

Egzotikus atommagok

Magfizika szeminárium

2019. 10. 17.

Mit tudunk az atommagokról?

- Protonokból és neutronokból állnak
- Jó közelítéssel gömb alakúak
- Célunk az összes létező/létrehozható atommag megismerése

Cseppmodell: Weizsäcker–Bethe-formula

$$E_B = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_A \frac{(N-Z)^2}{A} + \delta(A, Z)$$

Térfogati tag: erős kölcsönhatás (csak a szomszédokkal!)

Felületi tag: felületi feszültségből

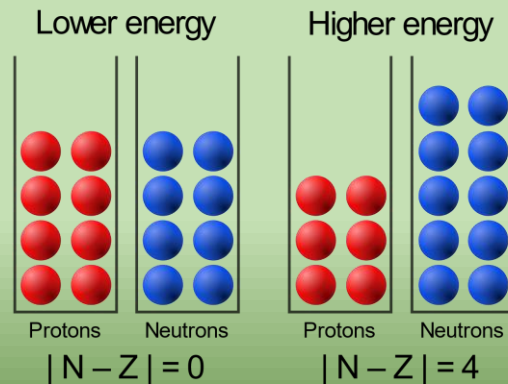
Coulomb-tag

Aszimmetria tag: Pauli-elvből

Párkölcsönhatási tag: spinek miatt

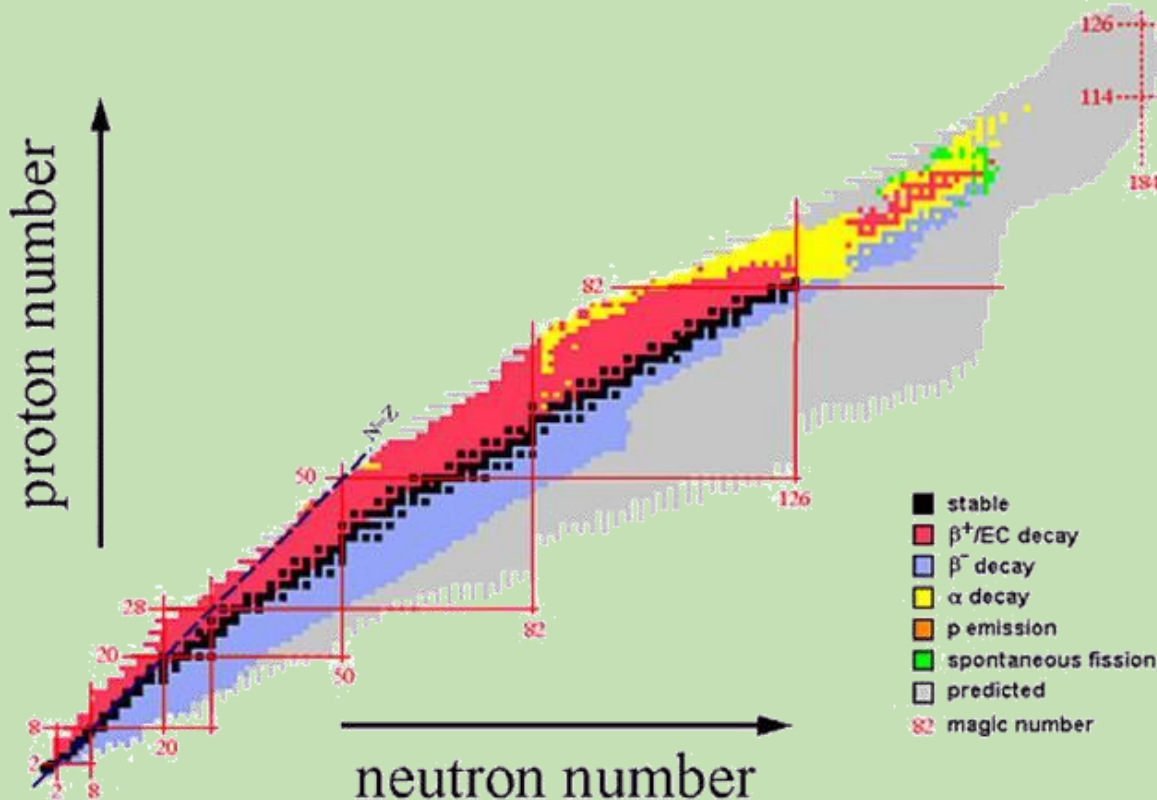
$A = 16$

Stabil magok: $Z \approx N$



Z és N is páros: pozitív
 Z és N is páratlan: negatív
 Egyébként 0

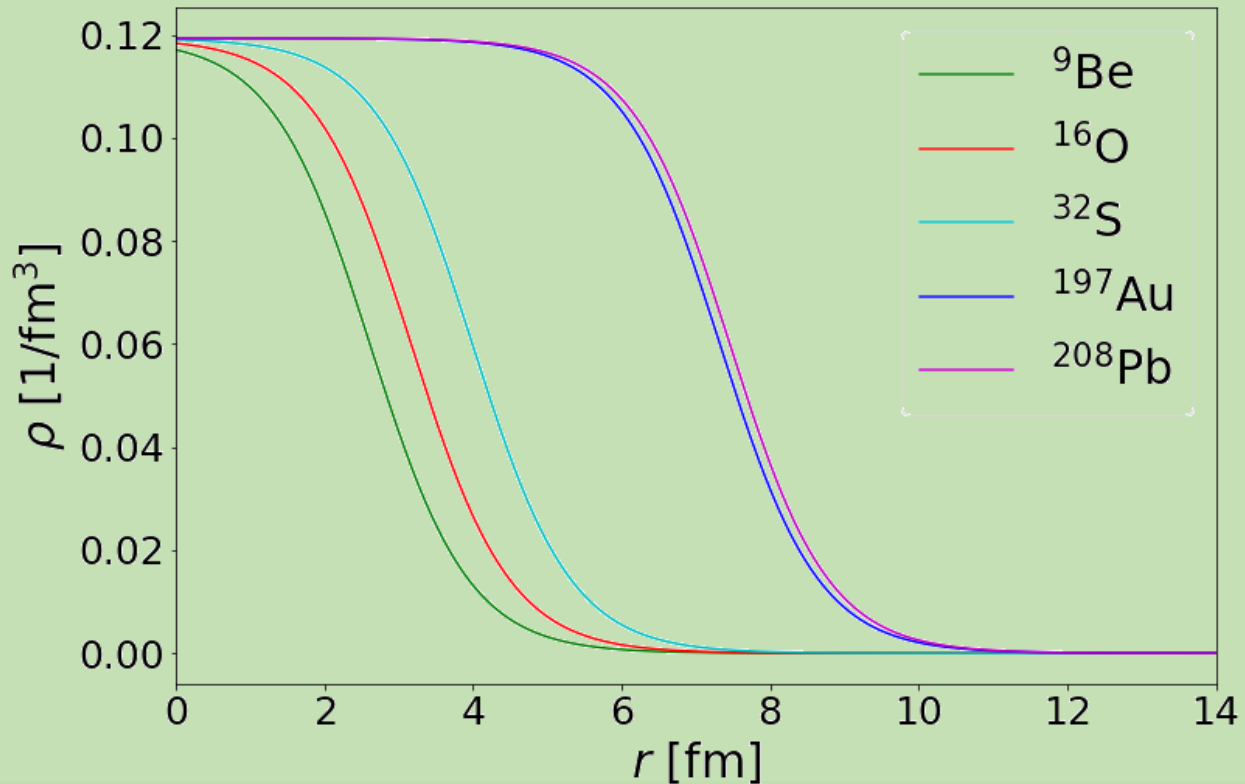
Atommagok stabilitása



- Instabilitás okai:
 - Ha $Z > N$: Coulomb-tag
 - Ha $N \gg Z$: aszimmetria tag
 - Ha a mag deformált: térfogati és felületi tagok
- Stabil magok: kicsit több neutron, mint proton
- Mágikus számok: teljesen betöltött héjak miatt

$$E_B = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_A \frac{(N-Z)^2}{A} + \delta(A, Z)$$

Stabil atommagok alakja



- Woods–Saxon-eloszlás:

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

$$R = 1,26 \text{ fm} \cdot A^{1/3}$$

$$a = 3 \text{ fm}$$

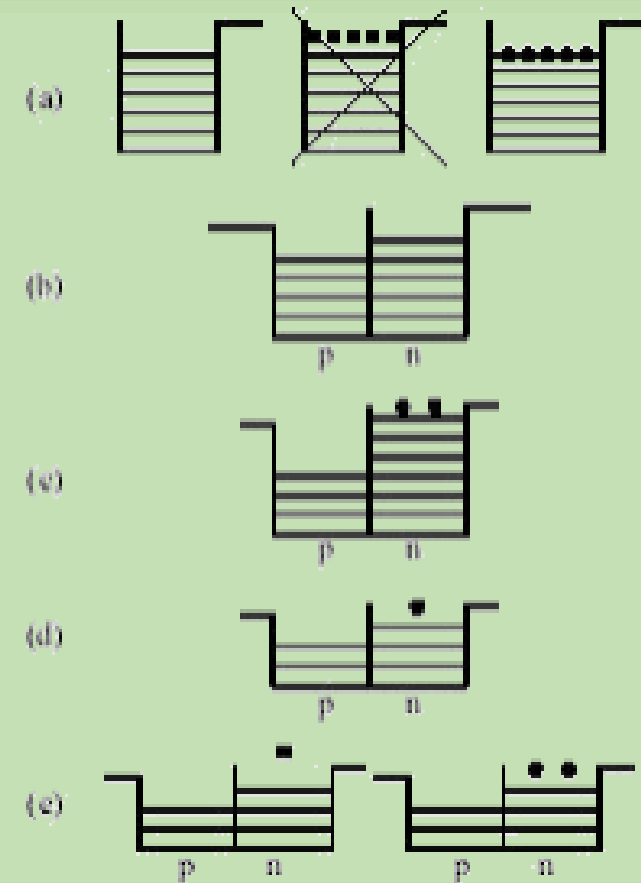
$$\rho_0 = \frac{A}{V} = \frac{3A}{4\pi R^3} = 0,12 \text{ fm}^{-3}$$

Egzotikus atommagok

- Szélsőséges neutron/proton arány
- Radioaktív nyalábok technikája
 - Periférikus ütközésekből maradnak vissza
- Jelenségek
 - Neutronglória (halo)
 - Buborék

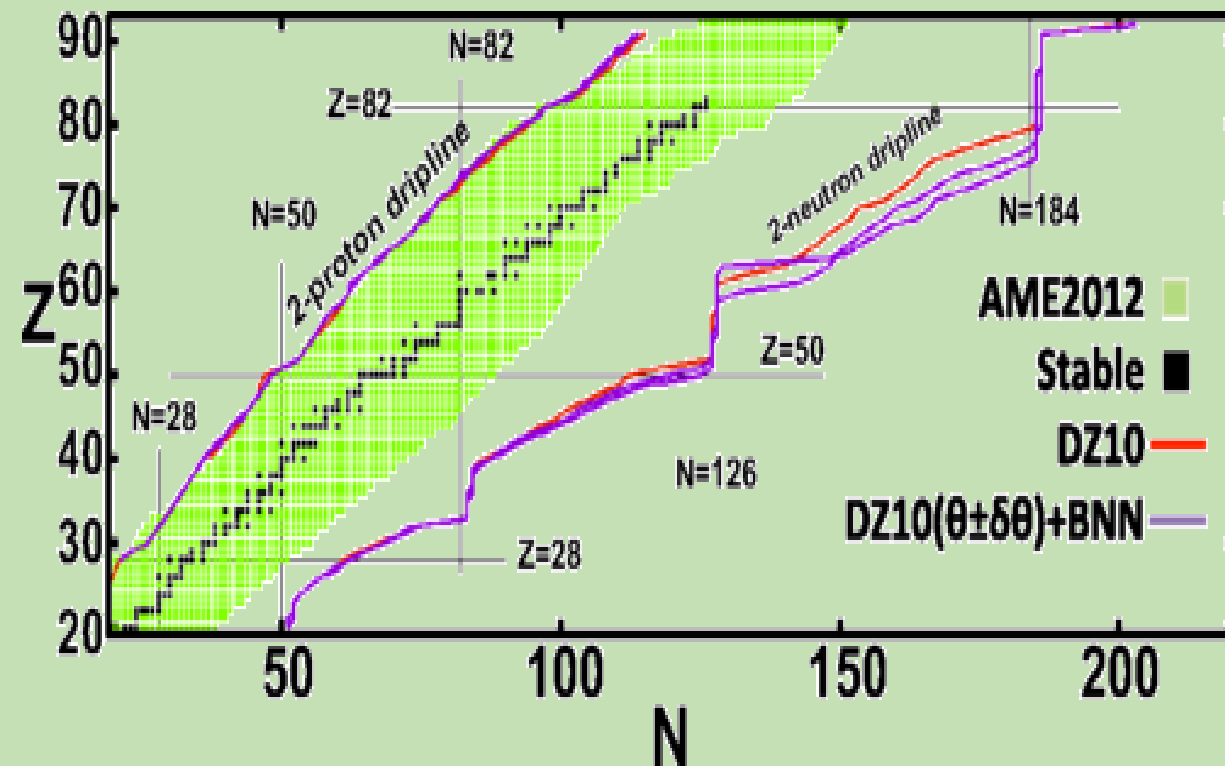
Neutronglória, neutronbőr

- Nagy energiájú, gyengén kötött neutronok
- Könnyű magoknál glória: (1)2 neutron nagy sugarú pályán
- Nehéz magoknál neutronbőr: több neutron egyenletesen elkenve



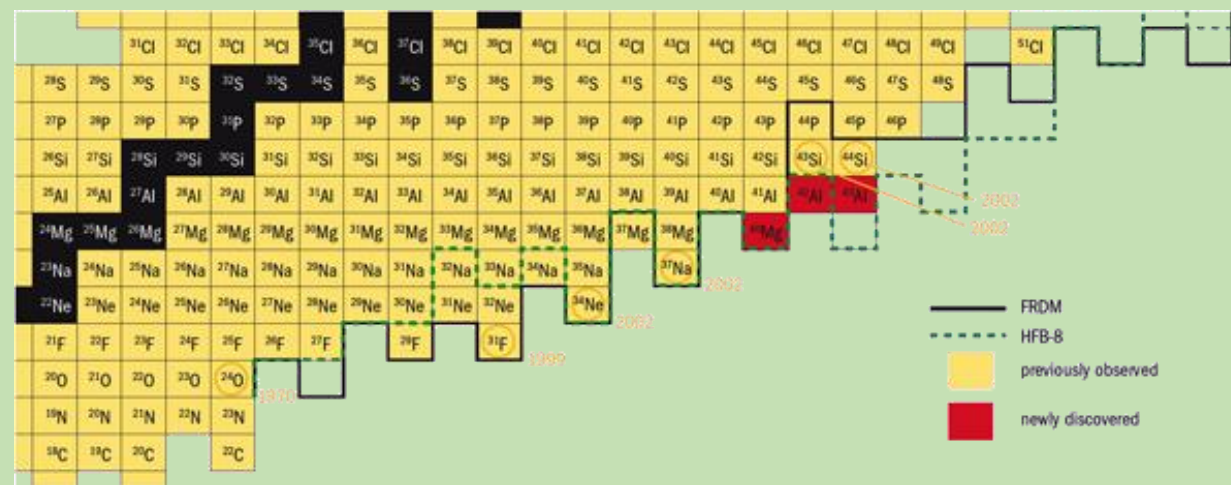
Nukleonleválási vonalak

- Az izotóptérkép széle
- Protonokra mindenhol ismert, neutronokra csak a neonig
- 1-es és 2-es leválási vonal



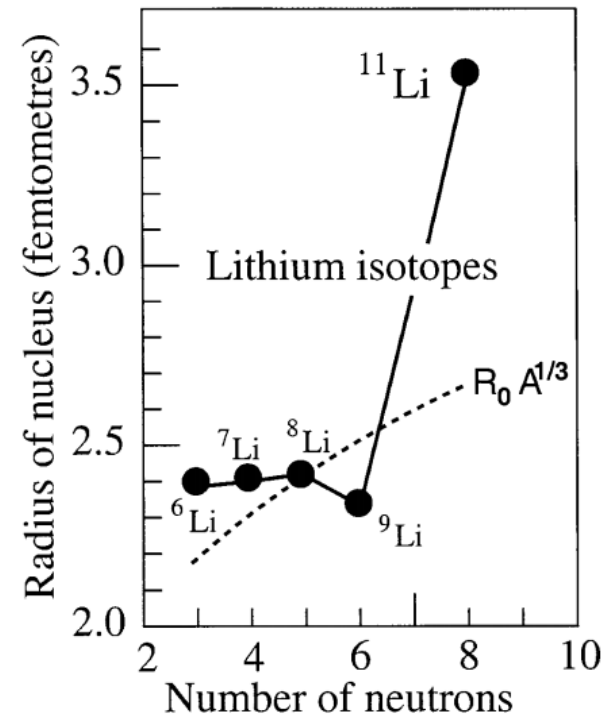
Nukleonleválási vonalak

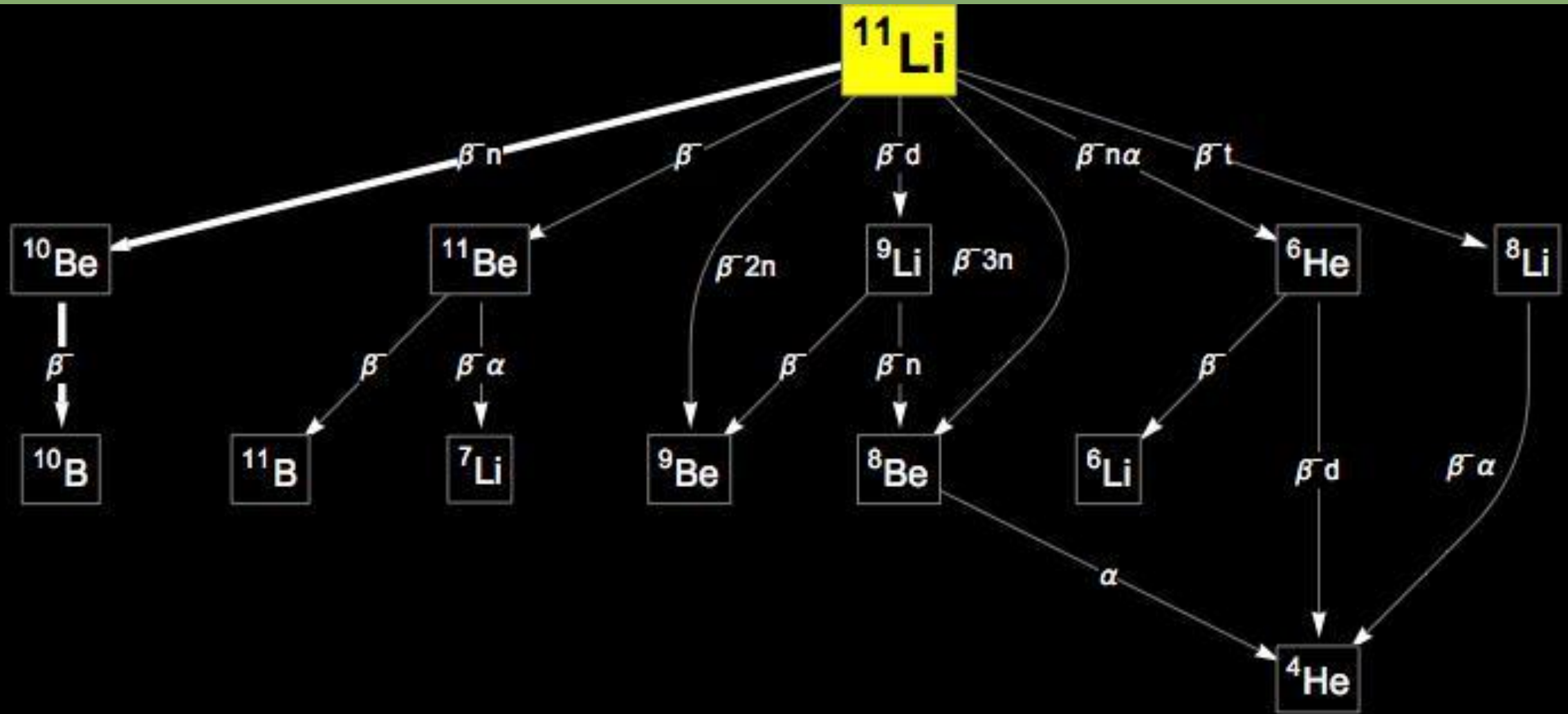
- Az izotóptérkép széle
- Protonokra mindenhol ismert, neutronokra csak a neonig
- 1-es és 2-es leválási vonal



Lítium

A	Z	N	$T_{1/2}$	r_E	r_N	S_{2n}	Bomlás
4	3	1	$7,6 \cdot 10^{-23}$ s				${}^4\text{Li} \rightarrow {}^3\text{He} + p$
6	3	3	-				-
7	3	4	-				-
8	3	5	838 ms				${}^8\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be} + e^- + \bar{\nu}_e$ ${}^8\text{Be} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^4\text{He}$
9	3	6	178,3 ms				${}^9\text{Li} \rightarrow {}^9\text{Be} + e^- + \bar{\nu}_e$ ${}^9\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be} + e^- + \bar{\nu}_e + n$
10	3	7	$2 \cdot 10^{-21}$ s				${}^{10}\text{Li} \rightarrow {}^9\text{Li} + n$
11	3	8	8,59 ms	4 fm	16 fm	0,3 MeV	...





Generated by *Mathematica*
 © 2017 Theodore Gray

Egyéb sokneutronos magok

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	$2,5 \cdot 10^{-7} \text{ s}$
Neon	34	10	24	$6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

Buborék

- Mag sűrűsége kívül nagyobb, mint belül
- Oka:
 - s pálya kiürül
 - $l > 0$ pályáknak csomópontjuk van a középpontban
- Mágikus számoknál (8, 20, 28, 40, 50, 82, 126, 164, 184, 228)
 - Ha N mágikus, akkor protonbuborék, és fordítva

Buborék

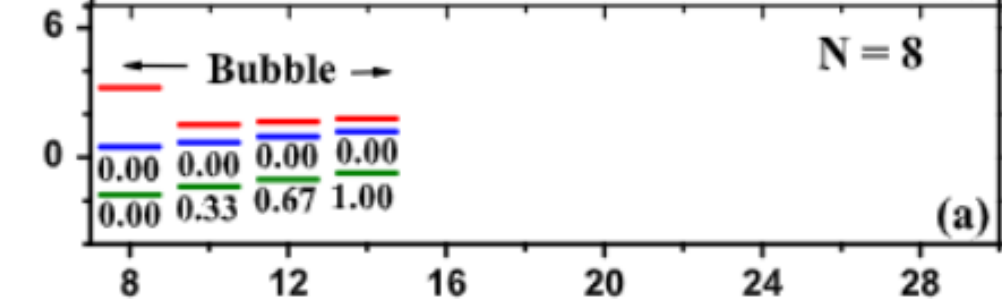
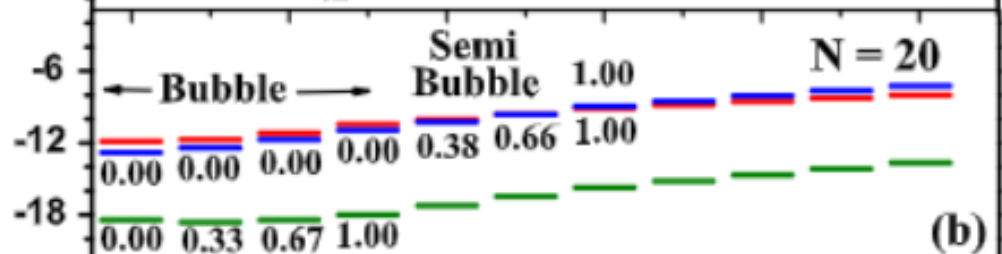
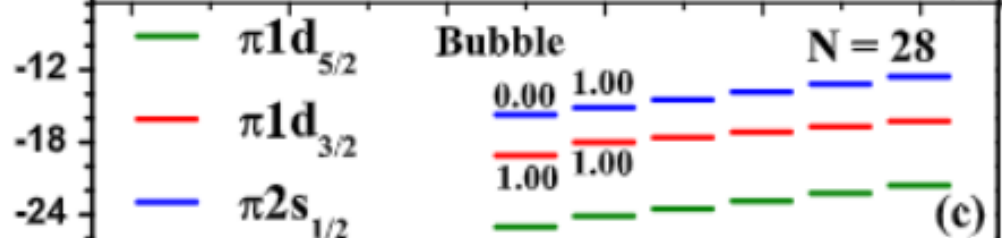
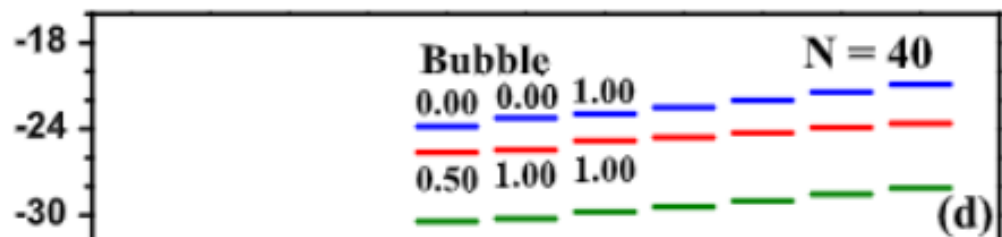
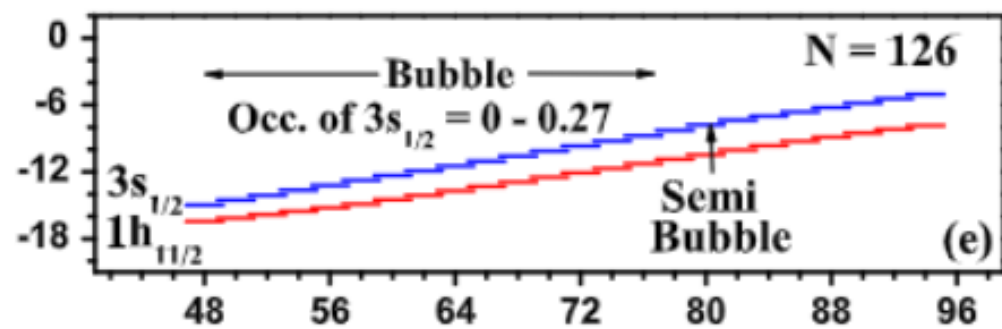
Kiváltó körülmények

- s pálya betöltetlensége
- Nagy energiájú $l > 0$ pályák
- Coulomb-taszítás
- Tenzor erő

Akadályozó körülmények

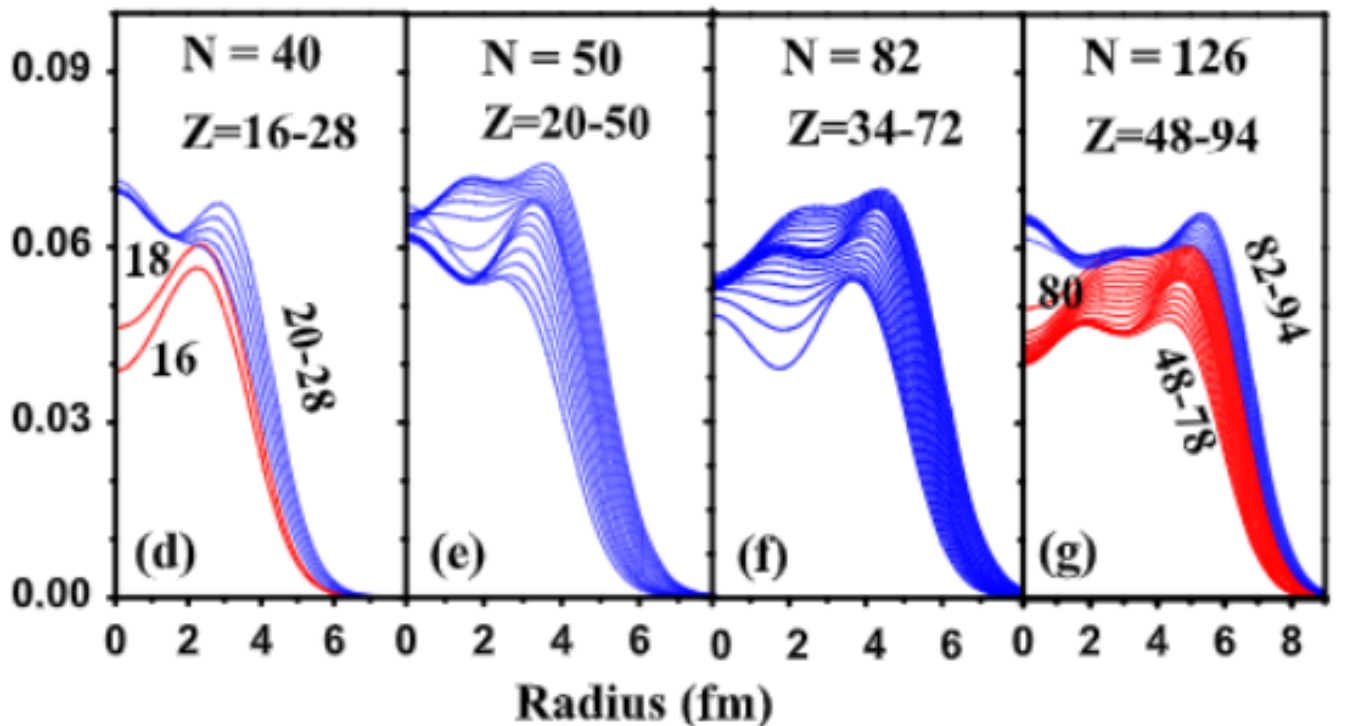
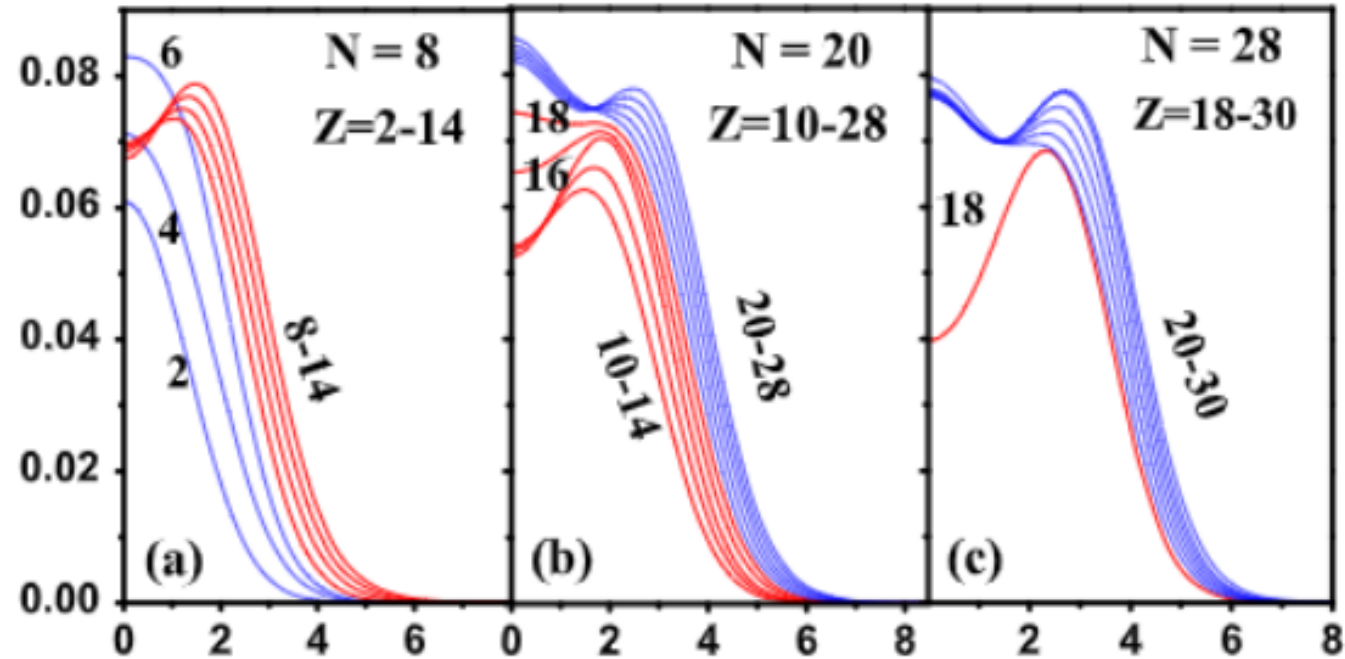
- Magas hőmérséklet ($T > 4 \text{ MeV}$)
- Korreláció az s és $l > 0$ pályák között
- Kvadrupól effektusok
- Neutronszám (izospin) növelése

Proton Single Particle Energy (MeV)



Proton Number Z

Charge Density (fm^{-3})



Radius (fm)

Felhasznált irodalom

- Horváth Ákos: Az egzotikus atommagok szerkezete
- N. Schwierz, I. Wiedenhöver, and A. Volya: Parameterization of the Woods-Saxon Potential for Shell-Model Calculations, arXiv:0709.3525 (2007)
- Lovas Rezső: GLORIA IN EXCELSIS, Fizikai Szemle 2004/9.
- G. Saxena et al: Bubble structure in magic nuclei, Physics Letters B 788 (2019)
- periodictable.com
- Wikipédia