

2. félévi beszámoló

Körtefái Dóra

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

2022. június 19.

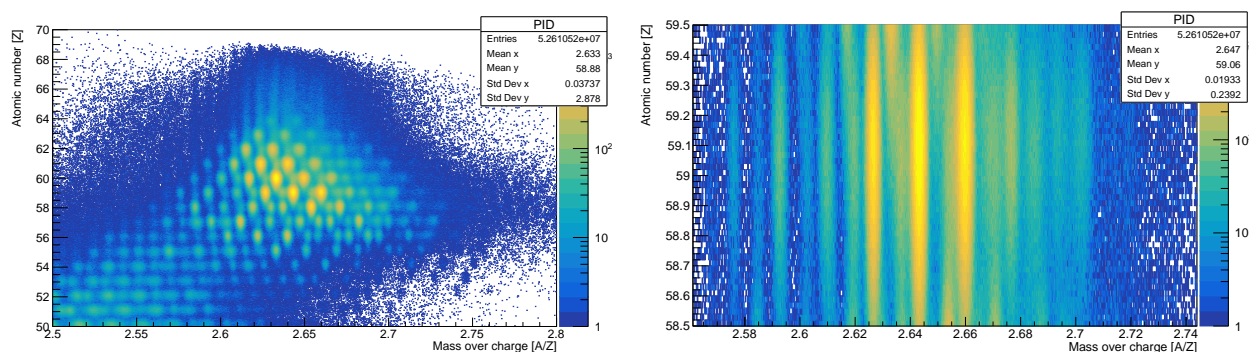
1. Bevezetés

Doktori munkámban a stabil ritkaföldfém izotópokra vezető béta-bomlási sorok atommagjainak tulajdonságaival fogok foglalkozni. A 2021-ben a RIKEN-ben mért adatok a félév során érkeztek meg hozzánk, a többi kutatócsoporttal még zajlik az egyeztetés a pontos munkamegosztás kapcsán. Így a félévben két témára fókuszáltam: elkezdtem megismerni a jelenleg elérhető irodalmat a doktori munkám szempontjából releváns magfizikai és asztrofizikai kérdésekben, illetve egy korábban mért, hasonló struktúrájú és célú, de más atommag tartományt vizsgáló kísérlet adatainak feldolgozásához írtam szkripteket a CERN ROOT felhasználásával. Ennek célja az volt, hogy az adatok birtokában majd gyorsabban és gördülékenyebben tudjam elvégezni azok analízisét.

2. Kutatások ismertetése

2.1. Részecskeazonosítás és az implantált magok száma

Annak érdekében, hogy meghatározhassuk, milyen atommagokat észleltek a detektorok, összefűztem egy TChain-né a különálló runokból készült .root kiterjesztésű fájlokat. Ezek a fájlok tartalmazták a magok rendszámát, és egy AoQ értéket, azaz a tömeg-töltés arányt. Felhasználva ezeket készítettem egy 2D hisztogramot, ami az 1a. ábrán látható.



(a) Részecskeazonosítás

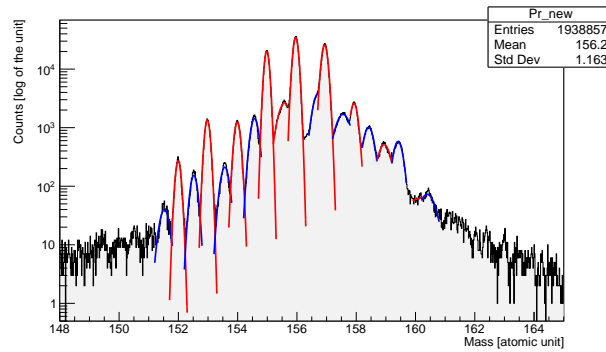
(b) Prazeodímium izotópok

1. ábra

Jól kivehetőek a sárgával jelölt foltok, amelyek a legnagyobb beütésszámokat jelelik, és amelyek 56-64 rendszámokhoz tartoznak. Mivel a cél az adatfeldolgozási folyamat megismerése volt, ezért egy jó statisztikájú magot, a prazeodímiumot választottam a további analízishez. Először a 2D hisztogramon közelítettem rá a választott maghoz tartozó sávra, azaz az 59-es rendszámhoz képest $\pm 0,5$ -es töltésű részt vágtam ki, ezt mutatja a 1b. ábra. Ezzel a vágással még láthatóan beleveszünk alulról és felülről is benyúló más izotópokat, töltésállapotokat. A töltésállapotok

esetén az AoQ értékek és a rendszám szorzata nem egész számot ad. Ez akkor fordulhat elő, ha nem teljesen ionizált az atommag, azaz pár elektron maradt rajta.

A magok számának meghatározásához 1D hisztogramot készítettem, azaz ábrázoltam azokat a beütéseket, amelyek rendszámparamétere 58,7 és 59,3 közé esett. A 0,3 jó választás volt abból a szempontból, hogy ezzel a vágással nem veszítettünk el jelentős mennyiséget a választott magokból, de nem is vettünk bele túl sokat a nem kívántakból. Az eredmény a ?? ábrán látható, ahol az y tengely az értékek logaritmusát mutatja. A hisztogramra illesztett Gauss-görbéket kétféle színnel jelöltem: pirosak a praezodímium izotópok, míg a kékek a töltésállapotokhoz tartoznak.



2. ábra. A praezodímiumhoz tartozó beütésszám csúcsok

Logaritmikus skálára azért volt szükség, mert így a kisebb csúcsok is láthatóvá váltak, így könnyebb volt megbecsülni az illesztési paramétereiket. A csúcsokra Gauss-görbéket illesztettem, ennek segítségével meg tudtam határozni a középpontokat és a σ -értékeket. Ezt követően már numerikusan tudtam összegezni a beütéseket a középpont $\pm 3\sigma$ környezetében.

2.2. Implantáció β korreláció, vágás energia szerint

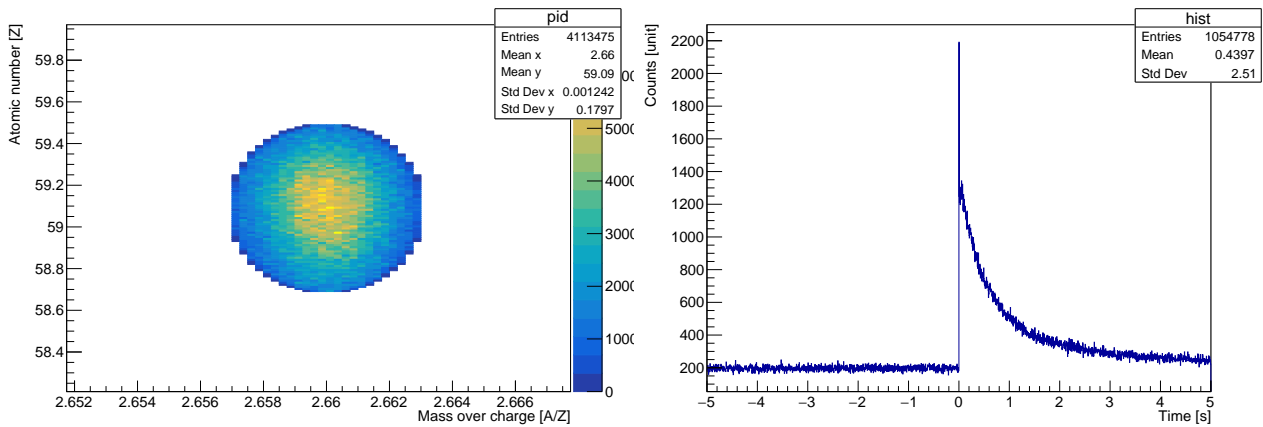
Egyes magok vizsgálatához ki kellett választani a részecskeazonosításhoz készült hisztogramon a megfelelő tartományt, amit egy ellipszissel közelítettem. A próbaként ^{157}Pr esetére elkészített hisztogramot a 3a. ábra mutatja. A mérés során használt detektorok azt is lehetővé tették, hogy a β -részecskék x és y irányú energiáját is mérjük. Ennek felhasználása hozzájárult ahhoz, hogy kiszűrjük a háttéreseményeket.

Ezen feltételek alapján kiválogattam a ^{157}Pr implantációjához tartozó β -eseményeket, és az idő függvényében ábrázoltam egy hisztogramon a beütéseket, ahogy a 3b. ábrán látható. A várakozásnak megfelelően exponenciális jelleggel lecsengő függvényt kaptunk, amiről a bomlási sorok ismeretében tudjuk, hogy több, különböző felezési idejű tagból áll össze.

2.3. Bateman-függvény illesztése

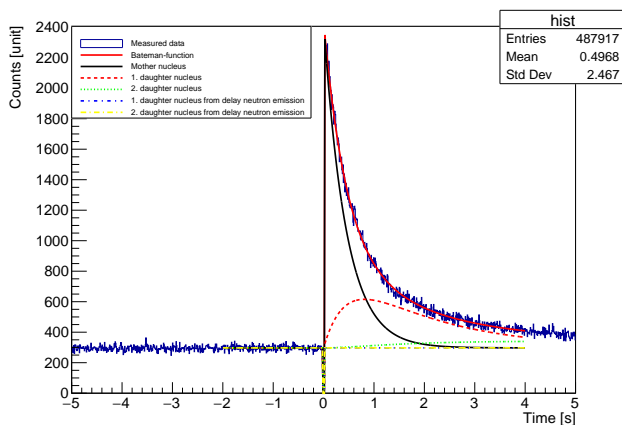
Elméleti megfontolások alapján állíthatjuk, hogy a 3b hisztogramra Bateman-függvényt illeszthetünk. Az illesztőprogram elején egy rekurzió segítségével definiáltam a függvény együtthatóit a 1. egyenletei alapján.

$$N_i(t) = \sum_{k=1}^i a_{i,k} e^{-\lambda_k t} \quad a_{ik} = \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i - \lambda_k} a_{i-1,k} \quad (1)$$

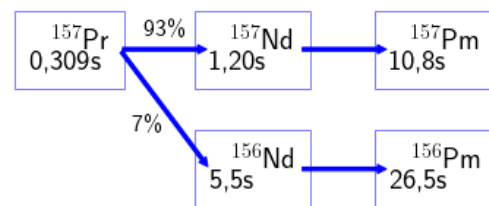


(a) A részecskeazonosítás ^{157}Pr -hoz tartozó része (b) A β -beütésszámok az idő függvényében
3. ábra

A program figyelembe vette, hogy az anyamag késő-neutron kibocsátó is lehet, illetve meg lehetett adni hány leánymagot vegyen figyelembe, és milyen időtartamra végezze az illesztést. A kezdőparamétereket egy .txt fájlból olvasta be, és a leánymagok esetén csak egy szűk tartományon engedte meg a felezési idő változását a kezdeti értékhez képest. Mivel a nulladik másodpercnek az észlelt β -bomlás kezdetét tekintjük, ezért a negatív időtartamra egyenest illesztve megbecsülhettem a háttérét. A nulla közelében található hatalmas csúcs elronthatja az illesztést, illetve információkkal nem szolgál számunkra, ezért az azokat tartalmazó bineket nem vettem figyelembe. Az illesztés eredménye a 4a. ábrán látható.



(a) A β -beütésszámok az idő függvényében az illesztett függvénnyel



(b) ^{157}Pr bomlási sora

4. ábra

A Bateman-függvényen kívül különböző színekkel ábrázoltam az egyes atommagok járulékát is. A 4b. ábra mutatja a ^{157}Pr bomlási sorát, az illesztés által megadott felezési időekkel. Látjuk, hogy lényegesen kisebb valószínűséggel van jelen a késő-neutron kibocsátó ág, ez mutatkozik meg abban is, hogy az innen származó izotópok viszonylag kis járulékot adnak. A stabilitás völgye felé közeledve nőnek a felezési idők, így a detektorok a bomlási lánc további elemeiből

már elhanyagolható mennyiséget észlelnek.

2.4. A szisztematikus hiba meghatározása

Az előbbieken leírt program legfőbb célja az anyamag felezési idejének meghatározása. Az illesztési paramétereken kívül azok statisztikus hibáját is megkapjuk az illesztés után, viszont a választott energiavágás, a binék mérete és a kinullázott binék további, szisztematikus bizonytalanságokat eredményez. Ezt úgy vesszük figyelembe, hogy többféle paraméter mellett elvégezzük az illesztést, minden felezési időhöz és statisztikus hibához generálunk egy Gauss-eloszlást, ezeket összegezzük, majd kiszámoljuk a görbe alatti területet. A terület felénél található érték megadja a keresett felezési időt, az alsó és felső szisztematikus hibát pedig megkapjuk, ha megvizsgáljuk milyen értéknél érjük el a terület 15,865%-át, illetve 84,135%-át.

2.5. A várható mérési eredmények előkészítése

A doktori munkámban különböző, nagy neutronszámú Cs, Ba, La és Ce izotópok magfizikai tulajdonságait fogom vizsgálni. Annak érdekében, hogy tudjuk, milyen felezési időkre és késő-neutron kibocsátási valószínűségekre számíthatunk, a [1] cikk alapján végignéztük, melyik izotópokra vannak már mérési eredmények, illetve konzisztensek-e azok.

Az első feldolgozási lépések alapján már tudtam, hogy egyes izotópokból hány magra számíthatunk. Ezek és az irodalmi felezési idők és késő-neutron kibocsátási valószínűségek alapján azt is kiszámoltam az egyes bomlási sorokban hány neutronra lehet számítani.

3. Tanulmányi, oktatási és szakmai közéleti tevékenység

Ebben a félévben egy tárgyat vettem fel, a Debreceni Egyetem Fizika Doktori Iskolájából. Ez a tárgy az Egzotikus atommagfizika, a vizsga július 1-én lesz megtartva.

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

Áprilisban megválasztottak a TTK Doktorandusz Önkormányzat képviselőjének.

Ebben a félévben lettem tagja a Fizika Doktori Iskola Tanácsának és a Fizikai Intézeti Tanácsnak is. A delegálásom után tartott üléseken részt vettem.

Hivatkozások

- [1] J. Liang, B. Singh, E.A. McCutchan, I. Dillmann, M. Birch, A.A. Sonzogni, X. Huang, M. Kang, J. Wang, G. Mukherjee, K. Banerjee, D. Abriola, A. Algora, A.A. Chen, T.D. Johnson, K. Miernik, Compilation and Evaluation of Beta-Delayed Neutron Emission Probabilities and Half-Lives for $Z > 28$ Precursors, Nuclear Data Sheets, Volume 168, 2020, Pages 1-116, ISSN 0090-3752, <https://doi.org/10.1016/j.nds.2020.09.001>.