

Fizika mérnököknek 2.

12. előadás - Atomfizika

Mingesz Róbert

Szegedi Tudományegyetem

2010. május 3.

- 1 Magfizika
- 2 A természetes radioaktivitás
 - A radioaktív sugarak hatásai
 - Kísérleti vizsgálat
- 3 A radioaktív bomlás
- 4 Tömegspektroszkópia
 - Izotópok
 - Tömegspektroszkópok
- 5 A neutron
- 6 A pozitron

Új felfedezések:

- Elektron
- Különböző atommodellek (Bohr-féle atommodell, kvantummechanika ...)
- Röntgensugárzás

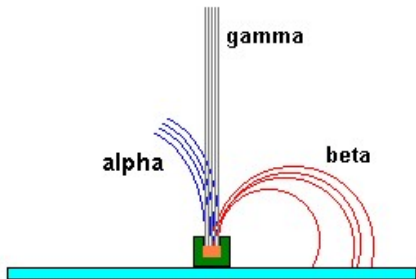
A természetes radioaktivitás jelensége

- 1896 Becquerel – uránsók vizsgálata
- Curie házaspár – radioaktív anyagok vizsgálata

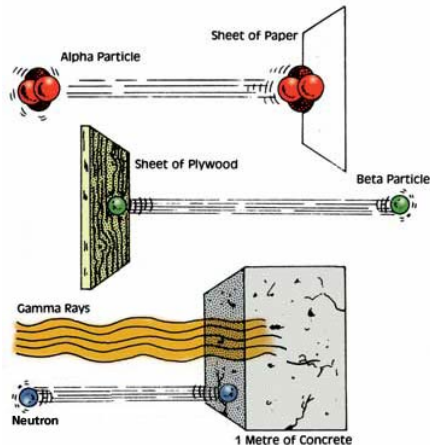
Az atommag közvetlen vizsgálata

- Elektronnyaláb, neutronnyaláb ütköztetése az atommaggal

A természetes radioaktív sugárzás



- α , β és γ sugárzás
- Mágneses térben az α és β sugárzás eltérül
- A hatótávolság függ a sugárzás típusától



- Fajlagos töltése fele a protonénak
 $Q = 2e, m_\alpha = 4 \cdot m_{H^+}$
- Hélium ionok (He^{++})
- Az α -részecskék sebessége a kibocsátó anyagtól függ

$$v = 1,4 \cdot 10^7 - 2,1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

- Kinetikai energia

$$E = 4 - 9 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

- Elektronokból áll
- Bármilyen sebességet felvehet
Akár relativisztikus nagyságút is (a fénysebességhez közelít)
 \Rightarrow tömegnövekedés
- Kinetikai energia

$$E = 1 \text{ keV} - 10 \text{ MeV}$$

- Elektromágneses sugárzás: γ -fotonok
- Nagy frekvencia, kis hullámhossz
- Energia

$$E = 0,01 - 4 \text{ MeV}$$

- Hullámhossz

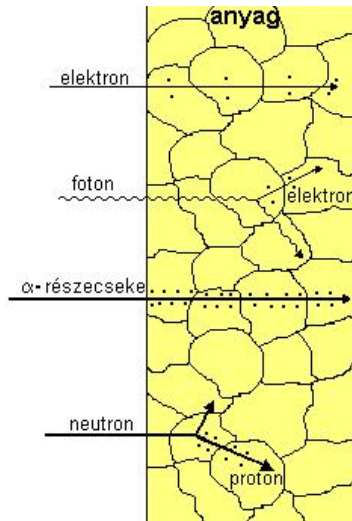
$$\lambda = (1 - 0,003) \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

- Energia

$$\nu = 3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{21} \text{ Hz}$$

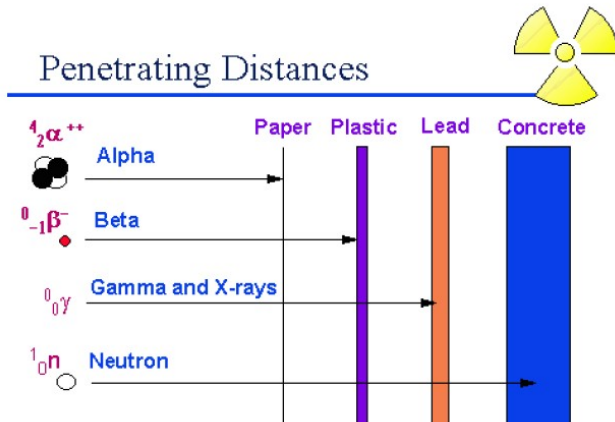
A radioaktív sugarak hatásai

- Ionizáló hatás: a sugárzás ionizálja az anyag atomjait (molekuláit), közben veszít az energiájából
- α -részecske: 1 cm úton $10^4 - 10^5$ ionpár (**fajlagos ionizáció**)
- β -részecske: több százszor kisebb
- γ -részecske: több tízezerszer kisebb
- Az ionizáló hatás függ a részecske aktuális energiájától



Hatótávolság

- Függ az energiától valamint az anyagtól
- Hatótávolság levegőben
 - α -részecske: < 1 cm
 - β -részecske: néhányszor 10 cm



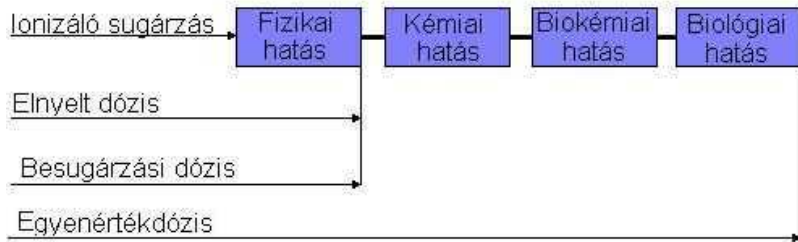
A sugárzás abszorpciója

- Nagyobb ionizáló hatás → nagyobb abszorpció
- γ -sugárzás (hasonló a röntgensugárzáshoz):

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

- β -sugárzás: torzul a törvény
- α -sugárzás: nem érvényes rá az exponenciális törvény, rövid hatótávolságon belül elnyelődik

- Cél: a sugárzás hatásának mérése
- A radioaktív anyagok **aktivitása**
becquerel: a másodpercenkénti bomlások száma
- Dózisfogalmak:



- Biológiai hatás: **dózisegyenérték** (sievert)

$$H = DQY$$

- D : elnyelt sugárzás (egysége: gray)
egységnyi tömegben elnyelt energiamennyiség
- Q : a sugárzás minőségi faktora
 $\beta, \gamma \rightarrow 1; \alpha \rightarrow 20$
- Y : besugárzott objektum (szerv) minőségi tényezője

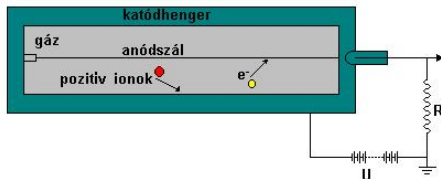
A radioaktív sugarak kísérleti vizsgálata

Célok:

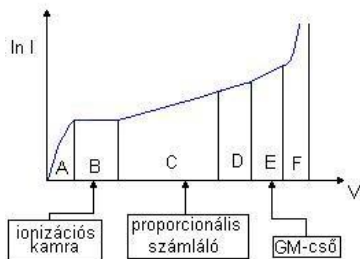
- Atommagban lejátszódó folyamatok vizsgálata (bomlás, ...)
- Magreakciók vizsgálata
- Részecskefizikai kísérletek
- Biztonságtechnika (radioaktív sugárzás követése)



Ionizációs kamrák



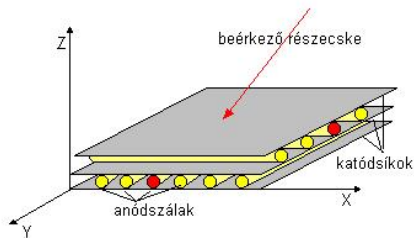
- Légritkított cső + nagy feszültség
- Ionizáló sugárzás
 - ⇒ elektron-ion párok
 - ⇒ gázkisülés
- Felhasználás:
 - Részecskék megszámlálása
 - Energia mérése
 - Pálya láthatóvá tétele
 - Dozimetria



Geiger-Müller-számláló (GM-cső)

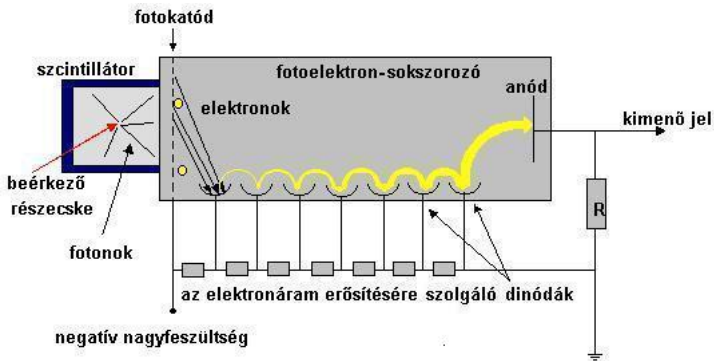
- Ionizáló részecske \Rightarrow ionlavina
- Az ionlavina mérete nem arányos a primer ionizációval, csak beütésszám van mérve



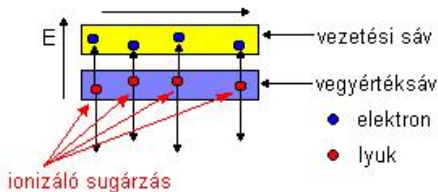


- Részecske áthaladásának helye
- Részecske energiája

Szcintillációs számlálók



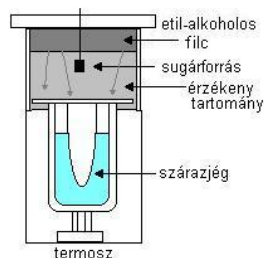
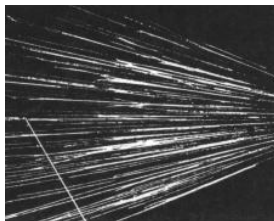
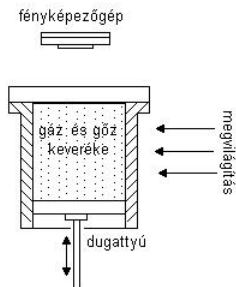
- Szcintillátor: ionizáló sugárzás \Rightarrow gerjesztés \Rightarrow foton
- Fotoelektron-sokszorozó: foton \Rightarrow elektron \Rightarrow sok elektron



- Ionizáló sugárzás \Rightarrow szabad töltéshordozók \Rightarrow vezetés

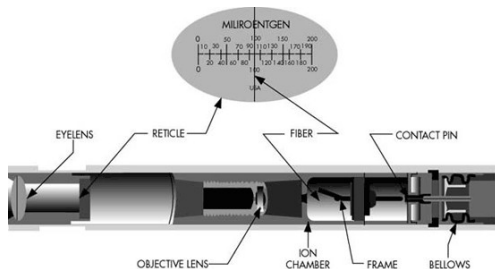
Részecskenyom detektorok

- Expanziós ködkamra (Wilson-kamra)
Hirtelen lehűlés \Rightarrow túltelített gőz
- Diffúziós ködkamra (alacsony hőmérsékletű tartomány)
- Buborékkamra (túlhevített folyadék)
- Szilárdtest nyomdetektorok (sugárzás \Rightarrow maradandó változás)



Doziméterek

- Cél: a személyeket érő dózis követése
- Film-doziméter
Ki kell dolgozni
- Szilárdtest doziméterek
Pl. termolumineszcens doziméter: kiolvasás felmelegítéssel
- Zseb ionizációs kamra



A radioaktív bomlás

- **Bomlás:** egy atommagból spontán módon, külső hatás nélkül különböző részecskék keletkeznek
- Főbb bomlások:
 - α -bomlás: α részecske távozik
 $\Delta A = -4, \Delta Z = -2$
 - β -bomlás: $\Delta Z = +1$
 - β^+ bomlás: pozitronok lépnek ki
 $\Delta Z = -1$
 - γ -bomlás: az atommag egy gerjesztett állapotból alapállapotba kerül

A bomlási törvény

- N : az atomok száma egy t időpillanatban
 - ΔN : az időegység alatt elbomló atomok száma
 - λ : **bomlási állandó**, $1/\lambda$: átlagos élettartam

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t$$

– dN/dt : bomlási sebesség: arányos a bomlatlan atomok számával

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

- A differenciálegyenlet megoldása:

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

A bomlási törvény

- **Felezési idő:** az az idő, amíg a bomlatlan atomok száma a felére csökken (T)

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} \approx \frac{0,693}{\lambda}$$

- A bomlási törvény másik alakja

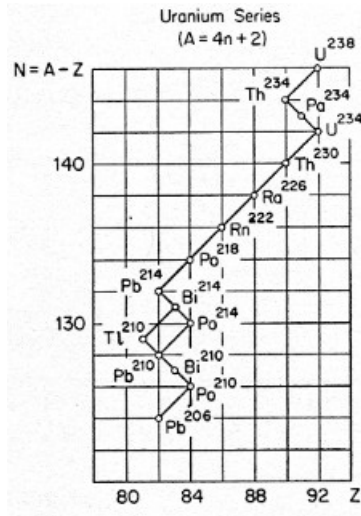
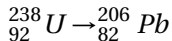
$$N = N_0 2^{-t/T}$$

Bomlási sorozatok

- Radioaktív anyag bomlása → a keletkező atomok nem mindig stabilak, tovább bomlanak
- A nagy rendszámú ($Z > 80$) természetes radioaktív anyagok 3 bomlási sorozatba rendezhetők

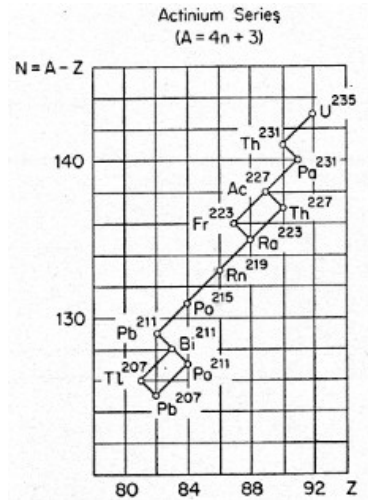
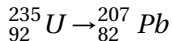
Uránium-sorozat

- A leghosszabb felezési idejű mag
felezési ideje: $4,47 \cdot 10^9$ év



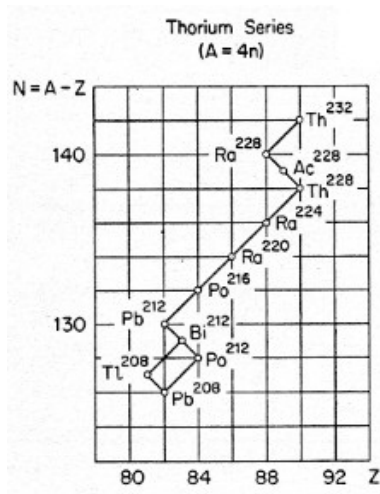
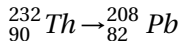
Aktinium-sorozat

- A leghosszabb felezési idejű mag
felezési ideje: $7,04 \cdot 10^8$ év



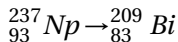
Tórium-sorozat

- A leghosszabb felezési idejű mag
felezési ideje: $1,41 \cdot 10^{10}$ év

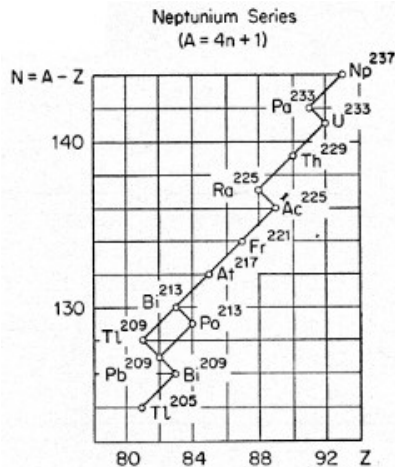


Neptúnium-sorozat

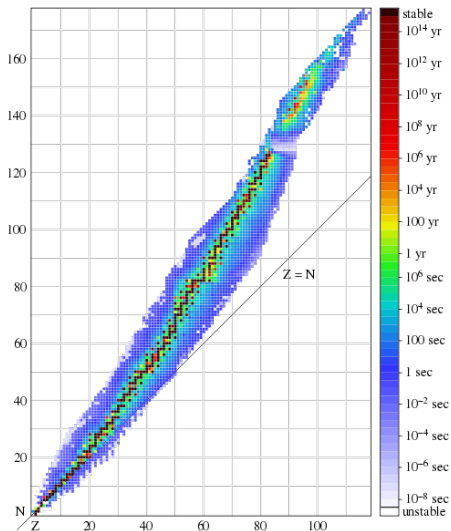
- A leghosszabb felezési idejű mag
felezési ideje: $2,14 \cdot 10^6$ év



- Már elbomlottak



- Egy adott, Z rendszámú elem: az őt alkotó atomok tömegszáma (atomsúlya) nem azonos. A kémiai elemek nagy része **izotópok** keveréke, az izotópok aránya általában állandó.
 - Kémiaailag csaknem azonos viselkedés
 - Azonos rendszám (azonos magtöltés)
- Az izotópok atomtömegei jó közelítéssel egész számok
- 50 stabil, 250 természetes radioaktív, több mint 1000 mesterséges izotóp

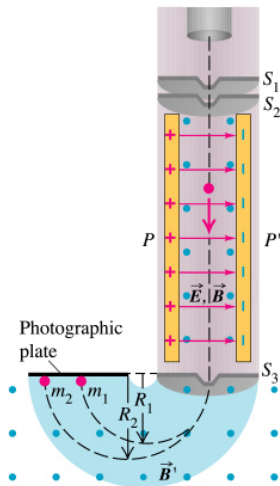


Tömegspektroszkópok

- Cél: a különböző e/m hányadosú ionok megkülönböztetése, az ionok arányának meghatározása
- **Tömegspektrométer:** méri az ionáramokat
- **Felbontóképesség:**

$$F = m/\Delta m$$

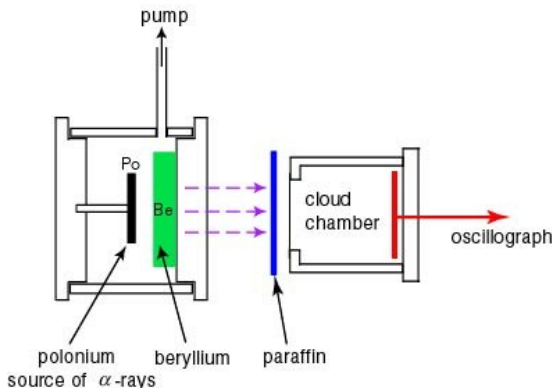
ahol Δm a legkisebb felbontható tömegkülönbség



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

A neutron felfedezése

- 1930 Boethe és Becker: berillium + α -sugárzás \Rightarrow nagy áthatolóképességű, semleges sugárzás (γ ?)
- 1932 Curie és Joliot: + parafinréteg \Rightarrow nagyenergiájú protonok lépnek ki
- Chadwick: semleges részecskék, $m \approx m_p$

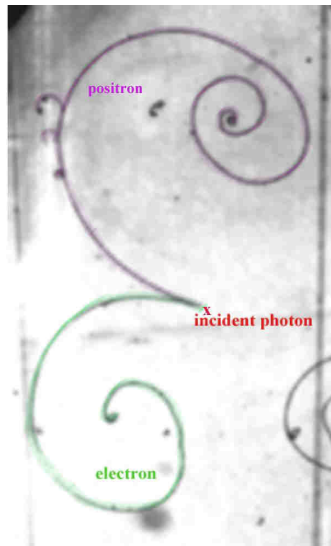


A neutron tulajdonságai

- Elektromos és mágneses térben nem térül el
- Az atom külső részén áthatol anélkül, hogy az atomot ionizálná
- Rendkívül nagy áthatolóképesség
- Sebességéből csak akkor veszít, ha az atommaggal közvetlenül összeütközik
- Jelölés: n , ${}_0^1n$
- $m_n = 1,00138 m_p$
- Szabadban elbomlik, felezési idő: 10,61 perc
- Spin: $1/2$
- Van mágneses momentuma

A pozitron

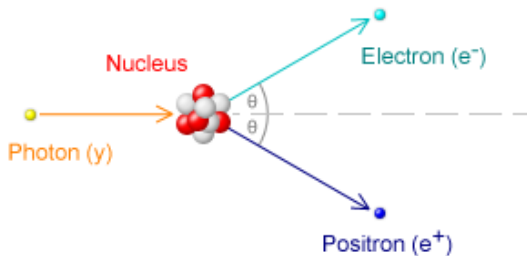
- 1932 Anderson:
ködkamra + mágneses tér + kozmikus sugárzás \Rightarrow elektronhoz hasonló nyom, csak ellenkező irányba görbül
- elektronnal egyező tömegű részecske
- pozitív töltésű



Pároképződés

- Elegendően nagy energiájú γ -sugárzás \Rightarrow a foton elnyelődik, helyette keletkezik egy elektron és egy pozitron
- Atommag közelében játszódik le (energia- és impulzus-megmaradás!)
- A foton energiája:

$$h\nu > 1,02 \text{ MeV}$$



- elektron + pozitron \Rightarrow 2 γ -foton

