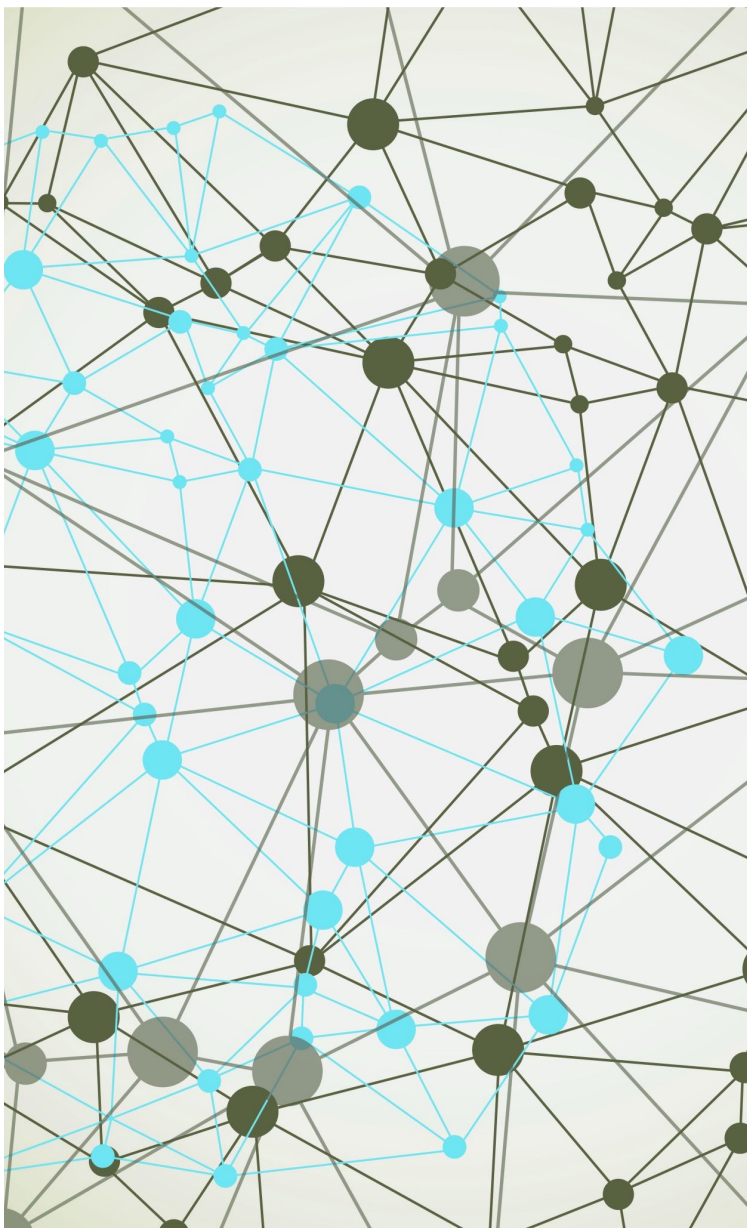
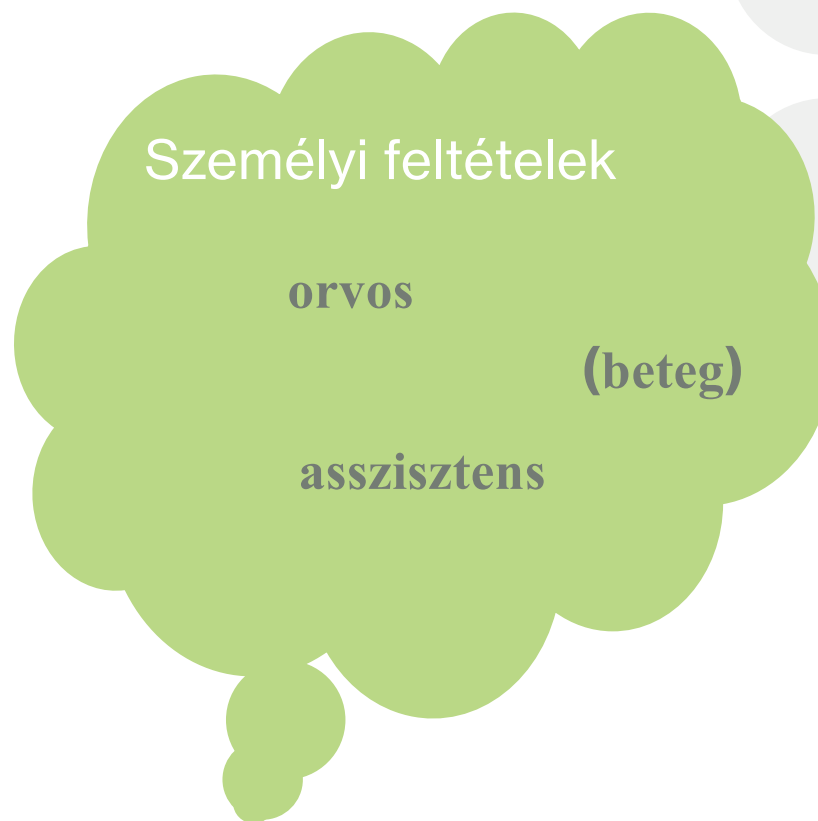




Orvosi képalkotás „Radiológia”

Dr.Ackermann Gábor
gabor@dentesthic.hu





Röntgen- kép



Röntgenosztály

Rtg.felvételek készítésének/kiértékelésének helye

- váró
- röntgenhelység (felvétel készítés)
- sötétkamra (filmkidolgozás)
- leletező



Röntgengépek

Fogászat



Általános orvoslás



- **Röntgenorvos (radiológus)**

- A rtg.kép készítését irányítja/indikálja
- A felvételeket kiértékeli (diagnosztika)

- **Röntgen-asszisztens (radiográfus)**

- Az orvos utasításai szerint önállóan rtg.felvételt készít
 - Biztosítja a munka-feltételeket
 - Dokumentál
 - Kapcsolat a beteggel (empátia)
-



Tanulók kimeneti kompetenciája

- Képképző berendezések működése, annak felépítése
- Röntgenkép keletkezésének mechanizmus
- Röntgenképek jellegzetességei
- Röntgenanatómia (normál és kóros)
- Sugárvédelmi szabályok



Asszisztens feladata

- előkészítés
- felvételek készítése
- elpakolás



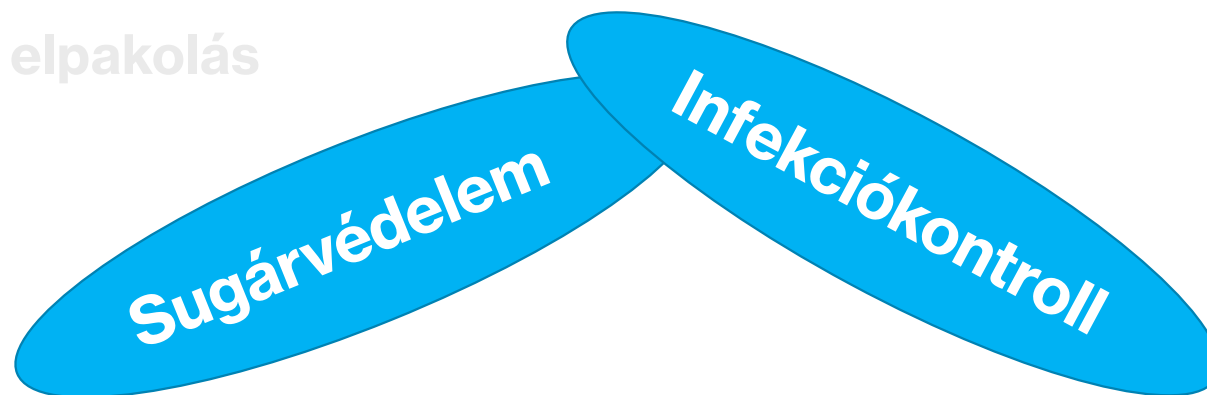
Asszisztens feladata

- **előkészítés**
 - › gépek üzembe helyezése
 - › műszerek kipakolása
 - › filmek előkészítése
 - felvételek készítése
 - infekciókontroll
 - elpakolás
-



Asszisztens feladata

- előkészítés
- **felvételek készítése**
- elpakolás



Az atom felépítése

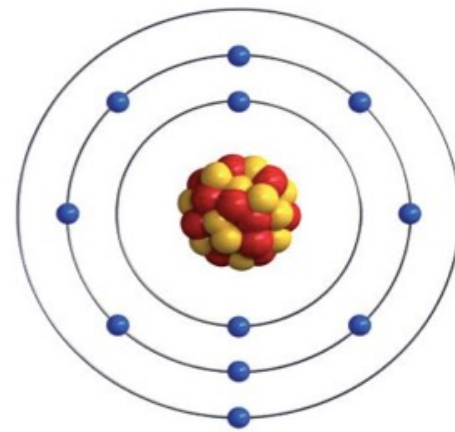
legkisebb, kémiai módszerrel tovább nem bontható kémiai részecske (átmérője: 10^{-10} méter)

az atom részei:

az atommag (átmérője: 10^{-15} méter)

az elektronburok (más néven: elektronfelhő)

1 mm $\rightarrow$ 100 m



● 11 proton ● 12 neutron ● 11 elektron

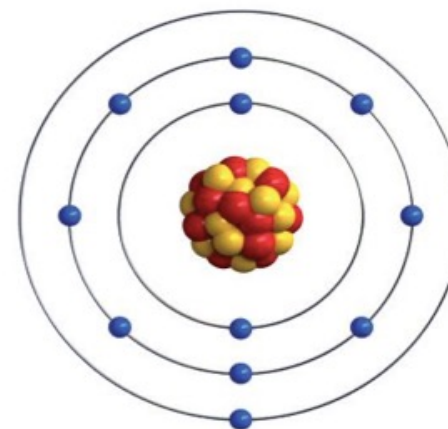
Az atommag

Nukleusz

az atom tömegének több mint **99,9%-a**

- **Összetétele:** Protonok és neutronok (nukleonok)

Elemi részecske	Helye az atomban	Elektromos töltése	Tömeg (SI egységben)	Tömeg (részecskefizikai egységben)
Proton (p^+)	Atommag	Pozitív (+1)	$1,673 \times 10^{-27}$ kg	$\approx 938 \text{ MeV}/c^2$
Neutron (n^0)	Atommag	Semleges (0)	$1,675 \times 10^{-27}$ kg	$\approx 940 \text{ MeV}/c^2$
Elektron (e^-)	Elektronfelhő	Negatív (-1)	$9,109 \times 10^{-31}$ kg	$\approx 511 \text{ keV}/c^2$



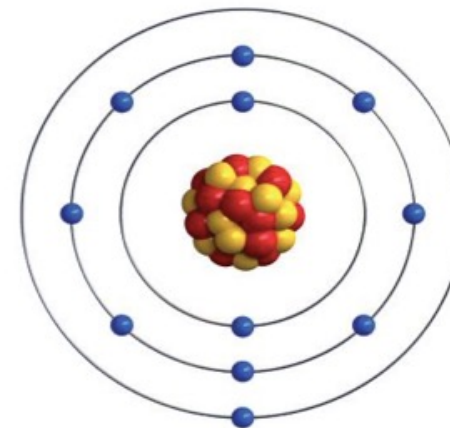
● 11 proton ● 12 neutron ● 11 elektron

Az atommag

Nukleusz

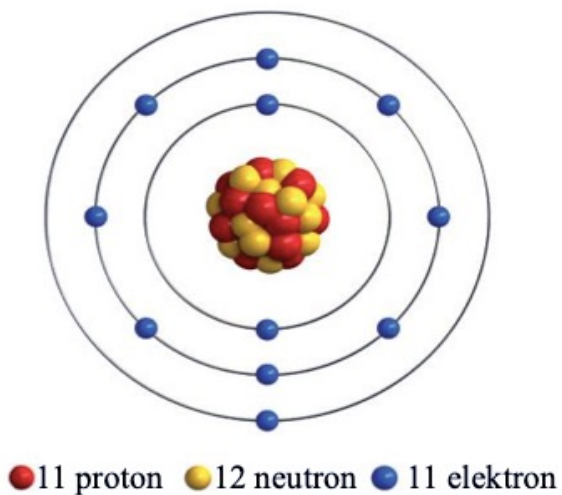
Összetartó erő: Magerő

- **Rendkívül erős:** Körülbelül **100-szor erősebb**, mint az elektrosztatikus (Coulomb-) kölcsönhatás, és nagyságrendekkel erősebb a gravitációnál.
- **Rövid hatótávolságú:** Csak hihetetlenül kis távolságon belül fejti ki hatását (kb. 10^{-15} méter, ami az atommag mérettartománya). Ha a nukleonok ennél messzebb kerülnek egymástól, a magerő szinte azonnal nullára csökken.
- **Töltésfüggetlen:** Ugyanolyan erővel hat proton-proton, neutron-neutron és proton-neutron párok között is.
- **Nagyon kis távolságon taszító:** Ha a protonok és neutronok túl közel kerülnének egymáshoz (kb. $0,5 \times 10^{-15}$ méternél közelebb), a magerő hirtelen taszítóvá válik. Ez megakadályozza, hogy az atommag önmagába omoljon.



● 11 proton ● 12 neutron ● 11 elektron

- **Rendszám (Z):** az atommagban található protonok száma
 - az atom egyedi jellemzője
- **Tömegszám (A):** a nukleonok száma (vagyis az atommagban található protonok és neutronok számának összege)
 - mindig pozitív, egész szám



Izotópok

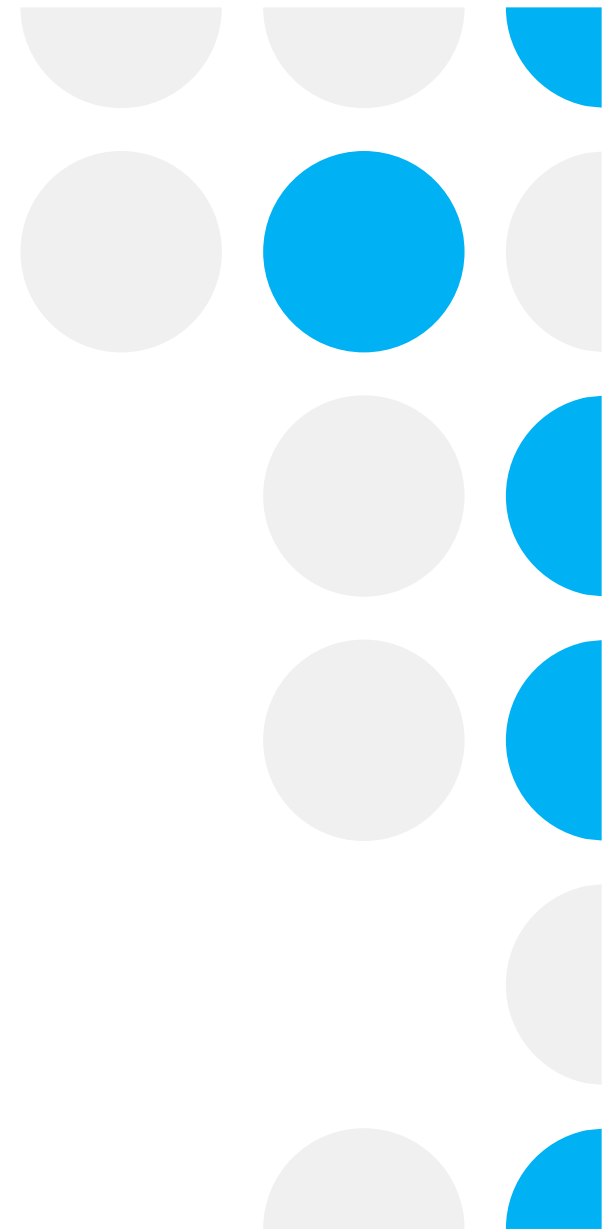
Azonos protonszámú, de eltérő neutrons számú atomok. Pl:

1. **Próci um (Sima hidrogén):** 1 proton, **0 neutron**. A leggyakoribb forma.
 2. **Deutérium (Nehézhidrogén):** 1 proton, **1 neutron**. Kémia ilag hidrogén, de kétszer olyan nehéz.
 3. **Trícium:** 1 proton, **2 neutron**. Ez az izotóp már instabil, rádióaktív.
-



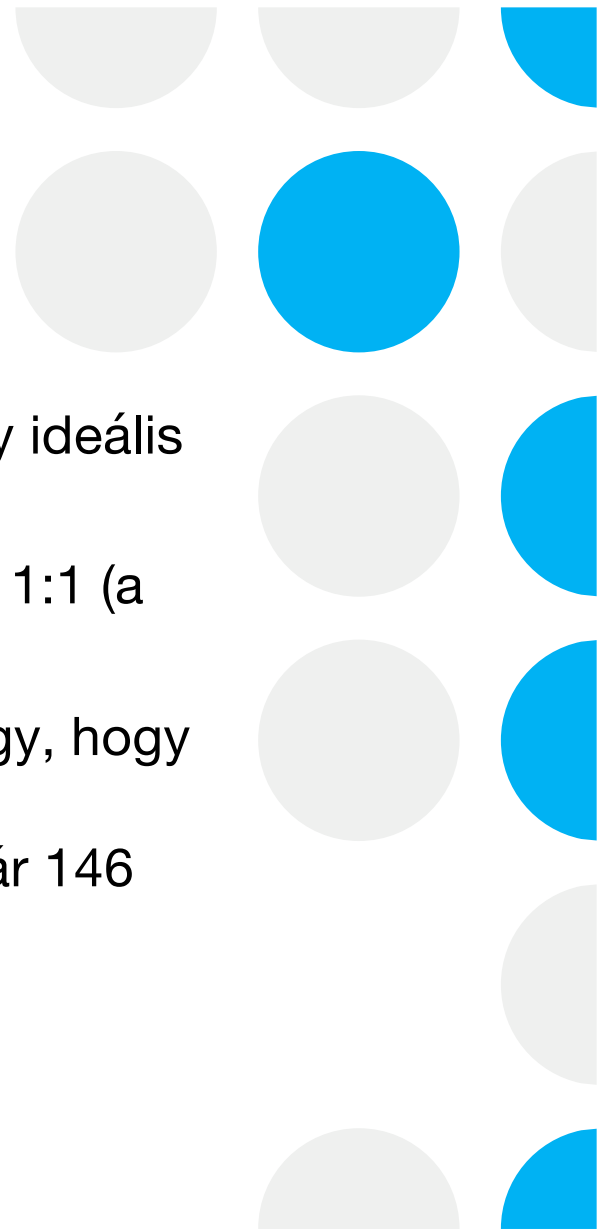
Izotópok

- Természetes
 - Primordiális (ősidőkből származó) izotópok (Ősrobbanás)
 - **Urán-238, Radon-222, Kálium-40**
 - Kozmogén izotópok (kozmikus sugárzás és légköri elemek)
 - **Szén-14**
 - Mesterséges
 - Stabil atommagot részecskékkel bombáznak
 - **Technécium-99m, Jód-131**
-



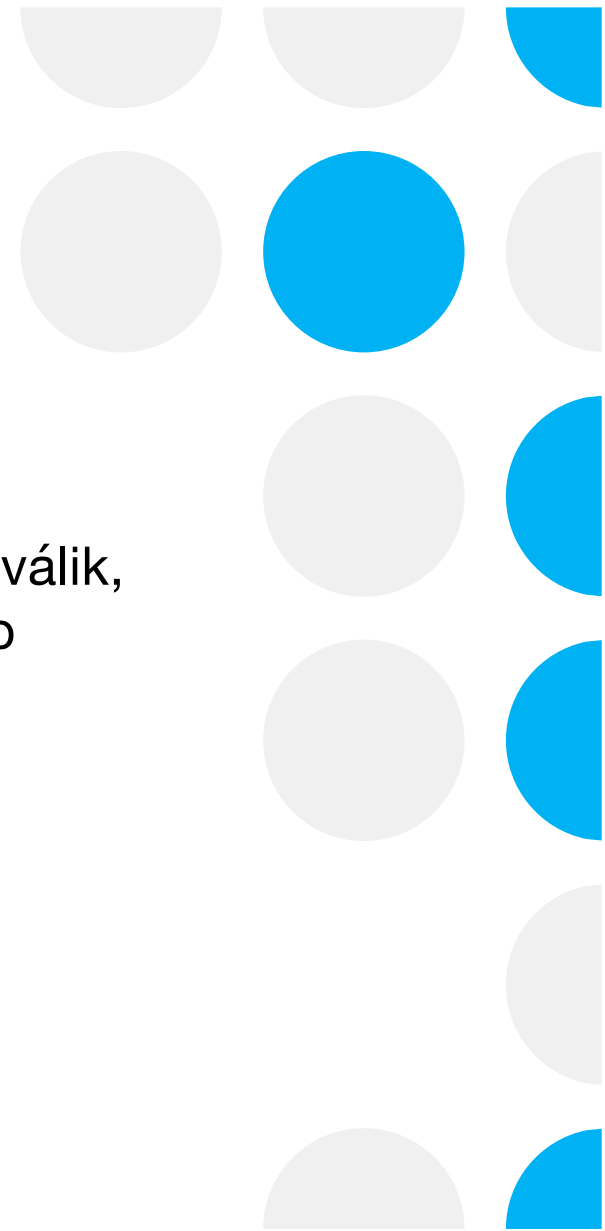
Stabilitás

- **A nukleáris egyensúly:** Minden rendszámhoz tartozik egy ideális proton-neutron arány, ahol a mag stabil.
 - A **könnyű elemeknél** (pl. szén, oxigén) ez az arány kb. 1:1 (a Szén-12-ben 6 protonhoz 6 neutron tartozik).
 - A **nehezebb elemeknél** a protonok taszítása olyan nagy, hogy egyre több és több neutronra van szükség a mag egybentartásához (pl. az Urán-238-ban 92 protonra már 146 neutron jut).



Instabilitás, radioaktivitás

Ha egy atomban **túl sok** vagy **túl kevés** a neutron az ideális arányhoz képest, a magerő nem tudja tartósan legyőzni a taszítást vagy a belső feszültséget. Az ilyen izotóp instabillá válik, és **radioaktív bomlással** megpróbál átalakulni egy stabilabb konfigurációvá.



Radioaktív bomlás

magsugárzások

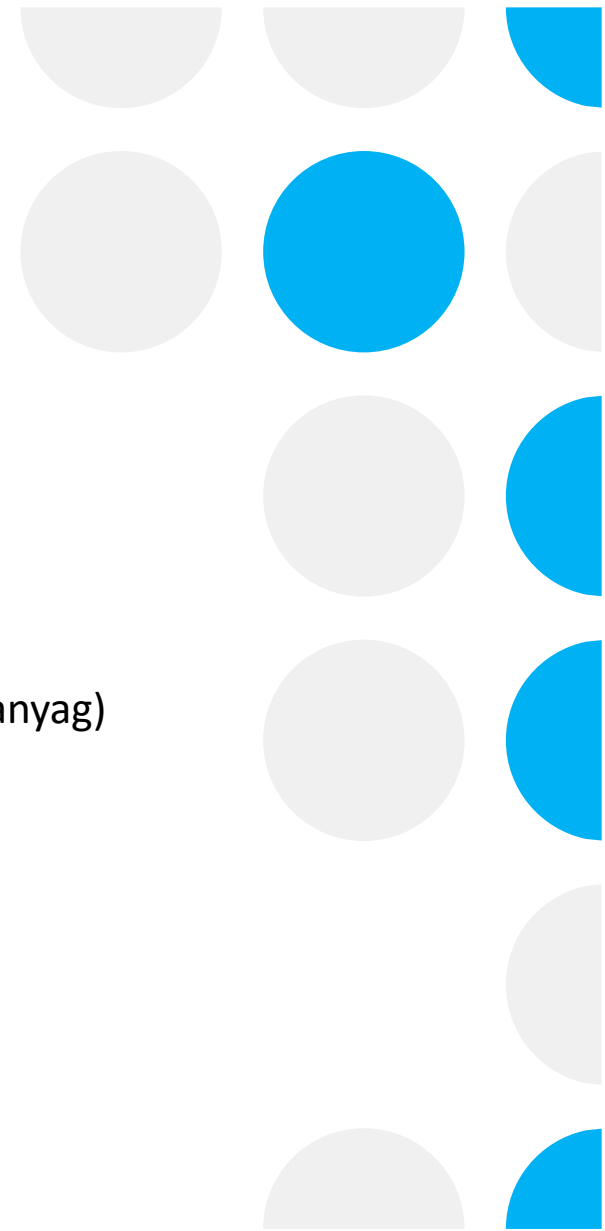
- **Alfa-bomlás (α):** A túl nagy, nehéz atommagok (pl. urán, rádium) egy **héliummagot** (2 proton + 2 neutron) lönek ki magukból.
 - *Hatás:* A rendszám 2-vel, a tömegszám 4-gyel csökken. A sugárzás egy papírlappal is könnyen lefékezhető.



Radioaktív bomlás

magsugárzások

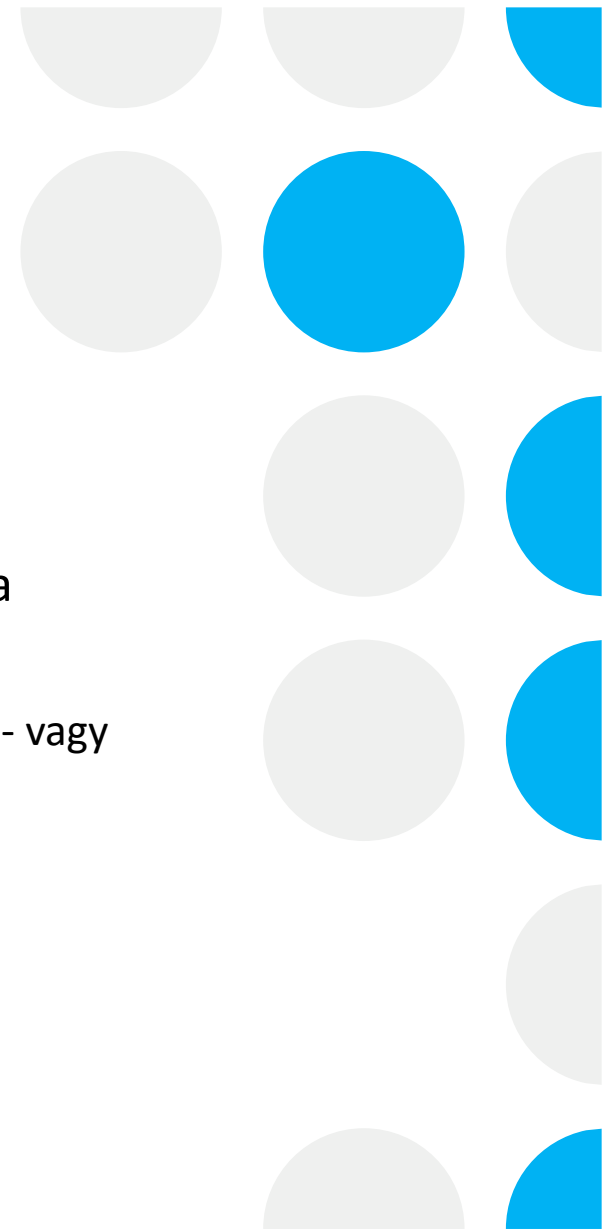
- **Béta-bomlás (β):** Ha a magban rossz a proton-neutron arány, a gyenge kölcsönhatás révén egy nukleon átalakul.
 - **β^- -bomlás:** Egy neutron protonná alakul, miközben egy **elektron** és egy **antineutrínó** repül ki. (A rendszám 1-gyel nő).
 - **β^+ -bomlás:** Egy proton neutronná alakul, miközben egy **pozitron** (antimanyag) és egy **neutrínó**távozik. (A rendszám 1-gyel csökken).
 - *Hatás:* Egy vékony alumíniumlemez állítja meg.



Radioaktív bomlás

magsugárzások

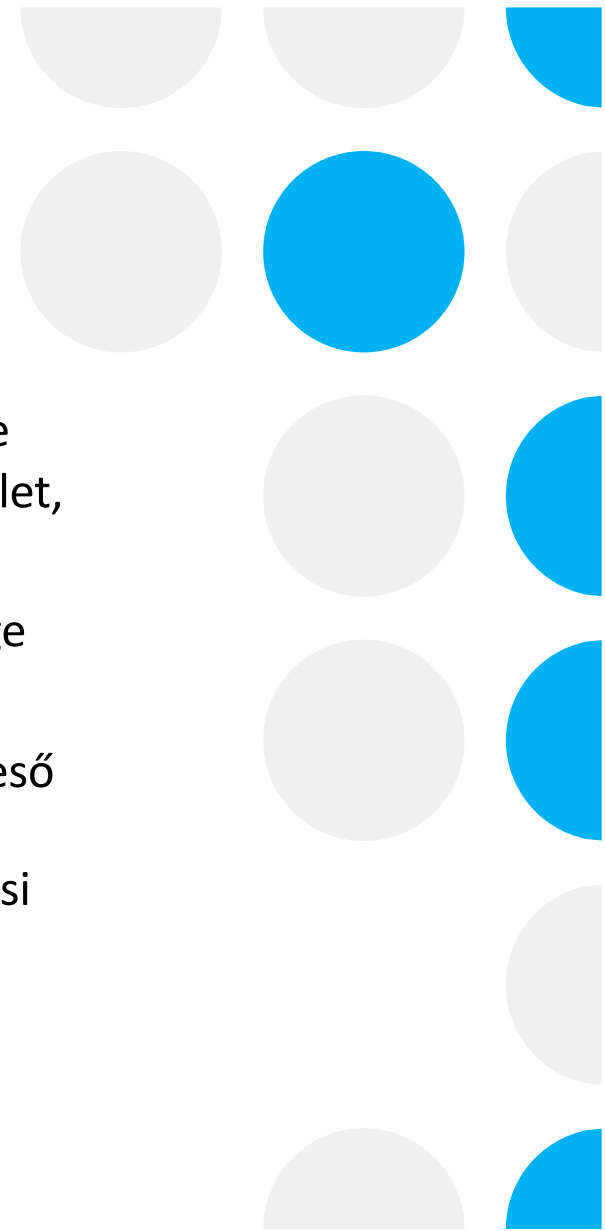
- **Gamma-bomlás (γ):** a gerjesztett mag **energiaállapot-változása**.
- Nem jár részecsk kibocsátással, a mag csupán egy nagy energiájú **fotonnal** (elektromágneses hullámmal) szabadul meg a felesleges energiájától.
 - *Hatás:* A rendszám és a tömegszám változatlan marad. Csak vastag ólom- vagy betonfal képes hatékonyan leárnyékolni.



Radioaktív bomlás

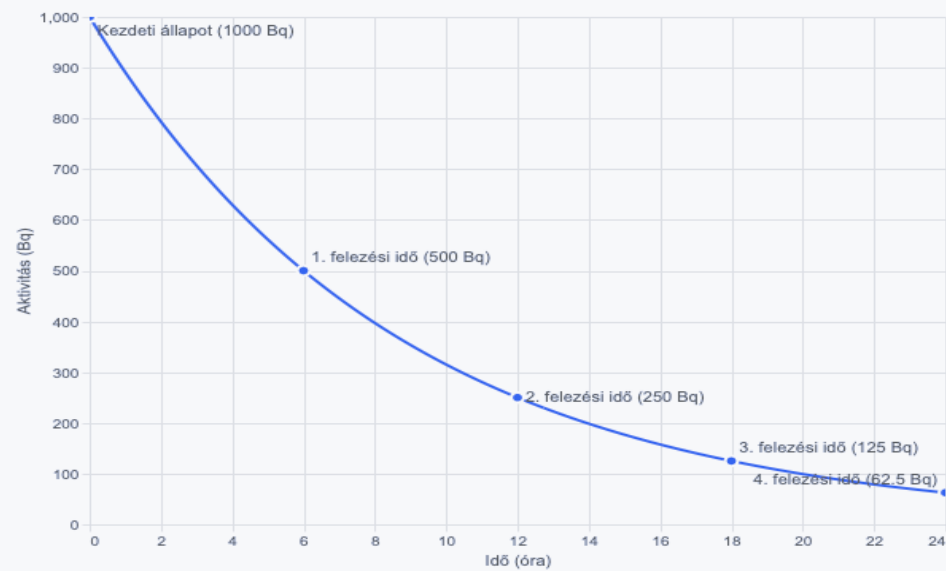
magsugárzások

- 1. Felezési idő :** Az az időtartam, amely alatt a radioaktív atommagok fele elbomlik. Ez az érték teljesen független a külső tényezőktől (hőmérséklet, nyomás). Skálája a másodperc törtrésztől az évmilliárdokig terjedhet.
- 2. Aktivitás:** A másodpercenként végbemenő bomlások száma. SI-egysége a **Becquerel (Bq)** ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ bomlás/másodperc}$).
- 3. Ionizáló hatás:** A kibocsátott sugárzás olyan erős, hogy képes az útba eső atomokról elektronokat leszakítani (ionizálni). Ez az oka annak, hogy a sugárzás károsíthatja az élő sejtek DNS-ét, de ez teszi lehetővé az orvosi daganatkezelést is.



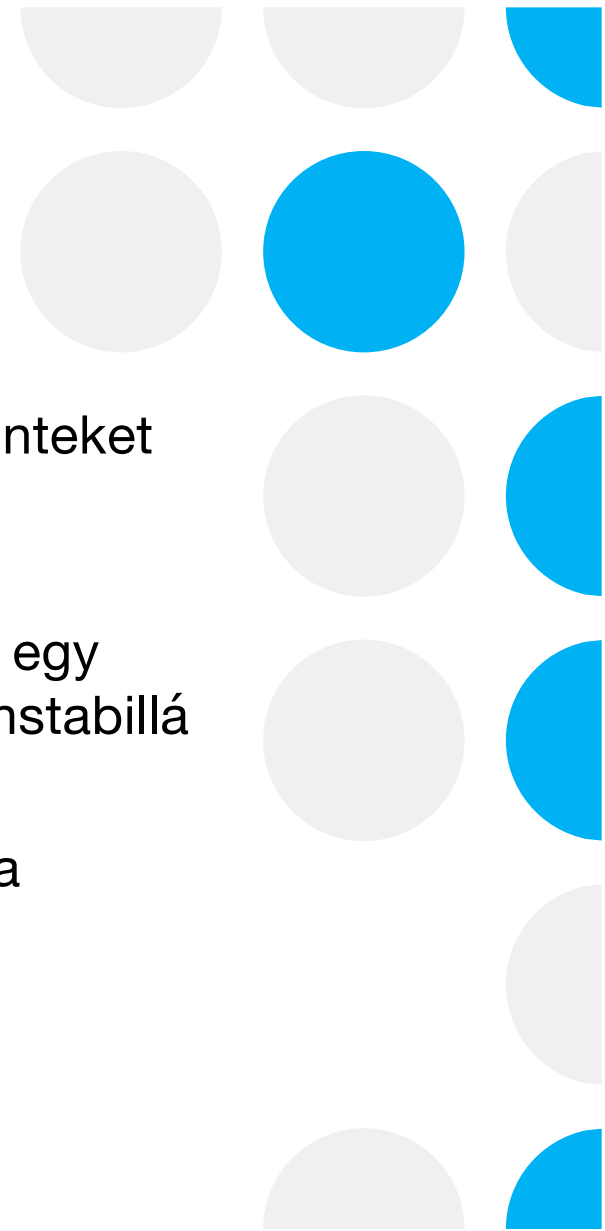
Bomlási törvény

Radioaktív aktivitás exponenciális csökkenése ($T_{1/2} = 6$ óra)



Gerjesztett atommag

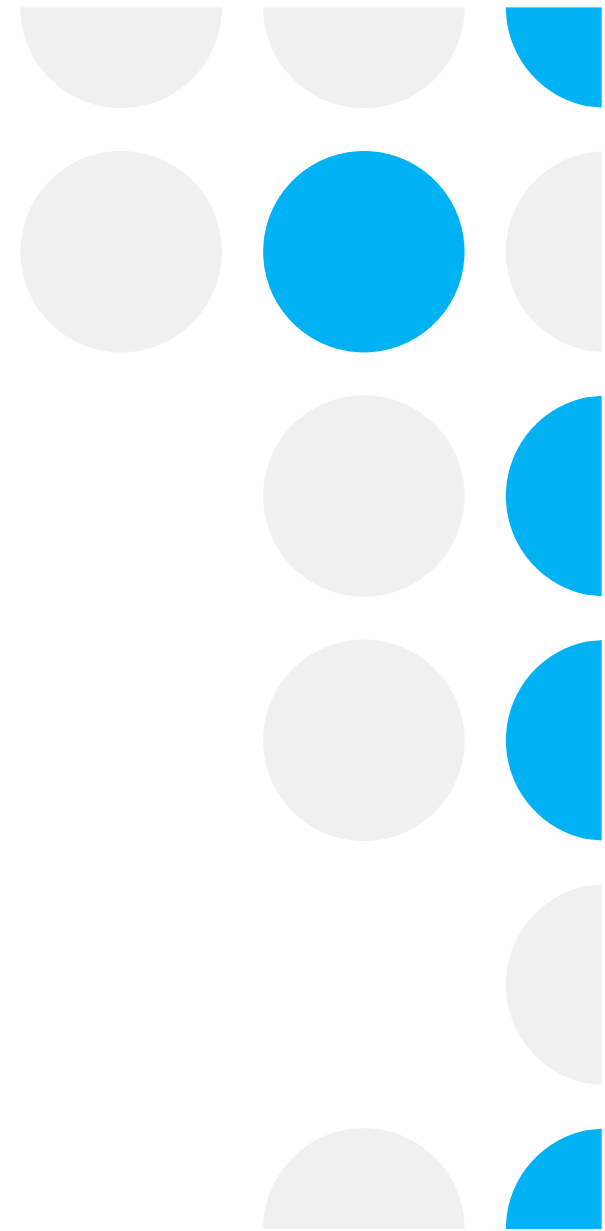
- **Alapállapot:** A nukleonok a lehető legkisebb energiájú szinteket foglalják el. Ez a mag legstabilabb konfigurációja.
- **Gerjesztett állapot:** Ha a magot külső hatás éri (pl. részecskeütközés vagy egy megelőző radioaktív bomlás), egy nukleon magasabb energiaszintre ugorhat. A mag ekkor instabillá válik.
- **Metastabil állapot:** kvantummechanikai csapda, megnő a felezési idő



Jellemző	Gerjesztett atommag	Instabil atommag
Mi a probléma?	Túl sok az energiája (a nukleonok magasabb energiaszintre ugrottak, de a mag összetétele alapvetően jó is lehet).	Rossz a szerkezete (túl sok a proton, túl sok a neutron, vagy egyszerűen túl nagy a mérete).
Hogyan javítja ki?	Deexcitációval: Leadja a felesleges energiát (pl. gamma-sugárzással vagy belső konverzióval), de maga a kémiai elem nem változik meg.	Radioaktív bomlással: Megváltoztatja a szerkezetét (pl. alfa- vagy béta-részecskét lö ki), így új kémiai elemmé alakul át .
Lehet-e stabil az alapállapota?	Igen. Egy teljesen stabil mag (pl. a Szén-12) is gerjeszthető, majd ha megnyugszik, újra stabil marad.	Nem. Az alapállapota is instabil, előbb-utóbb mindenképpen el fog bomlani egy másik elemmé.

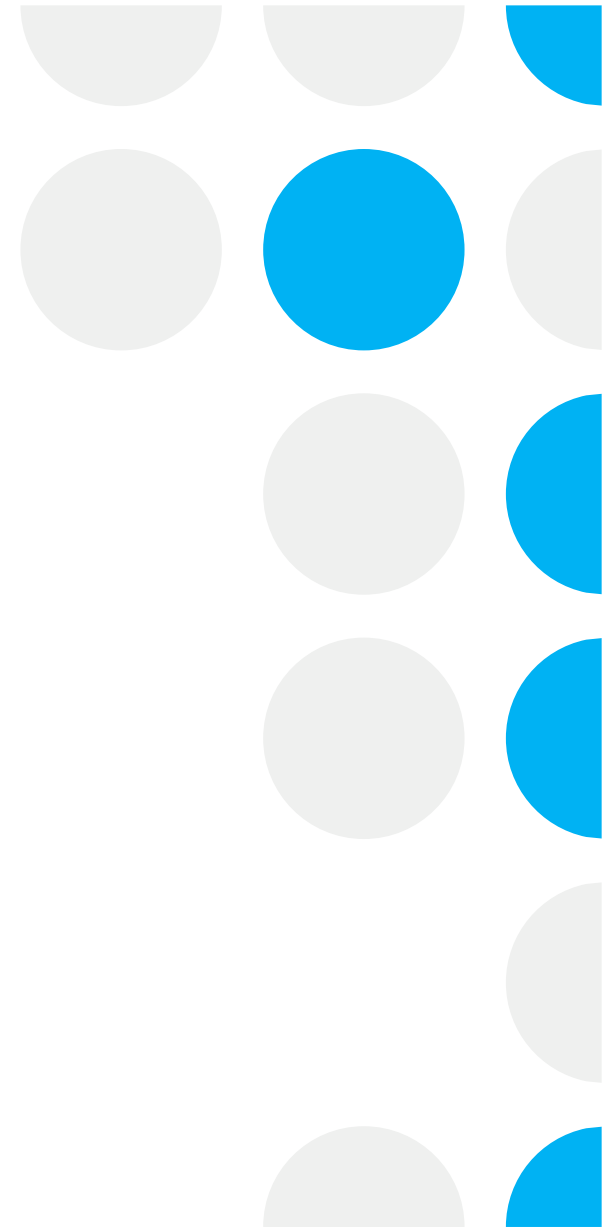
Gerjesztett állapot megszűnése

- **Deexcitáció (Izomer átmenet)**
 - **Belső konverzió**
 - **Belső párképződés**
-



Gamma-bomlás (Deexcitáció)

- Ez a leggyakoribb és legtisztább folyamat, amely az elektronfelhő fényemissziójának nukleáris megfelelője.
 - **A folyamat:** A gerjesztett állapotban lévő nukleonok (protonok vagy neutronok) alacsonyabb energiaszintre huppannak vissza a magon belül.
 - **Ami keletkezik:** A két energiaszint közötti különbséget a mag egy nagy energiájú elektromágneses hullám, azaz egy **gamma-foton** formájában löki ki magából.
 - **Változás:** Sem a protonok, sem a neutronok száma nem változik (a rendszám és a tömegszám ugyanaz marad), csak a mag energiája csökken.
-

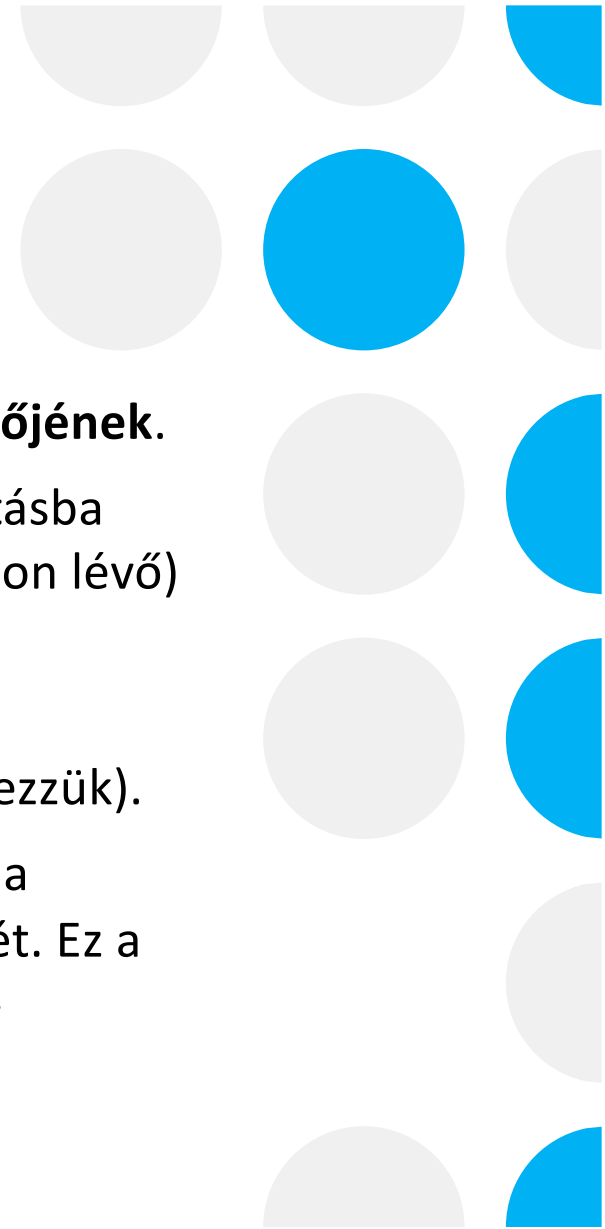


Belső konverzió

(magas rendszámú atomok)

A mag az energiáját **közvetlenül átadja az atom saját elektronfelhőjének.**

- A magban lévő energiatöbblet elektromágneses úton kölcsönhatásba lép az atommaghoz legközelebb keringő (általában a K vagy L héjon lévő) elektronok egyikével.
- Az érintett elektron elnyeli ezt a hatalmas energiát, és nagy sebességgel **kirepül az atomból** (ezt konverziós elektronnak nevezzük).
- **Utóhatás:** Mivel a legbelső héjon egy üresedés (lyuk) keletkezik, a magasabb héjakról elektronok ugranak le, hogy betöltsék a helyét. Ez a folyamat másodlagos **röntgensugárzást** vagy úgynevezett Auger-elektronok kilökődését indítja el.



Belső párképződés

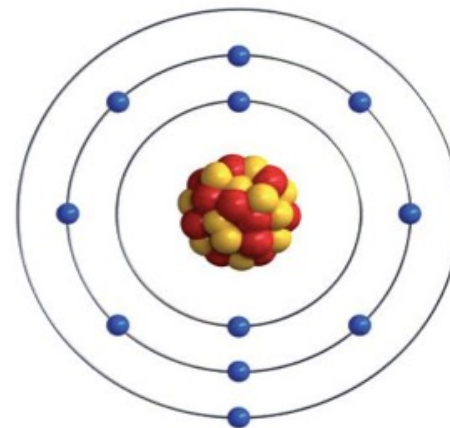
(rendkívül nagy energiájú gerjesztés)

- Ez a folyamat csak akkor mehet végbe, ha a gerjesztett állapot és az alapállapot közötti energiakülönbség **nagyon nagy**, pontosan **nagyobb, mint 1,022 MeV**.
- **A folyamat:** Einstein elve alapján a magból kiáramló tiszta energia a mag erős elektromos mezejében közvetlenül anyaggá alakul át.
- **Ami keletkezik:** A mag nem fotont bocsát ki, hanem létrehoz egy **elektron-pozitron párt** (egy anyag és egy antianyag részecskét), amelyek nagy sebességgel elhagyják a magot. A mag ezáltal veszít a gerjesztési energiájából és visszatér az alapállapotba.



Az elektronfelhő

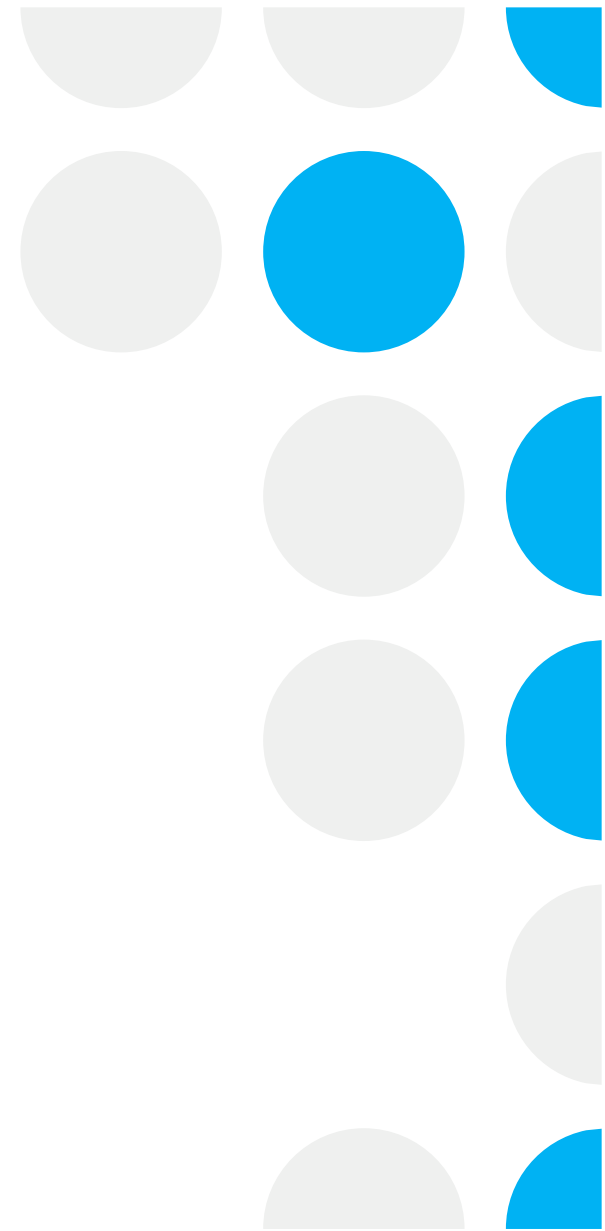
- **Összetartó erő:** Az elektronokat a mag pozitív töltése által kifejtett **elektrosztatikus kölcsönhatás** (Coulomb-erő) tartja a mag körül.
- **Szerkezet:** A kvantummechanika szerint az elektronok meghatározott energiaszinteken (elektronhéjakon) és **atompályákon** (orbitálokon) helyezkednek el.
- **Kémiai tulajdonságok:** A legkülső héjon lévő elektronok (vegyértékelektronok) felelősek a kémiai reakciókért és a molekulák képződéséért



● 11 proton ● 12 neutron ● 11 elektron

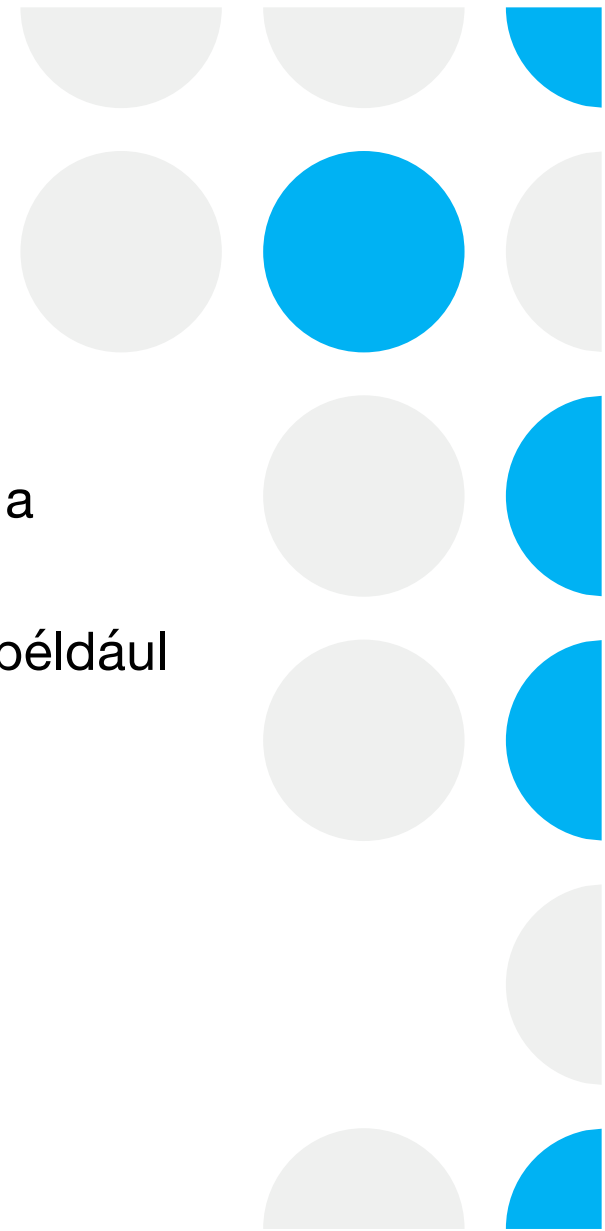
Az energianívó

- Egy atom, molekula vagy atommag
 - csak diszkrét (meghatározott) energia értékkel rendelkezhet.
 - csak meghatározott adagú (kvantált) energiát vehetnek fel vagy adhat le.
-



Az energianívó

- **Alapállapot:** A legalacsonyabb elérhető energiaszint. Az elektronok természetes módon törekednek arra, hogy ezt a legstabilabb, legkisebb energiájú nívót foglalják el.
- **Gerjesztett állapot:** Ha az elektron kívülről energiát kap (például hőt vagy egy fényszecskét, azaz fotont), **felugrik** egy magasabb energianívóra.



Az energianívó váltás

Kvantumugrás

- **Abszorpció (Energiaelnyelés):** Az elektron pontosan akkora energiájú fotont nyel el, amekkora a két energianívó közötti különbség. Ekkor magasabb nívóra lép.
- **Emisszió (Energikibocsátás):** A gerjesztett állapotban lévő elektron szeretne visszatérni az alapállapotba. Amikor visszahuppan egy alacsonyabb energianívóra, a két szint közötti energiakülönbséget egy **foton (fény) formájában kisugározza**.

