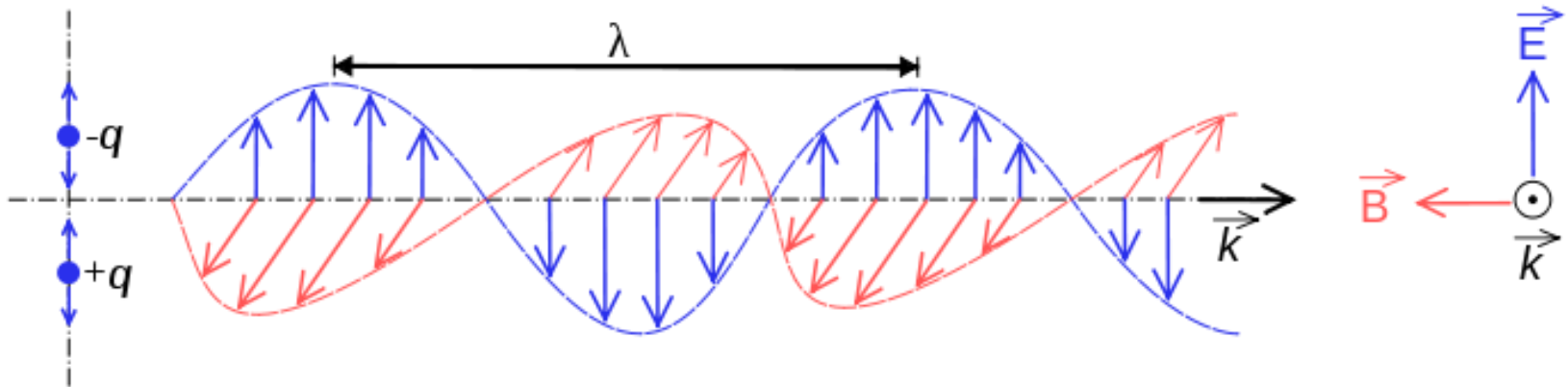


Φυσικοχημικές Μέθοδοι Διάγνωσης - Τεκμηρίωσης

**Ενότητα 2: Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία
και Ύλη**

Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία



“Onde electromagnetique”, από Emmanuel.boutet
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

- Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα ημιτονοειδώς εναλλασσόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο με επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, που διαδίδεται ευθύγραμμα στο χώρο.
- Η διεύθυνση διάδοσης είναι κάθετη προς τα διανύσματα των εντάσεων.

Χαρακτηριστικά Μεγέθη

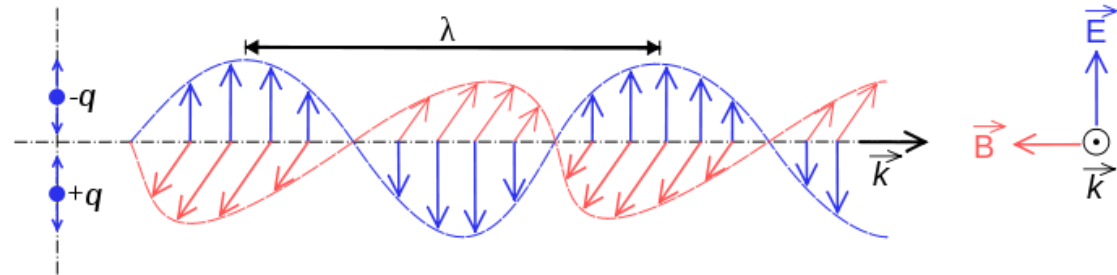
Η Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία δεν έχει μάζα, δεν επηρεάζεται από ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία και έχει σταθερή ταχύτητα (μεταβάλλεται μόνο αν αλλάξει το υλικό μέσο).

Συχνότητα	ν	Hz
Μήκος κύματος	λ $\nu = c/\lambda$ $\nu = u/\lambda$	nm $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$
Κυματαριθμός	$\bar{\nu} = 1/\lambda$	cm^{-1}
Ενέργεια	$E = h\nu$	$h = 6,62 \times 10^{-27}$ erg.sec
Ένταση	I	Φωτεινότητα (Lx) (lum/m ²)
Ταχύτητα διάδοσης	$c = 300.000\text{km/s.}$	

Συχνότητα – Μήκος κύματος

Μήκος κύματος (λ):

Η απόσταση που διανύει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε χρόνο μιας Περιόδου.



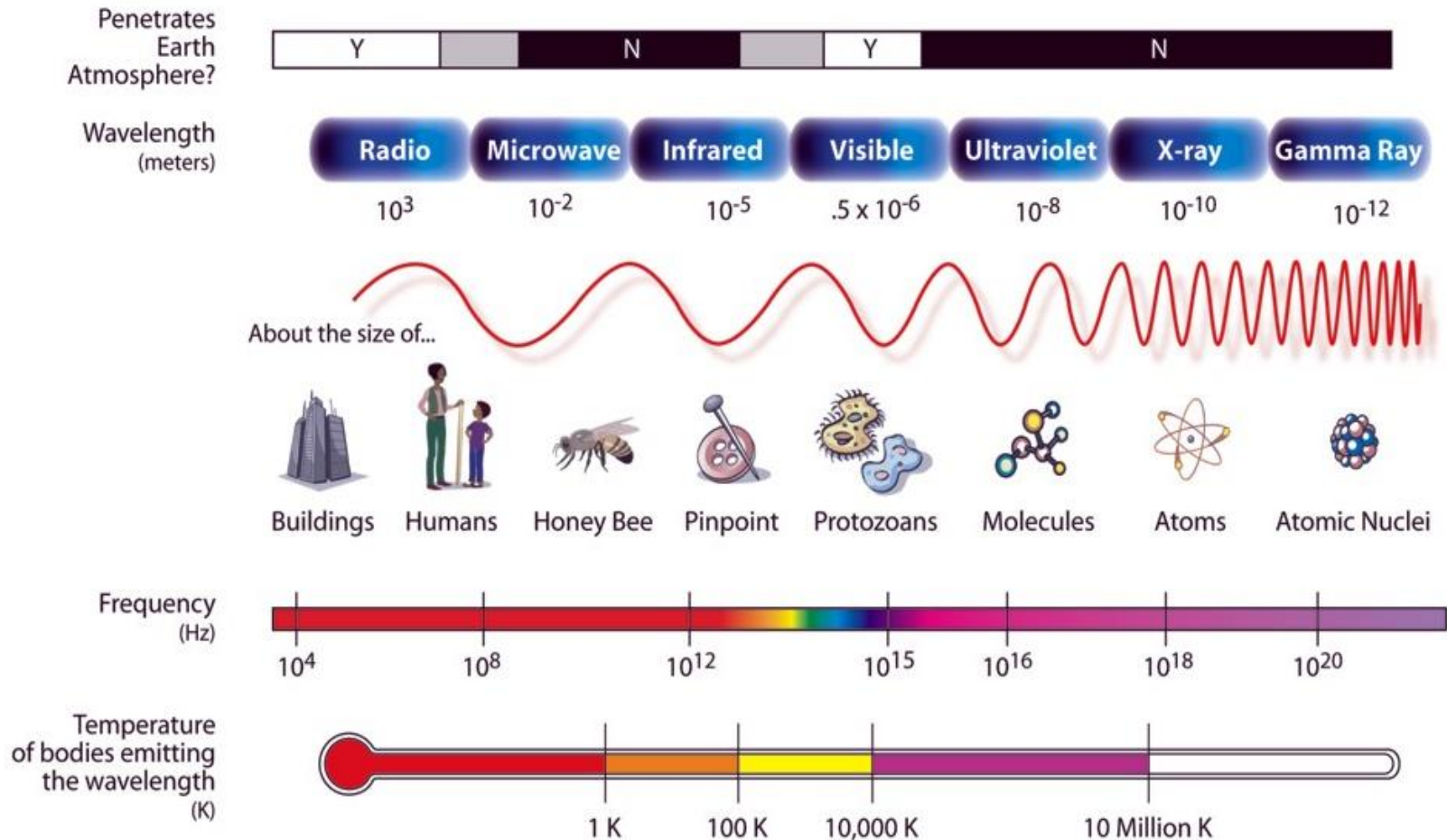
“Onde electromagnetique”, από Emmanuel.boutet
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Συχνότητα (ν):

Ο αριθμός των κύκλων ανά δευτερόλεπτο ($\nu=1/\lambda$).

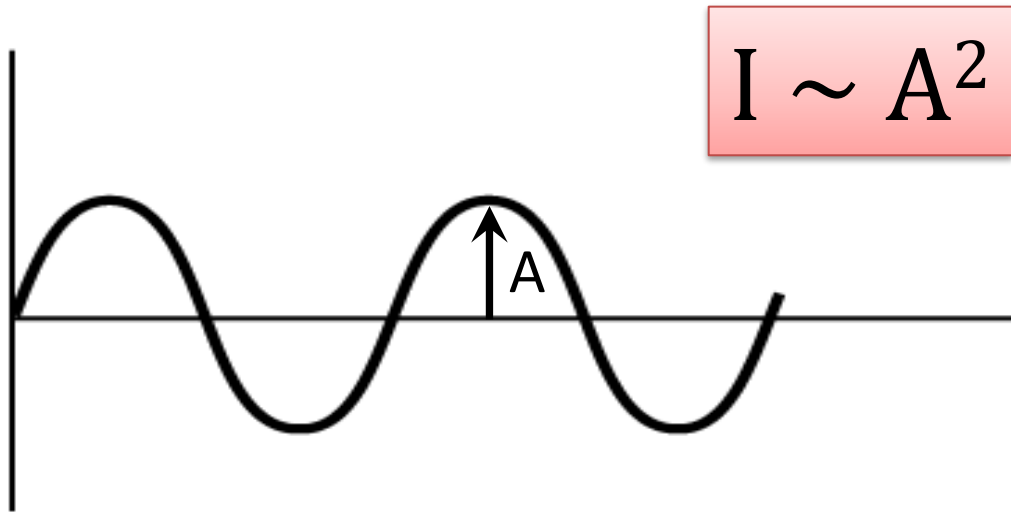
Τη συχνότητα ή το μήκος κύματος της ακτινοβολίας το αντιλαμβανόμαστε ως χρώμα.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



“EM Spectrum3-new”, από penubag
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

Ένταση - Φωτεινότητα



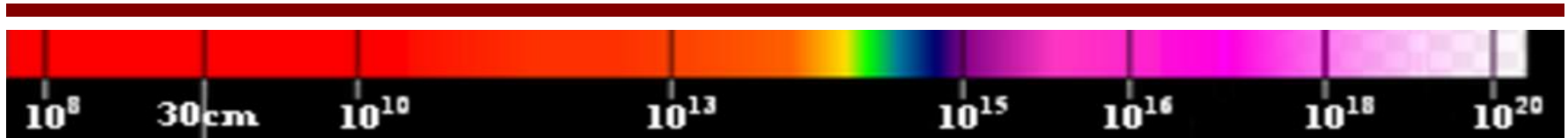
Η ένταση του φωτός (Intensity, I) είναι ανάλογη του πλάτους (amplitude, A) της ταλάντωσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Την ένταση της ακτινοβολίας την αντιλαμβανόμαστε ως **φωτεινότητα**



Δεν θα πρέπει να συγχέεται η φωτεινότητα με τη λαμπρότητα φωτεινής πηγής που είναι τελείως διαφορετικό φωτομετρικό μέγεθος. Η πρώτη αφορά το φωτισμό επιφάνειας, ενώ η δεύτερη την ένταση φωτεινής πηγής

Περιοχές του ΗΜ φάσματος (ως προς τη συχνότητα)



Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Περιοχή του φάσματος	Περιοχή συχνοτήτων	Ενέργεια φωτονίων
Ραδιοκύματα	0 – 300 MHz	0 – 10^{-5} eV
Μικροκύματα	300 MHz – 300G Hz	10^{-5} - 10^{-3} eV
Υπέρυθρη ακτινοβολία	300 GHz – 400 THz	10^{-3} – 1,6 eV
Ορατή ακτινοβολία	400 – 800 MHz	1,6 – 3,2 eV
Υπεριώδης ακτινοβολία	400 – 800 MHz	3eV – 2000 eV
Ακτίνες Χ	$3 \cdot 10^{17}$ Hz - $5 \cdot 10^{19}$ Hz	1200 eV – $2,4 \cdot 10^5$ eV
Ακτίνες γ	$5 \cdot 10^{19}$ Hz - $3 \cdot 10^{22}$ Hz	10^{-5} eV - 10^7 eV
Κοσμικές ακτίνες	$3 \cdot 10^{22}$ Hz	10^7 eV

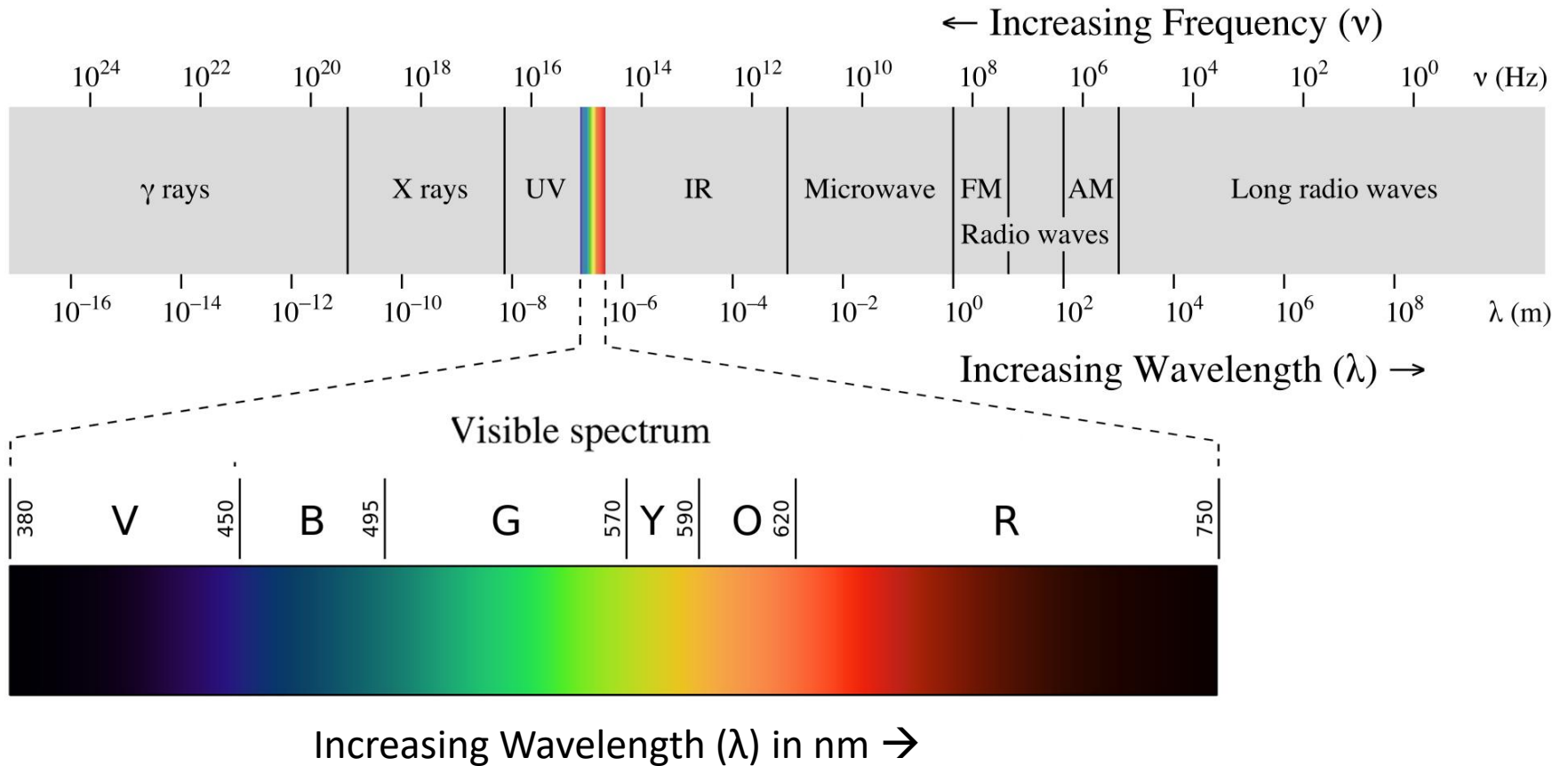
Περιοχές του ΗΜ φάσματος (ως προς το μήκος κύματος)



Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

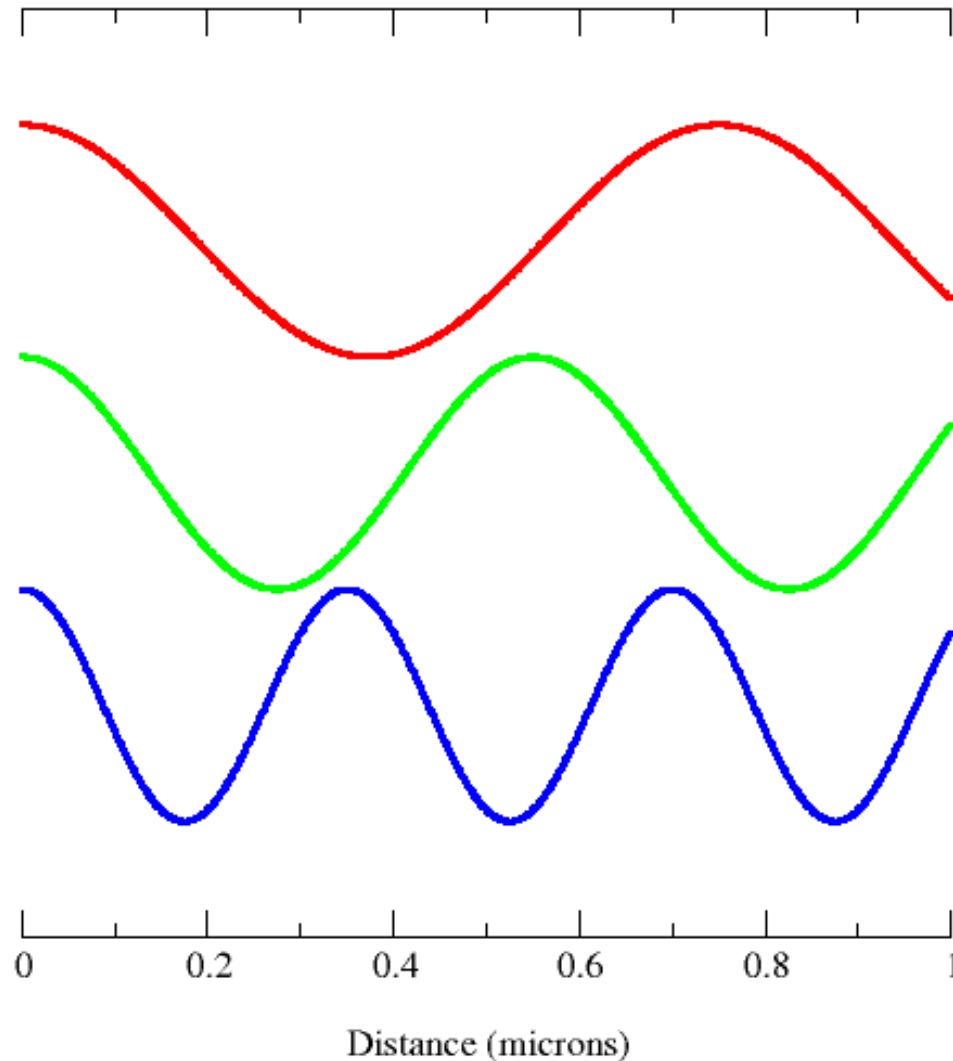
Περιοχή του φάσματος	Περιοχή μηκών κύματος
Ραδιοκύματα	0 – 3×10^8 nm
Μικροκύματα	3×10^8 nm - 3×10^5 nm
Υπέρυθρη ακτινοβολία	3×10^5 nm - 8×10^2 nm 1×10^6 nm έως 760 nm
Ορατή ακτινοβολία	760 nm – 380 nm
Υπεριώδης ακτινοβολία	380 nm – 40 nm
Ακτίνες Χ	40nm-0,005nm, 10nm-0,1nm & 0,1nm – 0,01nm
Ακτίνες γ	0,1nm – 0,01 10^{-3} nm
Κοσμικές ακτίνες	0,01 10^{-3} nm

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



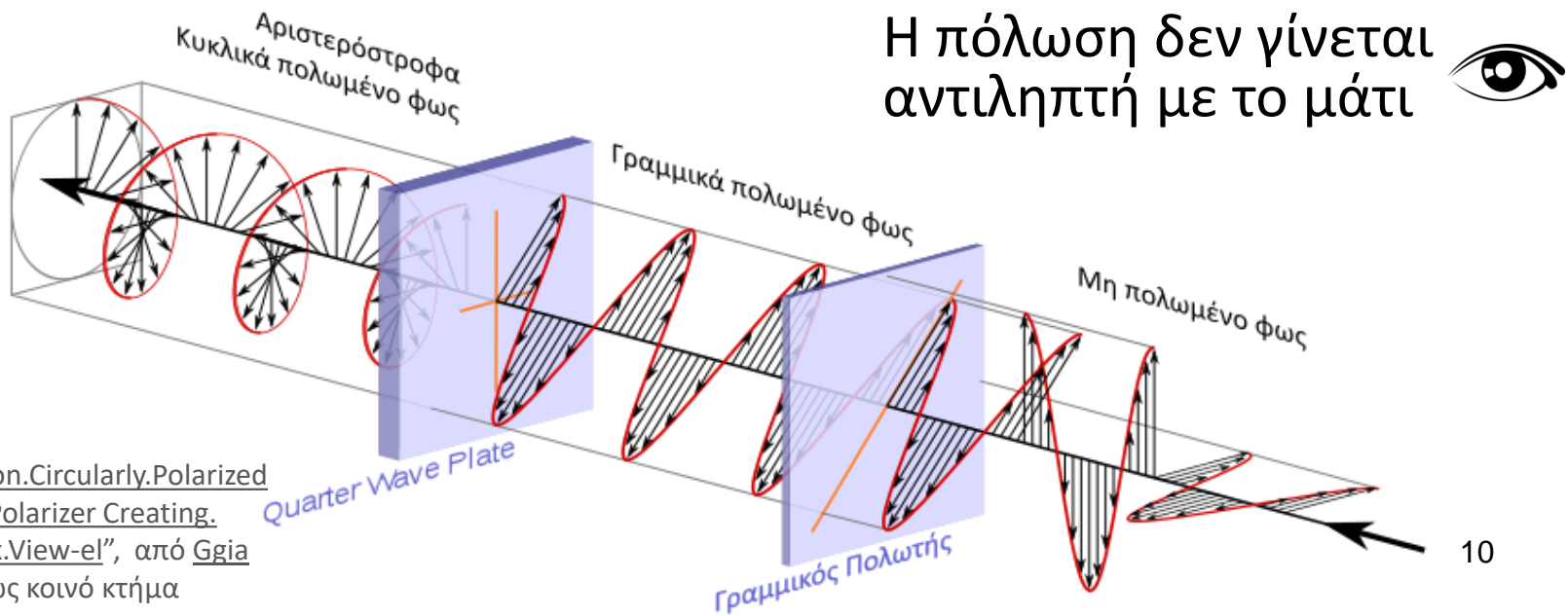
“EM spectrum revised”,
από [Keoka](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

Τα κύματα των τριών βασικών χρωμάτων



Πόλωση του φωτός

Μη πολωμένο φως:	Αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα των οποίων οι φορείς ηλεκτρικού πεδίου (E) ταλαντώνονται σε όλες τις δυνατές γωνίες ως προς τον άξονα διάδοσης του κύματος.
Πολωμένο φως:	Οι φορείς ηλεκτρικού πεδίου ταλαντώνονται σε επίπεδα παράλληλα μεταξύ τους.
Laser:	Μονοχρωματικό και πολωμένο φως



Αλληλεπίδραση ΗΜΑ και ύλης

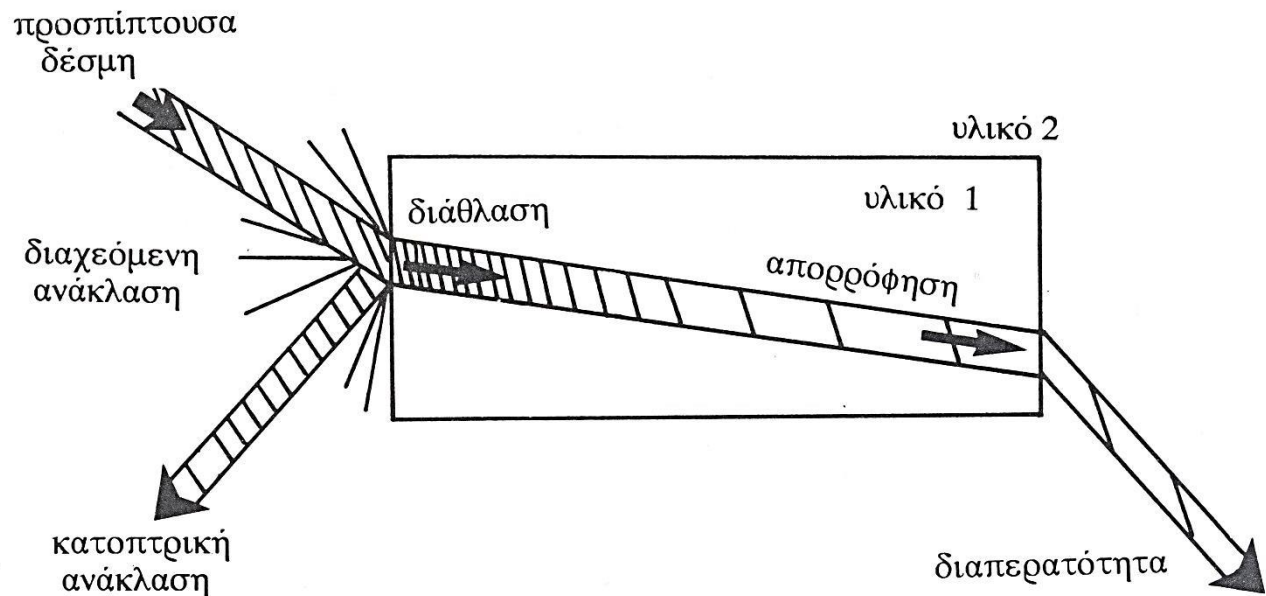
A. Πώς το φως κινείται ή διαδίδεται στο διάστημα ή στα διαφανή υλικά ή σε ομογενή και ισότροπα μέσα:

- Ποια πορεία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του;
- Που διαδίδεται το φως;
- Με ποια ταχύτητα διαδίδεται το φως;

Συμπεριφορά της ΗΜΑ σε διαφανή υλικά (1)

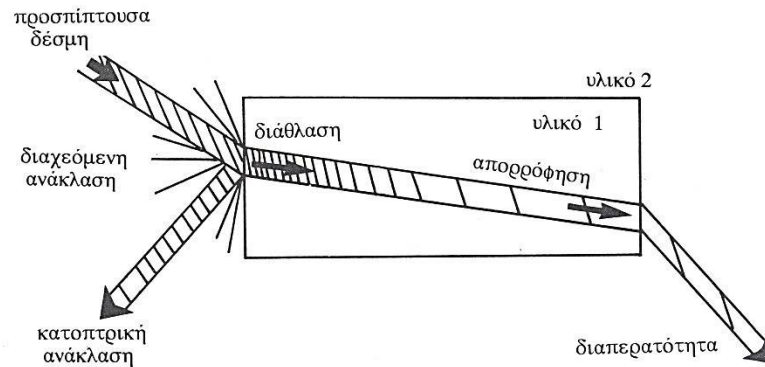
Αν εξετάσουμε **μακροσκοπικά** τι συμβαίνει όταν το φως προσπίπτει σε έναν όγκο διαφανούς υλικού σε στερεή ή υγρή κατάσταση, τότε παρατηρούνται **τρία** φαινόμενα:

- Ανάκλαση
- Απορρόφηση
- Διάθλαση



Σχήμα IV. 1 Η πορεία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα σε ένα ομογενές και ισότροπο στρώμα, Αλεξοπούλου-Αγοράνου, Χρυσουλάκης, "Θετικές Επιστήμες και Έργα Τέχνης", Εκδόσεις Γκόννη, Αθήνα 1993

Συμπεριφορά της ΗΜΑ σε διαφανή υλικά (2)



Ένταση της προσπίπτουσας δέσμης =

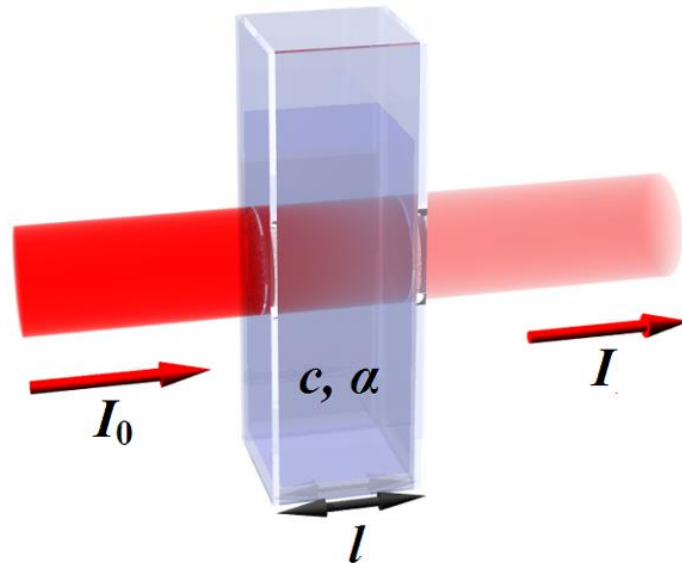
$$\begin{array}{ccccc} \text{Ένταση} & & \text{Ένταση} & & \text{Ένταση} \\ \text{ανακλώμενης} & + & \text{απορροφούμενης} & + & \text{διερχόμενης} \\ \text{δέσμης} & & \text{δέσμης} & & \text{δέσμης} \end{array}$$

Η ένταση εκφράζεται σε w/m^2 και αντιστοιχεί στην ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που διέρχεται δια μέσου της μοναδιαίας επιφάνειας κάθετης στην διεύθυνση διάδοσης της ακτινοβολίας.

Διαπερατότητα

Αντιστοιχεί στον λόγο της έντασης της εξερχόμενης ακτινοβολίας από ένα διαφανές ή ημιδιαφανές υλικό, σε σχέση με την προσπίπτουσα δέσμη.

$$T = I/I_0$$



“[Beer Lambert1](#)”, από CarlosRC
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

Συμπεριφορά της ΗΜΑ σε αδιαφανή υλικά

B. Πώς το φως αλληλεπιδρά με ετερογενή και αδιαφανή μέσα

Όταν το φως προσπίπτει σε ένα υλικό, αυτό αλληλεπιδρά με τα άτομα στο υλικό, και τα αντίστοιχα αποτελέσματα εξαρτώνται από τη συχνότητα (ή μήκος κύματος) του φωτός και την ατομική δομή του υλικού.

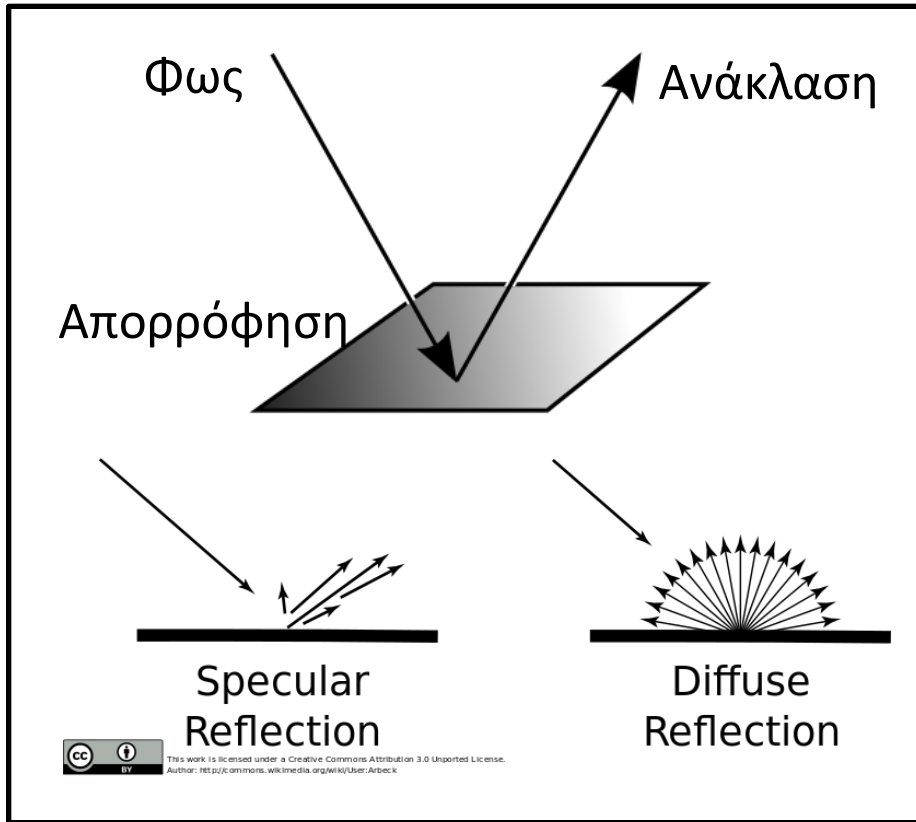
Υπάρχουν τρία φαινόμενα που μπορούν να συμβούν σε ένα φωτεινό κύμα :

- **Ανάκλαση** στις διεπιφάνειες
- **Απορρόφηση** στο εσωτερικό του υλικού
- **Σκέδαση – διάχυση** στο εσωτερικό του υλικού

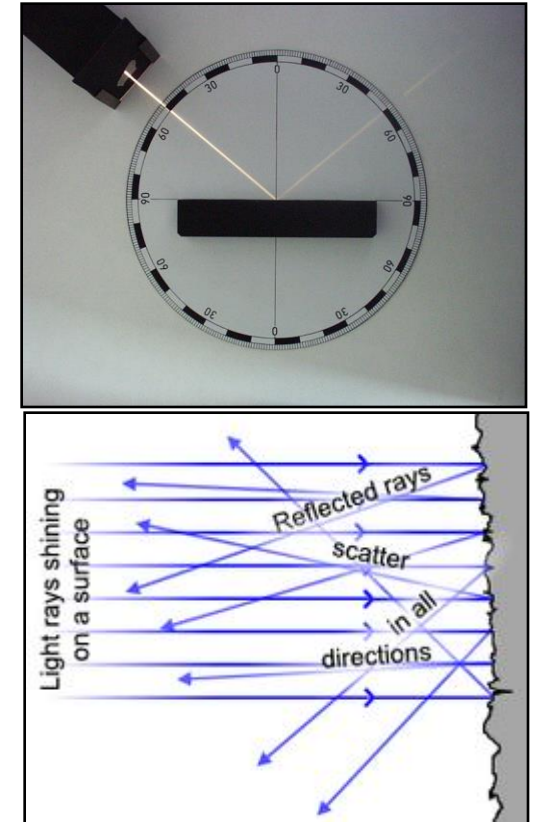
Τα βασικά οπτικά φαινόμενα και οι νόμοι που τα διέπουν

- Ανάκλαση (διατήρηση του μήκους κύματος, Νόμος κατοπτρικής ανάκλασης, διαχεόμενη ανάκλαση),
- Διάθλαση (νόμος του Snell),
- Σκέδαση, διάχυση (νόμοι Mie, Rayleigh),
- Απορρόφηση, Νόμος Απορρόφησης
 - ▶ $I = I_0 e^{-\mu x}$,
- Διαπερατότητα (διαφάνεια) - Οπτική πυκνότητα,
- Φθορισμός – φωσφορισμός.

Ανάκλαση R (Reflection)



“Light matter reflection”, από [Kdkeller](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY 3.0](#), “[Specular And Diffuse Reflection](#)”, από [Arbeck](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY 3.0](#)



“Diffuse reflection”, από [Theresa knott](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

Κάθετη Πρόσπτωση: $I_r / I_0 = (n_2 - n_1)^2 / (n_2 + n_1)^2$

Όσο ο δείκτης διάθλασης του υλικού μεγαλώνει τόσο η R μεγαλώνει (βερνίκια)

Αέρα : $I_r / I_0 = (n_2 - 1)^2 / (n_2 + 1)^2$

Κατοπτρική ανάκλαση σε στάσιμα νερά



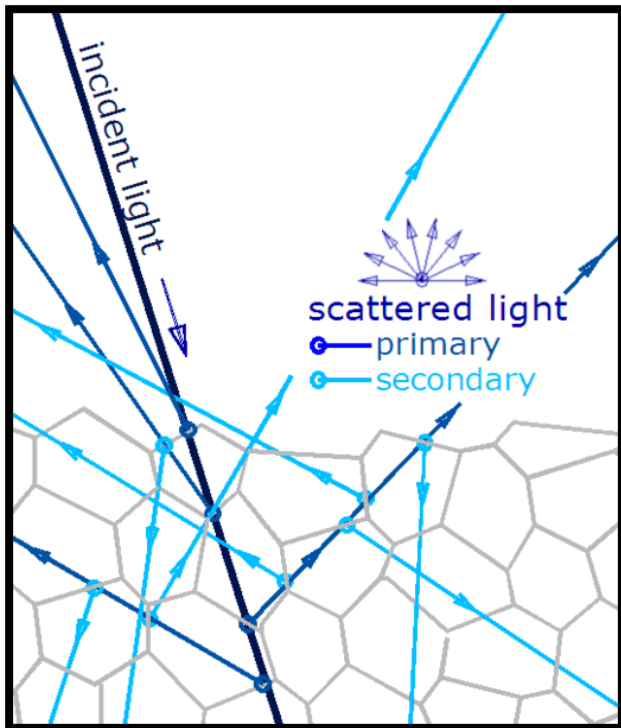
“Clouds reflection in water”,
από [Tyoron2](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

Η ανάκλαση
σχετίζεται με την
στιλπνότητα της
επιφάνειας

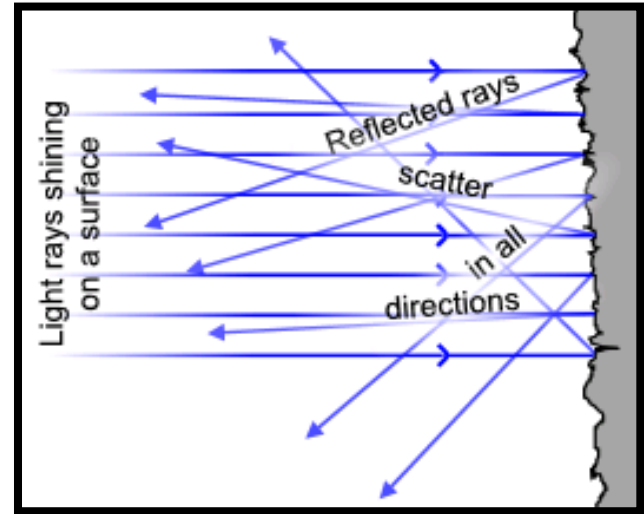
Διαχεόμενη ανάκλαση

Σχηματική αναπαράσταση της διαχεόμενης ανάκλασης σε μικροσκοπικό επίπεδο.

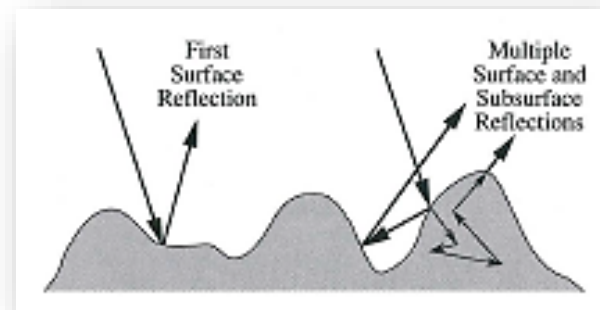
Παρατηρούνται οι ανακλάσεις της δέσμης, πρωτεύουσες και δευτερεύουσες, στα όρια των κόκκων ενός πολυκρυσταλλικού υλικού.



“Diffuse reflection”, από GianniG46
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

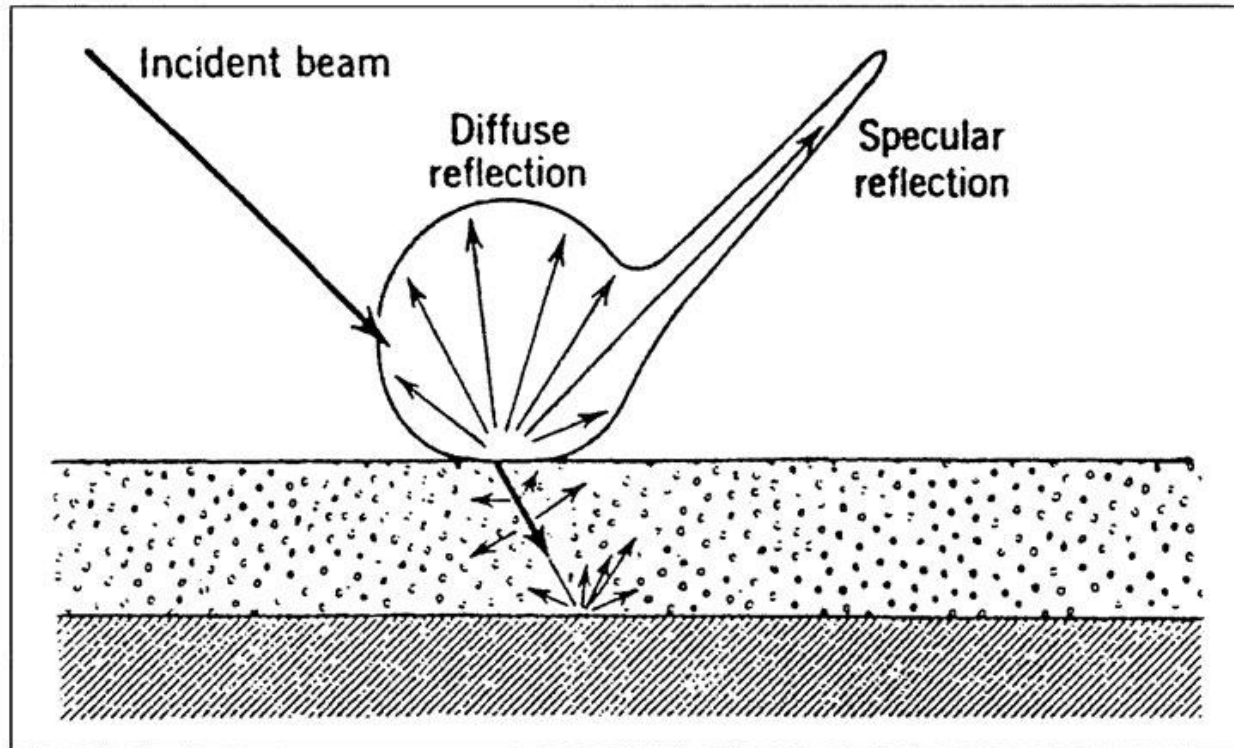


“Diffuse reflection”, από Theresa knott
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)



Xiao D. He, Kenneth E. Torrance, François X. Sillion, and Donald P. Greenberg. 1991. *A comprehensive physical model for light reflection*. *SIGGRAPH Comput. Graph.* 25, 4 (July 1991), 175-186. DOI=10.1145/127719.122738

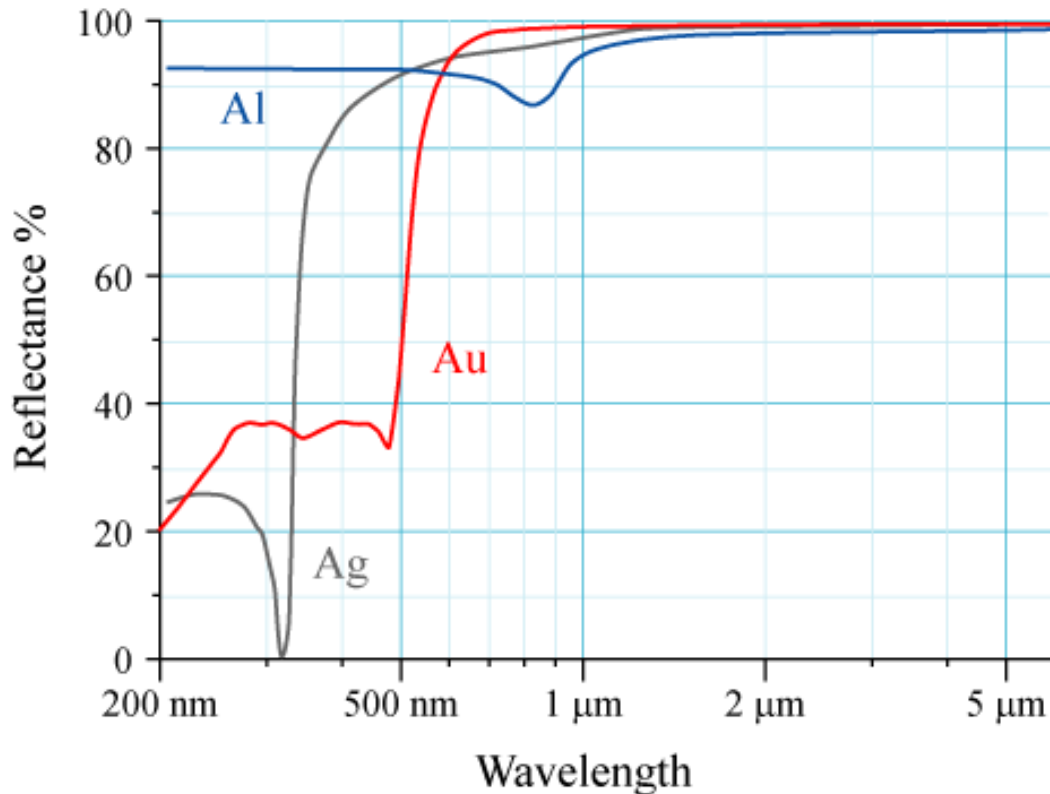
Η ανάκλαση στις φυσικές επιφάνειες



ceramicartsdaily.org

Συνολική ανάκλαση = Διαχεόμενη + Κατοπτρική

Φασματικές καμπύλες ανάκλασης Au, Ag, Al



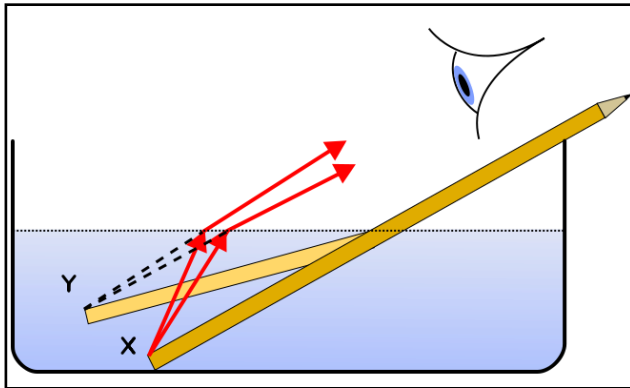
Φασματικές καμπύλες ανάκλασης για το αλουμίνιο (**Al**), χρυσό (**Au**) άργυρο (**Ag**), και από μεταλλικές κατοπτρικές επιφάνειες με κάθετη πρόσπτωση.

“Image-Metal-reflectance”, By Thierryyyyyy
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

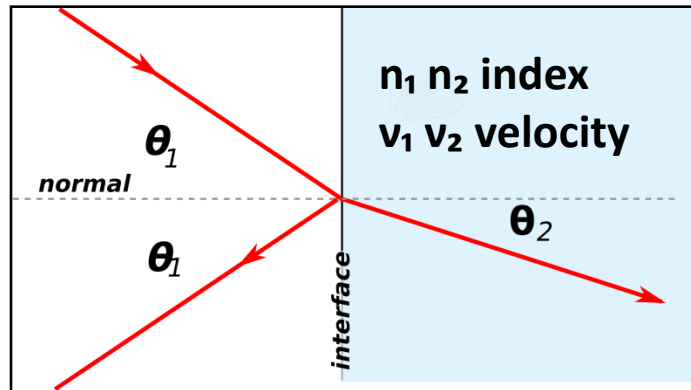
Διάθλαση (Diffraction)

Εκτροπή της διεύθυνσης των φωτεινών ακτίνων κατά τη μετάβασή τους από ένα διαπερατό μέσο διάδοσης με δείκτη διάθλασης n_1 σε άλλο μέσο διάδοσης με δείκτη διάθλασης n_2

Δείκτης
Διάθλασης
 $n = \frac{c}{u_p}$



“Pencil in a bowl of water”, από Gregors
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)



“Reflection and refraction”, από Erzcaw
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Διάθλαση



“Refraction of GGB in rain droplets 2”,
By Mbz1 διαθέσιμο με άδεια CC BY-SA 3.0



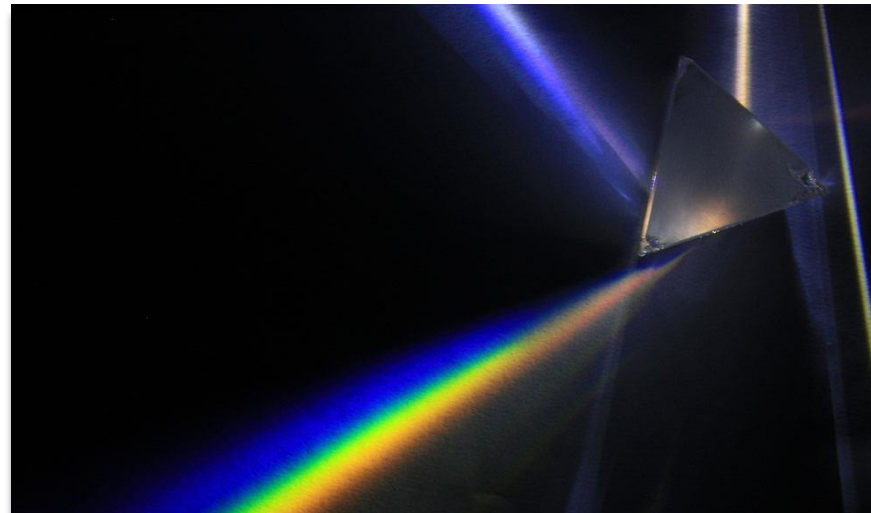
“Refraction-with-soda-straw”, από
Liftarn διαθέσιμο με άδεια CC BY-SA 3.0



“Fred”, από Steve Wall διαθέσιμο με άδεια
CC BY-NC-SA 2.0

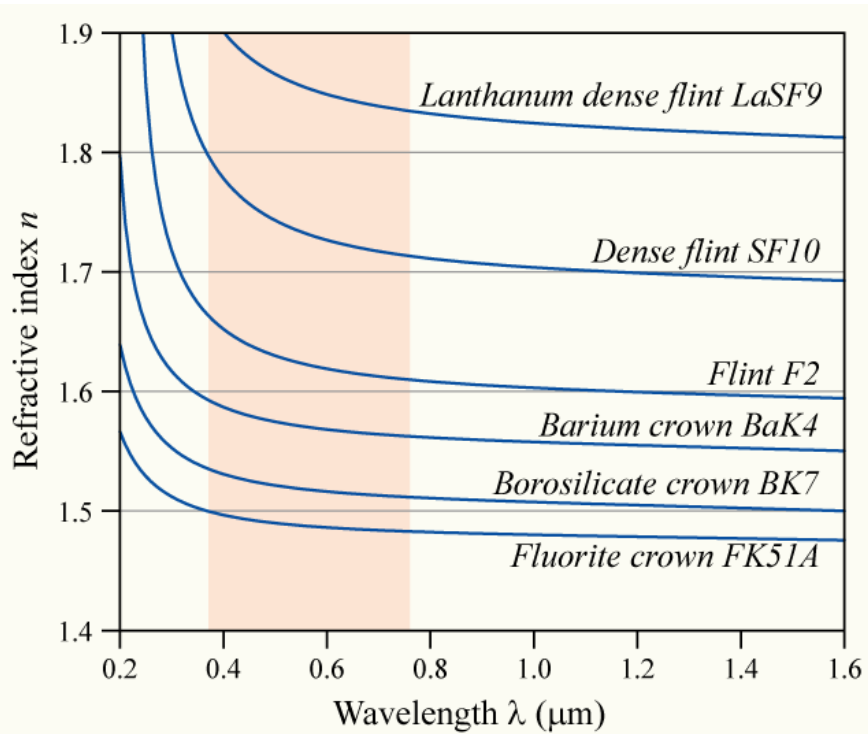


“refraction”, από x tine διαθέσιμο με
άδεια CC BY-NC-ND 2.0

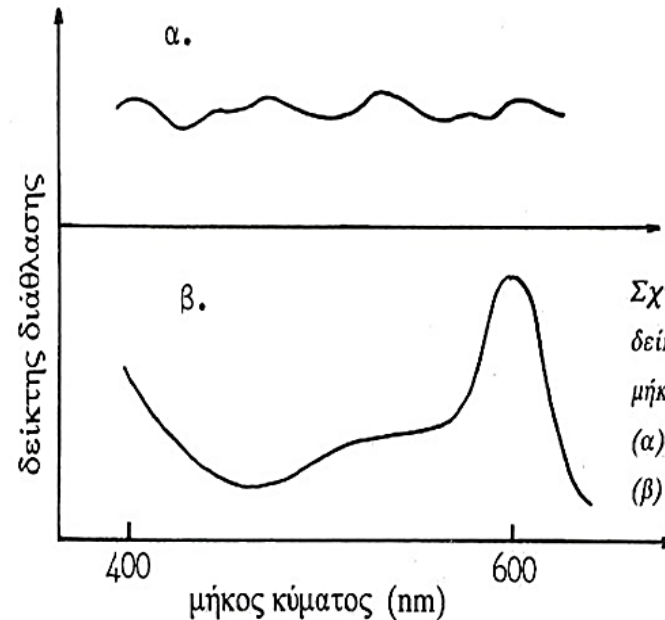


“Light dispersion of a mercury-vapor lamp with a flint glass prism
IPNr°0125” από D-Kuru διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA-3.0-at

Μεταβολή του δείκτη διάθλασης με το μήκος κύματος



“Dispersion-curve”, από Krib διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)



Σχήμα IV.2. Μεταβολή του δείκτη διάθλασης ως προς το μήκος κύματος για μια λευκή (α) και μια κόκκινη χρωστική (β) [F.Delamare, PACT, 1987].

F. Delamare, *Vision et Mésure de la Couleur*”, IIIème Ecole De Physique Appliquée à l’ Archeologie serie PACT, Ravello (1987)

Δείκτες διάθλασης διαφόρων υλικών

Αδάμαντας	2.42
Γυαλί	1.63
Αιθυλική Αλκοόλη	1.36
Ζιρκόνιο	1.92
Αλάτι μαγειρικό	1.54

Βενζένιο	1.50
Νερό	1.33
Πάγος	1.31
Γλυκερίνη	1.47
Χαλαζίας	1.54

Δείκτες διάθλασης χρωστικών υλικών

Πίνακας: Τιμές των δεικτών διάθλασης ορισμένων χρωστικών ως προς τον αέρα.

Χρωστική	Δείκτης Διάθλασης
Κιννάβαρι	3,14 – 2,82
Αιματίτης	2,78 – 3,01
Κόκκινο του καδμίου	2,64 – 2,77
“Ultramarine”	1,50
Αζουρίτης	1,73 – 1,84
Μπλε του κοβαλτίου	1,74
Μπλε της Πρωσίας	1,56
Πράσινη γη	1,62
Λειμωνίτικη ώχρα	2,05 – 2,40
Λευκό του μολύβδου	1,94 – 2,09

Ολική ανάκλαση

- **Το φαινόμενο όπου:**

Οπτική δέσμη κατά τη μετάβασή της από οπτικά πυκνότερο μέσο σε οπτικά αραιότερο, ανακλάται εξ ολοκλήρου.

- **Η γωνία πρόσπτωσης φ_0 οπτικής δέσμης όπου:**

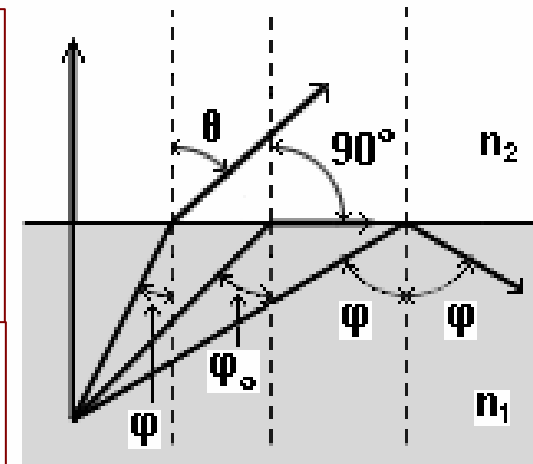
- Μεταβαίνει από οπτικά πυκνότερο μέσο σε οπτικά αραιότερο,
- Η γωνία διάθλασης είναι 90°

Ολική ανάκλαση ή ολική εσωτερική ανάκλαση (total internal reflection).

Ορική γωνία (critical angle).

Το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης βρίσκει εφαρμογή στα πρίσματα ολικής ανάκλασης που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οπτικών εργαστηριακών οργάνων και στις φωτογραφικές μηχανές.

$$\sin\varphi_0 = \frac{n_2}{n_1}\sin 90^\circ = \frac{n_2}{n_1}$$



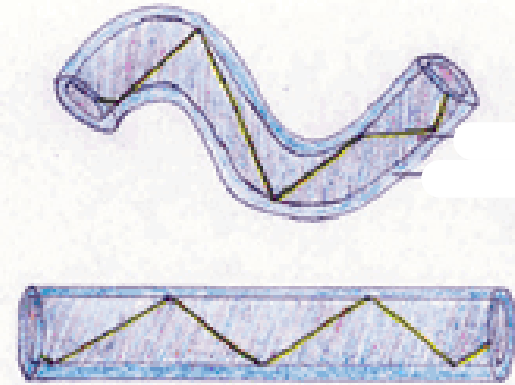
Ολική ανάκλαση

Οπτικές ίνες

- Εφαρμογή της ολικής ανάκλασης στη σύγχρονη τεχνολογία, είναι η μεταφορά μιας λεπτής φωτεινής δέσμης σε οποδήποτε μεγάλες αποστάσεις με οπτικές ίνες (glass fiber).

Κατασκευάζονται από υψηλής διαφάνειας γυαλί σε σχήμα λεπτών κυλινδρικών ινών.

- Αν μια φωτεινή δέσμη εισέρχεται παράλληλα στον άξονα της ίνας, συναντά από το εσωτερικό την κυλινδρική διαχωριστική επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη της ορικής και συνεπώς υφίσταται ολική ανάκλαση. Αυτό συμβαίνει διαδοχικά σε όλη την πορεία της μέσα στην ίνα, έτσι ώστε να φθάνει στην έξοδο χωρίς απώλειες στην έντασή της λόγω διάθλασης.



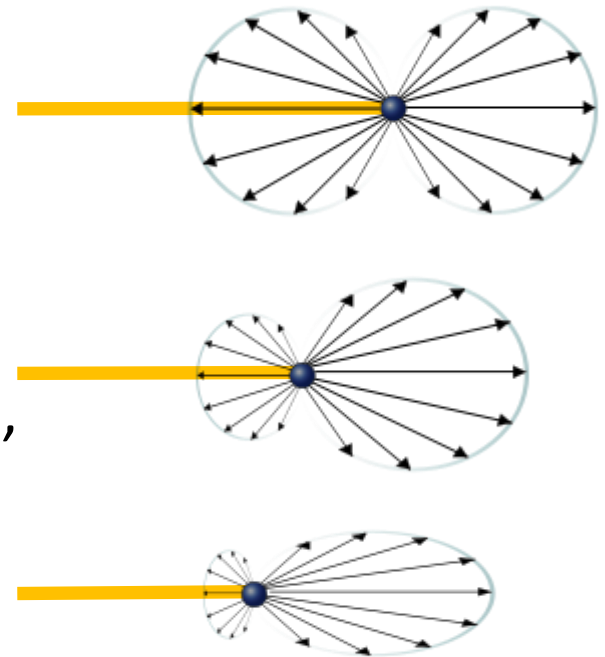
Οπτικές ίνες

Σκέδαση

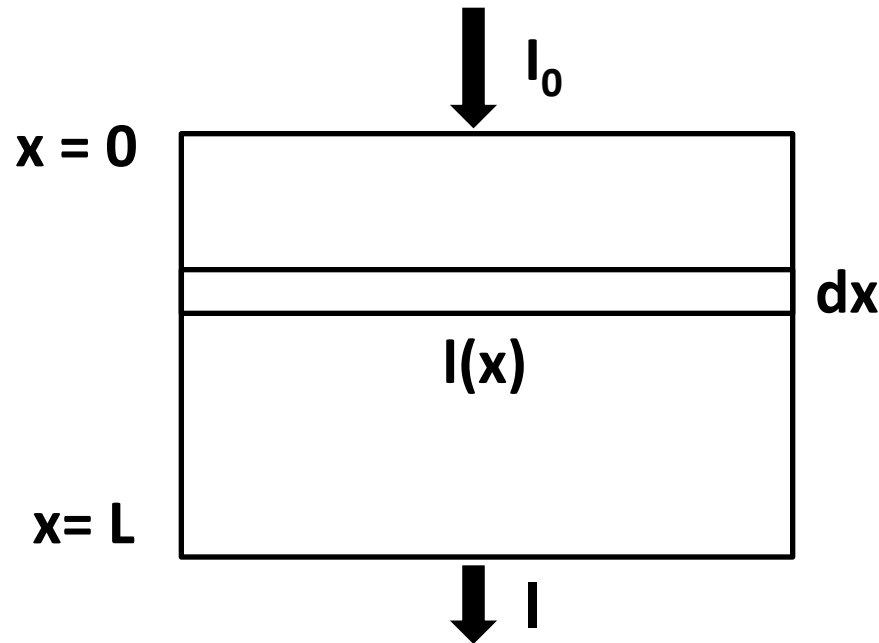
Διασκορπισμός των φωτεινών **ακτίνων** που συμβαίνει, υπό προϋποθέσεις, όταν αυτές προσπέσουν στα μικροσκοπικά σωματίδια μιας διασποράς σωματιδίων, έτσι ώστε να διαχέονται στον όγκο του υλικού.

$$\alpha = \frac{\pi D_p}{\lambda}$$

- $\alpha \ll 1$: **σκέδαση Rayleigh** (μικρό μέγεθος σωματιδίου συγκρινόμενο με το μήκος κύματος),
- $\alpha \approx 1$: **σκέδαση Mie** (μέγεθος σωματιδίου της τάξης μεγέθους του μήκους κύματος),
- $\alpha \gg 1$: **γεωμετρική σκέδαση** (μέγεθος σωματιδίου πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος).



Απορρόφηση (νόμος Beer-Lambert)



$$-dl/dx = K I$$

$$-dl/l = K dx \quad \text{ή} \quad -\ln(I/I_0) = Kx \quad \text{ή} \quad I/I_0 = e^{-KL}$$

$T = I/I_0$, $-\ln(I/I_0)$ καλείται και οπτική πυκνότητα του υλικού.

Φωτομετρικά μεγέθη και μονάδες

Φωτεινή Ισχύς ή Φωτεινή Ροή (Luminous flux) [Lm]

Εκφράζει τη συνολική ποσότητα φωτός που εκπέμπεται ανά δευτερόλεπτο από μία πηγή φωτός. Οι λαμπτήρες μετατρέπουν την ηλεκτρική ισχύ σε φωτεινή και όπως οι ηλεκτρικές συσκευές χαρακτηρίζονται από την ηλεκτρική τους ισχύ, έτσι και οι λαμπτήρες χαρακτηρίζονται από την **φωτεινή ροή ή ισχύ** που μετριέται σε **Lumen** (Lm).

Η φωτεινή ροή **δεν** ακτινοβολείται ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις, αλλά με μικρότερη ή μεγαλύτερη πυκνότητα. Μόνο οι **σημειακές πηγές** ακτινοβολούν ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις.

Φωτεινή Ένταση I (Luminous intensity)

[candele Cd] (1 από 2)

Μία φωτεινή πηγή δεν εκπέμπει ομοιόμορφα το φως που παράγει.

Είναι επομένως είναι χρήσιμο να οριστεί ένα νέο μέγεθος που θα καθορίζει προς κάθε συγκεκριμένη κατεύθυνση του στερεού χώρου, το ποσό της Φωτεινής Ροής Φ που εκπέμπει η φωτεινή πηγή.

Φωτεινή Ένταση I (Luminous intensity)

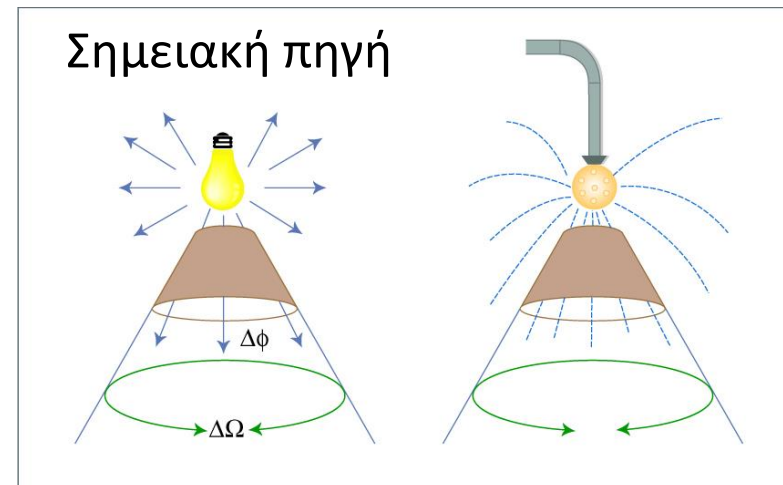
[candele Cd] (2 από 2)

Η φωτεινή ένταση I προς μία κατεύθυνση παρατήρησης είναι:

Ο λόγος της εξερχόμενης φωτεινής ροής Φ από κάποια φωτεινή πηγή (ή στοιχείο της φωτεινής πηγής) διαμέσου ενός κοίλου κώνου απείρως μικρού ανοίγματος, προς την τιμή της στερεάς γωνίας δια της οποίας διέρχεται η ροή αυτή.

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

Αν η πηγή φωτός δεν παρουσιάζει την ίδια διανομή της φωτεινής έντασης προς όλες τις κατευθύνσεις τότε δίνεται η διανομή σε περισσότερα από ένα επίπεδα που περνούν από ένα ή περισσότερους άξονες συμμετρίας του φωτιστικού σώματος.

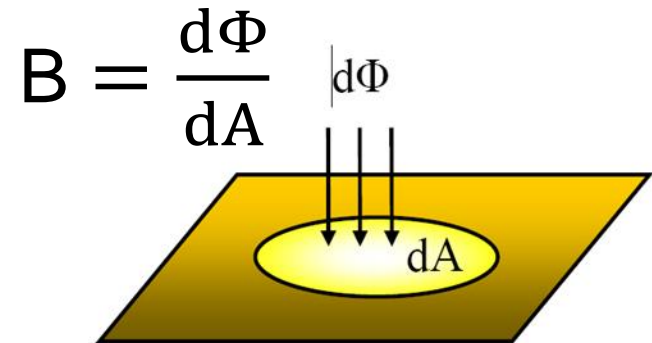


Ένταση Φωτισμού Επιφάνειας E (Illuminance) [Lux]

Η ένταση φωτισμού μιας ετερόφωτης επιφάνειας (Φωτεινότητα) είναι η φωτεινή ροή που πέφτει στη μονάδα επιφάνειας, δηλ. Lm/m^2 .

Μονάδα μέτρησης είναι το Lux

Η μέτρηση της έντασης φωτισμού E μιας επιφάνειας γίνεται με το φωτόμετρο.



Ένταση φωτισμού

Μήτσου Γ., Φωτομετρικά μεγέθη -
πολική κατανομή φωτοβολίας,
Εκπαιδευτικό βοήθημα, ΤΕΙ Αθήνας

Λαμπρότητα (Luminance) [Cd/m^2]

(1 από 3)

Παρατηρώντας **δύο** φωτεινές μη σημειακές πηγές που έχουν την **ίδια** φωτεινή ένταση I αλλά **διαφορετικές διαστάσεις**, θα διαπιστώσουμε ότι η πηγή που έχει την **μικρότερη** επιφάνεια δίνει την εντύπωση ότι είναι **λαμπρότερη** από την άλλη.

Καθορίζεται έτσι ένα νέο μέγεθος, χαρακτηριστικό της φωτοβολούσας επιφάνειας, **η λαμπρότητα**, που ορίζεται σαν το πηλίκο της έντασης I της φωτεινής πηγής στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν S της επιφάνειας της πηγής το οποίο βλέπει ο παρατηρητής.

$$L_v = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA \cos\theta}$$

Περιγράφει δηλαδή το φως το οποίο εκπέμπεται από μία περιοχή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

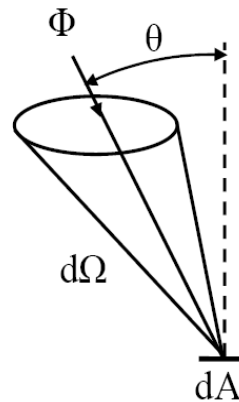
Λαμπρότητα (Luminance)

(2 από 3)

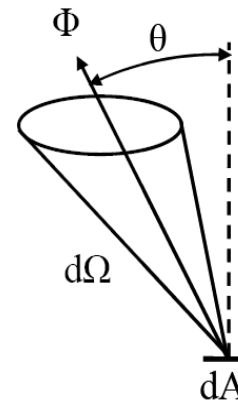
Η λαμπρότητα αποτελεί βασικό μέγεθος της **φωτοτεχνίας** καθώς προκαλεί στο ανθρώπινο μάτι το **αίσθημα** της φωτεινότητας των διαφόρων αντικειμένων.

Τα διάφορα αντικείμενα διακρίνονται από την **λαμπρότητα** με την οποία ακτινοβολούν το φως προς την κατεύθυνση του παρατηρητή.

Δεν έχει καμία σημασία αν η επιφάνεια είναι αυτόφωτη (εκπέμπει φως) ή ετερόφωτη (δέχεται φως που είτε το ανακλά είτε το διαχέει).



(α)



(β)

Λαμπρότητα (α) εκπεμπόμενης και (β) αναδύμενης ακτινοβολίας

Λαμπρότητα (Luminance)

(3 από 3)

Υψηλές τιμές λαμπρότητας προκαλούν **θάμβωση** (glare), η οποία επηρεάζει την ικανότητα της όρασης.

Μερικές φωτεινές πηγές έχουν τόσο μεγάλη λαμπρότητα, ώστε να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο μέσα σε κατάλληλους διαφανείς κώδωνες.

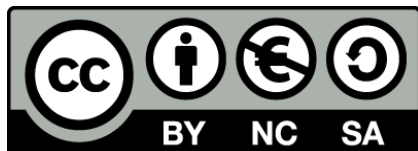
Απόδοση ηλεκτρικής Φωτεινής Πηγής (Luminous efficiency) [Lm/W]

Η **απόδοση** μιας φωτεινής πηγής εκφράζει το **ποσό** της αποδιδόμενης φωτεινής ροής για κάθε **Watt** καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος.

Αύξηση των **Lumen** ανά καταναλισκόμενο **Watt** σημαίνει **υψηλότερη** απόδοση και **χαμηλότερη** κατανάλωση ενέργειας.

Δεδομένου της συνεχούς αύξησης του κόστους της ενέργειας, η **αύξηση** της αναλογίας αυτής γίνεται όλο και πιο σημαντική.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Αθηνά Αλεξοπούλου 2014. Αθηνά Αλεξοπούλου. «Φυσικοχημικές Μέθοδοι Διάγνωσης - Τεκμηρίωσης. Ενότητα 2: Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία και Ύλη». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

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



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

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

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

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

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

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

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

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

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

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

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

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

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

χωρίς σήμανση
Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

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

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση περιεχομένου από τα ακόλουθα έργα:

1. Αλεξοπούλου-Αγοράνου, Χρυσουλάκης, “Θετικές Επιστήμες και Έργα Τέχνης”, Εκδόσεις Γκόννη, Αθήνα 1993, Σχήμα IV.
2. Μήτσου Γ., Φωτομετρικά μεγέθη – πολική κατανομή φωτοβολίας, Εκπαιδευτικό βοήθημα, ΤΕΙ Αθήνας
3. F. Delamare, *Vision et Mésure de la Couleur*”, IIIème Ecole De Physique Appliquée à l’ Archeologie serie PACT, Ravello (1987)
4. Xiao D. He, Kenneth E. Torrance, François X. Sillion, and Donald P. Greenberg. 1991. *A comprehensive physical model for light reflection*. *SIGGRAPH Comput. Graph.* 25, 4 (July 1991), 175-186. DOI=10.1145/127719.122738, Σχήμα 1.

Χρηματοδότηση

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

