

Sugárzások kölcsönhatása az anyaggal

Dr. Vincze Árpád
vincze@oah.hu

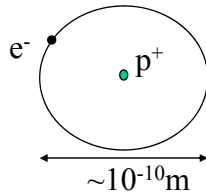
Mitől függ a kölcsönhatás?

VÁLASZ:

- Az anyag felépítése
- A sugárzások típusai, forrásai és főbb tulajdonságai
- A sugárzások és az anyag lehetséges fizikai kölcsönhatásai
- Kémiai hatások

Atomok és molekulák

H-atom:



1897 – Thomson :

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \equiv 0.511 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = mc^2; c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_{\text{proton}} = 1.6724 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \equiv 938.2 \text{ MeV}$$

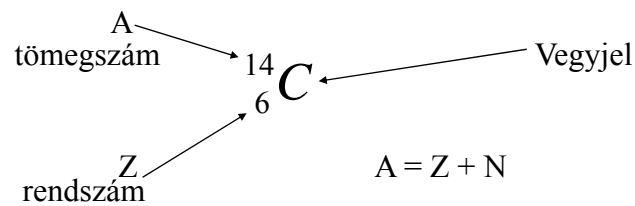
1906- Rutherford: az atommag sugara

$$R \approx R_0 \cdot A^{1/3}$$

ahol $R_0 = 1.3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ és $A = \text{atomtömeg}$ 1932 - Chadwick felfedezte a neutront:

Z db elektron a héjakon,

Z db proton és A-Z db neutron a magban



Azonos A =====> IZOBÁROK

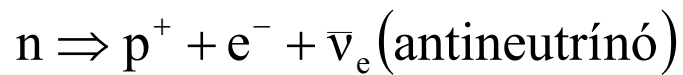
Azonos Z =====> IZOTÓPOK

Azonos N =====> IZOTÓNOK

A proton és a neutron finomszerkezete

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

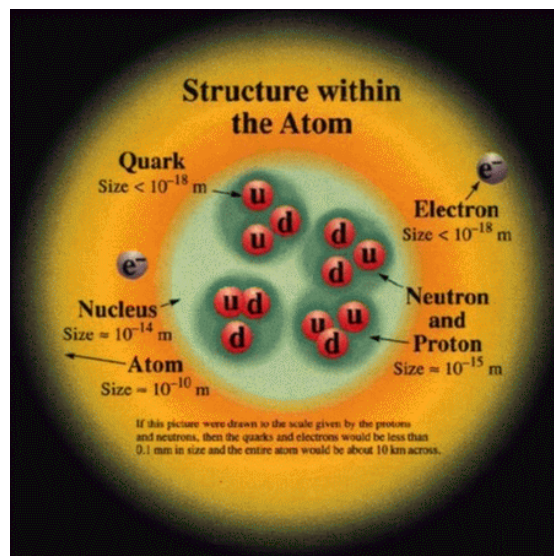
A neutron nem stabilis, átlagos élettartalma 16.9 perc:



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			Quarks spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$< 7 \times 10^{-9}$	0	u up	0.005	2/3
e electron	0.000511	-1	d down	0.01	-1/3
ν_μ muon neutrino	< 0.0003	0	c charm	1.5	2/3
μ muon	0.106	-1	s strange	0.2	-1/3
ν_τ tau neutrino	< 0.03	0	t top (initial evidence)	170	2/3
τ tau	1.7771	-1	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}	-

Az egyes sugárzások típusai és forrásai

Kérdés: Mit nevezünk sugárzásnak?

Válasz: Térben és időben terjedő energia

Hogyan jellemezhetjük?

Az energiát hordozó részecskék

a., típusa

b., energia szerinti (spektrális) eloszlása

c., intenzitása (fluxusa)

alapján

Forrásaik alapján:

a., atommag eredetű (nukleáris)

alfa, béta, gamma, neutron, proton

b., elektron-héj eredetű

röntgen, Auger, UV

c., atomok, molekulák gerjesztéséből származó

UV, VIS, IR

d., elektromágneses térrel kapcsolatos

mikro-, rádió-hullámok

e., atomok, molekulák kollektív mozgásából eredő

hanghullámok

Hatásuk alapján:

- a., Közvetlenül ionizáló (alfa, béta, gamma, röntgen, UV)
- b., Közvetve ionizáló (neutron)
- c., Nem ionizáló (UV, VIS, IR, mikro, rádió és hanghullámok)

Nukleáris sugárzások

1896 - Becquerell:==> RADIOAKTIVITÁS

-Léteznek nem stabil atomok, amelyek spontán bomlanak

Hogyan jellemezhetjük a stabilitás mértékét?

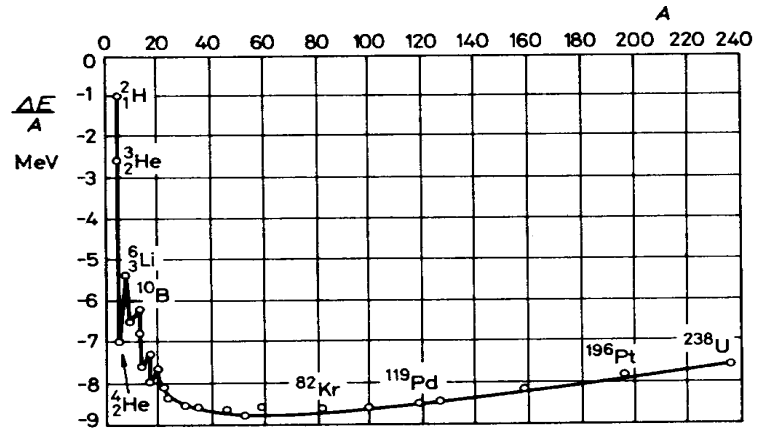
Az atommag kötési energiája:

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

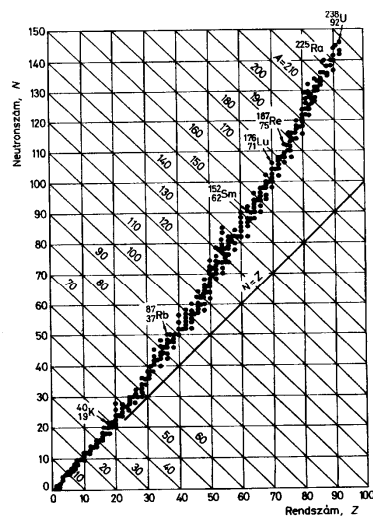
$$\Delta m = m_A - (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - \text{tömegdefektus}$$

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

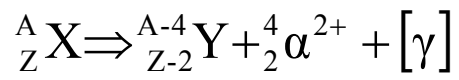
Az egy nukleonra eső átlagos kötési energia
a tömegszám függvényében



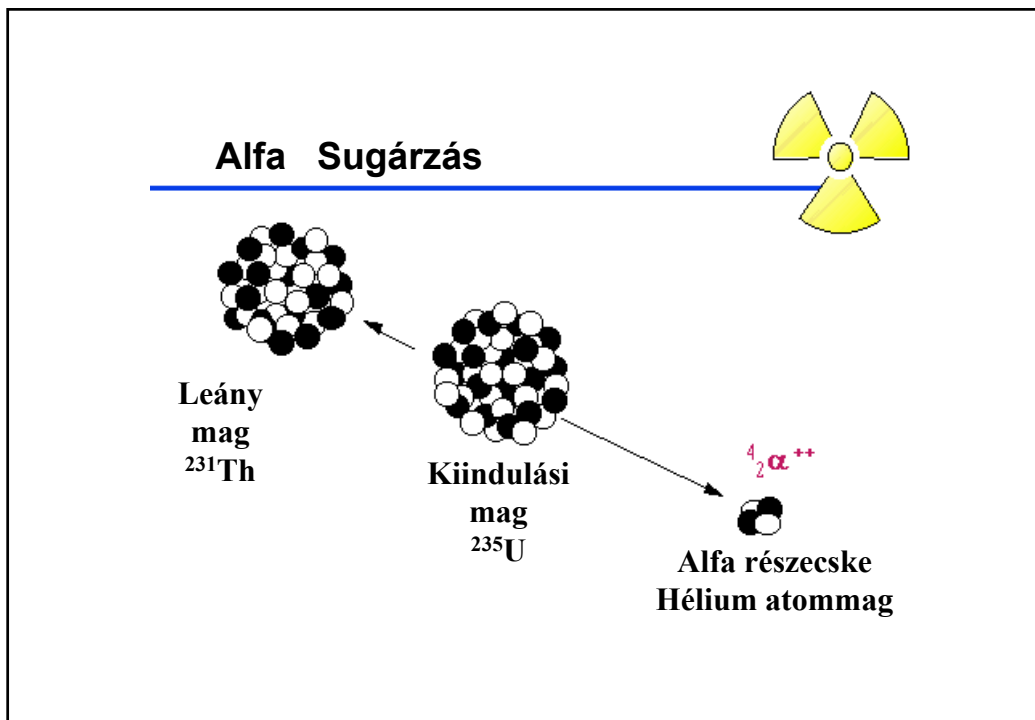
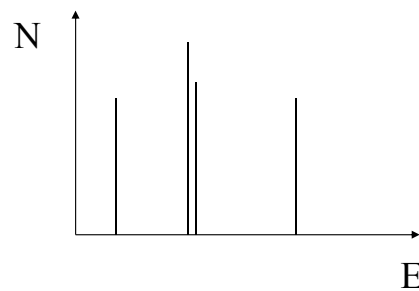
N/Z változása a rendszám függvényében



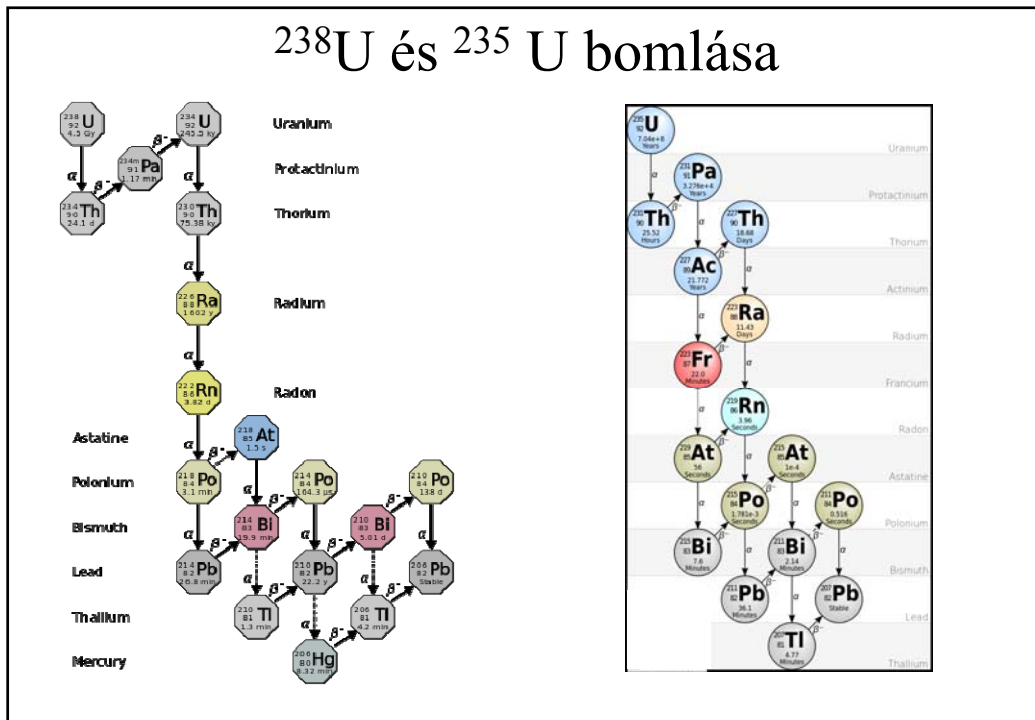
α -bomlás



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



^{238}U és ^{235}U bomlása

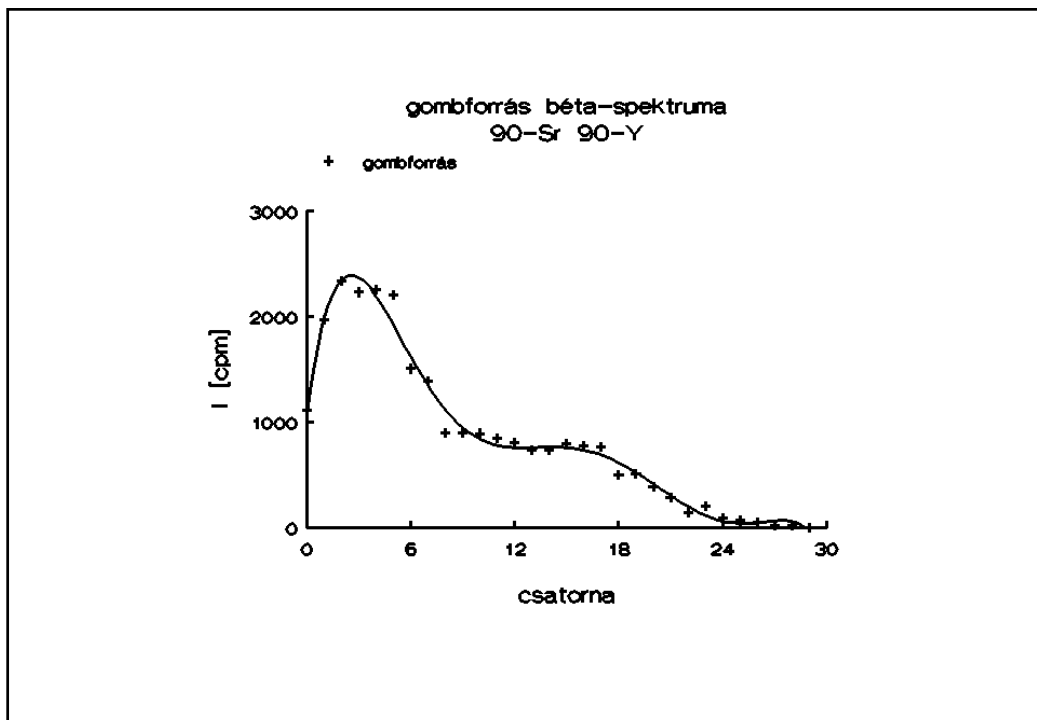
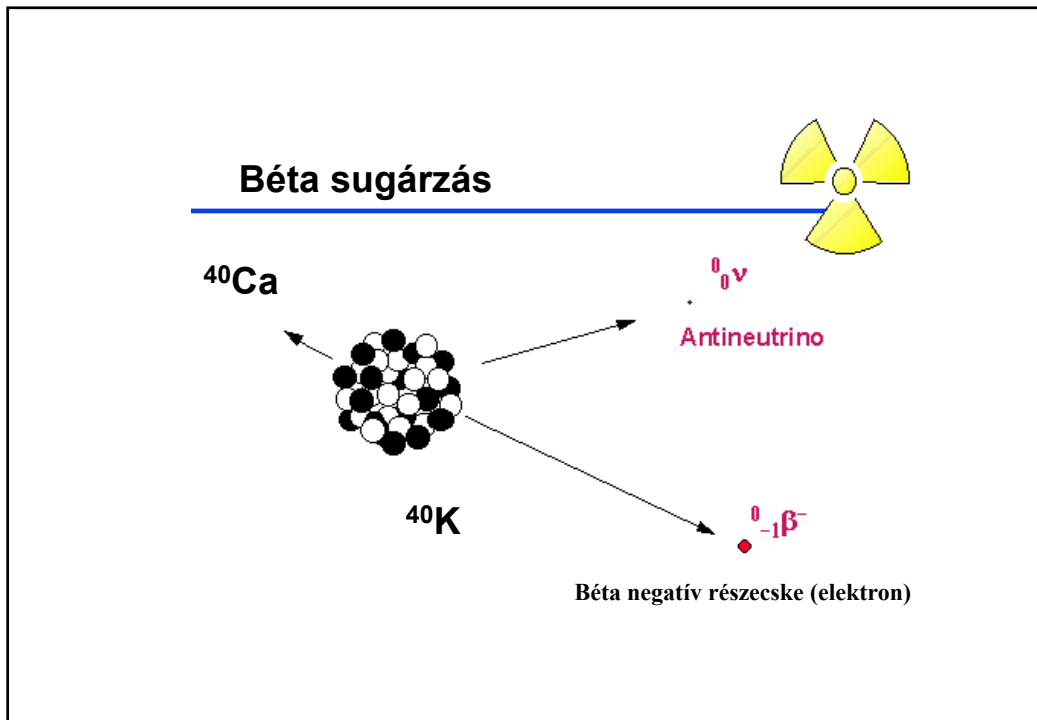


β -bomlások

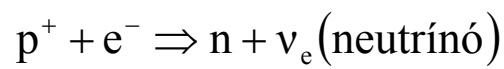
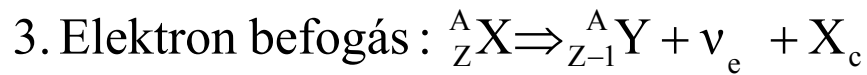
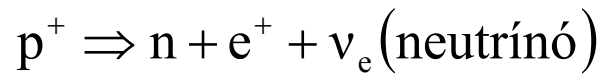
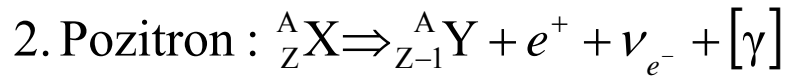
$$1. \text{ Negatron: } {}^A_Z\text{X} \Rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + e^- + \bar{\nu}_e + [\gamma]$$

$$n \Rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e \text{ (antineutrínó)}$$

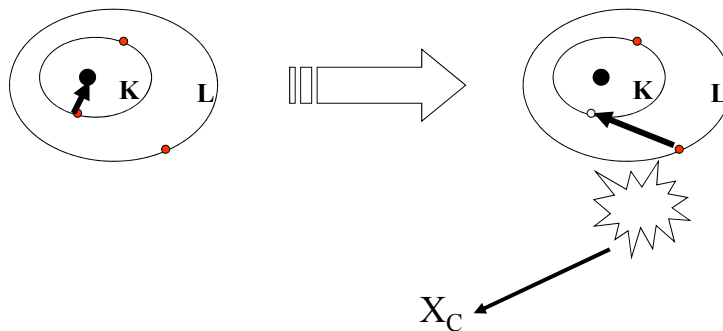
- Nagy energiájú elektronok (0.01-3MeV)
- Folytonos energiaspektrum (E_{max}).



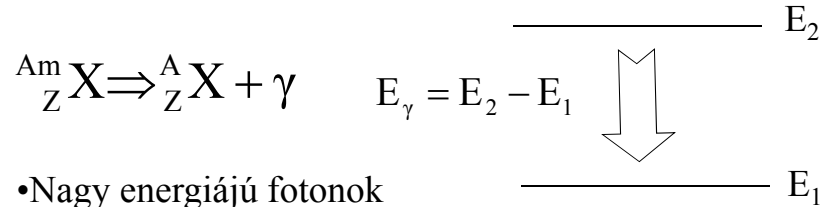
β -bomlások



Elektron befogás

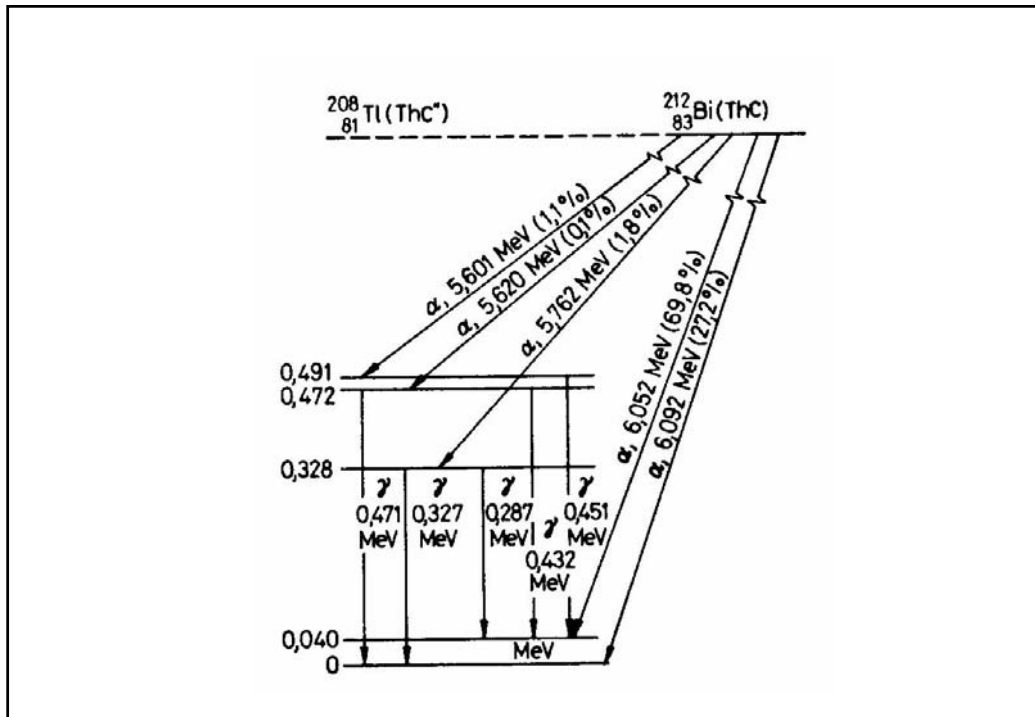


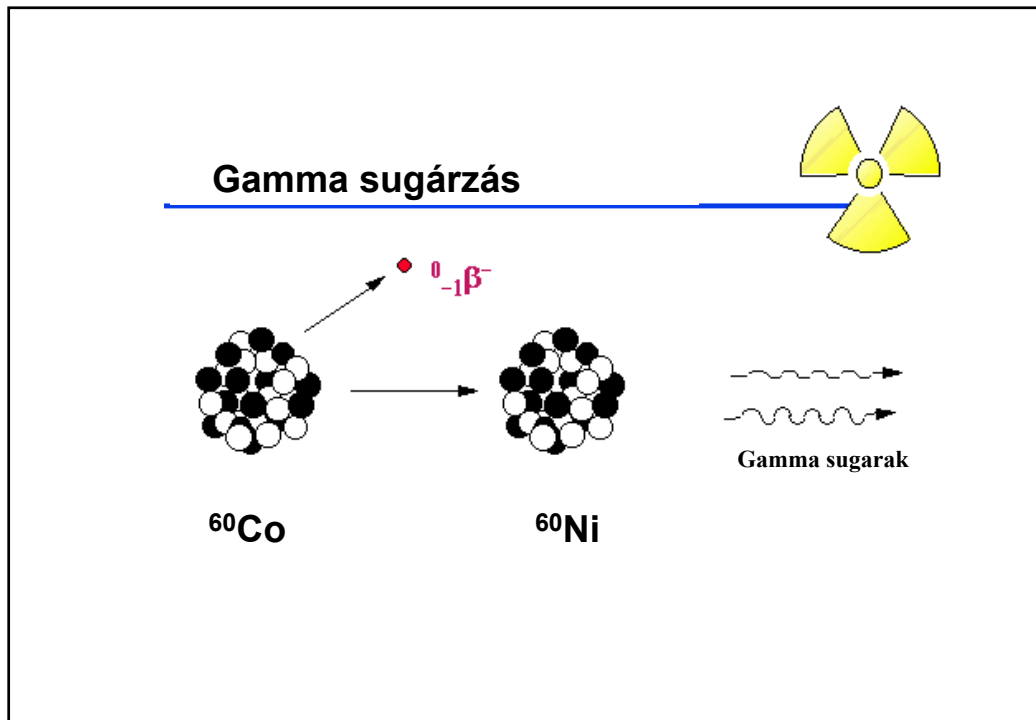
γ -bomlás, izomer átalakulás



- Nagy energiájú fotonok
- Vonalas spektrum

Belső konverzió \rightleftharpoons Konverziós elektron sugárzás





Neutron sugárzás

Forrásai:

- spontán neutronbomlás (^{137}Xe)--> reaktormérgek
- maghasadás (spontán, atomreaktorok)
- (α ,n) magreakciók (hordozható neutronforrások)

Neutrínó sugárzások

Forrásai:

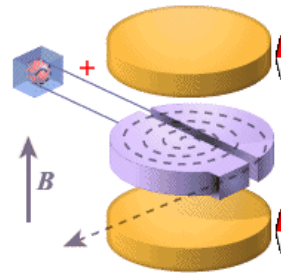
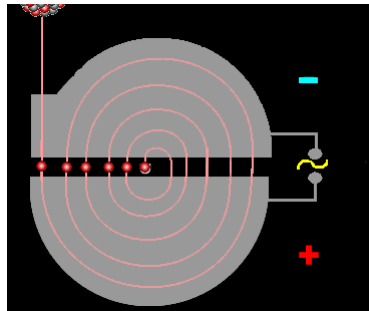
- radioaktív bomlások
- kozmikus (nap)

Töltött részecske sugárzások

Lineáris gyorsító



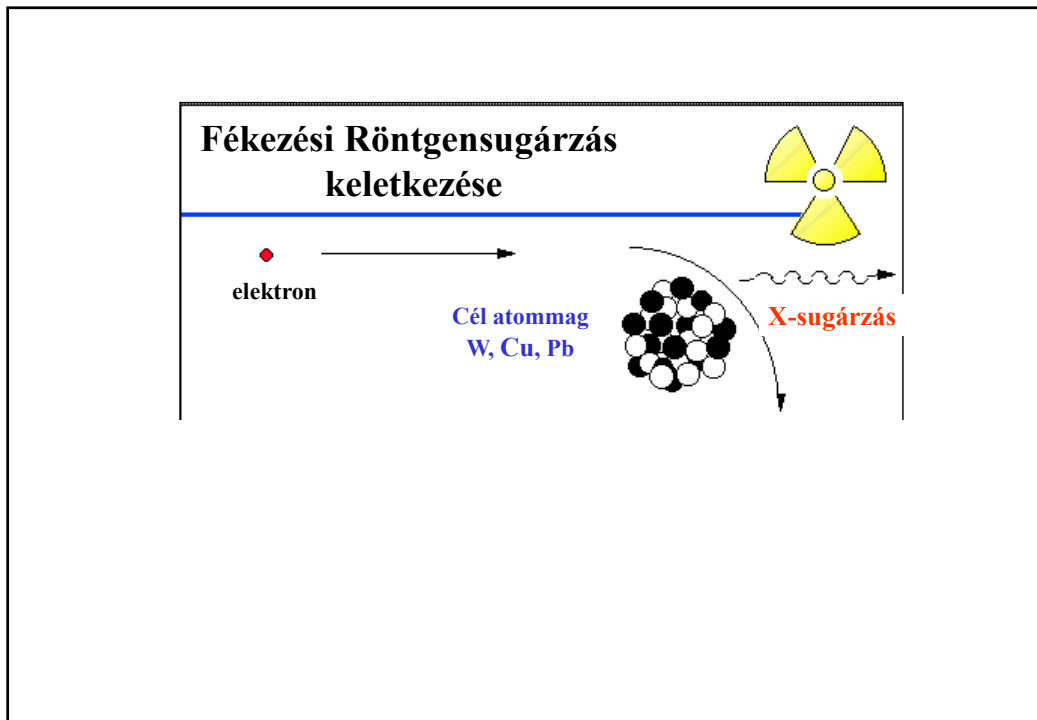
Ciklotron



Röntgensugárzás

1895 W.C. Röntgen német fizikus:
légritkított kisülési csövek vizsgálata közben fedezte fel.

- Karakterisztikus (elem analitika)
- Fékezési (diagnosztika)



Szinkrotronsugárzás

- relativisztikus sebességű könnyű elemi részecskék (elektronok, pozitronok) gyorsulásakor (fékezésekor) keletkezik
- Fluxusa 10^6 - 10^{12} szerese a röntgensővekének (spektrális fényesség: megadott energiatartományú fotonok száma /s /vertikális szög /horizontális szög /forrás területe)



Synchrotron SOLAIL

Szinkrotronsugárzás tulajdonságai

- Nagy intenzitás
- Rövid hullámhosszú fotonok melyek behatolnak az anyagba, és kölcsönhatnak az atomokkal
- Széles spektrális tartomány folytonos energiaeloszlással, monoenergetikus nyalábok széles energiatartományban)
- Magas polarizációfok az elektronpálya síkjában, amely nagyon fontos a röntgenfluoreszcenciás kísérleteknél a háttér redukciója miatt
- A röntgensugarak rövid impulzusok formájában emittálódnak, amelyek 1 ns-nál is rövidebbek, és az impulzusok közötti idő 20 ns vagy ennél is több
- Természetes kollimáció, a röntgensugarak a teljes szögtartományban emittálódnak horizontális irányban, de függőleges irányban jól kollimáltak.

Elektromágneses sugárzások				
Frekvencia [Hz]	Hullámhossz	Sugárzás típusa	Sugárzás forrása	Foton energia
$3 \cdot 10^{20}$	1 pm	gamma	Radioaktív magok	1.24 MeV
$3 \cdot 10^{17}$	1 nm	röntgen	elektron fékeződés, belső héjak gerjesztése	1.24 keV
	100 nm	ibolyán túli (UV)	külső héj ionizációja	~ 10 eV
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
Nem-ionizáló		Látható (VIS) 380-750 nm vörösen inneni (IR) 750 nm - 1 mm	molekula rezgések	
300 GHz	1 mm		molekula rezgések és forgások	1.24 meV
30 GHz		mikrohullámok		
10 MHz	1 m	rádióhullámok	elektromos rezgőkörök	1.24 μ eV
300 kHz	1 km			1.24 neV

UV sugárzások típusai (100 - 400 nm)

- UV-C: 100 - 280 nm
- UV-B: 280 - 315 nm
- UV-A: 315 - 400 nm

Forrásai:

1. Nap
2. Gáztöltésű kisülési csövek (higanygőz)
3. Ívlámpák
4. Plazmavágó berendezések
5. UV lézerek

Higanygőz lámpa:

- A gerjesztett higanygőz többek között UV-t bocsát ki mindhárom tartományban
- Wood üveg (Na-Ba-Szilikát üveg 9% NiO)



Látható fény (400 – 750 nm)

- Izzó tárgyak – Wolfram szál, halogén lámpák
- Elektrolumineszcencia, LED- technológia

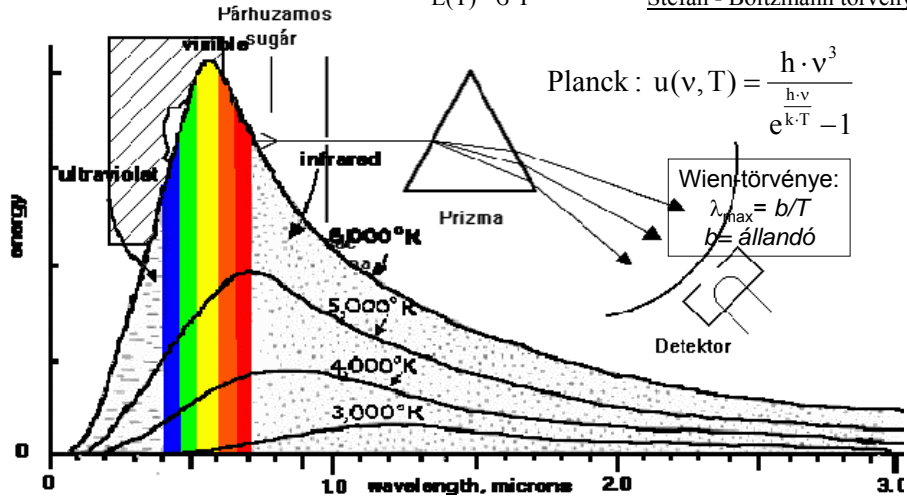
Szín	Hullámhossz(nm)	Összetétel
Kék		$\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$
Zöld	556	$\text{GaP}_{1.00}\text{As}_{0.00}$
Sárga	578	$\text{GaP}_{0.85}\text{As}_{0.15}$
Narancs	635	$\text{GaP}_{0.65}\text{As}_{0.35}$
Vörös	660	$\text{GaP}_{0.40}\text{As}_{0.60}$
Infravörös		GaAs

Fekete test hőmérsékleti sugárzása

Kirchoff: $\epsilon(\lambda, T)/a(\lambda, T) = \text{anyagfüggetlen}$

$$E(T) = \sigma T^4$$

Stefan - Boltzmann törvény



IR sugárzások típusai (750 nm - 1 mm)

- Közeli (IR-A): 750 nm - 1,4 μm
- Közepes (IR-B): 1,4 μm - 3 μm
- Távoli (IR-C): 3 μm - 1 mm

Globár:
szilícium-karbid kerámia ~ 1600 °C

Forrásai:

1. Nap
3. Ívlámpák
4. Villanócsövek
5. Gáztöltésű csövek



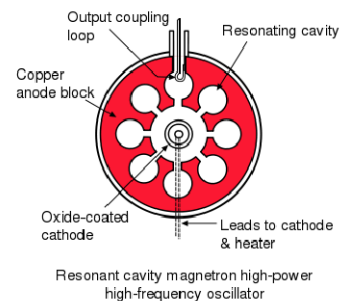
Mikrohullámú és rádiófrekvenciás sugárzások

Források:

- mikrohullámú sütők
- mikrohullámú adatátvitel
- radar (impulzus modulált)
- rádióantennák

Mikrohullámú sugárzás keltése Magnetron

- Mágneses tér körpályára készíti az elektronokat
- Az üregek előtt elhaladva mikrohullámú sugárzási tér keletkezik



Radióhullámok keltése adóantennák

