

KALANDOZÁSOK EGZONUKLANDON

Kunné Sohler Dorottya
MTA Atomki

2018. 11. 19.

Fizikus Napok – MTA Atomki, Debrecen

Mit jelent Egzonukland neve?

Egzonukland:

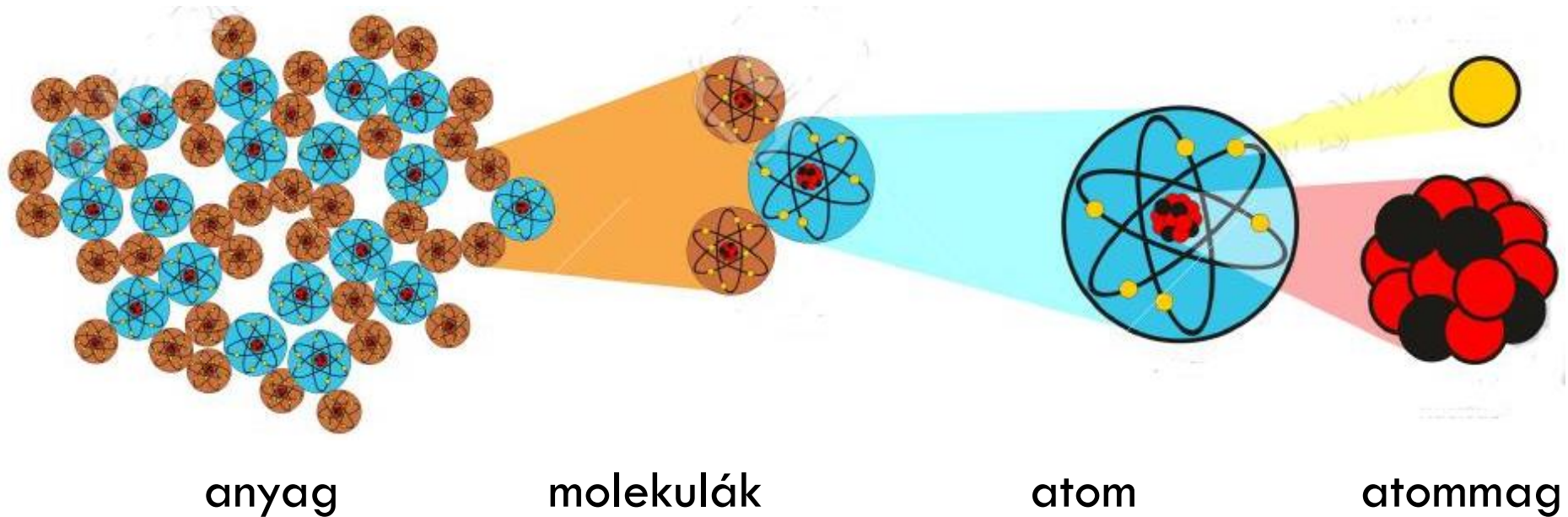
egzo → egzotikus

nuk → a nukleusz, vagyis az atommag

land → sok nyelvben földet, országot jelent

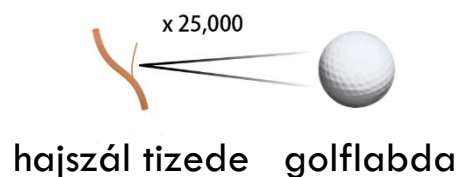
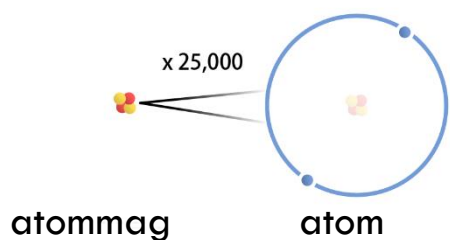
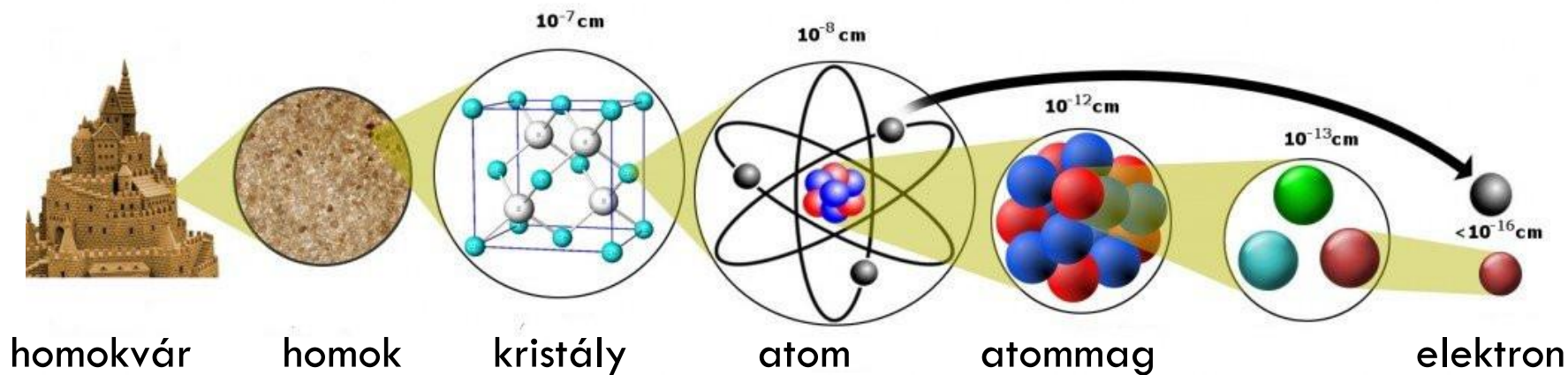
a különleges atommagok földjére kirándulunk

Hol vannak az atommagok?

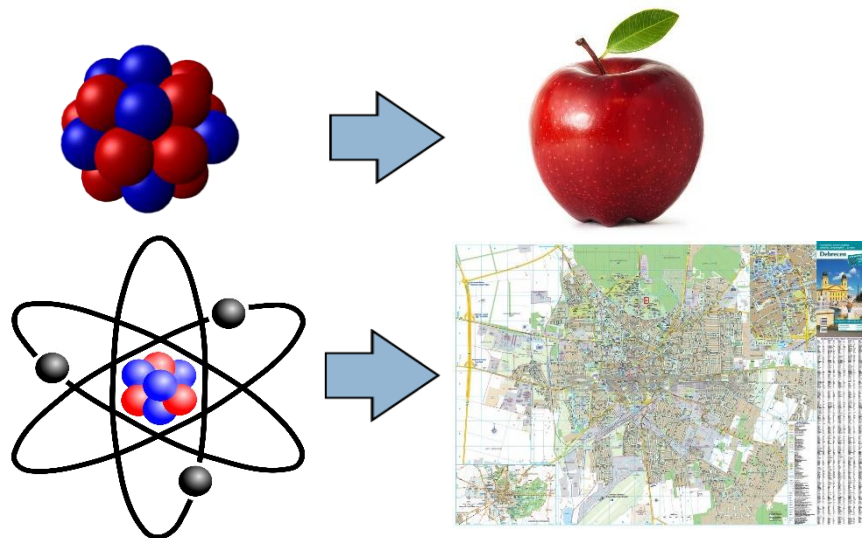


Az atommagok mindenütt jelen vannak

Mekkorák az atommagok?



vagy

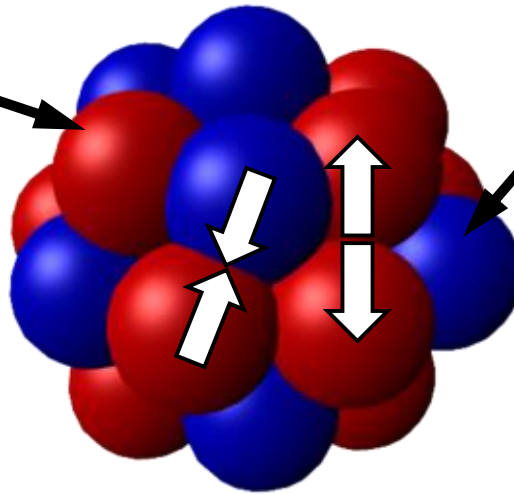


Az atommagok nagyon kicsik

Mi alkotja az atommagot?

proton

- proton szám=rendszám Z
- kémiai elemet határozza meg
- elektromágneses taszítás



neutron

- tömegszám = $Z + N$
- izotópot határozza meg
- Nukleonok között hat az erős, vonzó kölcsönhatás
- kompenzálják a protonok taszító kölcsönhatását

Az atommagon belüli távolságok esetén (kb. 10^{-15} m) az elektromos taszítóerő két proton közt ~ 100 N

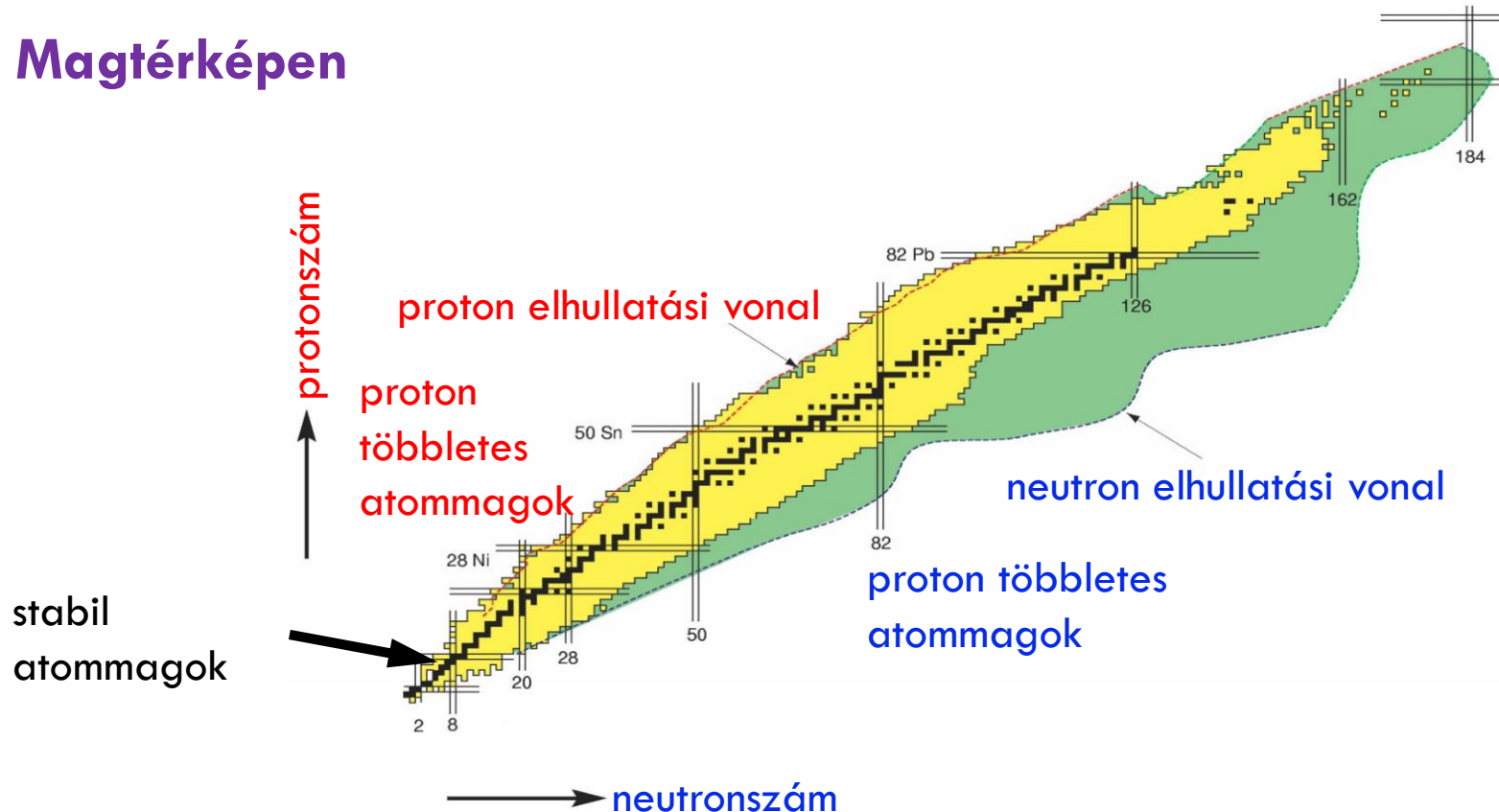


A nukleonok közt ható erős kölcsönhatás kb. százszorosa ennek.



Milyen térképen keressük az atommagokat?

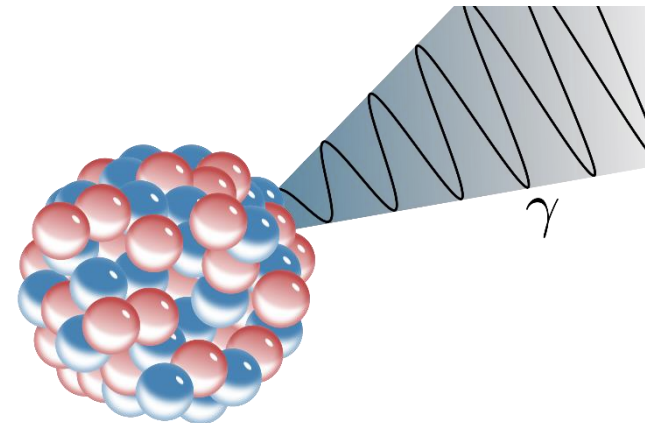
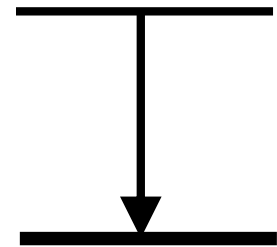
Magtérképen



- Stabil atommagok száma: kb. 200
- Idáig felfedezett: kb. 3600
- Létezik: kb. 6000

Az atommagok lelkiállapotai

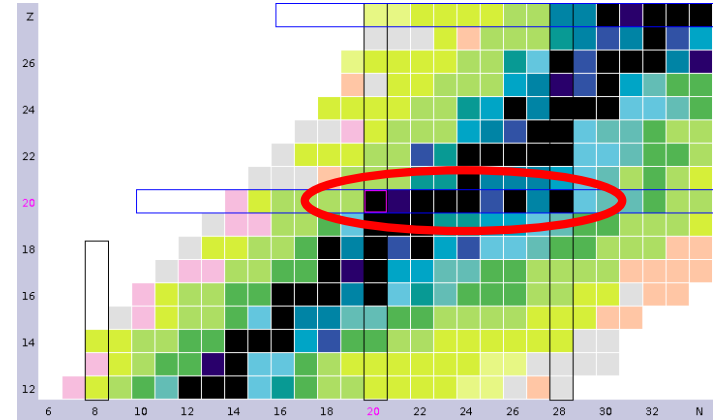
- „Nyugiban” van az atommag: alapállapot
- „Zizi, nem bír magával”: magasabb energiájú gerjesztett állapot
- Nem túl magas energián elektromágneses sugárzás, gamma-foton kibocsátásával kerül vissza alapállapotba az atommag.
- Energiája: $\sim 50 \text{ keV}$ – több MeV a fény energiájának 10^4 - 10^6 -szorosa



A „nemes” atommagok

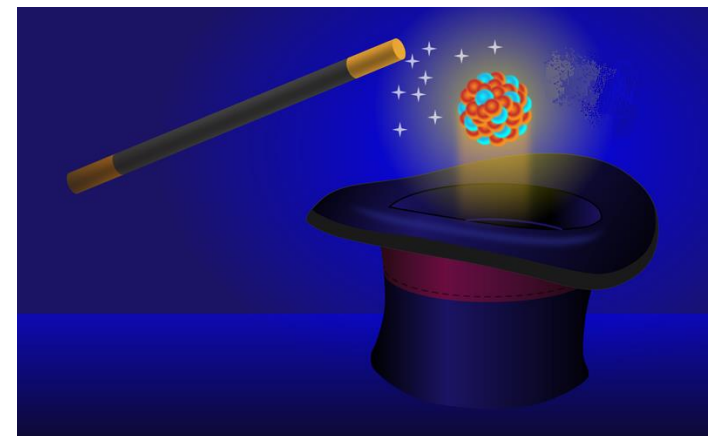
Vannak atommagok:

- amelyekből különösen sok van
- különösen stabilok
- nehezen választható le róluk egy proton vagy neutron
- nehezen gerjeszthetőek
- Gömbölyűek



Mágikus atommagok

Wigner Jenő



Mitől mágikusak ezek az atommagok?

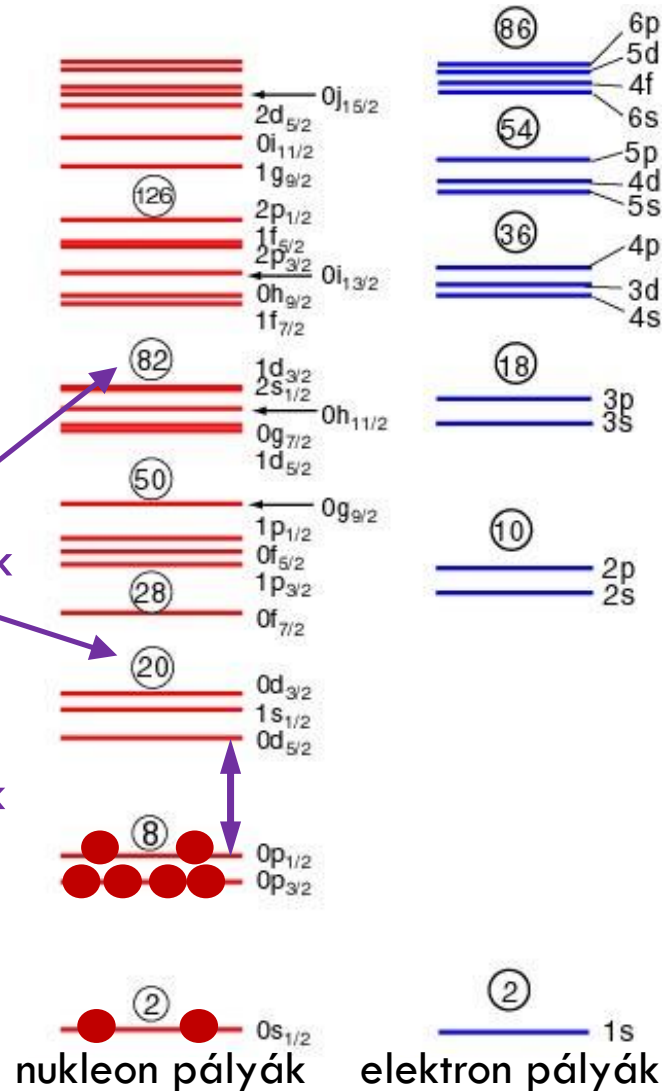


Maria Goeppert-Mayer Hans Jensen

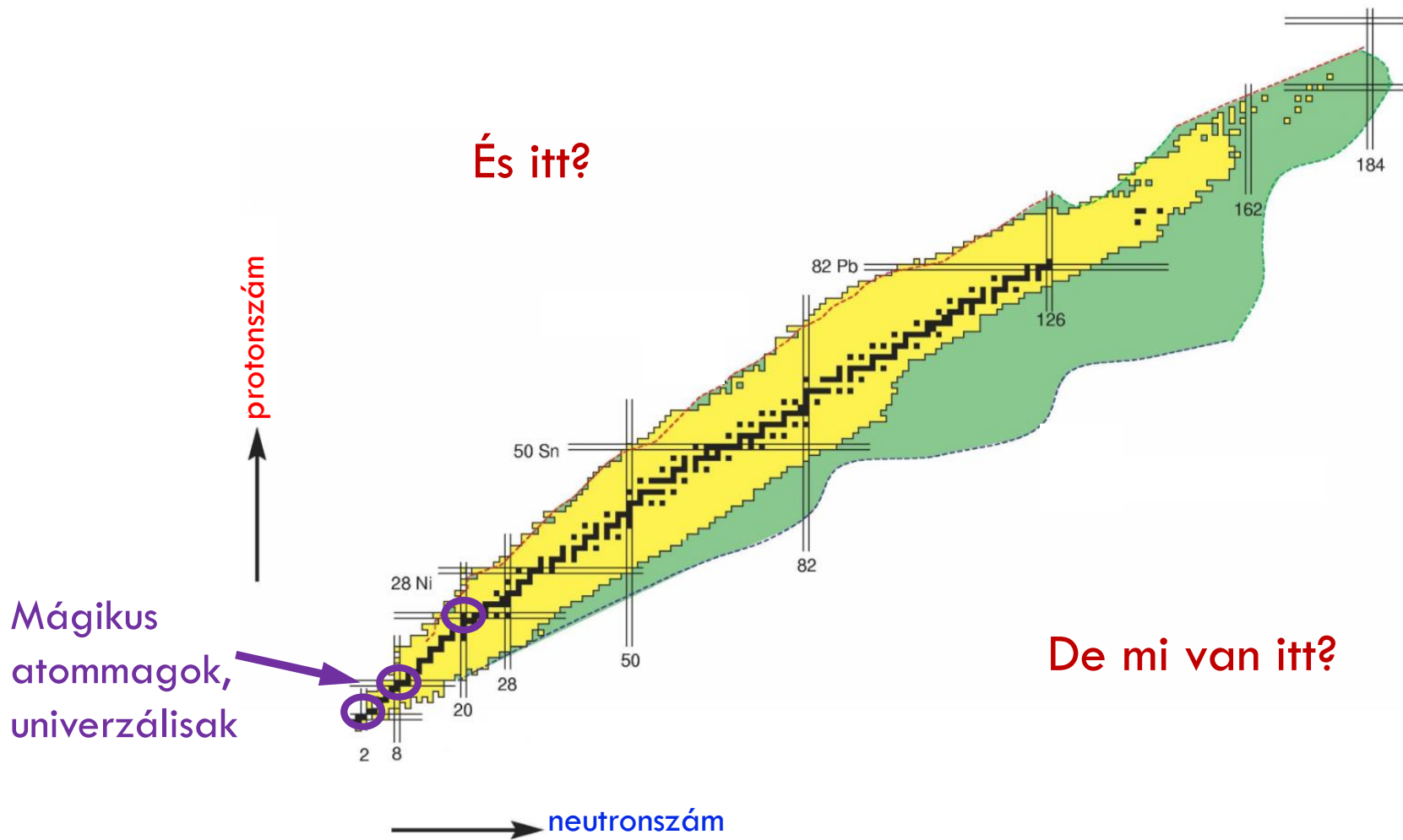
Az atomi elektronokhoz hasonlóan az atommagokban a protonok és a neutronok különböző energiaszinteken, pályákon helyezkednek el és ezek a szomszédos pályák csoportosulva héjakat alkotnak.

Mágikus számok

Zárt héjak



Mitől mágikusak ezek az atommagok?



Hogyan hergeljük az atommagot?

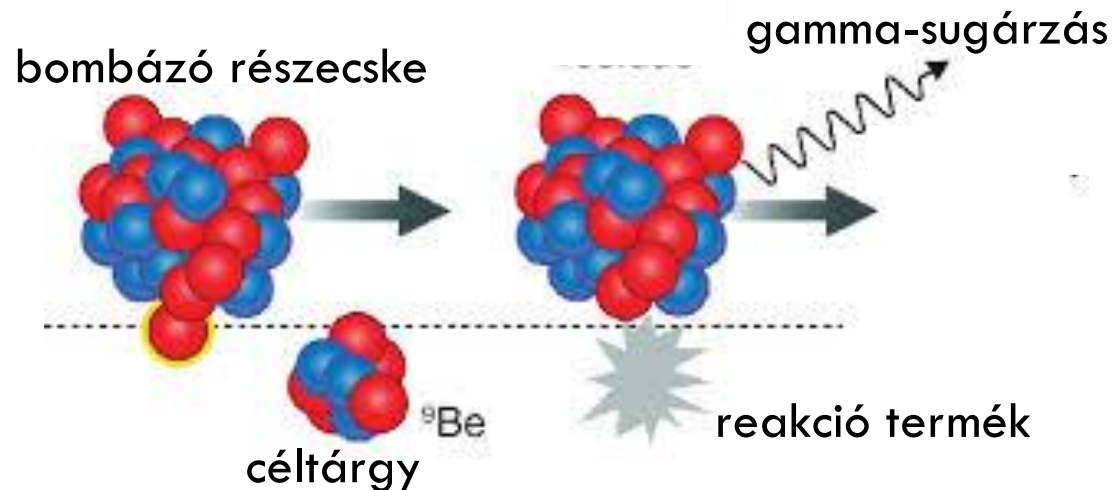
A mágikus atommagok felkutatásához az egzotikus neutron/proton számú atommagok szerkezetét kell vizsgálni, meghatározni a formájukat, megtalálni a gerjesztett állapotait.

Hogyan közölünk energiát az atommagokkal?

➤ Melegítsük?

1 fokkal melegítve 10^{-4} eV energiát tudunk az atommaggal közölni. De nekünk ~ 100 keV, $1000 \text{ keV} = 1 \text{ MeV}$ kell, ennek kb. a milliárdszorosa kell, a Nap közepén levő hőmérséklet 100-szorosa, ezerszerese.

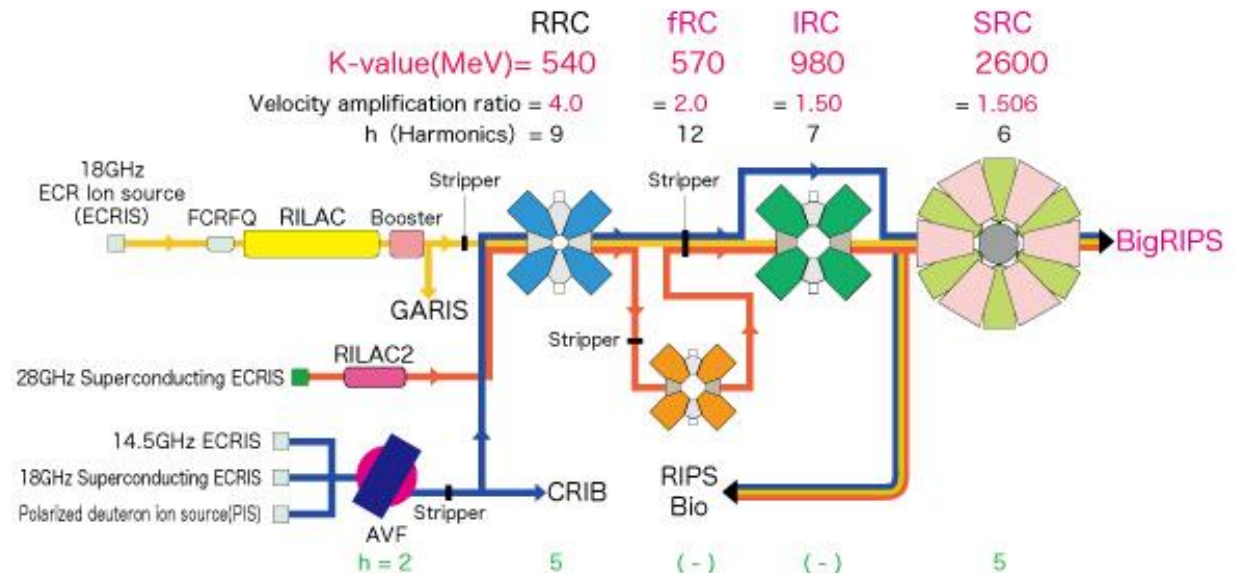
➤ **Végezzünk magreakciót!**



Radioaktív nyaláb gyorsítók

Magreakciókhoz **részecskegyorsítók** kelleneek!

Stabilitási vonaltól távoli atommagok vizsgálatához **radioaktív ionnyalábokat** szolgáltató berendezések kelleneek.



Atomki:
könnyű, töltött részecskék

Nishina Center, Riken, Japán:
rádioaktív nyaláb gyár

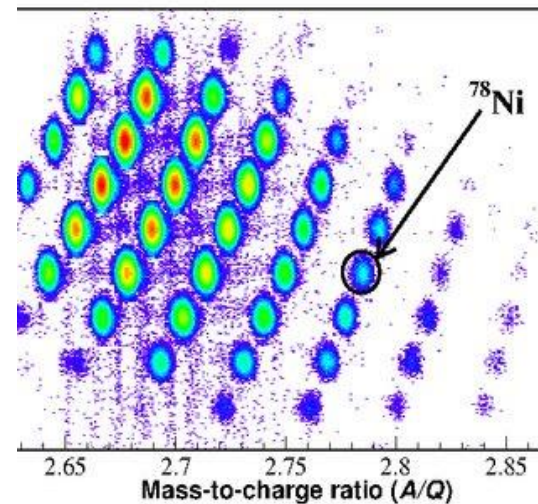
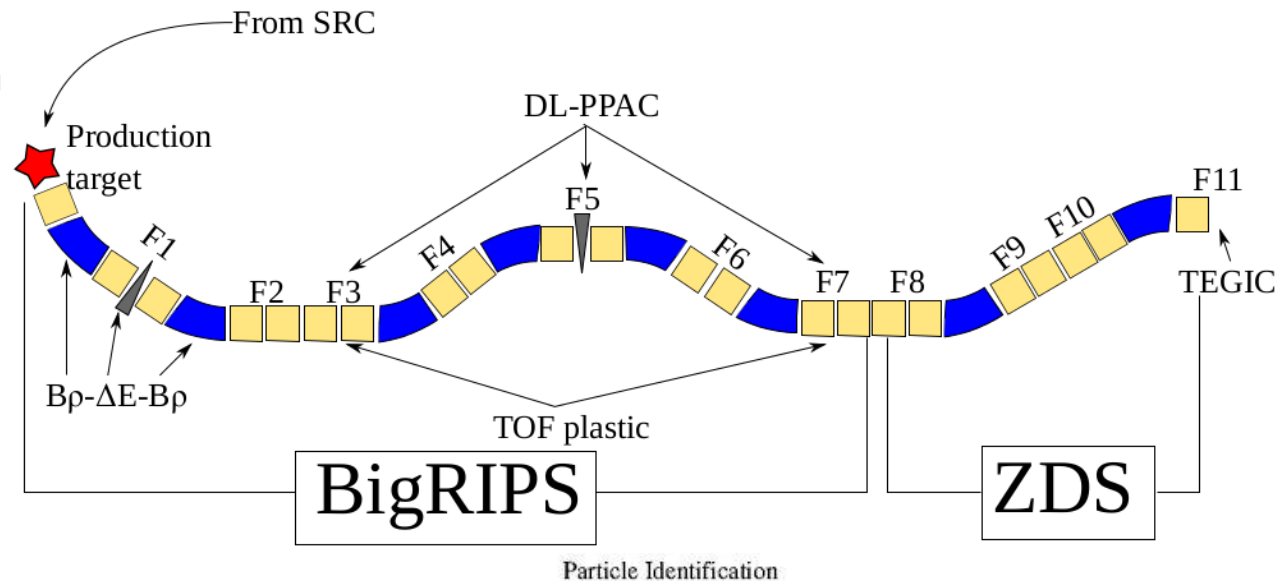
Radioaktív nyaláb gyorsítók

Radioaktív ionnyalábot szolgáltató berendezések:



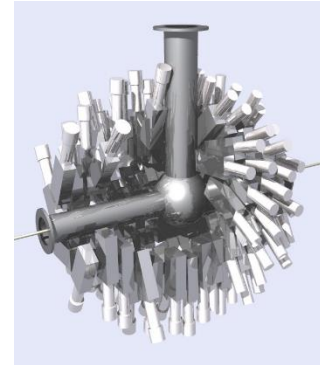
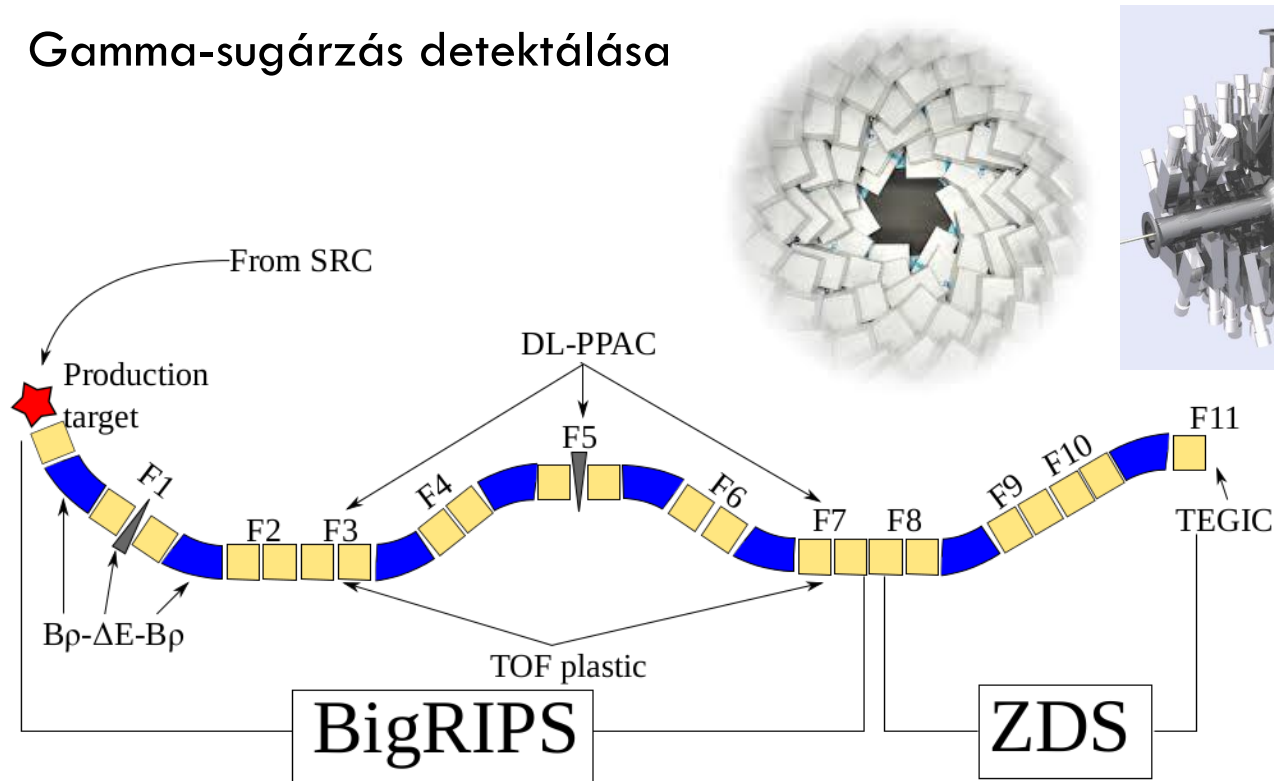
Radioaktív nyalábok

Nishina Center, Riken, Japán



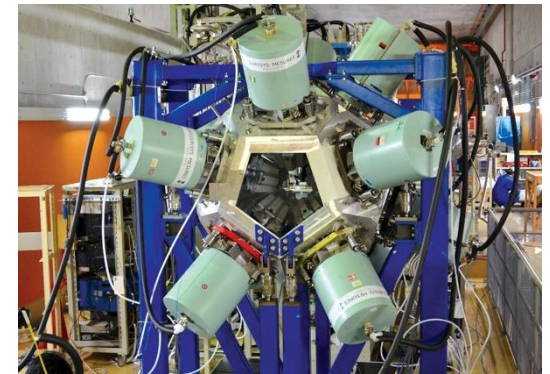
Radioaktív nyalábokon végzett kísérletek

Gamma-sugárzás detektálása



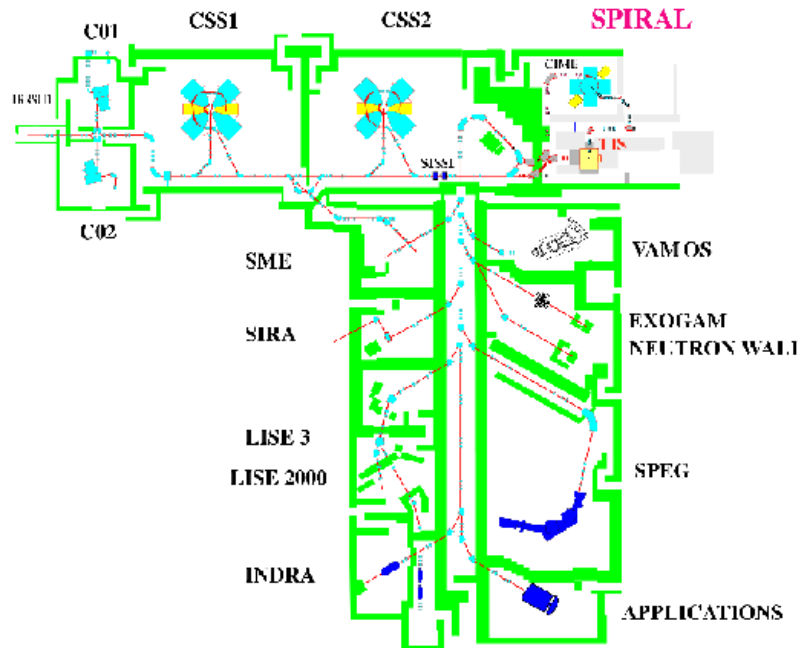
Napraforgó
kollaboráció

Eurica kollaboráció



Radioaktív nyalábok

SPIRAL, GANIL, Franciaország



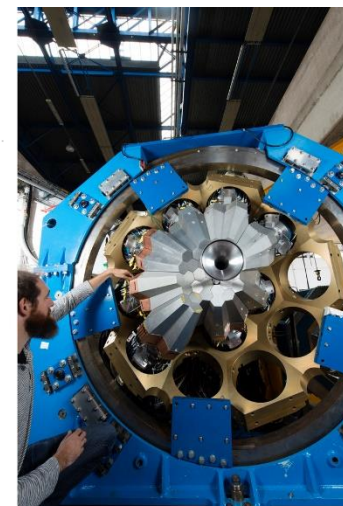
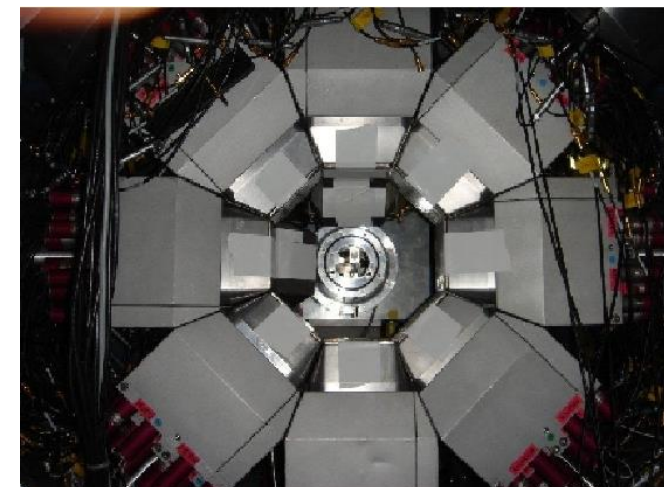
015-2017)

GANIL
Laboratoire commun CNRS-CEA-OSU

EXOGAM : VME-VXI - GANIL

2nd arm : VME-VXI - GANIL

SPIDER : VME-VXI - GANIL
DC : VME-VXI - GANIL
ChIO : VME - VXI - GANIL

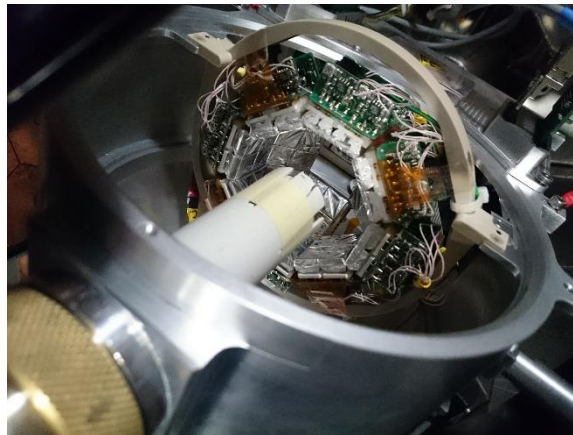


Gamma-sugárzás detektálása

Radioaktív nyaláb gyorsítók

Mivel tudunk mi hozzájárulni?

- Ötlettel
- Munkaerővel
- Végtermék és gamma detektorokkal: NeuLAND neutron detektor
CsI detektor
DIAMANT
AGATA detektor



Kísérletezés és adatfeldolgozás



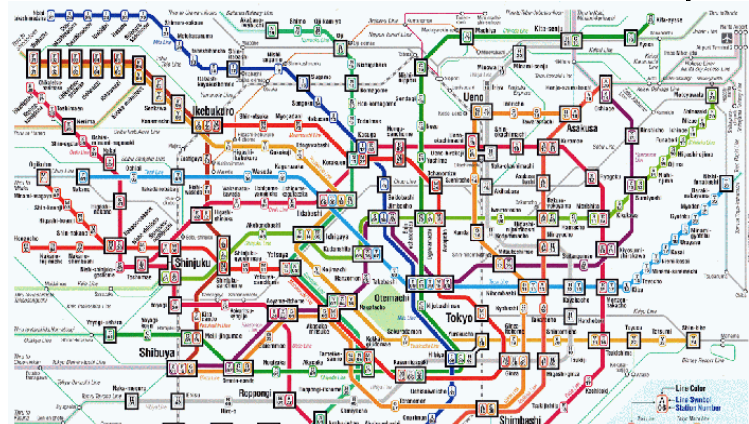
Kísérletek végzése és a kapott adatok feldolgozása 3-4 éves folyamat:

- Kollaborációban a mérés terv elfogadtatása
- A Program Tanácsadó testület előtt a mérésterv védése
- Nyalábidő megkapása
- Mérés elvégzése
- Adatok feldolgozása
- Eredmények elfogadtatása a kollaborációval
- Eredmények publikálása

A kalandok

Milyen más kihívásokkal találkozunk?

El kell jutnunk a külföldi laborokba, ami 5-8 átszállást és 12-24 óra utazást jelent



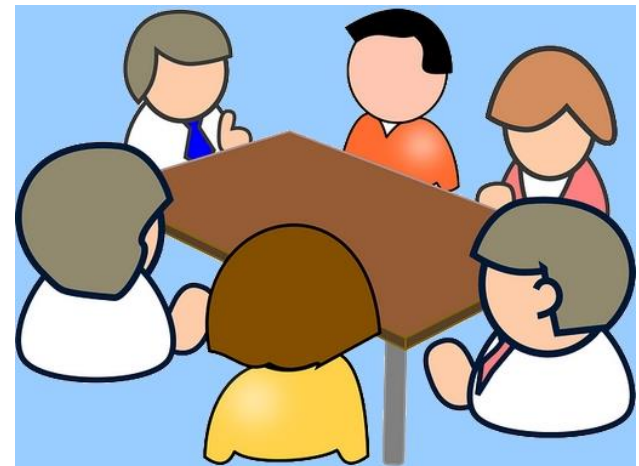
A kalandok

Milyen más kihívásokkal találkozunk?
Ha már ott vagyunk, végrehajtjuk a kísérletet....



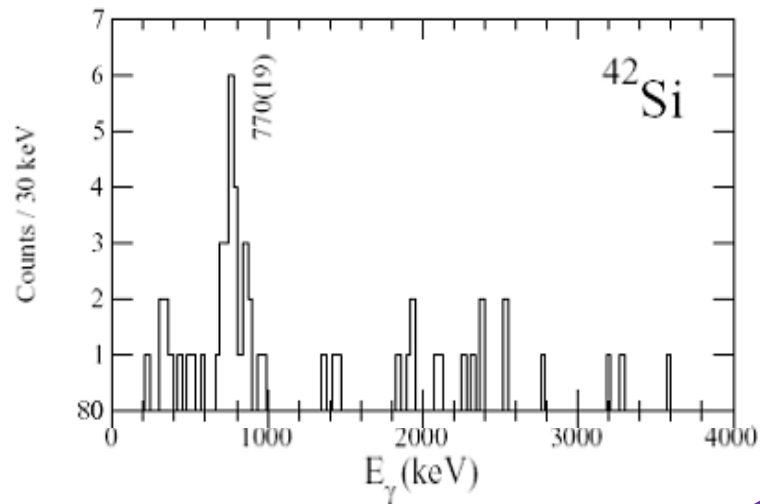
A kalandok

Szórakozás is van nyuszik hajkurászása az intézet parkjában, kagylókeresés az esős tengerparton és megbeszélések a konyhában.

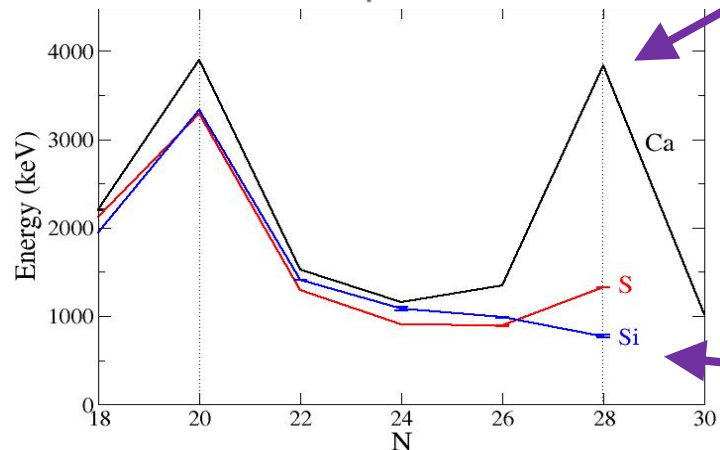


És mit találtunk?

Az $N=28$ mágikus neutronszám viselkedése



2 hét alatt kb. 20 beütés $\rightarrow$ elég ritka esemény

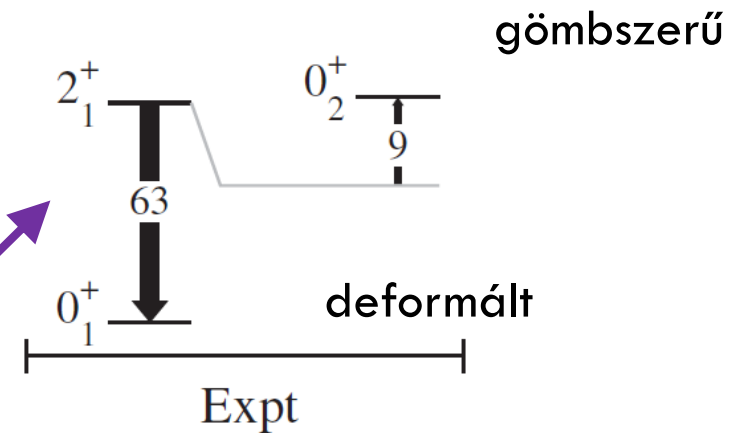
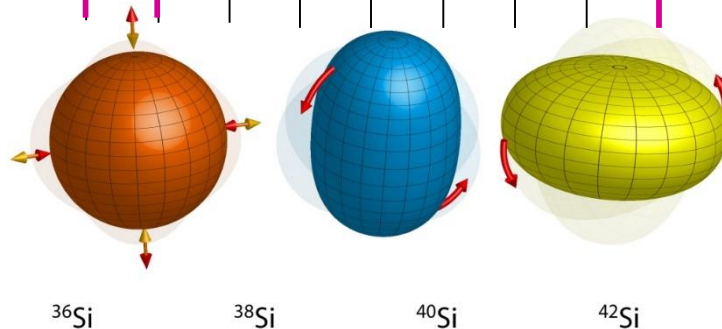
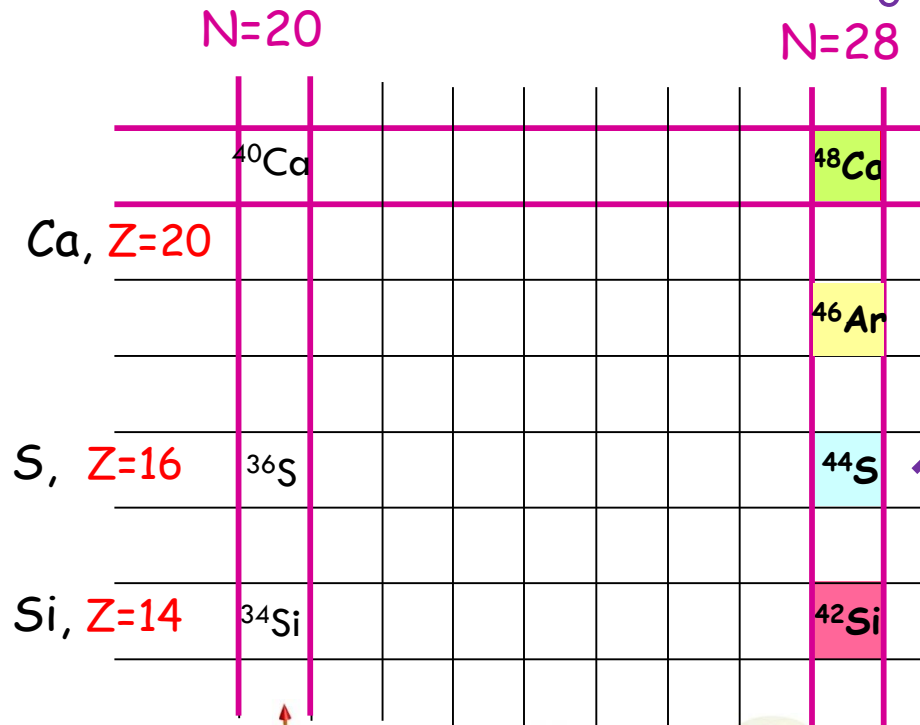


Nagy neutronszám/protonszám arányánál az $N=28$ mágikus neutronszám eltűnik!

És mit találtunk?

Mi történik a mágikus atommagokkal?

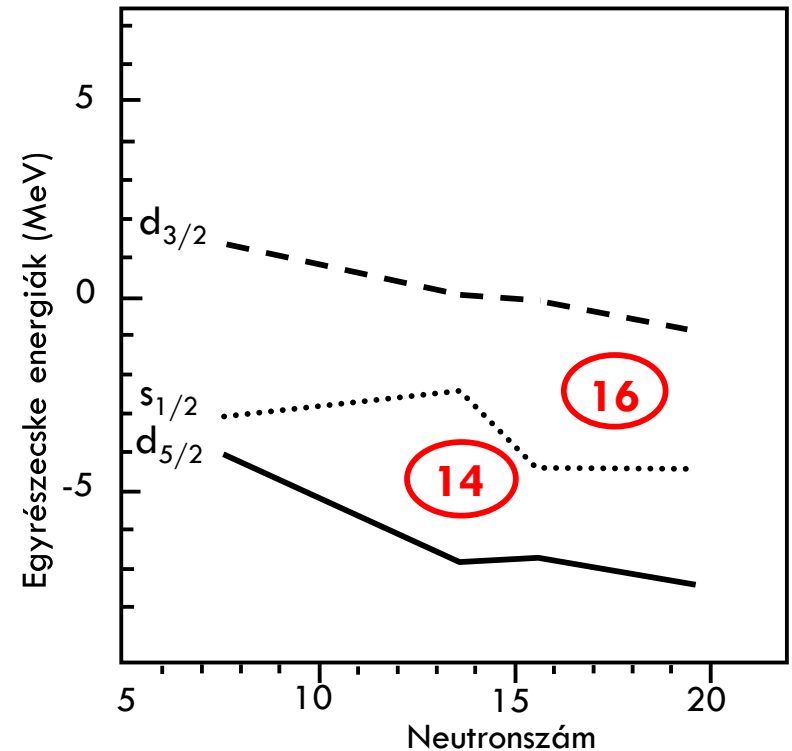
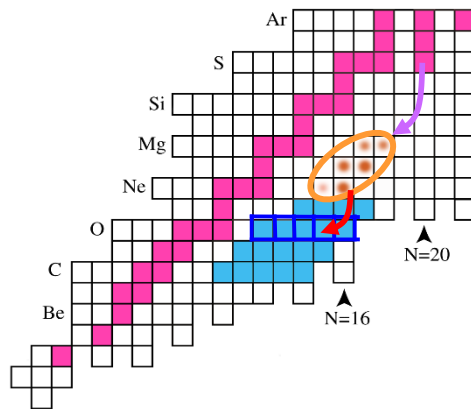
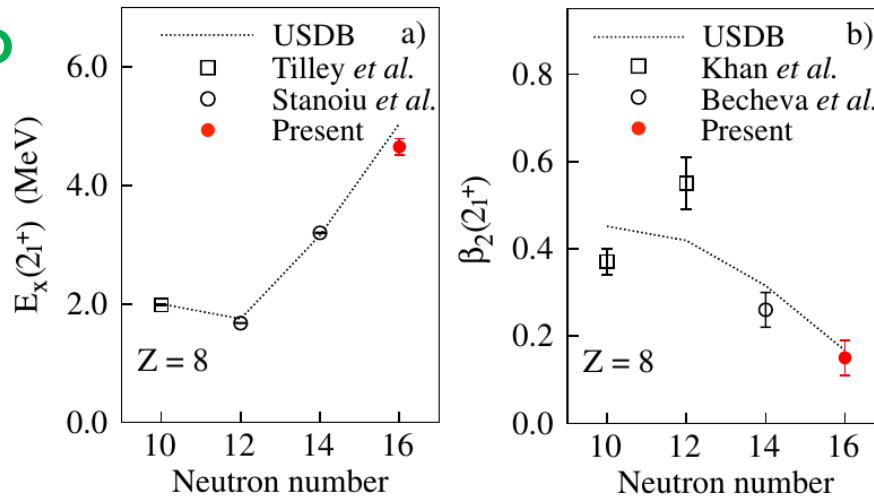
Mi történik a mágikus atommagokkal?



A gömbszerű és a deformált magalakhoz tartozó állapotok felcserélődnek és deformált szigetek alakulnak ki.

És mit találtunk? Hova tűnnek a mágikus számok és a mágikus atommagok?

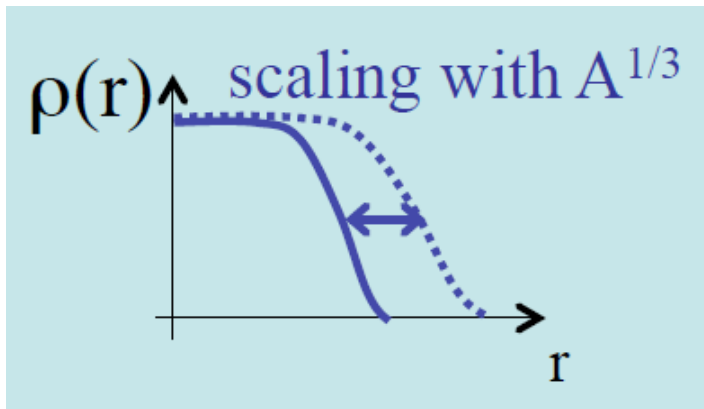
²⁴O



Új mágikus számok alakulnak ki és új mágikus atommagok tűnnek fel.

És mit találtunk?

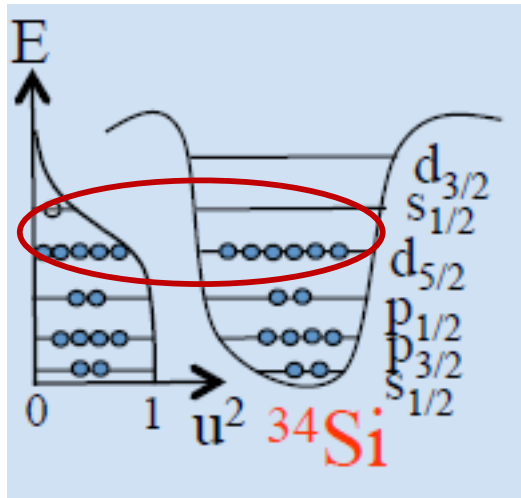
Buborékmag: ^{34}Si



Állandó nukelonsűrűség az atommag közepén a véges hatótávolságú magerők telítődése miatt.



Nem létezhet buborékszerkezet az atommagban



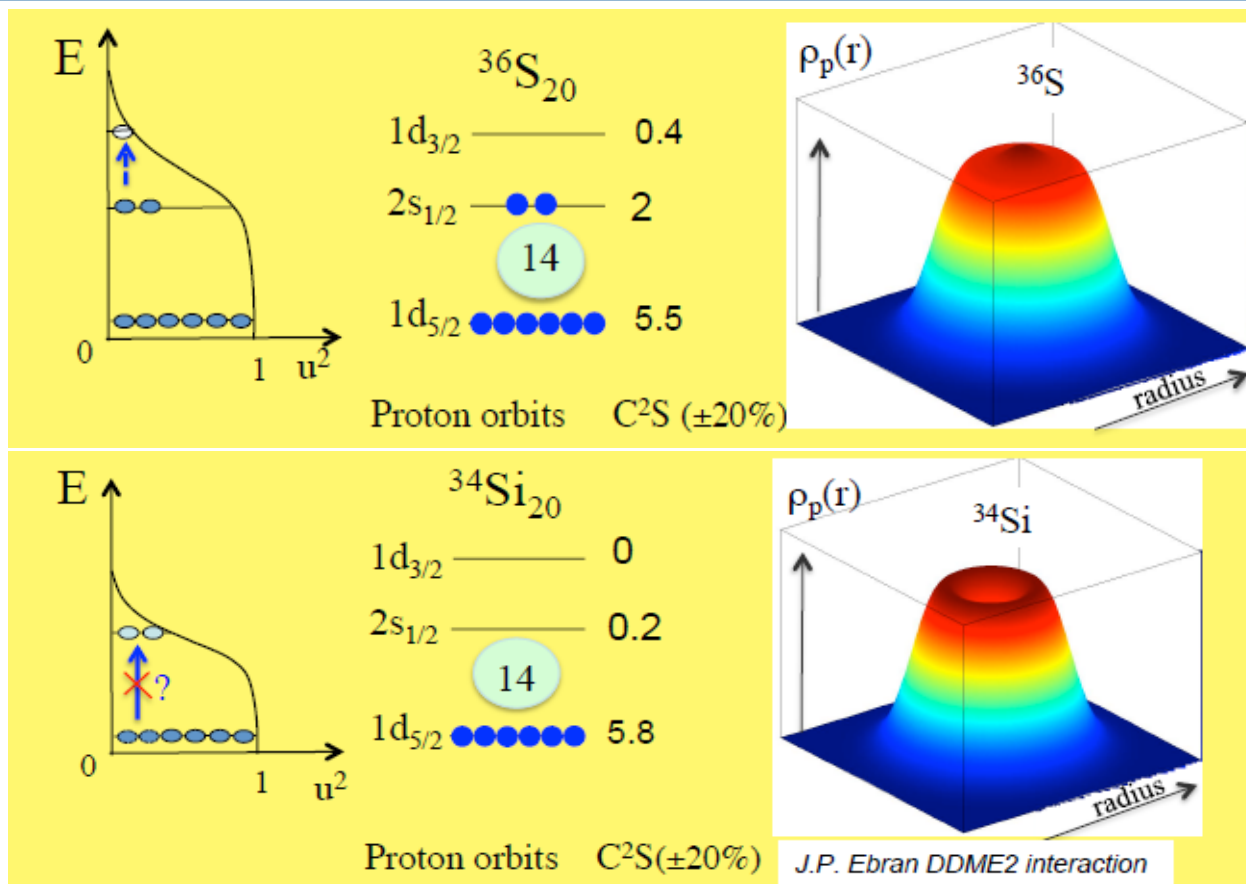
Ha az atommag közepét elfoglaló pálya üres, míg az atommag szélén elhelyezkedő pálya tele van, akkor



Létezhet buborékmag

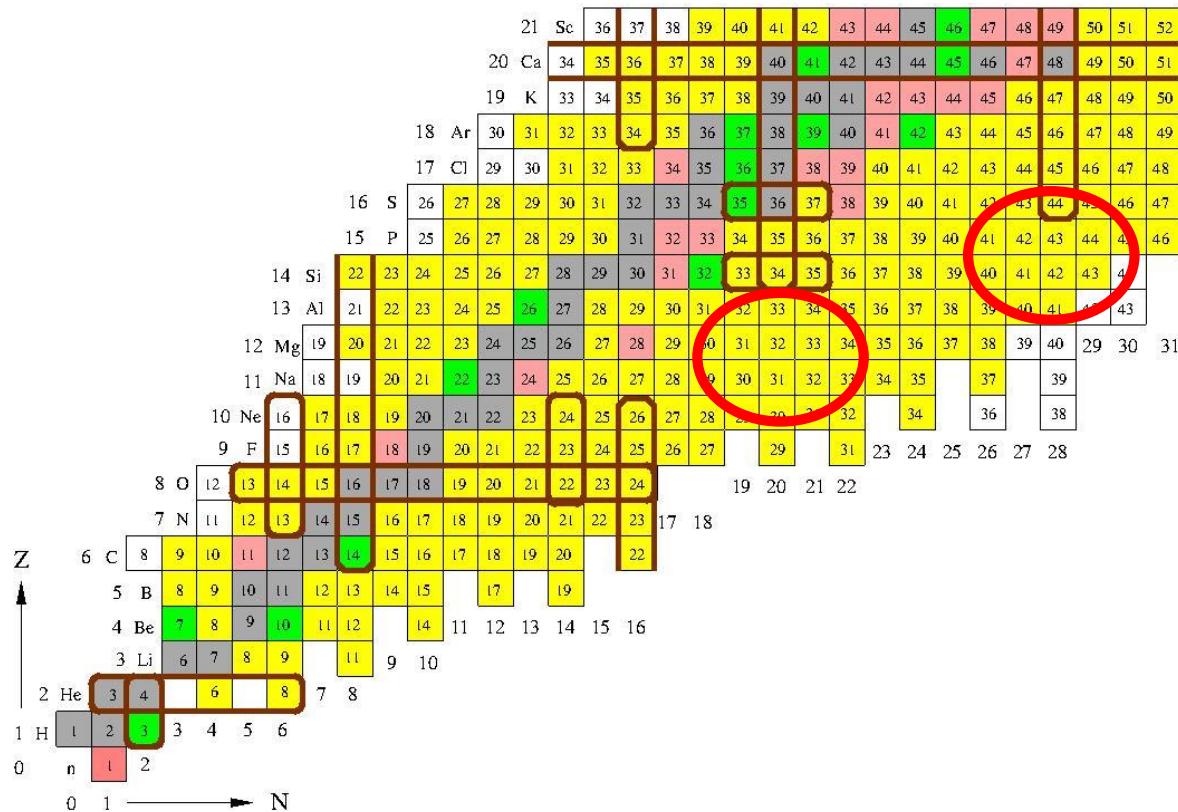
És mit találtunk?

Buborékmag: ^{34}Si



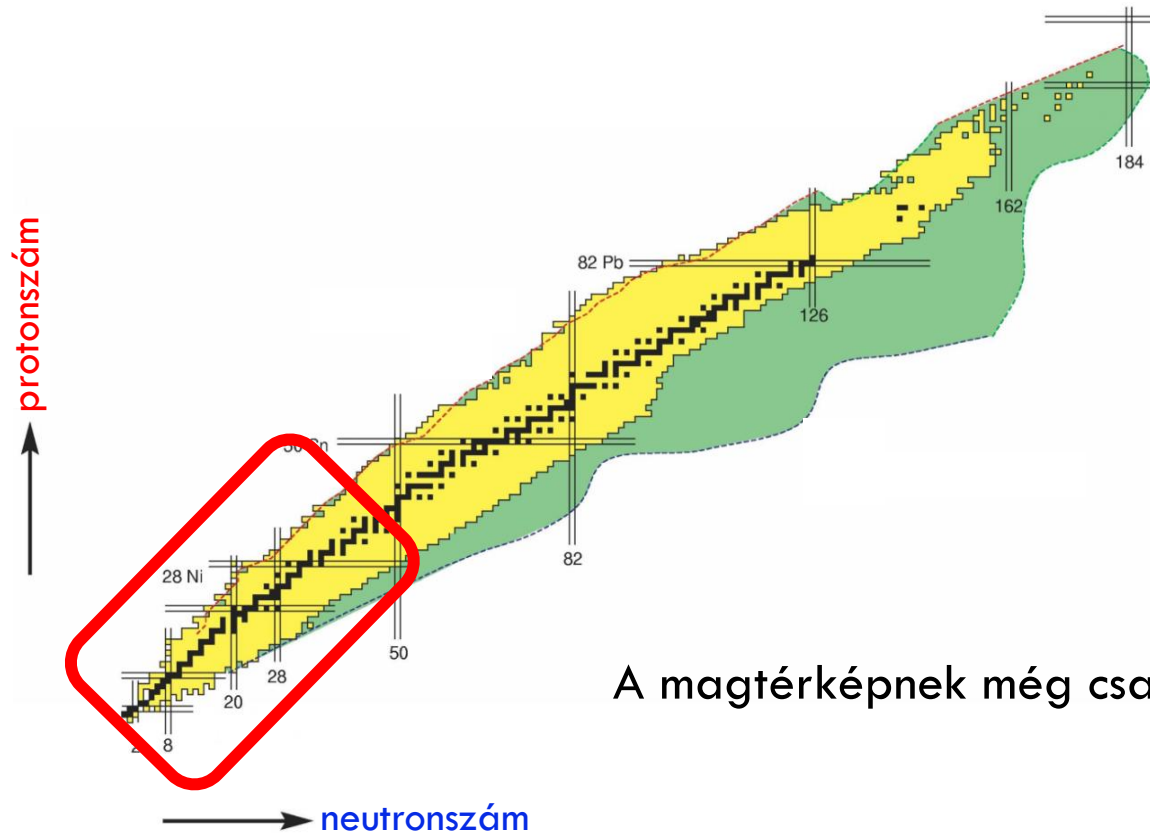
- A proton $s_{1/2}$ pálya nagyon kevésbé van betöltve, míg a $d_{3/2}$ pálya szinte teljesen
- Nagy központi sűrűséghiány $\rightarrow$ **buborékszerű proton eloszlás**

Mit tanultunk?



- Mágikus számok nem „kőbe vésettek”
- Magtérképen mágikus szigetek léteznek
- Mágikus szigetek alatt deformációs régiók alakulnak ki
- Az erősen neutrontöbbletes atommagokban új jelenségek is megjelennek

A jövő



A magtérképnek még csak kis részét derítettük fel.

Folytatás következik

Köszönöm a figyelmet!

Atomki Magszerkezeti kutatócsoport:

Dombrádi Zsolt

Begala Marcell (BSc)

Elekes Zoltán

Koncz Gabriella (MSc)

Kripkó Áron (MSc)

Kruzsicz Bernadett (BSc)

Kuti István

Nyakó Barna

Sohler Dóra

Timár János