

FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA

AZ ANYAGGAL:
SZÓRÁS, ABSZORPCIÓ

KELLERMAYER MIKLÓS

FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA AZ ANYAGGAL

Beeső nyaláb

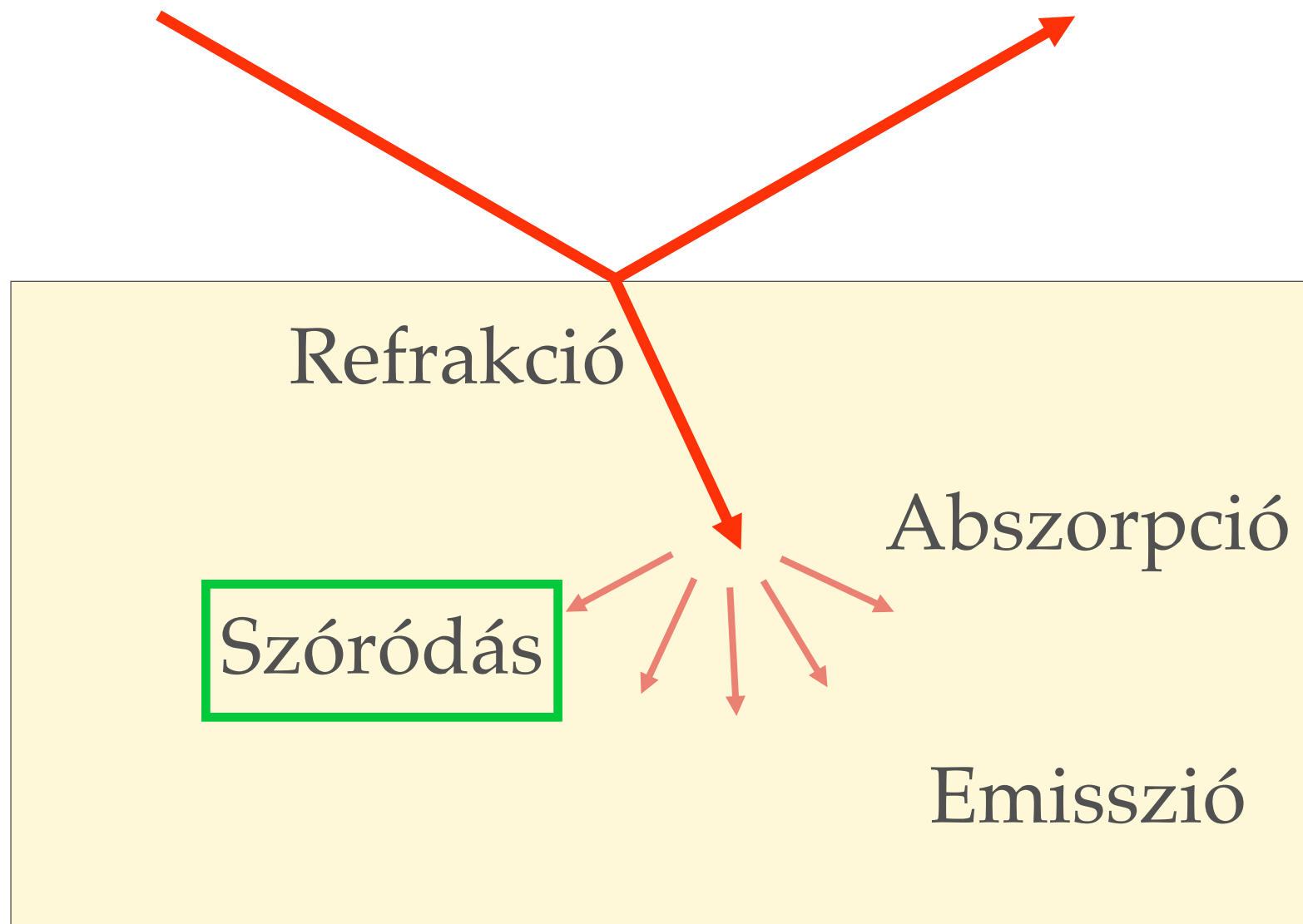
Reflexió

Refrakció

Abszorpció

Szóródás

Emisszió



FÉNYSZÓRÁS



Vajon mik ezek a
sugarak? Krepuszkuláris sugarak
(Szent Péter bazilika)



Miért kék az ég?

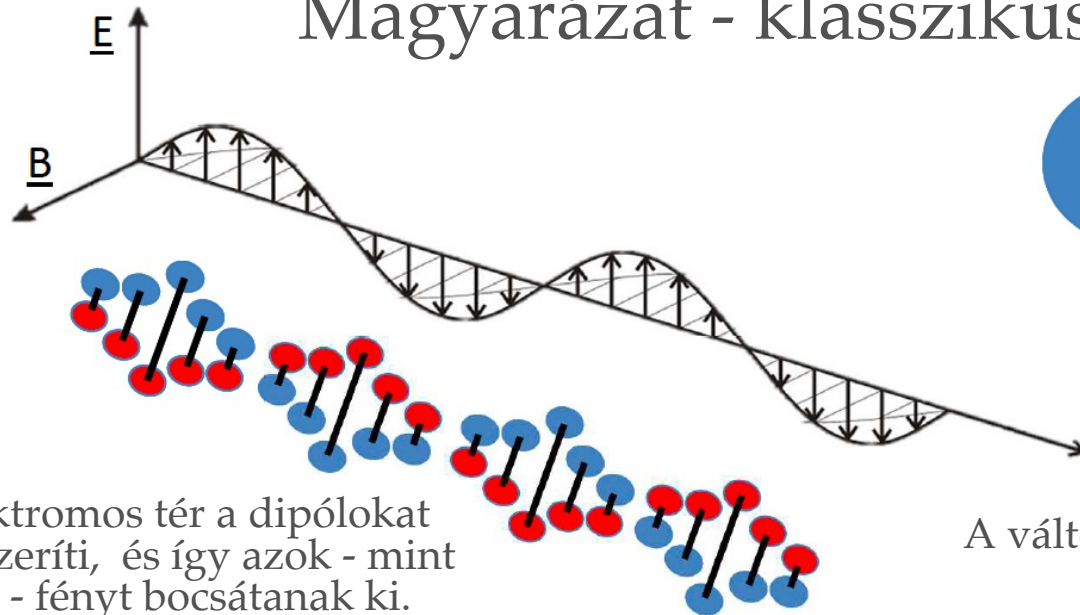


Mitől vörös a naplemente?

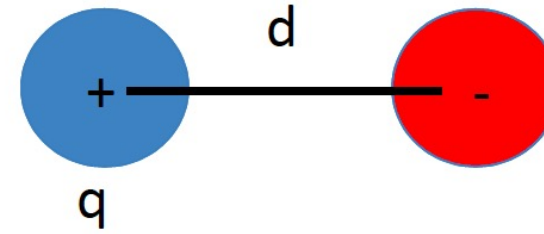
FÉNYSZÓRÁS

Magyarázat - klasszikus fizika

Fény mint elektromágneses hullám (E, B : elektromos és mágneses térerősség)



A változó elektromos tér a dipólokat rezgésre kényszeríti, és így azok - mint oszcillátorok - fényt bocsátanak ki.



Molekula mint dipól
Dipólmomentum (p_0):

$$p_0 = Qd$$

A változó elektromos tér által indukált, időben változó dipólmomentum: $p = p_0 \sin \omega t$

Dimenziója: Qdt^{-1}

Vajon mekkora a szórt ("újrasugárzott") fény teljesítménye? ($P_{szórt}$; dimenziója $W = Fdt^{-1}$)

N.B. - Coulomb törvény:

$$F \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

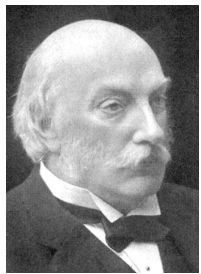
(dimenziója $Q^2 d^{-2}$)

Dimenzionális levezetés

Fizikai kifejezés	Dimenzió	Művelet
p_0^2	$Q^2 d^2$	Négyzetre emelés
p_0^2	$Q^2 d^{-2} d^4 = F d^4$	Bővítés $d^2 d^{-2}$ -nel
p_0^2 / c^3	$F d t^3$	Osztás c^3 -nal ($d^3 t^{-3}$)
$(p_0^2 / c^3) \omega^4$	$F d t^{-1} = W$	Szorzás ω^4 -nel (t^{-4})

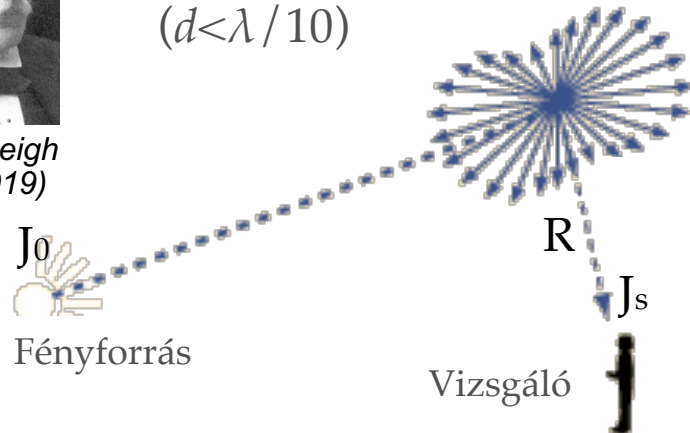
$$P_{szórt} \sim \frac{p_0^2}{c^3} \omega^4$$

FÉNYSZÓRÁS



Lord Rayleigh
(1842-1919)

Rayleigh szórás
($d < \lambda / 10$)



- Emisszió rezonáló dipólusok által
- Szóró centrumok egymástól távol (nincs interferencia)
- Rugalmas ütközés: fotonenergia nem változik

$$J_s = J_0 \frac{8\pi^4 N \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \Theta)$$

J_s = szórt fény intenzitása

J_0 = beeső fény intenzitása

N = szóró részecskék száma

α = polarizálhatóság (E/d)

λ = hullámhossz

R = távolság a vizsgáló és szóróközeg között

Θ = megfigyelő - sugárforrás közötti szög



Erős hullámhosszfüggés → a szórt fényben a rövid hullámhosszak dominálnak → kék ég



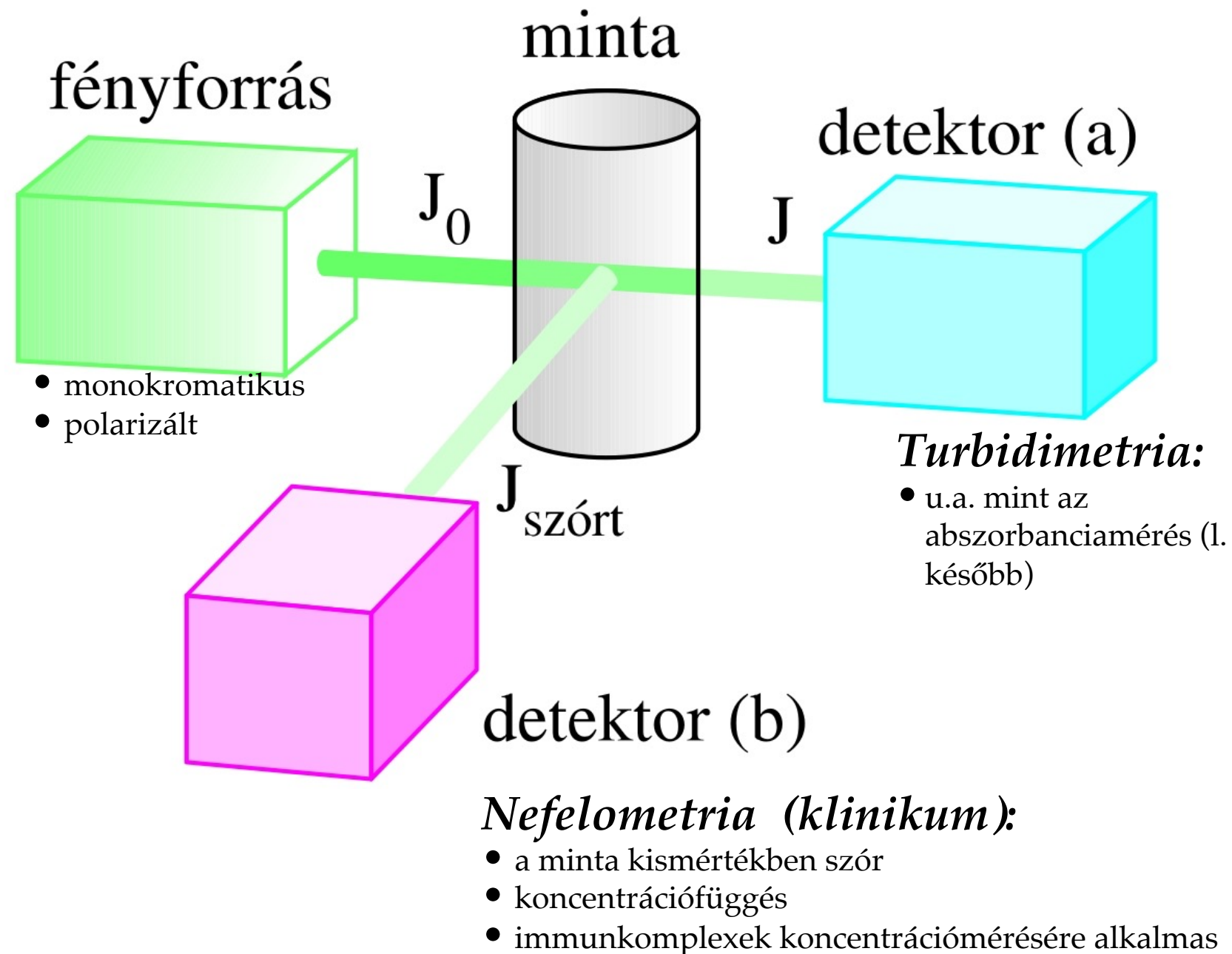
Mie szórás
($d \sim \lambda$)
(J_s λ -független)



Gustav Mie
(1868-1957)

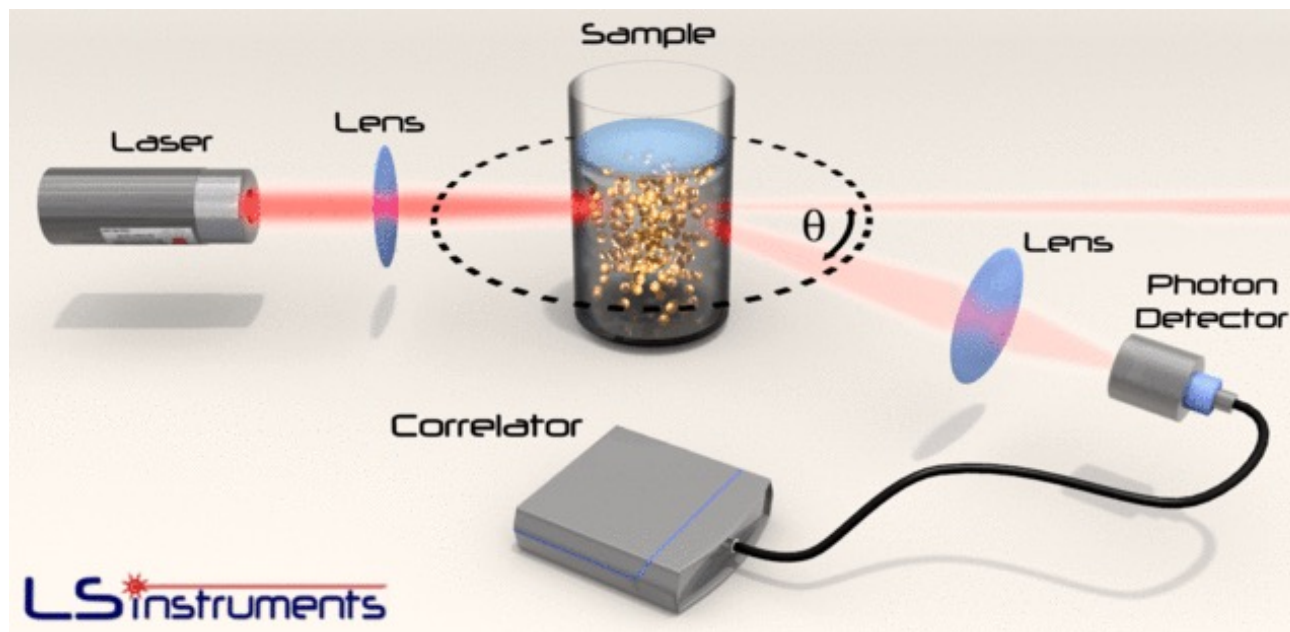
Ha a szóró centrumok egymással kölcsönható atomok hullámhossz-méretű halmazai → interferencia, kioltás → esőcseppek kiszürkülnek (felhők)

A FÉNYSZÓRÁS MÉRÉSE, ORVOSI ALKALMAZÁSAI

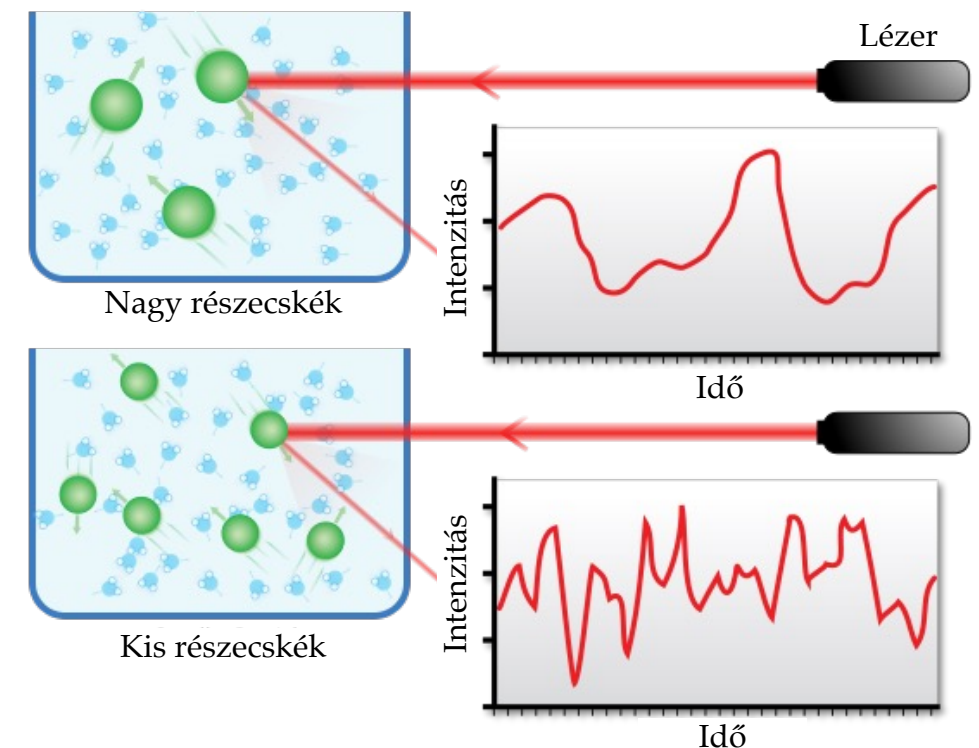


DINAMIKUS FÉNYSZÓRÁS

Diffundáló nm-skálájú részecskék



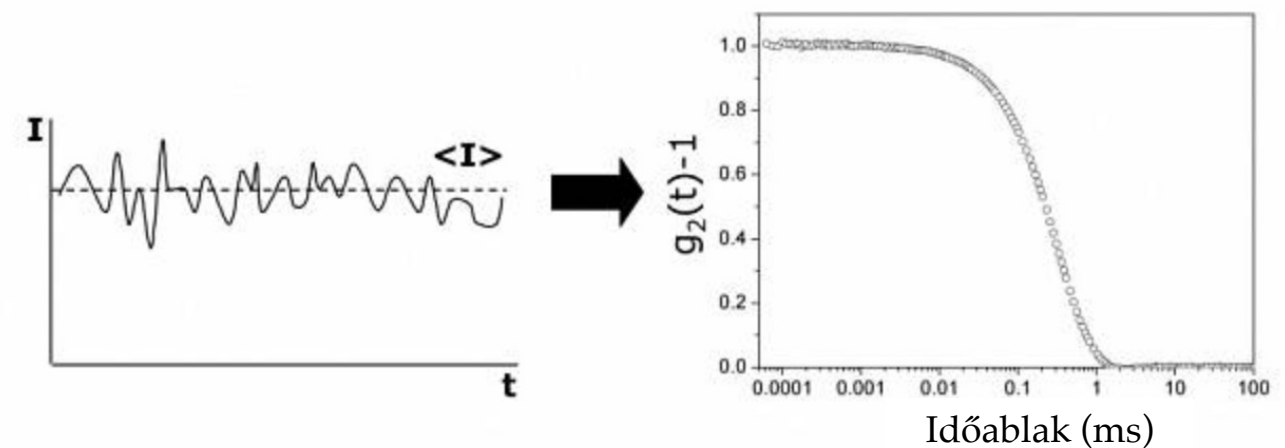
Szórt fény intenzitása időben fluktuál



A fluktuáció sebessége a részecskemérettől függ

- Az intenzitás fluktuáció autokorreláció függvényéből (önhasonlóság időbeli lecsengése) kiszámítható a diffúziós állandó (D)
- A diffúziós állandó segítségével kiszámítható a gömb alakú részecske sugara (Stokes-Einstein)

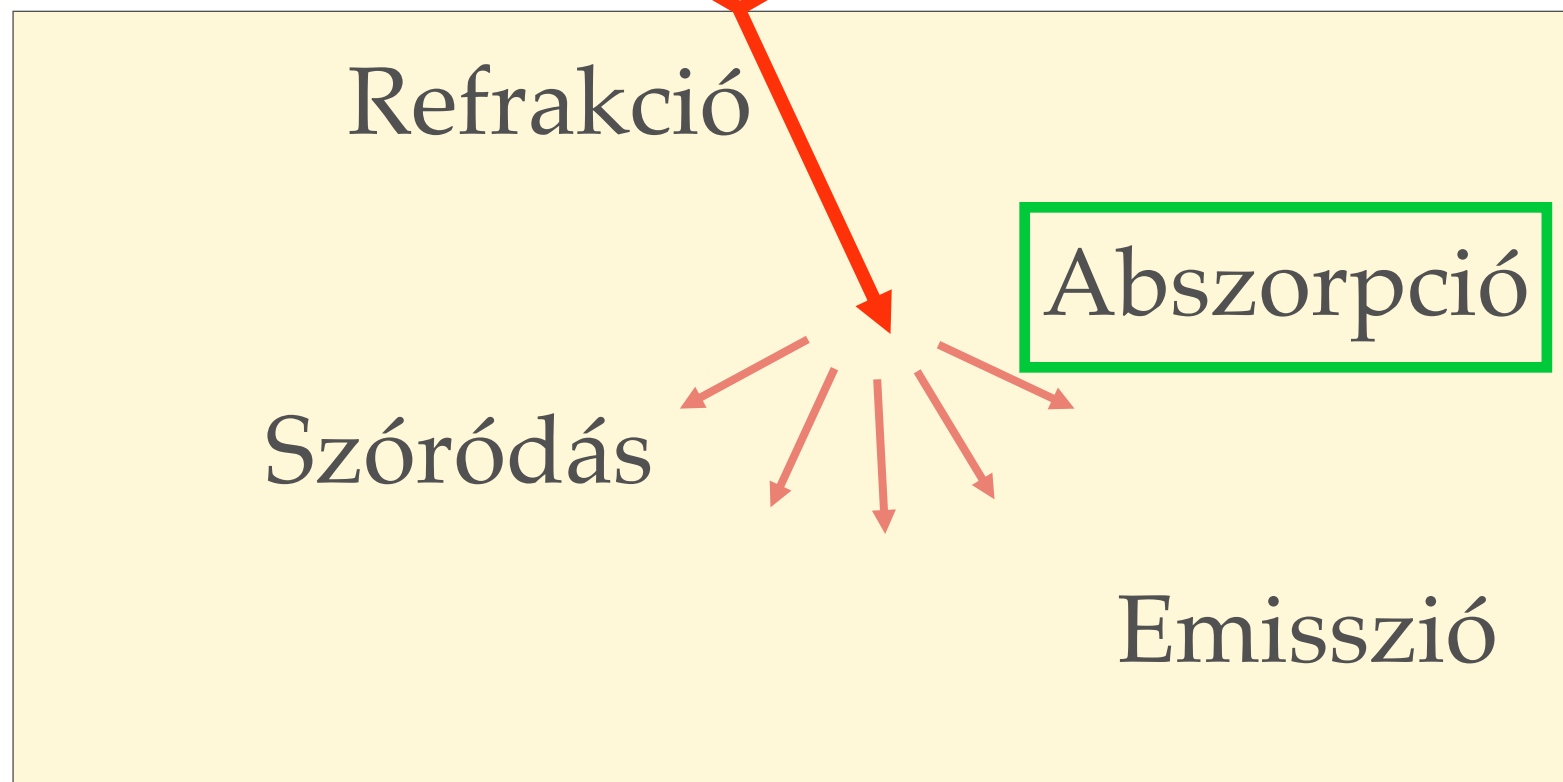
$$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta r}$$



FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA AZ ANYAGGAL

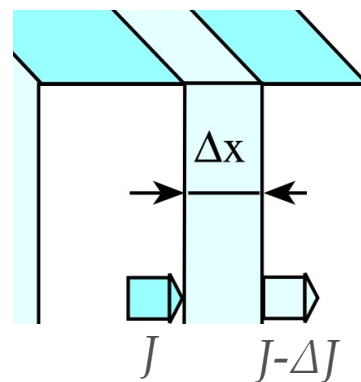
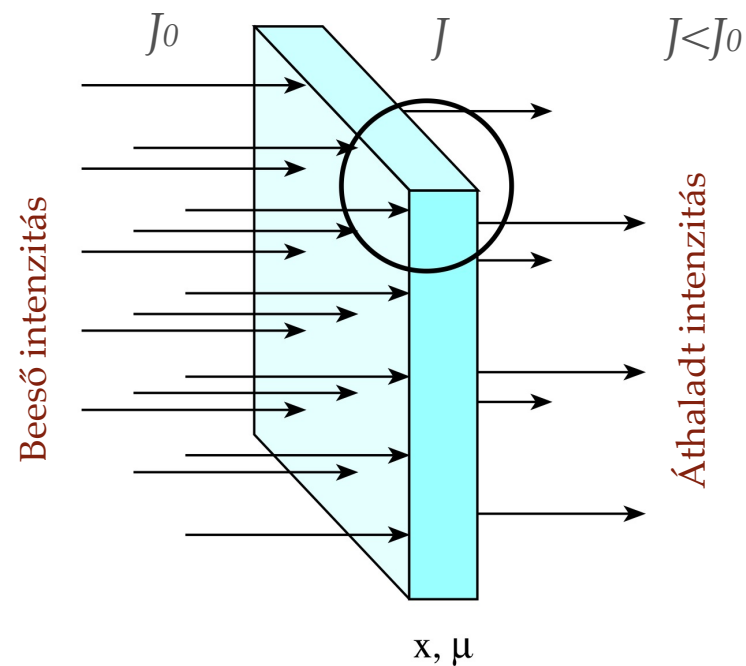
Beeső nyaláb

Reflexió



Abszorpció: elnyelés (*absorbere, lat.,* elnyelni)

ÁLTALÁNOS SUGÁRGYENGÍTÉSI TÖRVÉNY



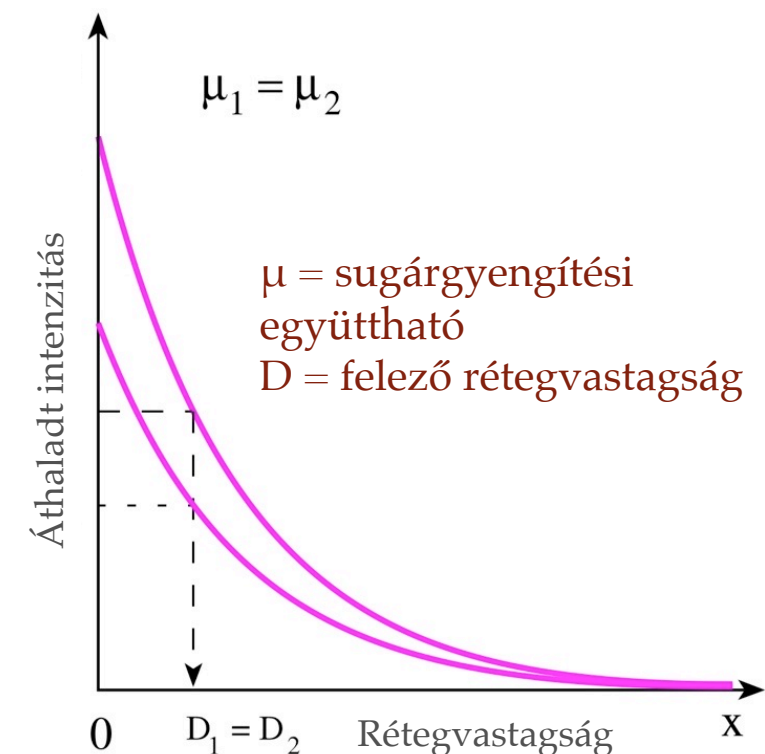
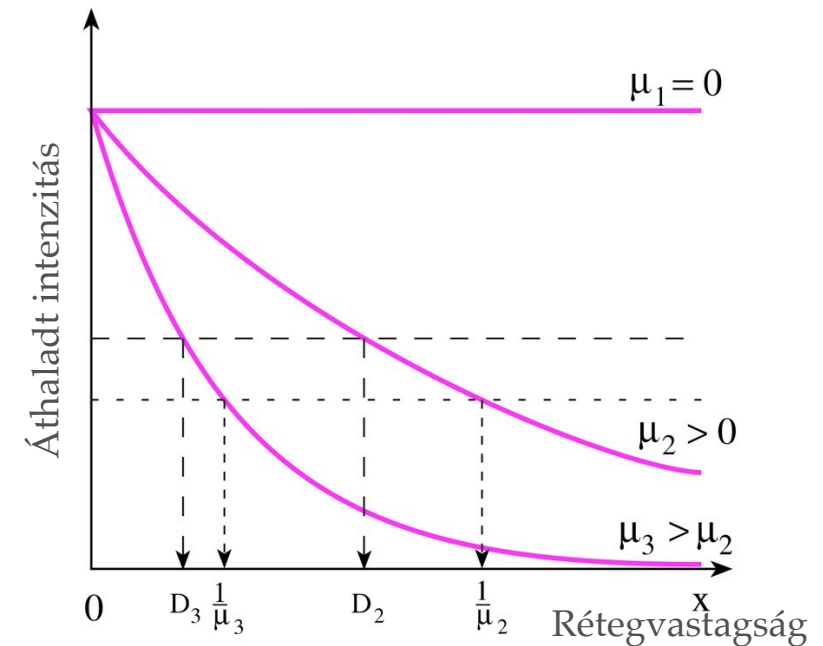
Egy mennyiség (J) és
annak megváltozása (ΔJ)
egymással arányosak:

$$\Delta J = -\mu \Delta x J$$



Exponenciális függvény:

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



AZ ABSZORPCIÓ

PARAMÉTEREI ÉS MÉRÉSE

Abszorbancia (A):

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

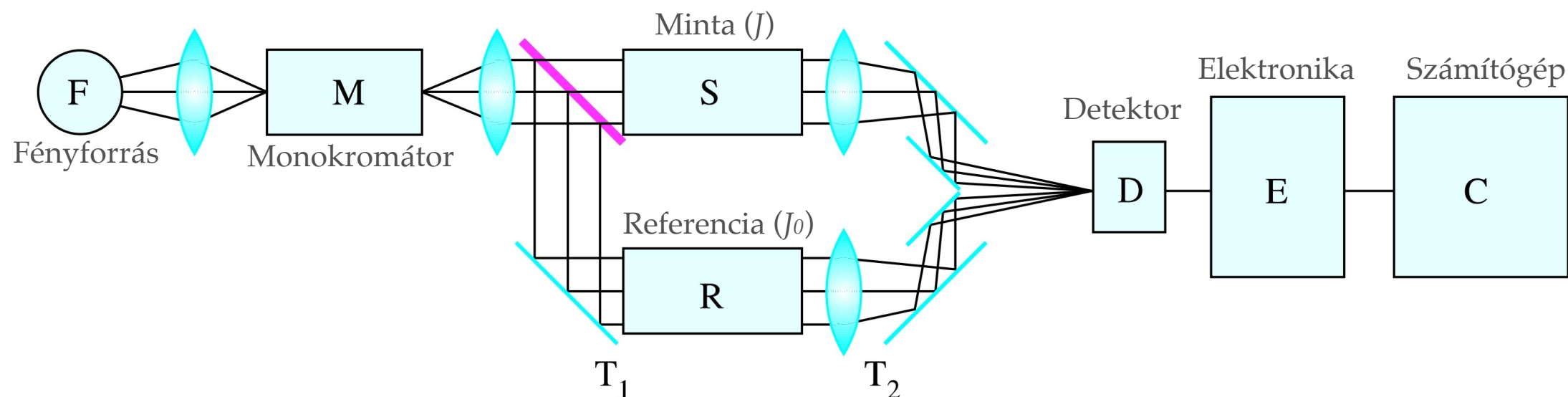
Dimenzió nélküli szám
Szinonímák: extinkció, optikai
denzitás (OD), optikai sűrűség

Transzmittivitás (T):

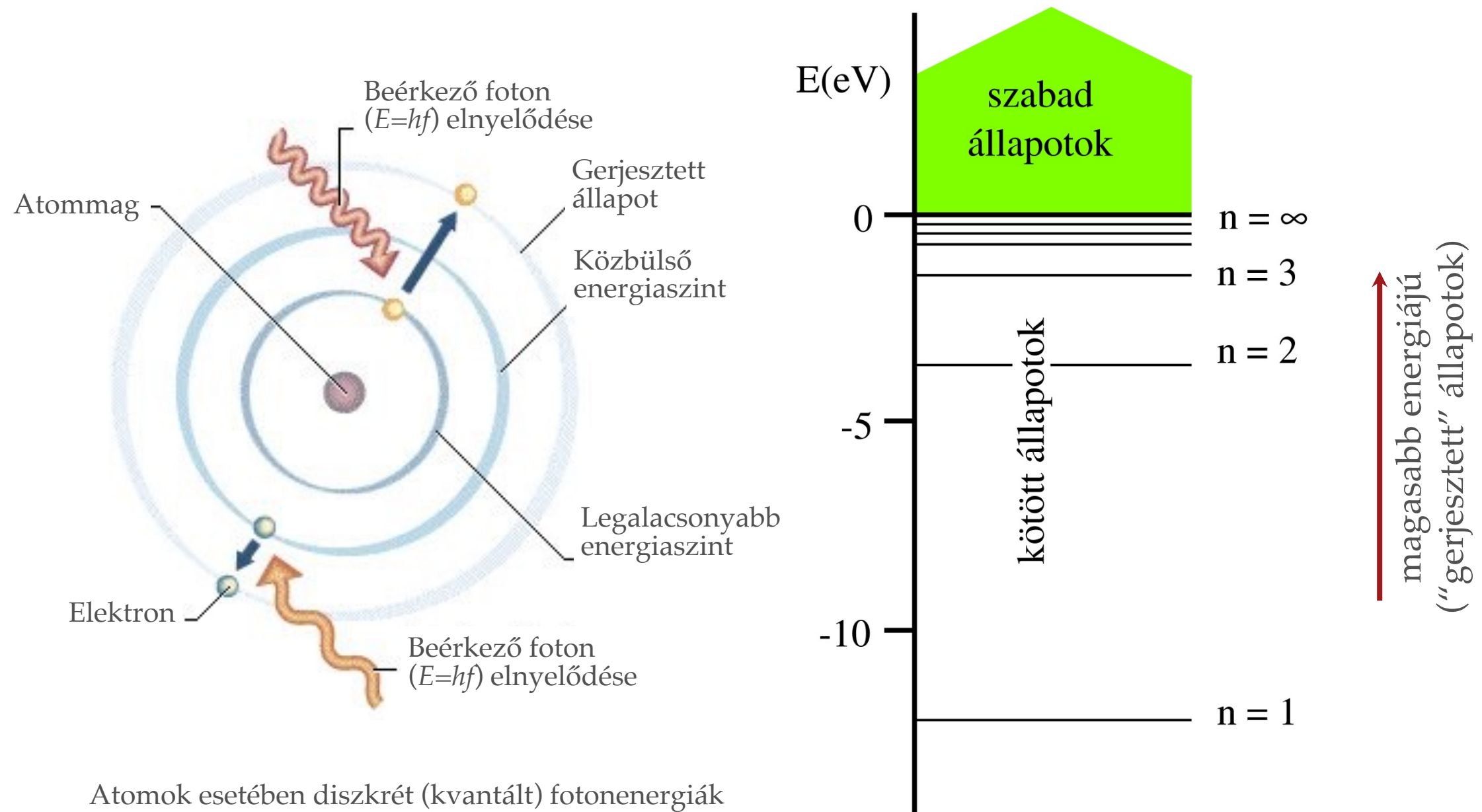
$$T = \frac{J}{J_0} \cdot 100$$

Százalékban (%) fejezzük ki
Szinoníma: transzmissziós tényező

Fotometria ("fénymérés"):

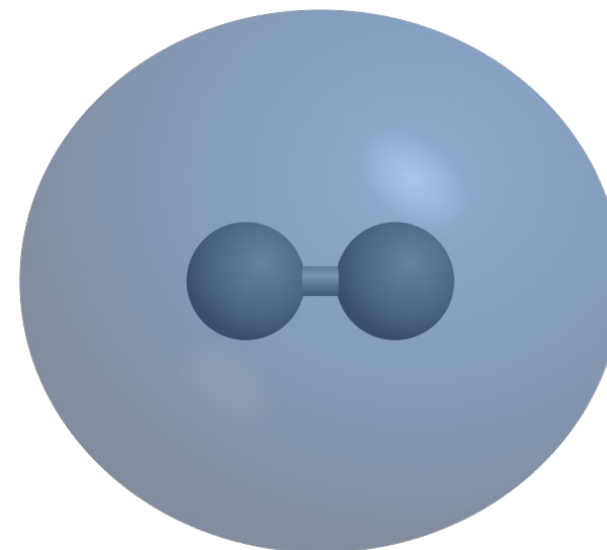


FÉNYABSZORPCIÓ ATOMI ÉS MOLEKULÁRIS MECHANIZMUSAI



MOLEKULASZERKEZET

Molekula: kovalens kötéssel
összekapcsolt atomok
Legegyszerűbb eset: kétatomos
molekula (pl., hidrogénmolekula)

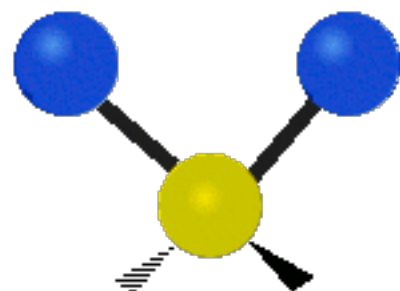


A molekulák vibrációs és rotációs mozgásokat végeznek!

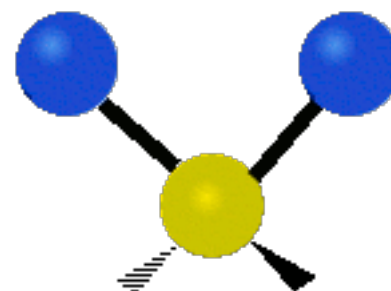
Vibráció: kovalens kötés *mentén* történő periodikus mozgás

Rotáció: kovalens kötés *tengelye körüli* periodikus mozgás

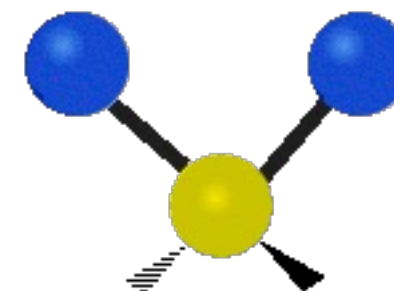
Példák a vibrációs
mozgásra háromatomos
(metilén) csoportban
(-CH₂-):



Aszimmetrikus nyúlás



Szimmetrikus nyúlás



Ollózás

MOLEKULA ENERGIÁJA



Max Born
(1882-1970)



J. Robert Oppenheimer
(1904-1967)

Born-Oppenheimer - közelítés:

$$E_{total} = E_e + E_v + E_r$$

Fontos megjegyzések:

Energia állapotok egymástól függetlenek (csatolás elhanyagolható)

Állapotok energianívói kvantáltak

Átmenetek energia “csomag” elnyelésével / kibocsátásával járnak

Energiaszintek közötti különbségek nagyságrendje különbözik:

$$E_e \overset{\sim 100\times}{>} E_v \overset{\sim 100\times}{>} E_r$$

$$\sim 3 \times 10^{-19} \text{ J } (\sim 2 \text{ eV}) > \sim 3 \times 10^{-21} \text{ J } > \sim 3 \times 10^{-23} \text{ J}$$

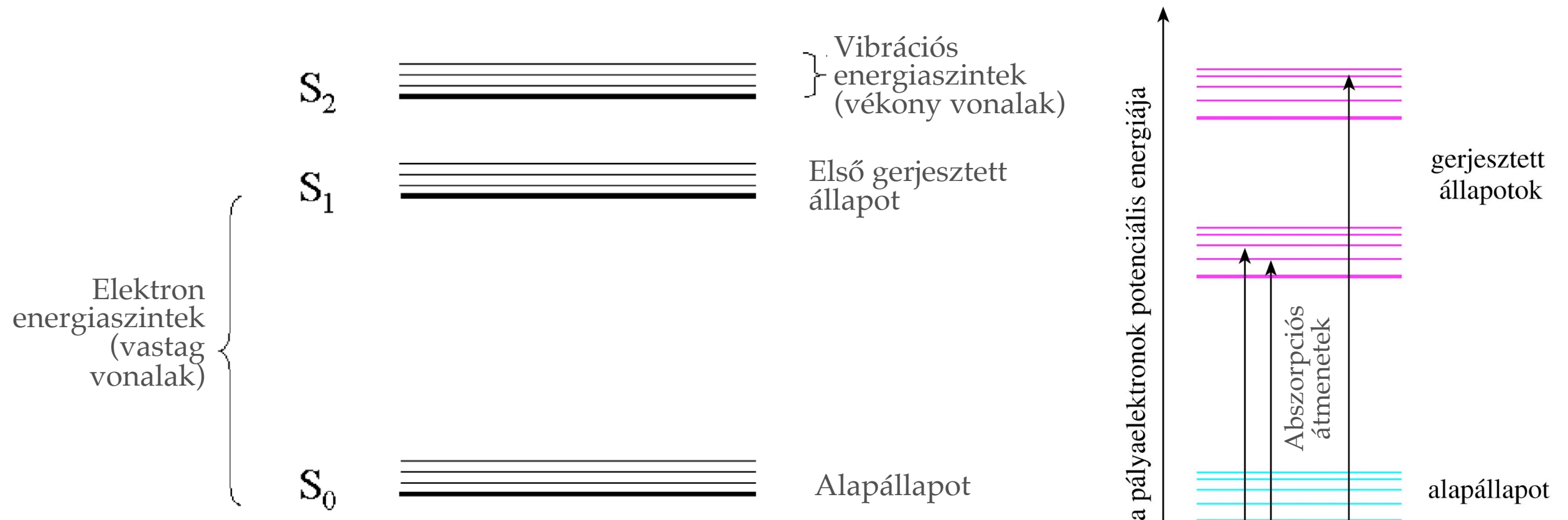
ENERGIA ÁLLAPOTOK

ÁBRÁZOLÁSA

Jabłoński-féle termséma:
egy molekula elektronállapotait, és a közöttük
végbemenő átmeneteket (nyilakkal) mutatja

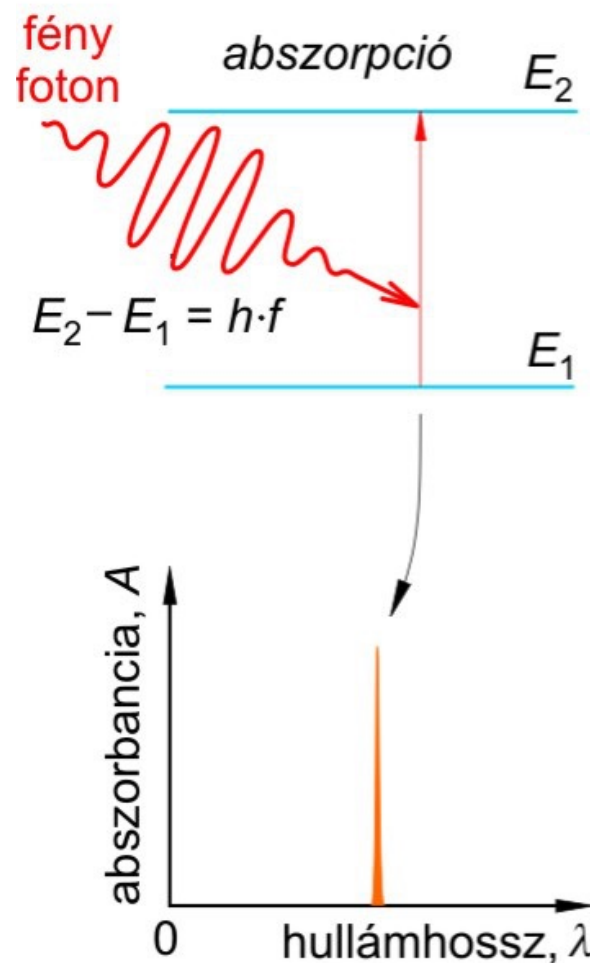


Alexander Jabłoński
(1898-1980)

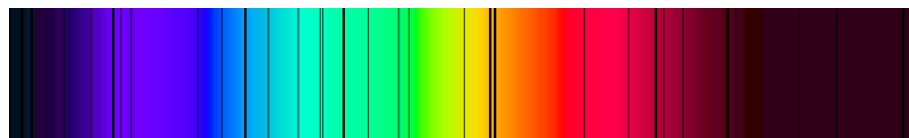


A SÁVOS SZÍNKÉP EREDETE

Egyedülálló atomok

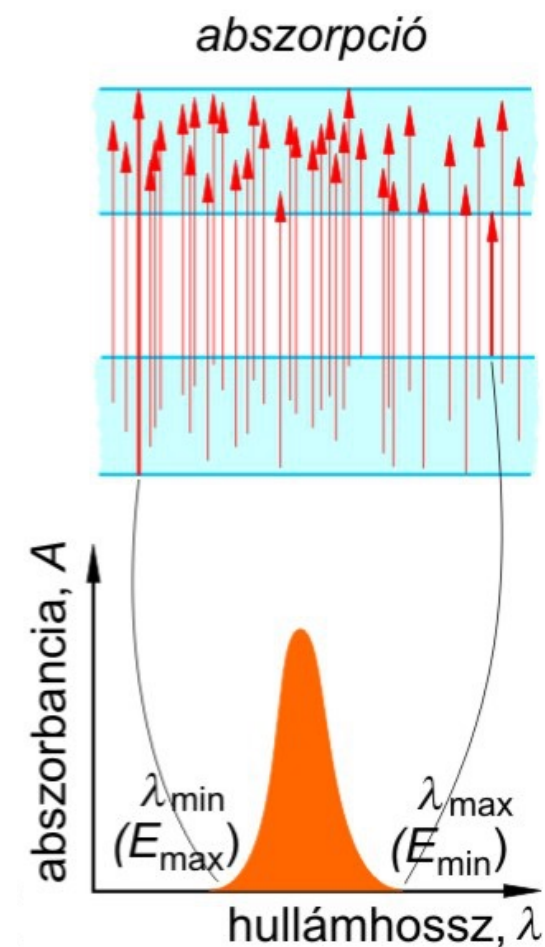


Vonalas
abszorpciós
színekép



A fényforrás spektrumában megjelenő keskeny eloszlású hiányok: abszorpciós vonalak

Molekulák

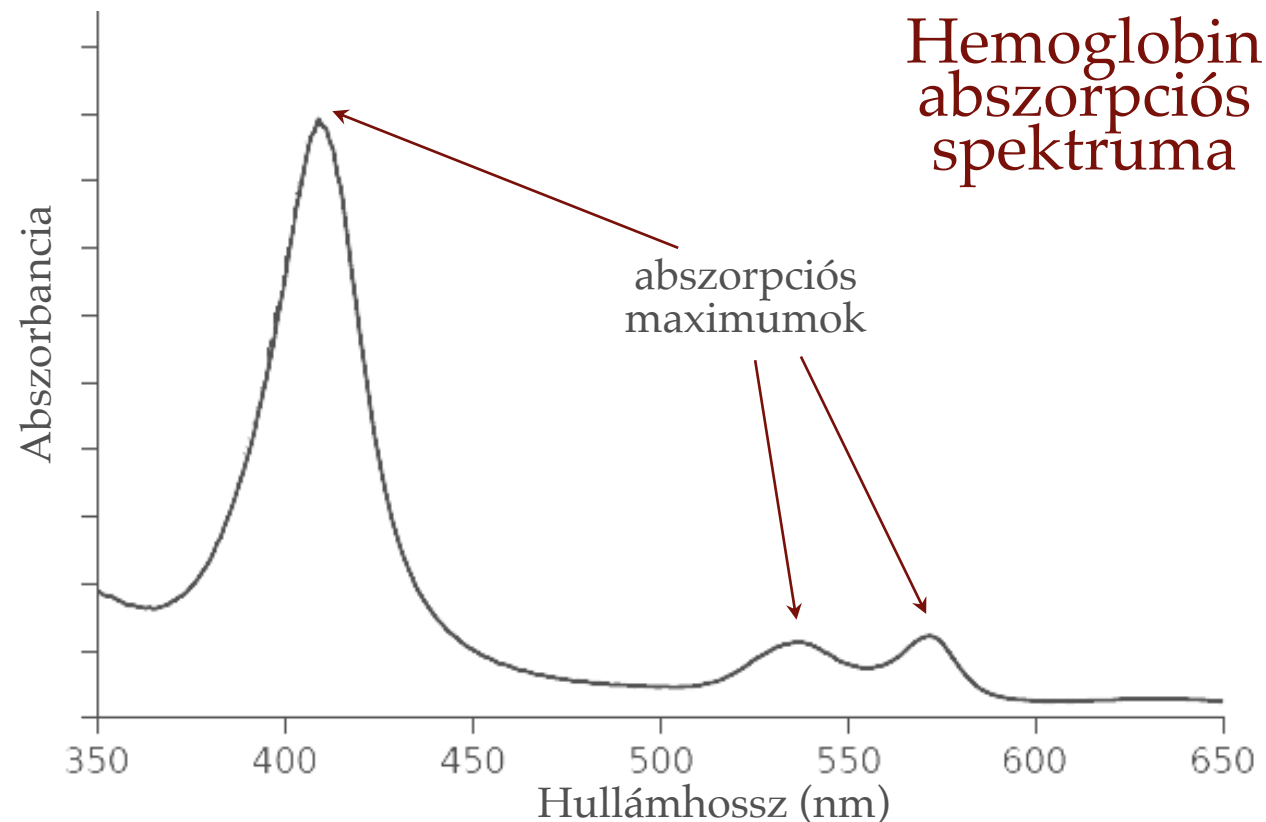


Sávos színekép - eredete:

- kémiaiag ugyanolyan molekulák eltérő energiaállapotban vannak
- hőmozgás
- oldatkörnyezet

A FÉNYABSZORPCIÓ HULLÁMHOSSZFÜGGŐ

Magyarázat: atom és molekulaszerkezet!



Általános sugárgyengítési törvény:

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

Híg oldatokra - Lambert-Beer törvény:

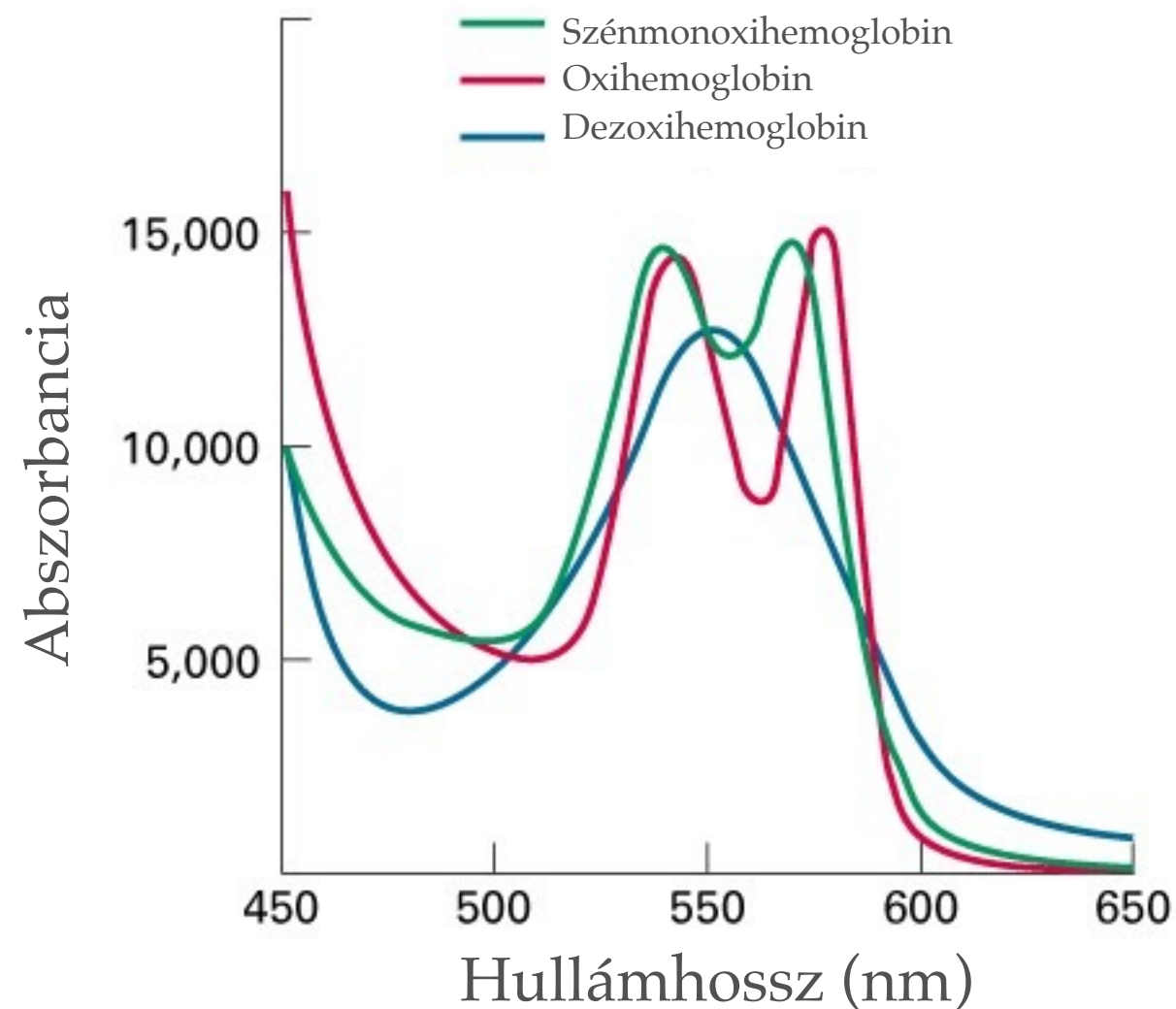
$$A_\lambda = \lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon_\lambda \cdot c \cdot x$$

ε_λ = moláris extinkciós együttható
 c = koncentráció

- A moláris extinkciós együttható (ε_λ) mértékegysége (SI): $\text{m}^2\text{mol}^{-1}$
- Koncentrációmérésre alkalmas módszer
- A hullámhossz alapján az energiaátmenet nagysága kiszámítható:

$$E_2 - E_1 = E_{\text{foton}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

ABSZORPCIÓS SPEKTROSZKÓPIA

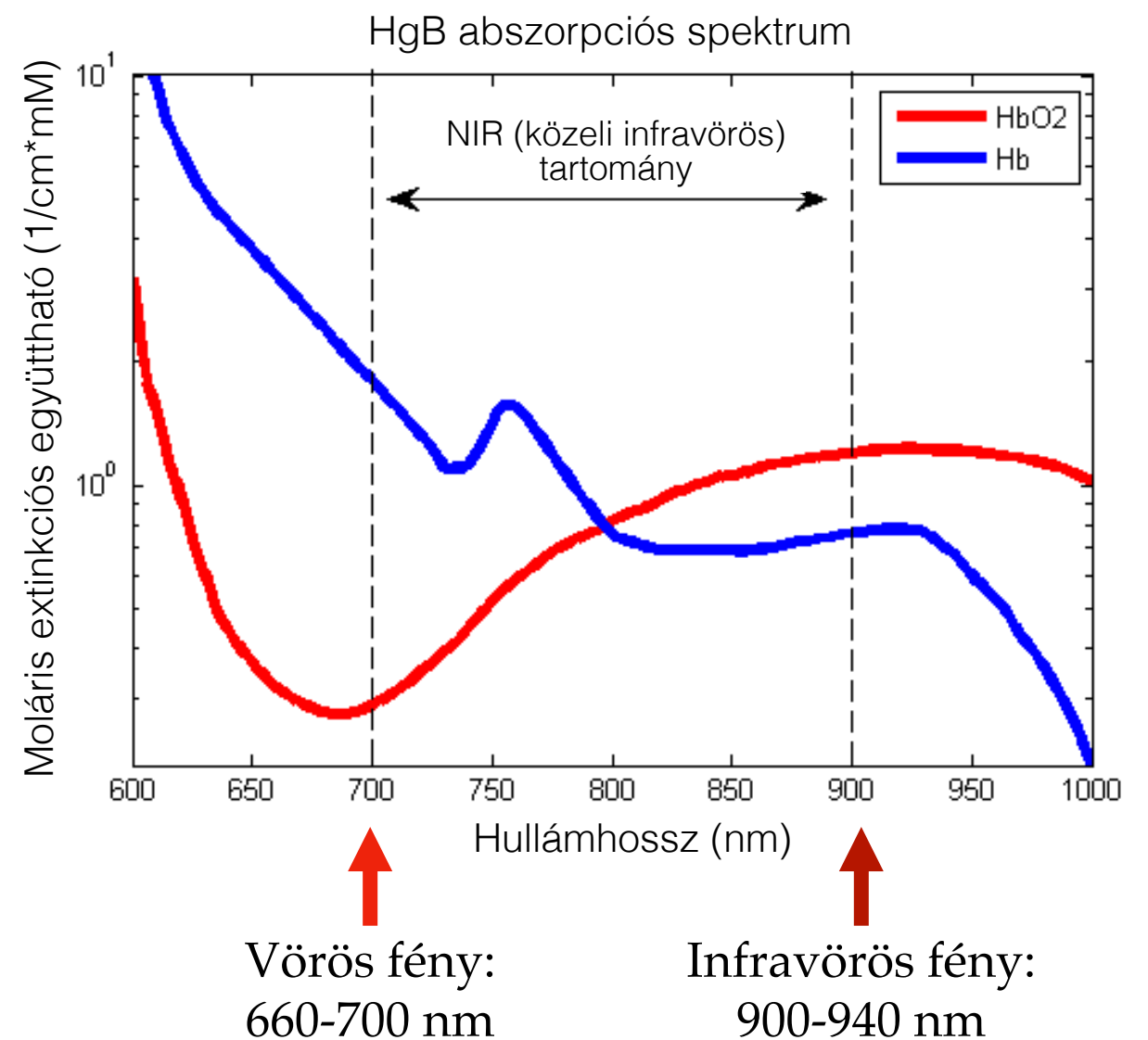
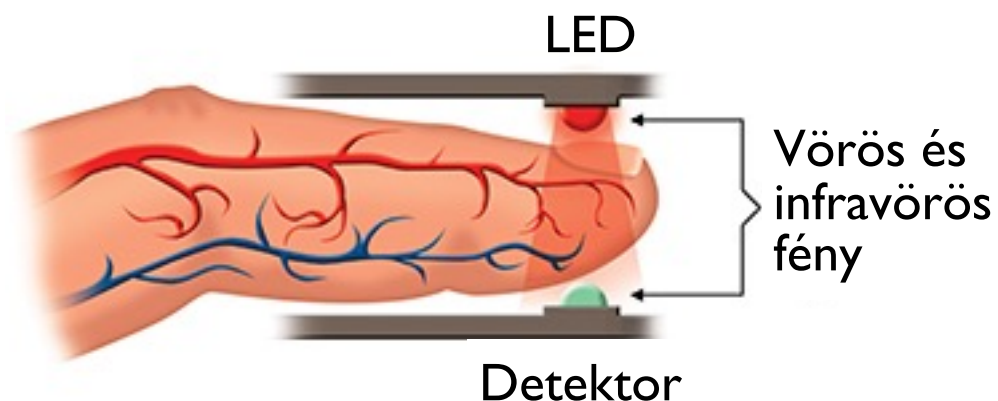


- **Spektrum:** intenzitás (vagy származtatott mennyiségei, pl. OD) a fotonenergia (vagy származtatott mennyiségei, pl. frekvencia, hullámhossz) függvényében.
- **Spektroszkópia:** a spektrum kvalitatív elemzése.
- **Spektrometria, spektrofotometria:** a spektrum kvantitatív elemzése.
- **Alkalmazások:** kémiai szerkezetvizsgálat, koncentrációmérés, stb.

PULZOXIMETRIA

Az oxigen szaturáció („telítettség”, SO_2) noninzazív mérése

- O_2 -t szállító HgB %-os részarányának mérése
- Az artériás oxigénszaturációt (SO_2) a perifériásból (SpO_2) becsüljük
- Normálérték: 95-99%
- Abszorpciós aránymérés (vörös / infravörös)



FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA AZ ANYAGGAL

Beeső nyaláb

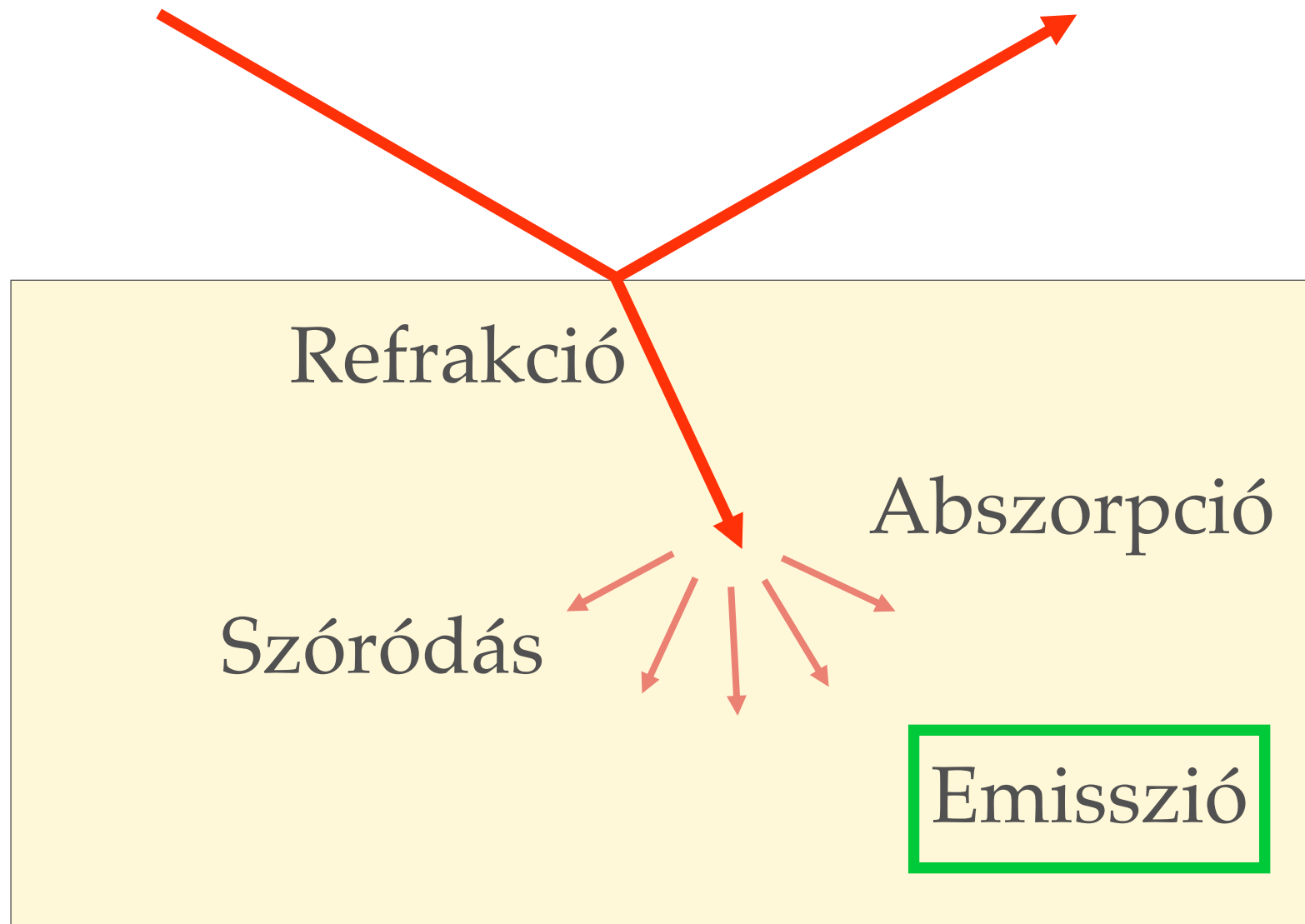
Reflexió

Refrakció

Abszorpció

Szóródás

Emisszió



OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/pre-show-qr.php?type=feedback&qr=VYO6RX4FE4A4JPGB>