

Hány eV annak az elektronnak az energiája, amelyet 150 kV feszültséggel gyorsítottunk?

Az előző heti előadás témájához.....

A fény biológiai hatásai

A „hatás” alapja a fény elnyelődése!

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

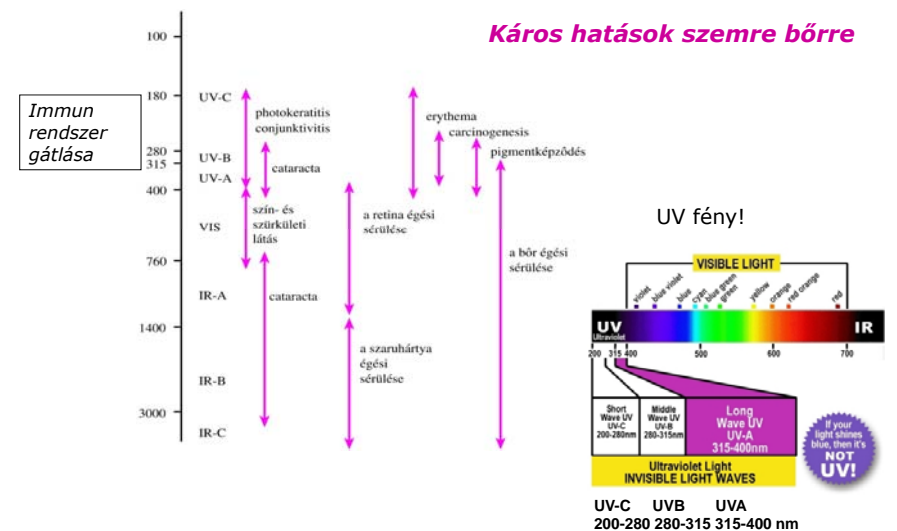
Ismert hatások:

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

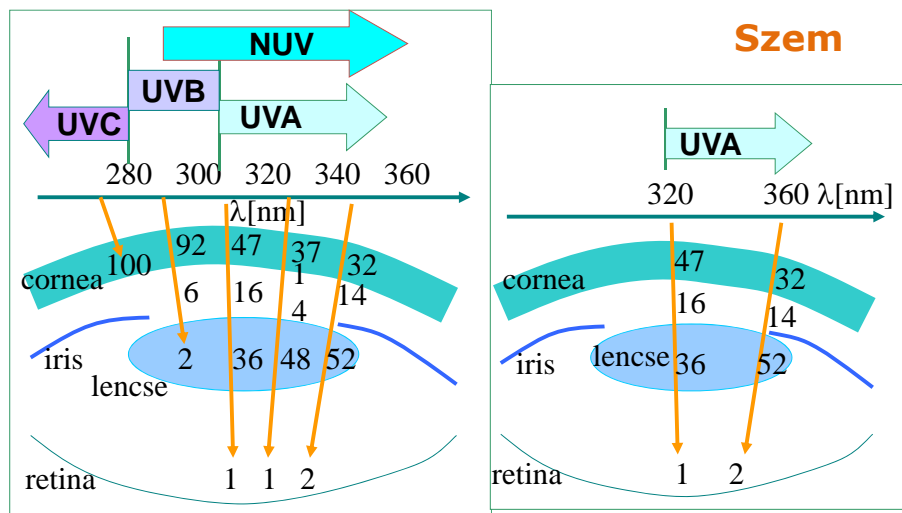
..... Sok az ismeretlen tényező!

A fény biológiai hatásai

Mit ér közvetlenül fény?

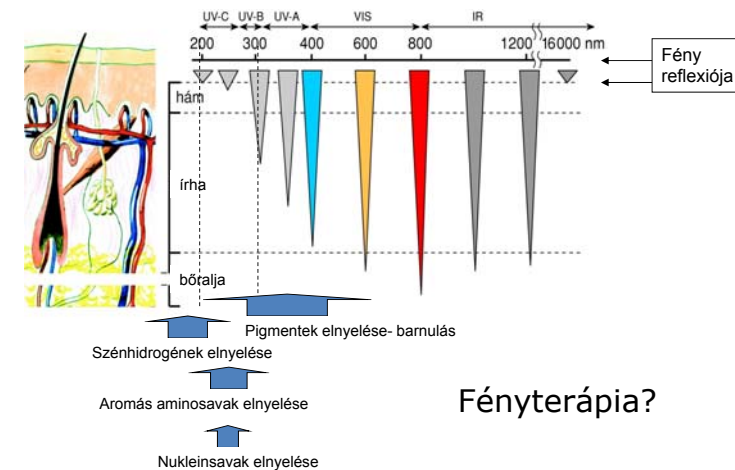


A fénv biológiai hatásai
Behatolási mélység?



A fénv biológiai hatásai
Behatolási mélység?

Bőr



Elektromágneses sugárzások és biológiai rendszerek II.-III.

A röntgensugárzás (II.) természete, forrása és biológiai hatásai

Kitekintés: γ -sugárzás (III.)

Dr. Fidy Judit
Professzor emeritus
2019.04.03

Eddig: fénv Következik: röntgensugárzás

	fénv	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 (spontán vagy indukált emisszió) 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.)



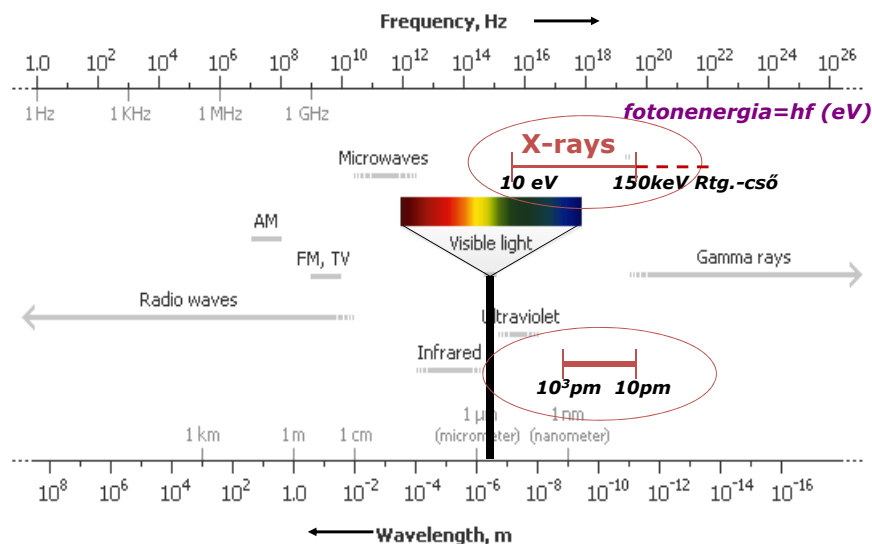
Wilhelm Konrad Röntgen
(1845-1923)

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

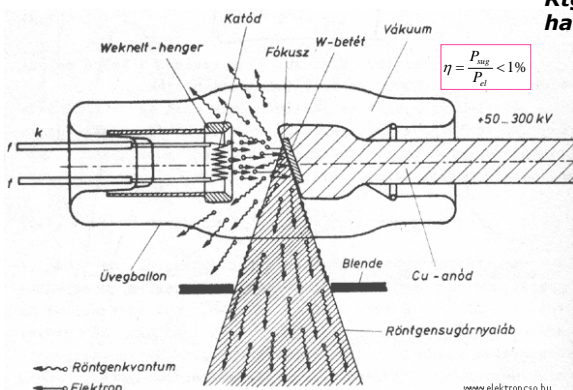
Fény – X-rays elektromágneses hullámok

Logaritmikus skála

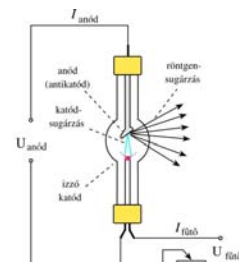
$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nanometer}$



Röntgensugárzás keltése röntgencsővel



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



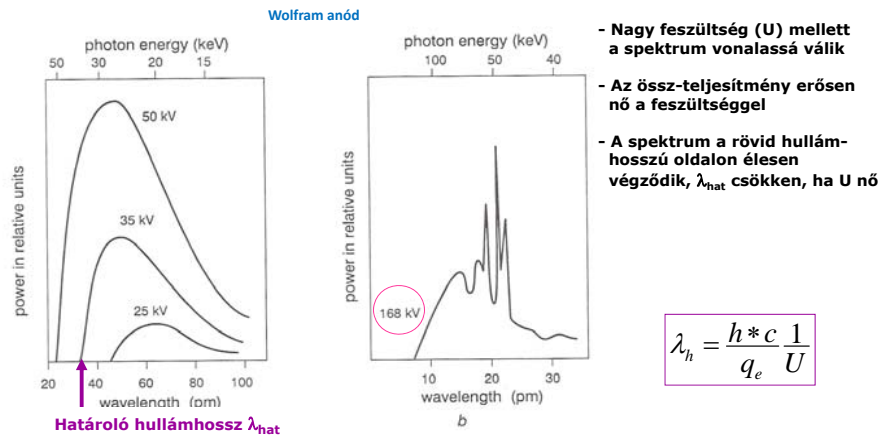
Az anódban nagy a hőfejlődés

Röntgencsővek - forgó anód
- hűtés



A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Emissziós spektrumok növekvő gyorsító feszültség mellett



A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Kétféle mechanizmus

1. Fékezési röntgensugárzás (Brehmstrahlung)

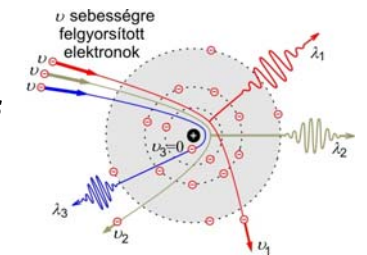
- minden (nagy) U-nál
- spektruma folytonos
- teljes kisugárzott teljesítmény:

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

$$P_{\text{rtg}} = \text{konst} * U^2 * I * Z$$

$$1.1 * 10^{-9} \text{V}^{-1}$$

Anód anyaga: rendszám



- ezen alapul a röntgendiagnosztika

A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Kétféle mechanizmus

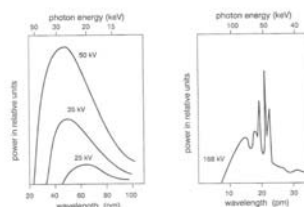
1. Fékezési röntgensugárzás (Brehmstrahlung)

- minden (nagy) U-nál
- spektruma folytonos
- fotonenergiában felső korlát (- hullámhosszban alsó korlát)

$$q_e * U \left(= \frac{1}{2} m_e * v^2 \right) = h * f_{\text{határ}} = h * \frac{c}{\lambda_{\text{határ}}}$$

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

Duane-Hunt törvény



A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Kétféle mechanizmus

1. Fékezési röntgensugárzás (Brehmstrahlung)

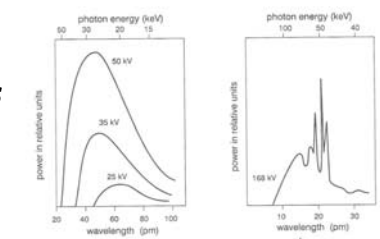
- minden (nagy) U-nál
- spektruma folytonos
- teljes kisugárzott teljesítmény:

$$P_{\text{rtg}} = \text{konst} * U^2 * I * Z$$

$$1.1 * 10^{-9} \text{V}^{-1}$$

Anód anyaga: rendszám

Spektrum görbe alatti területe



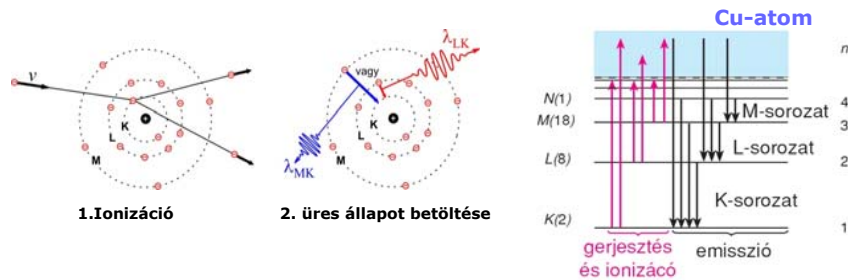
- ezen alapul a röntgendiagnosztika

A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Kétféle mechanizmus

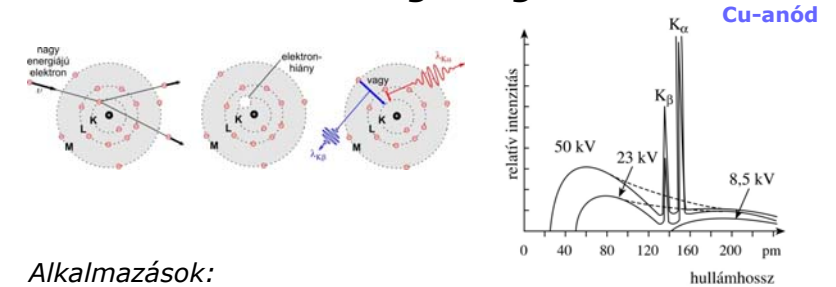
2. Karakterisztikus röntgensugárzás

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



A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

2. Karakterisztikus röntgensugárzás



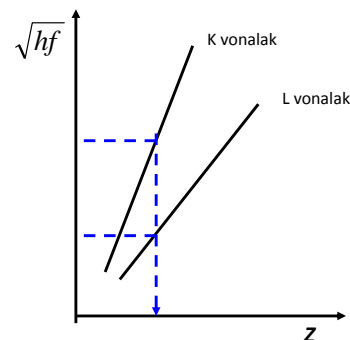
Alkalmazások:

- Molibdén anód vonalai emlődiagnostikában
- vonalak fotonenergiaja alapján kémiai elemzés

Karakterisztikus röntgensugárzás alkalmazásai

1. Kémiai analízis

- igen kis mennyiségből elemzés
- a minta az anód szerepében



Kvalitatív analízis:

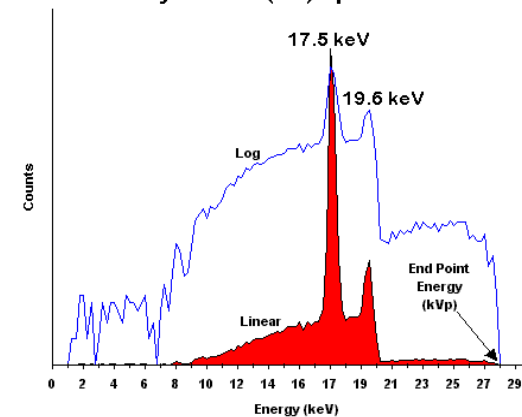
Spektrum vonalak energiái → target rendszáma

Kriminológia

2. Mo anód karakterisztikus röntgensugárzása

Mammográfia ~17.5 keV monokromatikus sugárzás

Direct Molybdenum (Mo) Spectrum at 28 kVp



Röntgendiagnosztikai alkalmazások (fékezési sugárzás)

A diagnosztikai alkalmazások a rtg sugárzás szöveti elnyelődésén alapulnak

Érvényes az exponenciális abszorpció-törvény

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

Abszorpciós együttható

Abszorbens vastagsága

Sugárzás intenzitása

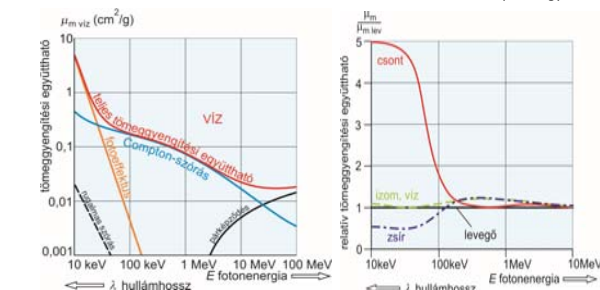
$\mu = \mu_m \times \rho$

Tömeggyengítési együttható

MINŐSÉGI JELLEMZŐ

Abszorbens anyaga

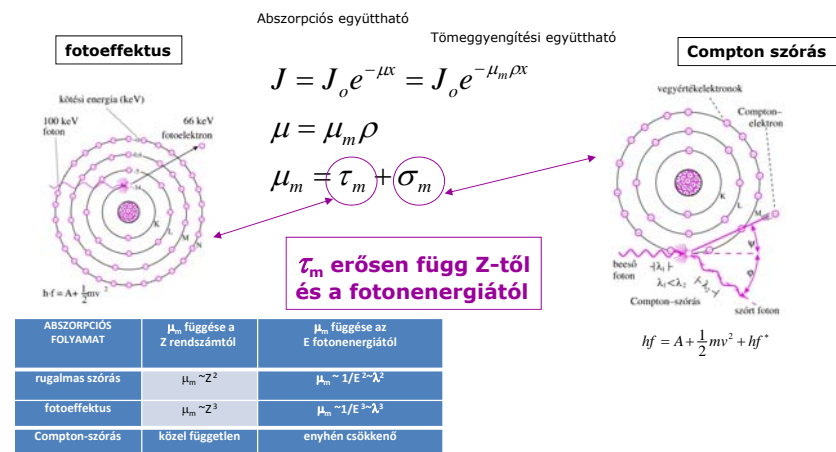
Sugárzás fotonenergiája



← diagnosztika →
→ terápia ←

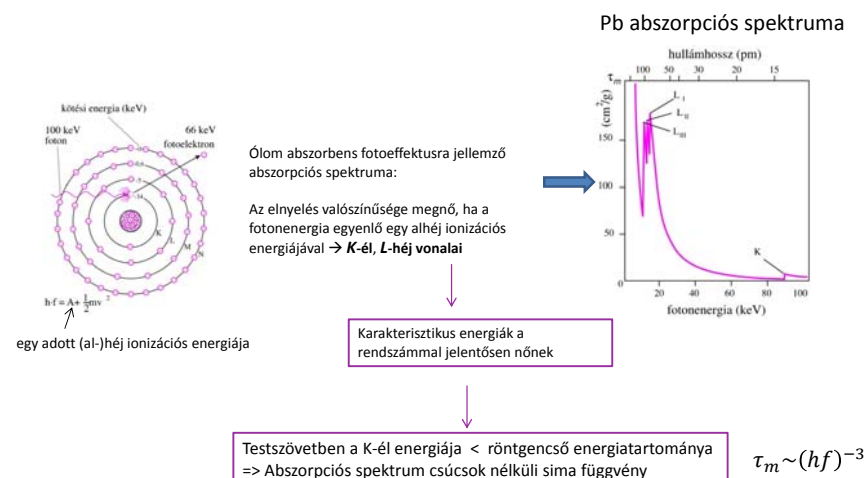
Röntgendiagnosztika alapjai

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

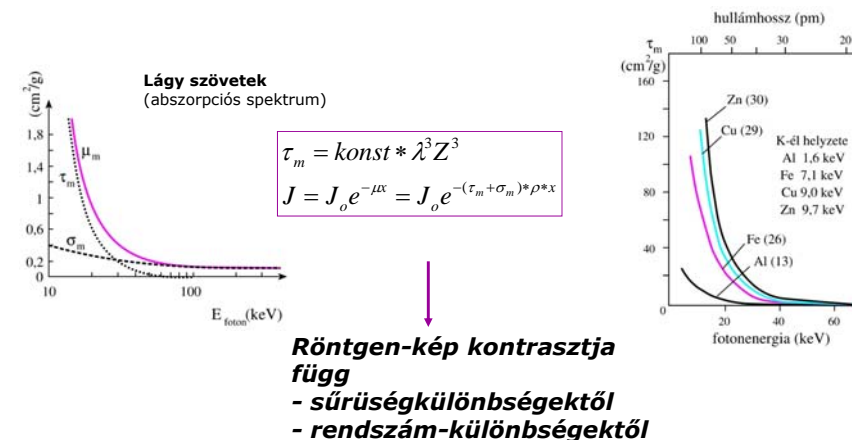


A rtg sugárzás elnyelődése

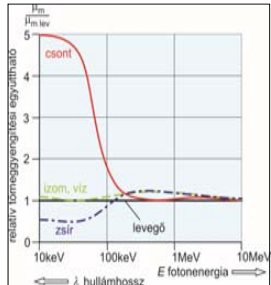
A fotóelektron karakterisztikus vonalai



A röntgensugárzás alkalmazásai Röntgendiagnosztika alapjai

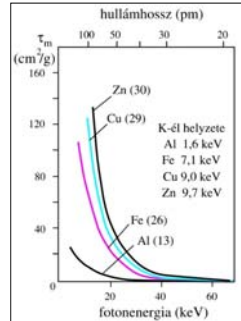


Rtg-diagnosztikai szempontok - **kontrasztanyagok**



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

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



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

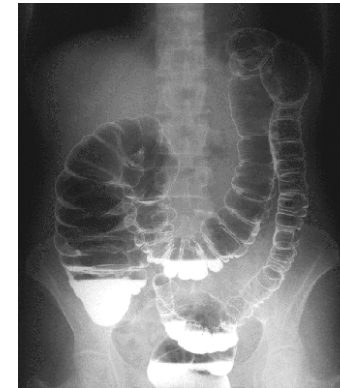
móltört

közeg	Z_{eff}	ρ (g/cm ³)
levegő	7,3	1,3·10 ⁻³
víz	7,7	1
lágú szövet	7,4	1
csontszövet	13,8	1,7-2

Rtg-kép kontrasztja függ a

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

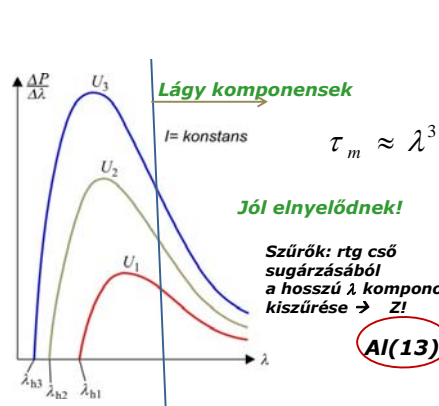
Példa kontrasztanyag használatára



Vastagbél felvétel negatív és pozitív kontrasztanyag használatával

Ablakozás

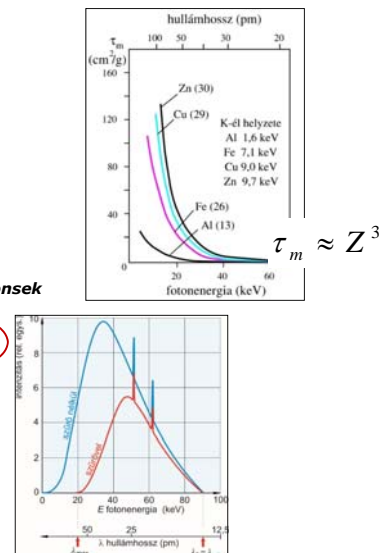
Rtg-diagnosztikai szempontok – **lágú sugárzási komponensek kiszűrése**



Szűrők: rtg cső sugárzásából a hosszú λ komponensek kiszűrése → **Z!**

Al(13)

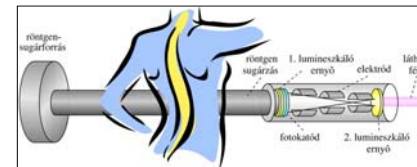
A rtg-csőből széles hullámhossztartományú (fotonenergia-tartományú) sugárzás lép ki



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

Rtg-kép erősítő

- optikai kép, de kicsinyített
- sugárterhelés csökken



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



Új lumineszkáló anyagok fejlesztése

Rtg-diagnosztikai szempontok – a digitalizálás jelentősége: DSA

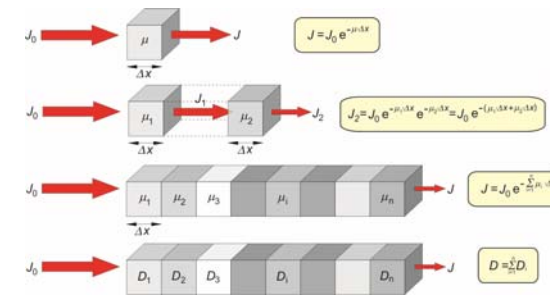
DSA: Digital Subtraction Angiography

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)

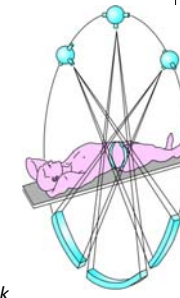
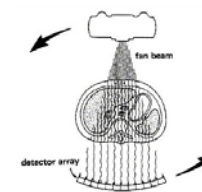
Autó vezető szummációs röntgenképe



Röntgen-CT

Mérési adatgyűjtés:

-jól definiált sok irány mentén, egy síkban



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

Nagy sugárterhelés
~ 500x hagyományos

-minden képelem járuléka legalább két független irány mentén megméri
-kiértékelés: számítással → μ_i képelemenként → metszeti eloszlások vizualizálása

Röntgen-CT

Hounsfield-skála - ablakozás

$$HU = \frac{\mu - \mu_{\text{v\acute{e}z}}}{\mu_{\text{v\acute{e}z}}} * 1000$$

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

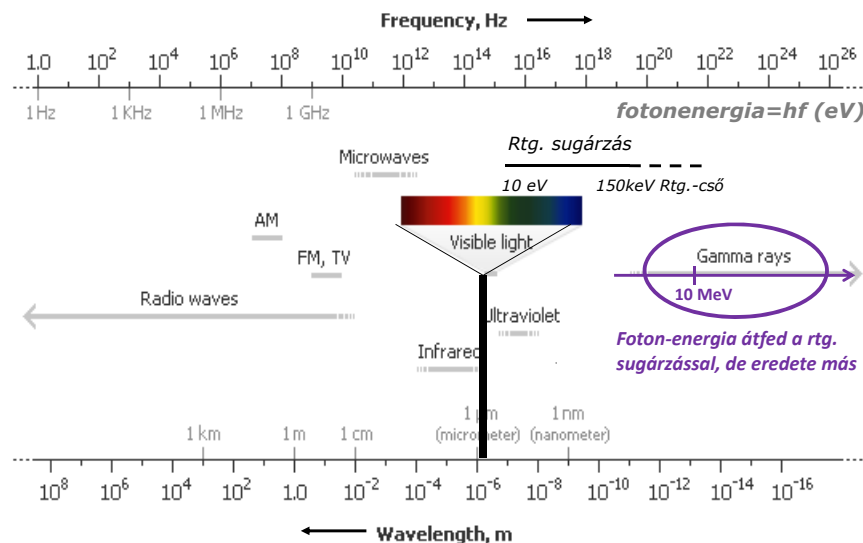
Ablakozás: egy adott tartomány széthúzása a teljes szürke-skálán



Fény - rtg.sugárzás - γ -sugárzás

Logaritmus skála

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



A gamma-sugárzás alkalmazásai

az abszorpció mechanizmusain alapulnak – „ionizáló” sugárzás

A γ -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. => meghatározott energiájú elektromágneses sugárzás

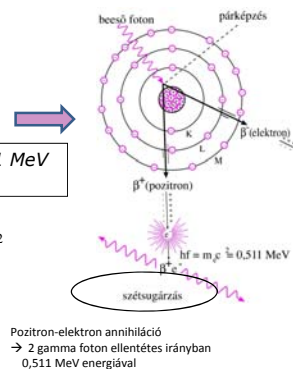
Érvényes az exponenciális abszorpció-törvény

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

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

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

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

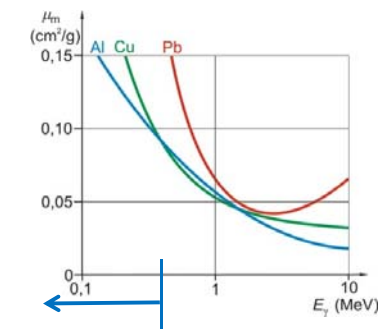
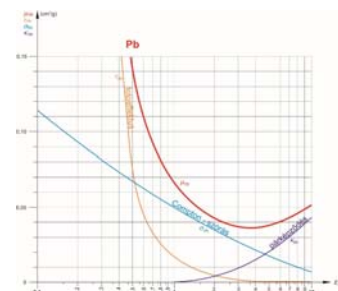


gamma-sugárzásról

eredete: magátalakulás, fotonenergia $\sim \text{MeV}$

elnyelési valószínűség: $<< \text{rtg. sug.}$

- 1 MeV körül minimuma lehet



Röntgen diagnosztika :

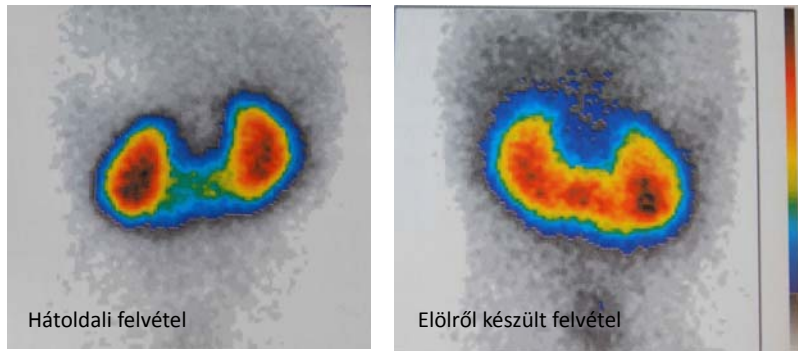
kiseb energiák: **nagyobb** elnyelődés

γ - Diagnosztikai alkalmazás alapja:

Kis elnyelési valószínűség ->

Izotópos nyomjelzés

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



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

Köszönöm a figyelmet

