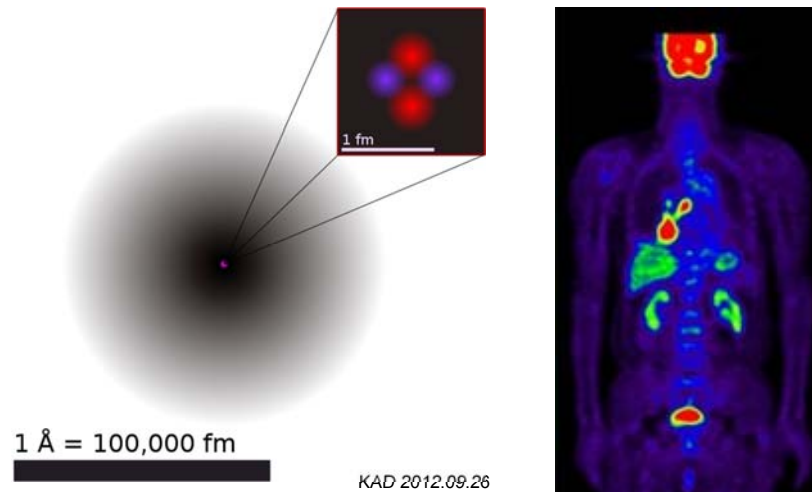
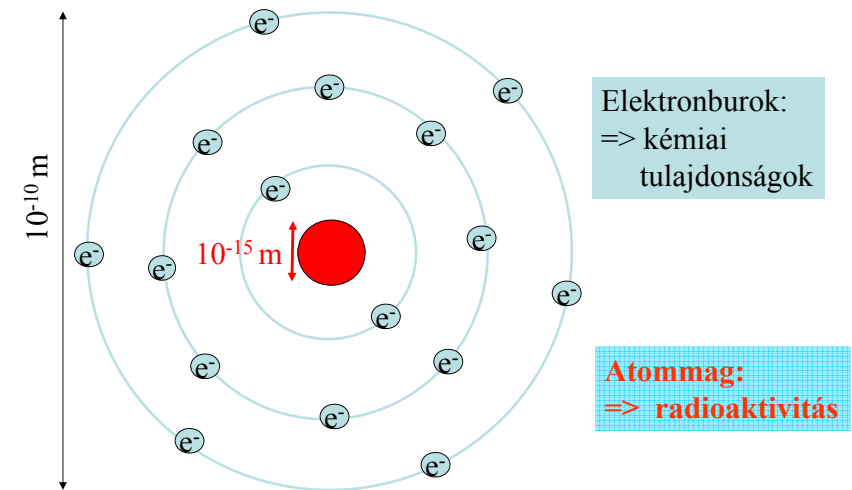


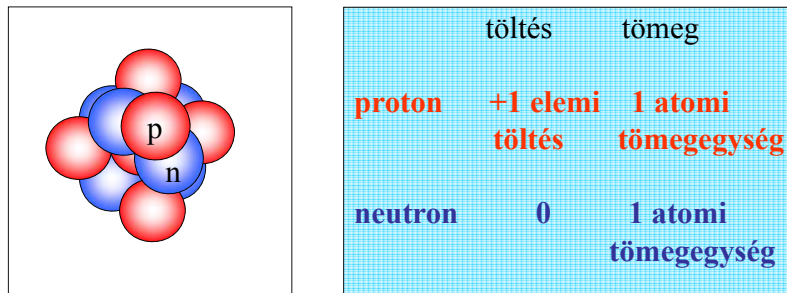
Az atommag. Radioaktivitás. Magsugárzások



Atom és atommag



Az atommag felépítése



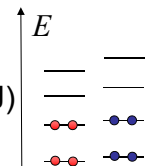
A (tömegszám) = protonszám + neutronszám → 99
 Z (rendszám) = protonszám → 43 **Tc**

99 nukleon, ebből 43 proton és 56 neutron

Az atommag stabilitása



- magerő: rövid hatótáv (~fm)
nagyon erős
vonzó (elektromos töltésfüggetlen)
egzakt formája ismeretlen
- Coulomb erő destabilizál (protonok között: taszító hatás)
- a nukleonok diszkrét energiaszinteken helyezkednek el
- a mag energiája is diszkrét (kvantált)
- energiaszintek tipikus távolsága: MeV
 $(1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0,16 \text{ aJ})$



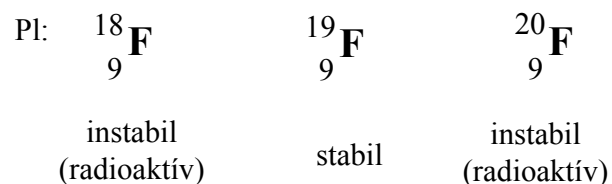
Izotóp

azonos rendszámú de eltérő tömegszámú atomok

⇒ azonos protonszám eltérő neutronszám

ugyanannak az elemnek a módosulatai

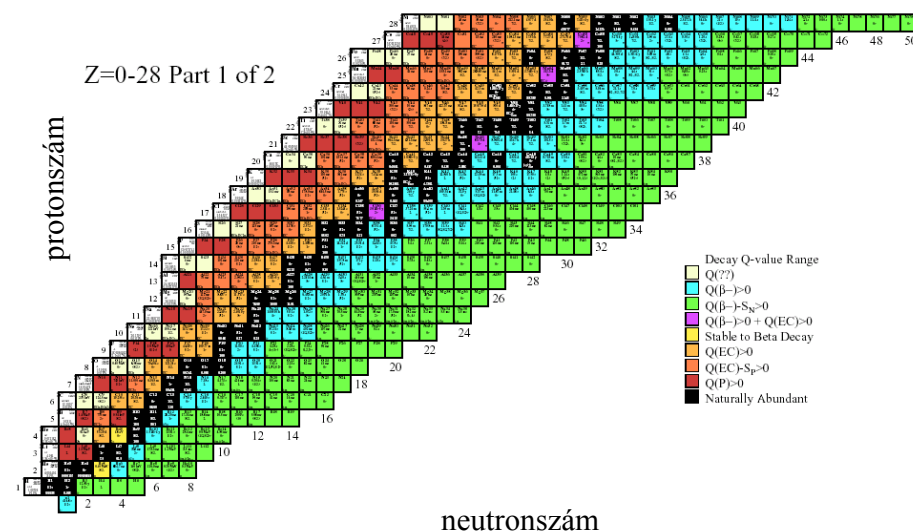
⇒ kémiai tulajdonságaik azonosak



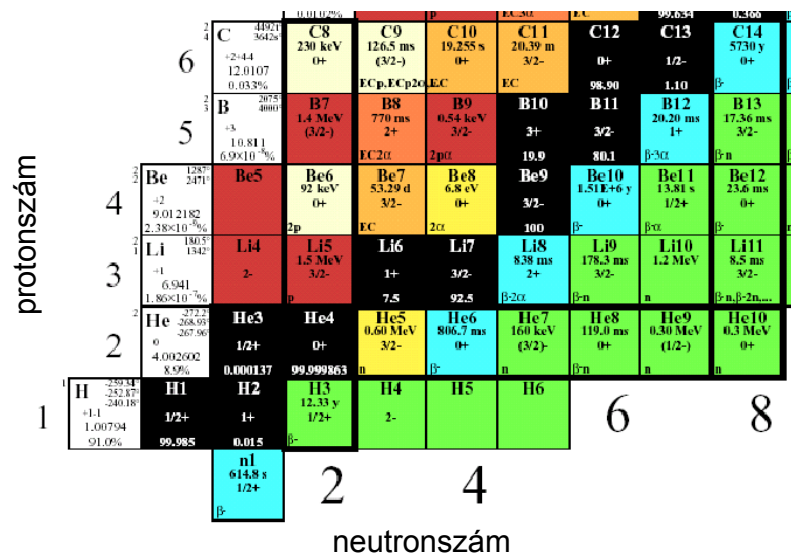
izotóp \leftrightarrow radioaktív izotóp

Izotóptáblázat

Table of Isotopes (1998)



Izotóptáblázat részlet



Stabilitás szerint

stabil magok

kb. 271 ilyen atommagot ismerünk, például: ${}^{12}\text{C}$, ${}^{14}\text{N}$, ${}^{16}\text{O}$

elsődleges természetes radionuklidok

olyan természetes radioaktív magok, amelyek megtalálhatóak a naprendszer keletkezése óta, felezési idejük nagyon hosszú
26 ilyen mag ismert

pl: ${}^{238}\text{U}$ ($T=4,47 \cdot 10^9$ év), ${}^{40}\text{K}$ ($T=1,28 \cdot 10^9$ év), ${}^{87}\text{Rb}$ ($T=4,8 \cdot 10^{10}$ év)

másodlagos természetes radionuklidok

olyan magok, amelyek elsődleges természetes radionuklidok keletkezése révén bomlanak

Felezési idejük nagyon rövid, a Naprendszer keletkezése óta nem találhatók meg

38 ilyen mag ismert, pl: ${}^{226}\text{Ra}$ ($T=1600$ év), ${}^{234}\text{Th}$ ($T=24,1$ nap)

Indukált természetes radionuklidok

állandóan keletkeznek a kozmikus sugárzás hatására

10 ilyen mag ismert, pl: ${}^3\text{H}$ ($T=12,3$ év), ${}^{14}\text{C}$ ($T=5730$ év)

mesterséges radionuklidok

emberi tevékenység során keletkeztek, a természetben nincsenek jelen
2000 ilyen mag ismert, pl: ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{24}\text{Na}$

Bomlások és részecskék

α - bomlás

α - részecske = ${}^4_2\text{He}$ atommag

β -bomlás: β^-
 β^+

β^- részecske = elektron

β^+ részecske = pozitron

K-elektron befogás

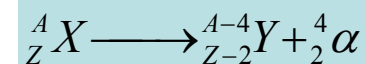
karakterisztikus
Röntgen-foton

izomer magátalakulás

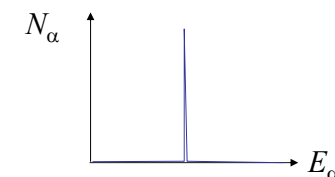
γ -sugárzás

α - bomlás

α - bomlás: ${}^4\text{He}$ atommag válik le a magról
nehéz atommagoknál fordul elő



Vonalas energiaspektrum
 $E_\alpha \sim \text{MeV}$



neutrontúlsúly

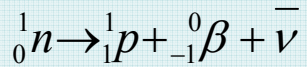
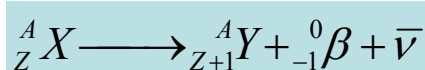
β^- - bomlás

pl: ${}^{20}_9\text{F}$

${}^{32}_{15}\text{P}$

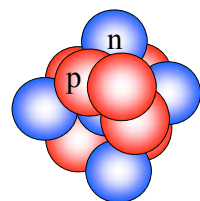
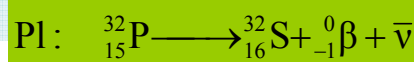
${}^{59}_{26}\text{Fe}$

${}^{131}_{53}\text{I}$



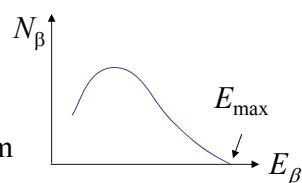
az atommagban
marad

kilép



β^- -sugárzás

folytonos
energiaspektrum



jelölések: $\beta^- = {}^0_{-1} \beta = e^-$

protontúlsúly

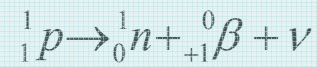
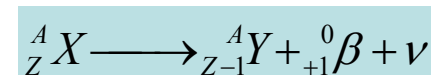
β^+ - bomlás

pl: ${}^{11}_6\text{C}$

${}^{15}_8\text{O}$

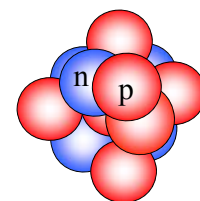
${}^{18}_9\text{F}$

${}^{52}_{26}\text{Fe}$



az atommagban
marad

kilép



β^+ -sugárzás

folytonos energiaspektrum
mesterséges előállítás

tömegek: $m_p = 1,672623 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $m_n = 1,674928 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

β^- OK, β^+ ?

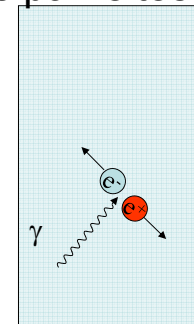
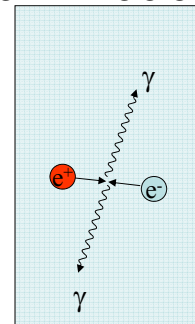
Megoldás: Einstein féle tömeg-energia ekvivalencia

$$E = mc^2$$

kötött nukleon: alacsonyabb energiaszint: kisebb tömeg!

Kitérő: elektron - pozitron

- antirészecskék
- tömeg ua, töltés ellentétes ...
- annihiláció és párkeltés



Einstein:
tömeg-energia
ekvivalencia

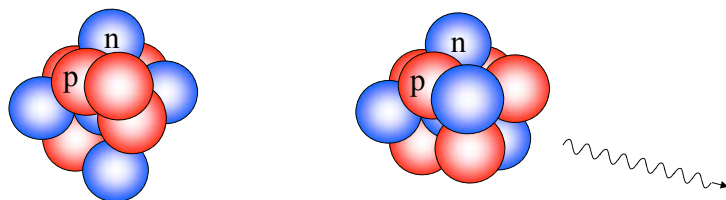
$$E = mc^2$$

$$m_e c^2 = 511 \text{ keV} \approx 0,5 \text{ MeV}$$

Prompt γ -sugárzás

A bomlás után a nukleonok elhelyezkedése
energetikailag kedvezőtlen lehet

Átrendeződés: alacsonyabb energiaszintre jut,
a fölös energiát kisugározza γ foton formájában



protonszám, neutronszám változatlan! Kísérőjelenség.

Izomer magátalakulás

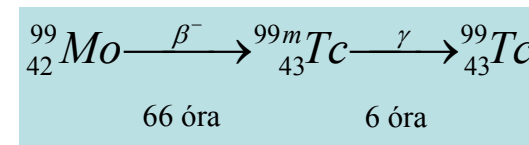
izomer magok: a rendszám és a tömegszám is azonos,
csak a mag energiaállapotában van különbség

Ha a bomlás utáni mag elég hosszú ideig stabil,
a γ -sugárzás később keletkezik.
A két folyamat szeparálható.

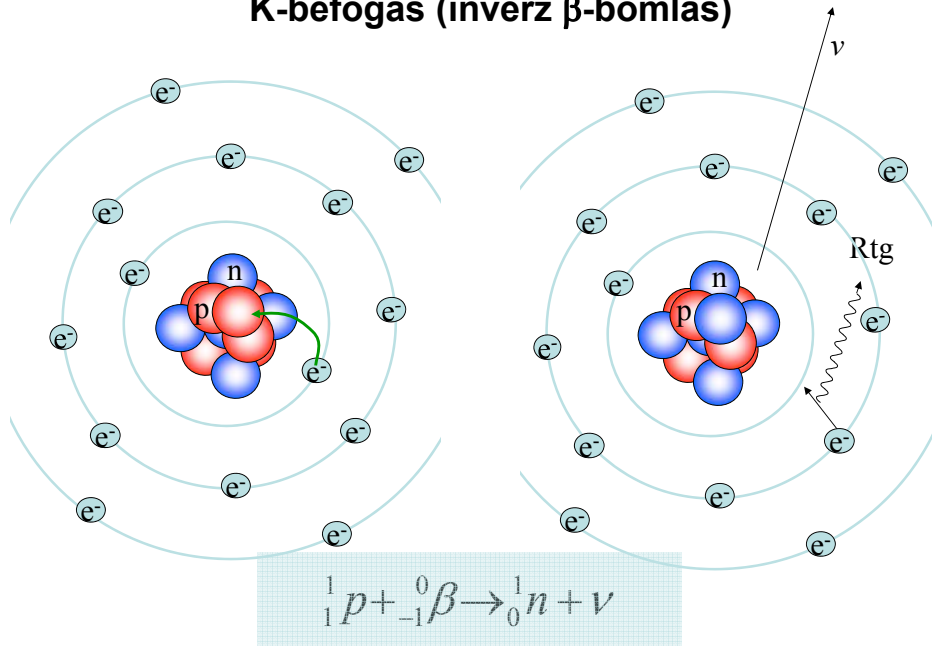
Tisztán γ -sugárzó izotóp állítható elő!
=> Izotópdiaгностика

Pl: ^{99m}Tc

m: meta

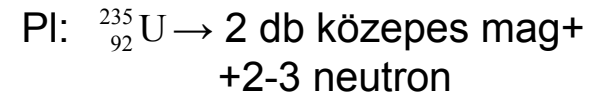


K-befogás (inverz β -bomlás)



Bomlás, hasadás, fúzió

- Bomlás: kis részecske távozik (α , β , γ ...)
- Hasadás: kb. két azonos részre hasad (nehéz magoknál)
- Fúzió könnyű magok egyesülése



Aktivitás (Λ)

A radioaktív izotópokat jellemző mennyiségek

Aktivitás (a sugárforrást jellemzi)

Felezési idő (a bomlás sebességét jellemzi)

Részecskeenergia (a sugárzást jellemzi)

$$\Lambda = -\frac{dN}{dt} \left(= -\frac{\Delta N}{\Delta t} \right)$$

N = a bomlásra képes atomok száma
 t = idő

Az egységnyi idő alatt elbomlott atomok száma

mértékegysége: becquerel, Bq

1 Bq = 1 bomlás/sec

A gyakorlatban: kBq, MBq, GBq, TBq

mérhetetlenül alacsony

természetes
radioaktivitás
szintje

in vivo
diagn.

óvatosan
dolgozzunk
vele!

terápiában
alkalmazott
aktivitás

Radioaktív bomlástörvény

N a bomlásra képes (=elbomlatlan) atomok száma

λ : bomlási állandó, bomlási valószínűség [1/s]

$1/\lambda = \tau$ idő! átlagos élettartam

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

differentiálegyenlet

megoldása:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

exponenciális lecsengés!

N_0 a z elbomlatlan atomok száma kezdetben ($t=0$)

Felezési idő, bomlástörvény

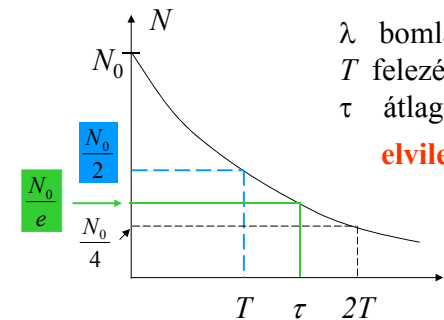
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

λ bomlásállandó (bomlási valószínűség)

T felezési idő

τ átlagos élettartam

elvileg soha nem bomlik el az összes !



$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

Az aktivitás időbeli csökkenése

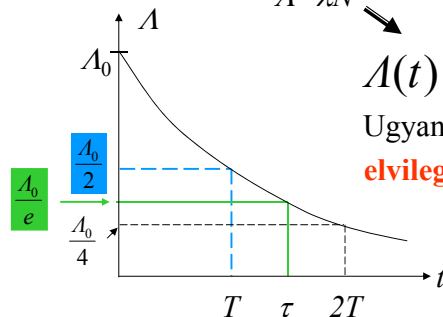
$$\Lambda = -\frac{dN}{dt} \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Lambda = \lambda N$$

$$\Lambda(t) = \Lambda_0 e^{-\lambda t} = \Lambda_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

Ugyanúgy csökken mint az N !

elvileg soha nem bomlik el teljesen!



kb. $10 T$ alatt

$1/1000$ részre bomlik

Tipikus energia-nagyságrendek a mikrovilágban

külső elektronok
gerjesztése,
kilökése

eV (aJ)

fény



belső elektronpályák
közti átmenet

keV (fJ)

röntgensugár



atommag-
átalakulás

MeV (pJ)

r.a.sugárzás,
pl. γ

