**Acest document conține raportul științific pentru 2011 în limba română, urmat de un rezumat în limba engleză.**

**This document contains the scientific report for 2011 in Romanian, followed by an abstract in English.**

***Raport stiintific***

*privind implementarea proiectului in perioada octombrie – decembrie 2011*

**Contract No. 127/05.10.2011**

## Cod proiect PN-II-ID-PCE-2011-3-0140

In cursul anului 2011, activitatea in cadrul contractului s-a derulat pe cele trei directii inscrise in planul de lucru:

(1) studiul nucleului $^{150}$Pm;

(2) studiul nucleului $^{120}$Te;

(3) studiul nucleului $^{166}$Er.

S-au inregistrat urmatoarele realizari:

**1. Studiul nucleului $^{150}$Pm.**

Dupa cum s-a prezentat in propunerea de proiect, in acest nucleu impar-impar nu exista nici macar o stare excitata cunoscuta pana in prezent, o situatie complet neobisnuita pentru un nucleu situat foarte aproape de linia de stabilitate, si care poate fi atins printr-o varietate de reactii nucleare pe mai multe nuclee stabile care il inconjoara. Cunoasterea structurii acestui nucleu este foarte importanta cel putin pentru doua directii foarte actuale de investigatie: (1) Starile sale excitate sunt stari intermediare in dezintegrarea beta dubla ($\beta\beta$) a $^{150}$Nd care poate avea loc cu emisie de 2 neutrini ($2\nu$) sau fara emisie de neutrino ($0\nu$). $^{150}$Nd este considerat unul din cei mai buni candidati la dezintegrarea $0\nu\beta\beta$, care, daca ar fi masurata, ar dovedi ca neutrinii sunt particule de tip Majorana, rezolvand o lunga dezbatere atat in fizica nucleara cat si in cea aparticulelor. Calculele celor doua tipuri de dezintegrare implica sumari peste aceste stari excitate, in prezent necunoscute. (2) $^{150}$Pm este vecin cu cel mai bun candidat de nucleu cu simetrie de punct critic X(5) (punct al unei tranzitii de forma critica intre nuclee-vibrator si nuclee-rotor), $^{150}$Nd, deci cunoasterea sa, impreuna cu cea a nucleelor impare vecine este importanta pentru studiul tranzitiilor de faza in sistemele cuantice nucleare.

In vederea investigarii acestui nucleu s-au efectuat doua experimente:

(a) In vara anului 2011, s-a studiat reactia $^{152}$Sm(d,$\alpha$)$^{150}$Pm. Experimentul a fost efectuat la acceleratorul Tandem de la Universitatea Tehnica din München, la o energie incidenta de 25 MeV. S-a utilizat pentru detectia si identificarea produsilor de reactie spectrometrul Q3D si detectorul sau de plan focal de inalta rezolutie cu o lungime de

1 metru. Experimentul a avut o rezolutie energetica de cca 13 keV. Spectrele masurate au pus in evidenta *pentru prima data* un numar foarte mare de stari excitate: circa 48 de stari pana la o energie de 1400 de keV.

(b) S-a continuat studiul acestui nucleu la Tandemul de la Bucuresti, efectuandu-se masuratori ale reactiei $^{150}Nd(p,n)^{150}Pm^{*}(\gamma)$, la o energie de 7.1 MeV. S-au masurat coincidente $\gamma\gamma$ si $n\gamma$, utlizandu-se ansamblul multi-detector pentru spectroscopie gama din cadrul Departamentului de Fizica Nucleara (DFN) al IFIN-HH. Analiza acestor date de coincidenta, terminata recent, a pus in evidenta un numar de 20 de stari excitate pana la o energie de excitatie de 370 keV, cele mai multe confirmand starile observate in reactia (d,α). Mai mult, cateva din starile observate prin intermediul celor doua reactii au fost gasite in buna concordanta cu stari observate recent intr-un studiu al aceluiasi nucleu prin reactia ($^{3}He$,t).

In concluzie, pentru nucleul propus pentru studiu, $^{150}Pm$, au fost efectuate doua experimente complexe, s-a efectuat analiza datelor experimentale, iar pe baza rezultatelor acestora a fost evidentiat, in premiera, un mare numar de stari excitate. Pe baza rezultatelor obtinute a fost practic finalizat un ***articol stiintific*** ce urmeaza a fi trimis pentru publicare pana la sfarsitul anului 2011.

NB: articol aparut: D. Bucurescu *et al.*, ***Physical Review*** **C85**(2012)017304

## 2. Studiul nucleului $^{120}Te$

In nucleul $^{120}Te$, ca o continuare a unor studii efectuate pe alti izotopi ai Telurului, ne-am propus masuratori de timpi de viata ai starilor excitate, pentru determinarea de probabilitati de tranzitie electromagnetica. Ca si in celelalte cazuri, s-a utilizat reactia (α,n), care are proprietatea de a fi neselectiva, adica populeaza toate nivelele excitate pana la un anumit spin, din acest punct de vedere permitand o observare "completa" a schemei de nivele. Reactia $^{117}Sn(\alpha,n\gamma)$ a fost efectuata la acceleratorul Tandem al IFIN-HH, la o energie de 15 MeV, pe o tinta groasa. Detectia radiatiilor gama a fost efectuata cu un numar de 5 detectori de Germaniu hiperpur de eficienta relativa in jur de 55%, plasati la diferite unghiuri fata de axa fasciclului incident. Ca si in cazul studiilor anterioare ale izotopilor $^{118}Te$ si $^{122}Te$, masurarea pe tinta groasa (care stopeaza complet nucleele de recul) a permis observarea deplasarii atenuate a energiei tranzitiilor gama, de unde, utilizand metoda atenuarii deplasarii Doppler (DSAM) se pot deduce timpii de viata ai starilor nucleare excitate.

S-au facut masuratori cu sistemul de detectie gama al DFN atat in coincidenta cat si in spectre ne-coincidente. Analiza acestora a fost finalizata in toamna anului 2011. S-au determinat: (i) un numar important de nivele excitate noi, din analiza relatiilor de coincidenta gama-gama; (ii) timpi de viata pentru un numar insemnat de nivele, in domeniul sub-picosecundei.

Sistematizarea acestor date, calculul tranzitiilor electromagnetice ale nivelelor excitate, urmarirea evolutiei lor de-a lungul lantului de izotopi par-pari ai Staniului, precum si intelegerea acestor rezultate pe baza unor calcule cu modele teoretice adecvate, urmeaza sa fie efectuate in perioada urmatoare.

## 3. Studiul nucleului $^{166}Er$

In acest nucleu s-a propus intelegerea detaliata a excitatiilor de monopol (starile $0^+$) si de quadrupol ($2^+$) pentru care se detinea deja o bogata caracterizare prin masuratori pe baza reactiei cu transfer de doi nucleoni (p,t).

Reluarea analizei spectrelor pe baza carora s-au determinat distributiile unghiulare a permis pana in prezent urmatoarele. Pe baza analizei DWBA (si, in unele cazuri, de CC – canale cuplate) s-au atribuit un numar de 20 de stari cu spin si paritate $0^+$, pana la energia de excitatie de cca 4 MeV. In acelasi interval de energie s-au evidentiat un mare numar de stari $2^+$ (circa 40), a caror analiza se continua inca.

Pentru intelegerea excitatiilor monopolare, a fost obtinut un progres important, pe baza unor calcule efcetuate cu modelul bosonilor in interactie, varianta spdf (cu bozoni avand momentele cinetice 0, 1, 2 si 3). Cu acest model, a fost mai intai obtinuta o buna descriere a starilor de excitatie joasa de ambele paritati. S-au studiat apoi intensitatile de transfer de doi neutroni pentru aceste stari, pentru transferul respectiv existand mai multe posibilitati de alegere a operatorului respectiv. Prin studii sistematice s-au determinat termenii utili ai acestui operator, care au condus la o descriere excelenta a intensitatii cumulate de transfer de doi neutroni (ceea ce inseamna o buna descriere atat a distributiei in energie a starilor $0^+$, cat si a intensitatilor lor individuale), ceea ce inseamna ca o mare parte din starile observate au o componenta principala ce provine din cuplarea a doi bosoni octupolari. In prezent se extinde studiul la mai multe nuclee, si in special la nucleul vecin $^{168}$Er, studiat anterior, si care are o distributie diferita a starilor $0^+$.

O alta abordare a intelegerii starilor $0^+$ este incercata pe baza unor modele bosonice care introduc notiunea de “benzi orizontale” (ansamblu de nivele cu acelasi spin, de exemplu 0, dar continand un numar diferit de cuante elementare de excitatie). De exemplu, in cazul modelului bosonilor vectoriali in interactie, se prezice ca nivelele de spin 0 reprezentate intr-un plan energie de excitatie - numar de bosoni, se aseaza dupa o parabola. Investigarea acestui mod de reprezentare si consecintele sale sunt in curs de realizare pentru mai multe nuclee din zona.

Sistematizarea starilor $2^+$ in nucleul $^{166}$Er si finalizarea calculelor teoretice umeaza si fie terminate in prima jumatate a anului 2012.

Director proiect,

Dr. Dorel Bucurescu

***Abstract of the scientific report***

*for the period october – december 2011*

**Contract No. 127/05.10.2011**

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

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

For this odd-odd nucleus, no excited states were known until no. Two experiments were performed in order to investigate this nucleus:

- the $^{152}$Sm(d,α) reaction, performed at the Tandem accelerator of the Technical University in Munich, at 25 MeV. A number of about 48 excited states were observed for the first time in this nucleus up to 1400 keV excitation, with an energy resolution of ~13 keV;
- the reaction $^{150}$Nd(p,nγ), at the Tandem accelerator in Bucharest, at 7.1 MeV, where a number of 20 excited states up to 370 keV excitation were assigned by gamma-gamma coincidences.

A scientific article with these results has been submitted (published in Phys. Rev. C85(2012)017304).

2. Study of the $^{120}$Te nucleus.

It was proposed to measure lifetimes for excited states in this nucleus, in order to determine electromagnetic transition probabilities. For this purpose, the $^{117}$Sn(α,nγ) reaction was studied at 15 MeV, on a thick target, at the Bucharest tandem accelerator. The analysis of the spectra (both direct and in gamma-gamma coincidence) allowed to determine a number of new exckted levels, and to observe attenuated shifts for the energies of the gamma transitions, that will be used to determine the lifetimes.

3. Study of the 166Er nucleus.

It was proposed to study in detail the monopole ($0^+$ states) and quadrupole ($2^+$ states) excitations, for which a richnes of data comes from the study of the (p,t) reaction. From the analysis of the data of this reaction (angular distributions) a number of 20 excited $0^+$ states, and about 40 excited $2^+$ states were assigned in this nucleus up to 4 MeV excitation. Understanding of these excitations in terms of different models (like the spdf interaction boson model) is in progress.