

### 3. félévi beszámoló

#### Körtefái Dóra

Részecskefizika és Atommagfizika doktori program  
Témavezetők: Dr. Horváth Ákos, Dr. Kiss Gábor Gyula

2023. január 31.

## 1. Bevezetés

Doktori munkámban a 2021-ben, RIKEN-ben végzett NP1612-RIBF148 mérés 3. beállításának Xe-Ba adatainak kiértékelésén fogok dolgozni. A cél ezeknek az izotópoknak a felezési idejének és későneutron-kibocsátási valószínűségének meghatározása, amennyiben ezek már ismertek, azok pontosítása. A konkrét izotópok a kísérletben implantált magok számával a 1. táblázatban láthatóak.

	számuk	$T_{1/2}$	$P_n$		számuk	$T_{1/2}$	$P_n$		számuk	$T_{1/2}$	$P_n$
$^{140}\text{Xe}$	611	i.	i.	$^{143}\text{Cs}$	1798	i.	i.	$^{147}\text{Ba}$	73505	i.	i.
$^{141}\text{Xe}$	34621	i.	i.	$^{144}\text{Cs}$	22482	i.	i.	$^{148}\text{Ba}$	579136	i.	i.
$^{142}\text{Xe}$	205715	i.	i.	$^{145}\text{Cs}$	483063	i.	i.	$^{149}\text{Ba}$	188748	i.	i.
$^{143}\text{Xe}$	400081	i.	i.	$^{146}\text{Cs}$	445303	i.	i.	$^{150}\text{Ba}$	175994	i.	n. i.
$^{144}\text{Xe}$	356894	i.	i.	$^{147}\text{Cs}$	305897	i.	i.	$^{151}\text{Ba}$	82992	i.	n. i.
$^{145}\text{Xe}$	109936	i.	i.	$^{148}\text{Cs}$	127402	i.	i.	$^{152}\text{Ba}$	24378	i.	n. i.
$^{146}\text{Xe}$	54048	i.	i.	$^{149}\text{Cs}$	64314	i.	n. i.	$^{153}\text{Ba}$	4426	i.	n. i.
$^{147}\text{Xe}$	13574	i.	i.	$^{150}\text{Cs}$	10932	i.	n. i.	$^{154}\text{Ba}$	650	i.	n. i.
$^{148}\text{Xe}$	2439	i.	n. i.	$^{151}\text{Cs}$	1782	i.	n. i.	$^{155}\text{Ba}$	191	n. i.	n. i.
$^{149}\text{Xe}$	444	n. i.	n. i.	$^{152}\text{Cs}$	356	n. i.	n. i.				
$^{150}\text{Xe}$	80	n. i.	n. i.	$^{153}\text{Cs}$	46	n. i.	n. i.				

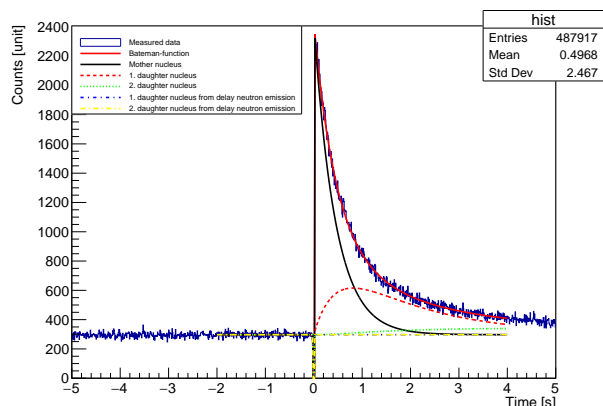
1. táblázat

Azt is feltüntettem az 1. táblázatban, hogy korábban meghatározták-e már a felezési időt és a későneutron-kibocsátási valószínűséget. Ha ismert az érték akkor i., ha nem akkor n. i. jelöli.

### 1.1. Korábbi eredmények összefoglalása

Az előző félévben a NP1612-RIBF148 kísérlet adatain kezdtem dolgozni, ami egy 2018-ban elvégzett mérés, az első eredményeket a Pm-Gd tartományról 2022-ben publikálták [1]. Mivel ennek a mérésnek az adatainak struktúrája igen hasonló ahhoz, ami majd a doktori munkám témája lesz, az ezekhez írt szkriptek hasznosak lesznek abban a kiértékelési folyamatban is. Illetve lehetővé teszik, hogy ellenőrizsem helyesek-e a kiértékelő programjaim, hiszen a kapott eredményeimet össze tudom hasonlítani a korábban mások által meghatározottakkal.

A tavaszi félévben a részecskeazonosításhoz és az anyamag felezési idejének meghatározásához készítettem hisztogramokat, utóbbira Bateman-függvényt illesztve állapítottam meg a keresett felezési időt. A kódok teszteléséhez egy, a kísérletben kellően nagy számban keletkezett atommagot, a  $^{157}\text{Pr}$ -t választottam ki, a felezési idő meghatározásához készült illesztés a 1. ábrán látható.

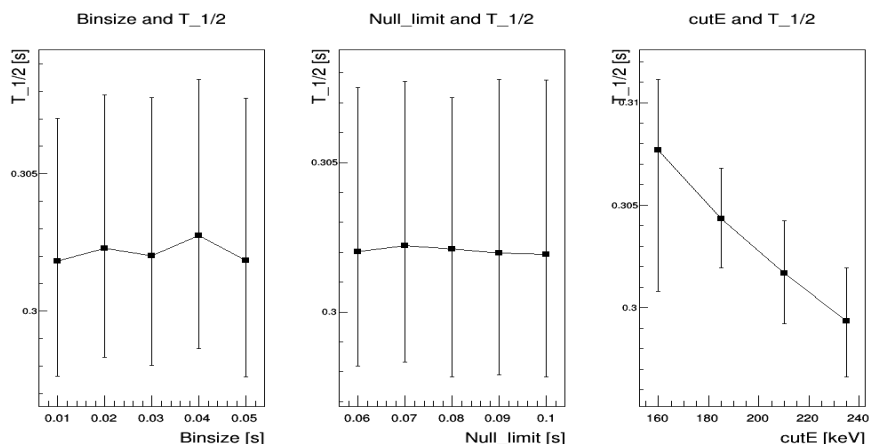


1. ábra. A  $^{157}\text{Pr}$  felezési idejének meghatározásához használt hisztogram az illesztett Bateman-függvénnyel

## 2. Kutatások ismertetése

### 2.1. Az anyamag felezési idejének szisztematikus hibája

A felezési idő meghatározásakor három paramétert részben önkényesen határozhatunk meg, ezek a hisztogram binjeinek mérete, a kilógó adatokat tartalmazó nulla másodperc körüli, az illesztésből kimaradó pontok határa és a kis  $y$  irányú energiájú beütéseket eltávolító energiavágás. Ahhoz, hogy lássuk mekkora bizonytalanságot jelentenek, különböző, reális értékeket választottunk, és ábrázoltuk a kapott felezési időt a változtatott paraméter függvényében, ezt mutatja a 3. ábra.



2. ábra. Az anyamag felezési ideje a szisztematikus hibaforrások függvényében

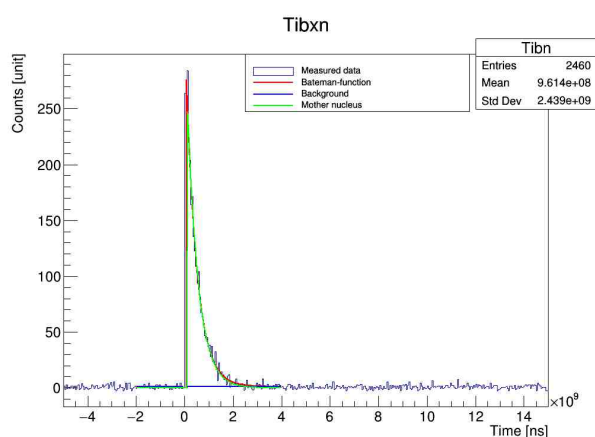
Azt tapasztaltuk, hogy a binméret és a nulla-limit a használt keretek között a statisztikus hibához képest nagyon kis mértékben változtatja a felezési időt, azonban az energiavágás jelentős különbségeket okoz. Mivel nincs tökéletes választás, ezért az energiavágást 160 keV-240 keV között variáljuk, és ezt a hatást továbbra is a szisztematikus hibában fogjuk figyelembe venni.

## 2.2. A $\beta$ -részecskék számának meghatározása

Ehhez a feladathoz csak egy kicsit kellett módosítani a felezési idő meghatározására írt kódot. Egy plusz lehetőséget kellett beépíteni, hogy megadhatjuk, hogy most a bomlások számát keressük. Ilyenkor az anyamag felezési ideje nem változhatott olyan széles tartományon, hanem csak az előző illesztésből kapott felezési idő hibahatárain belül. A későneutron-kibocsátási valószínűség ebben az esetben is rögzített marad, viszont extra energiavágást nem alkalmaztunk. (Az adatok feldolgozása során a zaj csökkentése érdekében már levágták a 150 keV energia alatti részecskéket.)

## 2.3. A későneutronok számának meghatározása

Annak érdekében, hogy ki tudjuk számolni a későneutron-kibocsátási valószínűséget, először meg kell határoznunk hány neutron keletkezett a bomlást követően. Továbbra is a korábbi mérés adataival dolgoztunk, ezért egy már elkészült hisztogramra illesztettünk Bateman-függvényt. Ez a kód sok szempontból hasonlított az anyamag felezési idejét meghatározó programhoz, itt viszont csak egy bomlási ágat kellett figyelembe venni. Ezen kívül különbséget jelentett a háttérkorrekció is. Továbbra is figyelembe kellett venni a véletlenszerű, lineáris háttérrel, de két másik effektus is szerepet játszott. Az egyik az, hogy egy, nem a bomlásból származó neutron korrelál a  $\beta$ -bomlással, a másik pedig, hogy az előbbi esemény miatt létrejövő holtidőben elveszítünk egy valódi későneutront. A függvényben ehhez kiszámoljuk az  $r$  arányszámot, ami a háttér neutron hisztogram (a  $\beta$ -esemény előtt mérhető neutronok) és a  $\beta$ -hisztogram beütésszámainak hányadosa. Az első hatást úgy vesszük figyelembe, hogy levonjuk a neutron-hisztogramból a  $\beta$ -hisztogram  $r$ -szeresét. A második effektust és a neutrondetektálási hatásfokból adódó veszteséget pedig úgy korrigáljuk, hogy az illesztésből kapott neutronszámot megszorozzuk  $\frac{1}{\eta} \cdot \frac{1}{1-r}$ -rel. Most is beállítottam egy optimális kezdőlimitet és binméretet. Azt láttuk, hogy ezek nem adnak túl nagy járulékot a szisztematikus hibában, így csak arra kellett figyelni, hogy ne legyen túl nagy a függvény jellegéhez és túl kicsi sem, hogy ne növelje fölöslegesen a futásidőt. A kód most sem tartalmaz extra energiavágást, hogy az összes neutront beleszámoljuk.



3. ábra. Neutron beütésszámok az idő függvényében

## 2.4. A későneutron-kibocsátási valószínűség meghatározása

Ezt a feladatot iterációval oldjuk meg. Az első lépésben egy általunk megadott, a korábbi mérések szerint reális későneutron-kibocsátási valószínűséggel elvégezzük az illesztést a  $\beta$ -részecskéket ábrázoló hisztogramra, azzal a céllal, hogy az anyamag felezési idejét meghatározzuk, majd olyan módon, hogy a  $\beta$ -részecskék számát kapjuk meg. Ezt követően a neutron hisztogramra illesztünk Bateman-függvényt és megállapítjuk a neutronok számát. A neutronok és a  $\beta$ -részecskék számának hányadosa a későneutron-kibocsátási valószínűség. A második lépésben már az általunk számolt valószínűséget használva végezzük el az illesztéseket. Ezt addig ismételjük, amíg már nem változik jelentősen a  $P_n$  érték.

A  $^{157}\text{Pr}$  izotóp esetén a felezési időket 160 keV-es energiavágás mellett határoztuk meg, a kapott értékeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

	0. lépés	1. lépés	2. lépés	3. lépés
$T_{1/2}$ [s]	0.295	0.313	0.312	0.312
$P_n$	0.08	0.066	0.067	0.067

2. táblázat. Az iteráció lépései során kapott  $^{157}\text{Pr}$  felezési idők és későneutron kibocsátási valószínűségek

A következő hetekben a későneutron-kibocsátási valószínűség szisztematikus és teljes hibáját fogom meghatározni.

## 3. Tanulmányi, oktatási és szakmai közéleti tevékenység

Ebben a félévben három tárgyat vettem fel, ezek közül egyet az ELTE Fizika Doktori Iskolájának Részecskefizika és Atommagfizika doktori programjából, kettőt a Debreceni Egyetem Fizika Doktori Iskolájának Magfizikai programjából. Az Asztro-részecskefizika kurzuson jó, A forgó atommag kísérleti szemmel és a Modern magfizikai mérőmódszerek és detektorok tárgyra pedig jeles osztályzatot kaptam.

A Klasszikus fizika laboratórium kedd délutáni csoportjában az optika témakörébe tartozó méréseket vezettem. A laborgyakorlatokat megtartottam, a jegyzőkönyveket kijavítottam.

Ebben a félévben tagja voltam a Fizika Doktori Iskola Tanácsának és a Fizikai Intézeti Tanácsnak is, az üléseken rendre részt vettem.

## Hivatkozások

- [1] G. G. Kiss, A. Vitéz-Sveicz, Y. Saito: Measuring the  $\beta$ -decay Properties of Neutron-rich Exotic Pm, Sm, Eu, and Gd Isotopes to Constrain the Nucleosynthesis Yields in the Rare-earth Region  
The Astrophysical Journal, 936:107 (18pp), 2022 September 10.  
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac80fc>