

# Az atommag

Radioaktivitás, mag sugárzások.

Az izotópos nyomjelzéses technikák fizikai alapjai

---

Dr. Smeller László

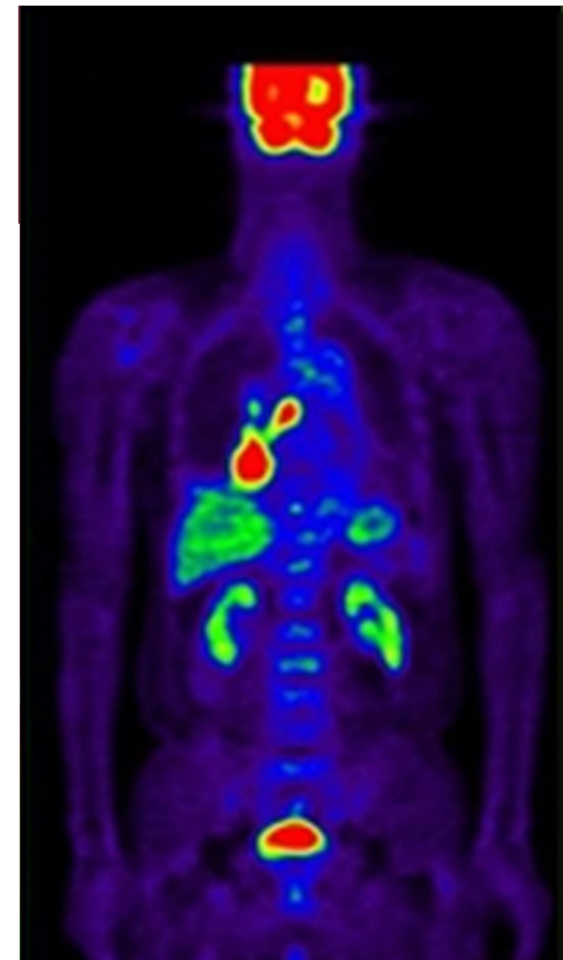
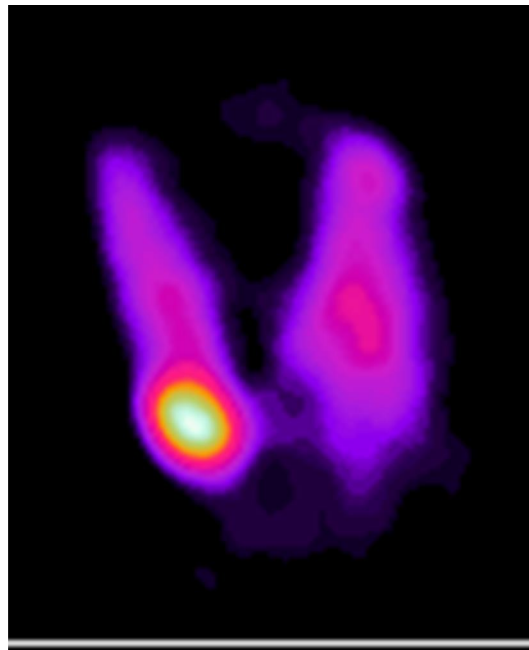
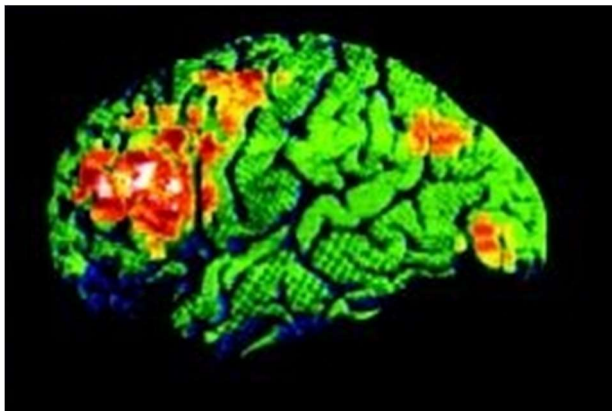
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

Semmelweis Egyetem



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

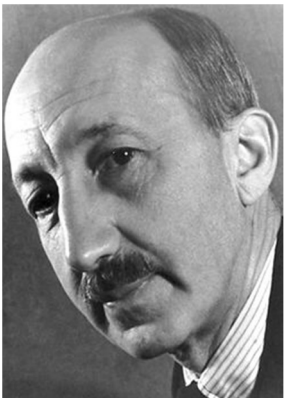
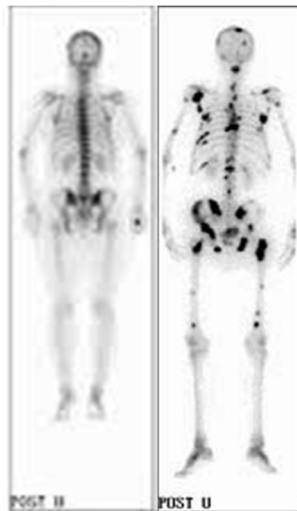
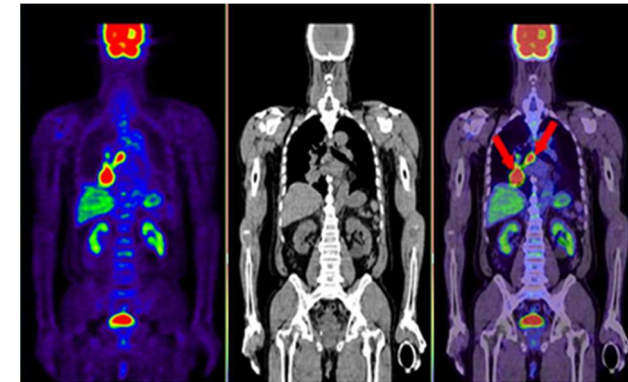
Smeller László



# Mit ad a radioaktivitás az orvostudománynak?

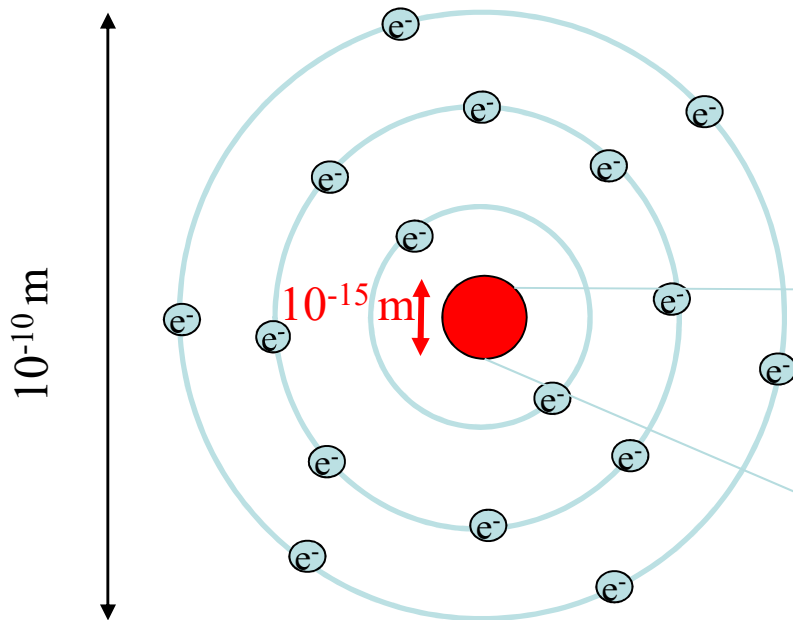
Radioaktív izotópok ill. sugárzásuk orvosi felhasználása:

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



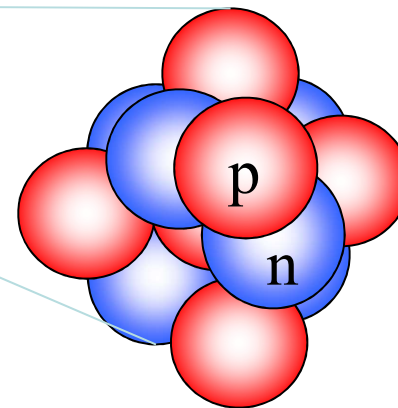
Hevesy György 1885-1966, Nobel díj: 1943

# Az atommag



A (tömegszám) = protonszám + neutronszám

Z (rendszám) = protonszám



Pl:

99  
43 **Tc**

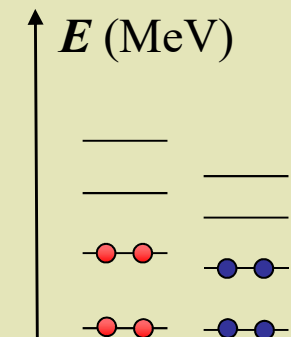
99 nukleon, ebből  
43 proton és  
99-43=56 neutron

Elektronburok: kémia  
**Atommag: radioaktivitás**

**Izotóp:**  
Azonos rendszám (protonszám)  
eltérő tömegszám (neutronszám).

Az atommag stabilitása:  
Coulomb erő  
Magerő

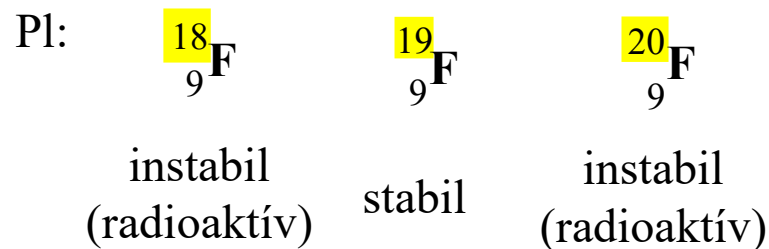
Diszkrét energiaszintek



# Izotópok és bomlások

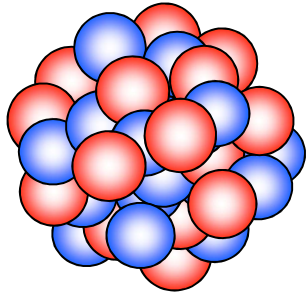
## Izotóp:

Azonos rendszám (protonszám)  
eltérő tömegszám (neutronszám).



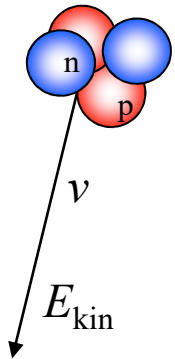
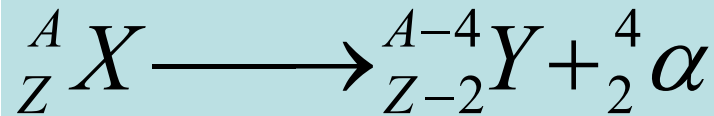
## Bomlás: magátalakulás + sugárzás

Bomlás típus	Kisugárzott részecske	Tipikus előfordulása
$\alpha$ - bomlás	$\alpha$ - részecske = ${}_{2}^{4}\text{He}$ atommag	nagy tömegszám
$\beta^{-}$ bomlás: $\beta^{+}$ bomlás:	$\beta^{-}$ részecske = elektron $\beta^{+}$ részecske = pozitron	neutrontöbblet neutronhiány
Prompt $\gamma$ emisszió Izomer magátalakulás	$\gamma$ -sugárzás	$\alpha$ vagy $\beta$ bomlás után

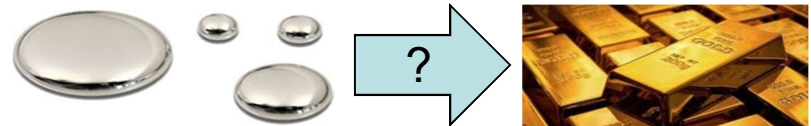
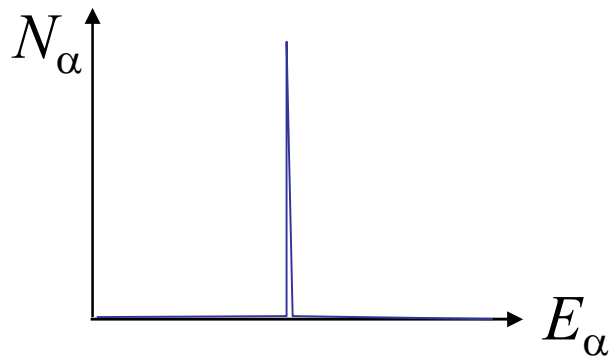


# $\alpha$ - bomlás

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

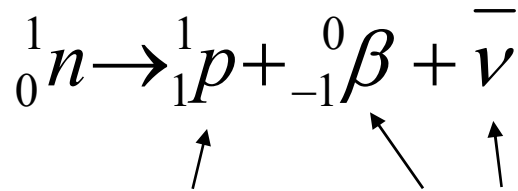
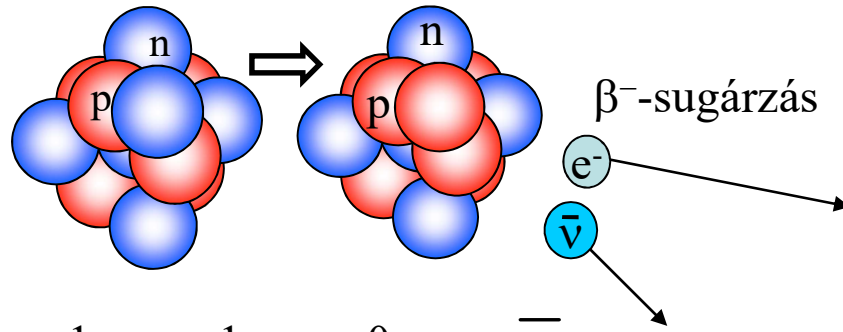


Vonalas energiaspektrum  
(minden a részecske azonos energiájú)  
 $E_\alpha \sim \text{MeV}$



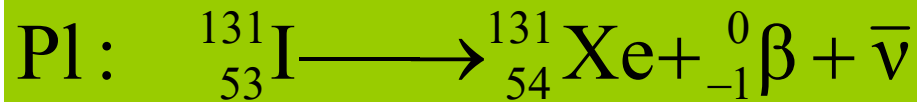
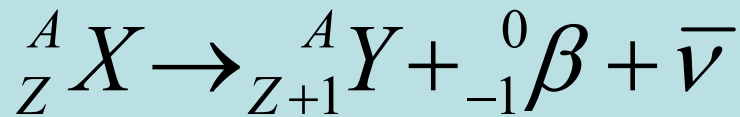
# $\beta$ - bomlás

$\beta^-$  - bomlás (neutrontúlsúly)

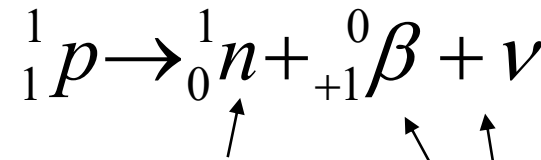
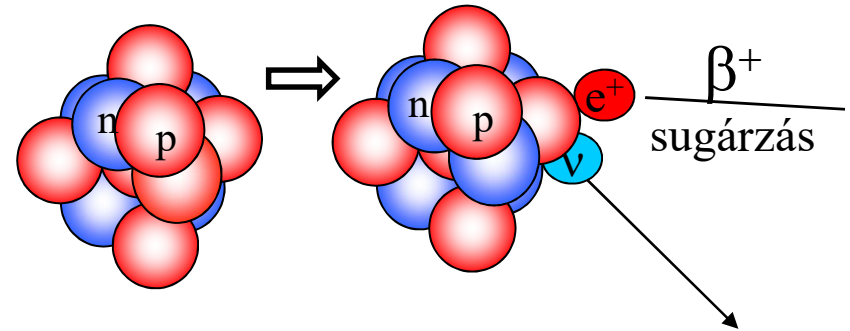


az atommagban  
marad

kilép

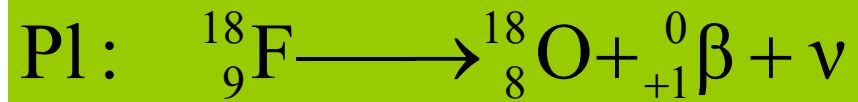
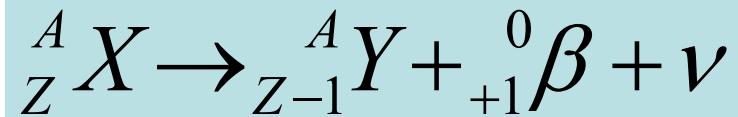


$\beta^+$  - bomlás (protontúlsúly)



az atommagban  
marad

kilép



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

folytonos  
energiaspektrum

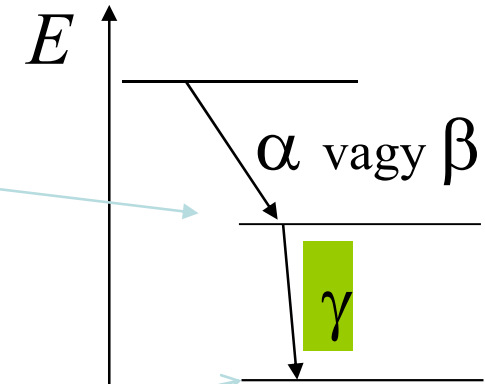
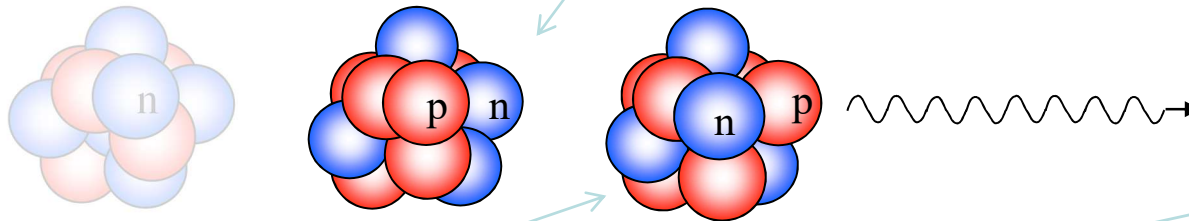
$\beta^+ = {}^0_{+1}\beta = e^+$

# A $\gamma$ -sugárzás keletkezése

A bomlás után a nukleonok elhelyezkedése

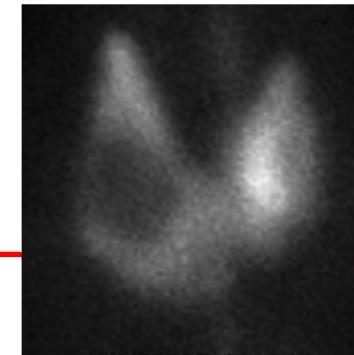
**energetikailag kedvezőtlen** lehet

(gerjesztett állapotú atommag)



Átrendeződés: alacsonyabb energiaszintre jut, a fölös energiát  $\gamma$  foton formájában kisugározza. Protonszám, neutronszám változatlan.

Spektruma vonalas



## Prompt $\gamma$ sugárzás

Gyorsan, a bomlás után  
<math>10^{-10}</math> másodperccel

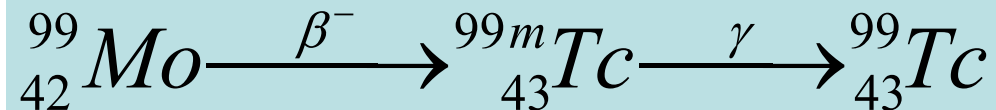
## Izomer magátalakulás

Az átrendeződés akár percek, vagy órákat vehet igénybe.

A  $\beta$  és a  $\gamma$  bomlás időben elválnak. Pl.  $^{99m}\text{Tc}$

**Tisztán  $\gamma$ -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 ( $\Lambda$ )

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

$N$  = a bomlásra képes atomok száma

$t$  = idő

$-\Delta N$  = a  $\Delta t$  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

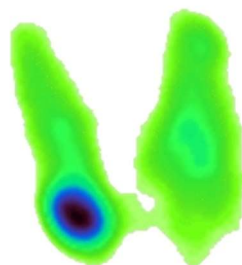
mérhetetlenül  
alacsony

A gyakorlatban: kBq, MBq, GBq, TBq PBq

természetes  
radioaktivitás  
szintje

in vivo  
diagn. dolgozhatunk  
vele!

terápiában  
alkalmazott  
aktivitás



# Bomlástörvény

$$\Delta N \sim N$$

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

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

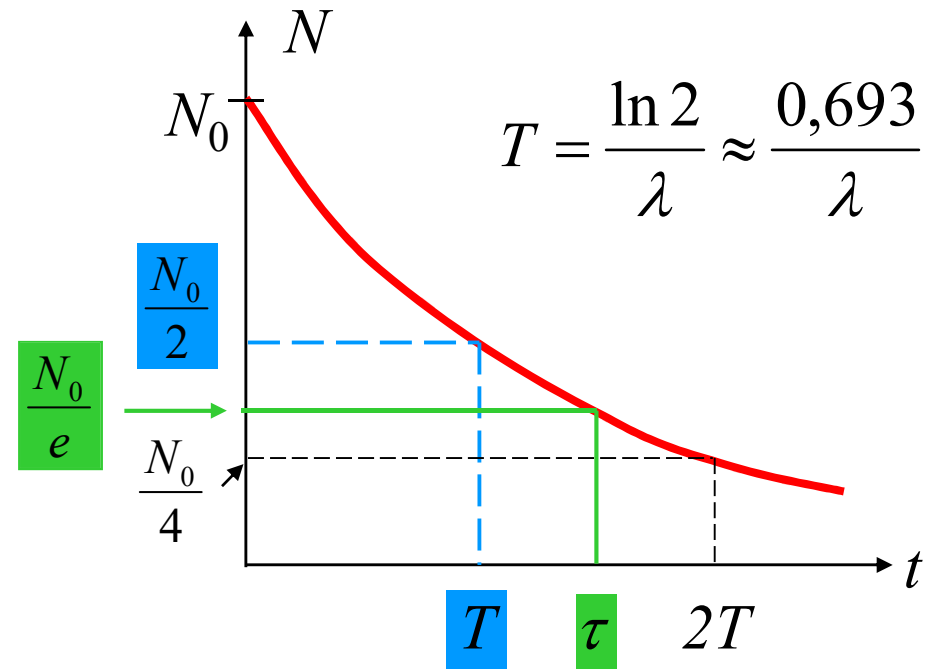
$\lambda$ : bomlási állandó, bomlási valószínűség [1/s]  
 $1/\lambda = \tau$  idő! átlagos élettartam

differenciálegyenlet

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

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

exponenciális lecsengés!



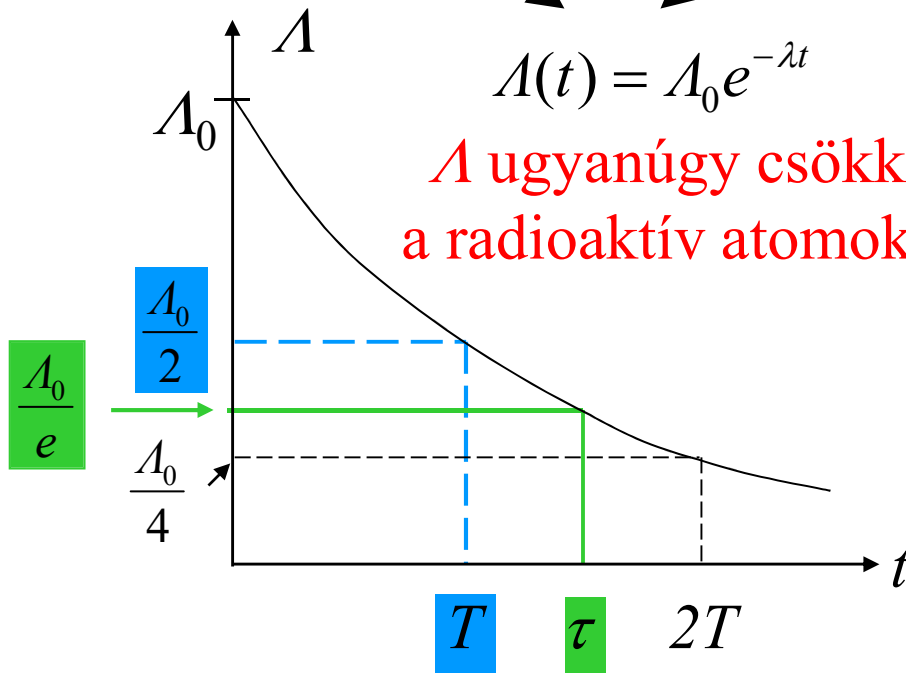
# Az aktivitás időbeli csökkenése

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

$$A = \lambda N$$

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

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



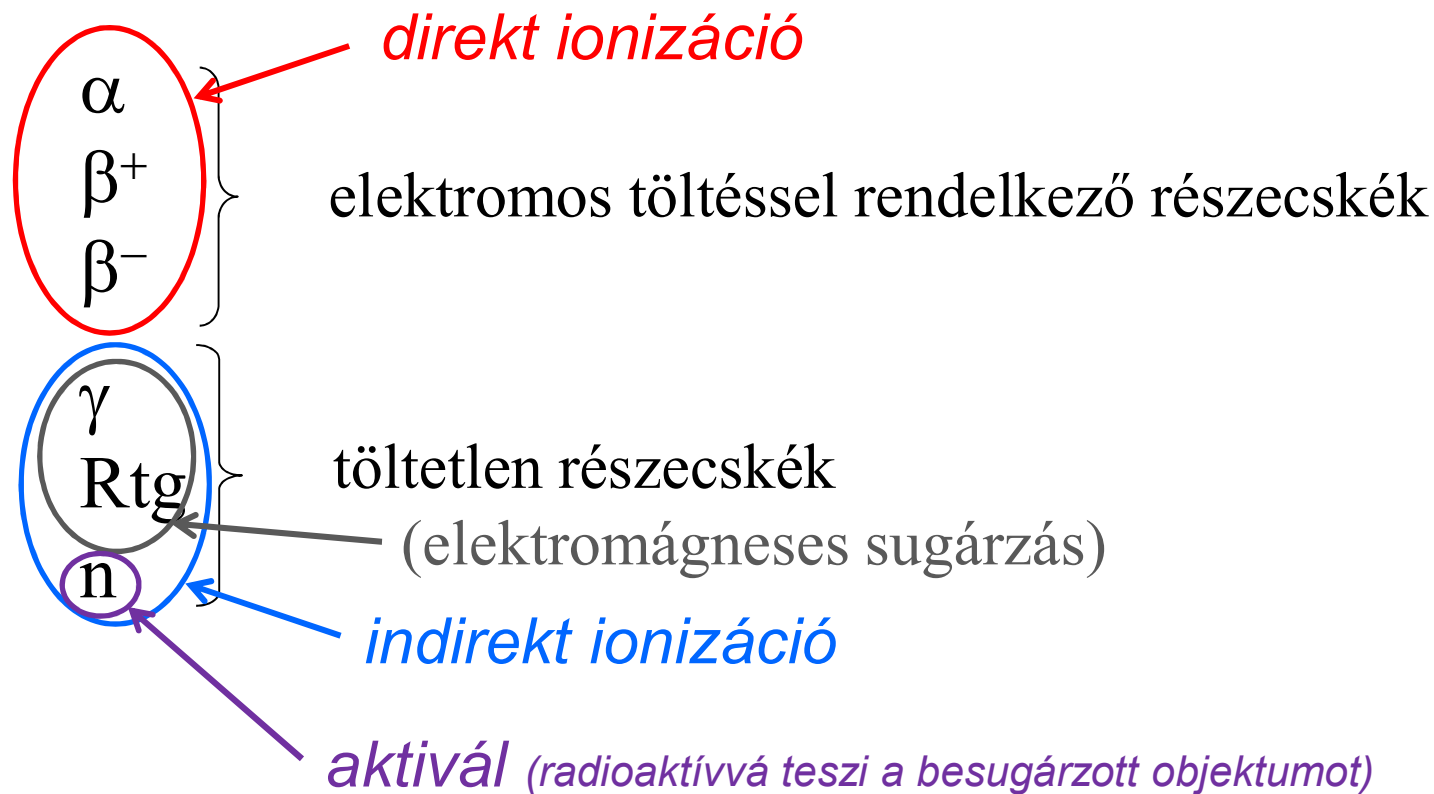
Példák felezési időkre:

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

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

# Sugárzások és anyag kölcsönhatása.

## A sugárzások elnyelődése



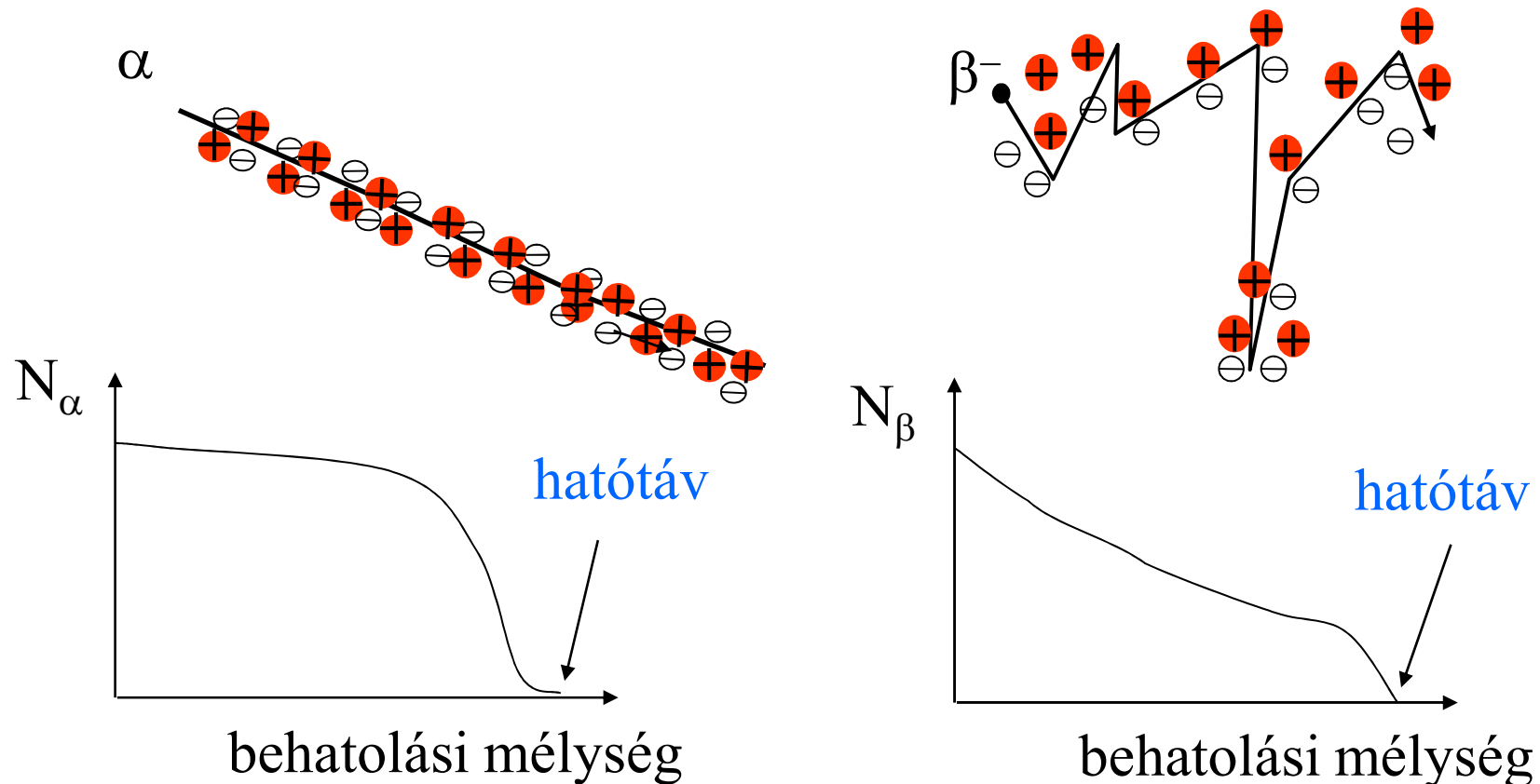
# Töltött részecskék elnyelődése

Útjuk során ionizálnak, energiájukból folyamatosan leadnak.

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

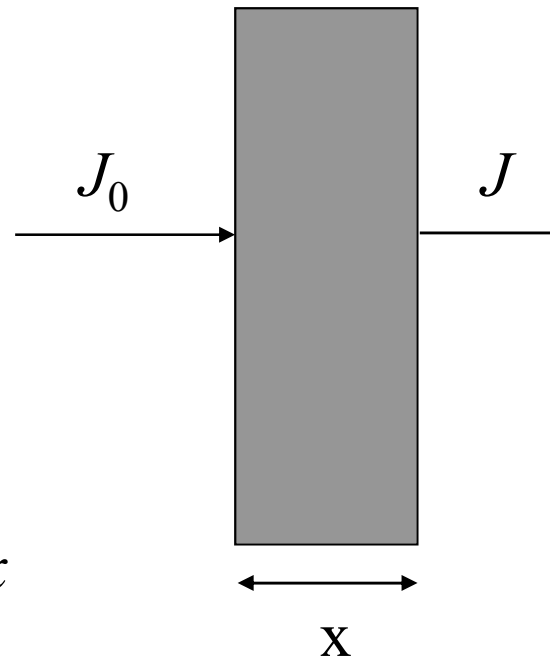
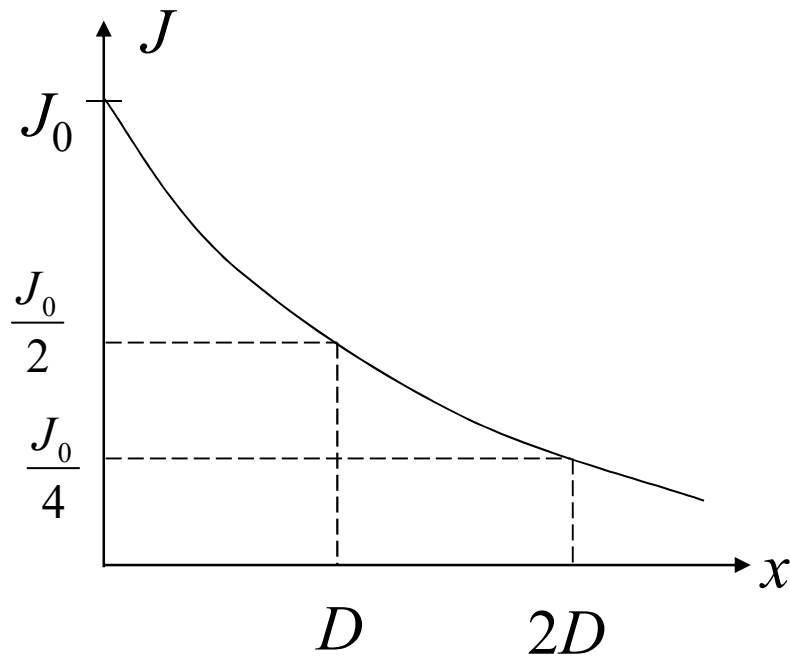
$\alpha$ -sugárzás: levegőben *néhány cm* szövetben *10-100  $\mu\text{m}$*

$\beta$ -sugárzás: levegőben *néhány m* szövetben *néhány cm*



# $\gamma$ - és röntgensugárzás gyengülése

Ld. általános sugárgyengülési törvény (1 ea.)



$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

nincs 100%-os elnyelés (hatótávolság)!

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