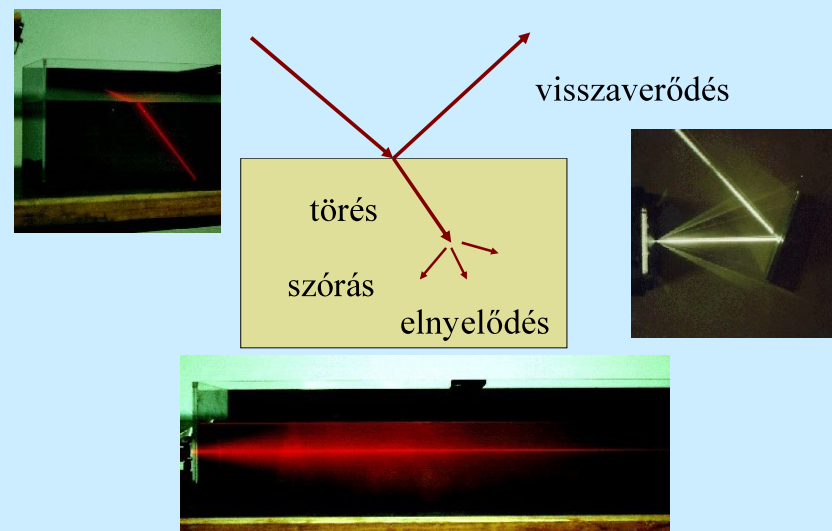


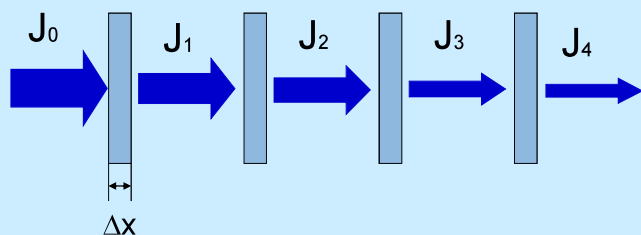
Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

A fény kölcsönhatása az anyaggal 2.

A fény kölcsönhatása az anyaggal



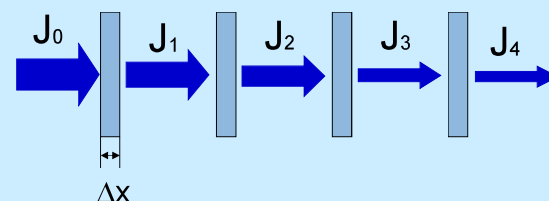
Elnyelődés



A közegen áthaladó sugárzás intenzitása csökken

Az intenzitás gyengülésének törvénye

$$\Delta J = J_0 - J_1 = J_1 - J_2 = \dots$$



$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu \times J$$

Differenciális alak

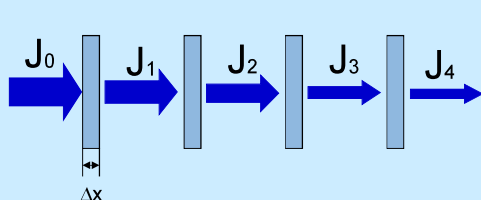
J : a közegbe belépő sugárzás intenzitása [W/m^2]

ΔJ : az intenzitás megváltozása Δx rétegen
való áthaladáskor

μ : gyengítési állandó [$1/\text{m}$]

A közegen áthaladó sugárzás intenzitásának megváltozása
arányos a közegbe belépő intenzitással

Az intezitás gyengülésének törvénye

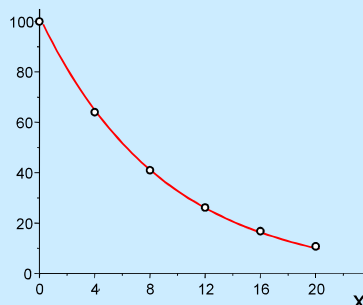


$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu \times J$$

megoldása

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

Integrált alak



$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

A közegen áthaladó sugárzás intenzitása a rétegvastagság exponenciális függvénye

J_0 : a rétegbe belépő intenzitás [W/m^2]

J : intenzitás x [m] rétegvastagság után

μ : gyengítési állandó [$1/\text{m}$]

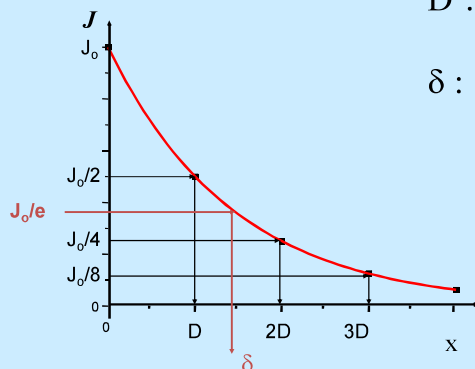
A gyengítési állandó függ: a foton energiájától
az abszorbens anyagi minőségétől
az abszorbens sűrűségétől

Grafikus megoldás

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

D : felező rétegvastagság

δ : e -edelő rétegvastagság



Mind a kettő
-jellemző az adott sugárzás és az
adott anyag kölcsönhatására
-függ a sugárzás frekvenciájától,
az abszorbens anyagi minőségétől
és aktuális sűrűségétől

A gyengítési állandó definíciója

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

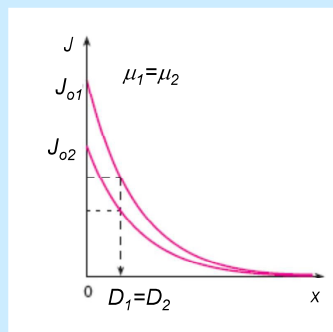
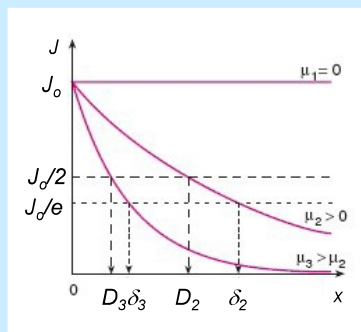
$$\text{Ha } x = D \longrightarrow J_0 / 2 = J_0 e^{-\mu D}$$

$$\mu = \frac{\ln 2}{D} = \frac{0.693}{D}$$

$$\text{Ha } x = \delta \longrightarrow J_0 / e = J_0 e^{-\mu \delta}$$

$$\mu = \frac{1}{\delta}$$

μ függ mindazoktól a tényezőktől, amelyektől D és δ .



Az izom gyengítési együtthatója a CO₂ lézer hullámhosszán 800 cm⁻¹. Milyen vastag szövetréteg nyeli el a beérkező fényintenzitás 90 %-át?

$$\mu = 800 \text{ cm}^{-1}$$

$$J_0 = 100\%$$

$$J = 100\% - 90\% = 10\%$$

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

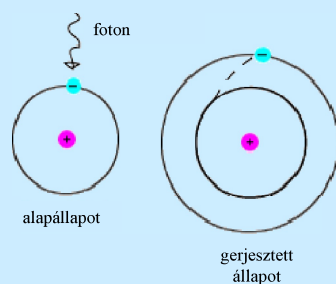
$$10 = 100 e^{-800x}$$

$$\lg 10 = 800 \cdot x \cdot \lg e$$

$$x = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

A fényabszorpció mechanizmusa

(Ismétlés: atomszerkezet)

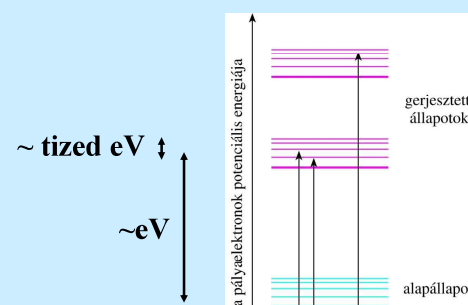


$$hf = \Delta E = E_{n+1} - E_n$$

$$E_{\text{VIS}} = 1.6 - 3.1 \text{ eV}$$

külső héjon lévő elektronok gerjesztési energiáját fedezheti

Molekula pályaelektronok energiaállapotai a rezgési szintekkel



Egy adott molekula különböző, egymáshoz „közeli” energiával rendelkező fotonokat is képes elnyelni

A gerjesztett elektronok további sorsára még visszatérünk

A fényabszorpció gyakorlati alkalmazása

$$J = J_0 \cdot e^{-\mu x}$$

$$\lg \frac{J_0}{J} = \mu \cdot x \cdot \lg e$$

Híg oldatok esetén:
 $\mu \sim$ koncentráció

$$\mu \lg e = \varepsilon_{(\lambda)} c$$

$$\lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon_{(\lambda)} \cdot c \cdot x$$

Lambert – Beer törvény

Abszorbancia
v.
Optikai densitás

dekadikus
molaris extinkciós állandó
[l mol⁻¹cm⁻¹]

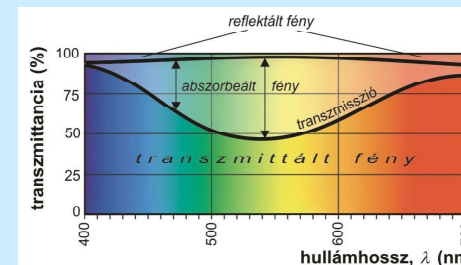
moláris koncentráció

Abszorbancia
v.
Optikai densitás

$$\lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon_{(\lambda)} \cdot c \cdot x$$

Transzmisszió

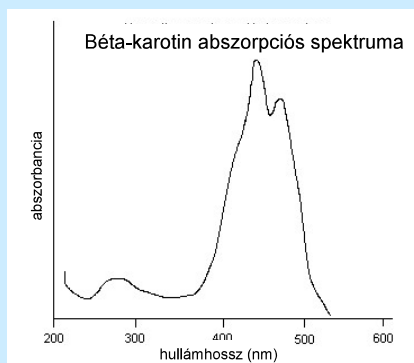
$$\tau = \frac{J_{\text{transmittált}}}{J_{\text{beeső}}}$$



Vörös színű üveg spektrumi

$$\lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon_{(\lambda)} \cdot c \cdot x$$

Abszorbancia – függ a hullámhossztól



Abszorpciós spektrum:

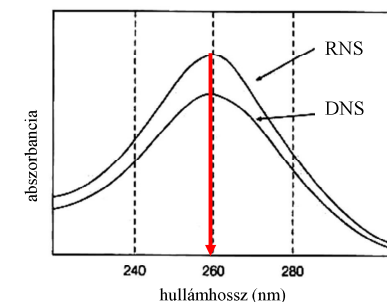
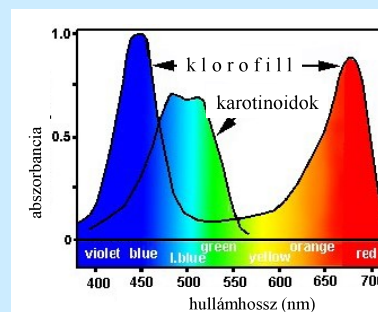
az abszorbancia a hullámhossz
függvényében

“Sávos” spektrum

*Elhelyezkedése, alakja jellemző az
elnyelő anyag elektronszerkezetére*

Biológiailag fontos molekulák

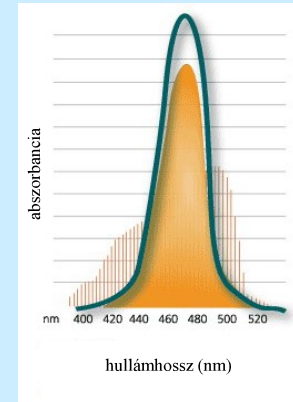
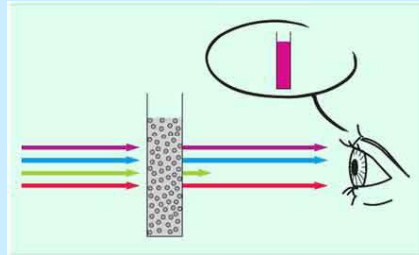
abszorpciós spektruma



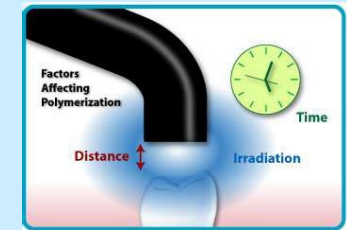
Abszorpció és szín

Komplementer színek

Wavelength [nm]	Absorbed color	Complementary color
650-780	red	blue-green
595-650	orange	greenish blue
560-595	yellow-green	purple
500-560	green	red-purple
490-500	bluish green	red
480-490	greenish blue	orange
435-480	blue	yellow
380-435	violet	yellow-green



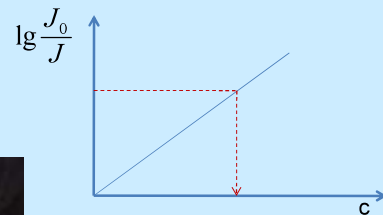
Példa a fogászati alkalmazásra



Kámfor-kinon
fényabszorpció hatására keményedő fogászati kötőanyag

$$\lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon_{(\lambda)} \cdot c \cdot x$$

Az abszorbancia – híg oldatok esetén –
egyenesen arányos a koncentrációval



Abszorbancia mérése koncentráció
meghatározását teszi lehetővé

Viisszaverődés

diffúz visszaverődés



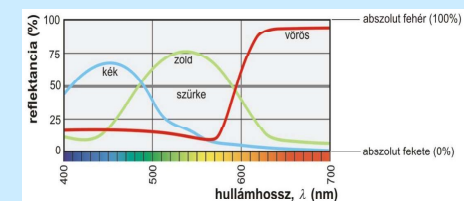
reflexiós tényező vagy reflektancia
spektrális reflektancia

$$\rho(\lambda) = \frac{J_{\text{reflektált}}}{J_{\text{beeső}}}$$

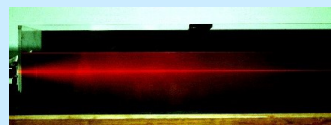
$$\rho = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$



reflexiós spektrum



Szóródás



Spektrális szóródási tényező

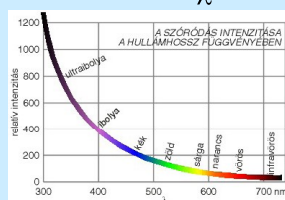
$$\sigma(\lambda) = \frac{J_{szórt}}{J_{beeső}}$$

Rugalmas szóródás: λ , f , ϵ változatlan

Rayleigh-szóródás

$$d \ll \lambda$$

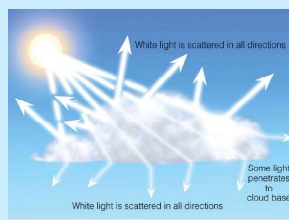
$$\sigma(\lambda) \sim \frac{d^6}{\lambda^4}$$



$$d \geq \lambda$$

Mie-szóródás

σ független λ



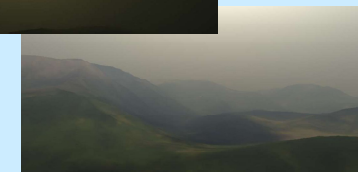
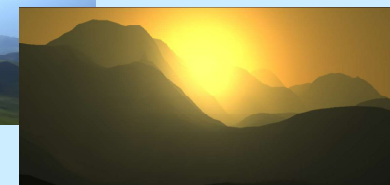
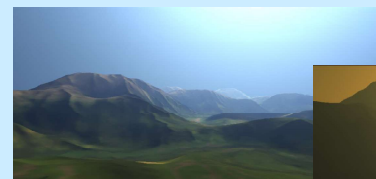
Szóródás

Rayleigh-szóródás

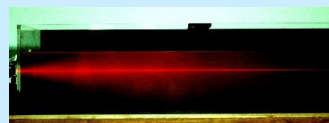
$$d \ll \lambda$$

Mie-szóródás

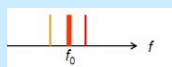
$$d \geq \lambda$$



Szóródás



Rugalmatlan szóródás: λ , f , ϵ változik



Raman-szóródás



Sir Chandrasekhara Venkata Raman

Fizikai Nobel-díj 1930

a fényszórással kapcsolatos munkájáért és a róla elnevezett hatás felfedezéséért

Fény és anyag közötti energiaátadás

A szín kialakulása

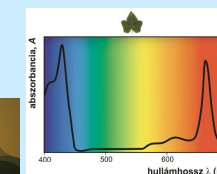
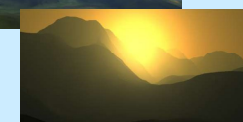
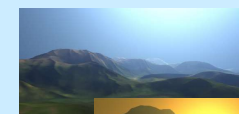
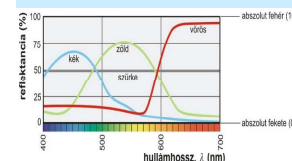
Komplex folyamat

Visszaverődés

Szóródás

Elnyelődés

$$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) = 1$$



Pl. vörös reflexió

↓
vörös

Befolyásolja a fényforrás és szemlélő relatív helyzete, szóró részecskék mérete stb.

Pl. vörös abszorpció

↓
átmenő fényben zöld

A hét kérdése:

Grafikus úton határozza meg, hogy a bemutatott kísérletben hány darab fólia adja a felezési rétegvastagságot! (Az eredmény lehet nem egész szám is.)

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 1.1.

1.1.1

1.1.3

II. 2. 1.

2.1.1

2.1.2

2.1.3

2.1.4

2.1.5

2.1.8

VI.3

3.1.1

3.1.2