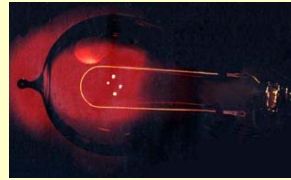


A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

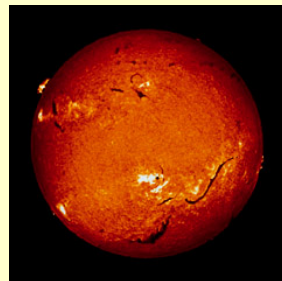


Hőmérsékleti sugárzás

- Tapasztalat: a forró testek



látható fényt
bocsátanak ki

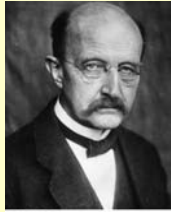


Hőmérsékleti sugárzás

*Környezetének hőfokától függetlenül **minden test minden,**
abszolút nulla foktól különböző **hőmérsékleten**
elektromágneses sugárzást bocsát ki.*

Forrása: rezgő töltés – „oszcillátor”

A rezgési energia kvantált természetű,
csak meghatározott értékkel változhat.



Planck (1900)

$$E = hf$$

f : az oszcillátor frekvenciája

h : Planck-állandó

A rezgési energia változása
elektromágneses sugárzás elnyelésével
illetve kibocsátásával jár.

Kirchhoff megfigyelése: testre jellemző **abszorpciós tényező**

$$\alpha = \frac{E_{absz}}{E_{össz}}$$

hullámhosszról hullámhosszra változhat

Abszolút fekete test: minden rá eső energiát elnyel

$$\alpha = 1$$

Kirchhoff megfigyelése: ha egy test „erősebben” sugároz, akkor
jobban el is nyel

M : kisugárzott felületi
teljesítmény [W/m^2]

$$\frac{M_{\lambda i}}{M_{\lambda j}} = \frac{\alpha_{\lambda i}}{\alpha_{\lambda j}}$$

i : tetszőleges test
 j : abszolút fekete test

$$\alpha_{\lambda j} = 1$$

$$\alpha_{\lambda i} < 1$$

$$M_i < M_{\lambda(\text{fekete})}$$

Az abszolút fekete test által kisugárzott felületi teljesítmény a legnagyobb

$$\alpha_{\lambda(\text{fekete})} = 1$$

$$\alpha_{\lambda j} < 1$$

$$M_{\lambda j} < M_{\lambda(\text{fekete})}$$

Az abszolút fekete test kisugárzott felületi teljesítménye a legnagyobb

Az emberi test kb. 95%-os fekete testnek tekinthető

A hőmérsékleti sugárzás emissziós spektruma

- a spektrum folytonos

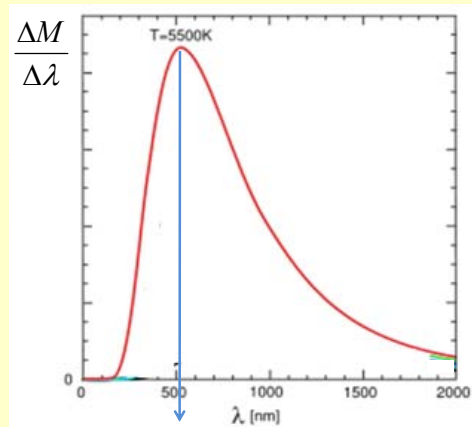
- egy maximuma van :

$$\lambda_{\max}$$

- a görbe alatti terület:

$$M = \sigma T^4$$

Összes kisugárzott felületi teljesítmény



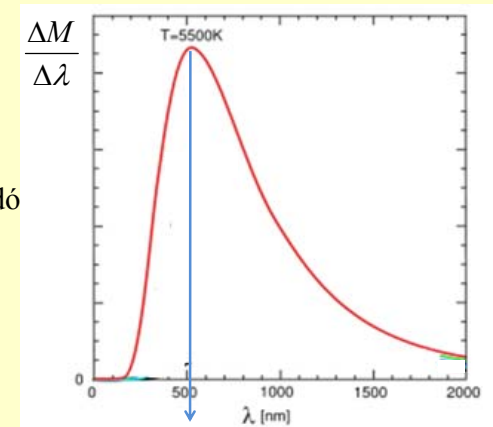
λ_{\max}

Stefan – Boltzmann törvény

$$M_{\text{fekete}(T)} = \sigma T^4$$

Stefan – Boltzmann -állandó

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$$



λ_{\max}

A hőmérsékleti sugárzás szerepe a hőleadásban

$$\Delta M = \sigma(T_{\text{test}}^4 - T_{\text{környezet}}^4)$$

Befolyásolja a sugárzó test

-hőmérséklete

-felszínének területe

-a környezet/a környező tárgyak hőmérséklete

Betekintés a hőszabályozásba

Hőtermelés + hőfelvétel = hőleadás

A szervezet hőszabályozástól független hőtermelése:
alapanyagcsere
izommunka
szekréció
stb

Csak a hőszabályozás érdekében termelt + hő

Sugárzás

Vezetés

Áramlás

Nem szabályozható

Sugárzás

Vezetés

Áramlás

Párolgás

Betekintés a hőszabályozásba

Hőtermelés + hőfelvétel = hőleadás



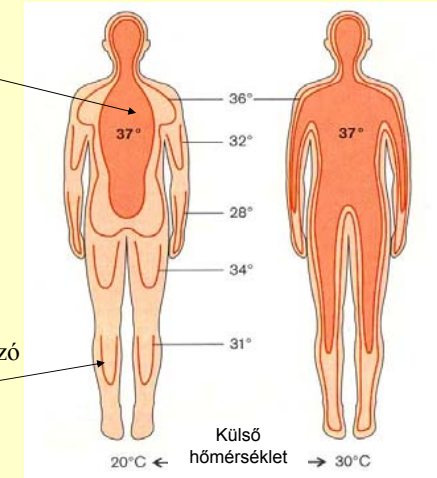
Maghőmérséklet \leftrightarrow környék hőmérséklet

Maghőmérséklet : 37°C

agy, szív/mellkas, hasüreg

Környék hőmérséklet: változó

bőr, bőr alatti kötőszövet,
végtagok...



Milyen kihívások lehetnek a szabályozás számára?

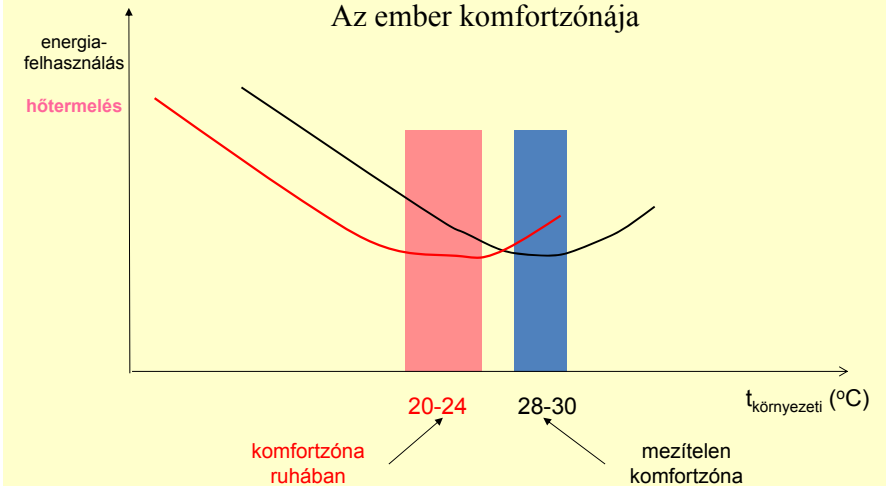
1/ A környezeti hőmérséklet az **optimálisnál** alacsonyabb

2/ A környezeti hőmérséklet az **optimálisnál** magasabb

optimális : komfort hőmérsékleti zóna

nincs szükség extra energiára
sem a testhőmérséklet emeléséhez,
sem csökkentéséhez

Az ember komfortzónája



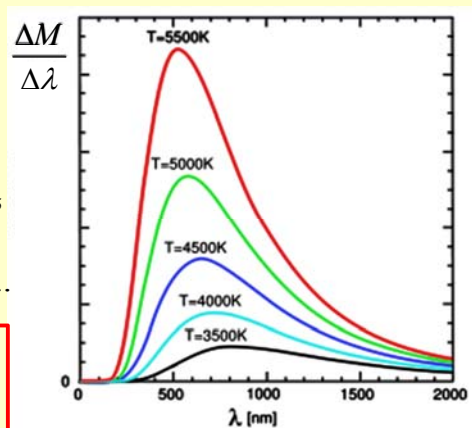
Az emissziós spektrum változása a test hőmérsékletével

$$T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5$$

$$M_1 > M_2 > M_3 > M_4 > M_5$$

$$\lambda_{\max 1} < \lambda_{\max 2} < \lambda_{\max 3} < \dots$$

$$T \times \lambda_{\max} = \text{állandó}$$



Wien-féle eltolódási törvény

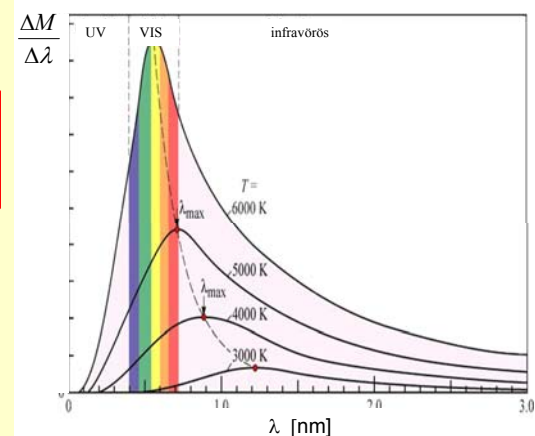
$$T \times \lambda_{\max} = k$$

$$k = 2.898 \times 10^6 [\text{nm} \times \text{K}]$$

$$T_{\text{köpeny}} \approx 305 [\text{K}]$$

$$\lambda_{\max} \approx 9500 [\text{nm}]$$

700 K testhőmérséklet alatt a sugárzás nem látható



Alkalmazások

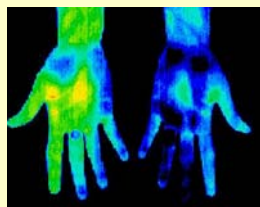
1. Hőmérsékleti sugárzás detektálása teletermográfia - infradiagnosztika

A köpeny hőtérképe – daganatok, gyulladások,
érszűkületek diagnosztikája

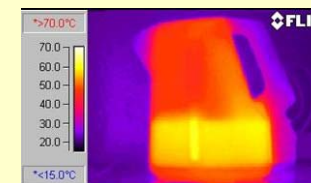
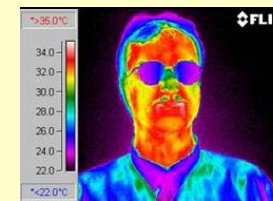
Wien-féle eltolódás alapján az emberi test spektrumának
maximuma

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{2.898 \times 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm}}{305 \text{ K}} = 9500 \text{ nm}$$

Emberi hőtérképek készítésében alkalmazott készülékek érzékenységi
maximuma: **7-14 microméter**

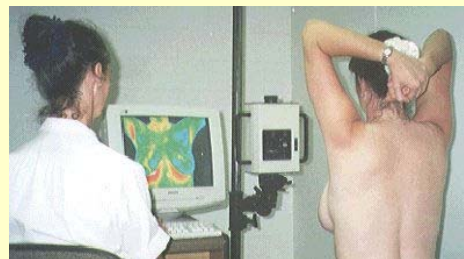
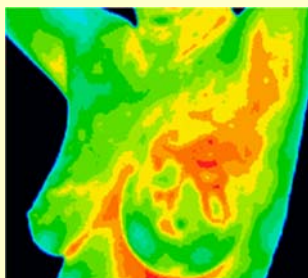


Normal és infrakamerával készült felvételek



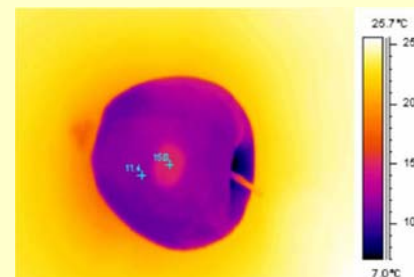
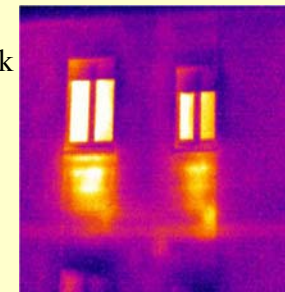
A termográfia alkalmazásának szakterületei:

sportegészségügy
reumatológia
emlőrák diagnosztika
fogászat
neurológia



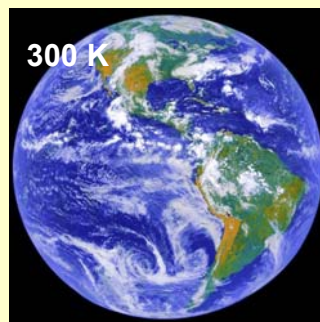
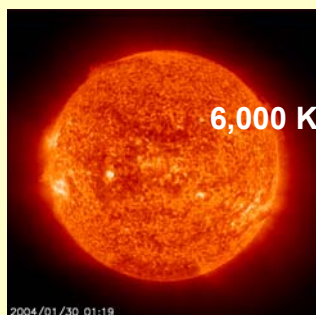
Nem orvosi célú felhasználási területek

Szigeteléstechika



Élelmiszeripar

Csillagászat



	T (K)	λ_{\max} (μm)	Spektrum- tartomány	M (W/m ²)
Nap	6000	0.5	VIS	7×10^7
Föld	300	10	infravörös	460

Alkalmazások

2. Hőmérsékleti sugárzó fényforrások



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

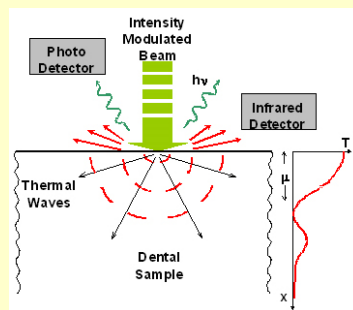
kb 50-100 lux,

tűző napsütés kb 10^5 lux)

Kezelési idő: 10 – 15 perc / nap



Photothermal detection of dental caries



Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2.2

2.2.1

2.2.2

2.2.6

Fényemisszió formái

- Hőmérsékleti (feketetest) sugárzás
- Lumineszcencia
- Lézer

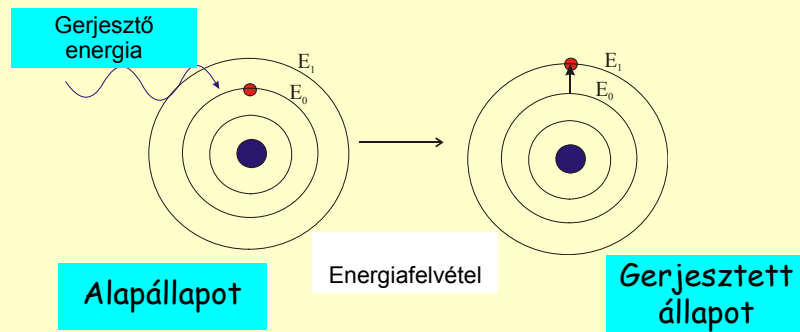
Lumineszcencia

Ismétlés

- Az atomban az elektronok energiaállapotai kvantáltak
- A lehetséges legalacsonyabb energiájú állapotot töltik be
- Pauli-féle tilalmi elv

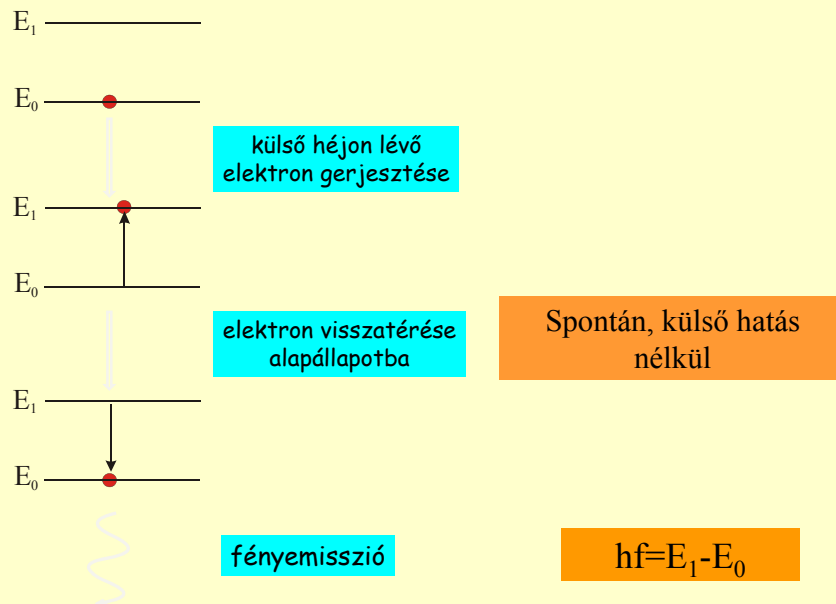


Tekintsünk egy atomot



Gerjesztés sokféleképpen lehetséges

- (fény) foton elnyelése: *fotolumineszcencia*
- kémiai reakció energiája: *kemo/bio-lumineszcencia*
- ütközés elektromos térrel gyorsított töltésekkel:
elektrolumineszcencia
- mechanikai deformáció: *tribolumineszcencia*
- hőközlés: *termolumineszcencia*

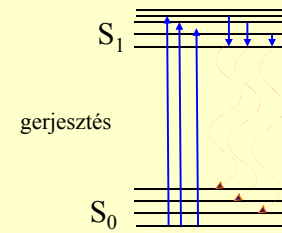
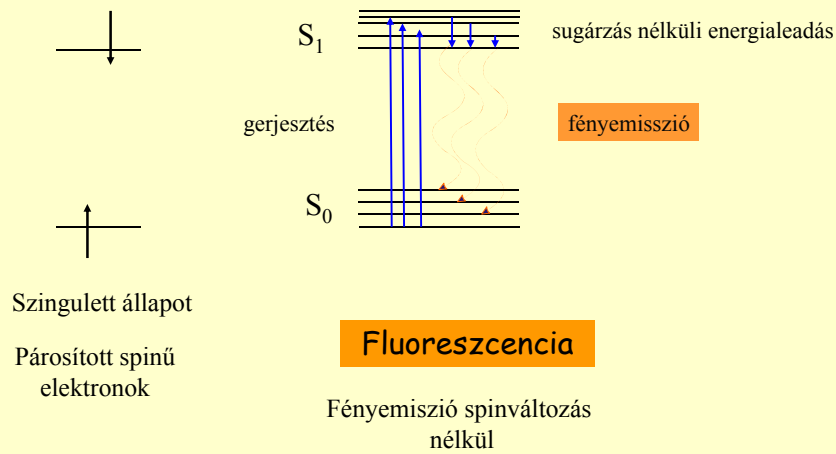


Lumineszcencia: spontán fényemisszió gerjesztett elektron energiájának a rovására

Lépései:

- külső héjon lévő elektron gerjesztése
- elektron spontán visszatérése alapállapotba

Tekintsük az atomok sokaságát kölcsönhatásban egymással és a környezetükkel



Kasha-szabály:

a fényemisszió a legalsó gerjesztett elektronállapot legalsó rezgési nívójáról történik

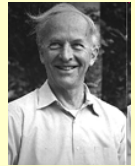
$$E_{\text{gerjesztés}} \geq E_{\text{fluoreszcencia}}$$

$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}}$$

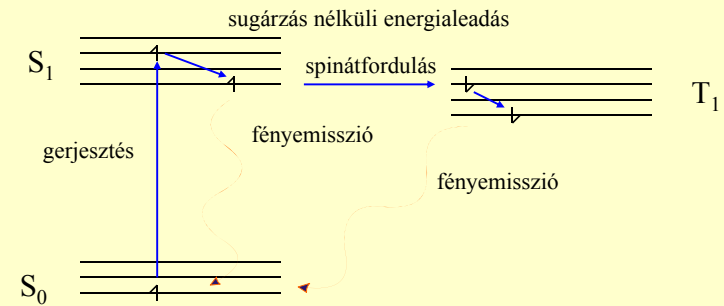
Fluoreszcencia

Fényemisszió spinváltozás nélkül

Stokes-eltolódás



Emittált foton energiájának jellemzése



Fluoreszcencia

Foszforeszcencia

Stokes-eltolódás

$$E_{\text{gerjesztés}} \geq E_{\text{fluoreszcencia}} > E_{\text{foszforeszcencia}}$$

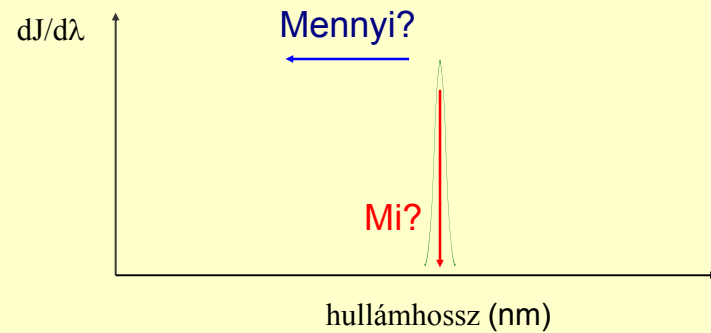
$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}} < \lambda_{\text{foszforeszcencia}}$$

Emisszió jellemzése

Emittált intenzitás hullámhossz szerinti eloszlása

Emissziós spektrum

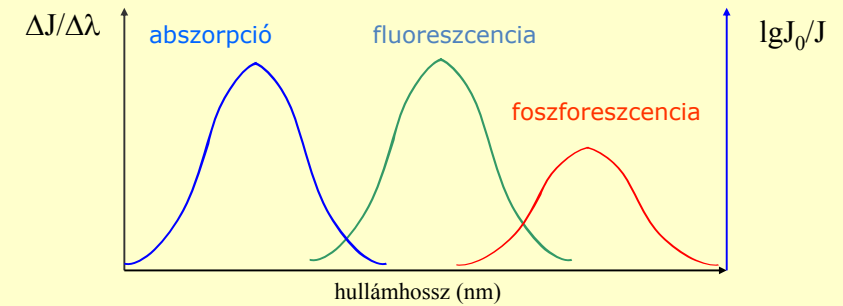
Atomok esetében: vonalas spektrum



Emittált intenzitás hullámhossz szerinti eloszlása

Emissziós spektrum

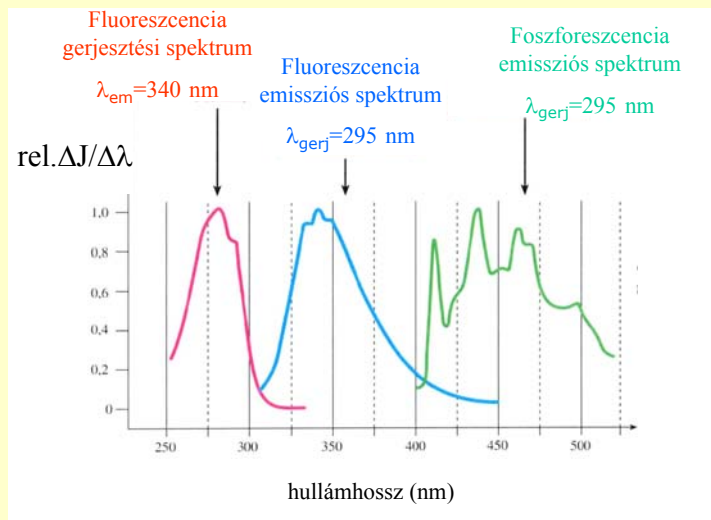
Molekulák esetében: sávos spektrum



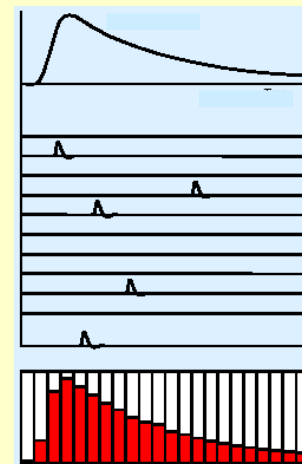
$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}} < \lambda_{\text{foszforeszcencia}}$$

Stokes-eltolódás

Pl.: A triptofán megfelelő spektrumai



Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése



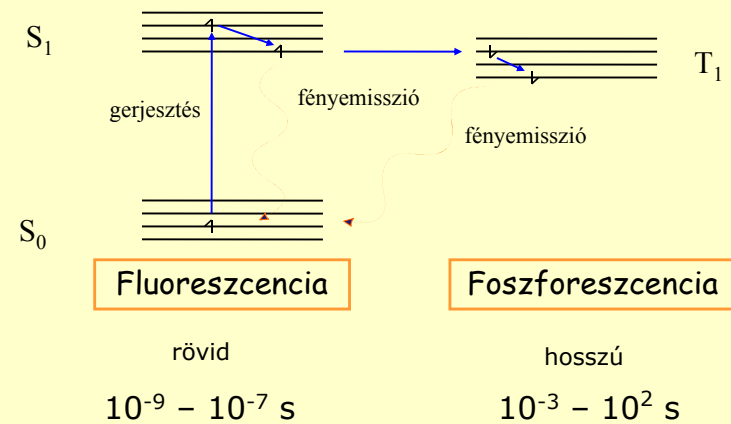
Időkorrelált egyfoton-számlálás

A fluoreszcencia intenzitásának folyamatos mérése helyett a gerjesztő és a detektált impulzus közötti időt mérjük, nagyon sok mérés statisztikája adja a fluoreszcencia lecsengési görbét.

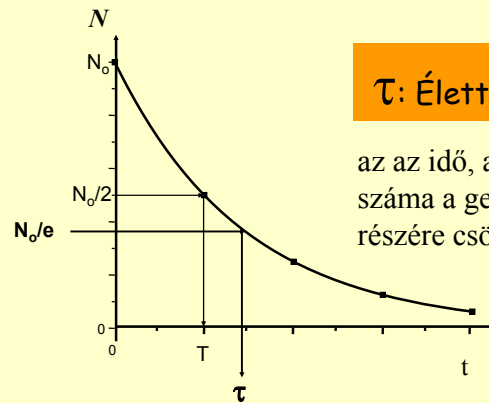
Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése

Élettartam

az az idő, ami alatt a gerjesztett elektronok száma a gerjesztés megszűnése után e -ed részére csökken



Gerjesztett elektronok száma $\rightarrow N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ - Exponenciális lecsengés



τ : Élettartam

az az idő, ami alatt a gerjesztett elektronok száma a gerjesztés megszűnése után e -ed részére csökken

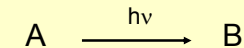
Minden gerjesztést fényemisszió követ?

Környezetükkel kölcsönhatásban levő molekulák (oldatban, sejtekben, szövetekben) elektronjai igen ritkán adják le *fononemisszióval* a gerjesztéskor felvett energiájukat.

Sokkal valószínűbb, hogy az energialeadás sugárzás nélkül, vagyis hő keltésével vagy kémiai reakciók útján történik.

Minden gerjesztést fényemisszió követ?

Kvantumhatásfok



az egy "B" keletkezéséhez szükséges elnyelt fotonok számának a reciproka

Fluoreszcencia kvantumhatásfoka (Q_F)

A fluoreszcencia során emittált és elnyelt fotonok hányadosa.

$$Q_F \leq 1$$

A lumineszcencia fajtái

fluoreszcencia

foszforeszcencia

Jellemzésük

emissziós spektrum

típusa

maximumának helye

alakja

amplitúdója

élettartam

kvantumhatásfok

A lumineszcencia alkalmazási területei

fényforrások (világítás, sterilizálás, szolárium,
terápiás alkalmazások, stb.)

koncentráció meghatározása (pl. lángfotométer)

lumineszcencia spektroszkópia

lumineszcencia mikroszkópia

diagnosztika

dózismérés (lásd majd dozimetria)

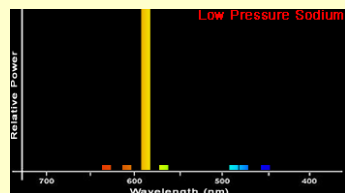
régészeti kormeghatározás

belső építészet

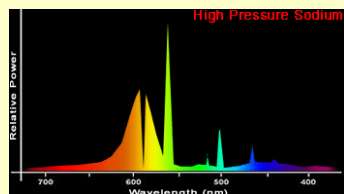
biztonságtechnika ...

Fényforrások

Fémgőz lámpák

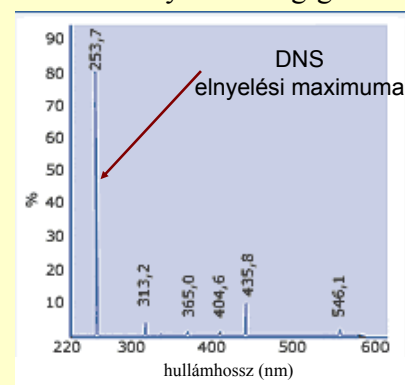


Kisnyomású Na-gőz lámpa
emissziós spektruma



Nagynyomású Na-gőz lámpa
emissziós spektruma

Kisnyomású Hg-gőz lámpa



emissziós
spektruma



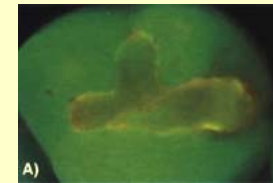
Sterilizálás
„germicid lámpa”



***Az orvosi diagnosztikában, és
kutatómunkában
elterjedten használnak
lumineszcencia módszereket***

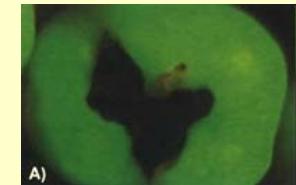
Intrinzik fluoreszcencia v. fluoreszcens jelzés

Példák a fogorvosi alkalmazásra



Piros fluoreszcencia a tömés
peremén jelzi a tökéletlen
illeszkedést és a megtelepedő
baktériumokat

Amalgám tömés elégtelen
illeszkedése

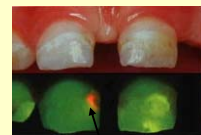


Egészséges és malignus
szövetek eltérő fluoreszcens
tulajdonságai



Fog felszíne
natív állapotban és fluoreszcens festés után

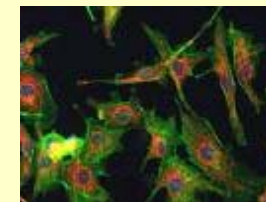
Téjfogak felszíne
natív állapotban és fluoreszcens
festés után



Aktív caries

Kezdődő
caries

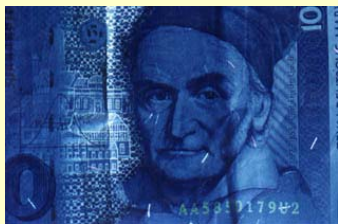
Lumineszcencia mikroszkópi



Laboratóriumi alkalmazás számos területe



Sok egyéb...



Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2.2

2.2.4

2.2.6

VI.3.3

3.3.1

3.3.2 –ből 411-413 oldal

3.3.3