

HUN-REN ATOMKI-S MAGSZERKEZETI KUTATÁSOK A KÖZELMÚLTBAN

Kunné Sohler Dorottya

HUN-REN ATOMKI

Kísérleti magfizikai kutatócsoport

2024. szept. 3.

17. Magfizikus Találkozó, Debrecen

Magszerkezeti kutatások

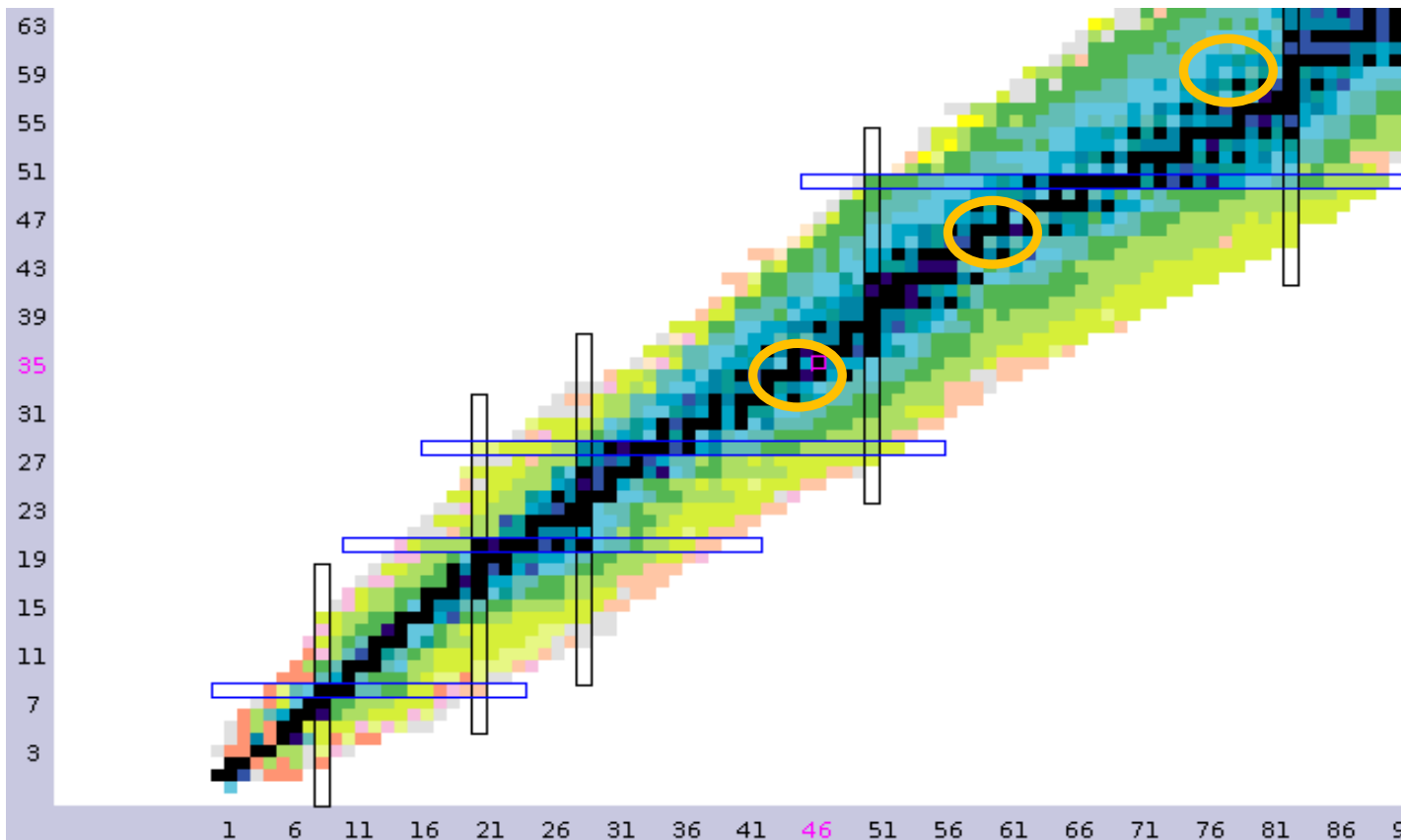
- **Különleges mozgásformák:**
 - Háromtengelyűen deformált atommagokban fellépő jelenségek
- **Erősen aszimmetrikus N/Z arányú atommagok:**
 - Stabilitási sávtól távoliak
 - Héjzáródások fejlődése
 - Deformált szigetek kialakulása, alak-koegszisztencia fellépése

Módszerek

- A vizsgált jelenségek nagyon kicsi hatáskeresztmetszettel állnak elő: több száz detektort tartalmazó rendszerek
- Főleg gamma-spektroszkópiai technika:
 - - szcinitillátor detektorok: DALI2+ (NaI)
 - - Ge detektorrendszerek: JUROGAM3, AGATA, EAGLE
 - Kiváló reakció csatorna szelekció:
 - tömegszeparátorok, töltött részecske és neutron segéddetektorok alkalmazása: ZeroDegree, SAMURAI, DIAMANT
- Stabil nyalábok:
 - Európában: JYFL, INFN-LNL, HIL
- Radioaktív nyalábok:
 - Európában: GANIL
 - Nagyvilágban: RIKEN

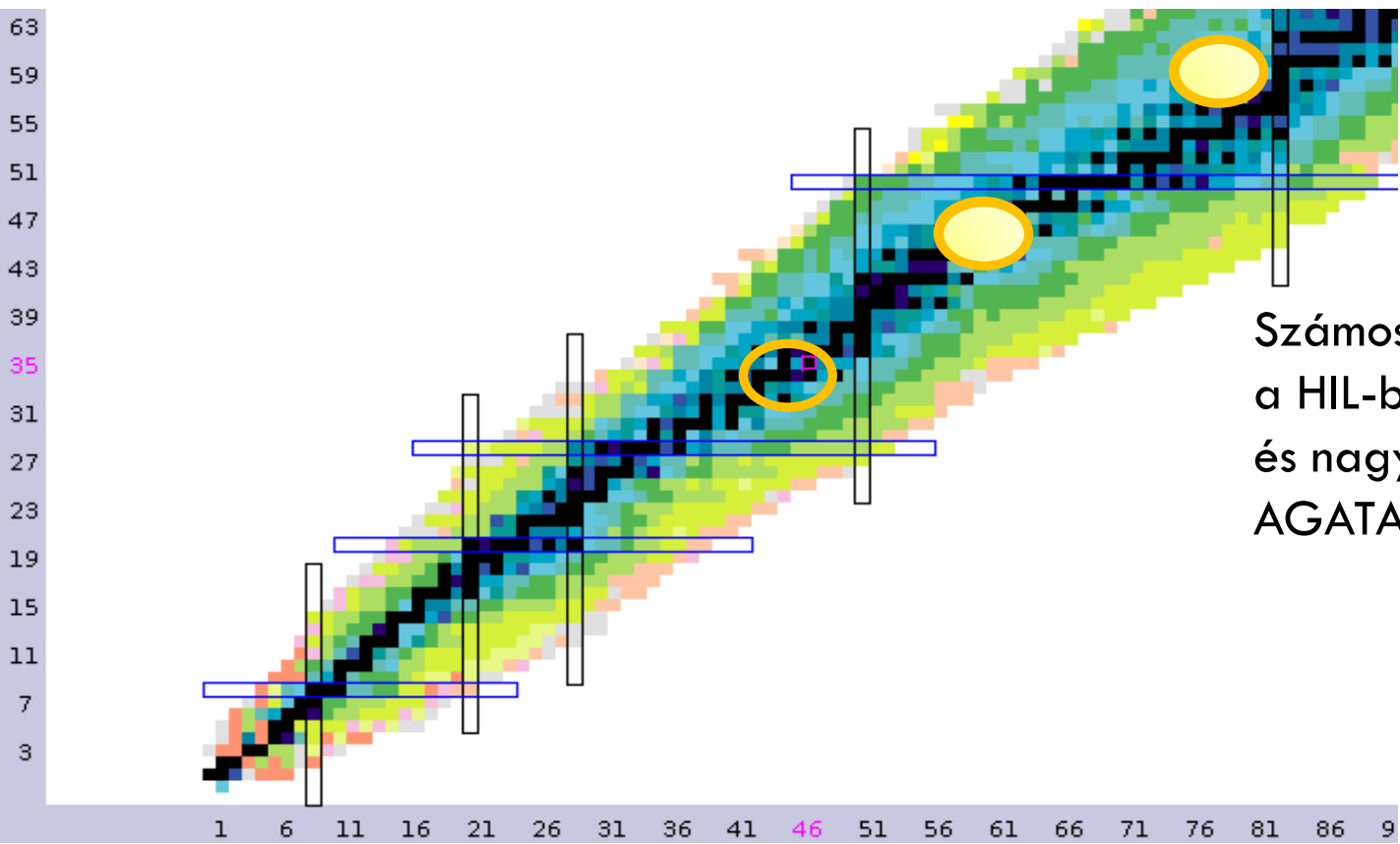
Háromtengelyűen deformált atommagok: vizsgált magtartományok

- A~80
- A~100
- A~130



Háromtengelyűen deformált atommagok: vizsgált magtartományok

- $A \sim 80$
- **$A \sim 100$**
- $A \sim 130$



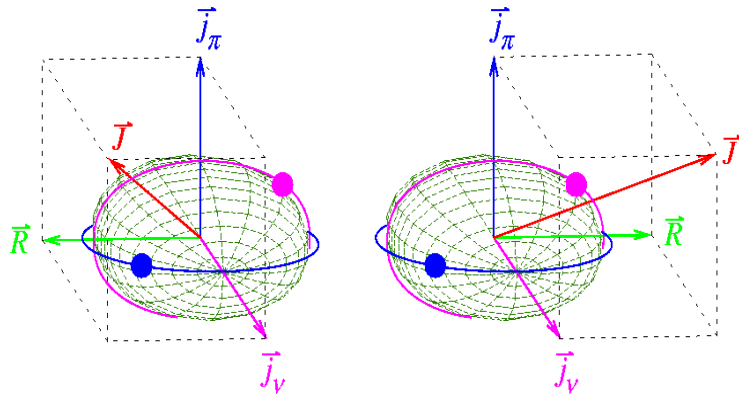
Számos mérés a JYFL-ben és a HIL-ban, az első közepes- és nagyspinű mérés az AGATA-val INFN-LNL-ben.

Különleges mozgásformák

Háromtengelyűen deformált atommagok

Királis forgás:

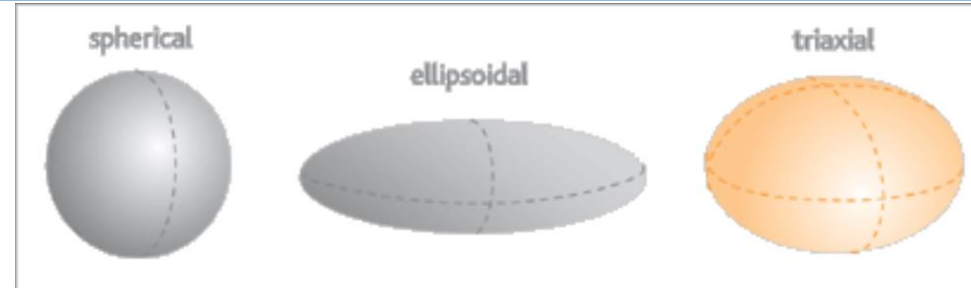
- részecske-típusú: kistengely
- lyuk-típusú: nagytengely
- magtörzs: közepes tengely
- ➔ jobb- ill. balsodrású elrendeződés



¹⁰⁴Rh atommag: Krakó Attila,

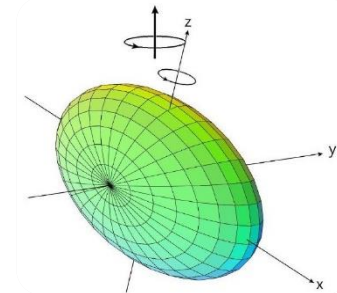


¹⁰⁵Pd atommag: Kruzsicz Bernadett



Imbolygó forgás:

- A forgási tengely oszcillál a nagytengely körül



R&D projekt: AGATA triple cluster

- Ginop-2.3.3.15-2016-00034 Infrastrukturális GINOP projekt
- egy tracking AGATA Triple cluster detektor és a hozzá tartozó kriosztát (~1M EUR) beszerzése
- 2021 októbere óta az **AGATA** detektorrendszer részeként működik az **INFN-LNL** laboratóriumban
- Az ATOMKI az AGATA Kollaborációs Tanács és az AGATA Végrehajtó Bizottság tagja



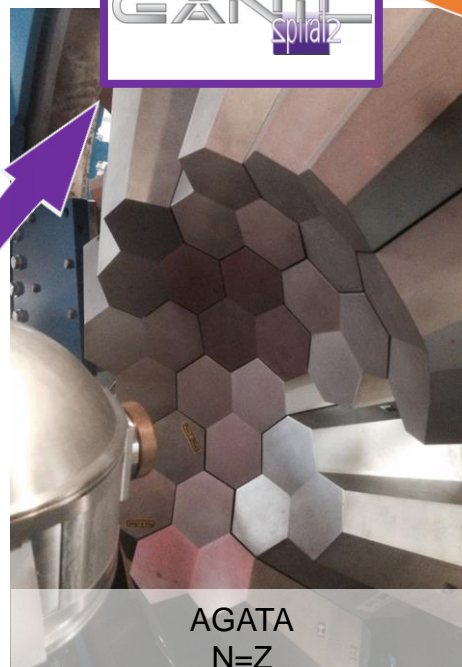
Kunné Sohler Dorottya, Kuti István, Timár János

R&D projekt: DIAMANT



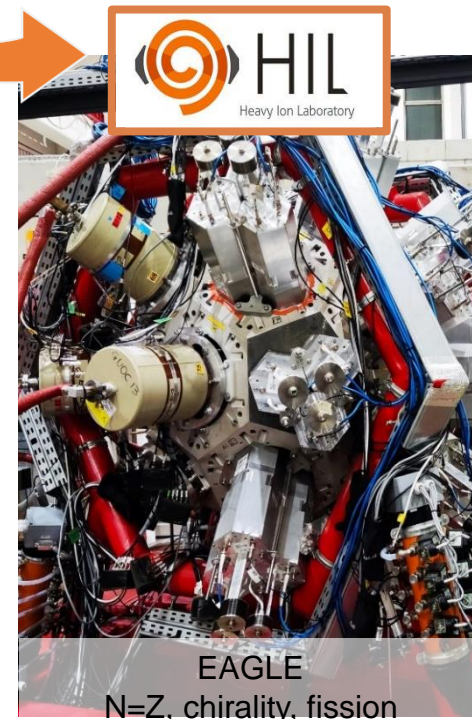
AGATA@GANIL
(2018)

AGATA + NEDA +
DIAMANT



NEEDI kampány
(2023 –)

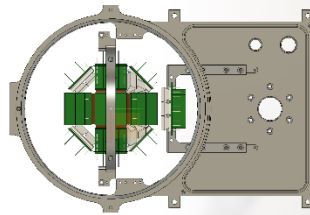
EAGLE + NEDA +
DIAMANT



R&D projekt: DIAMANT

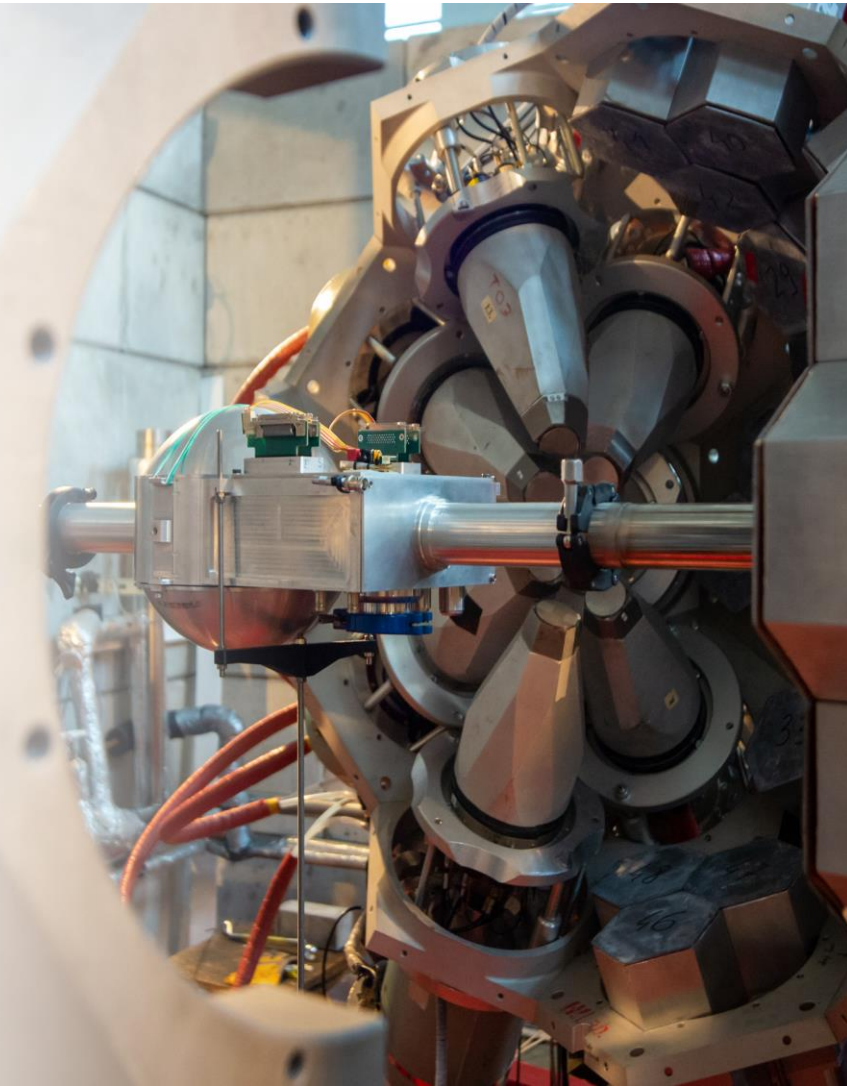
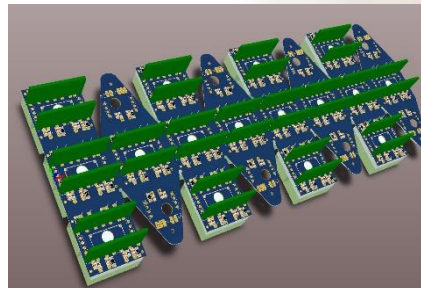
Mechanikai fejlesztés:

- Új geometria
- Új flexiboard
- Új céltárgytartó

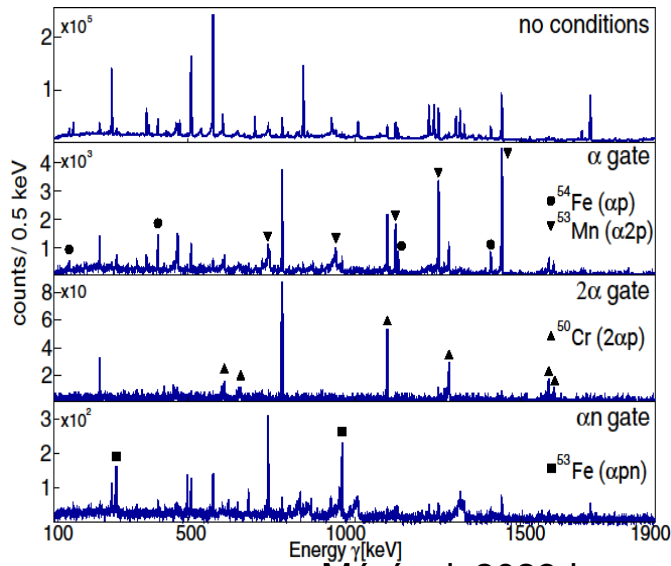


DSP/DAQ:

NUMEXO2 +
CAEN V1725s



R&D projekt: DIAMANT



Mérések 2023-ban:

Egyrészecske proton állapotok keresése ^{57}Cu atommagban

A Coulomb energia különbség vizsgálata az

$A=70$, $T=1$ izobár multipléttben

A ^{134}Sm gamma-spektroszkópiája

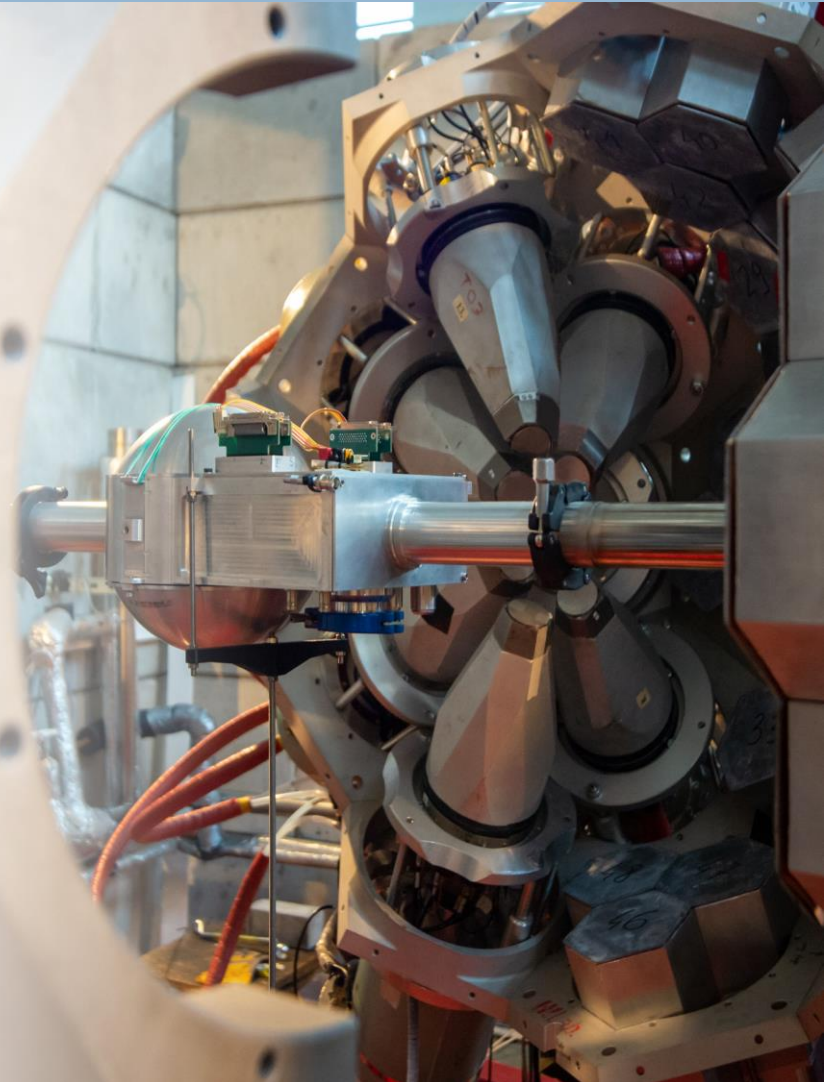
Mérések 2024-ben:

^{144}Dy bomlásának vizsgálata

Imbolygó forgási sávok keresése a ^{103}Pd és a ^{101}Ru atommagokban

Gerjesztett állapotok keresése a neutronhiányos Eu magokban

Gerjesztett állapotok azonosítása a ^{63}Ge atommagban



Különleges mozgásformák: jövő

Adatfeldolgozás: a 2024. júniusban sikeresen elvégzett mérés során kapott adatok kiértékelése.

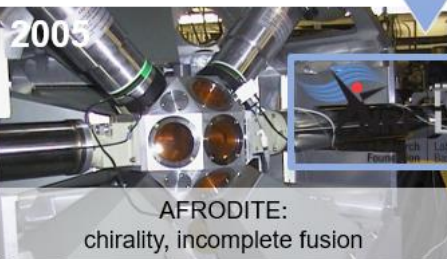
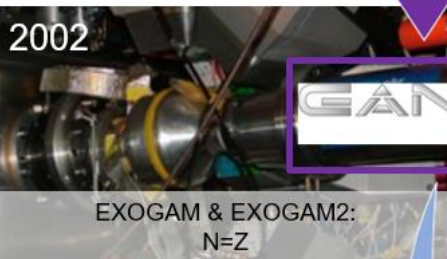


Proposal to the HIL Programme Advisory Committee

Search for candidate wobbling bands in ^{103}Pd and in ^{101}Ru

I. Kuti¹, J. Timár¹, D. Sohler¹, B. Kruzsicz¹, A. Krakó¹, J. Molnár¹, J. Darai¹,
G. Jaworski², M. Palacz², K. Hadyńska-Klęk², K. Wrzosek-Lipska², P. J. Napiorkowski²,
I. Piętka², J. Samorajczyk-Pyśk², A. Tucholski², C. Petrache³, A. Astier³, P. Jodidar³,
A. Courbe³, B. F. Lv⁴, K. K. Zheng⁴, S. Guo⁴, K. Starosta⁵, E. S. Paul⁶, C. Sullivan⁶,
F. Hollloway⁶

R&D projekt: DIAMANT



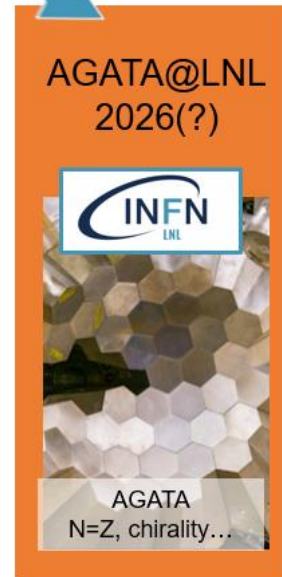
A kampány egyik fő detektora
AGATA@GANIL (2018)

AGATA + NEDA + DIAMANT:
47 nap, 5 kísérlet

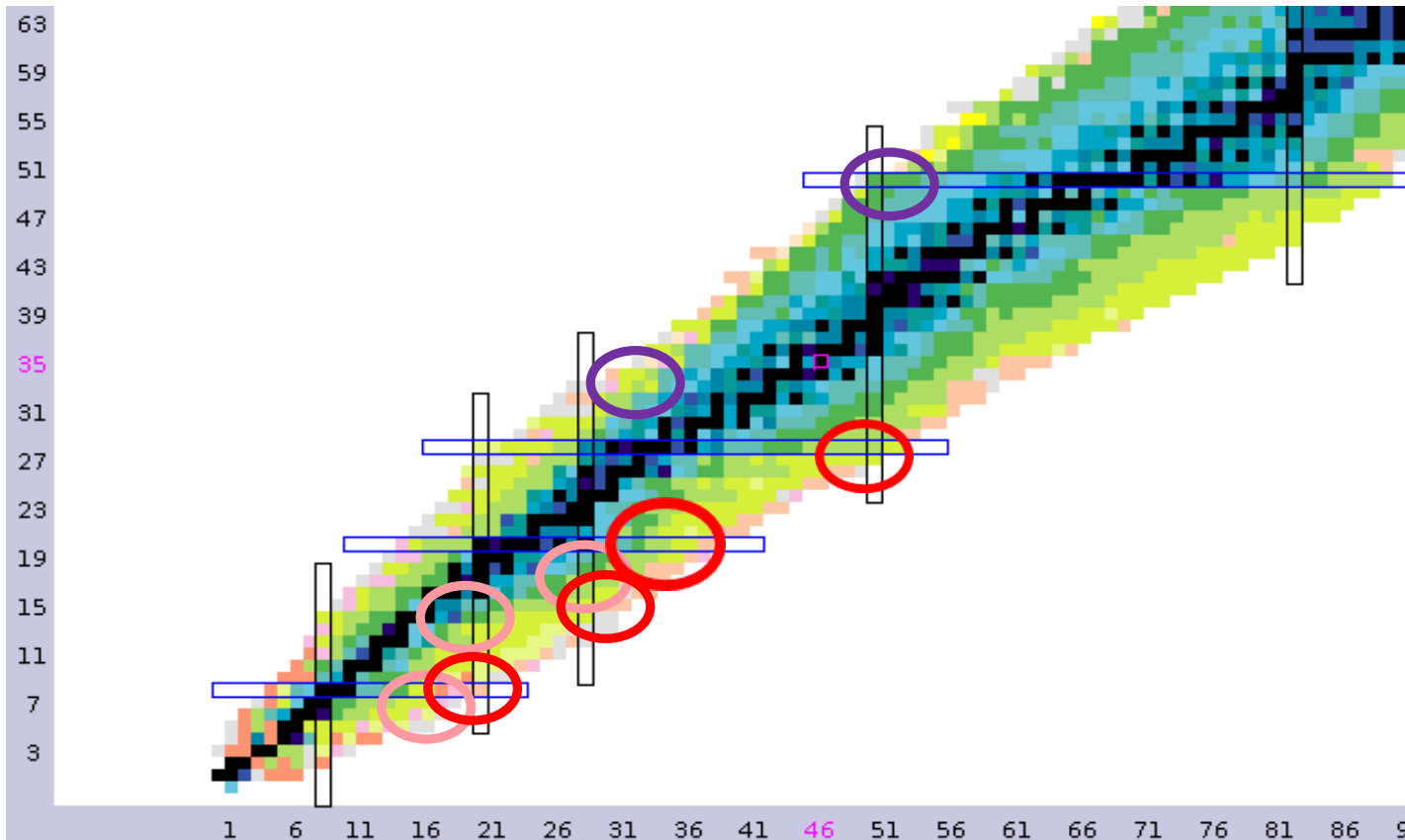


NEEDI kampány
(2023 –)

EAGLE + NEDA + DIAMANT:
76 nap, 5 kísérlet

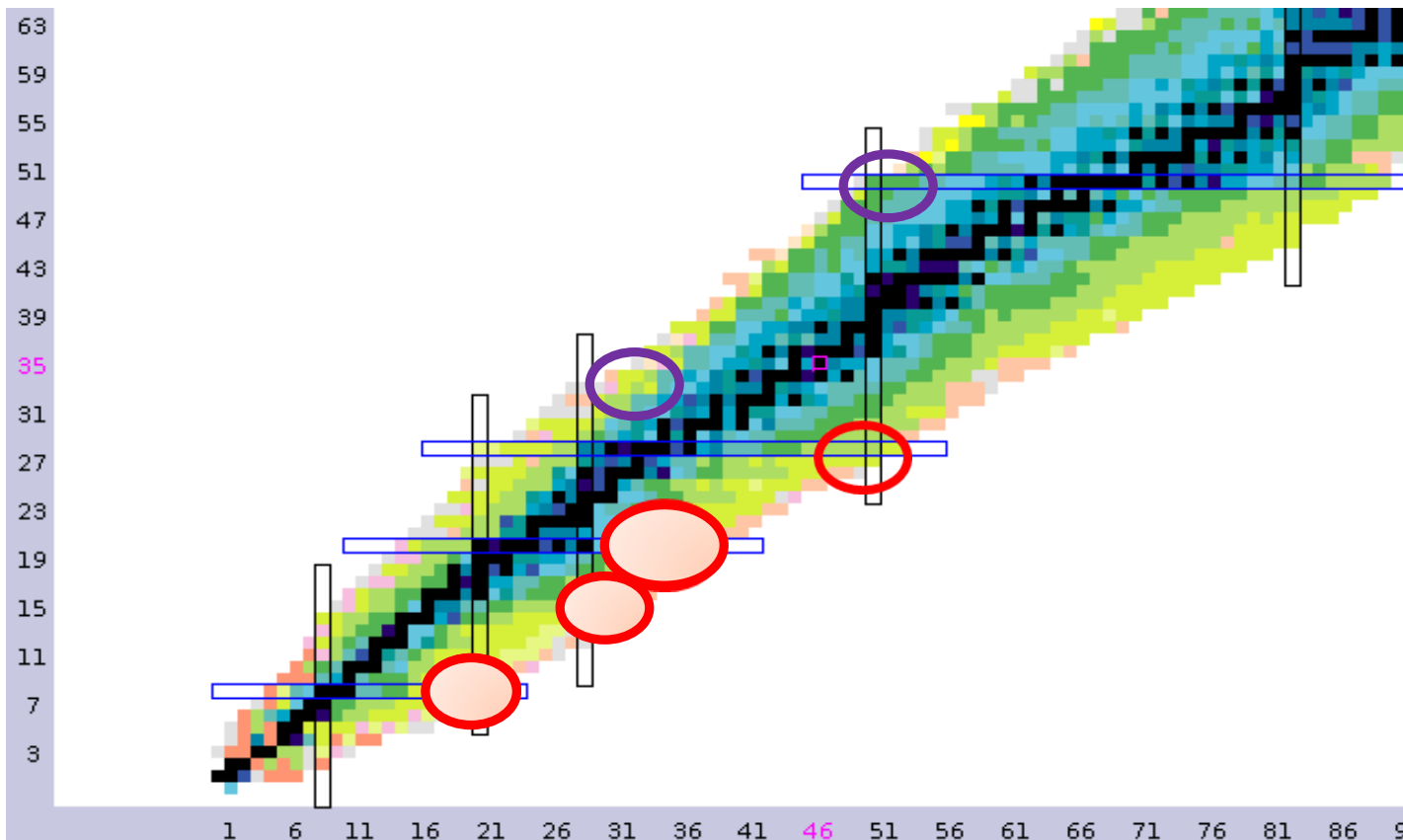


Erősen aszimmetrikus N/Z arányú atommagok: vizsgált magtartományok



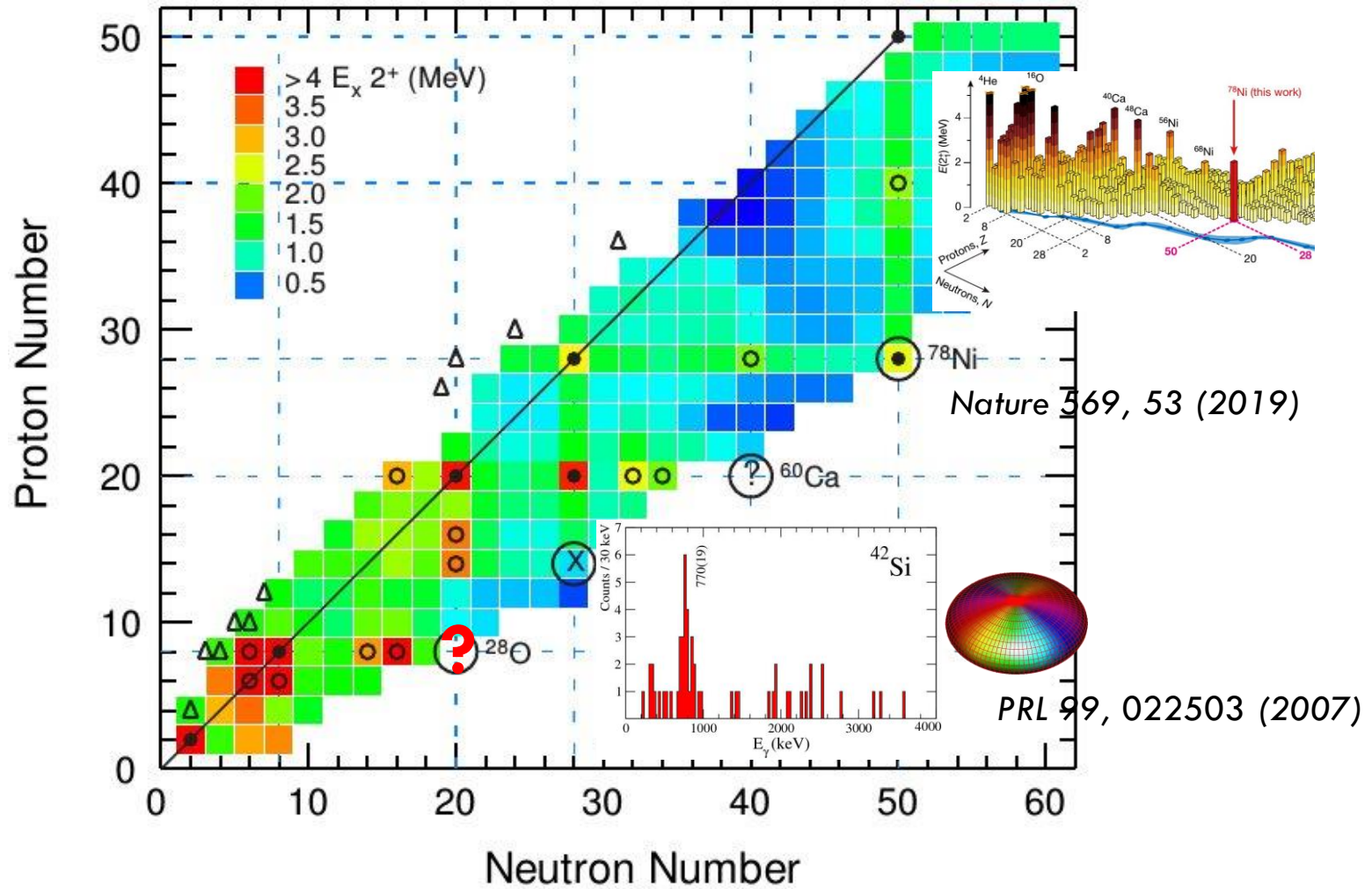
- $N=20$ ^{28}O
- $N=32,34$ $^{52,56}\text{Ca}$
- ^{78}Ni környéke
- $N=Z$ -n túli magok
 $A \sim 60$ körül
- ^{100}Sn környéke

Erősen aszimmetrikus N/Z arányú atommagok: vizsgált magtartományok

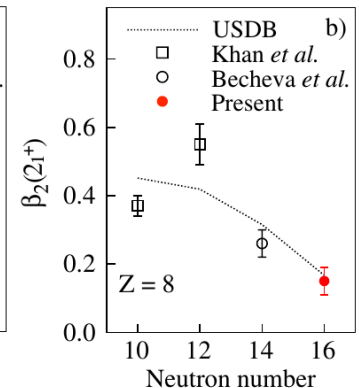
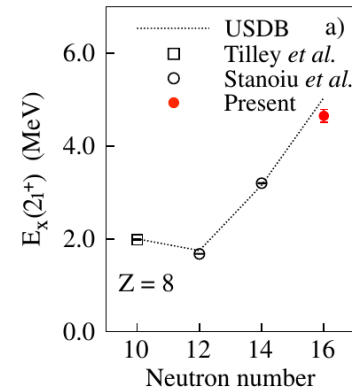
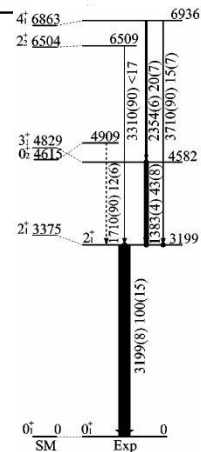
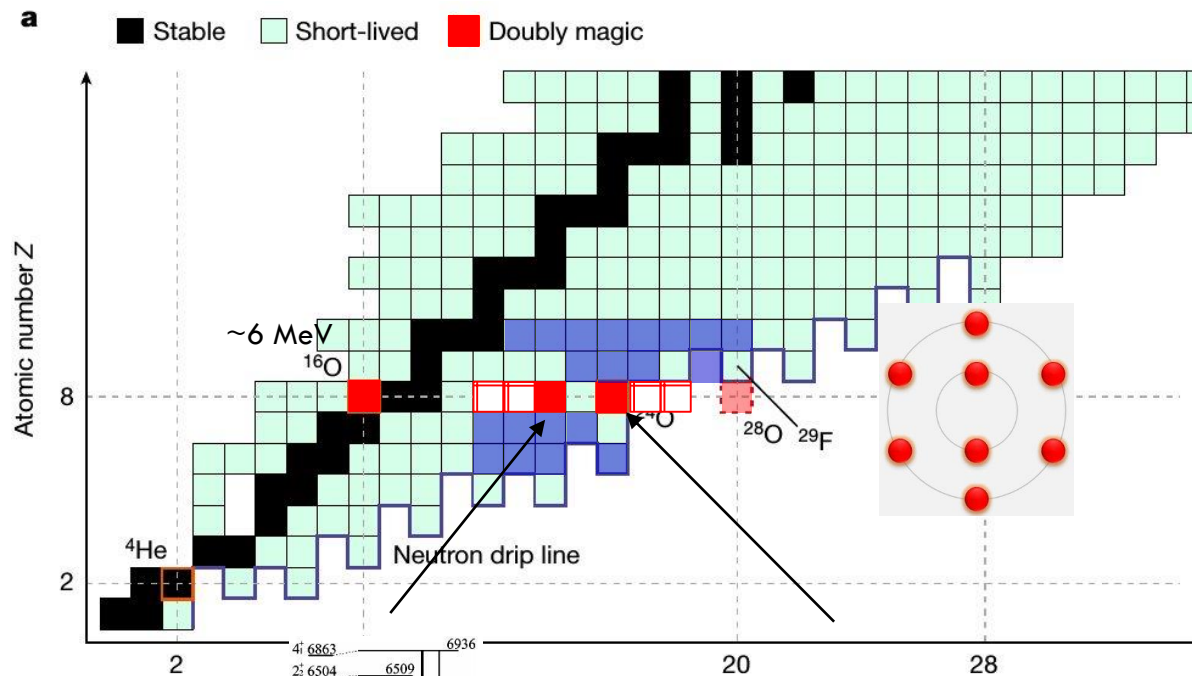
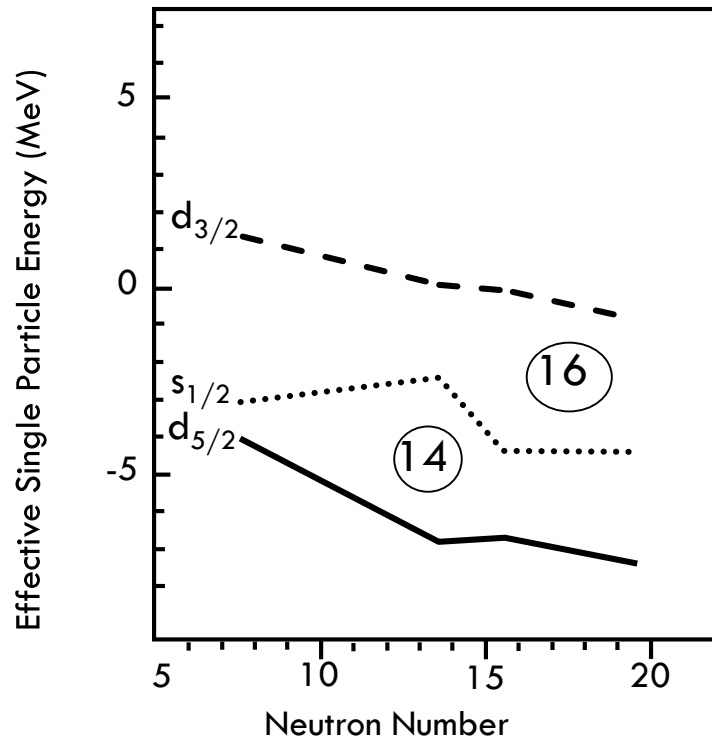


- $N=20$ ^{28}O
- $N=32,34$ $^{52,56}\text{Ca}$
- ^{78}Ni környéke
- $N=Z$ -n túli magok
 $A \sim 60$ körül
- ^{100}Sn környéke

Kétszeresen mágikus atommagok



Oxigén izotópsor, az N=14-es és N=16-os új héjzáródások

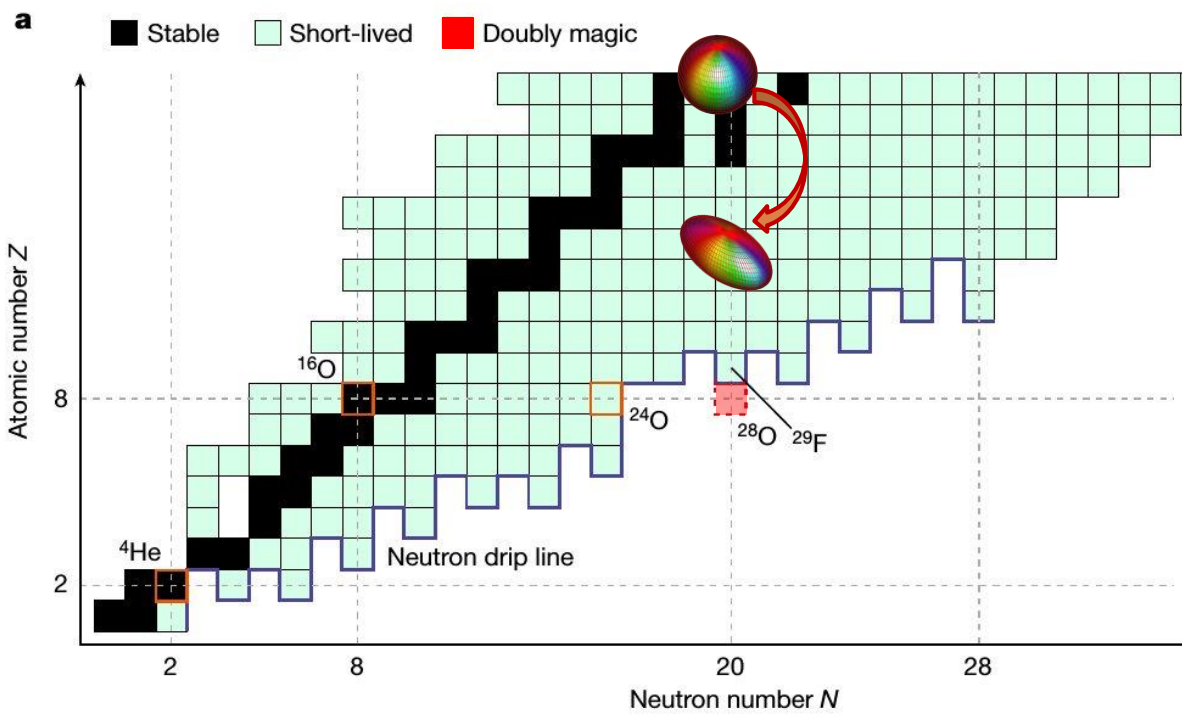
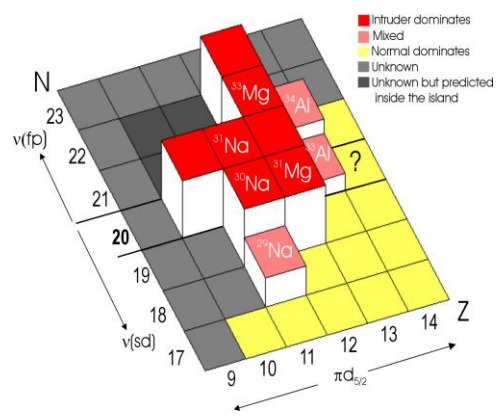
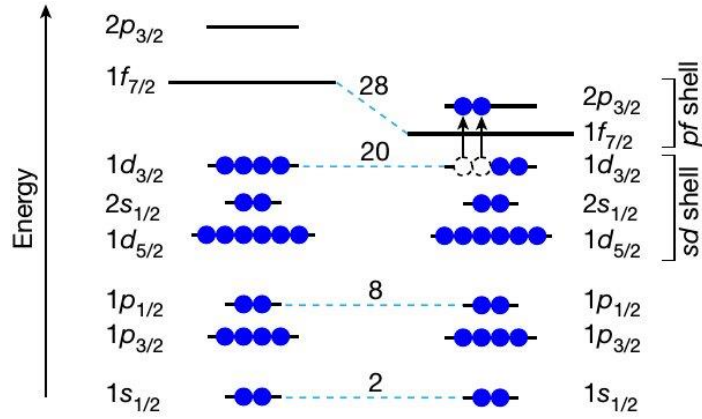


GANIL: 1- and 2-lépéses fragmentáció

RIKEN: nukleon kilökés
rugalmatlan protonszórás

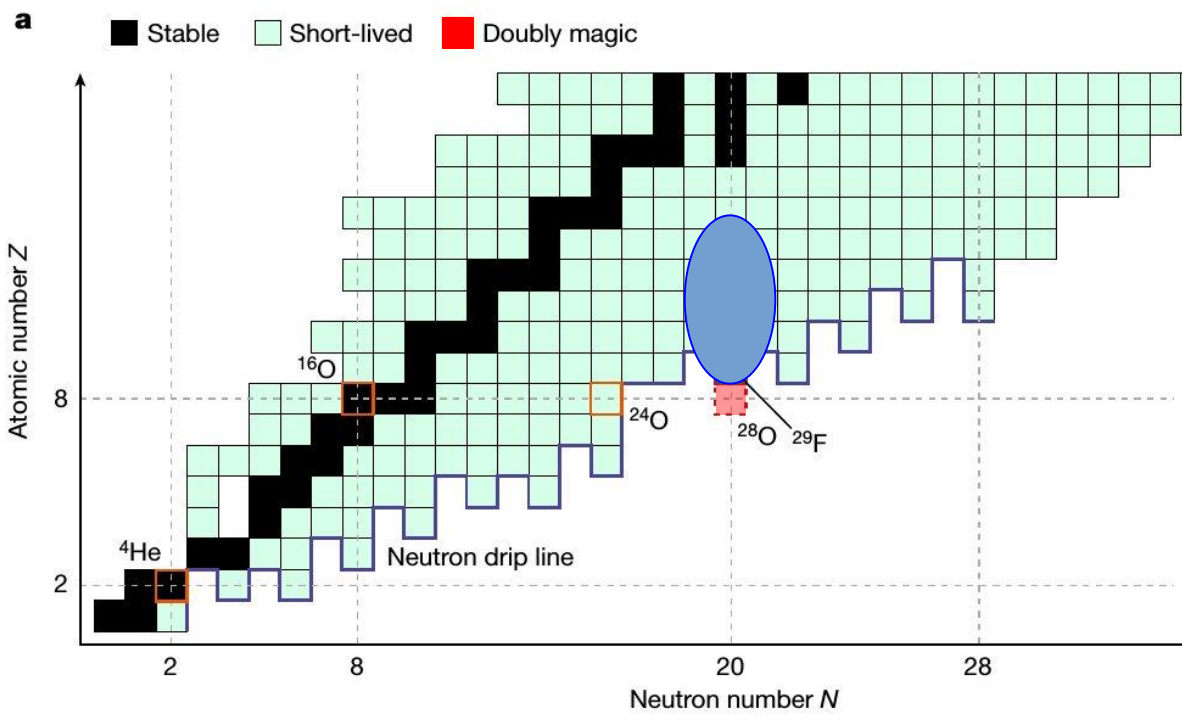
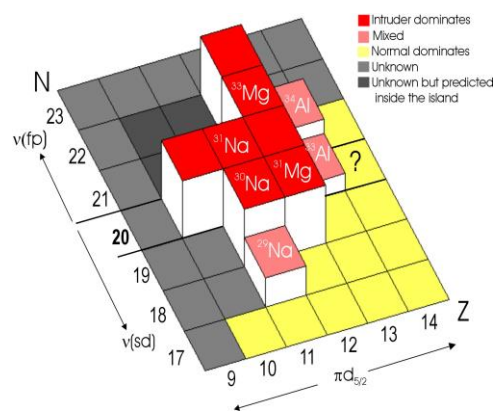
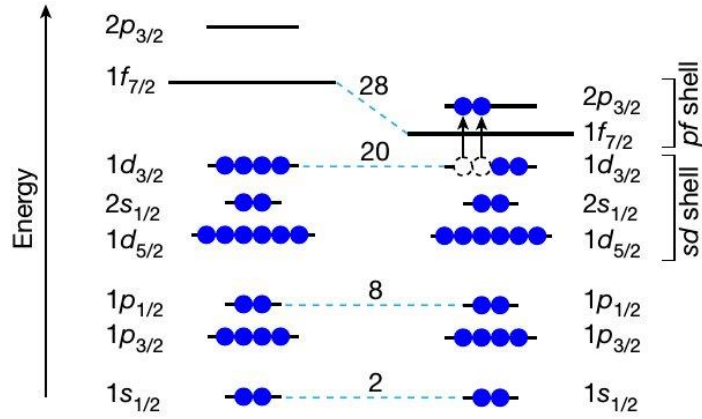
GSI: proton kilökés

Az N=20-as izotópok



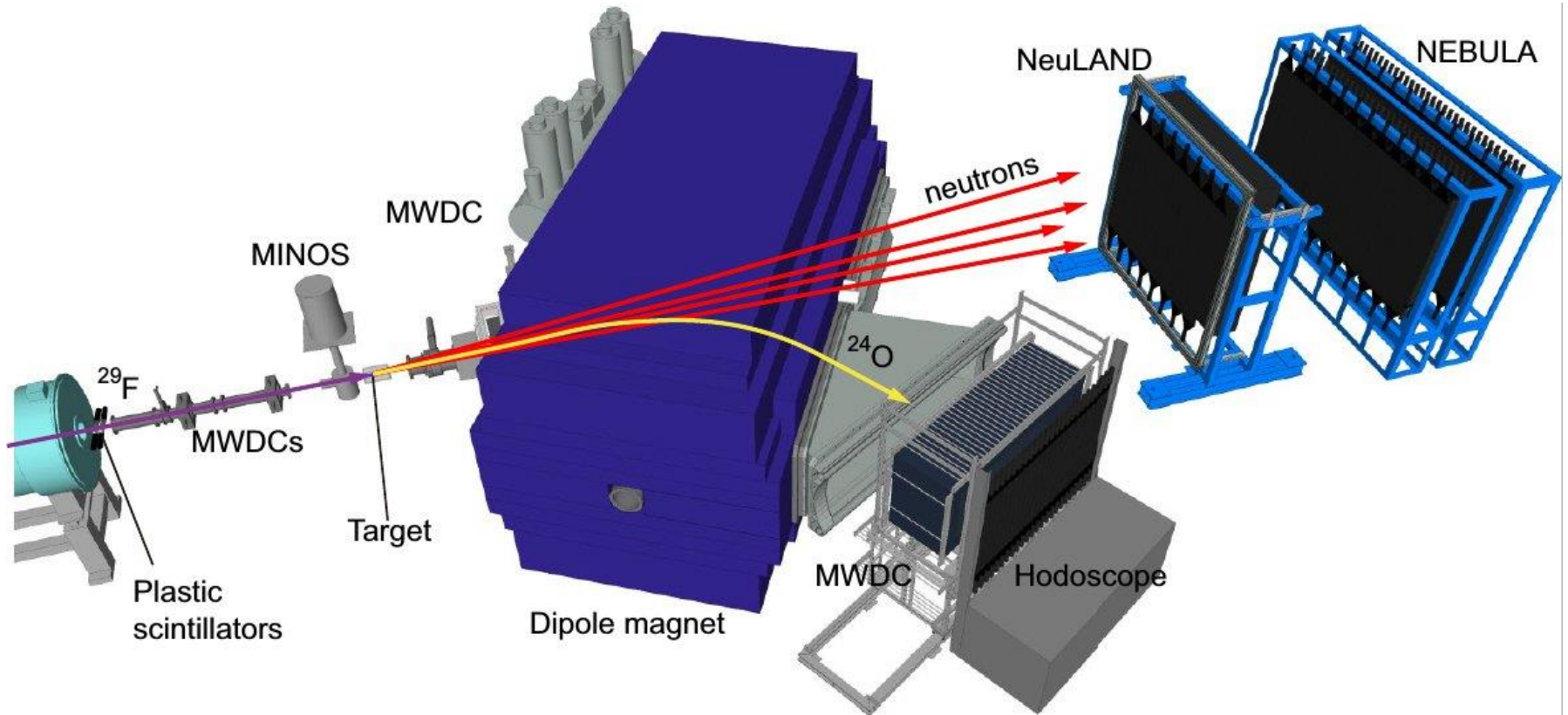
Az N=20-as neutron héjzáródás eltűnésével kialakul a ^{32}Mg körüli deformációs sziget.

Az N=20-as izotópok



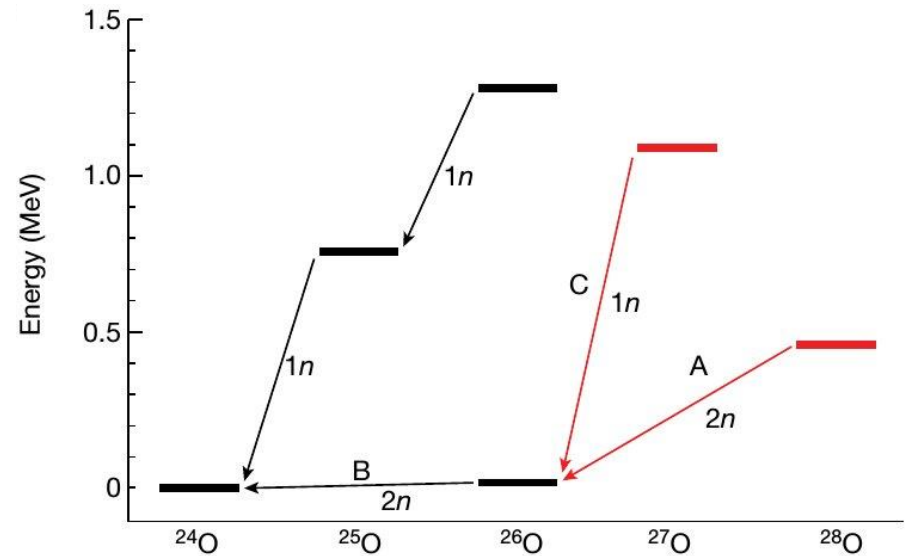
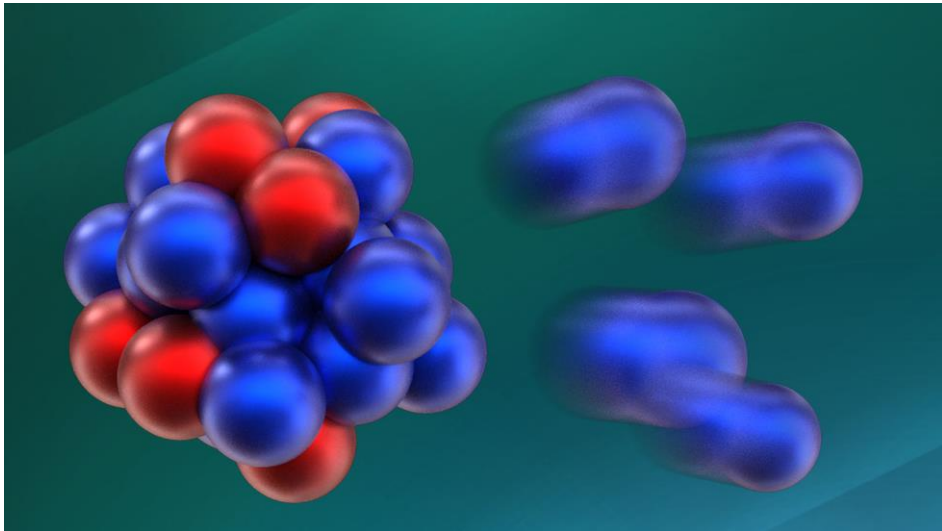
A deformációs sziget déli határa egészen ²⁹F-ig húzódik.

Kísérlet



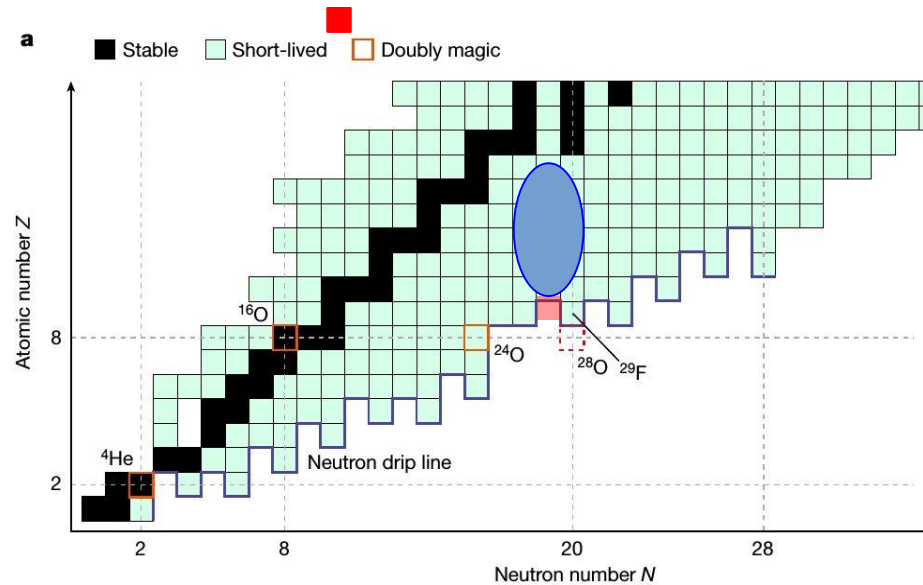
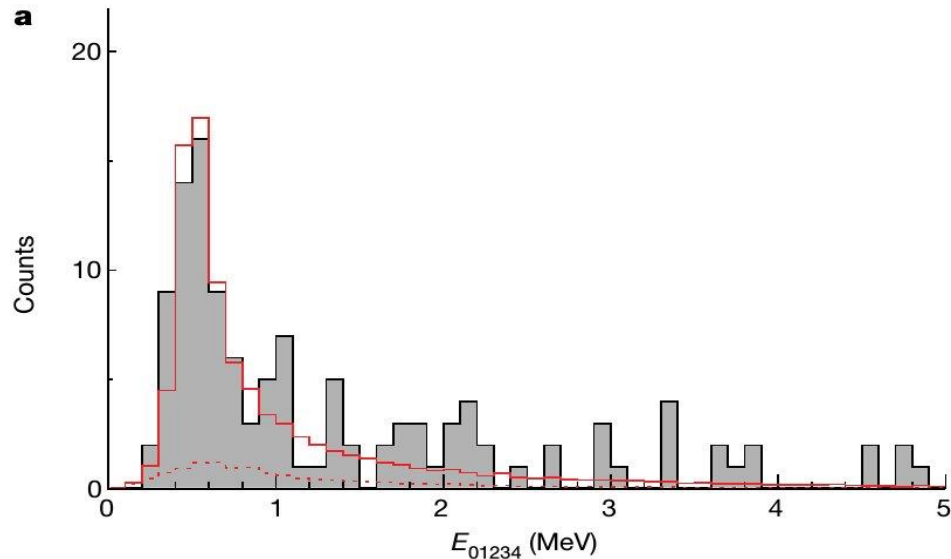
- › proton indukált nukleon kilökési reakció a MINOS folyékony H₂ céltárgyon
- › Reakció termékek azonosítása a SAMURAI szupravezető mágneses spektrométer tötént
- › Kilépő neutronok: NeuLAND és Nebula plastik szcintillátor rendszerekkel tötént (ATOMKI hozzájárulás a NeuLAND detektorrendszerbe)

^{28}O előállítása



- ^{28}O neutron elhullatási vonalon túli, már nem kötött atommag, élettartama $\sim 10^{-21}$ s
- $^{28}\text{O} \longrightarrow ^{24}\text{O} + 4n$

^{28}O bomlási energiája



^{29}F -ből történő 1-proton kilökési hatáskeresztmetszet:
1.36(0.29) mb \longrightarrow C2S=0.48(1) spektroszkópiai faktor
az ^{28}O alapállapotú hullámfüggvénye nagyon hasonlít a ^{29}F -hoz

eltűnik az N=20-as héjzáródás

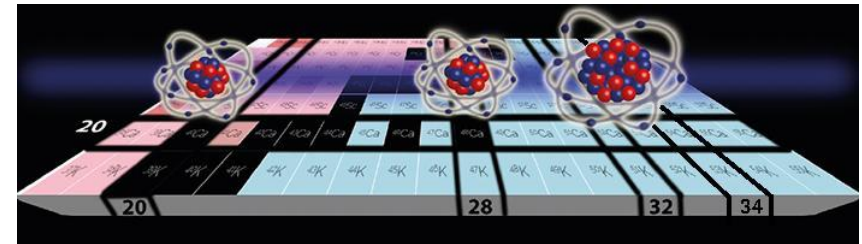
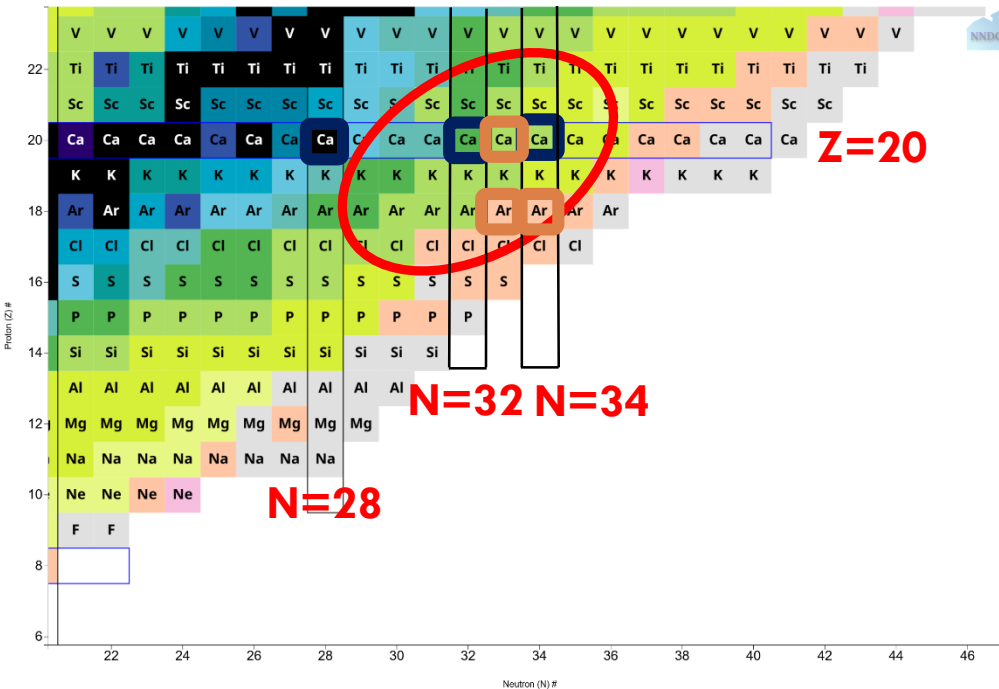
Az ^{28}O nem kétszeresen mágikus atommag! (Nature 620, 7976, 65-970 (2023))

Résztevők (2015. november)



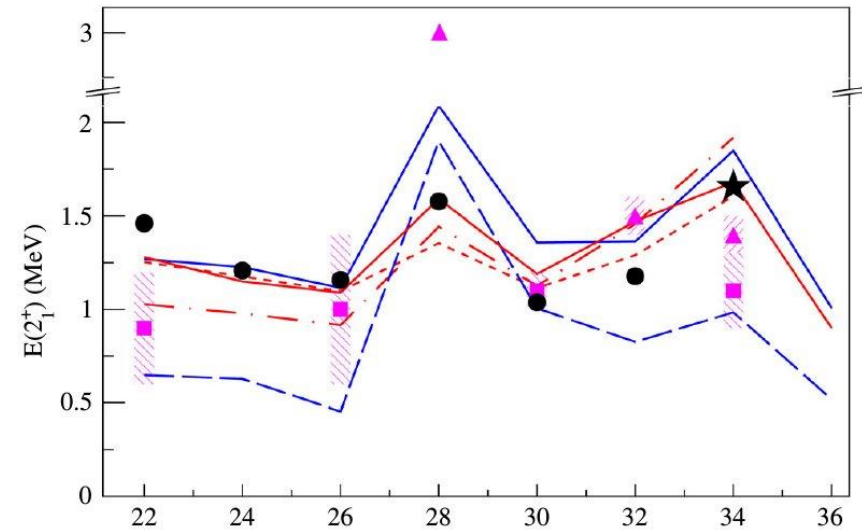
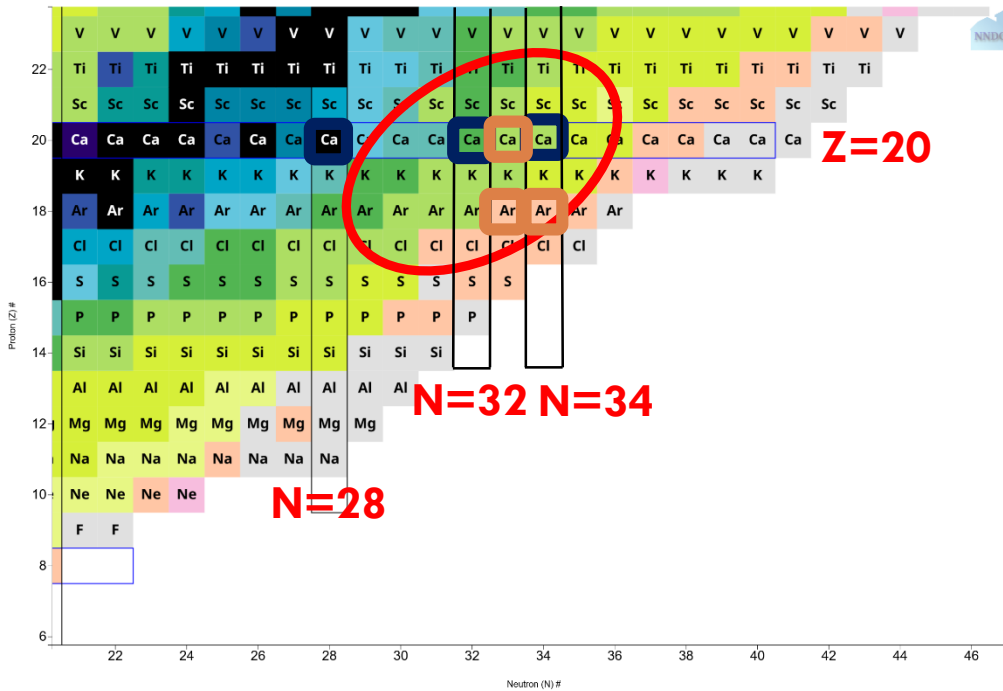
Dombrádi Zsolt, Elekes Zoltán, Fülöp Zsolt, Halász Zoltán, Kunné Sohler
Dorottya, Kuti István, Vajta Zsolt

Az $N=32$ és $N=34$ körüli atommagok



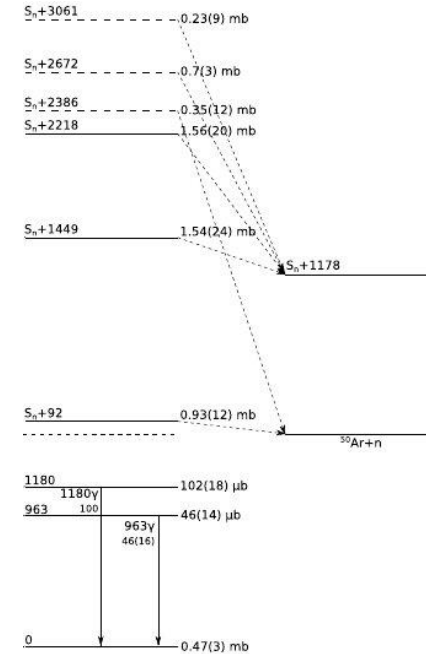
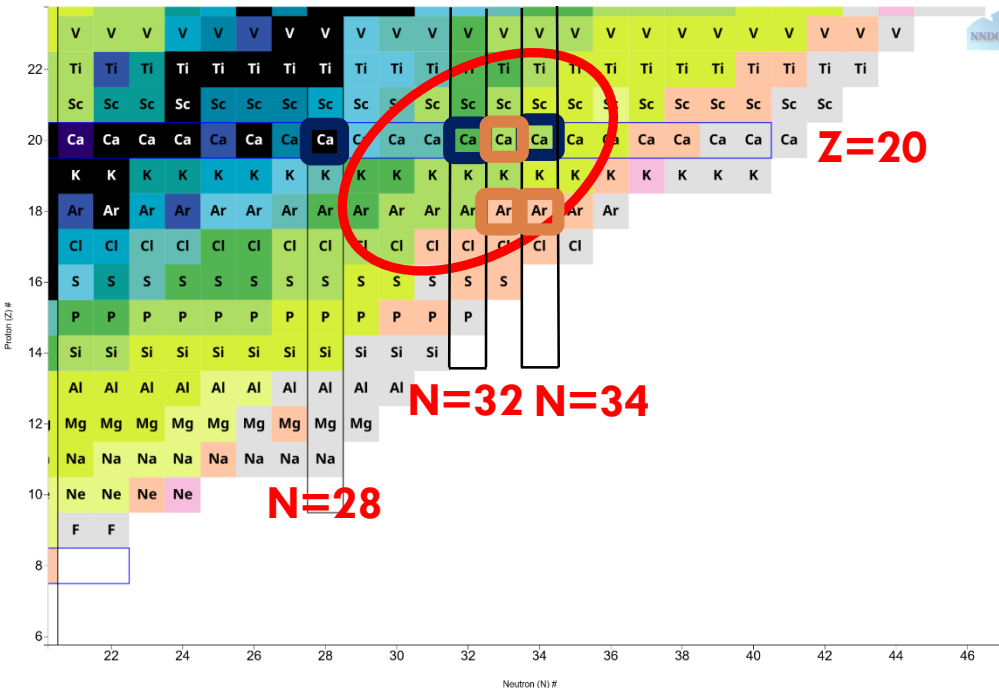
^{54}Ca alapállapotában az $N=34$ -es héjzáródás alatti pályák teljesen be vannak töltve, míg a felette levők szinte teljesen üresek.

Az $N=32$ és $N=34$ körüli atommagok



A ^{52}Ar -ban az első 2^+ állapot energiája az $N=34$ -es hézáródást igazolja.

Az $N=32$ és $N=34$ körüli atommagok



A ^{51}Ar nívósémája is az $N=32$ -es és az $N=34$ -es héjzáródást mutatja, de kollektív gerjesztések is megjelennek.

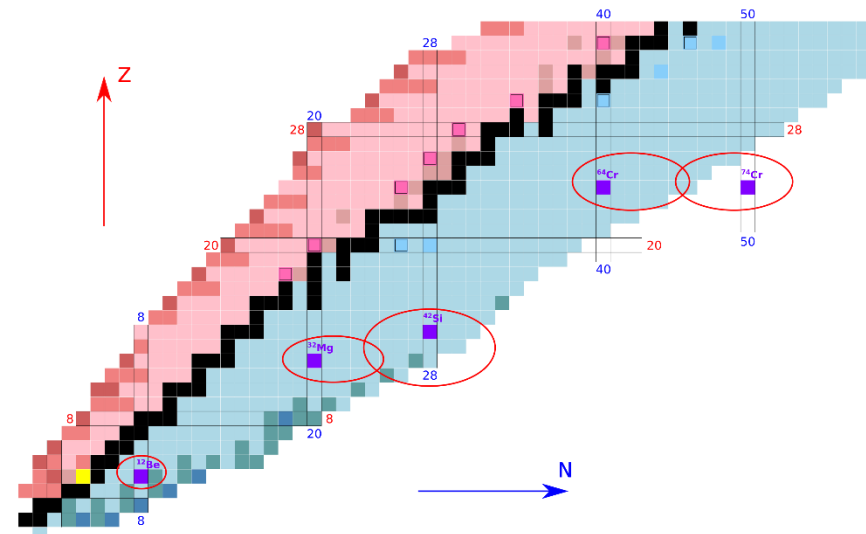
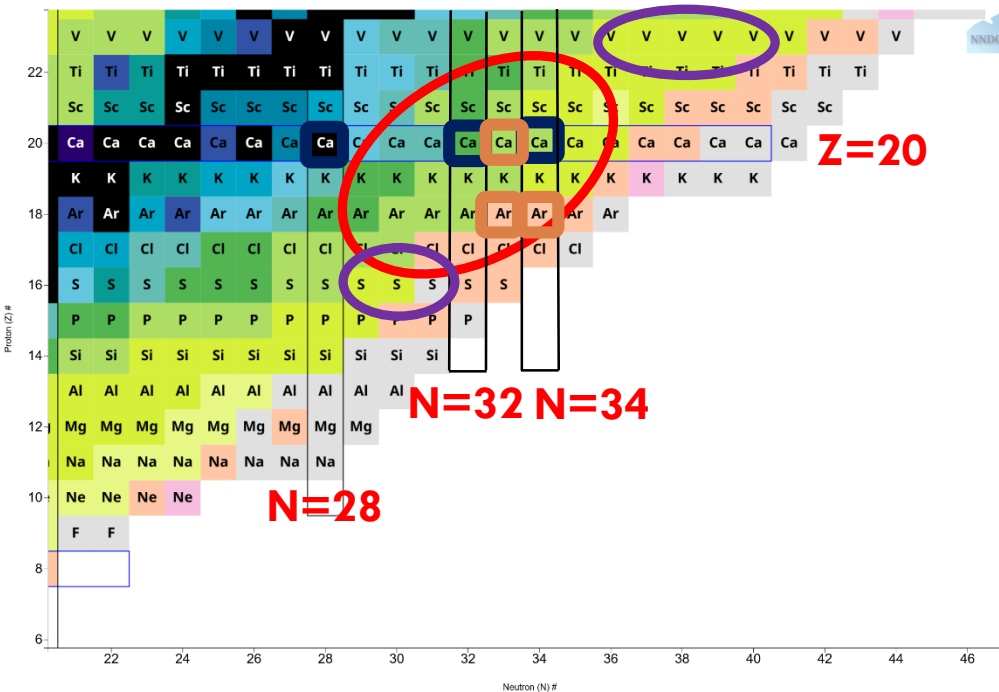
S. Chen, ..., L. Stuhl, D. Sohler et al., *Phys. Rev. Lett.* 123, 142501 (2019)

H. N. Liu, ..., L. Stuhl, D. Sohler et al., *Phys. Rev. Lett.* 122, 072502 (2019)

M. Juhász, Z. Elekes, D. Sohler, L. Stuhl, Zs. Dombrádi et al., *Phys. Lett. B* 814, 136108 (2021)



Az $N=32$ és $N=34$ körüli atommagok



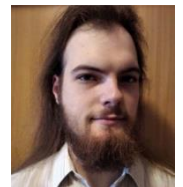
Deformáció kialakulását, mértékét:

➤ az $A \sim 59-63$ V atommagokban

M. Juhász, Z. Elekes, D. Sohler et al., *Phys. Rev. C* 103, 064308 (2021)

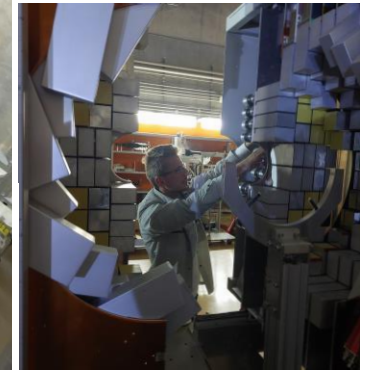
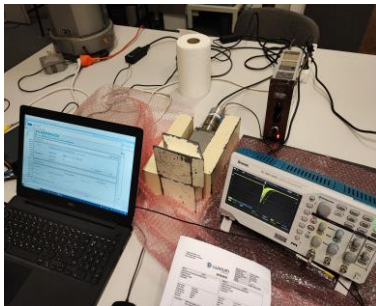
Z. Elekes, M. Juhász, D. Sohler et al., *Phys. Rev. C* 106, 064321 (2022)

➤ **a neutron elhullatási vonal melletti $A \sim 46-47$ S atommagokban (Begala Marcell)**



R&D projekt: DALI2+ detektorok

20 darab nagy hatásfokú NaI szcintillátor gamma-detektor beszerzése a TKP2021-NKTA-42 projekt segítségével a DALI2+ detektorrendszerhez a SUNFLOWER kollaboráción belül



NaI detektorok

Bemérésük RIKEN-ben

Bemérésük az ATOMKI-ban

Installálásuk a DALI2+ detektorrendszerbe

Begala Marcell, Halász Zoltán, Juhász Marcell, Kunné Sohler Dorottya, Kuti István

Az ATOMKI tagja a SUNFLOWER kollaboráció Végrehajtó Testületének

Erősen aszimmetrikus N/Z arányú atommagok: jövő

2024. június: végrehajtott mérés RIBF-nél, RIKEN-ben:

Detailed Description of the proposed experiment

In-beam γ and mass spectroscopy of ^{100}Sn

A rugalmatlan proton-szórás csatornák kiértékelési és publikálási joga:
Iszály Zsófia posztdoktori fiatal kutató



További tervek: Elekes Zoltán

Összefoglalás

➤ Különleges mozgásformák:

- Főleg az $A \sim 100$ tömegszám-tartományban
- DIAMANT@HIL, AGATA@INFN-LNL

➤ Erősen aszimmetrikus N/Z arányú atommagok:

- A nukleon elhullatási vonalak közelében levő és azokon túli atommagok tulajdonságainak felderítése
- Mind a neutron- mind a protontöbbletes oldalon
- DALI2+@RIKEN

Köszönöm a figyelmet!

ATOMKI Kísérleti Magfizikai kutatócsoport:

Begala Marcell (PhD)

Elekes Zoltán

Halász Zoltán

Juhász Zoltán (poszt dok.)

Iszály Zsófia (poszt dok.)

Krakó Attila (PhD)

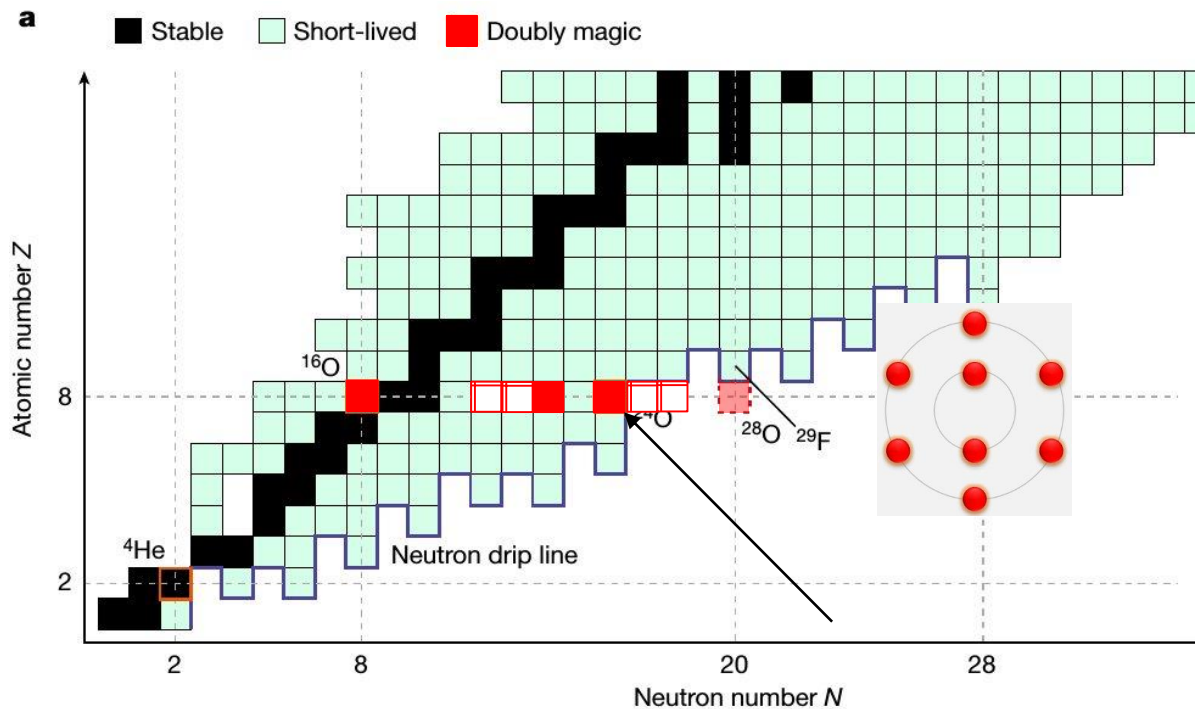
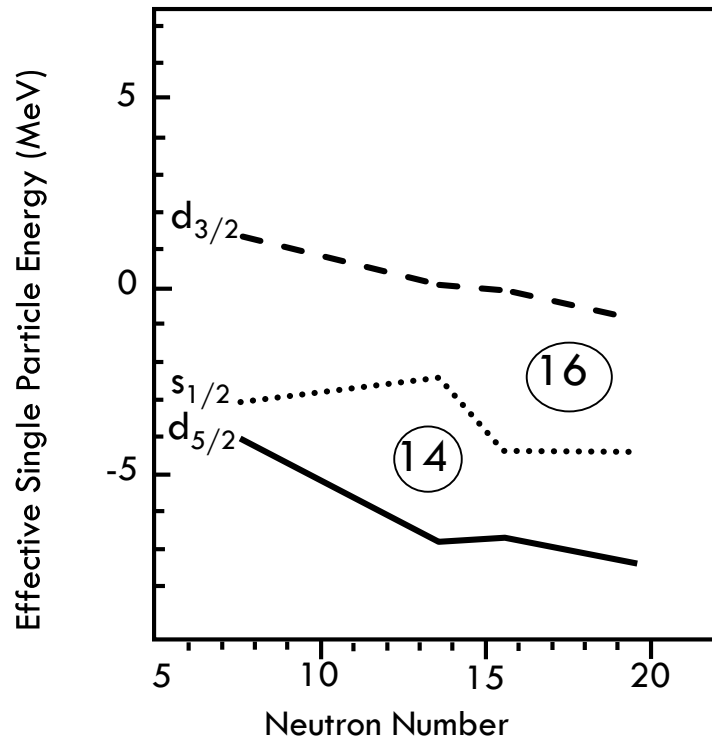
Kruzsicz Bernadett (PhD)

Kuti István

Kunné Sohler Dorottya

Timár János

Oxigén izotópsor, az $N=14$ -es és $N=16$ -os új héjzáródások



GANIL:

Phys. Rev. C 69, 034312 (2004)

Phys. Rev. Letters 98, 102502 (2007)

GSI:

Phys. Rev. C 88, 034313 (2013)

RIKEN:

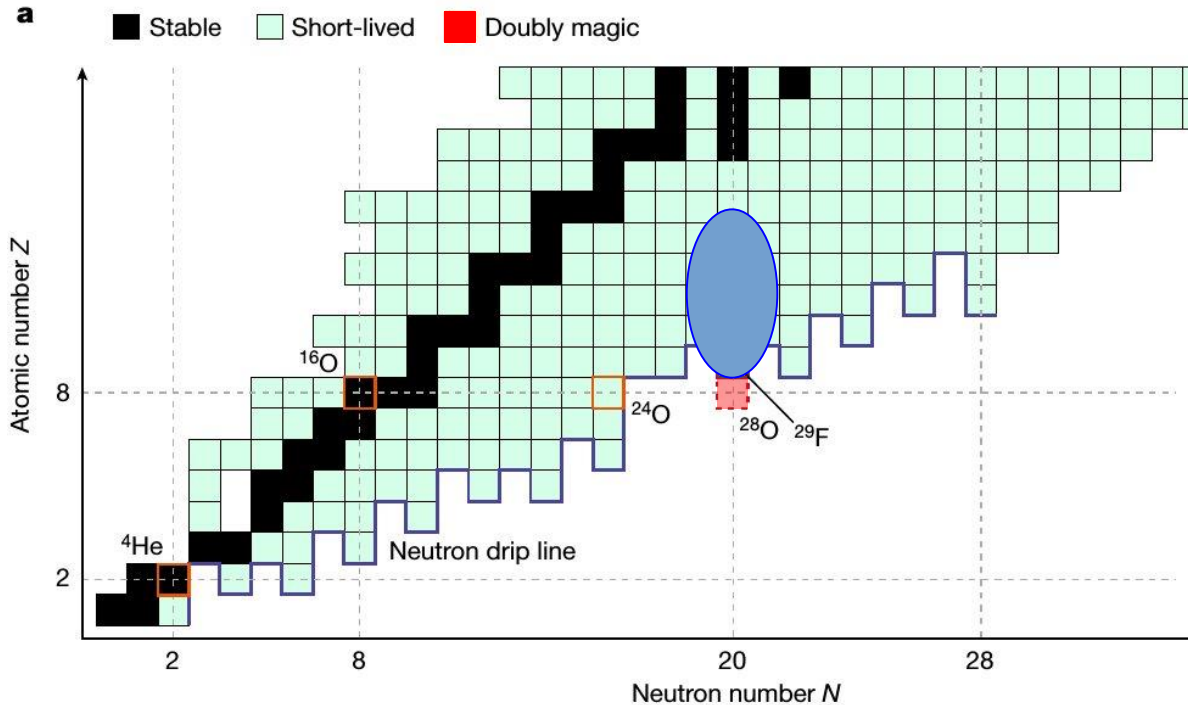
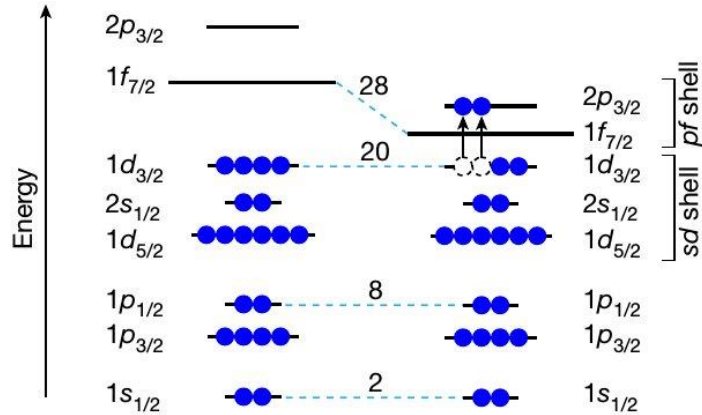
Phys. Rev. C 74, 017306 (2006)

Phys. Rev. Letters 98, 102502 (2007)

Phys. Rev. Letters 109, 022501 (2012)

Phys. Letters B 739, 19 (2014)

Az N=20-as izotópok



RIKEN:

nukleon kilökés és rugalmatlan protonszórás

Phys. Rev. Letters 96, 182501 (2006)

Phys. Rev. C 73, 044314 (2006)

Phys. Rev. C 89, 054307 (2014)

Phys. Rev. Letters 124, 152502 (2020)

Phys. Rev. C 105, 034301 (2022)

Phys. Letters B 843, 138038 (2023)

GANIL és CERN-ISOLDE:

nukleon kilökés és béta-bomlás

Phys. Rev. Letters 109, 092503 (2012)

Phys. Rev. C 100, 034306 (2019)