

Asztrofizikai jelentőségű befogási reakciók kísérleti vizsgálata

Válasz

Bencze Gyula

opponensi véleményében feltett kérdéseire

Először is szeretném megköszönni Bencze Gyulának dolgozatom elbírálását és az arról kialakított pozitív véleményét. Az alábbiakban a bírálatban megfogalmazott kérdéseire válaszolok.

1. Mivel a nukleoszintézisben fontos szerepet játszó ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ reakció hatáskeresztmetszetének pontosabb meghatározása nem vezetett az ősrobbanás kozmológiai ${}^7\text{Li}$ -problémájának kézenfekvő megoldásához, véleménye szerint hol kell keresni a megoldás kulcsát?

A probléma fontosságára tekintettel a lehetséges megoldások keresése ma is intenzív kutatások tárgya. Több lehetséges magyarázat is létezik (lásd például F. Iocco, The Lithium problem, Mem. S.A.It. Vol. 22, 19, arXiv:1206.2396). Ezek közül itt kettőt (egy valószínűt és egy érdekeset) említek meg.

Az első magyarázat azon alapul, hogy a ${}^7\text{Li}$ izotóp primordiális gyakorisága korai csillagok spektrumának elemzéséből származik. Azt feltételezik, hogy e csillagok felszíni anyaga nem vett rész nukleáris folyamatokban, azaz a felszíni összetétel jól tükrözi az ősrobbanásban keletkezett anyag összetételét. Ez a feltétel azonban nem biztos, hogy megállja a helyét. Amennyiben a csillag felszínének anyaga a múltban keveredési folyamatok révén a csillag forró magját is megjárta, akkor a ${}^7\text{Li}$ izotóp gyakorisága jelentősen lecsökkent a nagy hatáskeresztmetszettel lezajló ${}^7\text{Li}(p,\alpha){}^4\text{He}$ reakció miatt. Így az észlelt gyakoriság lényegesen alacsonyabb lehet, mint a primordiális, ami a fennálló ellentmondás megoldását jelentheti.

A másik megoldási javaslat túlmutat a részecskefizika sztenderd modelljén. Amennyiben az ősrobbanásban keletkezett viszonylag hosszú élettartamú egzotikus részecske, akkor ez - miután a nukleoszintézis már befejeződött – kölcsönhathatott a keletkezett ${}^7\text{Be}$ és ${}^7\text{Li}$ magokkal, megsemmisítve azokat jelentős részét. Ilyen lehet például a stau részecske, ami bizonyos szuperszimmetrikus modellekben a második legkönnyebb szuperszimmetrikus részecske, ami elég hosszú élettartamú lehet a fent említett folyamathoz.

Még egyszer hangsúlyozom azonban, a ${}^7\text{Li}$ probléma még nem megoldott, a két példán kívül más megoldások is elképzelhetők. Remélhetőleg a következő évek kutatásai közelebb vihetnek a probléma tisztázásához. Az azonban nagy valószínűséggel kizárható, hogy az ősrobbanásban szerepet játszó reakciók nem pontos ismerete okozza a problémát, tehát az ellentmondás úgy tűnik, nem magfizikai eredetű (lásd pl. C. Brogini et al., Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 06 (2012)030.).

2. Az α -befogásos reakciók hatáskeresztmetszete a tapasztalat szerint igen érzékeny az α -atommag optikai potenciál tulajdonságaira. Milyen fizikai tulajdonságoknak tulajdonítja azt az eredményt, hogy az elméleti számításokban jobb egyezéshez vezet a kísérleti adatokkal a Fröhlich és Rauscher által kifejlesztett potenciál, mint az irodalomban elterjedt McFadden-Satchler-féle optikai potenciál?

A McFadden-Satchler potenciált a 60-as években fejlesztették ki 25 MeV-es alfa részecskék különböző atommagokon való szórási hatáskeresztmetszetének analízise alapján. A potenciál rendkívül egyszerű, négy, energia és tömegszám-független illesztett paramétert tartalmaz. Az egyszerűsége ellenére a potenciál meglepően jól használható magreakciók széles körének leírása esetén is. Az asztrofizikai p-folyamat szempontjából lényeges energiatartomány (a Columb-gát alatt) azonban jóval alacsonyabb, mint 25 MeV, vagyis a McFadden-Satchler potenciált megalapozó energia. Így nem meglepő, hogy alacsony energián a McFadden-Satchler potenciál nem működik megfelelően.

A Fröhlich-Rauscher potenciált ezzel szemben kimondottan asztrofizikai indítatásból, alacsony energiákra koncentrálnak fejlesztették ki. Hat paraméterét úgy határozták meg, hogy jól leírja a rendelkezésre álló alacsony energiás kísérleti adatokat. Így nem meglepő, hogy ez a potenciál a dolgozatban tárgyalt reakciók esetén is jobb leírást ad.

A két potenciál között tehát nincs lényeges fizikai különbség, mindössze a problémakör, melynek leírására kifejlesztették őket, tér el jelentősen egymástól. Méréseink egyik lényege éppen az, hogy megvizsgáljuk, egy asztrofizikai célból kifejlesztett potenciál mennyire „globális”, mennyire tudja leírni a megalkotásához nem használt, új, asztrofizikailag lényeges energiatartományban elért kísérleti eredményeket.

Debrecen, 2013.10.02.

Gyürky György