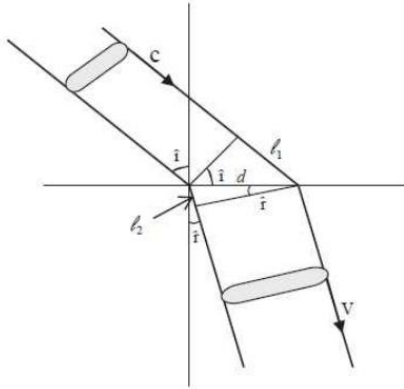


Índex de refracció complex

La llum s'atenua quan passa a través d'un medi material. Això pot ser representat convenientment mitjançant la definició d'un índex de refracció complex.

L'índex de refracció és el factor de reducció de la velocitat i la longitud d'ona de la radiació en un medi respecte als seus valors de buit: la velocitat de la llum en un medi és doncs $v = c/n$, i de manera similar la longitud d'ona en aquest medi és $\lambda = \lambda_0/n$, on λ_0 és la longitud d'ona de la llum en el buit.



Exercici: Un fotó de llum verda (550 nm) passa de l'aire a un medi amb índex de refracció $n=1.5$. Calculeu en l'aire la longitud d'ona i velocitat del fotó. Calculeu en el medi 2 la longitud d'ona freqüència i velocitat del fotó.

Solució: Com indica el dibuix, el feix no ha de perdre la fase, i.e. $\ell_1 / \ell_2 = \lambda_1 / \lambda_2$.
 Medi 1: $\lambda = 550 \text{ nm}$; $c = 2.99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$;
 $v = 5.4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Medi 2: $\lambda = 367 \text{ nm}$; $c = 1.99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $v = 5.4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

En un índex de refracció \bar{n} complex, la part real n és l'índex de refracció i indica la velocitat de fase, mentre que la part imaginària κ s'anomena coeficient d'extinció (o coeficient d'absorció) i indica la quantitat d'absorció quan l'ona electromagnètica es propaga a través del material.

Ho podem mostrar mitjançant la seua inserció en l'expressió del camp elèctric d'una ona electromagnètica plana que viatja en la direcció z : $\mathbf{E}(z, t) = \text{Re}[\mathbf{E}_0 e^{i(\bar{k}z - \omega t)}]$.

Amb $\bar{k} = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda_0/\bar{n}} = \frac{2\pi\bar{n}}{\lambda_0}$, tenim:

$$\mathbf{E}(z, t) = \text{Re} \left[\mathbf{E}_0 e^{i \left(\frac{2\pi(n+i\kappa)z}{\lambda_0} - \omega t \right)} \right] = e^{-2\pi\kappa z/\lambda_0} \text{Re}[\mathbf{E}_0 e^{i(kz - \omega t)}]$$

Aquí veiem que κ dona un decaïment exponencial, com s'esperava de la llei de Beer-Lambert. Com que la intensitat és proporcional al quadrat del camp elèctric, la intensitat dependrà de la profunditat en el material: $I(z) = I_0 e^{-4\pi\kappa z/\lambda_0}$ i per tant el coeficient d'absorció és $\alpha = 4\pi\kappa/\lambda_0$.

L'índex de refracció és també $n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$ on ϵ_r és la permitivitat relativa del material, i μ_r és la permeabilitat relativa (l'índex de refracció és utilitzada pels òptics en les equacions de Fresnel i la llei de Snell; mentre que la constant dielèctrica i la permeabilitat s'utilitzen en les equacions de Maxwell i en l'electrònica). Molts materials d'origen natural no són magnètics a freqüències òptiques, és a dir quan μ_r és molt proper a 1, i per tant, n és aproximadament $\sqrt{\epsilon_r}$. En aquest cas particular, la permitivitat relativa complexa ϵ_r , amb les parts reals i imaginàries ϵ_r i $\tilde{\epsilon}_r$, i l'índex de refracció complex \underline{n} , amb les parts reals i imaginàries n i κ , estan relacionats: $\underline{n}^2 (n+i\kappa)^2 = \epsilon_r + i\tilde{\epsilon}_r$. Per tant: $\epsilon_r = n^2 - \kappa^2$, $\tilde{\epsilon}_r = 2n\kappa$.