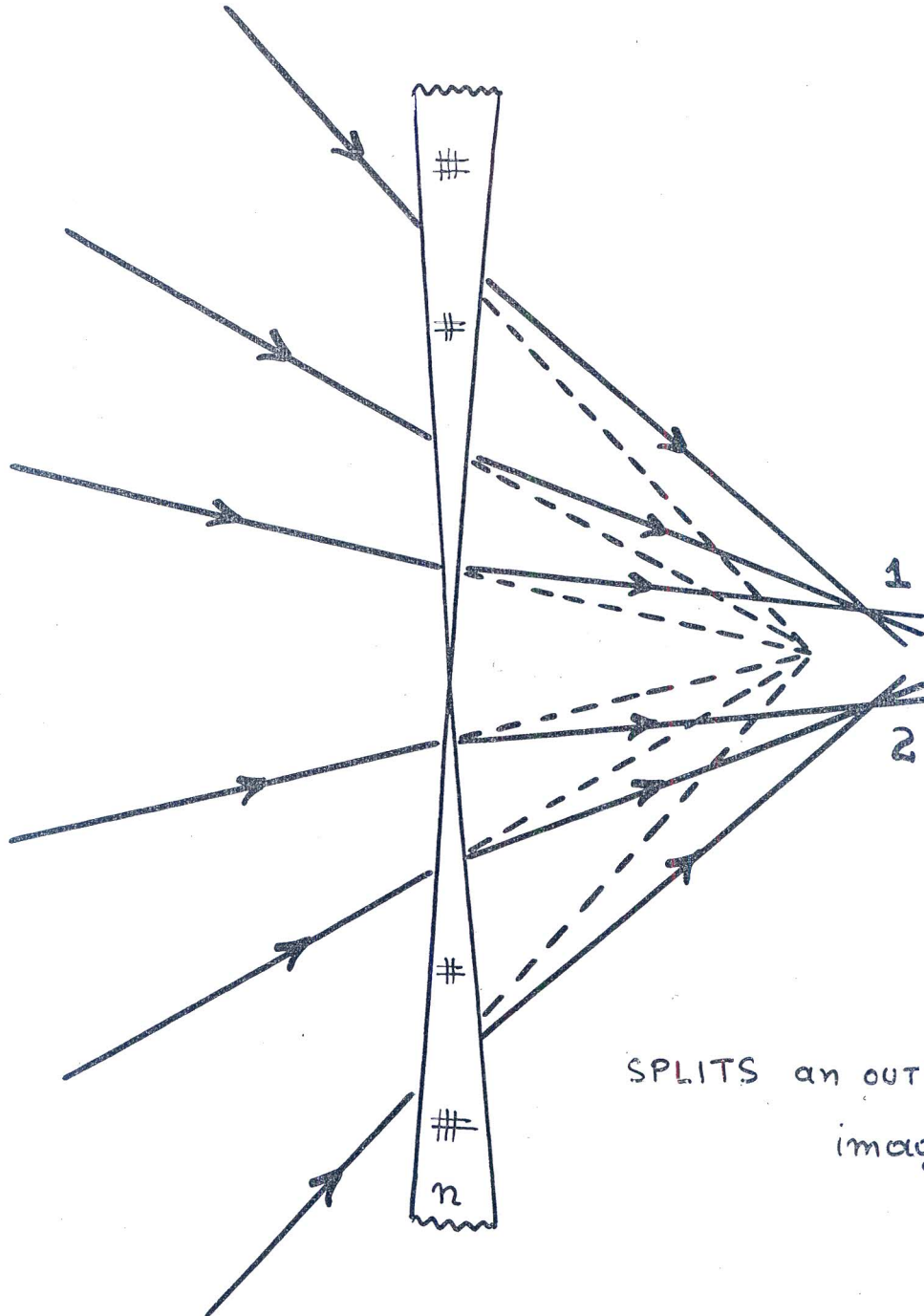
$M_1$ : SEMIREFLECTOR  
 $M_2$ : MIRROR



$$\tan\theta = \frac{B}{D} \rightarrow D = \frac{B}{\tan\theta} \quad (\text{εαν } B \ll D \rightarrow \tan\theta \approx \theta)$$

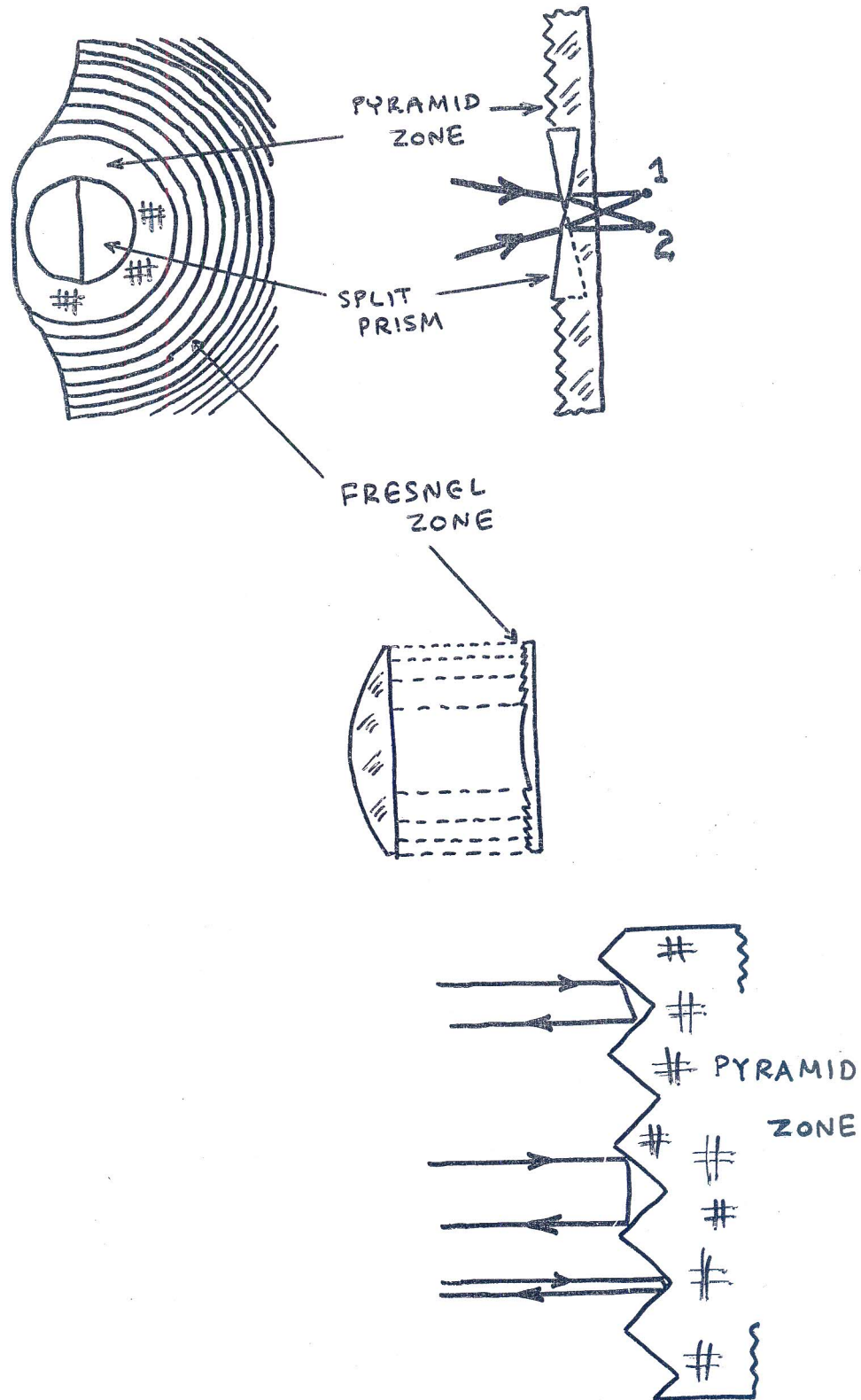
$$\rightarrow D = \frac{B}{\theta} \quad \text{με σφάλμα : } dD = -\frac{D^2}{B} \cdot d\theta$$

# SPLIT PRISM

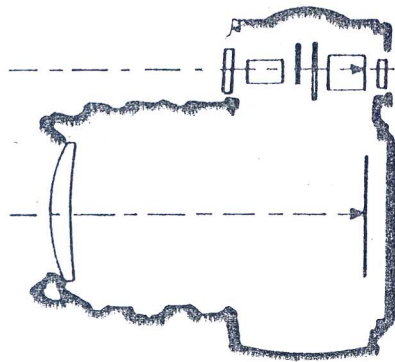


SPLITS an OUT of focus  
image

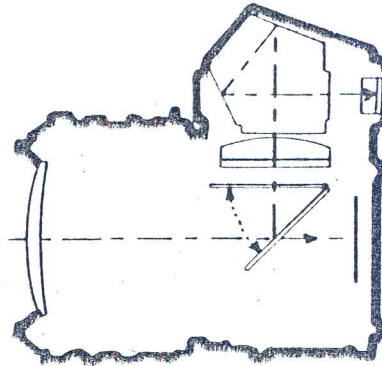
RANGE FINDER OF 35mm SLR  
CAMERA



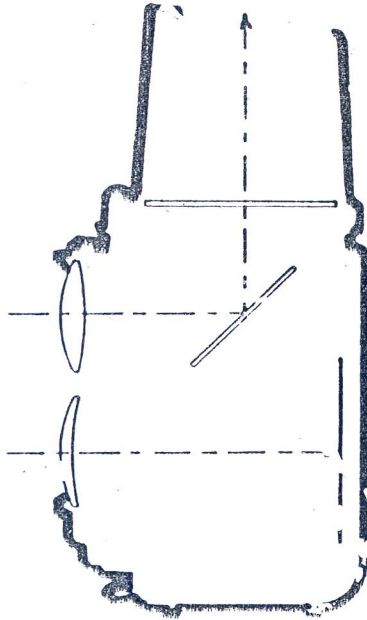
ΟΙ ΤΕΣΣΕΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΩΝ



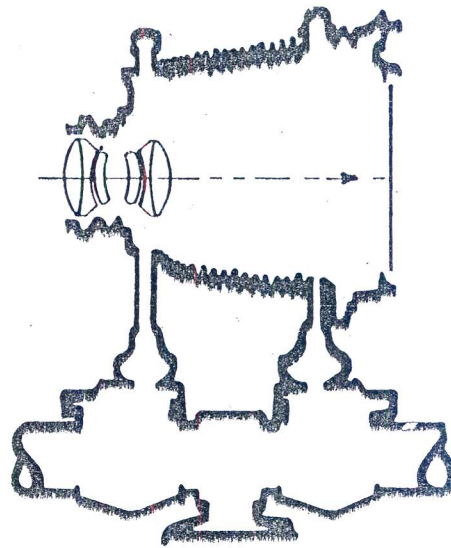
Κατ' εὐθείαν ὄρασις



Μονορεφλέξ.



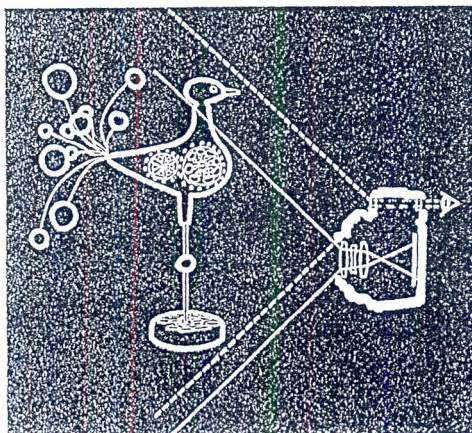
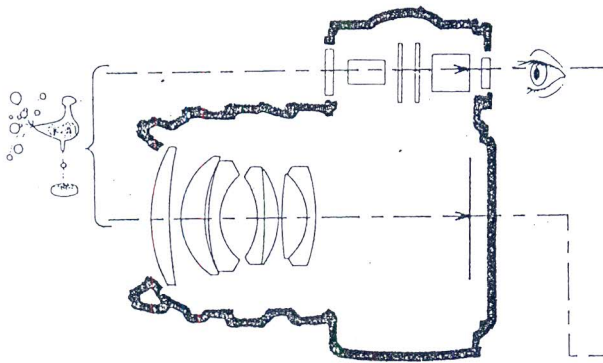
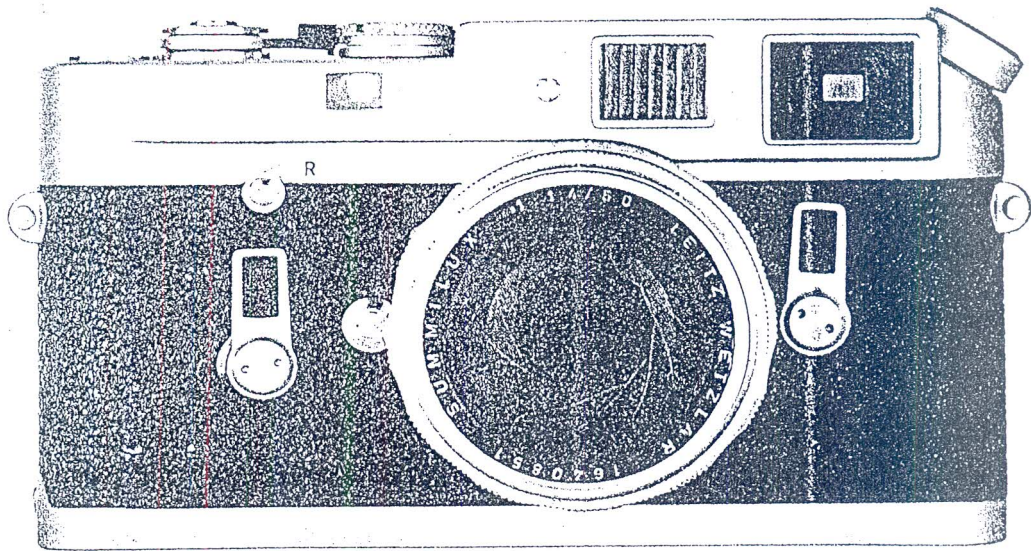
Διπλορεφλέξ



Στιούντιο (μὴ θραμπόγυαλο)

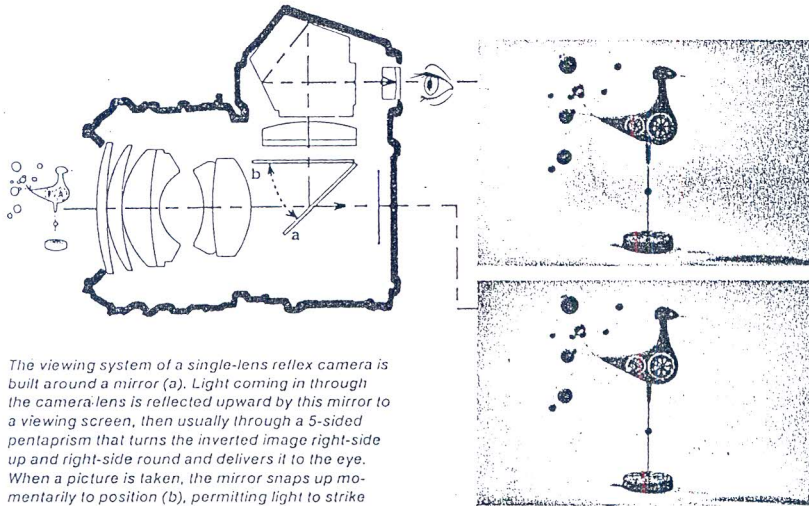
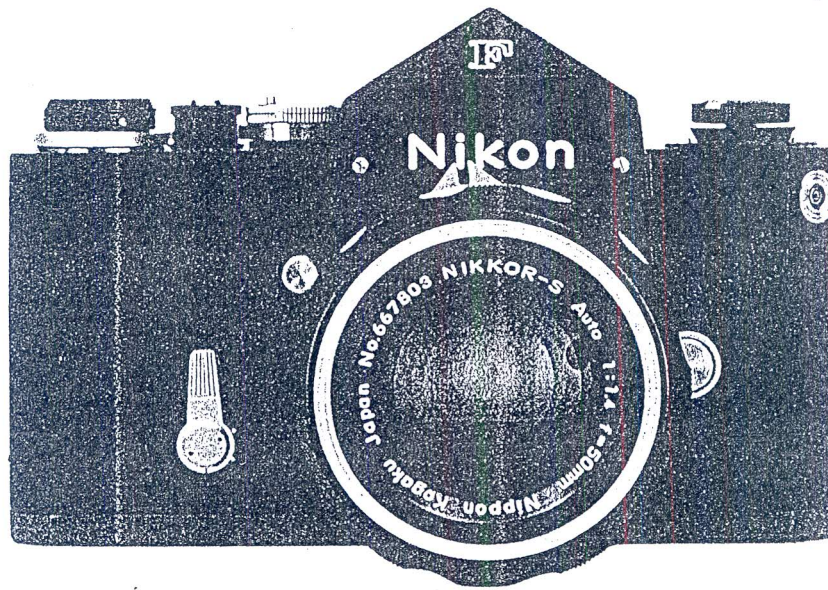


# The Four Major Types of Cameras Viewfinder

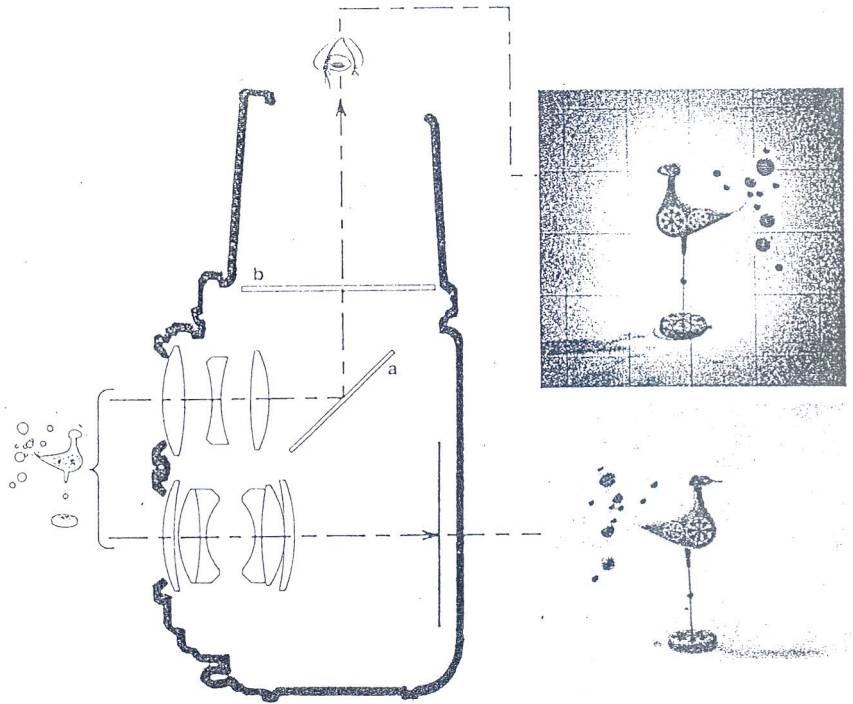


In viewfinder cameras light from the subject goes through the viewfinder to the eye and through another lens to the film (cutaway, center). The difference between these two viewpoints creates parallax error. Even though the viewfinder covers the whole bird (broken lines in diagram at left), the lens does not (solid lines) and the bird's head will be cut off in the picture. Better viewfinder cameras correct for parallax to match the views (above), except for subjects very close to the camera.

## Single-lens Reflex



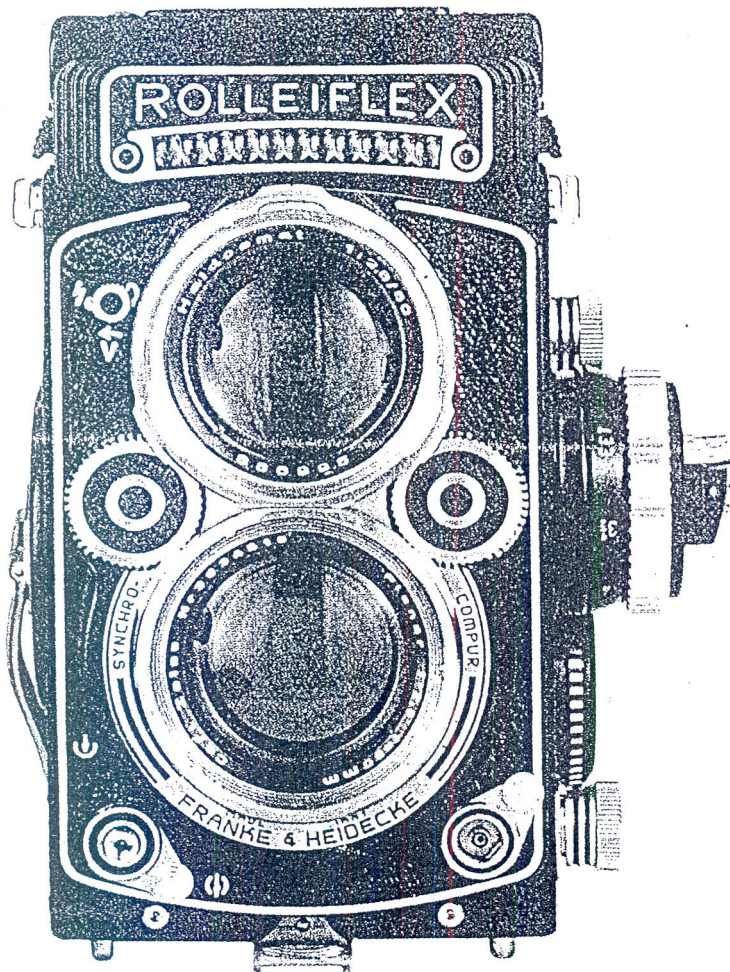
The viewing system of a single-lens reflex camera is built around a mirror (a). Light coming in through the camera-lens is reflected upward by this mirror to a viewing screen, then usually through a 5-sided pentaprism that turns the inverted image right-side up and right-side round and delivers it to the eye. When a picture is taken, the mirror snaps up momentarily to position (b), permitting light to strike the film at the back of the camera. Through-the-lens viewing with pentaprism produces an image virtually identical with that produced on the film (bird pictures at right).



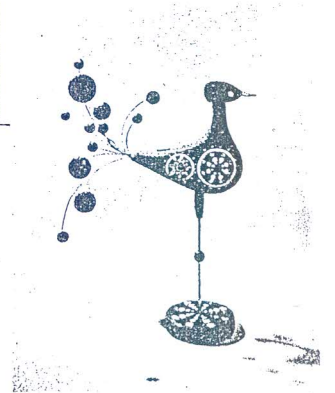
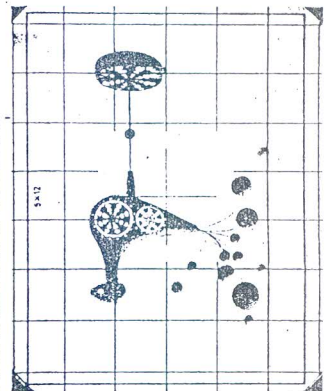
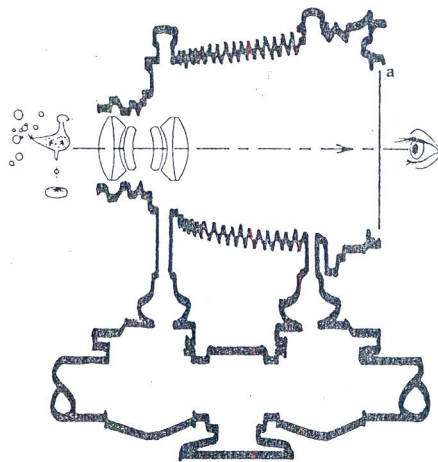
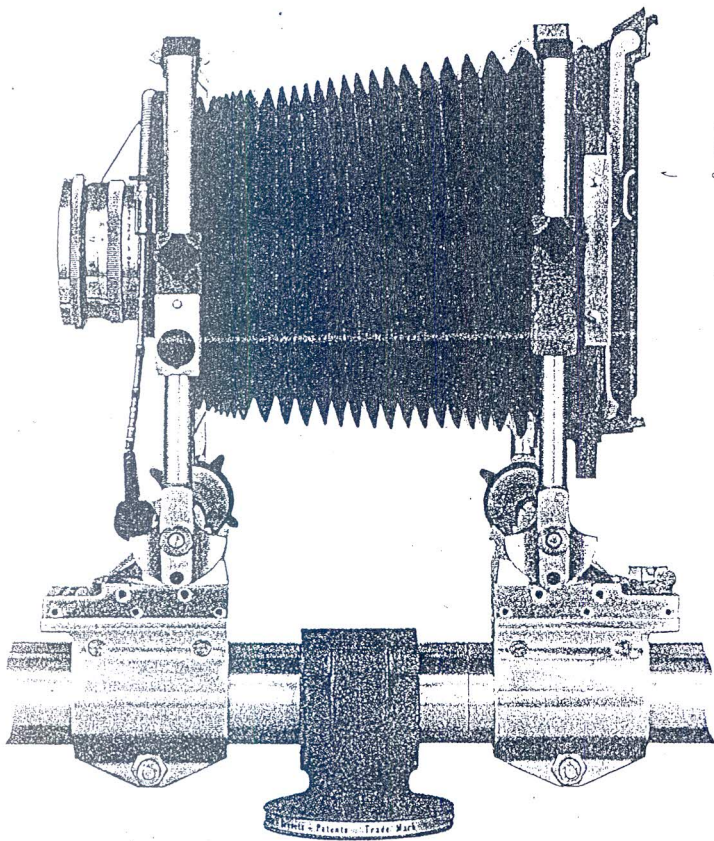
The Four Major Types of Cameras: continued

## Twin-lens Reflex

The twin-lens reflex, like the viewfinder camera, has separate viewing and picture-taking systems. Here they are stacked one over the other. The lower lens conducts light to the film. The upper one, coupled to the lower for focusing, conducts light to a mirror (a) set at a 45° angle, whence it is reflected upward to a viewing screen (b). Like all mirror reflections, the image appears reversed left to right, as shown by the top photo. The top photo also shows a grid of hairlines, etched on the viewing screen to help compose the picture more accurately.

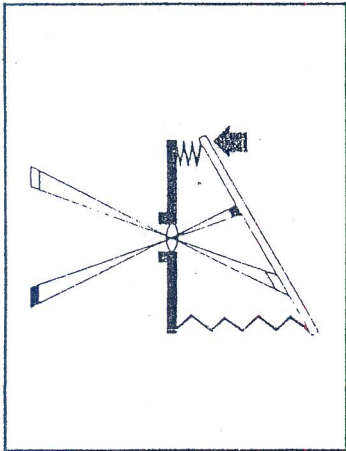


# View Camera

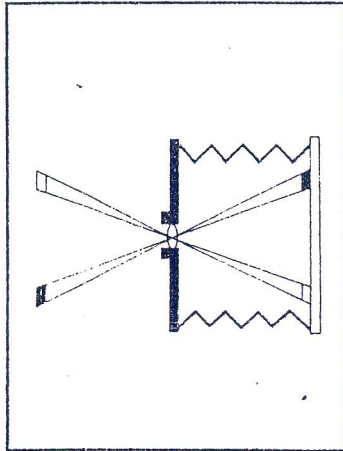


*In the view camera, the light comes directly from the subject, through the lens, and falls on a viewing screen (a) at the back of the camera; since the image that the photographer sees comes directly from the lens, it is reversed and upside down, as the upper of the 2 bird photos shows. Otherwise it is identical to what will appear on the film (lower photo). As an aid in composing pictures, the viewing screen of this camera is etched with a square grid of hairlines.*

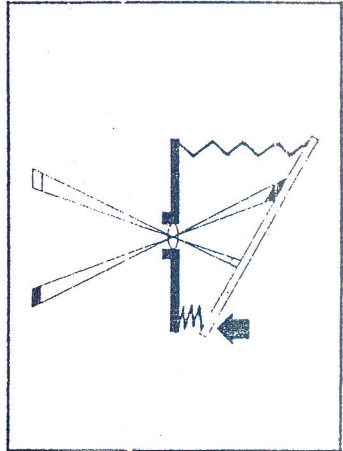
στροφή τής πλάτης προς τ' άριστερά



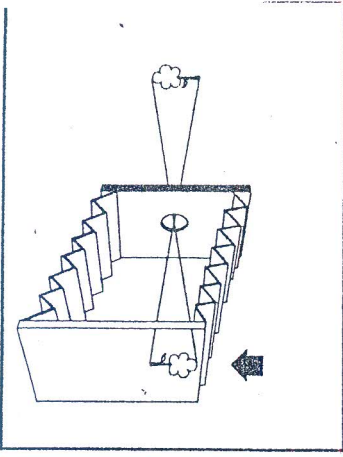
βασική ρύθμιση. (Κάτωψη)



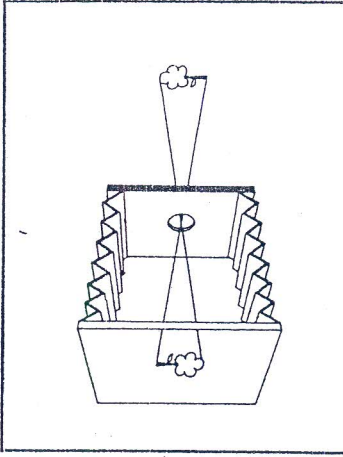
στροφή τής πλάτης προς τ' δεξιά



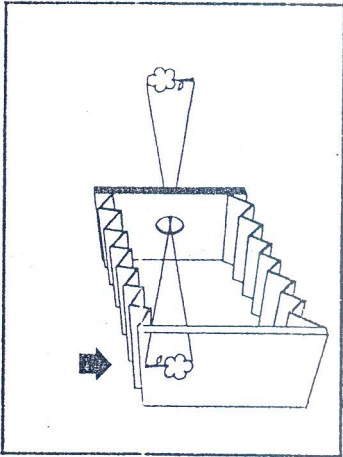
μετακίνηση τής πλάτης προς τ' άπάνω ή του φακού προς τ' κάτω



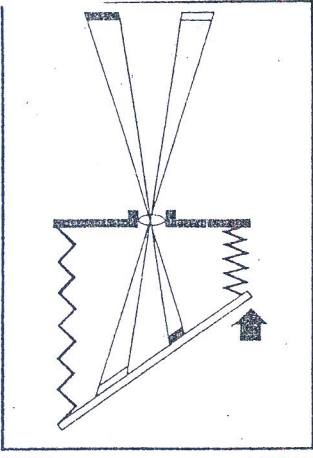
βασική ρύθμιση.



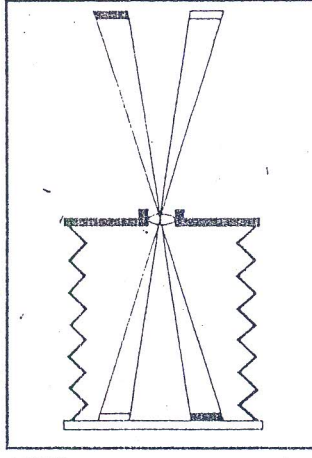
μετακίνηση τής πλάτης προς τ' κάτω ή του φακού προς τ' άπάνω



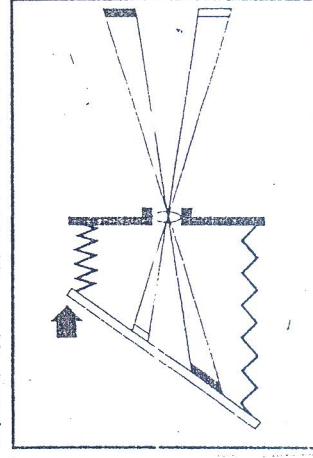
στροφή τής πλάτης προς τ' πίσω



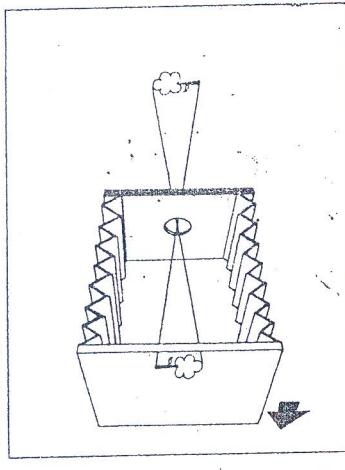
βασική ρύθμιση



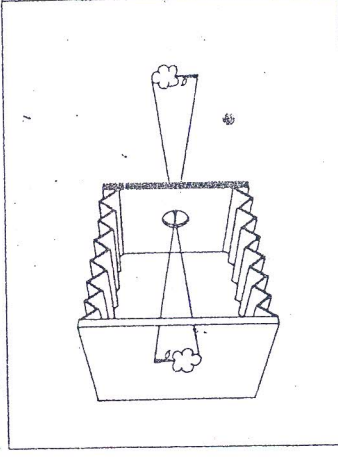
στροφή τής πλάτης προς τ' έμπρός



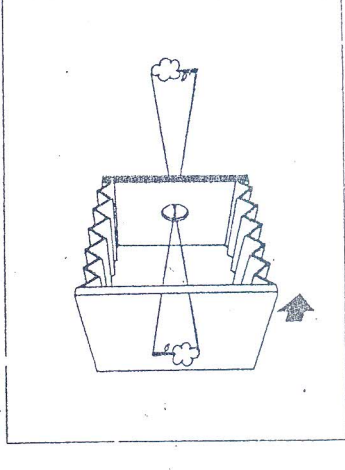
μετακίνηση τής πλάτης προς τ' άριστερά ή του φακού προς τ' δεξιά

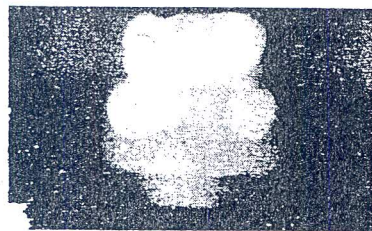
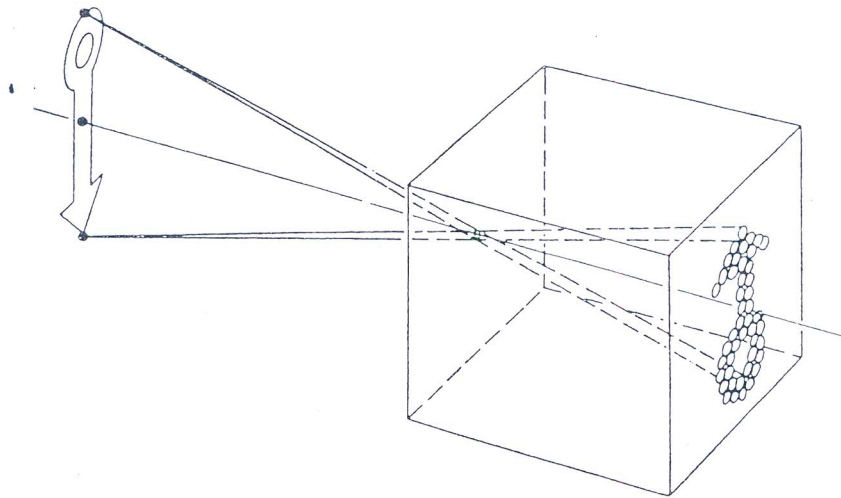


βασική ρύθμιση

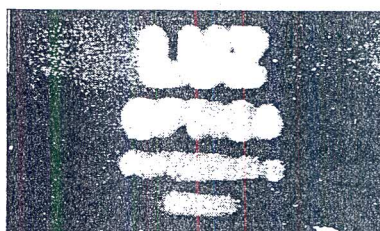


μετακίνηση τής πλάτης προς τ' δεξιά ή του φακού προς τ' άριστερά

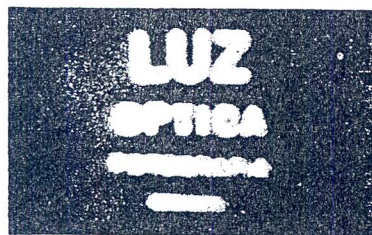




2 mm



1 mm



0.6mm



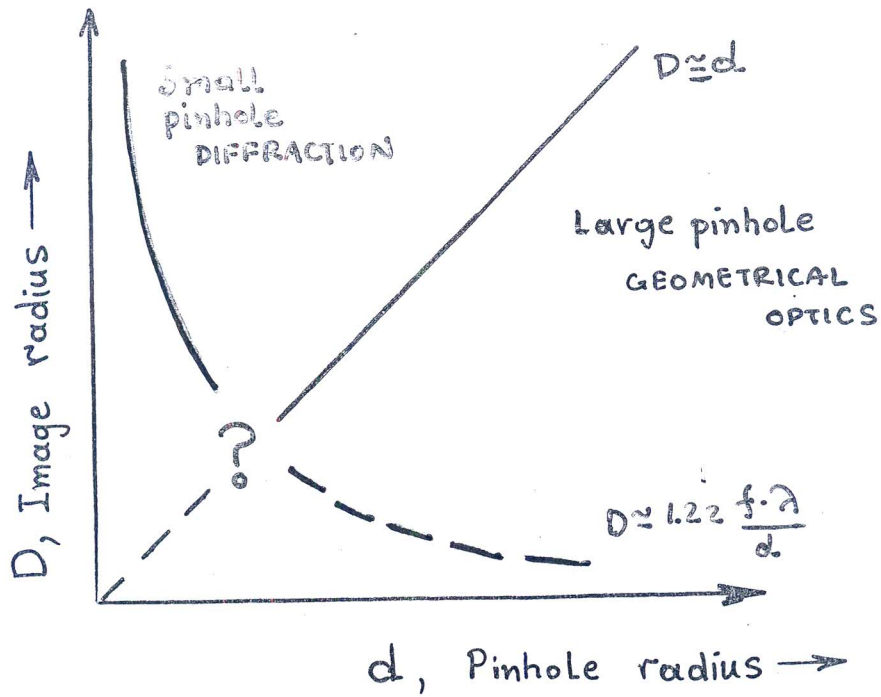
0.35 mm



0.15 mm



0.07 mm

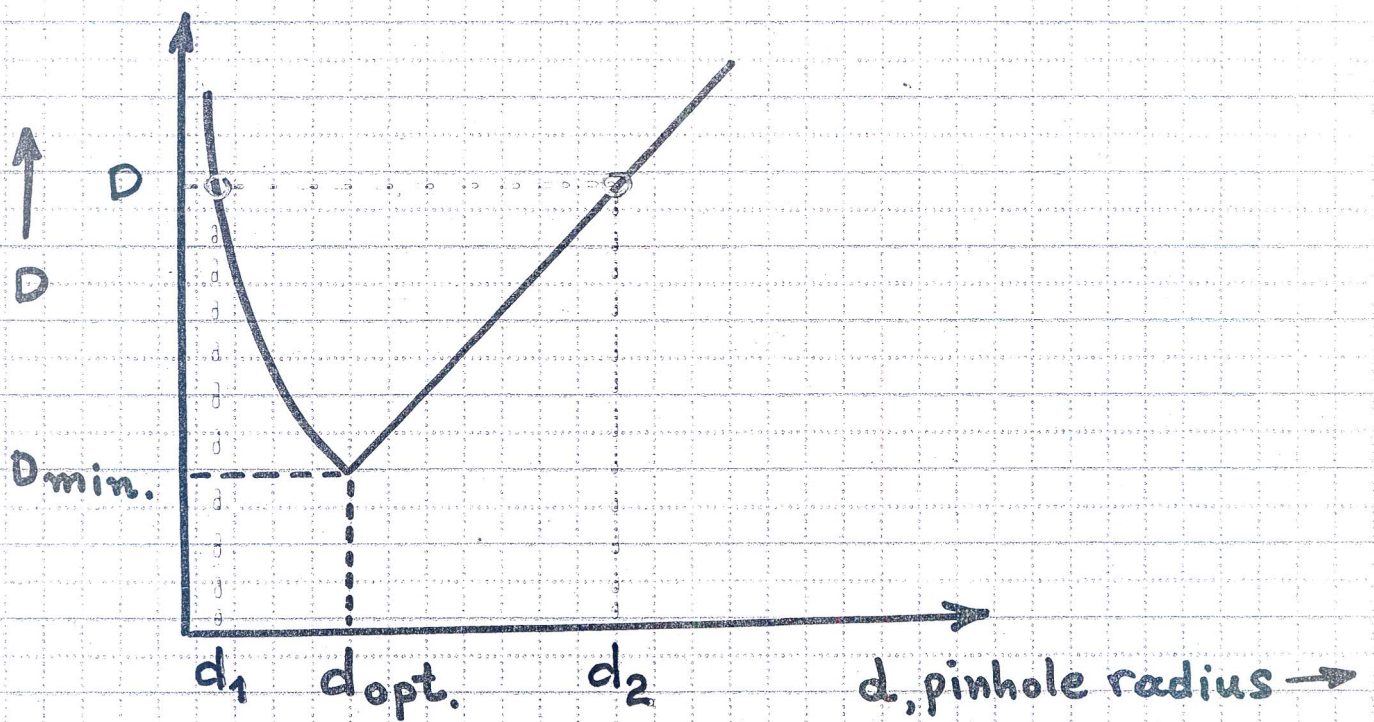


"Σημείο Τολμής" ισοχέραι :

$$1,22 \frac{f \cdot \lambda}{d_{opt.}} = d_{opt.} \Rightarrow d_{opt.}^2 = 1,22 f \cdot \lambda$$

και ΤΕΛΙΚΑ :

$$d_{opt.} = \sqrt{1,22 f \cdot \lambda}$$



für  $d_1 = 0,07 \text{ mm}$   $\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 550 \text{ nm} \\ f = 21 \text{ cm} \end{array} \right\}$

$D = 2 \text{ mm}$

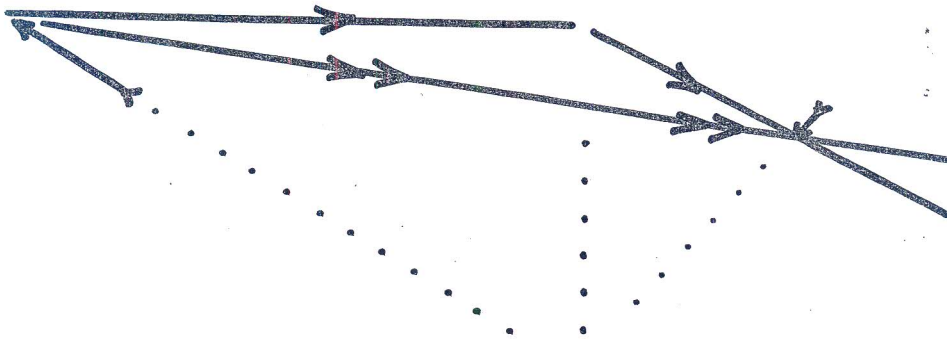
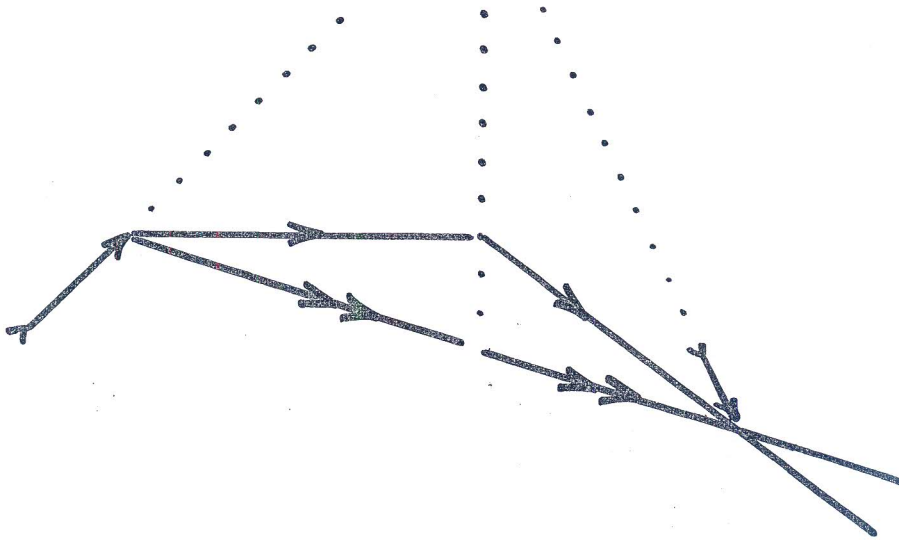
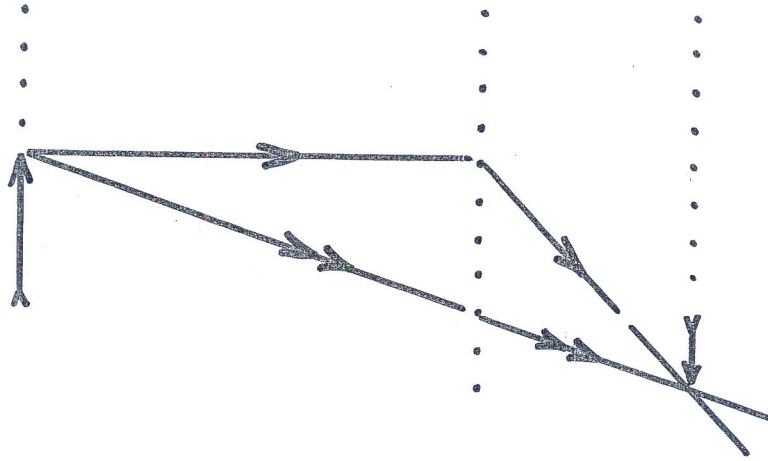
für  $d_2 = 2 \text{ mm}$

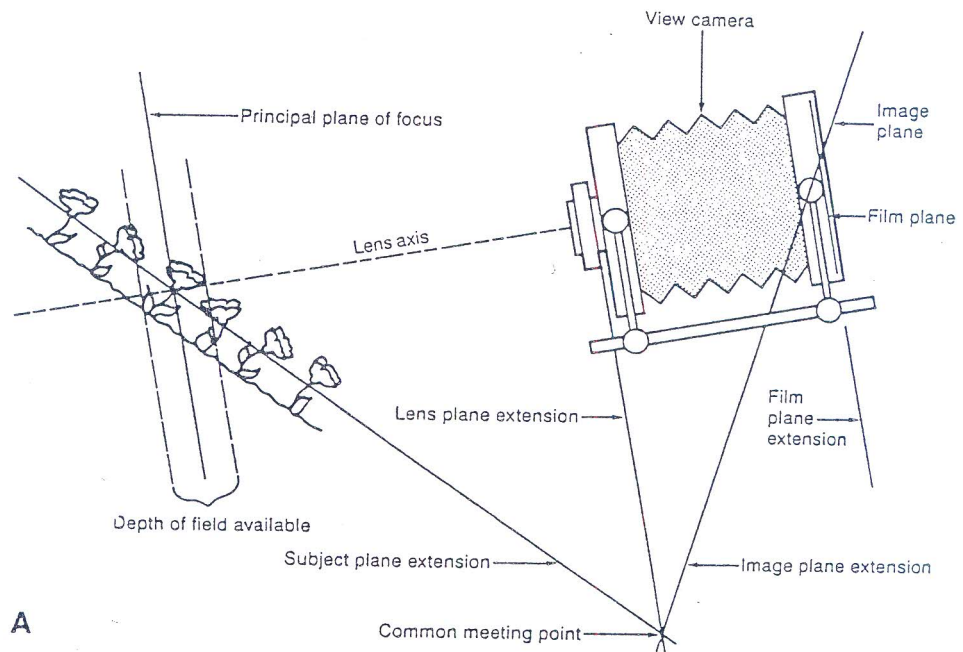
Es ist  $d_{\text{opt.}} = \left( 1,22 \times 21 \times 10^{-2} \times 550 \times 10^{-9} \right)^{1/2} \approx 0,38 \text{ mm}$



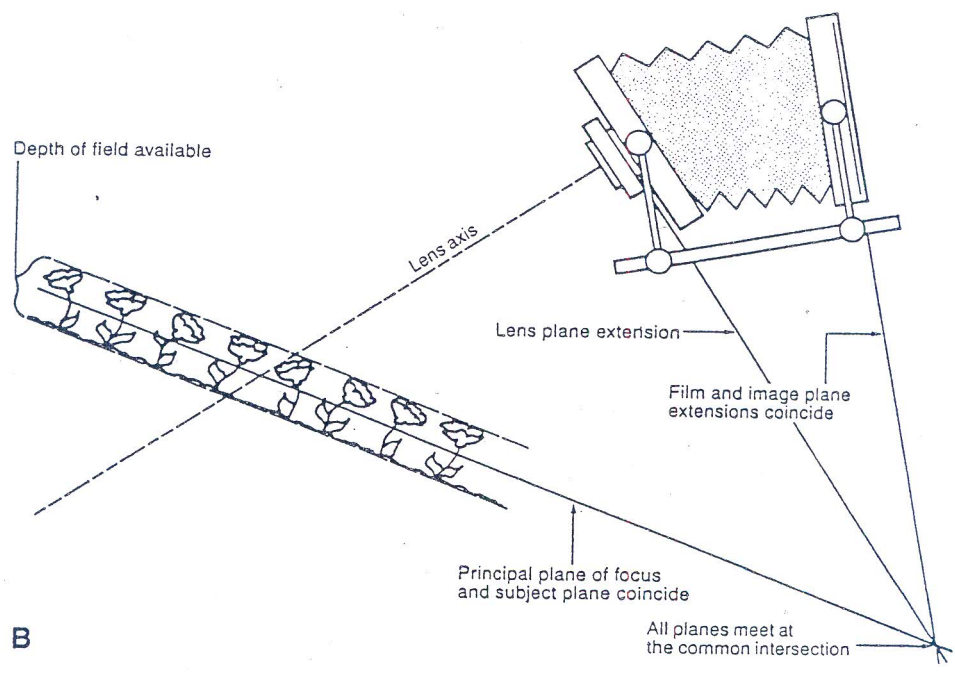
APXH

SCHEIMFLUG





A



B

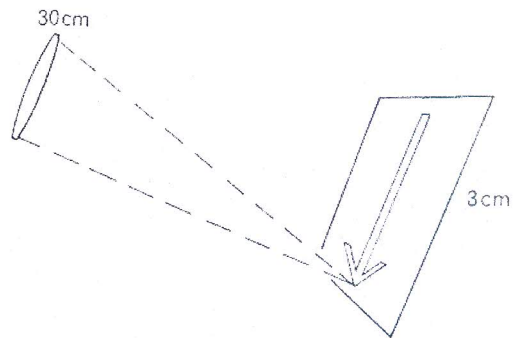
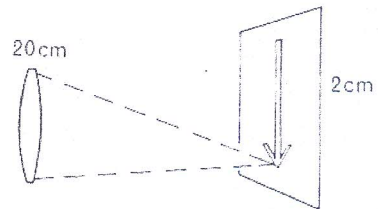
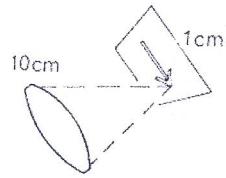
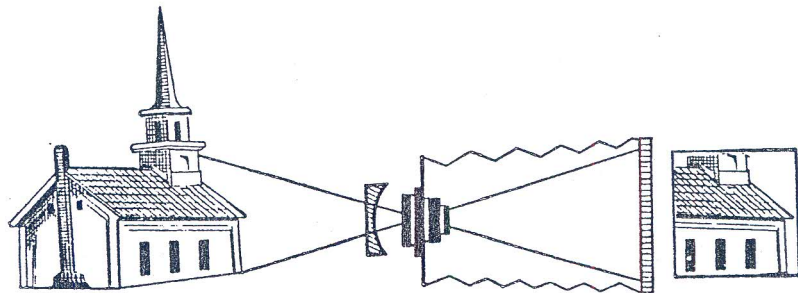
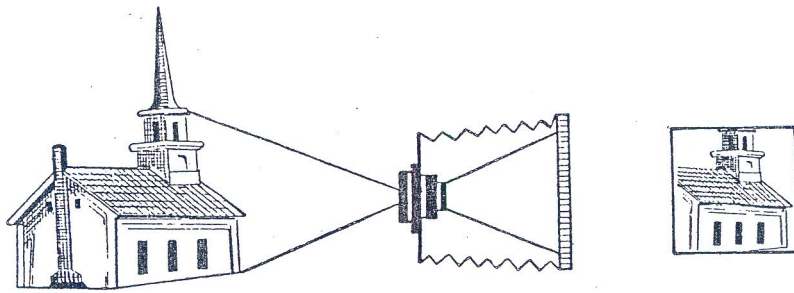
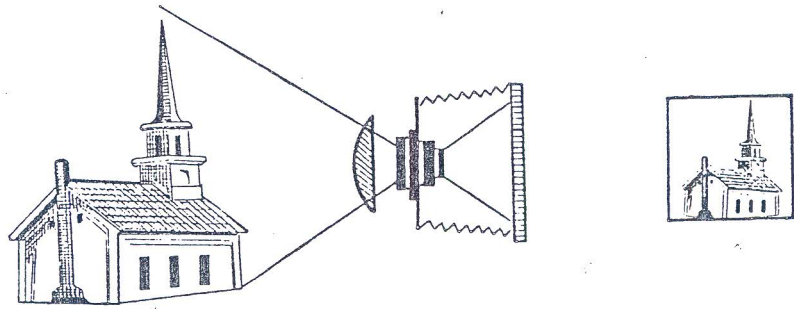


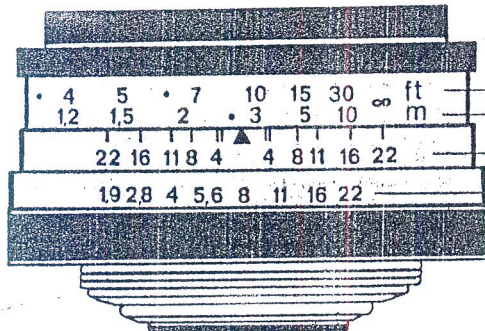
Image size. For a distant subject, image size is proportional to focal length.



## Χαρακτηριστικά των Φακών

Τά χαρακτηριστικά μεγέθη ενός φακού είναι ή έστιακή του απόσταση, τό μεγαλύτερο σχετικό άνοιγμα, ό τύπος ή τό όνομά του, τό έργοστάσιο κατασκευής και ό άριθμός του.

- Έργοστάσιο - Πόλη.
- Έστιακή απόσταση.
- Φωτεινότητα.
- Όνομα φακού.
- Άριθ. Σειράς.



- Κλίμακα έστίασης (πόδια)
- Κλίμακα έστίασης (μέτρα)
- Βάθος πεδίου
- Διάφραγμα

Οι εύρωπαϊκοί φακοί σημειώνονται συνήθως ως εξής:

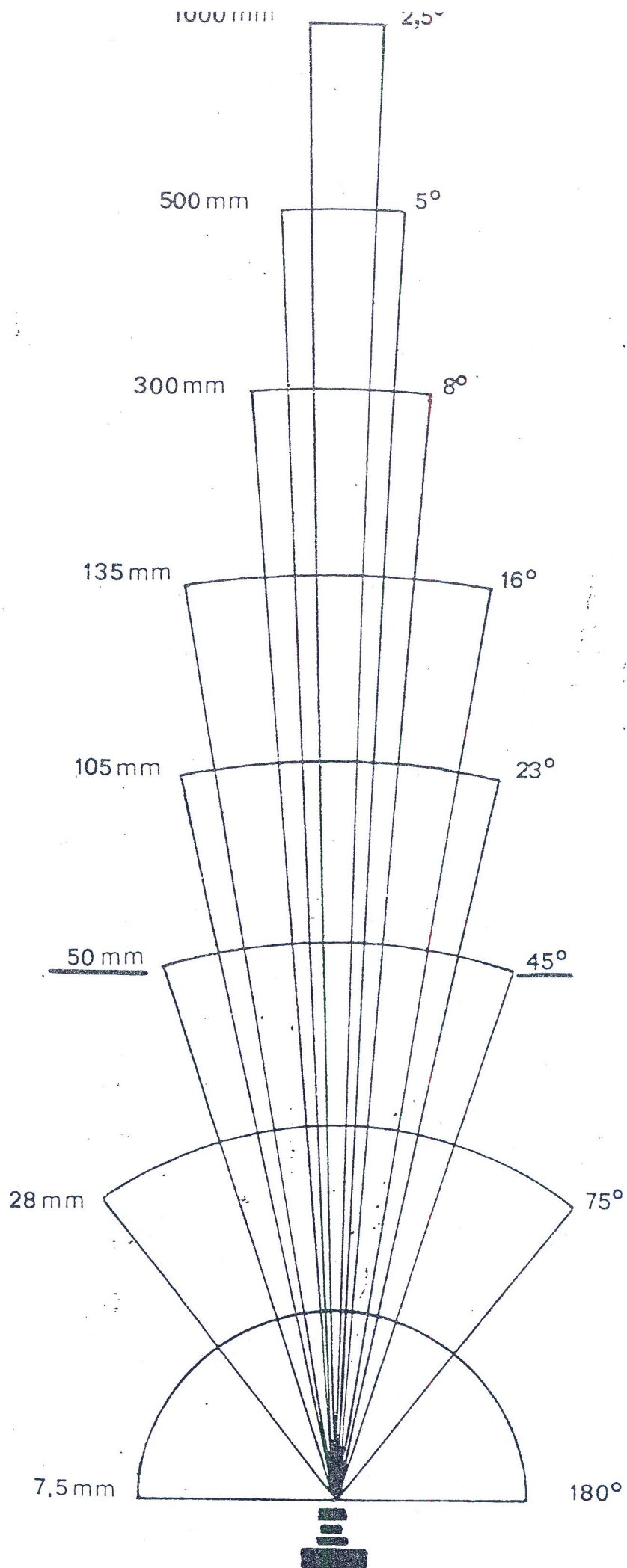
<b>Schneider — Kreuznach</b>	<b>Xenar</b>	<b>1:4,5/240</b>	<b>123456</b>
Έργοστάσιο - Πόλη	Τύπος	Άνοιγμα Έστιακή Απόσταση	Άριθ. Σειράς

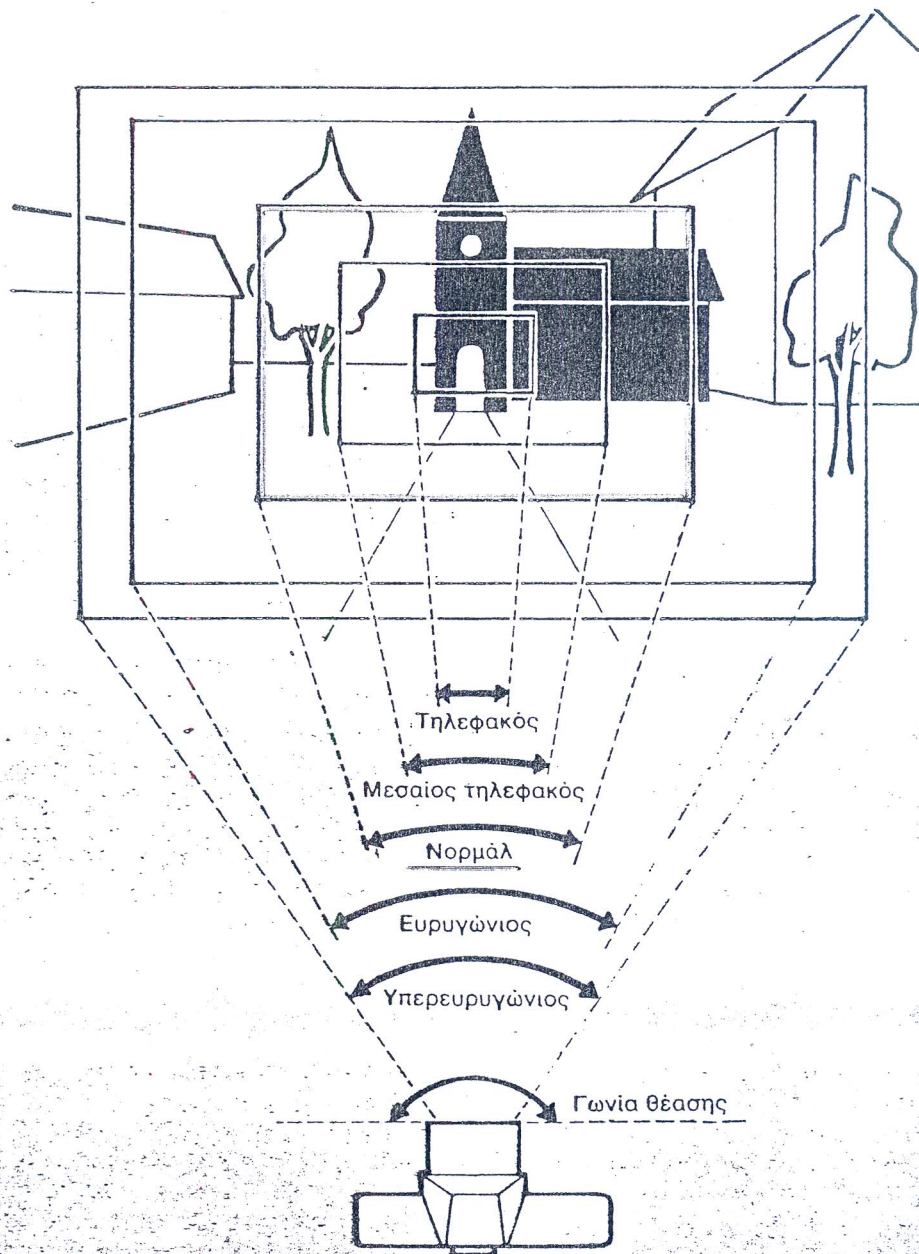
Οι Άμερικανικοί και Γιαπωνέζικοι φακοί γράφονται συνήθως:

<b>NIKKOR</b>	<b>50mm</b>	<b>1:1,4</b>	<b>379112</b>
Τύπος	Έστιακή Απόσταση	Άνοιγμα	Άριθ. Σειράς

ή ακόμη:

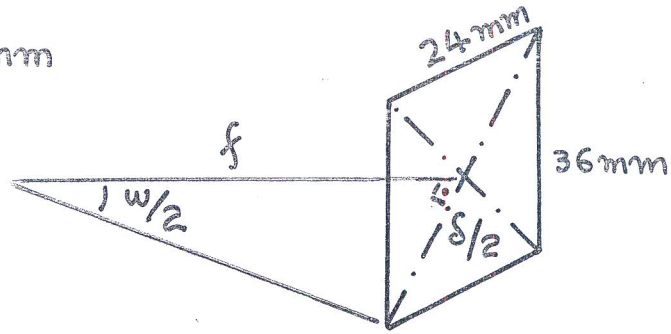
<b>Vivitar</b>	<b>24mm</b>	<b>1:2,8</b>	<b>WIDE-ANGLE</b>	<b>No 3706</b>	<b>Ø 58mm</b>
Έργοστάσιο	Έστιακή Απόσταση	Άνοιγμα	Τύπος	Άριθ. Σειράς	Διάμετρος Φίλτρων





Οι εναλλακτικοί φακοί επιτρέπουν την επιλογή της περιοχής της εικόνας από το επιλεγμένο σημείο λήψης

FILM : 24 x 36 mm

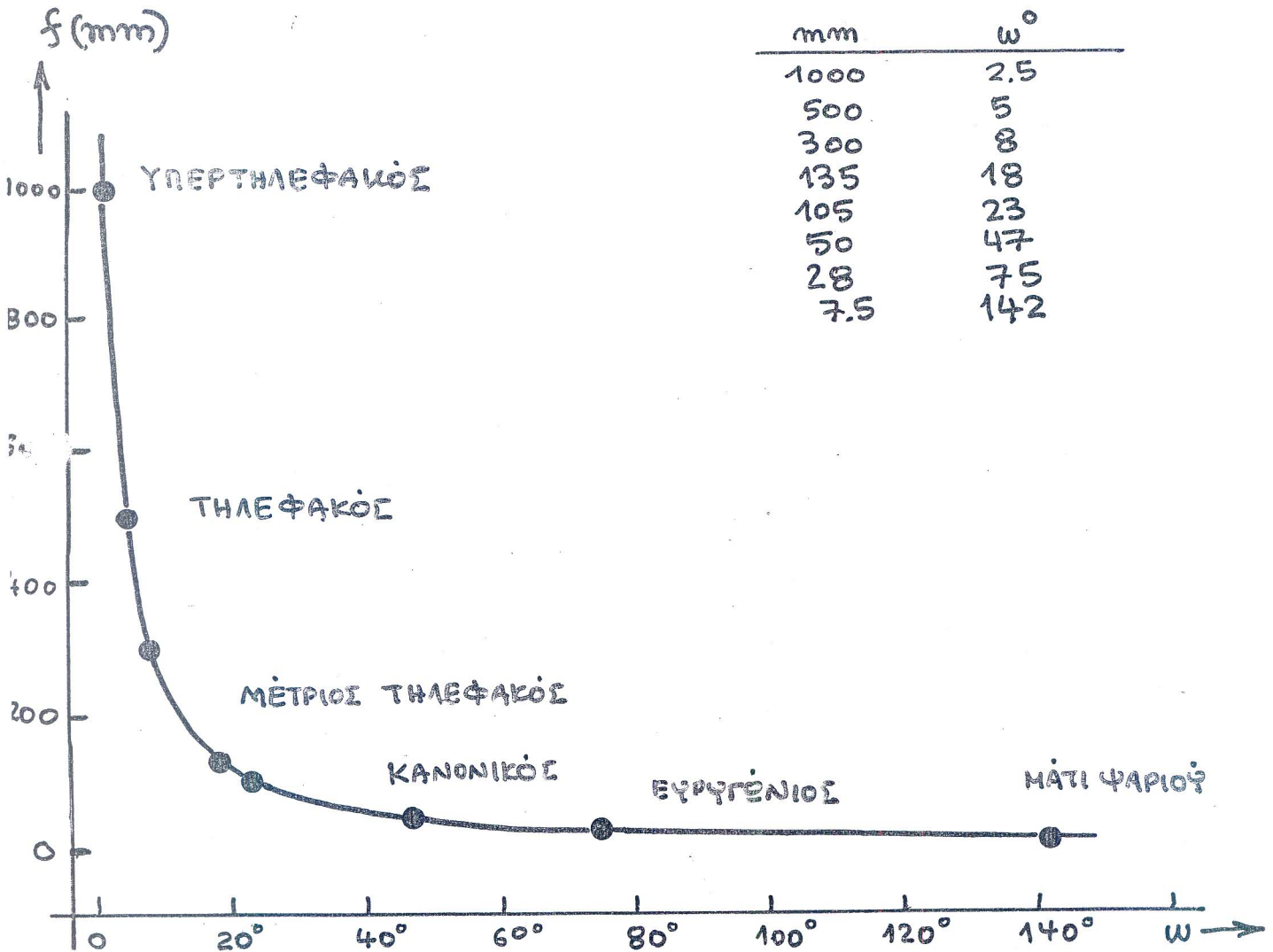


$$\delta^2 = (24)^2 + (36)^2 = 1872 \rightsquigarrow 43.3 \text{ mm} = \delta$$

$$\epsilon \phi \frac{\omega}{2} = \frac{\delta/2}{f} = \dots = \frac{21.63}{f}$$

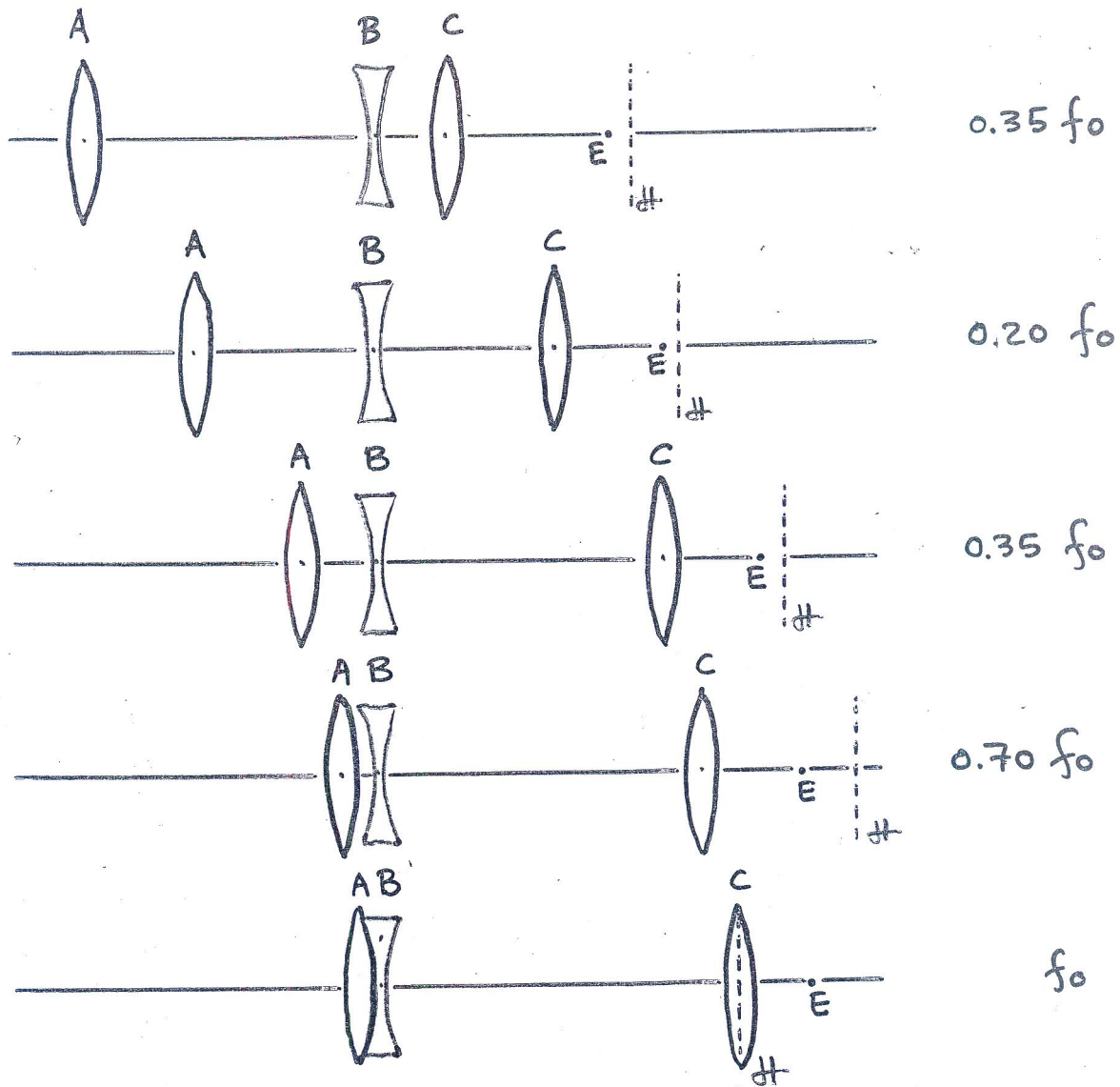
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

mm	$\omega^\circ$
1000	2.5
500	5
300	8
135	18
105	23
50	47
28	75
7.5	142





# ZOOM LENSES



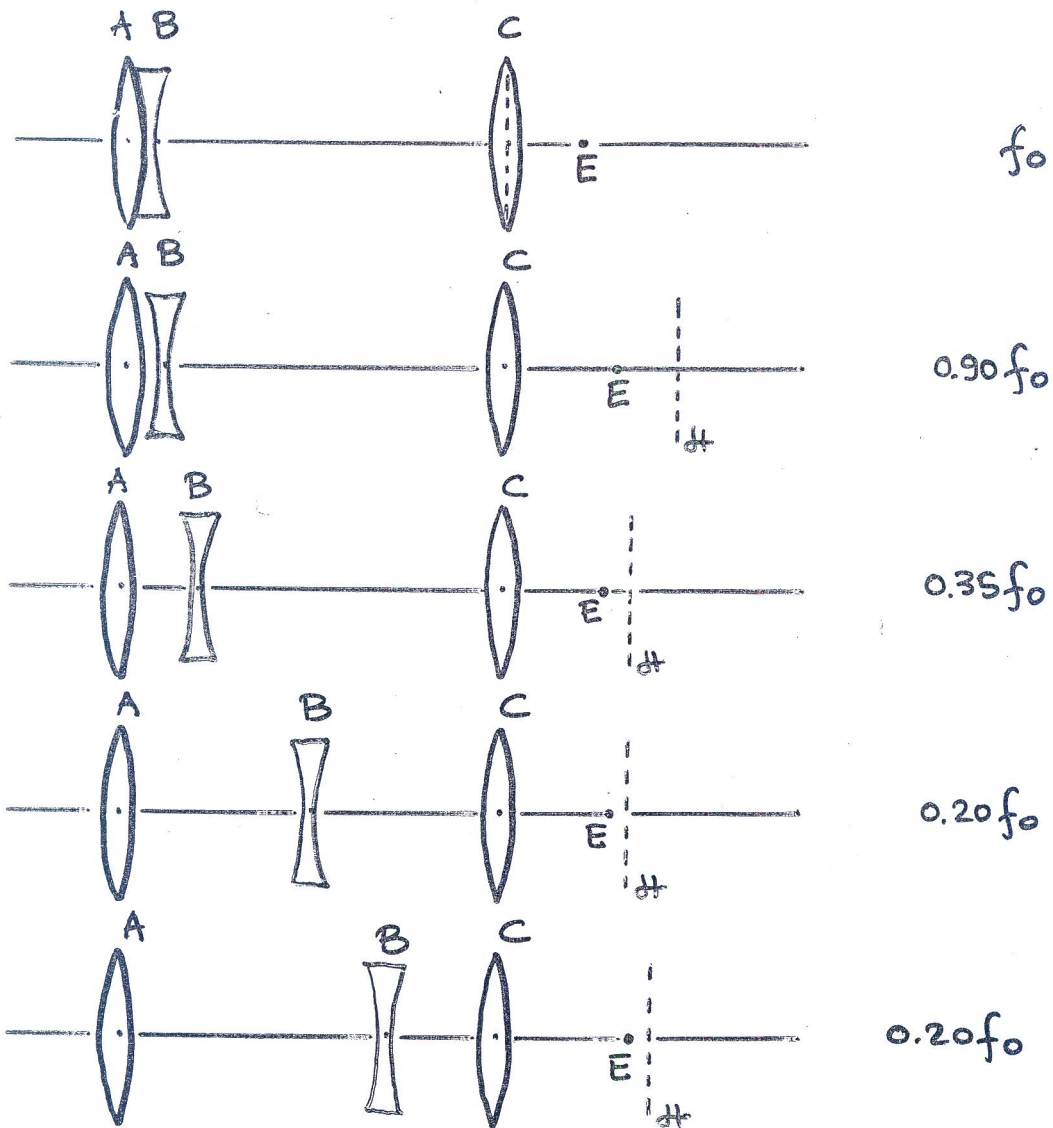
Optical Compensation.

$$f_A = f_C = -f_B = f_0$$

απόσταση μεταξύ A-C:  $5f_0$  σταθερά.

Ο φακός B σταθερός.

# ZOOM LENSES

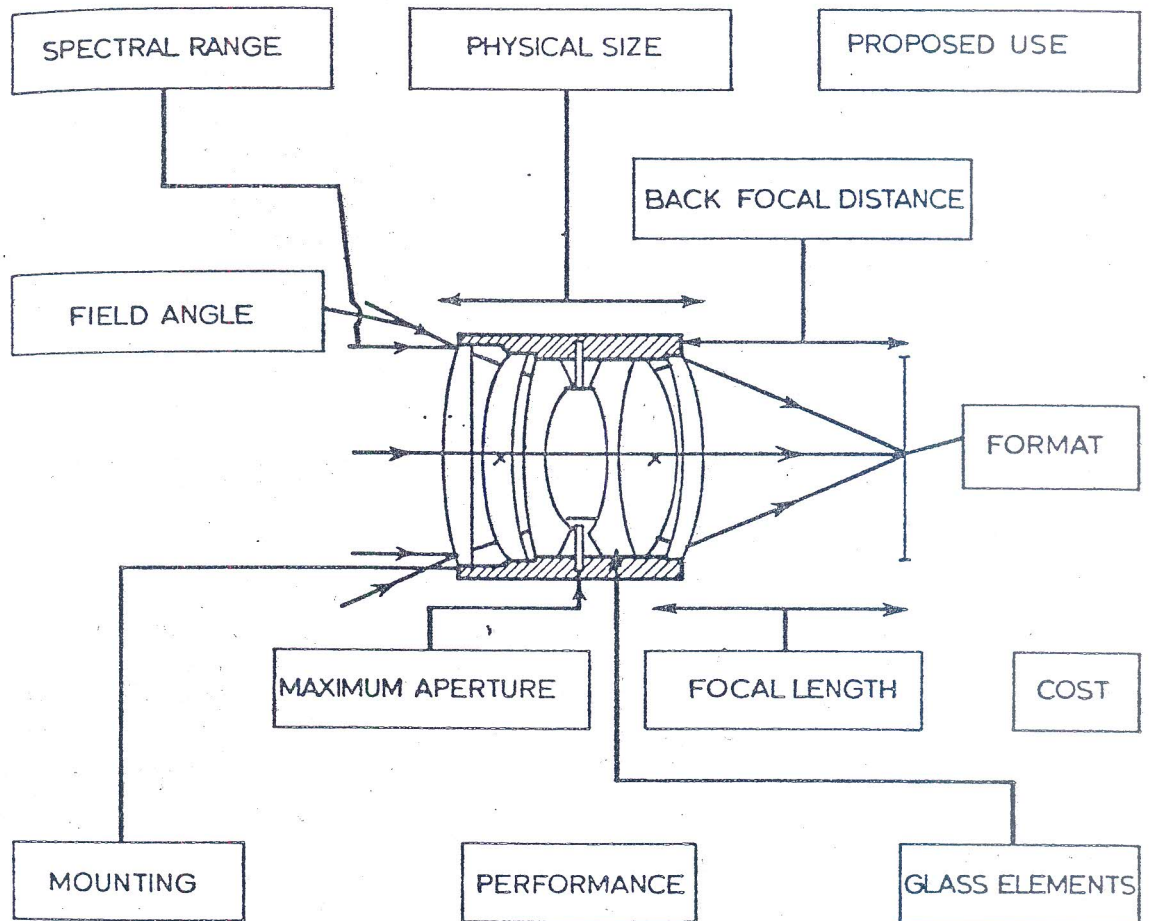


Mechanical Compensation

$$f_A = f_C = -f_B = f_0$$

Ο φακός C σταθερός, οι φακοί A, B μεταβάλλουν  
τη θέση τους.

## THE LENS DESIGNER'S FUNCTIONS

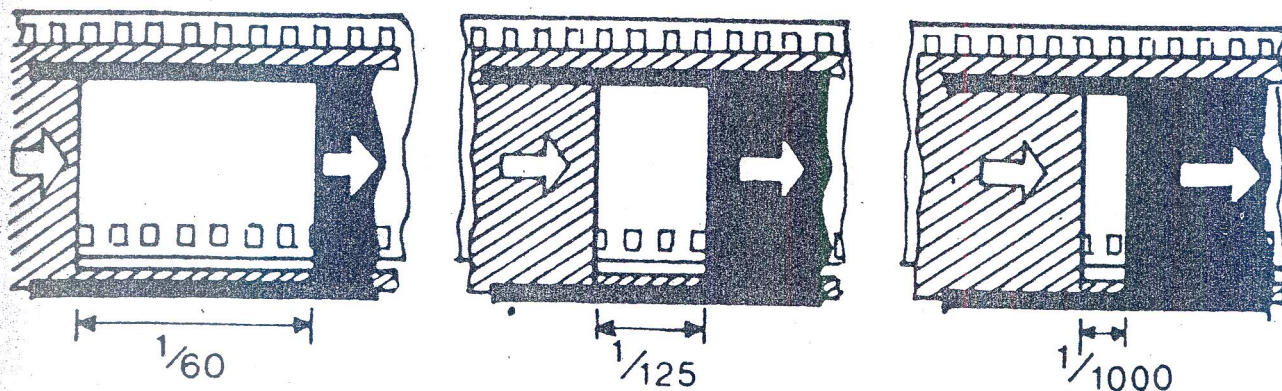
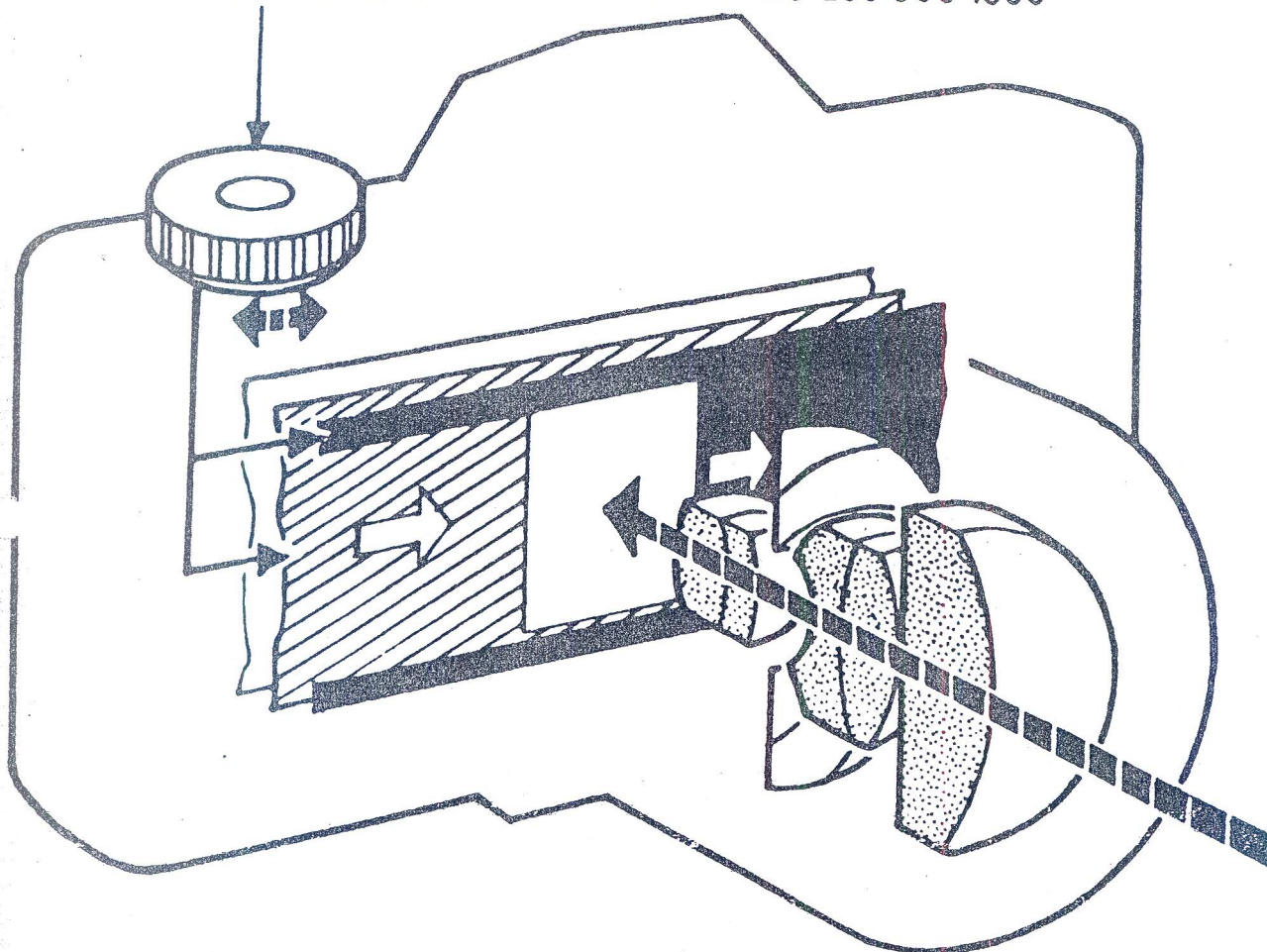


### Design parameters.

The design specification for a lens must be given in terms of a number of parameters as below. Within each are a number of classifications that are possible or a number of queries that must be answered to enable design to proceed.

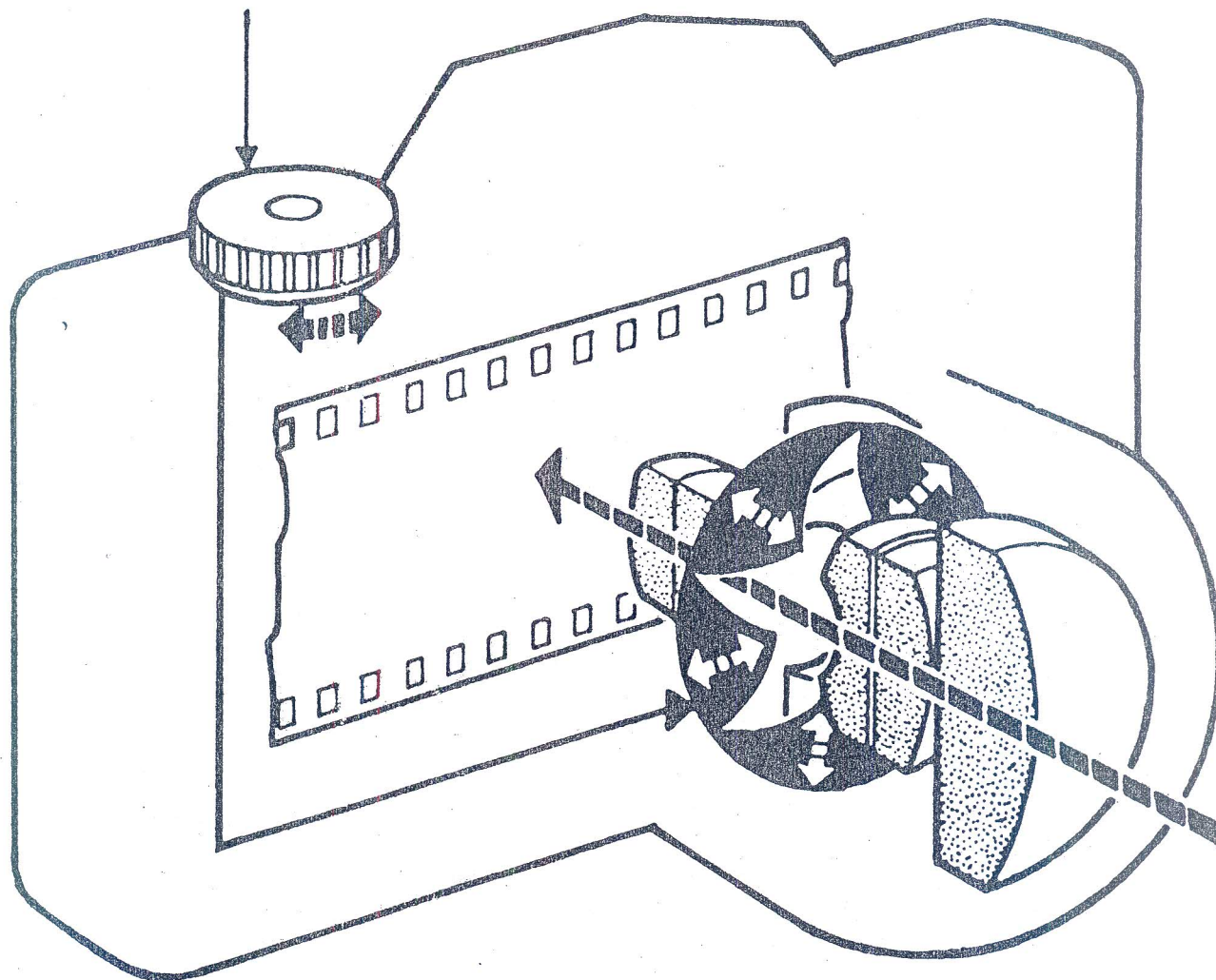
- *Spectral range.* Visible light use only?  
Achromatic, apochromatic, superachromatic or other form of correction?
- *Physical size.* Not important or small commensurate with performance. Mirror optics or telephoto design needed?
- *Proposed use.* Camera lens. Projection lens. Printing lens. Other use.
- *Field angle.* Standard. Wide angle. Long focus. Variable.
- *Back focal distance.* Conventional? Telephoto or retrofocus design?
- *Format.* Photographic, cine, television or other.
- *Maximum aperture.* Required value. Transmittance. Fixed or variable aperture value. Aperture range.
- *Focal length.* Fixed value and tolerance. Variable.
- *Cost.* Series production. Special order only. One-off.
- *Mounting.* Camera fittings. Focusing range. Weight.
- *Performance.* A design or type improvement? Necessary aberration correction. To rigid requirements. Best possible considering economics.
- *Glass elements.* Number needed. Glass types used. Mounting problems. Floating elements. Single- or multi-layer coatings.

Ταχύτητες φωτοφράχτη 1 2 4 8 15 30 60 125 250 500 1000



Ο φωτοφράχτης εστιακού επιπέδου. Όταν τίθεται σε λειτουργία, το πρώτο έλασμα αρχίζει να κινείται. Όταν το άνοιγμα είναι το σωστό πλάτος για τον επιλεγμένο χρόνο έκθεσης, το δεύτερο έλασμα ακολουθεί με την ίδια ταχύτητα, έτσι ώστε το φιλμ να εκτεθεί για το σωστό χρόνο. Το πλάτος της σχισμής είναι διαφορετικό για κάθε ταχύτητα φωτοφράχτη

Ταχύτητες φωτοφράχτη 1 2 4 8 15 30 60 125 250 500



Ο διαφραγματικός φωτοφράχτης. Όταν τίθεται σε λειτουργία τα ε/σματα κινούνται ακτινωτά προς τα έξω και έπειτα επιστρέφουν, αφήνοντας φως να περάσει για τον προκαθορισμένο χρόνο.

$$f\text{-number ή ταχύτητα φακού} \equiv f/\# \equiv \frac{f}{D}$$

όπου  $f$ : εστιακή απόσταση και  $D$ : διάμετρος φακού.

π.χ.  $f\text{-number} = 2 \rightsquigarrow \frac{f}{D} = 2$  δηλ.  $D = \frac{f}{2}$

$$\frac{\text{ΕΝΕΡΓΕΙΑ}}{\text{ΕΜΒΑΔΟΝ} \cdot \text{ΧΡΟΝΟ}} \propto \frac{\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΑΚΟΥ}}{\text{ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ}} \propto \frac{D^2}{f^2} = \left(\frac{D}{f}\right)^2 = \left(\frac{1}{f/\#}\right)^2$$

### ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΦΙΛΜ

$f/\# \equiv \frac{f}{D}$	$\left[\frac{f}{D}\right]^2$	ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ
1	1	$E_0$
1.4	2	$E_0/2$
2	4	$E_0/4$
2.8	8	$E_0/8$
4	16	$E_0/16$
5.6	32	$E_0/32$
8	64	$E_0/64$
11	128	$E_0/128$
16	256	$E_0/256$
22	512	$E_0/512$

↑  
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΡΟΣΔΟΣΙ

ΜΕ ΛΟΓΟ:  $\sqrt{2}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΝ

SPEED - APERTURE

$$\frac{1}{50} \text{ s} \times f/8 \rightarrow$$

$$\frac{E_0}{64} \times \frac{1}{50} = \frac{E_0}{3200}$$

$$\frac{1}{100} \text{ s} \times f/6.6 \rightarrow$$

$$\frac{E_0}{32} \times \frac{1}{100} = \frac{E_0}{3200}$$

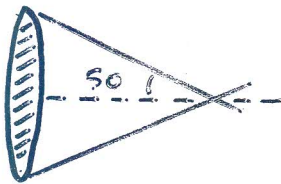
} ΙΔΙΑ  
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ.

ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ : 11

ZENITH

(f=50mm)

$$D = \frac{f}{11} = \frac{50}{11} = 4.54 \text{ mm}$$



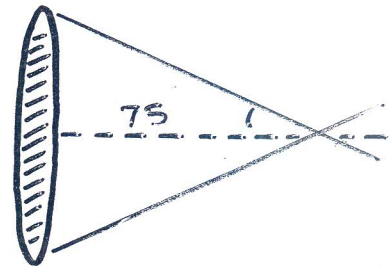
$$\tan \vartheta = \frac{2.27}{50} = 0.0454$$

$$\rightarrow \vartheta \approx 2.6^\circ$$

LUBITEL

(f'=75mm)

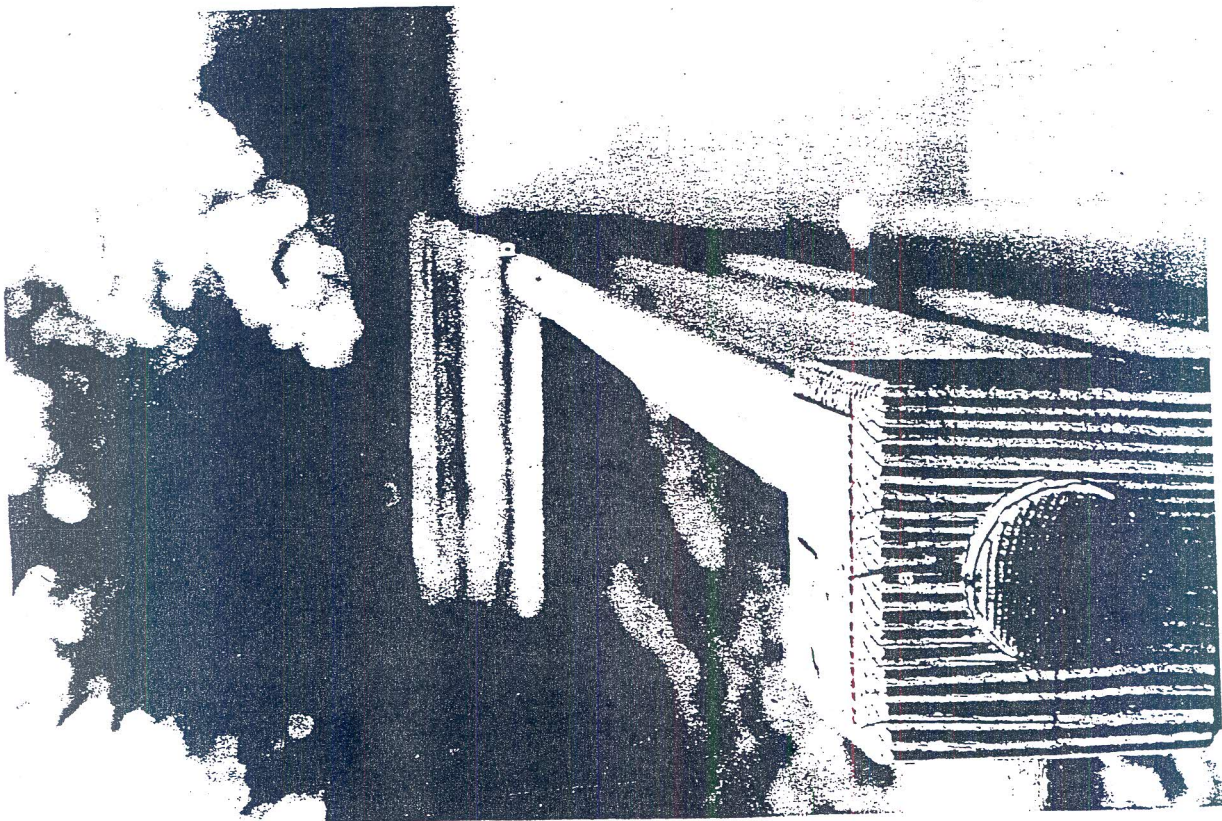
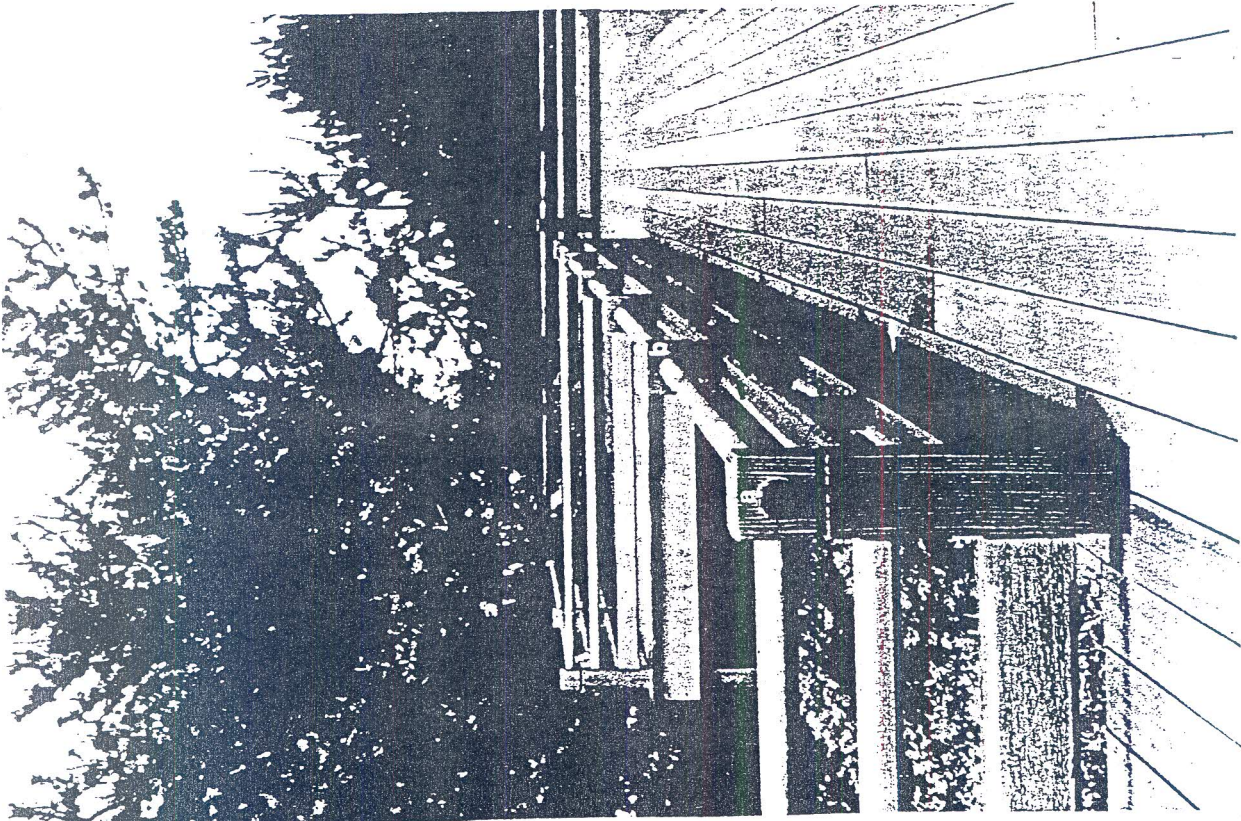
$$D' = \frac{f'}{11} = \frac{75}{11} = 6.82 \text{ mm}$$



$$\tan \vartheta' = \frac{3.41}{75} = 0.0455$$

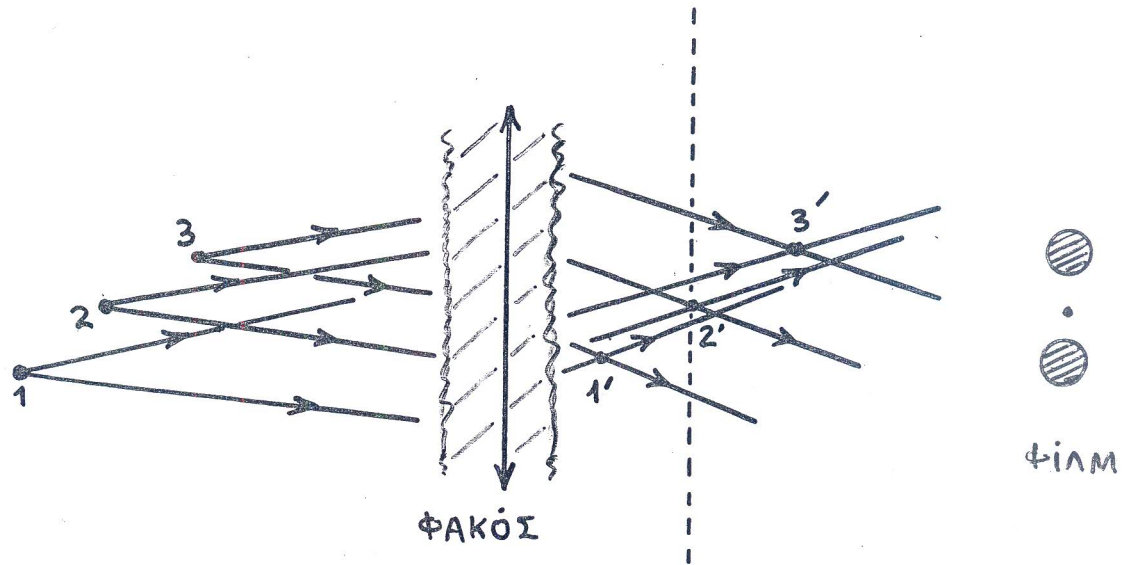
$$\rightarrow \vartheta' \approx 2.6^\circ$$

ΙΣΟΤΗΤΑ !



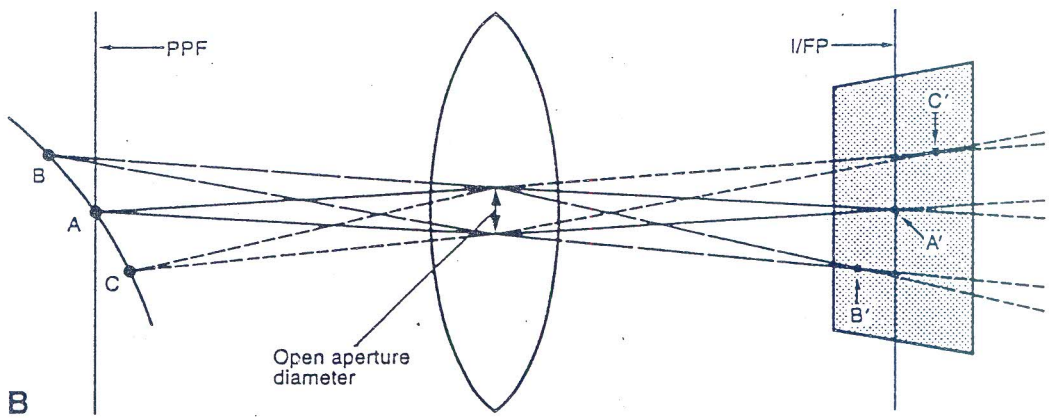
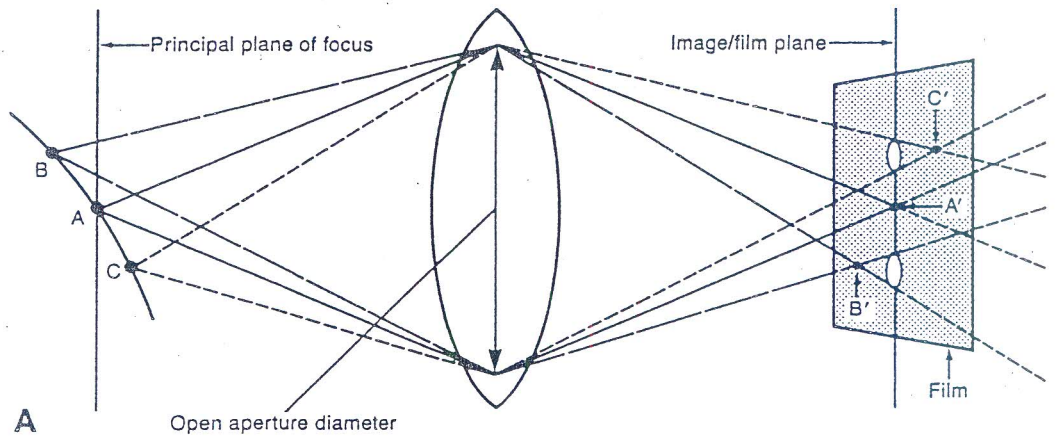


## ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ

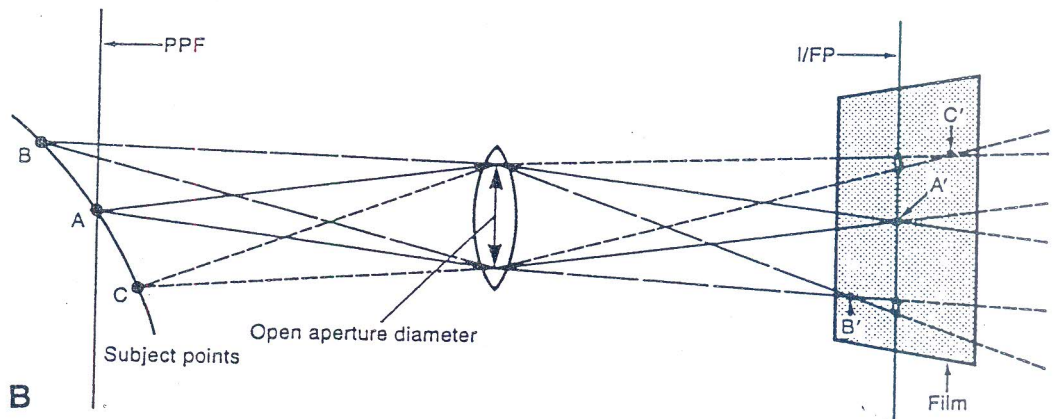
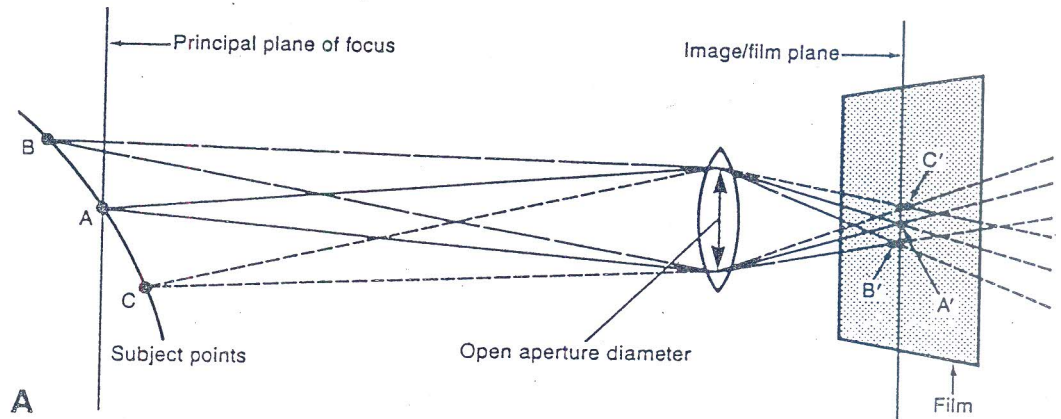


Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΛΩ ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΑ ΟΝΟΜΑΖΕΤΑΙ ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ

ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΡΜΗΝΕΥΤΕΙ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΩΝ ΣΥΓΧΥΣΗΣ

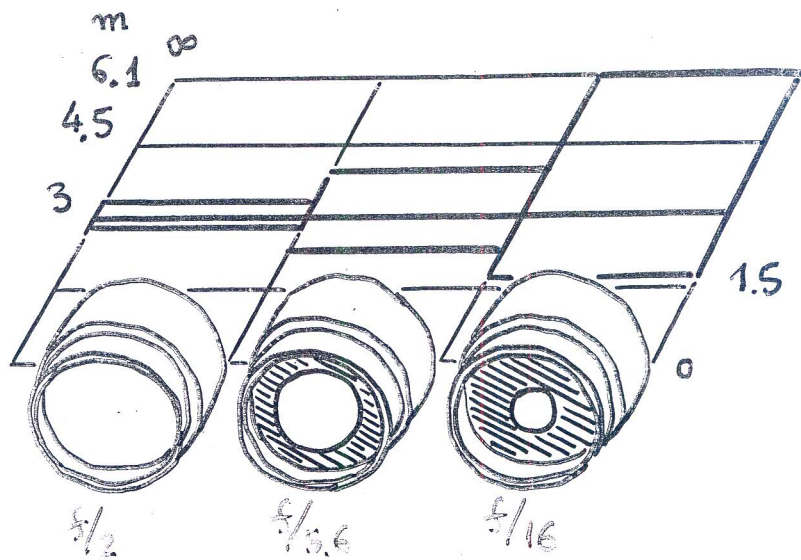


THE EFFECT OF LENS APERTURE SIZE ON DEPTH OF FIELD



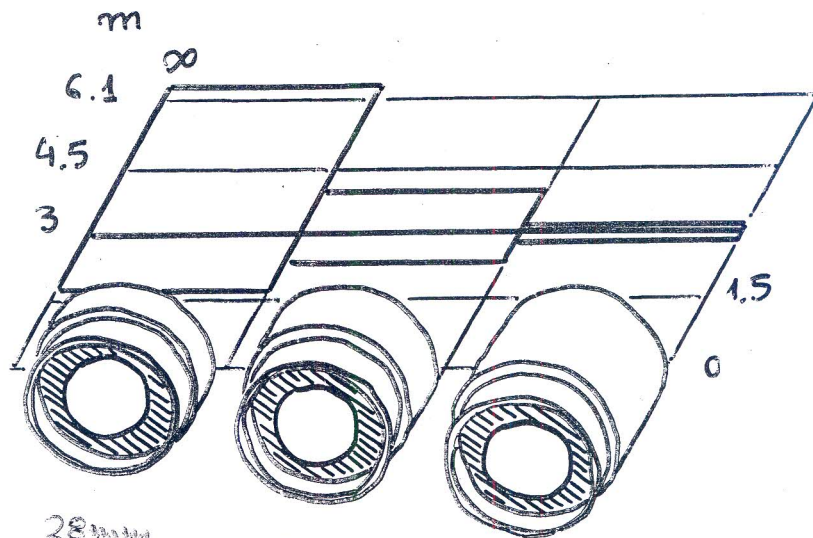
THE EFFECT OF IMAGE MAGNIFICATION ON DEPTH OF FIELD

ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ



ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ :

2.4 έως 4 m



ΕΣΤΙΑΚΗ

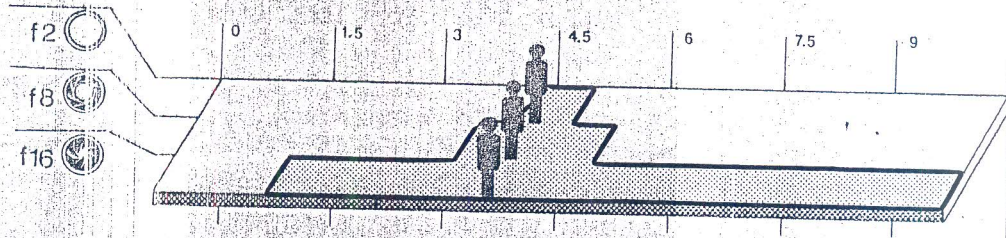
ΑΠΟΣΤΑΣΗ

1.8 έως infinity

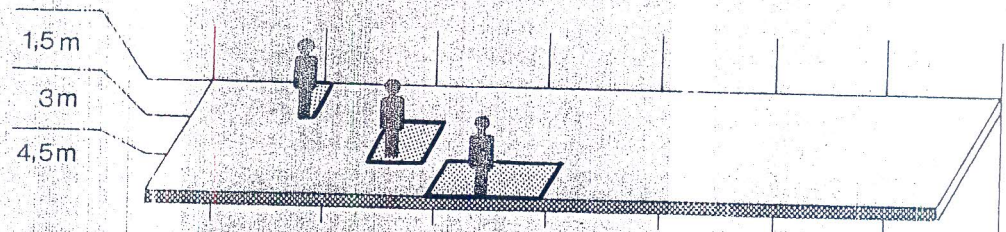
Η ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΗ ΣΤΑ 3 m

## ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ

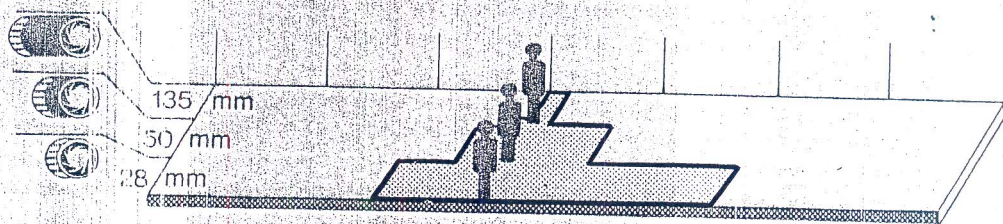
Τό βάθος πεδίου μεγαλώνει όταν:



1. Κλείνουμε τό διάφραγμα



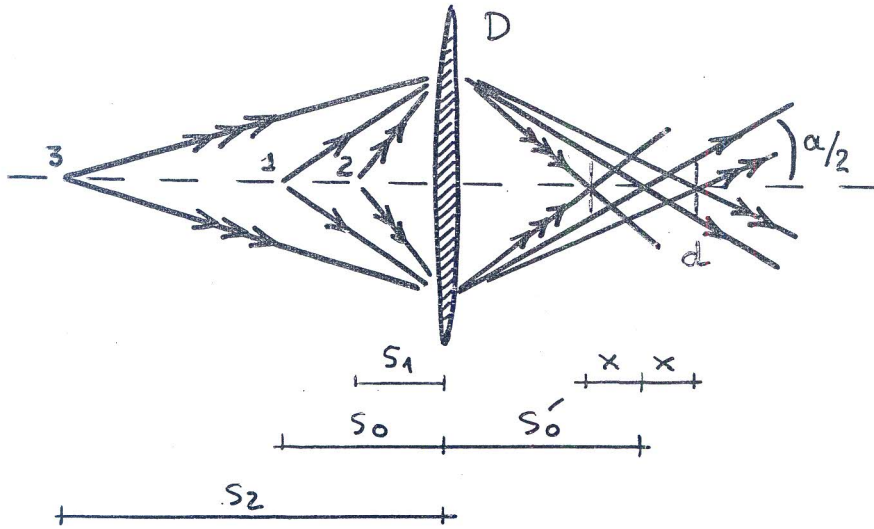
2. Απομακρυνόμαστε απ' τό αντικείμενο



3. Μικραίνουμε τήν εστιακή απόσταση του φακού

# ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΦΑΚΟΥ

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ



Ισχύει:  $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D/2}{S'_0} = \frac{d/2}{x} \rightarrow x = \frac{d \cdot S'_0}{D}$  (1)

απόψη:  $\frac{1}{S_0} + \frac{1}{S'_0} = \frac{1}{f} \rightarrow S'_0 = \frac{S_0 \cdot f}{S_0 - f}$  (2)

σχετικό άνοιγμα φακού  $f \rightarrow A = f/D$  (3)

και διότι:  $\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S'_0 + x} = \frac{1}{f}$  όπως και:  $\frac{1}{S_2} + \frac{1}{S'_0 - x} = \frac{1}{f}$

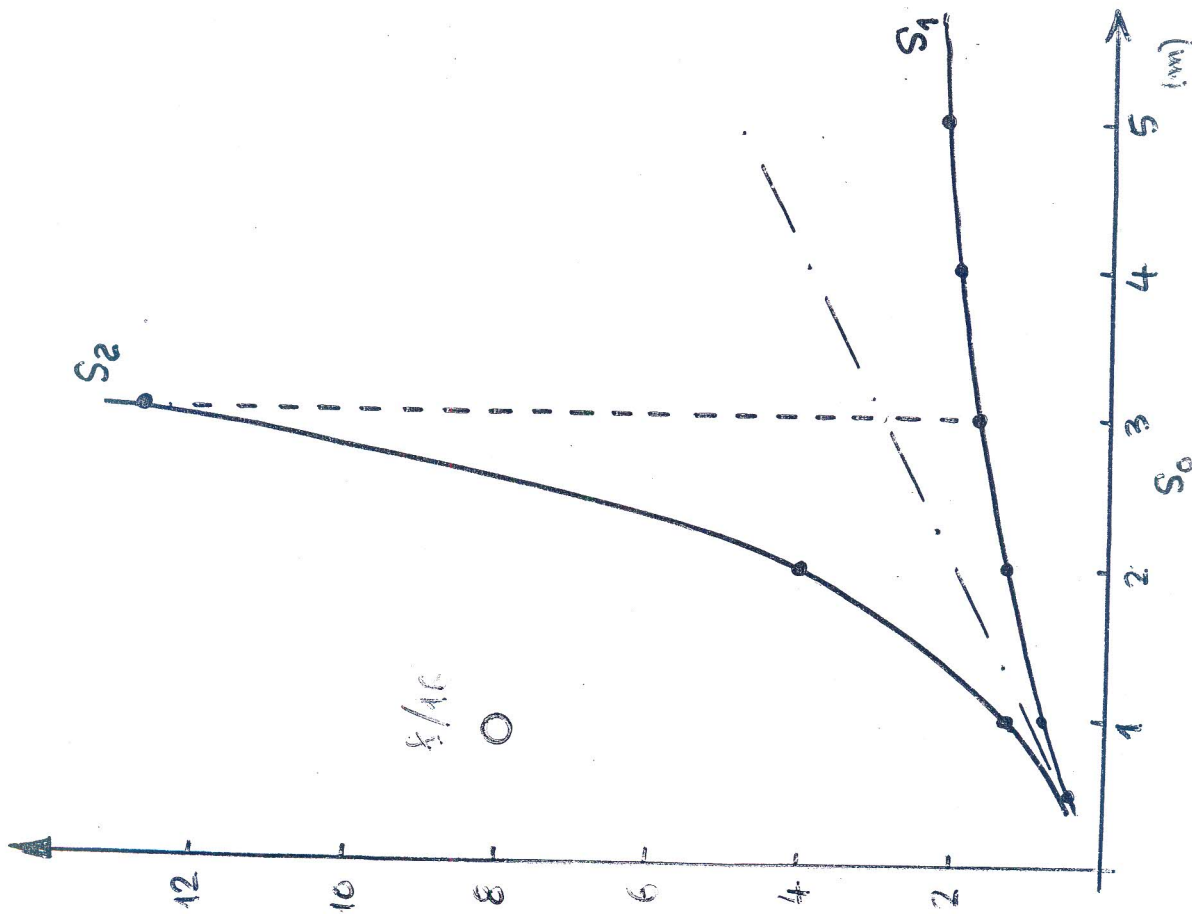
ΑΠΟΔΕΙΚΝΥΕΤΑΙ ΟΤΙ:

$$S_1 = \frac{S_0 \cdot f \cdot (f + A \cdot d)}{f^2 + A d S_0}$$

$$S_2 = \frac{S_0 \cdot f \cdot (f - A \cdot d)}{f^2 - A d S_0}$$

Το  $d$  (διάμετρος κυκλικής εγκύψεως) καθορίζεται από το φίλμ.

$d \approx 0.04 \text{ mm}$

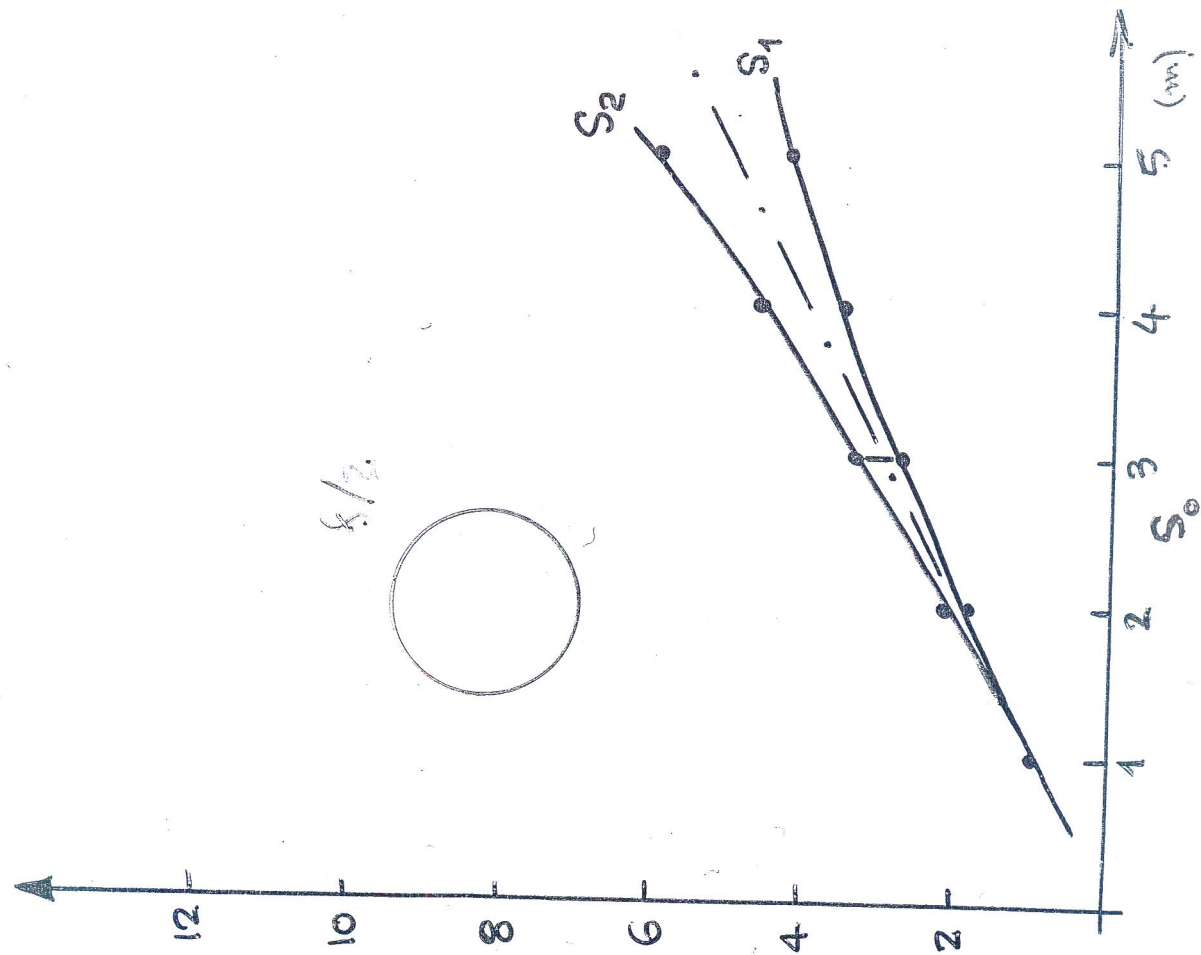


$d = 0.04 \text{ mm}$

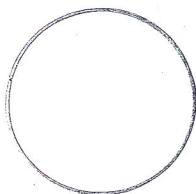
$f = 50 \text{ mm}$

$D = \frac{f}{10} \approx 3.1 \text{ mm}$

$S_1/70$



$f/2$

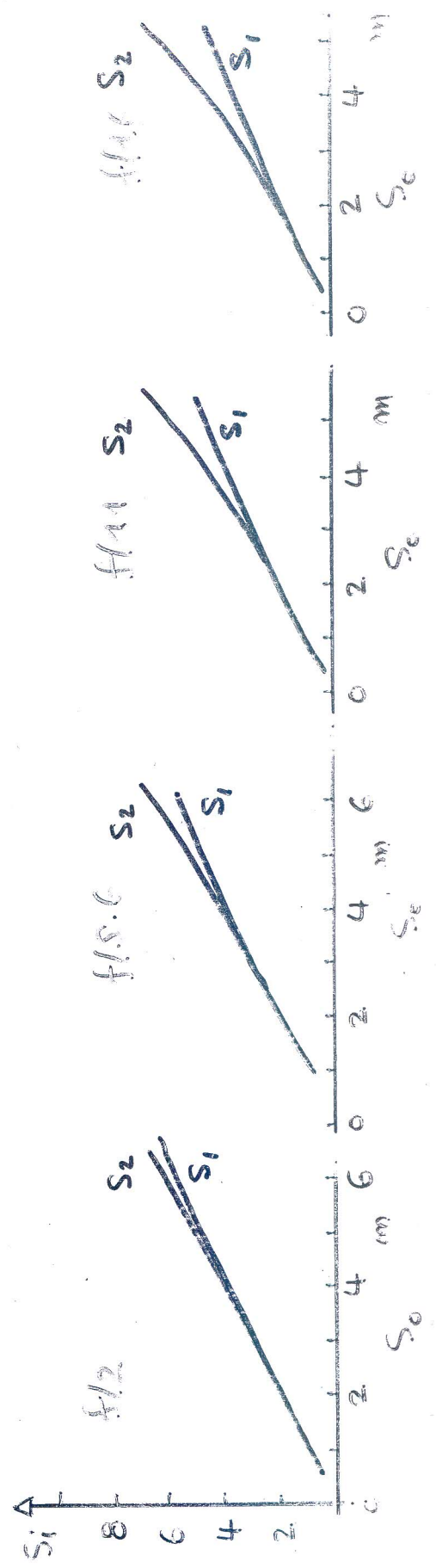


$d = 0.04 \text{ mm}$

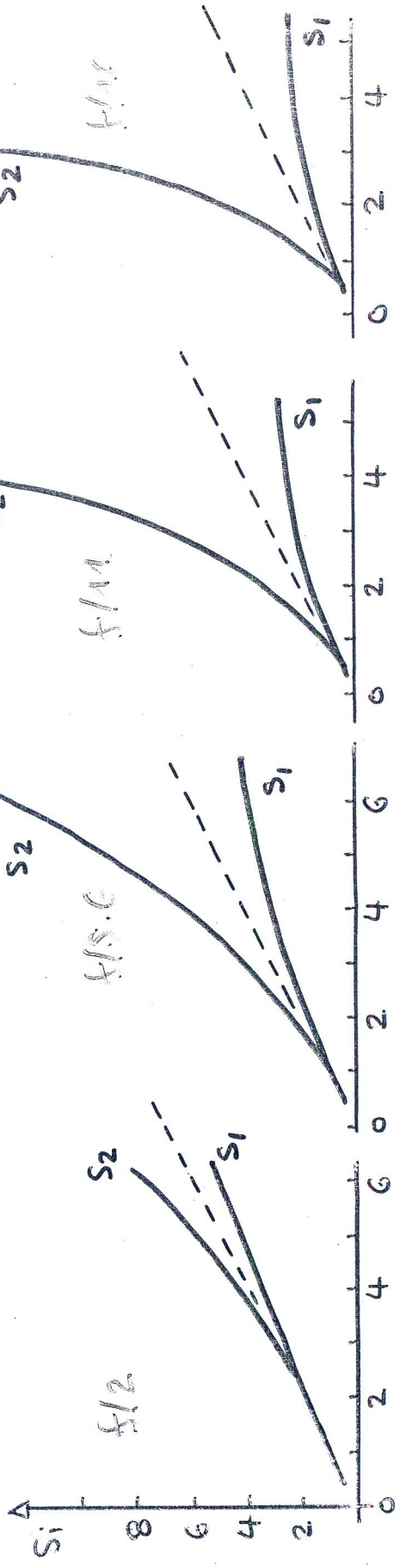
$f = 50 \text{ mm}$

$D = \frac{f}{2} = 25 \text{ mm}$

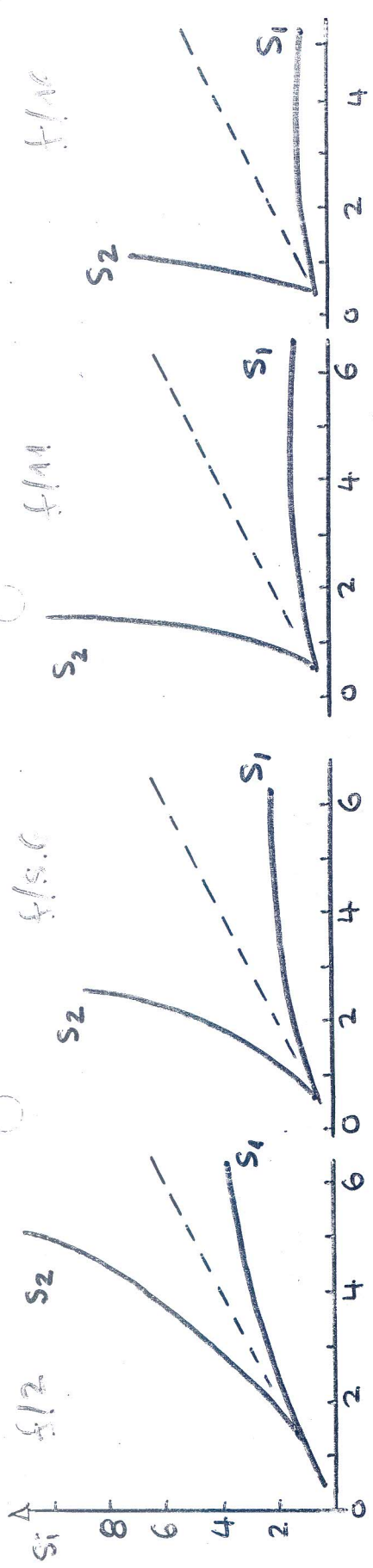
THAΦAKOZ  
135 mm



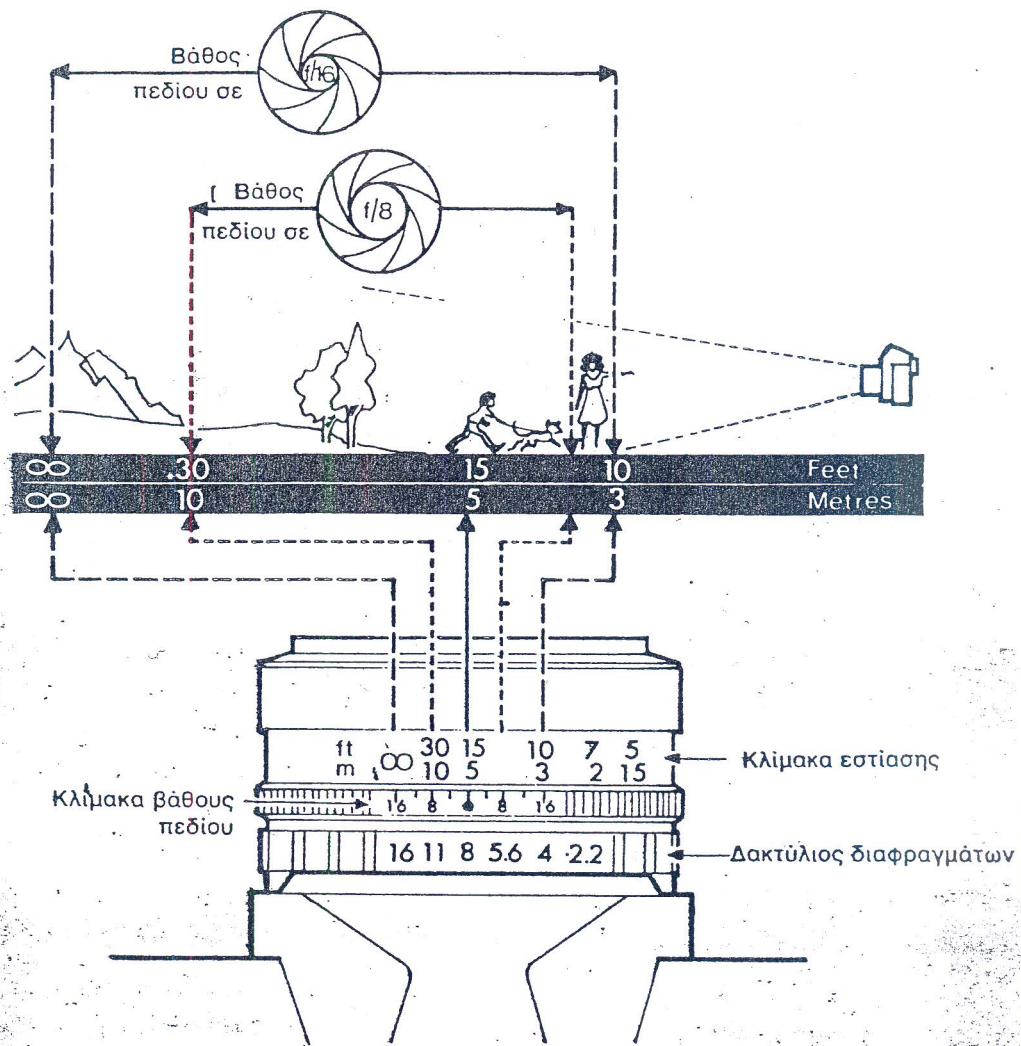
NOPMAV  
50 mm



EYYPYPOZ  
28 mm

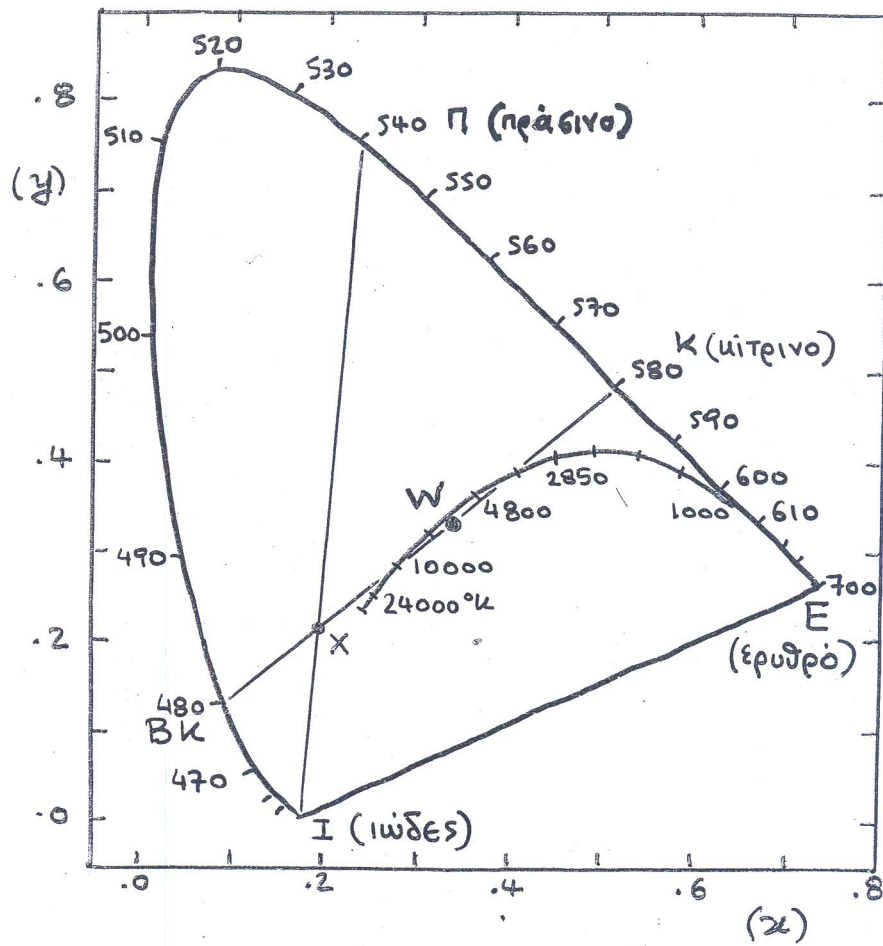






Ο δακτύλιος ένδειξης βάθους πεδίου ενός φακού. Σε απόσταση 6 μέτρων (περίπου) και με διάφραγμα f/4, το βάθος πεδίου θα είναι από 4.5 ως 8 μέτρα

# ΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



> απλά χρώματα : Επὶ τῆς υλεϊστῆς καμῆλης (εὐτὸς τῆς εὐθείας ΙΕ)

⊙ ἄνθετα χρώματα : κάθε σημεῖο ἐξωτερικὸ τῆς καμῆλης

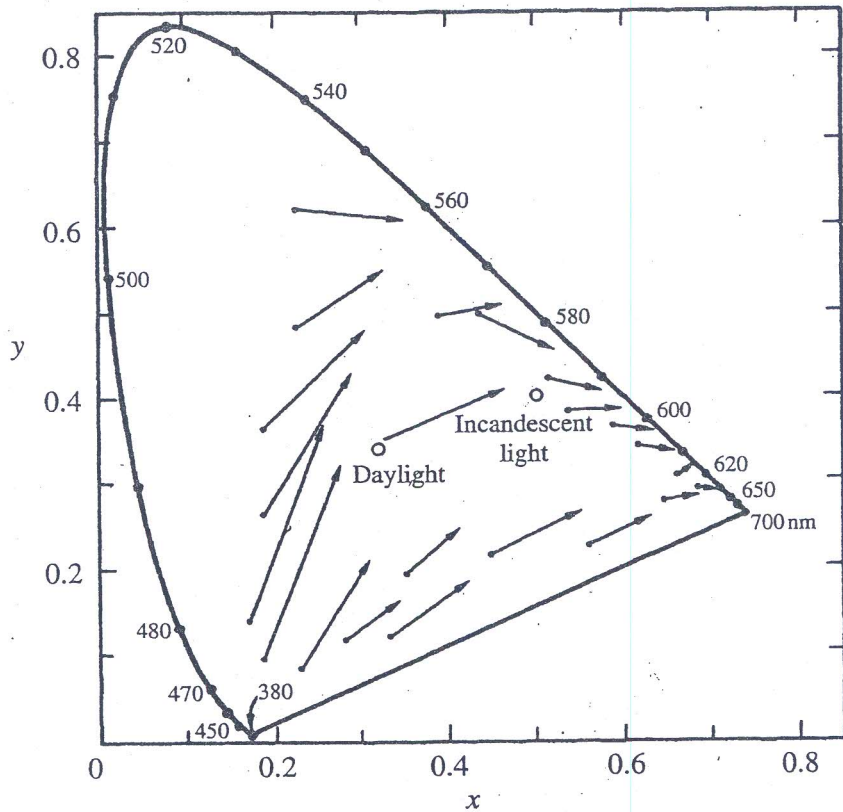
σημεῖο W : λευκὸ φῶς ( $x=y=0.33$ )

> εὐθεῖα ΙΕ : ὅλα τὰ πορφυρὰ χρώματα.

> Ἡ εὐθεῖα Βκ W Κ προσδιορίζει τὰ χάρητα εὐχρηστέα χρωμάτων.

Τὸ ἄνθετο χρώμα X αναπαράχεται

- φέρω τὴν εὐθεῖα ΙΧΠ, ἀναπαράχεται ἀπὸ Ἰώδες καὶ Πράσινο ἑξ-συντελεστῶν  $\frac{\text{πράσινο}}{\text{ιώδες}} = \frac{2.5}{6.6} = \frac{1}{2.6}$
- φέρω τὴν εὐθεῖα Βκ Χ Κ, ἀναπαράχεται ἀπὸ κίτρινο καὶ βασιὺ κίτρινὸ ἑξ-συντελεστῶν  $\frac{\text{κίτρινο}}{\text{Β.κίτρινὸ}} = \frac{1.7}{5.1} = \frac{1}{3.0}$



Corresponding colors when daylight is changed to incandescent light (colors change in the direction of arrowhead) (MacAdam 1956).  
 Reproduced by permission of Optical Society of America

07/95

$$\frac{1}{50} \text{ s} \times f/8 \rightarrow$$

$$\frac{E_0}{64} \times \frac{1}{50} = \frac{E_0}{3200}$$

$$\frac{1}{100} \text{ s} \times f/5.6 \rightarrow$$

$$\frac{E_0}{32} \times \frac{1}{100} = \frac{E_0}{3200}$$

} ΙΔΙΑ

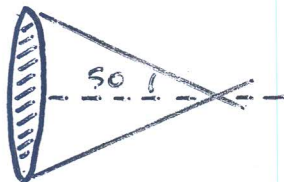
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ.

ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ : 11

ZENITH

(f = 50mm)

$$D = \frac{f}{11} = \frac{50}{11} = 4.54 \text{ mm}$$



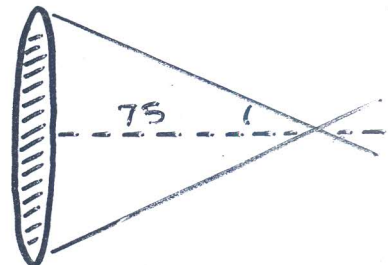
$$\tan \vartheta = \frac{2.27}{50} = 0.0454$$

$$\rightarrow \vartheta \approx 2.6^\circ$$

LUBITEL

(f' = 75mm)

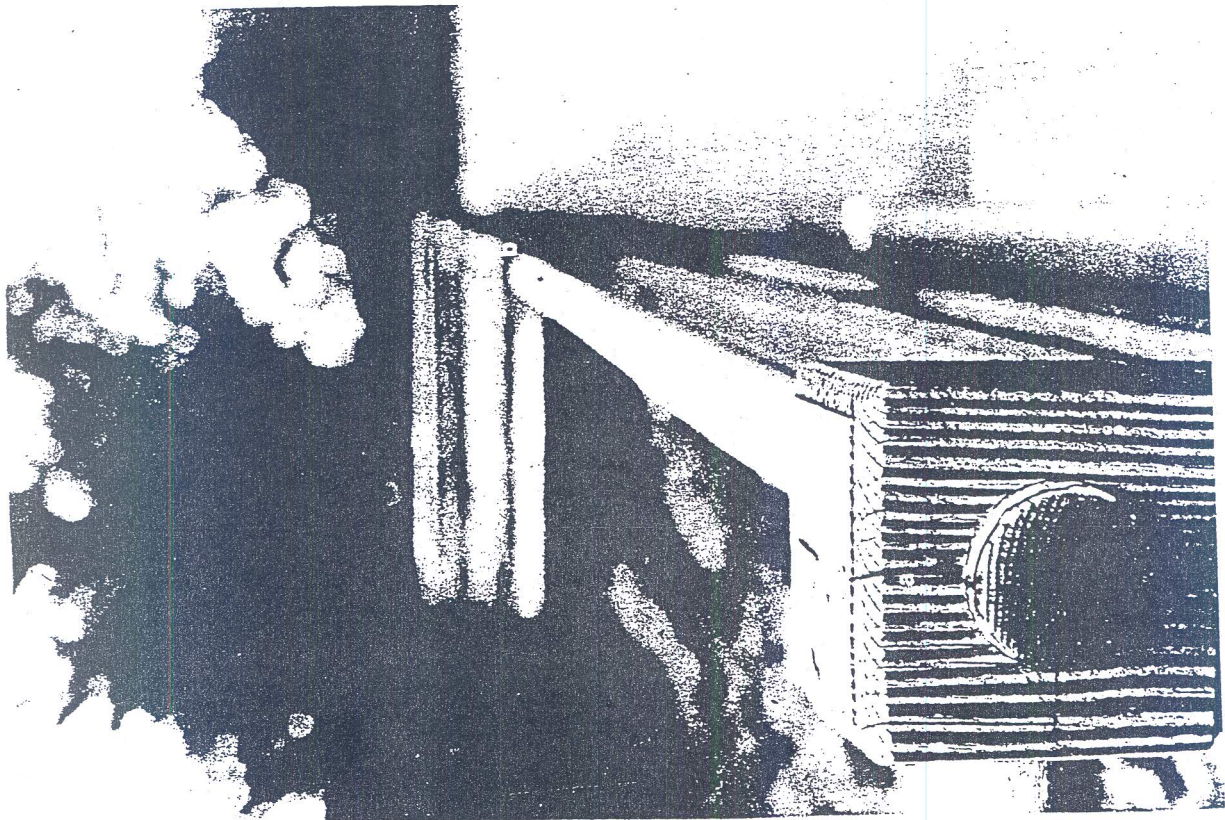
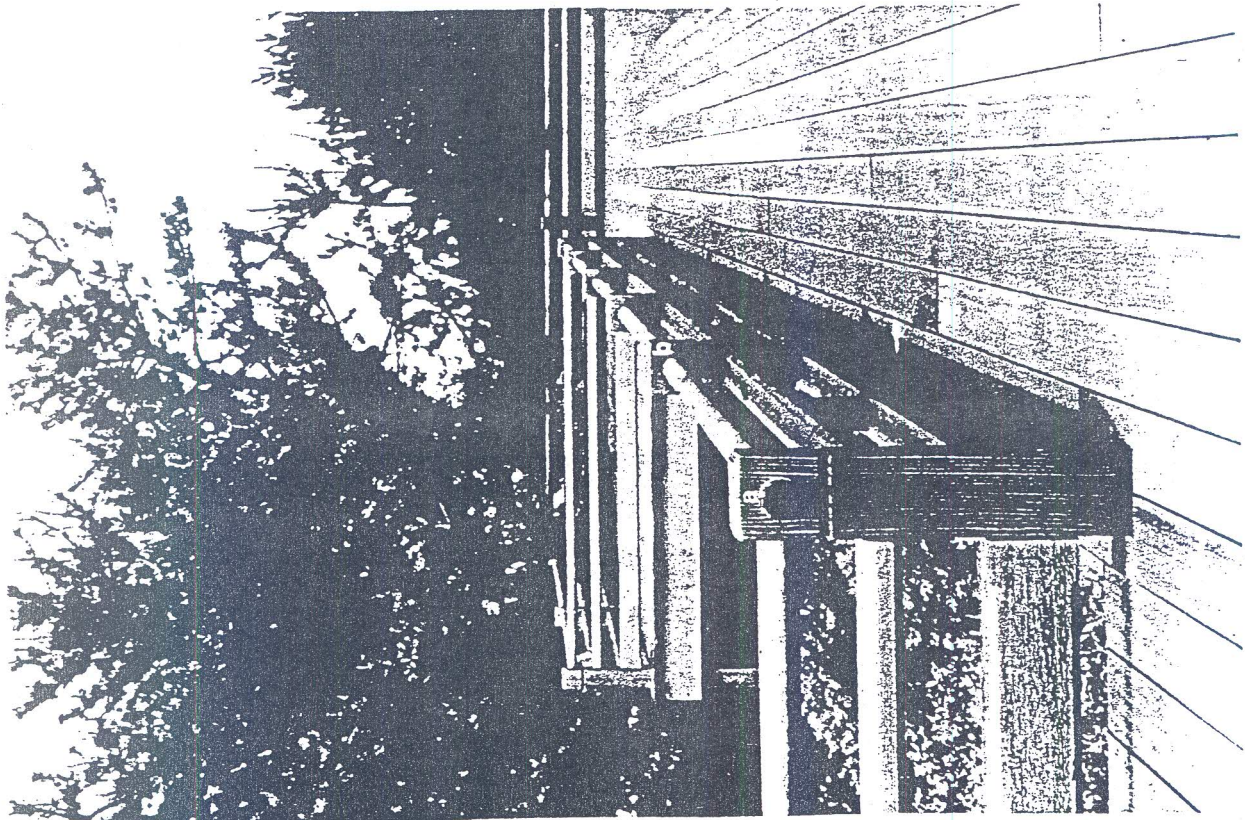
$$D' = \frac{f'}{11} = \frac{75}{11} = 6.82 \text{ mm}$$



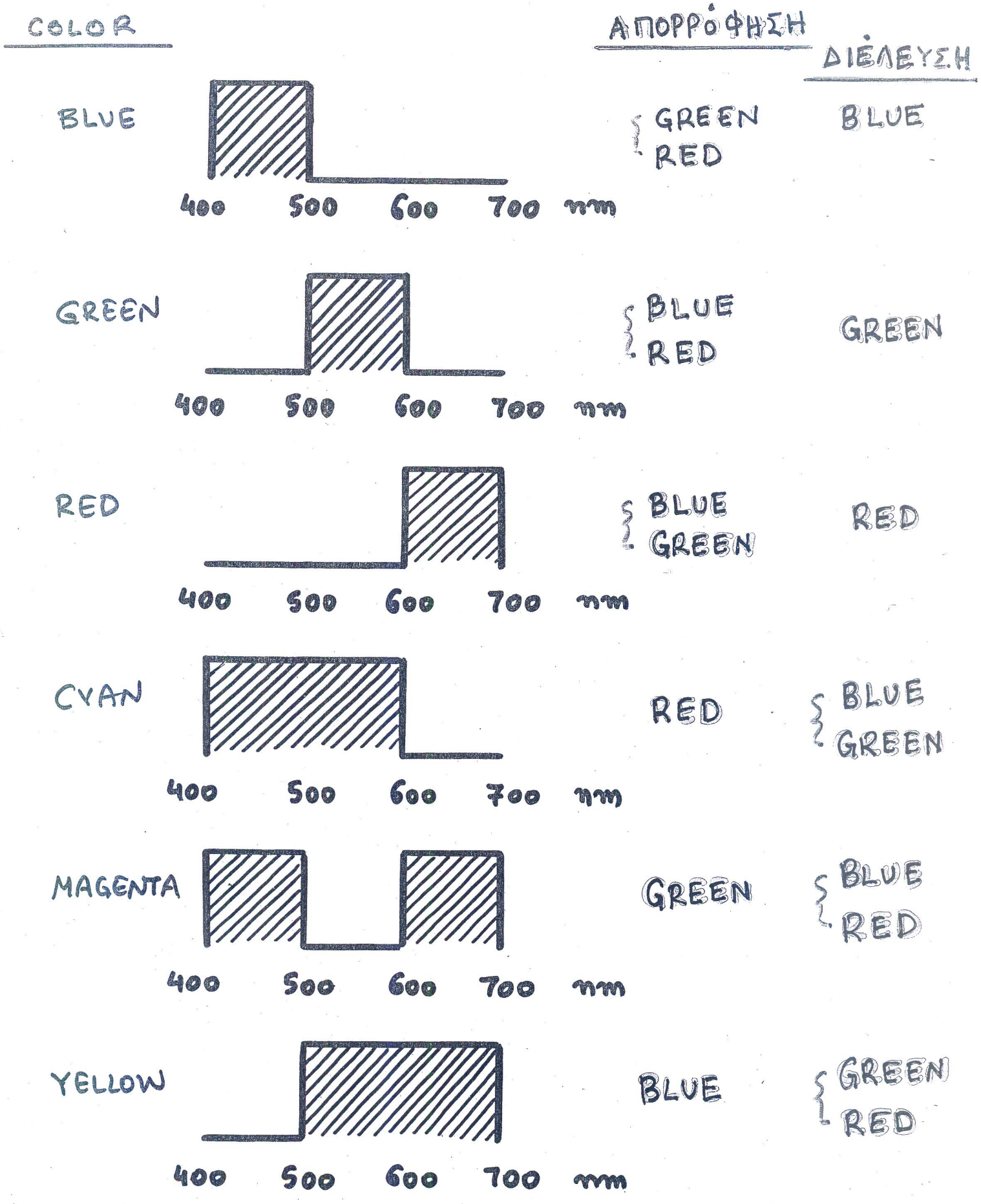
$$\tan \vartheta' = \frac{3.41}{75} = 0.0455$$

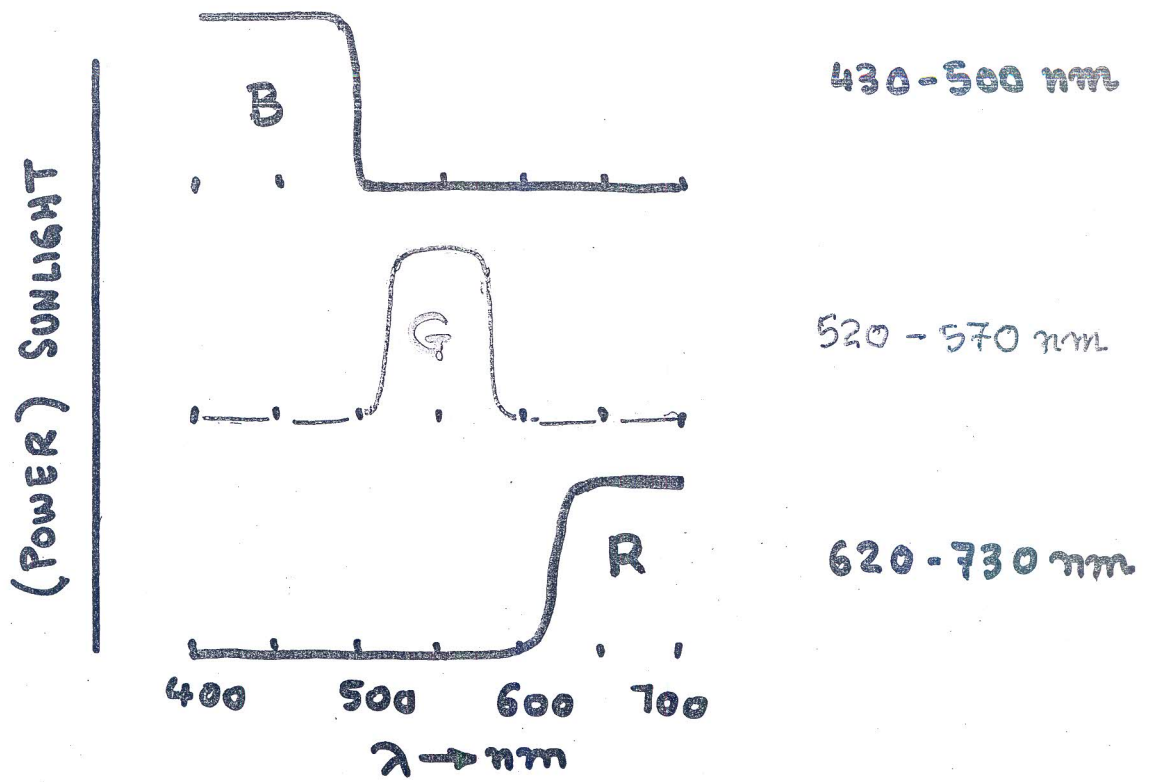
$$\rightarrow \vartheta' \approx 2.6^\circ$$

↑—————↓  
ΙΣΟΤΗΤΑ !

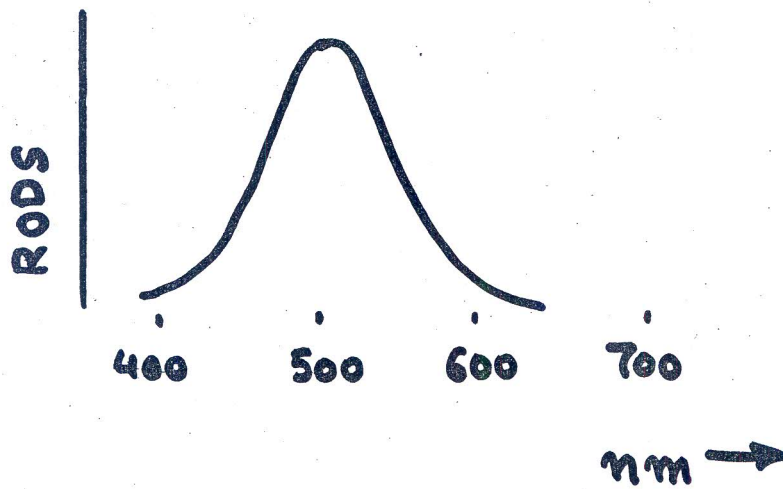
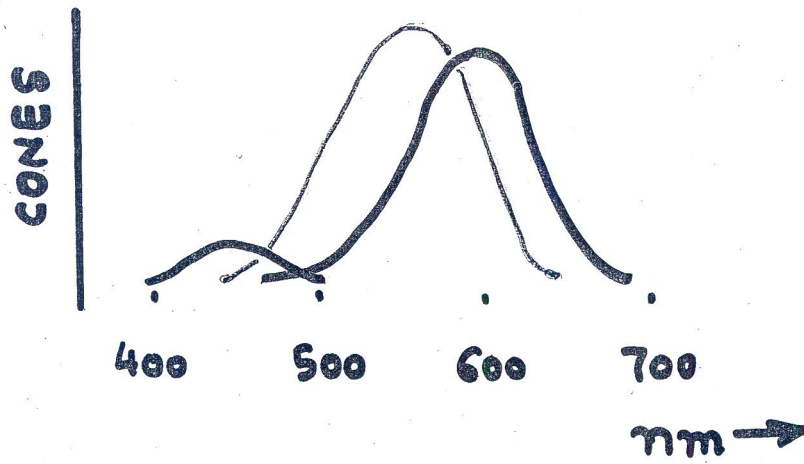


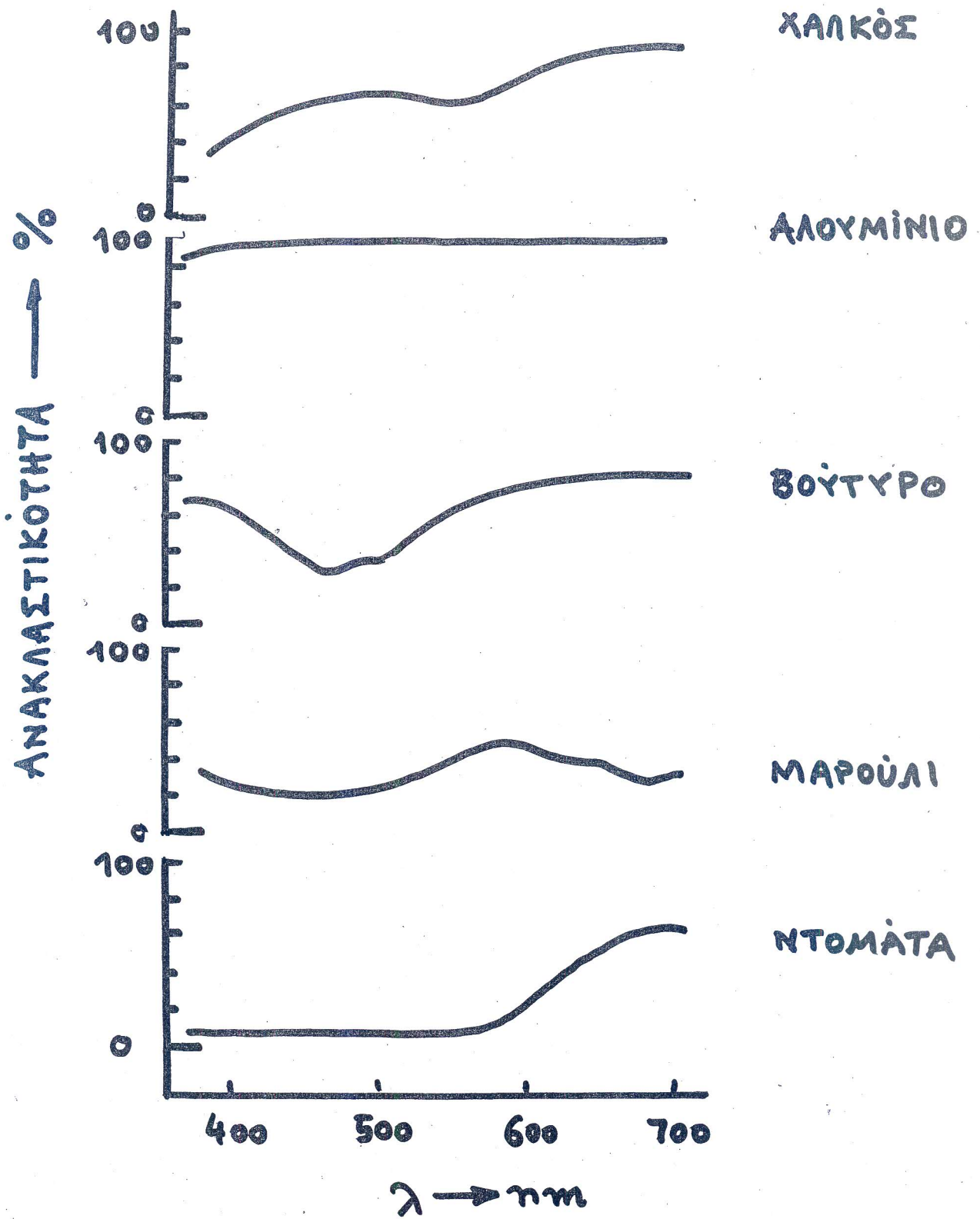
# ΕΓΧΡΟΜΑ ΦΙΛΤΡΑ - ΚΑΜΩΝΙΕΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ





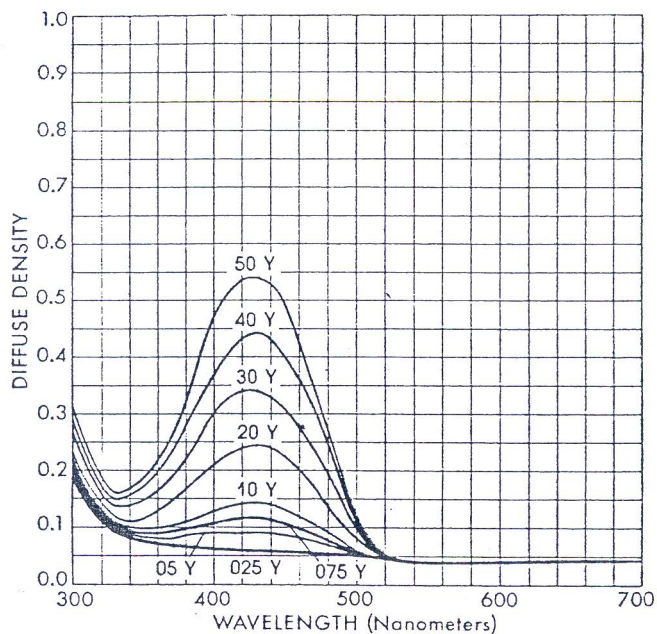
EYE SENSITIVITY







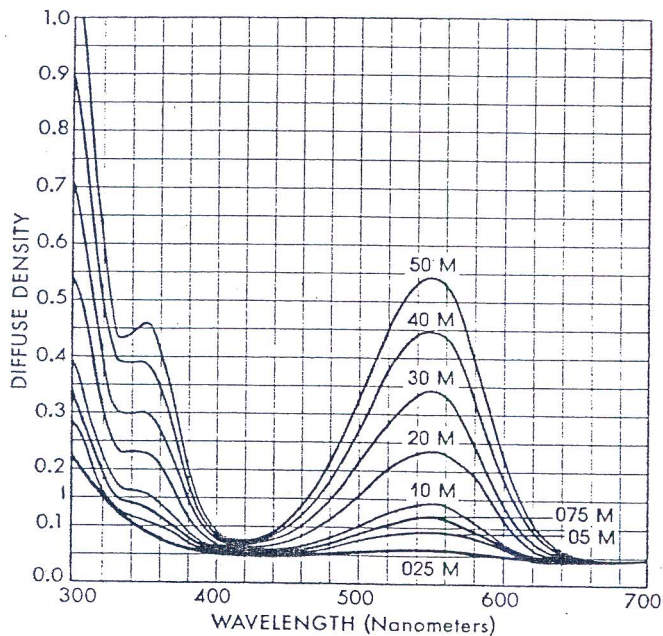
YELLOW



absorbs BLUE

Stability: \*  
CC025Y-AAA  
CC05Y-AAA  
CC10Y-AAA  
CC20Y-AAA  
CC30Y-AAA  
CC40Y-AAA  
CC50Y-AAA

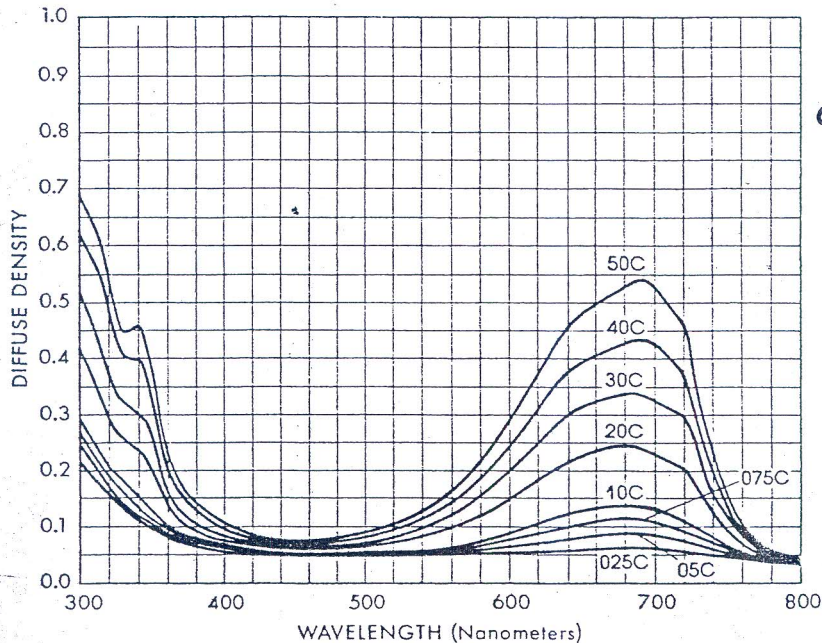
MAGENTA



absorbs GREEN

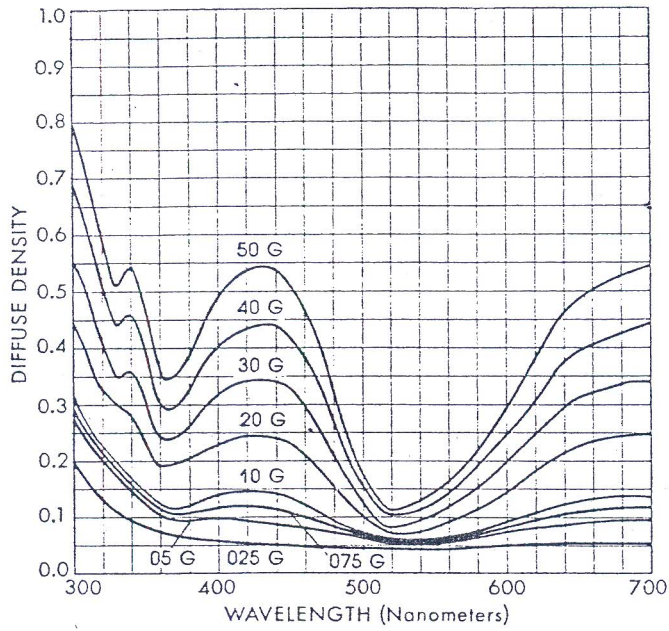
Stability:  
CC025M-AAA  
CC05M-AAA  
CC10M-AAA  
CC20M-ABA  
CC30M-BBA  
CC40M-BCB  
CC50M-ACA

CYAN



absorbs RED

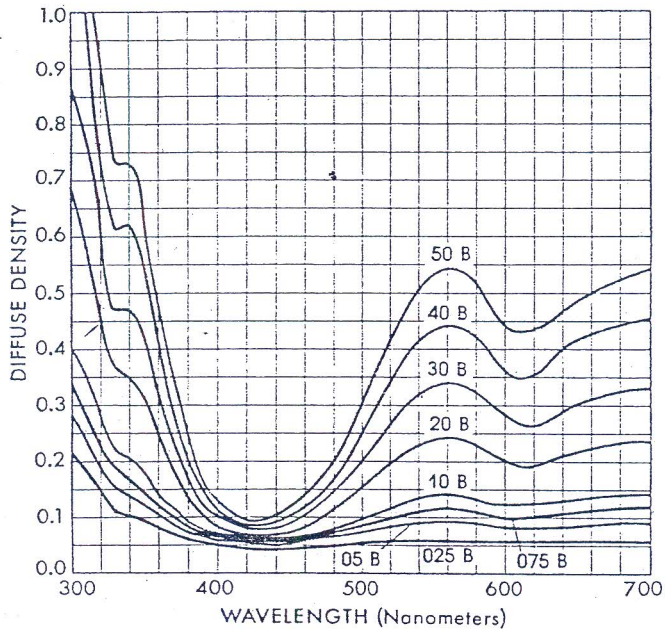
GREEN



absorbs BLUE, RED

- Stability: \*
- CC025G—AAA
  - CC05G—AAA
  - CC10G—AAA
  - CC20G—ABA
  - CC30G—ABA
  - CC40G—ABB
  - CC50G—ABB

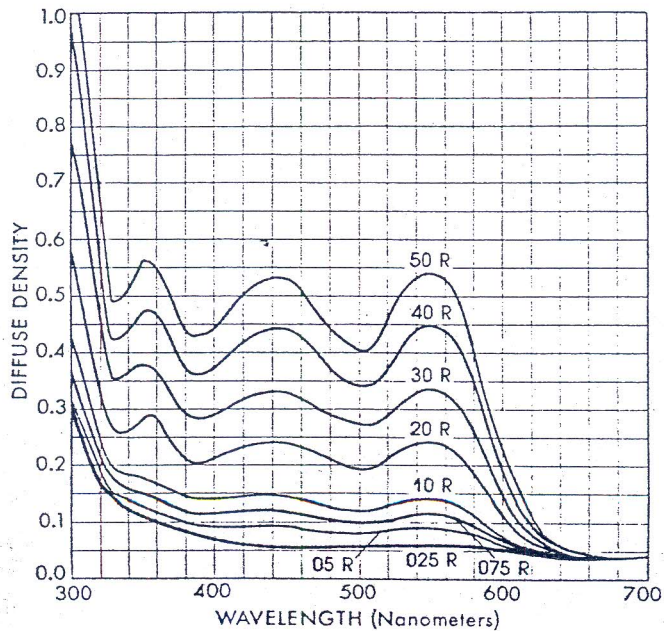
BLUE



absorbs RED, GREEN

- Stability: \*
- CC025B—AAA
  - CC05B—AAA
  - CC10B—AAA
  - CC20B—AAA
  - CC30B—ABA
  - CC40B—ABA
  - CC50B—ABA

RED



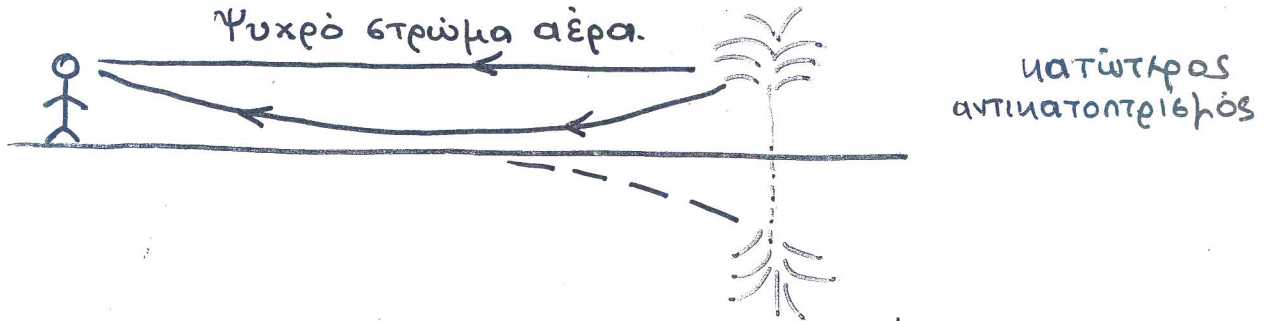
absorbs BLUE, GREEN

- Stability: \*
- CC025R—AAA
  - CC05R—AAA
  - CC10R—AAA
  - CC20R—AAA
  - CC30R—ABA
  - CC40R—ABA
  - CC50R—ABA

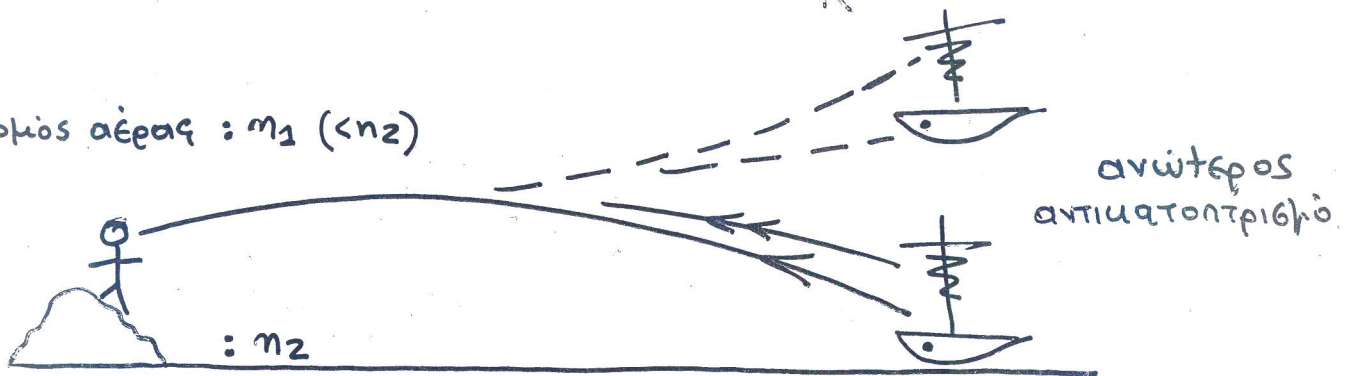
# ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

▷ Διαδίδεται το φως ως κύμα;

Αντιαισθησιογόνο



θερμός αέρας :  $n_1$  ( $< n_2$ )

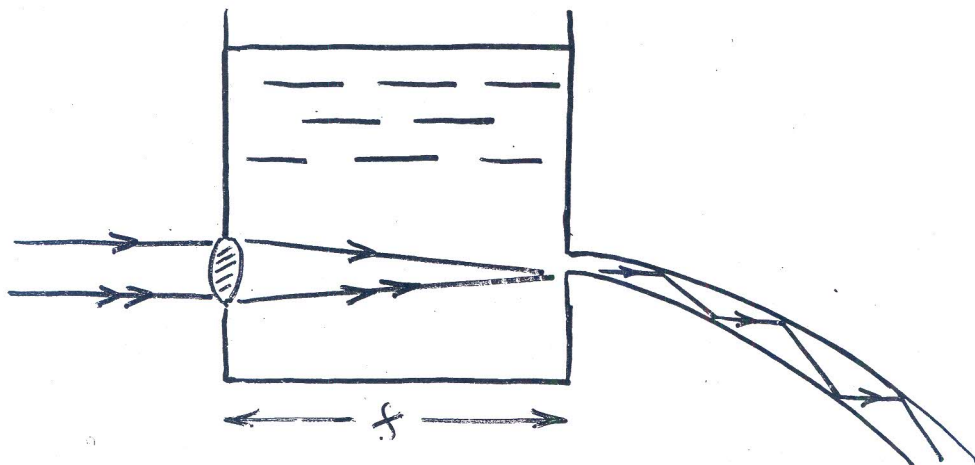


- ολική ανάκλαση στα θημά στρώματα.

▷ Οι φωτεινές ακτίνες στρέφουν ΠΑΝΤΑ ταμοίλα προς τα οπτικά αραιότερα στρώματα (μικρότερος δείκτης διάθλασης)

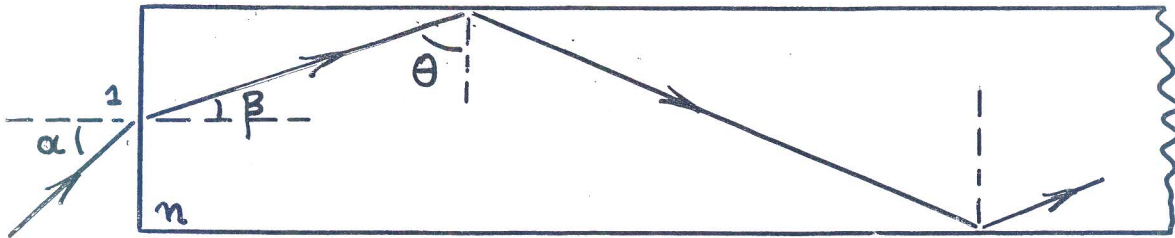
▷ Φαινόμενο ολικής ανάκλασης

▷ φωτεινή υγρή φλέβα.



Υπολογισμός αποδεδειγμένων γωνιών πρόσπτωσης  $\alpha$  για δίδωμεν  $n$  οπτική ίνα σε οριζή  $n$  με δέικτη διάθλαση  $n$ .

ΟΡΤΙΚΗ ΙΝΑ ΣΕ ΕΥΘΕΙΑ ΔΙΑΤΑΞΗ.



Σημείο 1:  $1 \cdot \psi\alpha = n \cdot \psi\beta = n \cdot \psi(90 - \theta) = n \cdot \cos\theta$  ή

$$n\psi\alpha = n \cdot \sqrt{1 - n^2\theta^2}$$

Όταν  $\theta$  είναι η οριζή γωνία ισχύει:  $n\psi\theta = \frac{1}{n}$  }  $\rightarrow$

$$n\psi\alpha = n \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} = \sqrt{n^2 - 1} \rightarrow \boxed{n\psi\alpha = \sqrt{n^2 - 1}}$$

Εάν  $n = 1.3 \rightarrow n\psi\alpha = (1.69 - 1)^{1/2} = 0.831 \rightarrow \alpha = 56.2^\circ$

Θα πρέπει λοιπόν η γωνία  $0^\circ < \alpha < 56.2^\circ$

> Δηλαδή για  $\alpha = 60^\circ \rightarrow 1 \cdot \psi\alpha = n \cdot \psi\beta \rightarrow \psi\beta = 0.666 \rightarrow$

$\beta = 41.8^\circ \rightarrow \theta = 90^\circ - 41.8^\circ = 48.2^\circ$

και δίδω  $\delta\sigma\phi = 50.3^\circ \rightarrow$  Θα έχω έφοδο.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

1910 : ΧΕΝΔΡΕΚ - ΟΕΒΥΕ

1950 : Καρπύη

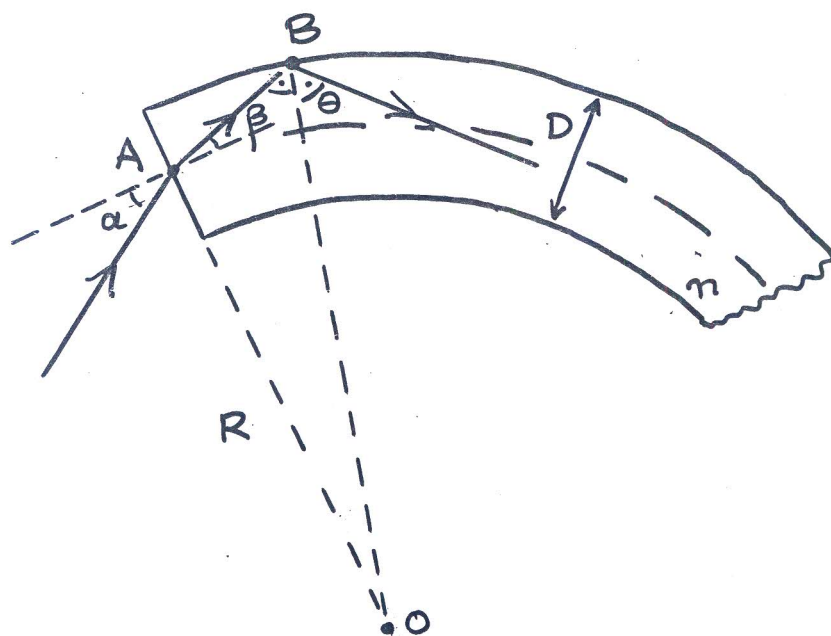
1960 : ΣΤΑ... / England

ΝΙΠΠΟΝ / Japan

Germany / ...

... / ...

Να υπολογιστεί η ελάχιστη αποδευτή τμή αιζίνας  
καμυλοτπτας R οπτιμης ίνας διαμετρου D ηε δ.δ. η  
ετβι ωτε να υπάρχει διέλευση (γωνία πρόσζώσεως α).



$$1. \psi \alpha = n \cdot \psi \beta \Rightarrow \psi \beta = \frac{\psi \alpha}{n}$$

$$\triangle OAB \rightarrow \frac{OA}{\psi \theta} = \frac{OB}{\psi (90 + \beta)} \text{ ή } \frac{R}{\psi \theta} = \frac{R + D/2}{\sin \beta} \Rightarrow$$

$$R \cdot \sqrt{1 - \psi^2 \beta} = \psi \theta (R + \frac{D}{2}) \text{ ή } R \cdot \sqrt{1 - \frac{\psi^2 \alpha}{n^2}} = \psi \theta (R + \frac{D}{2})$$

Όταν  $\theta$  είναι η οριζή γωνία ισχύει:  $\psi \theta = \frac{1}{n}$

$$\text{έτβι } R_{\min} \cdot \sqrt{n^2 - \psi^2 \alpha} = R_{\min} + \frac{D}{2} \Rightarrow$$

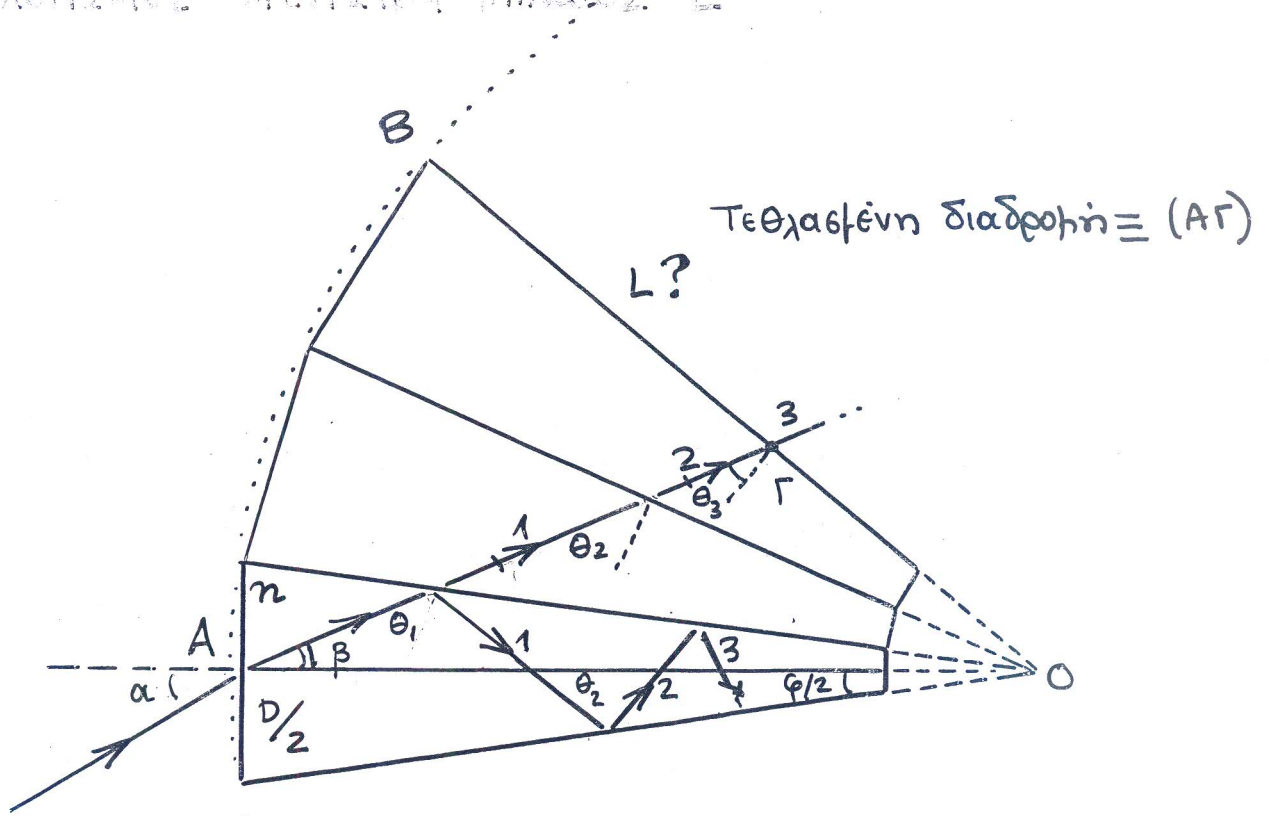
$$R_{\min} = \frac{D/2}{\sqrt{n^2 - \psi^2 \alpha} - 1}$$

Βέβαια εαν  $\alpha = 0^\circ \Rightarrow R_{\min} = \frac{D/2}{n - 1}$  και εαν  $n = 1.5$

$$\Rightarrow R_{\min} = \frac{D/2}{0.5} = D$$

# ΔΙΑΦΥΓΗ ΦΕΤΟΣ ΑΠΟ "ΣΦΗΝΟΣΙΔΩ" ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΜΗΚΟΥΣ L



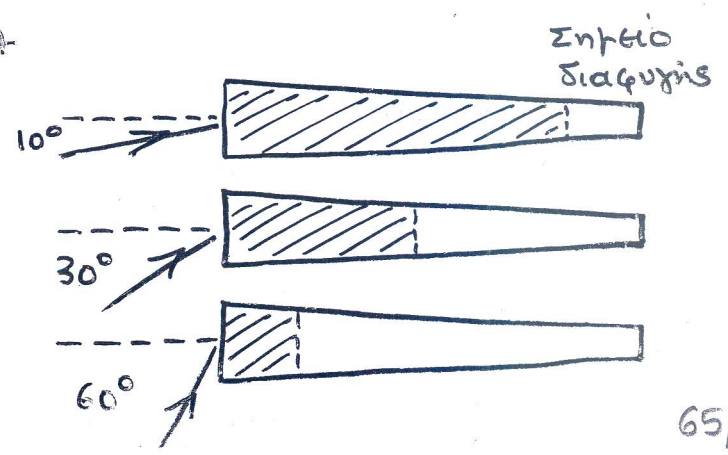
Σε υάθε ολική ανάκλαση έχω μείωση της γωνίας προσκώωσης  $\theta_1$   
 Έστω στη 3η πρόσκλιση (σημείο Γ) η γωνία  $\theta_3$  γίνεται ίση με την ορική  
 δηλαδή  $\psi_{\theta_3} = \psi_{\delta\sigma\rho} = 1/n$

(διότι  $\phi \ll$ )  $\Rightarrow OA \approx OB$   
 και από τη  $\phi/2 = \frac{D/2}{OA} \Rightarrow OA = \frac{D}{\phi}$  }  $OB = \frac{D}{\phi}$

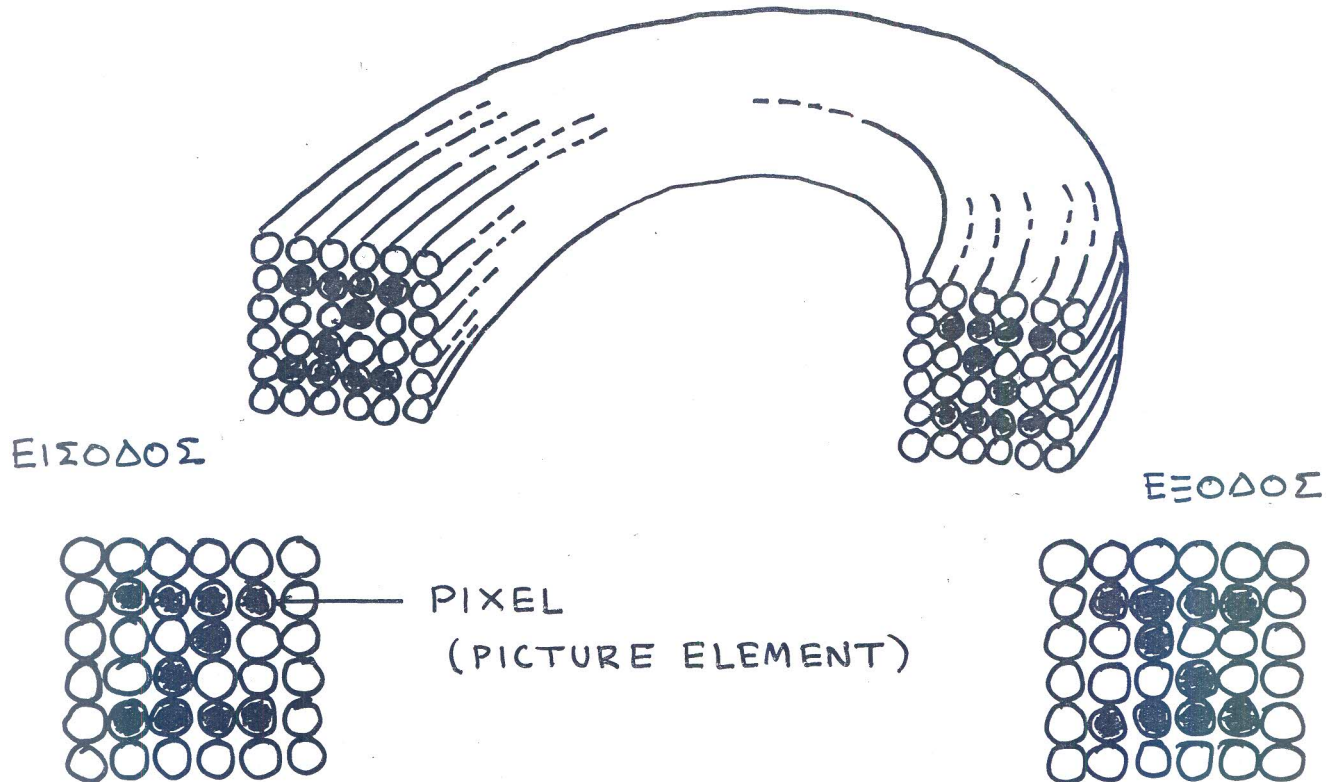
$\Delta OGA \Rightarrow \frac{OG}{\psi_B} = \frac{OA}{\psi(\theta_3 + 90^\circ)} \Rightarrow OG = OA \cdot \frac{\psi_B}{\sin \theta_3} = \frac{D}{\phi} \cdot \frac{\psi_a}{n} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - 1/n^2}}$

Τελικά λοιπόν :  $L = OA - OG = \frac{D}{\phi} \cdot \left( 1 - \frac{\psi_a}{\sqrt{n^2 - 1}} \right)$

- Έστω  $n \approx 1.5 \Rightarrow (n^2 - 1)^{-1/2} = 0.894$
- $> \alpha = 10^\circ \Rightarrow L = 0.85 D/\phi$
- $> \alpha = 30^\circ \Rightarrow L = 0.56 D/\phi$
- $> \alpha = 60^\circ \Rightarrow L = 0.23 D/\phi$



## ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΙΚΟΝΑΣ (ΑΡΧΗ)



ΦΩΤΕΙΝΟ ΣΗΜΑ  $\neq$  ΟΠΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

### ΔΕΞΜΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Η ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΚΑΘΕ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.
2. ΜΕΓΑΛΗ ΟΠΤΙΚΗ "ΜΟΝΩΣΗ" ΜΕΤΑΞΥ ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.
3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΕΙΣ - ΘΡΑΨΕΙΣ.

