

Atommagok alapvető tulajdonságai

Mag és részecskefizika

5. előadás

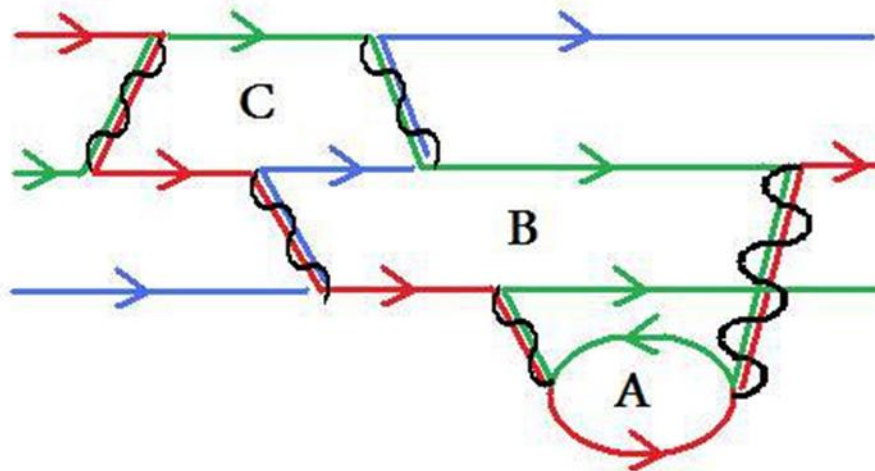
2018. március 23.

Áttekintés

- Atommagok szerkezete a kvarkképben
 - proton szerkezete, atommagok szerkezete, magerő
- Atommagok összetétele
 - izotópok, izotóptérkép
- A magerők alaptulajdonságai
- Az atommagok kötési energiája, stabilitása
- A mágikus számok
- Az atommagok mérete, mérési módszerei

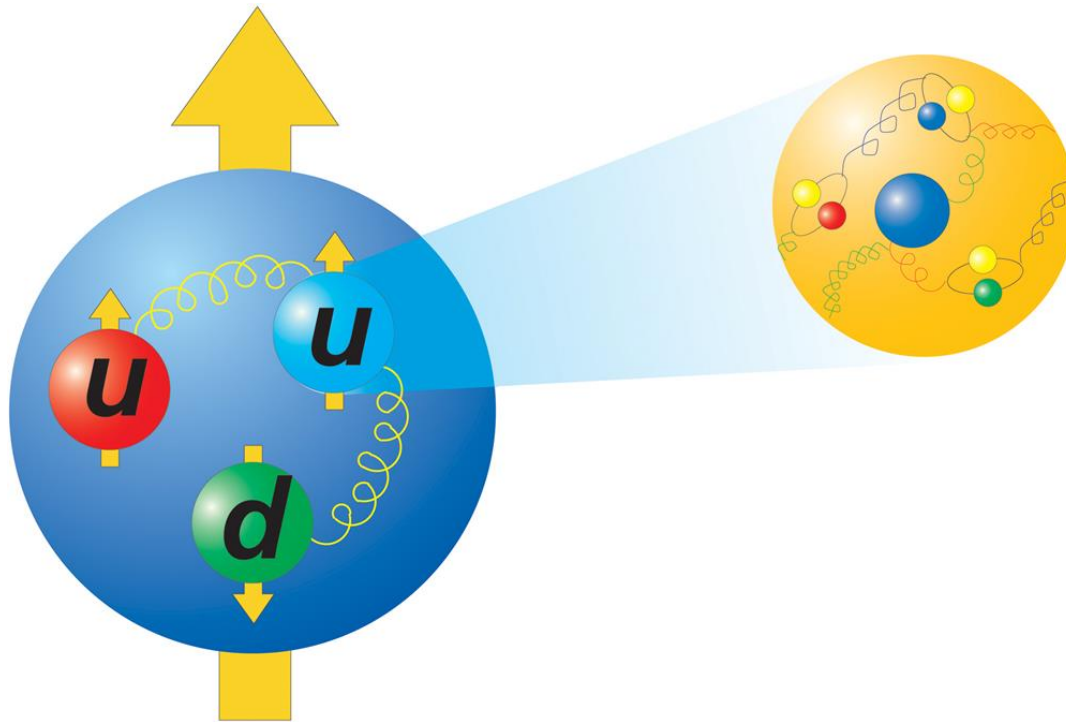
A proton belseje

- Kvarkok: RGB, nyugalmi tömeg 3-5 MeV
- Gluonok: keverék szín, 0 nyugalmi tömeg
- A proton nyugalmi energiájának nagy része nem nyugalmi tömeg



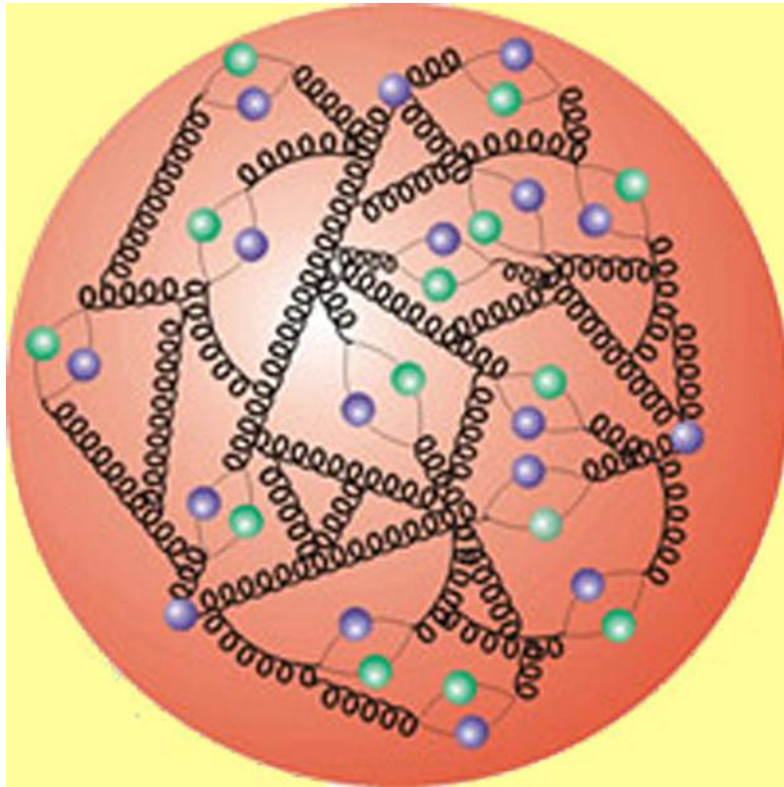
A proton belseje

- Konstituens kvark \rightarrow kvark + „erős erőtér”

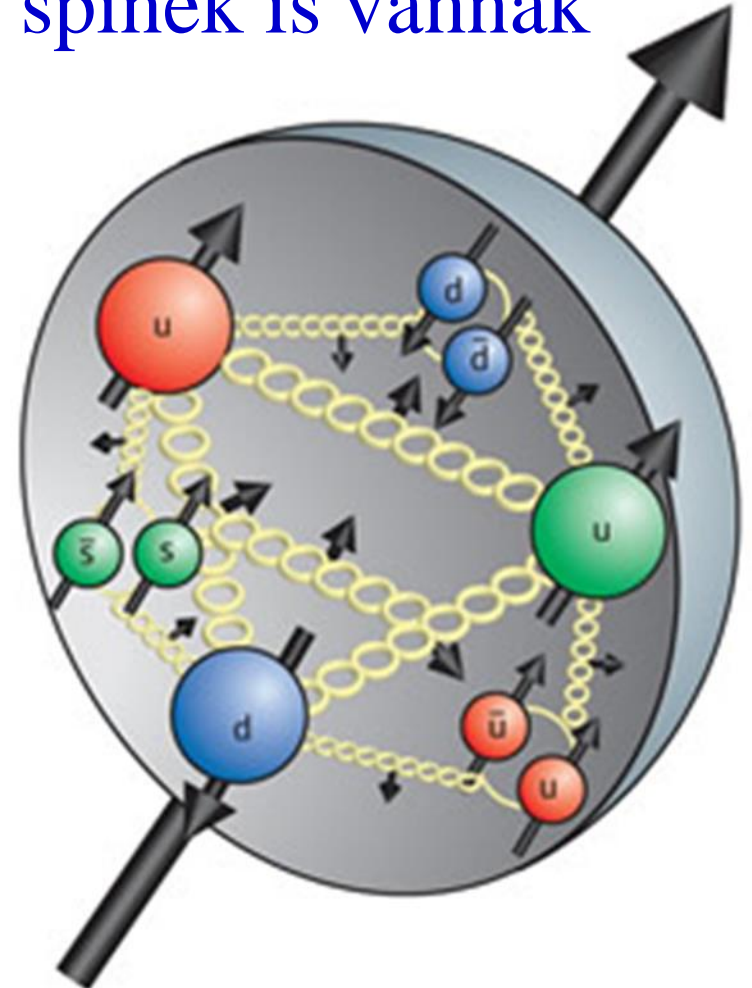


A proton belseje

Szín-mező $\Sigma c_i = \text{fehér}$



spinek is vannak



A proton élettartama

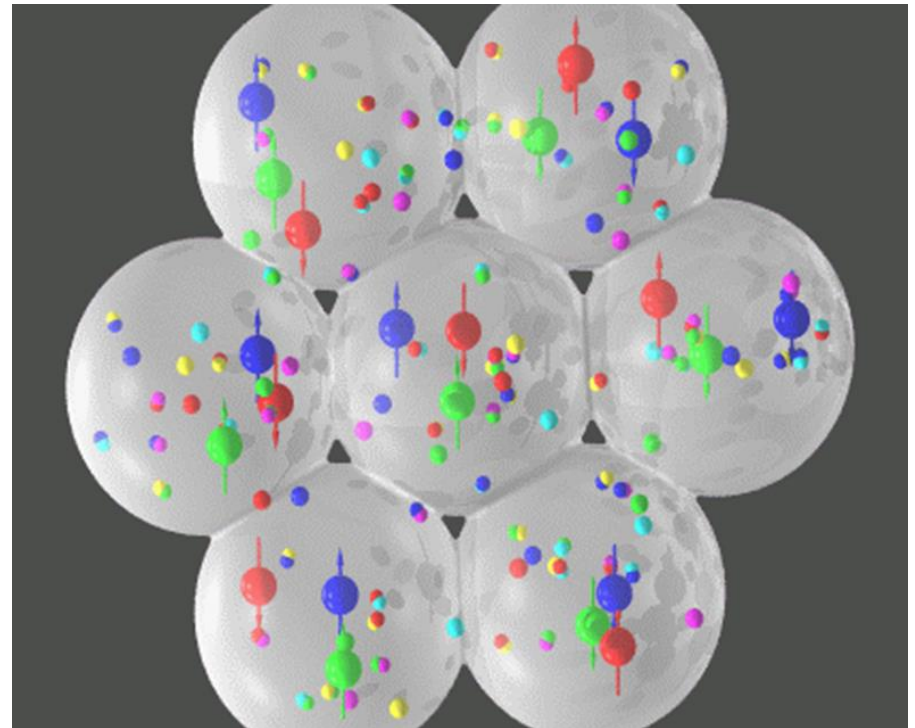
- Nem bomlik el \rightarrow legkisebb barion tovább nem alakul át \rightarrow barionszám megmaradás törvényével fejezzük ki
- Kvarkképben: kvarkok barionszáma $1/3$, kvarkszám megmaradás is fennáll
- 10^{33} év $< T_{1/2}$



Több nukleon leírása a kvarkképben

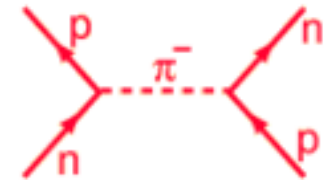
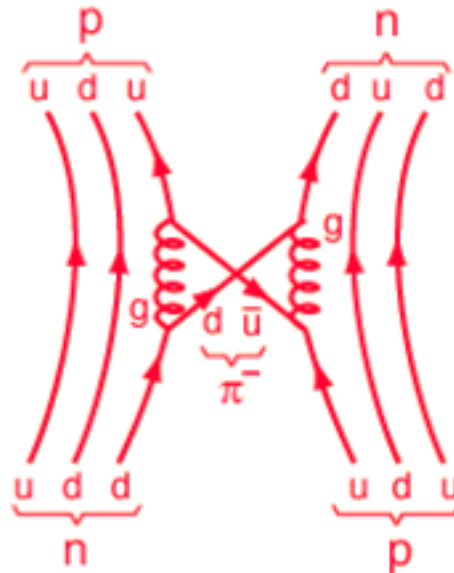
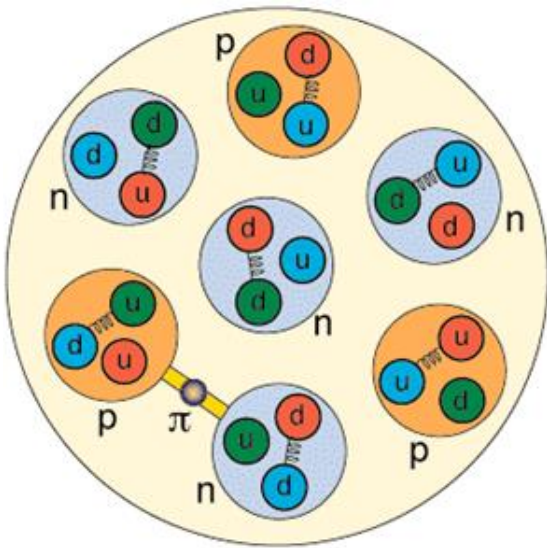
- Fehér szín-mezők nem keverednek, de összeérnek
- Fehér objektumokat tudnak cserélni: π -mezon
- $1q$ oda – $1 q$ vissza = qq oda = $\bar{q}q$ vissza

magerő szemléletes képe a kvarkképben



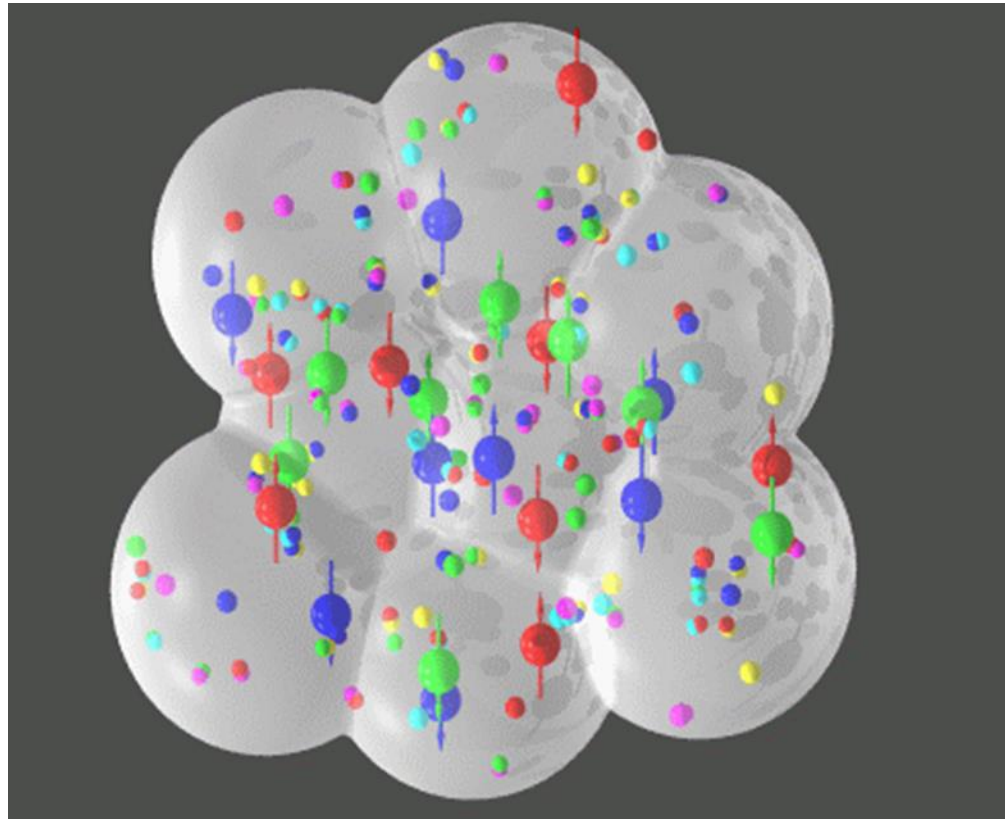
A magerő a kvarkképben

- Mezoncsere fehér mikrorészecskék között



„Keverjük össze a zsákok tartalmát”

- Kvark-gluon-plazma



Magerő: másodlagos erős kölcsönhatás

- EM kcsh.
- Elektromos töltés
- Atomokon,
molekulákok belül
- Semleges molekulák
között
- foton kicserélés
- Van der Waals kcsh.
- Erős kcsh.
- Színek között hat
- Protonon belül
- Fehér részecskék
között,
- fehér színmező
kicserélés
- magerő

Magerő hatótávolsága

mc^2 energiát kölcsönveszünk a vákuumból

$$d = ct = c\tau = c \frac{\hbar}{mc^2} = \frac{\hbar}{mc} = \frac{\hbar c}{mc^2} = \frac{197 \text{ MeVfm}}{140 \text{ MeV}} = 1.4 \text{ fm}$$

- Rövid hatótávolság
- Csak a szomszédos nukleonok között hat
- Az erő kcsb bezáró jellegű

A magerő első potenciálja

Yukawa-potenciál

- A spinfüggést és szimmetria tulajdonságokat belevéve sokkal bonyolultabb

$$V(r) = \frac{e^{-\alpha r}}{r}$$

- $\alpha = k \cdot m$
- $m=0$ Coulomb-potenciál

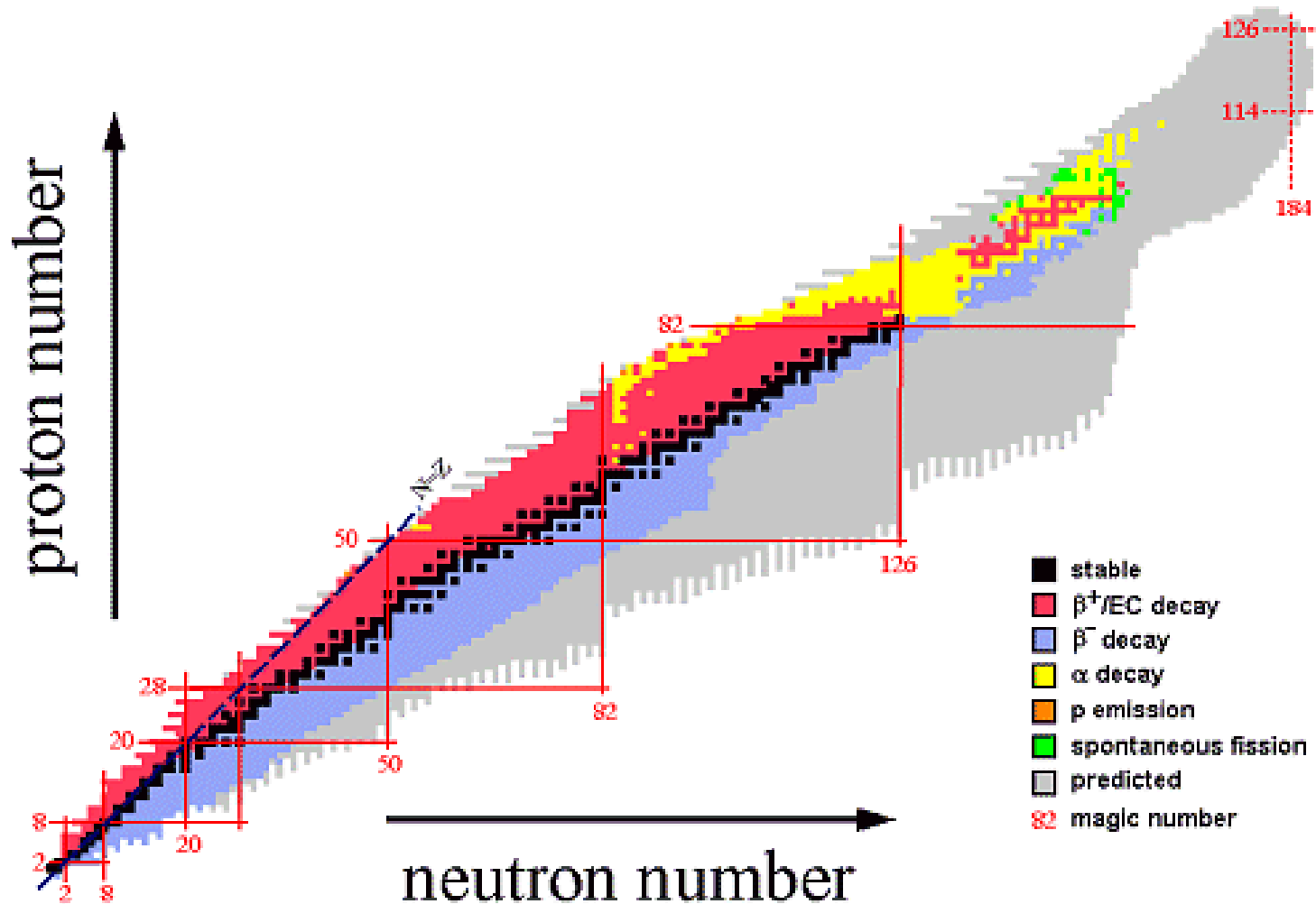
Atommagok összetétele

- Z db proton, rendszám, izotópok
- N db neutron, izotónok
- $A = Z + N$ tömegszám, izobárok

- Jelölés:
$${}^A_Z X_N^{Z+} = {}^A X$$

- Kölcsönhatások: elektromágneses, erős, (másodlagos erős), gyenge
- Izotóp = általános atommag neve (nuklid)

Izotóptérkép



Izotóptérkép

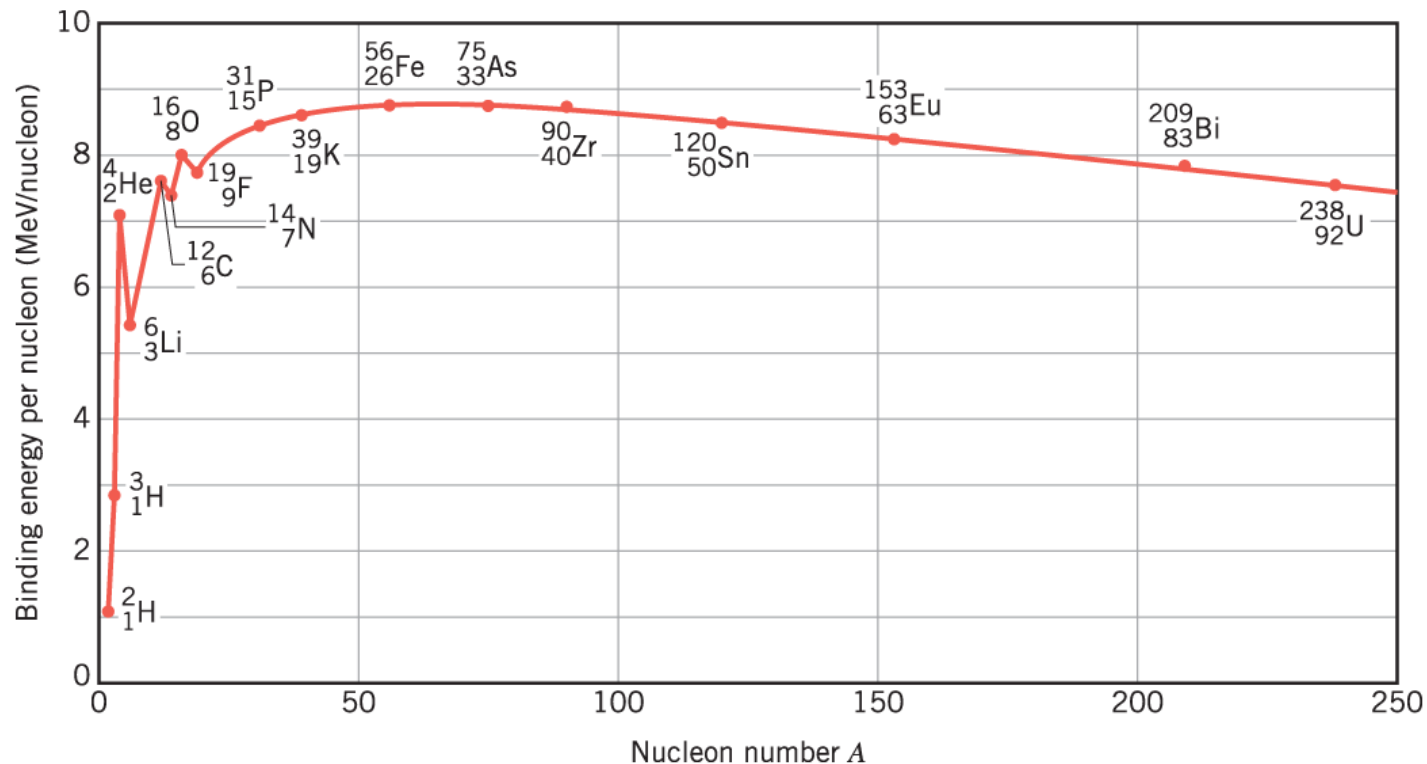
- A magerő szemléletes tulajdonságai:
 - Stabil atommagok (fekete) jobbra hajlik
 - Nagy atommagoknál több neutron: proton – proton taszítás párok között, magerő csak a szomszédok között
 - Csipkés a széle
 - Csatornák fekete részek között = páros neutronszámok stabilabbak
 - Magerő **párkölcsonhatás jellegű** (páros – ptl. számít)
 - **Spinfüggő** (annak ellenére, hogy a π -mezon spinje 0)

Atommagok kötési energiája

- Végtelen távoli nukleonokból összegyűrjük
 - Mennyi energia szabadul fel
 - Ez ki is sugárzódik, elveszik, a tömeg csökken
 - $E=mc^2$ precíz ellenőrzése és kísérleti alátámasztása
- $E_{köt} = (m - Zm_p - Nm_n)c^2 < 0$
 - Az atommag tömegét tömegspektrométerrel lehet mérni, proton és neutron tömege megvan

Atommagok kötési energiája

- Egy nukleonra jutó kötési energia
- Az atommag stabilitását jellemzi



Atommagok kötési energiája

- $Z=26$ után kb. azonos a kötési energia nukleononként
 - A proton-proton taszítás miatt csökken
 - Magerő része = állandó → magerők telítettek
 - Minden nukleonnak megvan a maximális számú szomszédja
 - Maximum a ${}^{62}\text{Ni}$ -nél van!
Viszont csak 3,6% izotópgyakoriság
 - A legkisebb tömegű: ${}^{56}\text{Fe}$, de itt a magerő kevésbé erős

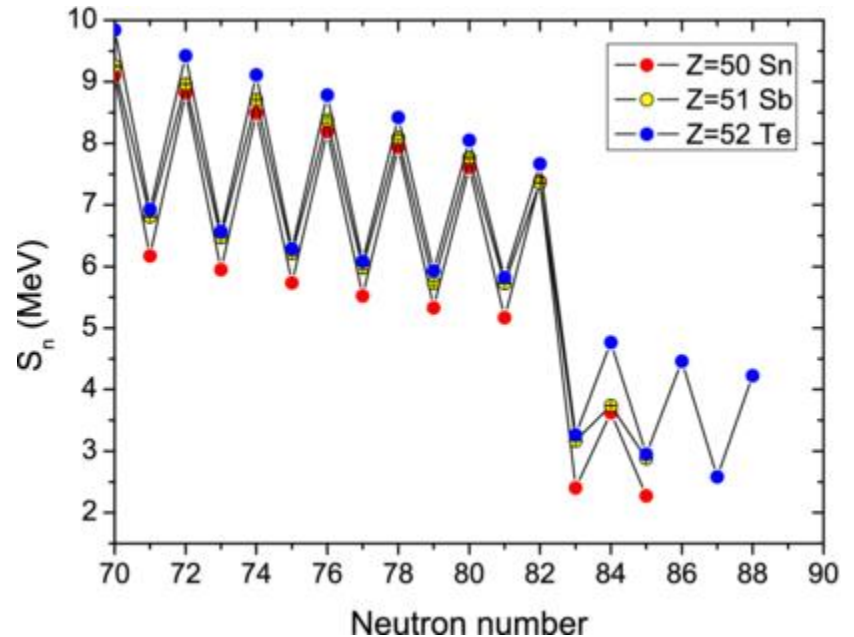
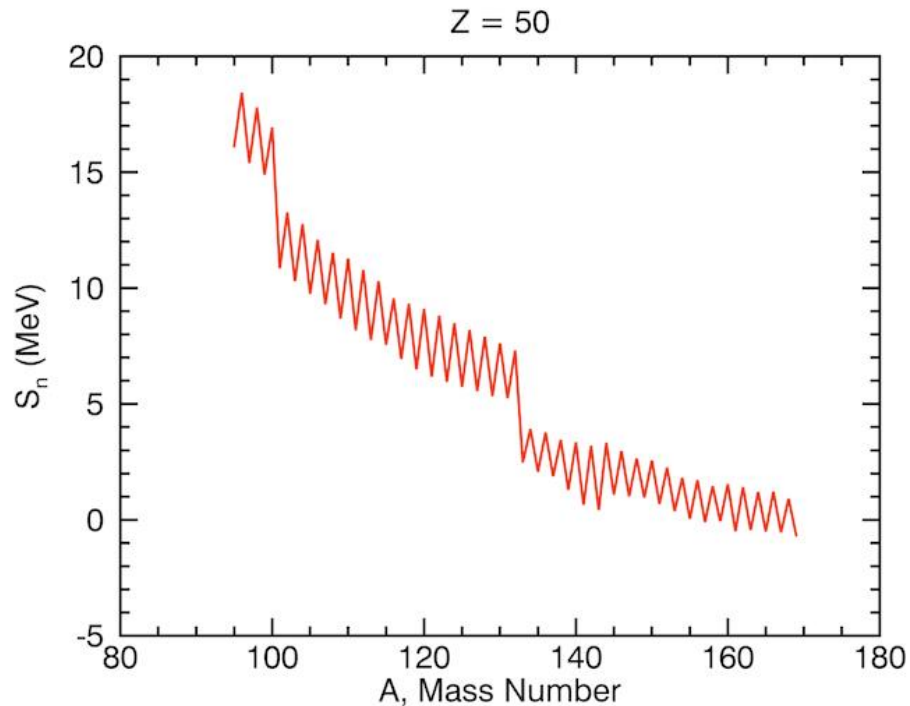
Atommagok stabilitása

- Radioaktív bomlás
- Kötési energia még negatívabb tud lenni, akkor átalakul az atommag
- Stabil atommagok völgye (fekete)
- Negatív energiájú (kötött) atommag sem stabil
- Pozitív energiájú atommag nem is létezik (izotóptérkép széle, rezonanciák)

Atommagok kötési energiája

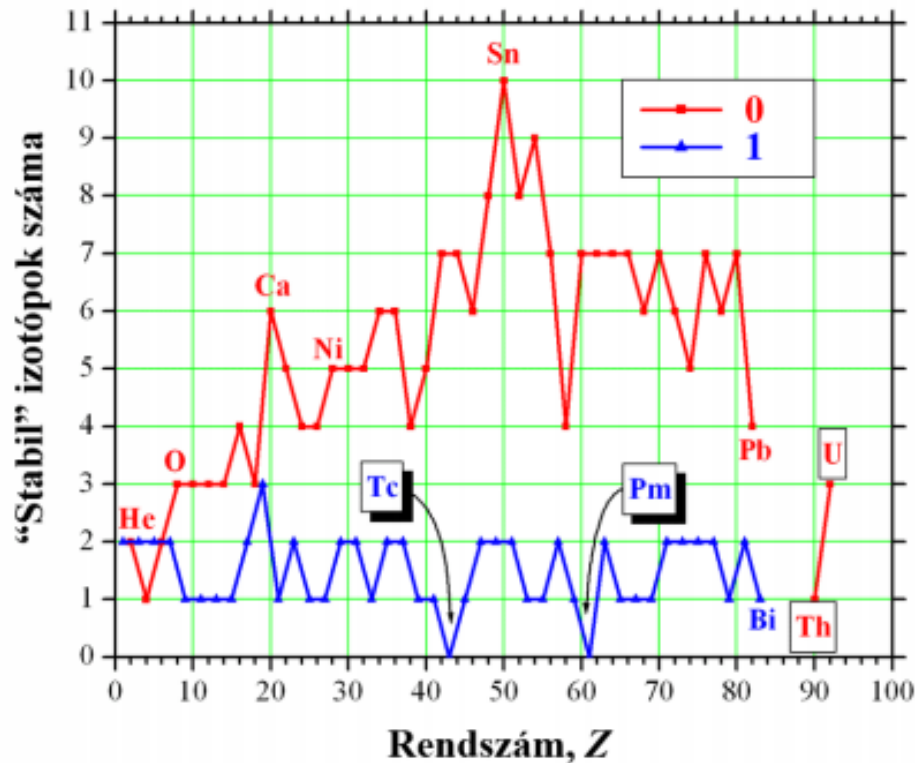
- Neutron szeparációs energia

$$S_n = (m_A - m_{A-1} - m_n)c^2 < 0$$



Stabil izotópok száma

- 2, 8, 20, 50 = Z-nél kiugróan sok van
- Páros számú rendszámnál jóval több van



http://nagysandor.eu/Ine/Bantu_H.pdf

Mágikus számok

- Neutron szeparációs energia ugrásszerűen leugrik
- Több stabil izotóp van
- Kötési energia lokálisan kiugróan nagy
- Magyarázat:
 - Lezárt proton és neutron „héjak” vannak az atommagokban
 - Szimmetrikusak = gömbszimmetrikus atommagok
 - Kvadropol-momentumuk közel 0
- Következmény:
 - Magerő közel átlagteret alakít ki!