



# Sugárzások kölcsönhatása az anyaggal

Madas Balázs



# Bevezető

- Mi a sugárzás?
- Mi az anyag?
- Mi az, hogy kölcsönhatás?



# Sugárzás

- Definíció: energia kibocsátása vagy terjedése hullámok vagy részecskék formájában térben vagy anyagi közvetítőn keresztül – energia terjedése térben és időben
- Például:
  - Elektromágneses sugárzások,
  - Részecskesugárzások,
  - hang, ultrahang, szeizmikus hullámok (acoustic radiation)
  - gravitációs hullámok (gravitational radiation)

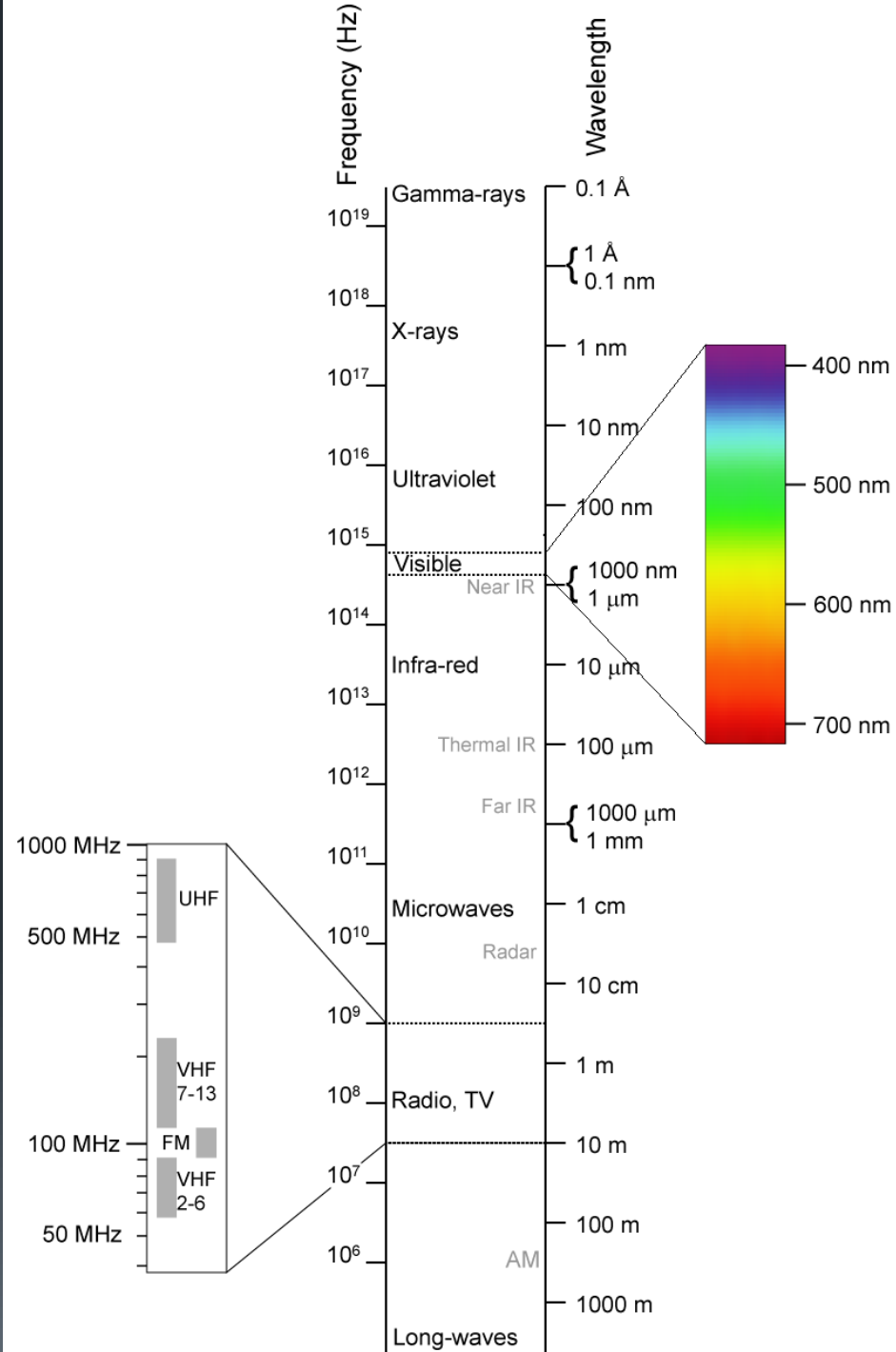


# Anyag

- Definíciók:
  - A klasszikus fizikában és a kémiában, anyag minden szubsztancia, aminek tömege van és térfogata.
  - Vagy az építőelemek alapján:
    - Minden, ami atomokból áll
    - Minden, ami protonokból, neutronokból és elektronokból áll.
    - Minden, ami kvarkokból és leptonokból áll.
    - Minden, ami elemi fermionokból áll (ebben az antianyag is benne van már).

# Az elektromágneses sugárzás spektruma

▪  $E = \hbar\nu$



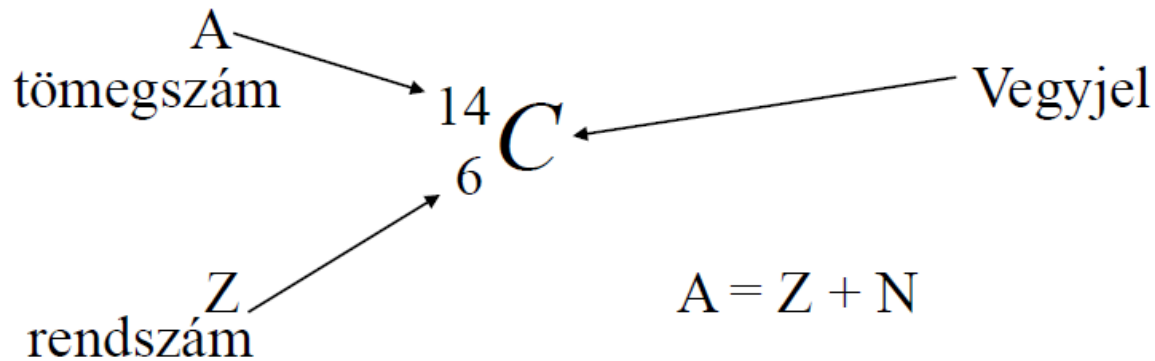
# Atomok

- A hidrogénatom sugara  $\sim 10^{-10}$  m
- Thomson (1897) elektron felfedezése
  - $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$  kg,  $E = mc^2$ , azaz  $m_e = 511$  keV =  $1.602 \cdot 10^{-19}$  J
- Rutherford (1906): az atommag sugara arányos a tömegszám köbgyökével:
  - $R = R_0 \cdot A^{1/3}$ , ahol  $R_0 = 1.3 \cdot 10^{-15}$  m
- Rutherford (1919): proton felfedezése
  - $m_p = 938,2$  MeV =  $1.672 \cdot 10^{-27}$  kg

## 1932 - Chadwick felfedezte a neutront:

Z db elektron a héjakon,

Z db proton és A-Z db neutron a magban



Azonos A  $\implies$  IZOBÁROK

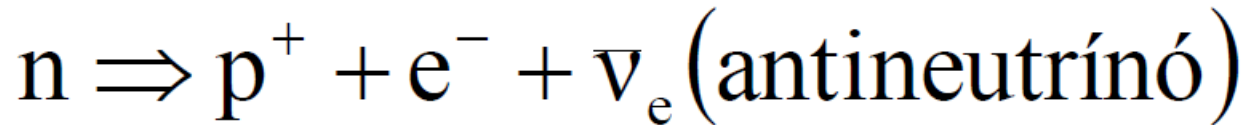
Azonos Z  $\implies$  IZOTÓPOK

Azonos N  $\implies$  IZOTÓNOK

# A proton és a neutron finomszerkezete

$$m_{neutron} = 1.6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \equiv 939.5 \text{ MeV}$$

A neutron nem stabilis, átlagos élettartalma 16.9 perc:

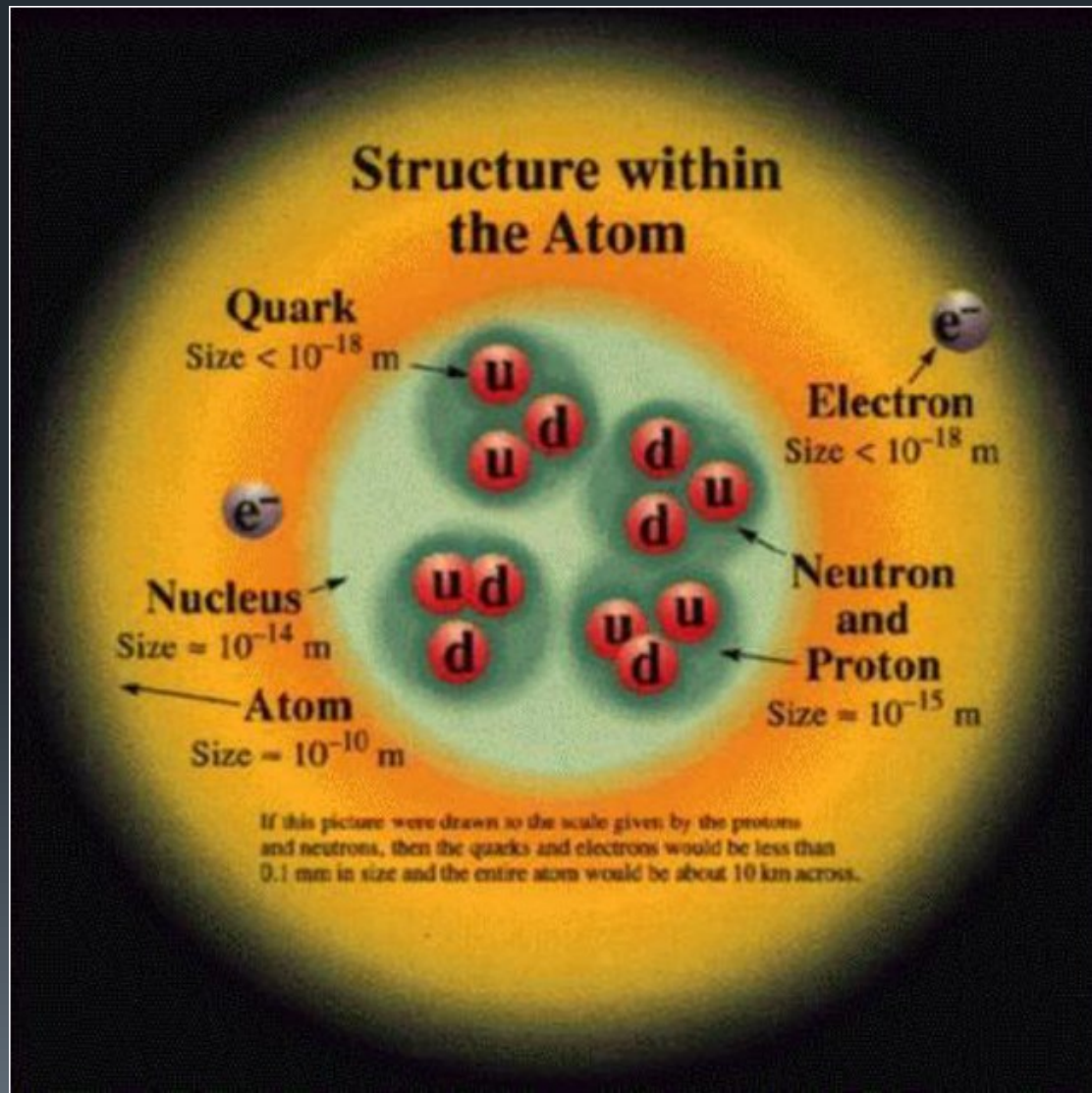


A neutron és a proton is tovább osztható!

===== > STANDARD MODELL



# Az atom finomszerkezete



# Elemi részecskék - 1996

## FERMIONS

matter constituents  
spin = 1/2, 3/2, 5/2,...

### Leptons spin = 1/2

Flavor	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
$\nu_e$ electron neutrino	$< 7 \times 10^{-9}$	0
<b>e</b> electron	0.000511	-1
$\nu_\mu$ muon $\mu$ neutrino	$< 0.0003$	0
<b><math>\mu</math></b> muon	0.106	-1
$\nu_\tau$ tau $\tau$ neutrino	$< 0.03$	0
<b><math>\tau</math></b> tau	1.7771	-1

### Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
<b>u</b> up	0.005	2/3
<b>d</b> down	0.01	-1/3
<b>c</b> charm	1.5	2/3
<b>s</b> strange	0.2	-1/3
<b>t</b> top (initial evidence)	170	2/3
<b>b</b> bottom	4.7	-1/3

# Alapvető kölcsönhatások

Kölcsönhatás típusa	Erőhordozó	Relatív erősség	Időtartam
erős	gluon	1	$10^{-23}$
elektromágneses	foton	$10^{-2}$	$10^{-20}$ - $10^{-11}$
gyenge	bozon	$10^{-5}$	$10^{-10}$ - $10^{-6}$
gravitációs	graviton	$10^{-40}$	-



# Sugárzások jellemzése

- Az energiát hordozó részecskék
  - típusa,
  - spektrális eloszlása,
  - intenzitása alapján
- Forrásaik alapján
  - atommag eredetű (alfa, beta, gamma, neutron, proton),
  - elektronhéj eredetű (röntgen, Auger, ultraibolya),
  - atomok, molekulák gerjesztéséből származó (ultraibolya, látható és infravörös sugárzás)



# Sugárzások jellemzése

- Hatásuk alapján
  - közvetlenül ionizáló (alfa, beta, gamma, röntgen, ultraibolya),
  - közvetve ionizáló (neutron),
  - nem ionizáló (ultraibolya, látható fény, infravörös, mikro-, rádió- és hanghullámok)

# Nukleáris sugárzások

1896 - Becquerell:  $\implies$  RADIOAKTIVITÁS

-Léteznek nem stabil atomok, amelyek spontán bomlanak

Hogyan jellemezhetjük a stabilitás mértékét?

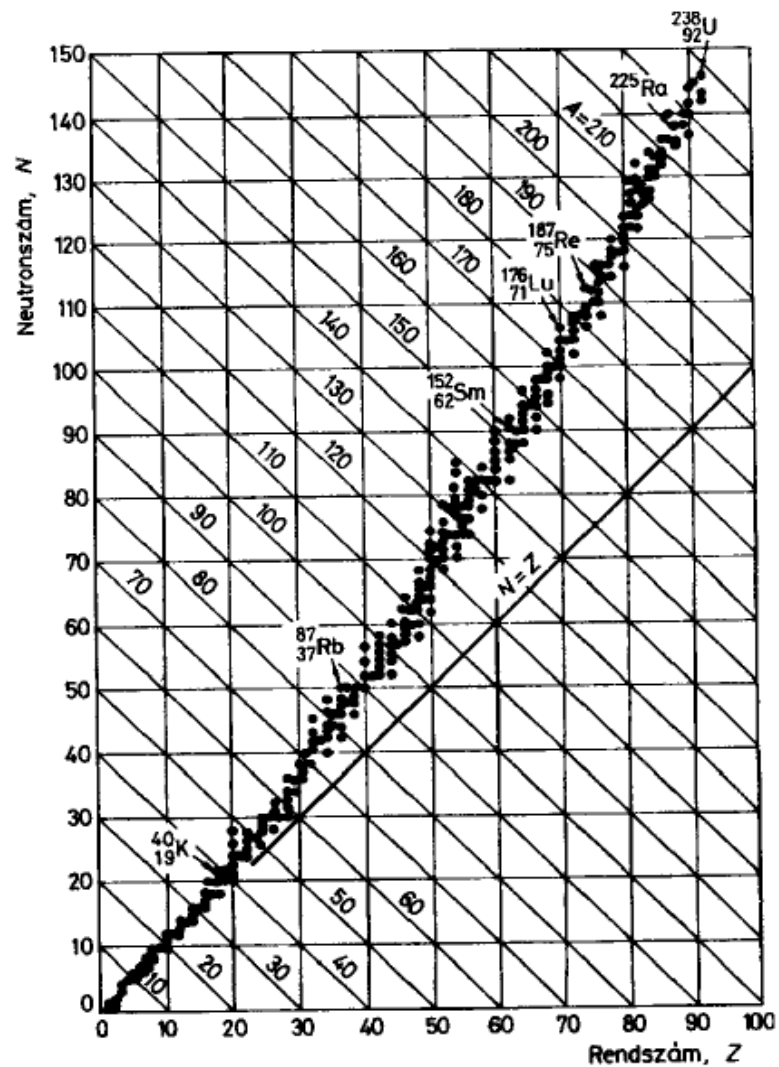
Az atommag kötési energiája:

$$Z \cdot m_p + N \cdot m_n > m_A$$

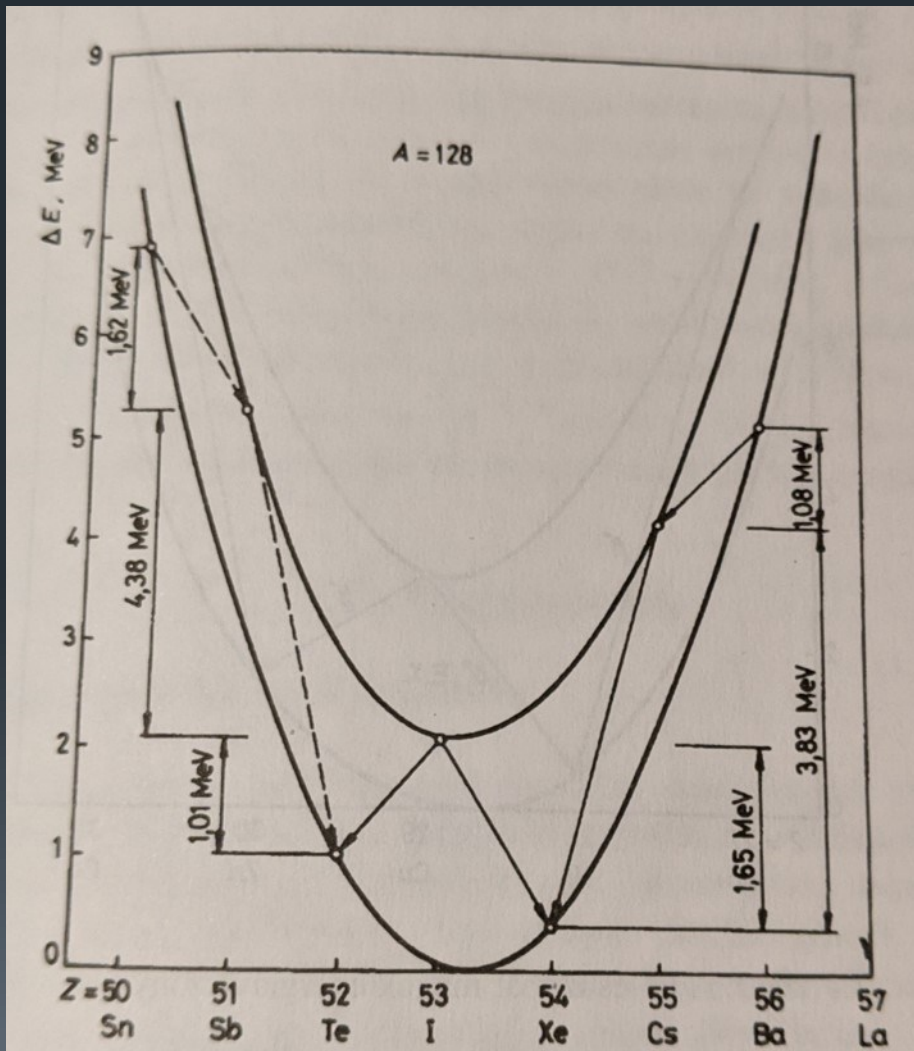
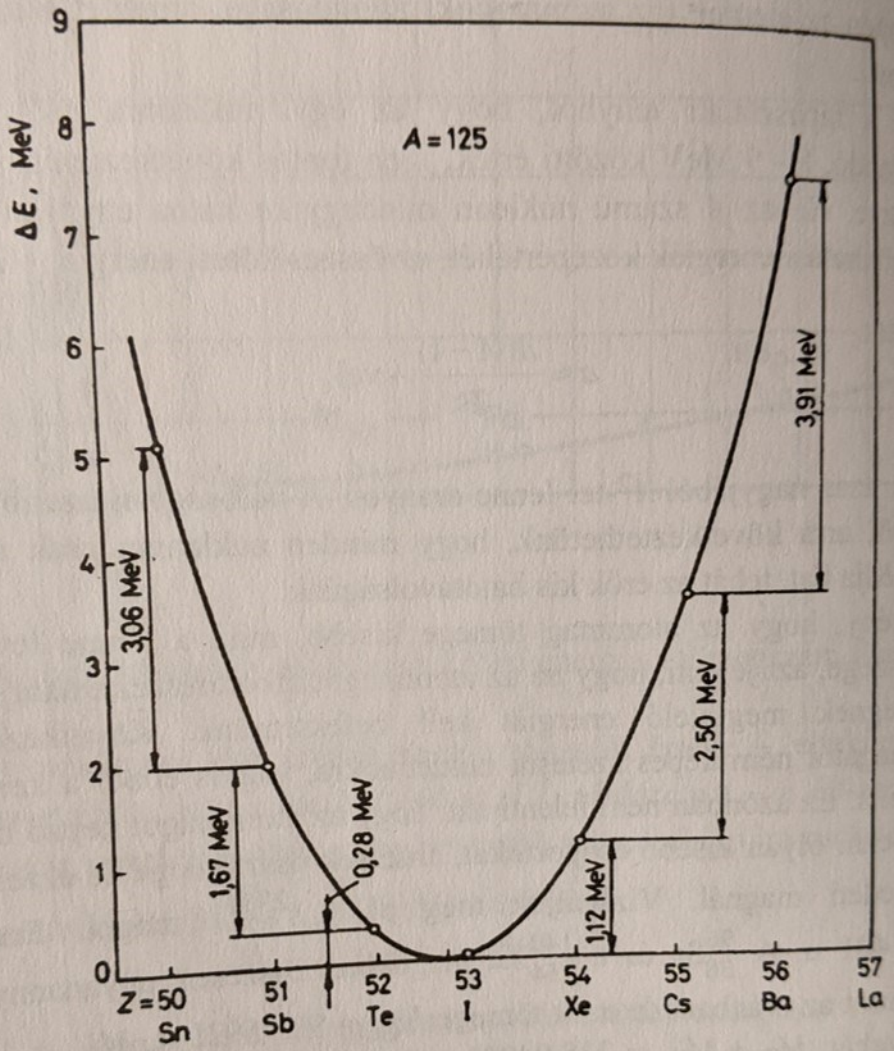
$$\Delta m = m_A - (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - \text{tömegdefektus}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 - \text{kötési energia}$$

# Neutron-proton arány stabil magokban a rendsszám függvényében

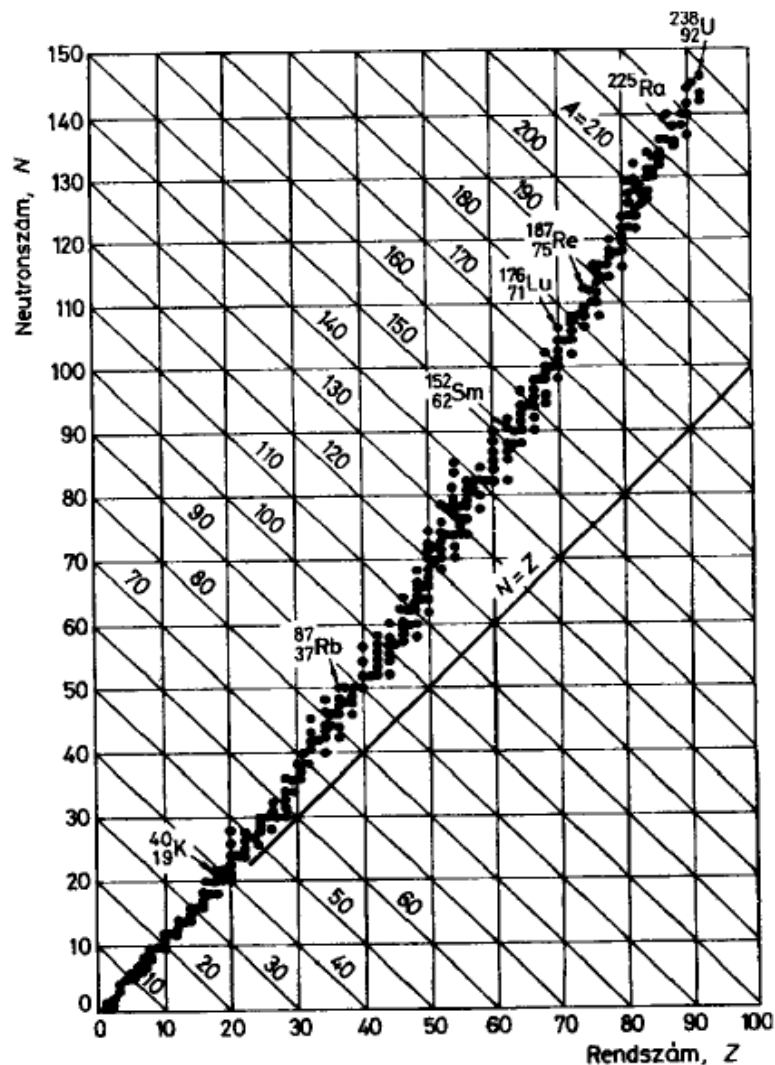


# Izobár magok energiája a rendszám függvényében

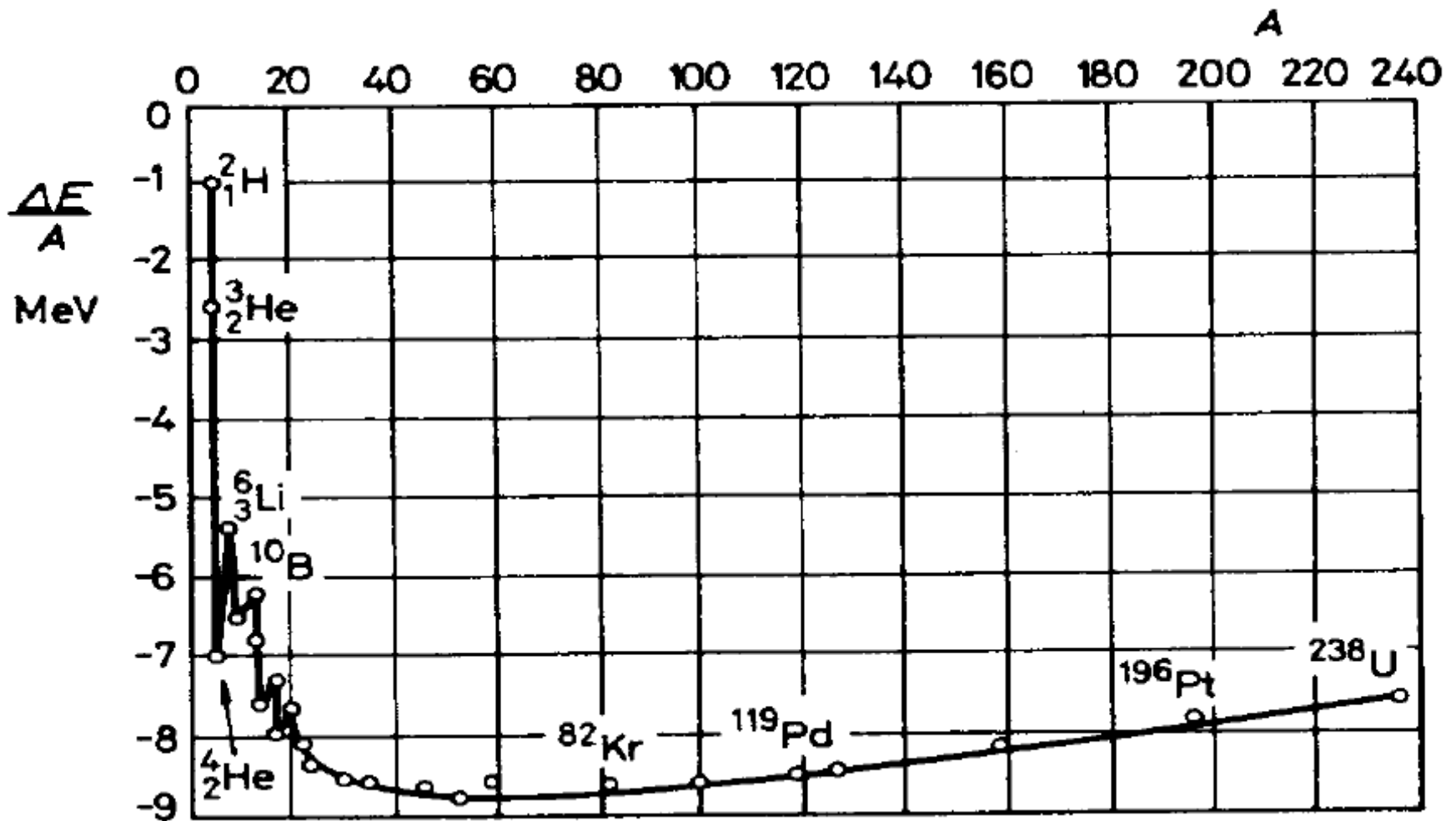




# Neutron-proton arány stabil magokban a rendsszám függvényében

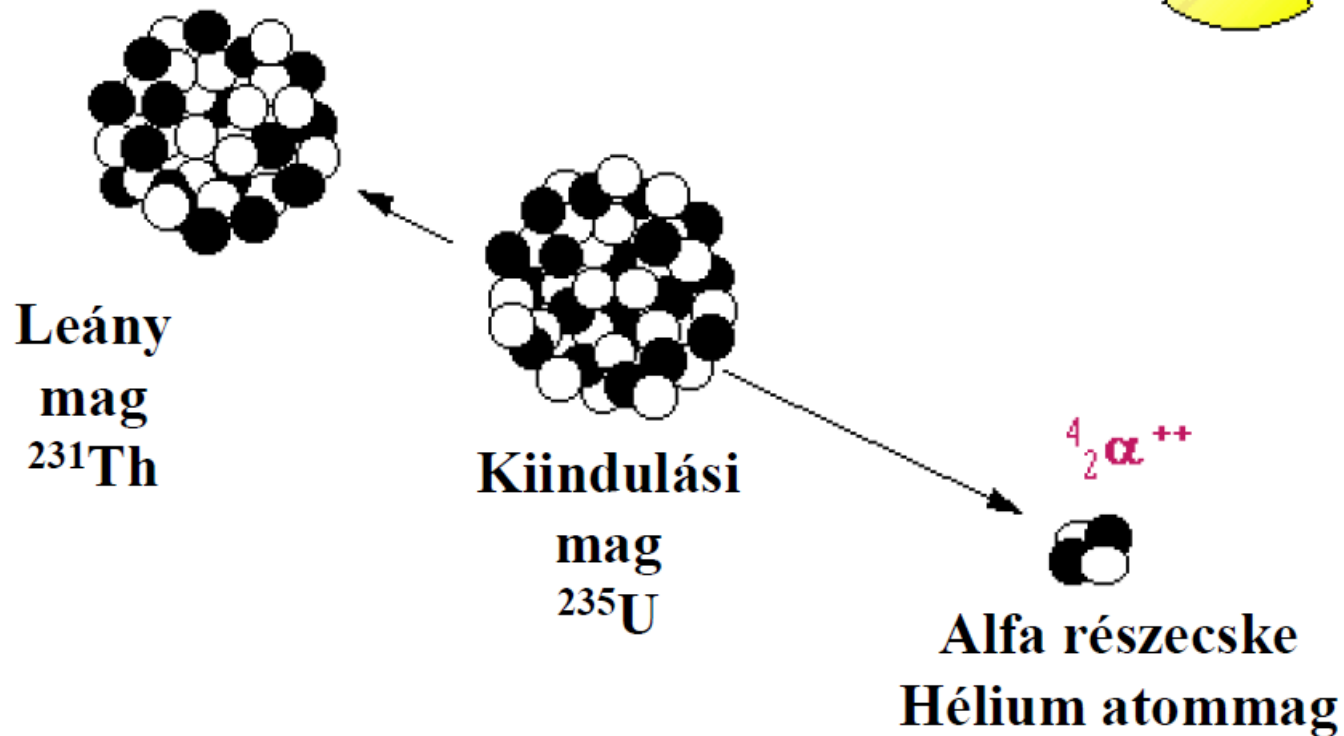


# Az egy nukleonra jutó átlagos kötési energia a tömegszám függvényében

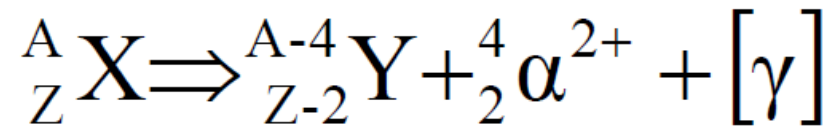


# Alfa Sugárzás

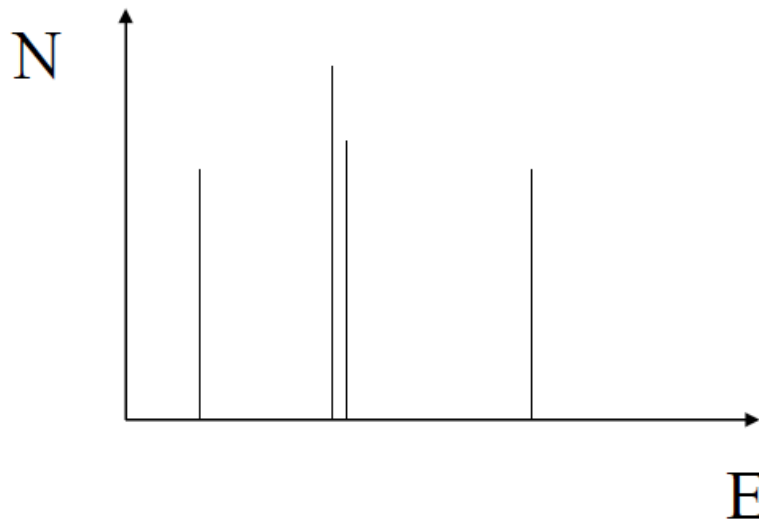
---



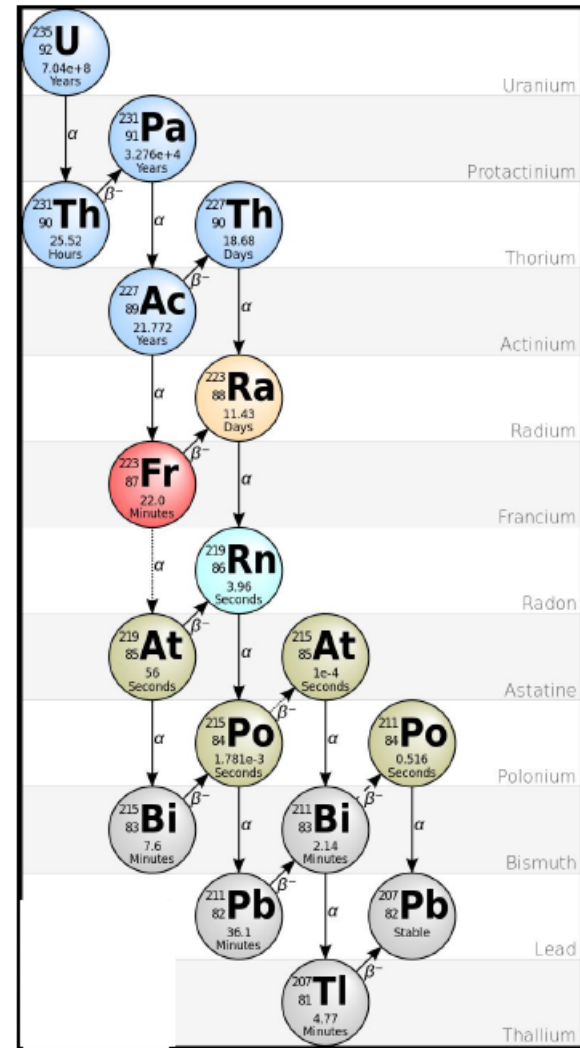
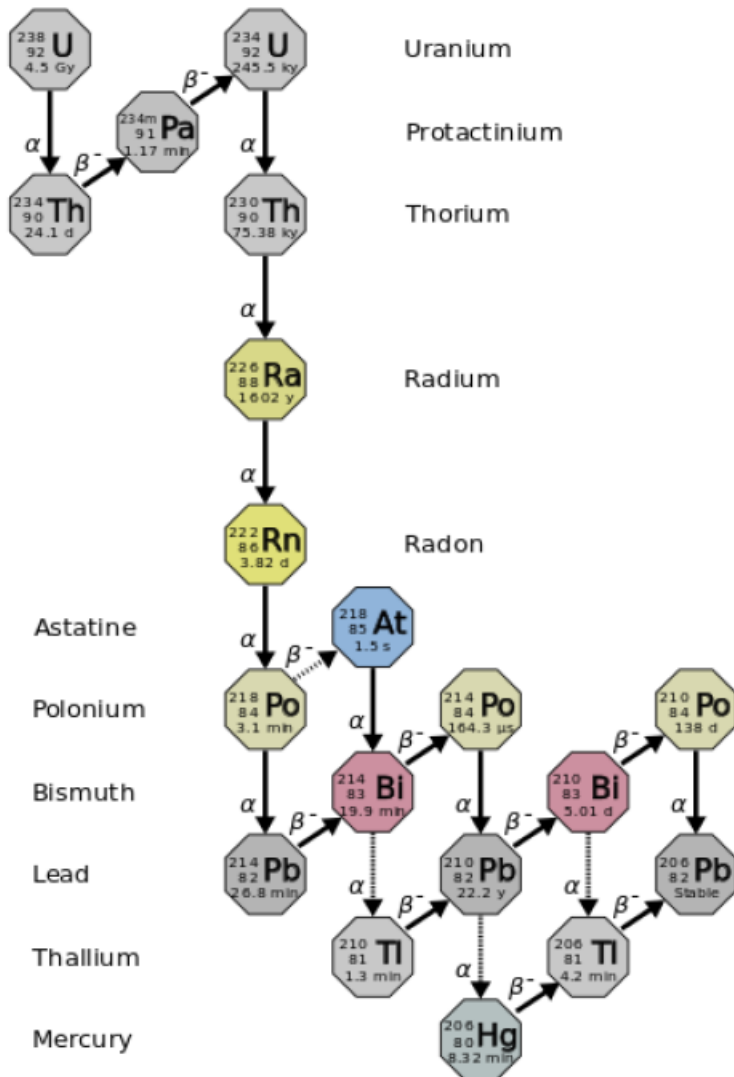
# $\alpha$ -bomlás



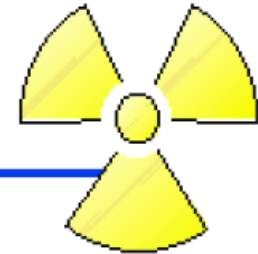
- Nagy energiájú részecskék (3-9MeV)
- Spektrális eloszlásuk vonalas



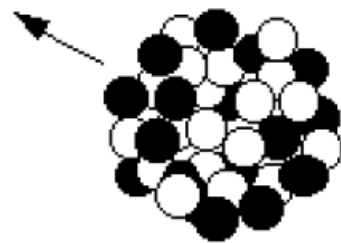
# $^{238}\text{U}$ és $^{235}\text{U}$ bomlása



# Béta sugárzás



$^{40}\text{Ca}$



$^{40}\text{K}$

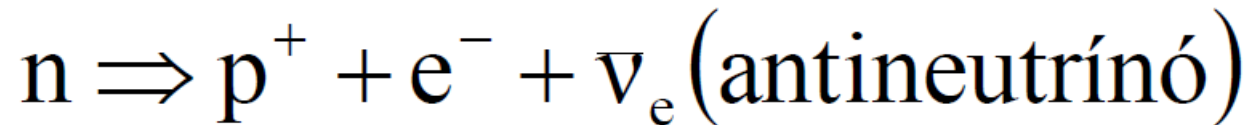
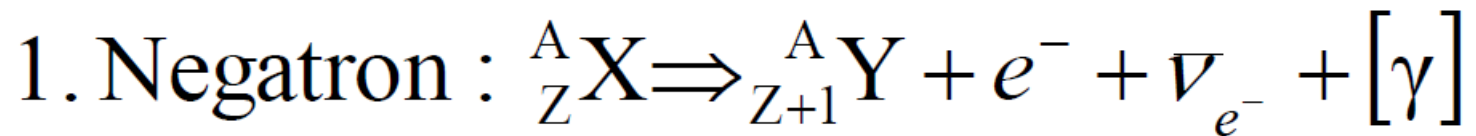
$^0_0\nu$

Antineutrino

$^0_{-1}\beta^-$

Béta negatív részecske (elektron)

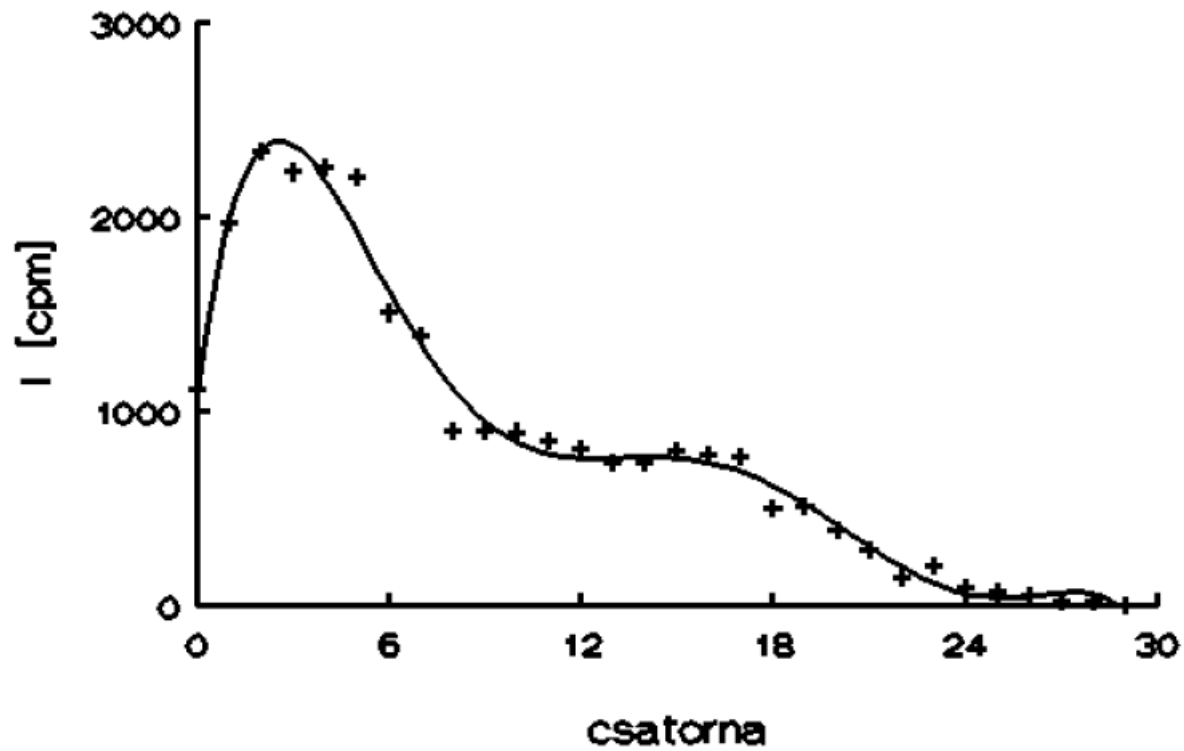
# $\beta$ -bomlások



- Nagy energiájú elektronok (0.01-3MeV)
- Folytonos energiaspektrum ( $E_{\max}$ ).

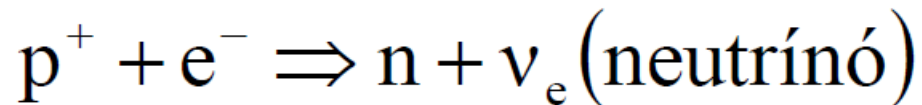
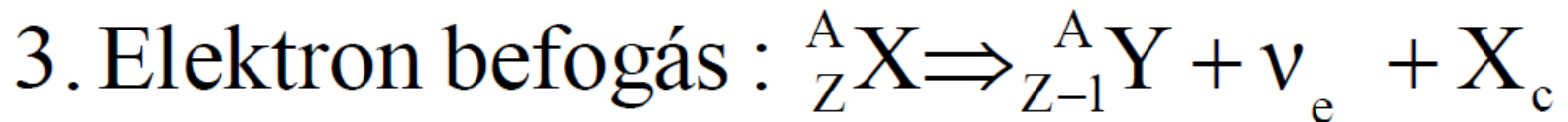
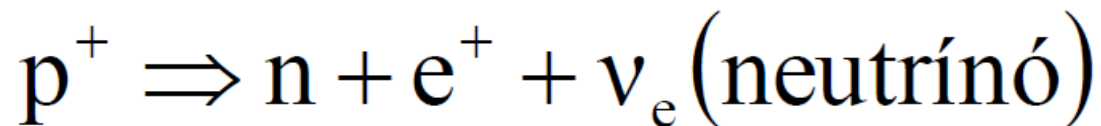
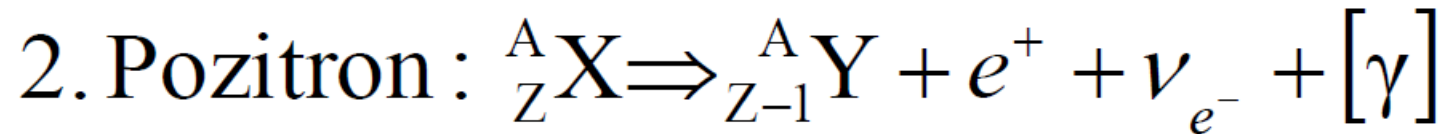
gombforrás béta-spektruma  
90-Sr 90-Y

+ gombforrás

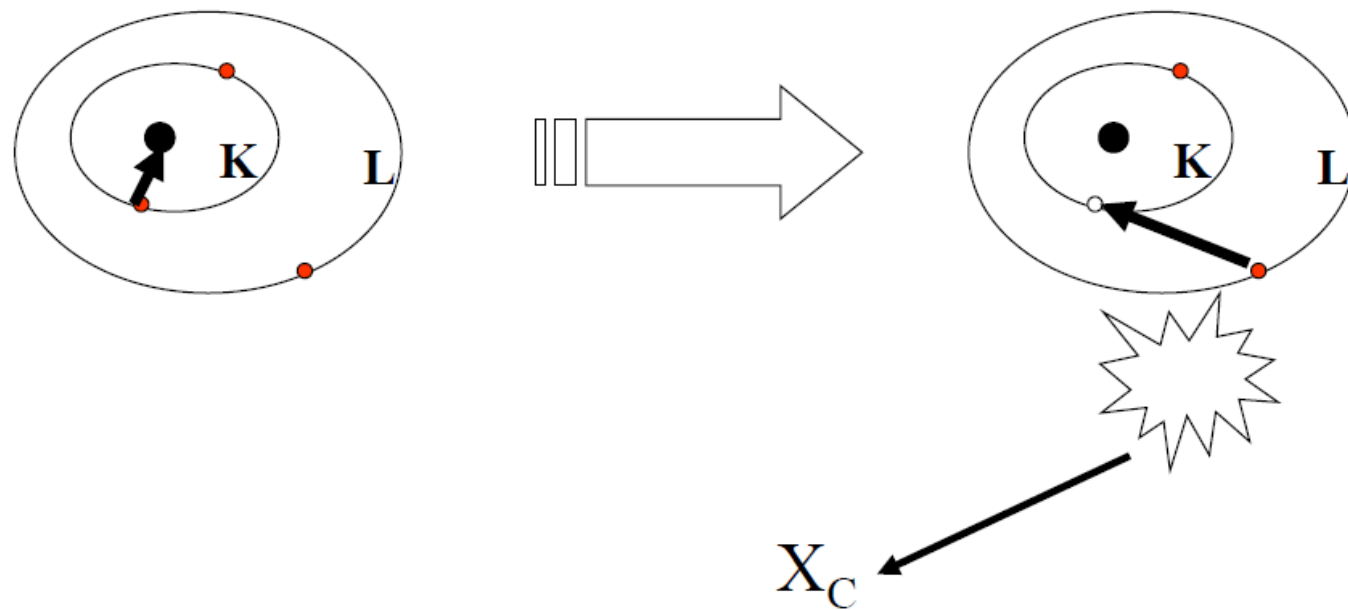




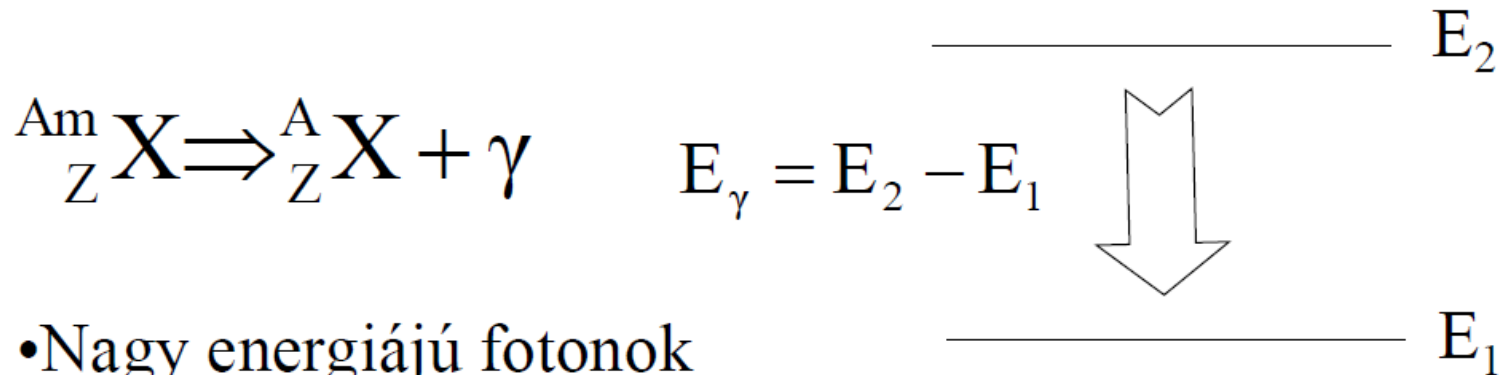
## $\beta$ -bomlások



# Elektron befogás

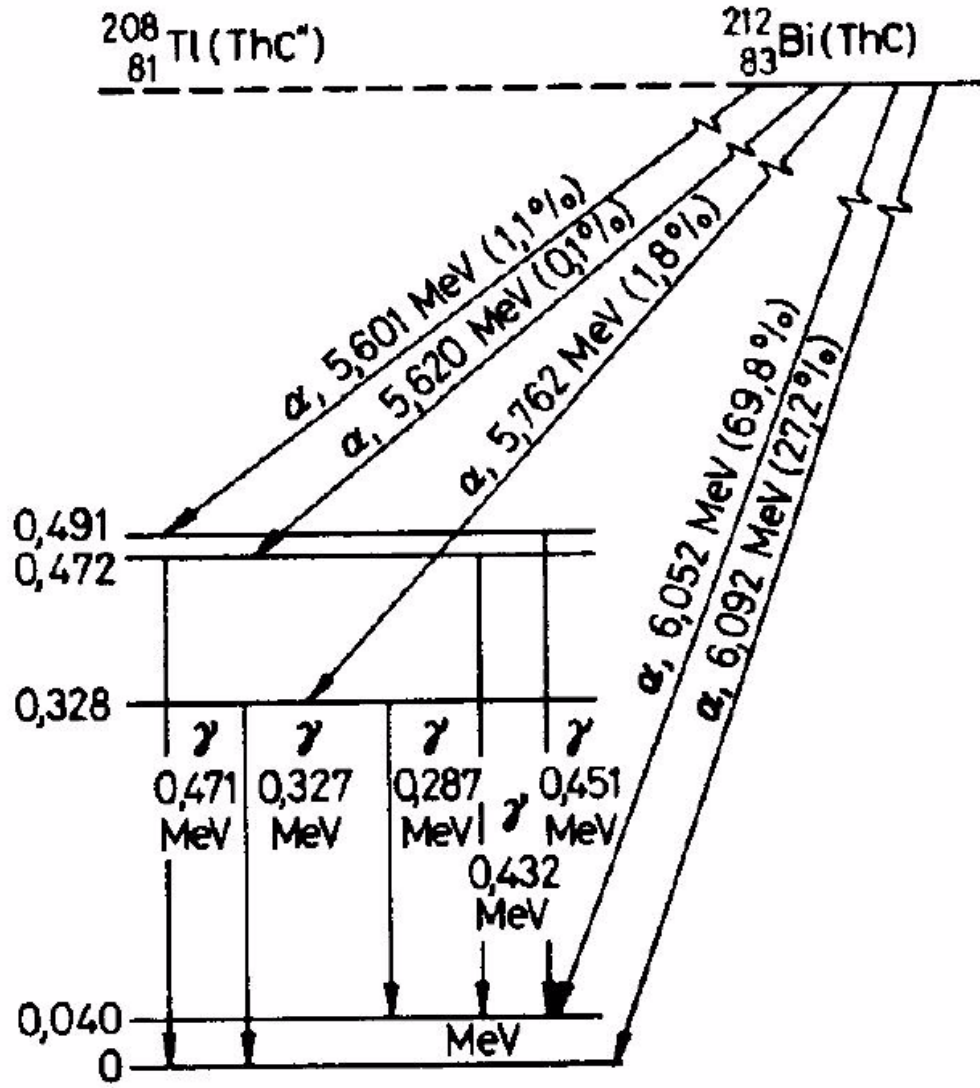


# $\gamma$ -bomlás, izomer átalakulás

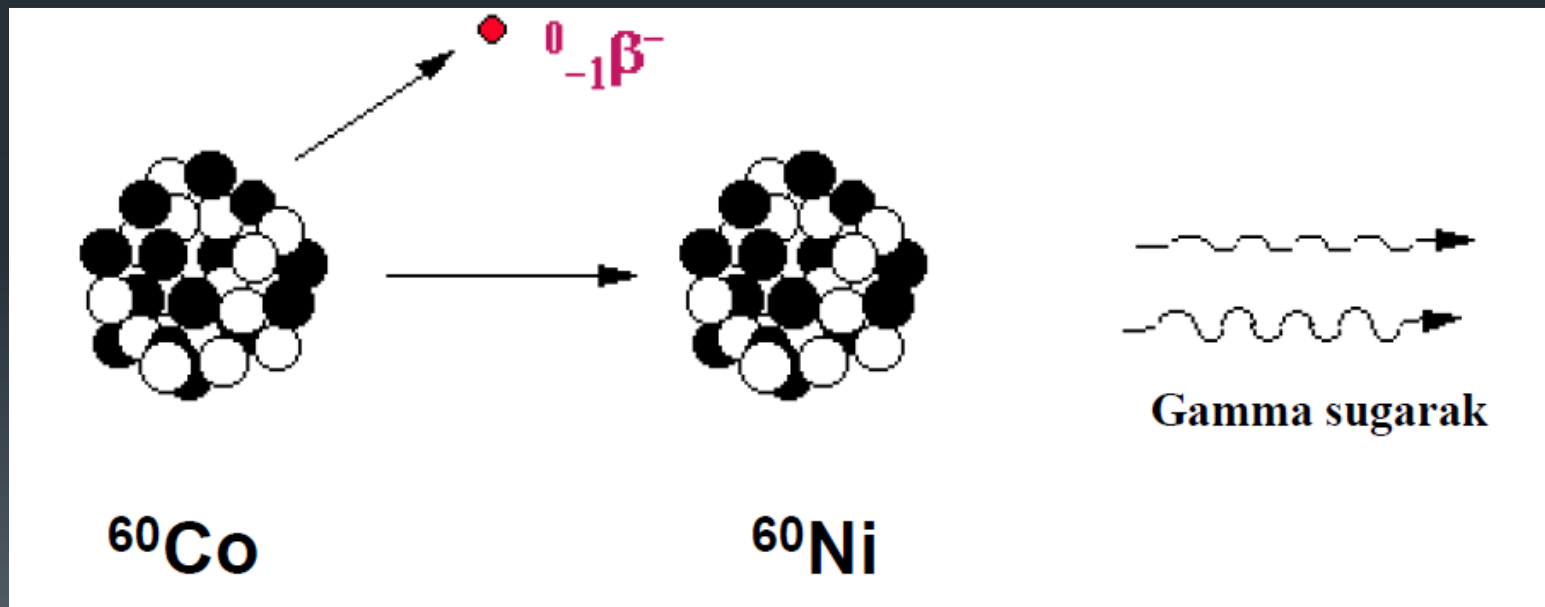


- Nagy energiájú fotonok
- Vonalas spektrum

Belső konverzió  $\Rightarrow$  Konverziós elektron sugárzás



# Kísérő gamma sugárzás



## Neutron sugárzás

### Forrásai:

- spontán neutronbomlás ( $^{137}\text{Xe}$ )--> reaktormérgek
- maghasadás (spontán, atomreaktorok)
- ( $\alpha$ ,n) magreakciók (hordozható neutronforrások)

## Neutrínó sugárzások

### Forrásai:

- radioaktív bomlások
- kozmikus (nap)