

BÍRÁLAT

Kiss Gábor Gyula

"Robbanásos nukleoszintézis-folyamatok magfizikai paramétereinek kísérleti vizsgálata"

című MTA doktori értekezéséről

Kiss Gábor Gyula értekezésében olyan magfizikai folyamatokat vizsgál, amelyek asztrofizikai közegekben, nagy energiájú robbanásokban mennek végbe. Az ilyen tranziens asztrofizikai folyamatok tanulmányozása az utóbbi 1-2 évtizedben egyre inkább a nemzetközi kutatói közösség érdeklődésének homlokterébe került, főként a szupernóva-robbanások, valamint az összeolvadó neutroncsillagok, azaz a kilonóvák vizsgálata során. A vasnál nehezebb elemek keletkezésének minél pontosabb megismerése alapvető információkat jelent az Univerzum kémiai evolúciójának megértésében. Habár a téma interdiszciplináris jellege kétségtelen, hiszen a magfizikai vizsgálatokat csillagászati mérésekkel és asztrofizikai modellekkel kapcsolja össze, a szerző dolgozata főként a magfizikai folyamatokban kulcsszerepet játszó mennyiség, a hatáskeresztmetszet kísérleti meghatározására fókuszál. Az értekezésben a szerző azon eredményeit foglalja össze, amelyek elérésében meghatározó szerepet játszott: jelentős részben saját munkáját, illetve olyan kollaborációkban végzett kísérleteket, amelyekben vezető szerepet töltött be.

Az értekezés felépítése

A dolgozat három fő részre tagolódik. A bevezetést követő második fejezetben a szerző összefoglalja a dolgozat tárgyát képező nagyenergiájú magfizikai folyamatokat, amelyek a vasnál nehezebb elemek nukleoszintézisében szerepet játszanak: az r-folyamatnak nevezett gyors neutron-befogást, az ezt követő későneutron-kibocsátást, az alfa-részecskékkel történő ütközés hatására végbemenő gyenge r-folyamatot, valamint a protongazdag magok keletkezését lehetővé tevő gamma-folyamatot, azaz az r-folyamatban keletkezett neutrongazdag izotópok fotobomlását.

A harmadik fejezet a kísérleti munka során használt eszközöket és mérési módszereket ismerteti, nagy részletességgel. Ebből kiviláglik, hogy a szerző igen alaposan ismeri a kísérleti magfizika rendkívül széles eszköztárát, és munkája során rendkívül sokféle, a legmodernebb műszertechnikát felhasználó kísérleti elrendezést és eljárást igénybe vett a mérések elvégzése érdekében. Nem egy esetben a kísérleti elrendezéseket maga tervezte és építette fel. Részletekbe menően bemutatja az adatkiértékelési eljárásokat, elemzi a mérések bizonytalansági tényezőit is, amely nagyon lényeges, hiszen a munka fő célja a hatáskeresztmetszetek értékének a korábbiaknál pontosabb megismerése. Ennek megfelelően nagy figyelmet fordít a mérőműszerek, detektorok precíz hitelesítésére, és táblázatokba foglalva közli a mérési hibák lehetséges forrásait, valamint a bizonytalanságok értékeit. Külön kiemelendő a japán RIKEN Nishina gyorsítóközpontban radioaktív nyalábokkal végzett kísérletsorozat, amely a hazai magfizikai vizsgálatokhoz képest új távlatokat jelent.

A negyedik fejezet tartalmazza a jelölt saját eredményeit. Elsőként a gyenge r- és gamma-folyamatok statisztikai modellezésében kulcsfontosságú paramétert, a nehéz magokon rugalmasan szóródó alfa-részecske szórás hatáskeresztmetszetét tanulmányozza. Ezt követően az r-folyamat vizsgálatára irányuló radioaktív- illetve stabil nyalábokkal végzett kísérleteinek eredményeit mutatja be és elemzi. Mindegyik alfejezet részletesen taglalja a jelölt (vezető) szerepét az eredmények elérésében, valamint tartalmaz egy rövid kitekintést is a további lehetőségek és távlatok bemutatásával.

Az ezt követő rövidebb fejezetben a jelölt bemutatja a dolgozat témaköréhez kevésbé illeszkedő egyéb eredményeit, amit a magyar és angol nyelvű összefoglaló fejezet zár.

A dolgozat érdemi része 99 oldal terjedelmű, amelyet egy 9 oldalas irodalomjegyzék zár. A dolgozat kivitelezése tetszetős, az ábrák, táblázatok jól illeszkednek a szövegbe, kellően alátámasztják az elért eredményeket, segítik a megértést. A szöveg megfogalmazása precíz, megfelel az adott szakterület szokásainak, habár a nem ezzel a szakterülettel foglalkozó olvasó számára a teljes megértéshez időnként további háttérinformációk gyűjtése is szükséges.

Az önálló tudományos eredmények

A jelölt új tudományos eredményeit 13 oldalas tézisfüzetben foglalja össze. Összesen 3 fő tézispontot sorol fel, amelyek azonban további alpontokra tagolódnak, így mindösszesen 10 új tudományos eredményt mutat be. Ezek sorrendben a következők:

1. Rugalmas alfa-szórás nagy tömegszámú magokon:

Új mérések elvégzésével kimutatta, hogy az irodalmi alfa-mag optikai potenciálokból számolt jóslatok pontatlanok, mind a szögeloszlás, mind pedig a hatáskeresztmetszetek tömegszámtól való függésének leírásában. Kísérleti adataiból kiindulva új alfa-mag optikai potenciál bevezetésére dolgozott ki javaslatot.

2. A gamma-folyamatban szerepet játszó (gamma,alfa) fotobomlások vizsgálata az inverz reakción keresztül:

Meghatározta az alfa-részecske befogási hatáskeresztmetszeteket a befogás után létrejött magok béta-bomlása során keletkező karakterisztikus röntgensugárzás mérésével. Számos céltárgymag esetén minderre elsőként került sor az irodalomban. Az elméleti modellezésnél használt optikai potenciál képzetes részének módosításával sikerült egy olyan összefüggést találnia, amellyel számolva a kísérleti hatáskeresztmetszetek a korábbiaknál lényegesen pontosabban reprodukálhatók.

3. Az r-folyamat ösvényén található magok béta-bomlásának tanulmányozása:

Megtervezett és megépített egy minden korábbinál nagyobb határfokú neutrondetektort, amellyel számos későneutron-kibocsátó izotóp béta-bomlásának paramétereit mérte meg, többet első alkalommal. Kísérleti eredményeit statisztikus modellszámításokkal kombinálva meghatározta a rhódium és palládium izotópokból kiinduló bomlási sorok hozzájárulását a 130-as tömegszám körül megjelenő gyakoriságcsúcs kialakulásához. Elsőként mérte meg nagy pontossággal a cirkónium és a mólibdén magok (alfa,n) reakcióinak hatáskeresztmetszetét az asztrofizikában releváns energiatartományban. Ezen mérések segítségével új, a korábbiaknál jóval pontosabb elméleti nukleoszintézis hozamokat számoltak ki a gyenge r-folyamatra vonatkozó reakcióhálózatokból. Megmutatta továbbá, hogy a nehézion-ütközések leírására használt transzmissziós modell alkalmazható az asztrofizikai energiákon mért hatáskeresztmetszetek leírására, valamint meghatározta a gyenge r-folyamat során releváns (alfa,n) reakciók hatáskeresztmetszeteit és a szimulációkban használt reakciósebességek értékeit.

Az első tézispontot 7, a második tézispontot 9, a harmadik tézispontot 8 referált folyóiratban megjelent, többségében első szerzős, illetve kevés szerzős publikáció támasztja alá. Megállapítható, hogy az szerző eredményei a szakirodalomban kellő hangsúllyal, a szakterület vezető lapjaiban jelentek meg, nemzetközi szinten igen jelentős hozzájárulást eredményezve az általános ismeretekhez.

Az összes tézispontot új tudományos eredménynek fogadom el.


Kérdéseim, amelyek pusztán a nem szakterületi bíráló általános érdeklődését fejezik ki, és semmiképpen sem kérdőjelezik meg egyik eredmény érvényességét sem, az alábbiak:

1. A 4. és 8. táblázatokban a rugalmas szórásmerések illetve az aktivációs eljárással végzett hatáskeresztmetszet-mérések lehetséges bizonytalansági forrásait sorolja fel, számszerűsített formában. Ezek alapján a szisztematikus hibák együttes mértéke összemérhető, vagy még kicsit nagyobb is lehet, mint a statisztikus hibák mértéke. Lát-e lehetőséget ezen szisztematikus hibák további csökkentésére?
2. Az asztrofizikai szakirodalomban évtizedek óta tart a vita a nehéz magok eredetének lehetséges asztrofizikai forrásairól, vagyis arról, hogy az r-folyamat ténylegesen hol mehet végbe a leggyakrabban a természetben. Ez a kérdés még a népszerűsítő sajtóban is nagy hangsúlyt kapott, különösen a GW170817 jelű kilonóva felfedezése után, amelyből kiindulva sokan megkérdőjelezték a korábban sokkal valószínűbbnek gondolt magösszeomlásos szupernóvák szerepét a nehéz magok keltésében. A jelölt a rendelkezésére álló információk alapján mit gondol erről a kérdéstről -- lehet-e a jelenlegi ismereteink alapján bármit állítani például a Földön található aranytartalom valószínű eredetéről?
3. A 4.2.4. alfejezetben több, a dolgozat írásakor folyamatban lévő, sikeres nyálábidő-pályázathoz kapcsolódó tervezett mérést is felsorol. Vannak-e ezekből időközben további, akár a védésen bemutatható új eredmények?

Összefoglaló értékelés

A doktori értekezés igen magas színvonalú, nemzetközi szinten jelentős tudományos munkáról és eredményekről számol be. Az érdeklődő kérdéseimre adott válaszoktól függetlenül a jelöltet messzemenően alkalmasnak tartom az MTA doktori cím megszerzésére, ezért mind a nyilvános védés kifizetését, mind az MTA doktori cím odaítélését javaslom.

Budapest, 2022. október 9.


/ Dr. Vinkó József /
tudományos tanácsadó
az MTA doktora