

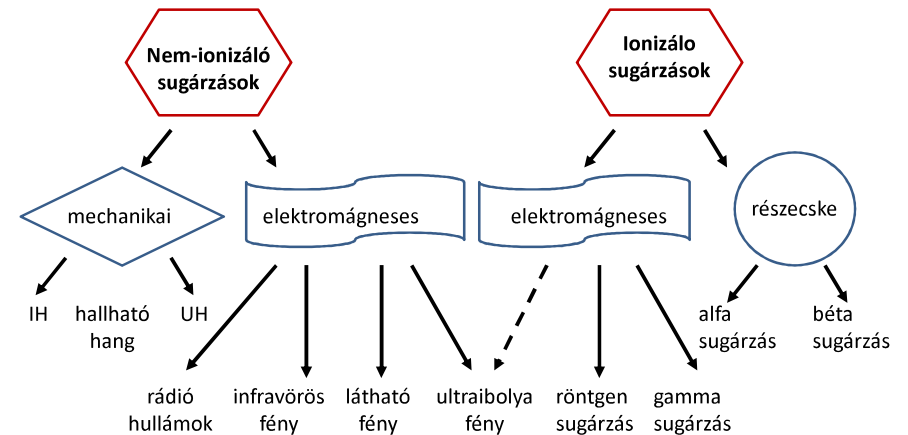
A fény előállítása és alkalmazásai

Dr. Voszka István

SE ÁOK Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



Sugárzások



A fény természete

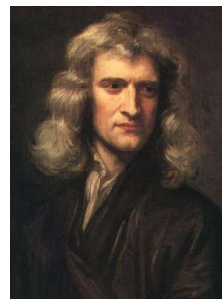
Hullám?



Christian Huygens
(1629 - 1695)

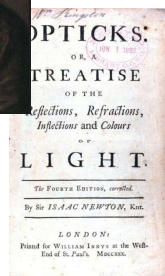
Traité de la lumière
1690

Részecske?



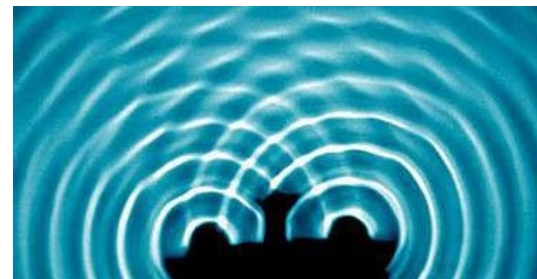
Isaac Newton
(1642 - 1727)

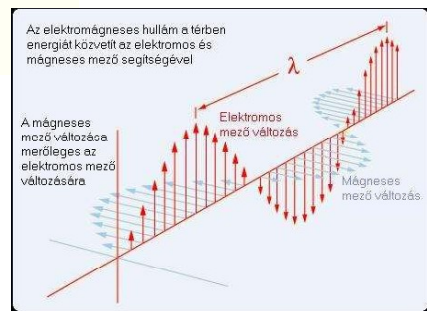
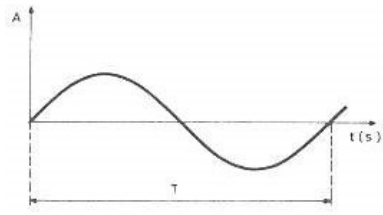
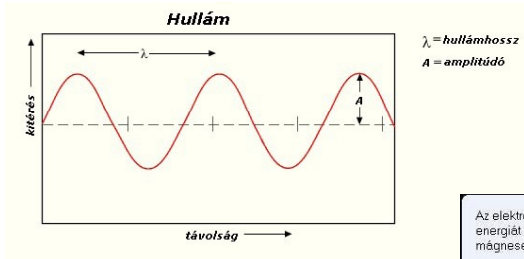
Opticks
1704



Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció

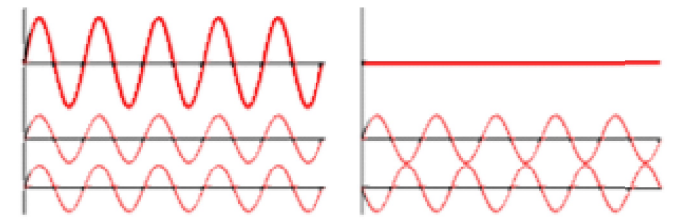




$$c = \lambda f$$

$$E = hf$$

Interferencia - koherens hullámok szuperpozíciója



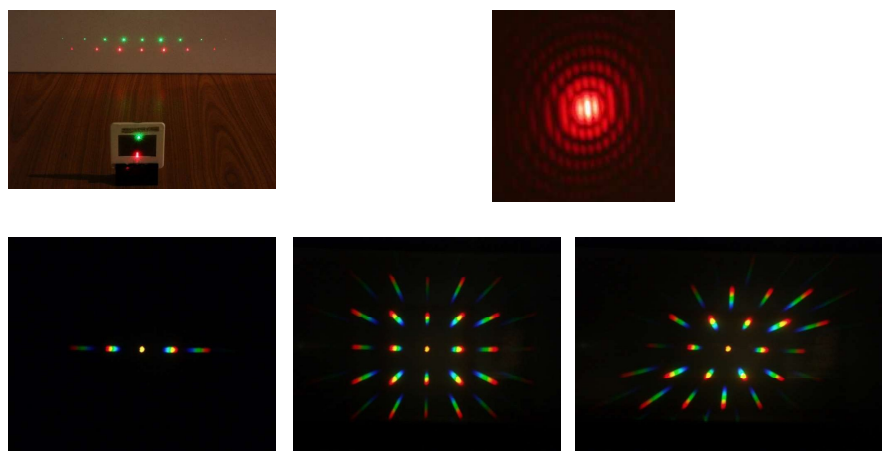
azonos fázis
 pozitív interferencia

ellentétes fázis
 negatív interferencia

$$\Phi = 0^\circ$$

$$\Phi = 180^\circ$$

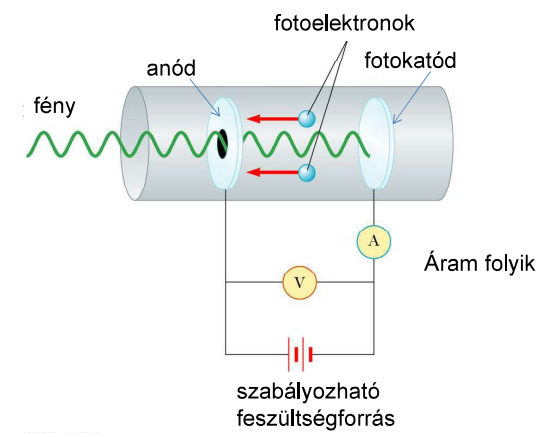
Interferencia képek



Részecsketermészetet bizonyító jelenség:



Heinrich Hertz
 1887

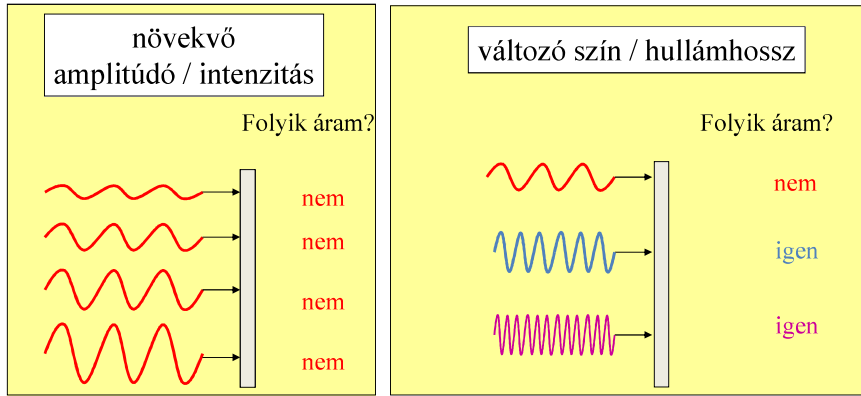


Fotoelektromos effektus

Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

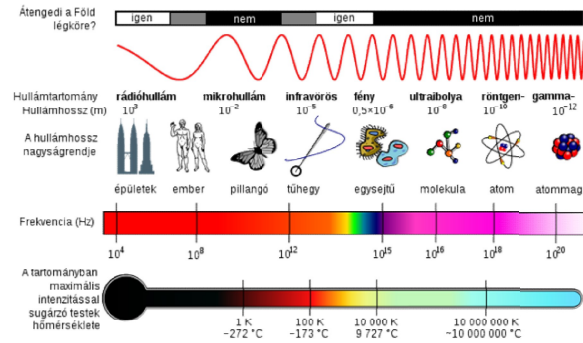
azonos amplitúdó



Nincs elektronkilépés, amíg a frekvencia nem halad meg egy kritikus értéket

Elektromágneses sugárzások

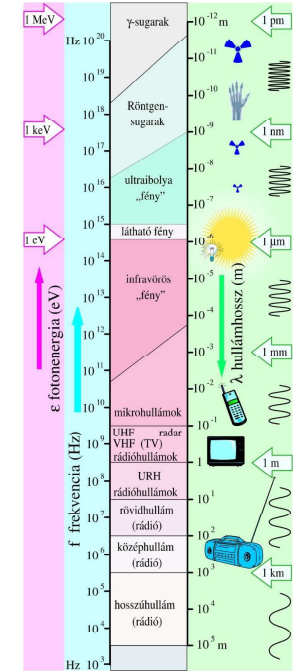
Hullám- és részecsketermészet
(nagyobb hullámhossz – inkább hullám
nagyobb energia – inkább részecske)



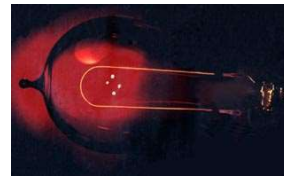
$$c = \lambda f$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = hf$$



A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

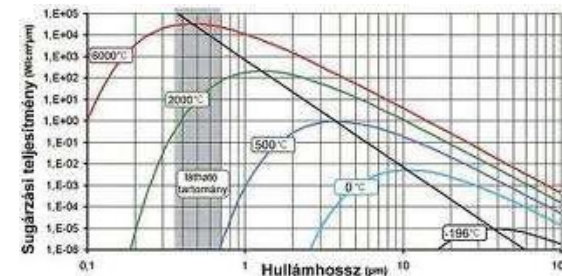


Hőmérsékleti sugárzás

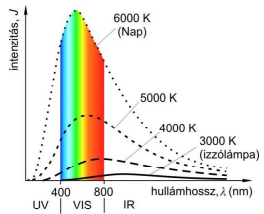
Minden test sugárzást bocsát ki, melynek hullámhossz szerinti összetétele a test hőmérsékletétől függ.

Ez a sugárzás folytonos spektrumú, a maximum helyét a test hőmérséklete szabja meg.

Az emberi test hőmérsékletén a maximum és a kibocsátott sugárzás döntő hányada az infravörös tartományban van.



Hőmérsékleti sugárzás



Kirchhoff

$$M_{\lambda_i} / \alpha_{\lambda_i} = M_{\lambda_j} / \alpha_{\lambda_j}$$

$$M_{\lambda_i} / \alpha_{\lambda_i} = M_{\lambda_{fekete}}$$

A kibocsátott és elnyelt sugárzási teljesítmény hányadosa állandó, legnagyobb az ún. abszolút fekete testé.

Stefan – Boltzmann

$$M = \sigma T^4$$

$$\Delta M = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

A kibocsátott felületi teljesítmény a hőmérséklet negyedik hatványával arányos.

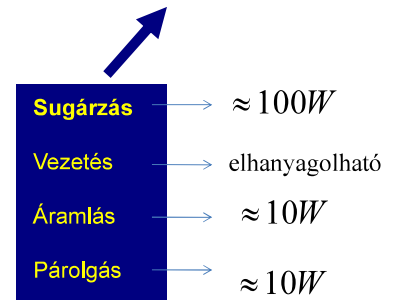
Wien

$$\lambda_{max} T = \text{áll.}$$

A spektrum maximumához tartozó hullámhossz fordítottan arányos a hőmérséklettel.

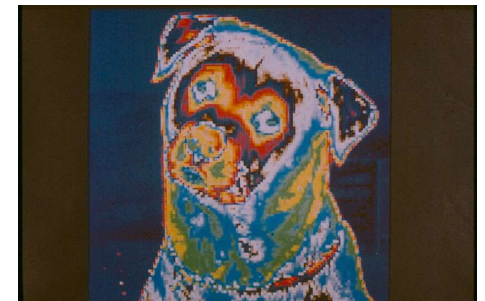
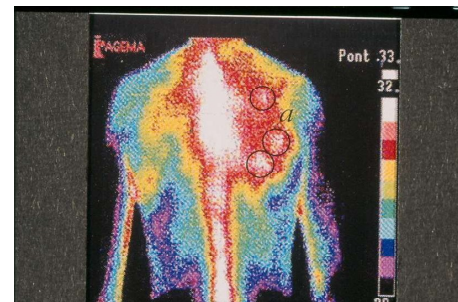
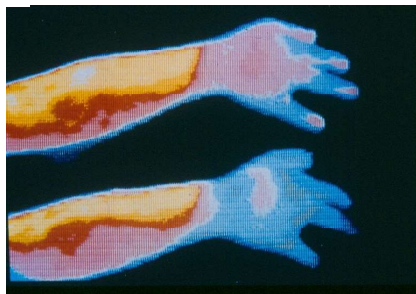
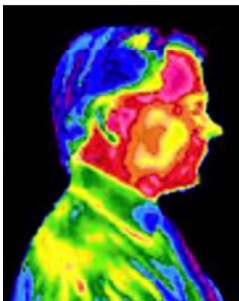
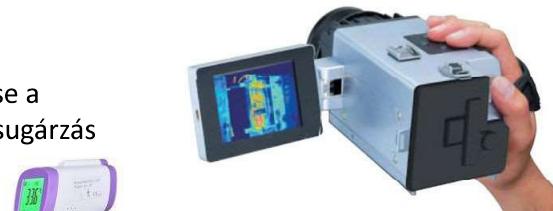
Betekintés a hőszabályozásba

$$\text{Hőtermelés} + \text{hőfelvétel} = \text{hőleadás}$$



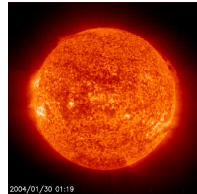
Teletermográfia

Testfelületi térkép készítése a kibocsátott hőmérsékleti sugárzás alapján.



Hőmérsékleti sugárzáson alapuló fényforrások

- Nap
- izzólámpa
- gyertya
- infralámpa



Seasonal Affective Disorder (S.A.D.)

kezelése

5000 K hőmérsékleti sugárzó fényforrás ($\lambda_{\max} = 580 \text{ nm}$)

UV szűrővel

(Nap: kb 6000 K, $\lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$)



A megvilágítás erőssége:

max . 5 - 10 ezer lux

(normál munkahelyi világítás

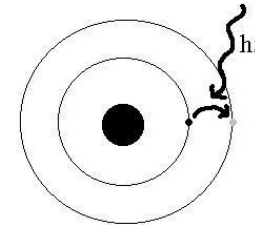
kb 50-100 lux,

tűző napsütés kb 10^5 lux)

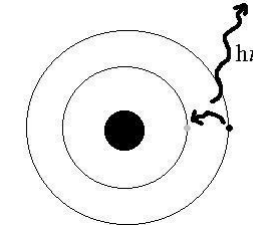
Kezelési idő: 10 – 15 perc / nap



Gerjesztés és emisszió



gerjesztés, abszorpció

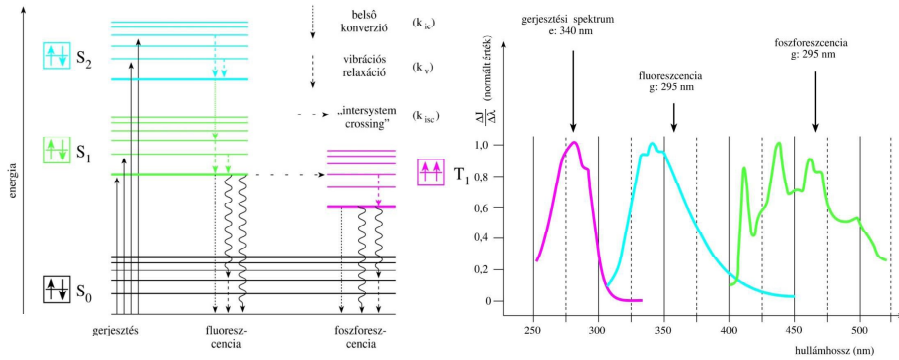


emisszió

A két elektronhéj közötti energiakülönbségnek megfelelő energiájú foton nyelődik el, illetve bocsátódik ki.

Lumineszcencia

Meghatározott, a két állapot közötti energiakülönbségnek megfelelő energiájú fotonok bocsátódnak ki → anyagi minőségre jellemző vonalas spektrum.



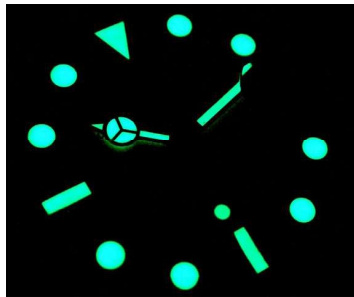
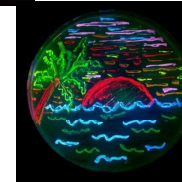
A lumineszcencia fajtái:

Fluoreszcencia

- rövidebb élettartam ($< 10^{-9}$ s)
- nagyobb energia
- nagyobb valószínűség (megengedett átmenet)

Foszforeszcencia

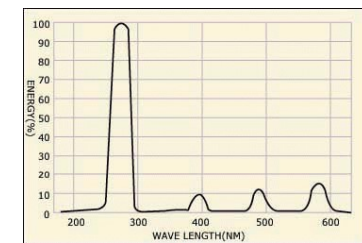
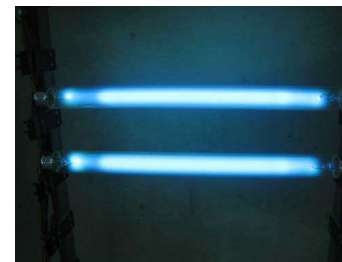
- hosszabb élettartam (\sim s)
- kisebb energia
- kisebb valószínűség (tiltott átmenet)



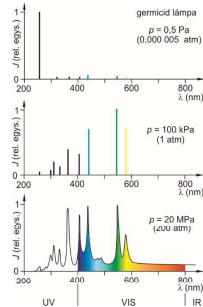
Lumineszcencián alapuló fényforrások

- Fémgőzlámpák
- Fénycsövek

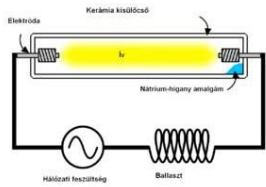
Germicidlámpa (kisnyomású higanygőzlámpa)



nagynyomású higanyőzlámpa



nátriumlámpa



Fénycső

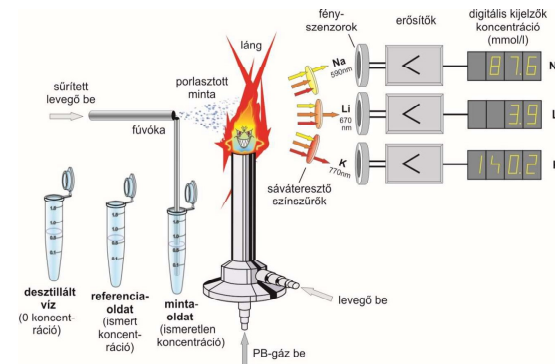


Újszülöttkori sárgaság kékfény kezelése

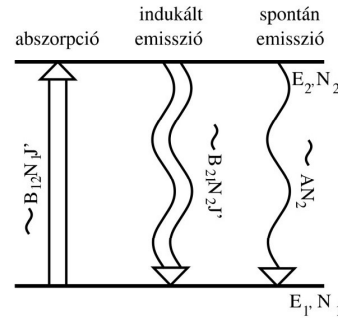
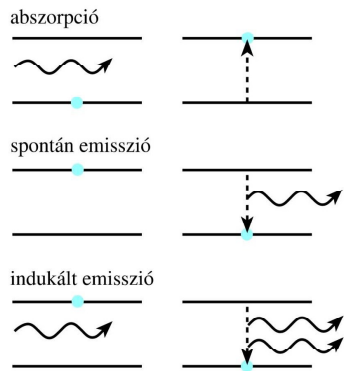
Segíti a bilirubin lebomlását és kiürülését a szervezetből



Lángfotométer (a lumineszcencia alkalmazása az orvosi labordiagnostikában)

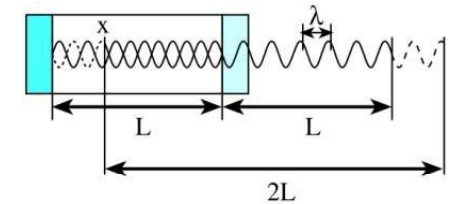
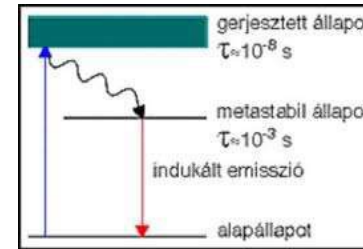


Lézer (laser = light amplification by stimulated emission of radiation)
 Indukált emisszió alapuló és ebből adódóan különleges tulajdonságokkal rendelkező fényt kibocsátó fényforrás.

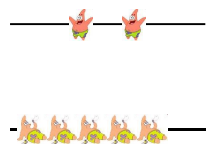


Szükséges feltételek:

- lézertanyag metastabil nívóval
- pumpáló energia (villanófény, vagy elektromos tér)
- pozitív visszacsatolás
- optikai rezonátor



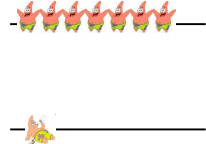
Elektronállapotok betöltöttsége



Termikus egyensúly

Boltzmann eloszlás szerint:

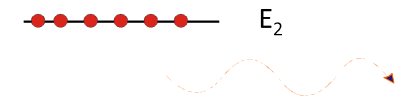
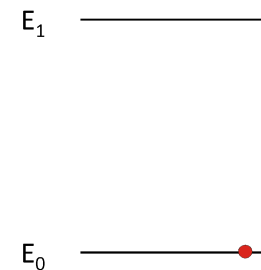
$$n = n_0 e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$



Populáció inverzió

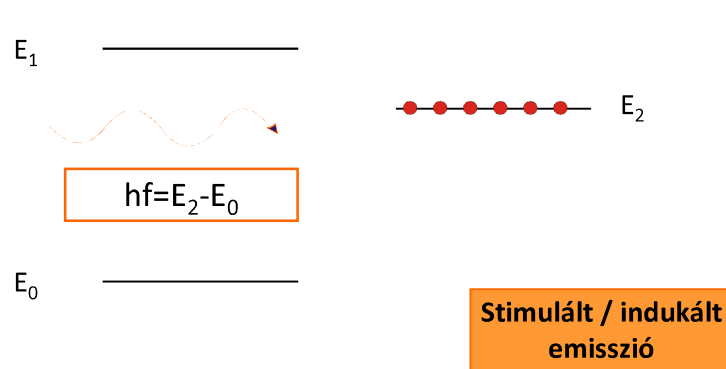
“fordított” betöltöttség

Spontán emisszió

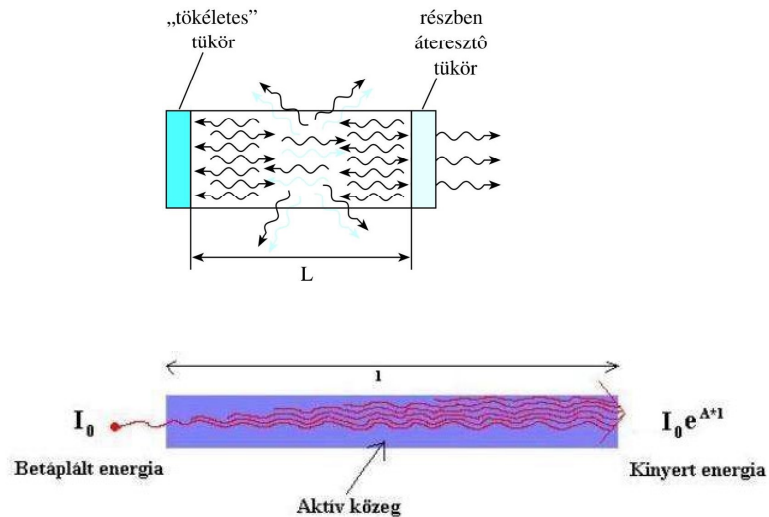
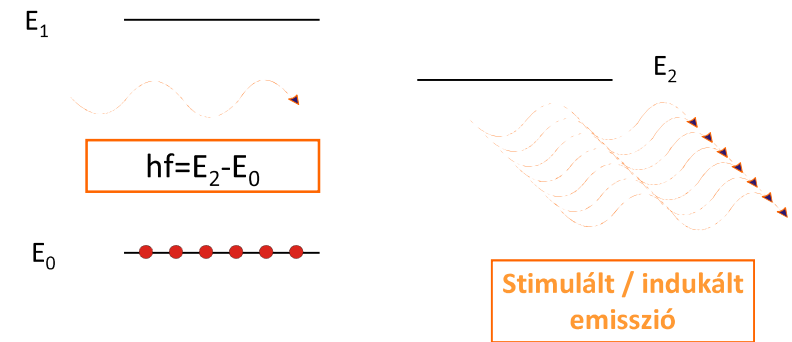


spontán fényemisszió
 kis valószínűséggel

A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



Az indukáló és az indukált emisszió révén keletkezett fotonoknak **azonos** az:

- energiája
- fázisa
- rezgési síkja
- terjedési iránya.



Ezért az indukált emisszióval keletkezett fény:



- Monokromatikus
- koherens
- poláros
- jól fókuszálható

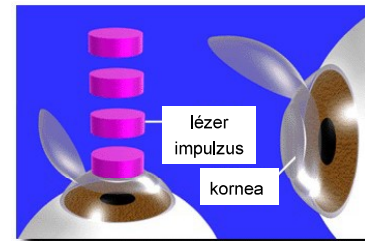
Leggyakoribb lézerek az orvosi gyakorlatban

Típus	λ nm	folytonos	impulzus	alkalmazás
Széndioxid	10 600	20–100 W	10^9 W	sebészet
Nd:Yag	1064	50 W	10^8 W	sebészet
Argon	488 514	10 W	10^2 W	szemészet pumpálás

Excimer lézer – *excited dimer*

Alapállapotban monomerek, gerjesztett állapotban stabilis komplexek vagy dimerek

Pl. nemesgázok vagy nemesgáz és halogén keverékek



Ar ₂	126 nm
Kr ₂	146 nm
F ₂	157 nm
Xe ₂ *	172 & 175 nm
ArF	193 nm
KrF	248 nm
XeBr	282 nm
XeCl	308 nm
XeF	351 nm
CaF ₂	193 nm
KrCl	222 nm
Cl ₂	259 nm

A lézerek típusai

Teljesítményük szerint:

5 mW – CD-ROM drive

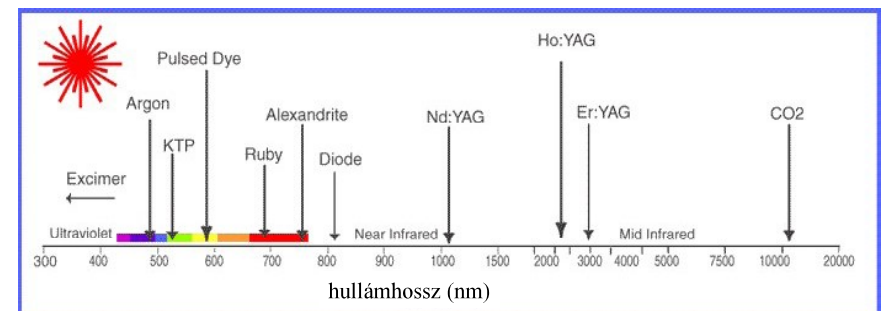
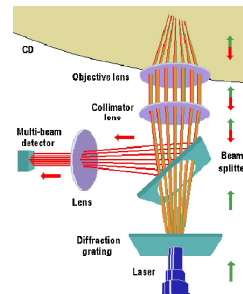
5 - 10 mW – DVD lejátszó

100 mW – CD-író

250 mW – DVD-író

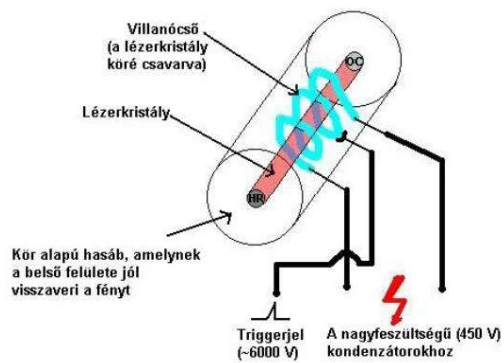
1-20 W – mikro-megmunkálásban használt szilárdtest lézerek

30-100 W – tipikus sebészeti lézerek

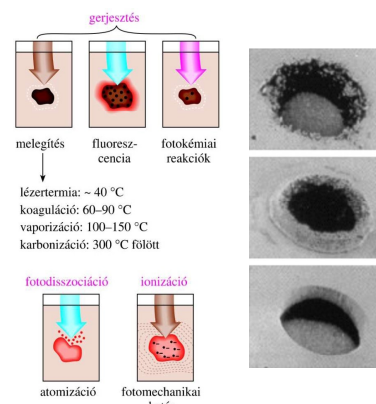


<https://www.youtube.com/watch?v=j0T8Fd9iQqs>

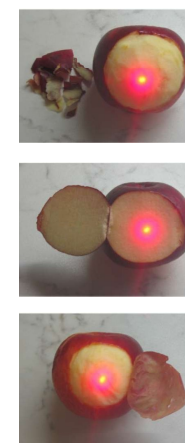
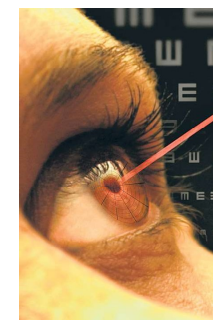




A lézerek orvosi alkalmazásai: sebészet (pl. CO₂, Nd-YAG)

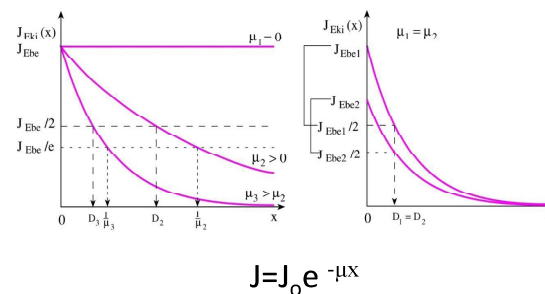
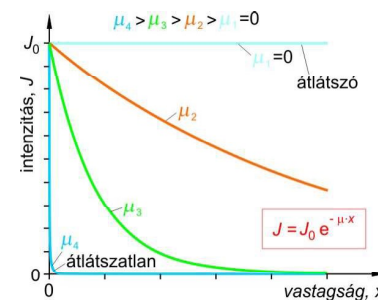
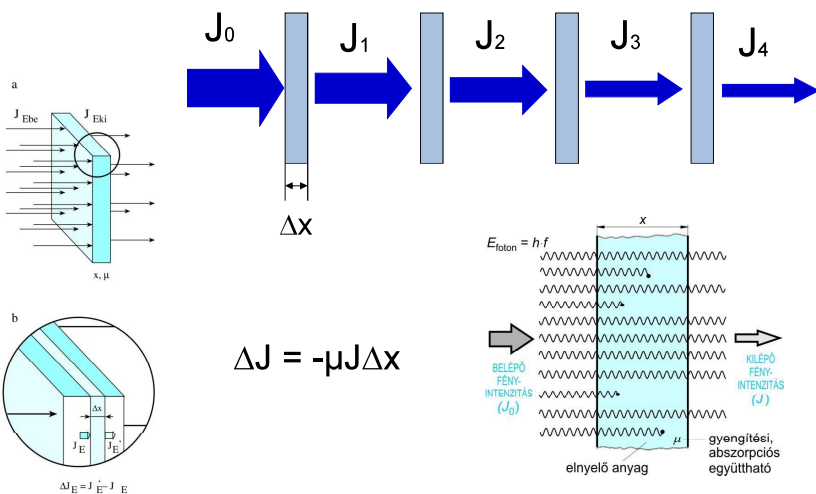


Szemészet (pl. Ar, excimer)
zöldhályog, retinaleválás kezelése
fénytörési hibák korrekciója

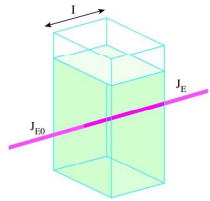


Fényabszorpció (elnyelés)

fényelnyelő rétegen áthaladva a fény intenzitása a rétegvastagságtól függő mértékben gyengül.

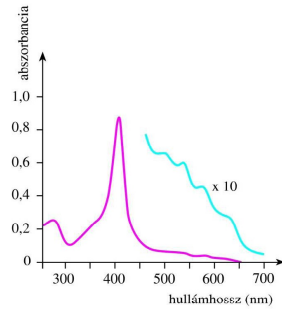


Abszorpciós spektrum

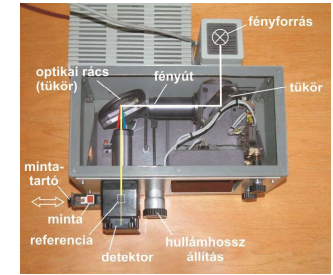
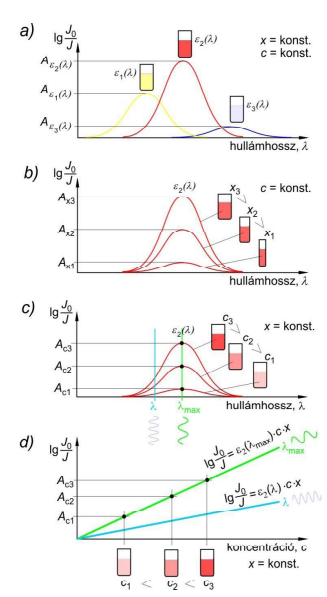


$$\lg(J_0/J) = \epsilon(\lambda)cx$$

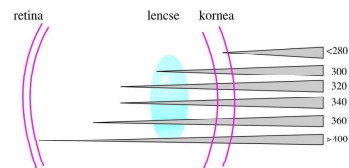
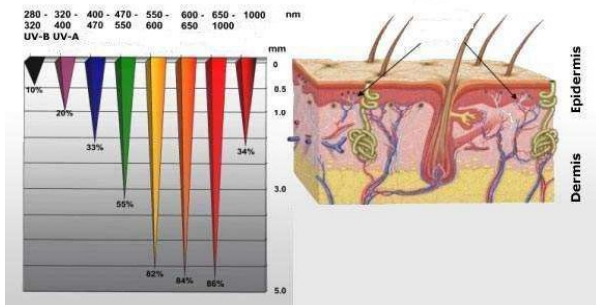
$\lg(J_0/J)$: extinkció, abszorbancia, optikai densitás
 $\epsilon(\lambda)$: moláris extinkciós együttható (hullámhossztól függ)
 c: koncentráció
 x: rétegvastagság



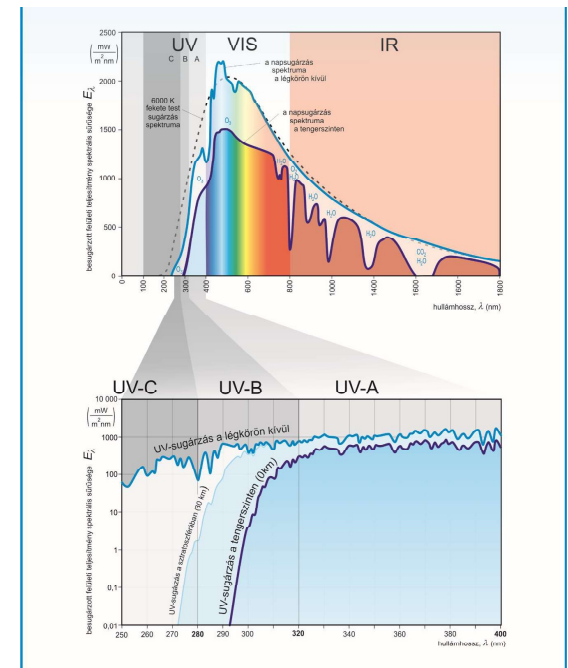
A maximumhoz tartozó hullámhosszból az anyagi minőségre, az elnyelés (abszorbancia) mértékéből a koncentrációra lehet következtetni.



A fény biológiai hatása az abszorpciótól függ.
 Érintett szervek: bőr, szem



A napsugárzás spektruma a légkörön kívül és a Föld felszínén



Fényt elnyelő molekulák (kromofórok) az emberi szervezetben

Endogén kromofórok

pl. nukleinsavak

fehérjék

melanin

Exogén kromofórok

pl. ételfestékek

kozmetikumok

gyógyszerek

Fényérzékenységet fokozó anyagok

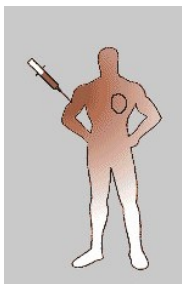
Gyógyszerek

- ACE gátlók - enalapril
- nem szteroid gyulladáscsökkentők – diclofenac, ibuprofen, naproxen, stb.
- ritmuszavarok elleni szerek – amiodaron
- epilepszia elleni szerek – carbamazepine
- antibiotikumok – doxycyclin, tetracyclin, trimetoprim, oxfloracin
- vércukorcsökkentő szerek – glibenclamide
- kalcium antagonisták – amlodipine, diltiazem
- vízhajtók – furosemide, hydrochlorothiazide
- pszichiátriai gyógyszerek – pl. alprazolam (Frontin, Xanax)

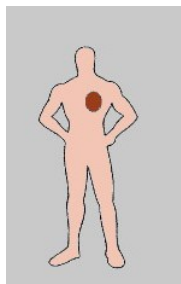
Élelmiszerek

- konyhakerti növények: kapor, édeskömény, lestyán, zeller, pasztinák, petrezselyem
- citrusfélék: lime, citrom, narancs

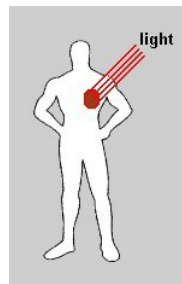
Fotodinamikus terápia (PDT)



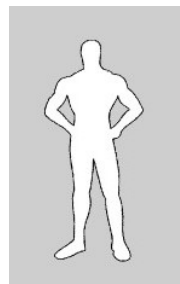
Fényérzékenyítő bejuttatása



A fényérzékenyítő felhalmozódása a daganatban

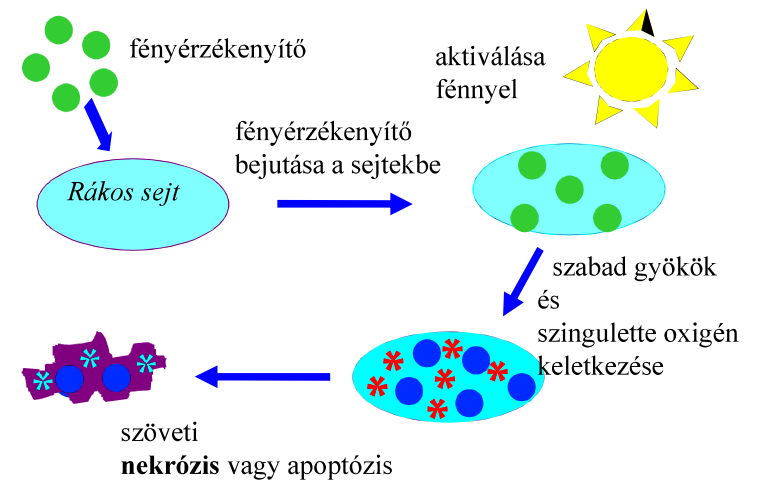


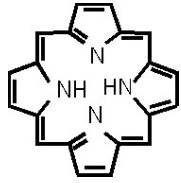
Besugárzás látható fénnel



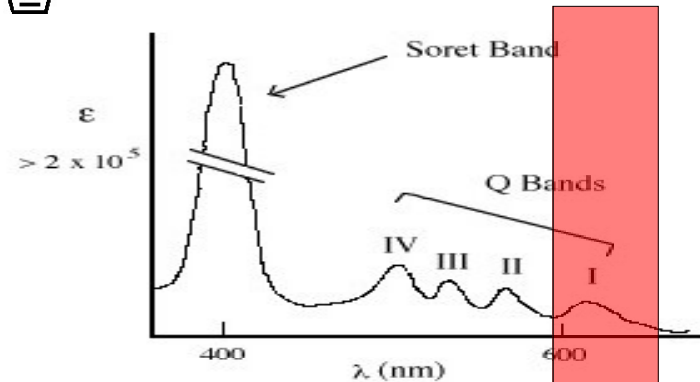
Szelektív tumordestrukció

A PDT hatásmechanizmusa (2)

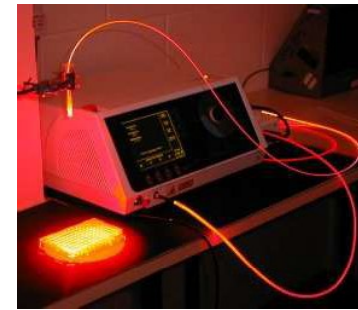




Porfirinek tipikus abszorpciós spektruma



A fényforrás megválasztása



Követelmények:

monokromatikus – vörös

kellően nagy felületi teljesítmény



lézer

A fotodinamikus hatás felhasználási lehetőségei

-*malignus daganatok kezelése pl.*

nem pigmentált bőrdaganatok (**MELANÓMA NEM**)

szájüregi daganatok

légtúti daganatok

hólyag daganatok

-*a bőr felületén keletkező jóindulatú kinövések kezelése*

-*érelmeszesedéses plakkok csökkentése*

-*mikroorganizmusok inaktiválása*

baktériumok, vírusok inaktiválása

fogászat (fogágyi gyulladások)

bőrgyógyászat (acne-s gócok)

vérkészítmények sterilizálása

víz tisztítás stb.