

# IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

## Röntgensugárzás Radioaktív sugárzás

**1895: Wilhelm Conrad Röntgen felfedezése X-Ray, katódsugárcsőves  
Generátor segítségével képet hozott létre (Nobel Díj 1901)**

**1896 Radioaktivitás felfedezése Henri Becquerel 1903 Nobel-díj**

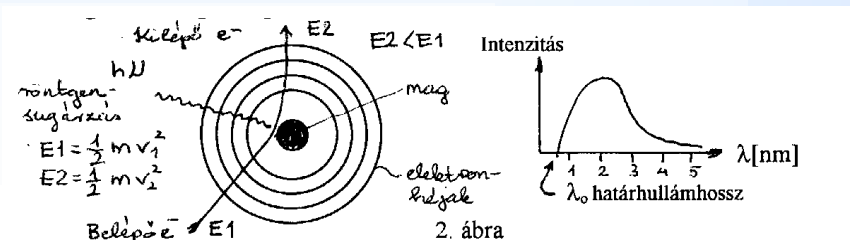
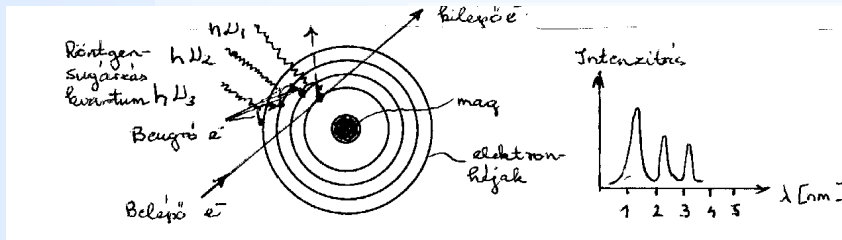
**1900 Gamma-sugárzás felfedezése Paul Ulrich Villard**

# RÖNTGENSUGÁRZÁS

Fajtái:

Karakterisztikus

Fékezési



A fékezési röntgensugárzás spektruma: folytonos, a  $\lambda_0$  határhullámhossz  
DUANE-HUNT törvénye alapján a következő:

$$\lambda_0 = 1,24 / U \quad [\text{nm}],$$

ahol  $U$  a maximális csőfeszültség [kV] mértékegységben.

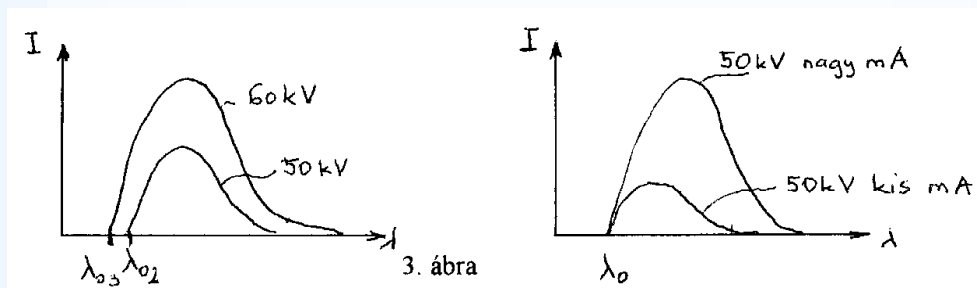
**Intenzitás fogalma:** (más gyakran használt elnevezéssel: besugárzott felületi teljesítmény, fluxussűrűség) Jele:  $I$ . A sugárzás intenzitását a sugár terjedési irányára merőleges  $A$  egységnyi felületen,  $t$  egységnyi idő alatt áthaladó  $E$  energia adja meg:

$$I = E / (A \cdot t), \text{ mértékegysége } [\text{J/m}^2], [\text{N/m}^2]$$

# RÖNTGENSUGÁRZÁS

Vizsgáljuk meg hogyan függ a röntgensugárzás intenzitása a csőre kapcsolt feszültségtől ill.

a csövön átfolyó áram erősségétől!



A röntgensugárzás hullámhossztartománya:  $5 \cdot 10^{-12} \div 3 \cdot 10^{-10}$  m. A röntgensugárzás

keletkezésekor a befektetett energiának nagy része hővé alakul. 100 kV röntgensőfeszültség esetén az elektron energiának alig 1%-a alakul át röntgensugárzássá. Ebből a gyakorlatban a hasznos nyalábot a teljes sugárzás 2%-a alkotja.

Így adódik eredményül a röntgenső egyesített hatásfokára 0,02%!

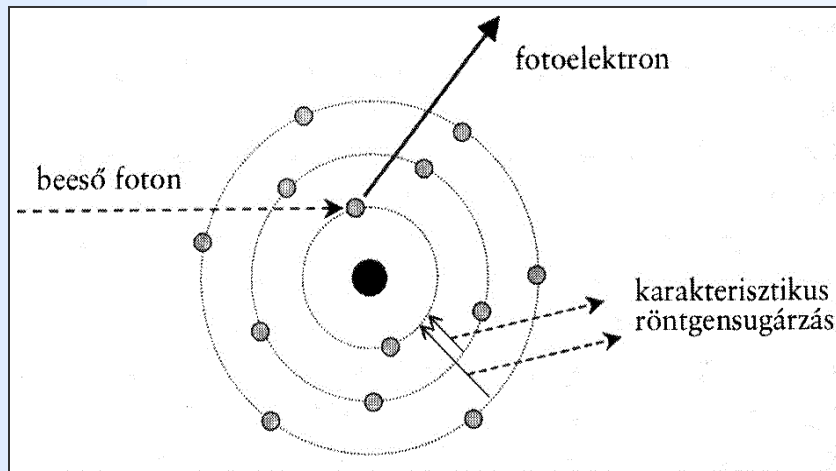
# **RÖNTGENSUGÁRZÁS**

## **tulajdonságai**

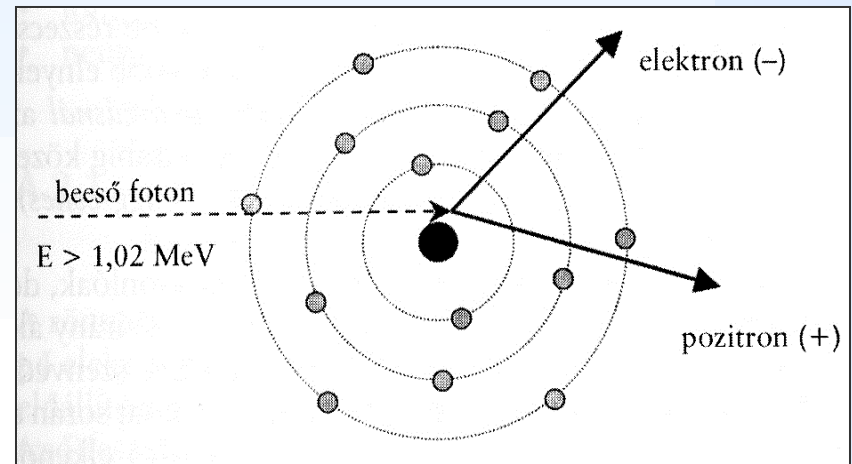
- 1. Láthatatlan;**
- 2. Intenzitása a forrástól való távolsággal  $r^2$  arányban csökken ( gömbfelület mentén állandó );**
- 3. Anyagon élön és élettelenen áthalad;**
- 4. Elektrosztatikus és mágneses tér irányából nem téríti el;**
- 5. Fotoemulziós anyagon változtat ( 1000 Ag atomra hat, míg a látható fény egy fotonja 1 Ag atomot képes létrehozni ) Például. filmdóziméterek;**
- 6. Hatására bizonyos vegyületek látható fényt bocsátanak ki. Ezt a jelenséget fluoreszcenciának nevezik ( a röntgen sugárzás detektálásának ez az egyik alapvető módszere. ZnS, CsI, ... szintilláció );**
- 7. Vezetőképességet változtat: például aSe amorf szelénét, amelyet a röntgenxerográfiában fel is használtak. (röntgen  $\rightarrow$  optikai kép  $\rightarrow$  töltéskép);**
- 8. Gázokat ionizál ( detektálása ionizációs kamrával Például levegő, Xenont );**
- 9. Biológiai elváltozásokat okoz;**
- 10. A röntgensugárzás útjába helyezett testekről minden irányban másodlagos röntgen sugárzás un. szórt sugárzás indul ki.**

# RÖNTGENSUGÁRZÁS

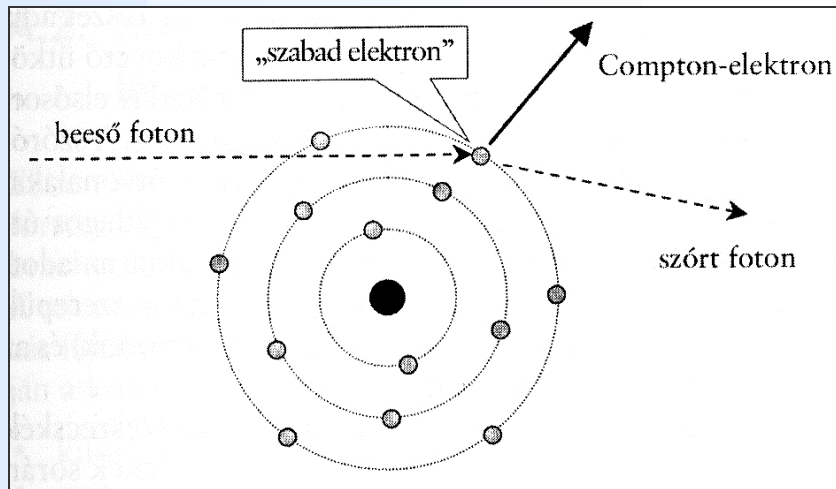
## Anyagra gyakorolt kölcsönhatása



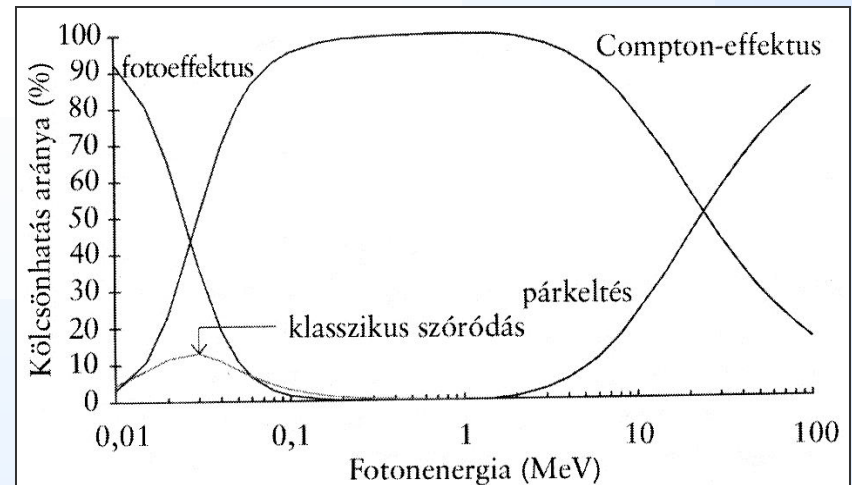
### Fotoeffektus



### Pároképzés



### Compton-effektus

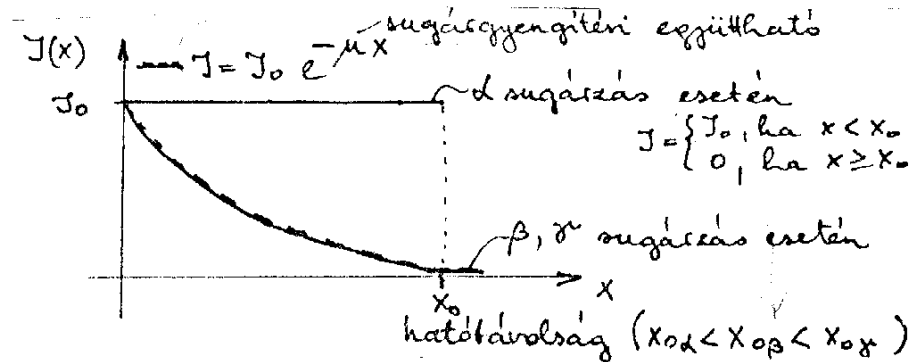


Fotonsugárzás és az elnyelő közeg közötti kölcsönhatások százalékos eloszlása az energia függvényében

# RÖNTGENSUGÁRZÁS

## Anyagra gyakorolt kölcsönhatása: sugárgyengítés

Essék az anyagra  $I_0$  intenzitású párhuzamos röntgensugár-nyaláb. A homogén összetételű anyag vastagságát jelölje  $x$ , amelynek függvényében ábrázolva az áthaladó sugárzás intenzitását, kapjuk a sugárgyengülési görbét.



Képlettel:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x},$$

ahol  $\mu$  a lineáris sugárgyengítési együttható

$\mu$  függ: az anyag fajtájától  $Z$  rendszámától ,

$\rho$  sűrűségétől, valamint a röntgensugár  $\lambda$  hullámhosszától és energiájától, azaz  $\mu(Z, \rho, \lambda)$

# RÖNTGENSUGÁRZÁS

**Anyagra gyakorolt kölcsönhatása: sugárgyengítés, tömeggyengítés, felezőréteg**

$$\mu = \tau + \sigma + \chi,$$

ahol  $\tau$  a fotoabszorpció,  $\sigma$  a Compton szóródás, míg  $\chi$  a párképződés sugárgyengítési tényezője, tehát  $\mu$  három folyamat együttes jellemzője.

Nézzük a kölcsönhatások jellemzőit:

$$\tau = \text{constans } \rho \lambda Z^4,$$

$$\sigma = \text{constans } \rho \lambda Z.$$

Ha a röntgensugárzás kvantumenergiája eléri az 1,022 MeV-ot, akkor a kölcsönhatás  $\chi$  párképződés. Ez az az energiatartomány, amelyben a röntgendiagnosztika már nem dolgozik.

Jellemző még az anyagra a tömeggyengítési együttható, amely a  $\mu$  lineáris sugárgyengítési együttható anyag sűrűségével vett hányadosa definiál, valamint a felezőréteg FVR, amely azt a távolságot jelenti, ahol az anyagon áthaladó sugárzás intenzitása felére csökken



# RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSOK

Az atommag szerkezetének megismerése szempontjából többet mond a nem alapállapotú gerjesztett atommag viselkedése. A kutatások során először a spontán rádióaktivitást fedezték fel. **Becquerel** vette észre először, hogy bizonyos anyagok sugárzást bocsátanak ki. Rutherford állapította meg, hogy **a sugárzás az atommagokból ered** és háromféle fajtája van:

- az  $\alpha$  sugárzás,
- a  $\beta$  sugárzás, és
- a  $\gamma$  sugárzás, amely az elektromágneses sugárzási tér nagyenergiájú kvantumjait (fotonjait) tartalmazza.

**Az  $\alpha$  sugárzás** amely kétszeres pozitív töltésű hélium-ionokból áll

**A  $\beta$  sugárzás** amely nagysebességű elektronokból áll

**A  $\gamma$  kvantum az elektromágneses sugárzási tér kvantuma**



# RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSOK

## bomlási törvény, felezési idő, aktivitás, hatótávolság

Tapasztalati tény az, hogy egy atommag valamely  $T$  időtartam alatt történő elbomlásának valószínűsége csak  $e$   $T$  időtartamtól függ és nem függ az atommag korábbi viselkedésétől. Ha a  $dt$  időtartam alatt történő bomlások száma  $dN$  és akkor  $N$  mag van jelen  $dN = -\lambda N dt$ , ahol  $\lambda$  a **bomlási állandó**.

$T$  időtartamra integrálnunk kell ezt az kifejezést, és ezzel ismertté válik a sugárzó radioaktív anyagok viselkedésére jellemző összefüggés, amely a **bomlási törvény**:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

**Felezési idő** az az időtartam mely alatt a bomló magok száma a felére csökken.

### Aktivitás

A bomlás erősségét az aktivitás jellemzi, amelyet az időegység alatti bomlások száma definiál. **Az aktivitás mértékegysége az egy Becquerel**, annak a radioaktív sugárforrásnak az aktivitása, amelyben egy secundum idő alatt egy bomlás következik be.

**Hatótávolság** az emberi test felületét érő 1MeV energiájú sugárzásokra,  $\beta$  sugárzás esetén: 5mm,  $\gamma$  sugárzás esetén: végtelen és  $\alpha$  sugárzás esetén: 0,05mm.

# RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSOK

## Sugárzás detektálása

A sugárzás kimutatására az anyag és sugárzás kölcsönhatásakor fellépő jelenségek adnak lehetőséget:

**Elsődleges kölcsönhatást** okoz ( ionizálás, gerjesztés ) minden töltéssel bíró részecske:  $\alpha$ ,  $\beta$ .

**Másodlagos kölcsönhatás** létrejötte révén észleljük a röntgen és  $\gamma$  sugárzást (fotoelektron, Compton effektus...).

**Ha a kölcsönhatás kapcsán a héjelektron az atomot, ill. a molekulát elhagyja,** az anyag halmazállapotától függően:

- **gázoknál** többnyire ionizáció, néha kémiai reakció következik be;
- **folyadékoknál** disszociáció történik, ami vezetőképesség változással ill. kémiai változással jár együtt;
- **szilárd anyagokban** vegyi változások, ill. elektronoknak vezetési sávba való emelése, ill. szekunder elektronoknak az anyag felületéből való kilépése következik be.

**Ha a kölcsönhatás kapcsán csupán gerjesztés történik,** akkor halmazállapottól függetlenül az alapállapotba való visszatéréskor egyrészt **lumineszcencia** ( főképp fluoreszcencia ), másrészt **hőtartalom** változás következhet be.