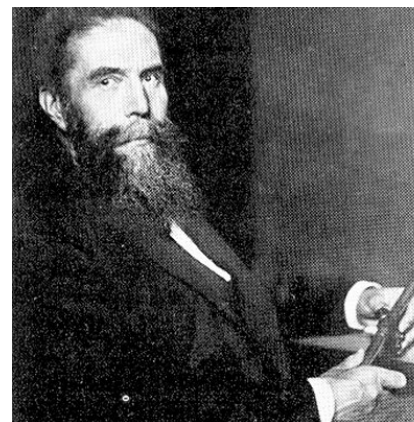


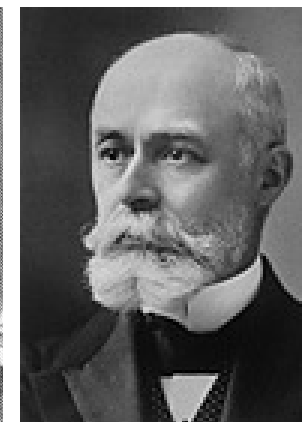


# Az ionizáló sugárzások alkalmazásának fizikai alapjai

Dr. Voszka István  
Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



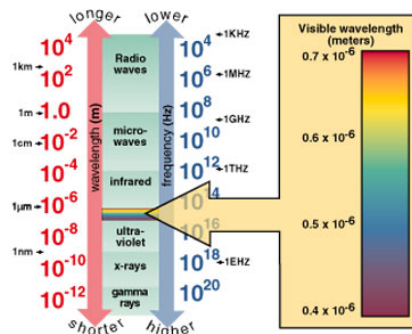
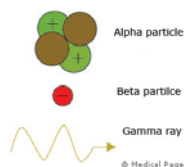
Wilhelm Conrad Röntgen  
1845-1923



Antoine Henri Becquerel  
1852-1908

## Ionizáló sugárzások

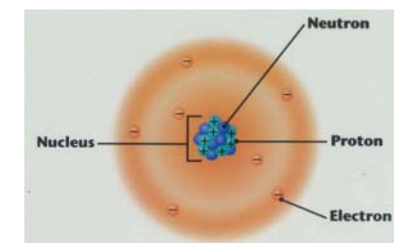
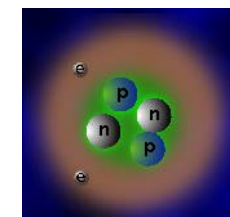
- a) **körpuszkuális:** nyugalmi tömeggel rendelkező részecskék alkotják  
Pl:  $\alpha$ ,  $\beta$ , proton, neutron
- b) **elektromágneses:** nyugalmi tömeggel nem rendelkezik, fotonok alkotják  
 $\gamma$ , röntgen



$$E = hf = hc/\lambda$$

## 1. Az atom szerkezete; ionizáció, gerjesztés

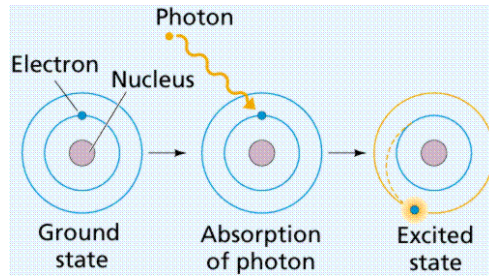
Atommag:  $d = 10^{-15} - 10^{-14}$  m  
 benne protonok (számuk  $\rightarrow$  rendszám-Z)  
 neutronok (protonok + neutronok [nukleonok] száma együtt  $\rightarrow$  tömegszám-A)  
 Magsugárzások:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$   
 Elektronburok:  $d \approx 10^{-10}$  m  
 elektronok száma = protonok száma  
 elhelyezkedés meghatározott sugarú és energiájú pályákon (kvantáltak)



Gerjesztés:  $\Delta E = h\nu = hc / \lambda$

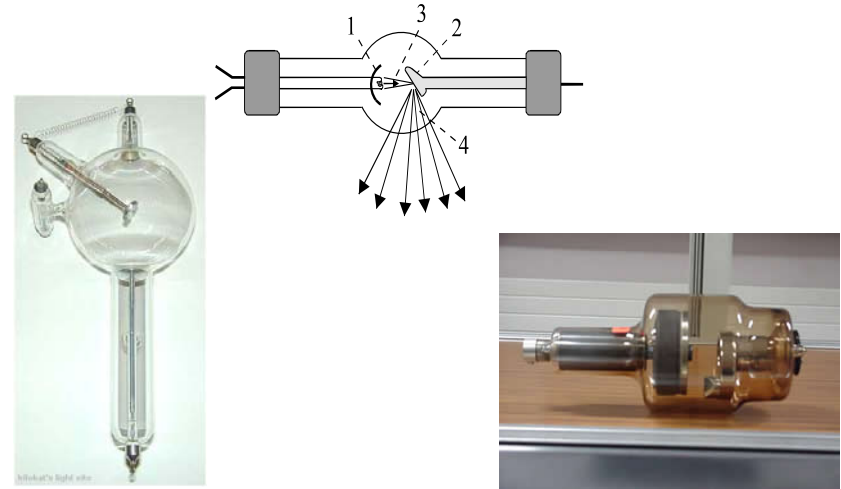
Ionizáció:  $h\nu \geq \Delta E$

Elektronburokból származó sugárzás:  
röntgen



## 2. Röntgensugárzás keletkezése

Előállítás leggyakrabban röntgensőben

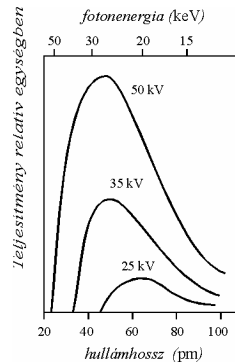


Típusai: fékezési sugárzás

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

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

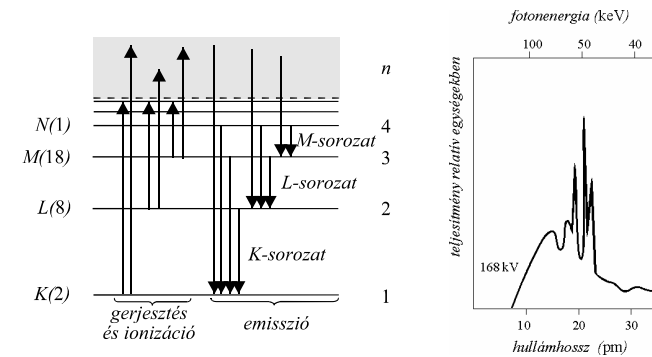
Alkalmazása: röntgen képalkotás

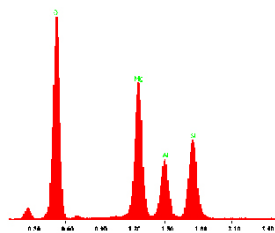


## karakterisztikus sugárzás

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

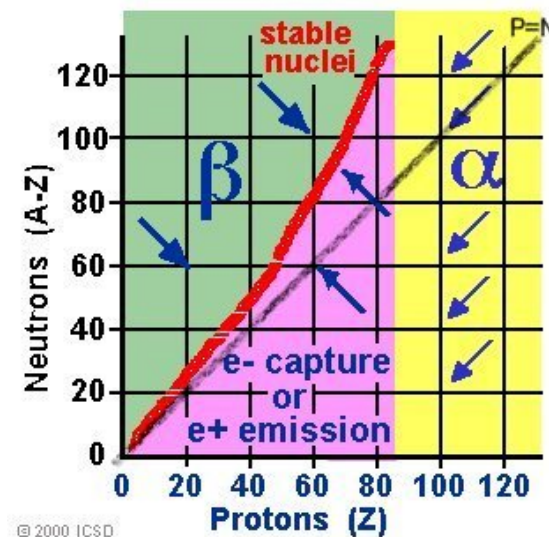
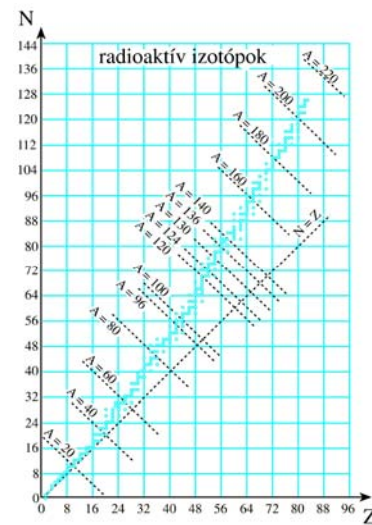
Alkalmazása: csontdenzitometria, anyagazonosítás, molekulaszervezet vizsgálata



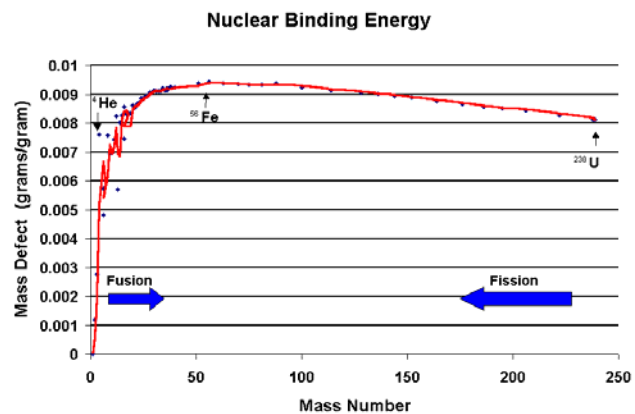


### 3. Magerők, az atommag stabilitása

A protonok és neutronok között vonzó- és taszítóerők hatnak

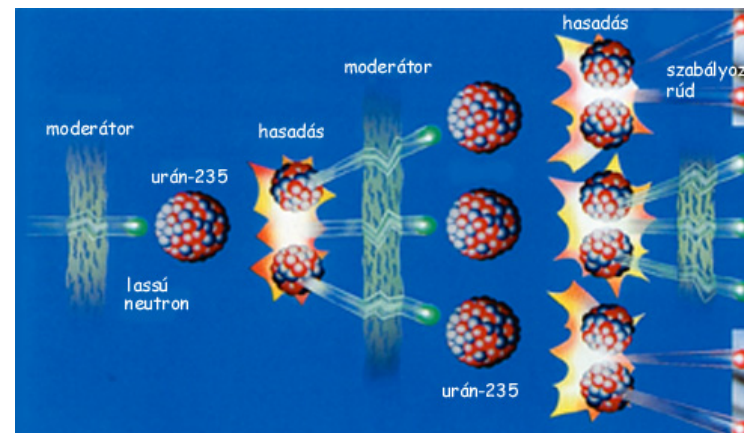


Az egy nukleonra jutó kötési energia közepes méretű magok esetén a legnagyobb (legstabilabb magok)

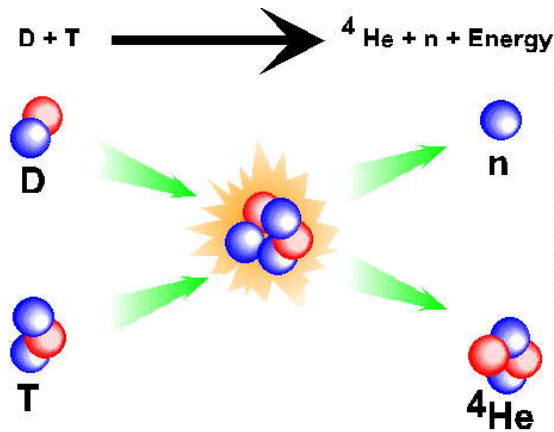


Ezen állapot elérhető:

- nehéz magok hasadásával (atomreaktor, atombomba)



- könnyű magok fúziójával (fúziós reaktor, H-bomba)



Izotópok: azonos rendszám, de eltérő tömegszám  
(lehet stabilis vagy radioaktív)

↙ ↘  
természetes mesterséges

### The Nuclei of the Three Isotopes of Hydrogen

**Protium**



1 proton

**Deuterium**



1 proton  
1 neutron

**Tritium**



1 proton  
2 neutrons

#### 4. Radioaktív bomlás, aktivitás

Bomlási sebesség:  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$   $\frac{dN}{dt} = \Lambda$   
(aktivitás) [bomlás/s = 1/s = Bq (becquerel)]

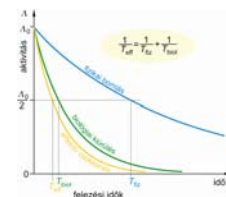
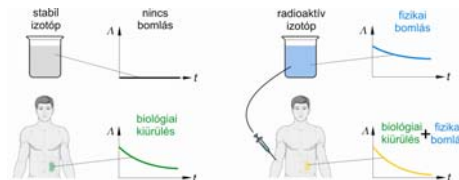
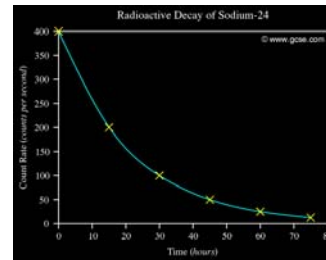
(1 Ci (curie) =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq)

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{0,693}{T}$$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \quad \Lambda = \Lambda_0 e^{-\lambda t}$$

Kapcsolat a felezési idők között:

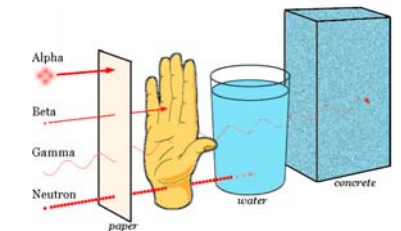
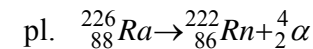
$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{fiz}} + \frac{1}{T_{biol}}$$



#### 5. Bomlási típusok

Alfa bomlás

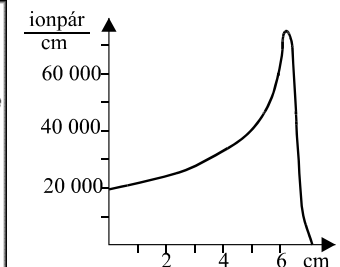
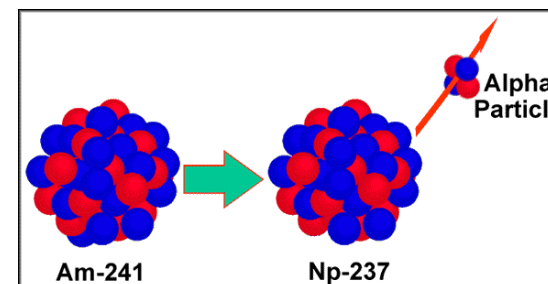
Z 2-vel, A 4-gyel csökken



- meghatározott energiájúak (vonalas spektrum)

- hatótávolságuk rövid (vízben, szövetben néhányszor 10 μm)

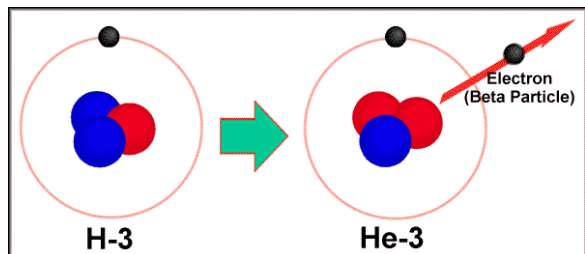
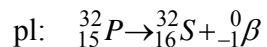
Alkalmazás: csak terápia



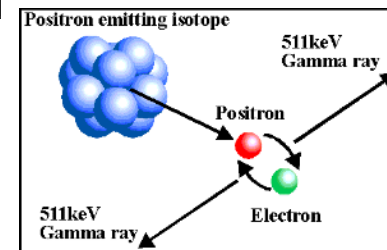
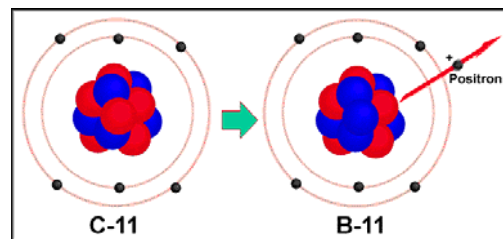
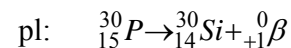


**Béta bomlás**

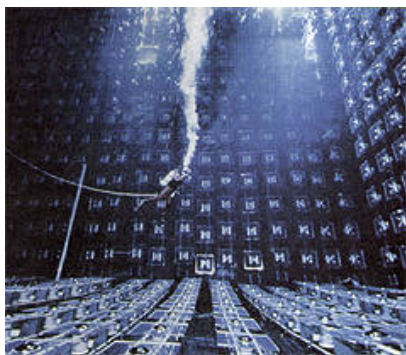
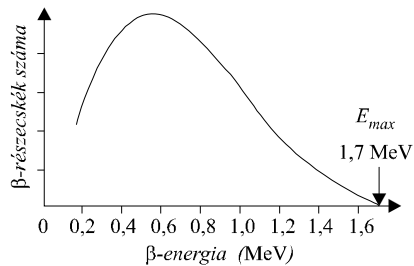
- negatív β-bomlás: Z 1-gyel nő



- pozitív β-bomlás: Z 1-gyel csökken



A mag energiavesztése adott értékű, a spektrum mégis folytonos. Oka: neutrínó.



Alkalmazás:  $\beta^-$ : terápia és in vitro  
 $\beta^+$ : PET

**Gamma sugárzás**

Az α- vagy β-bomlást követően a mag energiafölöslegétől elektromágneses sugárzás formájában szabadul meg.

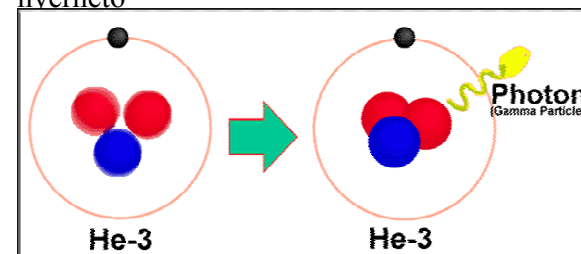
- prompt γ-sugárzás:

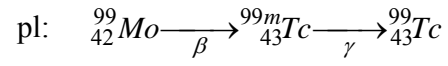
$10^{-13}$ - $10^{-18}$  s-on belül követi a részecskesugárzást

- izomer magátalakulás:

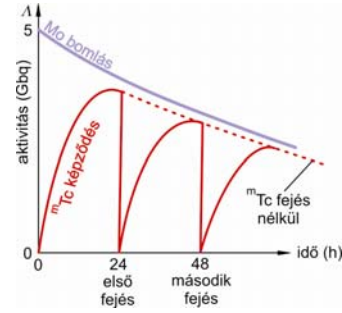
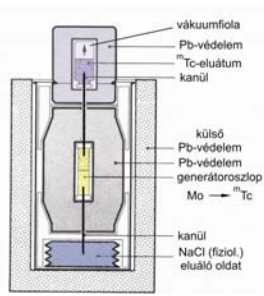
hosszabb, mérhető felezési idővel követi a részecskesugárzást

Előny: a kettő szeparálható, tisztán γ-sugárzó izotóp nyerhető



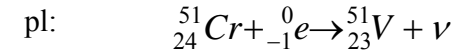


Alkalmazás: in vivo diagnosztika (igen jól használható)



### Héjelektron befogás (K-befogás)

A mag a belső elektronhéjról befog egy elektront  $\rightarrow Z - 1$ -gyel csökken



Ezt karakterisztikus rgt. sugárzás követi.

Alkalmazás: in vivo diagnosztika

