

ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ – ΜΕΓΕΘΥΝΤΙΚΟΣ ΦΑΚΟΣ

Οπτικά μεγέθη – Μεγέθυνση Ερωτήσεις (2/10)

- Η γραμμική μεγέθυνση (εγκάρσια ή διαμήκης) ενός φακού διαφέρει (και σε τι) από την μεγέθυνση (γωνιακή) ενός μεγεθυντικού φακού ;
- Απάντηση : Η εγκάρσια ή διαμήκης γραμμική μεγέθυνση είναι από ορισμού το πηλίκο (E/A) δηλαδή πηλίκο δυο γραμμικών μεγεθών. Αντίθετα η μεγέθυνση (γωνιακή) ενός μεγεθυντικού φακού είναι το πηλίκο θ'/θ δυο γωνιών.

- Ερώτηση :

Το φανταστικό είδωλο που δημιουργείται σε απόσταση 6.25cm από λεπτό συγκλίνοντα (θετικό) φακό έχει ύψος διπλάσιο από το αντικείμενο. Αν ο φακός χρησιμοποιείται ως μεγεθυντικός ποιά είναι η γωνιακή μεγέθυνση που επιτυγχάνεται

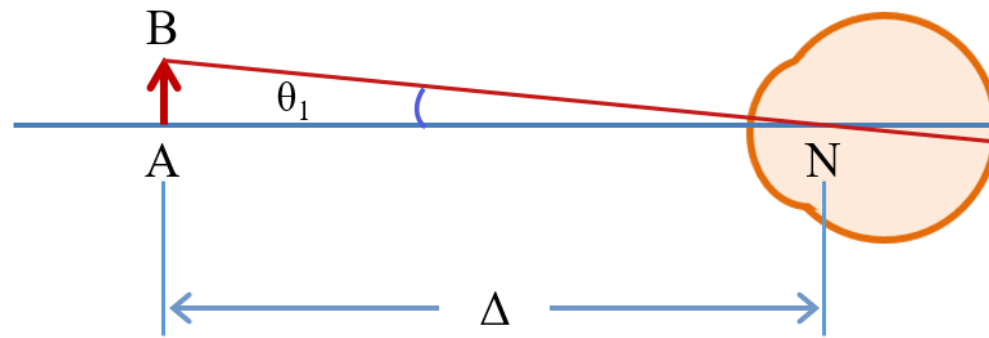
(α) όταν το αντικείμενο βρίσκεται στο εστιακό επίπεδο του φακού;

(β) όταν το παρατηρούμενο φανταστικό είδωλο δημιουργείται στην ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως $\Delta=25\text{cm}$;

Στην Ελάχιστη Απόσταση Ευκρινούς οράσεως Δ (25 cm) :

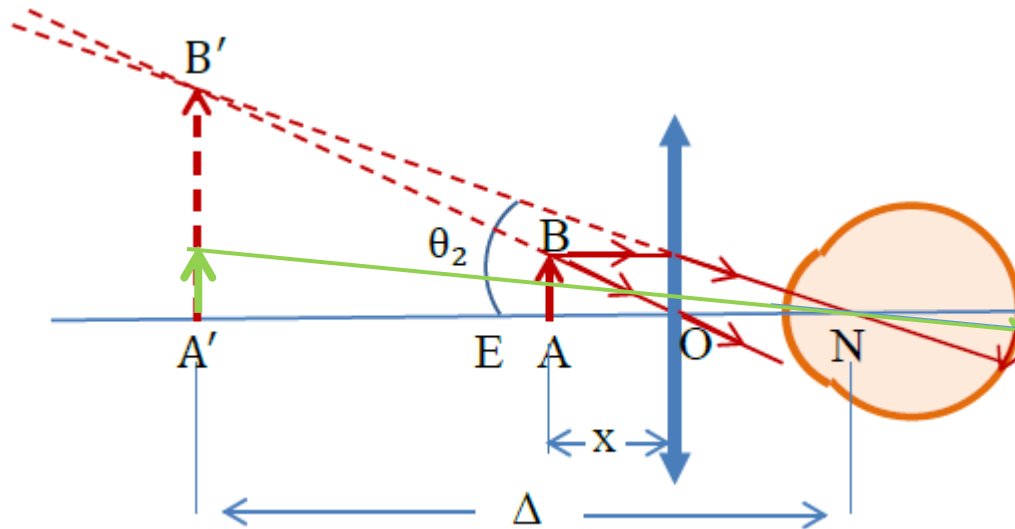
1. Παρατήρηση με γυμνό οφθαλμό

↓
Γωνία οράσεως θ_1



2. Παρατήρηση μέσω μεγεθυντικού φακού

↓
Γωνία οράσεως θ_2



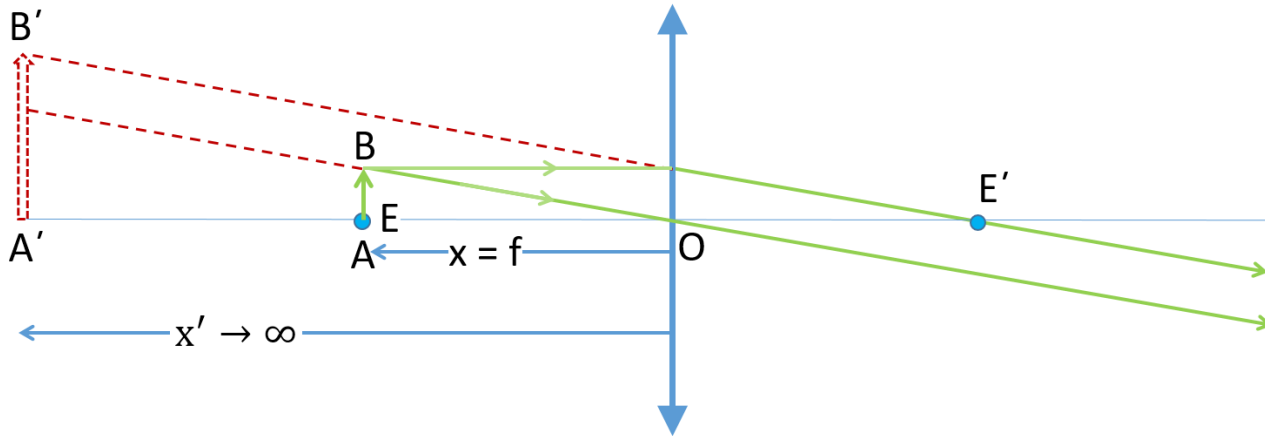
Γωνιακή Μεγέθυνση

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

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

$$\Delta = -25\text{cm}$$

(α) Αντικείμενο στην Εστία → Είδωλο στο ∞



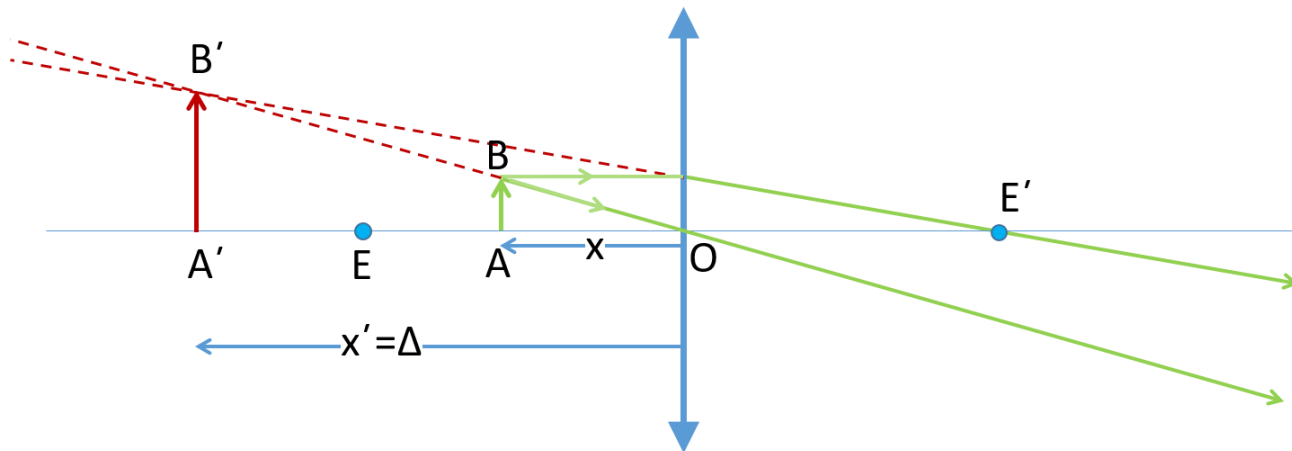
$$x = f \rightarrow M_{\gamma\omega\nu} = \frac{25\text{cm}}{f(\text{cm})}$$

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

$$M_{\gamma\omega\nu} = P(\text{Dpt}) \cdot 0.25\text{m}$$

(α)

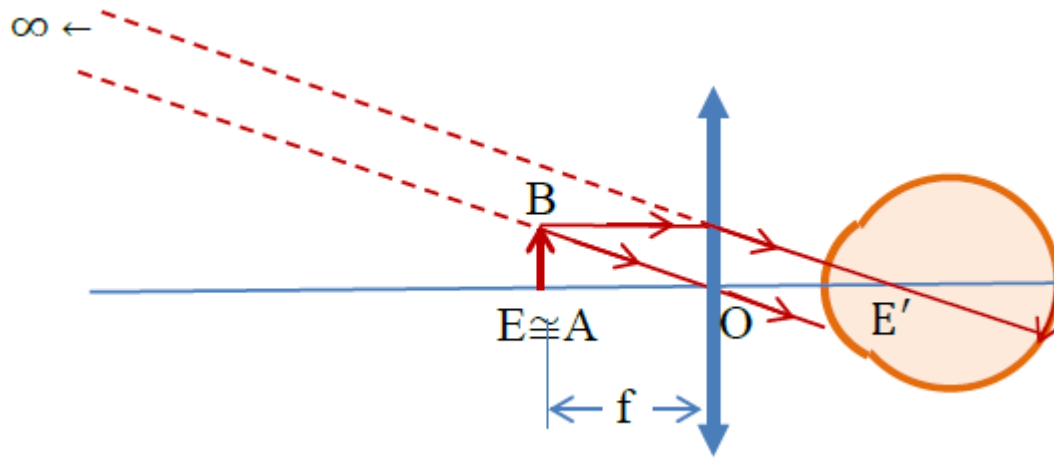
(β) Αντικείμενο σε θέση για την οποία το Είδωλο στο Δ



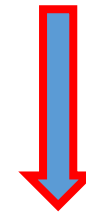
$$0 < x < f \rightarrow M_{\gamma\omega\nu} = 1 + \frac{25\text{cm}}{f(\text{cm})} \quad (\beta)$$

Ι. Αντικείμενο στην κύρια εστία του φακού

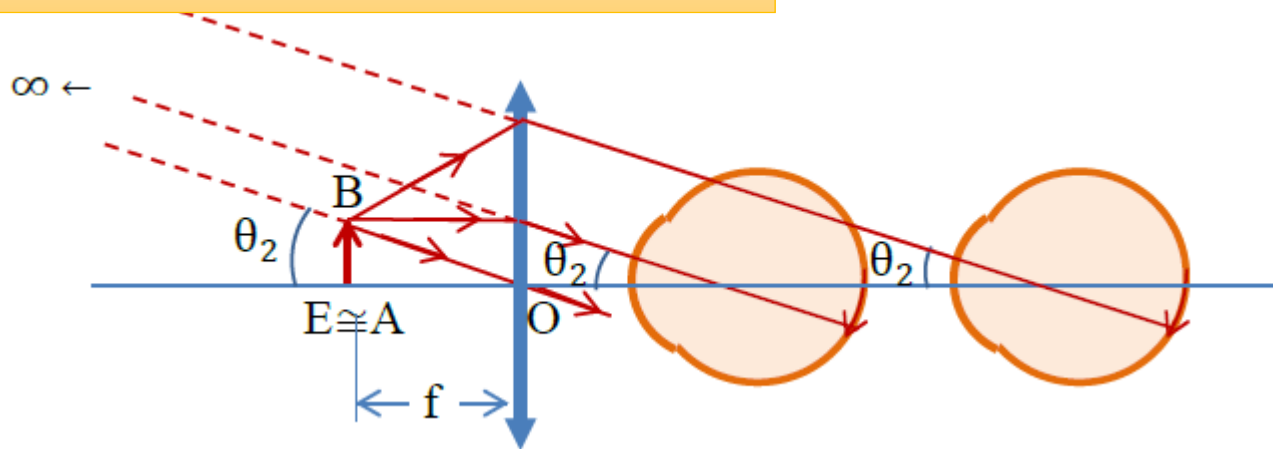
(α). Οφθαλμός στην κύρια εστία του φακού



είδωλο στο άπειρο



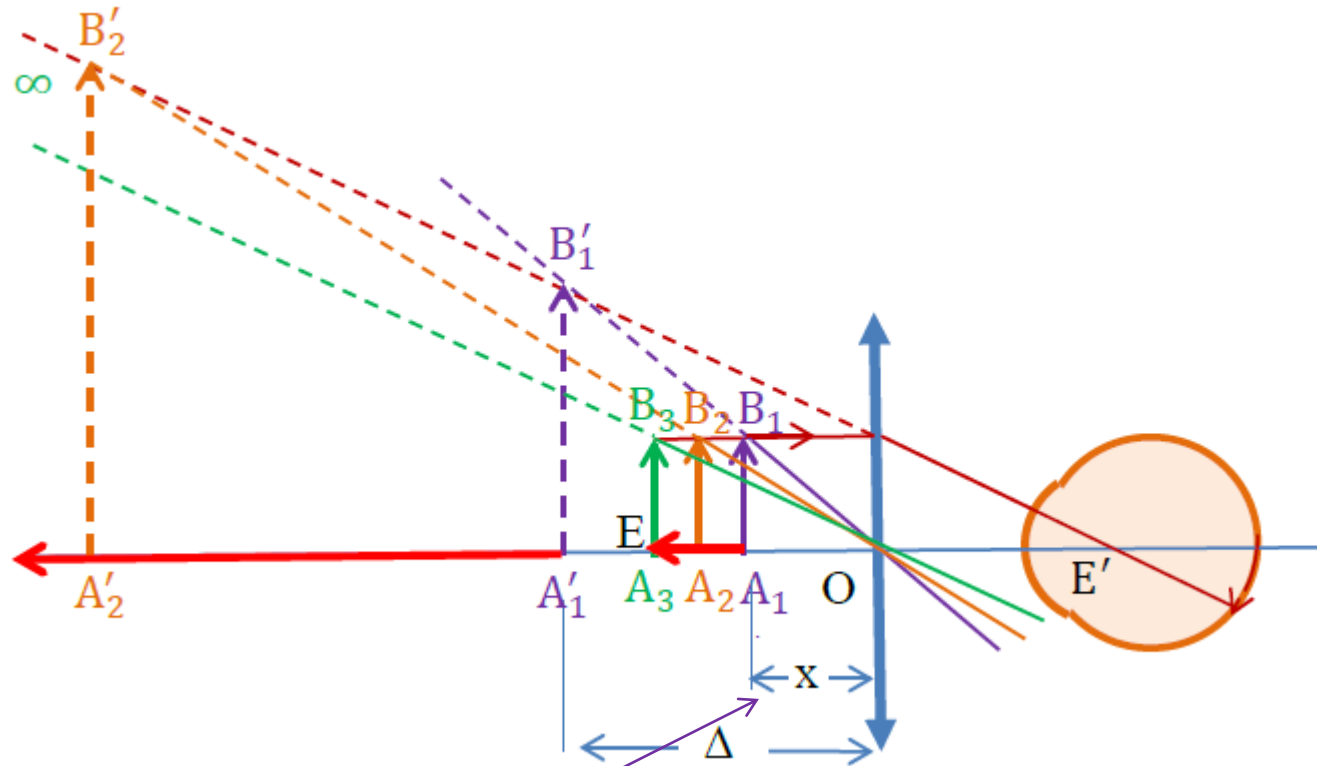
(β). Οφθαλμός σε τυχαία θέση στον κύριο άξονα



γωνία οράσεως
ανεξάρτητη της θέσης
του οφθαλμού

II. Οφθαλμός στην κύρια εστία του φακού

Αντικείμενο μεταξύ κύριας εστίας & οπτικού κέντρου του φακού

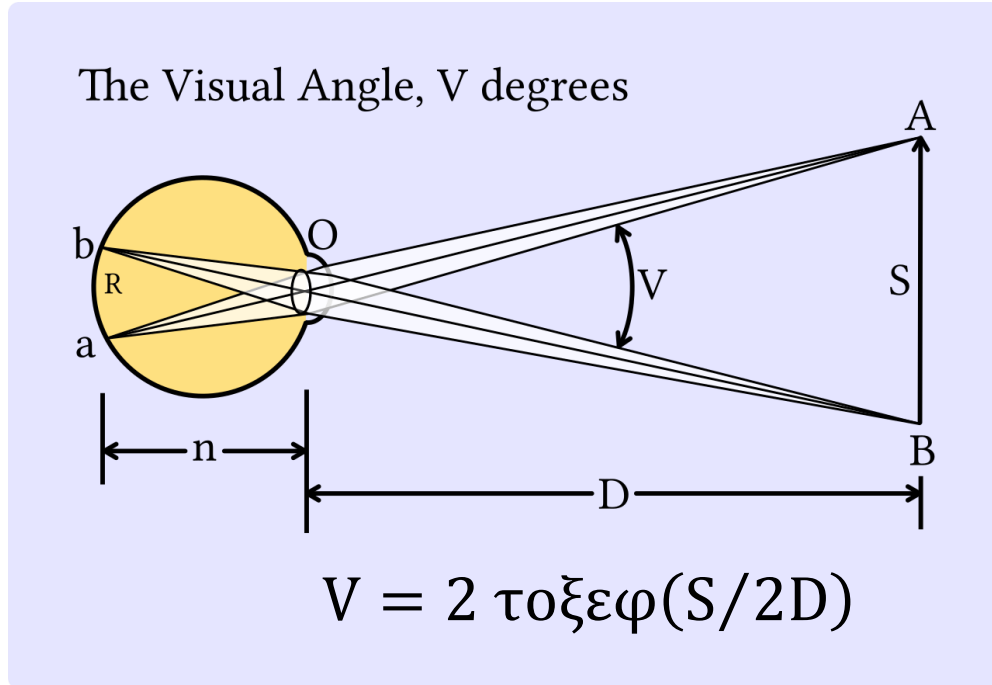


γωνία οράσεως
ανεξάρτητη της θέσης
του αντικειμένου

Ελάχιστη απόσταση αντικειμένου από φακό: εκείνη (A_1B_1) για την οποία το είδωλο σχηματίζεται στην ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως Δ

ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ (visual angle/angle of vision)

Η γωνία υπό την οποία παρατηρείται το αντικείμενο

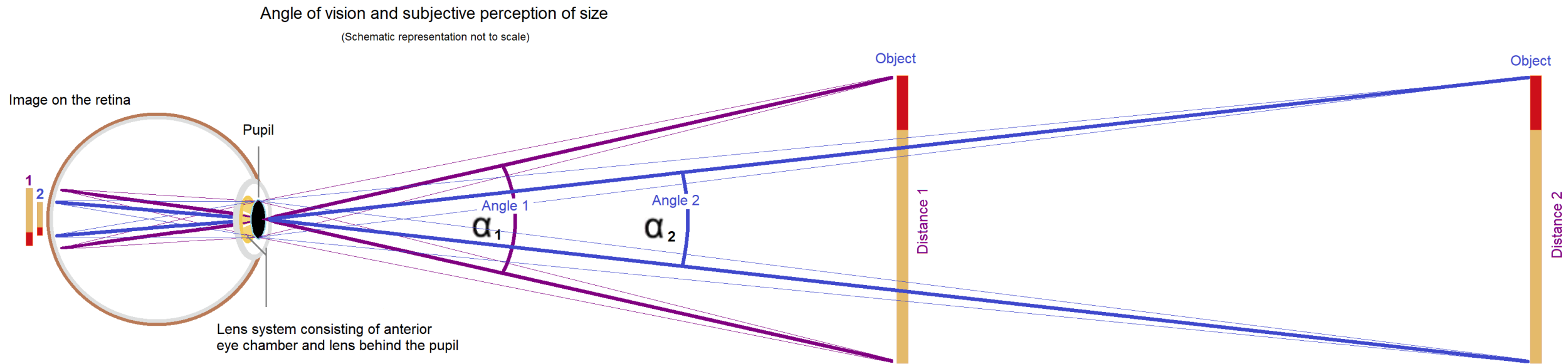


By Ojosepa, CC BY 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=88818391>

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



ΓΩΝΙΑ ΟΡΑΣΕΩΣ : «γωνιακό» μέγεθος ειδώλου



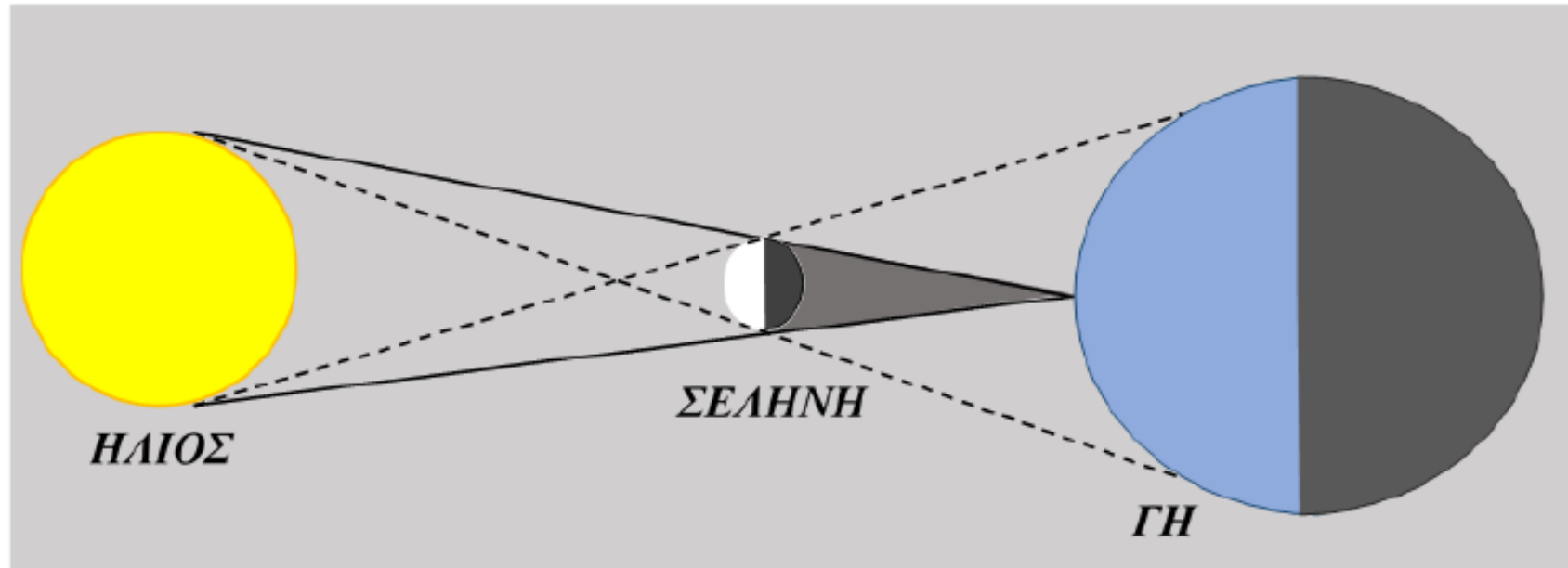
https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_angle available under the [Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικές αποστάσεις → διαφορετική γωνία οράσεως



διαφορετικό μέγεθος ειδώλου στον αμφιβληστροειδή

Αλλά και διαφορετικά αντικείμενα με την ίδια γωνία οράσεως

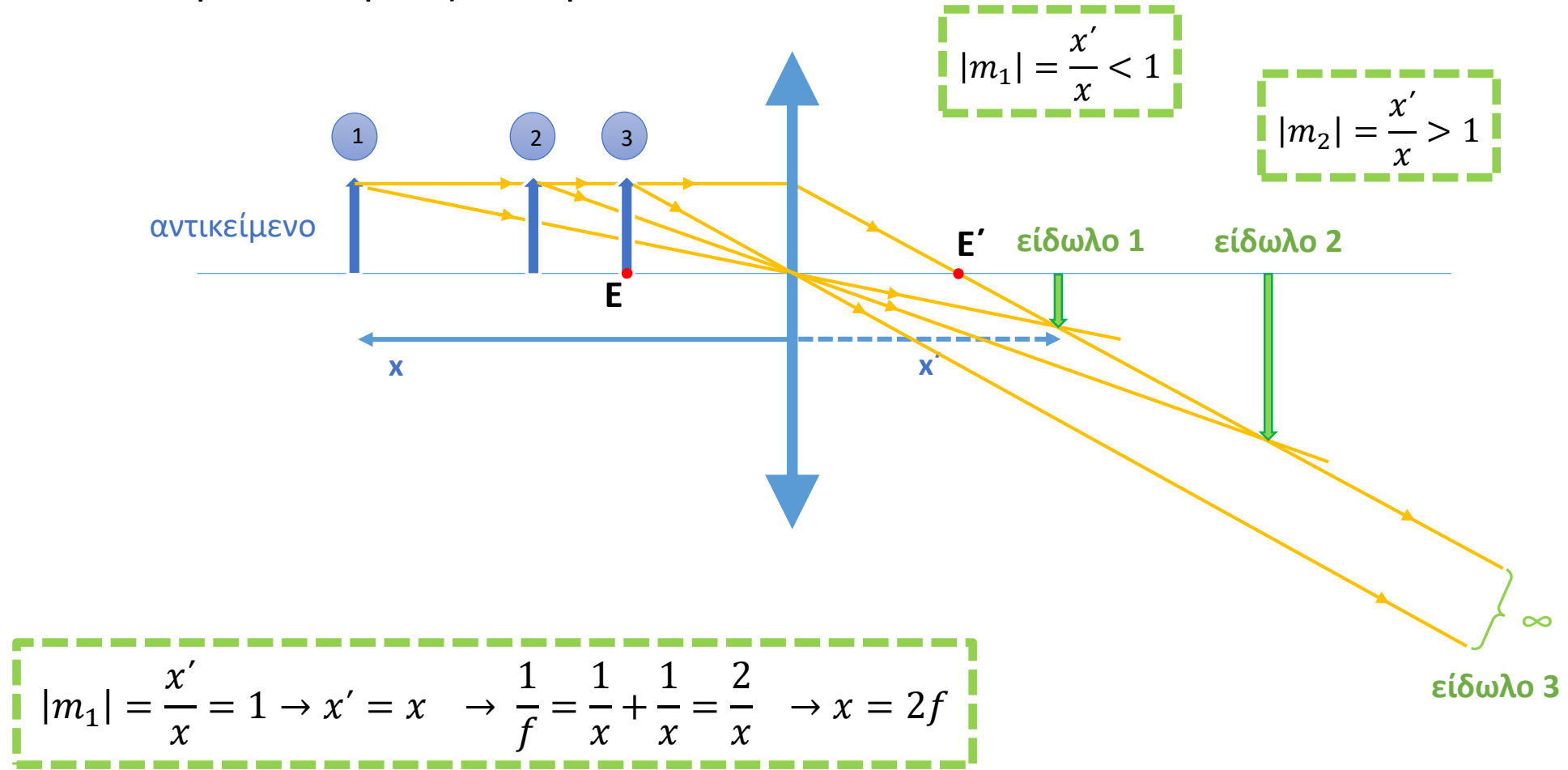


	διάμετρος S (km)	απόσταση D από Γη (km)	S/D	γωνία οράσεως V (μοίρες)
ΣΕΛΗΝΗ	3474	384,400	0.009	0.5
ΗΛΙΟΣ	1,393,000	149,600,000	0.009	0.5

- Φακός με εστιακή απόσταση $f=25\text{cm}$ δημιουργεί το εστιασμένο είδωλο του ήλιου σε πέτασμα. Να υπολογιστεί η διάσταση του κυκλικού ίχνους του ειδώλου του ήλιου. Δίνεται η διάμετρος του ήλιου $D=1.39 \times 10^9\text{m}$ και η απόσταση γης – ήλιου $L=1.5 \times 10^{11}\text{m}$.
- Διάσταση κυκλικού ηλιακού ίχνους
Ισχύει : $E/A = (f/\alpha)^2$ και έτσι $E=A (f/\alpha)^2 = (\pi D^2/4) (f/L)^2$ και έτσι υπολογίζεται ότι η διάμετρος του κυκλικού, ηλιακού ίχνους είναι 2.3mm .

ι. Πραγματικό Είδωλο

Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:



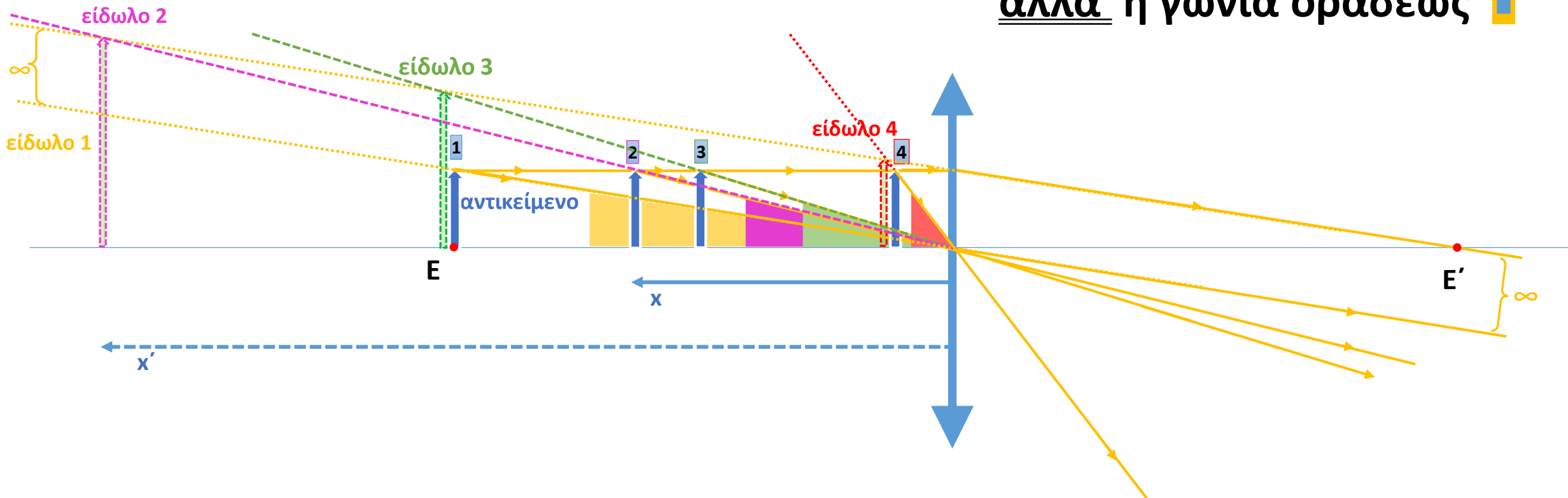
ii. Φανταστικό Είδωλο

Όταν το αντικείμενο πλησιάζει το φακό:

$$M_{\text{εγκ}} = \frac{\text{ειδωλο}}{\text{αντικειμενο}}$$



αλλά η γωνία οράσεως 



- Ερώτηση: Το φανταστικό είδωλο που δημιουργείται σε απόσταση 6.25cm από λεπτό συγκλίνοντα (θετικό) φακό έχει ύψος διπλάσιο από το αντικείμενο. Αν ο φακός χρησιμοποιείται ως μεγεθυντικός ποιά είναι η γωνιακή μεγέθυνση που επιτυγχάνεται
 (α) όταν το αντικείμενο βρίσκεται στο εστιακό επίπεδο του φακού;
 (β) όταν το παρατηρούμενο φανταστικό είδωλο δημιουργείται στην ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως $\Delta=25\text{cm}$;

- Απάντηση :

(α) $M_{\gamma\omega\nu} = \Delta / f$

$E/A = \beta/\alpha = 2$ οπότε και $\alpha = \beta/2 = 3.125\text{cm}$. Από την σχέση $1/\alpha + 1/\beta = 1/f$ ισχύει : $1/3.25 - 1/6.25 = 1/f$ οπότε $f = 6.25\text{cm}$.

Άρα: $(\Delta/f) = 25/6.25 = 4$ δηλαδή ο φακός χαρακτηρίζεται σαν (x4).

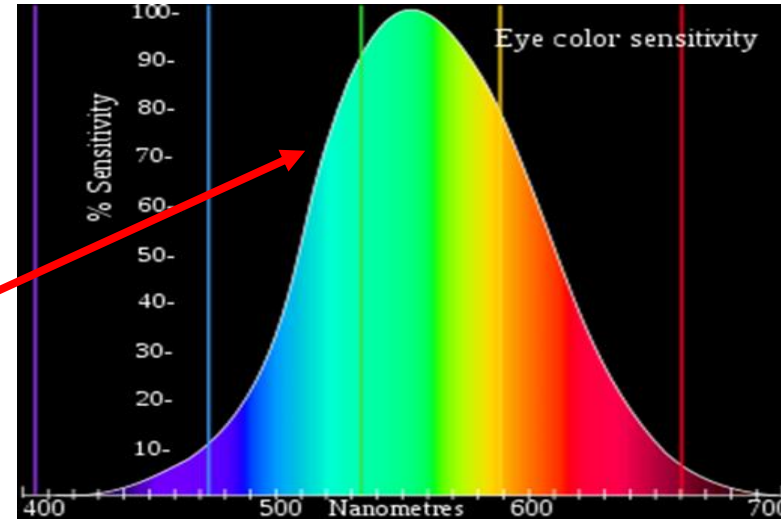
(β) $M_{\gamma\omega\nu} = \max = (\Delta / f) + 1 = 5x$

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Φωτομετρικά μεγέθη

Ποσοτικοποιουν την αίσθηση που δημιουργεί η ακτινοβολία στον ανθρώπινο οφθαλμό

- **Μόνο ορατή** περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος
- Η **ευαισθησία** του οφθαλμού είναι διαφορετική για διαφορετικά μήκη κύματος → $V(\lambda)$



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

↓
Ψυχολογικό σύστημα φωτομετρικών μονάδων
π.χ. 1cd, 1lm, 1lux



Μono **ΟΡΑΤΗ** ακτινοβολία

Φυσικό σύστημα φωτομετρικών μονάδων
π.χ. 1w/sterad, 1W, 1W/m²



Οποιαδήποτε ακτινοβολία

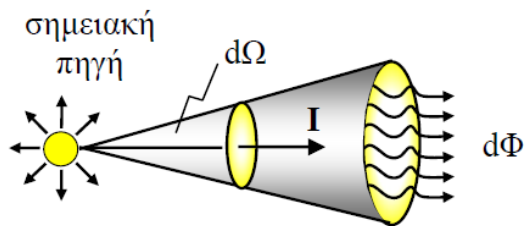
Φωτομετρικά μεγέθη σχετικά με τη ΦΩΤΕΙΝΗ ΠΗΓΗ

• Φωτεινή ροή = $\frac{\text{Ενεργεια (ορατη ακτινοβολια)}}{\text{χρονο}}$ → 1 Lumen (*lm*)

$$\Phi_V = \frac{dE(\text{ορατό})}{dt}$$

• Φωτοβολία (ή Φωτεινή ένταση) = $\frac{\text{Φωτεινη Ροη σε ορισμενη δ/ση}}{\text{στερεα γωνια}}$ → 1 candela (*cd*)

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$



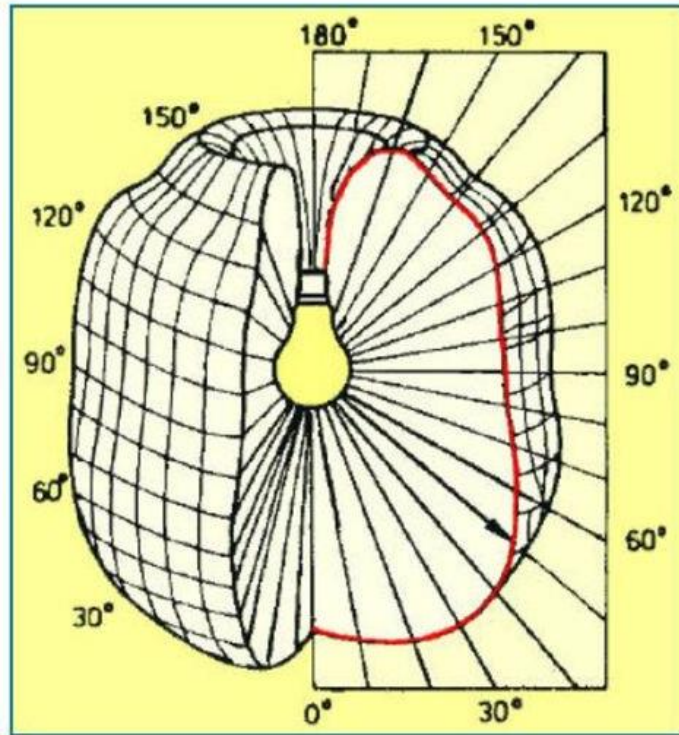
$$\Phi_{ολ} = \int_{\Omega} I \cdot d\Omega$$

Ολική Φωτεινή ροή

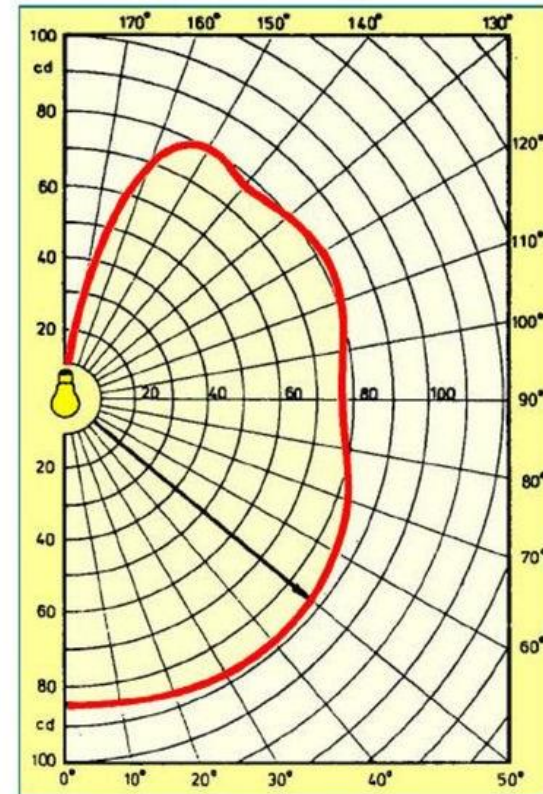
• Φωτεινότητα (ή Λαμπρότητα) : L_V → 1 candela/m²
χαρακτηρίζει την Φωτοβολία της πηγής ανά μονάδα επιφάνειας

Η φωτοβολία εξαρτάται από τη δ/ση προς την οποία κατευθύνεται η dΩ

$$I = I(\theta)$$



Σχήμα 2.4: Καμπύλη φωτεινής έντασης και φωτομετρικό στερεό



Σχήμα 2.5: Καμπύλη φωτεινής έντασης λαμπτήρα πυράκτωσης

<https://slideplayer.gr/slide/13726007/>

Φωτεινότητα (Λαμπρότητα)



1 cd/m^2

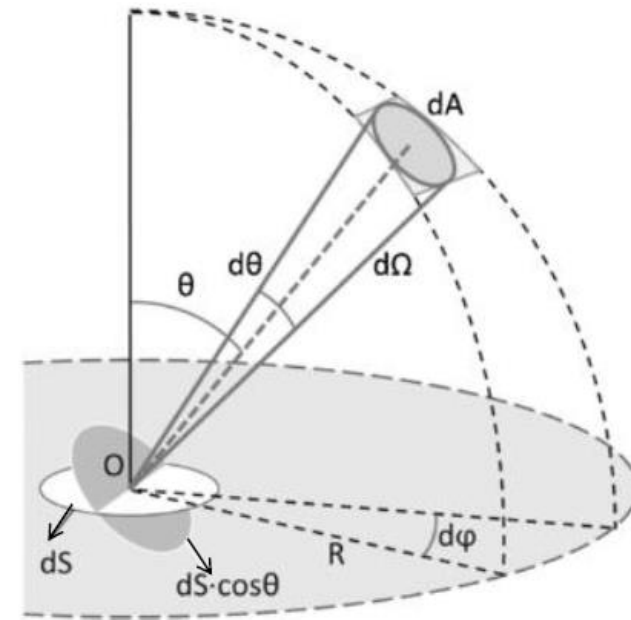
χαρακτηρίζει την Φωτοβολία της πηγής ανά μονάδα επιφάνειας

$$L_V = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dS \cos\theta} = \frac{I}{dS \cos\theta}$$

Νόμος του Lambert

$$I = L_V \cdot S \cdot \cos\theta$$

Η φωτοβολία I γίνεται **μέγιστη** κατά την **κάθετη** στην επιφάνεια $\delta/\sigma\eta$



Πηγή: N Matsapey *et al* 2013, Design of a gonio-spectro-photometer for optical characterization of gonio-apparent materials, *Meas. Sci. Technol.* 24 065901

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αγγελική Φωτιάδη, 2015.

Αγγελική Φωτιάδη. «Φυσική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Αργίνο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

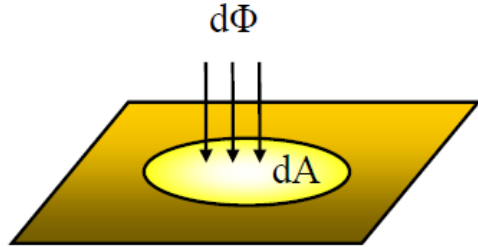
https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV_127

Φωτομετρικά μεγέθη σχετικά με τη ΦΩΤΙΖΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Φωτισμός επιφάνειας = $\frac{\text{προσπίπτουσα φωτεινή ροή}}{\text{επιφάνεια}} \rightarrow 1 \text{ Lux} = 1 \text{ lumen/m}^2 \text{ (lm}\cdot\text{m}^{-2}\text{)}$

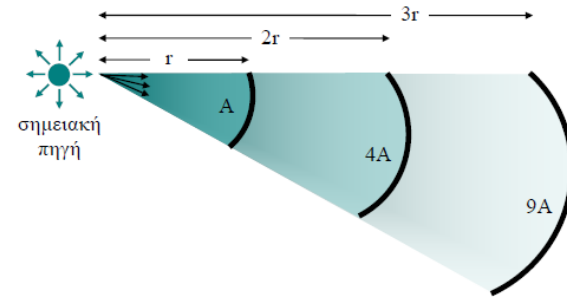
$$B = \frac{d\Phi}{dA}$$

I. Κάθετη πρόσπτωση

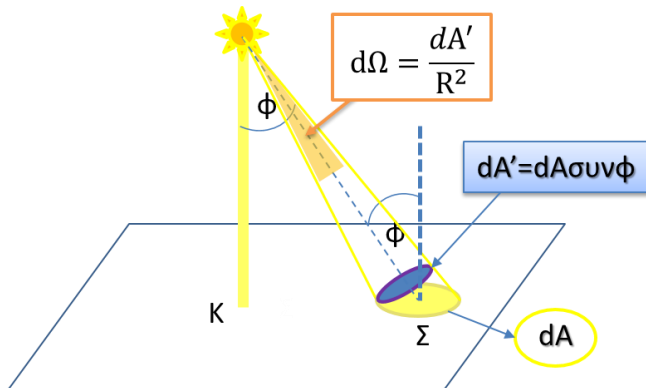


$$B = \frac{I}{R^2}$$

- νόμος των αποστάσεων: $B \sim \frac{1}{R^2}$



II. Γωνία πρόσπτωσης φ

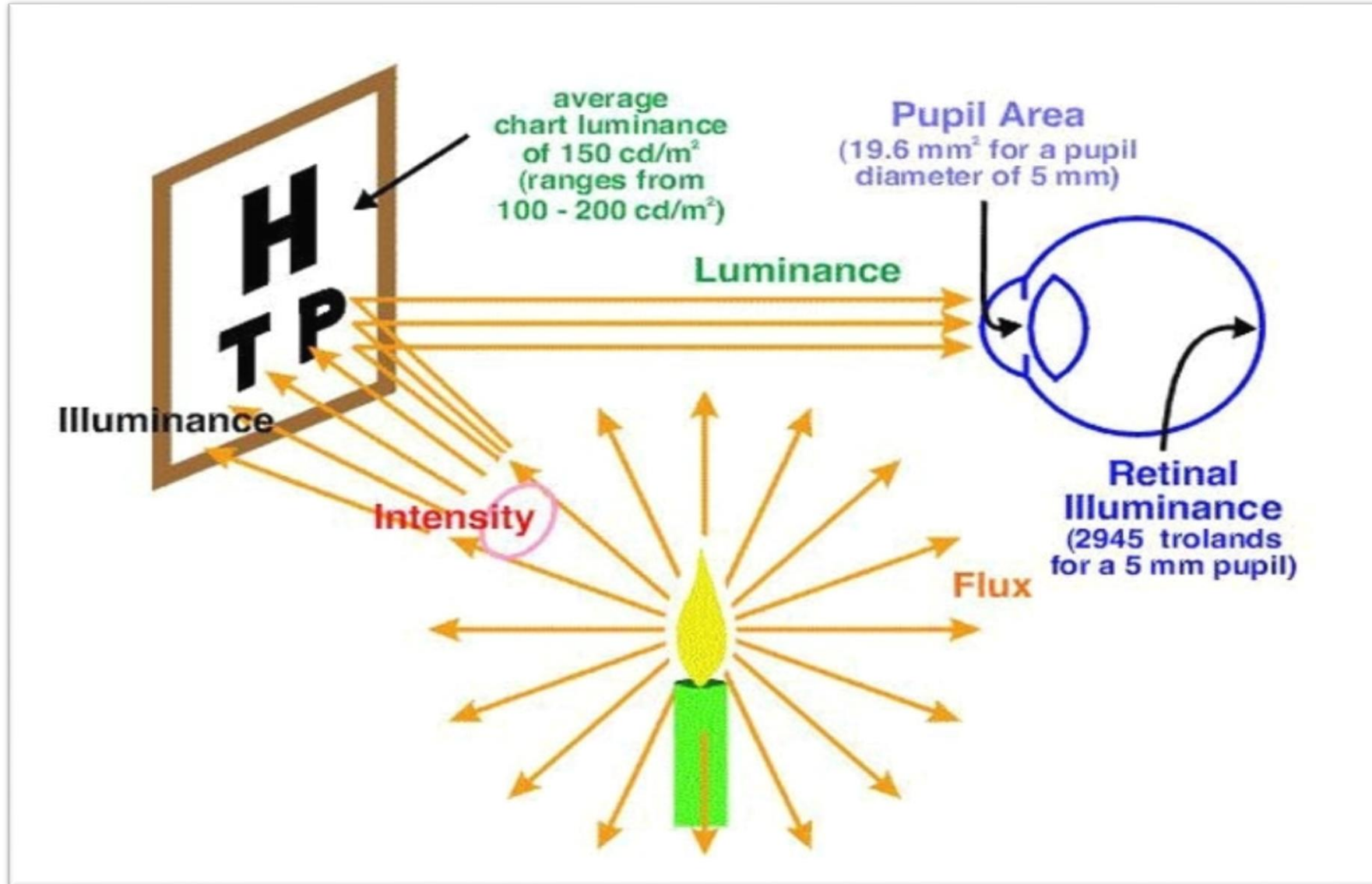


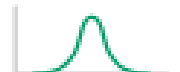
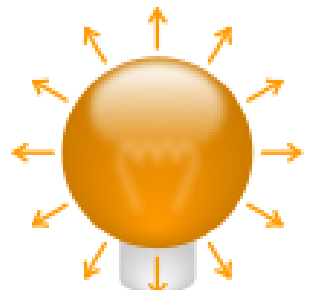
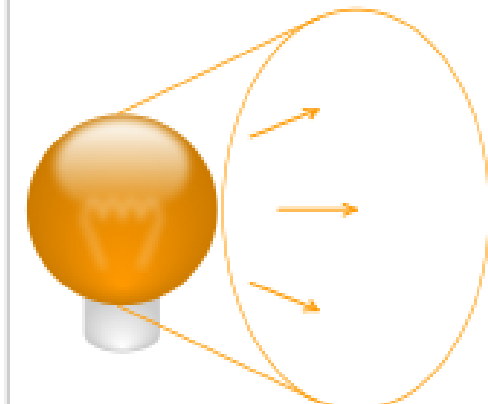
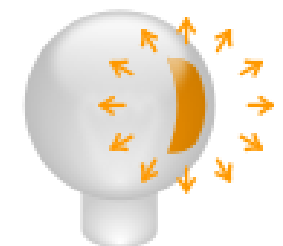
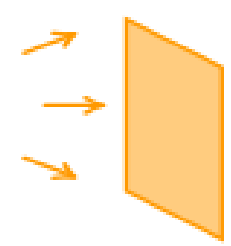
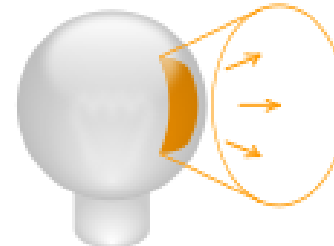
$$B = \frac{I}{R^2} \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$$

- Ισοφωτισμός επιφάνειας από 2 πηγές

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

Συσχετισμοί φωτομετρικών μεγεθών στη διαδικασία της όρασης



		$\frac{\partial}{\partial \Omega}$ →	
		Non-directional	Directional
Over-all	 Luminous efficacy K (lm/W)		
	Photometry [Luminous flux Φ_v (lumen, lm=cd·sr)		Luminous intensity I_v (candela, cd=lm/sr)
	Radiometry [Radiant flux Φ_e (watt, W)		Radiant intensity $I_{e,\Omega}$ (W/sr)
$\frac{\partial}{\partial A}$ ↓			
Per unit area	 Exiting:	 Incoming:	
	Luminous exitance M_v (lm/m ²)	Illuminance E_v (lux, lx=lm/m ²)	Luminance L_v (nit, nt=cd/m ²)
	Radiant exitance M_e (W/m ²)	Irradiance E_e (W/m ²)	Radiance $L_{e,\Omega}$ (W/sr/m ²)

By Cmglee - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=121743159>

Οπτικά μεγέθη – Μεγέθυνση

Ερωτήσεις (6/10)

- Παρατηρητής αντιλαμβάνεται αντικείμενα με την ίδια λαμπρότητα (π.χ. λαμπτήρες φωτισμού σε επαρχιακό δρόμο) που όμως αν και απέχουν διαφορετική απόσταση από τον οφθαλμό μας γίνονται αντιληπτά από αυτόν σαν να χαρακτηρίζονται με την ίδια λαμπρότητα. Τι ακριβώς συμβαίνει ;

Οπτικά μεγέθη – Μεγέθυνση

Ερωτήσεις (6/10)

- Απάντηση : Όσο η απόσταση από την φωτεινή πηγή (π.χ. λαμπτήρας) μεγαλώνει η φωτεινή ροή που προσπίπτει στον αμφιβληστροειδή ελαττώνεται αλλά και το εμβαδόν του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή επίσης ελαττώνεται με την ίδια ακριβώς αναλογία και έτσι η εντύπωση στον παρατηρητή παραμένει η ίδια.

Φωτομετρία 1

- Ποιος είναι ο φωτισμός που δημιουργεί σε μια επιφάνεια με εμβαδόν 1m^2 η προσπίπτουσα φωτεινή ροή των 1000lm ; Πως θα μεταβληθεί ο φωτισμός όταν με την ίδια φωτεινή ροή η επιφάνεια αυξήσει το εμβαδόν της και γίνει τώρα 100m^2 ;
- $B = d\Phi/dS = 1000/1 = 1000\text{Lux}$.
- $B' = d\Phi/dS' = 1000/100 = 10\text{Lux}$. Δηλαδή στη δεύτερη περίπτωση ο φωτισμός είναι τώρα 100 φορές μικρότερος.

Φωτομετρία 2

- Πόσο πρέπει να κατέβει φωτεινή πηγή σταθερής έντασης I ώστε να διπλασιαστεί ο φωτισμός μικρής επιφάνειας η οποία βρίσκεται σε απόσταση h ακριβώς από κάτω ;
- Αρχική θέση φωτεινής πηγής (πρόκειται για κατακόρυφο φωτισμό) και ισχύει : $B=I/h^2$.
- Νέα θέση της πηγής σε μικρότερο όμως ύψος h' τώρα θα ισχύει : $B' = I/h'^2$. Σύμφωνα με την εκφώνηση θα πρέπει $B' = 2B$ και έτσι $I/h'^2 = 2 I/h^2$ δηλαδή $h/h' = 1.41$ οπότε $h'=0.71h$.

Φωτομετρία 3

- Λαμπτήρας εντάσεως 16Cd βρίσκεται σε ύψος ενός μέτρου από οριζόντιο τραπέζι. Σε ποιο ύψος πρέπει να τοποθετηθεί άλλος λαμπτήρας 50Cd για να προκαλέσει διπλάσιο φωτισμό από τον προηγούμενο;
- Πρόκειται για κατακόρυφο φωτισμό και έτσι ισχύει : $B=16\text{Cd} / (1\text{m})^2 = 16 \text{ Lux}$.
- Ο φωτισμός από τον άλλο λαμπτήρα (σε νέο ύψος x) θα πρέπει να είναι διπλάσιος από ότι πριν δηλαδή 32 Lux. Έτσι θα πρέπει να ισχύει : $32 \text{ Lux} = 50\text{Cd} / x^2$. Οπότε και $x^2 = 50/32 = 1.56$ δηλαδή το ζητούμενο νέο ύψος είναι $x=1.24\text{m}$.

Φωτομετρία 5

- Να βρεθεί το πηλίκο των φωτισμών που προκαλεί ο ήλιος σε ένα τόπο όταν ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ του τόπου και όταν είναι σε (γωνιακό) ύψος 30° πάνω από τον ορίζοντα.
- Ο ήλιος κατακόρυφα δημιουργεί φωτισμό : $B = I/L^2$
- Ο ήλιος σε γωνία 30° από ορίζοντα $B' = (I/L^2) \cos 60^\circ$ και έτσι ισχύει $B/B' = 1/\cos 60^\circ = 1/0.5 = 2$.

Φωτομετρία 8

- Φωτεινή πηγή δημιουργεί φωτισμό 10Lux από απόσταση 1m. Πόσος είναι ο φωτισμός από την ίδια ακριβώς πηγή στη μισή όμως τώρα απόσταση;
- Πρόκειται για φωτισμό όταν οι ακτίνες προσπίπτουν κάθετα. Έτσι ισχύει : $B=I/1^2$ και $I=(10)1=10\text{Cd}$. Οπότε ο νέος φωτισμός από την ίδια πηγή είναι : $B'=10/(0.5)^2=10/(0.25)=40\text{Lux}$. Δηλαδή τώρα, στη νέα απόσταση, ο φωτισμός τετραπλασιάστηκε.

Φωτομετρία 10

- Δυο φωτεινές πηγές με διαφορετικές εντάσεις I_1 και I_2 βρίσκονται σε οριζόντια θέση και σε απόσταση 6m. Σε απόσταση δυο μέτρων από την πιο αδύναμη πηγή τοποθετείται κατακόρυφο πέτασμα και έτσι δημιουργείται ισοφωτισμός. Να υπολογιστεί το πηλίκο των δυο εντάσεων.
- Συνθήκη ισοφωτισμού σημαίνει : $B_1 = B_2$ και έτσι ισχύει : $I_1 / 2^2 = I_2 / 4^2$ δηλαδή $I_1 / I_2 = 1/4$.

Φωτομετρία 11

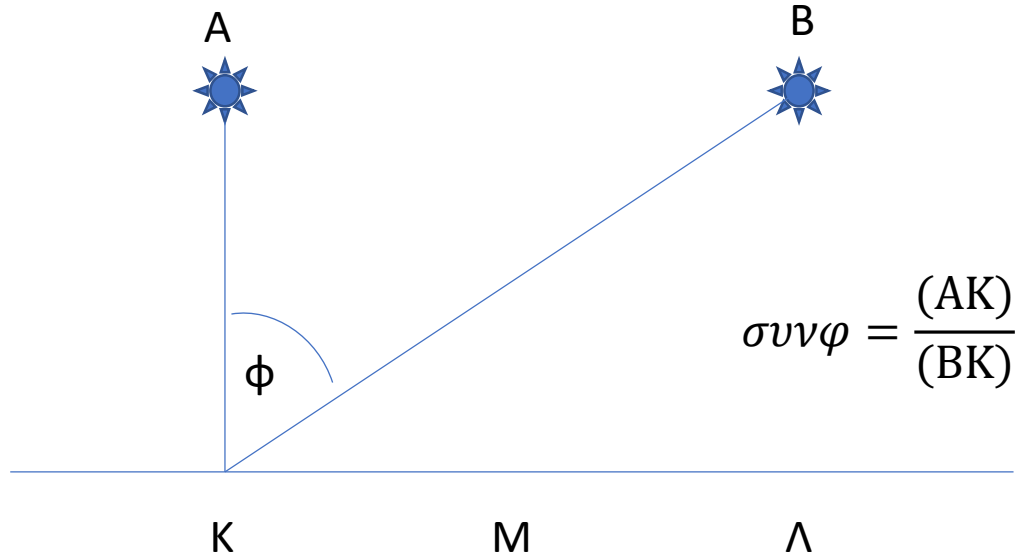
- Σε φωτογραφικό στούντιο φωτεινή πηγή βρίσκεται σε ύψος 1.5m πάνω από τράπεζα εργασίας. Σε ποια θέση πάνω από την πηγή πρέπει να τοποθετηθεί (οριζόντια) επίπεδο κάτοπτρο ώστε ο κάθετος φωτισμός στη τράπεζα να αυξηθεί κατά 50% από ότι πριν ;
- Το είδωλο της πηγής απέχει απόσταση $1.5+2x$ από την τράπεζα. Ισχύει η σχέση $I/(1.5)^2 + I/(1.5+2x)^2 = 1.5 I/(1.5)^2$ και έτσι $1 / 4.5 = 1 / (1.5 + 2x)^2$ ή $1.5+2x=2.12$ ή $x=0.31m$.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Σε φωτογραφικό στούντιο δυο όμοιες σημειακές φωτεινές πηγές A και B έχουν ένταση $I = 500 \text{ Cd}$ η κάθε μια και βρίσκονται σε ύψος $h = 3 \text{ m}$ ενώ απέχουν οριζόντια απόσταση $AB = 4 \text{ m}$. Πόσος είναι ο φωτισμός στο πάτωμα:

- (i) ακριβώς κάτω από κάθε πηγή,
- (ii) στη μέση απόσταση μεταξύ των δυο φωτεινών πηγών ;

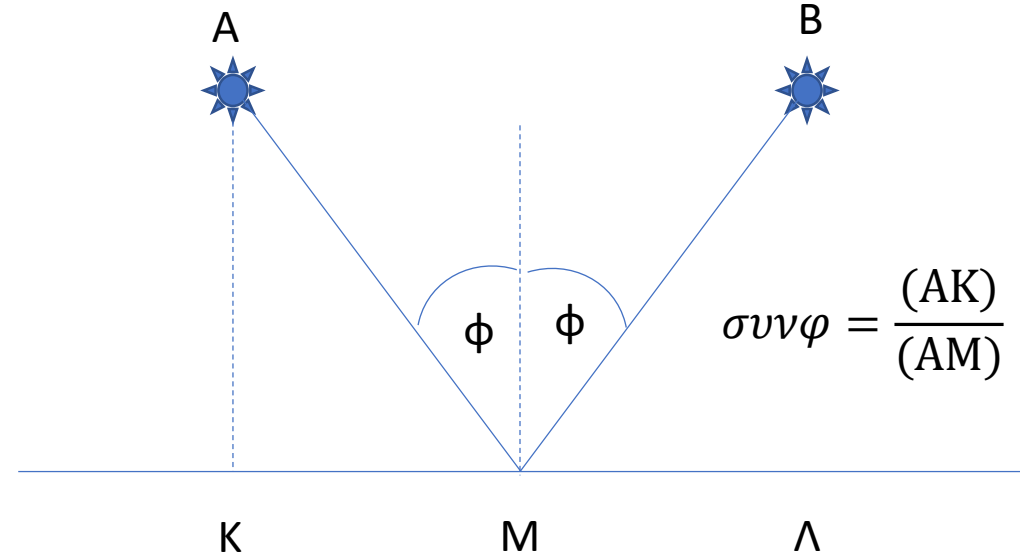
ΕΡΩΤΗΣΗ 2



$$B(K) = B_A(K) + B_B(K)$$

$$B_A(K) = \frac{1}{h^2}$$

$$B_B(K) = \frac{1}{h^2} \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$$

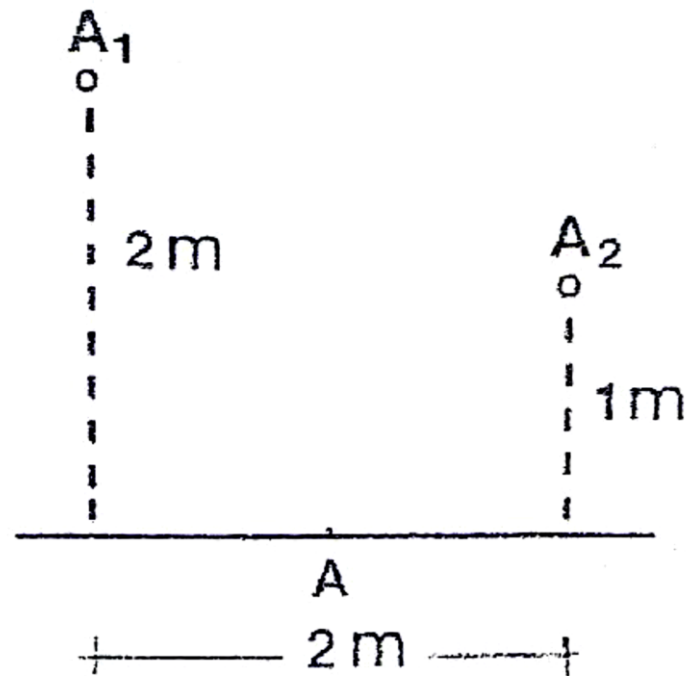


$$B(M) = B_A(M) + B_B(M)$$

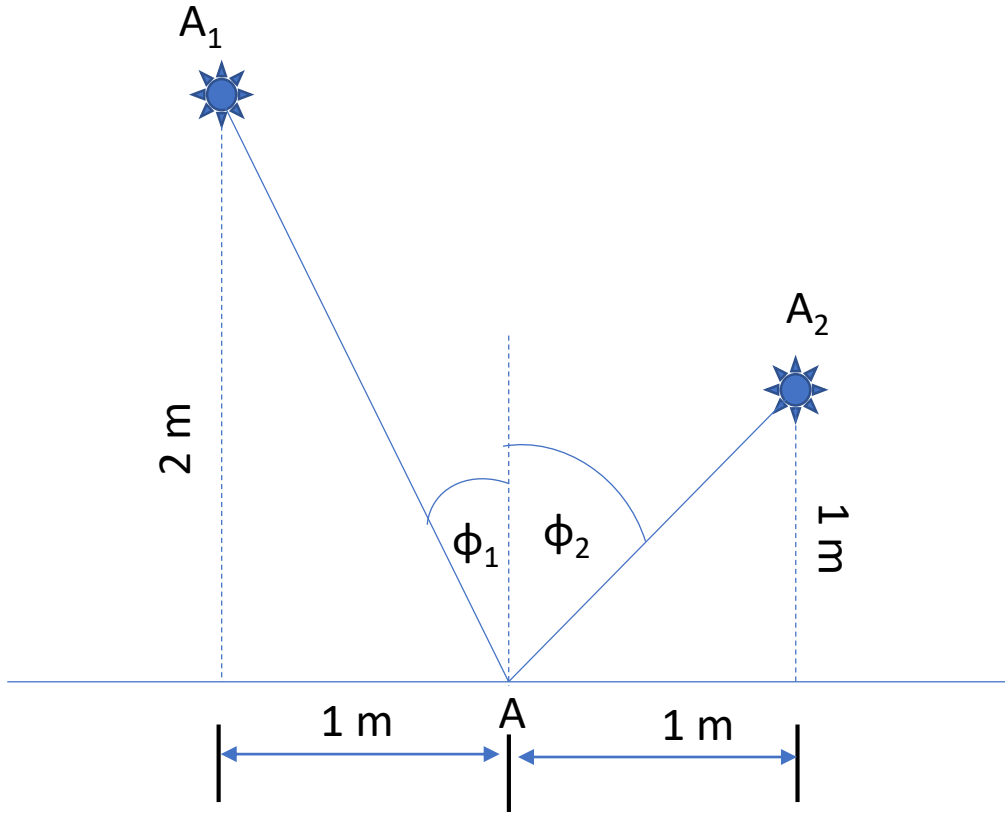
$$B_A(M) = B_B(M) = \frac{1}{h^2} \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$$

ΕΡΩΤΗΣΗ 3

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατακόρυφη τομή ενός φωτογραφικού στούντιο. Η φωτογράφιση θέματος στο σημείο A του δαπέδου απαιτεί φωτισμό 160 Lux. Εάν στις θέσεις A_1 και A_2 πρόκειται να τοποθετηθούν δυο όμοιες, ισότροπες φωτογραφικές λάμπες να υπολογιστεί η ένταση της κάθε μιας.



ΕΡΩΤΗΣΗ 3



$$B(A) = B_1(A) + B_2(A)$$

$$B_1(A) = \frac{I}{h_1^2} \cdot \sigma \nu \nu \varphi_1$$

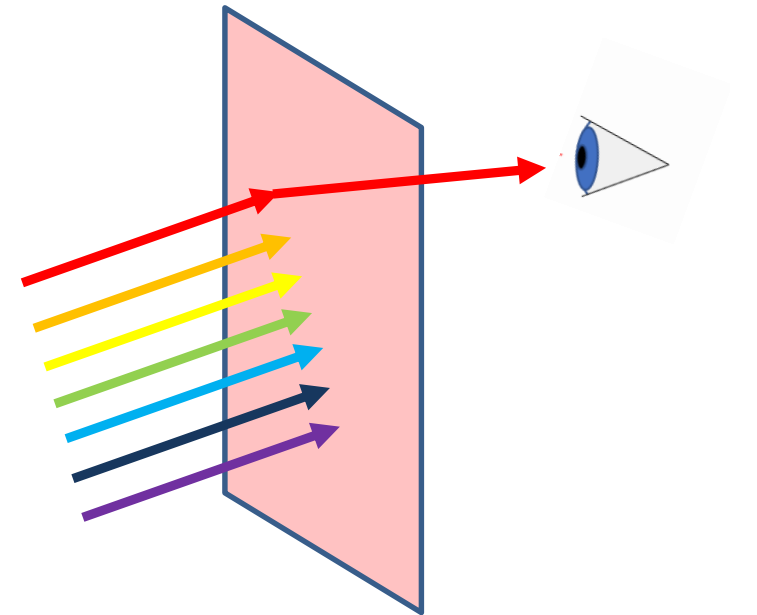
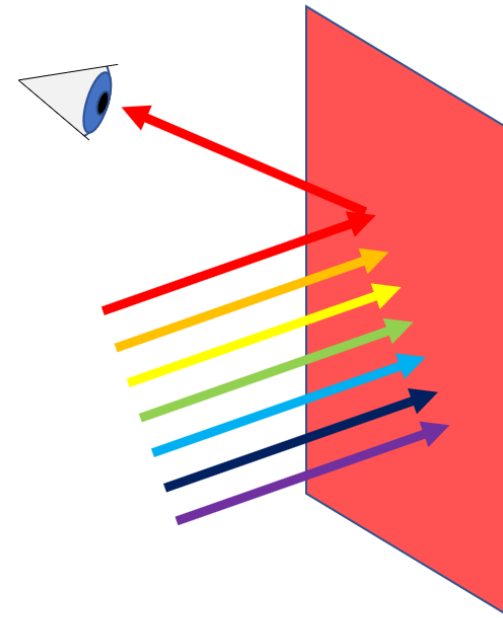
$$\sigma \nu \nu \varphi_1 = \frac{h_1}{(A_1 A)}$$

$$B_2(A) = \frac{I}{h_2^2} \cdot \sigma \nu \nu \varphi_2$$

$$\sigma \nu \nu \varphi_2 = \frac{h_2}{(A_2 A)}$$

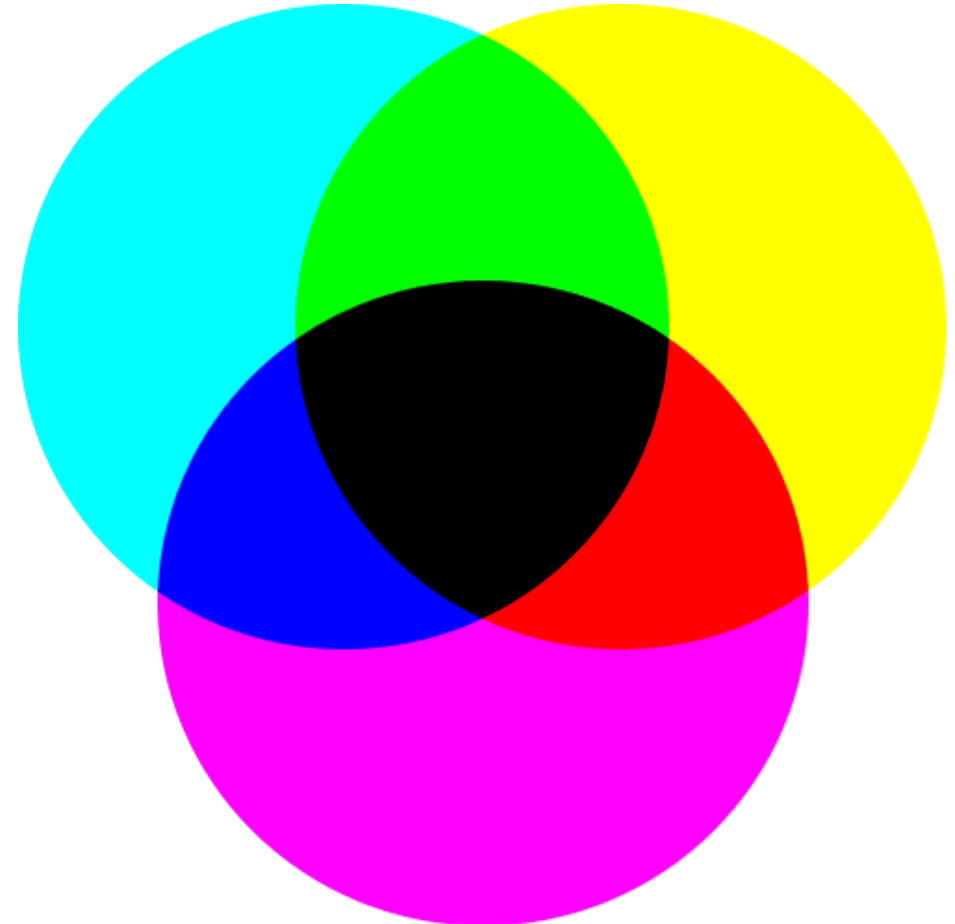
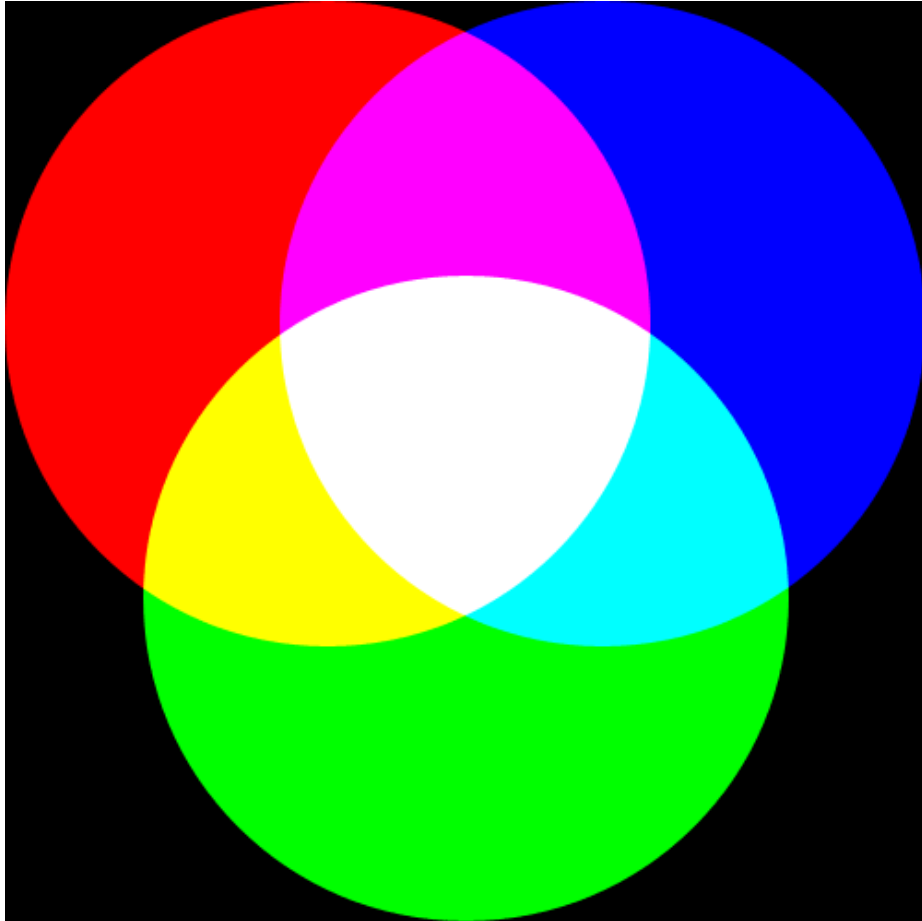
ΧΡΩΜΑ

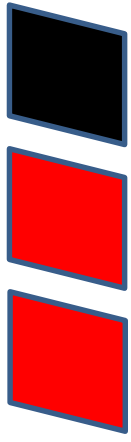
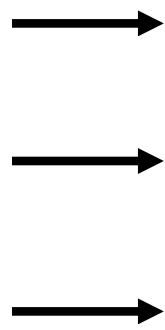
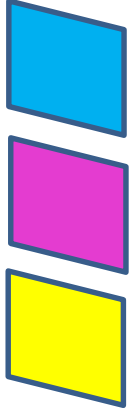
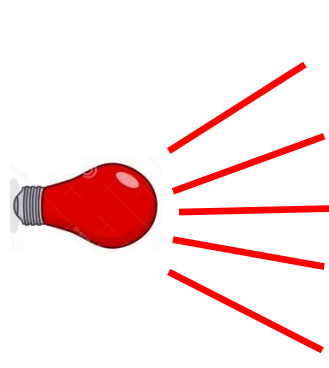
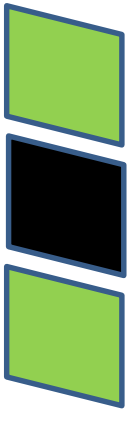
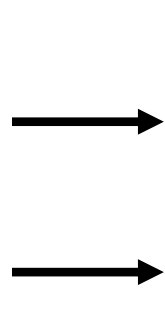
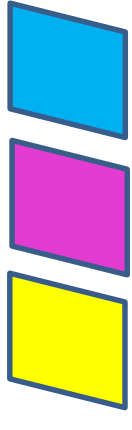
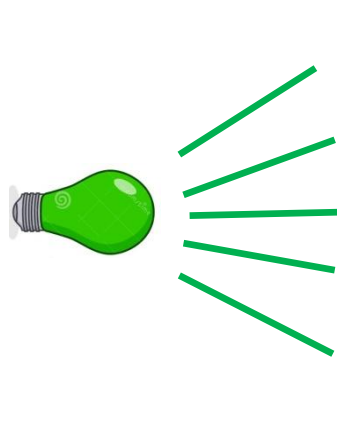
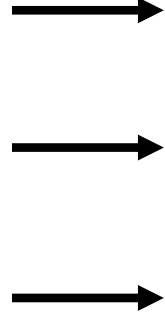
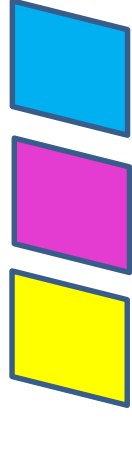
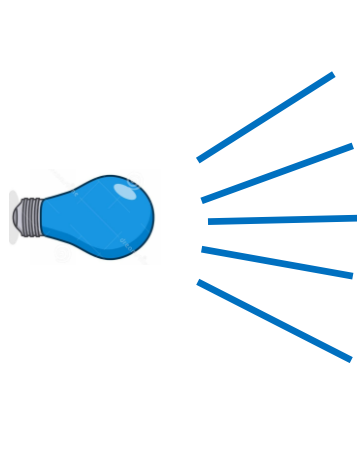
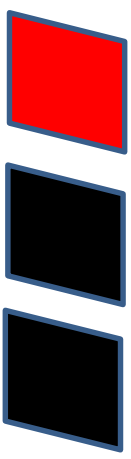
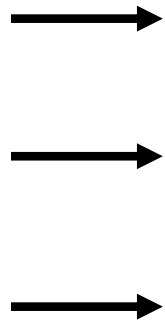
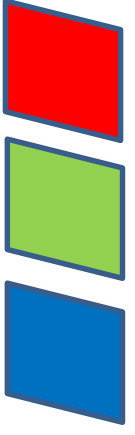
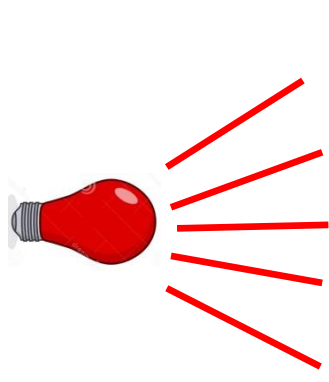
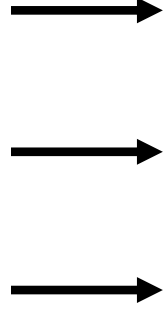
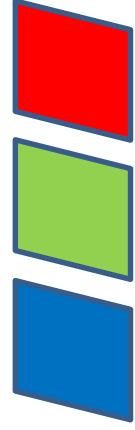
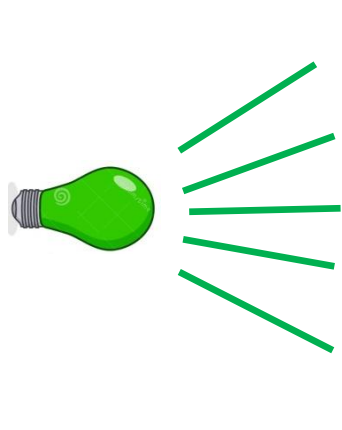
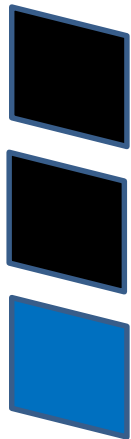
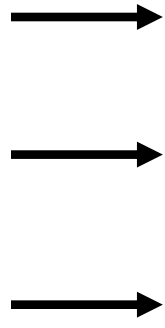
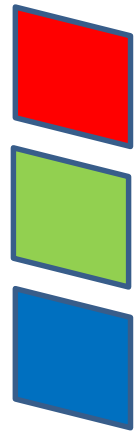
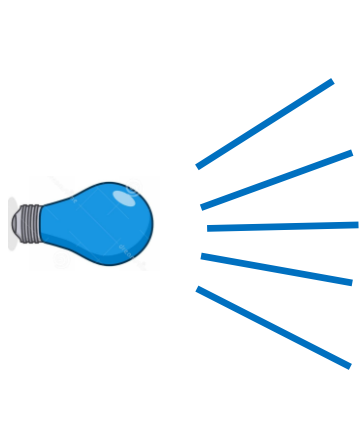
- Χρώμα αδιαφανών σωμάτων: προκύπτει από τις συχνότητες που ανακλά (οι υπόλοιπες απορροφώνται)
- Χρώμα διαφανών σωμάτων: προκύπτει από τις συχνότητες που αφήνει να διέλθουν (οι υπόλοιπες απορροφώνται)

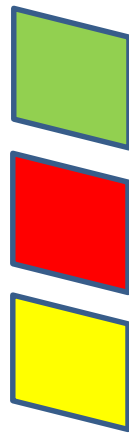
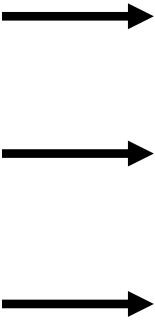
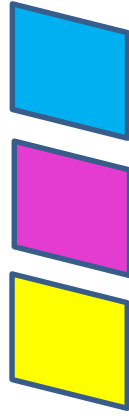
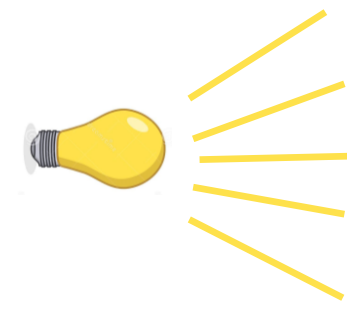
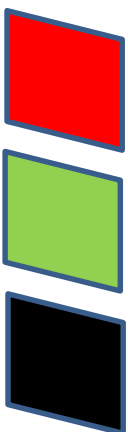
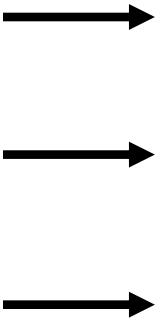
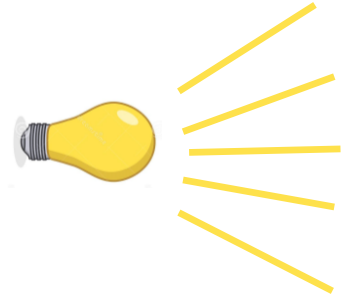
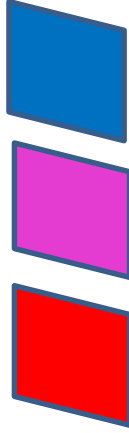
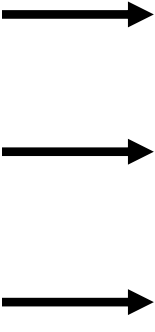
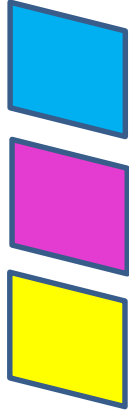
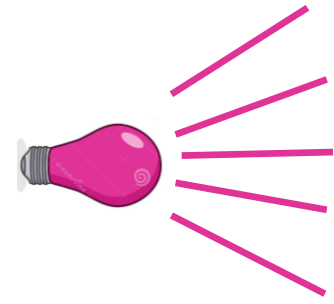
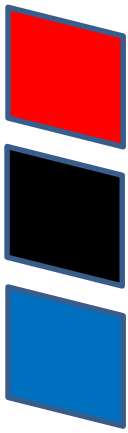
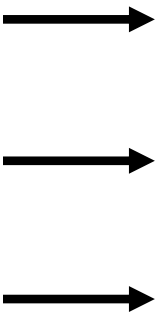
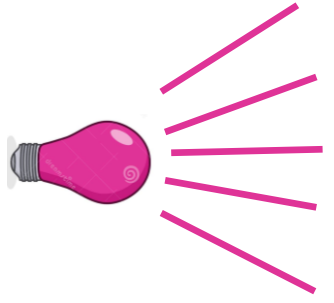
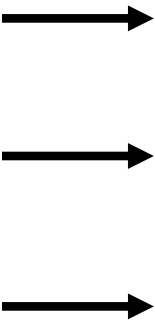
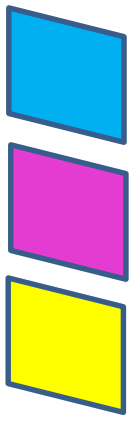
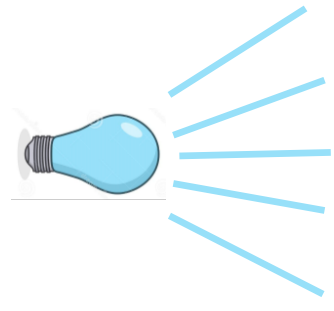
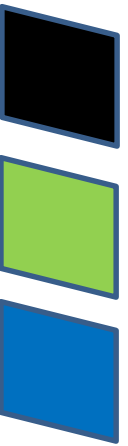
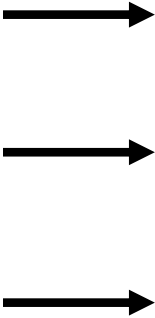
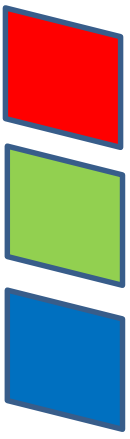
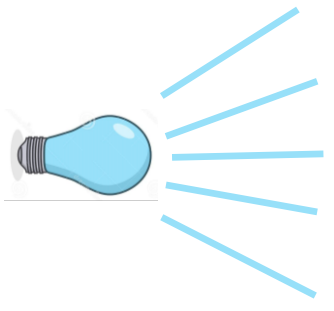


Θεωρία χρώματος

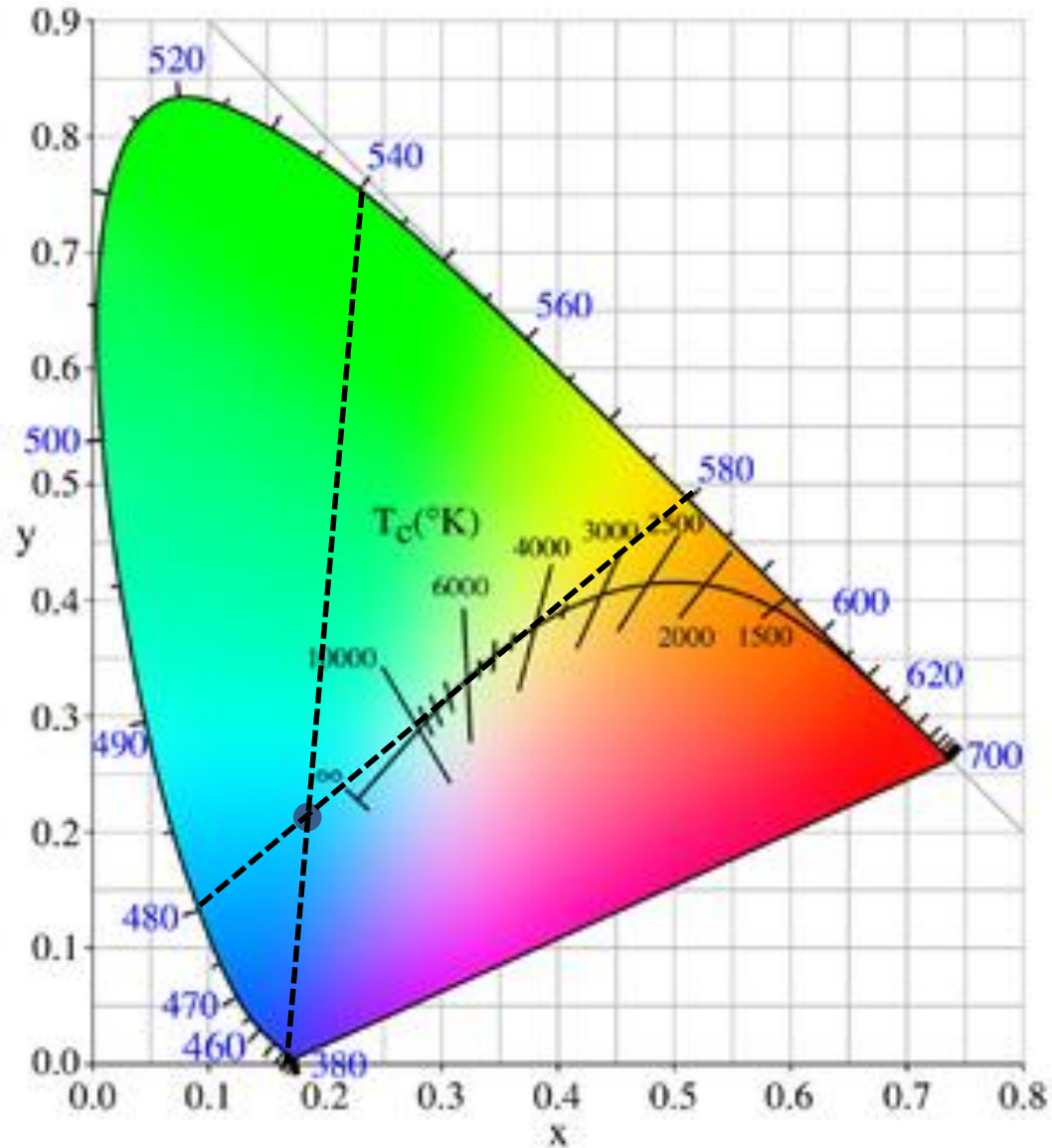
Βασικά - Συμπληρωματικά







Χρώματα από σύνθεση



Έστω περιοχή σημείου X με συντεταγμένες (0.19, 0.21) το σύνθετο χρώμα στο οποίο αντιστοιχεί μπορεί να αναπαραχθεί ως εξής :

Ιώδες (400nm) + Πράσινο (565nm)

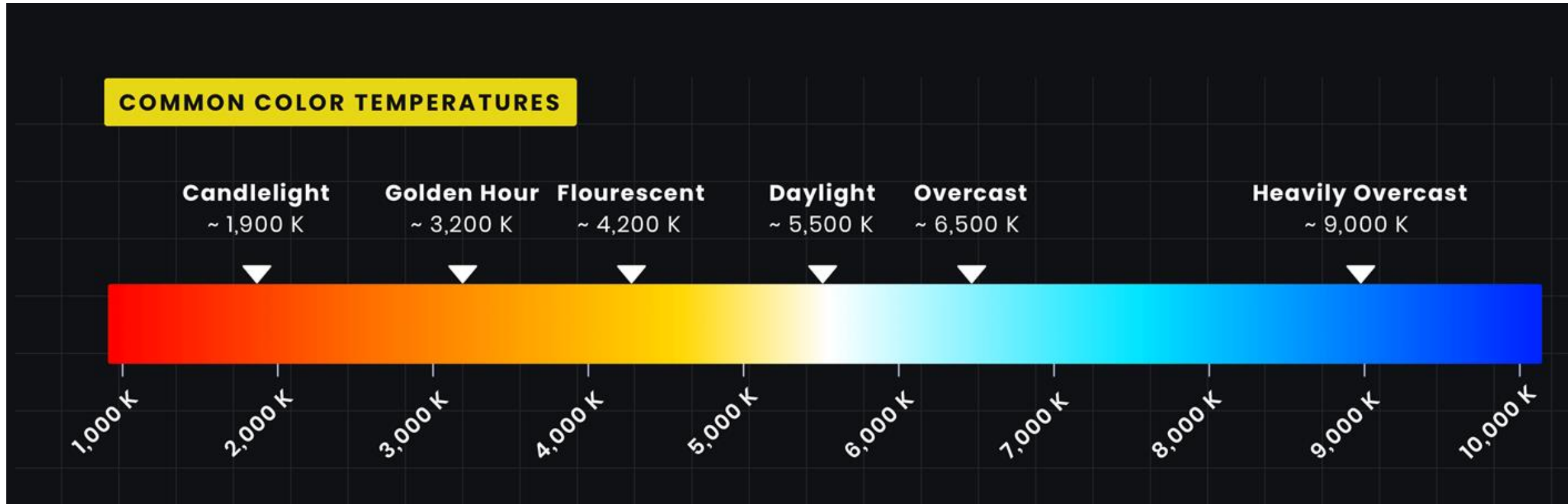
ή

Βαθύ Κυανό (480nm) + Κίτρινο (580nm)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΓΧΡΩΜΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ Η ΚΛΙΜΑΚΑ **M**icro**R**eciprocal**D**egree :

$$MV = \frac{10^6}{T}$$

$$T_1 \rightarrow T_2: \quad MSV = (1/T_2 - 1/T_1) \cdot 10^6$$

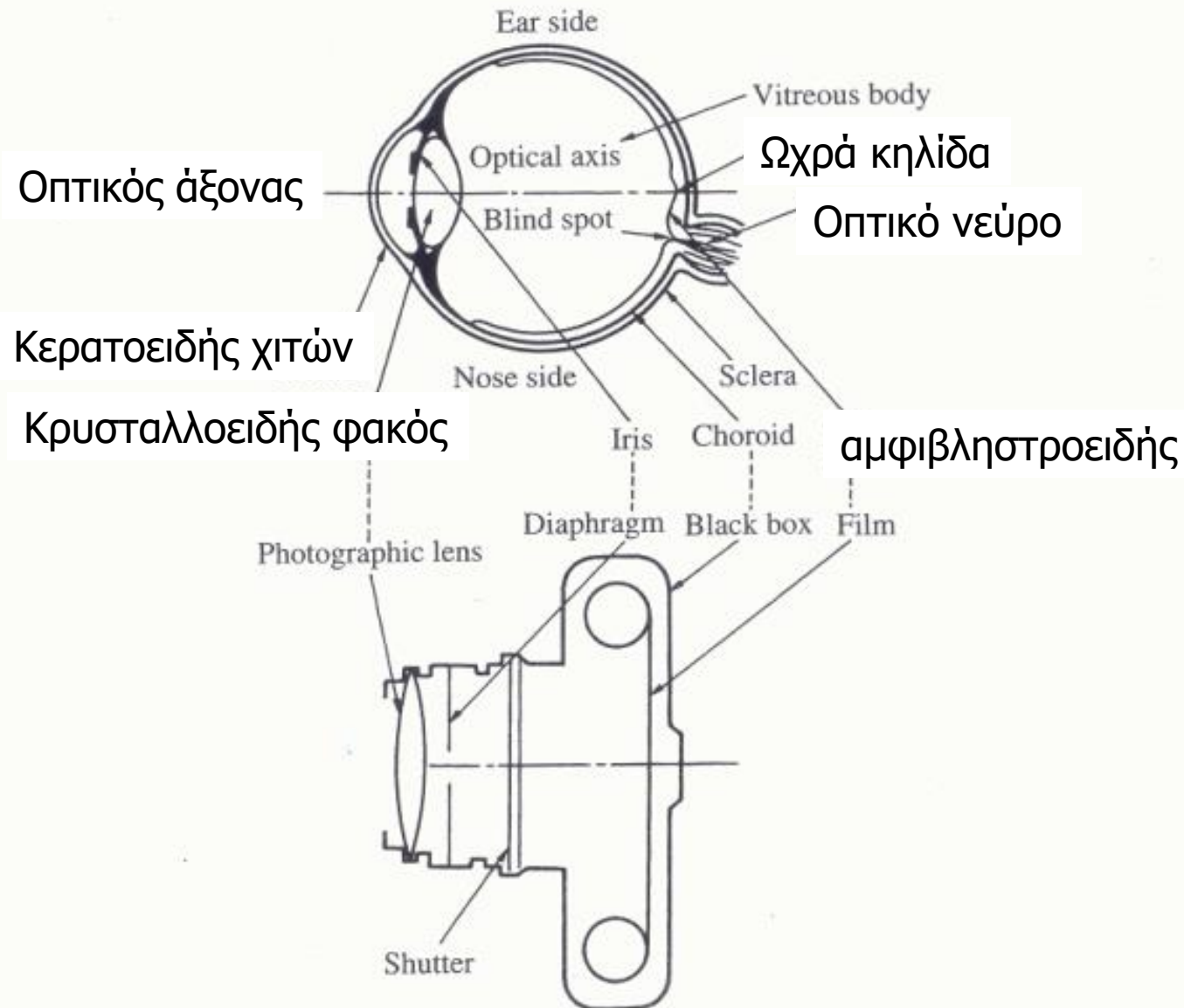


Color: GoPro Color

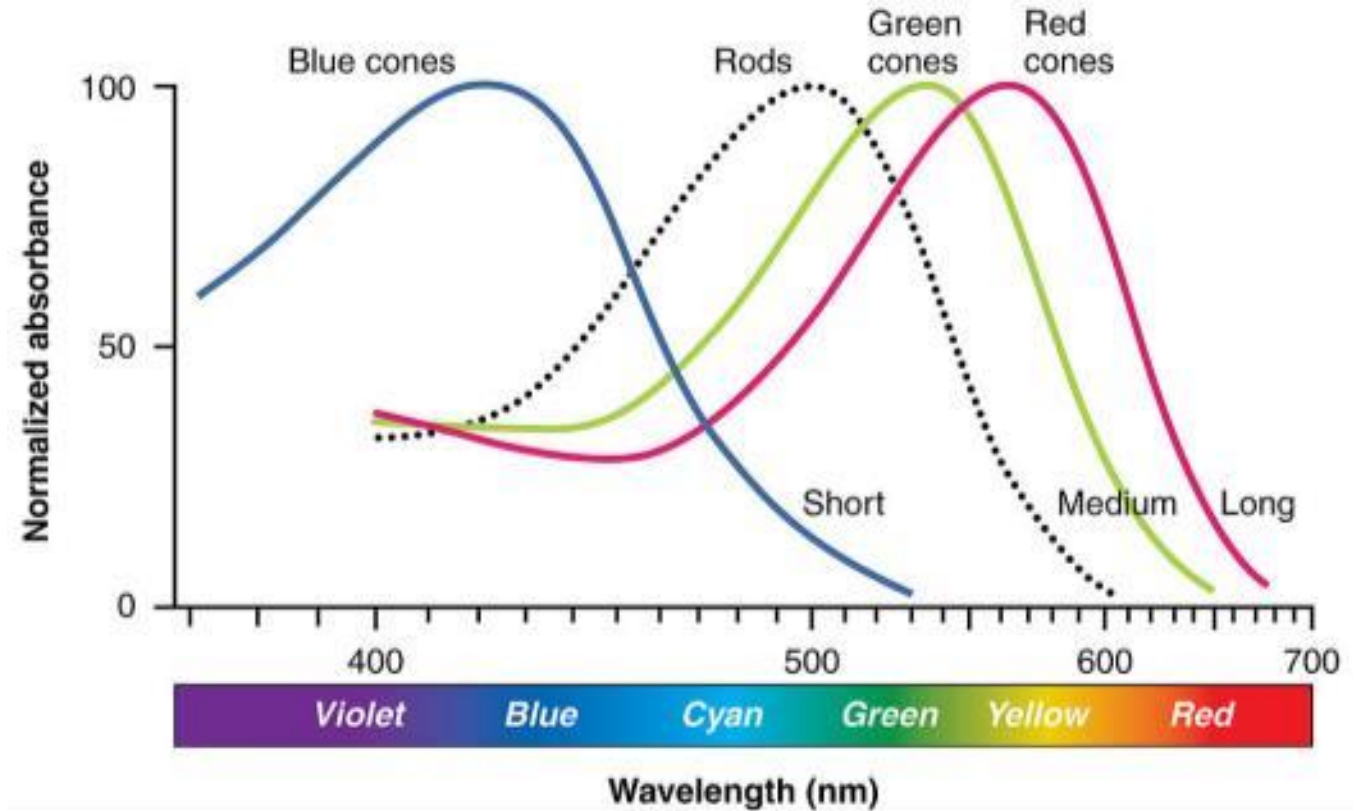
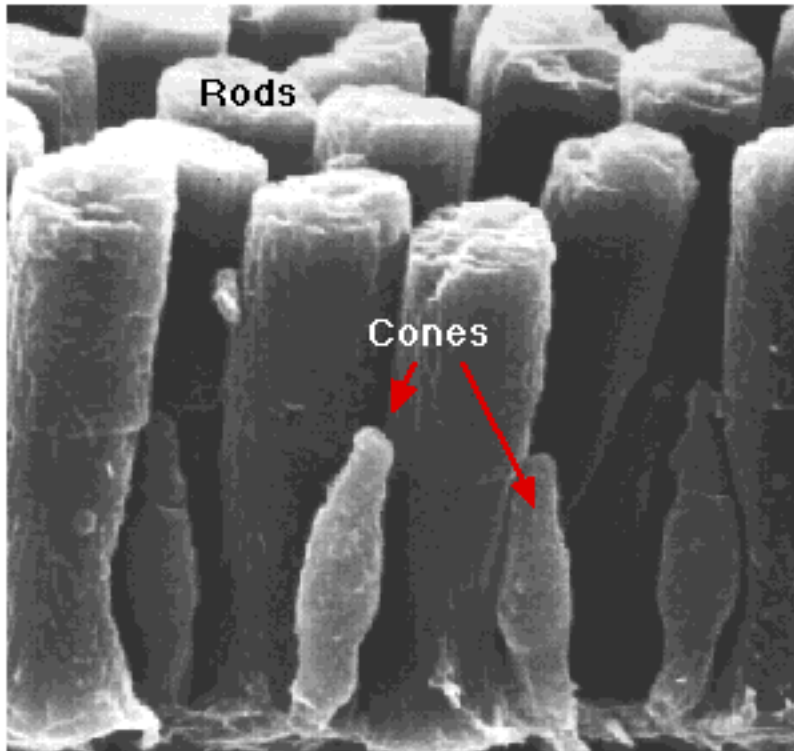


ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ

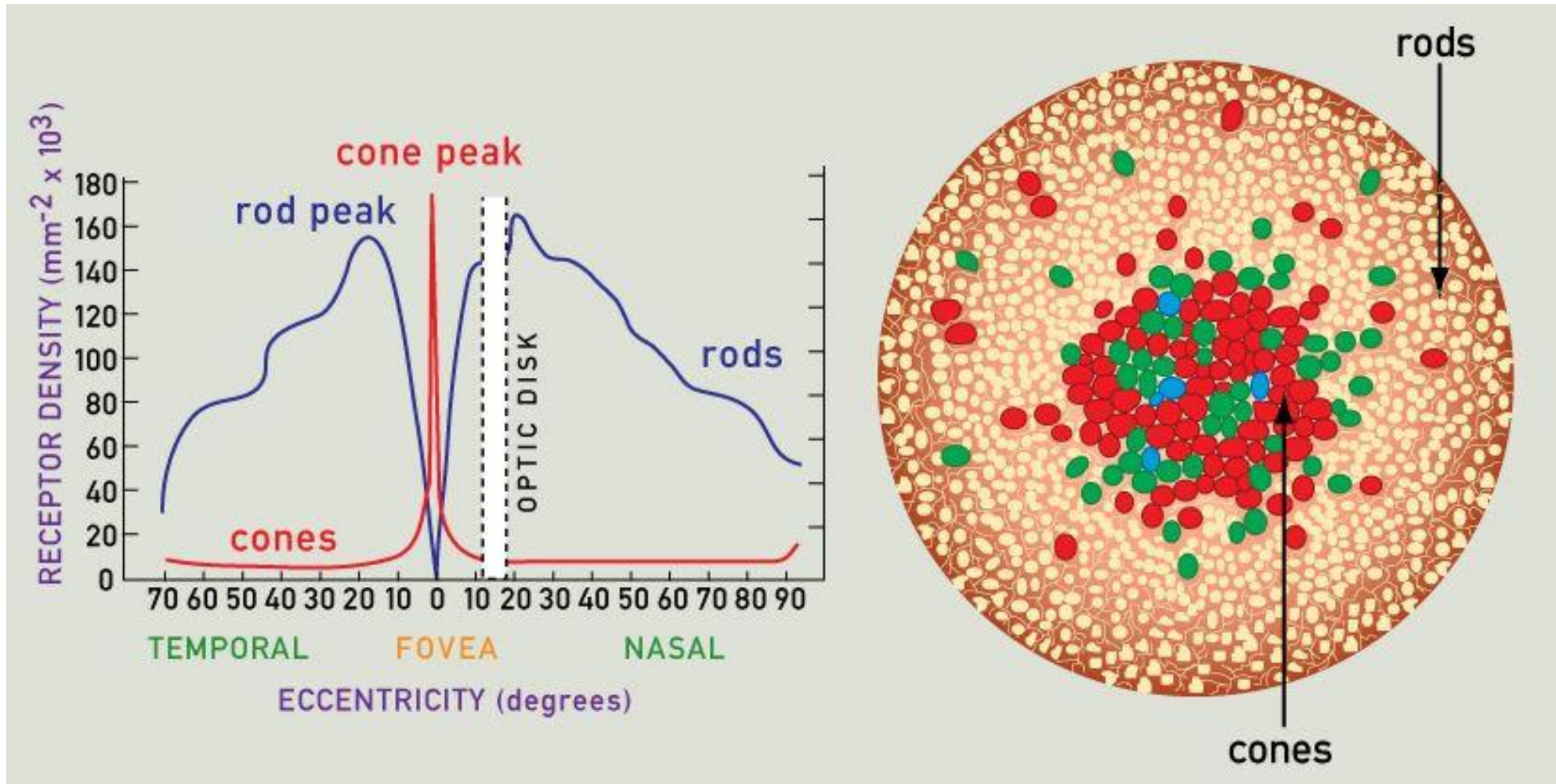
Ανθρώπινος Οφθαλμός - Κάμερα



Ραβδία (rods) – Κωνία (cones)



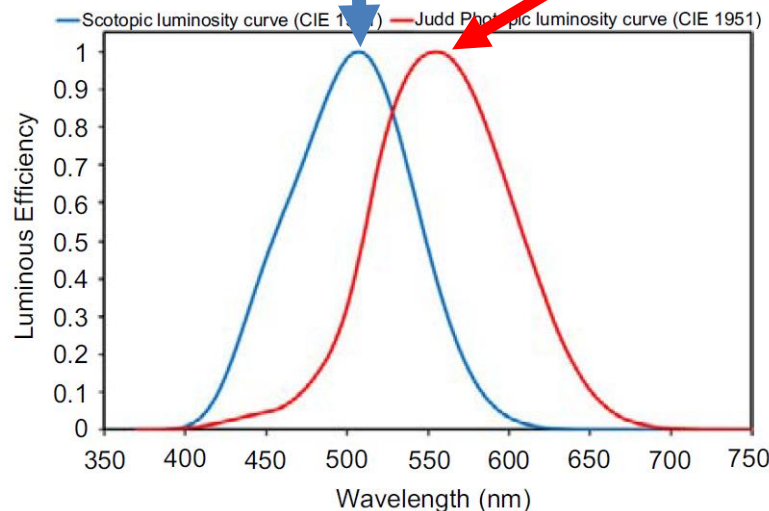
Ραβδία (rods) – Κωνία (cones)



Ραβδία (rods) – Κωνία (cones)

Ραβδία

- Πλήθος : 120 εκατομμύρια
- Κυρίως στη περιφέρεια
- Σύνδεση : πολλά ραβδία σε ένα γάγγλιο.
- Μέγιστη ευαισθησία στα 510nm.
- Όχι διάκριση χρωμάτων



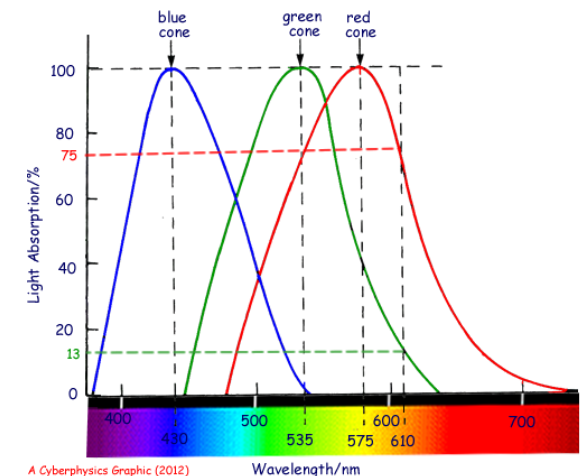
Κωνία

- Πλήθος : 5 εκατομμύρια
- Κυρίως στο κεντρικό βοθρίο
- Σύνδεση : Ένα κωνίο σε κάθε γαγγλιακό κύτταρο.
- Μέγιστη (μέση) ευαισθησία στα 560nm.
- Διάκριση χρωμάτων

Μπλε (S) : 10 %

Πράσινο (M) : 30%

Κόκκινο (L) : 60%



A Cyberphysics Graphic (2012)

Χαρακτηριστικά Ανθρώπινης όρασης (1/2)

- **Προσαρμογή σε έντονο ή χαμηλό φωτισμό** : εύρος επιπέδων φωτισμού $10^{-6} - 10^{+6}$ cd/m²:
 - Σκοτοπική (ραβδία): $10^{-6} - 10^{-2}$ cd/m²
 - Μεσοπική (ραβδία+κωνία): $10^{-2} - 3$ cd/m²
 - Φωτοπική (κωνία): > 3 cd/m²
- **Purkinje effect**: Αντιστροφή της σχετικής λαμπρότητας δύο ξεχωριστών χρωματικών ερεθισμάτων αν αλλάξουν τα επίπεδα φωτισμού.
Π.χ. Κίτρινα πέταλλα και πράσινα φύλλα λουλουδιού στο φωσχέση λαμπρότητας σε φως ημέρας και σε χαμηλό βραδινό φωτισμό.

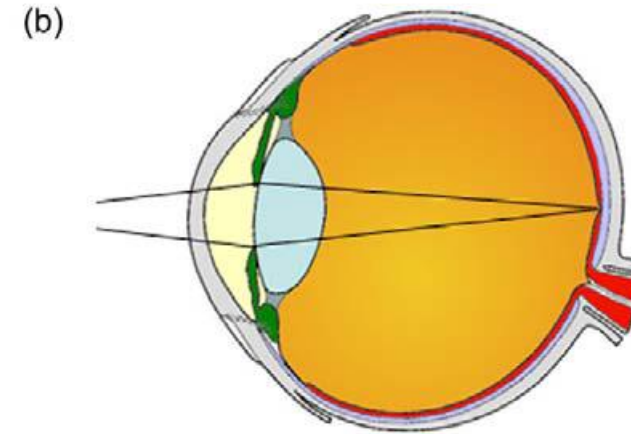
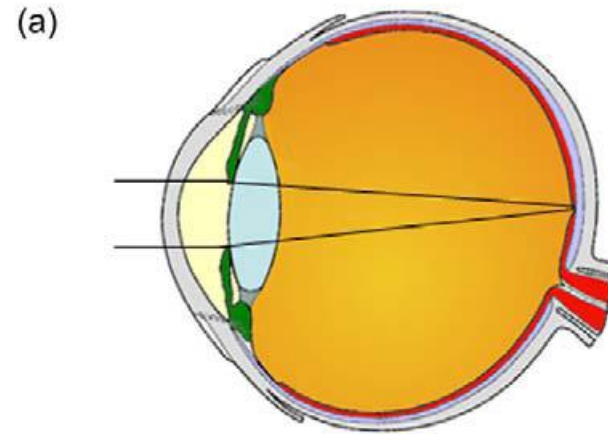
Χαρακτηριστικά Ανθρώπινης όρασης (2/2)

- **Χρωματική προσαρμογή:** η χρωματική αντίληψη δε μεταβάλλεται αν μεταβληθούν οι συνθήκες φωτισμού.
μνήμη χρώματος – παράβλεψη φωτιστικής πηγής
- **Μεταμερισμός:** Δύο Φ.Π. ίδιου φαινομένου χρώματος αλλά με διαφορετική φασματική κατανομή (SPD).
- **Μετα - εικόνες:** «Βλέπουμε» χρώματα συμπληρωματικά του αρχικού ερεθίσματος: οφείλεται σε μειωμένη ευαισθησία λόγω κόπωσης μετά από υπερβολική έκθεση σε σταθερό ερέθισμα.

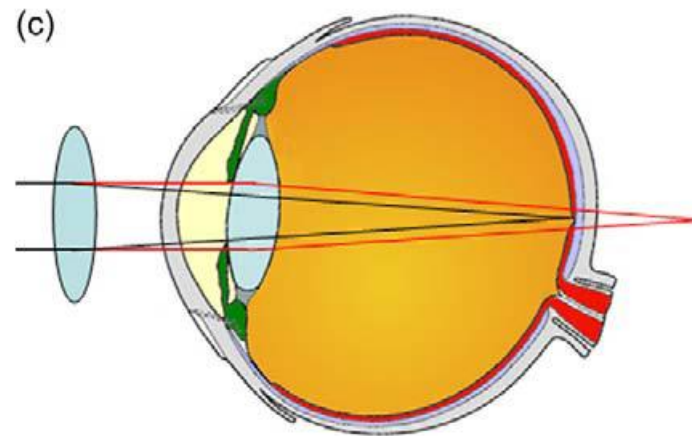
εστίαση σε μακρινό αντικείμενο

εστίαση σε κοντινό αντικείμενο

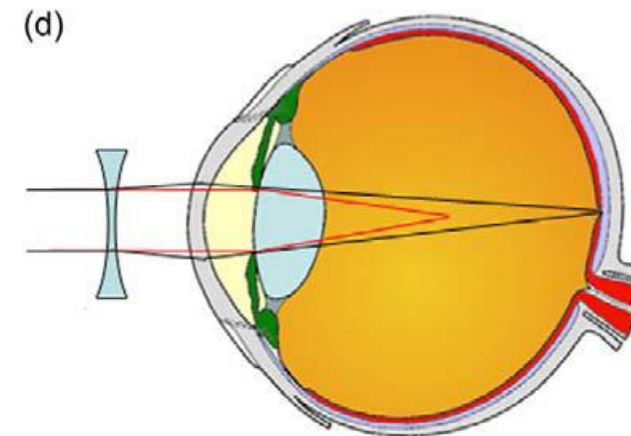
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ
(accommodation)



ΑΤΕΛΕΙΕΣ
ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

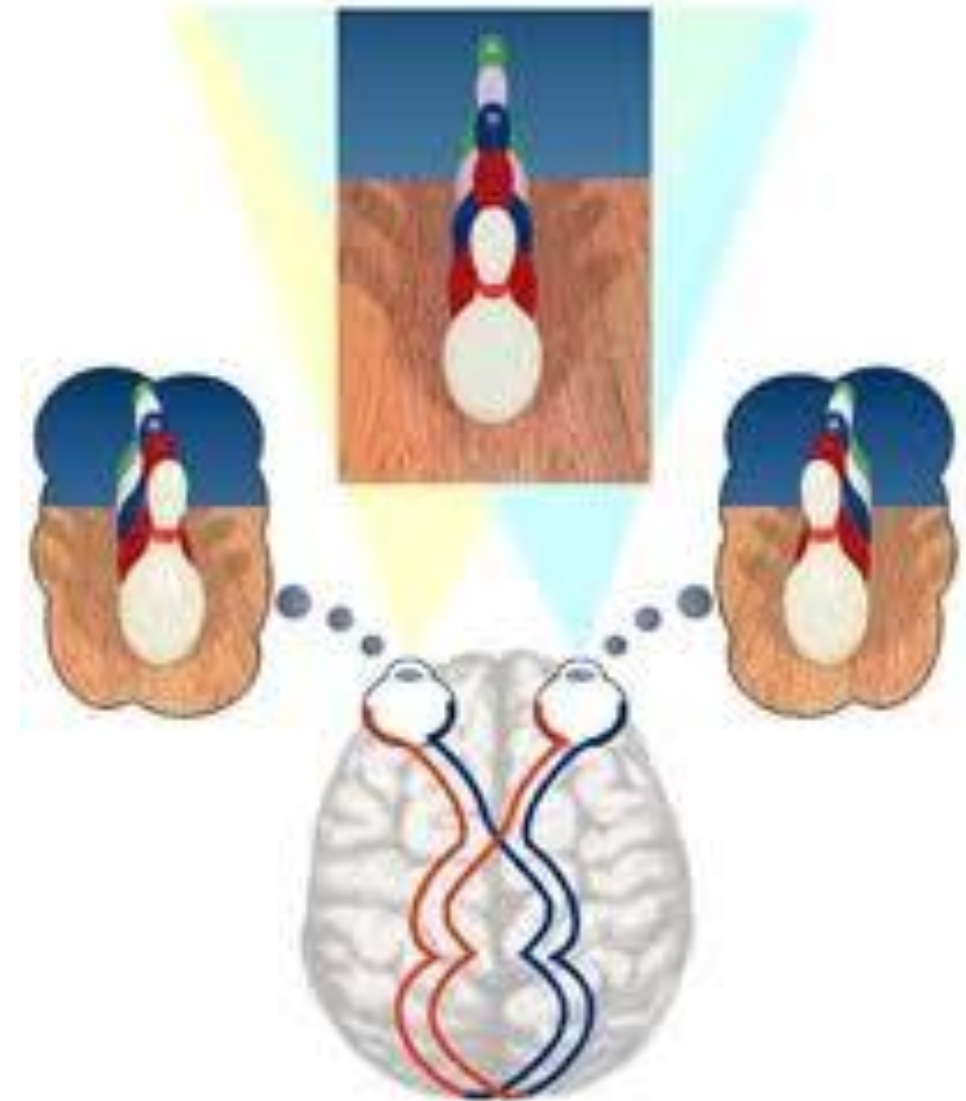
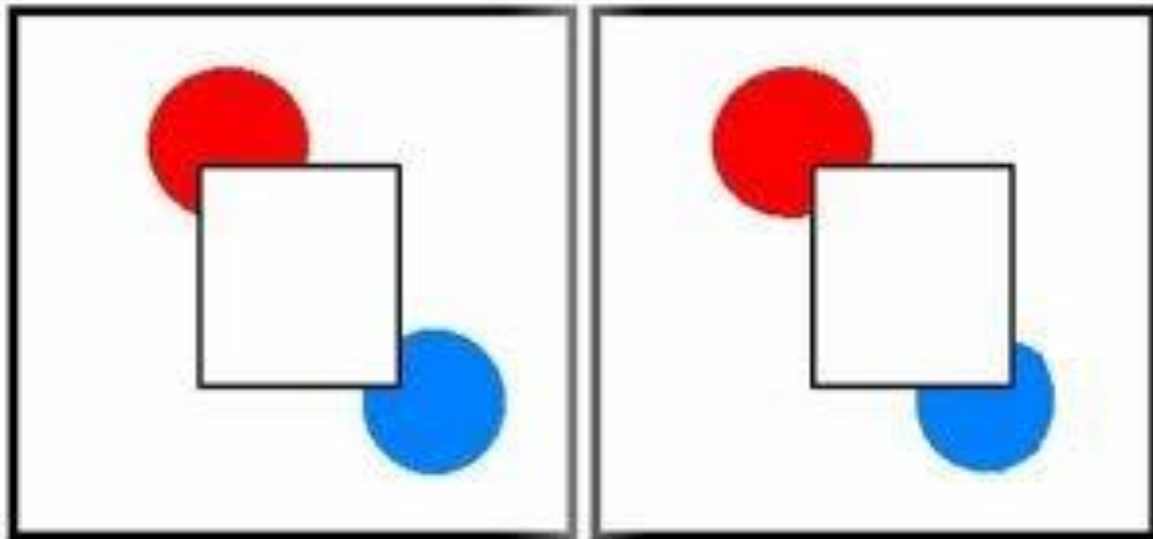


υπερωπία



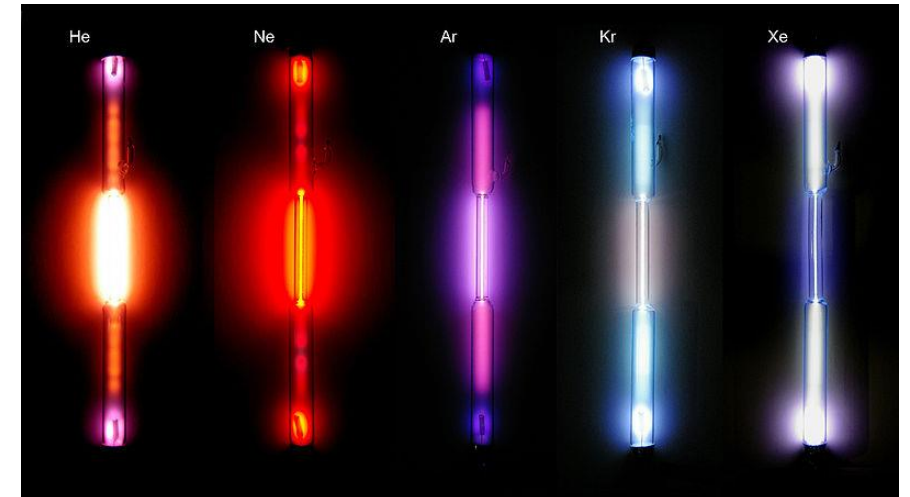
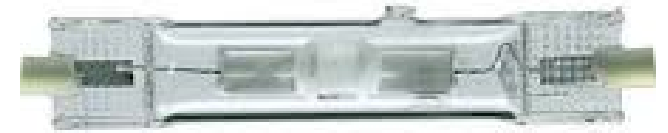
μυωπία

Στερεοσκοπική όραση Δύο οφθαλμοί – ένας εγκέφαλος






ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

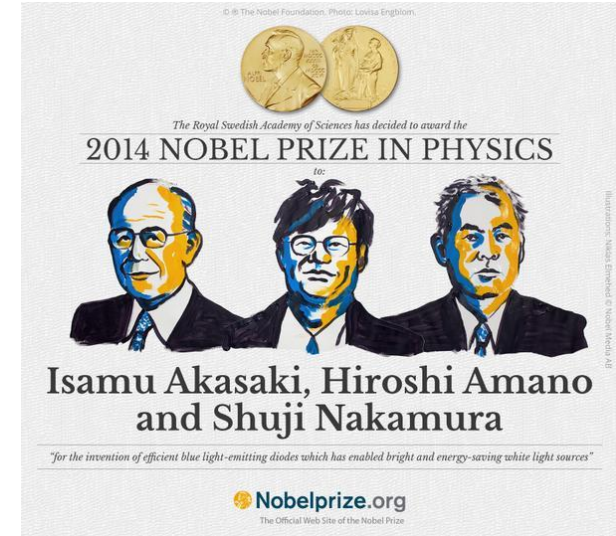
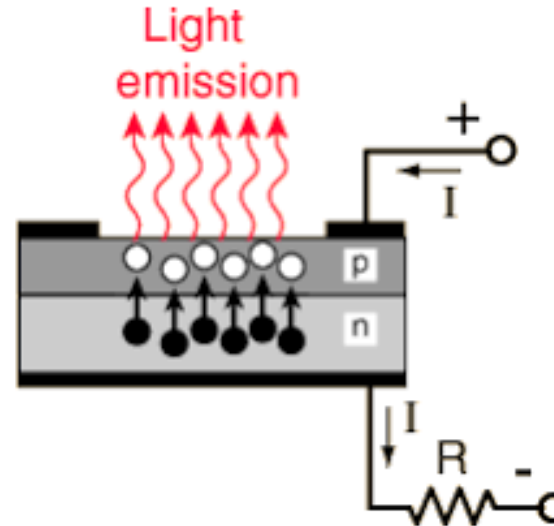
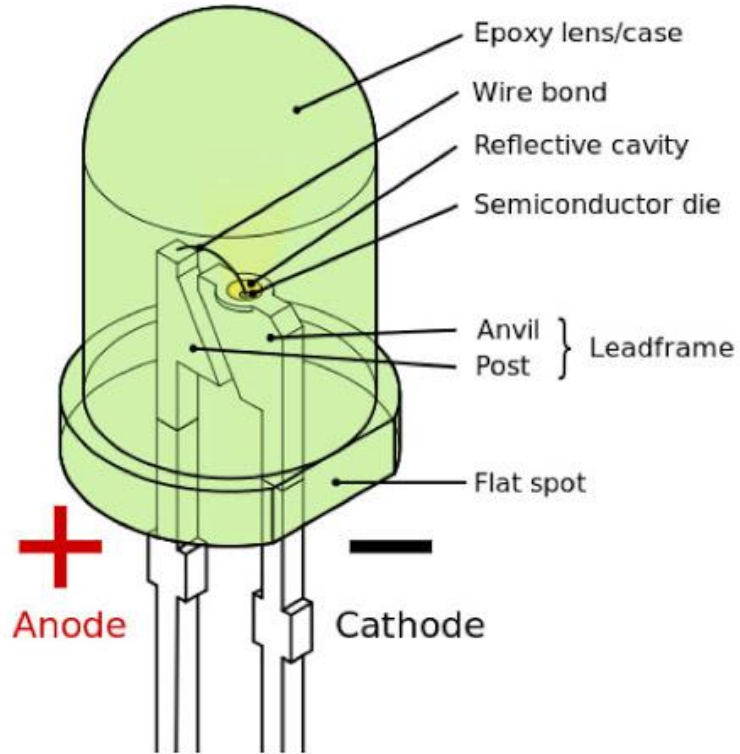
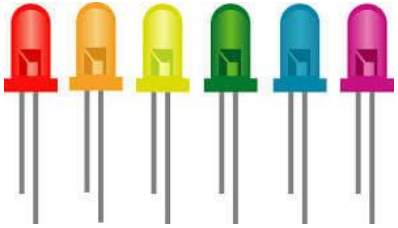
Φωτεινές πηγές Πυράκτωσης – Φθορισμού - Εκκένωσης



Φωτεινές πηγές

<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ</p>	<p>Το φως προέρχεται από την ΘΕΡΜΑΝΣΗ ενός λεπτού, μεταλλικού νήματος (σπείραμα) λόγω της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος. Πρόκειται για την αποδιέγερση μεγάλου αριθμού διηγερμένων ατόμων (ή μορίων) που αποτελούν το μεταλλικό πλέγμα του νήματος.</p> 
<p>ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ</p>	<p>Το φως προέρχεται από την δημιουργία – αρχικά - υπεριώδους ακτινοβολίας σε μικρή ποσότητα αερίου (εκκένωση σε σταγόνες ατμών Hg). Στην συνέχεια η αόρατη υπεριώδης ακτινοβολία προσπίπτει σε ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΑ 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 ΕΚΚΕΝΩΣΗ σε ποσότητα ιονισμένου αερίου ή ατμού. Τα άτομα του αερίου διεγείρονται και κατά την αποδιέγερσή τους ακτινοβολούν.</p> 

LED, εκπομπή φωτός



Nobel Prize: Blue LED

Professors Hiroshi Amano, Isamu Akasaki and Shuji Nakamura made the first blue LEDs in the early 1990s, revolutionizing how lights and technology work today.

LED: Light-emitting diode

Red, green and blue colored LEDs mix to produce white light

Blue LEDs use Indium gallium nitride (InGaN) a semiconductor material that emits the brightest spectrum of the color

LEDs convert electricity directly into photons of light, using less energy than light bulbs and fluorescent lamps

Light Bulb - 16 lm/W*	LED - 300 lm/W	Fluorescent lamp - 70 lm/W
--------------------------	----------------	-------------------------------

*lm/W: Lumens per watt

Sources: The Royal Swedish Academy of Sciences, NoblePrize.org, OSRAM Opto Semiconductors, BBC, Reuters
Graphic: Erik Rodriguez

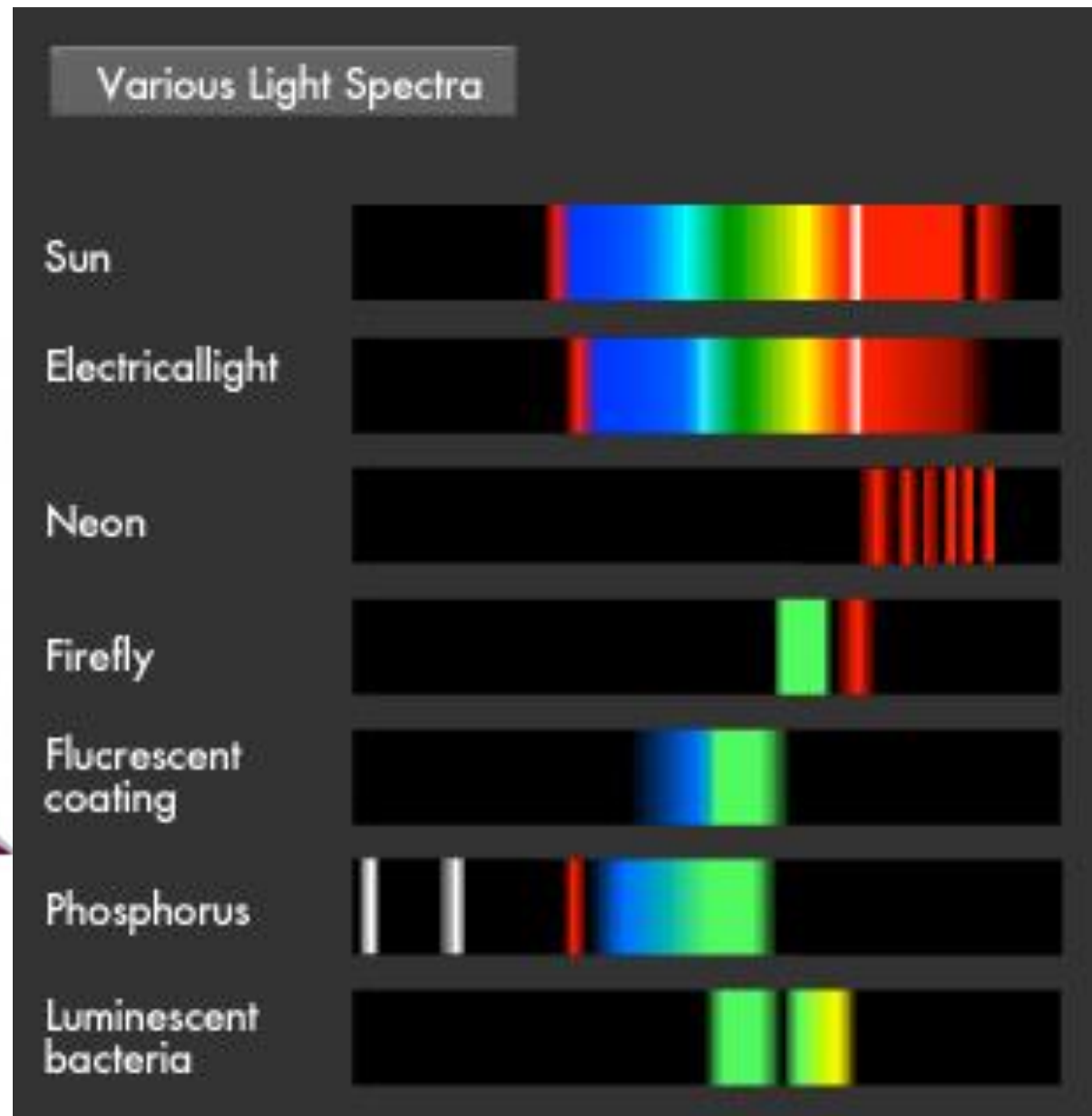
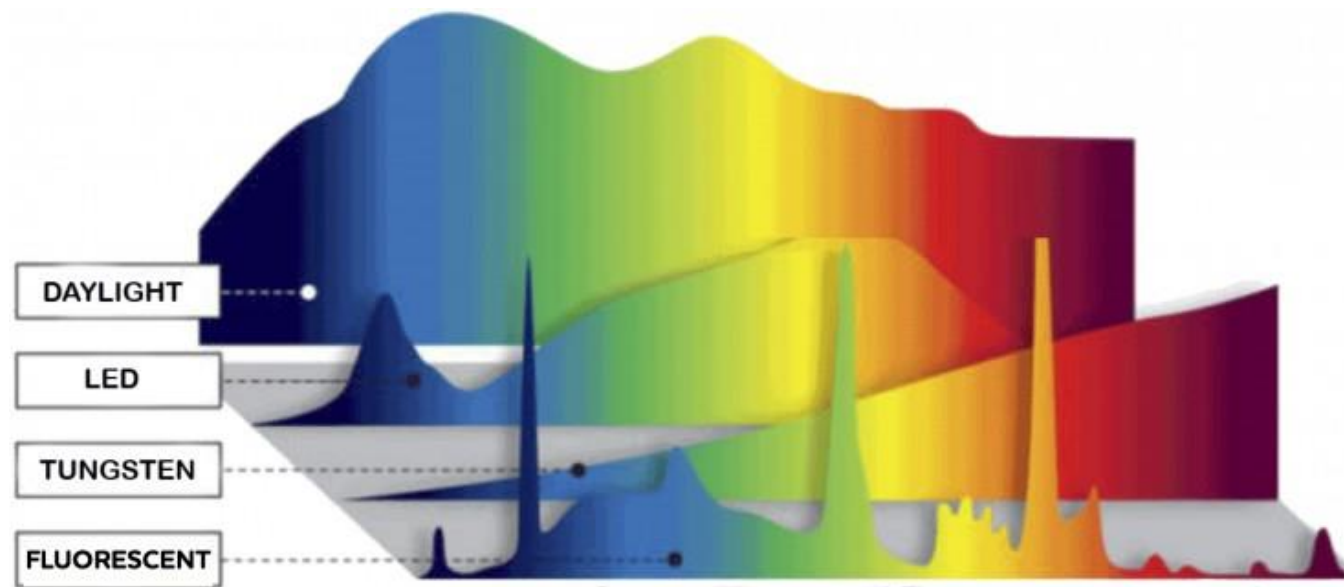
Φωτιστικές Πηγές LED



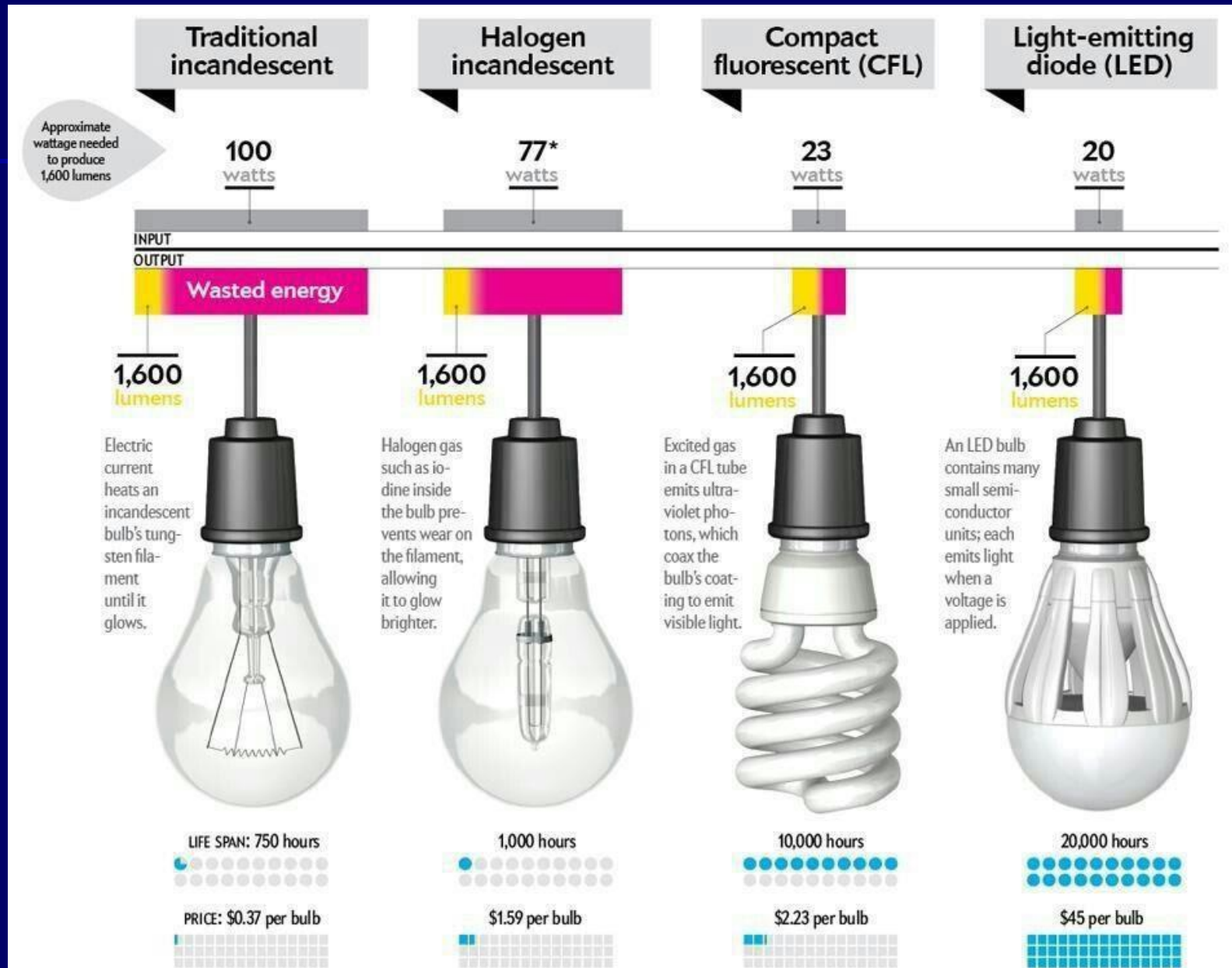
- Χαμηλό κόστος αγοράς
- Χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση
- Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής
- Άμεση απόκριση λειτουργίας
- Πολύ καλή απόδοση
- Ευρύ φάσμα θερμοκρασίας χρωμάτων
- Μεγάλη ποικιλία εφαρμογών



Φάσματα φωτεινών πηγών



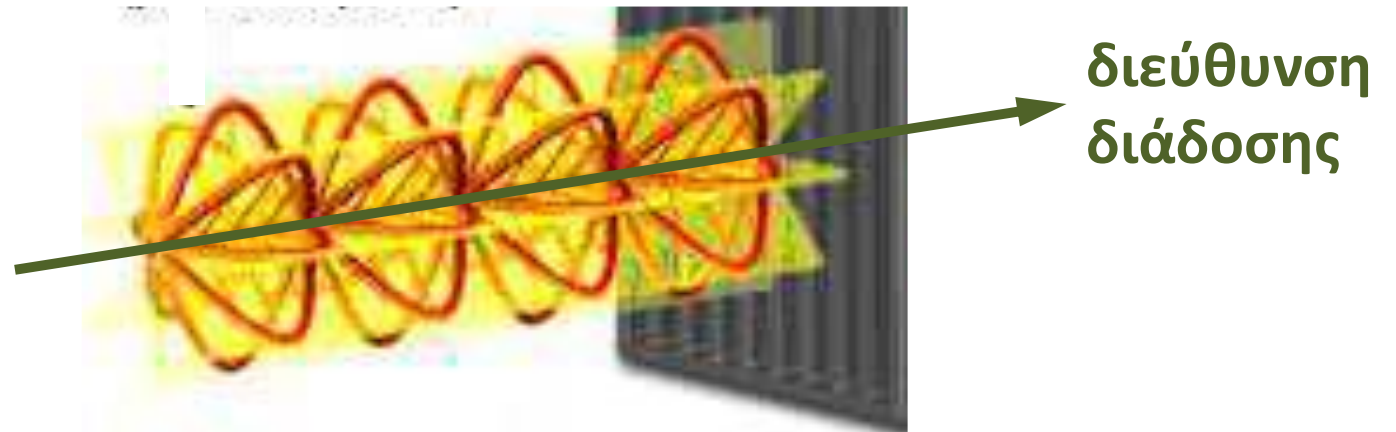
Σύγκριση φωτιστικών πηγών



ΠΟΛΩΣΗ

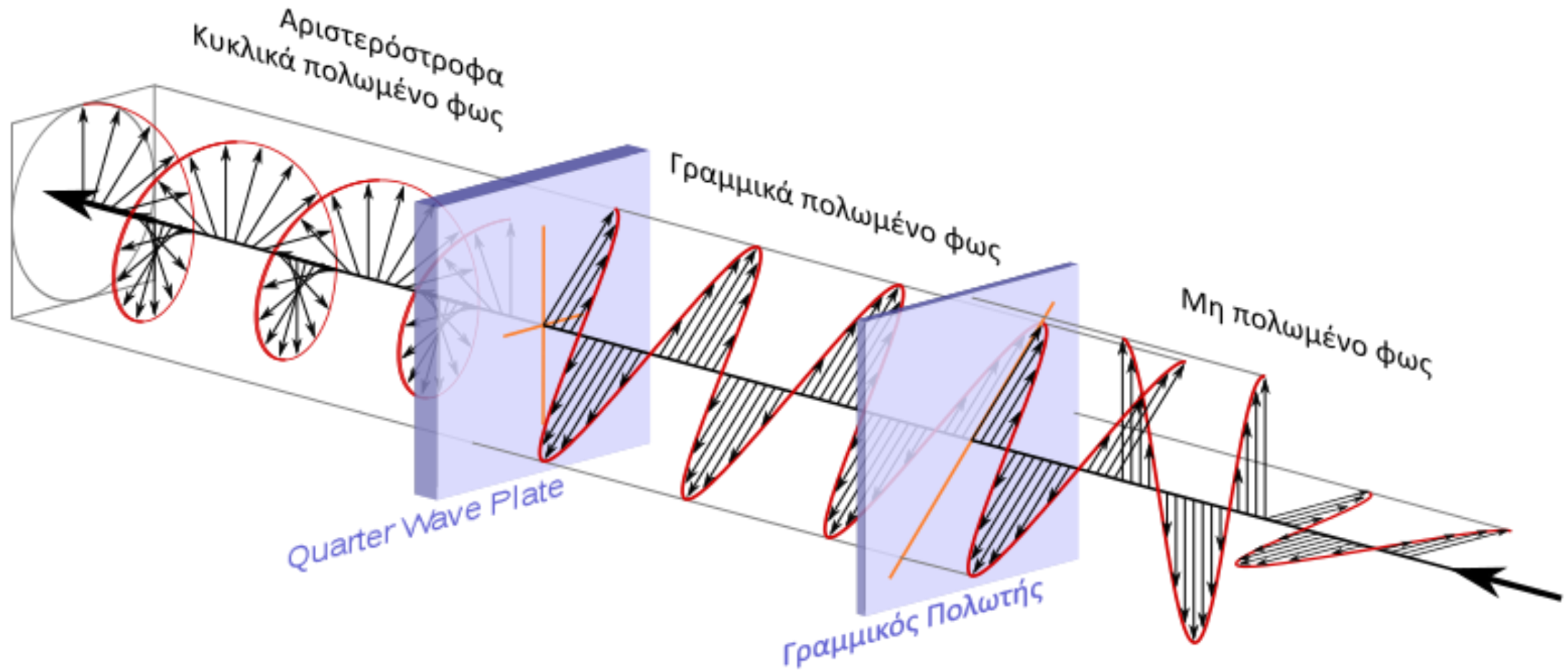
Φυσικό Φως

- Τα πεδία με εντάσεις E (Ηλεκτρικό) και B (μαγνητικό) ταλαντώνονται σε τυχαίου προσανατολισμού επίπεδα ενώ διατηρούνται πάντοτε κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης.



- Φυσικό φως \sim τυχαία πολωμένο φως.

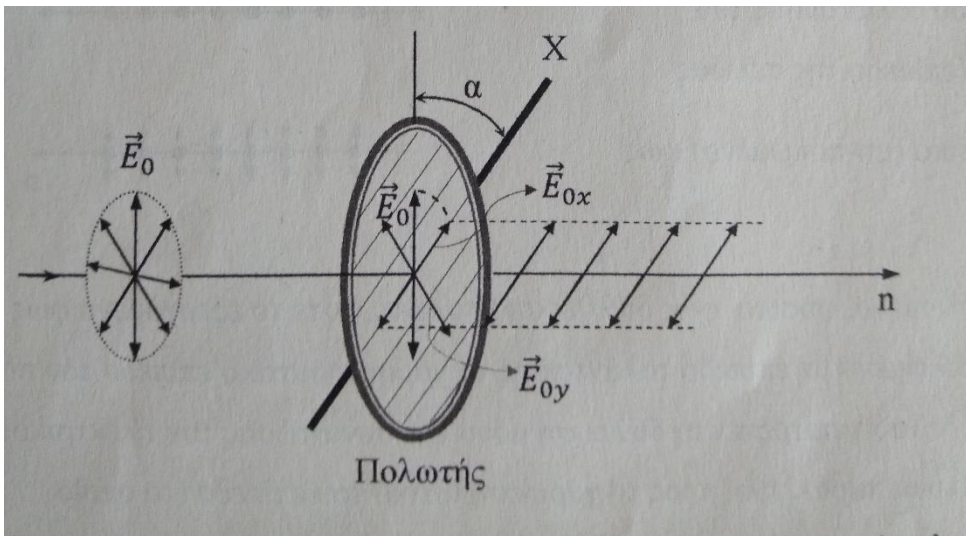
Πόλωση φωτός



➤ Πώς μπορεί το φυσικό φως να μετατραπεί σε πολωμένο;

- Διέλευση μέσα από πολωτή
- Ανάκλαση
- Διάθλαση – διπλοθλαστικά υλικά
- Εκλεκτική Απορρόφηση – διχρωϊκά υλικά
- Σκέδαση

ΔΙΕΛΥΣΗ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΠΟΛΩΤΗ (ΑΝΑΛΥΤΗ)

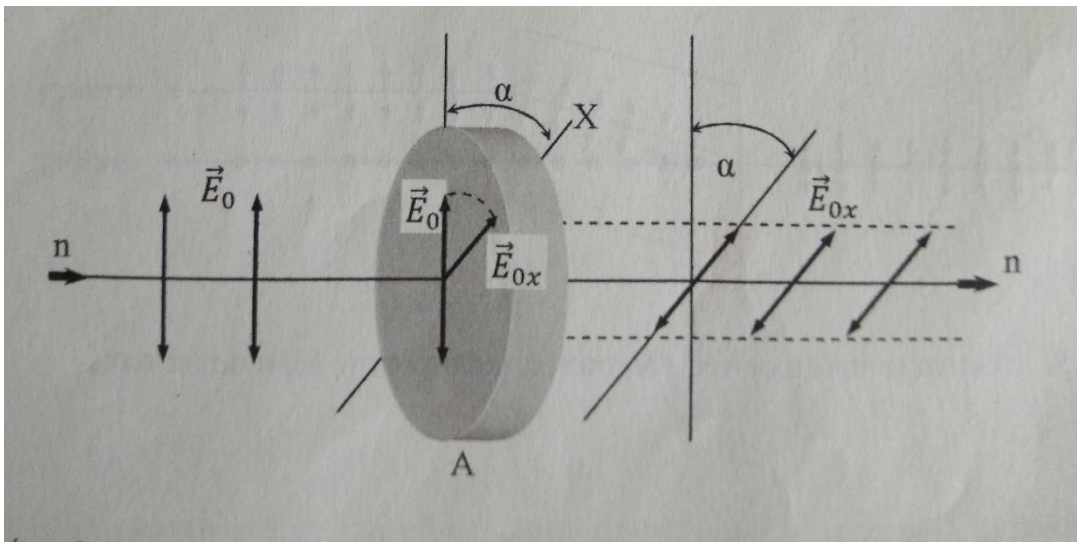


ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ

$$I_{\text{εξερχ}} = 0.5 I_{\text{αρχ}}$$

$$I_{\text{παραλ}} = I_{\text{καθ}} \rightarrow I_{\text{αρχ}} = 2 I_{\text{παραλ}}$$

$$I_{\text{εξερχ}} = I_{\text{παραλ}}$$



ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΠΟΛΩΜΕΝΟ ΦΩΣ \rightarrow v. Malus

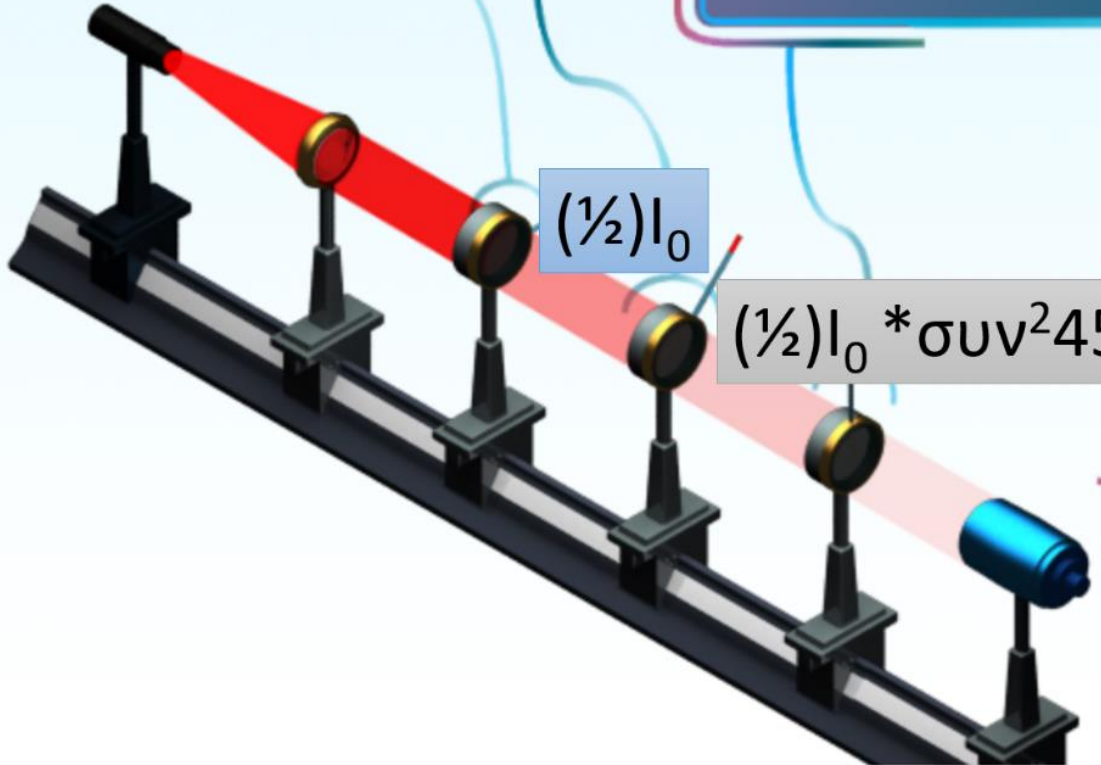
$$E_{0x} = E_0 \cdot \sigma\upsilon\nu\alpha \rightarrow$$

$$I_{\text{εξερχ}} = I_{\text{αρχ}} \cdot \sigma\upsilon\nu^2\alpha$$

ON 0.0 0.0°

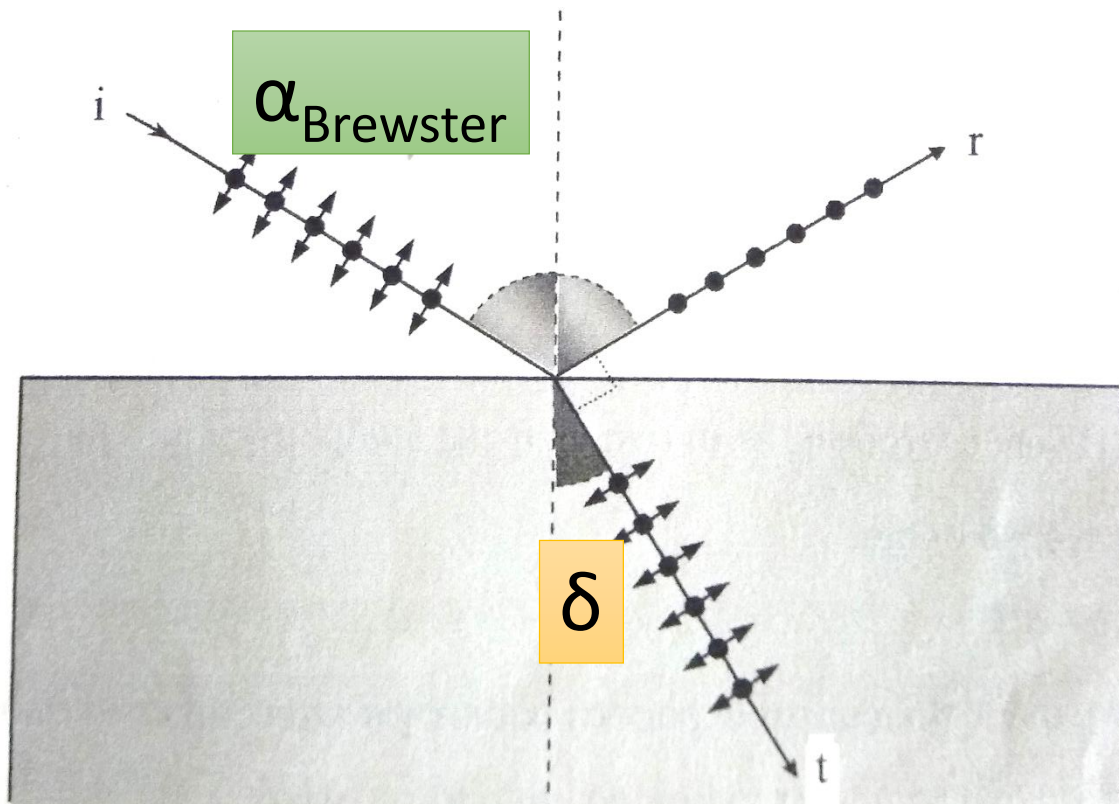
ON 45.0 45°

ON 90.0 90°



INTENSITY
12.50

ΠΟΛΩΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ



γωνία ολικής πόλωσης α_{Brewster} :

όταν η ανακλωμενη \perp διαθλώμενη

τότε είναι γραμμικα πολωμένη

με επίπεδο πόλωσης \perp επίπεδο ανάκλασης

$$\delta + \alpha_B = 90^\circ \Rightarrow \eta\mu\delta = \sigma\upsilon\nu\alpha_B$$

$$n = \frac{\eta\mu\alpha_B}{\eta\mu\delta} = \frac{\eta\mu\alpha_B}{\sigma\upsilon\nu\alpha_B} = \epsilon\phi\alpha_B$$

Π.χ. Για γυαλί με $n = 1.5$ η γωνία Brewster είναι 57° .

ΔΙΠΛΟΘΛΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



Optic axis

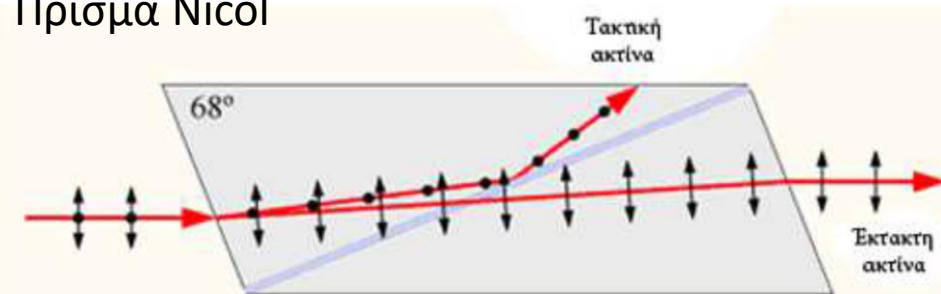
διεύθυνση διάδοσης της φωτεινής ακτίνας για την οποία η ταχύτητα διάδοσης (και κατά συνέπεια ο δ.δ.) είναι ανεξάρτητη της πόλωσης

parallel polarization

perpendicular polarization

ΤΑΚΤΙΚΗ

Πρίσμα Nicol



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

- Τι μπορεί να φανερώνει η πόλωση για τη φύση του φωτός ;
- Σε τι διαφέρει ένα πολωτικό από ένα έγχρωμο φωτογραφικό φίλτρο ;
- Γιατί το φως από το ουράνιο τόξο παρουσιάζει πόλωση ; Που οφείλεται ;
- Πως προσδιορίζεται πρόχειρα ο άξονας πόλωσης ενός φύλλου polaroid ;
- Η πόλωση είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα όλων των κυμάτων ή όχι ;
- Τι ποσοστό της συνήθους ορατής ακτινοβολίας διέρχεται από ένα φίλτρο polaroid ;
- Αναφέρατε μερικά μειονεκτήματα από την χρήση πολωτικών, προστατευτικών γυαλιών.
- Γιατί το φως διέρχεται από ζευγάρι πολωτικών με τους άξονες παράλληλους αλλά δεν διέρχεται όταν αυτοί είναι κάθετοι μεταξύ τους ;
- Οδηγός αυτοκινήτου θέλει να φορέσει πολωτικά γυαλιά. Ποιος προτείνετε να είναι ο άξονας της πόλωσης ; Οριζόντιος ή κατακόρυφος ;