

Elektromágneses sugárzások és biológiai rendszerek I.

Dr. Fidy Judit
egyetemi tanár
2018 február 7

Sugárzások és biológiai rendszerek

Ionizáló és nem-ionizáló sugárzások

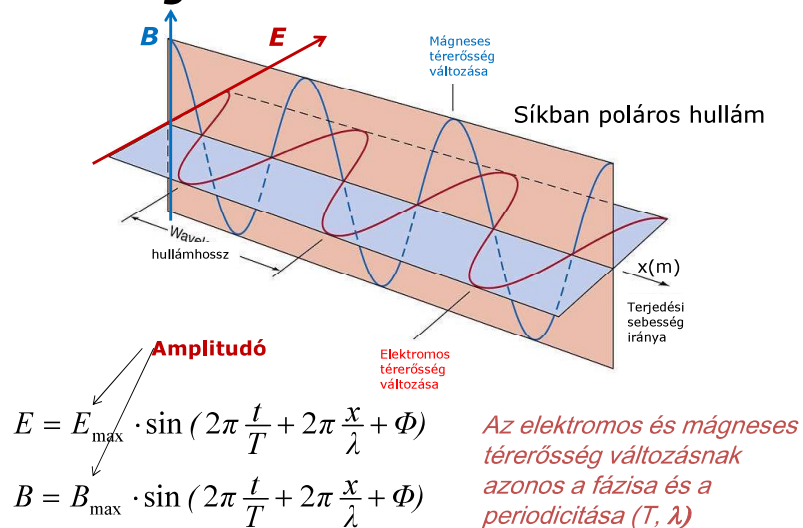


Fény (nem ionizáló)

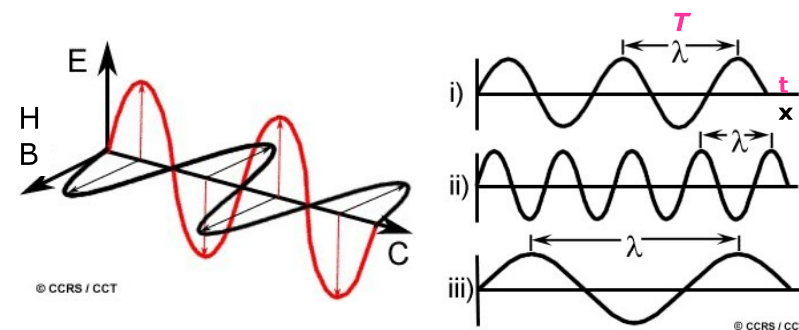
Röntgensugárzás (ionizáló) – diagnosztika és terápia
Röntgen-cső, szerkezetvizsgálat

Magsugárzások (ionizáló) – diagnosztika és terápia
 γ -sugárzás, részecskesugárzások („Orvosi fizika” MSc)

Elektromágneses hullámok - **emlékeztető**



EM hullámok fontos tulajdonságai



$$c = \lambda / T, \quad f = 1/T, \quad c = f \cdot \lambda (m/s)$$

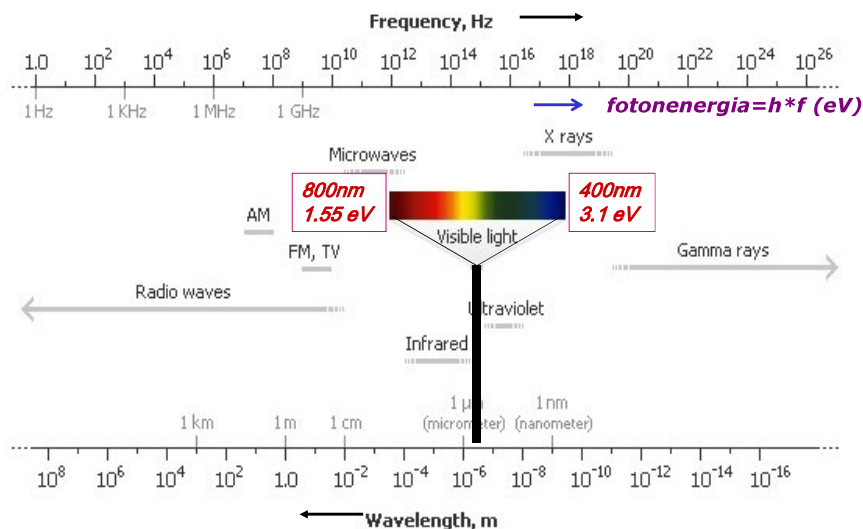
$$c = 299,792,458 \text{ m/s vákuumban}$$

$$c = \frac{E}{B}$$

Fény-Elektromágneses hullámok

Logaritmikus skála

$10^{-9} m = 1 \text{ nanometer}$



A fény természete, anyagi kölcsönhatások

A fény terjedésének és anyagi kölcsönhatásainak értelmezéséhez **mind a hullám- mind a foton-leírást használjuk**

„Kettős természet”

- **hullám**

Huygens elv, diffrakció, **interferencia**

- „részecske”: **foton** (energia-kvantum)

fotoelektromos hatás

energiaátadás anyagoknak kvantált energiaadagokban
kölcsönhatásokban partnere az elektron

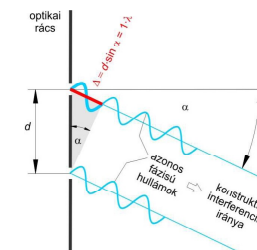
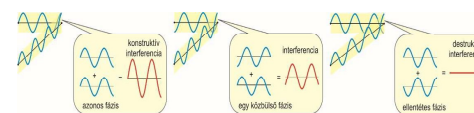
Fényinterferencia – hullám leírás **emlékeztető**

Huygens elv – diffrakció – hullámok „szuperpozíciója”

$$\Delta = d \sin \alpha_k = k\lambda$$

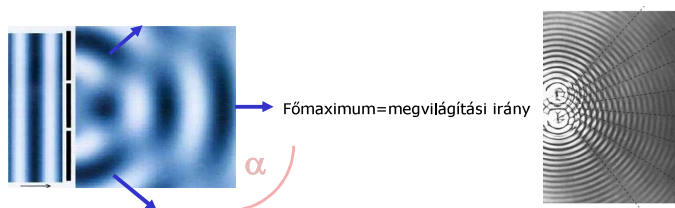
Fényelhajlás optikai rácson
Az „első” mellékmaximum kialakulása

A megvilágítás irányához képest α_k irányokban erősítés
 $\alpha_0 = 0$



Fényintenzitás $J \left[\frac{\text{Joule}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right] = J \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \approx (\text{Amplitudó})^2$

Az első interferencia-kísérlet 1802 Young: interferencia két résen



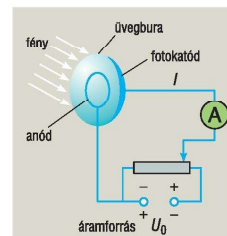
Fényinterferencia olajfolton – egyenlő vastagság megjelenítése



Fontos jelenség a fénymikroszkópiában (l. később)

A fotoelektrikus hatás -kísérlet **emlékeztető**

Einstein magyarázata a **foton**-képpel



Kísérleti tapasztalatok:

Wilhelm Hallwachs (1859-1922): UV fény negatív töltéshordozókat váltott ki fémfelületből
Philippe Lenard (1862-1947) : részletes vizsgálatok, tapasztalatok 1902-ben:

- A fény által kiváltott töltéshordozók elektronok, amelyek a megvilágítással egy időben lépnek ki az anód anyagából
- Csak elegendően nagy fény-frekvencia felett van áram
- A fényintenzitás növelésével, azonos frekvenciát tartva, nő az elektron-áramerősség
- A kibocsátott elektronok száma/idő (intenzitása) nő a fény-frekvenciával

Magyarázat: Albert Einstein 1905:

A fény energiaátadása, ami elektronokat vált ki kvantumokban történik egy kvantum=**foton**

Tömege nincs
Impulzusa (p) van

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$E_{\text{foton}} = hf$$

$$E(\text{kin.})_{\text{elektron}} = hf - W_{\text{el.ioniz.}} = \frac{1}{2} m_e v_e^2$$

emlékeztető

Fotonenergia fogalma:

Planck, Einstein

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f$$

h Planck állandó
 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Fotonenergia egysége: elektron-volt, eV

$$1 \text{ eV} = \underbrace{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V}}_{\text{elektron töltése}} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

1 Volt feszültséggel gyorsított elektron energiája

Fény és anyag kölcsönhatása

Fényszórás
Fényvisszaverődés
Fénytörés

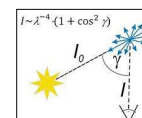
Hullám-kép
Geometriai optika

Fényelnyelődés – abszorpció

↔ Foton-kép

Fényszórás

Rayleigh szórás $d < \lambda$



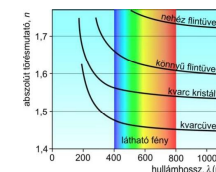
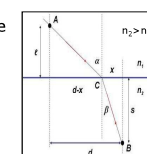
Fény által indukált
rezgő dipólok
sugárzása

Fényvisszaverődés-fénytörés

Fermat-elv: legkisebb idő elve

Snelius-Descartes törvény

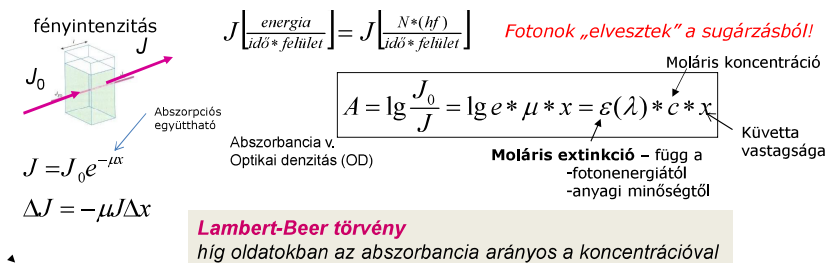
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$$



→ Optikai eszközök

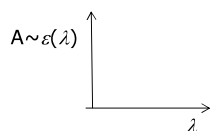
Fényelnyelődés-abszorpció

Jelenség: mintán áthaladó fény intenzitása csökken

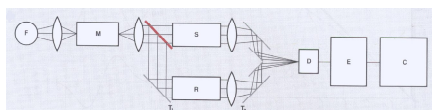


Milyen fény-fotonok gerjesztenek?

Mérés: **optikai abszorpciós spektrum**



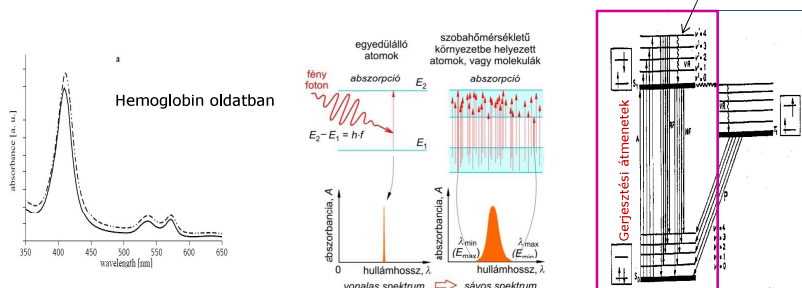
abszorpciós spektrofotométer



Fényabszorpció modellje ↔ abszorpciós spektrum

A spektrumok legtöbbször nem vonalask!

Az elektron-pályák energiáit a **molekulák** diszkrét **vibrációs** állapotai kis mértékben perturbálják

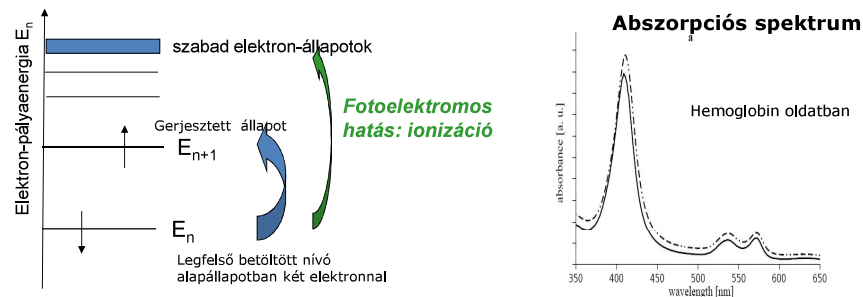


- Oka:
1. a környezet sokfélesége -> energiaállapotok variációja
 2. molekulák elektron-vibrációs átmenetei
 3. $T > 0$ K (Boltzmann eloszlás)

A fényelnyelés modellje (izolált atomok, molekulák)

Mire használták el a fényfotonok az anyagban?

fényfoton elnyelése → elektron-gerjesztés



A fény-elnyelés valószínűsége függ a hullámhossztól

Gerjesztés: fény-foton energiája felhasználódik arra, hogy magasabb energiájú kötött állapotba visz át egy alapállapotú elektront

$E_{n+k} - E_n = h * f = h * \frac{c}{\lambda}$

Látható tartományú fény-fotonok elnyelésének vezető effektusa

Fényabszorpció modellje ↔ abszorpciós spektrum

A spektrumokban az egyes gerjesztési átmenetek különbözően valószínűek!

Moláris extinkció kvantumkémiai értelmezése:
 $\varepsilon(\lambda)$ arányos - az „Átmeneti dipólus-momentum”-al
- a gerjesztés valószínűségével

Egy gerjesztésnek akkor nagy a valószínűsége, ha a molekula dipólusmomentuma a gerjesztésnél nagyon megváltozik

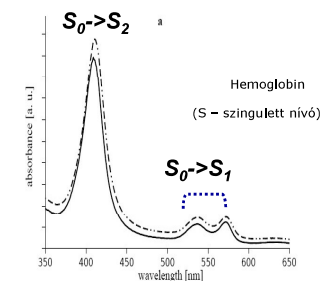
kiválasztási szabályok érvényesek

Mennyit változhatnak a kvantumszámok gerjesztésnél?

Δn = bármennyi, $\Delta l = +1, -1$, $\Delta m = 0$ vagy $+1, -1$
+ vibrációs módusok csatlakozása

Gerjesztési vagy spontán emissziós átmenetben az elektron spinállapota nem változhat: $\Delta s = 0$

Megengedett, és tiltott átmeneteknagy vagy kis valószínűségű átmenetek

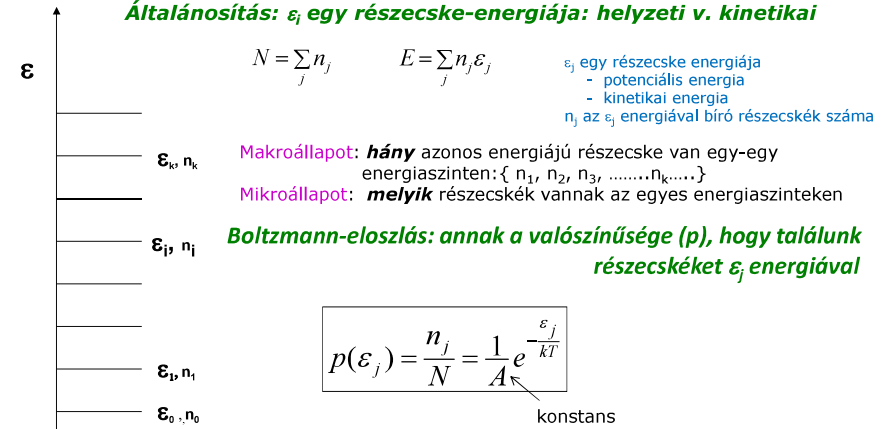


Több téma tárgyalásánál is szükség lesz a Boltzmann-eloszlás ismeretére.

A Boltzmann-féle energia-eloszlás-függvény

N megkülönböztethető, független részecske, környezetével termikus egyensúlyban, nem zero abszolút hőmérsékleten. A rendszer teljes energiája E állandó (termikus egyensúly).

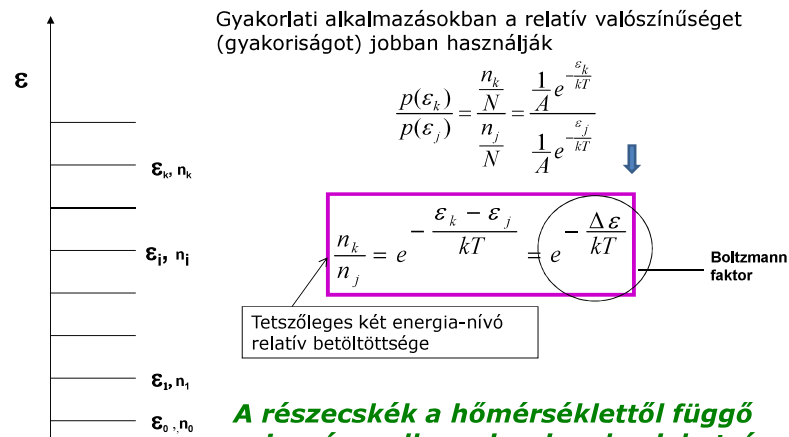
Általánosítás: ε_i egy részecske-energiája: helyzeti v. kinetikai



Az energia-szintek bármely (j,k) kombinációjára igaz

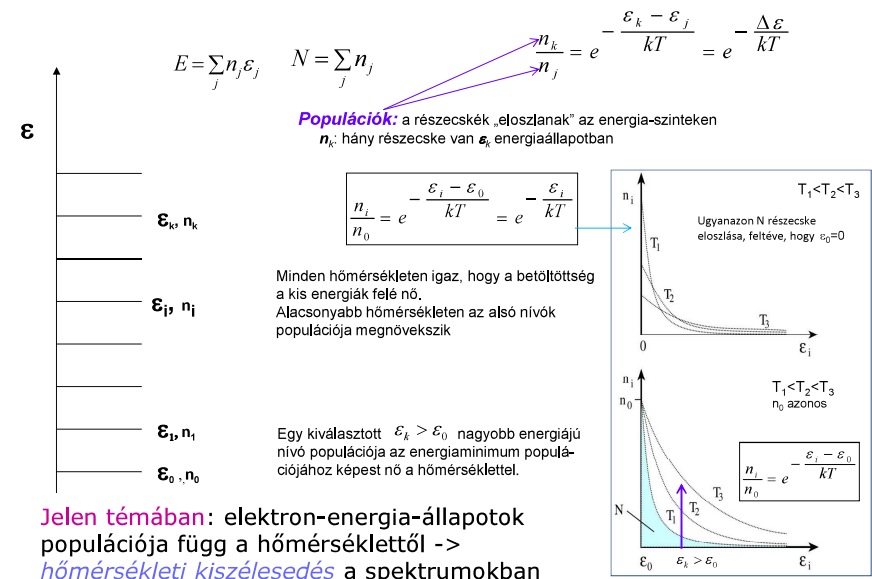
Tankönyv : 52 - 57

A Boltzmann-féle energia-eloszlás-függvény



A részecskék a hőmérséklettől függő szigorú rendben elosznak a lehetséges energiaszinteken

A Boltzmann-eloszlás jelentése



Jelen témában: elektron-energia-állapotok populációja függ a hőmérséklettől -> **hőmérsékleti kiszélesedés** a spektrumokban

A fény biológiai hatásának alapjai

Szempontok:

A hatás feltétele az energiaátadás => abszorpció

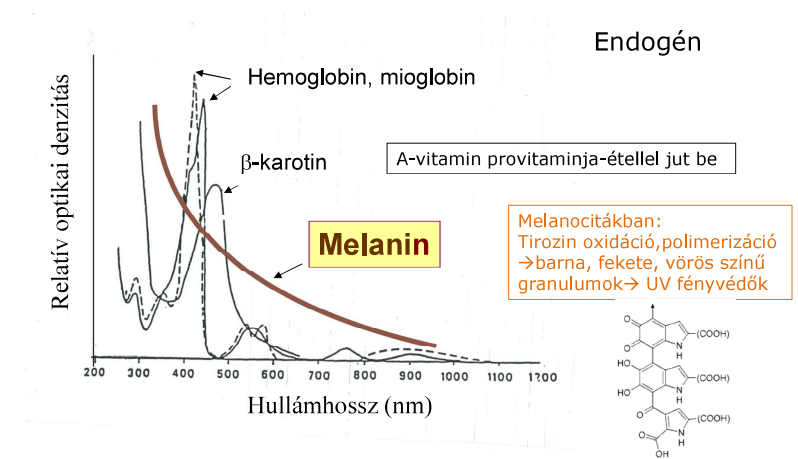
Mi nyeli el? Milyen mélyre jut?

Milyen szerveket ér fény?

Fénnyel kiváltott reakciók, terápiás beavatkozások

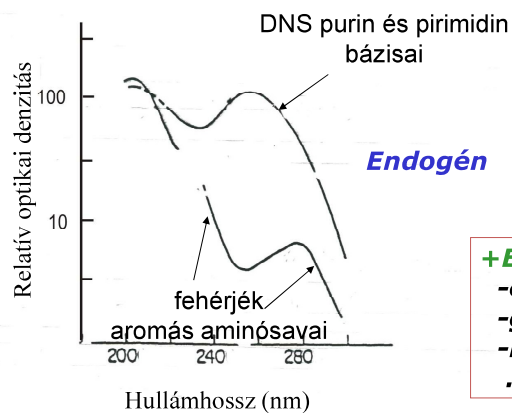
A fény biológiai hatásai

Milyen molekulák nyelik el?



A fény biológiai hatásai

Milyen molekulák nyelik el?

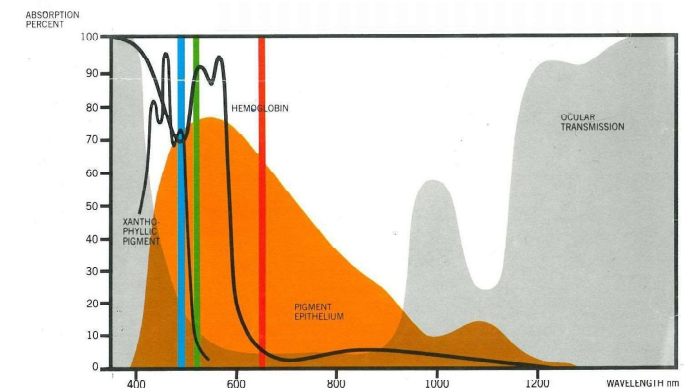


+Exogén kromofórok
-ételfestékek
-gyógyszerek
-kozmetikumok
.....

A fény biológiai hatásai

Milyen molekulák nyelik el?

Szemészeti alkalmazások



A fény biológiai hatásai
Mit ér közvetlenül fény?

Pozitív hatások

szemre
bőrre



Szervezetre ?

Jövő órán itt folytatjuk.

Ismert hatások:

- D-vitamin szintézis (UV-A)
- anyagcsere, hormonrendszer, immunrendszer stimulálása (VIS)
- téli depresszió & melatonin hormon túltermelése

..... **Sok az ismeretlen tényező!**