

Acest document conține raportul științific pentru 2012 în limba română, urmat de un rezumat în limba engleză.

This document contains the scientific report for 2012 in Romanian, followed by an abstract in English.

Raport științific

privind implementarea proiectului în perioada decembrie 2011 – decembrie 2012

Proiect IDEI – 127 / 05.10.2011

(Cod proiect PN-II-ID-PCE-2011-3-0140)

Planul de lucru tentativ din cadrul proiectului contineaza, pentru anul 2012, urmatoarele directii de cercetare: (1) studiu nucleului ^{150}Pm ; (2) studiu nucleului ^{95}Pd ; (3) studiu nucleului ^{120}Te ; (4) studiu nucleului ^{166}Er .

Urmand cadrul general al acestor propuneri, s-au obtinut urmatoarele rezultate:

1. Studiu nucleului ^{150}Pm .

Dupa cum s-a mentionat in raportul pentru anul 2011, a fost deja publicat un articol cu rezultatele a doua experimente efectuate pentru studiu structurii acestui nucleu (D. Bucurescu *et al.*, **Physical Review C85(2012)017304**). Articolul respectiv a evidențiat, pentru prima oara, un mare numar de stari excitate in acest nucleu. De mentionat insa ca, datorita caracterului dificil al celor doua experimente, nu s-au putut determina pana in prezent spini si paritati pentru nivelele evidențiate, ci s-au determinat doar energiile lor de excitatie.

In vederea caracterizarii mai detaliate a acestui nucleu, si anume pentru a determina spini si paritati macar pentru o parte a nivelor evidențiate, **s-a propus un nou experiment**: masurarea distributiilor unghiulare in reactia $^{152}\text{Sm}(\text{d},\alpha)^{150}\text{Pm}$. Experimentul *a fost efectuat* din nou la acceleratorul Tandem de la Universitatea Tehnica din München, in toamna anului 2012, la o energie incidenta de 18 MeV. S-au masurat un numar de 9 spectre (la 9 unghiuri intre 5 si 45 de grade), utilizand spectrometrul Q3D si detectorul sau de plan focal de inalta rezolutie cu o lungime de 1 metru. Urmare a constatarilor din primul experiment, in care s-a vazut ca sectiunile eficace ale reactiei respective sunt foarte mici, in acest experiment s-a cerut expres un fascicul de deuteriu foarte intens, lucrându-se cu curenti pe tinta de cca 1 microamper. Datele obtinute sunt in curs de prelucrare la Bucuresti si, pe baza unei analize DWBA a distributiilor unghiulare ce vor fi obtinute, *se spera obtinerea unui numar insemnat de valori de spin si paritate*, si publicarea unui alt articol in 2013.

2. Studiu nucleului ^{95}Pd .

Acest studiu **a fost finalizat**. Nucleul a fost studiat cu ajutorul reactiei de fuziune-evaporare $^{58}\text{Ni} + ^{40}\text{Ca}$ la 135 MeV (canalul 2pn). Masuratorile au fost facute intr-un experiment efectuat la Lab. National din Legnaro (Padova), cu ajutorul multidetectorului gama GASP (avand 40 de detectori de Germaniu hiperpur), sferei de telescoape de siliciu ISIS (pentru detectia particulelor incarcate), si a unui multi-detector pentru detectia neutronilor (N-ring), compus din 6 detectori cu scintilator lichid BC501A. S-au evidențiat nivele noi avand spini pana la cel putin 45/2, pentru ambele paritati. Prelucrarea datelor si interpretarea lor au fost facute la Bucuresti. Aceste nivele au fost bine intelese pe baza unor calcule de model in pături de mari dimensiuni. S-a publicat un articol: R. Marginean *et al.*, **Physical Review C86(2012)034339**.

De notat ca, tatonari efectuate cu ocazia prelucrarii acestor date experimentale au condus la ideea ca in viitorul apropiat se poate finaliza un studiu asemanator, de valoare comparabila, asupra nucleelor ^{91}Ru si

^{92}Ru , acest studiu aparand chiar mai fezabil decat cel propus initial in proiect, al nucleului ^{87}Mo . Studiul respectiv este propus acum a fi finalizat in 2013.

3. Studiul nucleului ^{120}Te

In anul 2011 au fost raportate masuratori de timpi de viata ai starilor excitate, pentru determinarea de probabilitati de tranzitie electromagnetic in acest nucleu, efectuate la tandemul de la Bucuresti cu reactia $^{117}\text{Sn}(\alpha,ny)$ pe o tinta groasa. S-au determinat un numar mare de nivele excitate noi, din analiza relatiilor de coincidenta gama-gama, precum si timpi de viata pentru un numar insemnat de nivele, prin metoda DSAM, in domeniul sub-picosecundei.

Initial se propusese incheierea acestui studiu in anul 2012. Pe parcurs s-a gasit interesanta extinderea masuratorilor de timpi de viata in acest nucleu si in alte domenii de timp (pana la nanosecunda) astfel incat ^{120}Te sa devina un “exemplu” de nucleu cu masuratori quasi-complete de timpi de viata. In acest sens, *au fost efectuate doua noi masuratori*, ambele la tandemul IFIN:

- masuratori cu **metoda distantei de recul** (sau “plunger”) in reactia $^{110}\text{Pd}(^{13}\text{C},3n)$ la 50 MeV. Pentru aceasta s-a folosit un sistem de 13 detectori de Ge hiperpur, si dispozitivul plunger creat in Departamentul de Fizica Nucleara (DFN). S-au efectuat masuratori in coincidenta, utilizand metoda “curbei de dezintegrare diferențiale”, determinand (evaluare preliminara) timpii de viata (in domeniul catorva picosecunde) ai primelor trei stari excitate din banda yrast (pana la starea 6^+). Aceiasi reactie a permis determinari de timpi de viata prin metoda DSAM pentru un numar de 11 stari, 4 dintre ele fiind comune cu determinarile prin reactia (α,n).
- masuratori cu **metoda electronica** (directa), utilizand un ansamblu mixt de detectori HPGe si $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$, construit tot in cadrul DFN, ultimii fiind detectori scintilatori cu semnale foarte rapide, care permit, pe baza unei metode dezvoltata in DFN, masuratori de timp in domeniul sub-nanosecundei. S-a putut masura timpul de viata al unei stari de spin inalt.

Ca rezultat al tuturor acestor masuratori, *s-au determinat timpi de viata pentru un numar de 43 de nivele excitate* in acest nucleu, practic pentru toate nivelele excitate cunoscute pana la spin 12. Numarul mare de probabilitati de dezintegrare electromagnetic ce se vor determina din acesti timpi de viata este impresionant, facand din acest nucleu o piatra de incercare dificila pentru modelele de structura teroretice.

Pentru acest nucleu se spera ca in prima parte a anului 2013 sa se finalizeze calcule teoretice (in colaborare cu un specialist in nuclee din zona de masa respectiva) pe baza carora sa se intrepreteze bogatia de date experimentale rezultata in urma acestor experimente.

4. Studiul nucleului ^{166}Er

In acest nucleu s-a propus intelegerarea detaliata a excitatiilor de monopol (starile 0^+) si de quadrupol (2^+) stabilite in mare numar pe baza reactiei cu transfer de doi nucleoni (p,t). Anume, s-au determinat (cf. raportului pe 2011) un numar de 20 de stari cu spin si paritate 0^+ , pana la energia de excitatie de cca 4 MeV si un mare numar de stari 2^+ (cca 50).

Intelegerarea numarului mare de stari 0^+ este deosebit de interesanta, dar in acelasi timp dificila, mai ales dat fiind faptul ca rezultatul masuratorilor pe acest nucleu, comparat cu cel pentru nucleul vecin (si foarte asemanator ca structura la energii joase), ^{168}Er , este surprinzator: cele doua nuclee prezinta distributii complet diferite ale intensitatii de transfer de doi nucleoni pentru starile 0^+ ! In mod de asemenea surprinzator, calcule proprii efectuate pe baza modelului bosonilor in interactie, in care se folosesc 4 feluri diferite de bosoni: s , p , d , si f , conduce la o buna descriere atat a proprietatilor schemei de nivele (energii de excitatie si moduri de dezintegrare atat a starilor de paritate pozitiva cat si a celor de paritate negativa), cat si, cel putin calitativ, a distributiilor de intensitate a transferului de 2 neutroni. Acest din urma rezultat a fost obtinut selectionand anumiti termeni din operatorul general care descrie transferul de doi neutroni si implica faptul ca o mare parte din starile observate sunt bazate pe excitari de doi fononi

octupolari. Pentru o inteleger mai profunda a acestui rezultat, este necesar un studiu mai general al acestui operator, pe un numar mai mare de nuclee, studiu aflat deja in derulare.

In acelasi sens, s-a stabilit si necesitatea efectuarii unor calcule bazate pe un model teoretic de structura microscopic, pe baza carora sa se poata intelege mai in detaliu, macar parcial, structura starilor respective. Aceste calcule vor fi facute in colaborare cu specialisti de la Institutul Unificat de Cercetari Nucleare de la Dubna, pe baza modelului QPM (quasiparticle-phonon) si se spera ca vor fi finalizate in prima parte a anului 2013.

5. Studiul structurii fine in dezintegrarea alfa a nucleelor grele.

Acest subiect *nou* a fost deschis in legatura cu o alta directie de cercetare din planul proiectului, si anume studiul nucleului ^{240}Pu , propusa pentru anul 2013. Studiind zona nucleara din jurul Plutoniului, a reiesit ca foarte interesant de investigat proprietatea comună a tuturor acestor nuclee si anume radioactivitatea alfa. S-a creat o baza de date continand informatiile existente in aceasta privinta, si s-a observat ca anumite caracteristici ale asa-numitei structuri fine a dezintegrarii alfa (adica, dezintegrarea cu popularea starilor nucleare excitate din nucleul fizic) nu au fost remarcate pana in prezent, si nici nu sunt intelese de vreun model actual al dezintegrarii alfa. Se lucreaza la sistematizarea acestor observatii, pentru a gasi, eventual, corelatii cu anumiti indicatori de structura care sa fie utile in intelegera fenomenelor.

Director proiect,

Dr. Dorel Bucurescu



Abstract of the scientific report

for the period december 2011 – december 2012

Contract No. 127/05.10.2011

Project code: PN-II-ID-PCE-2011-3-0140

1. Study of the ^{150}Pm nucleus.

As previously reported, a large number of excited states were assigned to this nucleus for the first time in our experiments. In order to better characterize these states (their spin and parity values) a new experiment was proposed and performed at the Tandem accelerator in Munich: measurements of angular distributions in the $^{152}\text{Sm}(\text{d}, \alpha)$ reaction at 18 MeV (at 9 angles, between 5 and 45 degrees). The analysis of the data is in progress, and it is hoped that a DWBA analysis of these angular distributions will lead to the assignment of orbital angular momentum and total angular momentum transfer for these states.

2. Study of the ^{95}Pd nucleus.

The study of this nucleus was finalized. States of high spin and excitation energy were assigned by means of the $^{58}\text{Ni}(^{40}\text{Ca}, 2\text{pn})$ reaction at 135 MeV (at INFN – Legnaro), and gamma-ray spectroscopy with the

GASP, ISIS, and N-ring arrays. The observed structures could be well understood on the basis of large shell model calculations. The results were published in Phys. Rev. C86(2012)034339.

3. Study of the ^{120}Te nucleus.

After lifetime measurements with the Doppler shift attenuation technique, as specified in the previous report, it was found interesting to extend this investigation by employing two other techniques, the plunger (recoil-distance) method, and the electronic fast-timing method, thus enlarging the range of measured lifetimes. These measurements were performed in the Bucharest laboratory, with the Bucharest plunger setup, and the HPGe – LaBr₃ detector array. As a result, using the three methods, lifetimes could be determined for a number of 43 excited states with spin up to 12. This rich information requires sophisticated theoretical models in order to understand the electromagnetic decay probabilities of all these levels.

4. Study of the ^{166}Er nucleus.

During this year, efforts were made to understand/describe the large number of 0+ and 2+ excitations already reported for this nucleus on the basis of the spdf-IBA model. Reasonable description of the 0+ states could be obtained by playing with different terms of the 2 neutron transfer operator of this model. It is thus clear that the octupole excitations have an important role in providing a large number of such states. On the other hand, a systematic study of some other neighboring nuclei is necessary before drawing conclusions, and such calculations are now in progress.

5. Study of the fine structure in alpha decay of heavy nuclei.

This is a *new* direction of investigation, opened up in connection with another study of this project, that related to the study of the ^{240}Pu nucleus. Namely, it was found interesting, for nuclei in the region of Plutonium, to investigate a common property of these nuclei, their alpha-decay. A data basis has been created with the existing alpha-decay properties, and it was observed that certain characteristics of the so-called fine structure were never noticed and understood. These observations are being systematized and it is tried to correlate them with other structure parameters in order to explain the experimental features.