

Mag- és neutronfizika

Emlékeztető:

1) Az atommagok protonokból és neutronokból állnak.

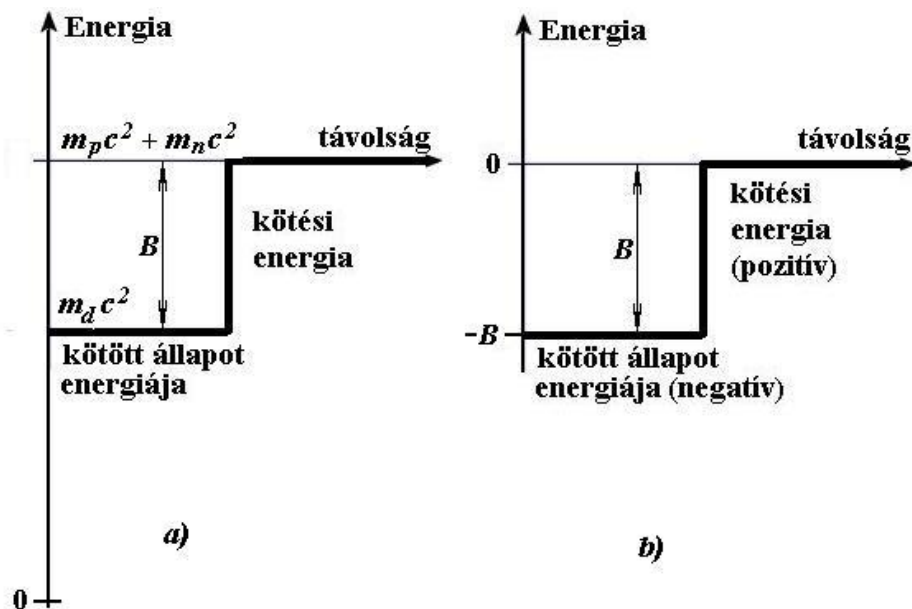
Jelölés: ${}^A_Z X$ ← Pl. ${}^{197}_{79} \text{Au}$
vegyjel

Ahol Z a protonok száma, $A=Z+N$ nukleonszám (tömegszám),
 N a neutronok száma.

2) Atommagok mérete

$$R = r_0 \cdot A^{1/3}$$

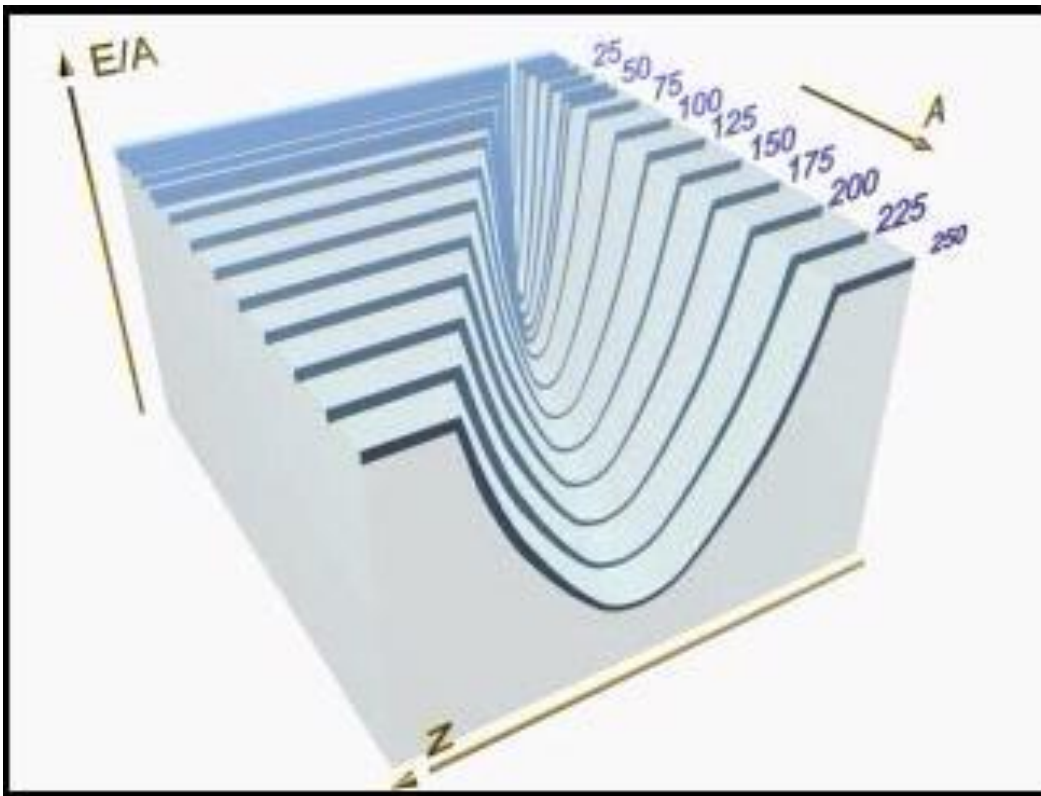
3) Energia és kötési energia Energiaskála nullpontja!



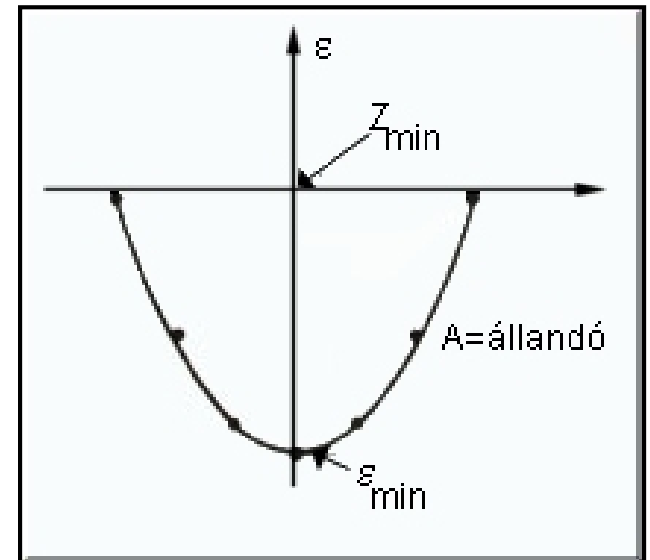
4) Félempirikus kötési energia (Weizsäcker-féle) formula „Energia völgy”

$$B = b_V A - b_F \cdot A^{2/3} - b_C \cdot \frac{Z^2}{A^{1/3}} - b_A \cdot \frac{(N - Z)^2}{A} + b_P \cdot \delta \cdot A^{4/3}$$

$\varepsilon = E/A = -B/A$ (egyetlen nukleon átlagos energiája)



**Az $A = \text{konstans}$
metszetek parabolák!**



Radioaktív bomlások:

- α – részecskék: ${}^4_2\text{He}$ atommagok
- β – részecskék: nagy energiájú **elektronok**
- γ - sugárzás: **elektromágneses** (fotonok)

Atommagok átalakulnak egymásba

megmaradó mennyiségek

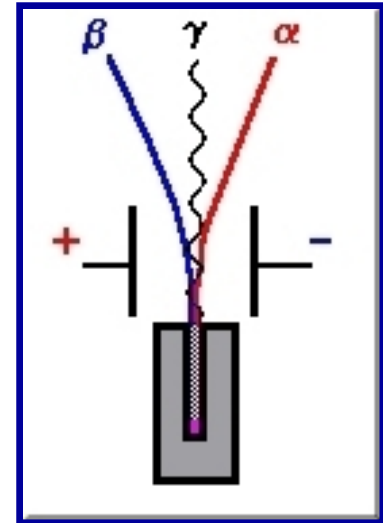
- energia ($E = mc^2$ figyelembe vételével)
- nukleonszám (A)
- elektromos töltés (atommag: $+Ze$, elektron: $-e$)

Energiamegmaradás

$$a \longrightarrow b + c + \dots \quad \boxed{M_a \cdot c^2 = M_b \cdot c^2 + M_c \cdot c^2 + \dots + Q}$$

A bomlás energia-feltétele: $Q > 0$, azaz $M_a > M_b + M_c + \dots$

Q a bomláskor „felszabaduló” energia (a keletkezett részecskék mozgási energiájának formájában jelenik meg)



Megmaradó mennyiségek

- energia ($E = mc^2$ figyelembe vételével)
- nukleonszám (A)
- elektromos töltés

1) α – bomlás: ${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4He + {}_{Z-2}^{A-4}Y$ $(A = 4 + A - 4)$

X neve: anyamag, Y neve: leánymag töltés-megmaradás
($Z = 2 + Z - 2$)

2) béta-bomlások

a) Negatív béta-bomlás: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + e^- + \bar{\nu}$

$(e^- = {}_{-1}^0e)$

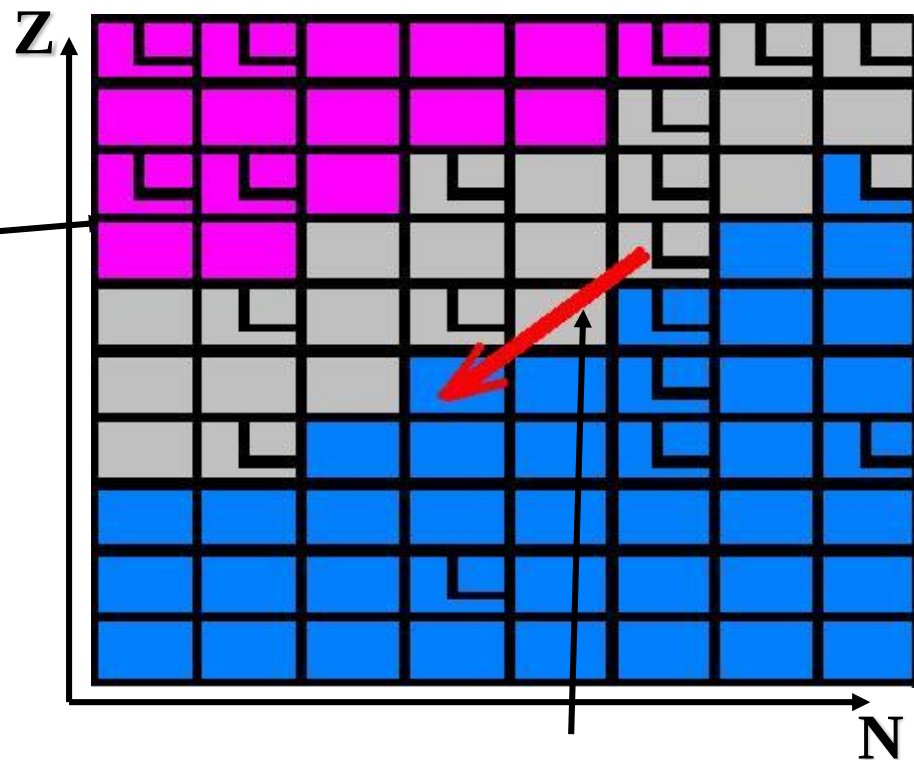
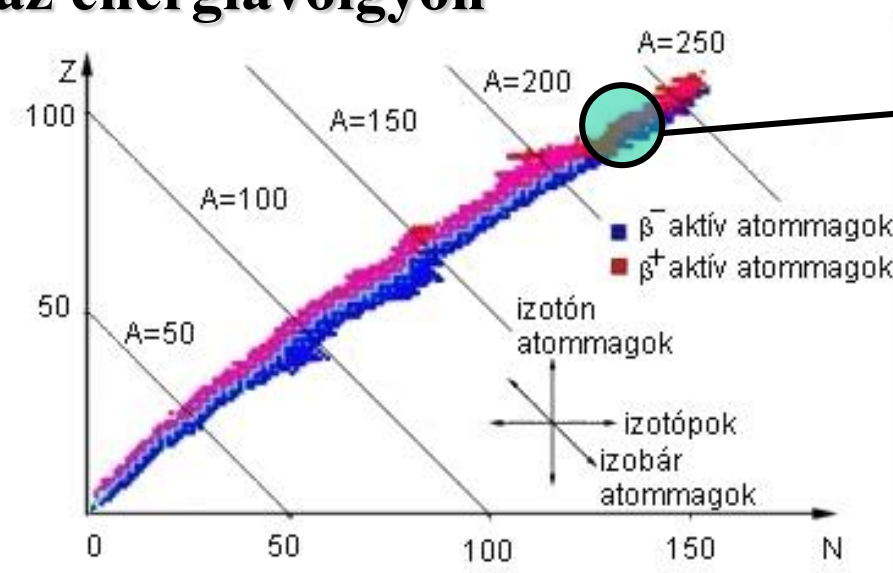
elektron antineutrínó

b) Pozitív béta-bomlás: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + e^+ + \nu$

pozitron neutrínó

c) Elektron befogás : ${}_Z^AX + e^- \rightarrow {}_{Z-1}^AY + \nu$
(K-befogás)

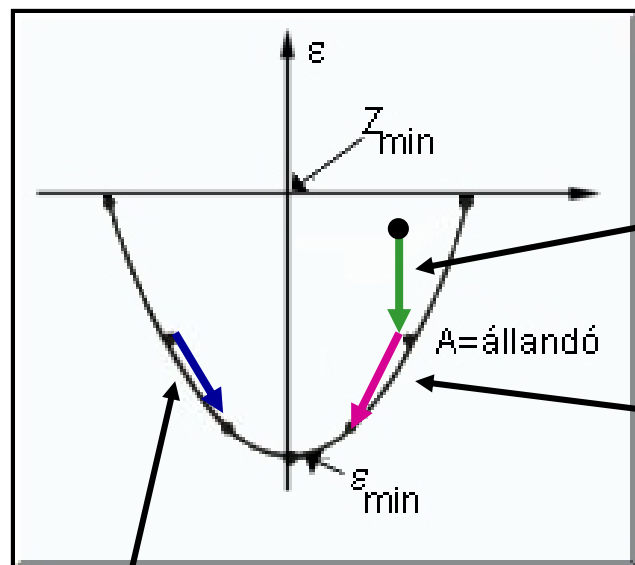
Radioaktivitás: vándorlás az energiavölgyön



α -bomlás

$$Z \rightarrow Z - 2$$

$$N \rightarrow N - 2$$



negatív β -bomlás

Érdekesség:

a ^{40}K , ^{92}Nb stb. atommagok negatív β -bomlással ($Z \rightarrow Z+1$),
de elektronbefogással is ($Z \rightarrow Z-1$) bomlanak!

Hogy lehet ez?

Az ok: a párenergia

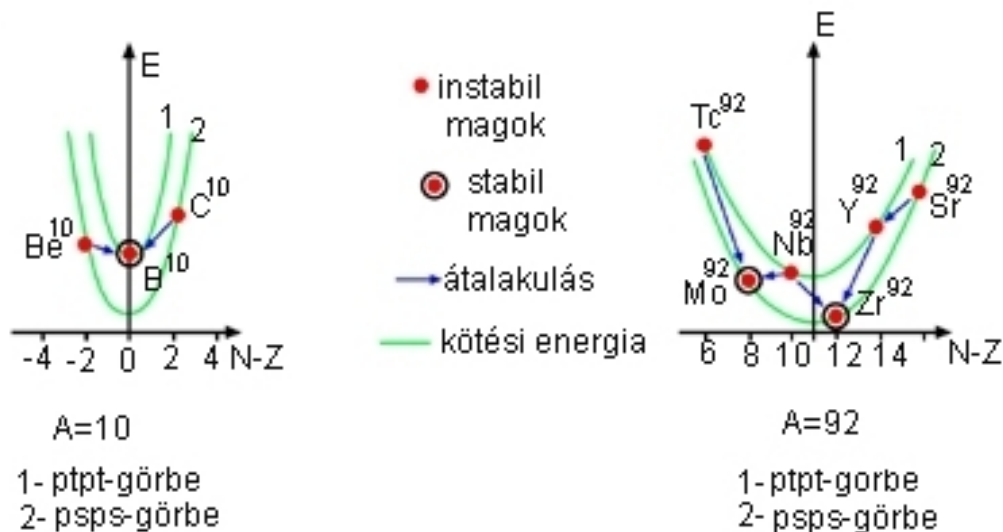
A = konst. metszet parabola
de páros A kétféleképpen

is lehet: ($A = Z + N$)

páros Z + páros N (mélyebb)

ptlan Z + ptn N (magasabb)

Csak a könnyű magok esetén olyan meredek a völgy,
hogy a ptpt-magok stabilak



Ez az oka annak is, hogy csak 4 db. stabil

páratlan-páratlan atommag van: ^2H , ^6Li , ^{10}B , ^{14}N .

(Az első négy páratlan számnak megfelelően)

Exponenciális bomlástörvény felezési idő, aktivitás (1).

Egy radioaktív anyagban lévő aktív atommagok N száma csökken, hiszen elbomlanak: $N(t)$ csökkenő függvény.

Legyen $(\lambda \cdot \Delta t)$ annak a valószínűsége, hogy egyetlen atommag Δt idő alatt elbomlik !

Ekkor N atommagból $N \cdot \lambda \cdot \Delta t$ bomlik el Δt idő alatt.

Az atommagok számának megváltozása (csökkenése) tehát:

$$\Delta N = -N \cdot \lambda \cdot \Delta t.$$

Ebből kapjuk: $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N(t)$ $\Delta t \rightarrow 0$ határátmenetben:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N(t)$$

Ennek megoldása:

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

Ez az **exponenciális bomlástörvény**

λ neve: **bomlásállandó**

fizikai jelentése: időegységre eső bomlási valószínűség

Exponenciális bomlástörvény, felezési idő, aktivitás (2)

Felezési idő:

Az a T idő, amely alatt a kezdeti atommagszám a felére csökken.

azaz

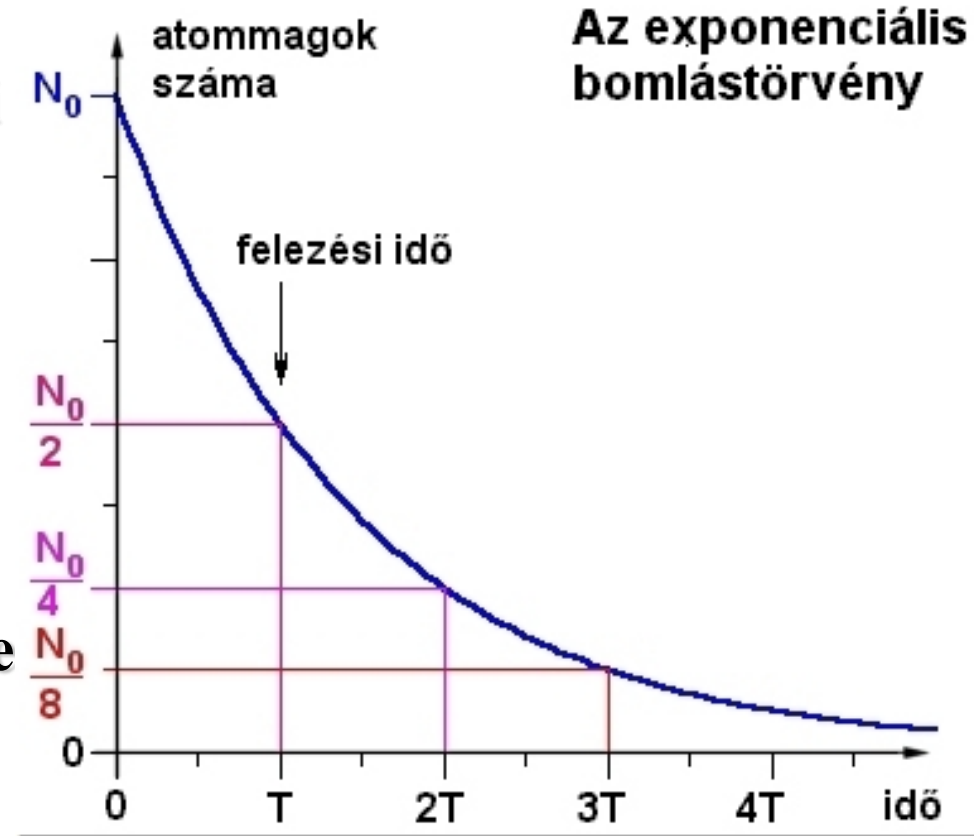
$$N(T) = N_0 \cdot e^{-\lambda T} = \frac{N_0}{2}$$

A második egyenletből kapjuk:

$$e^{\lambda T} = 2$$

Mindkét oldal logaritmusát véve

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$



Aktivitás:

Időegység alatt bekövetkezett bomlások száma: $A = -\frac{dN}{dt}$

Felhasználva a korábbi egyenletet kapjuk:

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

A radioaktív bomlás statisztikus folyamat!

(időegységre eső bomlási **valószínűséggel** λ írjuk le)

- Egy adott atomra vonatkozólag nem lehet megmondani, hogy pontosan mikor bomlik el.
- Az exponenciális bomlástörvény csak nagyszámú részecske esetén használható.

Annak a valószínűségét, hogy egy a aktivitású forrásban t idő alatt pontosan k db bomlás történjen a **Poisson-eloszlás** adja meg ($t \ll T$, azaz a forrás aktivitásának csökkenését elhanyagoljuk):

$$P(k, at) = \frac{(at)^k}{k!} e^{-at}$$

k várható értéke: $\langle k \rangle = a \cdot t$

k szórása: $\sigma_k = \sqrt{a \cdot t}$