

# RADIOAKTIVITÁS

Az atommagoknak két csoportja van, a stabil és a radioaktív magok. Ez utóbbiak nagy energiájú sugárzást kibocsátva más atommagokká alakulnak. Ilyen radioaktív elem például a rádium a polónium a tórium az aktínium

1896. február 24-én Henri Becquerel francia fizikus fedezte fel, hogy az urántartalmú anyagok egy új, addig ismeretlen sugárzást bocsátanak ki.

A folyamatot Marie Curie 1898-ban nevezi el radioaktivitásnak. A radio- latin szó jelentése sugárzó, az aktív, szintén latin szó, jelentése tevékenység, cselekvő. Ugyanebben az évben az uránszurokérc sugárzásának vizsgálata közben fedezi fel a Marie Curie és férje Pierre Curie házaspár a polóniumot és a rádiumot ezt a két radioaktív elemet.

Becquerel a Curie házaspárral megosztva 1903-ban fizikai Nobel-díjat kapott.

1911-ben Marie Curie a polónium és a rádium felfedezéséért kémiai Nobel-díjat kapott. Férje ekkor már halott volt.

Radioaktívnek nevezünk egy atommagot, ha bármely külső hatás nélkül képes átalakulni egy másik atommaggá, miközben valamilyen radioaktív sugárzást bocsát ki. Ez az átalakulás a radioaktív bomlás.

**Természetes (spontán) radioaktivitásról** beszélünk, ha a természetben megtalálható elemek atommagja képes átalakulni.

Az urán a 92-es rendszámú elem. A periódusos rendszer utolsó természetes eleme. Az uránércsek csak kis koncentrációban tartalmazznak uránt és az is több izotóp keveréke. A 235-ös hasad.

## A radioaktív sugárzás tulajdonságai

- A sugárzás erőssége csak a radioaktív elem mennyiségétől függ, azt a különféle fizikai és kémiai változások (melegítés, hűtés, halmazállapot-változás, kémiai reakció) nem befolyásolja.
- A sugárzás a fényképezőlemezt és a filmet megfeketíti, tehát kémiai hatása van.
- A radioaktív sugárzás láthatatlan, de néhány anyag a sugárzás következtében látható fényt bocsát ki.
- A sugárzásnak erős ionizáló hatása van.
- Elektromos, illetve mágneses mezőben három összetevőre bomlik ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - sugárzás)
- A sugárzásnak nagy az áthatolóképessége, de az anyagok a sugárzás egy részét elnyelik. (ólom)
- A radioaktív sugárzás az élő sejteket károsítja.

### A radioaktív sugárzás fajtái, jellemzői

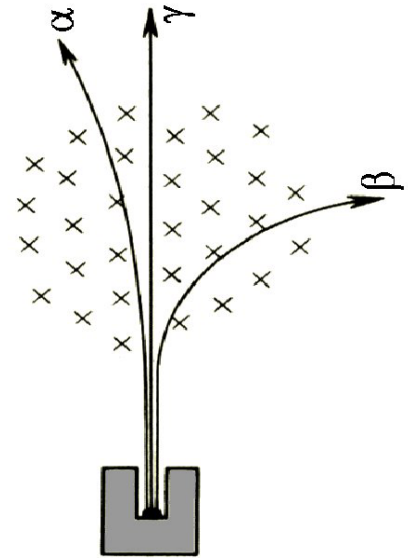
**$\alpha$  – sugárzás:** Ez tulajdonképpen egy He atommag ( $\text{He}^{++}$ -ionok) (Rutherford) Töltésük ennek megfelelően a pozitív elemi töltés kétszerese, tömege négyszerese a hidrogénatom tömegének. Áthatoló képessége kicsi, levegőben néhány centiméter. 1 g urán 1 s alatt 100 000 He atommagot lök ki magából 15 000 - 22 000 km/s sebességgel!  $\alpha$  - bomlásnál az atommagból egy He atommag távozik, ezért a visszamaradt atom tömegszáma 4-gyel, tömegszáma 2-vel kisebb lesz.

**$\beta$  – sugárzás:** Elektronok alkotják (Becquerel), tehát negatív töltésű. Áthatoló képességük levegőben néhány méter.  $\beta$  - bomlásnál az atommagból egy elektron távozik.

(Az atommagok nem tartalmaznak elektront, ilyenkor valójában egy neutron bomlik el úgy, hogy egy proton marad vissza és egy antineutrínó és egy elektron távozik. )Tehát a rendszám 1-gyel nő a tömegszám nem változik.

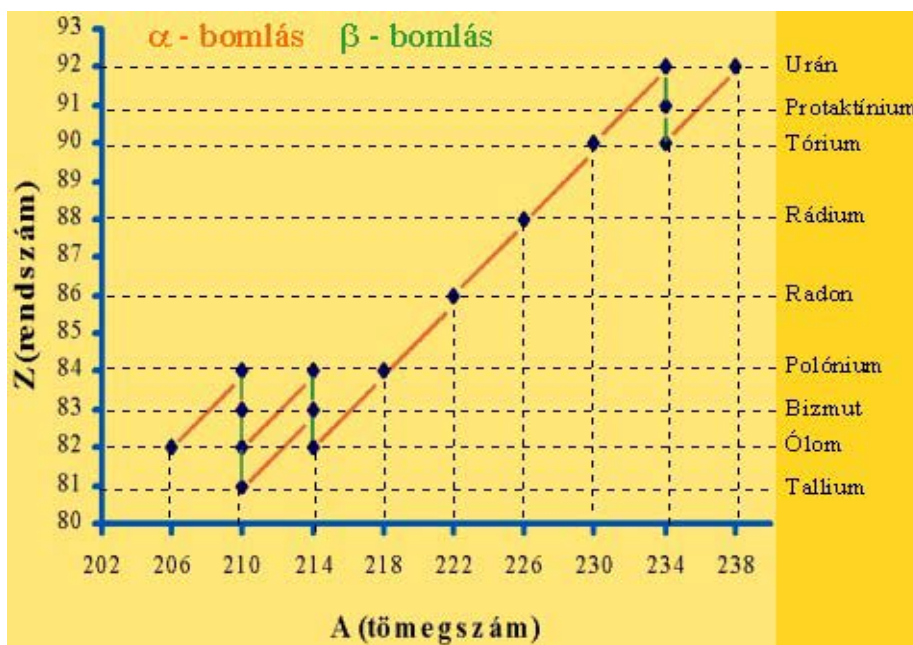
**$\gamma$  – sugárzás:** (Becquerel) Tulajdonságuk megegyezik a röntgensugarak tulajdonságával A  $\gamma$  – sugárzás nagyon rövid hullámhosszú elektromágneses hullám, melynek áthatoló képessége levegőben néhány száz méter.

A radioaktív izotópok atommagjai bomlaskor vagy csak  $\alpha$ -, vagy csak  $\beta$ - sugárzók, de mindkét bomlást  $\gamma$ - foton kibocsátása kíséri.



A radioaktív sugárzás következtében a sugárzó anyagnak csökken a tömege, a sugárzó anyag másfajta anyaggá alakul.

A radioaktív anyag atomjai sorozatos bomlásokon mennek keresztül, míg végül stabil ólomizotóppá alakulnak. Ennek alapján a radioaktív izotópok bomlási sorokba rendezhetők.



Bizonyos mennyiségű sugárzó anyagot tartalmaz a Föld anyaga, a víz és a levegő is. Radioaktív sugarakat bocsát ki magából a cement, a téglá, a műtrágya is. Ezek mennyisége azonban nem veszélyes az emberi szervezetre. Ha azonban sokáig nem szellőztetnek egy helyiséget, akkor növekedhet a sugárzás mértéke. Ezért is célszerű a lakásban rendszeresen szellőztetni.

**Mesterséges radioaktivitásnak** akkor nevezzük a magátalakulást, ha mesterségesen előállított, a természetben elő nem forduló elemek (izotópok) bocsátanak ki sugárzást.

A mesterséges radioaktivitást **Iréne Curie és férje, Frédéric Joliot-Curie** francia fizikusok fedezték fel. 1935-ben kémiai Nobel-díjat kaptak.

Neutronok segítségével nagyon sok elem atommagja átalakítható. Ha a keletkezett elem radioaktív izotóp, akkor ez már külső behatás nélkül is tovább bomlik. Későbbi vizsgálatok során kiderült, hogy az anyagok többsége mesterségesen radioaktívvá tehető. Ezeket az anyagokat hasznosítják az orvostudományban, a biológiában és a technikában.

### A radioaktív sugárzást jellemző fizikai mennyiségek

A radioaktív testek által kibocsátott részecskék száma különböző. A sugárforrás által kibocsátott részecskék számának és a közben eltelt időnek a hányadosa a sugárforrás aktivitása.

Jele: A

M.e.: Bq (becquerel)

$$A = \frac{N}{\Delta t}$$

A test által elnyelt sugárzási energia és a test tömegének hányadosa az elnyelt sugárdózis.

Jele: D

M.e.: Gy (gray)

$$D = \frac{E}{m}$$

Biológiai szempontból az is lényeges, hogy milyen jellegű sugárzás érte az élő szervezetet. Ugyanolyan hatás kiváltásához a sugárzás fajtájától függően több-kevesebb elnyelt dózis szükséges. A különféle sugárzások biológiai hatását a röntgensugárzáshoz hasonlítják.

Egy adott hatást okozó röntgensugárzás elnyelt dózisának ( $D_{rtg}$ ) és az ugyanilyen hatást kiváltó sugárzás elnyelt dózisának (D) a hányadosa a sugárzás relatív biológiai hatékonysága.

Jele: Q

$$Q = \frac{D_{rtg}}{D}$$

$$Q_{rtg} = 1 \quad Q_{\alpha} = 20 \quad Q_{\beta} = 1 \quad Q_{\gamma} = 1$$

A relatív biológiai hatékonyság és az elnyelt dózis szorzata a dózisegyenérték.

Jele:  $D_e$

$$D_e = Q \cdot D$$

M.e.: Sv (sievert)

Azt az időt, ami alatt a radioaktív atommagok kezdeti száma a felére csökken, felezési időnek nevezzük.

Radioaktív bomlási törvény:

$$N(t) = N(0) \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$$N(0) - \text{a kezdetben jelen lévő atomok száma} \quad N(0) = \frac{m}{M} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$N(t)$  - a „t” idő múlva jelen lévő atomok száma

A „t” idő alatt elbomlott atomok száma:  $N(0) - N(t)$

De (Sv)	HATÁSOK
0,2	<b>Küszöbdózis</b> Orvosiilag kimutatható, de tünetmentes
0,75-1	<b>Kritikus dózis</b> Múló rosszullét, fáradékonyság
1-2	Hosszabb ideig tartó zavarok a vérképző sejtek működésében
4	<b>Félhalálos dózis</b> Az emberek 50%-a orvosi kezelés hiányában meghal.
6	<b>Halálos dózis</b> Speciális orvosi kezelés hiányában két héten belül halál.

A későbbi következményeknek (rák, örökletesi rendellenesség) nincs küszöbdózisa, de a dózis csökkenésével a betegség kialakulásának valószínűsége csökken.

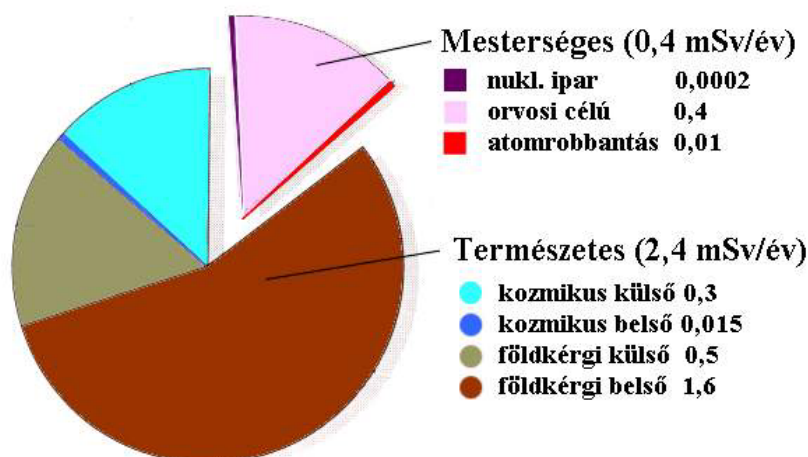
Környezetünkben mindenütt előfordul valamilyen ionizáló sugárzás. Ennek nagy része a Föld radioaktív elemeinek bomlásából, illetve a kozmikus sugárzásból (háttérsugárzás) származik.

Jelentős az orvosi eredetű sugárzás is (röntgensugárzás, sugárkezelés).

Ezekhez képest elenyésző az atomrobbantásokból és az atomerőművekből származó sugárterhelés.

Magyarországon élő személy egy évi átlagos sugárterhelése 0,0028 - 0,003 Sv.

## A Föld népessége sugárterhelésének főbb forrásai és átlagértékük:



A radioaktivitás veszélyeit a jelenség felfedezése után csak évtizedekkel ismerték fel. Sajnos sok emberi szenvedést okozott ennek az ismeretnek a hiánya.

Az első kísérleti atomrobbantást az USA-ban végezték. A következő két bombát már katonai célokra használták a II. világháború végén Japán ellen vetette be az USA. Hirosima fölött 1945. augusztus 6-án, Nagaszaki fölött 1945. augusztus 9-én robbantottak atombombát. A radioaktív sugárzás következtében több mint 200 000 ember halt meg, a későbbi hatásaik következménye még ennél is több áldozatot követelt.

Az első reaktorbaleset 1957-ben történt Angliában, a második legjelentősebb A reaktortörténelem letragikusabb balesete a Szovjetunióban történt 1986-ban a csernobili atomerőmű 4-es blokkjában.

Ezek a tragédiák érthetővé teszik a radioaktivitással szembeni ellenszenvet és félelmet. Ma nagyon sokan gondolják azt, hogy bizonyos betegségek nagyarányú kialakulásának a radioaktivitás az oka. Az emberek többsége úgy gondolja, hogy ez a nukleáris ipar és a nukleáris fegyverekkel végzett kísérletek következménye. A lakosságot folytonosan éri természetes és mesterséges eredetű sugárzás. Az ionizáció kiváltására képes sugárzó anyagok jelen vannak a környezetünkben, mind az élettelen anyagokban, mind az élőlényekben, s így kivétel nélkül valamennyi emberben is.

Kevesen vannak tisztában azzal, hogy egy átlagembert élete során érő sugárterhelésnek 87%-a természetes radioaktív forrásból származik, és csak 13%-a a mesterséges radioaktivitás következménye.

Az embert érő sugárterhelés jelentős részének semmi köze sincs a nukleáris ipar által okozott sugárterheléshez.

Az ember, sugárzási térben fejlődött ki és fejlődik ma is tovább. A természetes radioaktív anyagok kiszűrhetetlenül és állandóan jelen vannak a környezetünkben (a talajban, az építőanyagokban, a levegőben, az élelmiszerekben és az ivóvízben), valamint a szervezetünkben. Az ezektől eredő sugárterhelés végigkíséri egész életünket, nemcsak a születéstől, hanem már a fogamzástól egészen a halálig.

A múlt század legvége óta a természetes sugárzáson felül az emberiséget **mesterséges** (az ember által létrehozott) forrásokból származó **sugárterhelés** is éri.

A radioaktív sugárzás, veszélyes élettani hatása ionizáló képességük következménye. Az élő szervezetbe behatoló radioaktív sugárzás részecskéi kölcsönhatásba léphetnek az élő szervezet atomjaival, molekuláival, ionizálják azokat, minek következtében sejtburjánzás indul meg. Másik lehetséges következménye, hogy az élő szervezet makromolekuláit szétszakítják, ami a szövetek pusztulását okozza.

A radioaktivitás akkor veszélyes, ha valakit tartósan ér erős sugárzás. Ez úgy fordulhat elő, hogy valakinek a szervezetébe nagy mennyiségben jut radioaktív anyag, vagy olyan helyen tartózkodik rendszeresen, ahol erős a radioaktív sugárzás.

Ha a szervezetbe radioaktív anyag kerül, akkor az általában nehezen ürül ki belőle. Például a stroncium egyik izotópja a kalciumhoz hasonlóan beépül a csontokba, ahol felhalmozódva csontrákot vagy leukémiát okoz. Ha nagy mennyiségű radioaktív anyag kerül a környezetbe, akkor mivel annak felezési ideje emberi léptékkal mérve hosszú, évtizedeken keresztül képes nagy területeket tönkretenni.

A radioaktivitással kapcsolatos legsúlyosabb ellenérv a radioaktív hulladékok tárolása, ami még ma sem megoldott probléma.

## A radioaktív sugárzás környezeti hatásai, az izotópok ipari, orvosi és tudományos alkalmazása

**Daganatos betegségek sugárkezelése.** A  $\gamma$ -sugárzás az élő sejteket szétroncsolja, ezért használják a daganatsejtek elpusztításához. De ez a sugárzás roncsolja az egészséges szöveteket is. *Szilárd Leó* a második világháború után biológiával kezdett foglalkozni. Ezért sokan a biofizika atyjának tekintik. Amikor szervezetét rák támadta meg, maga irányította a radiológiai kezelést, számította ki a szükséges dózisokat, miközben új terápiás eljárást dolgozott ki: a rák radioterápiáját. A rákos daganat a kezelést követően teljesen eltűnt a szervezetéből.

**Kormeghatározásra:** A növények a levegőben lévő C-14 atomokat beépítik szervezetükbe a stabil C-12-vel együtt. A növények elpusztulása után a C-14 atomok magjai az idők során elbomlanak míg a C-12-es atomok száma az elhalt növényben nem változik. Így megváltozik az elhalt növényben a C-14 és a C-12 atomok számának aránya. Így következtetni lehet a növény korára Pontosabb a kormeghatározás, ha a két izotóp levegőbeli arányának változását a fák évgyűrűinek vizsgálata alapján figyelembe veszik.

**Nyomjelzés:** Hevesy György Nobel díjas (1943) fizikus és kémikus fedezte fel a radioaktív nyomjelzés technikáját A radioaktív nyomjelzés lényege, hogy adott rendszerben nyomon követhetünk bizonyos folyamatokat a rendszer működésének zavarása nélkül. Válasszunk ki a rendszer vizsgálandó összetevőjében egy olyan kémiai elemet, amelynek létezik  $\gamma$ -sugárzó radioaktív izotópja. Cseréljük ki egy részüket a megfelelő radioaktív izotópjukkal. Megfelelően érzékeny  $\gamma$ -detektorral követni lehet az ily módon megjelzett rendszerösszetevő mozgását. A radioaktív nyomjelzés kiválóan alkalmas daganatos, gyulladáso, neurológiai és kardiológiai betegségek felderítésére. A radioaktívva tett jódt felhalmozódik a pajzsmirigyben. A bór neutron befogásos *rákerápia* lényege, hogy olyan elemet juttatunk a rákos sejtekbe, amelyet lassú neutronokkal besugározva rövid hatótávolságú, ellenben erősen ionizáló sugárzást bocsát ki.

A radioaktív sugárzás baktériumölő hatását a **tartósítóipar**ban alkalmazzák. Tapasztalat szerint az előzetesen besugárzott gyümölcs, zöldség tovább marad friss.

A gyógyászatban használt eszközöket is radioaktív sugárzással **fertőtlenítik**, gyógyszerek *sterilizálása*.

Anyagok rétegvastagságának mérése,

Ötvözetek hibáinak felderítése

Fluoreszcencia kiváltása (pl. óramutatók fluoreszkálása)