

## A fény biológiai hatásai

### A „hatás” alapja a fény elnyelődése!

- mit ér közvetlenül a fény?
- ott miben nyelődik el?
- milyen mélyre jut?

Az előző heti előadás témájához.....

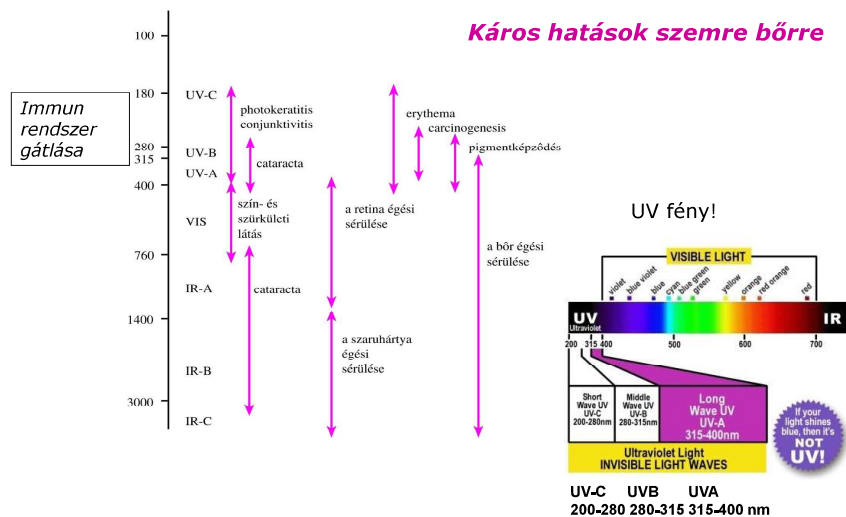
#### Ismert hatások:

- D-vitamin szintézis (UV-A)
- anyagcsere, hormonrendszer, immunrendszer stimulálása (VIS)
- téli depresszió & melatonin hormon túltermelése retina – 484 nm-re érzékeny fotoreceptor vezérli

..... Sok az ismeretlen tényező!

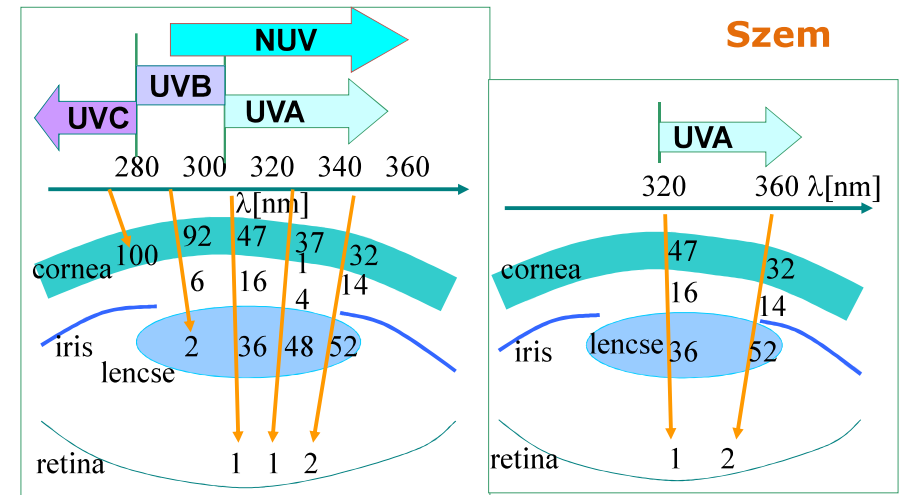
#### A fény biológiai hatásai

##### Mit ér közvetlenül fény?



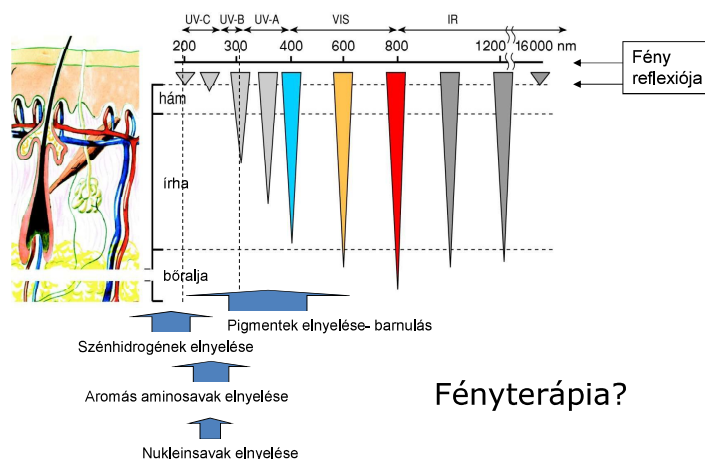
#### A fény biológiai hatásai

##### Behatolási mélység?



A fény biológiai hatásai  
**Behatolási mélység?**

**Bőr**



Fényterápia?

**A röntgensugárzás  
természete, forrása és biológiai hatásai**

**Kitekintés:  $\gamma$ -sugárzás**

Dr. Fidy Judit  
Professzor emeritus  
2018.02.14

Eddig: fény  
Következik: röntgensugárzás

	fény	röntgensugárzás (rtg. cső)
Fotonenergia	1.5 – 3 eV	20 – 200 keV
Primér hatás	$e^-$ gerjesztés	$e^-$ ionizáció
Elnyelődés valószínűsége	diszkrét fotonenergiáknál	energia folytonos függvénye
Forrása	diszkrét elektron-átmenet fekete-test sugárzás	diszkrét elektron- átmenet elektronok fékeződése



Figure 4.10 Two radiographs taken by Röntgen. (a) The hand of Mrs. Röntgen. (The Bettmann Archive/Bettmann Newsphotos.) (b) Radiograph of a fully clothed man, showing not only the man's skeleton but also the keys in his pockets, the nails of his shoes, and the metal clasps of his garters. (Deutsches Museum, München.)



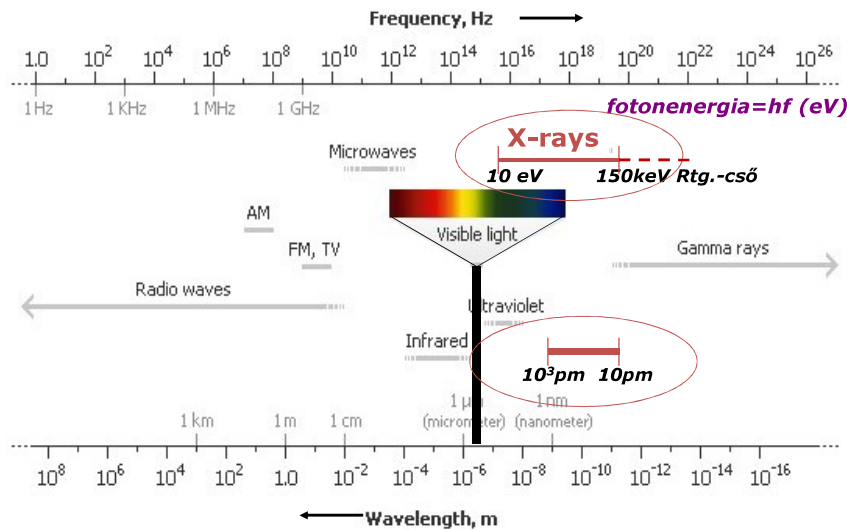
**Wilhelm Konrad Röntgen  
(1845-1923)**

1895: a sugárzás felfedezése és publikálása  
1896 jan. javaslat orvosi alkalmazásra  
1901 fizikai Nobel-díj

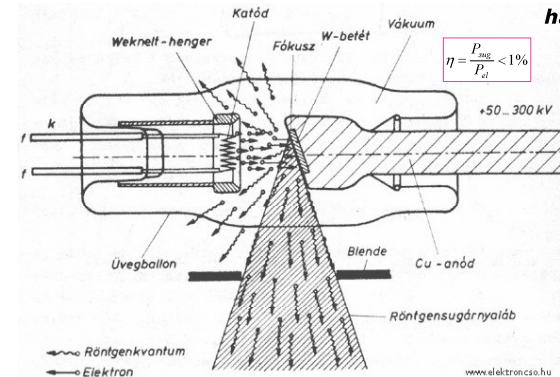
## Fény – X-rays elektromágneses hullámok

Logaritmikus skála

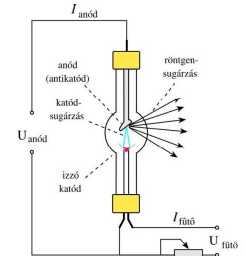
$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nanometer}$



## Röntgensugárzás keltése röntgensővel



Rtg. Sug. keletkezik, ha nagy sebességű elektronok nagy rendszámú anyagban lefékeződnek.



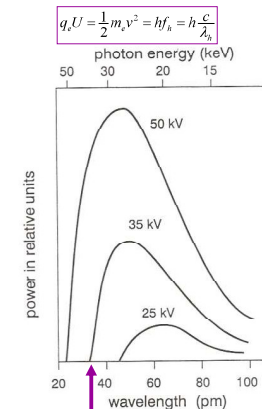
Az anódban nagy a hőfejlődés

Röntgensövek - forgó anód  
- hűtés

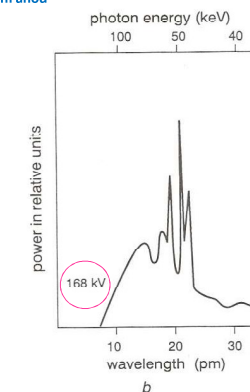


## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Emissziós spektrumok növekvő gyorsító feszültség mellett



Wolfram anód



- Nagy feszültség (U) mellett a spektrum vonalassá válik
- Az össz-teljesítmény erősen nő a feszültséggel
- A spektrum a rövid hullámhosszú oldalon élesen végződik,  $\lambda_{\text{hat}}$  csökken, ha U nő

$$\lambda_h = \frac{h \cdot c}{q_e \cdot U}$$

## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

### Kétféle mechanizmus

#### 1. Fékezési röntgensugárzás (Brehmstrahlung)

- minden (nagy)  $U$ -nál
- spektruma folytonos
- teljes kisugárzott teljesítmény:

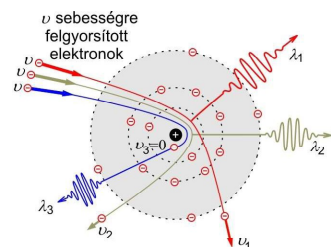
$$\lambda_h = \frac{h \cdot c}{q_e \cdot U}$$

$$P_{rig} = konst \cdot U^2 \cdot I \cdot Z$$

$$1.1 \cdot 10^{-9} V^{-1}$$

Anód anyaga: rendszám

- ezen alapul a röntgendiagnosztika

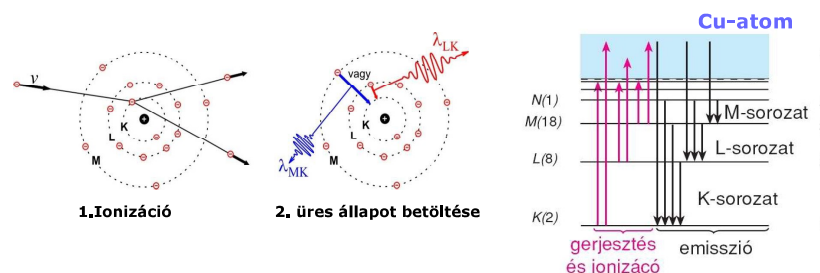


## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

### Kétféle mechanizmus

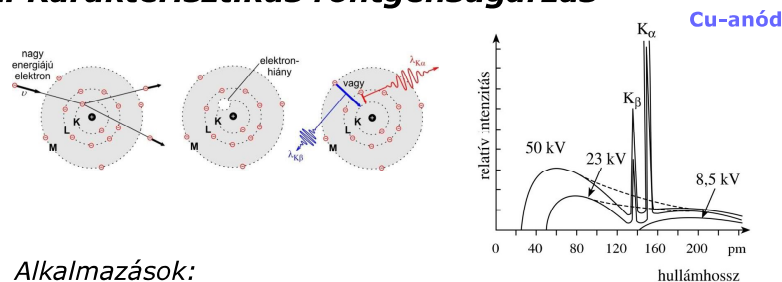
#### 2. Karakterisztikus röntgensugárzás

- csak elég nagy  $U$  felett
- spektruma vonalas, az anód anyagára jellemző



## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

#### 2. Karakterisztikus röntgensugárzás



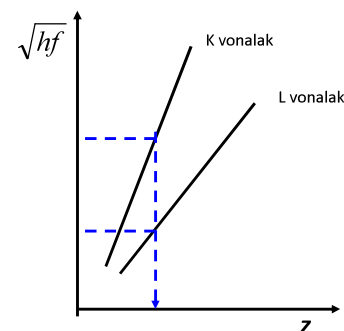
Alkalmazások:

- Molibdén anód vonalai emlődiagnosztikában
- vonalak fotonenergiája alapján kémiai elemzés

### Karakterisztikus röntgensugárzás alkalmazásai

#### 1. Kémiai analízis

- igen kis mennyiségből elemzés
- a minta az anód szerepében



Kvalitatív analízis:

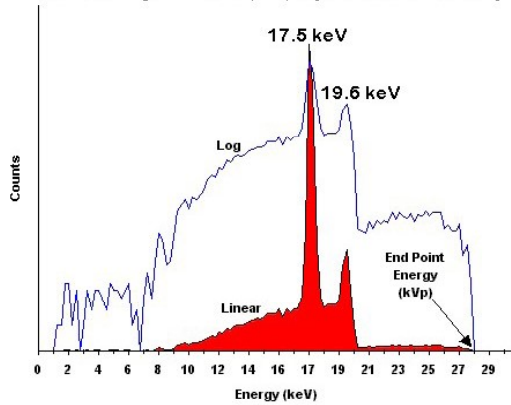
Spektrum vonalak energiái  $\rightarrow$  target rendszáma

Kriminológia

## 2. Mo anód karakterisztikus röntgensugárzása

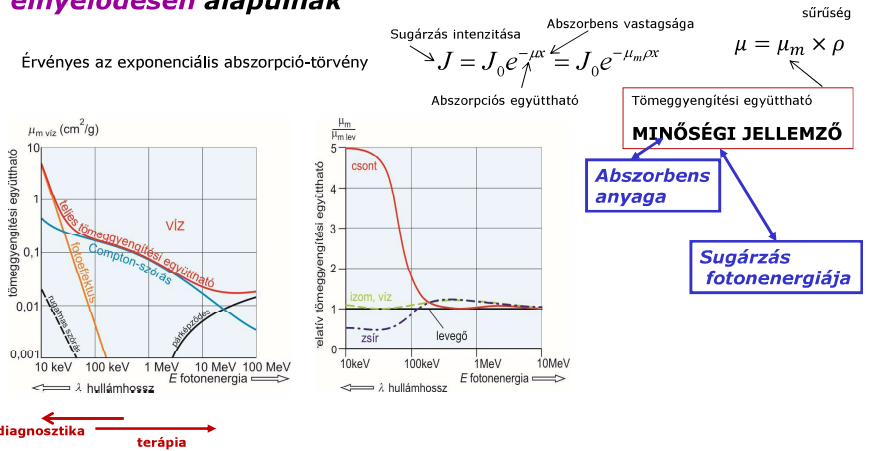
Mammográfia ~17.5 keV monokromatikus sugárzás

Direct Molybdenum (Mo) Spectrum at 28 kVp



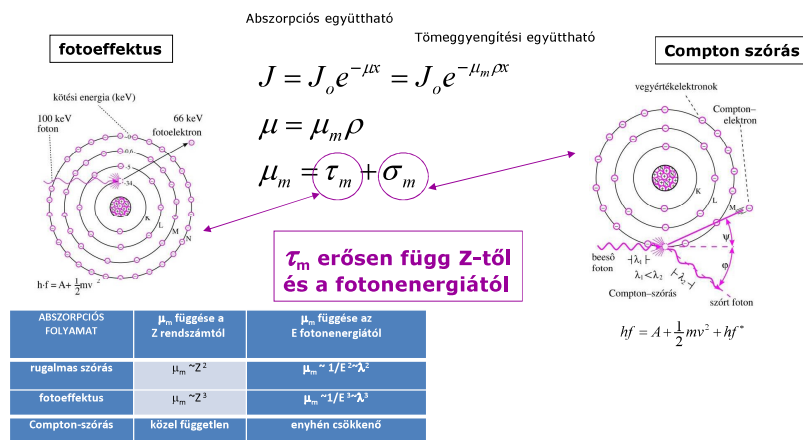
## Röntgendiagnostikai alkalmazások (fékezési sugárzás)

A diagnosztikai alkalmazások a rtg sugárzás szöveti elnyelődésén alapulnak



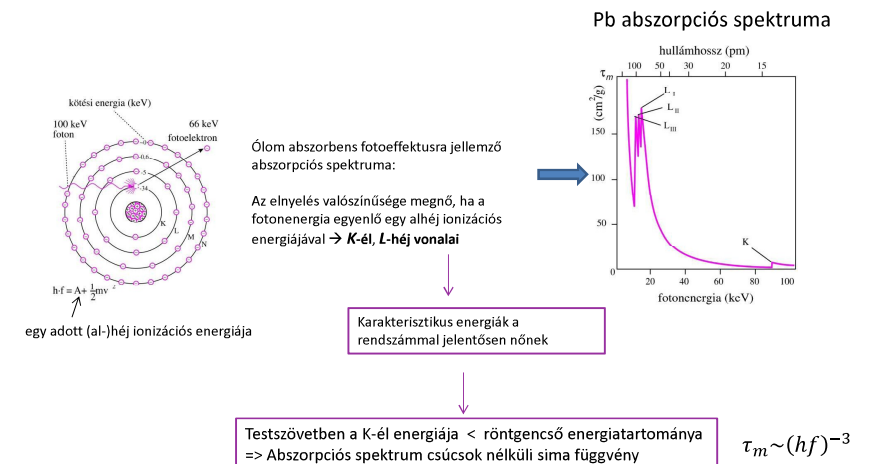
## Röntgendiagnostika alapjai

„Ionizáló” sugárzás: az elnyelt foton ionizál  
Kétféle mechanizmus a fotonenergiától függő súllyal.



## A rtg sugárzás elnyelődése

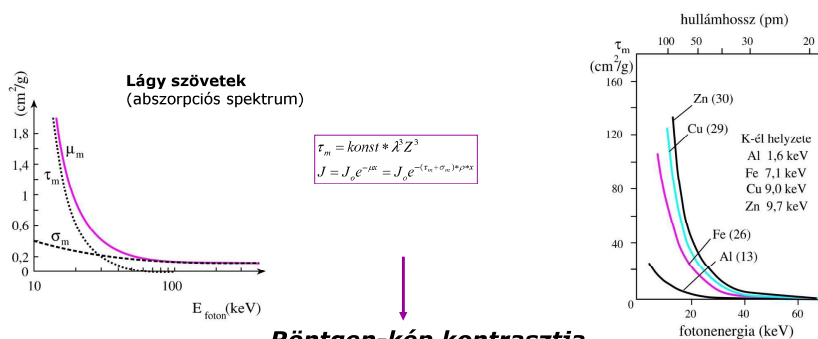
### A fotoeffektus karakterisztikus vonalai





# A röntgensugárzás alkalmazásai

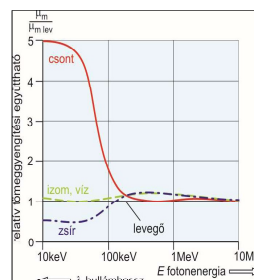
## Röntgendiagnosztika alapjai



**Röntgen-kép kontrasztja függ**

- **sűrűségkülönbségektől**
- **rendszám-különbségektől**

## Rtg-diagnosztikai szempontok - **kontrasztanyagok**



$$Z_{eff} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n w_i Z_i^3}$$

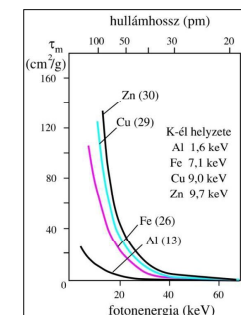
közeg	$Z_{eff}$	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
levegő	7,3	$1,3 \cdot 10^{-3}$
víz	7,7	1
lágy szövet	7,4	1
csontszövet	13,8	1,7-2

$$\tau_m = konst * \lambda^3 Z^3$$

$$J = J_0 e^{-\mu x} = J_0 e^{-(\tau_m + \sigma_m) * \rho * x}$$

**Rtg-kép kontrasztja függ a**

- **Sűrűségkülönbségektől**
- > **negatív kontrasztanyagok**
- **rendszám-különbségektől**
- > **pozitív kontrasztanyagok**



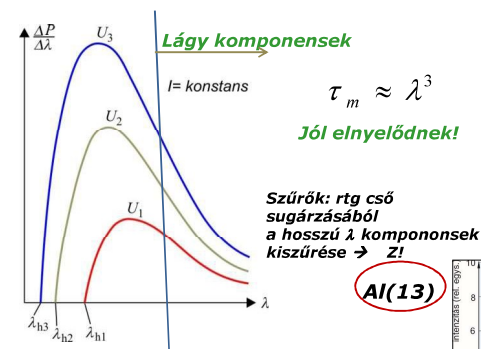
## Példa kontrasztanyag használatára



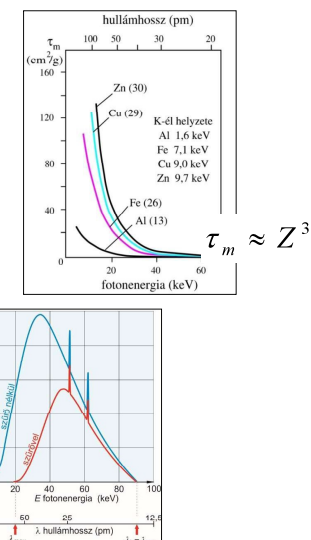
Vastagbél felvétel negatív és pozitív kontrasztanyag használatával

**Ablakozás**

## Rtg-diagnosztikai szempontok - **lágy sugárzási komponensek kiszűrése**



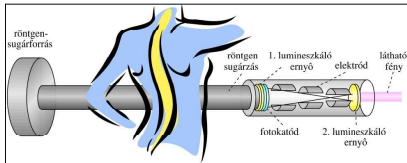
A rtg-csőből széles hullámhossztartományú (fotonenergia-tartományú) sugárzás lép ki



## Rtg-diagnosztikai szempontok – a sugárterhelés csökkentése, digitalizálás

### Rtg-kép erősítő

- optikai kép, de kicsinyített
- sugárterhelés csökken



### Új lumineszkáló anyagok fejlesztése

### C-karos készülék rtg.-kép erősítővel



## Rtg-diagnosztikai szempontok – a digitalizálás jelentősége: DSA

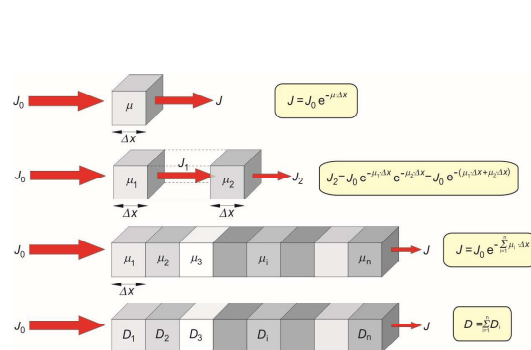
### DSA: Digital Subtraction Angiography

Menete:

1. Hagyományos rtg felvétel -> digitalizálás, tárolás
2. Kontrasztanyag beadása (beteg nem mozdul)
3. Második felvétel kontrasztanyaggal -> digitalizálás, tárolás
4. Pixelenként a két kép különbsége -> megjelenítés



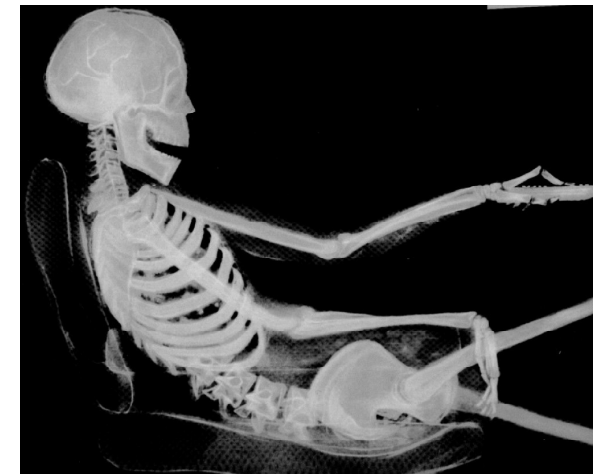
## Rtg-diagnosztikai szempontok – az átvilágításban „szummációs” kép keletkezik



$$D = \lg \frac{J_0}{J}$$

Megoldás: egy testszelet többirányú átvilágítása → minden képelem több kombinációban → **Röntgen- CT** (gyakorlaton)

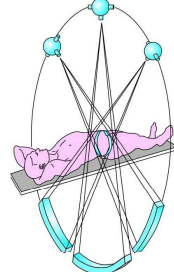
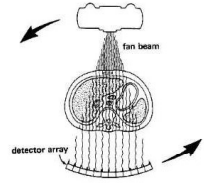
### Autó vezető szummációs röntgenképe



## Röntgen-CT

### Mérési adatgyűjtés:

-jól definiált sok irány mentén, egy síkban



Nagy sugárterhelés

~ 500x hagyományos

-minden képelem járuléka legalább két független irány mentén megméri

-kiértékelés: számítással  $\rightarrow \mu_i$  képelemként  $\rightarrow$  metszeti eloszlások vizualizálása



G.H. Hounsfield A.M. Cormack  
Nobel díj 1979

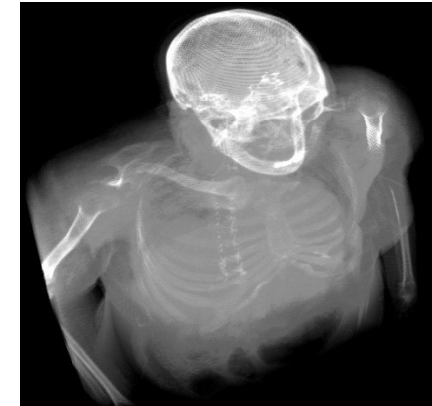
## Röntgen-CT

### Hounsfield-skála - ablakozás

$$HU = \frac{\mu - \mu_{\text{víz}}}{\mu_{\text{víz}}} * 1000$$

Tömör csont	250-1000
Szivacsos csont	130-100
Máj	65
Izom	45
Vese	30
Koagulált vér	80
Vér	55
Plazma	27
Zsírszövet	-65
Tüdő	-500, -800

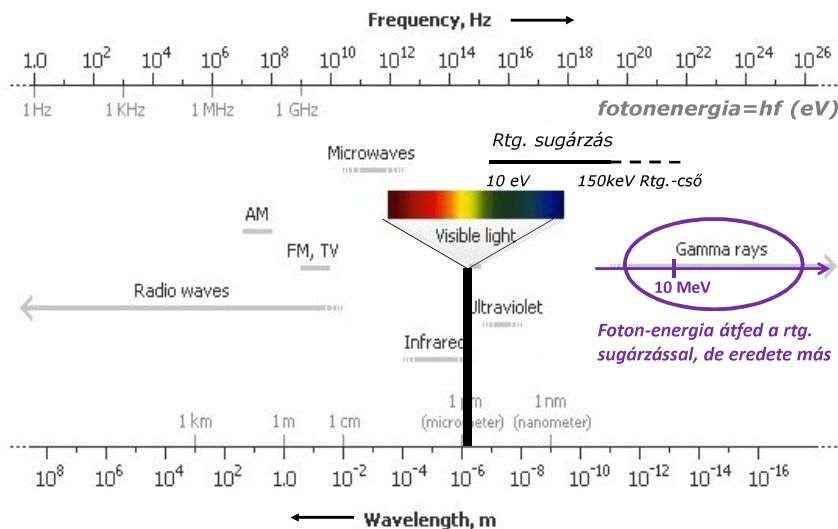
Ablakozás: egy adott tartomány széthúzása a teljes szürke-skálán



## Fény - rtg.sugárzás - $\gamma$ -sugárzás

Logaritmikus skála

$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nanometer}$



## A gamma-sugárzás alkalmazásai

az abszorpció mechanizmusain alapulnak – „ionizáló” sugárzás

A  $\gamma$ -sugárzás magreakciók során keletkezik. Az atommag energetikailag magasabb állapotban (aktivált) marad egy részecske kibocsátása után, és ez az állapot egy diszkrét értékkel csökken a stabil állapot eléréséhez. Az energiakülönbséggel egyenlő energiájú foton bocsátódik ki.  $\Rightarrow$  meghatározott energiájú elektromágneses sugárzás

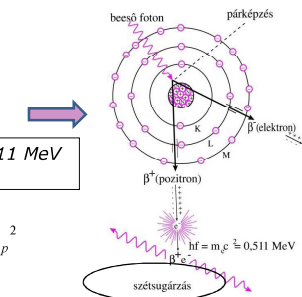
Érvényes az exponenciális abszorpció-törvény

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

$$\mu_m = \tau_m + \sigma_m + \kappa_m$$

Harmadik mechanizmus ha  $hf > 2 \times 0,511 \text{ MeV}$   
**párképzés**

$$hf = 2m_e c^2 + \frac{1}{2} m_e v_e^2 + \frac{1}{2} m_p v_p^2$$



Pozitron-elektron annihiláció  
 $\rightarrow$  2 gamma foton ellentétes irányban  
0,511 MeV energiával

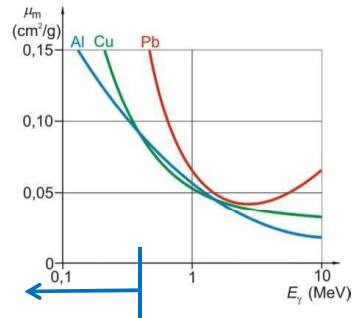
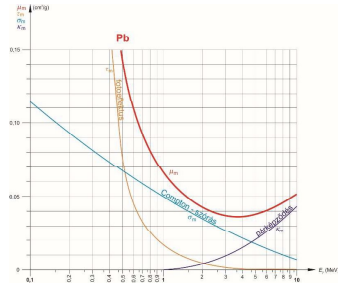


## gamma-sugárzásról

eredete: magátalakulás, fotonenergia  $\sim$  MeV

elnyelési valószínűség:  $\ll$  rtg. sug.

- 1 MeV körül minimuma lehet



### Röntgen diagnosztika :

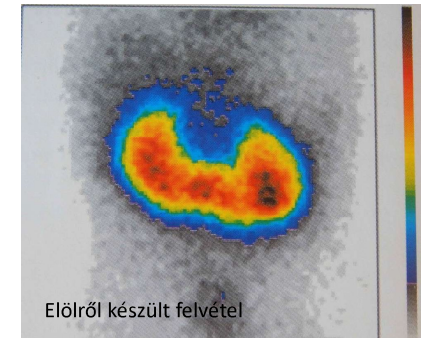
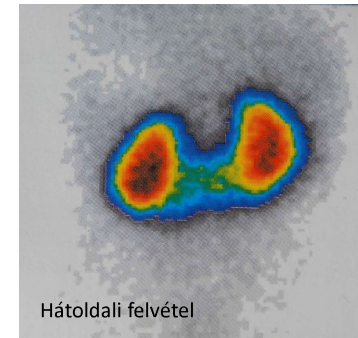
kisebb energiák nagyobb elnyelődés

$\gamma$  - Diagnosztikai alkalmazás alapja:

Kis elnyelési valószínűség  $\rightarrow$

Izotópos nyomjelzés

A gamma sugárzás nagy fotonenergiája miatt az abszorpciós együttható kicsi, és ezért a sugárzás a szervezeten kívül is detektálható.



$^{99m}\text{Tc}$ -gamma sugárzó izotóppal jelölt dimer captosuccinic acid (DMSA) -al végzett vesevizsgálat eredménye. Az izotópot hordozó DMSA molekula a vesében felgyülemlik, ezért alkalmas a szerv alakjának, funkcionális régióinak kimutatására. A színkódolás a szervezeten kívül a vese felett detektált sugárzás intenzitásának eloszlását mutatja.

Köszönöm a figyelmet

