# Radioaktivitás

**Felfedezése**

A radioaktivitást [1896](http://hu.wikipedia.org/wiki/1896)-ban [Henri Becquerel](http://hu.wikipedia.org/wiki/Henri_Becquerel) [francia](http://hu.wikipedia.org/wiki/Franci%C3%A1k) tudós fedezte fel, amiért [1903](http://hu.wikipedia.org/wiki/1903)-ban megkapta a [fizikai Nobel-díjat](http://hu.wikipedia.org/wiki/Fizikai_Nobel-d%C3%ADj). Becquerel [foszforeszkáló](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Foszforeszcencia&action=edit&redlink=1) anyagokkal kísérletezett. Úgy gondolta, hogy a [katódsugárcső](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kat%C3%B3dsug%C3%A1rcs%C5%91) fénye valamilyen módon összefügg a foszforeszcenciával. Különféle foszforeszkáló anyagokat burkolt fekete papírba egy fényképlemezzel együtt, és a fényképlemez feketedését vizsgálta. Nem észlelt feketedést amíg [uránsókkal](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%A1n) nem próbálkozott. Miután a nem foszforeszkáló uránsókkal próbálkozott, kiderült, hogy a jelenségnek semmi köze sincs a foszforeszcenciához. Kimutatta, hogy a sugárzás intenzitása arányos az urán koncentrációjával, így arra következtetett, hogy ez a sugárzás az uránatom tulajdonsága. [Pierre](http://hu.wikipedia.org/wiki/Pierre_Curie) és [Marie Curie](http://hu.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie) új, sugárzó elemek után kutatva fedezték fel, hogy a [tórium](http://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%B3rium) is sugároz. Az uránércből kivontak még két erősebben sugárzó elemet, a [polóniumot](http://hu.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%B3nium) és a [rádiumot](http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1dium). A Curie házaspár nehéz és fárasztó munkájának szemléltetéséül: nyolc tonna uránércből 0,1 gramm rádium nyerhető ki. A Curie házaspár és [Ernest Rutherford](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford) kísérletei a radioaktív sugárzásnak két összetevőjét mutatta ki: a nagyon rövid hatótávolságú (levegőben kevesebb, mint 1 cm) [alfa-sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-sug%C3%A1rz%C3%A1s), és a [béta-sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9ta-sug%C3%A1rz%C3%A1s) (pár 10 cm levegőben). [1900](http://hu.wikipedia.org/wiki/1900)-ban fedezte föl Paul Ulrich Villard a [gamma-sugárzást](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gamma-sug%C3%A1rz%C3%A1s), amit 10 cm [ólom](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%93lom) sem bír elnyelni. Később bebizonyították, hogy a gamma-sugárzás valójában nagyenergiájú [elektromágneses sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektrom%C3%A1gneses_sug%C3%A1rz%C3%A1s)

Az [alfa-sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-sug%C3%A1rz%C3%A1s) [hélium](http://hu.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lium) [atommagokból](http://hu.wikipedia.org/wiki/Atommag) áll, és akár egy vékony papír is elnyeli őket. A [béta-sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9ta-sug%C3%A1rz%C3%A1s) elektronsugárzás, és egy [alumíniumlemez](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alum%C3%ADnium) elnyeli őket. A [gamma-sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gamma-sug%C3%A1rz%C3%A1s) elnyelésére csak egy vastag ólomlemez képes hatékonyan, habár a sugárzás erőssége az útja során folyamatosan csökken.

A radioaktivitás a nem stabil (úgynevezett radioaktív) [atommagok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Atommag) bomlásának folyamata. Ez nagy [energiájú](http://hu.wikipedia.org/wiki/Energia) [ionizáló sugárzást](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ioniz%C3%A1l%C3%B3_sug%C3%A1rz%C3%A1s) kelt. Radioaktív sugárzás a természetben is előfordul. Mérésére [részecskedetektorokat](http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9szecskedetektor) használnak.

|  |
| --- |
| http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Alfa_beta_gamma_radiation.svg/280px-Alfa_beta_gamma_radiation.svg.png |

**Radioaktív sugárzás (bomlás)**

Három fontosabb fajtája van. Egyre nagyobb áthatolóképességgel:

1. [Alfa-bomlás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-boml%C3%A1s) során az [atommagból](http://hu.wikipedia.org/wiki/Atommag) egy [hélium](http://hu.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lium) atommag (erősen kötött 2 [proton](http://hu.wikipedia.org/wiki/Proton) és 2 [neutron](http://hu.wikipedia.org/wiki/Neutron)) válik ki. Erősen [ionizáló](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ioniz%C3%A1l%C3%B3_sug%C3%A1rz%C3%A1s), viszont a hatótávolsága levegőben 1 cm alatti.
2. [Béta-bomlás](http://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9ta-boml%C3%A1s) során az atommagban [neutronból](http://hu.wikipedia.org/wiki/Neutron) lesz [proton](http://hu.wikipedia.org/wiki/Proton), [elektron](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektron) kibocsátása közben. Így a béta-sugárzás valójában elektronsugárzás. Közepesen ionizáló hatású, hatótávolsága levegőben pár 10 cm.
3. [Gamma-bomlás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gamma-boml%C3%A1s) során energia távozik nagy energiájú [fotonként](http://hu.wikipedia.org/wiki/Foton). Az előbbiek kísérőjelensége szokott lenni. Hatótávolsága légüres térben praktikusan végtelen, a nagy tömegszámú elemek (általában ólom) gyöngítik hatékonyan.

Az alábbi táblázat rendszerezi a három fontosabb és több további bomlásfajtát nagyjából csökkenő előfordulási valószínűség szerint rendezve. A az atom tömegszámát (protonok és neutronok együttes száma), Z pedig a rendszámot (protonok száma) jelöli.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Bomlási mód | Résztvevő részecskék | magokváltozása | áthatoló képesség |
|  |
| [Alfa-bomlás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-boml%C3%A1s) | Egy [alfa-részecskét](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-r%C3%A9szecske) (A=4, Z=2) emittál a mag | (A-4, Z-2) | kicsi |
| β- bomlás | Egy [proton](http://hu.wikipedia.org/wiki/Proton) vagy neutron alakul át $p=n+e^{+}+v$$$n=p+e^{-}+\overbar{v}$$ | (A=áll, Z±1) | közepes |
| γ sugárzás | elektromágneses sugárzás, nagy energiájú foton  | (A= áll. Z= áll) | nagy |

## Aktivitás

A radioaktív bomlásokat valószínűségi törvények írják le. Az egyes atommagok elbomlásának időpontja független attól, hogy mennyi ideje létezik már az adott atommag.  A radioaktív magok mennyisége csökken az idő múlásával, hiszen a bomlásra képes magok egy része elbomlik. Egy radioaktív anyagmintában az időegység alatt bekövetkező bomlások várható számát az anyag aktivitásának (a) nevezzük.

|  |
| --- |
| http://ion.elte.hu/~pappboti/radioaktivitas/cimlap/tematika/radioakt/radioaktivitas/Image2.gif |

A radioaktív atommagok számának megváltozása t idõ alatt:  Mivel az atommagok száma csökken,  negatív szám és ezért az aktivitás pozitív.
Mértékegysége: 1Bq = 1 becquerel = 1 bomlás /s
Régi egysége a curie. 1Ci = 3,7 \*1010 Bq              (1Ci 1 g tiszta rádium aktivitása)

Az aktivitás arányos a bomlásra képes atomok számával (N). Az arányossági tényezõt bomlásállandónak nevezzük.

a=λ\*N

A radioaktivitás jellemzésére gyakran használjuk a felezési idõt (T). A felezési idõ az az idõ, ami alatt  mintában lévõ radioaktív magok száma felére csökken.

|  |
| --- |
| http://ion.elte.hu/~pappboti/radioaktivitas/cimlap/tematika/radioakt/radioaktivitas/Image4.gif |

Ha kezdetben a radioaktív magok száma N(0) és az eltelt idõ t, akkor pontosan t/T-szer felezõdik meg a bomlásra képes magok száma. Tehát t idõ múlva számuk N(t):

|  |
| --- |
| http://ion.elte.hu/~pappboti/radioaktivitas/cimlap/tematika/radioakt/radioaktivitas/Image5.gif |

A bomlásállandó és a felezési idõ között a következõ összefüggés áll fen:

|  |
| --- |
| http://ion.elte.hu/~pappboti/radioaktivitas/cimlap/tematika/radioakt/radioaktivitas/Image6.gif |

Egy adott mintában a radioaktív magok száma exponenciálisan csökken az idõ függvényében.
Ezért a minta aktivitása is exponenciálisan csökken.

|  |  |
| --- | --- |
|   |  |

 N(t)=N(0)e-λt a(t)=a(0)e-λt

Egy adott radioaktív forrás aktivitása megmondja, hogy hány bomlás történik másodpercenként. Mértékegysége a Bq ([Henri Becquerel](http://hu.wikipedia.org/wiki/Henri_Becquerel) tiszteletére), 1 Bq másodpercenként egy bomlásnak felel meg. Régebbi mértékegység a Ci (Curie), 1 Ci egy [gramm](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gramm) [rádium](http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1dium) aktivitásának felel meg (3,7·1010 Bq). A radioaktív bomlás teljesen véletlen jelenség, egy adott [atommagról](http://hu.wikipedia.org/wiki/Atommag) nem lehet megállapítani, hogy mikor fog elbomlani, viszont az elbomlásának időbeni valószínűsége állandó. Egy forrásban a bomlások száma tehát arányos a radioaktív magok számával, amit a következőképp írhatunk föl:


Ezt integrálva kapjuk a bomlási törvényt:

**N=N02t/T**



Látható, hogy a radioaktív magok száma exponenciálisan csökken. Az a a bomlásállandó: megadja, hogy mekkora valószínűséggel bomlik el egy atommag egy másodperc alatt.

**A felezési idő**

Miközben egy anyag radioaktív sugárzást bocsát ki, átalakulnak atommagjai. Pl. 1g Ra 1s alatt 36,8 milliárd a-részecskét sugároz ki, így 1590 év alatt a Ra atomok fele átalakul másfajta atommá. Azt az időt, amely alatt egy anyag atomjainak a fele bomlik el más atommá felezési időnek nevezzük.

**Felezési idő:** [T]=s

Az, az idő, ami alatt a radioaktív anyag fele elbomlik. Vagy az anyag mennyisége a felére csökken.

**Biológiai hatásai**

Hogy a sugárzás biológiai hatásait objektíven felmérhessük, megfelelő fizikai mennyiségeket kell definiálni. Így vezették be a dózist, ami a sugárzásból 1 kg [anyag](http://hu.wikipedia.org/wiki/Anyag) által elnyelt [energia](http://hu.wikipedia.org/wiki/Energia) mennyisége. Mértékegysége a Gray (1 Gy = 1 J/kg). A régi mértékegység a rad (1 rad = 0,01 Gy).

Kísérletileg igazolt tény, hogy a radioaktív sugárzás hatása élő szervezetekre nagymértékben függ a fajtájától és az energiájától. Adott energiájú [alfa-részecske](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alfa-r%C3%A9szecske) több kárt okoz, mint egy ugyanakkora energiájú [elektron](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektron), vagy egy [foton](http://hu.wikipedia.org/wiki/Foton). A különbség a lineáris energiaveszteség (dE/dx) különbözőségében rejlik. Például egy alfa-részecske az energiáját fémben 1 mikrométer alatt adja le, míg ehhez egy gamma-fotonnak akár több centiméterre is szüksége lehet. Emiatt minden fajta sugárzáshoz egy koefficienst rendelünk – a biológiai hatásosságot (RBE – Relative Biological Effectivity). A dózis és a biológiai hatásosság szorzata az ekvivalens dózis, aminek a mértékegysége a sievert (Sv).

A radioaktív sugárzás hatása azonban az érintett szerv típusától is függ. Minden szervhez egy koefficiens tartozik, ami nem függ a sugárzás fajtájától és energiájától. Így az effektív dózis (egy adott szervre) egyenlő az ekvivalens dózis és a szerv koefficiensének szorzatával.

Egy ember átlagosan évi 2,5 mSv dózist nyel el. Okai a levegőben lévő [radon](http://hu.wikipedia.org/wiki/Radon), a [kozmikus sugárzás](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kozmikus_sug%C3%A1rz%C3%A1s), [röntgenvizsgálatok](http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgensug%C3%A1rz%C3%A1s) stb. Fontos kiemelni, hogy a legnagyobb része (2 mSv) természetes forrásból származik.

**Radioaktivitás felhasználása**

Kőzetek korának meghatározása: A kőzetek keletkezési idejének meghatározásakor az 235 U és 238U arányát mérik, amely változik az idővel, ugyanis a 235U felezési ideje kisebb, mint az 238U.

Orvosi felhasználása: A vas a vérképzéshez szükséges ásványi anyagok közül a legnagyobb jelentőségű. A felnõtt ember szervezete 5-6 g vasat tartalmaz. Súlyosabb esetekben a vashiány vérszegénységhez vezethet. Radioaktív vasat juttatva a szervezetbe végigkövethetõ a vas útja a csontvelõtõl a vérig.

Mezőgazdasági felhasználás: Egy nagyon kártékony légyfajta hímjeit 60Co izotóppal sterilizálták. Ezzel elérték, hogy a légy utódainak száma fokozatosan csökkent, végül ez a légyfajta teljesen kihalt.

Ipari felhasználás: Roncsolás mentes anyagvizsgálat: Röntgenátvilágítással kimutathatók a fémekben lévő esetleges anyaghibák.

**Sugárzás mérése:**

A radioaktív izotópok által kibocsátott sugárzás felismerésére, ill. mérésére számos módszer és eszköz létezik. Ezek egy része laboratóriumokban kerül alkalmazásra, másokat széles körben ellenőrző eszközként vagy a háttérsugárzás mérésére használnak. Sugárvédelmi szempontból a mérési feladatok megelőző és ellenőrző mérések lehetnek. A külső sugárzás elleni védelmi feladatok meghatározásához helyi dózis mérésekre kerül sor. Ellenőrzési feladat a személyi dózis mérés, amelynek alapján megállapítják, hogy a radioaktív anyagokkal ill. eszközökkel dolgozó személy milyen besugárzásnak volt kitéve egy adott időszakban. Megelőzési céllal adott esetben sor kerülhet a levegő, a talaj, az ivóvíz vagy az élelmiszerek ellenőrző mérésére.

**Mérőműszerek:**

**Elektroszkóp töltésvesztése, Ködkamra**

A *Geiger* *számláló* az ionizáló sugárzás mérésére alkalmazott készülék, amely egy ún. Geiger–Müller csőből, egy impulzusszámlálóból és egy szintmérőből áll. A cső kis nyomású gázzal (levegő, hidrogén, argon, oxigén, nitrogén vagy egyéb) töltött cső, melynek a fala a katód, egy középen beépített vezeték az anód. A sugárzás ionizáló hatása áramimpulzusokat okoz, amelyeket az elektródák érzékelnek. A számláló elektronikusan működik, az impulzusokat, a szintmérő pedig az időegység(s) alatti becsapódásokat számlálja.



**A Geiger számláló működési elve:**

A készülék működése a következő: a vékony ablakon belépő sugárzás valamennyi részecskéje ionizál néhány gázatomot. A részecskék az elektródákhoz vonzódnak, más atomokkal ütközve elektronokból és ionokból álló áramlást képeznek, majd az elektronok az anódra csapódnak. Az áramimpulzus az áramkörben minden egyes részecskét jelez.

A *szcintillációs* *számláló* *(detektor)* a radionuklidok elektromágneses sugárzásának (gamma-sugárzás) detektálására alkalmas eszköz *(7.14.* *ábra).* Bizonyos anyagokban az elektromágneses sugárzás a látható fénytartományba eső fényfelvillanást , szcintillációt hoz létre. A készülék egy szcintillációs kristályból és egy fotoelektron sokszorozóból áll.

Félvezető detektorok

Szilárdtest nyomdetektor

