

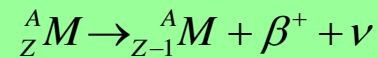
# A radioaktív bomlás típusai

# Béta-bomlások

Negatív béta-bomlás



Pozitív béta-bomlás



$${}^A_ZM - zm_e > {}^A_{Z+1}M - (z+1)m_e + m_e$$

$${}^A_ZM - zm_e > {}^A_{Z-1}M - (z-1)m_e + m_e$$

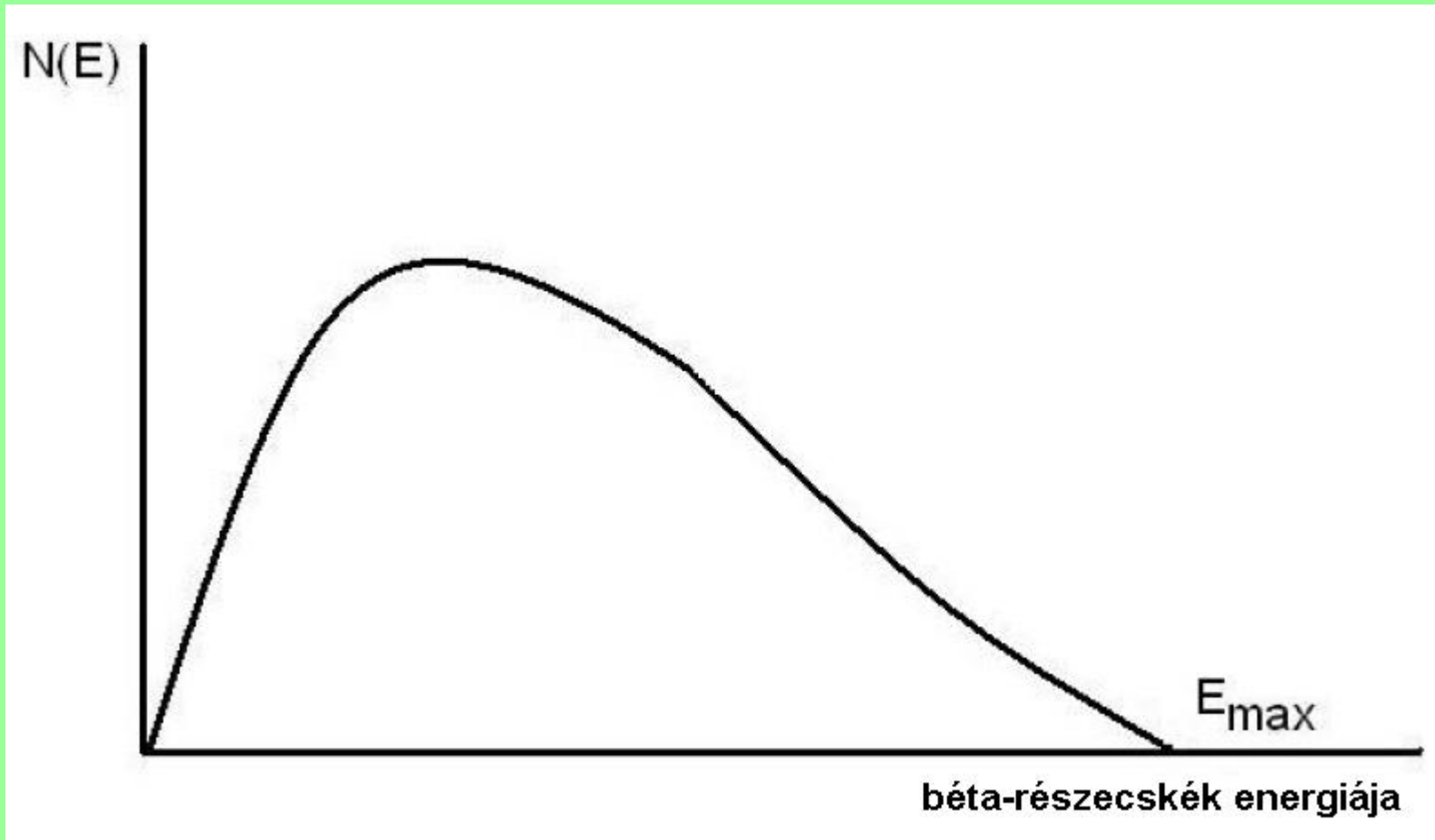
$${}^A_ZM > {}^A_{Z+1}M$$

$${}^A_ZM > {}^A_{Z-1}M + 2m_e$$

$$E = ({}^A_ZM - {}^A_{Z+1}M)931\text{MeV}$$

$$E = ({}^A_ZM - {}^A_{Z-1}M - 2m_e)931\text{MeV}$$

# Béta-spektrum



# Folytonos béta-spektrum

Ellentmondás két alapvető törvénnyel:

az energia-megmaradás  
a spin-megmaradás törvénye.

A béta-részecskék feles spinűek, a mag spinje a béta-bomlás során viszont eggyel változik.

Feloldás: Pauling

van egy olyan részecske, amely az energiakülönbséget elviszi, és feles spinje van. A  $-1/2$  spinű részecske az antineutrínó ( $\bar{\nu}$ ), a  $+1/2$  spinű pedig a neutrínó ( $\nu$ ).

A béta-bomlás során lejátszódó formális elemi folyamatai:

***természetesen a magban nem ilyen formában mennek végbe, de a neutrínó keletkezésének szemléltetésére alkalmasak!***

# A béta-bomlások elemi folyamatai

$$n \rightarrow p^+ + \beta^- + \bar{\nu}$$

$$p^+ \rightarrow n + \beta^+ + \nu$$

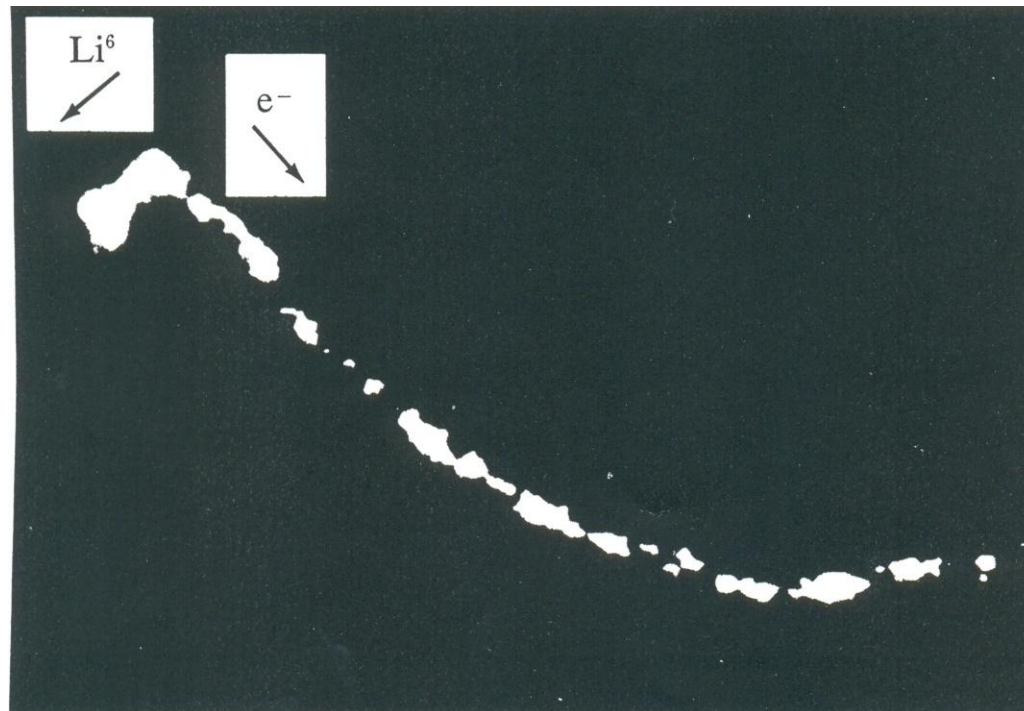
Nem jelentenek szabad nukleonokat, hanem az atommagban kötötteket!!!

Mivel a neutron nyugalmi tömege nagyobb, mint a protoné, a negatív béta-bomlás termelhetne energiát ebben a formában is, de a pozitív béta-bomlás nem. A proton neutronná alakulása 1,3 MeV energia befektetését igényli, amelyet a mag tömegcsökkenésének fedezni kell. Ezen kívül a pozitron kilépése további 0,51 MeV energiát igényel; ezt is a mag tömegcsökkenésének kell fedezni.

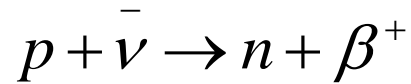
Összességében a teljes energiakülönbség 1,8 MeV.

# Neutrínó/antineutrínó kimutatása

Az impulzus-megmaradás törvénye alapján. Ha a béta-bomlásokban csak a leánymag és a béta-részecske keletkezne, akkor az impulzusvektorok összege csak akkor lenne nulla, ha a mag és a béta-részecske pályája  $180^\circ$ -ot zárna be. Ha azonban harmadik részecske is képződik, akkor ez a szög ettől eltérő, ami ködkamrás felvételekkel (Szalay Sándor, Csikai Gyula) ki is mutatható.



# Neutrínó/antineutrínó kimutatása



A reakció hatáskeresztmetszete igen kicsi, ezért olyan sugárforrásra van szükség, ahol az antineutrínók száma elég nagy: atomreaktor.

CdCl<sub>2</sub> vizes oldatát helyezzük az atomreaktorba: két reakció

1. Az antineutrínó a víz protonjaival reagál, a keletkező pozitív béta-részecske annihilációval 0,51 MeV energiájú fotonokká alakul.

2. A képződő neutronok 4-5  $\mu$ s alatt lassulnak le olyan sebességre, hogy kiváltsák a  $^{113}\text{Cd}(n,\gamma)^{114}\text{Cd}$  magreakciót. Az ebben képződött gamma-fotonok 4-5  $\mu$ s múlva követik a 0,51 MeV energiájú gamma-foton megjelenését.

Koincidencia méréssel a két egymást követő gamma-foton kimutatható.

# Kettős béta-bomlás

Két béta-részecske kibocsátásával járó bomlások típusai elméletileg:

1. Két béta-részecske és két neutrínó lép ki:  $[\beta\beta(\nu\nu)]$ . A két neutrínó annihilál.

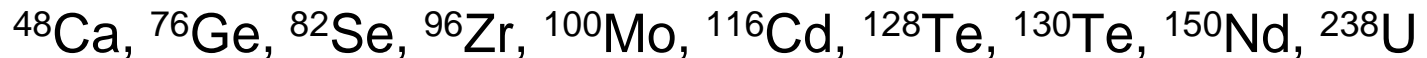
Kimutatása: a leányelemek, a kripton és a xenon extrakciójával nagyon öreg szelén- és tellúr-ásványokból (1950).

Laboratóriumban (1986):



Felezési idő: kb.  $1,1 \cdot 10^{20}$  év

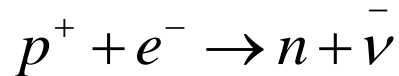
Természetes kettős béta-bomló magok: >60, pl.



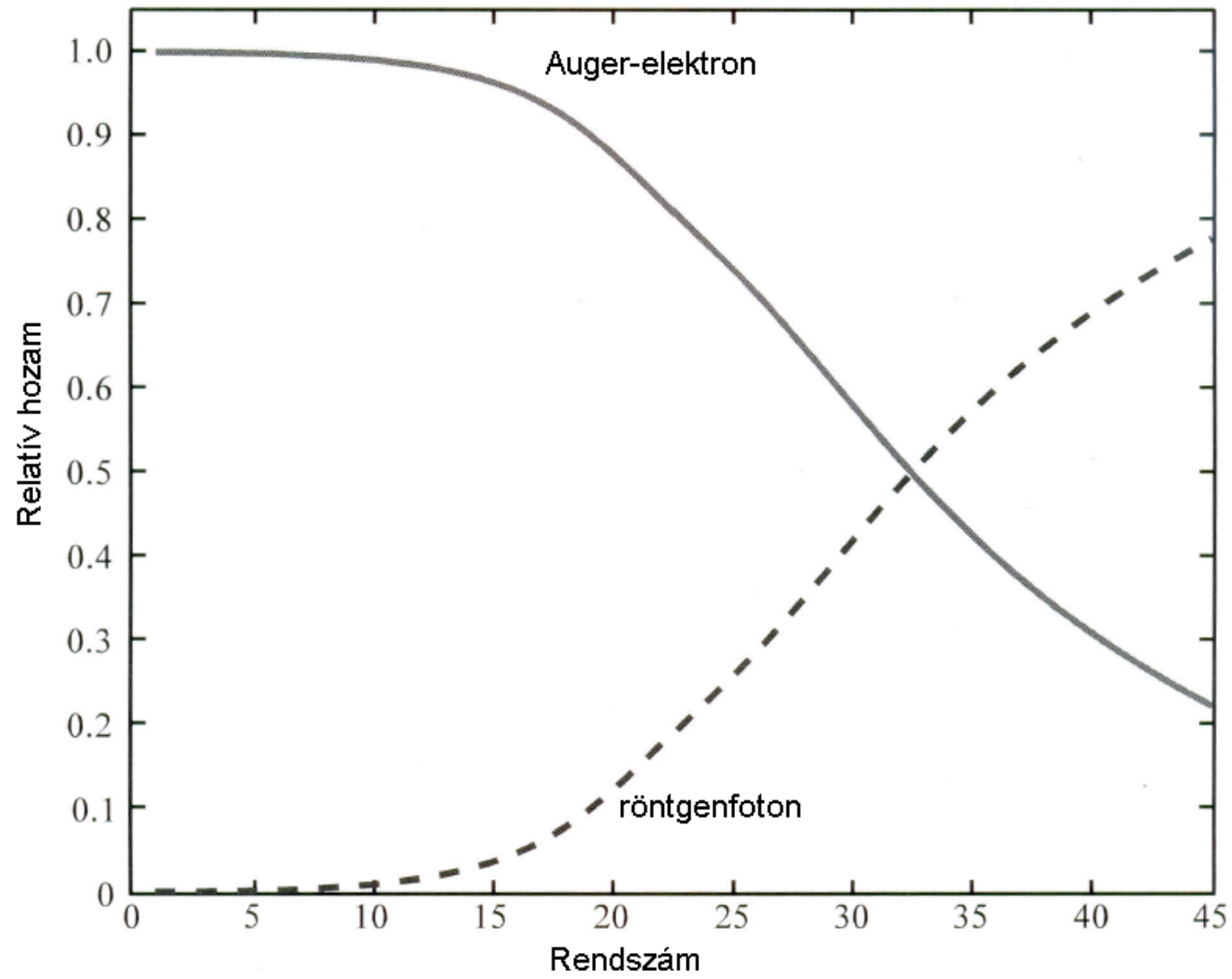
2. Két béta-részecske keletkezik, és egy neutrínó:  $[\beta\beta(0\nu)]$ . A kilépő neutrínót a környezetben levő más neutrínóval megsemmisül. Még nem bizonyították egyértelműen, hogy van ilyen.



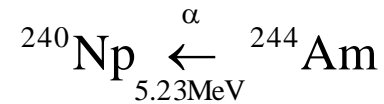
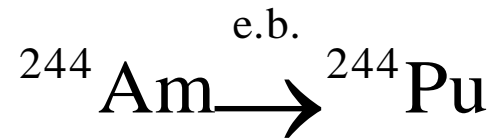
# Elektronbefogás (EC, EX, K-befogás)



- Energetikailag kedvezőbb a pozitív béta-bomlásnál, mivel nem lép ki béta-részecske, amihez 0,51 MeV energia kellene. A keletkező neutrínók jól meghatározott energiájúak.
- Kísérő sugárzások
  - Elektronhiány a K-héjon
    - karakterisztikus röntgensugárzás
    - Auger-elektronok
  - fékeződési röntgensugárzás (belső)
  - Gerjesztett energiájú mag is keletkezhet
    - gamma-fotonok
    - Konverziós elektronok: gerjesztődik, majd kilép egy elektron, főleg a K-héjról. A folyamat a belső konverzió, a kilépő elektronok a konverziós elektronok. Ezek kinetikus energiája: a gamma-foton energiája-az elektron kötési energiája – jól meghatározott diszkrét energia



# Elektronbefogás energiájának meghatározása körfolyamat alapján



$$\beta^{-} \ 0,36\text{MeV} \ \uparrow \qquad \qquad \downarrow \ \Delta E_{\text{e.b.}} \ ?$$

