



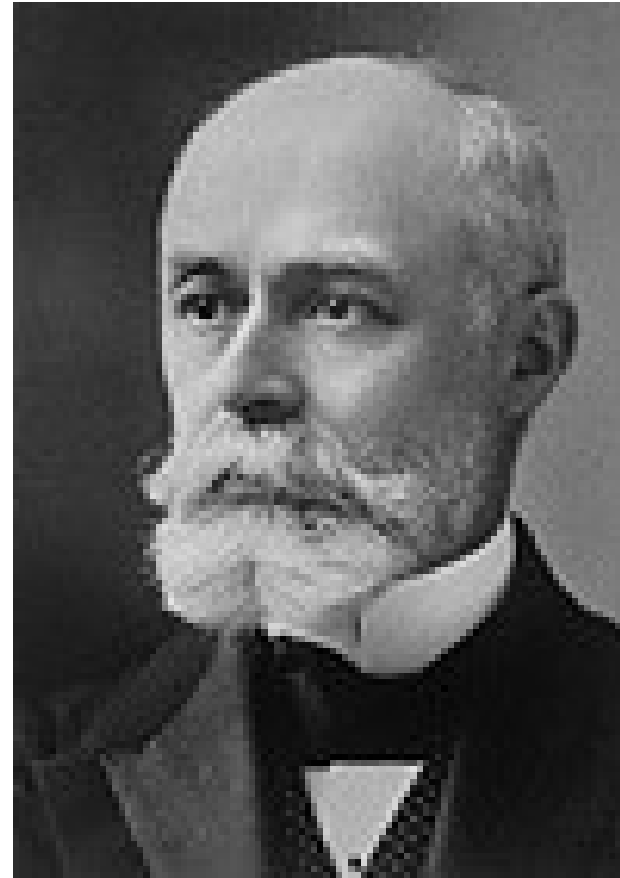
Atomfizikai ismeretek, röntgensugárzás és radioaktivitás

Dr. Voszka István

Semmelweis Egyetem Biofizikai és
Sugárbiológiai Intézet



Wilhelm Conrad Röntgen
1845-1923



Antoine Henri Becquerel
1852-1908

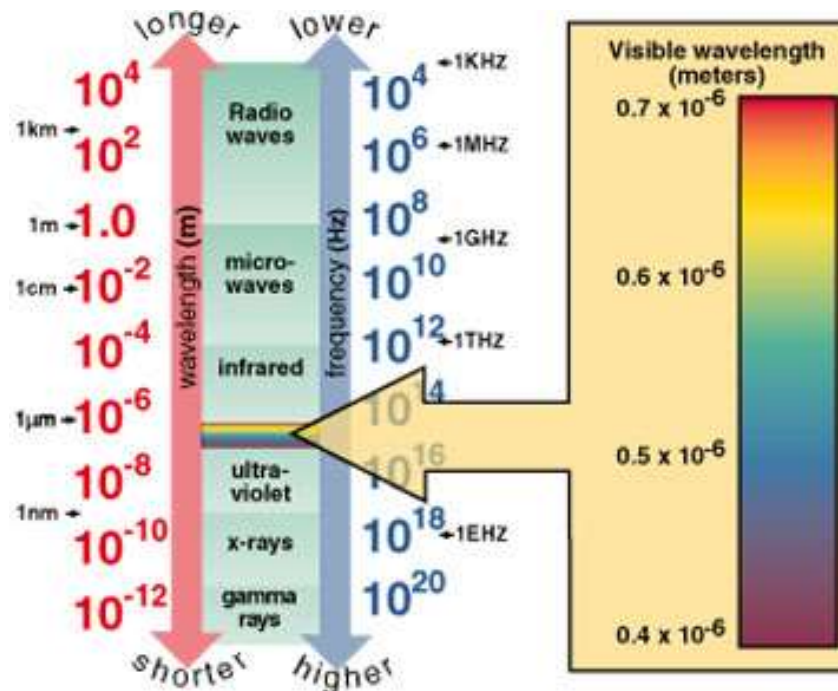
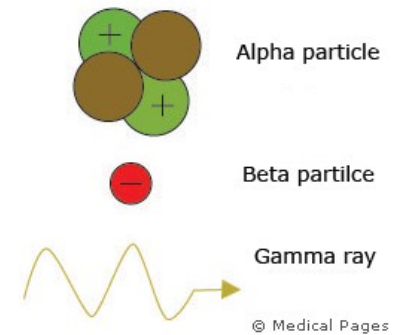
Ionizáló sugárzások

a) korpuszkuláris: nyugalmi tömeggel rendelkező részecskék alkotják

Pl: α , β , proton, neutron

b) elektromágneses: nyugalmi tömeggel nem rendelkezik, fotonok alkotják

γ , röntgen



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

1. Az atom szerkezete; ionizáció, gerjesztés

Atommag: $d = 10^{-15}\text{-}10^{-14}$ m

 benne protonok (számuk \rightarrow rendszám-Z)

 neutronok (protonok + neutronok

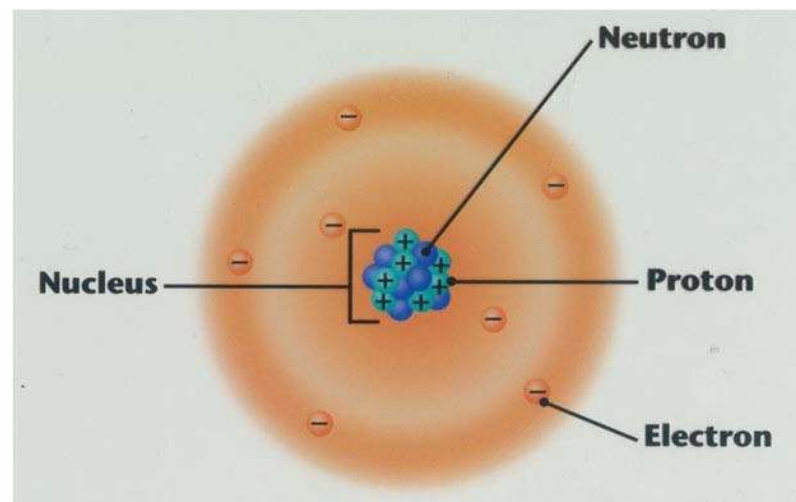
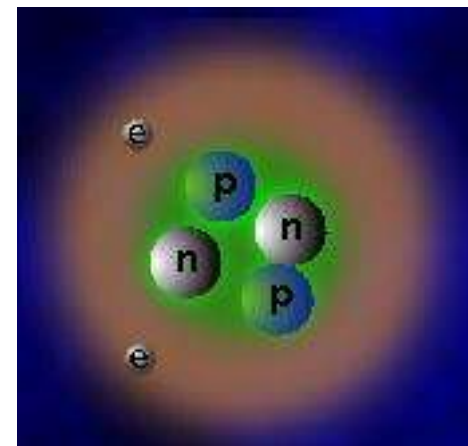
[nukleonok] száma együtt \rightarrow tömegszám-A)

Magsugárzások: α , β , γ

Elektronburok: $d \approx 10^{-10}$ m

 elektronok száma = protonok száma

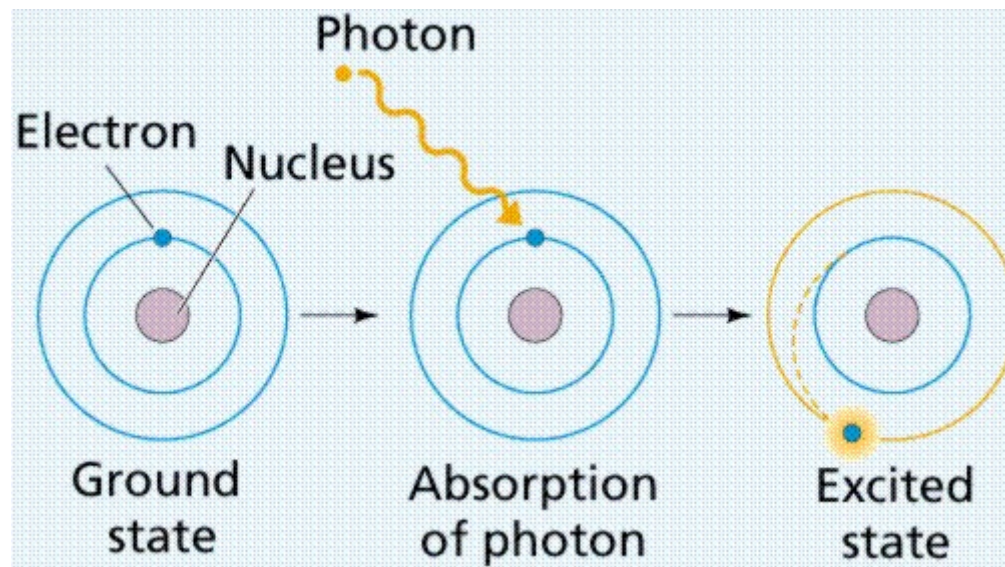
 elhelyezkedés meghatározott sugarú és
 energiájú pályákon (kvantáltan)



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

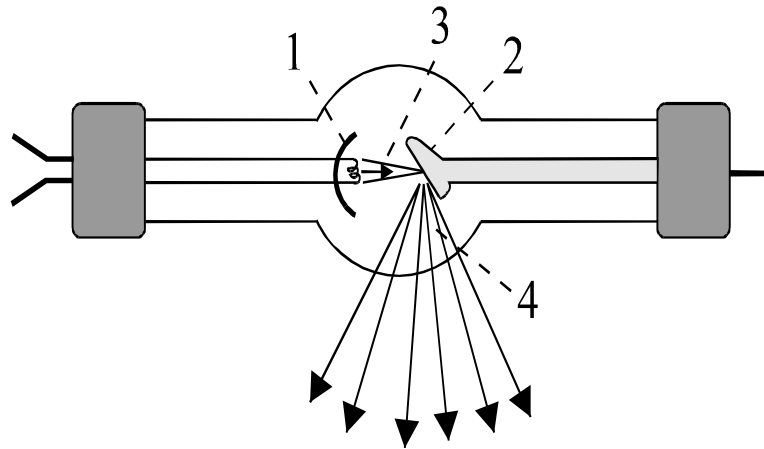
Ionizáció: $h\nu \geq \Delta E$

Elektronburokból származó sugárzás:
röntgen



2. Röntgensugárzás keletkezése

Előállítás leggyakrabban röntgencsőben

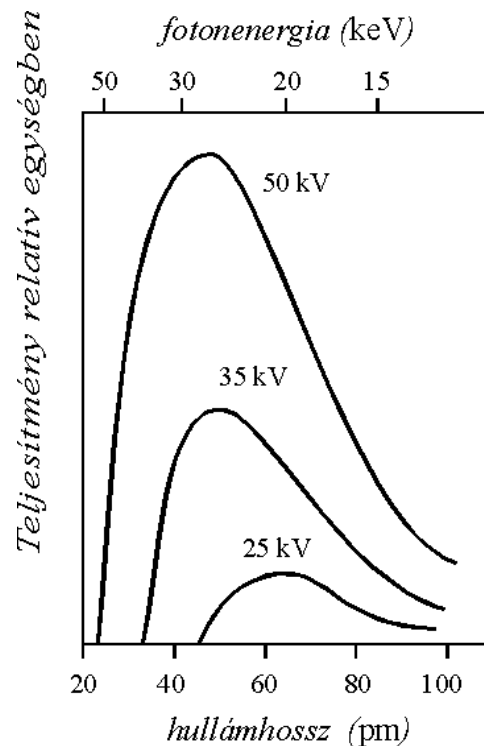


Típusai: fékezési sugárzás

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

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

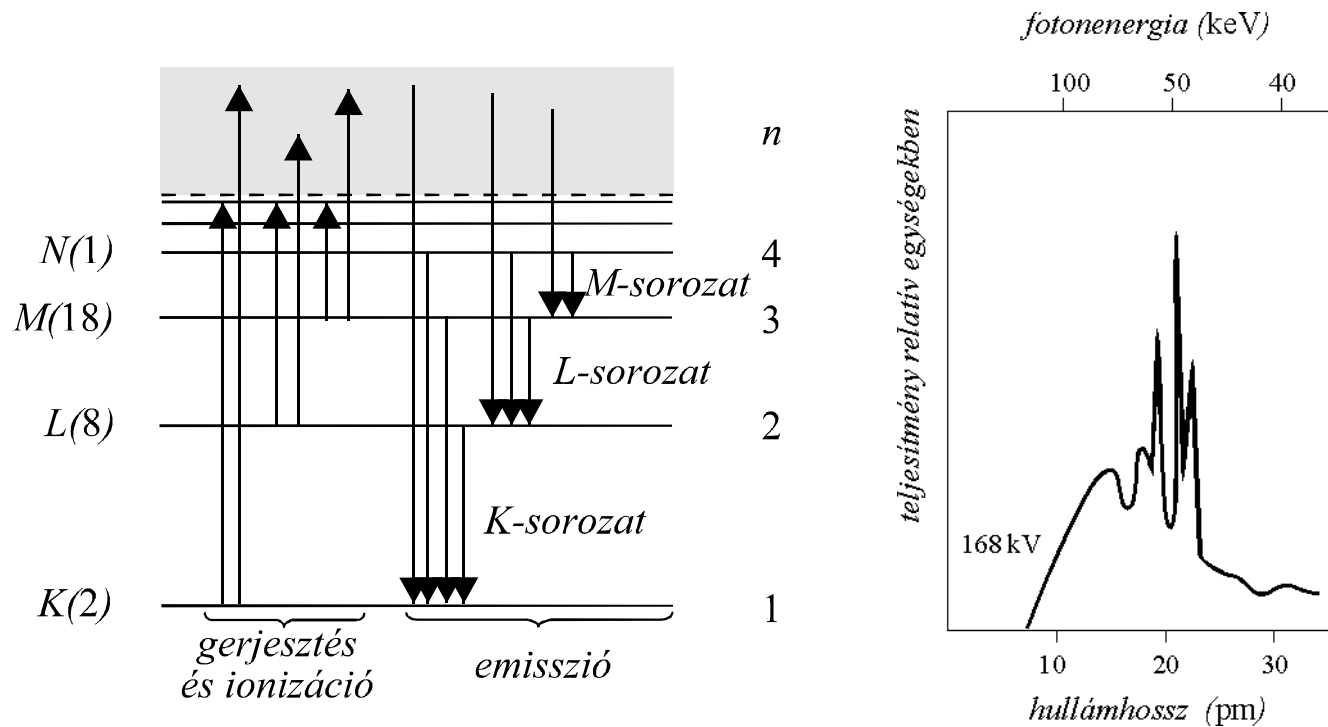
Alkalmazása: röntgen képalkotás

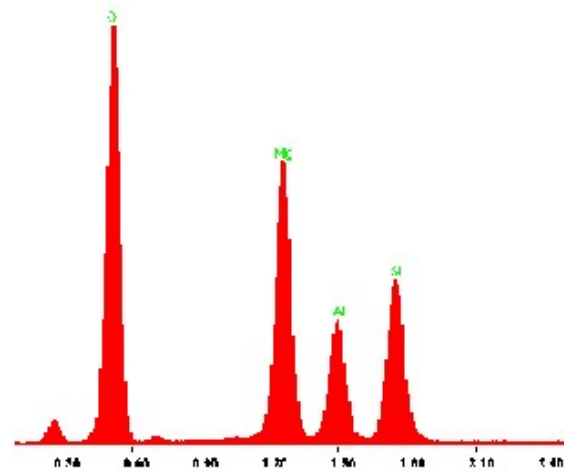
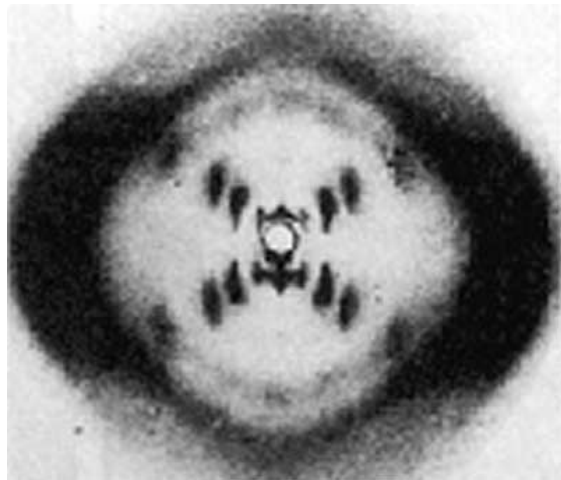


karakterisztikus sugárzás

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

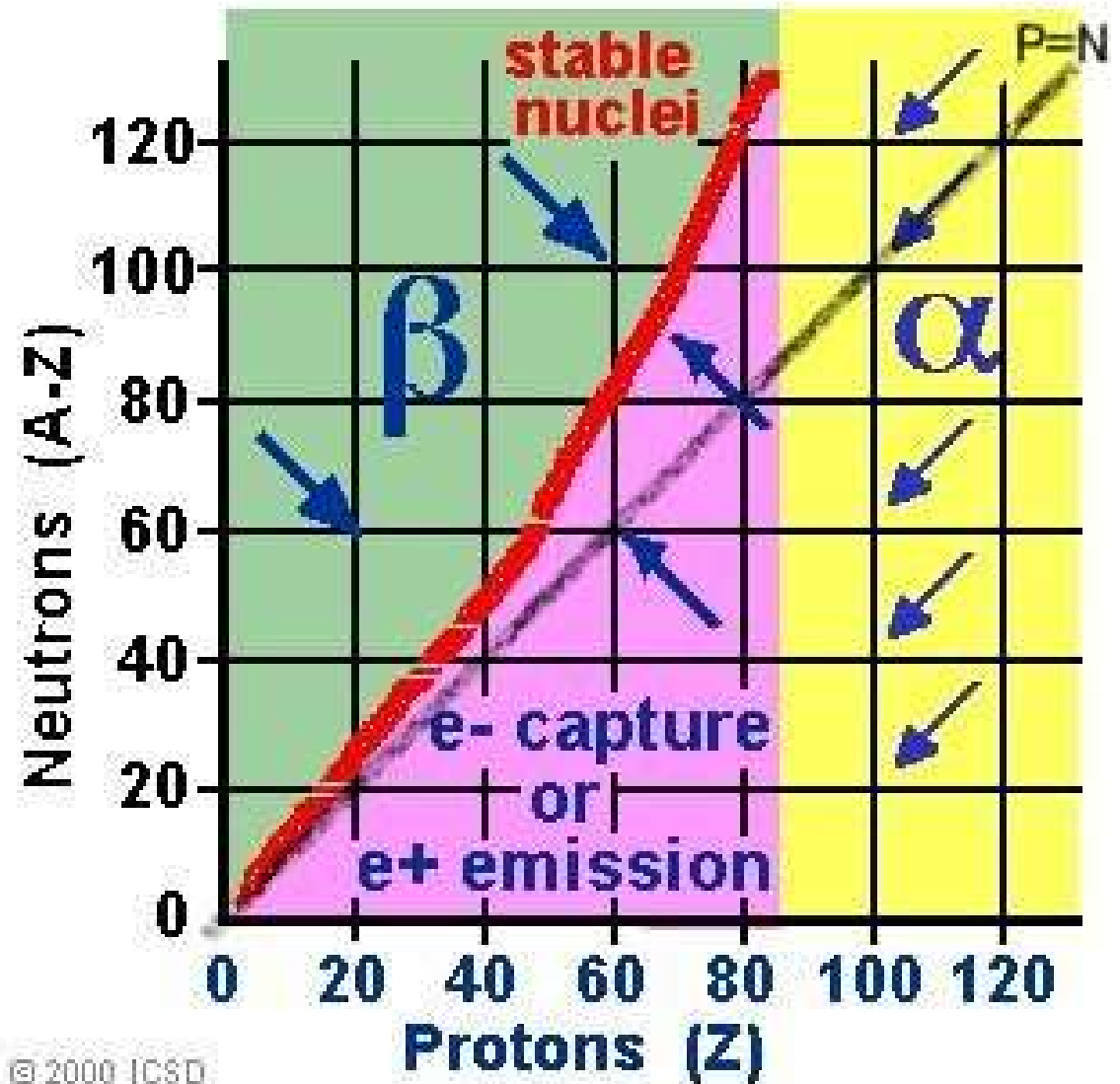
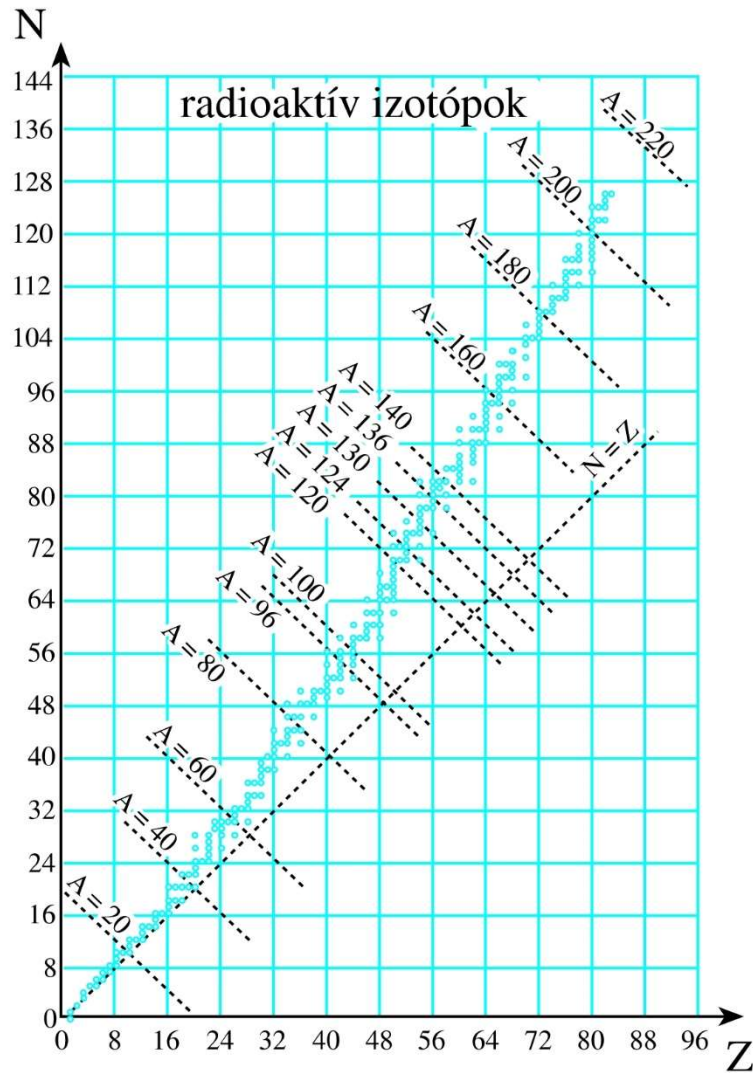
Alkalmazása: csontdenzitometria,
anyagazonosítás, molekulaszerkezet vizsgálata



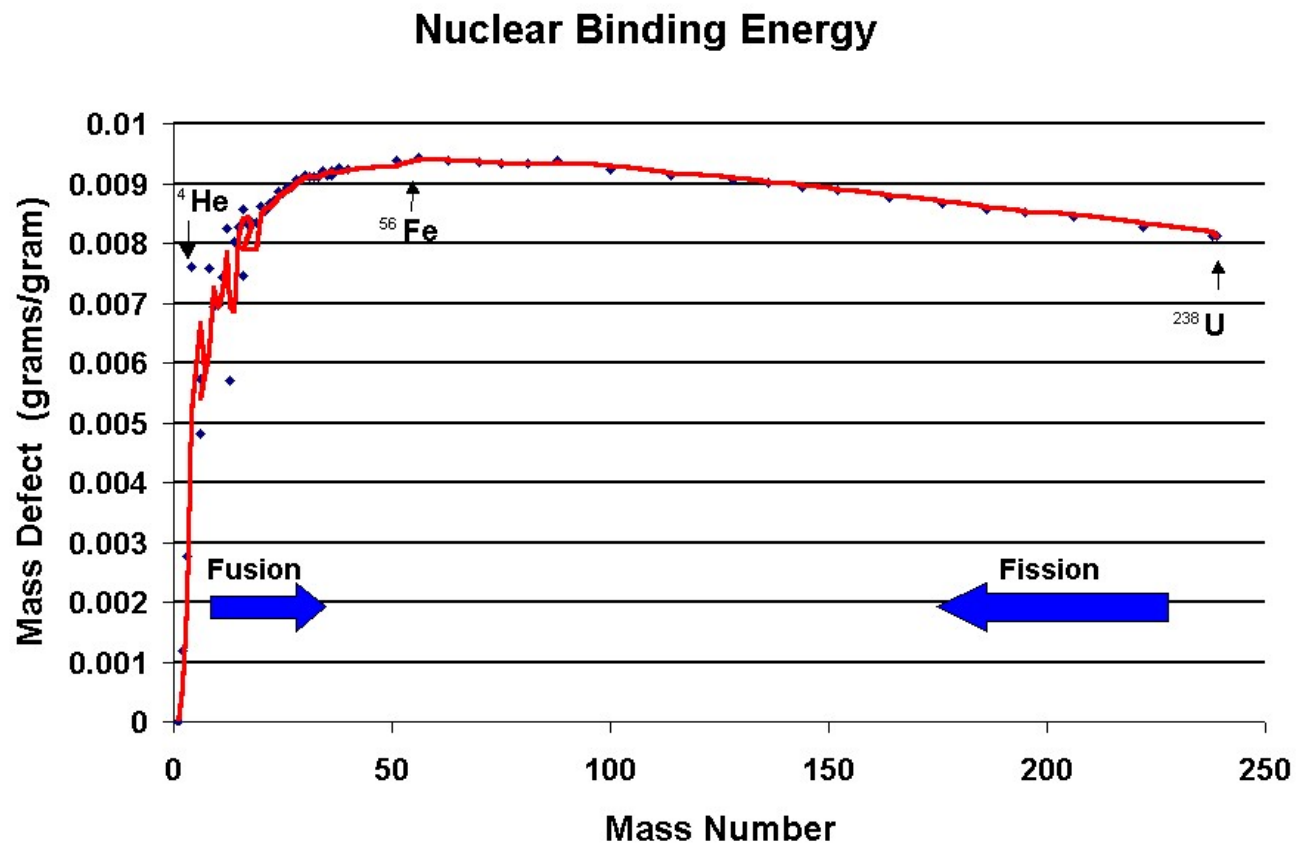


3. Magerők, az atommag stabilitása

A protonok és neutronok között vonzó- és taszítóerők hatnak

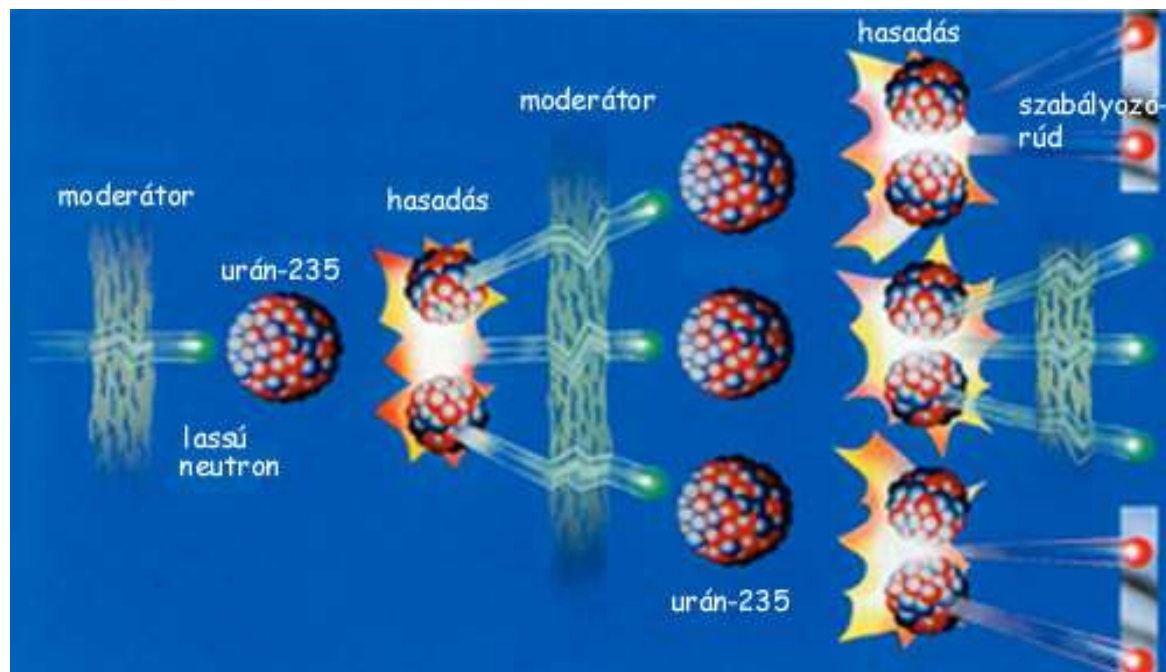


Az egy nukleonra jutó kötési energia közepes méretű magok esetén a legnagyobb (legstabilabb magok)

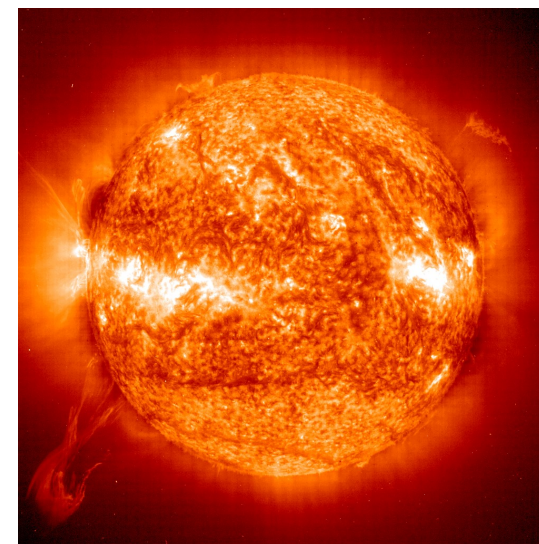
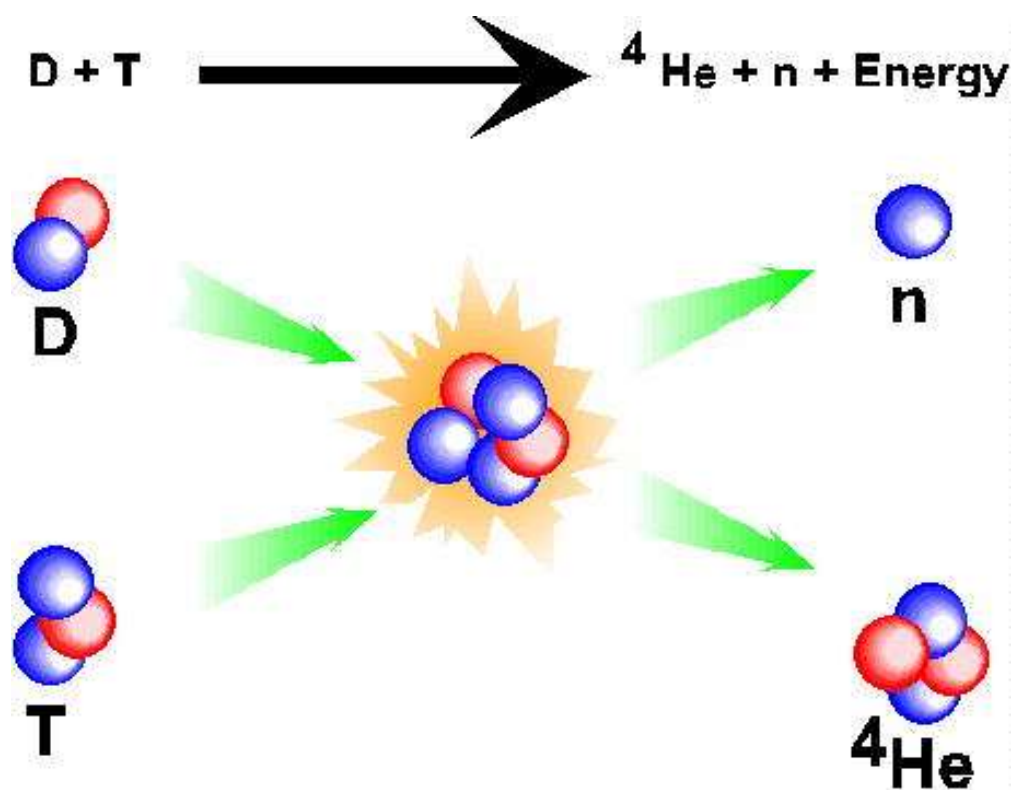


Ezen állapot elérhető:

- nehéz magok hasadásával (atomreaktor, atombomba)



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



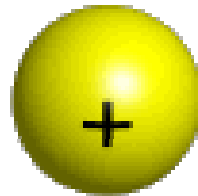
Izotópok: azonos rendszám, de eltérő tömegszám
(lehet stabilis vagy radioaktív)



természetes mesterséges

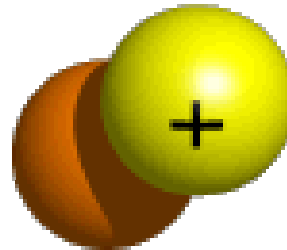
The Nuclei of the Three Isotopes of Hydrogen

Protium



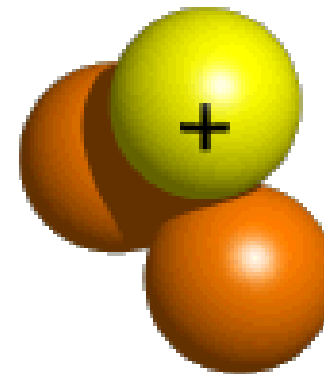
1 proton

Deuterium



1 proton
1 neutron

Tritium

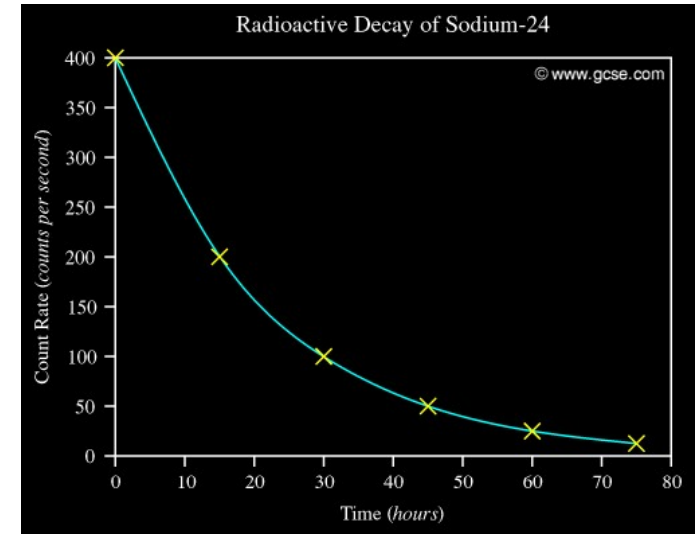


1 proton
2 neutrons

4. Radioaktív bomlás, aktivitás

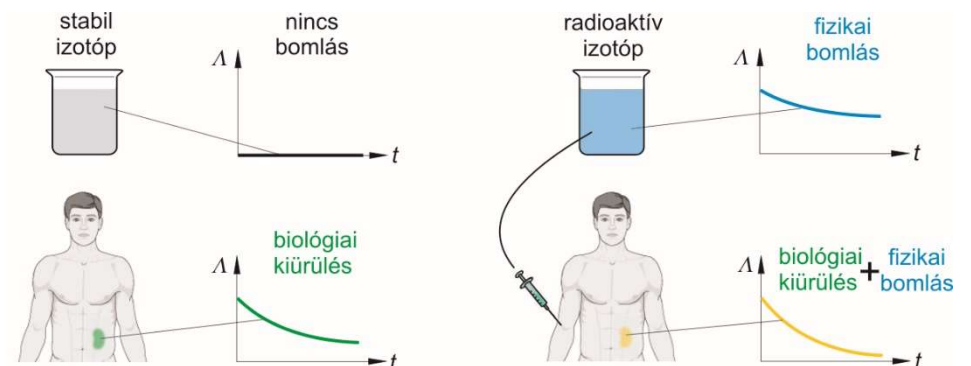
Bomlási sebesség: $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ $\frac{dN}{dt} = \Lambda$
 (aktivitás) [bomlás/s = 1/s = Bq (becquerel)]

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



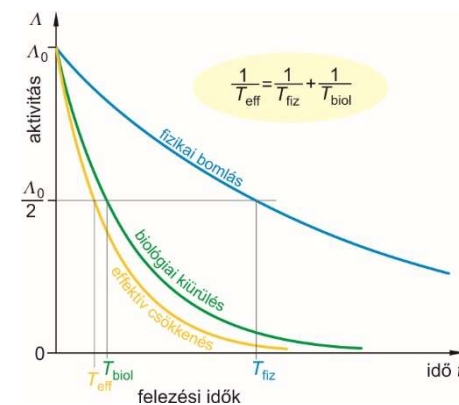
$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{0,693}{T}$$

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

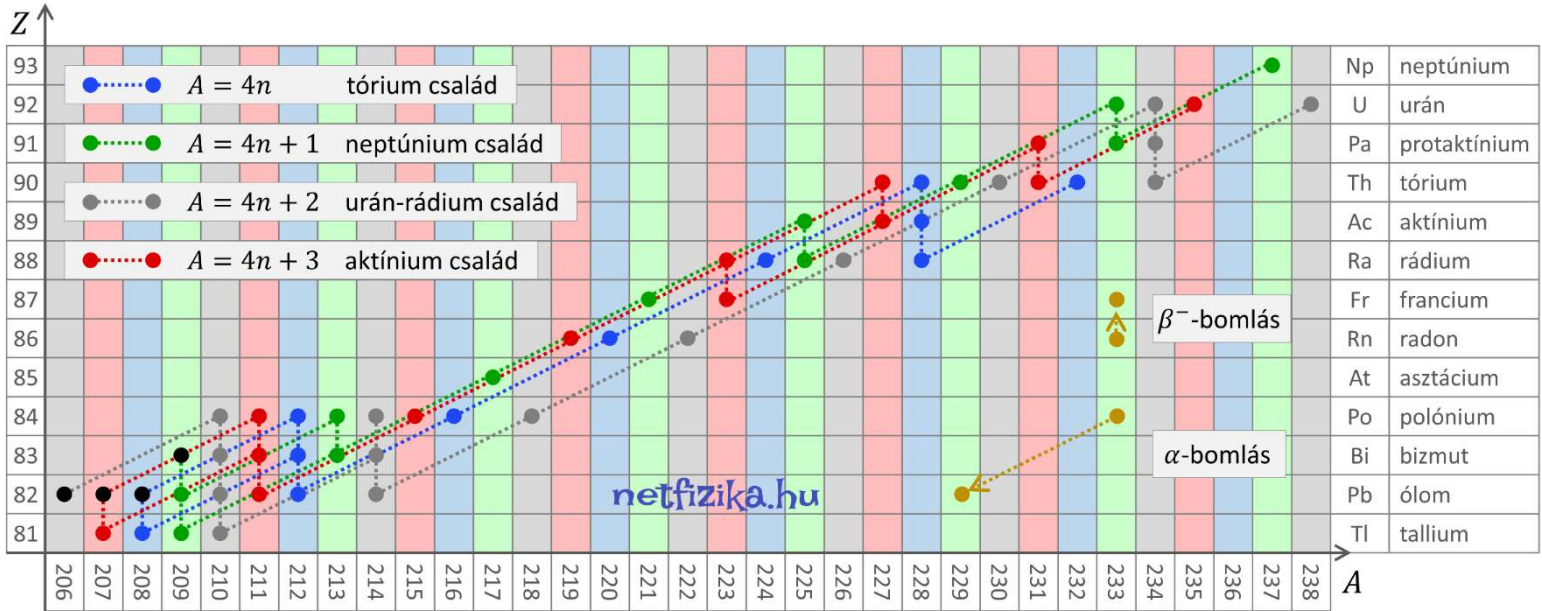


Kapcsolat a felezési idők között:

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



Radioaktív bomlási sorok (családok)



Felezési idők nagyságrendje: neptúnium család: millió év, a többi: milliárd év

1.3. Magreakciók sebessége, az aktivitás időtörvénye

Magreakciók sebessége

$$R = \sigma \Phi N_A$$

σ - hatáskeresztmetszet

Φ – beeső részecskék fluxusa

N_A – a célmagok száma egységnyi felületen

Az aktiválás időtörvénye

$$dN/dt = \sigma \Phi N_A - \lambda N$$

λ – bomlási állandó

(ha $t = 0$ időpontban a keletkezés mértéke 0, akkor az ismert bomlástörvényt kapjuk)

1.4. Főbb magreakciók típusai, gyakorlati jelentőségük

(n,γ) reakciók a leggyakoribbak

Pl. Na-23 (n,γ) Na-24

Co-59 (n,γ) Co-60

(n,p) reakciók

Pl. N-14 (n,p) C-14 (β⁻) N-14

P sugárzás

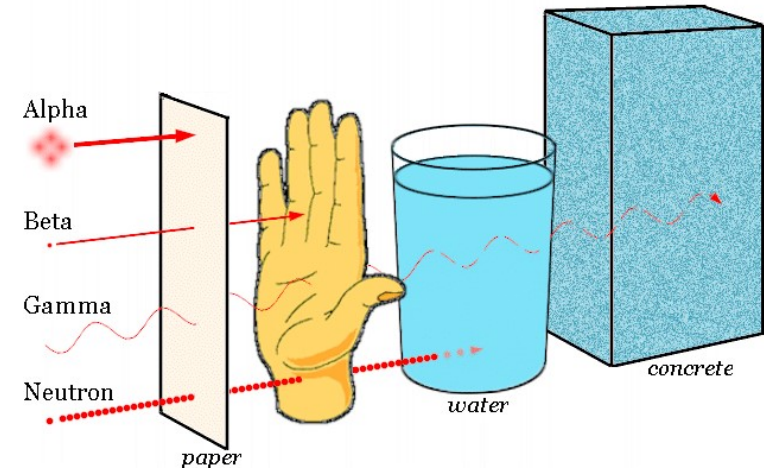
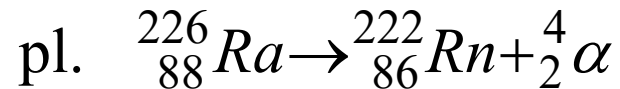
Pl. C-11 + p → N-12 + γ

protondús magok előállítása (PET)

5. Bomlási típusok

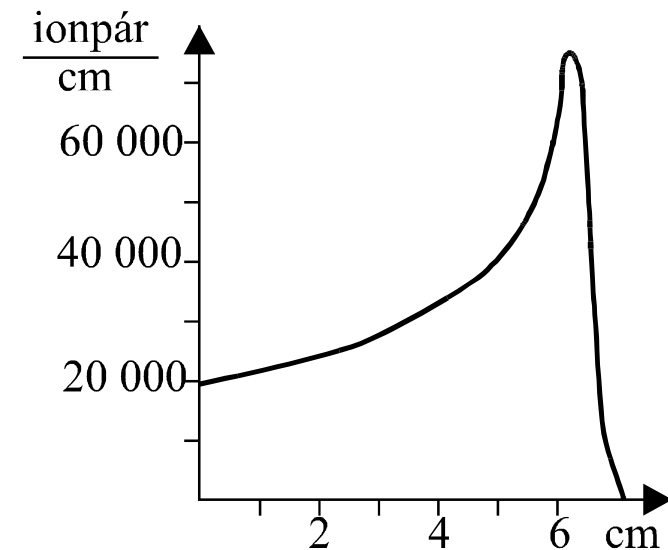
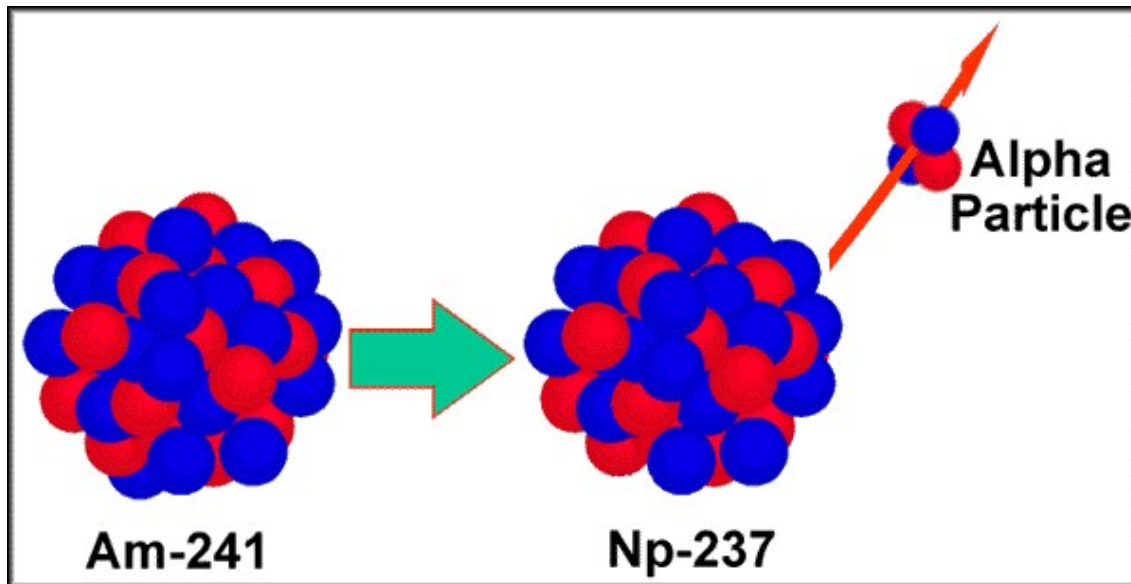
Alfa bomlás

Z 2-vel, A 4-gyel csökken



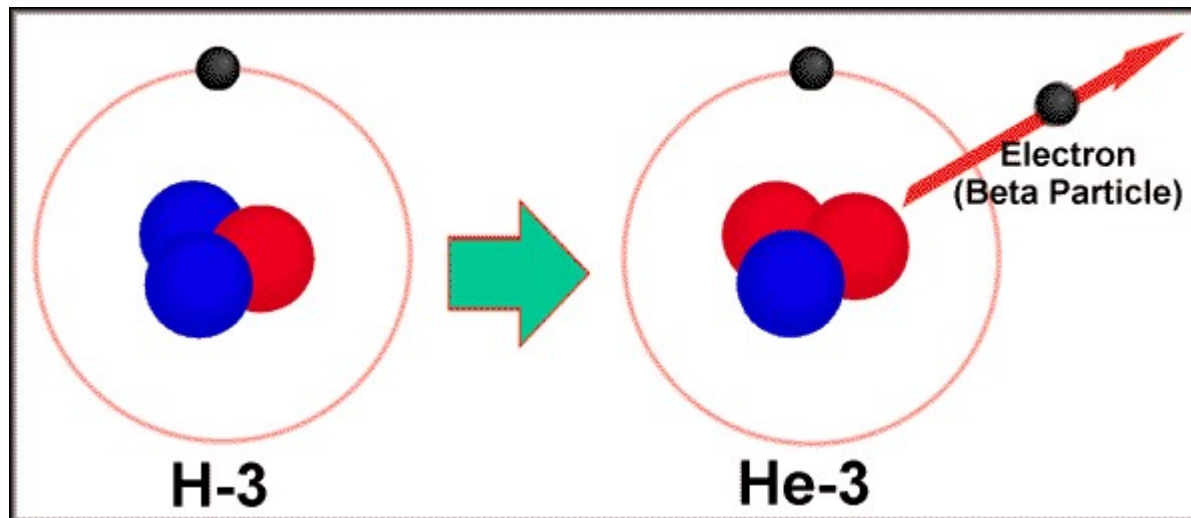
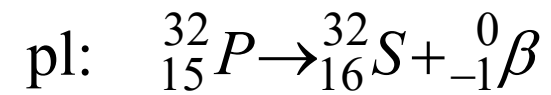
- meghatározott energiájúak (vonalas spektrum)
- hatótávolságuk rövid (vízben, szövetben néhányszor 10 μm)

Alkalmazás: csak terápia

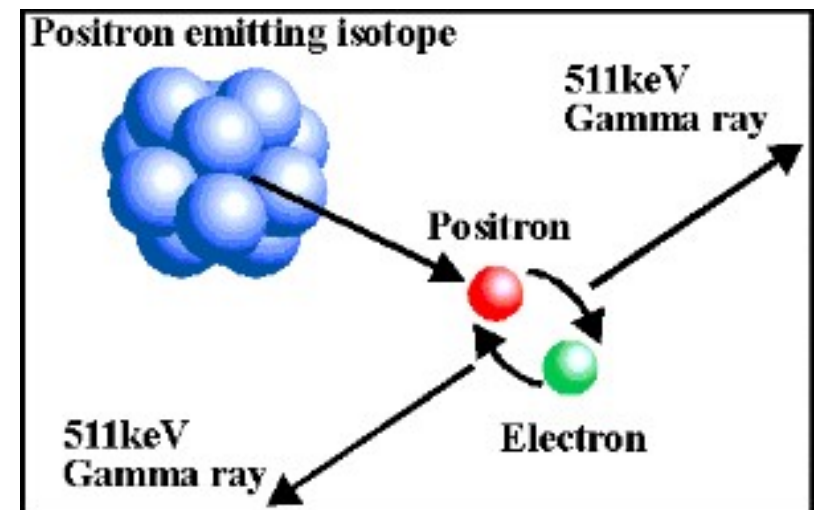
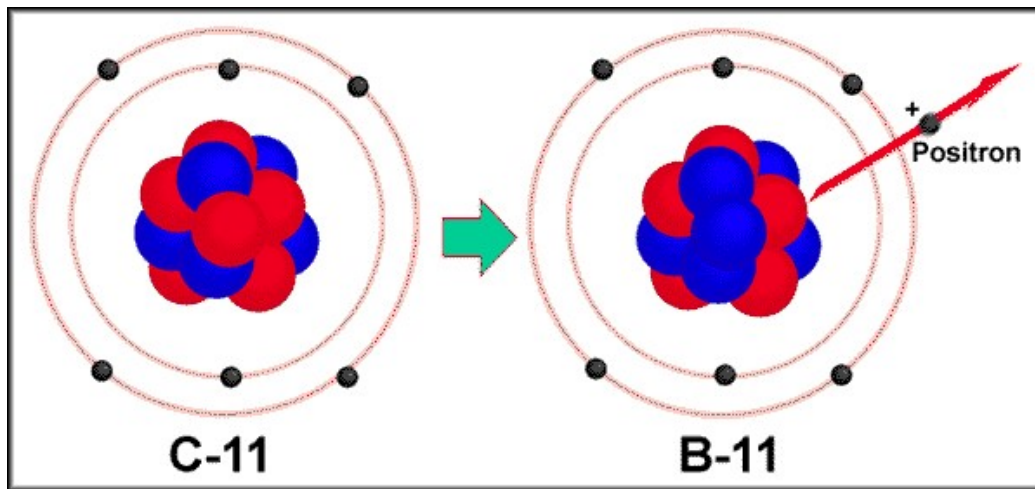
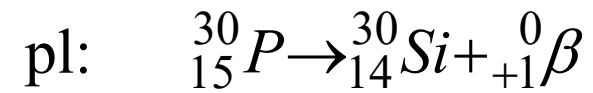


Béta bomlás

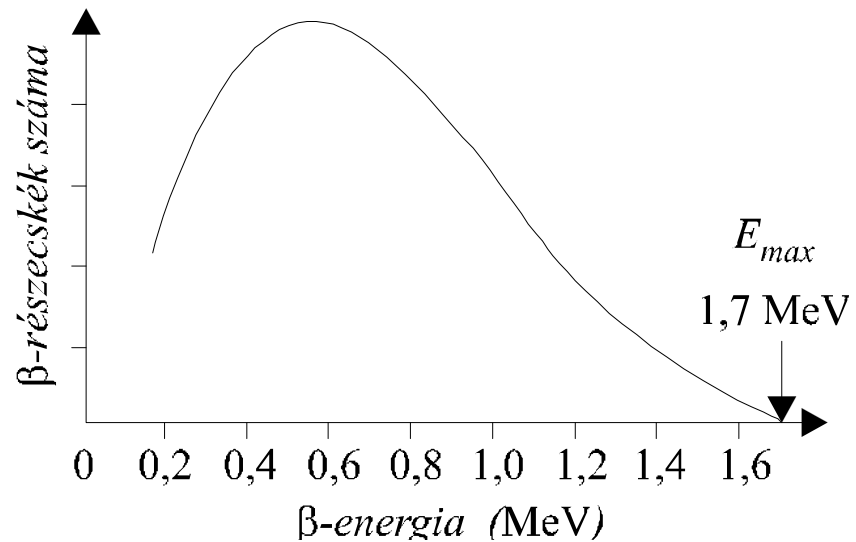
- negatív β -bomlás: Z 1-gyel nő



- pozitív β -bomlás: Z 1-gyel csökken



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



Alkalmazás: β^- : terápia és in vitro
 β^+ : PET

Gamma sugárzás

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

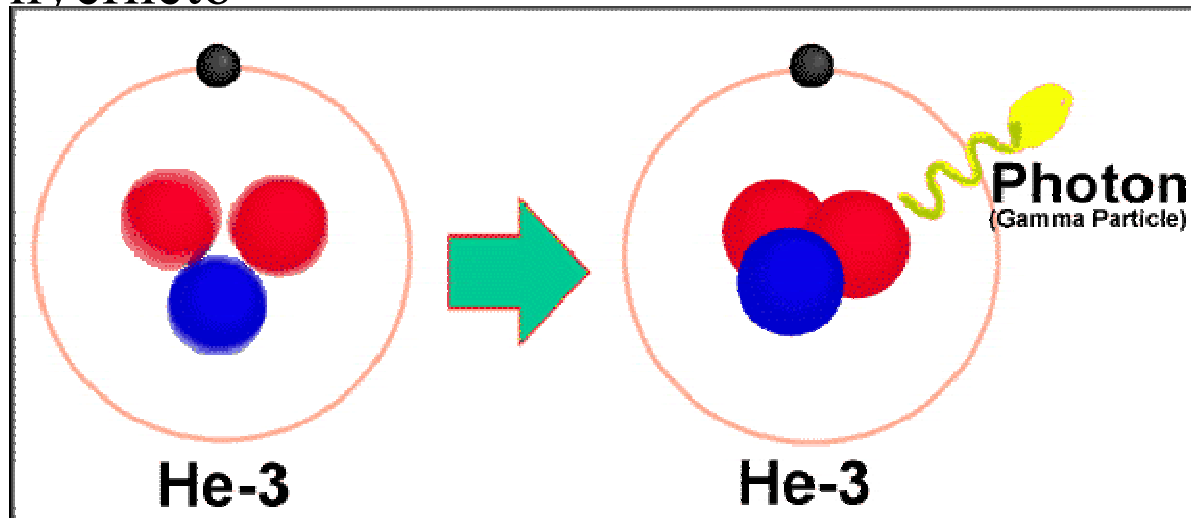
- prompt γ -sugárzás:

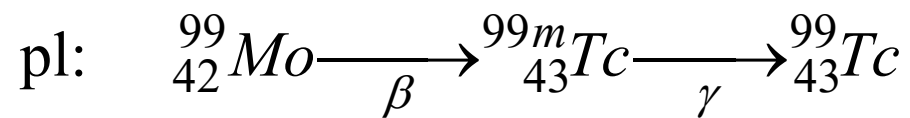
10^{-13} - 10^{-18} s-on belül követi a részecskesugárzást

- izomer magátalakulás:

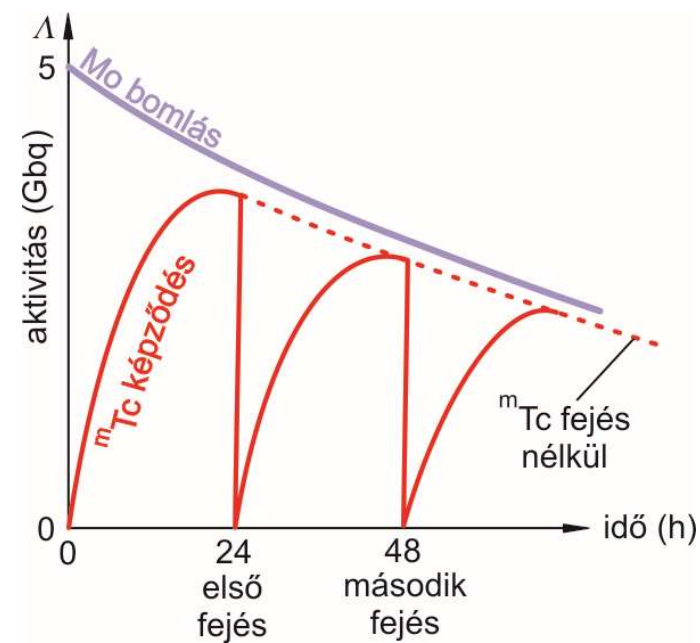
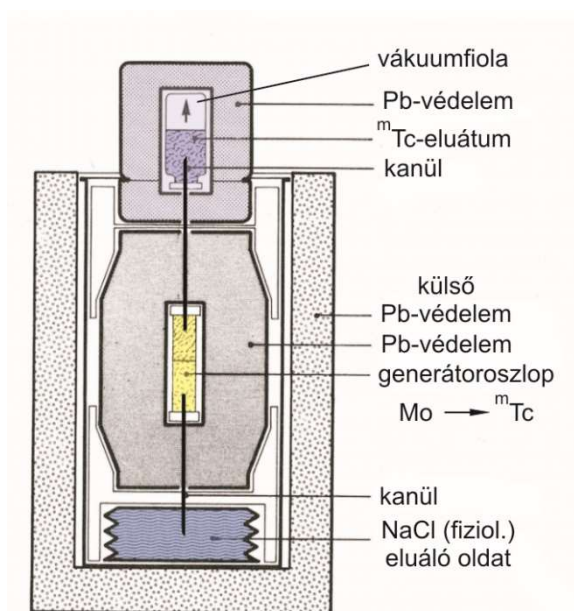
hosszabb, mérhető felezési idővel követi a részecskesugárzást

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



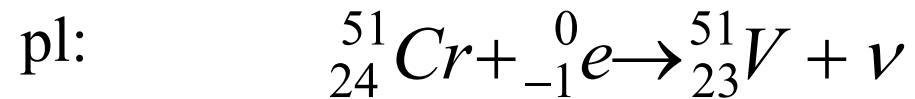


Alkalmazás: in vivo diagnosztika (igen jól használható)



Héjelektron befogás (K-befogás)

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



Ezt karakterisztikus rtg. sugárzás követi.

Alkalmazás: in vivo diagnosztika

