

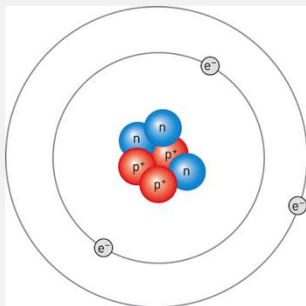
Biofizika I

Magsugárzások

Haluszka Dóra

2024. 11. 27.

haluszka.dora@semmelweis.hu



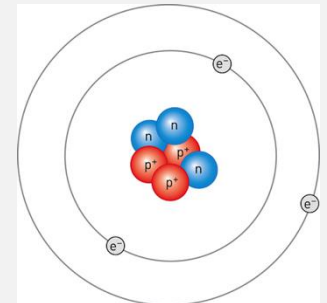
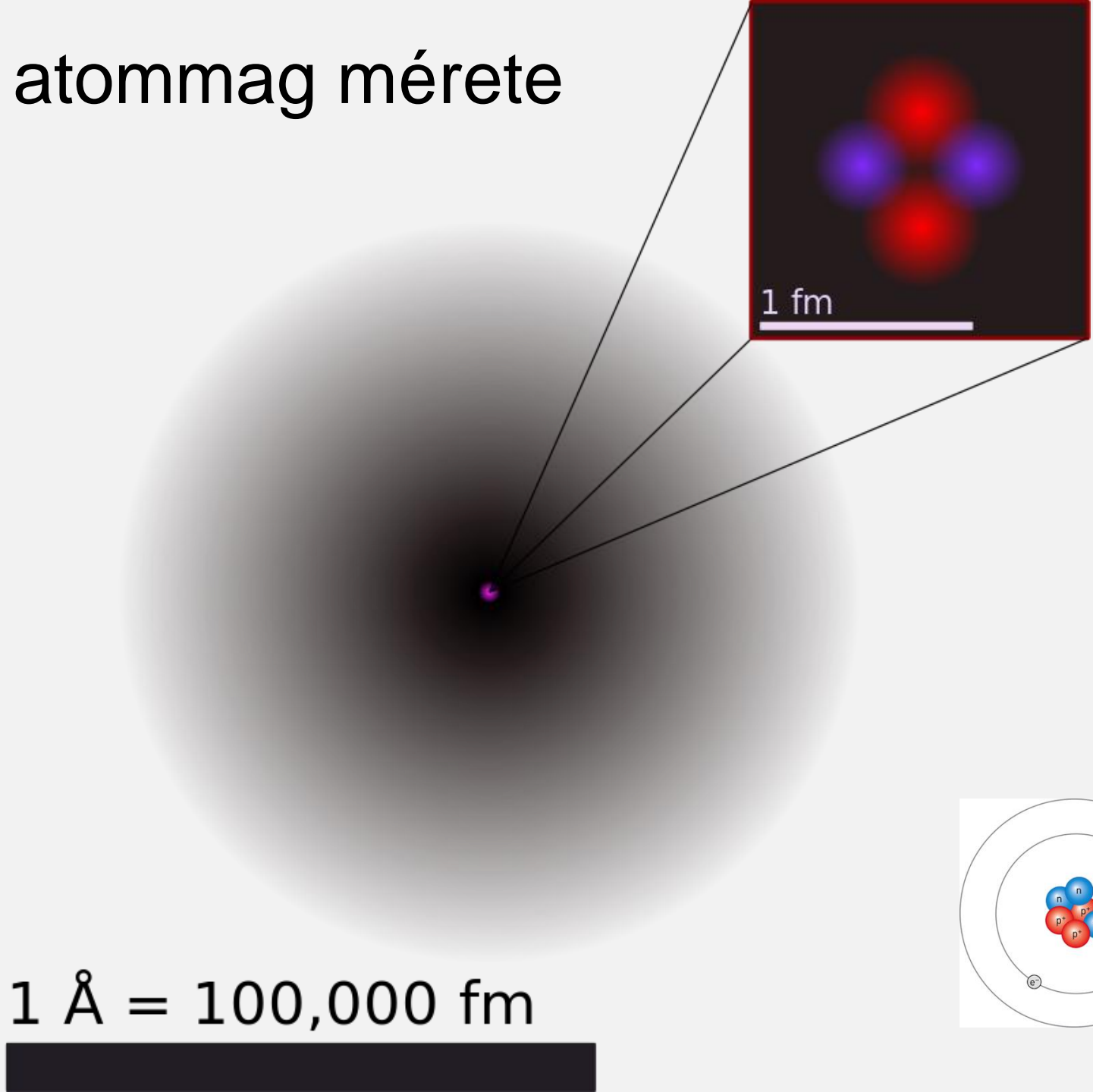
Az atomok alkotórészei

Particle	Symbol	Resting Energy (MeV)	Relative Charge*	Mass (kg)	Relative Mass (AMU)**
electron	e	0.51100	1-	9.11×10^{-31}	5.4858×10^{-4}
proton	p	938.272	1+	1.6726×10^{-27}	1.0072765
neutron	n	939.566	0	1.6749×10^{-27}	1.0086649

* elektronok töltése (elemi töltés): $-1.602 \times 10^{-19}\text{C}$

** Atomtömeg-egység: (^{12}C) atom 1/12-ed része

Az atommag mérete

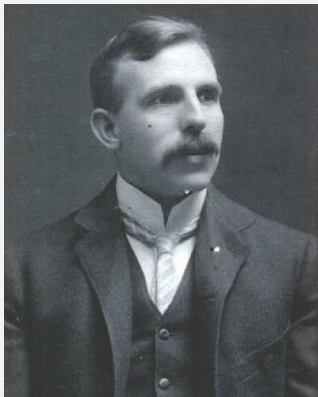
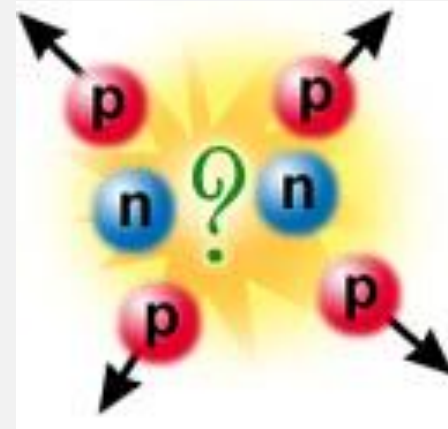


Atommag stabilitása

Protonok között erős az elektrosztatikus taszítás!

(mi tartja egyben a magot)

Kell, hogy legyen egy
vonzóerő a magon belül!



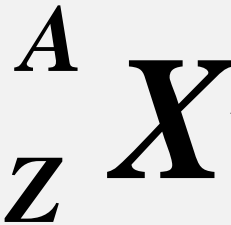
Rutherford, 1911 – magerő: rövid hatótávolságú vonzóerő, független a töltéstől és erősebb a Coulomb-erőknél.

A neutron hipotézise (Chadwick 1932, Nobel-díj 1935)

Jelölések

tömegszám

$$A = Z + N$$



*az elem kémiai
szimbóluma*

*rendszer =
protonok száma*



$N =$ *neutronok száma*
nukleon = proton vagy neutron

A mag stabilitása

$$\Delta M = [Zm_p + (A-Z)m_n] - M(A,Z)$$

Tömegdefektus: az atommag tömege kisebb, mint az alkotó protonok és neutronok tömegeinek összege! A különbség Einstein tömeg-energia egyenértékűségi elvével magyarázható:

$$\Delta E = \Delta M c^2$$

A tömegdefektus = a kötési energia tömegegységben kifejezve.

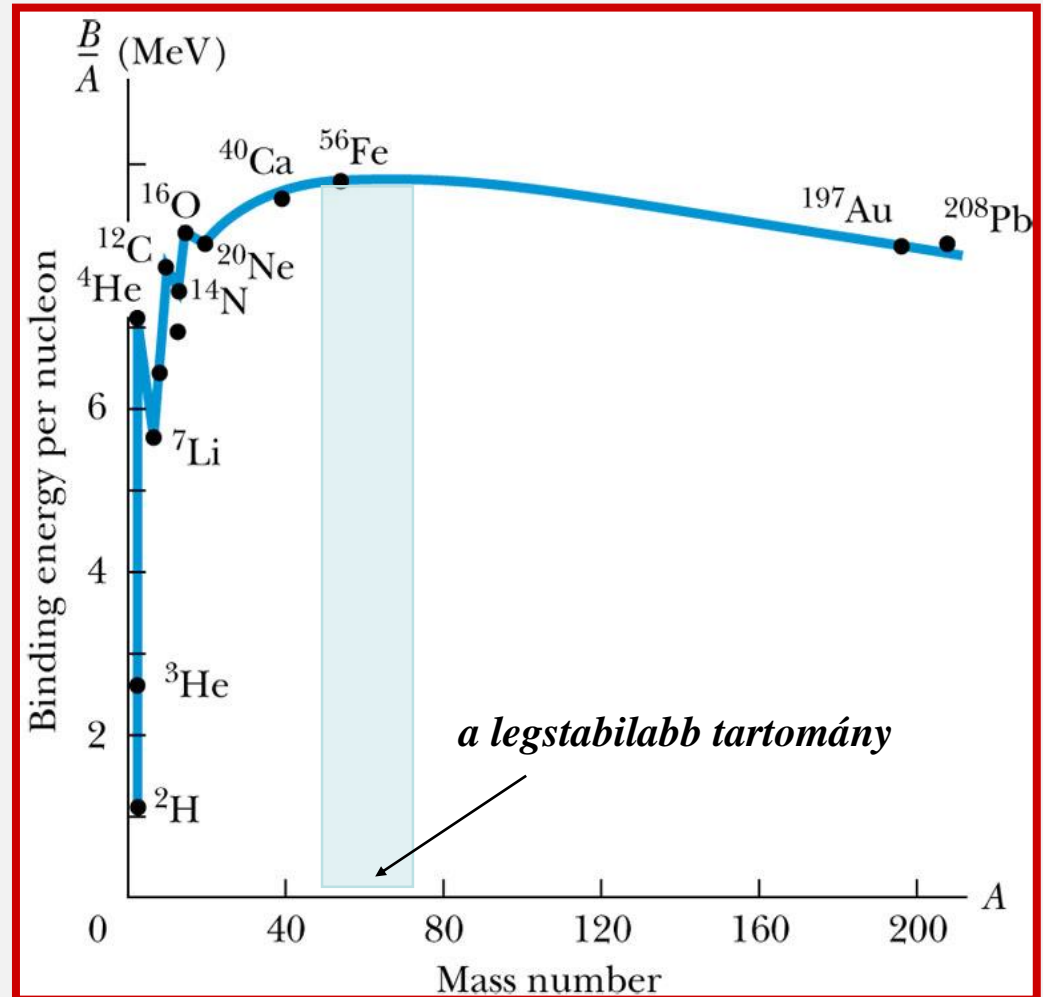
pl. ^{12}C esetében $\Delta E = 92.1 \text{ MeV}$

Az egy nukleonra eső kötési energia: $\Delta E/A = 92.1/12 = 7.7 \text{ MeV/nukleon}$

Nukleonokra eső kötési energia

- Kis tömegszámoknál gyors növekedés
- Éles csúcsok páros-páros magoknál:
 ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, and ${}^{16}_8\text{O}$
- Maximum kb. $A=56$

nukleon = proton vagy neutron



Ebből következően mind a nehéz magoknak ($A \sim 200$) két könnyebb részre való hasadása, mind pedig a könnyű ($A \sim 1-5$) atommagok egyesülése, fúziója, energetikailag egyaránt kedvezőbb helyzethez vezet, azaz **ezek a folyamatok energia felszabadulással járnak.**

Izotópok

Görög *isos topos* = *azonos hely*

Egy elem izotópjai:

- azonos protonszámúak
- különböző neutronszámúak
- különböző tömegszámúak

Mendeleev's Periodic Table of Elements

Common Polyatomic Ions

State of matter at 25 °C

Selected Oxidation States

Atomic Number

Symbol

Electron Configuration

Atomic Mass

From Russia with  divita.ru

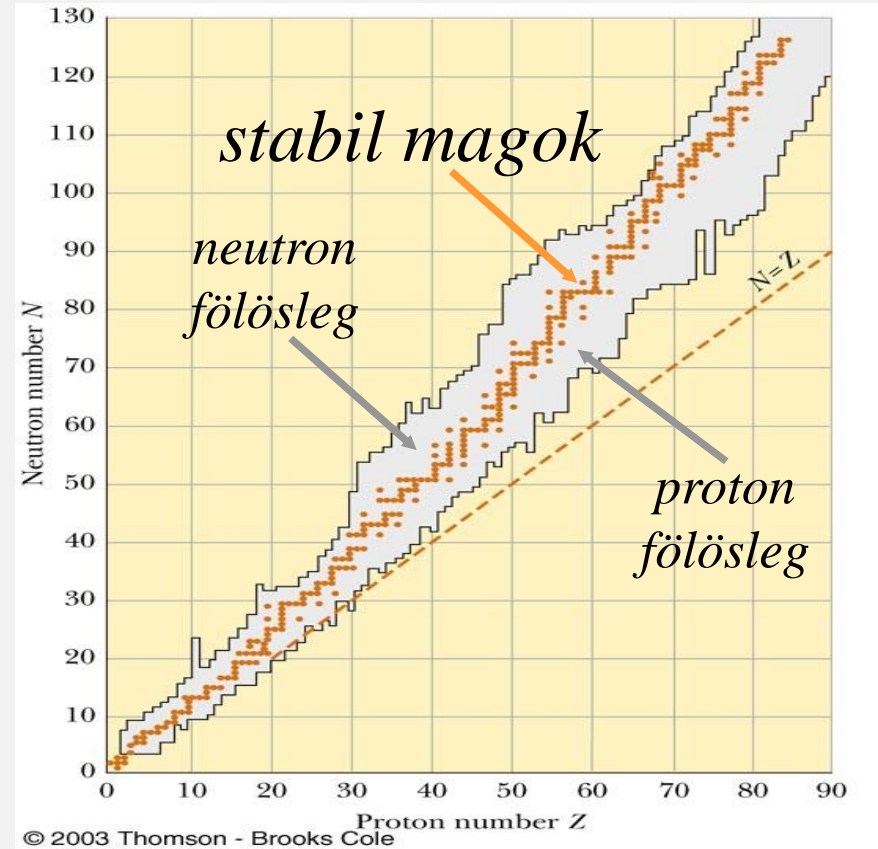
Atommag stabilitási diagramja

- könnyű magok stabilak, ha
 $N = Z$

- nehéz magok stabilak, ha
 $N > Z$

a protonszám növelésével növekszik
a Coulomb-féle taszítóerő, így
több neutron kell a mag egyben
tartására

- Nincs stabil mag, ha $Z > 83$



Mi történik, ha a mag nem stabil?

Radioaktív bomlás



Becquerel fotólemeze, ami a fölé tett urániumsó sugárzása miatt exponálódott. A lemez és az urániumsó közé helyezett fém máltai kereszt jól kivehető (1896).

Antoine Becquerel

1903 fizikai Nobel-díj a radioaktivitás felfedezéséért

Radioaktív bomlás

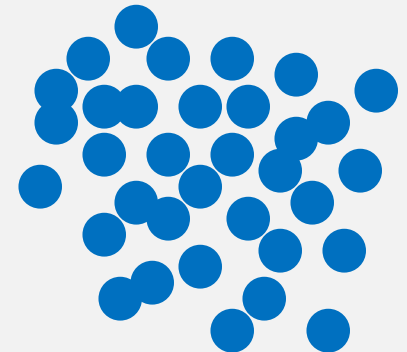
- **Radioaktivitás:** az energia spontán kibocsájtása részecskék vagy elektromágneses sugárzás útján
- a nem stabil atommagok bomlása hozza létre
- háromféle sugárzás keletkezhet

Alfa (α) részecske

Béta (β) részecske

Gamma (γ) sugarak

- statisztikai folyamat – az egyedi bomlások
véletlenszerűen követik egymást



- a bomlásra képes magok száma csökken az idővel

A radioaktív bomlás jellemzői

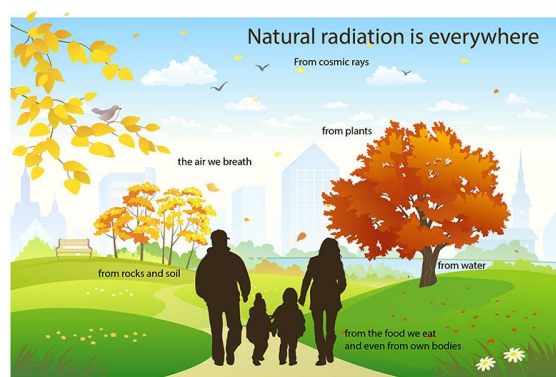
Aktivitás: $\Lambda = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right|$

*N: még el nem bomlott
magok száma
t: idő*

Aktivitás = egységnyi idő alatt elbomlott magok száma

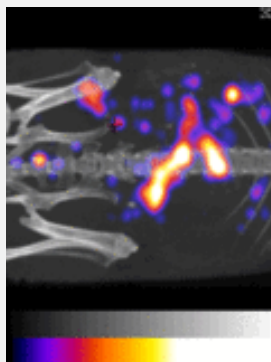
egysége: becquerel (Bq) 1Bq = 1 bomlás/s

háttérsugárzás



kBq,

diagnosztika



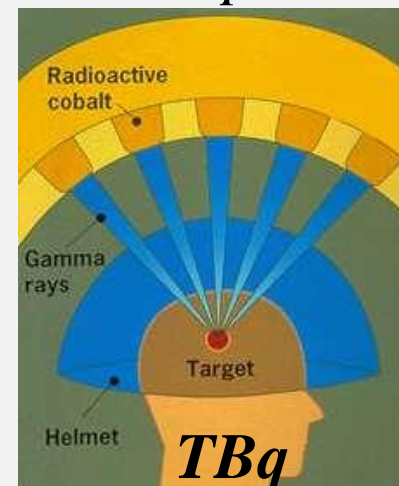
MBq,

*laboratóriumi
gyakorlat*



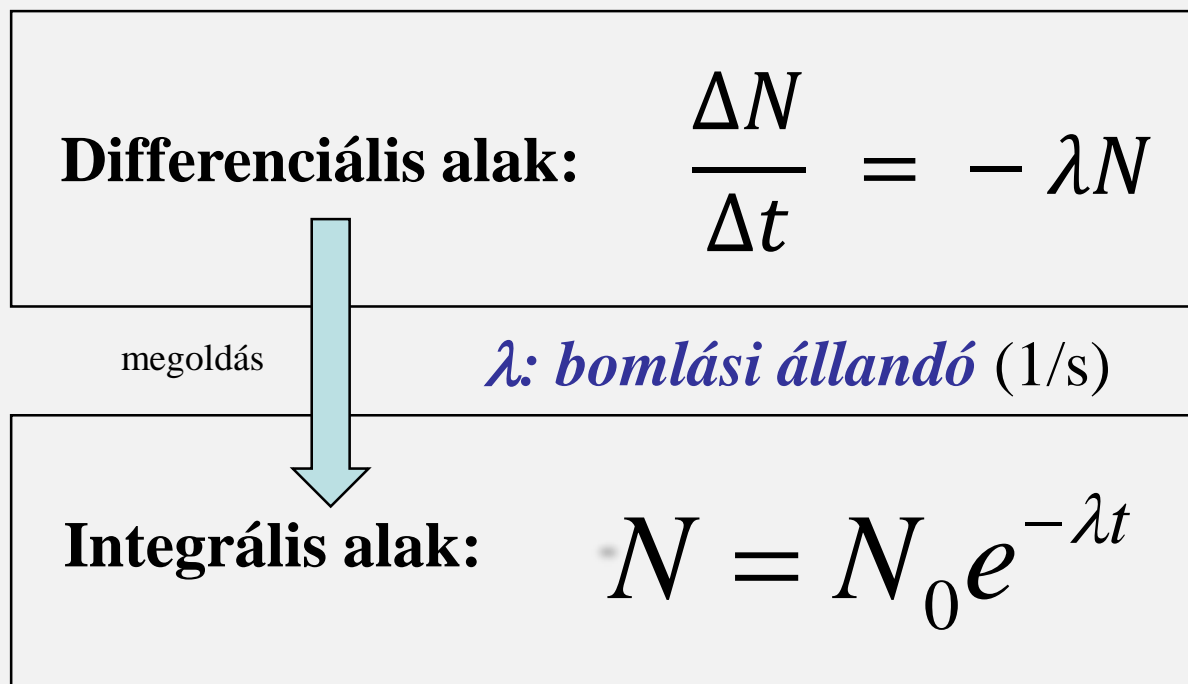
GBq,

terápia



TBq

Bomlástörvények



N_0 : bomlásra képes (radioaktív) magok száma $t=0$ -kor,

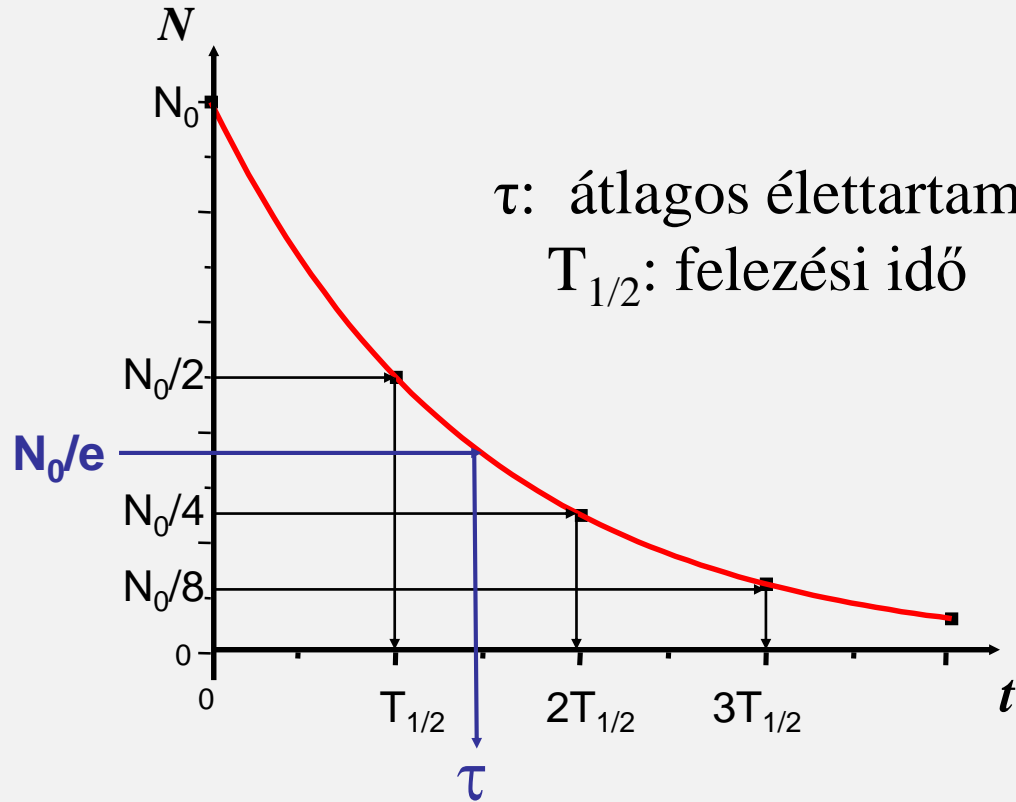
N : nem elbomlott magok száma egy későbbi t időpontban

Az aktivitás az izotóp típusától és a kezdetben jelen lévő bomlásra képes atommagok számától is függ.

Specifikus aktivitás: egységnyi tömegű izotóp aktivitása (Bq/kg)

Grafikus reprezentáció

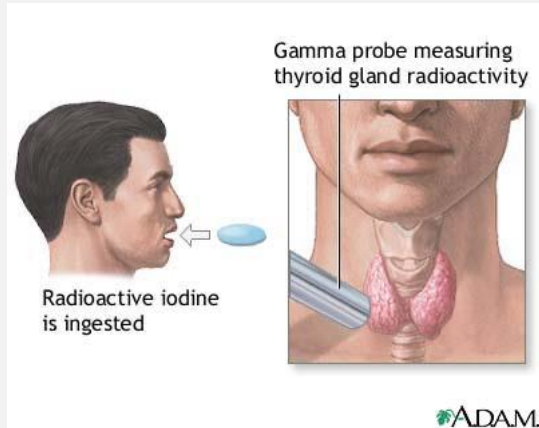
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$



$$\begin{aligned} t &= \tau \\ \downarrow \\ N_0 / e &= N_0 e^{-\lambda \tau} \\ \downarrow \\ \lambda &= \frac{1}{\tau} \end{aligned}$$

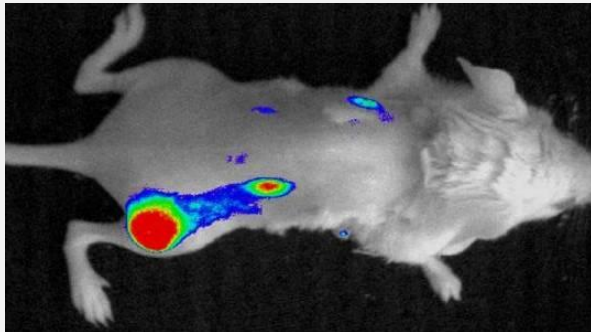
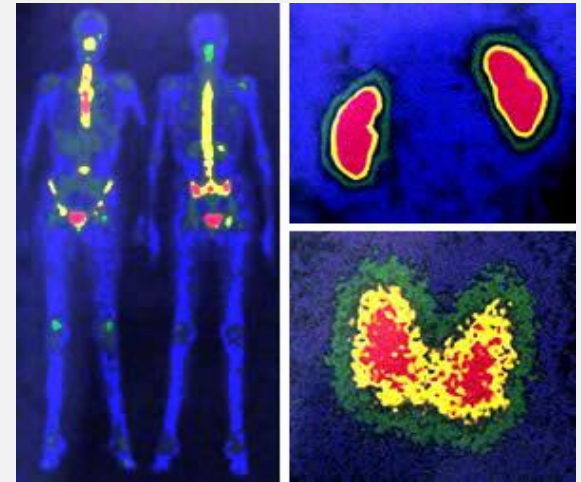
$$t = T_{1/2} \longrightarrow N_0 / 2 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \longrightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

Felezési idők a gyógyászatban



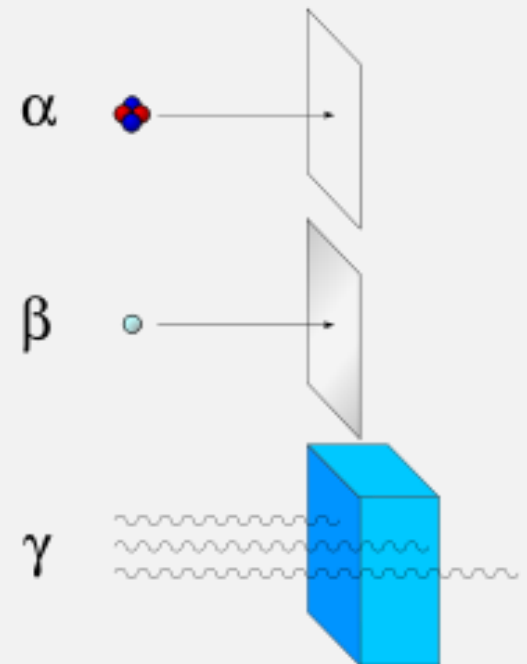
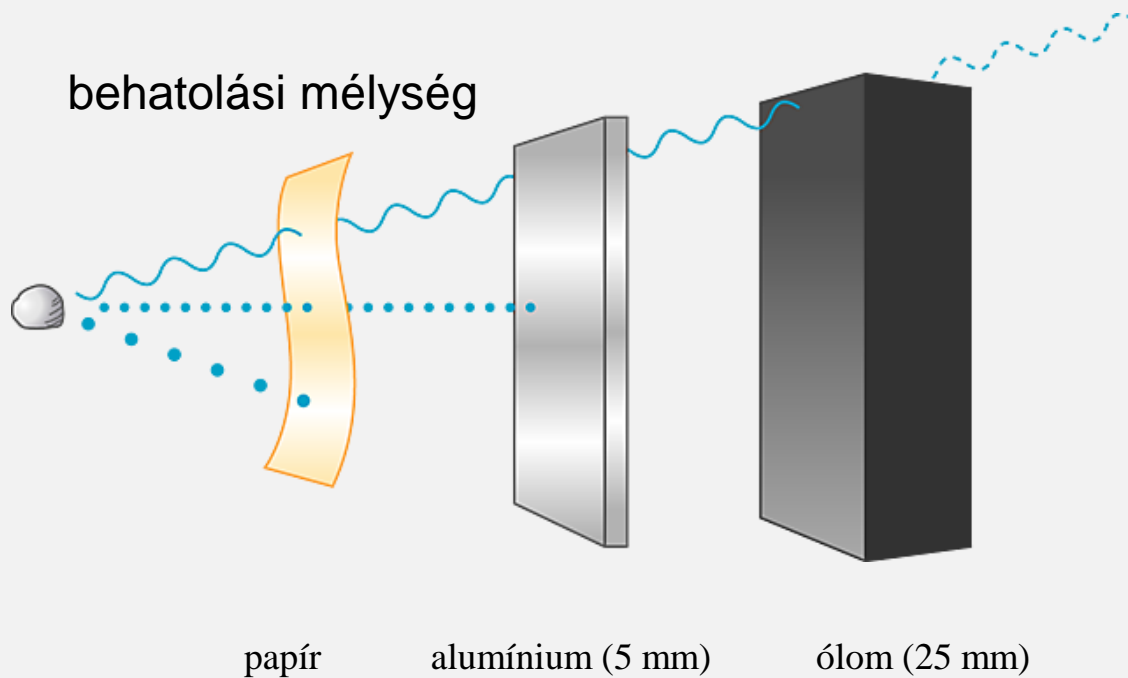
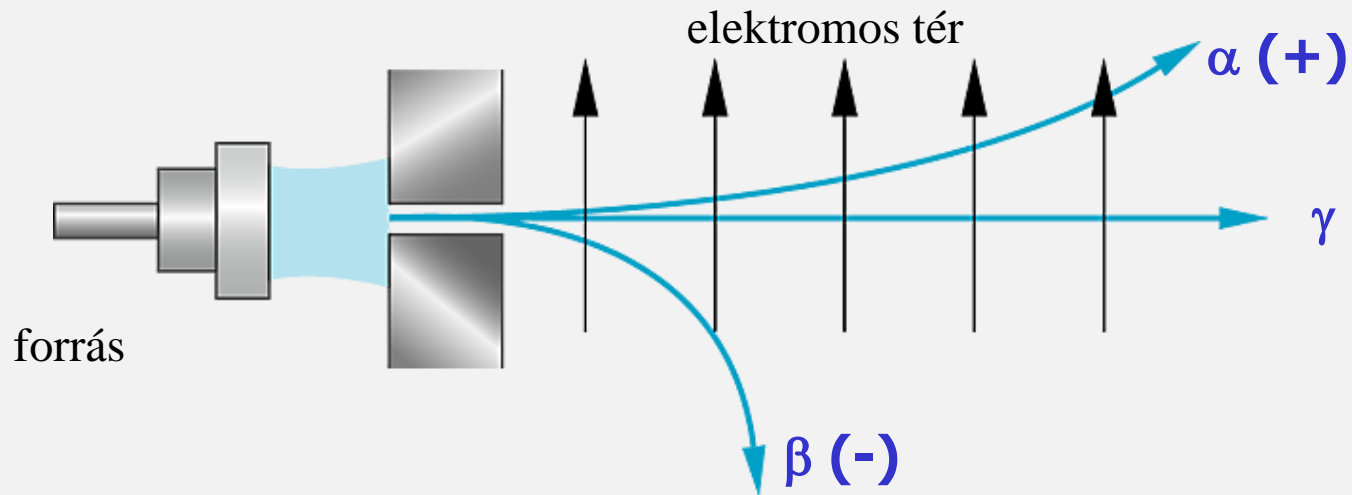
Jód - 131 (^{131}I) - $T_{1/2} = 8$ nap
pajzsmirigy kezelés

Technécium-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) - $T_{1/2} = 6$ óra
Izotóp diagnosztika

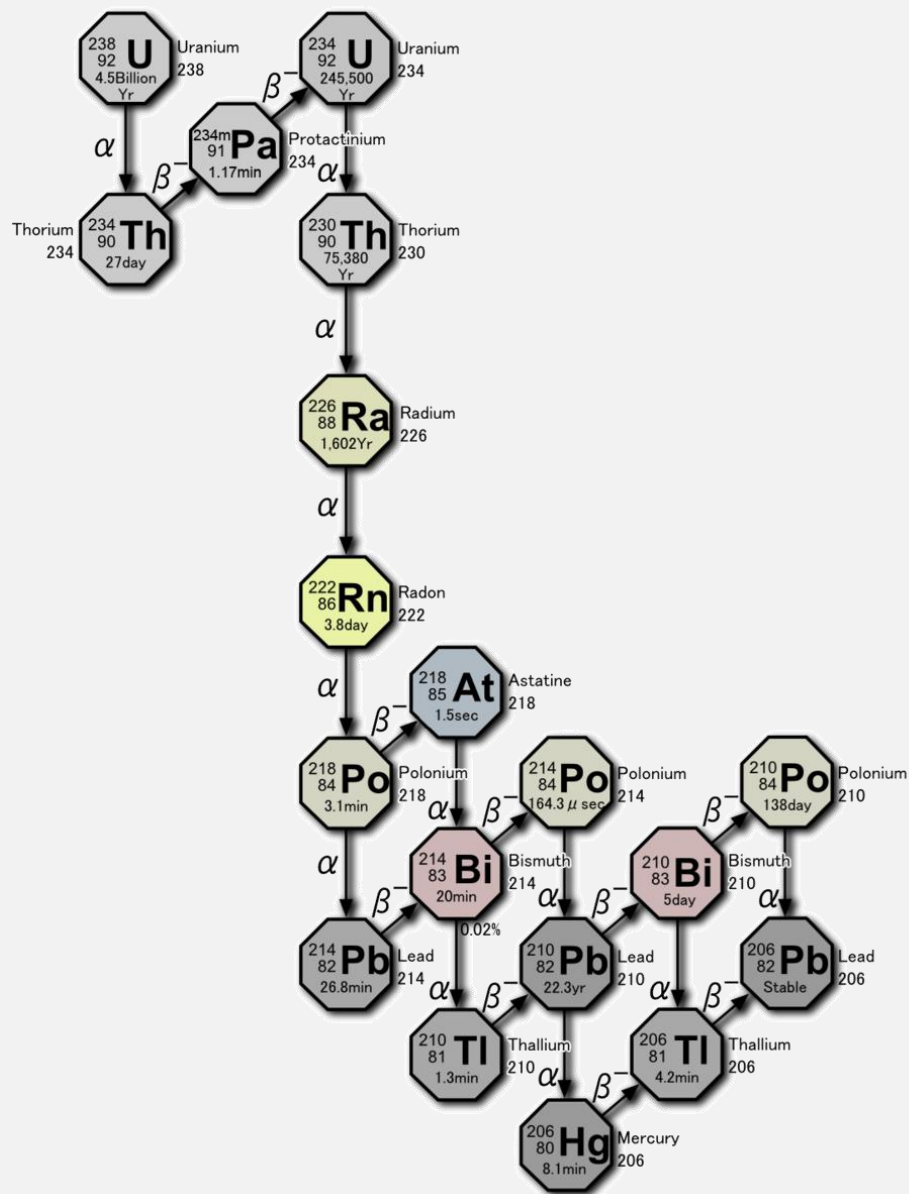
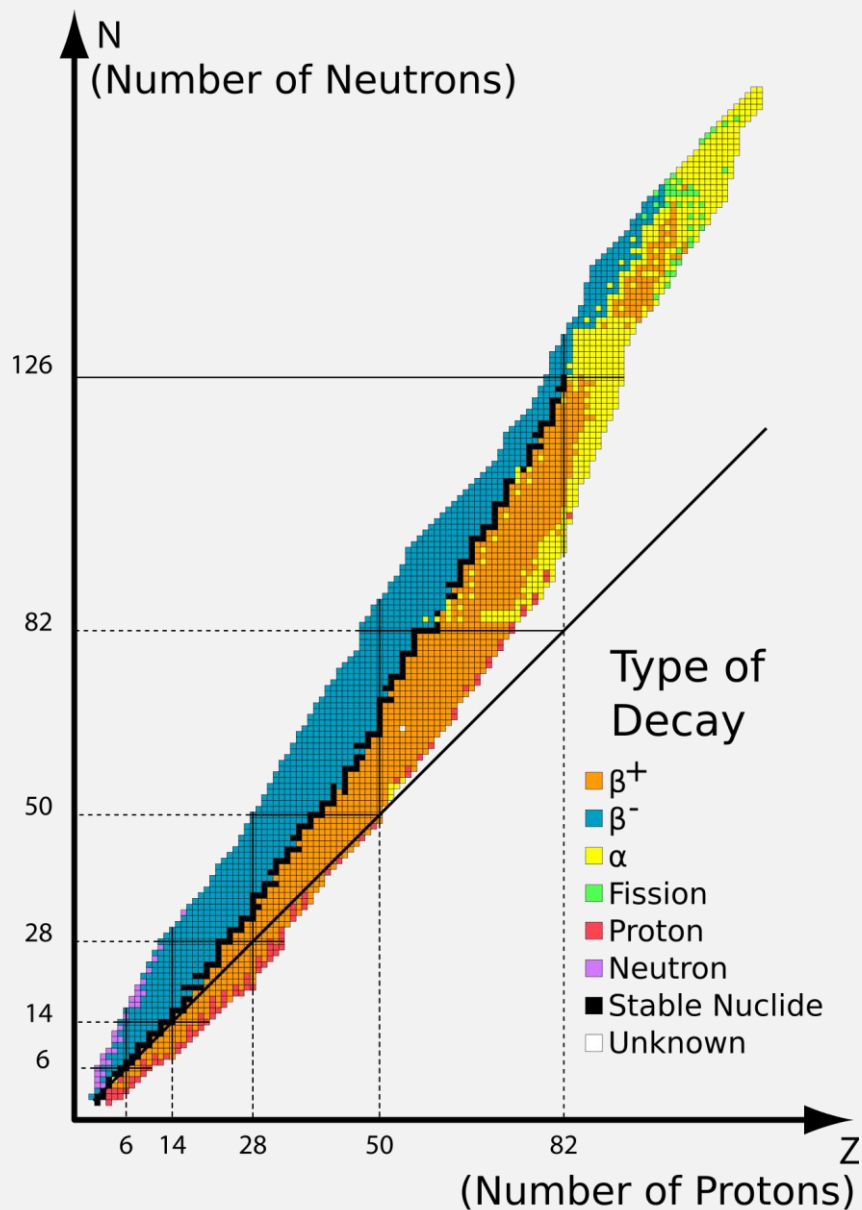


Arany-198 (^{198}Au) - $T_{1/2} = 2,7$ nap
Tumorterápia

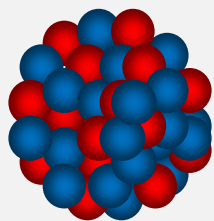
Radioaktív bomlás típusai



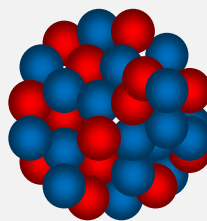
Radioaktív bomlás típusai



α bomlás



anyamag

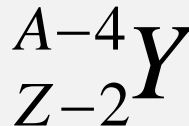
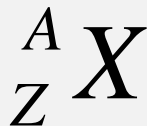


leánymag

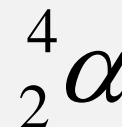
+



α részecske

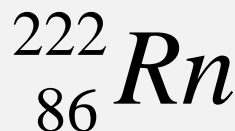
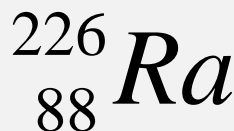


+

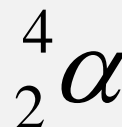


α részecske: a hélium atommagja, 2 proton és 2 neutron alkotja

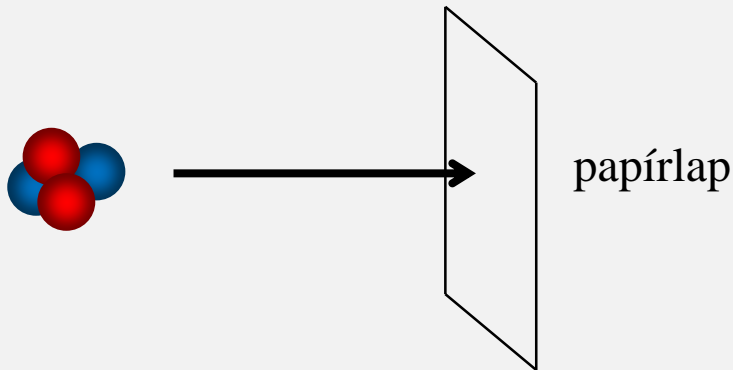
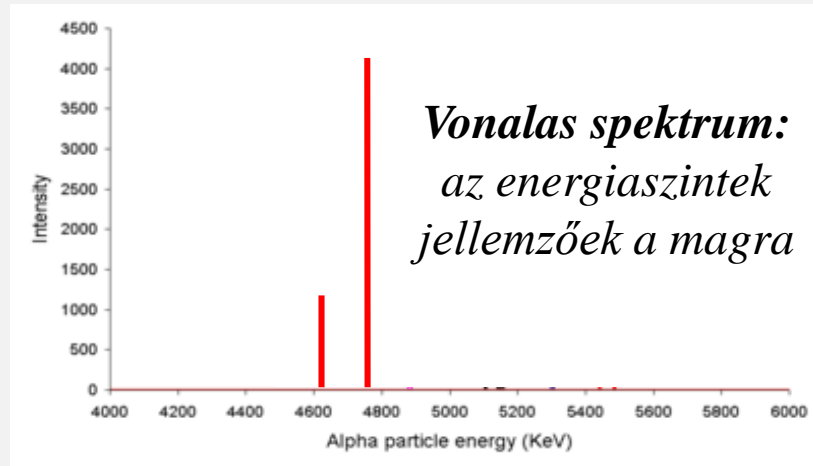
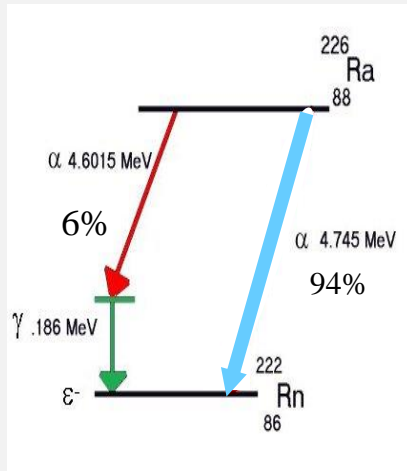
Nehéz magok ($A > 150$) tipikusan α részecske kibocsájtásával bomlanak



+



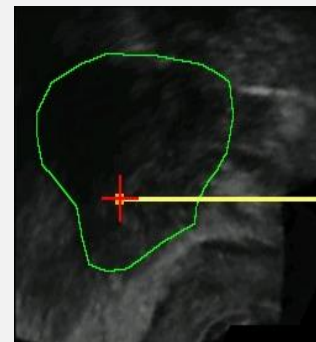
Az α sugárzás jellemzői: spektrum, penetráció, felhasználás



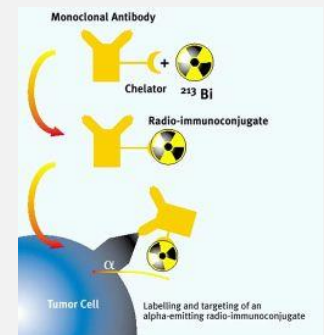
absorber	density	alpha range
air (STP)	1.2 mg/cm ³	3.7 cm
paper (20lb)	0.89 g/cm ³	53 μ m
water (soft tissue)	1.0 g/cm ³	45 μ m

Diagnózis: –

Célzott **ráktérápia** α sugárzással



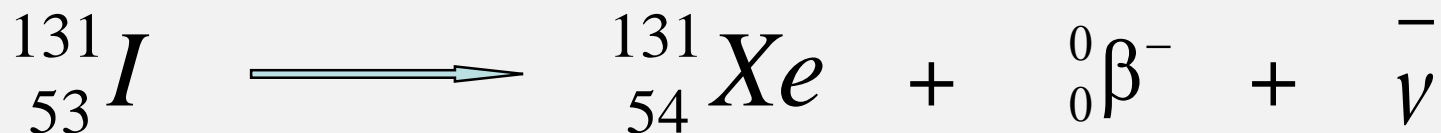
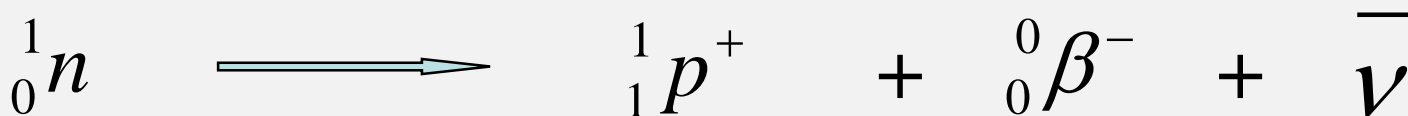
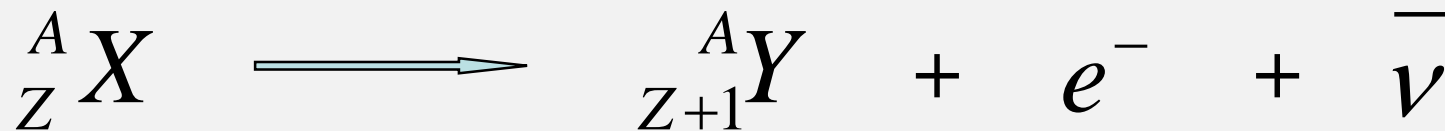
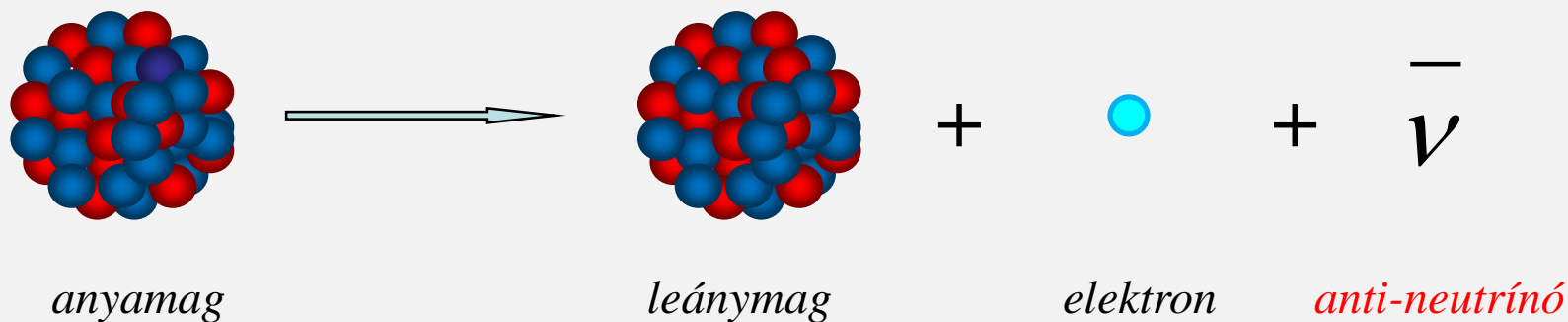
beültetés tűvel



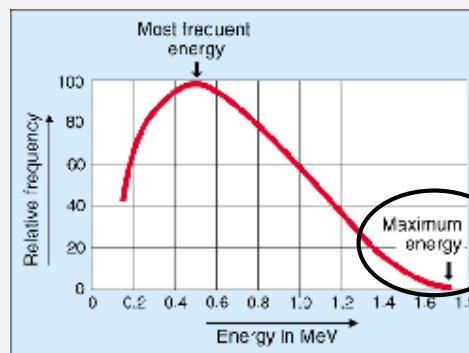
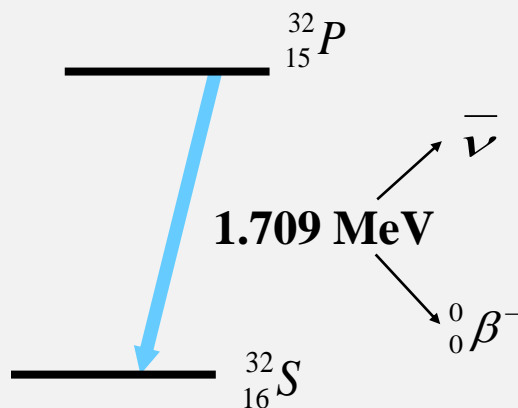
monoklonális antitest

β bomlás

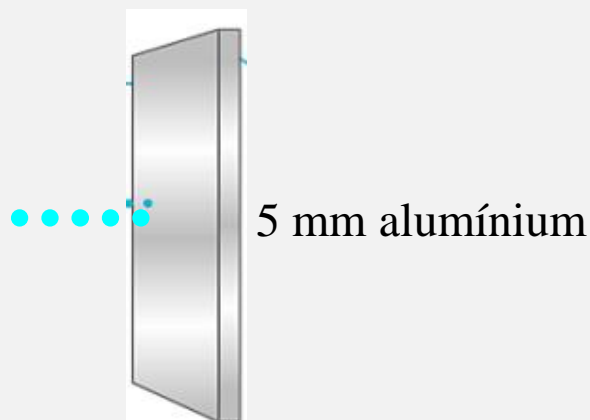
1. Neutron-felesleg: β^- bomlás



Az β sugárzás jellemzői: spektrum, penetráció, felhasználás



folytonos spektrum
DE, a β részecske energiájának van maximuma!

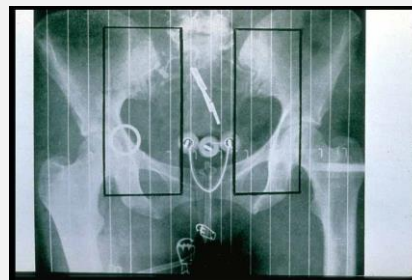


absorber	density	maximum beta range	
		(2.3 MeV)	(1.1 MeV)
air	1.2 mg/cm ³	8.8 m	3.8 m
water (soft tissue)	1.0 g/cm ³	11 mm	4.6 mm
aluminum	2.7 g/cm ³	4.2 mm	2.0 mm
lead	11.3 g/cm ³	1.0 mm	0.4 mm

Diagnózis: –

Célzott terápiák:

hypertiroidizmus, pajzsmirigy,
 prosztatata és egyéb tumorok



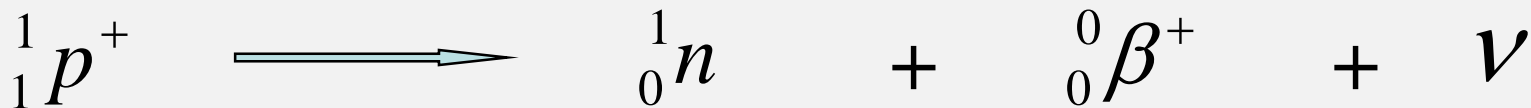
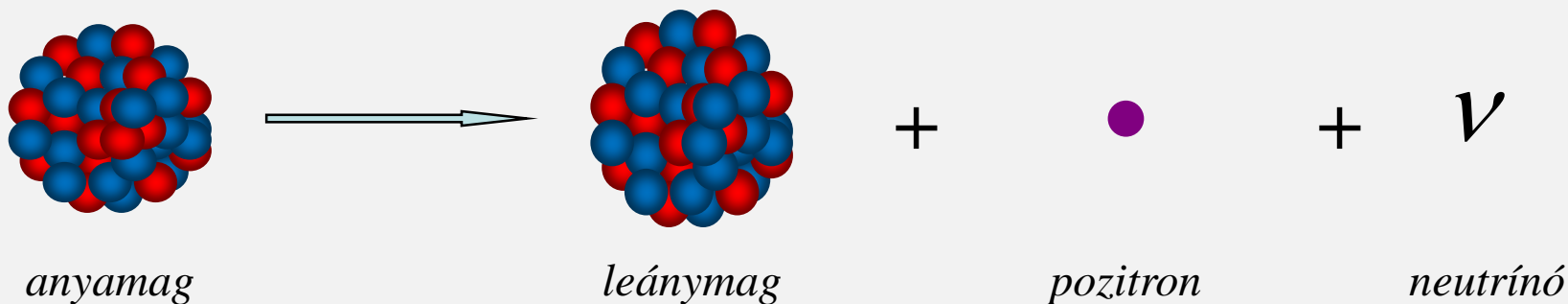
Brachyterápia: radioaktív sugárforrást juttatnak a daganatba



Endovaszкулярis besugárzás

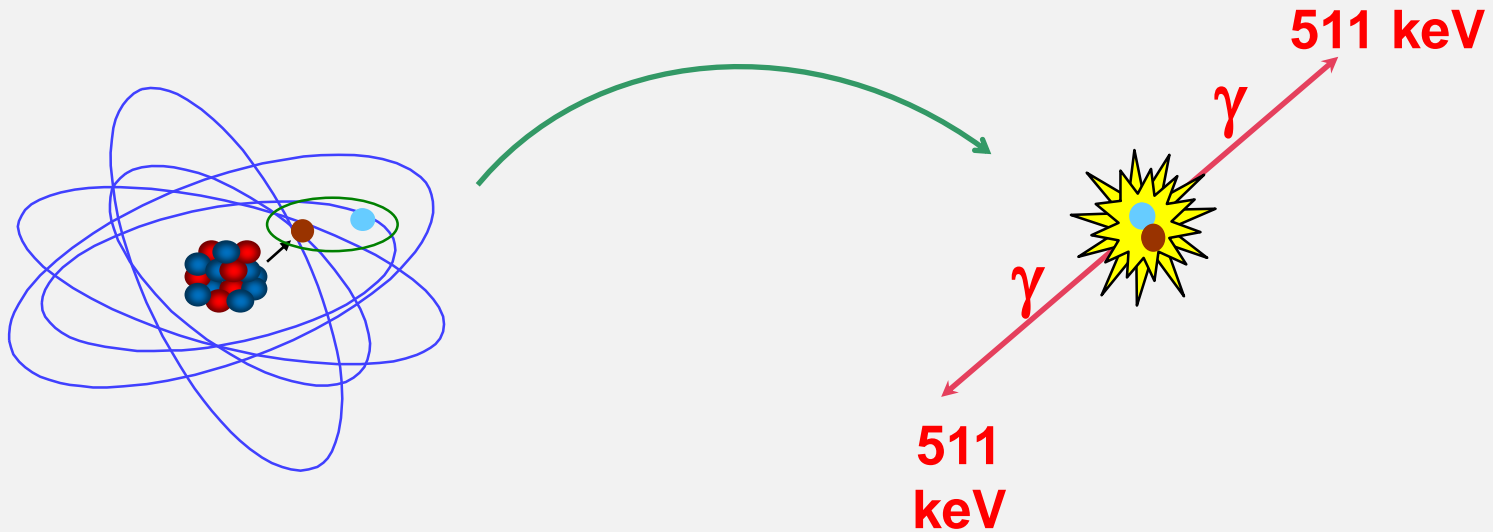
β bomlás

2. Proton-felesleg: β^+ bomlás



Annihiláció

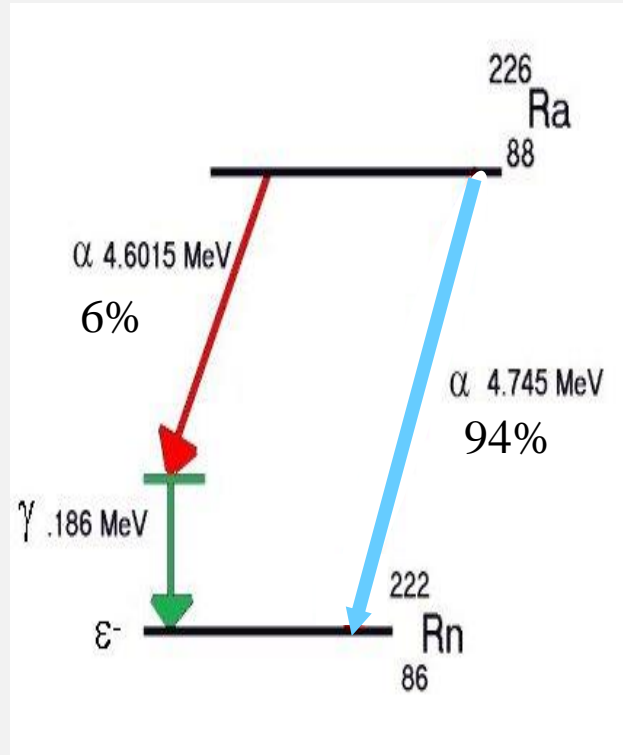
- pozitron-elektron párok
megsemmisítik egymást



1. Lendület megmaradás törvénye: két egymással átellenesen kirepülő foton születik
2. Energiamegmaradás törvénye:

$$m_e c^2 + m_p c^2 = 2 hf$$

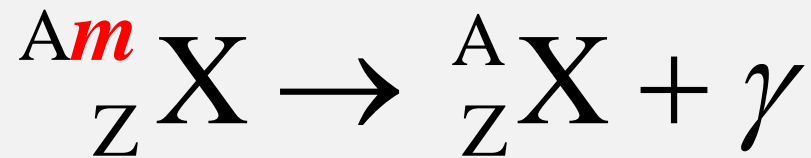
γ bomlás – nukleonok izomerizációja



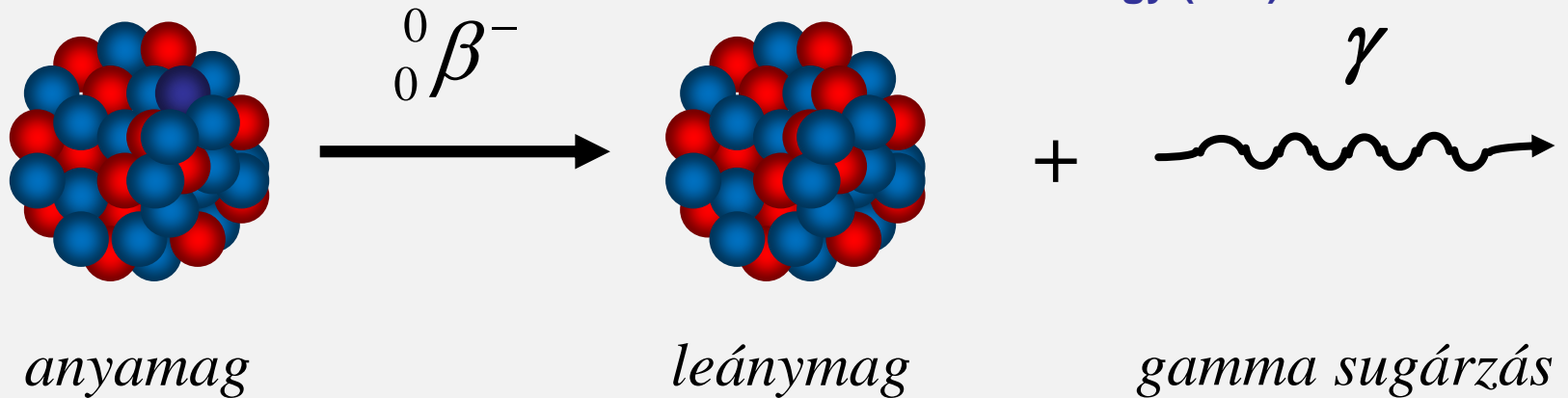
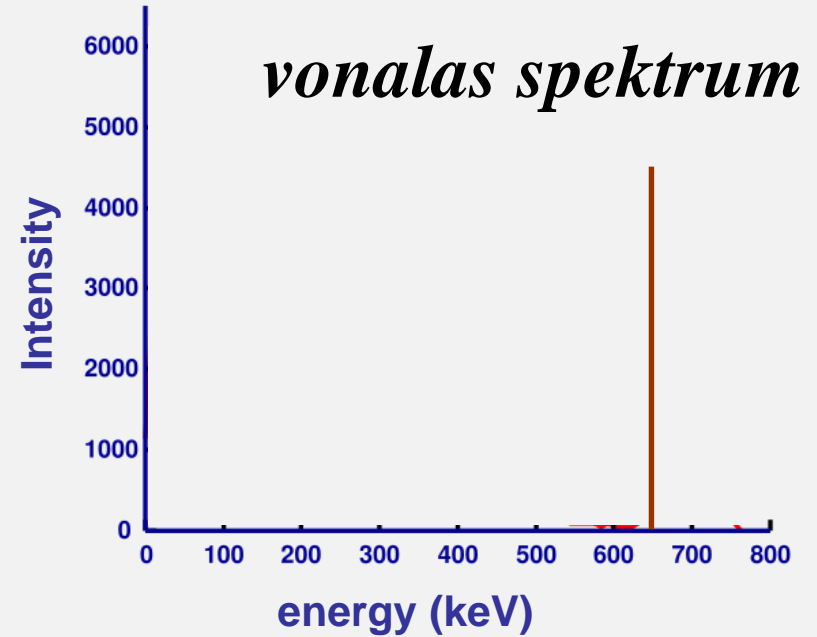
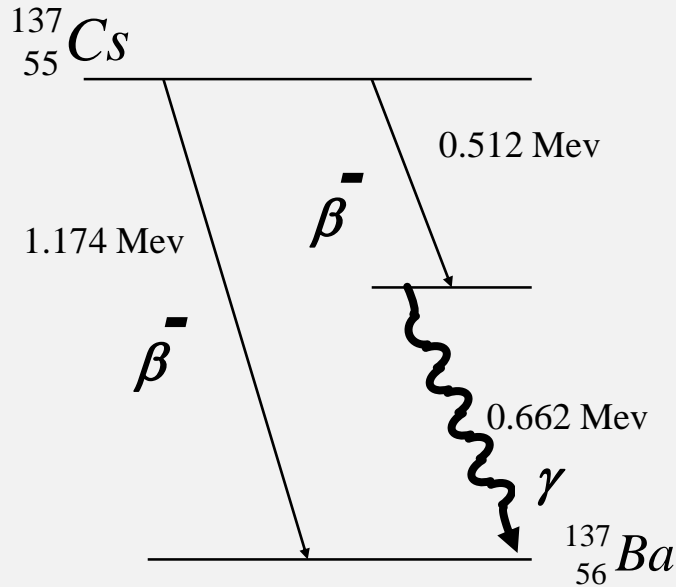
A leánymag néha gerjesztett állapotban van α vagy β bomlást követően.

A gerjesztett mag gamma-sugárzással szabadul meg fölös energiájától.

A fél-életidő néhány órától néhány száz évig változhat.

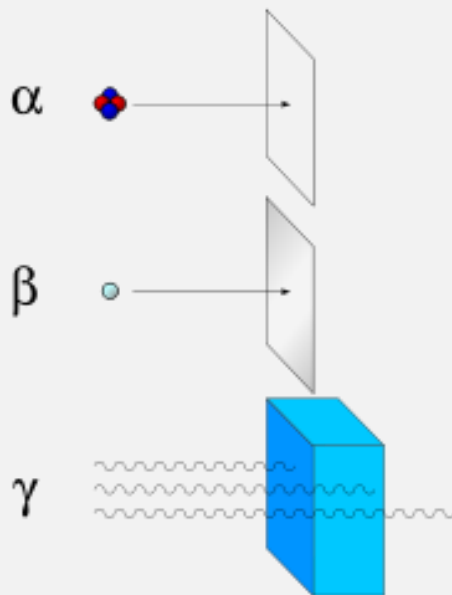


γ sugárzás energia-spektruma



A gamma-energia jellemző a magra.

γ sugárzás behatolási mélysége



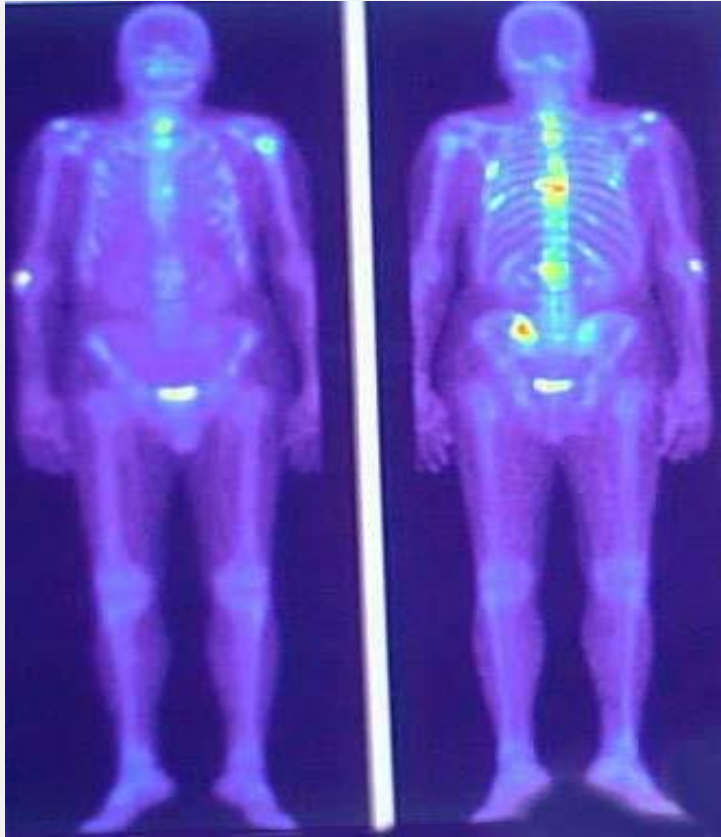
A gamma sugárzás behatolási mélysége sokkal nagyobb, mint az α vagy β részecskéké, és nagymértékben függ a gamma foton energiájától.

Gamma fotonok akár néhány száz métert is megtehetnek levegőben és könnyedén átszelik az emberi testet.

gamma sugárzás a gyógyászatban

Diagnosztika:

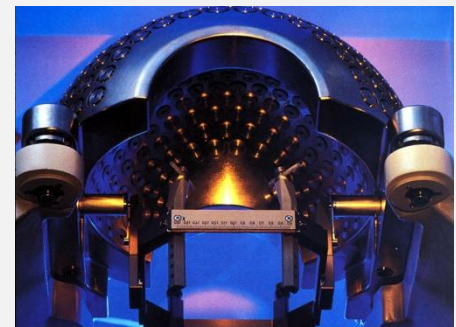
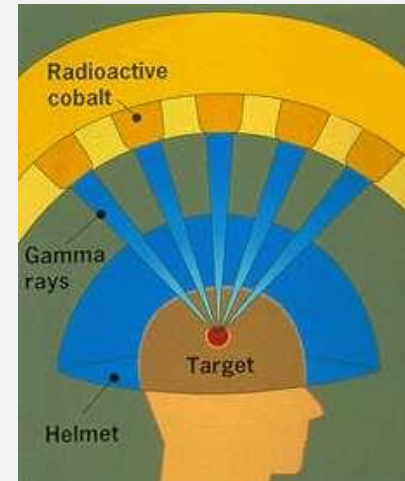
gamma kamera, SPECT, (PET)



Csontfelvétel ^{99m}Tc -jelölt foszfátvegyülettel

Terápia:

gamma-kés



Ellenőrző kérdések

Atommag felépítése

Az atommag stabilitása – magerő – tömegdefektus

A bomlástörvény differenciális és integrális alakja

Bomlási állandó, felezési idő, átlagos élettartam

Magsugárzások típusai, spektrumuk, áthatolóképességük

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi biofizika

I. 1.5

1.5.1

1.5.2

1.5.4

II.3.2

3.2.1

3.2.2

3.2.3

3.2.4