

A neutron spectrometer for studying giant resonances with (p,n) reactions in inverse kinematics

Neutron spektrométer óriásrezonanciák inverz kinematikájú (p,n) reakcióban történő tanulmányozására

L. Stuhl, A. Krasznahorkay, M. Csatlós, A. Algora, J. Gulyás, G. Kalinka, J. Timár, N. Kalantar-Nayestanaki, C. Rigollet, S. Bagchi, M.A. Najafi

Napjaink magfizikájában a magszerkezeti vizsgálatok egyértelműen a stabilitási sávtól távolabb eső izotópok felé tolódnak el. A korábbi kutatásokban már bebizonyosodott, (p,n) töltéscsere-reakciók nagyon hasznos eszközök lehetnek a magszerkezet tanulmányozására.

A radioaktív nyalábok előállításának sajátosságai miatt, ezek az egzotikus atommagok nagy kinetikus energiával keletkeznek. Ennek megfelelően vizsgálatukra az inverz kinematikában végzett mérésekben van igazán lehetőség. Az említett töltéscsere-reakciókat is elkezdték használni radioaktív nyalábokkal, inverz kinematikában, melyek esetén a kilépő neutronok mozgásenergiája viszonylag kicsi (0,1 – 5 MeV), a repülési táv általában rövid, viszont az elfogadható a repülési- időfelbontás és az energiafeloldás valamint a szögfeloldás mind kritikus. Összességében a lassú neutronok jó hatásfokkal való detektálása, és ezzel párhuzamosan az energiájuk és szögeloszlásuk pontos meghatározása speciális spektrométerek tervezését és alkalmazását igényli.

Ezen motiváció alapján született meg a detektorunk terve, hogy eleget lehessen tenni a kísérleti kihívásoknak. Az Európai Kis-Energiás Neutron Spektrométert (ELENS, European Low-Energy Neutron Spectrometer) az egzotikus atommagok vizsgálatára terveztük.

Az ELENS rendszer 15 különálló szcintillációs detektor-szálból épül fel. Minden egyes detektor-szál egy $10 \times 45 \times 1000$ mm³ plasztik szcintillátor hasáb. A változtatható geometriai elrendezést három modul (modulonként 5 darab detektor) teszi lehetővé, teljes szabadsági fokot biztosítva a méréseknek legjobban megfelelő elrendezésre.

A detektor-szálakat egy újfajta csomagolási eljárással egy magas reflexiós együtthatóval rendelkező, többrétegű fóliába csomagoltuk be. A fóliát, az irodalomban egyedülálló módon, speciálisan hőkezeltük, hogy egyen-egyenként a plasztikok tökéletes geometriai formáját felvegyék és így biztosítsák a jó fénybegyűjtést a szcintillátorok két végén lévő foto-elektron sokszorozóban. Az elért, megközelítőleg 20%-os fénybegyűjtési hatásfok-növekedés (mely a részecske detektálási hatásfokkal arányos) jelentős, továbbá jelentősen csökkent a fénylecsengés a detektor-szálakban ezen új eljárásnak köszönhetően.

A detektor-szálak közötti átszóródásra 5-10 % alatti értéket kaptunk, mely jól egyezik a szimulációkkal nyert értékekkel. A kísérleti úton meghatározott helyfeloldás 7.2 – 8.3 cm közötti. Ezek az értékek 1 m-es detektor-céltárgy távolság esetén a célul kitűzött 1° közeli szögfeloldást biztosítani tudják, mely az 1 MeV körüli gerjesztési energia-feloldáshoz szükséges. A detektor hatásfok hitelesítését 0.2 – 5 MeV-es tartományban elvégeztük, a kapott eredmények egyezést mutatnak a szimulált értékekkel. Az ELENS detektor az 1 MeV-es kinetikus energiával rendelkező neutronokat közel 40%-os hatásfokkal tudja detektálni.

A válaszfüggvényei és tulajdonságai alapján, az ELENS spektrométer alkalmas inverz kinematikában végrehajtott töltéscsere-reakciókban a neutronok detektálásával új, pontos információt adni a gerjesztési energiáról a különböző óriásrezonanciák esetén. Így tanulmányozható a vizsgált atommagok neutronbőr-vastagsága és egyéb, akár a neutroncsillagok paramétereivel összefüggő jelenség is.

