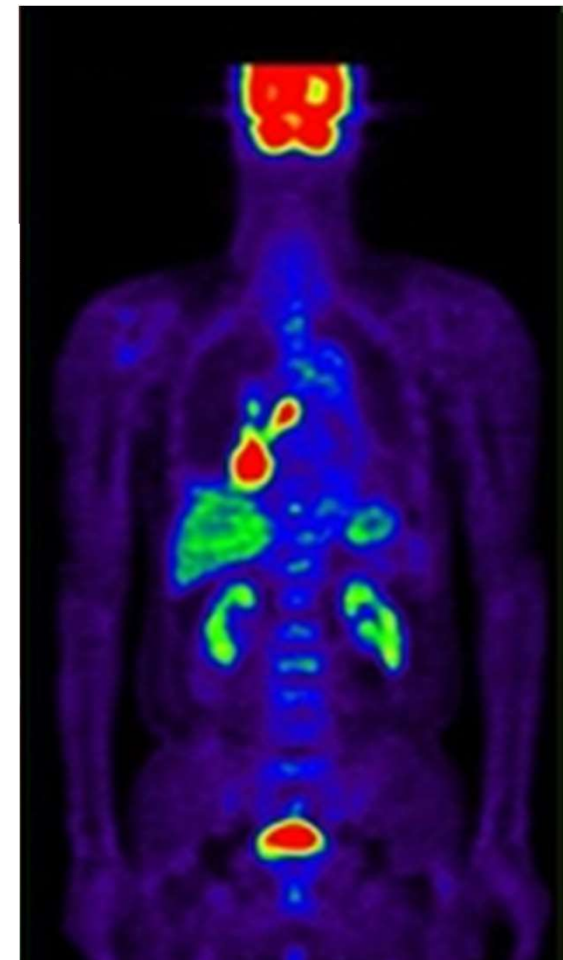
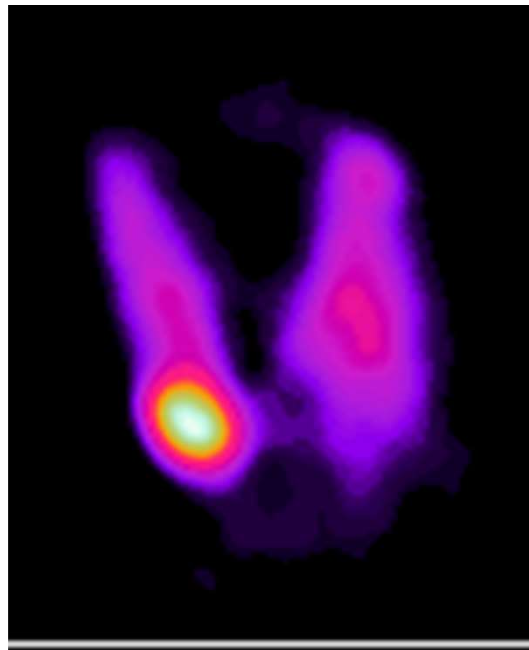
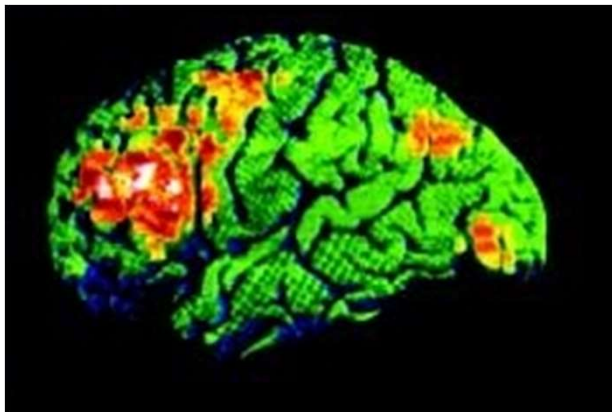


Az atommag: radioaktivitás, magsugárzások. Az izotópos nyomjelzéses technikák fizikai

alapjai

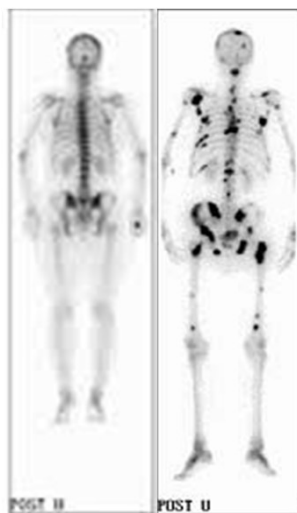
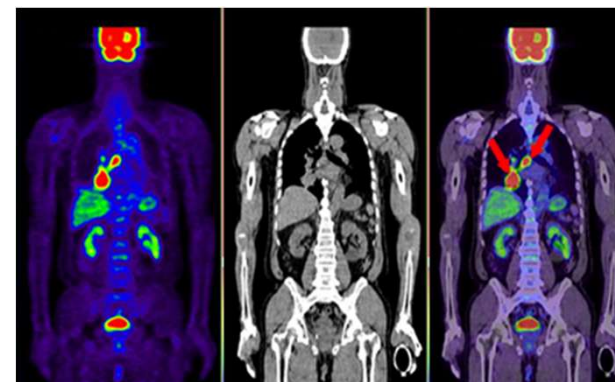
Smeller László



Mit ad a radioaktivitás az orvostudománynak?

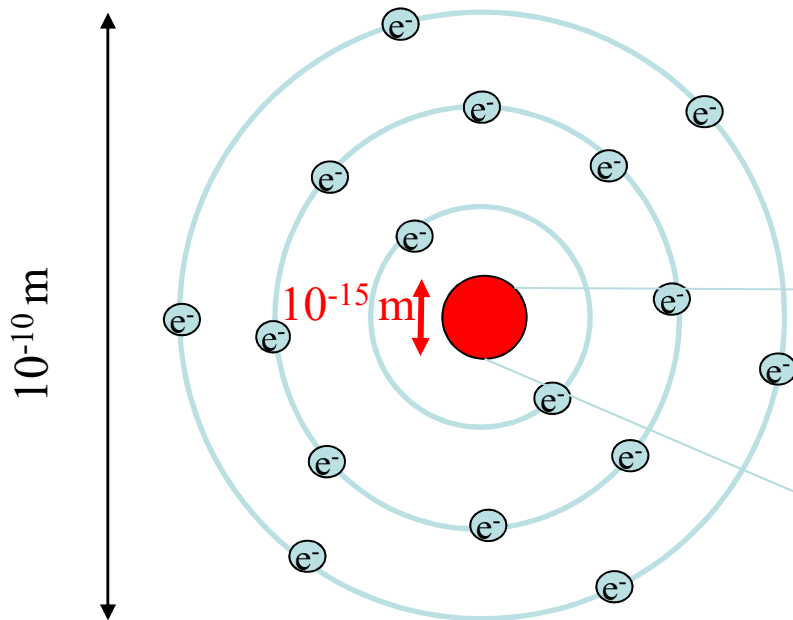
Radioaktív izotópok ill. sugárzásaik orvosi felhasználása:

- diagnosztika
(izotópdiagnosztika)
- terápia (sugárterápia)
- farmakokinetikai
vizsgálatok



Hevesy György 1885-1966, Nobel díj: 1943

Az atommag

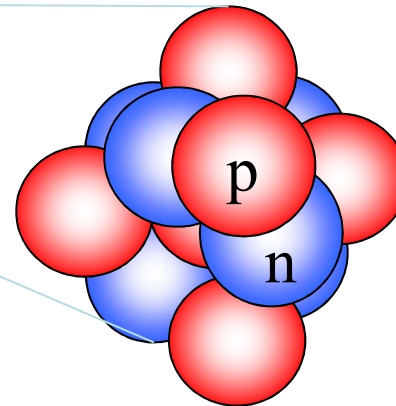


Elektronburok: kémia
Atommag: radioaktivitás

Izotóp:
Azonos rendszám (protonsám)
eltérő tömegszám (neutronsám).



A (tömegszám) = protonszám + neutronszám
 Z (rendszám) = protonszám



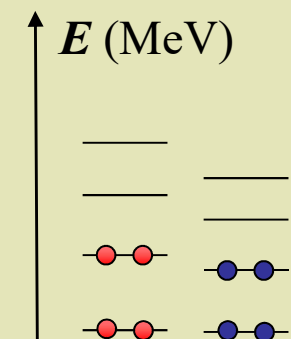
Pl:

$^{99}_{43}\text{Tc}$

99 nukleon, ebből
43 proton és
99-43=56 neutron

Az atommag stabilitása:
Coulomb erő
Magerő

Diszkrét energiaszintek



Izotópok és bomlások

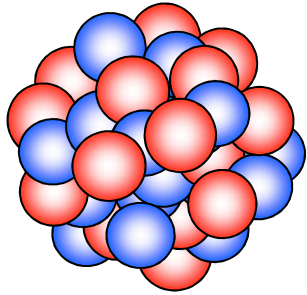
Izotóp:

Azonos rendszám (protonszám)
eltérő tömegszám (neutronszám).

Pl: $^{18}_{9}\text{F}$ $^{19}_{9}\text{F}$ $^{20}_{9}\text{F}$
 instabil (radioaktív) stabil instabil (radioaktív)

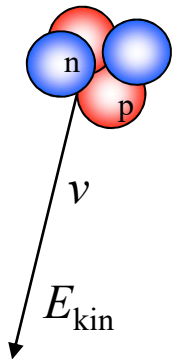
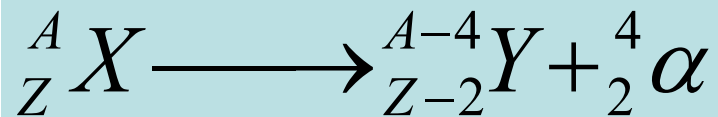
Bomlás: magátalakulás + sugárzás

Bomlás típus	Kisugárzott részecske	Tipikus előfordulása
α - bomlás	α - részecske = ^4_2He atommag	nagy tömegszám
β^- bomlás: β^+ bomlás:	β^- részecske = elektron β^+ részecske = pozitron	neutrontöbblet neutronhiány
Prompt γ emisszió Izomer magátalakulás	γ -sugárzás	α vagy β bomlás után

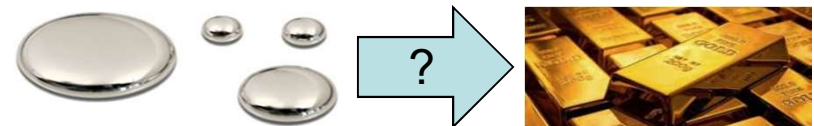
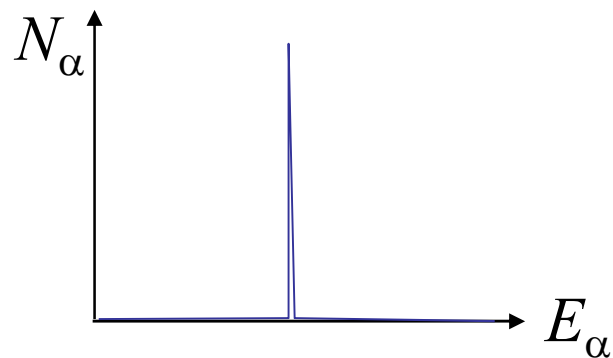


α - bomlás

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

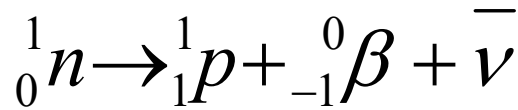
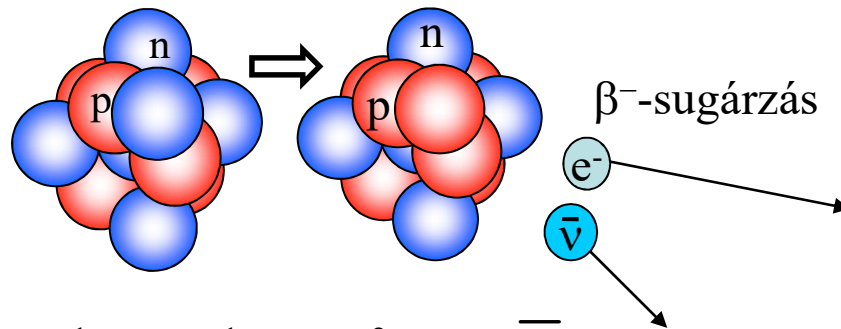


Vonalas energiaspektrum
(minden a részecske azonos energiájú
 $E_\alpha \sim \text{MeV}$)



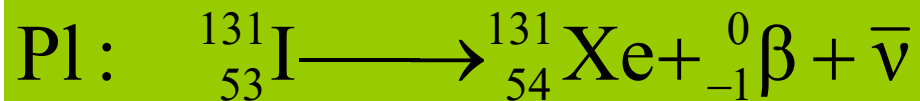
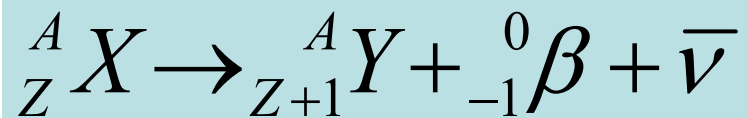
β - bomlás

β⁻ - bomlás (neutrontúlsúly)



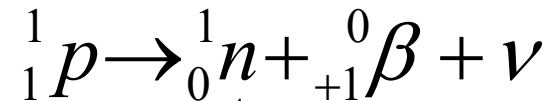
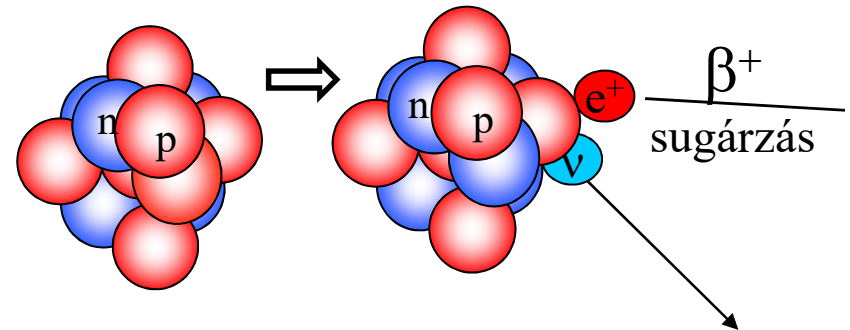
az atommagban
marad

kilép



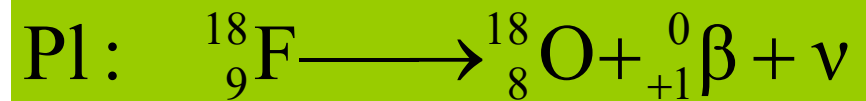
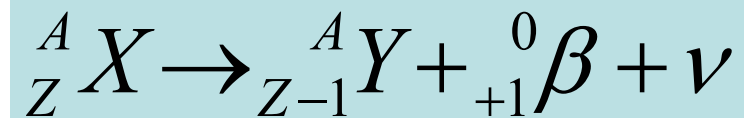
jelölések: $\beta^- = {}^0_{-1}\beta = e^-$

β⁺ - bomlás (protontúlsúly)



az atommagban
marad

kilép



folytonos
energiaspektrum

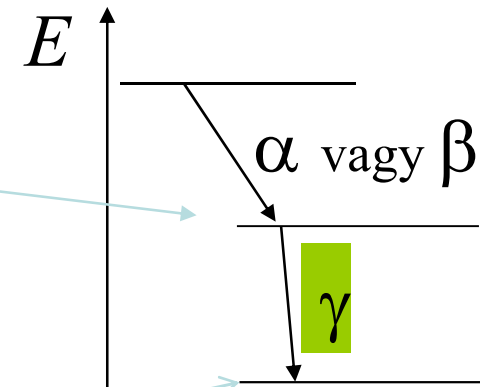
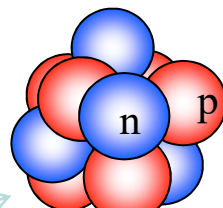
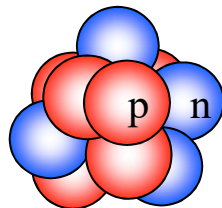
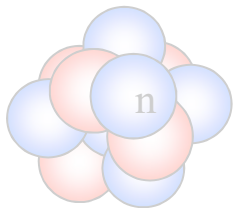
$\beta^+ = {}^0_{+1}\beta = e^+$

A γ -sugárzás keletkezése

A bomlás után a nukleonok elhelyezkedése

energetikailag kedvezőtlen lehet

(gerjesztett állapotú atommag)



Átrendeződés: alacsonyabb energiaszintre jut, a fölös energiát γ foton formájában kisugározza. Protonszám, neutrons szám változatlan.

Spektruma folytonos

Prompt γ sugárzás

Gyorsan, a bomlás után
<10⁻¹⁰ másodperccel

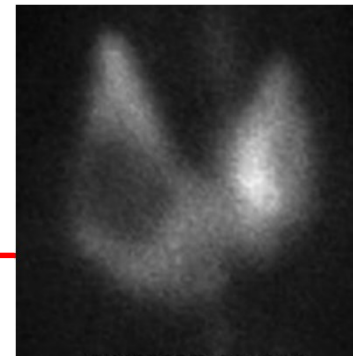
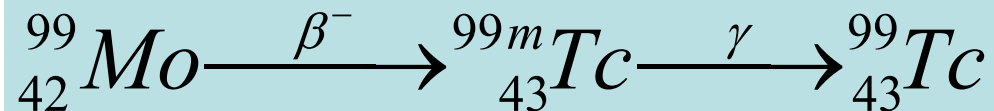
Izomer magátalakulás

Az átrendeződés akár percek, vagy órákat vehet igénybe.

A β és a γ bomlás időben elválí. Pl. ^{99m}Tc

Tisztán γ -sugárzó izotóp állítható elő!

=> Izotópdiaosztika



A radioaktív izotópokat jellemző mennyiségek

Aktivitás (a sugárforrást jellemzi)

Felezési idő (a bomlás sebességét jellemzi)*

Az emittált részecske fajtája (ld. fent)*

Részecskeenergia (a sugárzást jellemzi)* (\approx MeV)

* Az izotóp típusától függenek

Aktivitás (Λ)

$$\Lambda = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right|$$

N = a bomlásra képes atomok száma

t = idő

$-\Delta N$ = a Δt idő alatt elbomlott atomok száma

Aktivitás= az egységnyi idő alatt elbomlott atomok száma

mértékegysége: becquerel Bq

1 Bq = 1 bomlás/sec

Régi mértékegys: curie Ci

1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq = 37 GBq

mérhetetlenül
alacsony

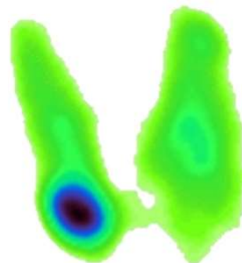
A gyakorlatban: kBq, MBq, GBq, TBq PBq

természetes
radioaktivitás
szintje

in vivo
diagn.

óvatosan
dolgozhatunk
vele!

terápiában
alkalmazott
aktivitás



Bomlástörvény

$$\Delta N \sim N$$

N a bomlásra képes (=elbomlatlan) atomok száma
($-\Delta N$ = a Δt idő alatt elbomlott atomok száma)

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

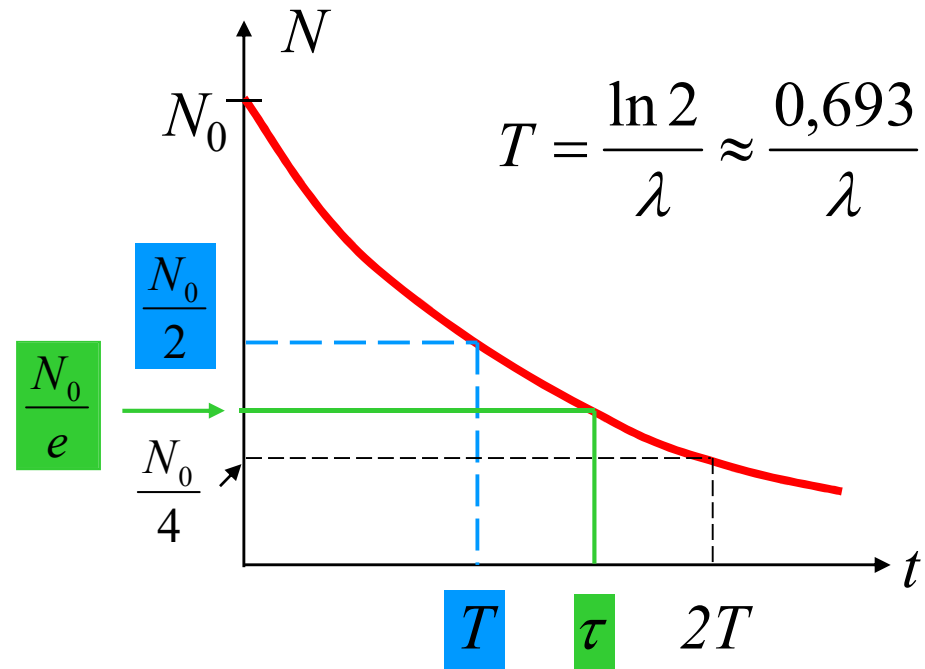
λ : bomlási állandó, bomlási valószínűség [1/s]
 $1/\lambda = \tau$ idő! átlagos élettartam

↓
differenciálegyenlet

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

N_0 az elbomlatlan atomok száma kezdetben ($t=0$)

exponenciális lecsengés!



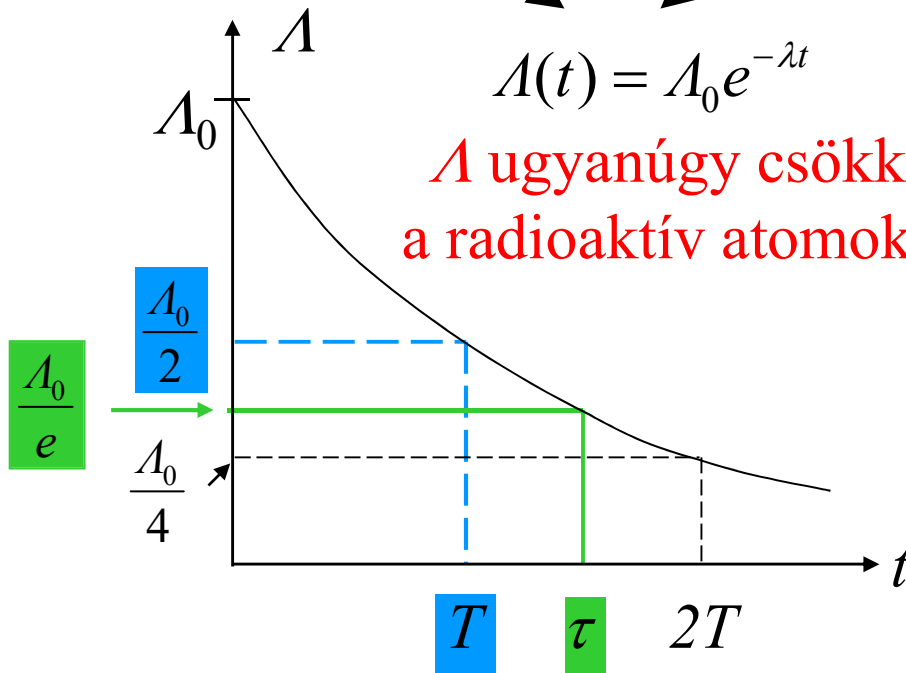
Az aktivitás időbeli csökkenése

$$\Lambda = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| \quad \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Lambda = \lambda N$$

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

**Λ ugyanúgy csökken mint
a radioaktív atomok száma!**



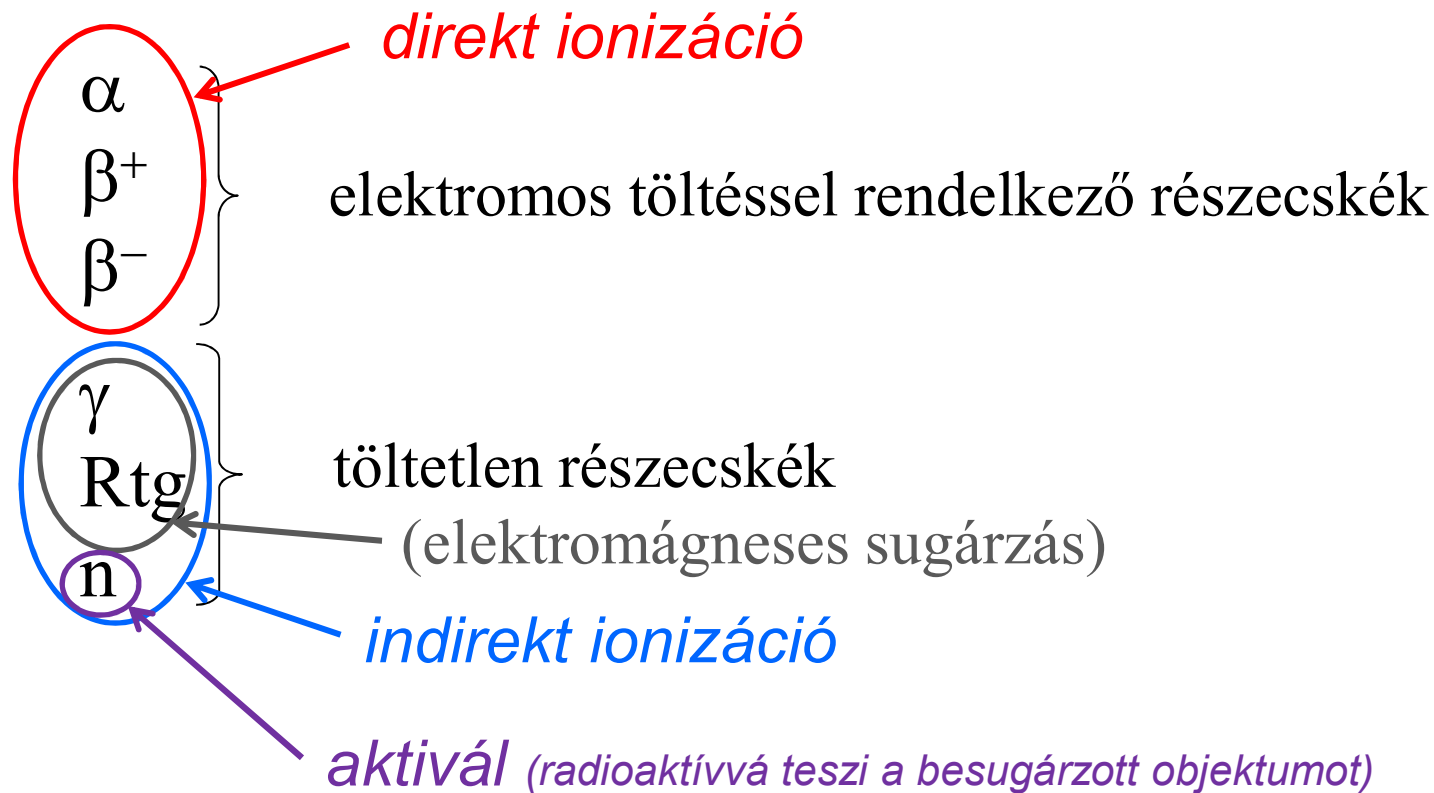
Példák felezési időkre:

^{40}K	$1,3 \cdot 10^9$ év
^{14}C	5736 év
^{137}Cs	30 év
^3H	12,3 év
^{60}Co	5,3 év
^{59}Fe	1,5 hó
^{56}Cr	1 hó (28 nap)
^{131}I	8 nap
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6 óra
^{18}F	110 perc

kb. 10 T alatt
1/1000 részre bomlik
azaz: GBq \rightarrow MBq
MBq \rightarrow kBq

Sugárzások és anyag kölcsönhatása.

A sugárzások elnyelődése



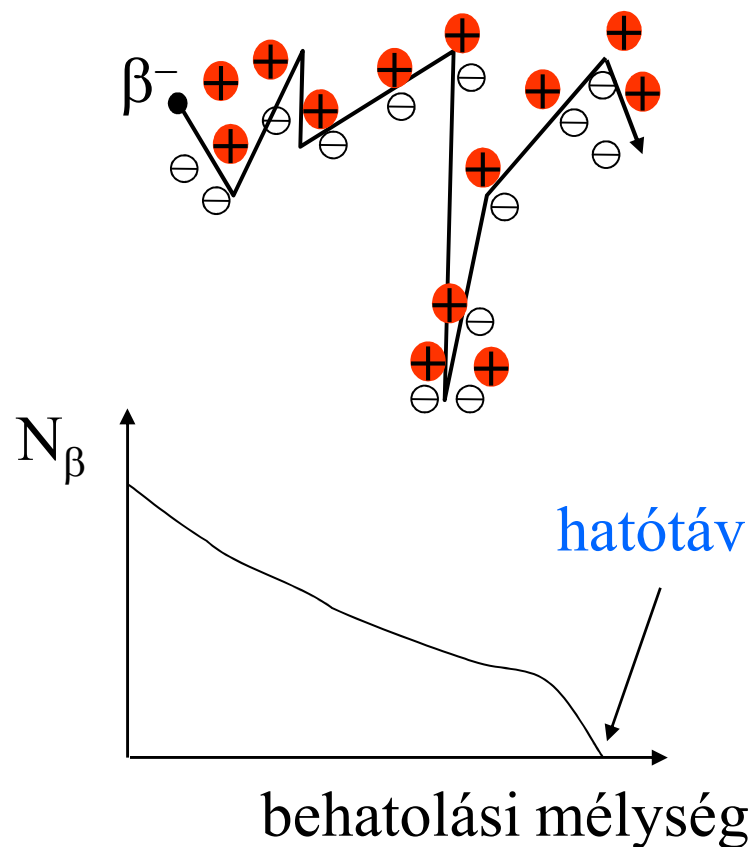
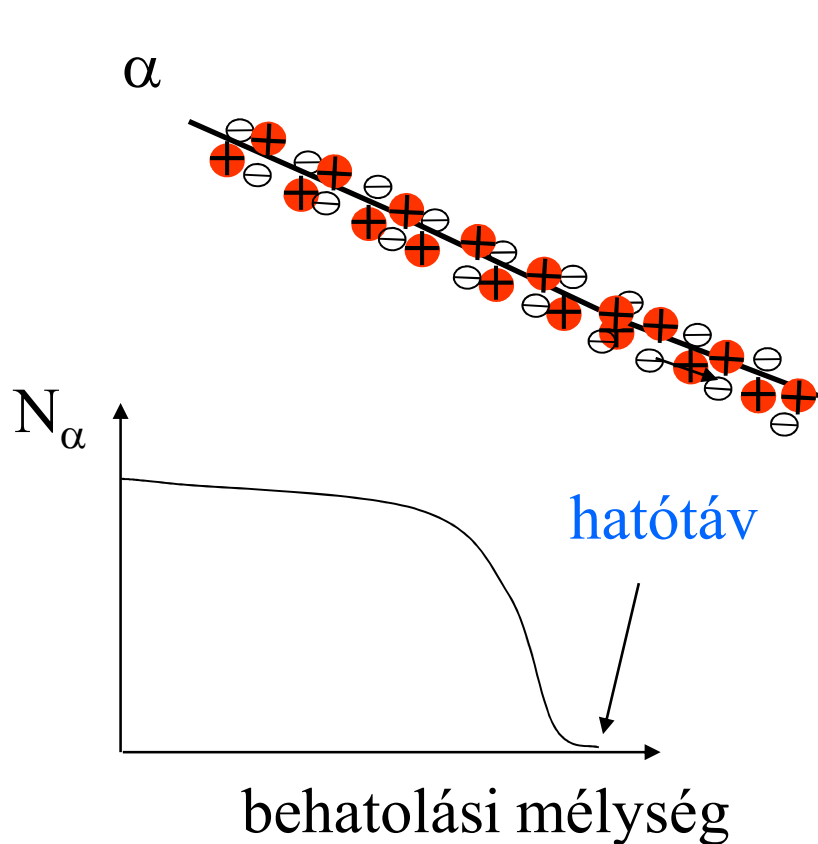
Töltött részecskék elnyelődése

Útjuk során ionizálnak, energiájukból folyamatosan leadnak.

Az energia egy véges úthosszon elfogy. **Hatótávolság**

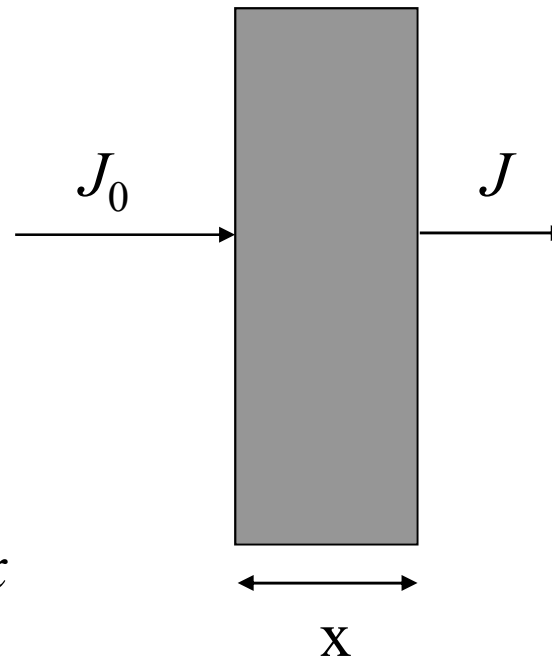
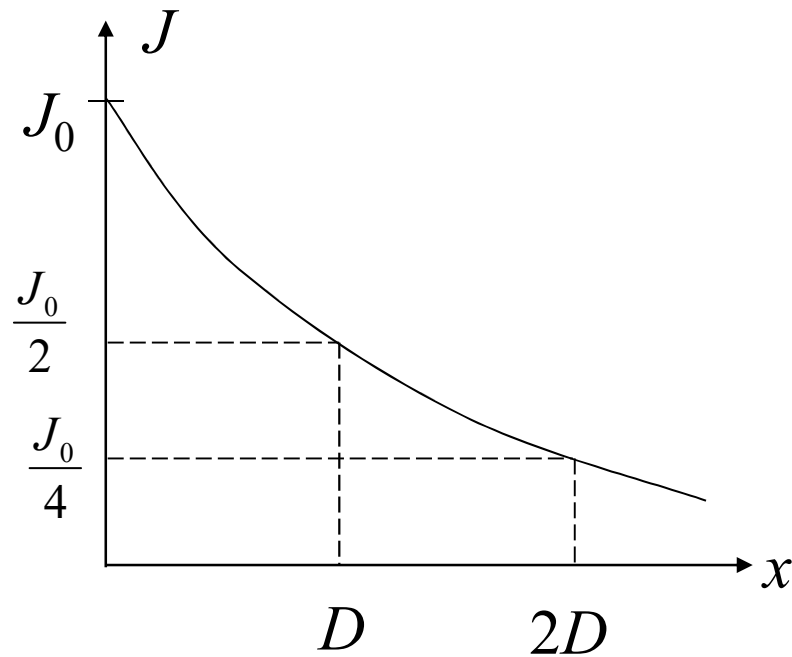
α -sugárzás: levegőben *néhány cm* szövetben *10-100 μm*

β -sugárzás: levegőben *néhány m* szövetben *néhány cm*



γ - és röntgensugárzás gyengülése

Ld. általános sugárgyengülési törvény (1 ea.)



$$J = J_0 e^{-\mu x} \quad \text{nincs 100%-os elnyelés (hatótávolság)!}$$

néhány „ökölszabály”: $x_{1/10} = 3,33 D$ $x_{1/1000} = 10 D$