

A fény előállítása és alkalmazásai

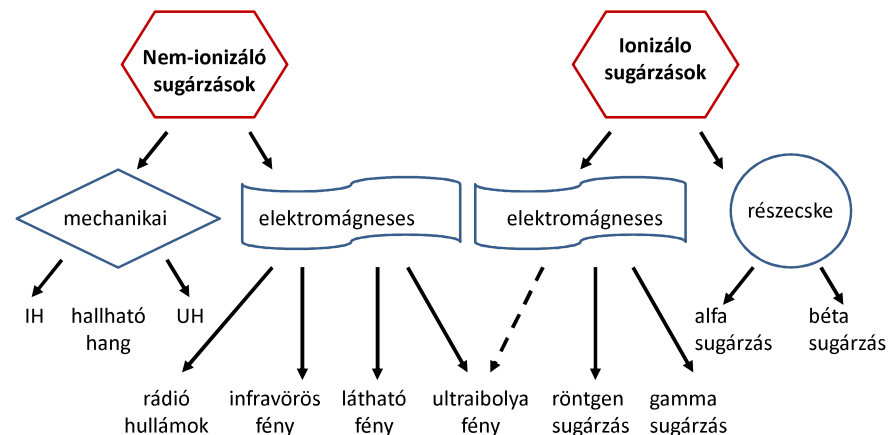
Dr. Voszka István

SE ÁOK Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

2024. 10. 14



Sugárzások



A fény természete

Hullám?

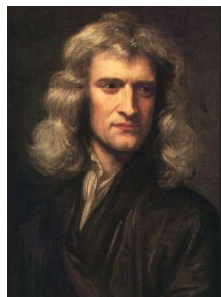


Christiaan Huygens

(1629 - 1695)

Traité de la lumière
1690

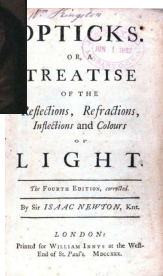
Részecske?



Isaac Newton

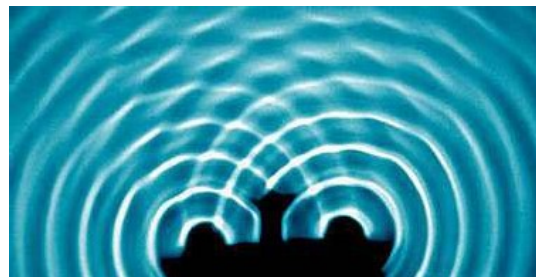
(1642 - 1727)

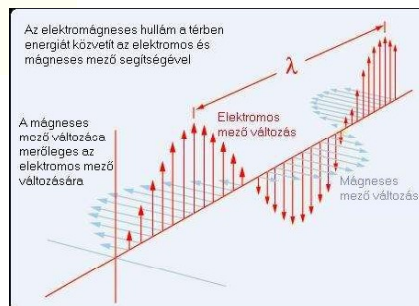
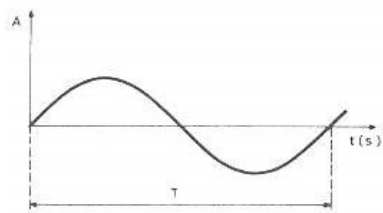
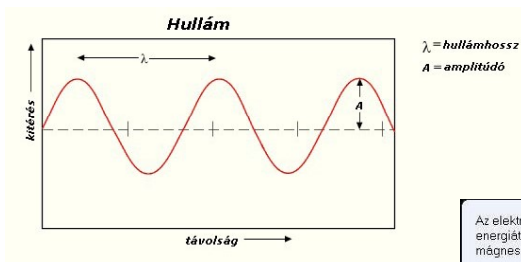
Opticks
1704



Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció

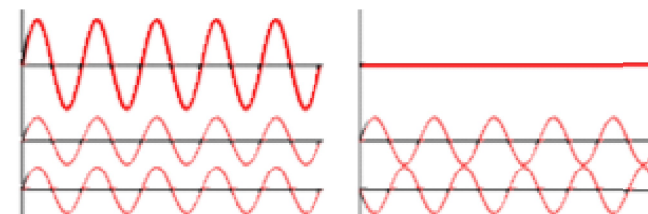




$$c = \lambda f$$

$$E = hf$$

Interferencia - koherens hullámok szuperpozíciója



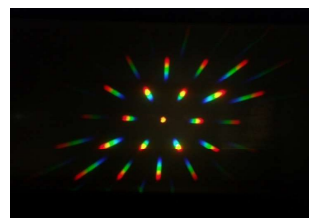
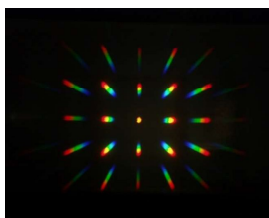
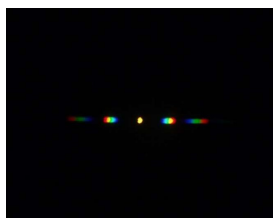
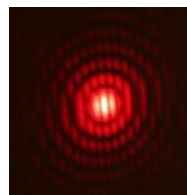
azonos fázis
pozitív interferencia

$$\Phi = 0^\circ$$

ellentétes fázis
negatív interferencia

$$\Phi = 180^\circ$$

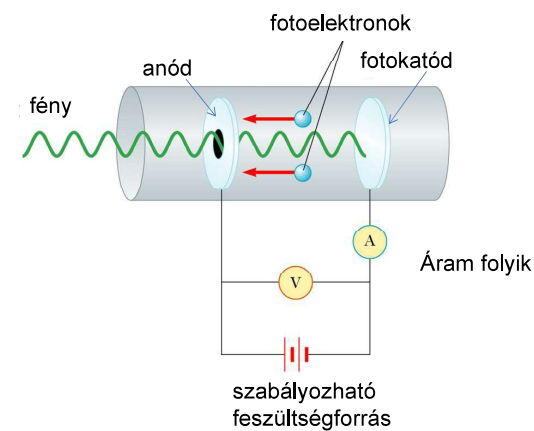
Interferencia képek



Részecsketermészetet bizonyító jelenség:



Heinrich Hertz
1887

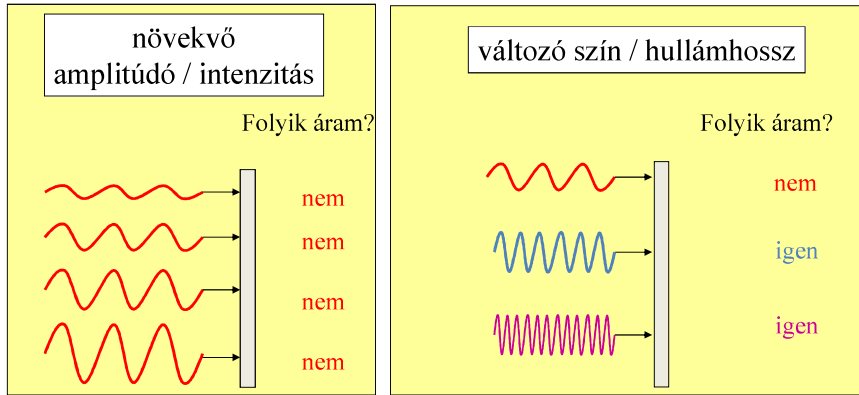


Fotoelektromos effektus

Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

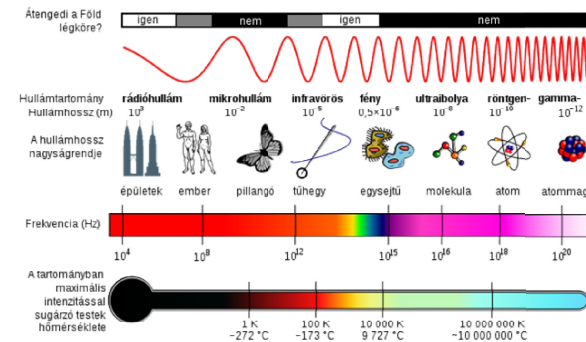
azonos amplitúdó



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

Elektromágneses sugárzások

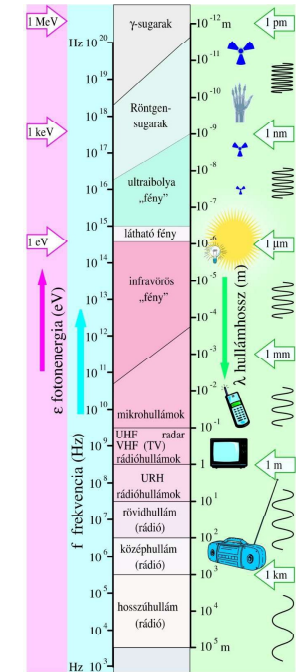
Hullám- és részecsketermészet
(nagyobb hullámhossz – inkább hullám
nagyobb energia – inkább részecske)



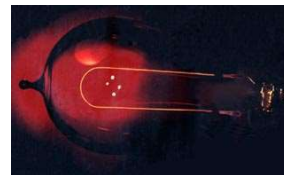
$$c = \lambda f$$

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

$$E = hf$$



A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

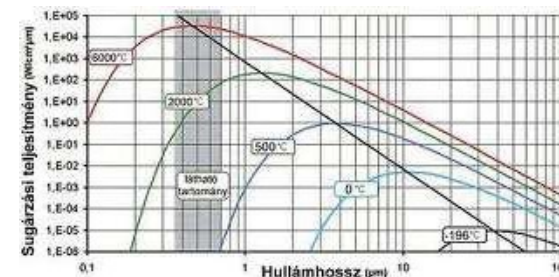


Hőmérsékleti sugárzás

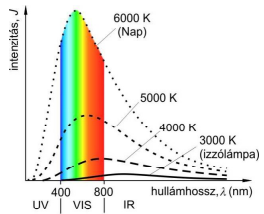
Minden test sugárzást bocsát ki, melynek hullámhossz szerinti összetétele a test hőmérsékletétől függ.

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

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

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

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.

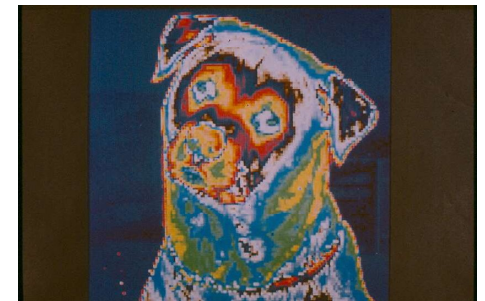
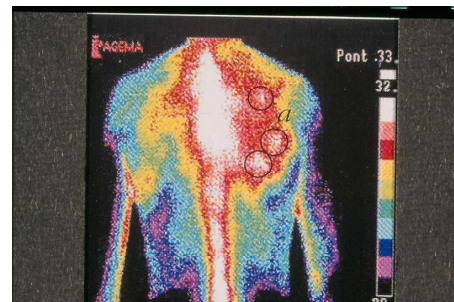
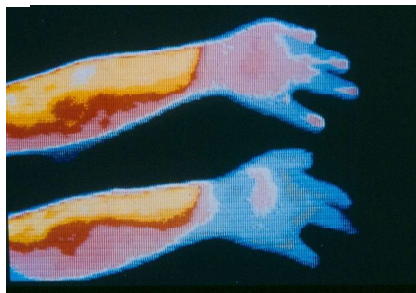
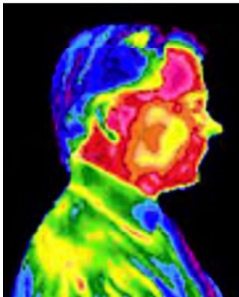
Betekintés a hőszabályozásba

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

Sugárzás	→	≈ 100W
Vezetés	→	elhanyagolható
Áramlás	→	≈ 10W
Párolgás	→	≈ 10W

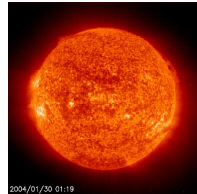
Teletermográfia

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

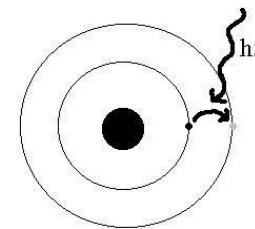
(normál munkahelyi világítás

kb 50-100 lux,

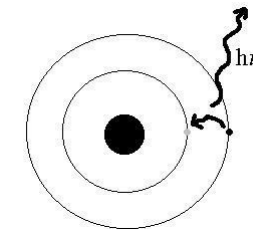
tűző napsütés kb 10^5 lux)

Kezelési idő: 10 – 15 perc / nap

Gerjesztés és emisszió



gerjesztés, abszorpció



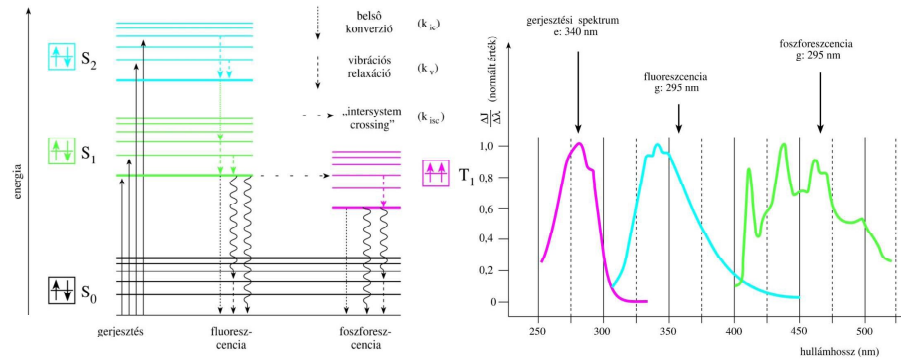
emisszió

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



Lumineszcencia

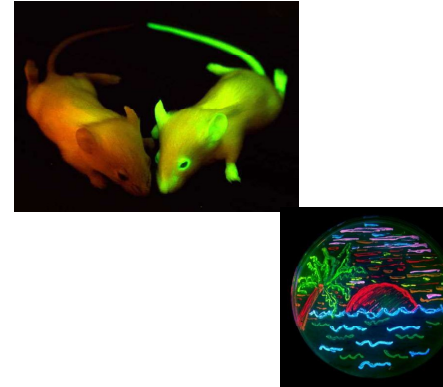
Meghatározott, a két állapot közötti energiakülönbségnek megfelelő energiájú fotonok bocsátódnak ki → anyagi minőségre jellemző vonalas spektrum.



A lumineszcencia fajtái:

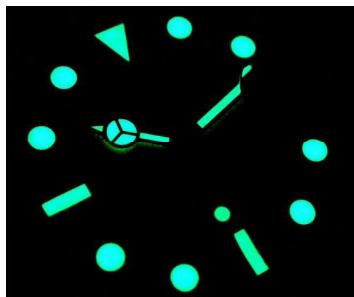
Fluoreszcencia

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



Foszforeszcencia

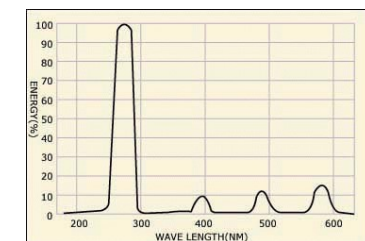
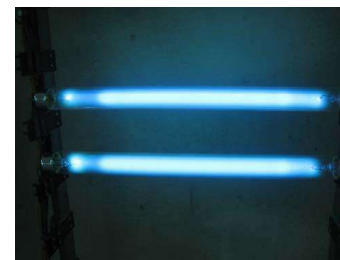
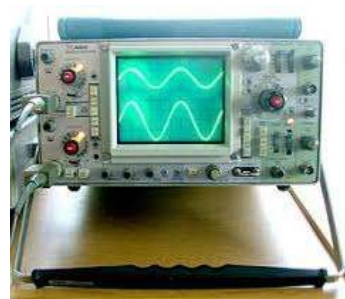
- hosszabb élettartam (\sim s)
- kisebb energia
- kisebb valószínűség (tiltott átmenet)



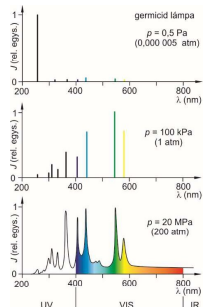
Lumineszcencián alapuló fényforrások

- Fémgőzlámpák
- Fénycsövek

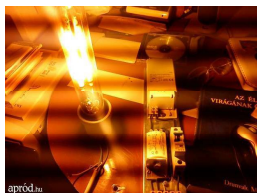
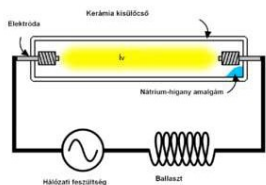
Germicidlámpa (kisnyomású higanygőzlámpa)



nagynyomású higanygőzlámpa



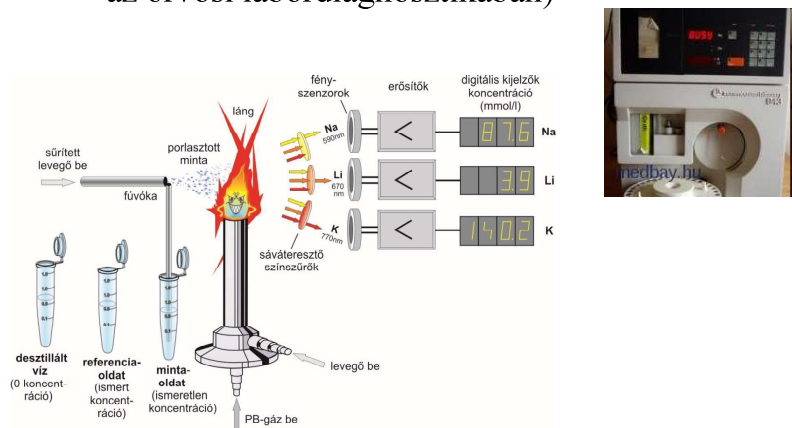
nátriumlámpa



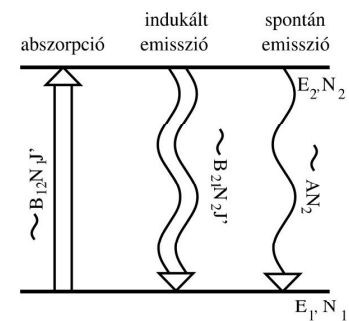
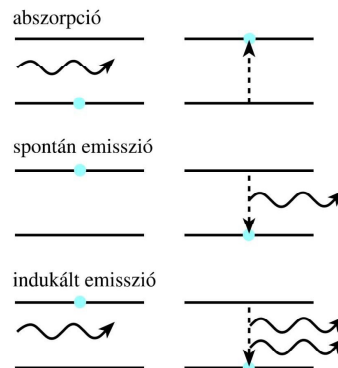
Fénycső



Lángfotométer (a lumineszcencia alkalmazása az orvosi labordiagnostikában)

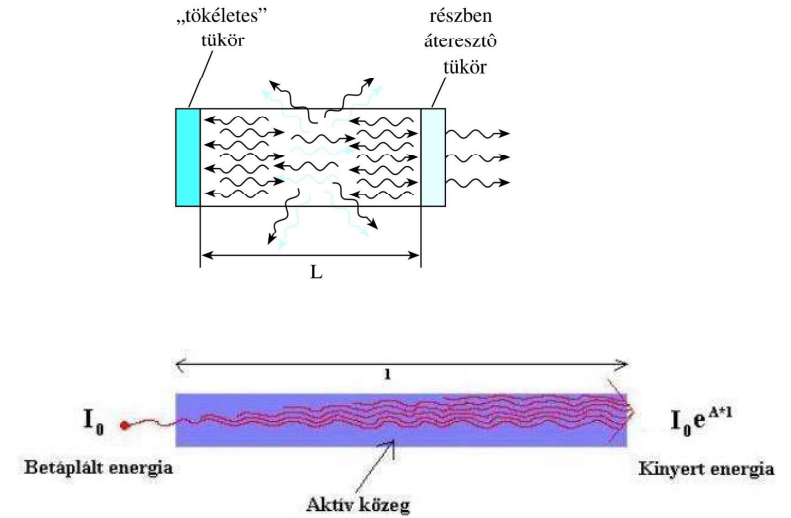
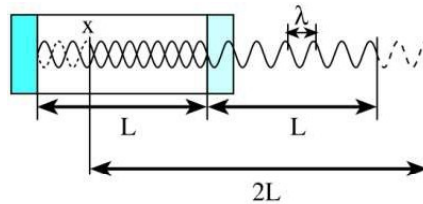
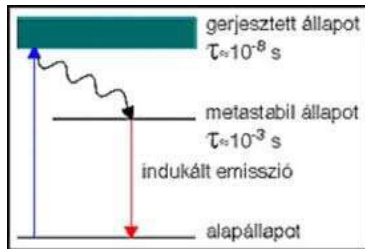


Lézer (laser = light amplification by stimulated emission of radiation)
Indukált emisszió alapuló és ebből adódóan különleges tulajdonságokkal rendelkező fényt kibocsátó fényforrás.



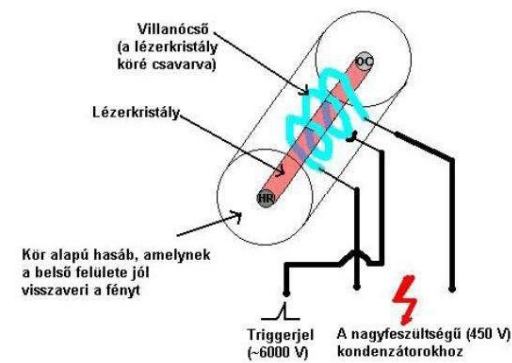
Szükséges feltételek:

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

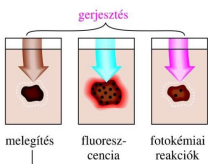


Leggyakoribb lézerek az orvosi gyakorlatban

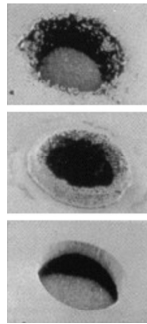
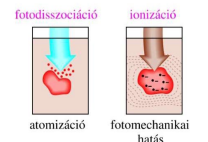
Típus	λ nm	folytonos	impulzus	alkalmazás
Széndioxid	10 600	20–100 W	10^9 W	sebészet
Nd:Yag	1064	50 W	10^8 W	sebészet
Argon	488 514	10 W	10^2 W	szemészet pumpálás



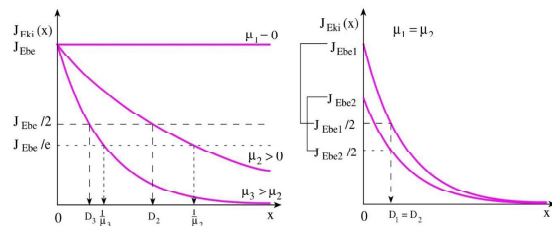
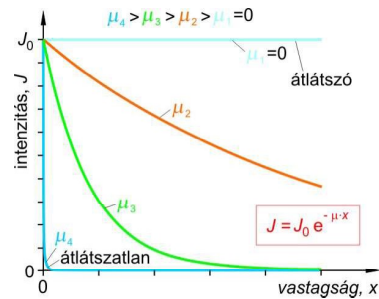
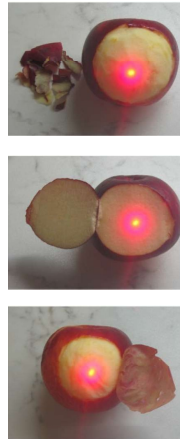
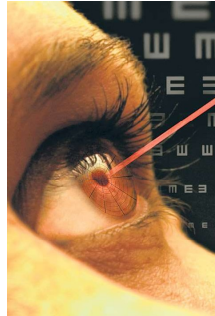
A lézerek orvosi alkalmazásai: sebészet (pl. CO₂, Nd-YAG)



lézertermia: ~40 °C
koaguláció: 60–90 °C
vaporizáció: 100–150 °C
karbonizáció: 300 °C fölött



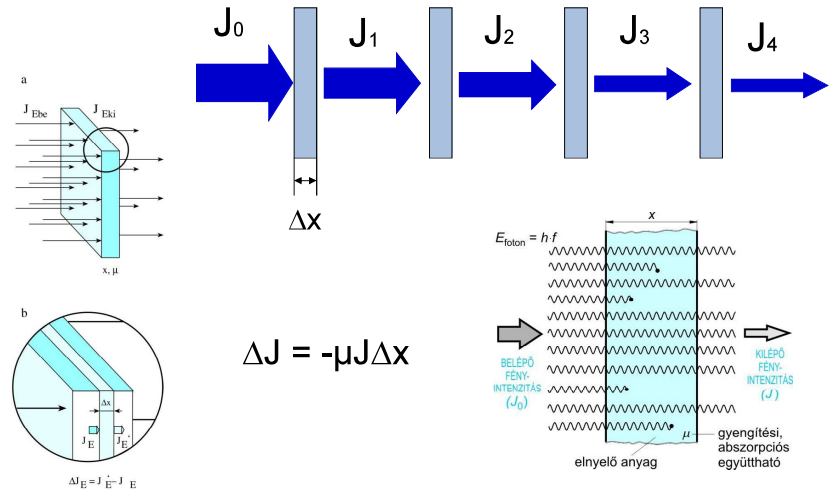
Szemészet (pl. Ar, excimer)
zöldhályog, retinaleválás kezelése
fénytörési hibák korrekciója



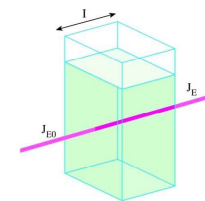
$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

Fényabszorpció (elnyelés)

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

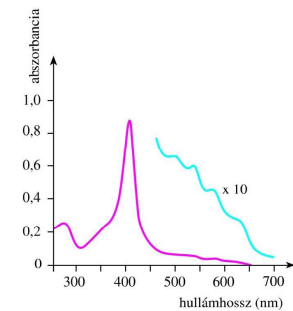


Abszorpciós spektrum

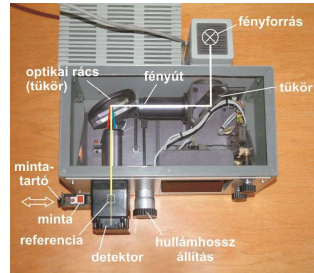
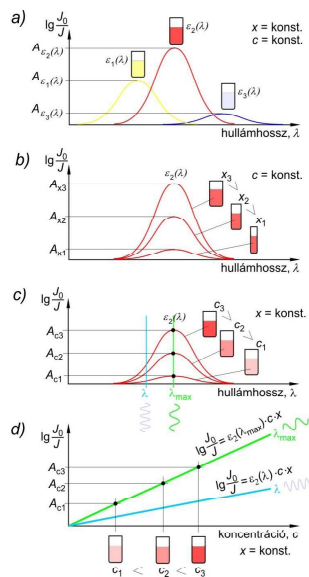


$$\lg (J_0/J) = \varepsilon(\lambda)cx$$

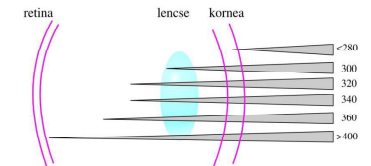
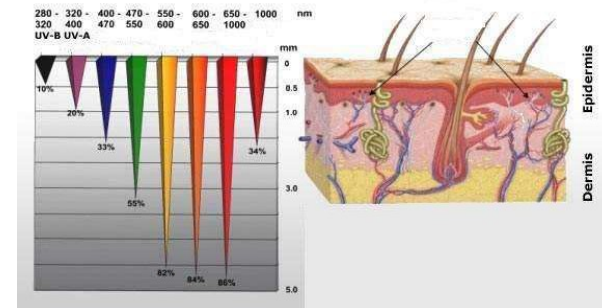
$\lg (J_0/J)$: extinkció, abszorbancia,
optikai densitás
 $\varepsilon(\lambda)$: moláris extinkciós együttható
(hullámhossztól függ)
c: koncentráció
x: rétegvastagság



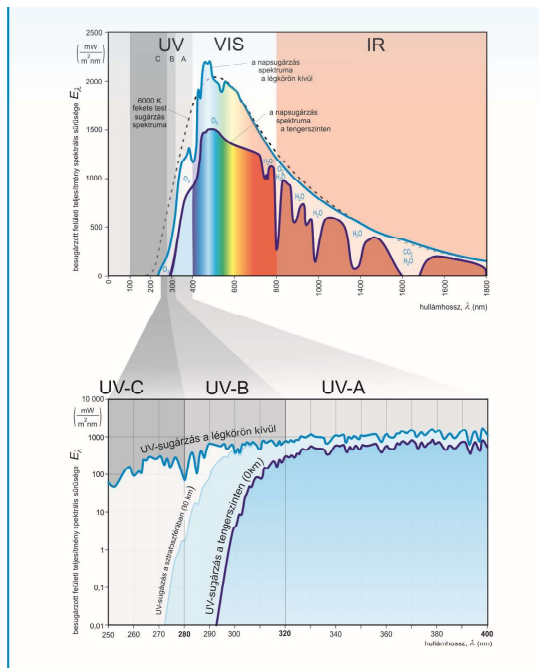
A maximumhoz tartozó hullámhosszból az anyagi minőségre, az elnyelés (abszorbancia) mértékéből a koncentrációra lehet következtetni.



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

Exogén kromofórok

pl. nukleinsavak

pl. ételfestékek

fehérjék

kozmetikumok

melanin

gyógyszerek

Fényérzékenységet fokozó anyagok

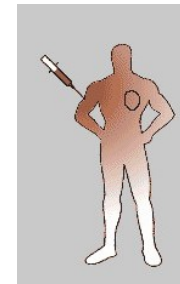
Gyógyszerek

- 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)

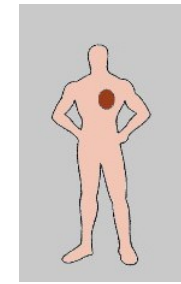
Élelmiszerek

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

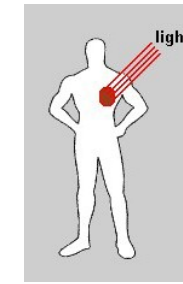
Fotodinamikus terápia (PDT)



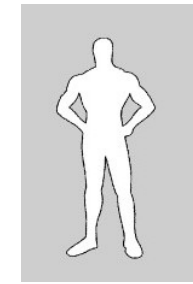
Fényérzékenyítő bejuttatása



A fényérzékenyítő felhalmozódása a daganatban

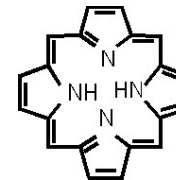
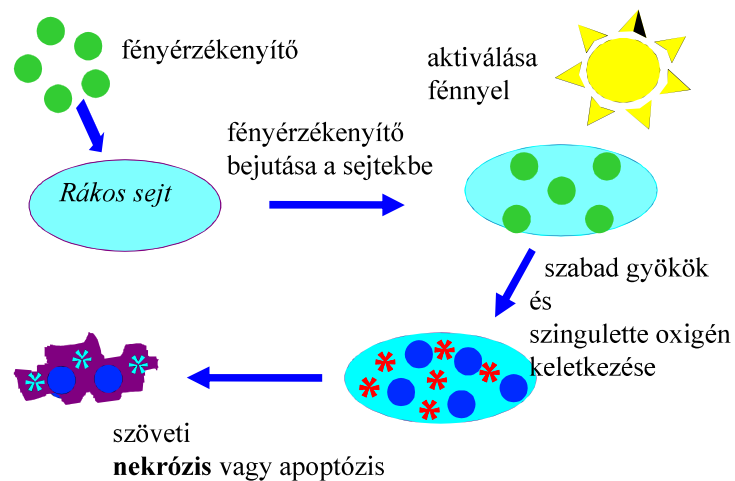


Besugárzás látható fénnel

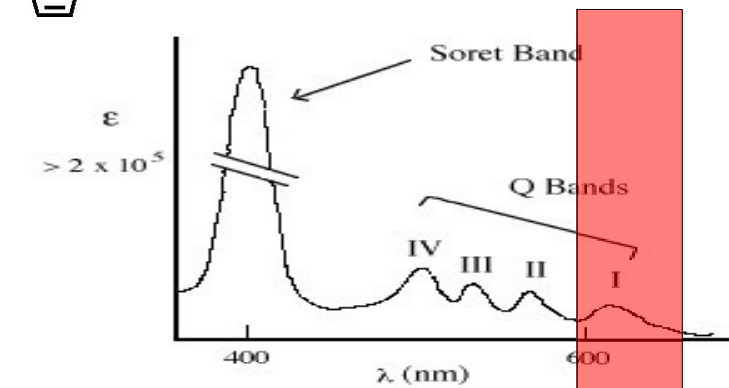


Szelektív tumordestrukció

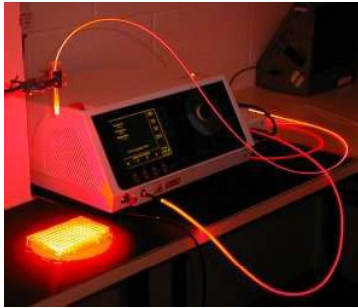
A PDT hatásmechanizmusa (2)



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

légtüri 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.