

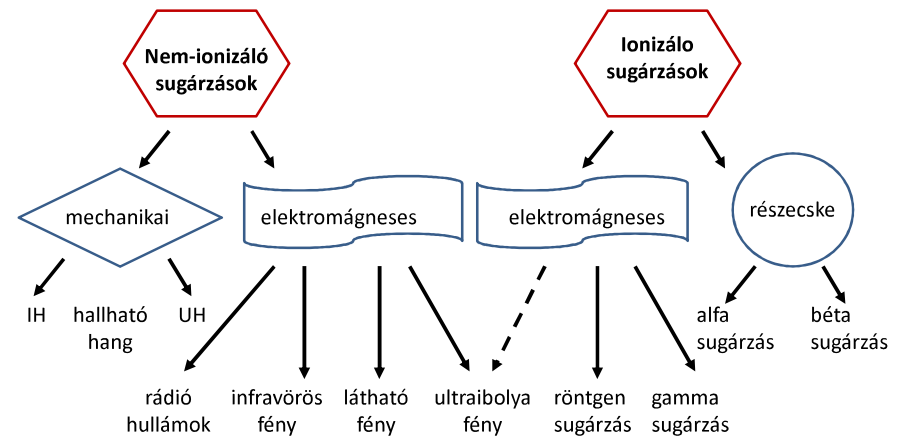
A fény előállítás és alkalmazásai

Dr. Voszka István

SE ÁOK Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



Sugárzások



A fény természete

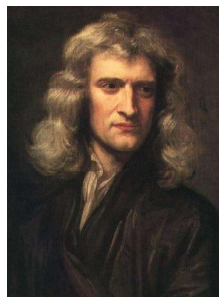
Hullám?



Christiaan Huygens
(1629 - 1695)

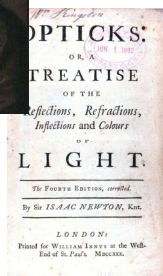
Traité de la lumière
1690

Részecske?



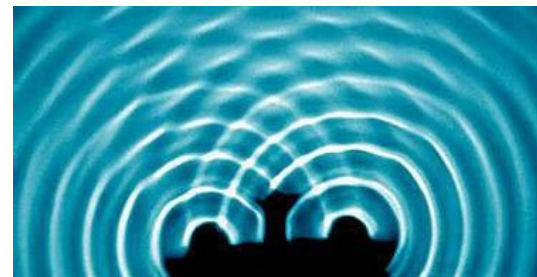
Isaac Newton
(1642 - 1727)

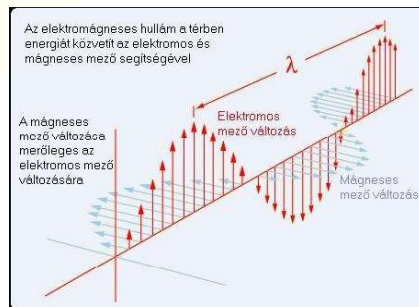
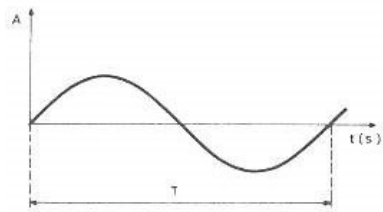
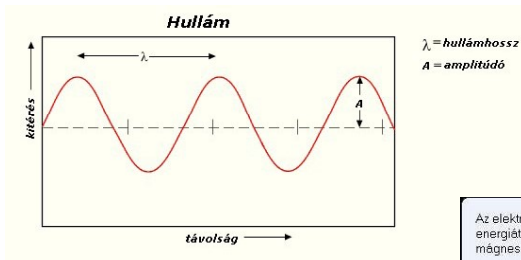
Opticks
1704



Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció

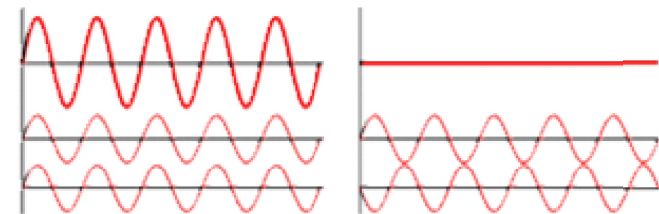




$$c = \lambda f$$

$$E = hf$$

Interferencia - koherens hullámok szuperpozíciója



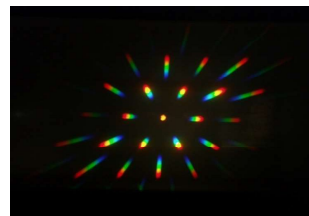
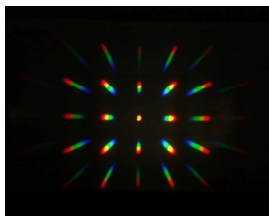
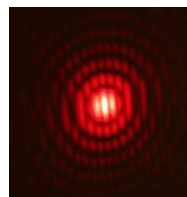
azonos fázis
pozitív interferencia

$$\Phi = 0^\circ$$

ellentétes fázis
negatív interferencia

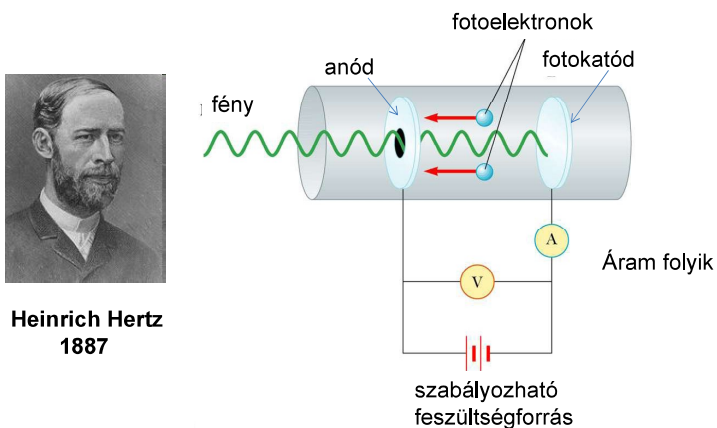
$$\Phi = 180^\circ$$

Interferencia képek



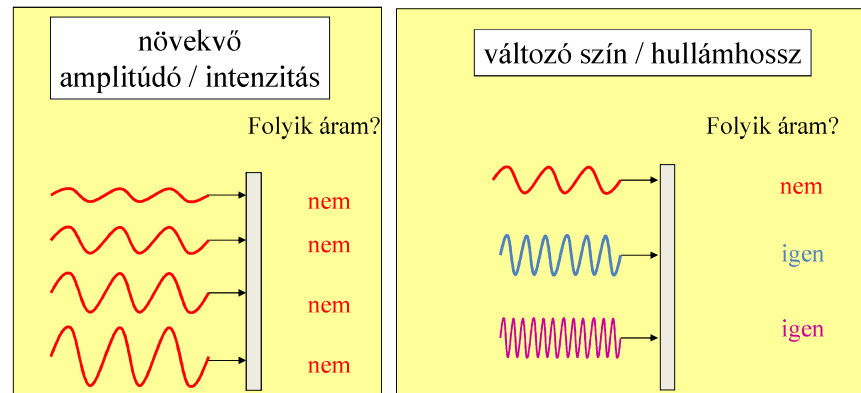
Wave-interference.html

Részecsketermészetet bizonyító jelenség:



Fotoelektromos effektus

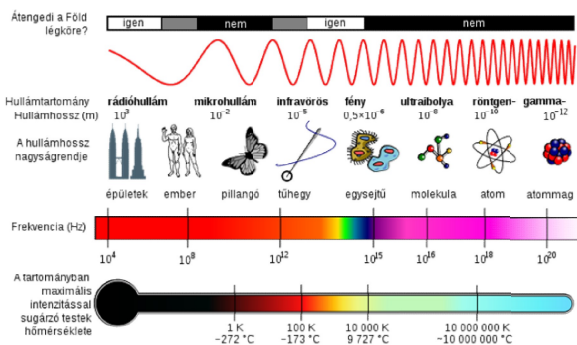
Megvilágító fény
azonos szín / hullámhossz
azonos amplitúdó



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

Elektromágneses sugárzások

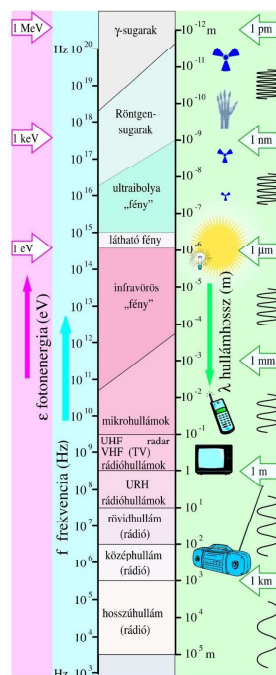
Hullám- és részecsketermészet
(nagyobb hullámhossz – inkább hullám
nagyobb energia – inkább részecske)



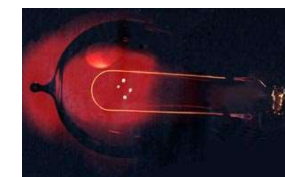
$$c = \lambda f$$

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

$$E = hf$$



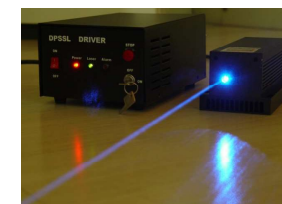
A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

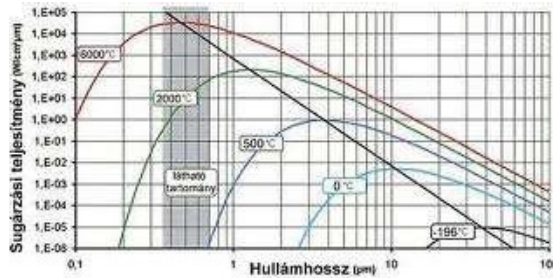


Hőmérsékleti sugárzás

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

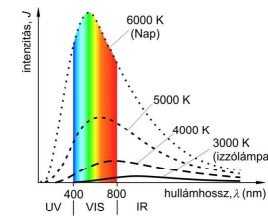
Ez a sugárzás folytonos spektrumú, a maximum helyét a test hőmérséklete szabja meg.

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



Blackbody-spectrum.html

Hőmérsékleti sugárzás



Kirchhoff

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

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

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

$$\lambda_{\text{max}} T = \text{áll.}$$

A spektrum maximumához tartozó hullámhossz fordítottan arányos a hőmérséklettel.

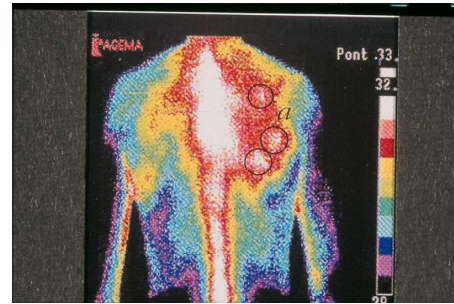
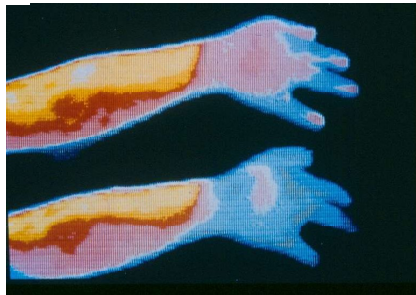
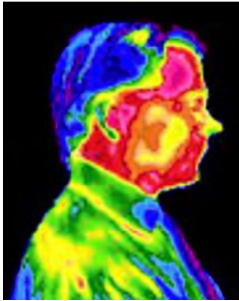
Betekintés a hőszabályozásba

Hőtermelés + hőfelvétel = hőleadás



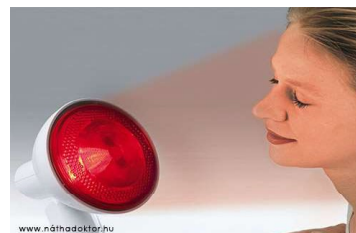
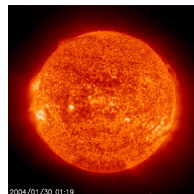
Teletermográfia

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,

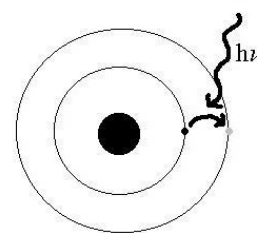
tűző napsütés kb 10^5 lux)

Kezelési idő: 10 – 15 perc / nap

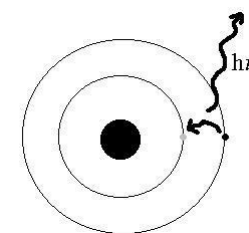




Gerjesztés és emisszió



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.

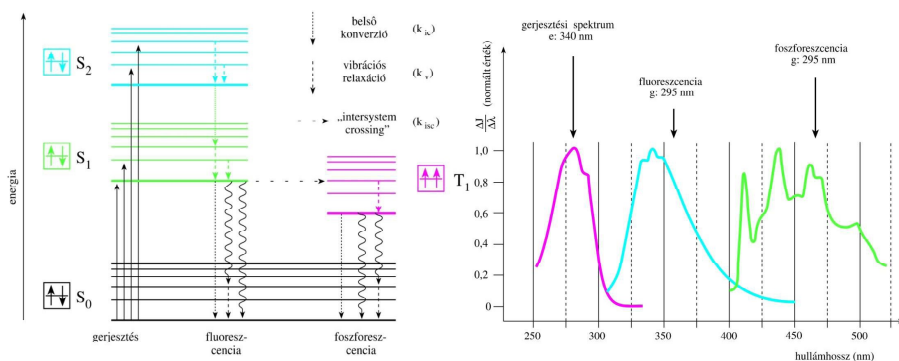
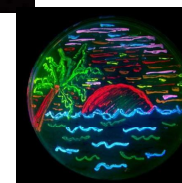
A lumineszcencia fajtái:

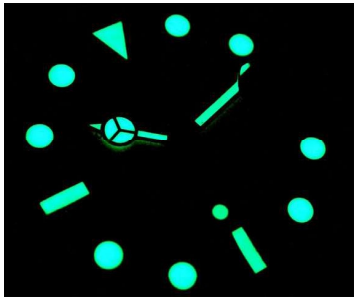
Fluoreszcencia

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

Foszforeszcencia

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

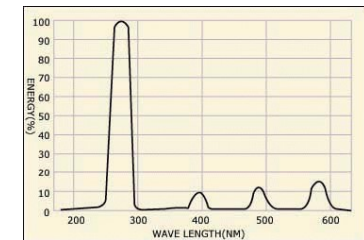
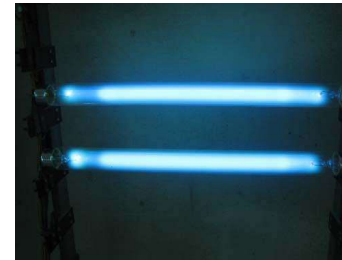




Lumineszcencián alapuló fényforrások

- Fémgőzlámpák
- Fénycsövek

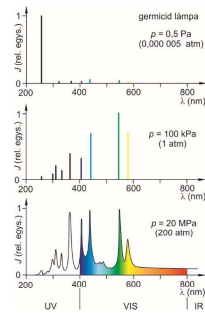
Germicidlámpa (kisnyomású higanygőzlámpa)



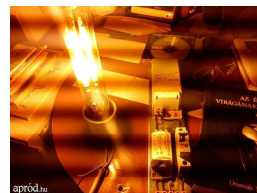
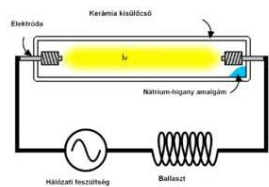
nagynyomású higanygőzlámpa



nátriumlámpa



Fénycső

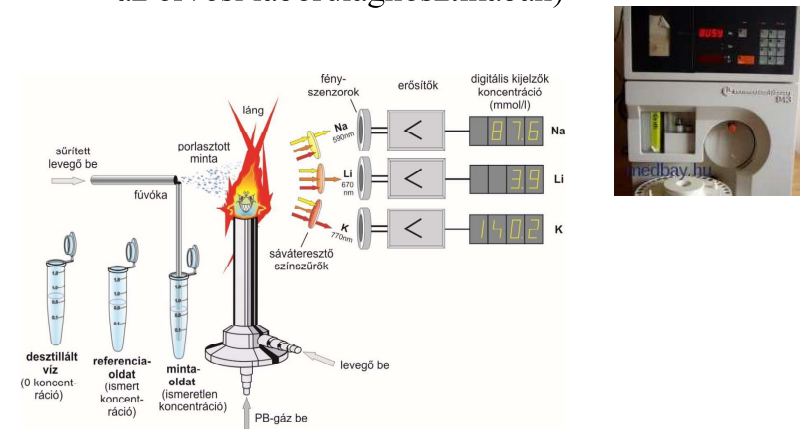


Újszülöttkori sárgaság kékfény kezelése

Segíti a bilirubin lebomlását és kiürülését a szervezetből

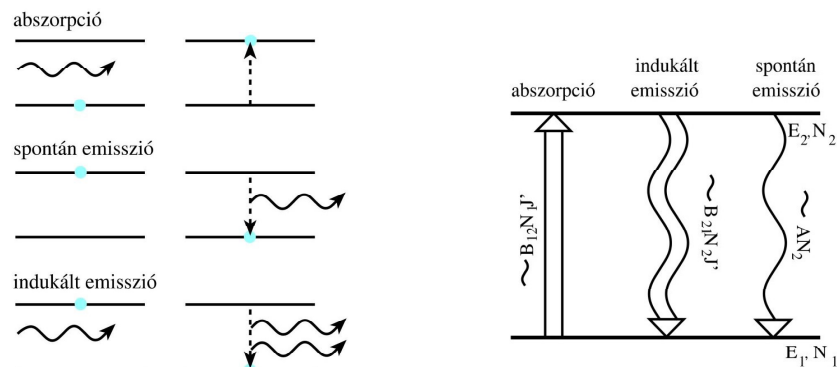


Lángfotométer (a lumineszcencia alkalmazása az orvosi labordiagnostikában)



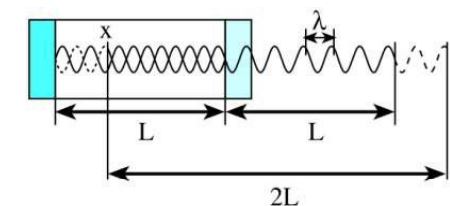
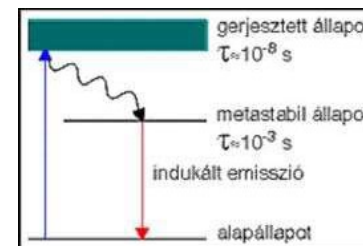
Lézer (laser = light amplification by stimulated emission of radiation)

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 elozslas szerint:

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



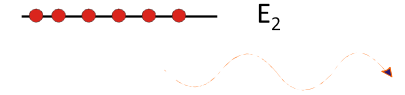
Populáció inverzió

“fordított” betöltöttség

Spontán emisszió

E_1

E_0



spontán
fényemisszió
kis valószínűséggel

A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása

E_1

E_0

$$hf = E_2 - E_0$$

E_2

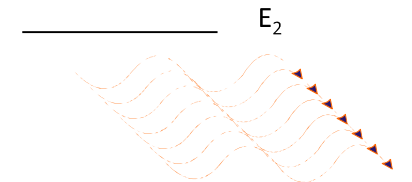
**Stimulált / indukált
emisszió**

A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása

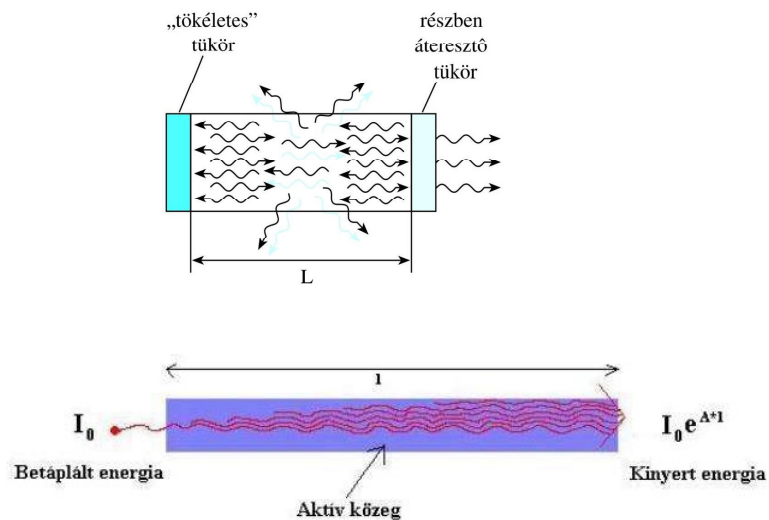
E_1

E_0

$$hf = E_2 - E_0$$

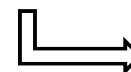


**Stimulált / indukált
emisszió**



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

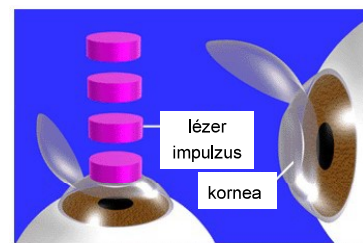
Leggyakoribb lézerek az orvosi gyakorlatban

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

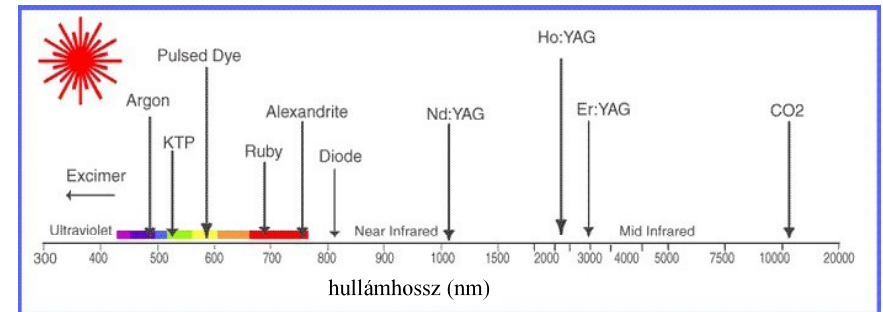
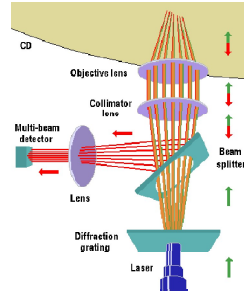
5 - 10 mW – DVD lejátszó

100 mW – CD-író

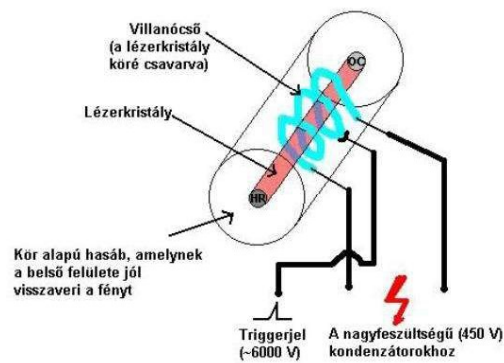
250 mW – DVD-író

1-20 W – mikro-megmunkálásban használt szilárdtest lézerek

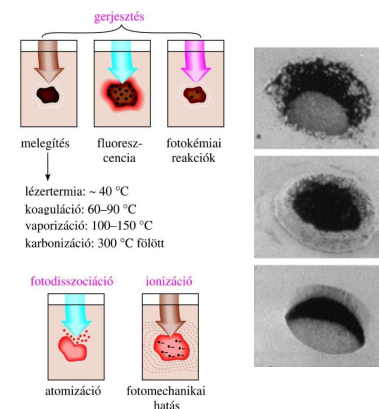
30-100 W – tipikus sebészeti lézerek



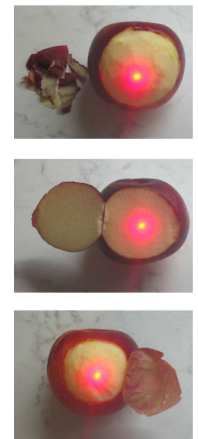
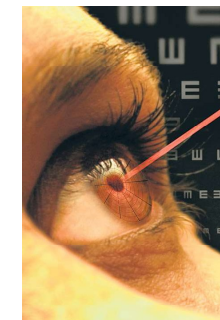
<https://www.youtube.com/watch?v=j0T8Fd9iQqs>



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

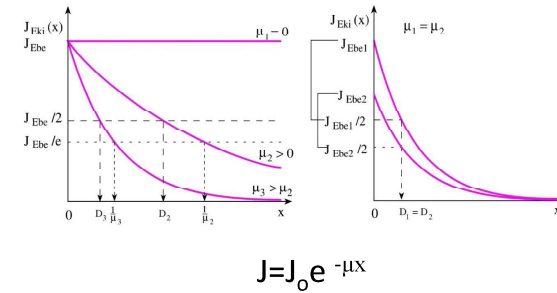
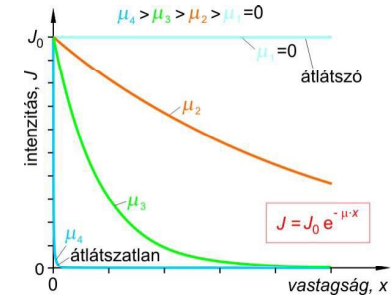
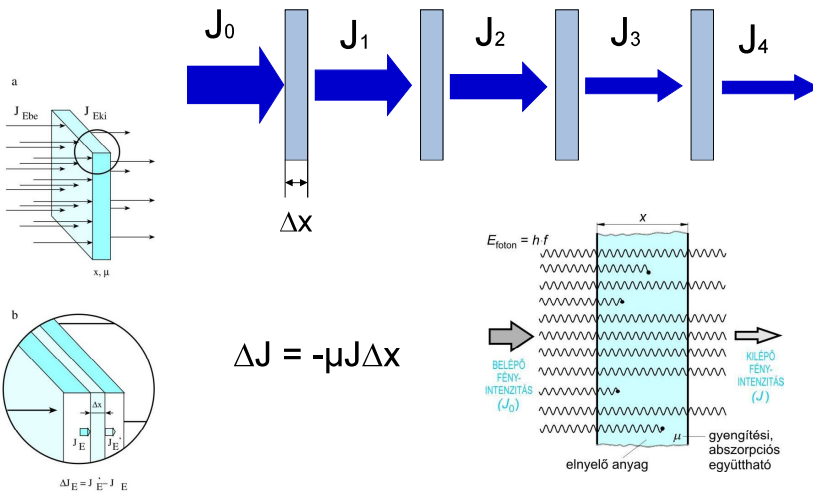


Szemészet (pl. Ar, excimer)
zöldhályog, retinaleválás kezelése
fénytörési hibák korrekciója

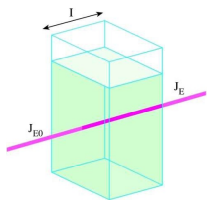


Fényabszorpció (elnyelés)

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

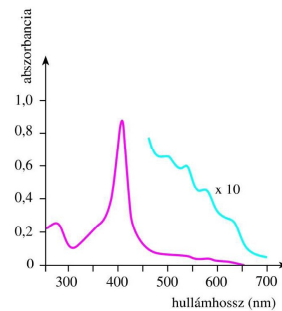


Abszorpciós spektrum

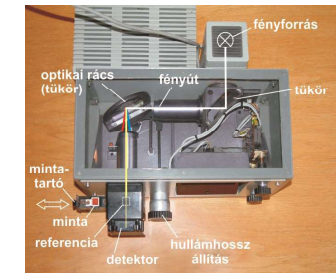
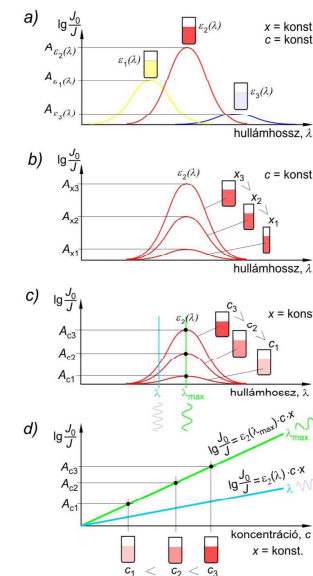


$$\lg(J_0/J) = \varepsilon(\lambda)cx$$

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

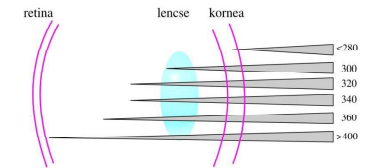
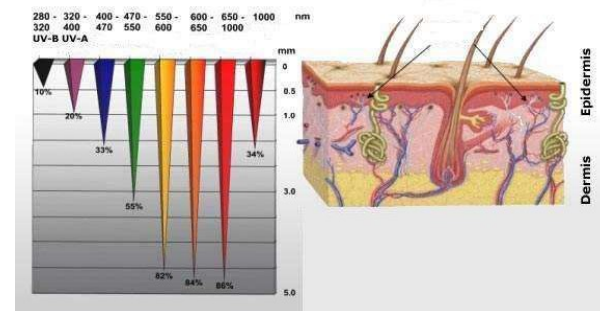


A maximumhoz tartozó hullámhosszból az anyagi minőségre, az elnyelés (abszorbancia) mértékéből a koncentrációra lehet következtetni.



Beers-law-lab.html

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



A szem UV-védelme

rossz



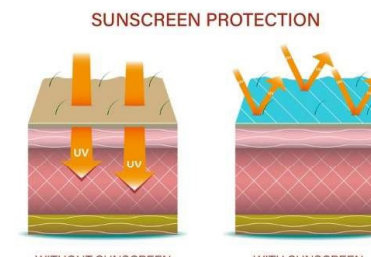
jó



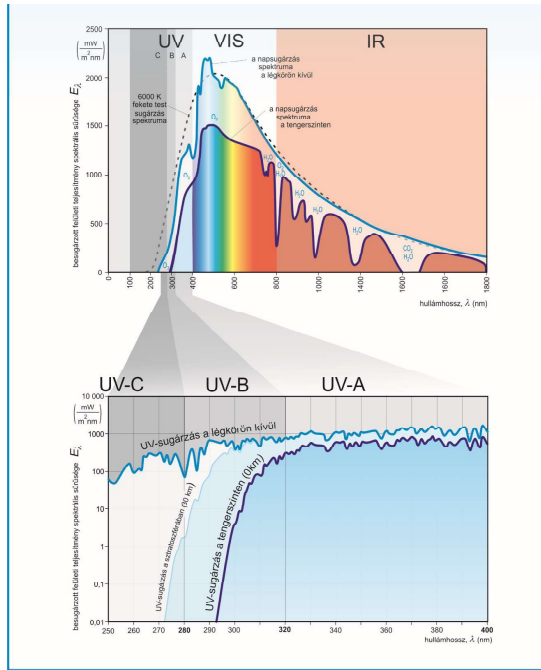
Fényvédő anyagok

- Fizikai (visszaverik a fényt) – azonnali hatás
cink-oxid, titán-dioxid
- Kémiai (elnyelik az UV-fényt és hővé alakítják) – a hatás 20-30 perc alatt alakul ki
avobenzon, szalicilátok
- Hibrid (fizikai és kémiai fényvédő anyag kombinációja)

A fizikai fényvédők stabilak, a kémiai fényvédők hajlamosak a fotodegradációra, ezért alkalmazásukat kb. 2 óránként ismételni kell.



A napsugárzás spektruma a légkörön kívül és a Föld felszínén



Fényt elnyelő molekulák (kromofórok) az emberi szervezetben

Endogén kromofórok

Exogén kromofórok

pl. nukleinsavak

pl. ételfestékek

fehérjék

kozmetikumok

melanin

gyógyszerek

Fényérzékenységet fokozó anyagok

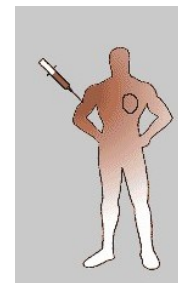
Gyógyszerek

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

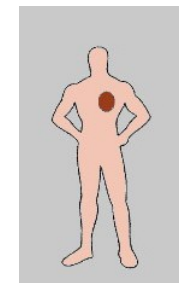
Élelmiszerek

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

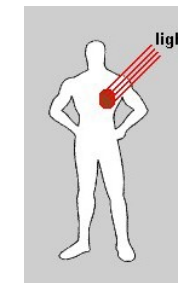
Fotodinamikus terápia (PDT)



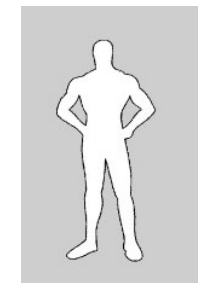
Fényérzékenyítő bejuttatása



A fényérzékenyítő felhalmozódása a daganatban

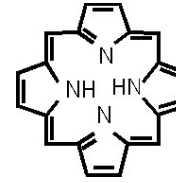
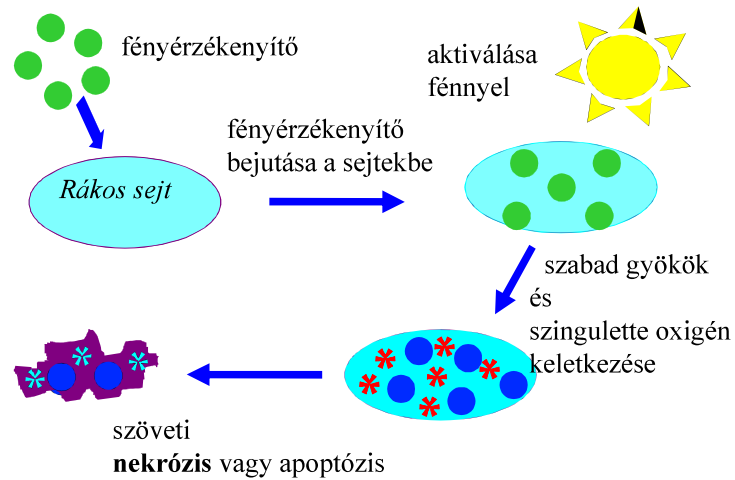


Besugárzás látható fénnel

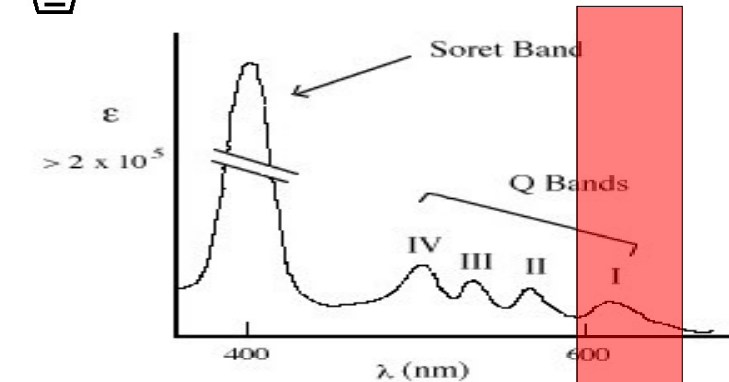


Szelektív tumordestrukció

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
 légúti 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
 víztisztítás stb.