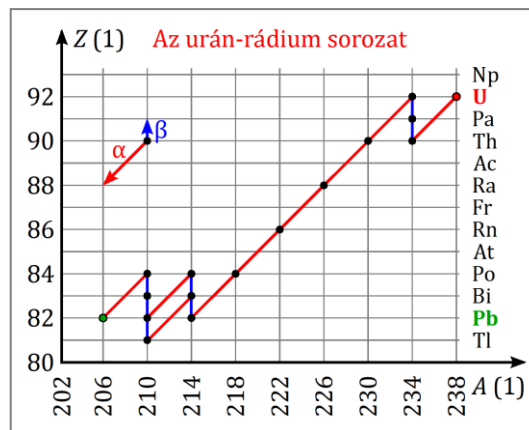


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

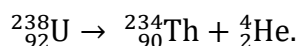
Bomlási sorok

A kezdetben megismert radioaktív anyagok aktivitása hosszú időn keresztül változatlannak mutatkozott. Csak az erősebben sugárzó radioaktív anyagok vizsgálatakor vették észre, hogy a sugárzás erőssége fokozatosan gyengül. *Rutherford*nak sikerült például a tóriumtól olyan radioaktív gázt elkülönítenie, amelynél a sugárzás erőssége kb. 1 perc alatt a felére csökkent. Ezt azzal magyarázta, hogy a sugárzás közben a radioaktív anyag atomjai elbomlanak, és így másfajta atommá alakulnak. Ezt a feltevést erősítette meg az előző, *A radioaktív sugárzások fajtái* című fejezetben látott kísérlete is, amelyben kimutatta, hogy az α -sugárzás ${}^4_2\text{He}$ atommagokból áll. Az α -sugárzást kibocsátó atomok bomlásakor egy héliumatommag távozik az atomból, miközben egy új atom jön létre, amely többnyire maga is radioaktív. Ezzel az elképzeléssel magyarázhatóvá vált az újabb elemek (pl. radon) megjelenése az eredeti anyagban.

Az izotópok felfedezése (*Soddy*, 1912.) után kiderült, hogy a radioaktív anyag atomjai sorozatos bomlásokon mennek keresztül, míg végül stabil ólomizotóppá alakulnak. Ennek alapján a radioaktív izotópok bomlási sorokba rendezhetők. Több ilyen sorozat létezik, a rajz az urán-rádium sorozat rendszám-tömegszám grafikonját ábrázolja.



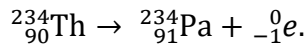
Az α -bomlásnál az atommagból egy héliumatommag távozik, ezért a visszamaradt atom tömegszáma 4-gyel, rendszáma 2-vel kisebb lesz. Például a 238-as tömegszámú uránizotóp α -bomlásánál:



A β -bomlásnál az atommagból egy elektron távozik. Az atommagok nem tartalmaznak elektront, ilyenkor az atommagban valójában egy neutron bomlik el *Az elemi részecskék* című fejezetben már látott módon:

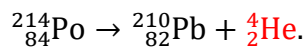
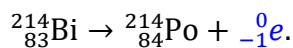
$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}.$$

A visszamaradt atommagban így az eredetihez képest eggyel több proton lesz. Az atom tömege azonban gyakorlatilag nem változik, mert az atommagból távozó elektron és az antineutrínó tömege elhanyagolható az atom teljes tömegéhez képest. Emiatt a β -bomlásnál a rendszám 1-gyel nő, a tömegszám pedig változatlan marad. Például az előbbi bomlásban keletkezett tóriumizotóp bomlásakor:

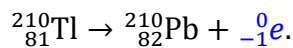
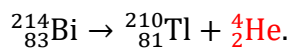


A radioaktív izotópok atommagjai bomláskor vagy csak α - vagy csak β -sugárzók, de *mindkét bomlást γ -foton kibocsátása kíséri.*

A ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ izotóp bomlása a megfigyelések szerint kétféle módon is megtörténhet. Az esetek 99,96 százalékában β -bomlás történik, és a bizmut polóniummá, majd az így keletkezett polónium α -bomlással ólommal alakul:



A ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ bomlásának 0,04 százalékában azonban α -bomlás történik és ennek során a bizmut talliummá majd az így keletkezett tallium β -bomlással ólommal alakul:



Mivel a ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ izotópból a bomlások mindkét módjában egy α - és egy β -részecske távozott, a végtermék mindkét esetben ugyanaz a ${}^{210}_{82}\text{Pb}$ izotóp lett. A bomlási sor ettől kezdve újra közös útvonalon folytatódik. (Ilyen elágazás a többi bomlási sorban is van.)

Mind az α -, mind a β -bomlásnál megfigyelhető, hogy a tömegszámok összege is és a rendszámok összege is változatlan marad, tehát a tömeg-, illetve az elektromos töltés a radioaktív bomlások során megmarad. További megfigyelések azt mutatják, hogy *az ismert megmaradási törvények a radioaktív bomlásra is érvényesek.*

A bomlás következtében a radioaktív anyag mennyisége fokozatosan csökken. *Azt az időtartamot, amelynek során a kiindulási anyag atomjainak száma a felére csökken, felezési időnek nevezzük.* Jele: T . Könnyen belátható, hogy az el nem bomlott atomok száma a felezési idő kétszerese, illetve háromszorosa alatt az eredetinek $1/4$, illetve $1/8$

részére csökken. Általában, ha a radioaktív anyag eredetileg N atomból állt, akkor Δt idő múlva az el nem bomlott atomok száma:

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T}} \quad (1)$$

A következő táblázat az urán–rádium bomlási sorozat tagjainak aktivitását mutatja.

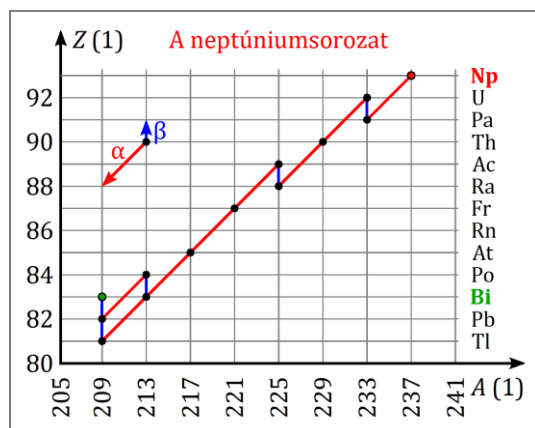
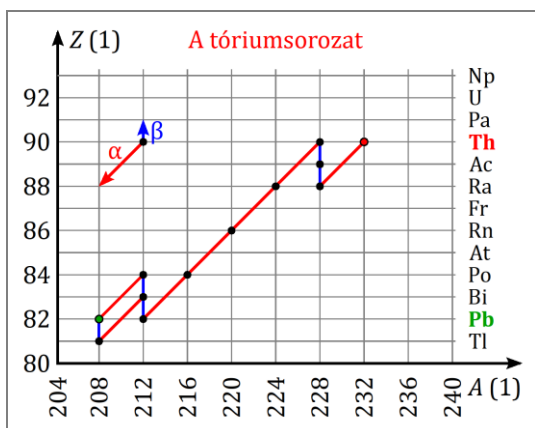
Izotóp	Felezési idő
$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ év
$^{234}_{90}\text{Th}$	24 nap
$^{234}_{91}\text{Pa}$	1,18 perc
$^{234}_{92}\text{U}$	250 000 év
$^{230}_{90}\text{Th}$	80 000 év
$^{226}_{88}\text{Ra}$	1580 év
$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,8 nap
$^{218}_{84}\text{Po}$	3 perc

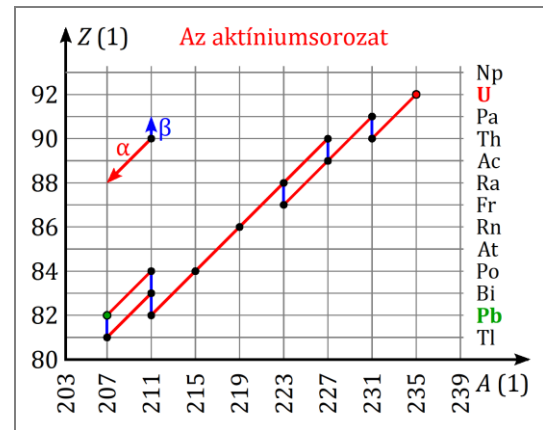
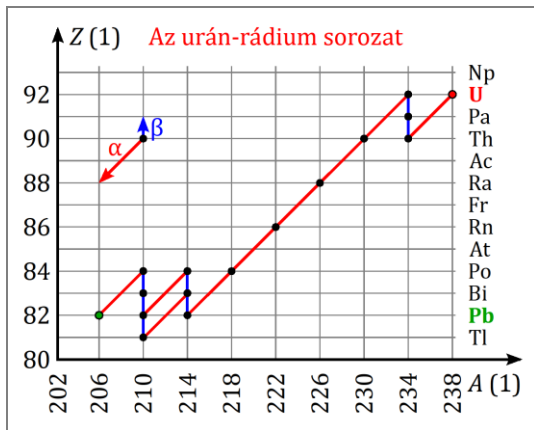
Izotóp	Felezési idő
$^{214}_{82}\text{Pb}$	27 perc
$^{214}_{83}\text{Bi}$	19,7 perc
$^{210}_{81}\text{Tl}$	1,3 perc
$^{214}_{84}\text{Po}$	0,000 164 s
$^{210}_{82}\text{Pb}$	22 év
$^{210}_{83}\text{Bi}$	5 nap
$^{210}_{84}\text{Po}$	138 nap
$^{206}_{82}\text{Pb}$	stabil

Egy izotóp aktivitása és felezési ideje összefügg egymással. Ha ugyanis az izotóp aktivitása nagy, akkor gyorsan bomlik, tehát az el nem bomlott atomok száma hamar az eredeti mennyiség felére csökken. Ezzel magyarázható például, hogy az uránizotópoknál rövidebb felezési idejű polónium- és rádiumizotópok miért sugároznak erősebben.

Kiegészítések

1. A négy bomlási sor rendszám–tömegszám grafikonjai:





2. Az $^{235}_{92}\text{U}$ izotóp felezési ideje 4,5 milliárd év. Mivel a Föld éppen 4,5 milliárd éve jött létre, így a Föld kialakulásakor eredetileg meglévő urán 238-as izotóp készlet mára megfeleződött, azaz **50 százalék** maradt meg.

Az $^{235}_{92}\text{U}$ izotóp felezési ideje 0,71 milliárd év. Az eredetileg meglévő $^{235}_{92}\text{U}$ izotópból 4,5 milliárd év eltelte után megmaradt atomok száma az (1) összefüggés szerint:

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T}} = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4,5 \cdot 10^9 \text{ év}}{0,71 \cdot 10^9 \text{ év}}} = N_0 \cdot (0,5)^{\frac{4,5}{0,71}} \approx N_0 \cdot 0,0124.$$

Ebből a megmaradt atomok száma az eredeti számukhoz viszonyítva:

$$\frac{N}{N_0} \approx 0,0124.$$

Eszerint az urán 235-ös izotópból az eredeti mennyiségnek mára csupán az **1,2 százaléka** maradt meg. *Ez az egyik oka, hogy a földi uránkészletben lényegesen kevesebb az urán 235-ös, és jóval több az urán 238-as izotóp.*

Példa

Egy radioaktív készítmény eredetileg egy 3 perc felezési idejű izotóp 10^{16} atomját tartalmazta. Mennyi idő alatt bomlott el az atomok 99 százaléka?

$$N_0 = 10^{16}$$

$$T = 3 \text{ perc} = 180 \text{ s}$$

$$N_{\text{boml}}/N_0 = 0,99$$

$$\Delta t = ?$$

Megoldás

Az (1) egyenlet mindkét oldalt osztva az eredetileg meglévő atomok számával:

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T}}.$$

Az atomok 99%-a elbomlik, így az eredeti mennyiség 1%-a marad meg, azaz $N/N_0 = 0,01$. Ennek alapján:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T}} = 0,01.$$

Mindkét oldal 10-es alapú logaritmusát képezve:

$$\lg\left(\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T}}\right) = \lg 0,01.$$

A hatvány logaritmusára vonatkozó azonosságot alkalmazva:

$$\frac{\Delta t}{T} \cdot \lg\left(\frac{1}{2}\right) = \lg 0,01$$

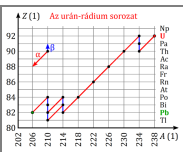
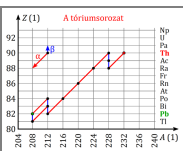
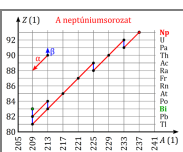
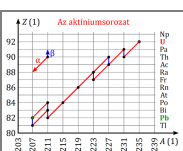
Átrendezés után:

$$\Delta t = \frac{\lg 0,01}{\lg\left(\frac{1}{2}\right)} \cdot T$$

Behelyettesítve:

$$\Delta t = \frac{\lg 0,01}{\lg\left(\frac{1}{2}\right)} \cdot T = \frac{\lg 0,01}{\lg 0,5} \cdot 180 \text{ s} = 1196 \text{ s} \approx 20 \text{ perc.}$$

Képek jegyzéke

	Az urán-rádium sorozat © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0710.svg
	A tórium sorozat © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0711.svg
	A neptúnium sorozat © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0712.svg
	Az aktínium sorozat © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0713.svg

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---