

# Az atommag összetétele, radioaktivitás

## Az atommag alkotórészei

**proton**: pozitív töltésű részecske, töltése egyenlő az elektron töltésével, csak nem negatív, hanem pozitív:  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C  
tömege az elektron tömegének kb. 1800-szorosa:  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg

**neutron**: semleges töltésű részecske, töltése nincs, tömege kb. egyenlő a proton tömegével.

A protonok és neutronok közös elnevezése: **nukleonok**

Az atommagban levő protonok számát **rendszám**nak nevezzük.

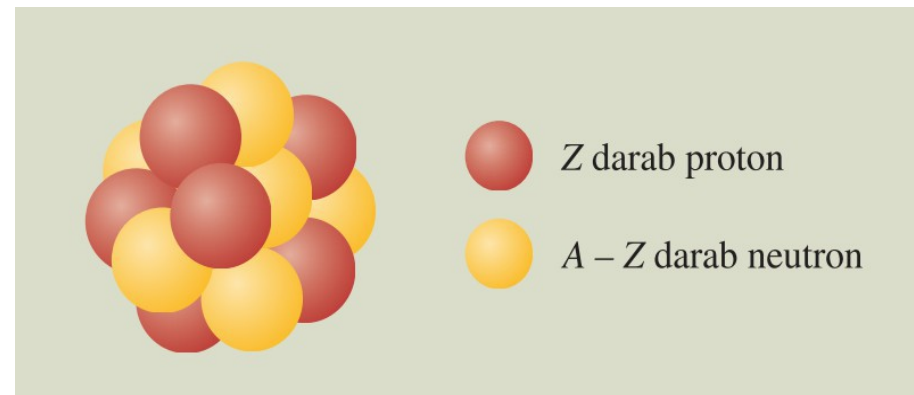
Jele: **Z**

Az atommagban levő nukleonok számát: **tömegszám**nak nevezzük. Jele: **A**

Tehát az atommagban van Z db proton és A-Z db neutron.

Az elemek atommagját is az elem vegyjelével jelöljük, és a bal oldalon jelöljük a rendszámot és a

tömegszámot: 
$$\begin{matrix} A \\ z \end{matrix} X$$



**Izotópok:** Azonos rendszámú, más tömegszámú atommagok. (ugyanannyi protont, de több neutront tartalmaznak)

**Az atommag mérete**  $10^{-15}$  m nagyságrendű.

**Magerő** – A protonok között elektromos taszítóerő van. Ez nagyság-rendekkel nagyobb, mint a nukleonok közötti gravitációs vonzóerő (tömegvonzás). Ha más erőhatás nem lenne, akkor az atommag szétesne. Azért nem esik szét, mert van egy nagyobb vonzóerő, ami csak az atommagon belül hat: magerő vagy más néven nukleáris kölcsönhatás. Ez hat a protonok-protonok, neutronok-neutronok és protonok-neutronok között is, hatótávolsága nagyon kicsi, csak a szomszédos nukleonok között hat és kb. 100-szor erősebb, mint az elektromos taszítóerő.

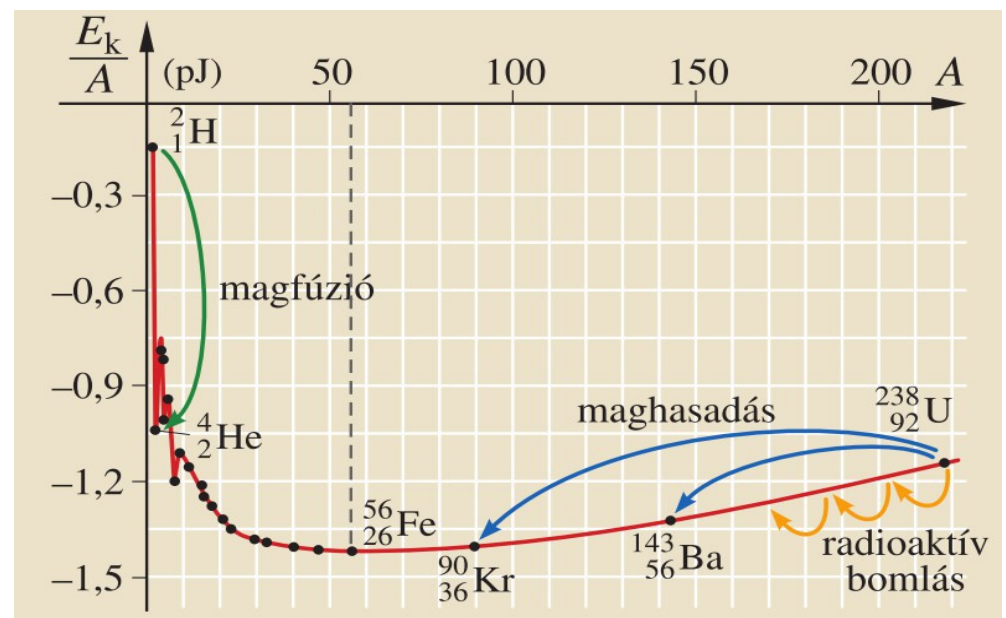
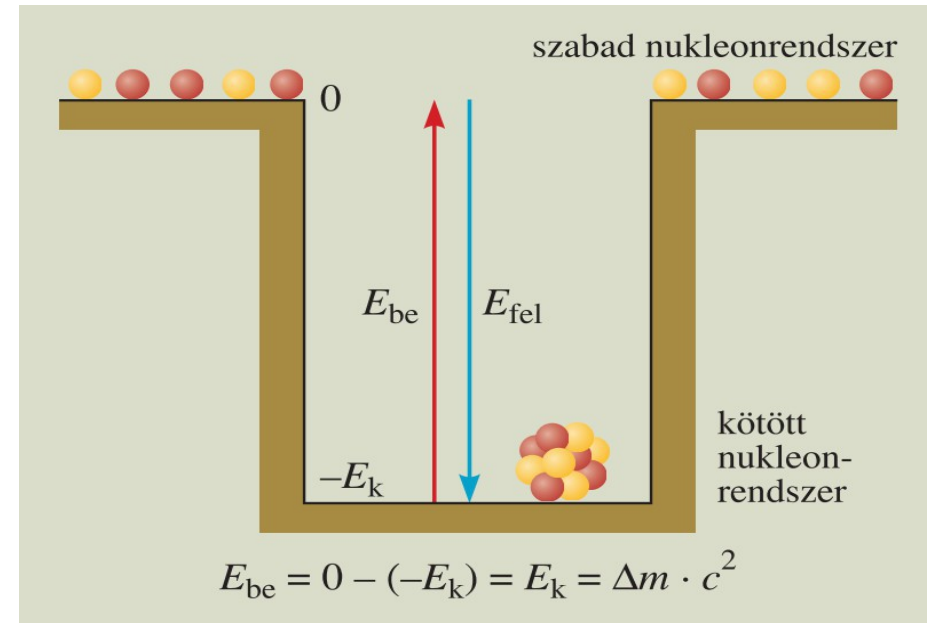
**Tömeghiány** – Az atommag tömege kisebb, mint az atommagot felépítő nukleonok tömegének összege. Ezt nevezik tömeghiánynak:  $\Delta m = m_{\text{mag}} - (Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n)$

**Az atommag kötési energiája**

A tömeghiányból számítható az atommag kötési energiája, ami negatív, mivel a tömeghiány is negatív érték:  $E_k = \Delta m \cdot c^2$

A kötési energia azért negatív, mert az atommag „**energiagödör**”-ben van, mert pozitív energiát kell befektetni ahhoz, hogy szétszakítsuk alkotórészeire, szabad nukleonokra, amiknek szabadon az energiájuk 0 lenne.

Az **egy nukleonra jutó kötési energia** kis rendszámú atommagoknál kisebb abszolút értékű, a vasnál a legnagyobb abszolút értékű, az uránig ismét csökken (absz. értékben). Ezért kétféle módon szabadulhat fel energia az atommagok átalakulásakor: Kis rendszámú atommagok egyesülésekor (pl. H -ből He) (**magfúzió**), vagy nagy rendszámú atommagok széthasadásakor (**maghasadás**). (pl. U hasadása).



## Radioaktivitás

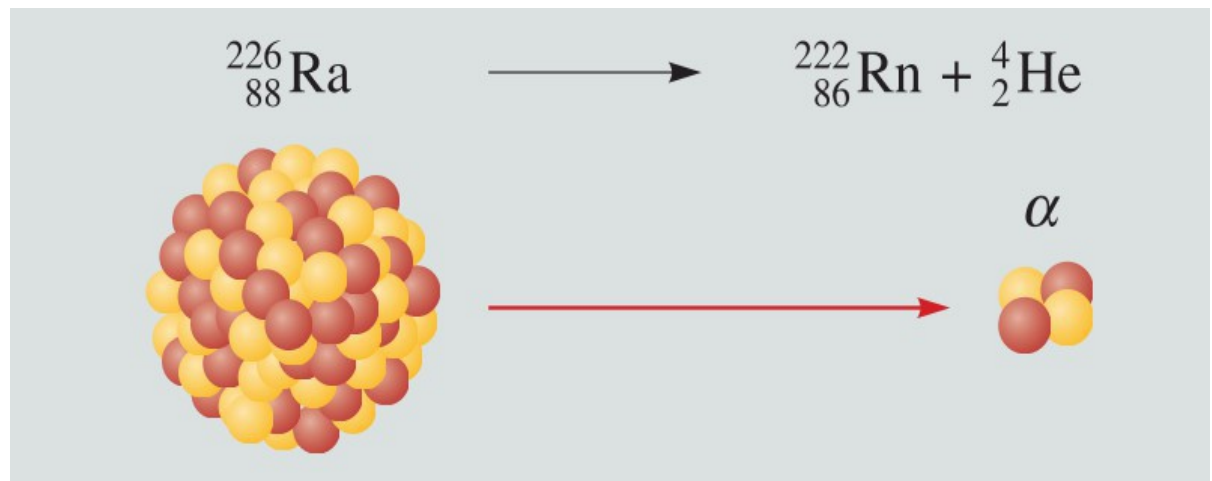
A természetes radioaktív sugárzást Henri Becquerel fedezte fel 1896-ban. Megállapította, hogy vannak olyan anyagok, amelyek láthatatlan sugárzást bocsátanak ki magukból, és pl. megfeketítik a fényképezőlemezt. A Curie házaspár a kísérletei során előállított olyan atommagokat is, amelyek szintén radioaktívak, de a természetben nem fordulnak elő. pl. Radium, Polonium (az Uránnál nagyobb rendszámú atommagok).

A radioaktivitás során az atommagok valamilyen sugárzást bocsátanak ki magukból. **3 fajta radioaktív sugárzás létezik:  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$ .** Az első kettő esetében az atommag átalakul, „bomlik”.

Az  **$\alpha$  sugárzás** során He atommag keletkezik (2 p + 2 n), az atommag rendszáma

2-vel, a tömegszáma 4-el csökken. Az  $\alpha$  sugárzás tehát pozitív

**He atommagokból áll.**



A **negatív  $\beta$  sugárzás** során elektron keletkezik az atommagban (egy neutron átalakul egy protonná és egy elektronná). Az atommag rendszáma eggyel nő, tömegszáma nem változik.

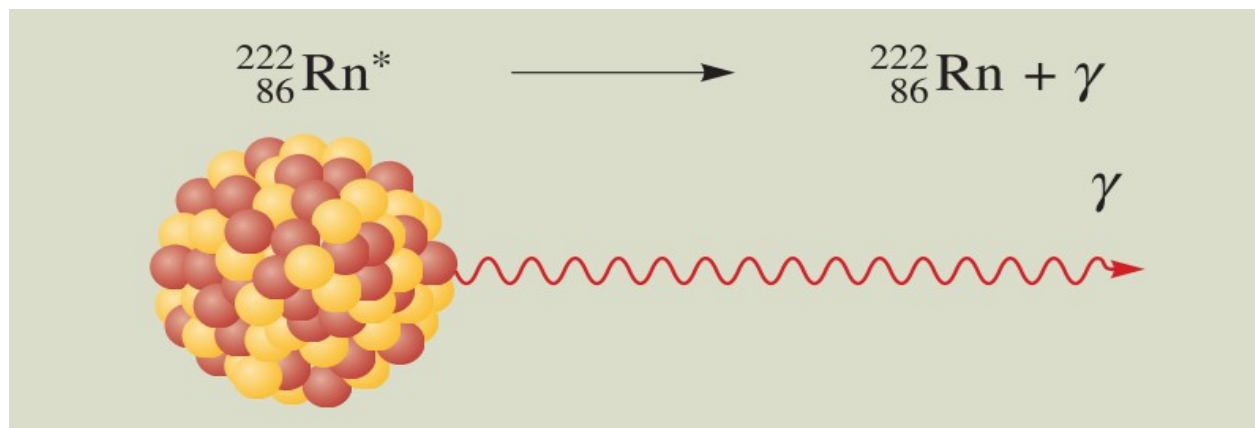
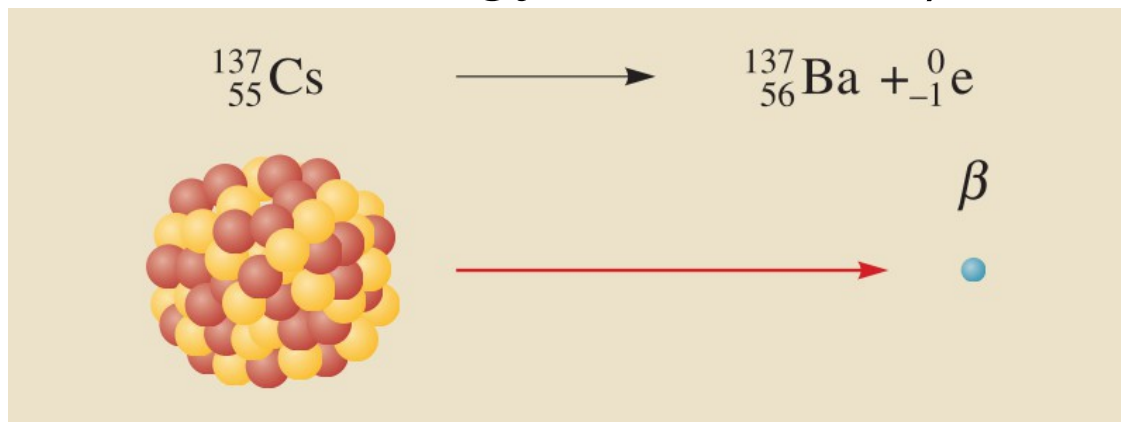
A negatív  $\beta$  sugárzás tehát **negatív elektronokból** áll.

Van **pozitív  $\beta$  sugárzás** is.

Ekkor egy proton alakul át neutronná és egy pozitív elektron; egy **pozitron** keletkezik, és a rendszám (protonszám) eggyel csökken.

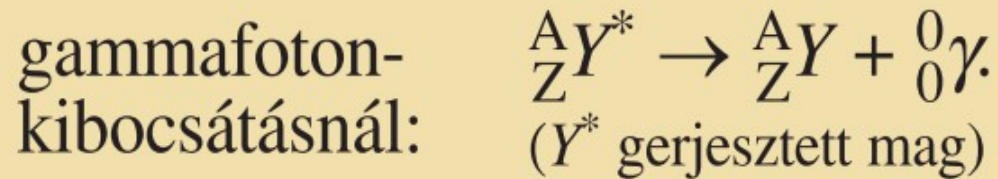
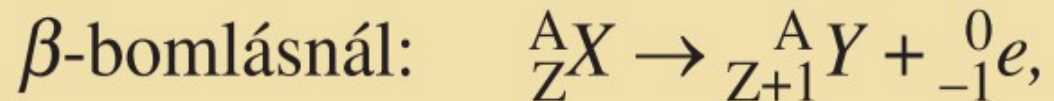
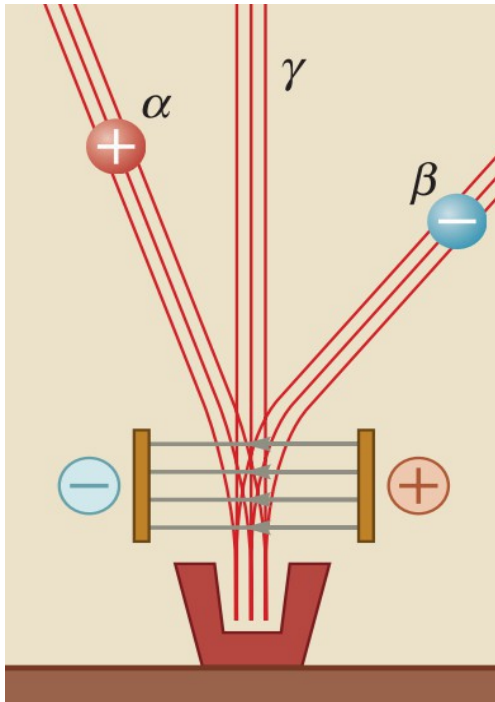
A  **$\gamma$  (gamma) sugárzás** az atommag rendszáma, tömegszáma nem változik, az atommag egy magasabb energiaszintről (gerjesztett állapotból) egy alacsonyabb energia szintre kerül és az energiakülönbséggel egyenlő energiájú fotont bocsát ki. A  $\gamma$

sugárzás tehát nagy energiájú fotonokból álló elektromágneses sugárzás.





Elektromos vagy mágneses térrel a 3 sugárzás szétválasztható, mivel az  $\alpha$  pozitív, a  $\beta$  negatív, a  $\gamma$  pedig semleges.



A radioaktív bomlást jellemző fogalmak:

### Aktivitás

Megadja, hogy az elem atommagjai közül 1 s alatt mennyi bomlik el. Jele: A mértékegysége  $1/s = \text{Bq}$  (Becquerel)

$A = \Delta N / \Delta t$  ( $\Delta N$  a  $\Delta t$  idő alatt elbomló atommagok száma)

pl. 1 gramm Radium aktivitása  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq (1 másodperc alatt ennyi atommag bomlik el és bocsát ki alfa sugárzást)

## Felezési idő

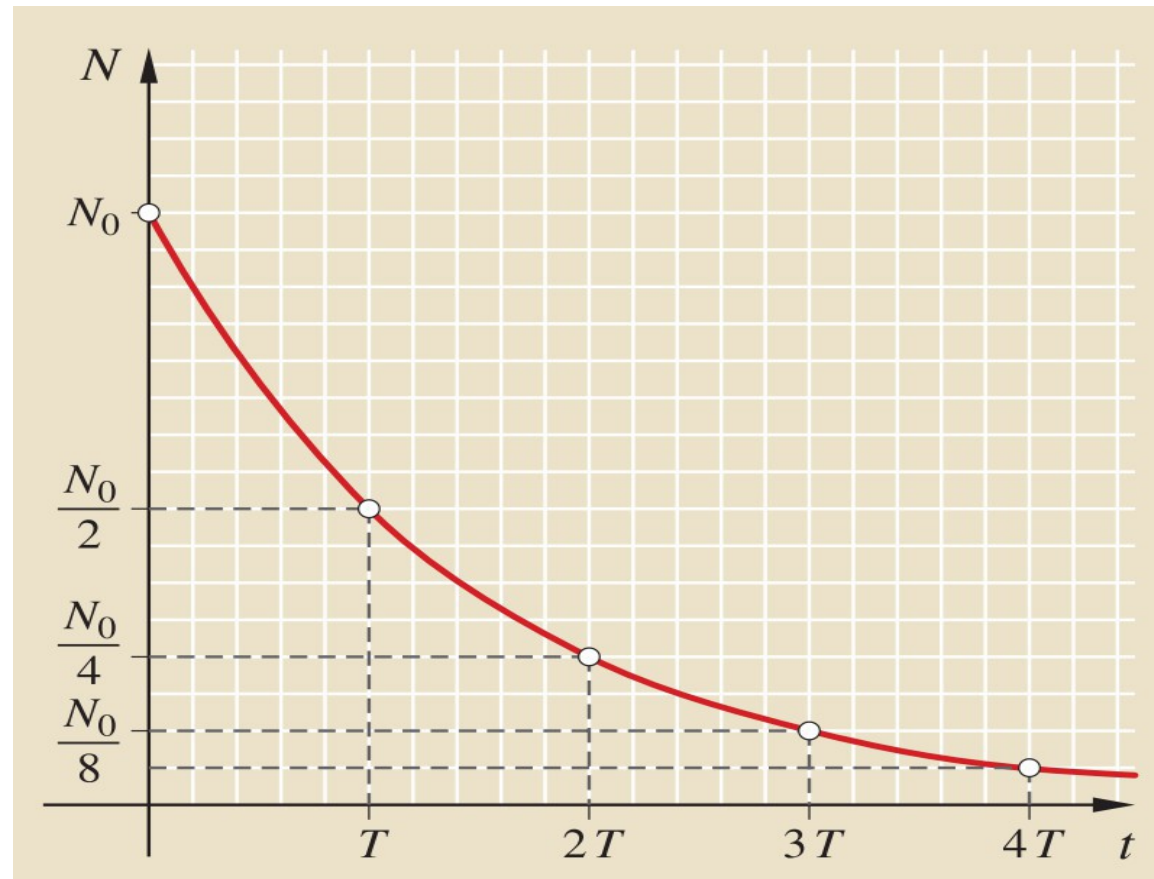
Ennyi idő alatt bomlik el az atommagok fele. Jele:  $T$

Egy radioaktív elem felezési ideje állandó, nem függ a hőmérséklettől sem, vagyis újabb és újabb  $T$  idő alatt mindig a megmaradt atommagok fele bomlik el.

Összefüggés a megmaradt, még el nem bomlott atommagok száma ( $N$ ) és a kezdeti összes atommagok száma ( $N_0$ ) között:

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

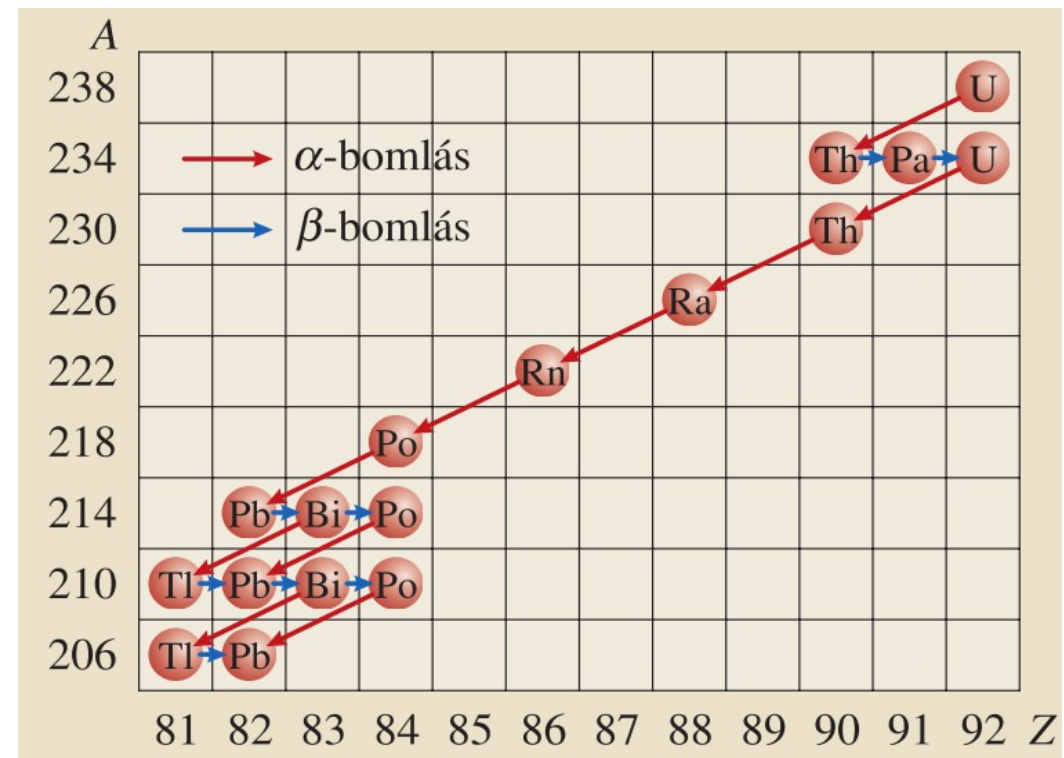
A különböző elemek atommagjainak felezési ideje nagyon különböző. (Pl. az Urán 238-as izotópjának 4,5 milliárd év, van olyan anyag, amelynek néhány mikrosekundum.)



**Bomlási sorok:** A Föld keletkezésekor 4 bomlási sor alakult ki az akkor létrejött elemekből. A 4 bomlási sorból 3 most is létezik, mivel az első elemei még nem bomlottak el.

A SOR ELNEVEZÉSE	KEZDŐ VAGY ŐSELEM	ŐSELEM FELEZÉSI IDEJE (MILLIÓ ÉVBEN)	VÉGSŐ STABIL IZOTÓP
$A = 4n$ tórium-sor	${}^{232}_{90}\text{Th}$	14 100	${}^{208}_{82}\text{Pb}$
$A = 4n + 1$ neptúnium-sor	${}^{237}_{93}\text{Np}$	2,1	${}^{209}_{83}\text{Bi}$
$A = 4n + 2$ urán-238-sor	${}^{238}_{92}\text{U}$	4470	${}^{206}_{82}\text{Pb}$
$A = 4n + 3$ urán-235-sor	${}^{235}_{92}\text{U}$	713	${}^{207}_{82}\text{Pb}$

Az Urán 238-as izotópjának bomlási sora:

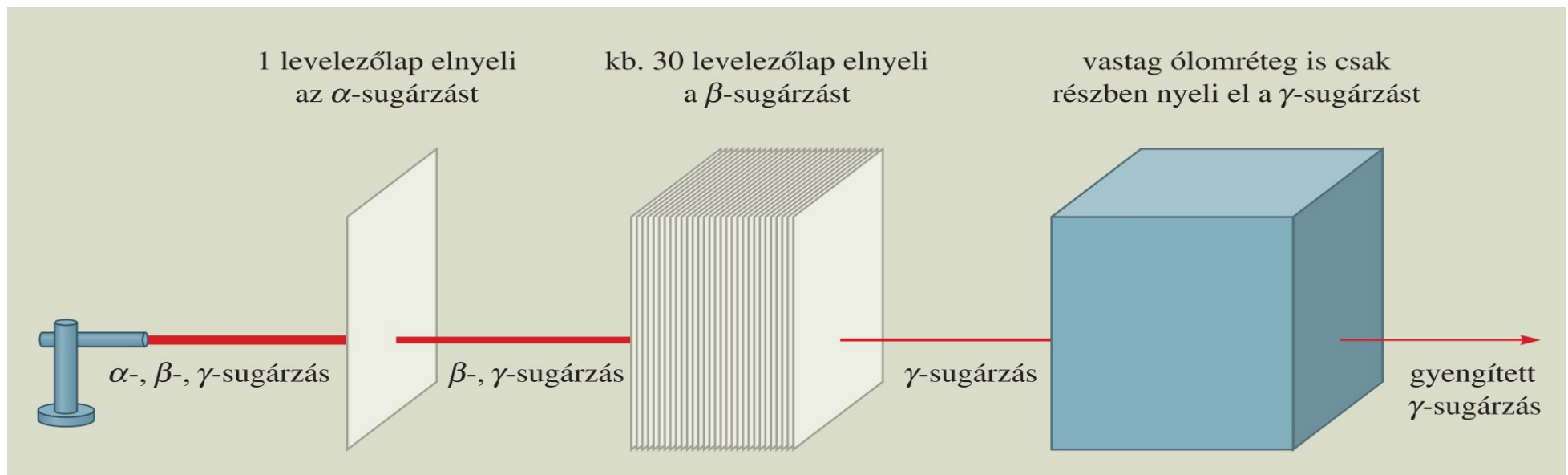




**Mesterséges radioaktivitás:** Elemek ütköztetésével, atommagok gerjesztésével, részecskesugárral létre lehet hozni olyan atommag izotópokat, amelyek nem stabilak, radioaktívak, vagyis valamilyen radioaktív sugárzást kibocsátva elbomlanak. Leggyakrabban neutron sugárzással szoktak ilyen elemeket létrehozni.

### A sugárzások áthatoló képessége

Az  $\alpha$  sugárzás a legkisebb energiájú, egy alumínium fólia vagy papírlap is elnyeli. A  $\beta$  sugárzást kb. 30-szor ilyen vastag fém vagy papír nyeli el. A legnagyobb energiájú a  $\gamma$  sugárzás. Ezt vastag ólom vagy betonréteg is csak részben nyeli el.



## A radioaktív sugárzás biológiai hatása

A radioaktív sugárzásnak az emberi testre gyakorolt hatása több dologtól függ:

- a sugárzás fajtájától
- a sugárzás erősségétől; a sug. anyag aktivitásától (Bq-ben)
- mennyi ideig éri a embert
- kívülről vagy belülről éri a szervezetet
- a szervezet melyik részét éri a sugárzás.

## A sugárzásnak több káros biológiai hatása van:

### - ionizáló hatás

Az atomokról, molekulákról leszakít elektronokat és így azok pozitív ionokká válnak. Ezek az ionok a szervezetben káros kémiai reakciókat idéznek elő, károsítják a sejteket, szöveteket.

### - sejtroncsoló hatás

A nagy energiájú gamma sugárzás, vagy pl. a belélegzett Radon roncsolja a sejteket, a sejtmag molekuláit.

A radioaktív sugárzás biológiai hatása annál nagyobb, minél nagyobb az élő anyag egységnyi tömegében elnyelődött sugárzási energia.

### Elnyelt dózis:

elnyelt sugárzási energia/ a sugárzást elnyelt anyag tömege

Jele:  $D_e$

Mértékegysége: J/kg , ennek elnevezése: gray jele: Gy

A biológiai hatás nemcsak az elnyelt dózistól függ, hanem attól is, hogy milyen sugárzástól van szó. A sugárzások ionizáló képessége különböző. Erre jellemző adat a minőségi tényezőjük. Ennek jele: Q

Röntgen, gamma, és béta-sug. Q=1

Alfa sugárzás: Q=20

Lassú neutronsugárzás Q=2-3

Gyors neutronok, protonok Q=10

### Dózisegyenérték (effektív dózis)

Az elnyelt dózis és a minőségi tényező szorzata: Jele: H  $H=Q \cdot D$

Mértékegysége: J/kg, elnevezése: sievert , jele: Sv

Kisebb egységei: mSv (millisievert) = 0,001 Sv

$\mu$ Sv (mikrosievert) = 0,001 mSv

## Természetes háttérsugárzás

A sugárzás a Földünkön a keletkezése óta jelen van. A sugárzás megtalálható a levegőben, talajban, felszíni vizekben, élelemben, az élő szervezetekben is.

Az embert a természetes sugárzáson kívül éri sugárzás pl. orvosi vizsgálatokból, kozmikus sugárzásból, építőanyagokból, erőművekből, dohányzásból, stb...

Az embert érő átlagos összes sugárzás évente: **2-3 mSv**

## Példák sugárdózisokra:

Mammográfiai felvétel: 3 mSv

Egy banán elfogyasztása: 0,1  $\mu$ Sv

Legkisebb bizonyítottan rákkeltő dózis: 100 mSv/év

Dohányzás (1,5 csomag/nap): 15-60 mSv/év

## A radioaktiv sugárzás felhasználása

### - régészeti leletek kormeghatározása ( $^{14}\text{C}$ izotóp mérésével):

A halottban nem pótlódik (étkezéssel) a sugárzó  $^{14}\text{C}$  izotóp, ezért annak és a normál nem sugárzó  $^{12}\text{C}$  izotóp aránya folyamatosan csökken a testben. A sugárzás felezési idejét ismerve meg lehet állapítani, hogy mennyi ideje halt meg a személy (több száz évtől több ezer évig lehet így meghatározni egy régészeti lelet korát).

### - anyagok rétegvastagság mérése az iparban:

A sugárzás a vastagságtól függően nyelődik el az anyagban.

### - rákos sejtek gamma sugárzással történő elpusztítása:

A sugárzást a rákos sejtekre irányítva el lehet azokat pusztítani úgy, hogy csak kevés egészséges sejt pusztuljon el körülötte (sugárkezelés).

### - nyomjelző izotópos vizsgálat:

A testbe gyorsan elbomló sugárzó anyagot (jód izotóp) juttatva, a sugárzást követve lehet követni az anyag útját a testben. Meg lehet figyelni a jód kiürülésének gyorsaságát, az egyes testrészek (vese, pajzsmirigy) működését.