

Ραδιομετρία

Μελετά και μετρά την εκπομπή, τη μεταφορά και τα αποτελέσματα της πρόσπτωσης ΗΜ ακτινοβολίας σε διάφορα σώματα

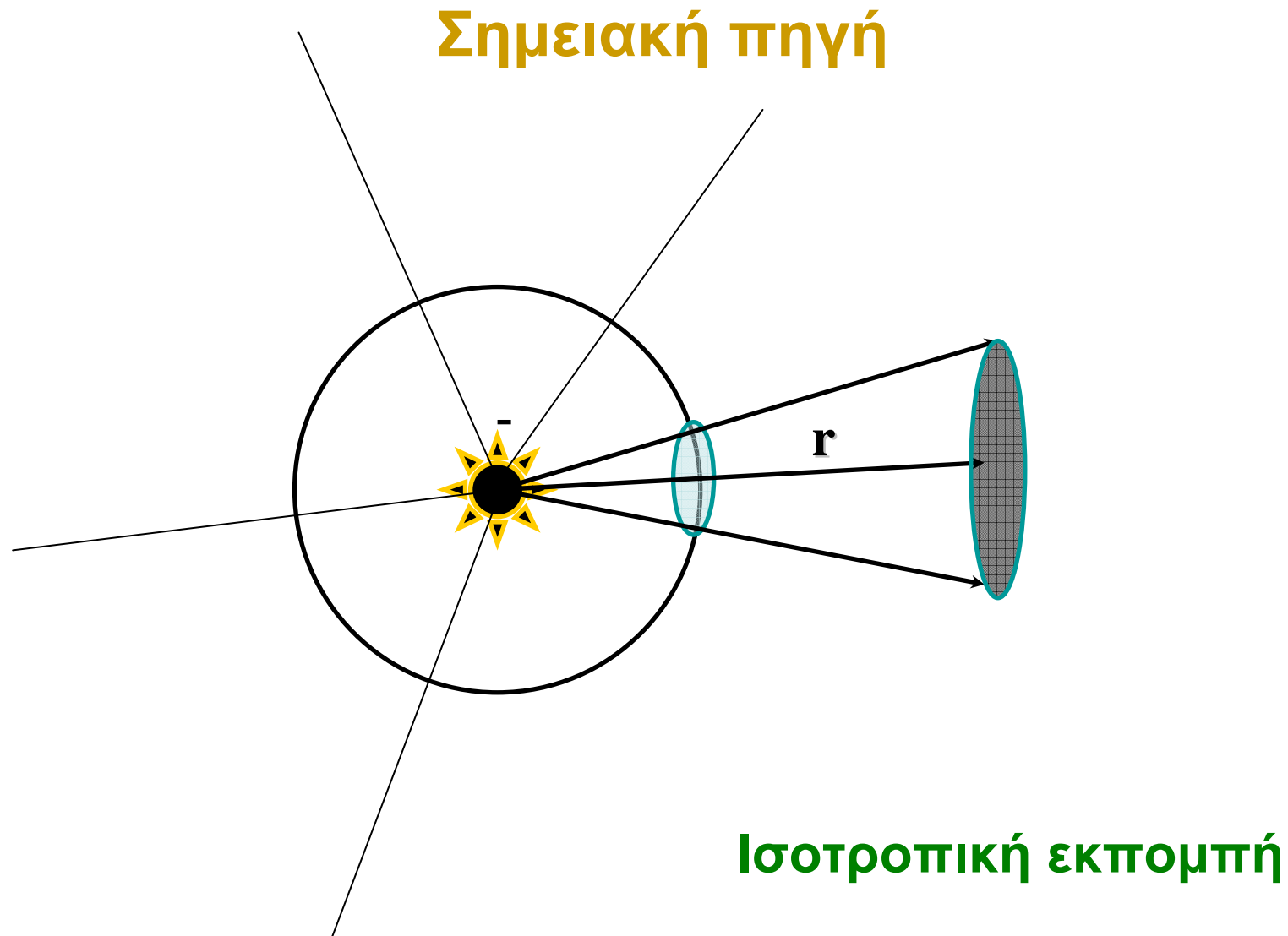
Φωτομετρία

Μελετά και μετρά την εκπομπή, τη μεταφορά και τα αποτελέσματα της πρόσπτωσης φωτεινής ενέργειας σε διάφορα σώματα

Περιορίζεται στα ΗΜ κύματα που διεγείρουν το μάτι μας

Τα μεγέθη που μετρά σταθμίζονται με την καμπύλη απόκρισης του ανθρώπινου ματιού στις διάφορες συχνότητες. Δηλαδή οι μετρήσεις βασίζονται στην αίσθηση που δημιουργεί στο μάτι η φωτεινή ενέργεια

Μας ενδιαφέρει η κατανόηση βασικών αρχών.
Άρα θα μελετήσουμε απλοποιημένες καταστάσεις:



Φωτομετρικά μεγέθη

Αυτά που καθορίζουν τη ποσότητα φωτός που εκπέμπεται από σημειακή φωτεινή πηγή

Φωτεινή ροή $\Phi = \frac{dE}{dt}$

Πηλίκο της φωτεινής ενέργειας που εκπέμπει η πηγή προς τον αντίστοιχο χρόνο σταθμισμένη με την καμπύλη ευαισθησίας του ματιού

Έχει εξ' ορισμού διαστάσεις ισχύος

Συνεπώς στη ραδιομετρία **Watt** ,
στη φωτομετρία **lumen** (lm)

Φωτεινή ροή

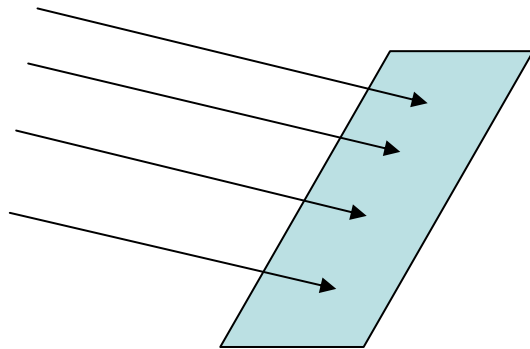
$$\Phi = \frac{dE}{dt}$$

Για μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας f , έχουμε

Αριθμός φωτονίων

$$\Phi = \frac{N \cdot h \cdot f}{t}$$

Ενέργεια φωτονίου

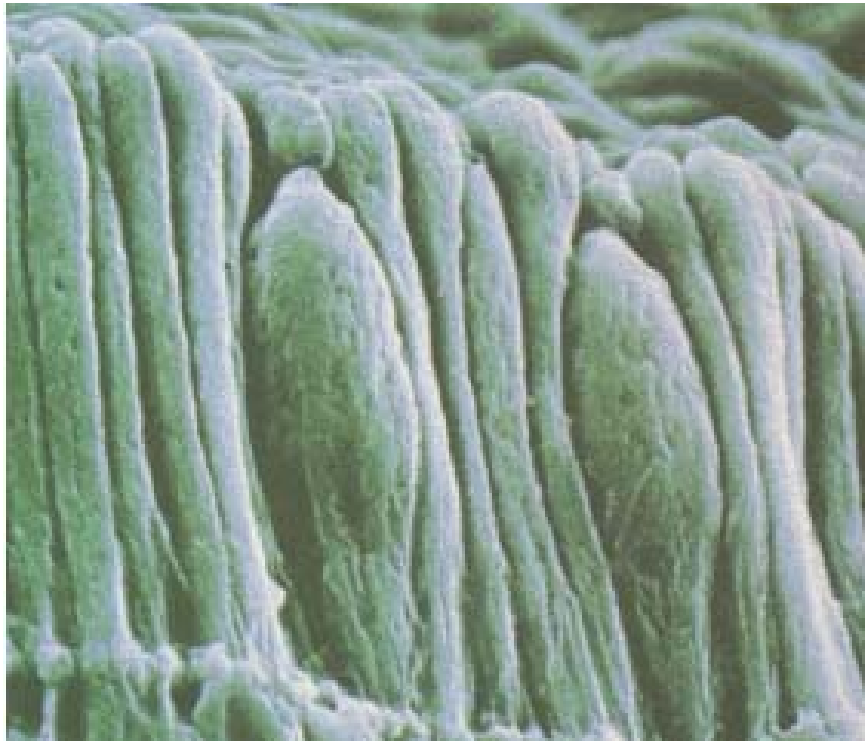


Ποια η σχέση ανάμεσα στο Watt και στο Lumen;

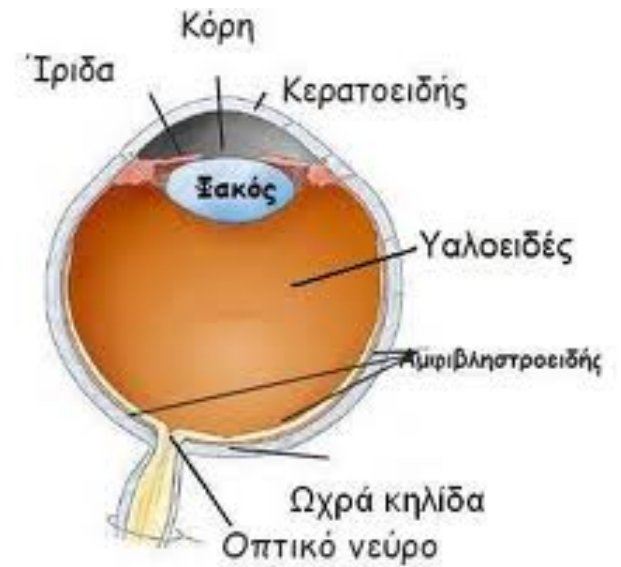
Γενικότερα ποια η σχέση ανάμεσα σε ραδιομετρικές R και φωτομετρικές Φ μονάδες;

$$\Phi = g \cdot R$$

Μπαίνει στο παιχνίδι η **ευαισθησία** του ματιού στα διάφορα μήκη κύματος

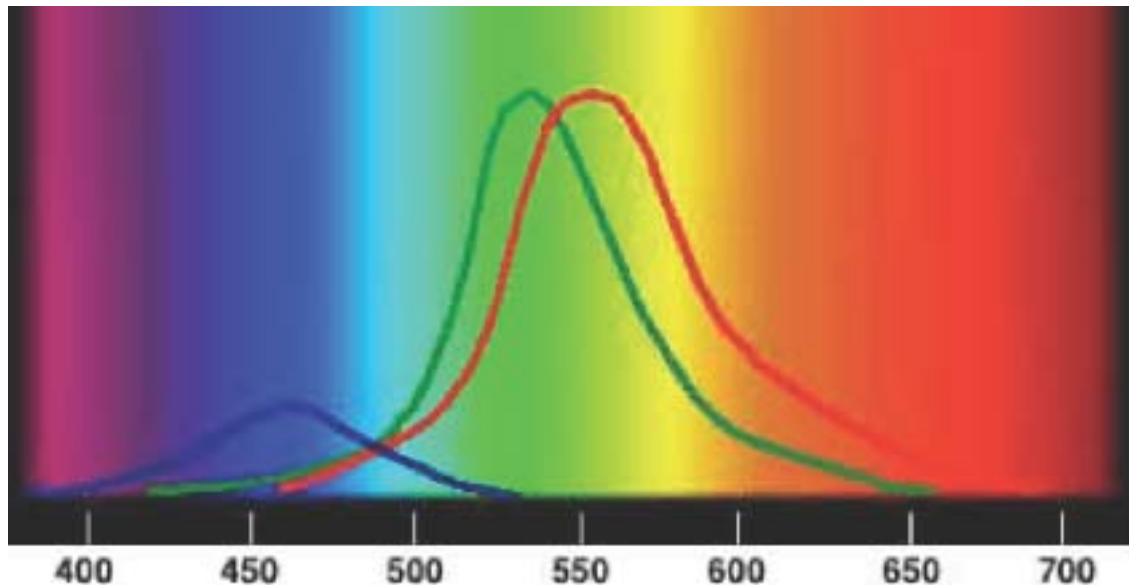


Ραβδία και κώνοι στο μάτι μας.
Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού
μικροσκοπίου



ΚΩΝΙΑ

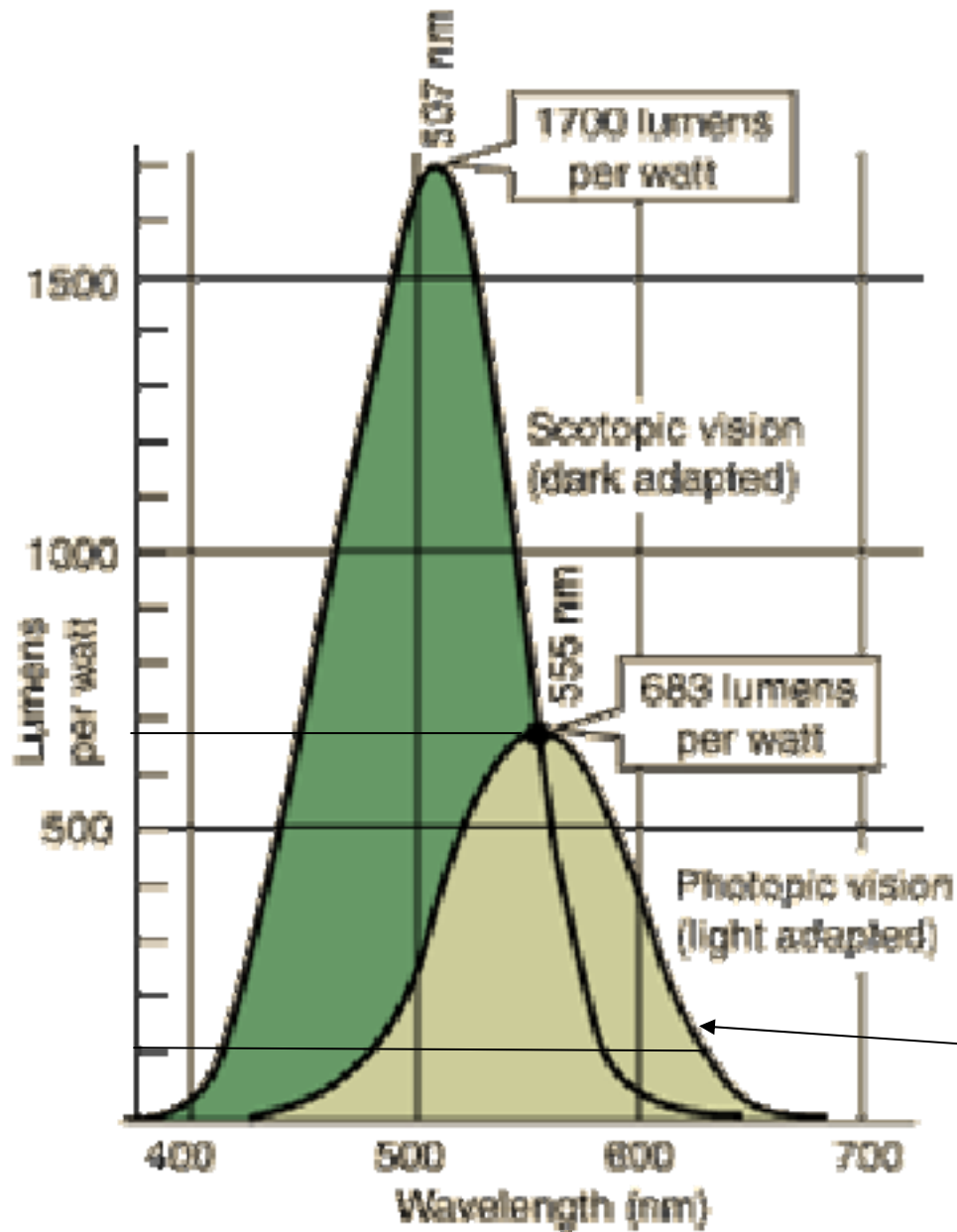
Καμπύλες ευαισθησίας
μπλε (μέγιστο 450nm)
πράσινων (525 nm) και
κόκκινων (550 nm)



- Τα ραβδία μπορούν να διεγερθούν σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωτισμού.
- Δεν διακρίνουν συχνότητα (χρώμα).
- Η όραση που οφείλεται στα ραβδία λέγεται σκοτοπική

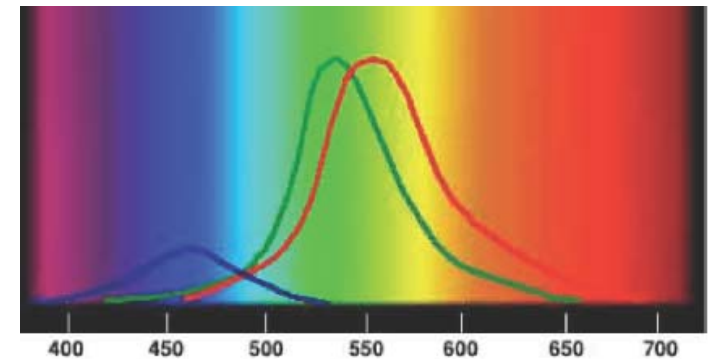
- Τα κωνία διεγείρονται από ψηλή ένταση φωτισμού (φως ημέρας)
- Διακρίνουν συχνότητα (χρώμα).
- Η όραση που οφείλεται στα κωνία λέγεται φωτοπική

Καμπύλες ευαισθησίας οθαλμού για **ΦΩΤΟΠΙΚΗ** και **ΣΚΟΤΟΠΙΚΗ** όραση



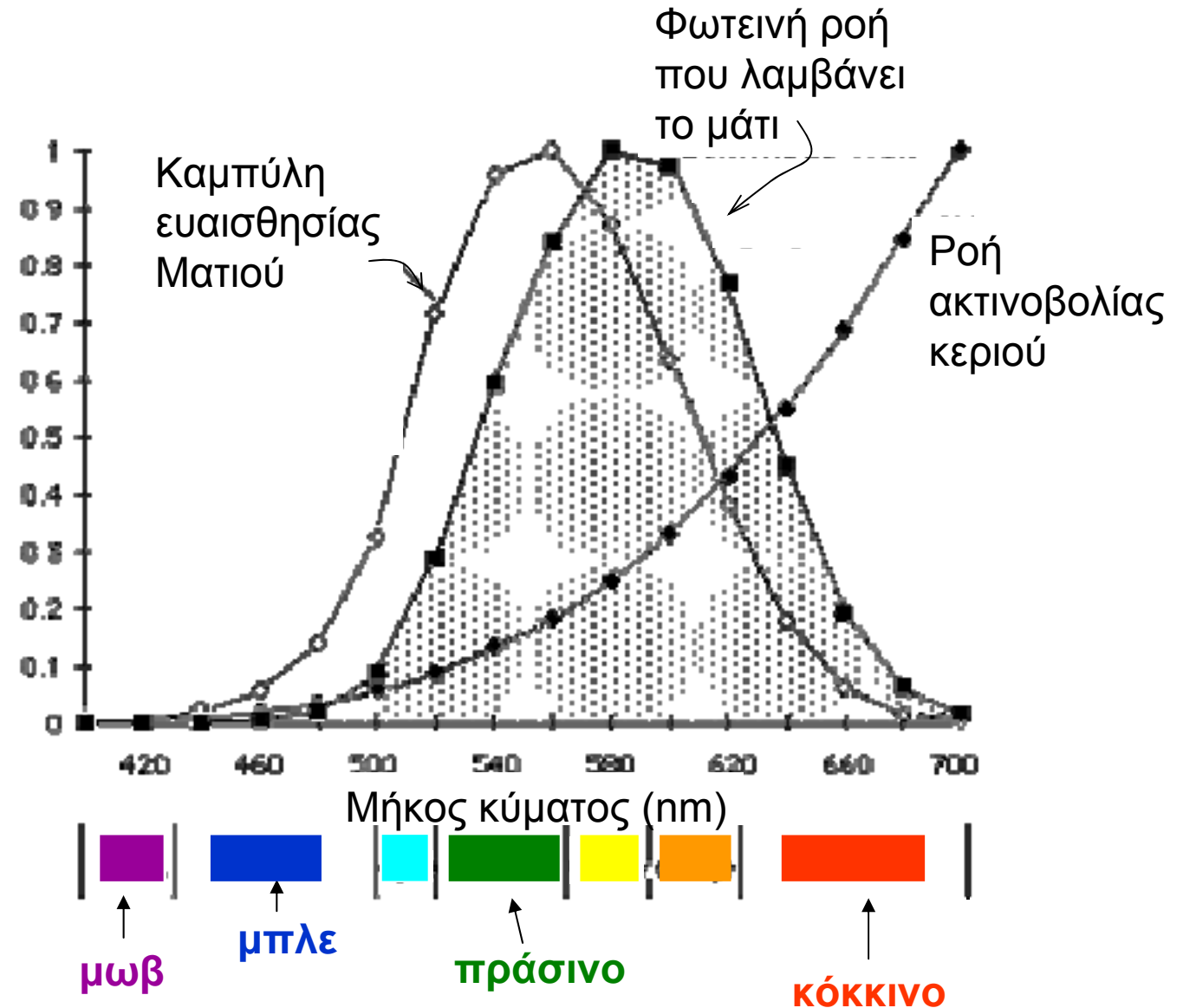
$$\Phi = g \cdot R$$

Για $\lambda=555\text{nm}$, (πρασινοκίτρινο)
αν $R=1\text{W}$, τότε
 $\Phi=683\text{lm}$



Μέση καμπύλη
ευαισθησίας για
φωτοπική όραση

Γιατί το χρώμα της φλόγας του κεριού είναι κίτρινο;



Φωτομετρία

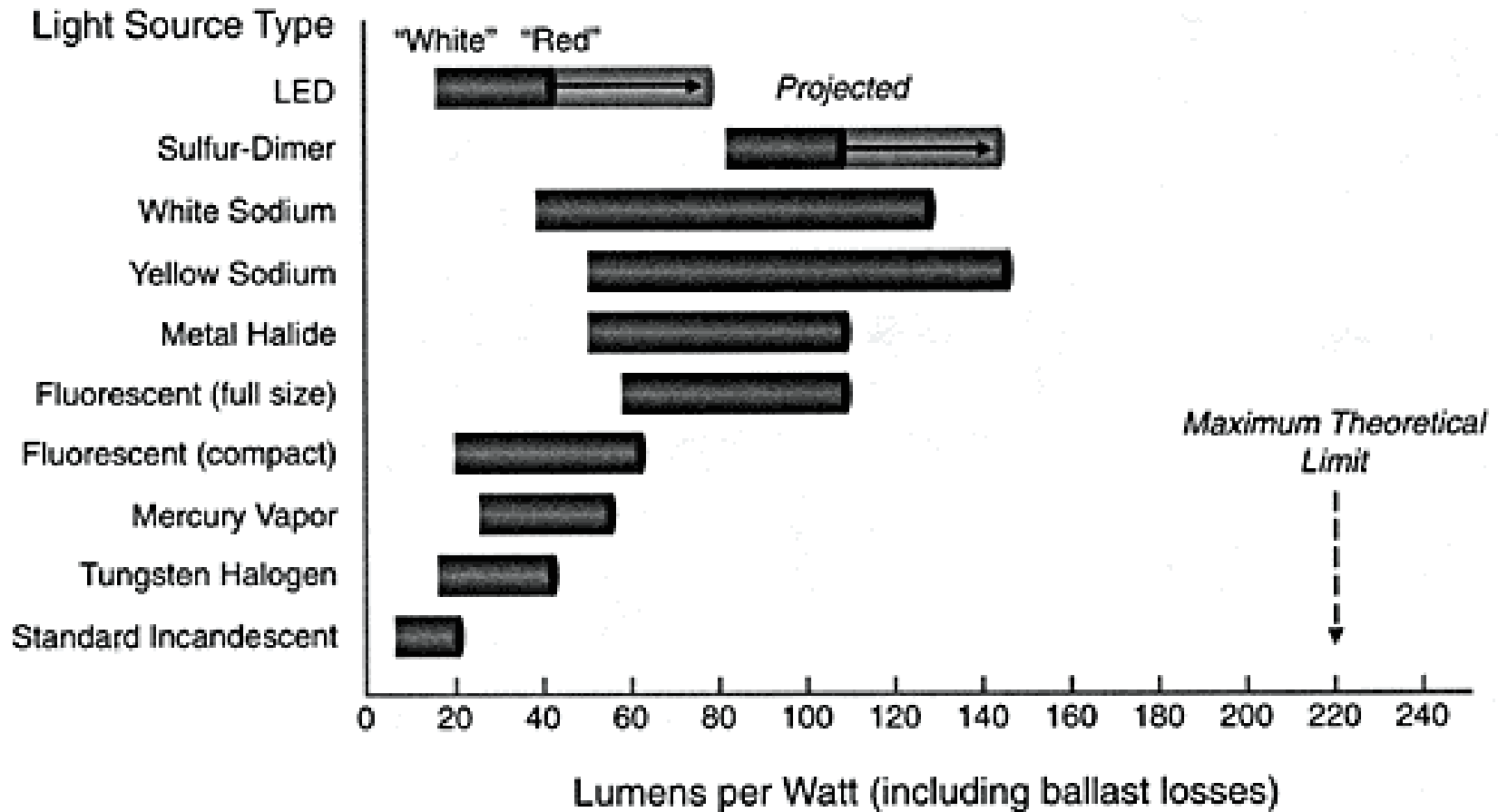
Για $\lambda=555\text{nm}$, 1Watt αντιστοιχεί σε 683 lumen

Μια λάμπα πυράκτωσης 100W παράγει ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος φωτεινής ενέργειας καθώς και θερμότητα (υπέρυθρη ΗΜ ακτινοβολία). Αν όλη η ακτινοβολία του εκπεμπόταν στα $\lambda=555\text{nm}$, πόσα lm θα ήταν η φωτεινή ροή του;

$$100\text{W} \times 683 \text{ lm/w} = 68300 \text{ lm}$$

Όμως μόνο 10% της συνολικής ακτινοβολούσας ισχύος βρίσκεται στο οπτικό μέρος του φάσματος και ακόμη λιγότερο (1,5%) είναι χρήσιμο για το μάτι (μικρή ευαισθησία στο μωβ και το Κόκκινο) Έτσι για μια τυπική λάμπα πυράκτωσης 100 W , η φωτεινή ροή θα είναι λιγότερη από 800 lm .

LIGHT SOURCE EFFICIENCY





Συμπαγής λάμπα φθορισμού

Λάμπα πυράκτωσης



Φάσμα υδραργύρου



Φως από λάμπα υδραργύρου

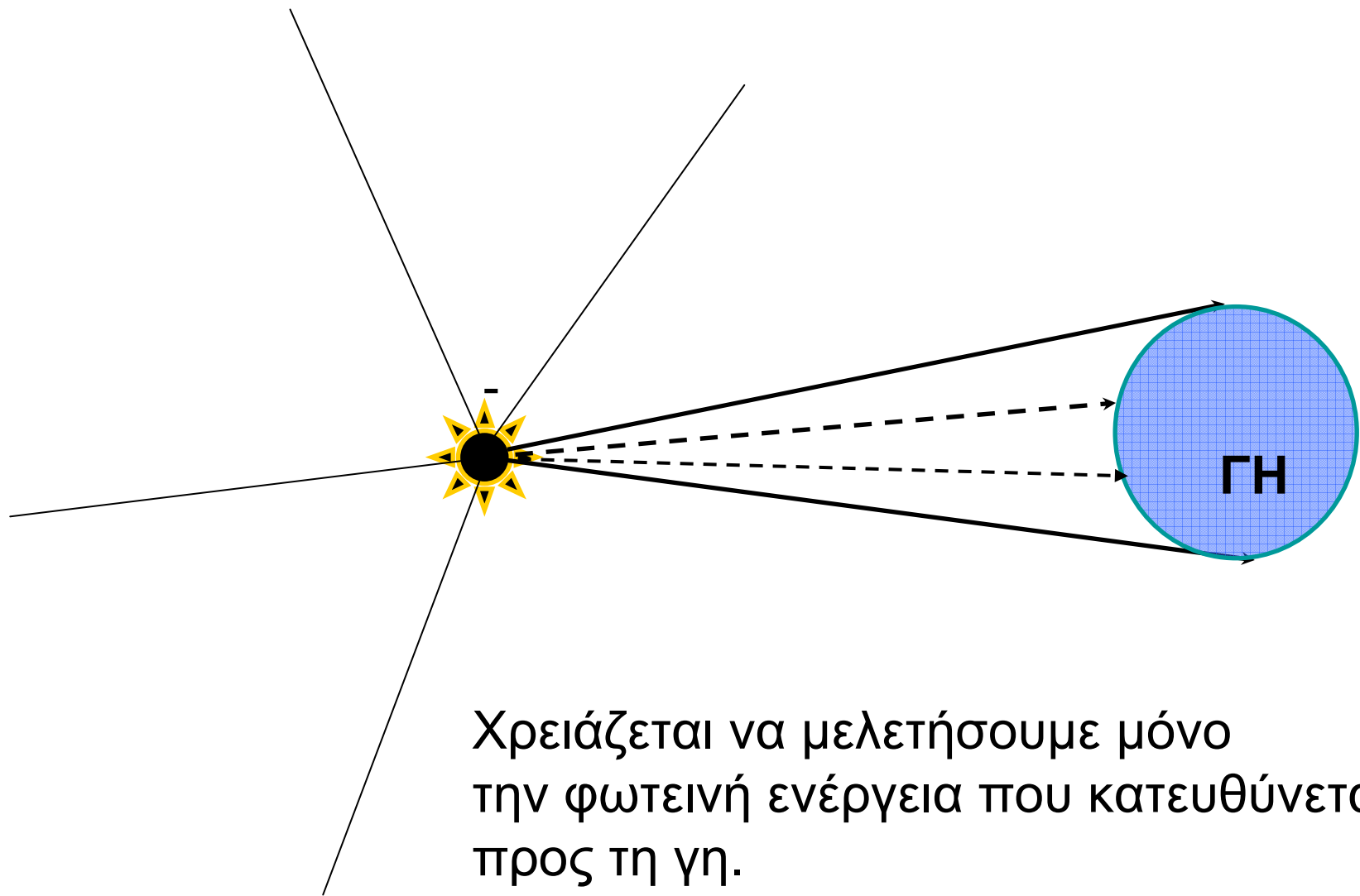


Λάμπα αλογόνου

Το φως της κατευθύνεται σε ένα κώνο

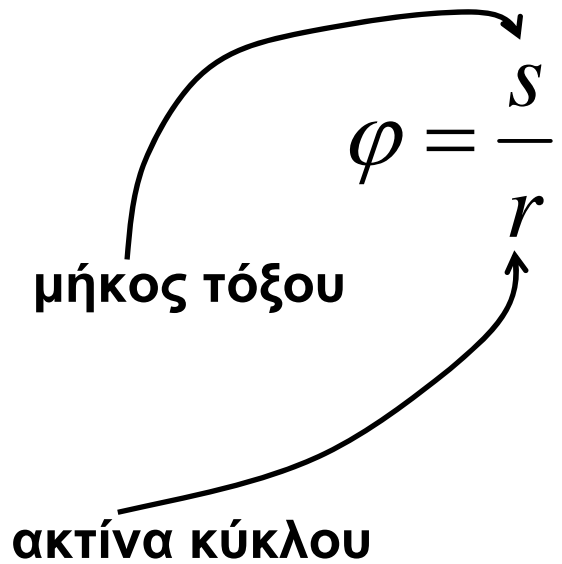
Φωτεινή ροή $\Phi = \frac{dE}{dt}$

Όμως αν θέλουμε να λάβουμε υπόψη την ικανότητα μιας φωτεινής πηγής να δίνει φως σε συγκεκριμένη κατεύθυνση;

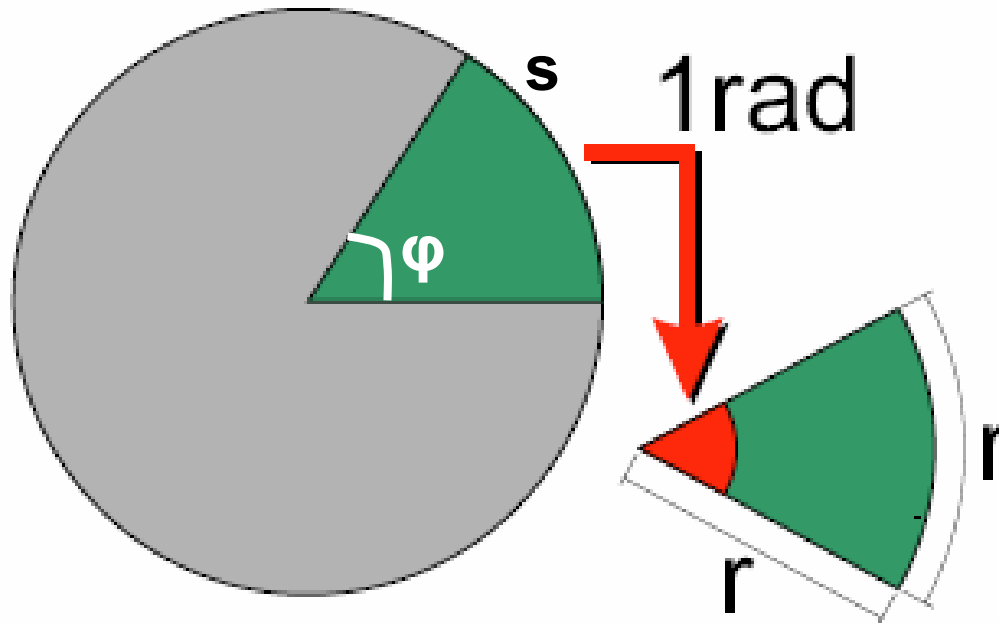


Χρειάζεται να μελετήσουμε μόνο
την φωτεινή ενέργεια που κατευθύνεται
προς τη γη.

Επίπεδη γωνία



μετριέται σε rad

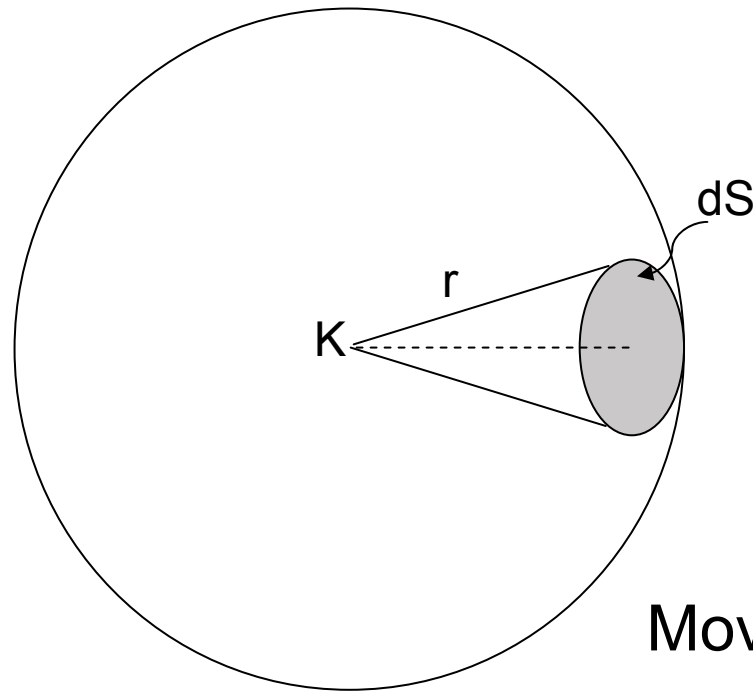


Για ολόκληρο τον κύκλο:

$$\varphi = \frac{s}{r} \Leftrightarrow \varphi = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{r} \Leftrightarrow \varphi = 2\pi$$

Στερεά Γωνία

Όπως η επίπεδη γωνία αλλά στις 3 διαστάσεις



$$d\Omega = \frac{dS}{r^2}$$

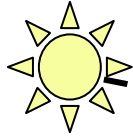
Μονάδα: στερακτίσιο (sr)

Στερεά γωνία για ολόκληρη τη σφαίρα;

$$d\Omega = \frac{dS}{r^2} \Leftrightarrow d\Omega = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{r^2} \Leftrightarrow d\Omega = 4 \cdot \pi$$

Δηλαδή 12,57 sr

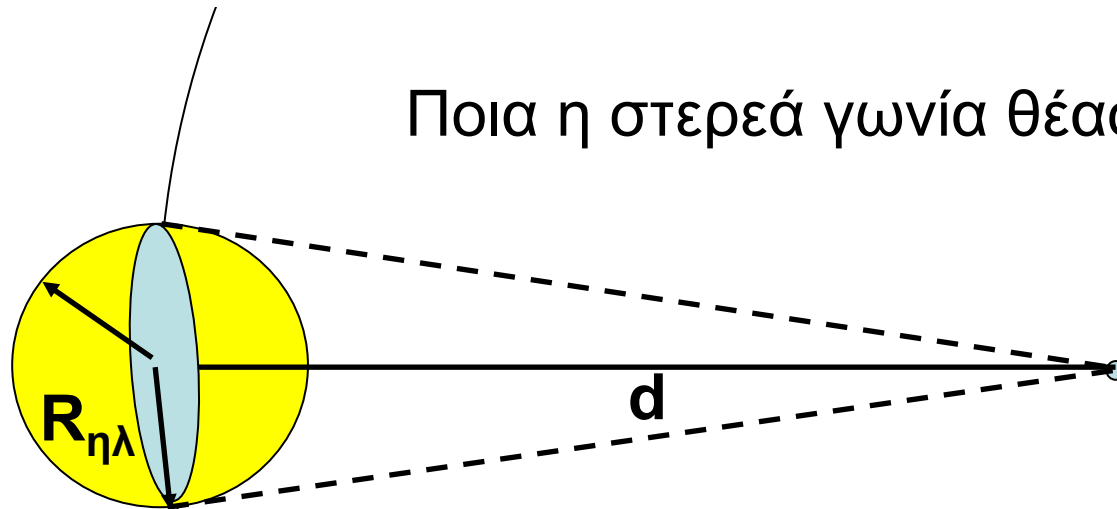
Η στερεά γωνία για ένα σώμα πρακτικά φανερώνει πόσο από το οπτικό μου πεδίο καταλαμβάνει το σώμα αυτό.



Με ποια στερεά γωνία βλέπουμε τον ουρανό από ένα επίπεδο λιβάδι;

Μισή σφαίρα οπότε :
$$d\Omega = \frac{dS}{r^2} \Leftrightarrow d\Omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^2}{r^2} \Leftrightarrow d\Omega = 2 \cdot \pi$$

Ποια η στερεά γωνία θέασης του ήλιου;



Ακτίνα ήλιου: $R_{\eta\lambda} = 0,696 \times 10^6 \text{ km}$

Απόσταση γης - ήλιου: $d = 149 \times 10^6 \text{ km}$

$$d\Omega = \frac{dS}{d^2} \Leftrightarrow d\Omega = \frac{\pi \cdot R_{\eta\lambda}^2}{d^2} \Leftrightarrow d\Omega = 3,14 \left(\frac{0,696 \cdot 10^6}{149 \cdot 10^6} \right)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow d\Omega = 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ sr}$$

Φωτομετρικά μεγέθη

Αυτά που καθορίζουν τη ποσότητα φωτός που εκπέμπεται από σημειακή φωτεινή πηγή

Ένταση ή Φωτοβολία
φωτεινής πηγής

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

Πηλίκο της φωτεινής ροής που εκπέμπει η πηγή σε ορισμένη διεύθυνση μέσα σε στερεά γωνία $d\Omega$ προς τη στερεά γωνία αυτή

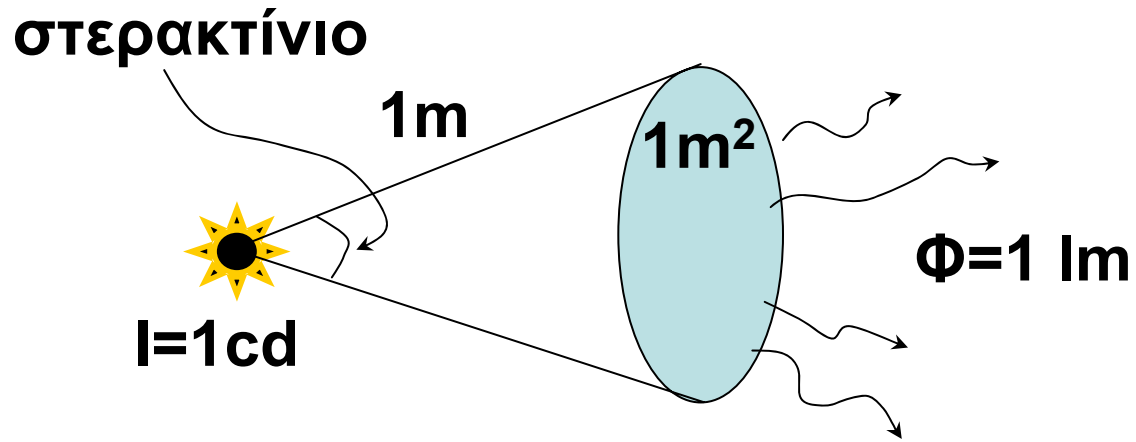
Συνεπώς στη ραδιομετρία **Watt/sr** ,
στη φωτομετρία **candela** (cd)

Η candela είναι μια από τις βασικές μονάδες στο SI

1 candela (cd) είναι το 1/60 της έντασης που εκπέμπεται κάθετα από την επιφάνεια 1cm^2 λευκόχρυσου που βρίσκεται σε θερμοκρασία ίση με το σημείο τήξεώς του.

Πως σχετίζεται η candela με το lumen;

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad \text{Άρα:} \quad cd = \frac{lm}{sr} \Rightarrow 1lm = 1cd \cdot 1sr$$



1 lumen (lm) είναι η φωτεινή ροή την οποία εκπέμπει μια φωτεινή πηγή έντασης 1cd εντός στερεάς γωνίας ίσης με ένα στερακτίνο

Φωτομετρία

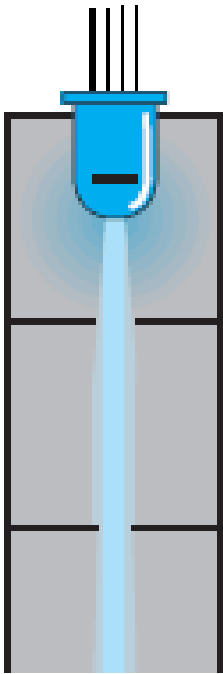
Μια λάμπα πυράκτωσης των 100Watt εκπέμπει φωτεινή ροή 1000 lm. Αν την θεωρήσουμε σημειακή πηγή που εκπέμπει ιστροπικά ποια είναι η φωτεινή της ένταση;

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

$$\Omega = 4\pi = 12,56 \text{ sr}$$

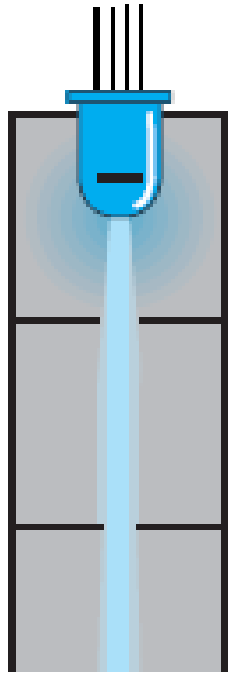
$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \Leftrightarrow I = \frac{1000}{12,56} \Leftrightarrow I = 79,6 \text{ cd}$$

Δύο LED εκπέμπουν 0,1lm φωτεινή ροή ομοιόμορφα σε μια στενή δέσμη ενός κώνου γωνίας στην κορυφή του 10° το πρώτο και 5° το δεύτερο. Ποιο από τα δύο LED έχει μεγαλύτερη φωτεινή ένταση;



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

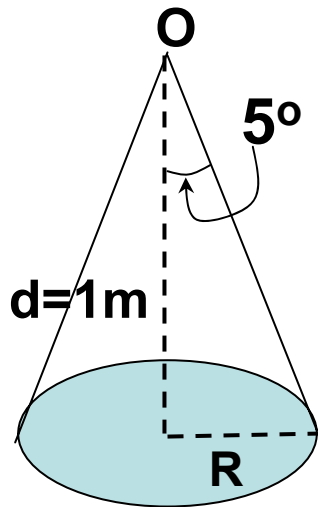
Το δεύτερο αφού η φωτεινή ενέργεια κατανέμεται σε μικρότερη στερεά γωνία



Ένα LED εκπέμπει 0,1lm φωτεινή ροή ομοιόμορφα σε μια στενή δέσμη ενός κώνου γωνίας στην κορυφή του 10°. Βρείτε την φωτεινή ένταση του LED.

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

$$\tan(5) = \frac{R}{1m} \Leftrightarrow R = 0,0875m$$



$$\Omega = \frac{\pi \cdot R^2}{d^2} \Leftrightarrow \Omega = \frac{3,14 \cdot (0,0875)^2}{1^2} \Leftrightarrow \Omega = 0,024sr$$

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \Leftrightarrow I = \frac{0,1lm}{0,024sr} \Leftrightarrow I = 4,17cd$$

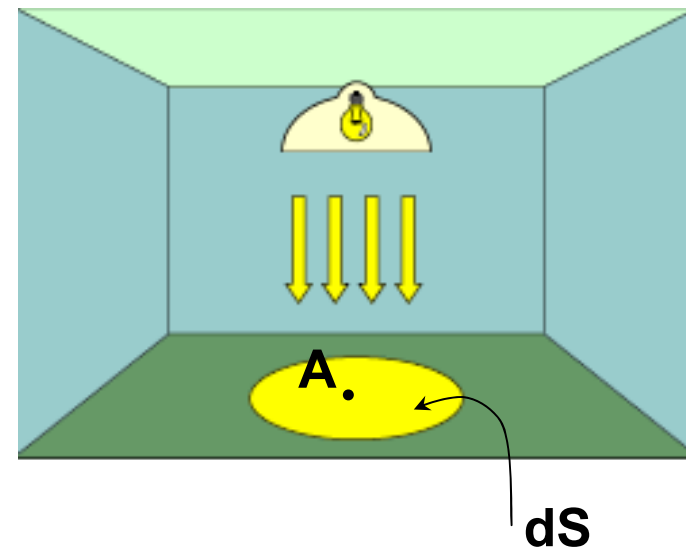
Φωτομετρικά μεγέθη

Αυτά που καθορίζουν τη ποσότητα φωτός που φωτίζει μια επιφάνεια.

Για να περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο είναι κατανομημένη η φωτεινή ροή πάνω σε μια επιφάνεια που φωτίζεται, ορίζουμε το μέγεθος:

Φωτισμός επιφάνειας

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



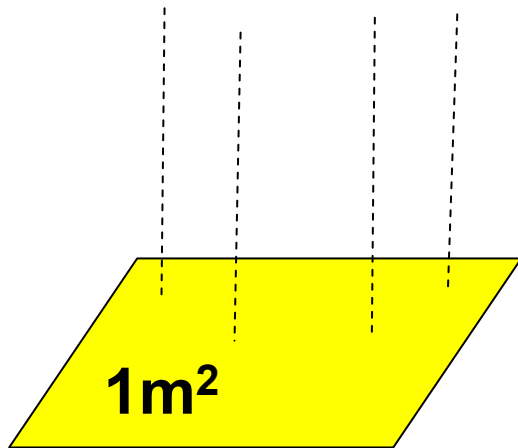
Ονομάζουμε φωτισμό επιφάνειας στο σημείο A, το πηλίκο της κάθετα προσπίπτουσας φωτεινής ροής στο πολύ μικρό τμήμα dS της επιφάνειας γύρω από το A δια του εμβαδού dS

Φωτισμός επιφάνειας

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

Μονάδα μέτρησης:

$$\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Lux}$$



1lux είναι ο φωτισμός μιας επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου που φωτίζεται ομοιόμορφα από φωτεινή ροή 1 lm που πέφτει κάθετα στην επιφάνεια

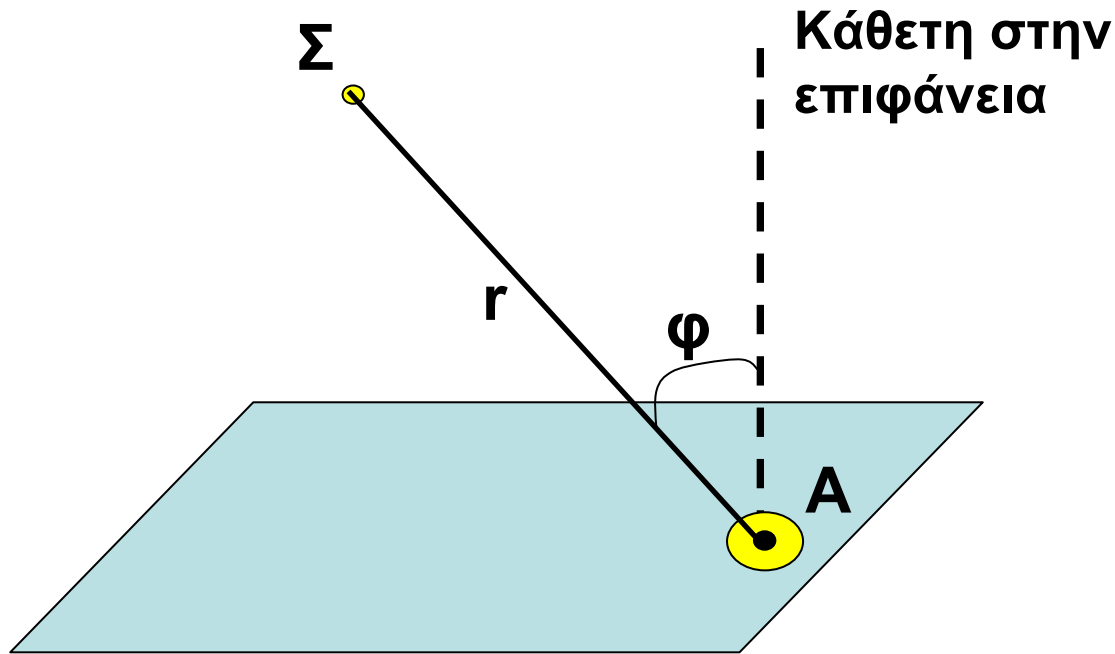
Χαρακτηριστικά παραδείγματα φωτισμού επιφανειών

Φωτισμός από τον ήλιο στο ζενίθ : 6000 lux

Φωτισμός από την πανσέληνο στο ζενίθ : 0,2 lux

Φωτισμός τραπεζιού για ανάγνωση : 25 lux

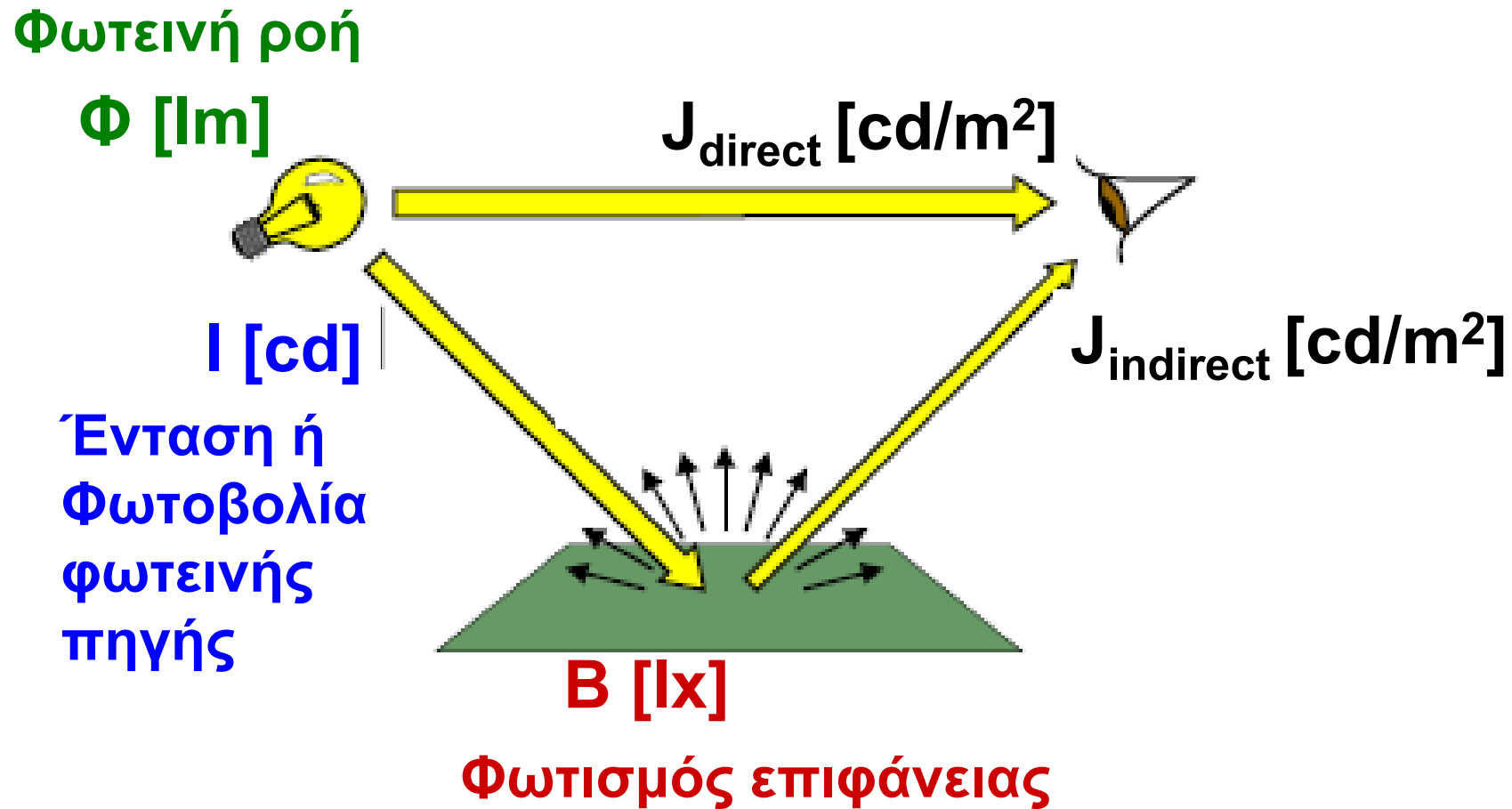
Νόμος του φωτισμού



Σημειακή φωτεινή πηγή Σ έντασης I , φωτίζει επιφάνεια A σε απόσταση r . Ισχύει ότι ο φωτισμός της επιφάνειας A είναι:

$$B = \frac{I}{r^2} \cos(\varphi)$$

Σημαντικότερα μεγέθη Φωτομετρίας



ΤΕΛΟΣ