



Egzotikus atommagok

Készítette: Kármán György
2020.12.03.



Bevezető

- Ritka izotópok tulajdonságainak vizsgálata
- Cél: izotóptérkép széleinek megismerése
- Nukleáris asztrofizika: r-folyamatban résztvevő izotópok
- Standard modell tesztelése: CP-, és paritássértés (RIA)

Atommagok főbb tulajdonságai

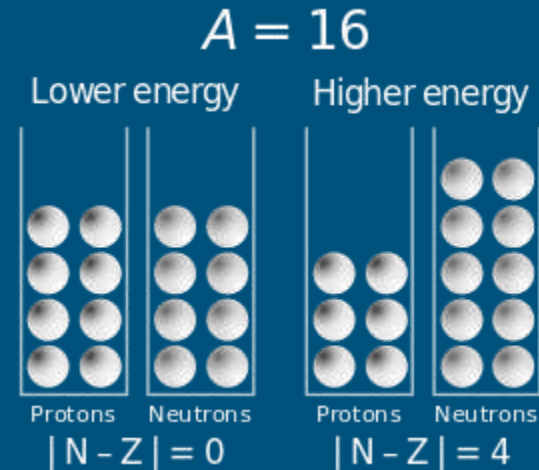
- Felépítés: protonok és neutronok (1932)
- Méret: 1-10 fm
- Alakja: Megközelítőleg gömb

Az atommag szerkezete

Folyadékcsépp modell:

Kötési energia: Weizsäcker formula

- Térfogati tag
- Felületi tag
- Coulomb-tag
- Aszimmetria/Pauli tag
- Párenergia tag



$$E_b(\text{MeV}) = a_V A - a_S A^{\frac{2}{3}} - a_C \frac{Z^2}{A^{\frac{1}{3}}} - a_A \frac{(A - 2Z)^2}{A} \pm \delta(A, Z)$$

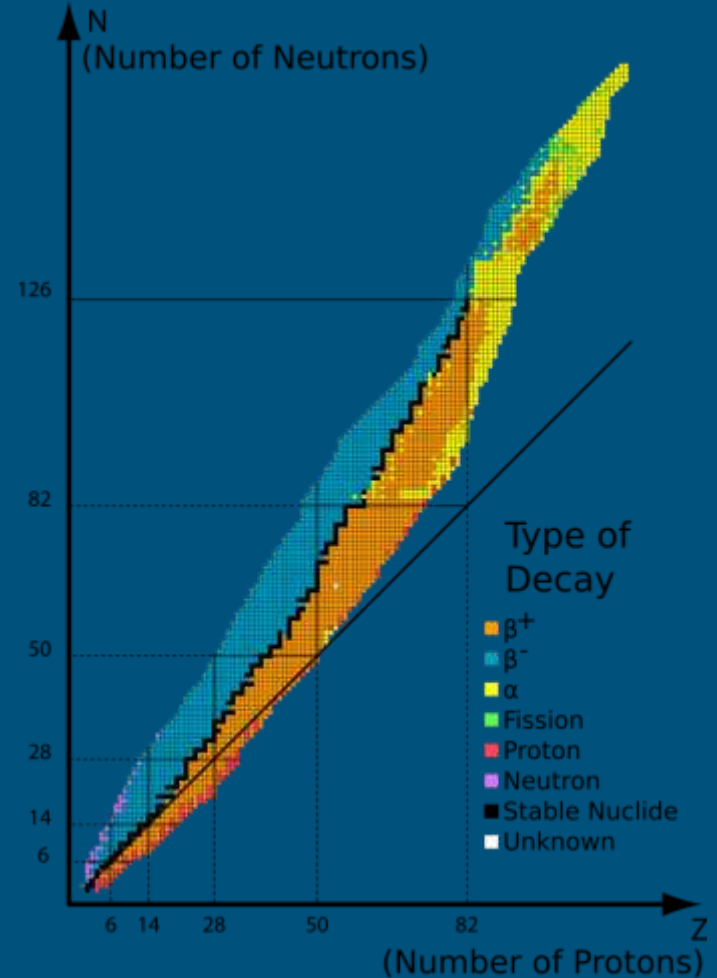
$$\delta(A, Z) = \begin{cases} +\delta_0 & \text{for } Z, N \text{ even} \\ 0 & \\ -\delta_0 & \text{for } Z, N \text{ odd} \end{cases}$$

Atommagok stabilitása

Mágikus számok: betöltött héjak (héjmodell)

Instabilitás:

- Coulomb-tag: $Z > N$
- Aszimmetria tag $N \gg Z$
- Deformált magok: mágikus számoktól messze



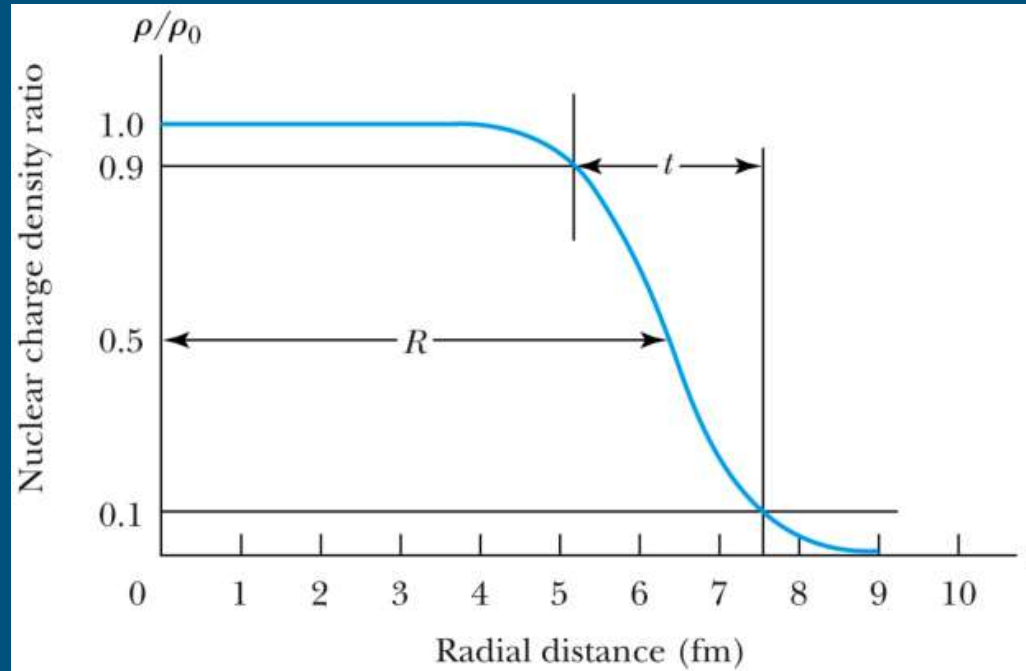
Atommagok alakja

Stabil atommagok:

Fermi függvény:

$$\rho(r) = \rho_0 \frac{1}{1 + e^{\frac{r-R}{d}}}$$

$$d = 2.4 \text{ fm}$$



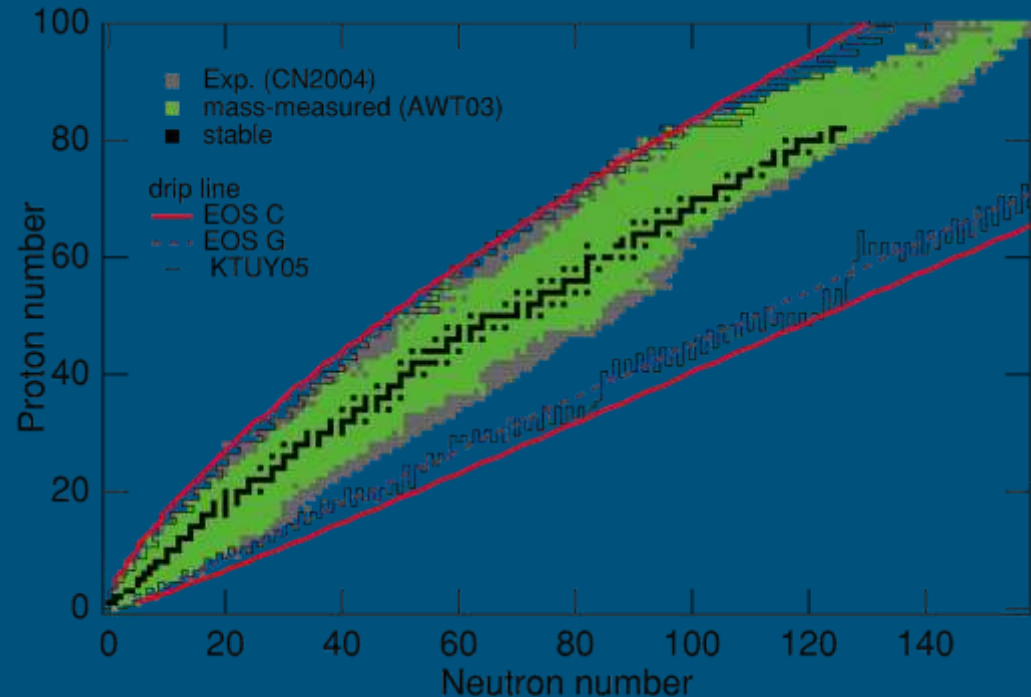
Az izotóptérkép széle

Neutron- és proton-leválási vonal

Neutron-leválási vonal csak neonig

ismert .

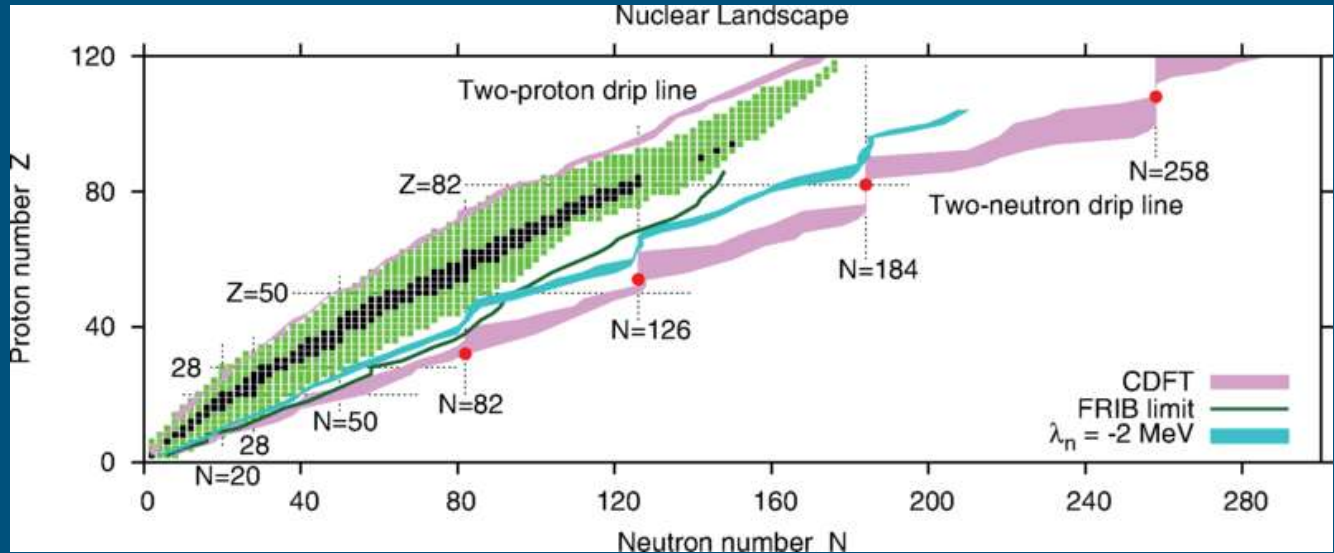
Proton-leválási vonal neptuniumig.



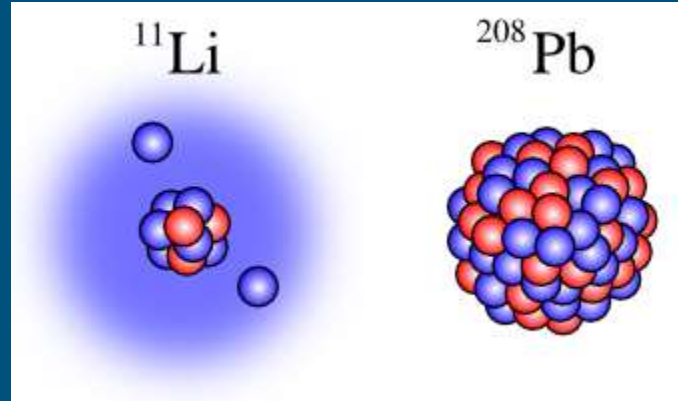
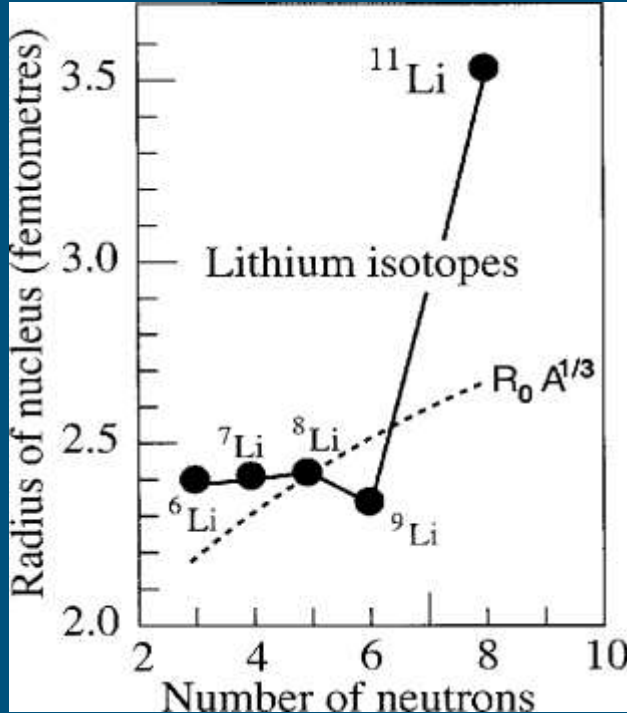
Izotóptérkép széle

1-részecskés és 2-részecskés leválási vonal.

Párenergia.



Atommag szerkezetek az izotóptérkép szélén



- Lítium-11
- Leválasztási energia $\cong 200$ keV
- Neutron-glória
- ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$, ${}^{11}\text{Be}$, ${}^{22}\text{C}$

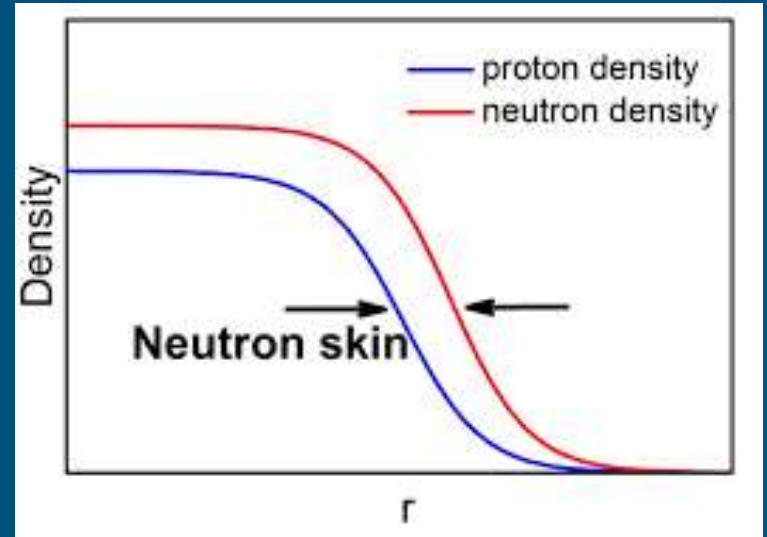
Neutron-glória, neutronbőr

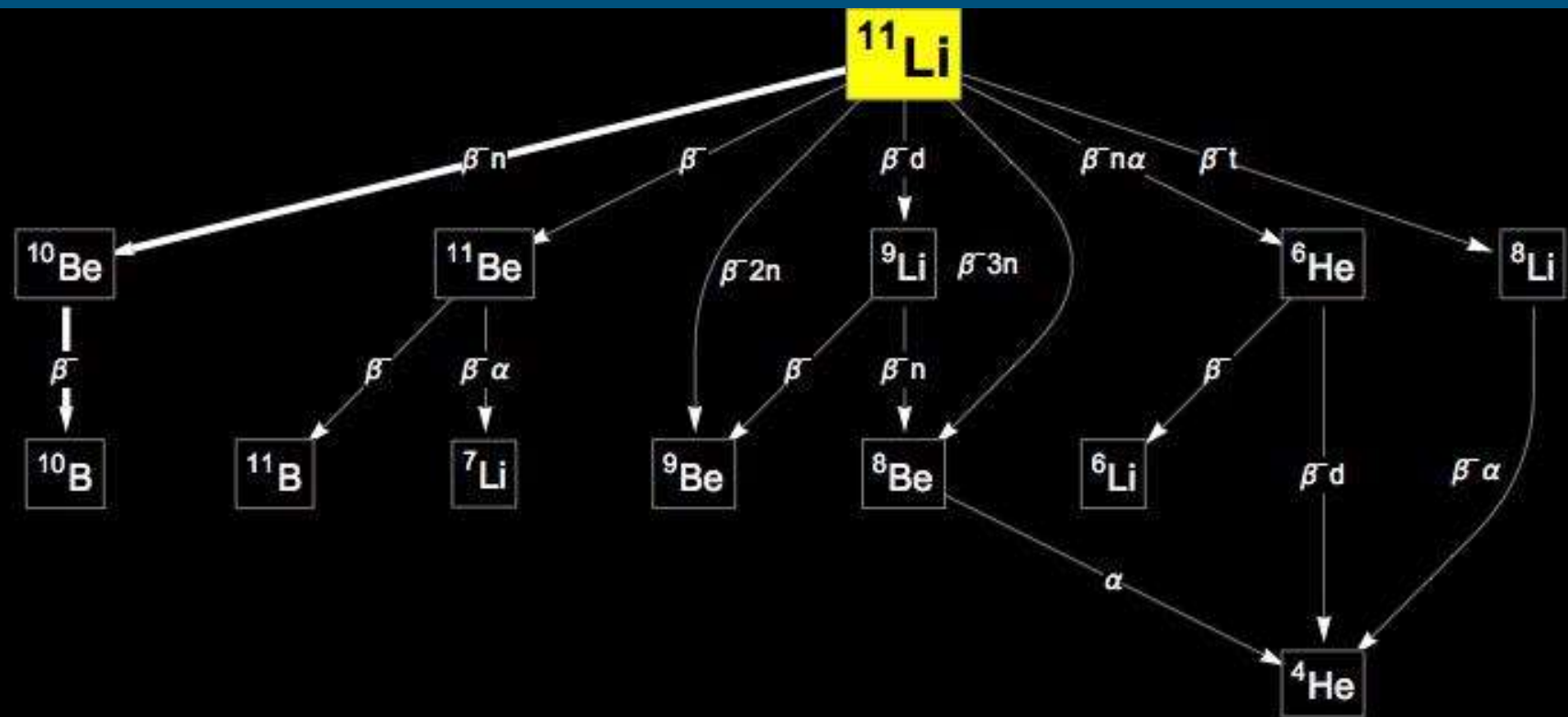
Neutron-glória: Könnyű atommagoknál,

1-2 lazán neutron az atommag felszínén.

Neutronbőr: Nehezebb atommagok felszínén,

több neutron egyenletesen.





Sokneutronos atommagok

Név	A	Z	N	$T_{1/2}$
Hidrogén	3	1	2	12.32 év
Hélium	8	2	6	119 ms
Lítium	11	3	8	8,59 ms
Berillium	14	4	10	4,35 ms
Bór	17	5	12	5,08 ms
Szén	22	6	16	6,2 ms
Nitrogén	23	7	16	14,5 ms
Oxigén	24	8	16	65 ms
Fluor	31	9	22	250 ns
Neon	34	10	24	60 ns

Buborékszerkezet

- Héjmodell teszi lehetővé
- s és egy felette lévő állapot inverziója: pl $2s_{1/2}$ & $1d_{3/2}$ vagy $3s_{1/2}$ & $1h_{11/2}$
- Nehezebb atommagokban: Coulomb-taszítás
- Mágikus számok környékén
 - N mágikus: protonbuborék, izotónok
 - Z mágikus: neutronbuborék, izotópok
- Mérése: DF (depletion fraction)
 - $DF = (\rho_{\max} - \rho(r=0)) / \rho_{\max}$
 - ρ_{\max} : maximum töltéssűrűség
 - $\rho(r=0)$: centrumban levő töltéssűrűség

Buborékszerkezet

- Akadályozó hatások
 - Magas hőmérséklet ($T > 3-4$ MeV)
 - Izospin, neutronszám növelése
- Erősítő hatások:
 - s pálya ($l = 0$) kiürülése
 - minél nagyobb l pályák veszik körbe
 - Coulomb-taszítás, protonszám növelése

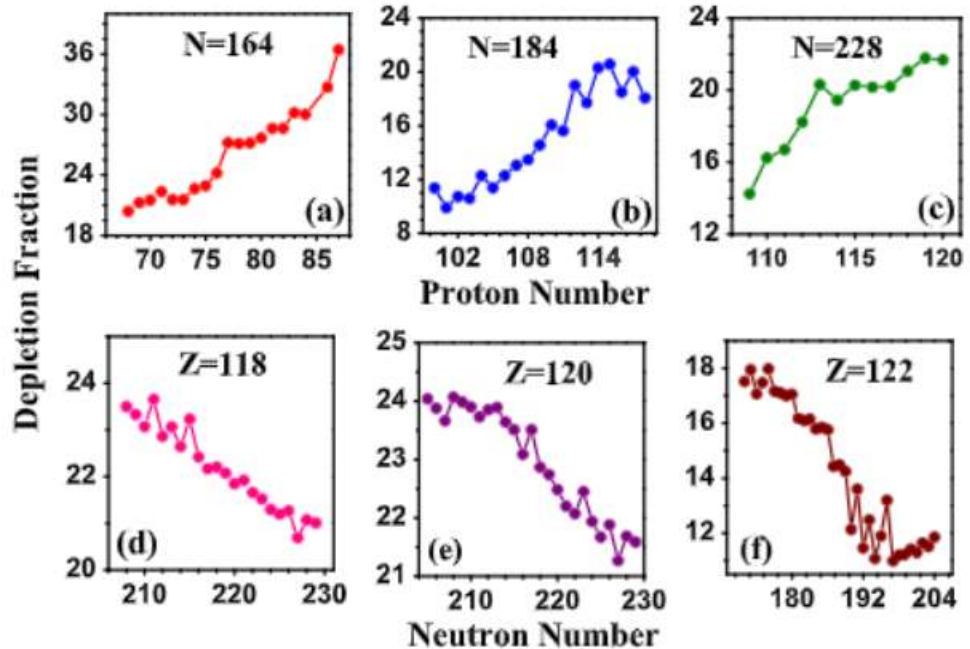


Fig. 7. Variation of DF vs. Z for $N =$ (a) 164, (b) 184 and (c) 228 isotones. DF vs. N for $Z =$ (d) 118, (e) 120 and (f) 122 isotopes.

Buborékszerkezet

- Mért adatok Mágikus számok izotónjaira

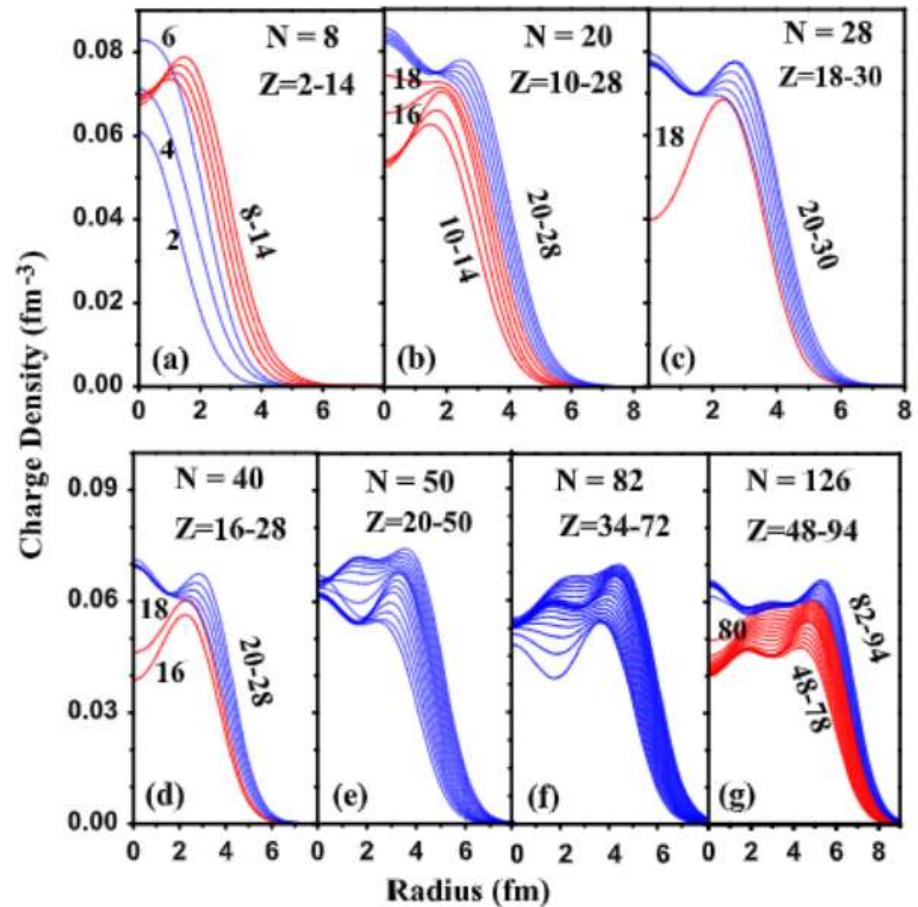


Fig. 2. Charge density vs. radius for $N = 8, 20, 28, 50, 82, 126$ isotones. Numbers on curves represent proton number. Red lines denote central depletion and blue represent undepleted density.

Források:

https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-empirical_mass_formula

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0064_16_kiserleti_magfizika/ar01.html

<https://web.archive.org/web/20090920043108/http://www.eet.bme.hu/~gyuri/fazekas/HorvathA.pdf>

<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.82.027301>

https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_drip_line

https://en.wikipedia.org/wiki/Halo_nucleus

<https://periodictable.com>

Források:

- [G. Saxena et al: Bubble structure in magic nuclei, Physics Letters B 788 \(2019\)](#)
- [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-97332004000500011](#)

Köszönöm a figyelmet!