

Podolyák Zsolt

A ^{70}As ÉS ^{73}As ATOMMAGOK SZERKEZETE

PhD disszertáció tézisei

Témavezető: Fényes Tibor

a fiz. tud. doktora

MTA ATOMKI

Debrecen

1995

1 Előzmények és célkitűzések

A jelen munka része az ATOMKI magspektroszkópai osztályán folyó kutatási programnak, melynek témája: "Atommagok szerkezetének vizsgálata ciklotron nyalábokban". A programon belül elsősorban a páratlan rendszámú és páratlan neutrons számú atommagokat vizsgáljuk, különös tekintettel azok dinamikus szimmetriáira.

A program kísérleti részét a következők indokolják:

a) Rendelkezésre áll egy 103 cm-es izokrón ciklotron, ami többféle, változtatható energiájú nyalábot szolgáltat. $(p,n\gamma)$, $(\alpha,n\gamma)$ stb. magreakciókkal lehetőség nyílik mind a részecskés, mind a kollektív gerjesztési nívók előállítására, a nívók fokozatos gerjesztésére stb. Mindez ideális feltételeket biztosít in-beam magspektroszkópai vizsgálatokhoz.

b) Az osztály sokévi munkával kifejlesztett egy ciklotron nyalábon világviszonylatban unikális szupravezető mágneses spektrométert, ami kitűnő hatásfokot és jó energiafeloldást biztosít a konverziós elektron spektroszkópia részére.

c) Rendelkezésre állnak nagy hatásfokú és jó energiafelbontású Ge(HP) detektorok, nukleáris elektronika stb. a kor színvonalán álló γ -spektroszkópai vizsgálatokhoz.

d) A páratlan-páratlan atommagok nívósémája a vizsgált Ga-As tartományban méréseink előtt igen hiányos volt. Egyes magoknál 1,2 MeV-ig több mint 40 nívó van és ebből mindössze 2-3 nívóra volt egyértelmű spin-paritás adat.

A program célja nem csupán magadatok szerzése, hanem a vizsgált atommagok szerkezetének teljeskörű leírása magelméleti számításokkal.

Az elméleti számítások indokai:

a) A Zágrábi Egyetem elméleti fizikai kutatócsoportja kifejlesztett egy világszínvonalon álló számítógép programot a páratlan-páratlan atommagok leírására a kölcsönható bozon modell keretében. E programot az osztály munkatársai korábban

adaptálták a debreceni számítógépekre. A számítógép program lehetőséget ad mind a páros–páros, mind a páratlan tömegszámú és páratlan–páratlan atommagok leírására bármilyen $A > 60$ magtartományban (gömbyszerű, átmeneti, deformált).

b) Ha a program paramétereit illesztjük a zömében általunk mért adatokhoz, lehetőség nyílik számos, eddig még kísérletileg meg nem határozott magadat megjósolására (pl. magnyomatékok, életidők).

c) Az elméleti analízis alapján lehetőség adódik a magszerkezetet meghatározó kölcsönhatások szerepének, erősségének, jellegének tisztázására.

A program keretében a ^{70}As és ^{73}As atommagok szerkezetét vizsgáltam. Céлом ezen atommagok alacsonyenergiás szerkezetének feltárása volt. A közel teljessé tett nívóséma (főként az egyértelművé tett spin–paritás értékeknek köszönhetően) a vizsgált atommagok megbízható elméleti analízisét tette lehetővé. A számítások részletes és konzisztens leírását adták a páros–páros, egyszer páratlan és páratlan–páratlan atommagok energia spektrumának és elektromágneses sajátságainak.

A ^{73}As -ra meghatározott új kísérleti adatok $U(6/12)$ szuperszimmetria felismerését tette lehetővé a ^{73}As és ^{74}Se atommagoknál.

2 Vizsgálati módszerek

A ^{70}As és ^{73}As atommagokat $(p,n\gamma)$ reakcióban gerjesztettük az ATOMKI ciklotron kihozott nyalábján. A céltárgyakat dúsított izotópból készítettük vákuumban való párologtatással.

A következő típusú méréseket végeztük:

a) γ és $\gamma\gamma$ -koincidencia spektrumok felvétele $\sim 2,0$ keV felbontóképességű és 20–25% relatív hatásfokú Ge(HP) detektorokkal a nívóséma felépítése céljából.

b) Konverziós elektron spektrum mérés szupraveztő mágneses, Si(Li) detektoros spektrométerrel az átmenetek multipolaritásának és jellegének, majd a nívók

paritásának meghatározása érdekében.

c) γ szögeloszlás (a ^{70}As atommagnál) és relatív hatáskeresztmetszet mérés Ge(HP) detektorokkal az állapotok spinjének meghatározása céljából.

A 4096 vagy 8192 csatornában felvett egy- és kétdimenziós spektrumokat DOS és UNIX operációs rendszerű számítógépeken dolgoztuk fel.

A mérések sokfélesége lehetővé tette egyértelmű, konzisztens adatok nyerését, ami nagymértékben növelte az eredmények megbízhatóságát.

A korábbinál sokkal teljesebb új nívóséma megbízható alapot szolgáltatott a magelméleti analízisre. A témavezetőmmel együtt számoltuk a ^{70}As -nál a proton-neutron multiplettek relatív energiafelhasadását a magspin függvényében, továbbá az IBM, IBFM és IBFFM magmodellek kereteiben a ^{68}Ge , ^{69}Ge , ^{71}As , ^{70}As nívórendszerét és elektromágneses sajátságait. A ^{73}As atommag elméleti analízisét IBFM

3 Új tudományos eredmények

a) *A ^{70}As atommagra vonatkozó kutatási eredmények*

1. A detektált γ sugárzásokat azonosítottam. Meghatároztam 113 (ebből 60 új) ^{70}As maghoz tartozó γ sugárzás pontos energiáját, relatív intenzitását és koincidenziakapcsolatait.

2. Felépítettem a gerjesztési nívórendszert, ami 1120 keV gerjesztési energiáig közel teljesnek tekinthető. A nívóséma 43 állapotot tartalmaz, ebből 16 új. Meghatároztam a γ elágazási arányokat az adott nívókról.

3. Meghatároztam 29 átmenet korábban nem ismert belső konverziós együttthatóját, és ez alapján az átmenetek multipolaritását és jellegét.

4. Meghatároztam 22 γ sugárzás szögeloszlási együttthatóját (19-nek elsőként) és multipól keveredési arányát. Meghatároztam a nívók relatív gerjesztési

hatáskeresztmetszetét négy különböző bombázó energián.

5. A legtöbb nívó spinjét és paritását egyértelműen meghatároztam a γ szögeloszlás, belső konverziós együttható és relatív hatáskeresztmetszet mérés (Hauser–Feshbach analízis) alapján.

6. Az összes rendelkezésre álló kísérleti adat és a parabolaszabály számítás alapján következtetéseket vontunk le a nívók természetére, konfigurációjára.

7. Az IB(FF)M számítások során a kétszer páratlan ^{70}As atommagra olyan parametrizációt alkalmaztunk, ami konzisztens a páros–páros magtörzs és a két szomszédos páratlan tömegszámú atommag leírásánál használtakkal. Mind a négy mag esetén jól reprodukáltuk a nívósémát és a magnyomatékokat. Következtetéseket vontunk le a nívók részecskés, illetve kollektív jellegére. A számolt hullámfüggvények alapján eddig kísérletileg meg nem határozott magadatok is megjósolhatóak. Megállapítottuk, hogy az egyetlen korábbi számítással ellentétben: a magtörzs deformáltságát és a kollektív szabadsági fokokat is figyelembe kell venni, valamint hogy a tenzorkölcsönhatás a legalacsonyabb (0,1) spinű állapotok leírásánál jelentős szerepet játszhat.

b) A ^{73}As atommagra vonatkozó kutatási eredmények

1. Azonosítottam a detektált γ sugárzásokat. Meghatároztam a ^{73}As atommaghoz tartozó γ sugárzások pontos energiáját, relatív intenzitását és koincidenziakapcsolatait.

2. 1400 keV gerjesztési energiáig felépítettem a közel teljesnek tekinthető nívósémát és meghatároztam a γ elágazási arányokat.

3. A ^{73}As és ^{72}Ge atommagok elméleti analízisét IB(F)M alapján végeztük. Az összes rendelkezésre álló kísérleti adatot jól reprodukáló számítások során a használt parametrizáció közel van a Ga–As tartomány többi magjánál használtakhoz.

Megjegyzések:

Az általában hosszú és sok ember munkáját igénylő mérésekben rajtam kívül mások is részt vettek. Ugyanakkor a ^{70}As atommag esetén a mérések megtervezésében, kivitelezésében, az adatok feldolgozásában és a felsorolt kísérleti eredmények létrehozásában mindvégig meghatározó szerepem volt. A ^{73}As atommag vizsgálatát Sohler Dorotttyával közösen végeztem, és itt csak a sajátomnak tekintett kísérleti eredményeket soroltam fel. Az osztályon folyó más kísérleti munkákban is részt vettem.

1995 első felében alkalmam volt öt hónapot a Padovai Egyetemen és a Legnaro-i Nemzeti Laboratóriumban dolgoznom. Nehézion reakcióban keltett nagyspinű állapotokat tanulmányoztam, nagy hatásfokú detektor rendszerekkel és a jelzett technikának megfelelő módszerekkel. Konkrétan, a ^{139}Sm atommag nagyspinű állapotait vizsgáltam és a ^{148}Gd három oktupól fononos állapotát kerestem. Bár a munka kísérleti részét már lezártuk az adatok értelmezése még folyamatban van, publikálásuk később várható.

4 Az eredmények hasznosítása

Tudományos eredményeim alap kutatás jellegűek, a vizsgált atommagok mélyebb megértéséhez járulnak hozzá. A nagyszámú mért magadat magszerkezeti következtetések levonásán túl asztrofizikai, reakciómechanizmus, kvantumstatisztikai stb. kutatásokban is alkalmazható.

5 Az értekezés témakörében megjelent közlemények

a) Cikk

1. T. Fényes, A. Algora, **Zs. Podolyák**, D. Sohler, J. Timár, V. Paar, S. Brant and Lj. Šimičić: *Structure of odd-odd Ga and As nuclei, dynamical and supersymmetries*, Proc. Int. Conf. on Perspectives for the IBM, Padova 1994., (World Scientific, Singapore, 1994) pp.673–681.
2. **Zs. Podolyák**, T. Fényes, J. Timár: *Structure of ^{70}As nucleus*, Nucl. Phys. A 584 (1995) 60–83.
3. T. Fényes, A. Algora, **Zs. Podolyák**, D. Sohler, J. Timár, V. Paar, S. Brant and Lj. Šimičić: *Structure of odd-odd Ga and As nuclei, dynamical and supersymmetries*, Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei 26, No 4 (1995) 831–872.
4. Zs. Dombrádi, **Zs. Podolyák**, S. Brant and V. Paar: *Effective proton–neutron interaction in the singly closed shell region*, Phys. Scripta T56 (1995) 239–242.
5. D. Sohler, **Zs. Podolyák**, J. Gulyás, T. Fényes, A. Algora, Zs. Dombrádi, S. Brant and V. Paar: *Structure of ^{73}As nucleus*, ATOMKI Preprint
6. A. Algora, T. Fényes, Zs. Dombrádi, D. Sohler, **Zs. Podolyák** and J. Jolie: *Supersymmetry in ^{74}Se , ^{75}Se , ^{73}As and ^{74}As nuclei*, Proc IV. Wigner Symposium, Guadalajara, Mexico 1995., (World Scientific)

b) Beszámoló évkönyvekben

1. **Zs. Podolyák**, J. Timár and T. X. Quang: *Spectroscopic Study of the $^{70}\text{Ge}(p,n\gamma)^{70}\text{As}$ Reaction*, ATOMKI Annual Report 1992. pp.16–17.
2. **Zs. Podolyák** and T. Fényes: *The level scheme of ^{70}As nucleus*, ATOMKI Annual Report 1993. pp.12–13.

3. D. Sohler and **Zs. Podolyák**: *Study of ^{73}As from $(p,n\gamma)$ reaction*, ATOMKI Annual Report 1993. p.18.
4. **Zs. Podolyák** and T. Fényes: *Structure of ^{70}As nucleus*, ATOMKI Annual Report 1994. pp.22–23.
5. **Zs. Podolyák** and D. Sohler: *Study of $^{73}\text{Ge}(p,n\gamma)^{73}\text{As}$ reaction*, ATOMKI Annual Report 1994. p.8.
6. Zs. Dombrádi, **Zs. Podolyák**, S. Brant and V. Paar: *Range of effective interaction*, ATOMKI Annual Report 1994. p.28.

c) *Előadások*

1. T. Fényes, A. Algora, **Zs. Podolyák**, D. Sohler, J. Timár, V. Paar, S. Brant and Lj. Šimičić: *Structure of odd-odd Ga and As nuclei, dynamical and supersymmetries*, Int. Conf. on Perspectives for the IBM, Padova, 13–17 June, 1994.
2. Zs. Dombrádi, **Zs. Podolyák**, S. Brant and V. Paar: *Effective proton–neutron interaction in the singly closed shell region*, Int. Conf. on New Nuclear Structure Phenomena in the Vicinity of Closed Shells, Stockholm–Uppsala, Aug. 30 – Sept. 3, 1994
3. T. Fényes, A. Algora, **Zs. Podolyák**, D. Sohler, J. Timár: *A Ga és As atommagok szerkezete, dinamikus és szuperszimmetriák*, XII. Magyar Magfizikus Találkozó, Debrecen, aug. 29–31, 1994
4. Zs. Podolyák, D. Sohler, A. Algora, T. Fényes: *A $^{70,72,74}\text{As}$ atommagok gerjesztési nívói*, XII. Magyar Magfizikus Találkozó, Debrecen, aug. 29–31, 1994
5. A. Algora, T. Fényes, Zs. Dombrádi, D. Sohler, **Zs. Podolyák**, J. Jolie: *Supersymmetry in ^{74}Se , ^{75}Se , ^{73}As and ^{74}As nuclei*, Escuela Latino Americana de Fisica, Ciudad de Mexico, July 17 – Aug. 4, 1995