

Elektromágneses sugárzások kölcsonhatása szövetekkel és szöveti komponensekkel I. **Lumineszcencia,** lézerek és orvosi **alkalmazások**

Jedlovsky-Hajdú Angéla
2020.10.19.

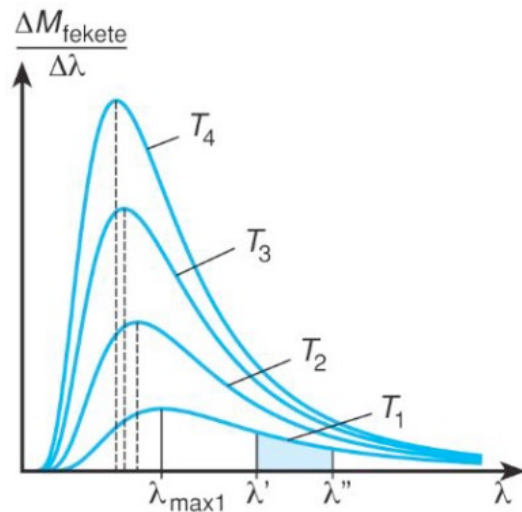
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet,
Nanokémiai Kutatócsoport

**Sós Dóra: csőszemű
részlet**

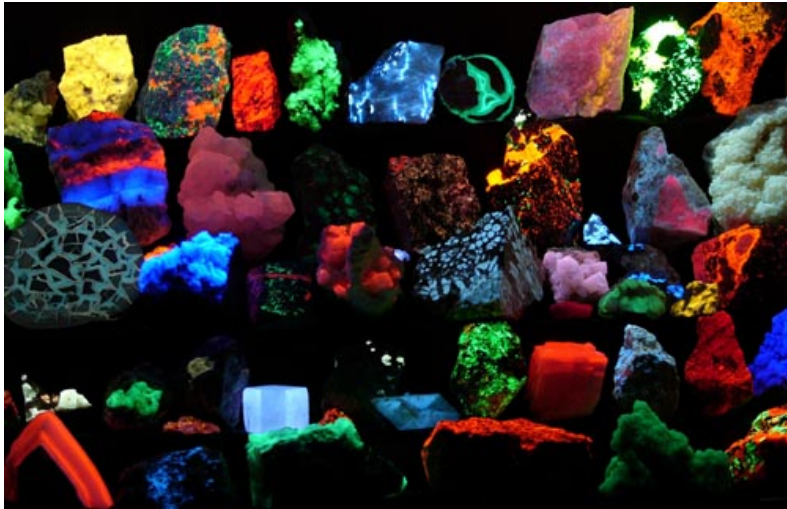
**biomatéria ének
a süket sötétben –
macropinna hólyagszeme a
mélybe tágul
édes **lumineszcencia**
a negatív test szoborillúziója –
a látható vázat fedő láthatatlan
palást**

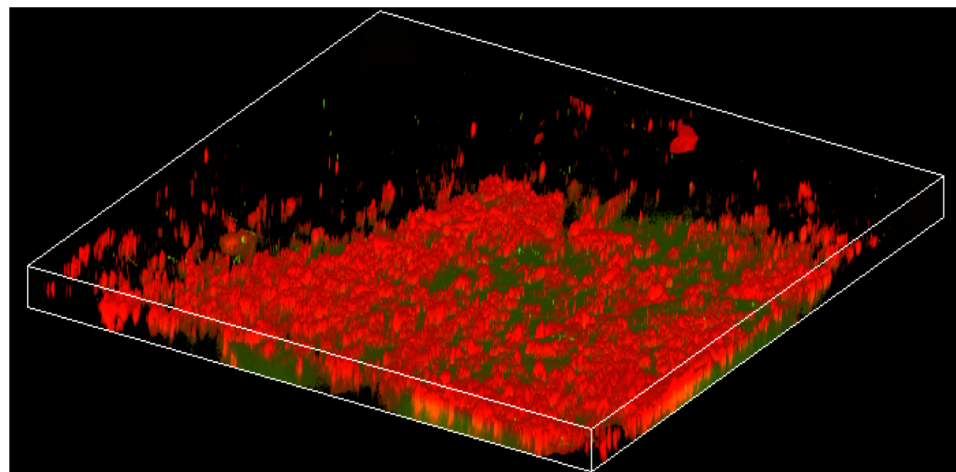
Fényemisszió formái

- Hőmérsékleti (feketetest) sugárzás
- Lumineszcencia
- Lézer



Lumineszcencia



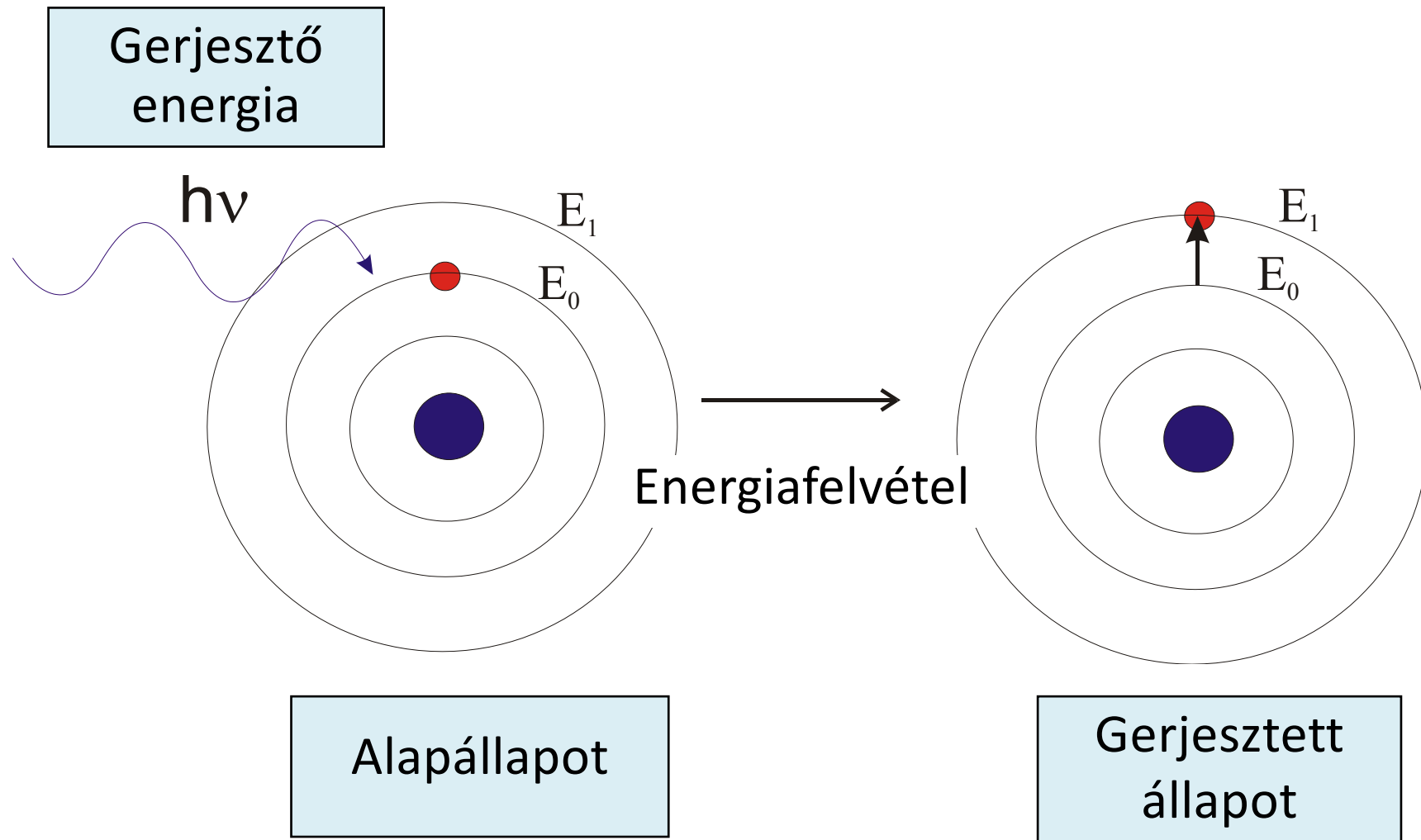


Ismétlés

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

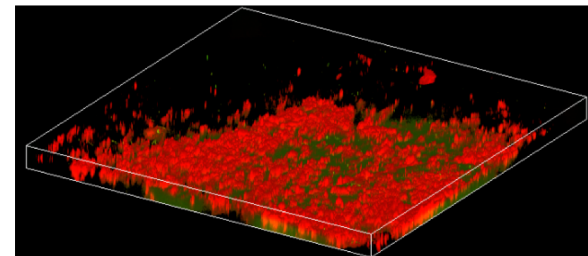
Egy atomon belül nem létezhet két olyan kötött elektron, amelynek mind a négy kvantumszáma megegyezik.

Tekintsünk egy atomot



Gerjesztés sokféleképpen lehetséges

-(fény) foton elnyelése: *fotolumineszcencia*



-kémiai reakció energiája: *kemo/bio-lumineszcencia*

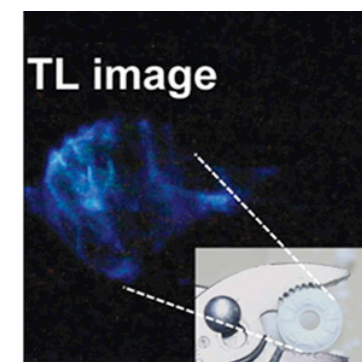


-ütközés elektromos térrel gyorsított töltésekkel: *elektrolumineszcencia*



-mechanikai deformáció: *tribolumineszcencia*

-hőközlés: *termolumineszcencia*



E_1

E_0

külső héjon lévő
elektron gerjesztése

E_1

E_0

elektron visszatérése
alapállapotba

Spontán, külső
hatás nélkül!!!!

E_1

E_0

fényemisszió

$$hf = E_1 - E_0$$

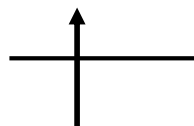
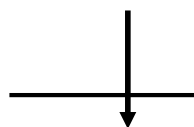
Lumineszcencia:

spontán fényemisszió gerjesztett elektron energiájának a
rovására

Lépései:

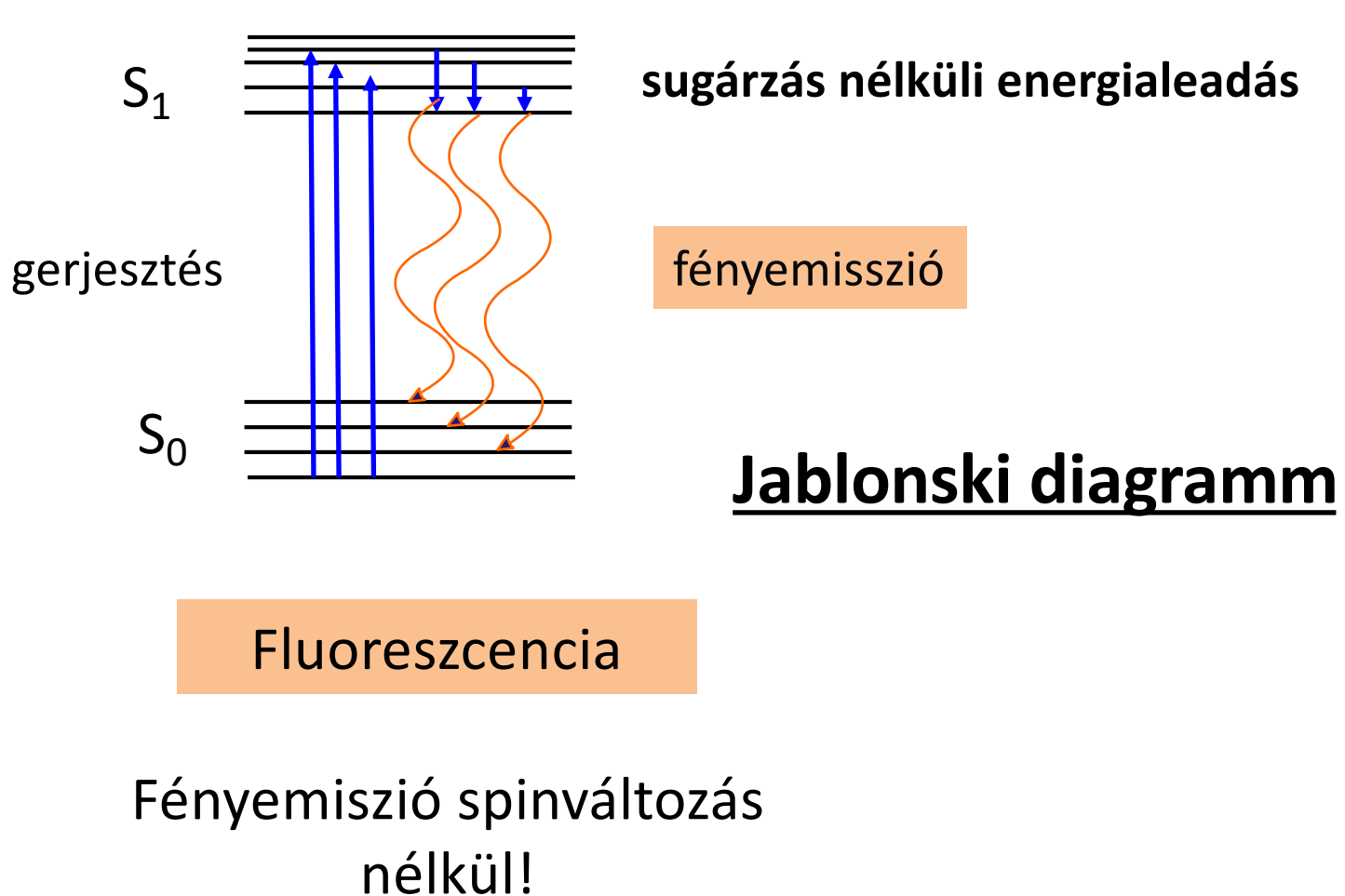
- külső héjon lévő elektron gerjesztése
- elektron spontán visszatérése alapállapotba

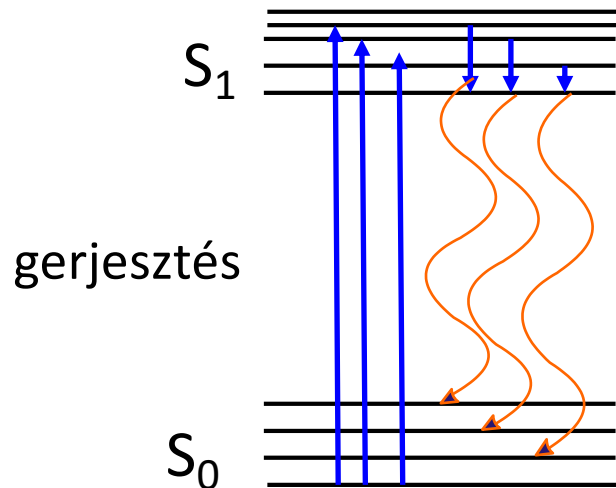
Tekintsük az atomok sokaságát kölcsönhatásban egymással és a környezetükkel



Szingulett állapot

Párosított spinű
elektronok





Fluoreszcencia

Fényemisszió spinváltás
nélkül

Kasha-szabály:

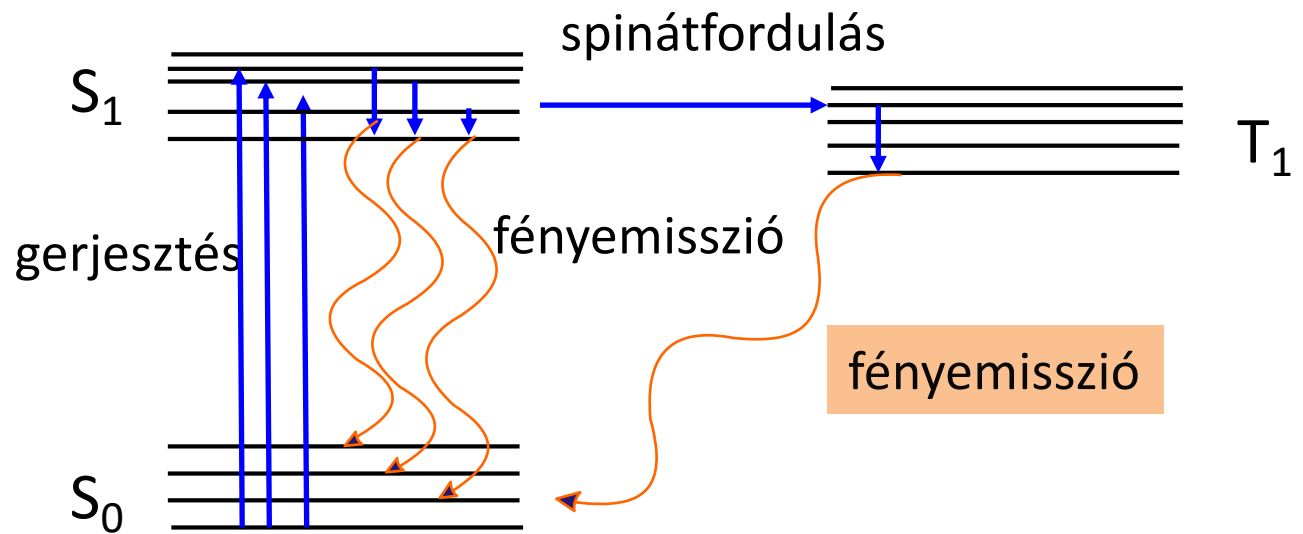
a fényemisszió a legalsó
gerjesztett elektronállapot
legalsó rezgési nívójáról történik

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

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

Stokes-eltolódás

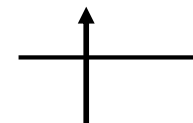
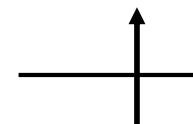




fényemisszió

Foszforeszcencia

Fényemisszió spinváltozás
után

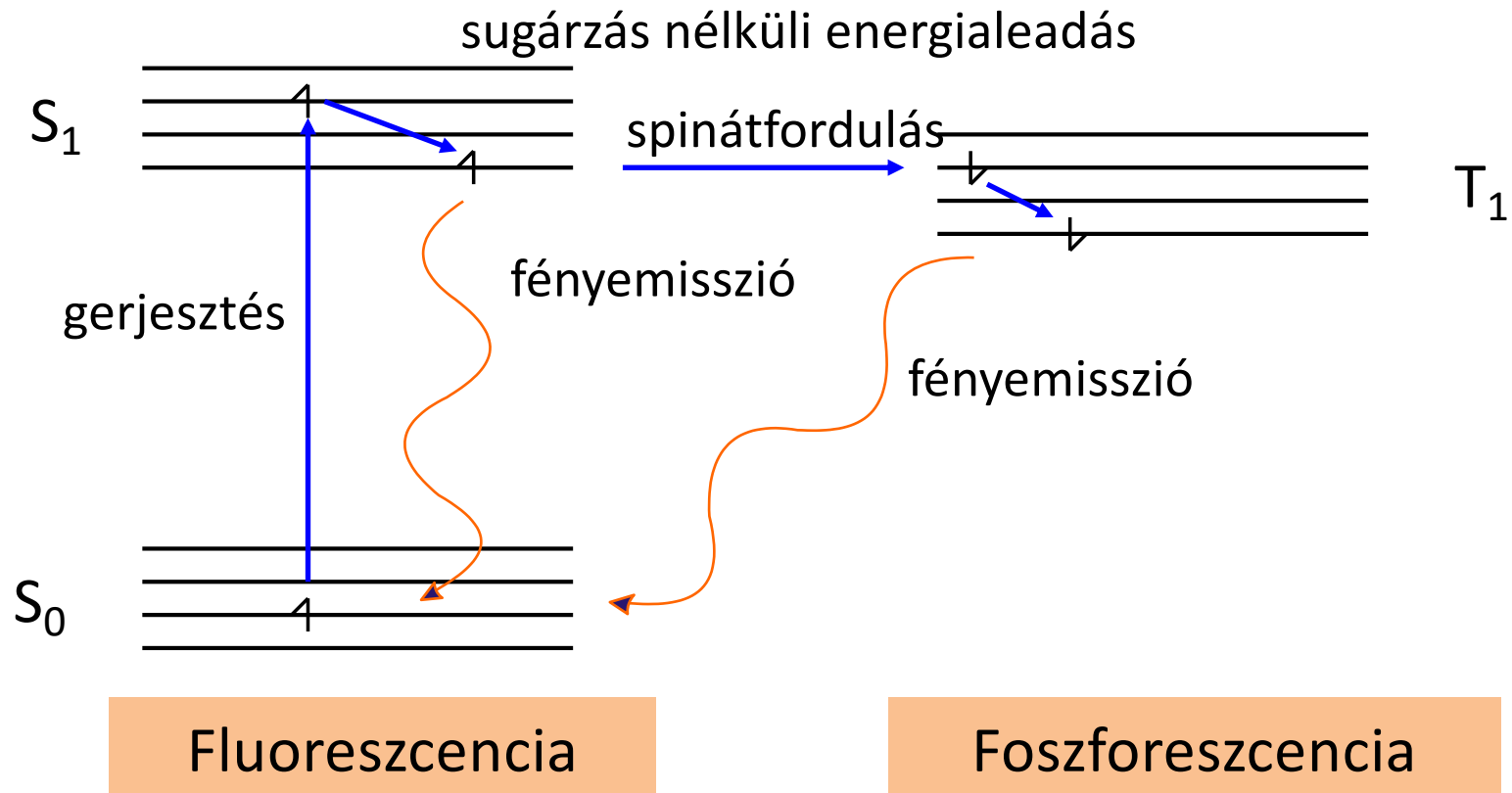


Triplett állapot

Párosítatlan
spinű elektronok

Metastabil állapot

Emittált foton energiájának jellemzése



Stokes-
eltolódás

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

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

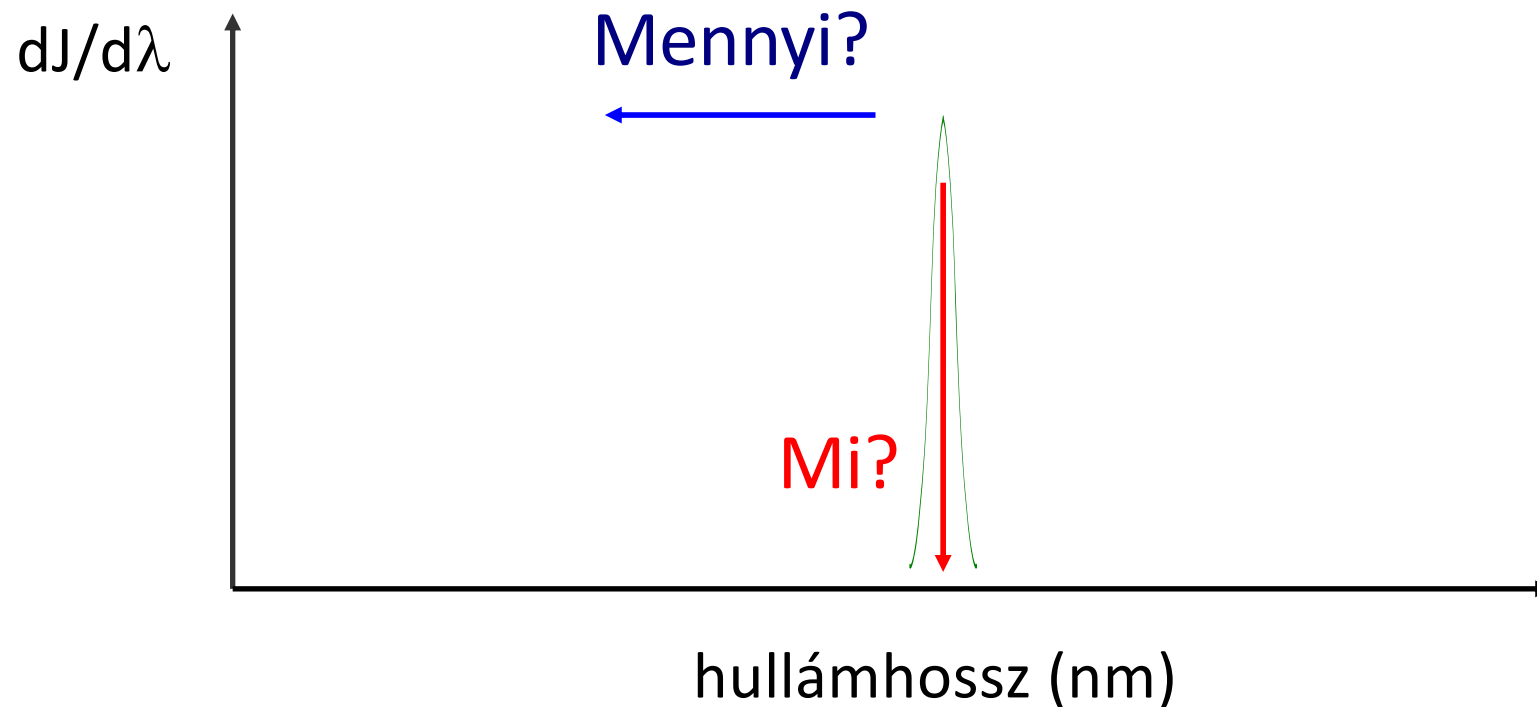
Emisszió jellemzése

Emittált intenzitás hullámhossz szerinti eloszlása

Emissziós spektrum

Atomok esetében:

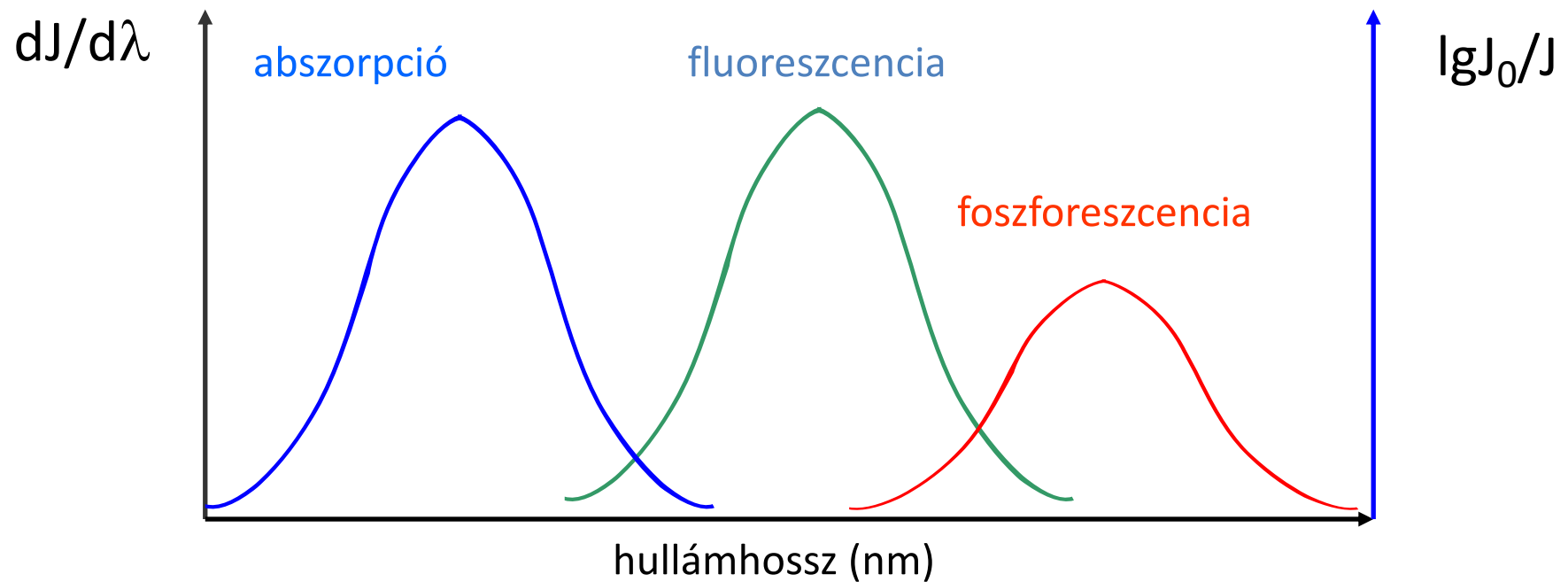
vonalas spektrum



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

Fluoreszcencia
gerjesztési spektrum

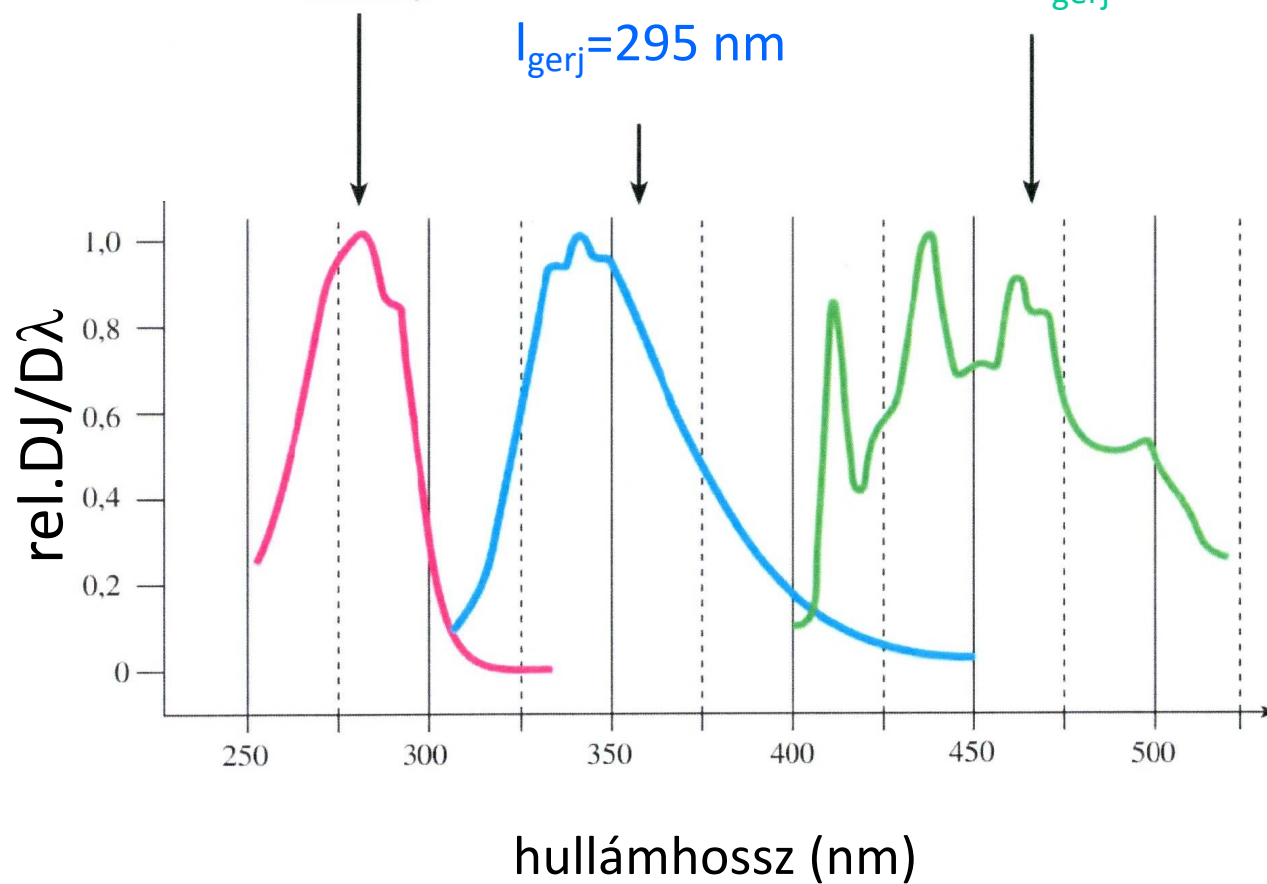
$\lambda_{em}=340\text{ nm}$

Fluoreszcencia
emissziós spektrum

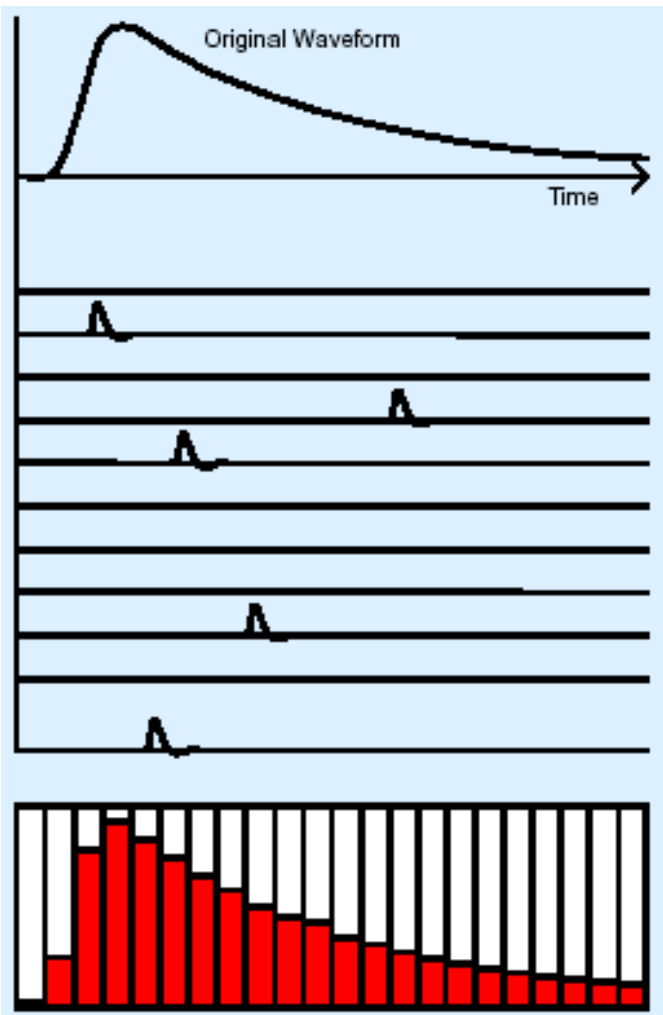
$\lambda_{gerj}=295\text{ nm}$

Foszforeszcencia
emissziós spektrum

$\lambda_{gerj}=295\text{ nm}$



Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése



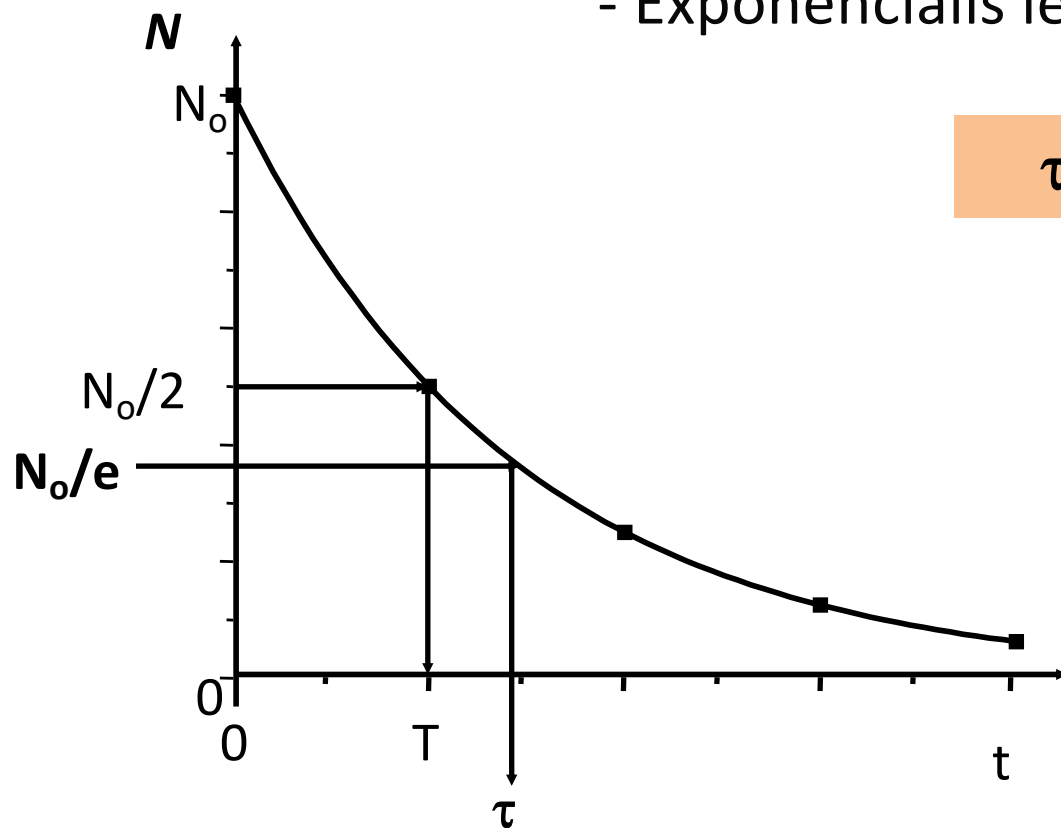
Időkorrelált egyfoton-számlálás

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 elektronok száma $\longrightarrow N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

- Exponenciális lecsengés

τ : Élettartam

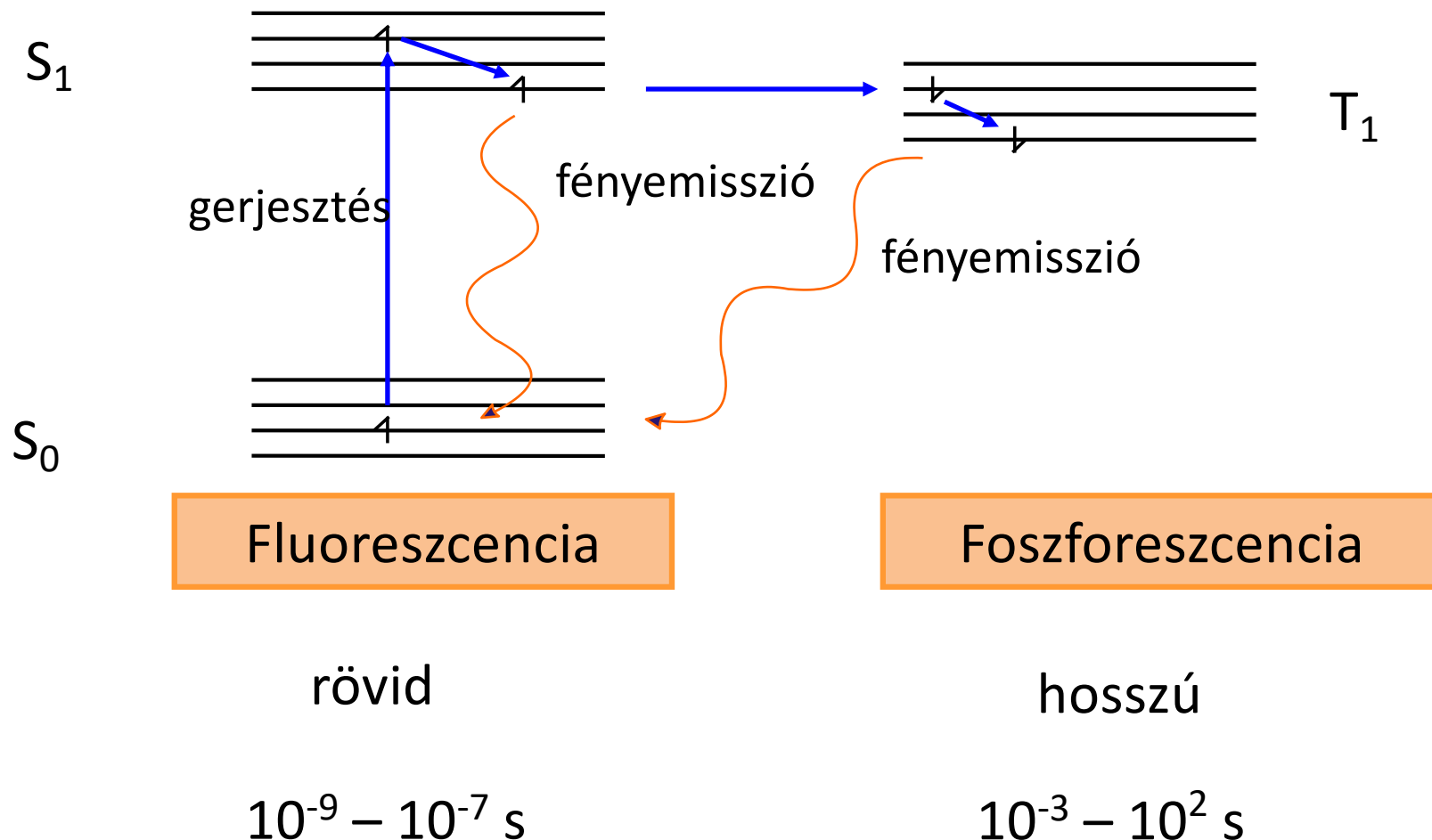


az az idő, ami alatt a gerjesztett elektronok száma a gerjesztés megszűnése után e -ed részére csökken

Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése

Élettartam

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

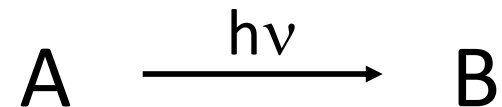


Minden gerjesztést fényemisszió követ?

- Környezetükkel kölcsönhatásban levő molekulák (oldatban, sejtekben, szövetekben) elektronjai igen ritkán adják le *fotonemisszióval* 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:

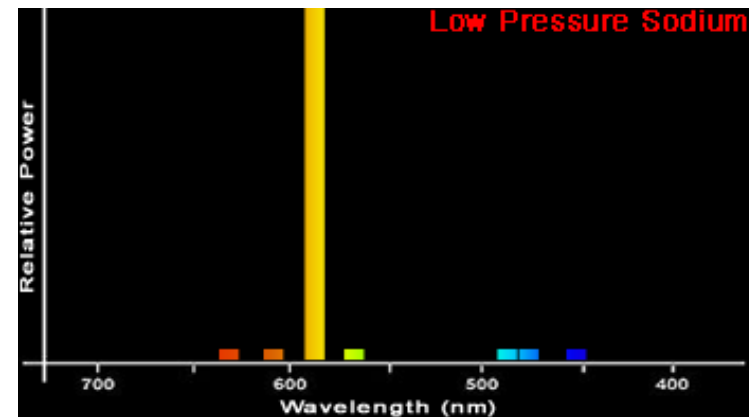
- emissziós spektrum:
 - típusa
 - maximumának helye
 - alakja
 - amplitúdója
- élettartam
- kvantumhatásfok

A lumineszcencia alkalmazási területei

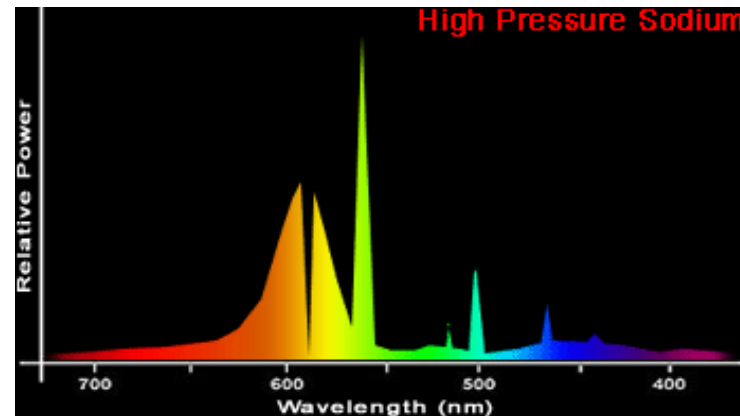
- fényforrások (világítás, sterilizálás, szolárium,
terápiás alkalmazások, stb.)
- koncentráció meghatározása (pl. lángfotométer)
- lumineszcencia spektroszkópia
- lumineszcencia mikroszkópia
- diagnosztika
- dózismérés (lásd majd dozimetria)
- régészeti kormeghatározás
- belső építészet
- biztonságtechnika ...

Fényforrások

Fémgőz lámpák

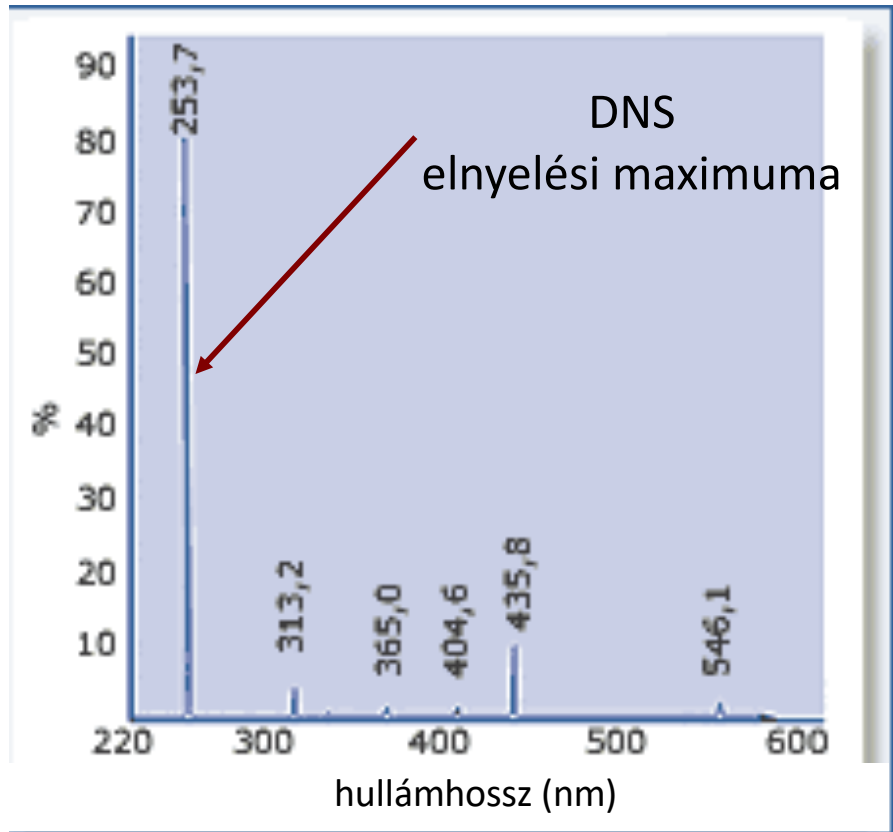


Kisnyomású Na-gőz lámpa
emissziós spektruma

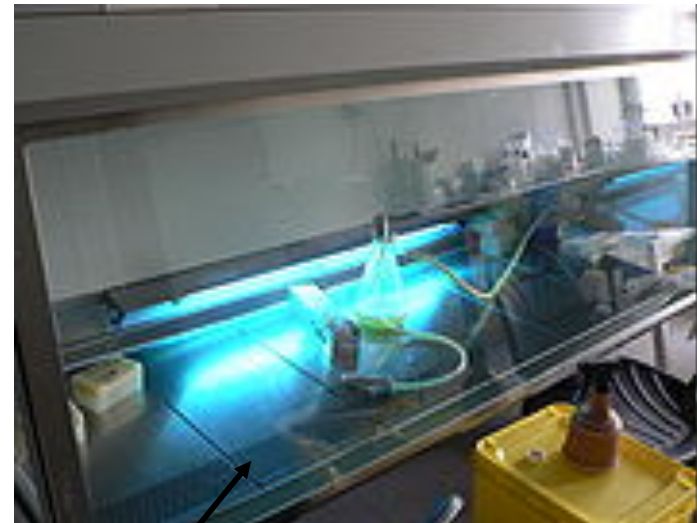


Nagynyomású Na-gőz lámpa
emissziós spektruma

Kisnyomású Hg-gőz lámpa



emissziós
spektruma



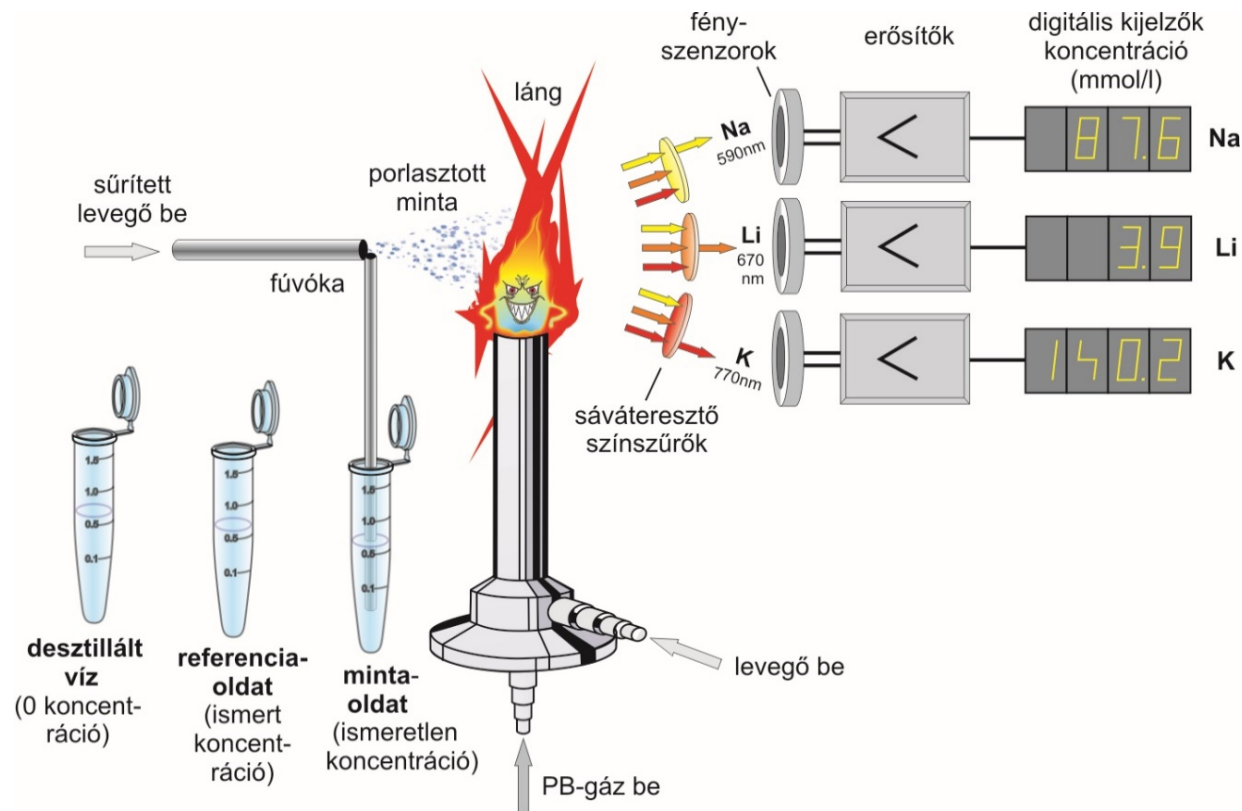
Sterilizálás
„germicid lámpa”



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

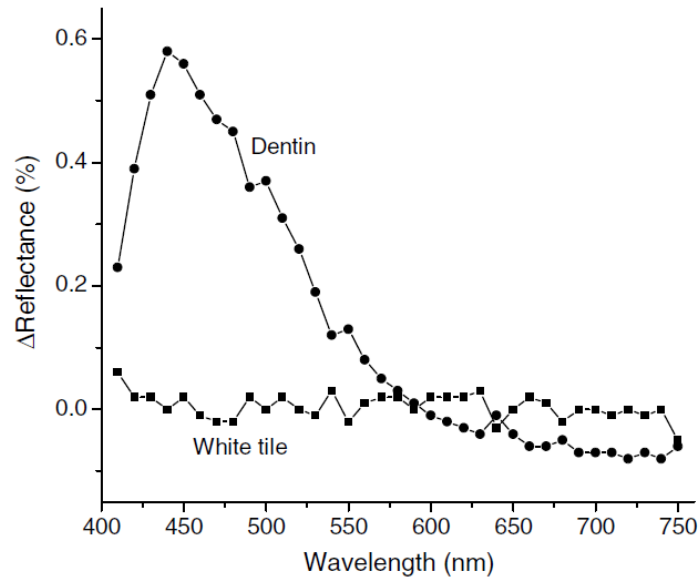
Intrinzik fluoreszcencia v. fluoreszcens jelzés

Lángfotométer

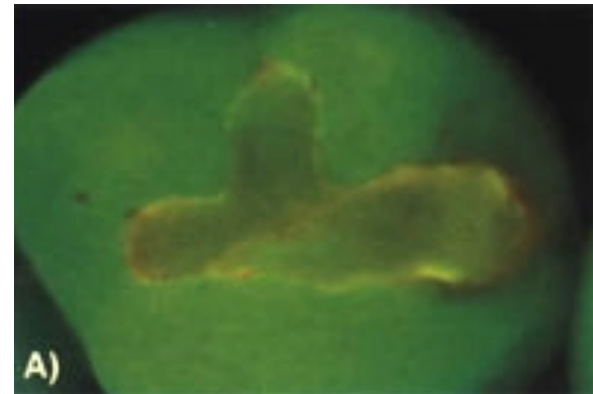


K^+ , Li^+ és Na^+ mennyiségi meghatározása

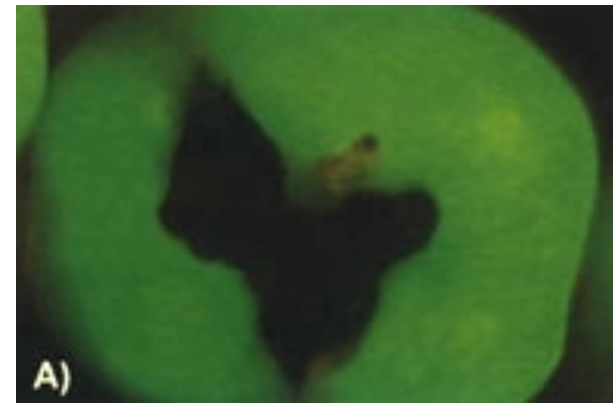
Példák a fogorvosi alkalmazásra



Lee, Journal of Biomedical Optics 20(4),
040901 (April 2015)



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



Amalgám tömés elégtelen
illeszkedése

0 – 14	No special measures.
15 – 20	Usual prophylactic measures.
21 – 30	More intensive prophylaxis or restoration: indication is dependent on: *Caries activity. *Caries risk. * Recall interval, etc.
from 30	Restoration and more intensive prophylaxis.

KaVo DIAGNOdent
- How it Functions

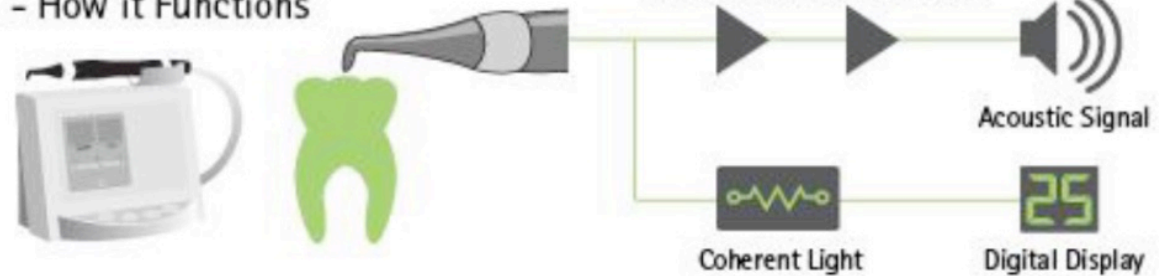
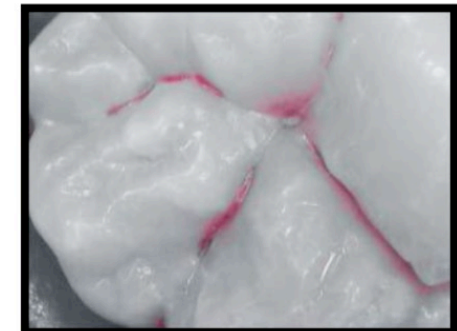


Figure (5) Spectra camera with spacer on (Kurtzman, 2010).

Table 2: Interpretation of Spectra data (Kurtzman, 2010).

Displayed Color	GREEN → BLUE → RED → ORANGE → YELLOW				
Displayed Number	1 —————→ 5				
Depth of Involvement	Sound Enamel	Initial Enamel Caries	Deep Enamel Caries	Initial Dentin Caries	Deep Dentin Caries



SOPROCARE. (A) Carious lesion invisible in DAYLIGHT mode. (B) Carious lesion visible in CARIO mode

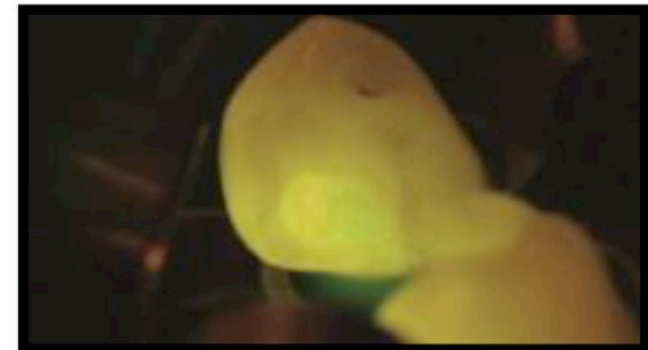
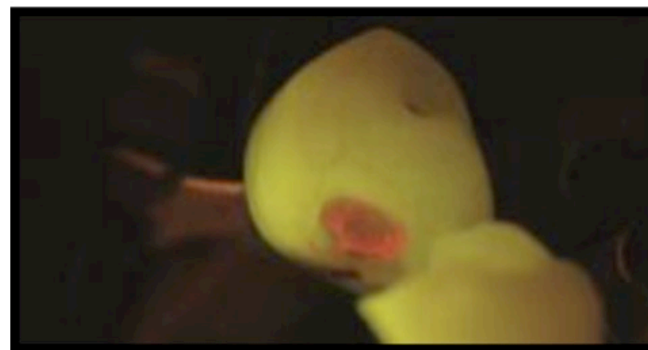
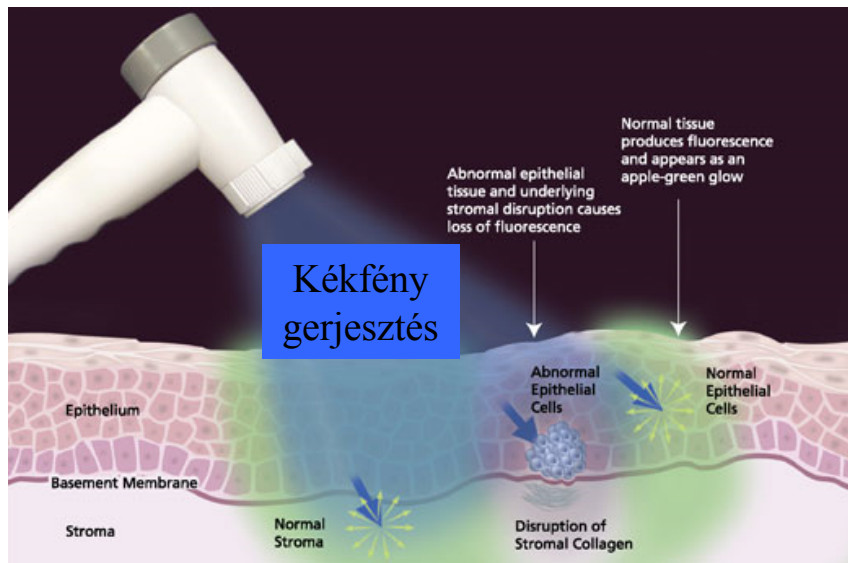
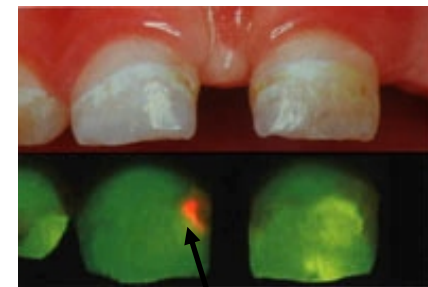


Figure (8) Photos showed cavity illumination with Facelight before and after caries excavation (21).

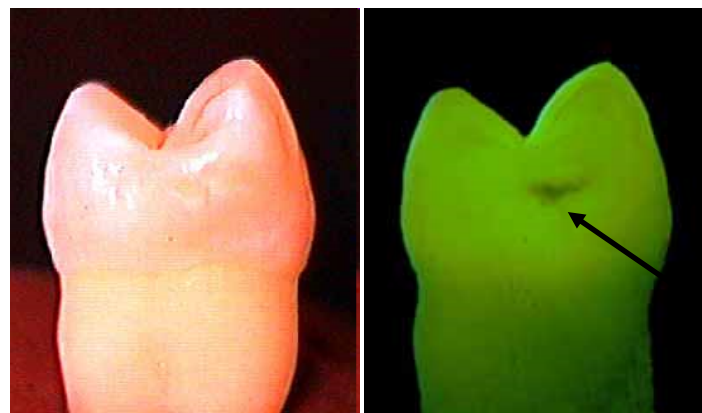


Egészséges és malignus szövetek eltérő fluoreszcens tulajdonságai

Tejfogak felszíne
natív állapotban és fluroesczens
festés után



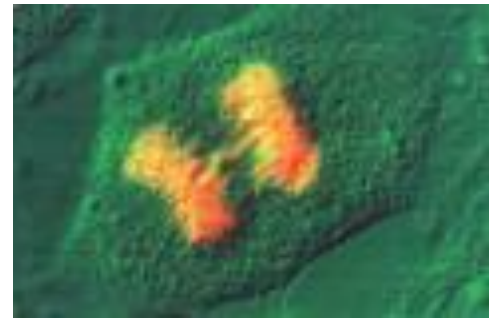
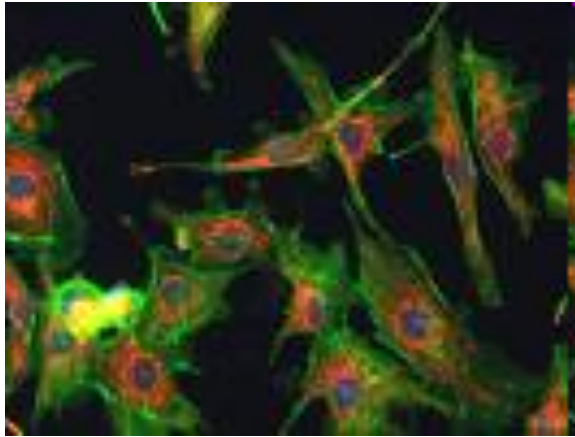
Aktív caries



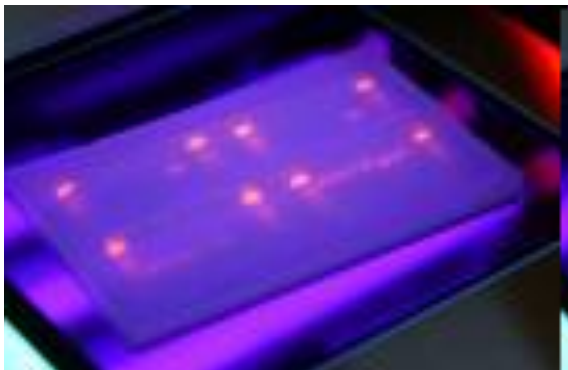
Fog felszíne
natív állapotban és fluroesczens festés után

*Kezdődő
caries*

Lumineszcencia mikroszkópia



Laboratóriumi alkalmazás számos területe



Sok egyéb...



Ellenőrző kérdések a felkészüléshez

☐ Alapállapot-gerjesztett állapot

☐ Gerjesztés fajtái

☐ Lumineszcencia jelensége

☐ Jablonski diagramm

☐ Fluoreszcencia-Foszforeszcencia

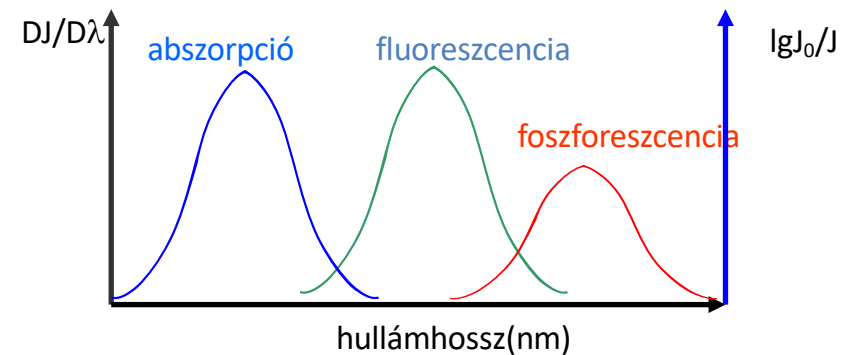
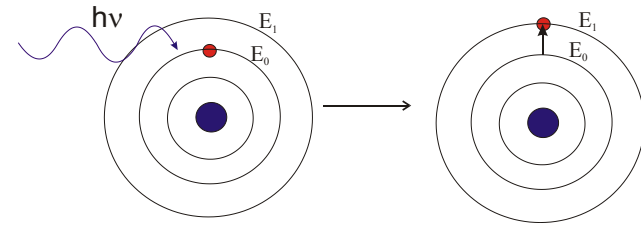
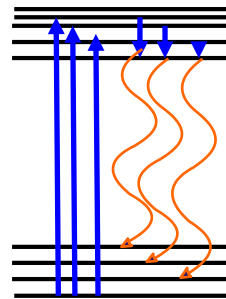
☐ Kasha szabály

☐ Stokes eltolódás

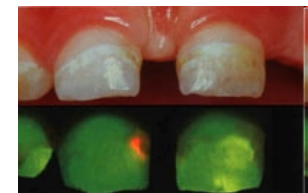
☐ Élettartam $N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

☐ Kvantum hatásfok $Q_F = \frac{\text{number.of.photons.emitted}}{\text{numbe.of.photons.absorbed}}$

☐ Lumineszcencia orvosi/fogorvosi alkalmazhatósága



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



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