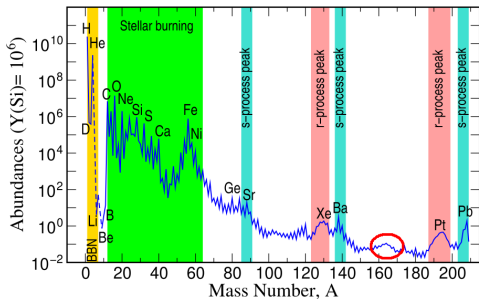


β -bomlás késleltetett neutronkibocsátás vizsgálata a neutron-gazdag ritkaföldfémek tartományában

Körtefái Dóra, Dr. Kiss Gábor Gyula, BRIKEN együttműködés

2024. szeptember 3-5.
VII. Magyar Magfizikus Találkozó

Elemek nukleoszintézise



- Ősrobbanás kori nukleoszintézis
- Energiatermelő égési folyamatok a csillagokban
- s-, r-, p-folyamat

1. ábra. Az elemek gyakoriságeloszlása a Naprendszerben 10^6 db Si mag egység normálással [1]



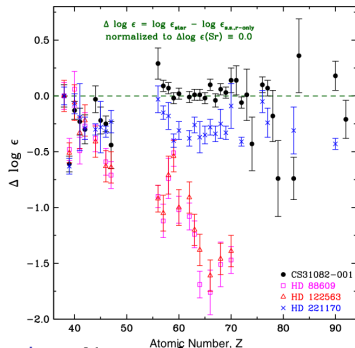
J. J. Cowan, et al. Rev. Mod. Phys. 93. 015002

Neutroncsillagok összeolvadásában

- GW170817 észlelés: két neutroncsillag összeolvadása
- Stroncium, ritkaföldfémek azonosíthatóak a spektrumban

Más lehetőségek

- Szupernóva robbanások
- Indirekt bizonyítékok



2. ábra. Nagyon fémszegény csillagok és a Naprendszer r-folyamat elemeinek gyakoriságának összehasonlítása [1]

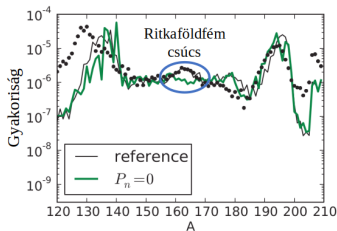


J. J. Cowan, et al. Rev. Mod. Phys. 93. 015002

A ritkaföldfém gyakoriságcsúcs eredete

Három lehetséges magyarázat:

- $A \simeq 280$ aszimmetrikus hasadás
- Lassabb neutronbefogások
- Deformált magok



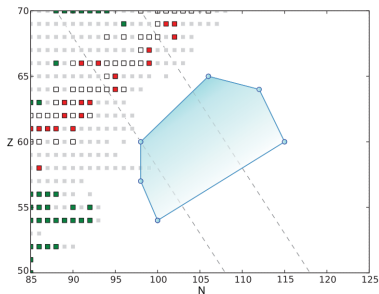
3. ábra. A ritkaföldfém csúcs és a feltételezett gyakoriságeloszlás $P_n = 0$ esetén [1]



A. Arcones et al. Phys. rev. C 83, 045809

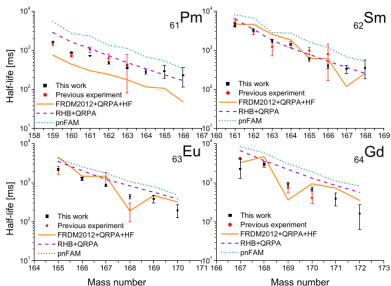


M. Mumpower et al. Phys. Rev. C 85, 045801

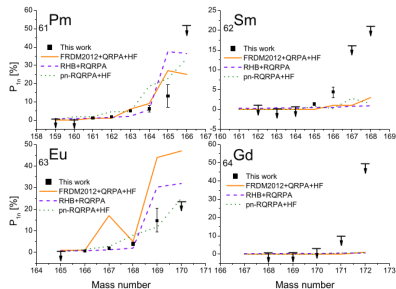


4. ábra. A ritkaföldfém csúcskialakulásában fontos szerepet játszó izotópok [2]

Korábbi mérések eredményei



5. ábra. Az elméleti modellek és a kísérleti adatok összehasonlítása a nehezebb ritkaföldfémek felezési idejére [1]



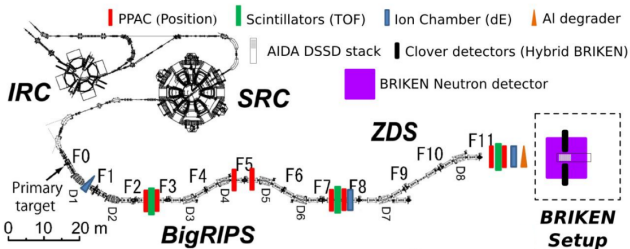
6. ábra. Az elméleti modellek és a kísérleti adatok összehasonlítása a nehezebb ritkaföldfémek későneutron kibocsátási valószínűségére [1]



G. G. Kiss, et al. ApJ. 936; 107

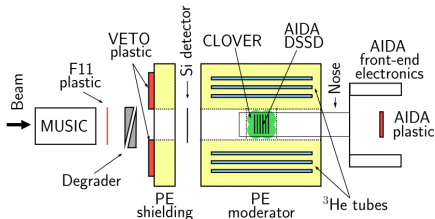
Kísérleti összeállítás

2021 tavasz: Távvezérelt mérés (NP1612-RIBF148 kísérlet)

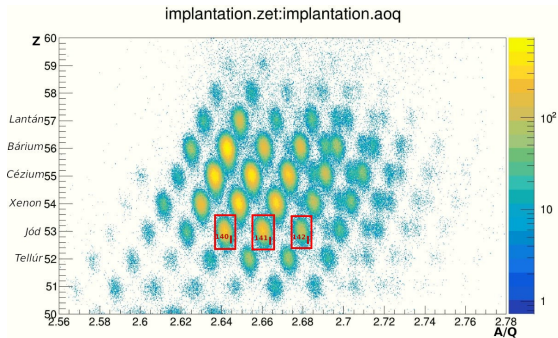


(a) A nyálábelőállító rendszer és a kísérleti összeállítás vázlatos rajza

(b) Az implantációs állomás (AIDA DSSD detektorok) és a körülötte elhelyezett neutronszámológ, HPGe és vétó detektorok



Részecskeazonosítás

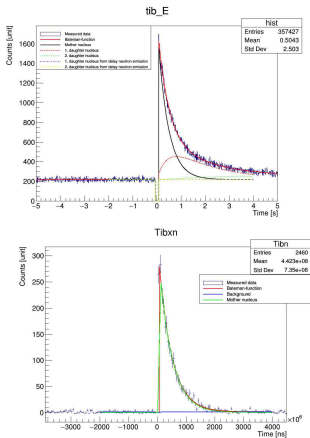


8. ábra. A részecskeazonosításhoz használt hisztogram

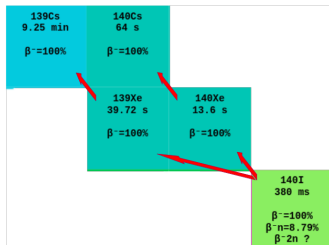
elem	tömegszámok
Tellúr	136-142
Jód	138-146
Xenon	140-150
Cézium	143-153
Bárium	147-155
Lantán	150-156

1. táblázat. Implantált izotópok

Bateman-függvény illesztése



9. ábra. ^{157}Pr mag esetén implantáció-béta részecske detektálás kettős koincidencia esemény időbeli eloszlása és az implantáció-béta részecske - neutron detektálás hármás koincidencia esemény időbeli eloszlása és az adatokra illesztett Bateman-függvények



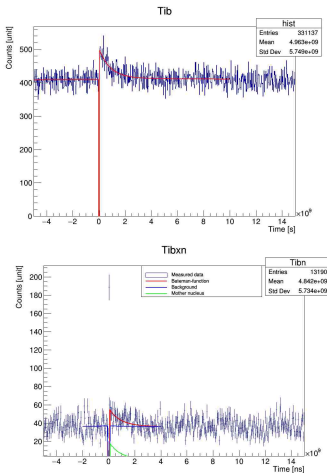
10. ábra. Egy lehetséges bomlási lánc

Bateman-függvény

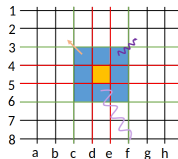
$$N_i(t) = \sum_{j=1}^i \frac{N_{10} \prod_{k=1}^{i-1} \lambda_k}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^i (\lambda_k - \lambda_j)} e^{-\lambda_j t}$$

- Párhuzamos illesztés: Tib és Tibn hiszogramok
- Iteráció: P_n érték változtatása

Kiértékelés - Koincidenca hisztogramok készítése jó d esetén



- β -veto (AIDA plastic - antikoincidenca)
- β -részecske környezet

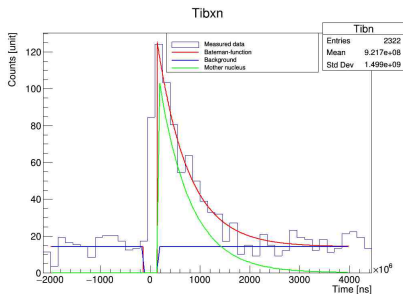
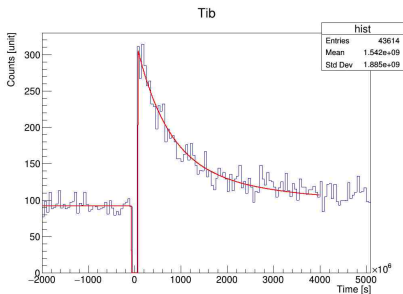


- Threshold energia
- Binméret választás

⇒ A jel-zaj arány optimalizálása

11. ábra. ¹⁴⁰I mag esetén implantáció- β részecske detektálás kettős koincidenca esemény időbeli eloszlása és az implantáció- β részecske - neutron detektálás hármas koincidenca esemény időbeli eloszlása és az adatokra illesztett Bateman-függvények

Kiértékelés - Eredmények a jódtó izotópokra



12. ábra. ^{141}I mag esetén implantáció-béta részecske detektálás kettős koincidenciaesemény időbeli eloszlása és az implantáció-béta részecske - neutron detektálás hármás koincidencia esemény időbeli eloszlása és az adatokra illesztett Batemann-függvények.

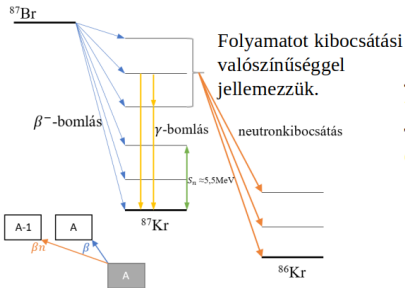
Izotóp	$T_{1/2}$ [ms]	P_n [%]
^{140}I	580	9,2
^{141}I	435	29,3
^{142}I	268	27,2

2. táblázat. Izotópok felezési ideje és későneutron kibocsátási valószínűsége

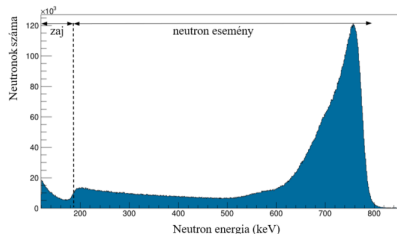
Várható eredmények a NP1612-RIBF148 kísérletből

- Felezési idő
- Késő egy- és kétneutron kibocsátási valószínűségek
- γ -spektrum \rightarrow mag szerkezeti információk

Köszönöm a figyelmet!

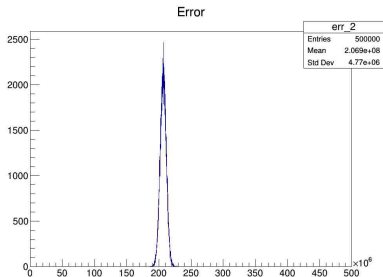


13. ábra. A későneutron kibocsátás energetikai viszonyai egy példa alapján

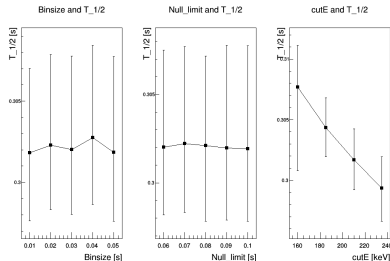


14. ábra. A ^3He számlálóban leadott energia eloszlása

A szisztematikus hiba meghatározása



15. ábra. A felezési idő szisztematikus bizonytalansága ^{158}Pr esetén



16. ábra. A különböző paraméterek változtatásának hatása felezési időre ^{157}Pr esetén