

# Röntgensugárzás előállítása, kölcsönhatásai az anyaggal, orvosi alkalmazásai

Dr. Voszka István

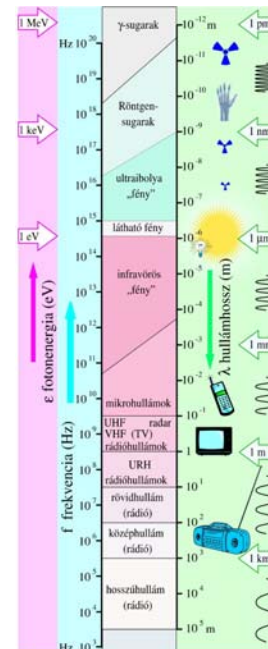


Wilhelm Conrad Röntgen  
1845-1923

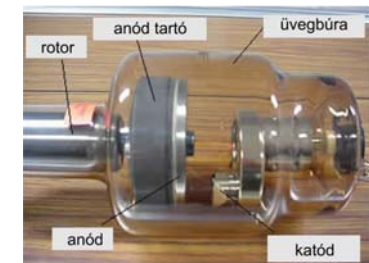
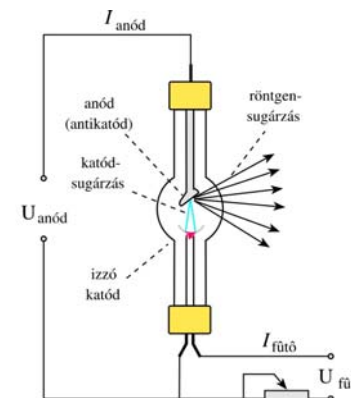
Az x-sugárzás felfedezése: 1895.  
Fizikai Nobel-díj: 1901.



A röntgensugárzás nagy energiájú, ionizáló elektromágneses sugárzás. Származási helye az elektronburok. (Ez alapján különül el a gamma-sugárzástól)

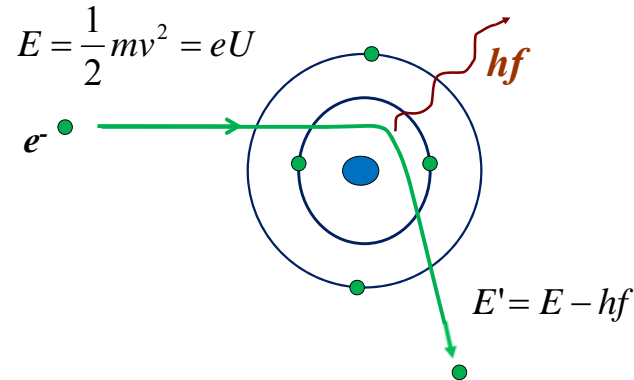


Röntgensugárzás keletkezik nagyenergiájú, töltéssel rendelkező részecskék, általában elektronok lefékeződésekor. Előállítása leggyakrabban röntgensőben történik.

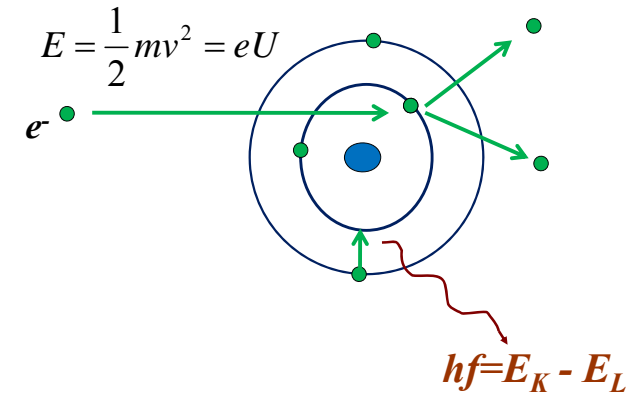


## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusa

### 1. Fékezési sugárzás – minden gyorsító feszültségnél létrejön



### 2. Karakterisztikus sugárzás – csak kellően nagy gyorsító feszültség esetén jön létre

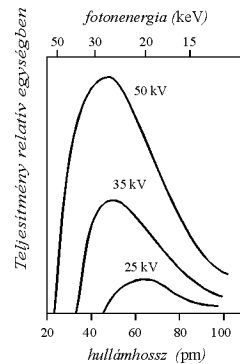


#### Fékezési sugárzás

- folytonos spektrum, rövidhullámú határral
- U növekedésével a sugárzás keményedik, az összteljesítmény nő ( $U^2$ -tel arányosan)

$$P = c U^2 I Z \quad \eta = c U Z$$

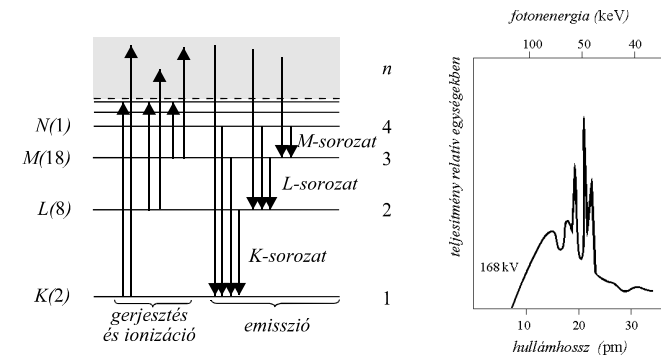
Alkalmazása: röntgen képalkotás



#### karakterisztikus sugárzás

- nagy gyorsító feszültség esetén
- vonalas, az anódra jellemző spektrum

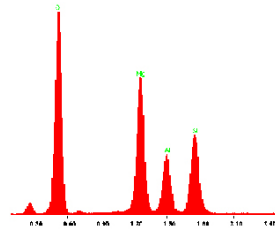
Alkalmazása: csontdenzitometria, anyagazonosítás, molekulaszervezet vizsgálata



## Csontsűrűség mérő

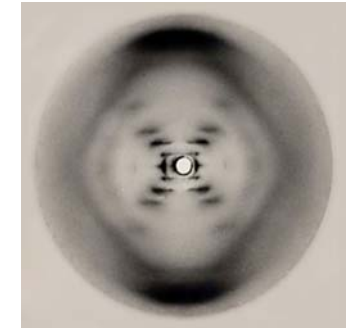
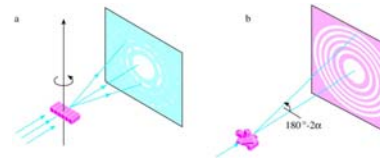
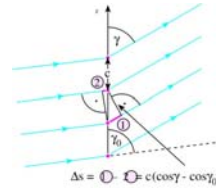


## Anyagazonosító berendezés



## Anyaggal való kölcsönhatások I. Röntgendiffrakció

A röntgensugárzás hullámhossza az intramolekuláris távolságokkal esik egy nagyságrendbe. Makromolekulák szerkezetét vizsgálják ezzel a módszerrel.



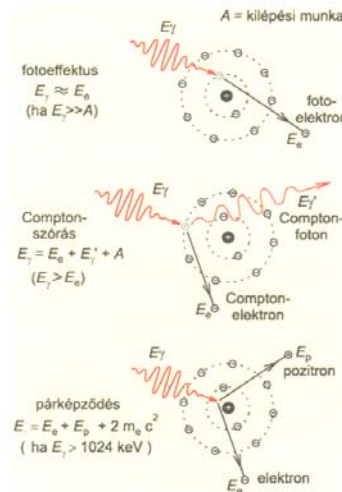
## Anyaggal való kölcsönhatások II. Abszorpció

Indirekt ionizáló sugárzások ( $\gamma$ , rtg)

Elsődleges kölcsönhatás:

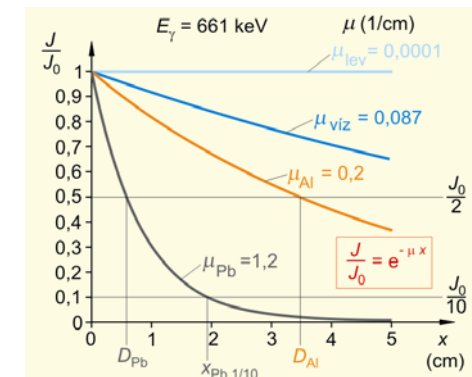
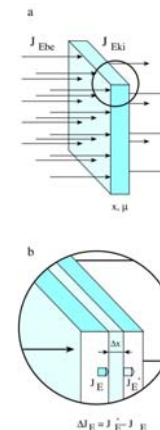
- fotoelektromos effektus
- Compton effektus
- párképződés

Az ezen folyamatokban kiváltott nagy energiájú elektronok ionizálnak.

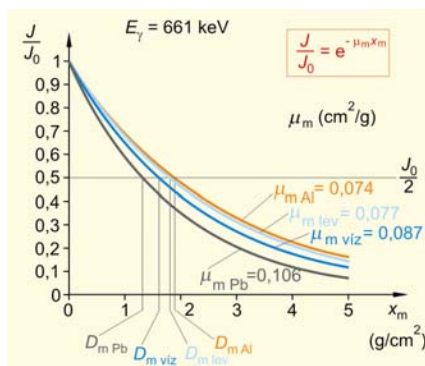
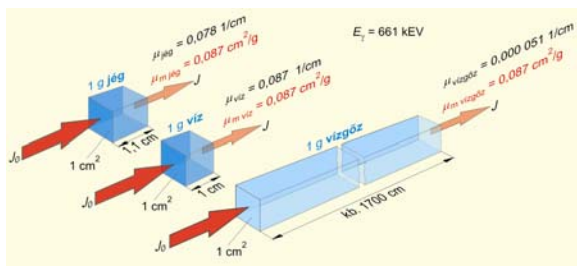


A kölcsönhatások következtében a sugárzás intenzitása gyengül.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad \mu = \frac{1}{\delta} \quad \mu = \frac{0,693}{D}$$

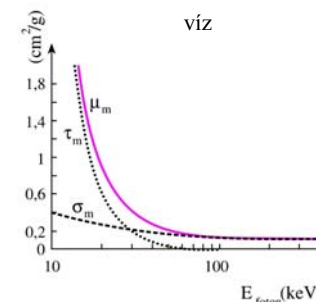
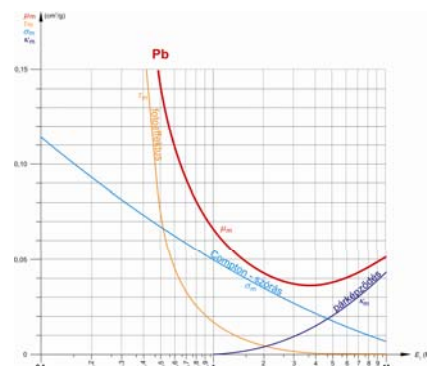


$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$



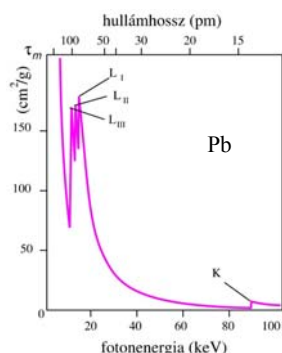
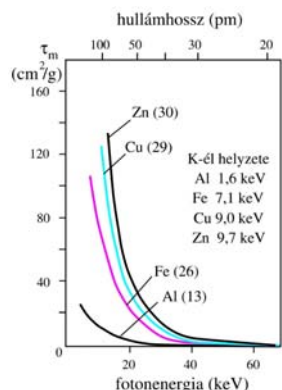
$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad \text{ill.} \quad \mu_m = \tau_m + \sigma_m + \kappa_m$$

A komponensek aránya a fotonenergiától és a gyengítő anyag minőségétől függ.



Kisebb fotonenergiáknál (diagnosztikus rgt és  $\gamma$ ), nagyobb rendszámú gyengítő anyagoknál (pl. Pb, csont) főleg fotoeffektus.

Erre vonatkozóan:  $\tau_m = c \lambda^3 Z^3$



Abszorpciós élek jelennek meg az elektronátmeneteknek megfelelően

Kisebb effektív rendszámú gyengítő anyagoknál (víz, lágy szövetek)  
Főleg Compton-effektus ( $Z_{\text{eff}, \text{v} \text{íz}} = 7,69$ ,  $Z_{\text{eff}, \text{lev}} = 7,3$ )

Erre:  $\sigma_m \sim Z$

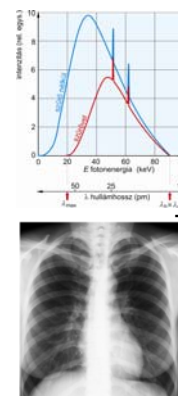
Gyakorlati következmények:

- sugárvédelem nagy rendszámú anyagokkal Pb)
- Szűrők (Al)

- rgt-diagnosztika (kép kontrasztossága, kontrasztanyagok)

- terápia: kis energia - felületi
- nagy energia – mély

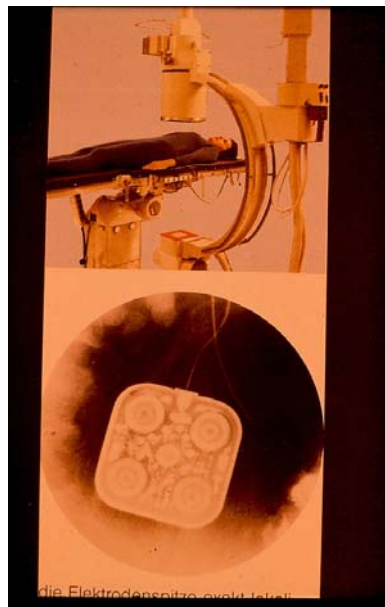
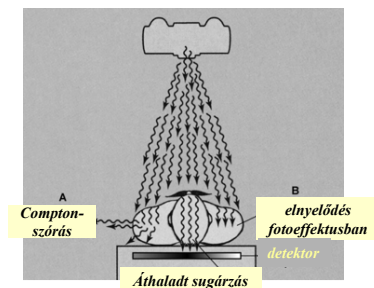
hatótávolság: energiától függ (levegő ~ 100 m, víz ~ dm)  
fajlagos ionizáció kisebb, mint  $\beta$  esetén





## Röntgendiagnosztika

- szummációs kép



## Kontrasztanyagok alkalmazása I.

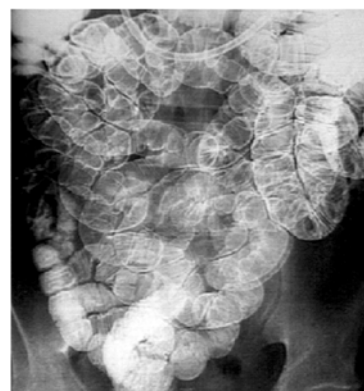
-pozitív (jobban abszorbeál, mint a környezete – nagyobb effektív rendszám)



## Kontrasztanyagok alkalmazása II.

-negatív, illetve kettős kontraszt

(negatív kontrasztanyag: kevésbé abszorbeál, mint a környezete – kisebb sűrűség)



## Digitális szubtrakciós angiográfia (DSA)

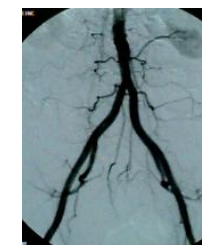
kontrasztanyag  
nélkül



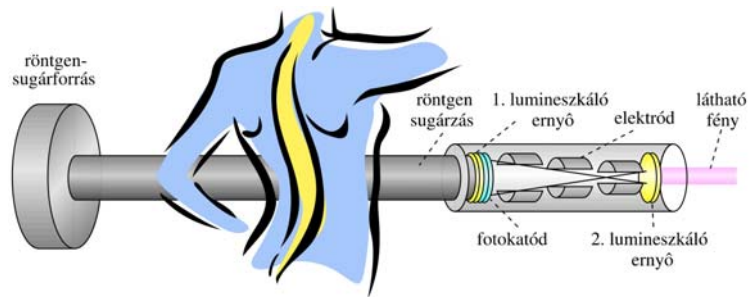
kontrasztanyaggal



a kettő  
különbsége

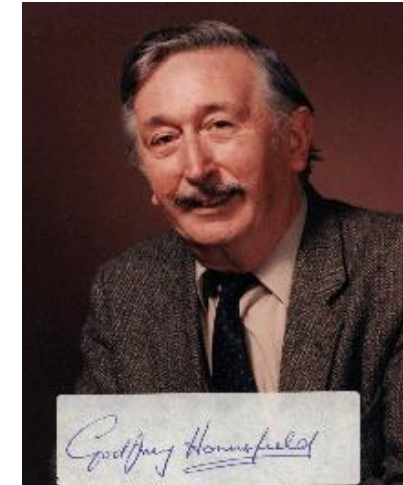


Elektronikus röntgenkép-erősítő  
cél: a képminőség javítása és a sugárterhelés csökkentése



## Röntgenabszorpciós CT

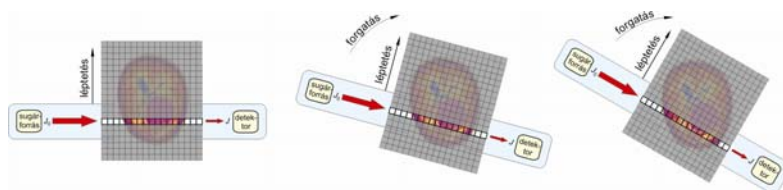
Cormack és Hounsfield – orvosi Nobel-díj 1979.



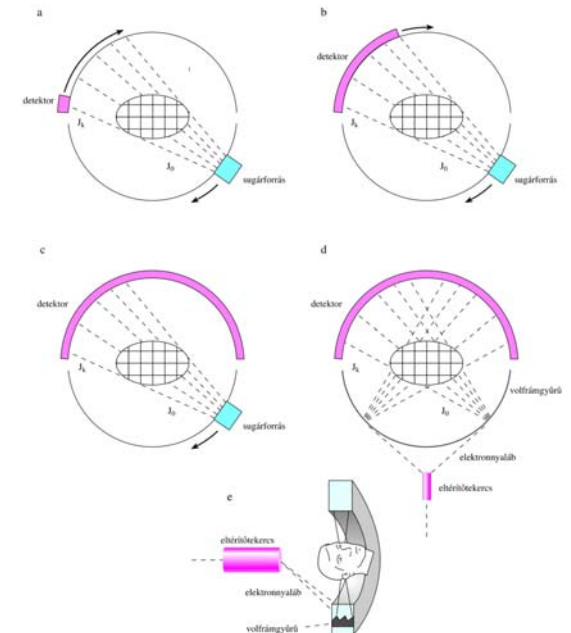
Röntgenabszorpciós CT  
átvilágítás sok irányból – a számítógép meghatározza az egyes képelemek denzitását.

$$D = \mu \times l \times e$$

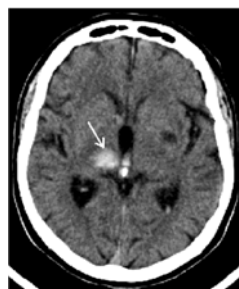
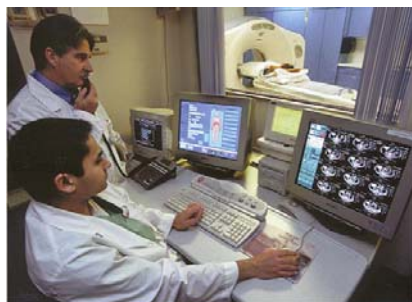
Keresztmetszeti képet kapunk, de az egymás feletti képek megfelelő részleteiből bármilyen irányú metszet rekonstruálható.



## CT generációk



CT készülék



Spirál CT és 3D rekonstrukció

