

Raport stiintific

privind implementarea proiectului in perioada octombrie – decembrie 2011

Rezumat:

Tripla coexistenta de forma: sferic, oblate, prolate, amestecul de forma si tranzitia de forma ce caracterizeaza nucleele bogate in neutroni ^{96}Sr si ^{98}Zr la stari de spin jos si inalt sunt self-consistent descrise in cadrul modelului variational *complex* Excited Vampir utilizand o interactie efectiva realista obtinuta din matricea G bazata pe potentialul Bonn A intr-un spatiu de model larg. Se discuta influenta triplei coexistente de forma si a amestecului de forma, caracteristic pentru numarul de neutroni $N=58$ la care se asteapta sa apara o schimbare brusca in statica si dinamica nucleara, asupra structurii si dinamicii izotopilor de Sr si Zr si se prezinta comparatia cu datele experimentale existente.

Introducere:

Interesul pentru investigarea nucleelor bogate in neutroni din zona $A\sim 100$ depaseste frontierele structurii si dinamicii nucleare. Descrierea self-consistent a proprietatilor acestor nuclee relevante pentru procesul astrofizic de captura rapida de neutroni ramane una din cele mai interesante si provocatoare probleme ale structurii nucleare si dinamicii nucleare. Lantul izotopic al nucleelor de Sr si Zr bogate in neutroni ofera un exemplu de tranzitie rapida de la sferic la deformat cu o posibila identificare a instalarii bruste a deformatiei cuadrupolare intre numarul de neutroni $N=58$ si 60 . Studiile teoretice anterioare au relevat dificultati in descrierea datelor experimentale pentru nucleele bogate in neutroni cu $A\sim 100$ atat la spin jos cat si inalt. Pentru o descriere realista a coexistentei de forma la aceste nuclee este necesar un model care merge dincolo de aproximatia de camp mediu. Se raporteaza in continuare primele rezultate privind tripla coexistenta: sferic, prolate, oblate in structura starilor de spin jos in nucleele de Sr si Zr cu $N=58$.

Structura si dinamica nucleelor ^{96}Sr si ^{98}Zr puternic influentate de tranzitia si amestecul de forma au fost investigate in cadrul modelului variational cu proiectie pe simetrii inainte de variatie *complex* Excited Vampir (EXVAM) utilizand un spatiu de model larg si o interactie efectiva de doua corpuri realista.

Modelul teoretic:

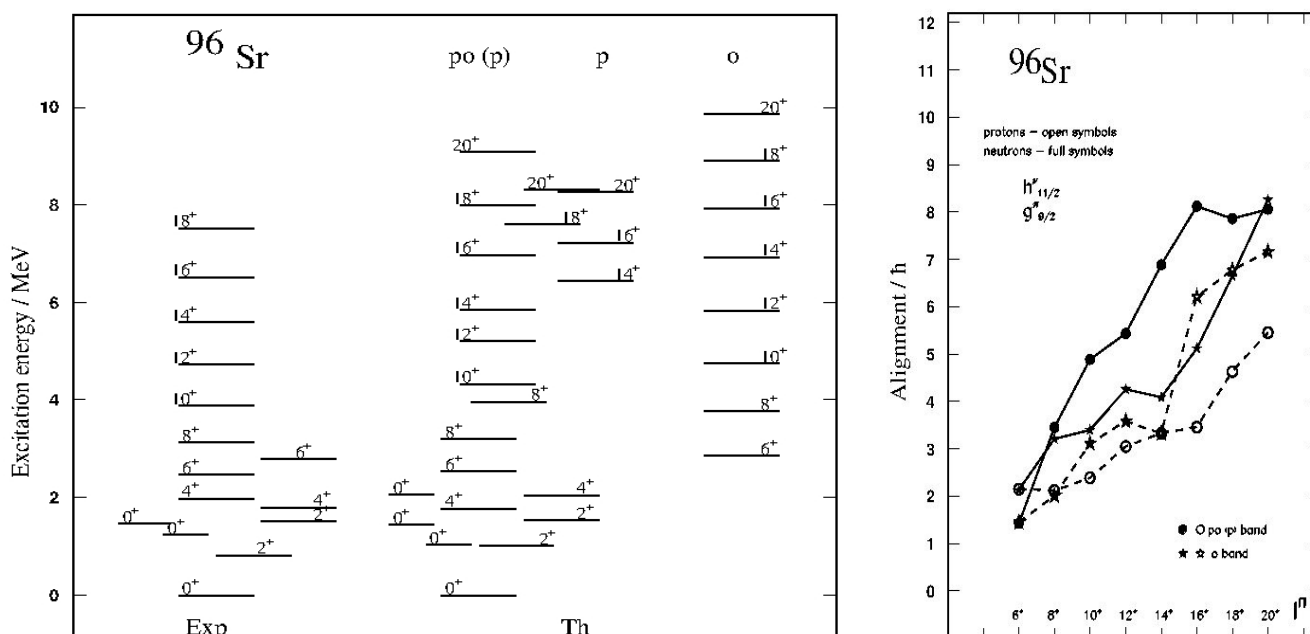
Pentru nucleele din zona de masa $A\sim 100$ s-a considerat un miez de ^{40}Ca si s-a utilizat un spatiu de model construit din orbitalii de oscilator $1p_{1/2}$, $1p_{3/2}$, $0f_{5/2}$, $0f_{7/2}$, $2s_{1/2}$, $1d_{3/2}$, $1d_{5/2}$, $0g_{7/2}$, $0g_{9/2}$ si $0h_{11/2}$ atat pentru protonii cat si pentru neutronii din spatiul de valenta. Interactia efectiva de doua corpuri a fost construita dintr-o matrice G pentru materia nucleara bazata pe Bonn One-Boson-Exchange Potential (Bonn A). Aceasta matrice G a fost renormata introducand Gauss-iene de distanta scurta in canalele $T=1$ si $T=0$ pentru a intari corelatiile de imperechere. De asemenea interactia izoscalara a fost modificata prin contributiile monopolare la toate elementele de matrice cu $T=0$ de forma: $\langle 0g_{9/2}0f;IT=0 | \hat{G} | 0g_{9/2}0f;IT=0 \rangle$ incluzand neutronii si protonii ce ocupa orbitalii sferici $0f_{5/2}$ si $0f_{7/2}$, importante pentru aparitia deformatiei in regiune. Pentru investigarea starilor de paritate pozitiva de la spinul 0^+ pana la 20^+ in ^{96}Sr si ^{98}Zr s-a construit o baza de mai multi nucleoni de tip *complex* Excited Vampir continand pana la 12 configuratii proiectate pe simetrii ortogonale. Solutiile finale pentru functiile de unda ale

starilor de paritate pozitiva si spin dat s-au obtinut diagonalizand interactia reziduala intre configuratiile *complex* Excited Vampir considerate pentru fiecare simetrie.

Rezultate si discutii:

Rezultatele preliminariei raportate in cadrul prezentei etape sunt ilustrate prin: spectrele energetice pentru cele mai joase benzi de paritate pozitiva in ambele nuclee investigate; ocuparile orbitalilor de valenta sensibili pentru deformare, atat la starile de spin jos cat si intermediar si inalt; probabilitati de tranzitie electromagnetica $B(E2; \Delta I=2)$ intra- si inter-benzi; momentele cuadrupolare spectroscopice ale starilor din benzile investigate; reprezentarile de aliniament privind neutronii ce ocupa orbitalul sferic $0h_{11/2}$ si protonii ocupand orbitalul $0g_{9/2}$.

Pentru fiecare nucleu starile calculate au fost organizate in benzi bazat pe tariile tranzitiilor electromagnetice $B(E2; \Delta I=2)$ ce le conecteaza. Etichetele benzilor din figurile si tabelele prezentate indica deformatia cuadrupolara prolate (p) sau oblate (o) in sistemul intrinsec pentru configuratiile Excited Vampir dominante din structura functiilor de unda pentru benzile respective.

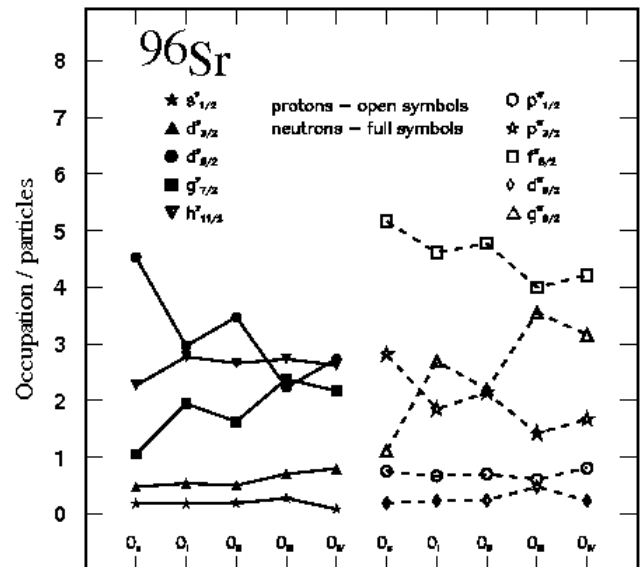


Tripla coexistenta sferic, oblate, prolate identificata in structura celor mai joase 4 stari 0^+ in cele doua nuclee este ilustrata prin amestecul de configuratii relevat de amplitudinile diverselor componente din functiile de unda, ca si prin ocuparile orbitalilor de valenta care evidentiaza importanta orbitalului sferic

$1d_{5/2}$. Rolul acestui orbital este esential: la starile 0^+ ocuparea masiva de catre neutroni conduce la sfericitate, in timp ce ocuparea chiar si slaba de catre protoni conduce la deformare la stari de spin intermediar si inalt. Ocuparile orbitalilor de valenta neutronici si protonici ilustrate atat pentru banda yrast, cat si pentru benzile dominate de amestec oblate-prolate la spinii josi si ajungand pure oblate la spinii inalti indica modificarile legate de amestecul si tranzitia de forma la spinii intermediari. Pentru spinii cei mai inalti investigati caracteristica esentiala este densitatea mare de configuratii de o simetrie data si fragmentarea puternica a tariilor $B(E2)$. Comportamentul izotopilor de Sr si Zr investigati avand numarul critic de neutroni $N=58$ este similar, dar nu identic: amestecul sferic, oblate, prolate este diferit in structura starilor 0^+ iar coexistenta oblate-prolate la spinii josi este diferita.

The amount of mixing for the lowest 0^+ states of ^{96}Sr .

$I[\hbar]$	spherical	prolate	oblate
0_1^+	36%	20%	44%
0_2^+	57%	18%	25%
0_3^+		69%	31%
0_4^+	4%	6%	90%

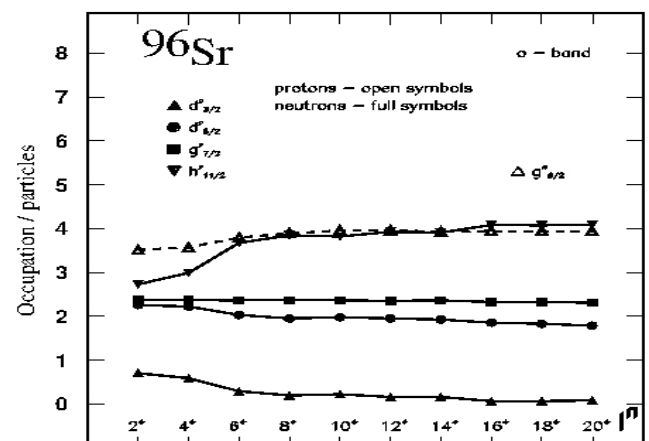
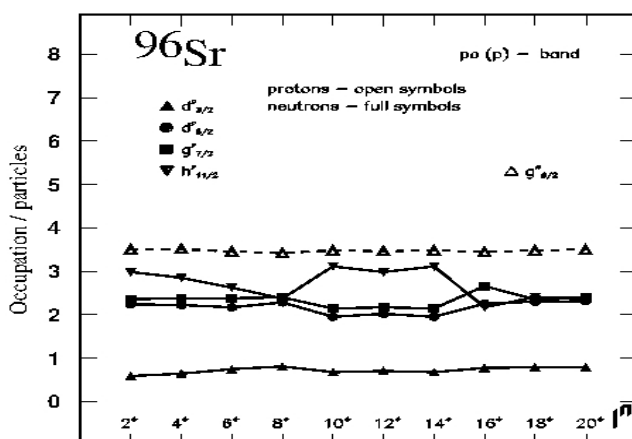


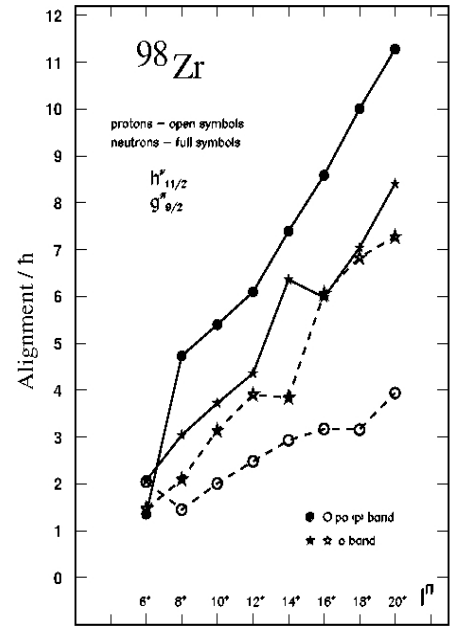
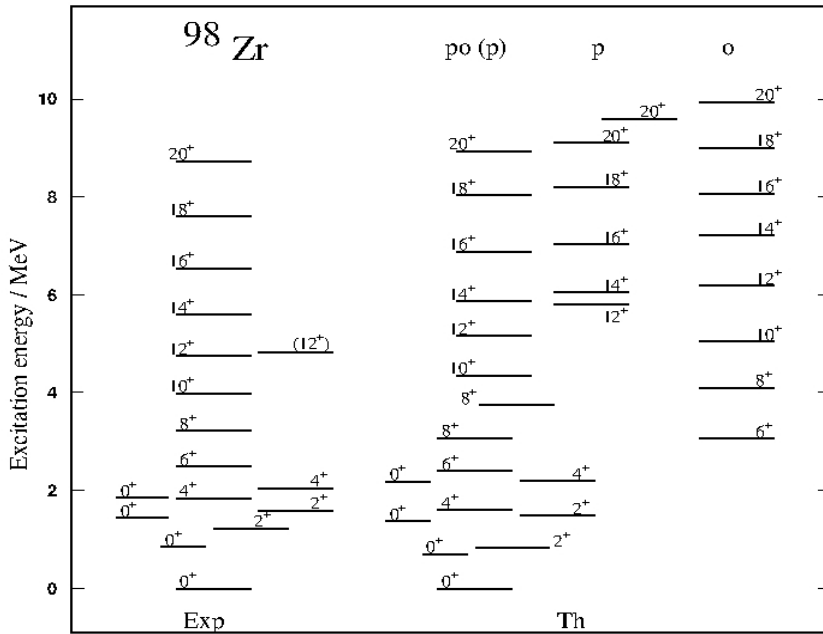
$B(E2; I \rightarrow I - 2)$ values (in $e^2 fm^4$) for the lowest bands of ^{96}Sr (EXVAM). Strengths for secondary branches are given in parentheses (effective charges $e_p = 1.3$, $e_n = 0.3$).

$I[\hbar]$	$\rho o(p)$ -band	o -band
2^+	795 (433)	1439 (21)
4^+	1770 (187)	1901 (12)
6^+	1911 (560)	1484 (215) (89)
8^+	2127 (361)(122)	1436 (159) (121) (99)
10^+	1329 (819) (168)	1514 (231)
12^+	2332 (142)	1760
14^+	2354 (57) (44)	1392
16^+	238 (2237) (160)	1590
18^+	753 (1374) (248)	1459
20^+	2183 (97)	1359

Spectroscopic quadrupole moments Q_2^{sp} (in efm^2) for the lowest bands of ^{96}Sr (effective charges $e_p = 1.3$, $e_n = 0.3$).

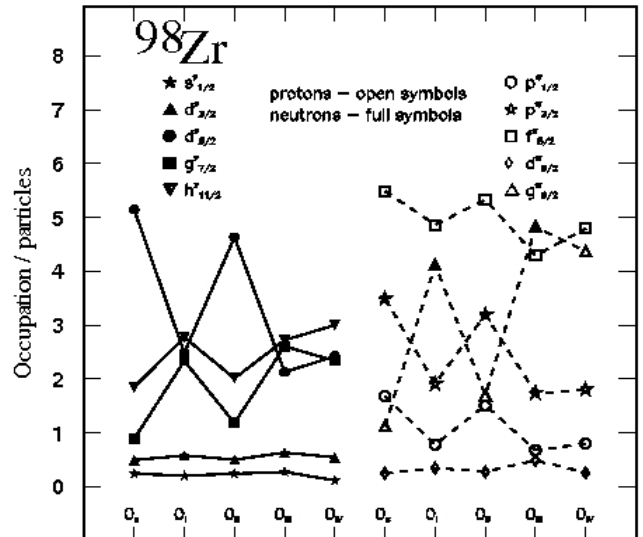
$I[\hbar]$	$\rho o(p)$	o
2^+	9.5	-28.9
4^+	-23.9	1.4
6^+	-100.3	75.5
8^+	-120.1	77.3
10^+	-120.7	94.4
12^+	-124.1	94.6
14^+	-124.5	90.5
16^+	-130.0	85.4
18^+	-126.2	61.0
20^+	-124.4	68.1





The amount of mixing for the lowest 0^+ states of ^{98}Zr .

$I[\hbar]$	spherical	prolate	oblate
0_1^+	12%	43%	45%
0_2^+	84%	12%	4%
0_3^+	1%	57%	42%
0_4^+	2%	10%	88%

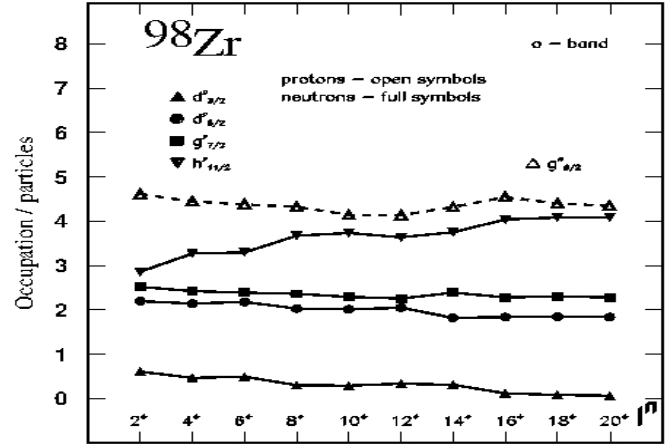
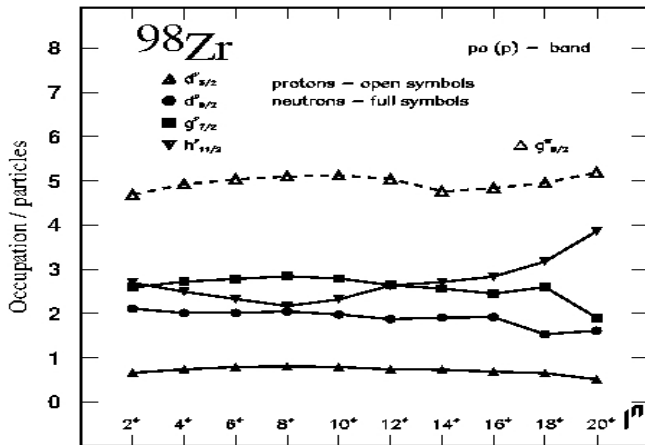


$B(E2; I \rightarrow I - 2)$ values (in $e^2 fm^4$) for the lowest bands of ^{98}Zr (EXVAM). Strengths for secondary branches are given in parentheses (effective charges $e_p = 1.3$, $e_n = 0.3$).

$I[\hbar]$	$po(p)$ -band	p -band	o -band
2^+	1140 (198)(188)		1305 (28) (18) (15)
4^+	2072 (620)		1593 (56)
6^+	2558 (101)		1662
8^+	1802 (942)(153)		1572 (123)
10^+	1430 (719)		1314 (119) (100)
12^+	2300 (216)	731 (345) (212)	663 (621) (307)
14^+	2428 (123)	1840 (392)	1094 (494)
16^+	1360 (832) (190)	548 (246) (1421)	602 (250)
18^+	863 (1416) (207)	1347 (808) (713)	1115
20^+	409 (1958)	347 (185) (1972)	1313

Spectroscopic quadrupole moments Q_2^{sp} (in efm^2) for the states of the lowest bands of ^{98}Zr (effective charges $e_p = 1.3$, $e_n = 0.3$).

$I[\hbar]$	$po(p)$	p	o
2^+	-36.6		7.1
4^+	-89.6		54.7
6^+	-115.5		76.7
8^+	-126.7		70.7
10^+	-130.1		58.2
12^+	-129.1	-98.5	55.6
14^+	-126.1	-121.2	30.5
16^+	-126.6	-123.0	60.8
18^+	-124.2	-134.4	74.9
20^+	-125.6	-135.4	68.9



Rezultatele preliminarii prezentate sunt in acord cu datele experimentale existente. Descrierea self-consistenta obtinuta este unica pentru nucleele neutro-no-excedentare din aceasta zona de masa si se bazeaza atat pe metode ce merg dincolo de aproximatia de camp mediu, cat si pe o interactie efectiva nucleon-nucleon realista intr-un spatiu larg de model inaccesibil in prezent pentru alte modele teoretice sofisticate. Studiile vor fi continuate pentru finalizarea unei lucrari ce urmeaza a fi trimisa spre publicare, iar predictiile ce vor rezulta pot ghida experimentele viitoare de la marile facilitati de accelerare pentru nuclee radioactive din diverse centre din lume precum FAIR – Darmstadt, Germania si RIKEN – Tokyo, Japonia.

Director proiect,

Alexandrina Petrovici