

Raport stiintific

privind implementarea proiectului

COLLECTIVE DYNAMICS, DISSIPATION AND FRAGMENTATION IN QUANTUM MESOSCOPIC SYSTEMS

in perioada octombrie – decembrie 2011

In raportul stiintific de mai jos voi descrie principalele rezultate obtinute in corelatie cu structura planului de lucru.

Pentru WP1. Obiectivul: *Insight into the features of collective modes and of entrance channel dynamics in dissipative reactions with exotic nuclei*

Intr-o abordare schematica, analitica, de tip model in paturi cu potential de oscilator armonic, s-au putut separa doua miscari dipolare in nucleele bogate in neutroni: una corespunde la miscarea in opozitie de faza a protonilor si respective neutronilor "core"-ului (simburelui nuclear); cealalta corespunde oscilatiilor neutronilor in exces fata de simburele inert. In adevar intr-un model anterior David Brink, plecand de la Hamiltonianul

$$H_{sm} = \sum_{i=1}^A \frac{\vec{p}_i^2}{2m} + \frac{K^2}{2} \sum_{i=1}^A \vec{r}_i^2$$

a reusit o separare:

$$H_{sm} = H_{n \text{ int}} + H_{p \text{ int}} + H_{CM} + H_D$$

Unde primii doi termeni sunt asociati cu miscarea intrinseca a fiecarui subsistem,

$$H_D = \frac{A}{2mNZ} \vec{P}^2 + \frac{KNZ}{2A} \vec{X}^2$$

corespunde miscarii dipolare si caracterizeaza Rezonanta Gigant Dipolara , iar

$$H_{CM} = \frac{1}{2Am} \vec{P}_{CM}^2 + \frac{KA}{2} \vec{R}_{CM}^2$$

caracterizeaza miscarea centrului de masa. Pentru completitudine, X indica coordonata colectiva asociata cu miscarea dipolara, reprezentind distanta dintre centrele de masa ale protonilor si neutronilor respectiv (toti protonii oscileaza in opozitie de faza fata de toti neutronii) iar P este impulsul canonic conjugat:

$$\vec{P} = \frac{NZ}{A} \left(\frac{1}{Z} \vec{P}_Z - \frac{1}{N} \vec{P}_N \right)$$

Folosind regula de suma TRK se obtine sectiunea eficace totala pentru Rezonanta Gigant Dipolara:

$$\begin{aligned} \sigma_D &= \int_0^\infty \sigma(E) dE = \frac{4\pi^2 e^2}{\hbar c} \sum_i E_i |\langle i | D | 0 \rangle|^2 = \\ &= \frac{4\pi^2 e^2}{\hbar c} \frac{1}{2} \langle 0 | [D, [H_{sm}, D]] | 0 \rangle = \\ &= \frac{2\pi^2 e^2}{\hbar c} \langle 0 | [D, [H_D, D]] | 0 \rangle = \\ &= \frac{2\pi^2 e^2}{\hbar c} \frac{NZ}{A} = 60 \frac{NZ}{A} \text{ mb MeV} \end{aligned}$$

Acest rezultat se poate generaliza introducind miscarea dipolara de tip pygmy corespunzand coordonatei Dipolare colective Y pentru miscarea neutronilor in exces in opozitie de faza cu miscarea simbului nuclear. Atunci avem relatiile:

$$\begin{aligned} \vec{X} &= \frac{N_e}{N} \vec{Y} + \frac{N_c A}{N A_c} \vec{X}_c \\ \vec{X}_c &= \vec{R}_{p_c} - \vec{R}_{n_c} \quad \vec{Y} = \frac{N_c}{N_c + Z_c} \vec{R}_{n_c} + \frac{Z_c}{N_c + Z_c} \vec{R}_{p_c} - \vec{R}_{n_e} \\ \vec{X} &= \vec{R}_{p_c} - \vec{R}_n = \vec{R}_{p_c} - \frac{N_e}{N} \vec{R}_{n_e} - \frac{N_c}{N} \vec{R}_{n_e} \end{aligned}$$

si Hamiltonianul colectiv poate fi descompus intr-o suma de sisteme separabile

$$\begin{aligned} H_{sm} &= H_{n_c \text{ int}} + H_{p_c \text{ int}} + H_{e \text{ int}} + \\ &+ \frac{1}{2Am} \vec{P}_{CM}^2 + \frac{KA}{2} \vec{R}_{CM}^2 + \\ &+ \frac{A_c}{2Z_c N_c m} \vec{P}_c^2 + \frac{KN_c Z_c}{2A_c} \vec{X}_c^2 + \\ &+ \frac{A}{2A_c N_e m} \vec{P}_y^2 + \frac{KN_e A_c}{2A} \vec{Y}_e^2 = \\ &H_{n_c \text{ int}} + H_{p_c \text{ int}} + H_{e \text{ int}} + H_{CM} + H_c + H_y \end{aligned}$$

unde impulsurile canonice corespunzatoare coordonatelor colective sunt date de:

$$\vec{P}_c = \frac{N_c Z_c}{A_c} \left(\frac{1}{Z_c} \vec{P}_{Z_c} - \frac{1}{N_c} \vec{P}_{N_c} \right)$$

$$\vec{P}_y = \frac{N_e A_c}{A} \left(\frac{1}{A_c} (\vec{P}_{Z_c} + \vec{P}_{N_c}) - \frac{1}{N_e} \vec{P}_{N_e} \right)$$

$$\vec{P}_{CM} = \vec{P}_Z + \vec{P}_{N_c} + \vec{P}_{N_e}$$

Aceasta permite obtinerea unei limite superioare a fractiunii din regula de suma care se poate aloca rezonantei de tip pygmy, conform demonstratiei de mai jos:

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \int_0^\infty \sigma_y(E) dE = \frac{4\pi^2 e^2}{\hbar c} \sum_i E_i |\langle i | D_y | 0 \rangle|^2 = \\ &= \frac{4\pi^2 e^2}{\hbar c} \frac{1}{2} \langle 0 | [D_y, [H_{sm}, D_y]] | 0 \rangle = \\ &= \frac{2\pi^2 e^2}{\hbar c} \langle 0 | [D_y, [H_y, D_y]] | 0 \rangle = \\ &= \frac{N_e Z_c}{N A_c} \frac{2\pi^2 e^2}{\hbar c} \frac{N Z}{A} = \frac{N_e Z_c}{N A_c} \sigma_D \end{aligned}$$

Astfel pentru izotopul de Staniu cu 82 de neutroni aceasta reprezinta 19.5 % din valoarea sectiunii dipolare totale. Pentru izotopul de Ni se gaseste 11%. Astfel de estimari sunt obtinute pentru prima data intr-o maniera analitica fiind foarte utile si din punct de vedere experimental pentru alegerea sistemelor ce urmeaza a fi investigate in legatura cu aceasta miscare colectiva. Predictiile acestui model schematic urmeaza a fi comparate cu rezultatele obtinute pe baza ecuatiei de transport de tip BNV

$$\frac{\partial f_q}{\partial t} + \frac{\mathbf{p}}{m} \frac{\partial f_q}{\partial \mathbf{r}} - \frac{\partial U_q}{\partial \mathbf{r}} \frac{\partial f_q}{\partial \mathbf{p}} = I_{coll}[f]$$

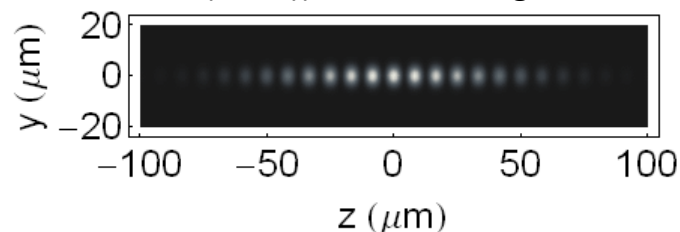
Folosind un cod numeric nou, in faza de finalizare, pentru a calcula di tranzitiile de densitate (deviatia de la valoarea statica pentru diferite frecvente a densitatii neutronice si protonice) vom putea compara cele doua abordari. Acest program numeric a fost in mare parte construit pe parcursul derularii proiectelor Idei anterioare. In plus se va avea in vedere studiul dependentei miscarilor dipolare gigant, a miscarilor pygmy si a modurilor monopolare de energia de simetrie. Intr-o investigare paralela inceputa cu un student, membru a echipei, se construiesc un formalism de tipul Landau pentru lichidele Fermi cu trei componente, pentru a vedea daca exista un analog microscopic al modelelor de tip hidrodinamic propuse pina acum.

Pentru WP2. *Advanced investigations on the fragmentation mechanisms at Fermi energies.*

Cel mai important rezultat este determinarea parametrilor de flux colectiv v_1 si v_2 respectiv pentru fragmentele cu masa intermediara ce rezulta la tranzitia de la multifragmentare la fragmentarea de neck. Aceste rezultate sunt incluse intr-o lucrare in curs de finalizare.

Pentru WP3. *Collective dynamics and fragmentation in BEC within the Gross-Pitaevskii-Boltzmann formalism*

După observarea undelor Faraday în condensate Bose-Einstein supuse la excitații parametrice (P. Engels *et al.*, Phys. Rev. Lett. 98, 095301 (2007)) și determinarea ecuațiilor care descriu fragmentarea condensatelor Bose-Einstein printr-o instabilitate tip Faraday (A.I. Nicolin, Phys. Rev. E 84, 056202 (2011)) ilustrată în figura de mai jos



se impune ca temă distinctă de cercetare impactul norului termic asupra fragmentării unui condensat de tip Bose-Einstein. Literatura de specialitate indică drept instrument ideal de lucru sistemul format din i.) ecuația Gross-Pitaevskii (care descrie dinamica de 0 K a condensatului) și ii.) ecuația Boltzmann (care descrie norul termic).

Deja s-a început implementarea integralei de ciocnire pentru bozoni și se are în vedere continuarea cu implementarea ecuațiilor de mișcare pazate pe cimpuri medii dependente de densitate.

Pentru WP4. *Transport description of collective features and dissipation in QGP*

S-au efectuat calcule cu 8000 de evenimente pentru dinamica în condițiile de la RHIC pentru $b=6$ fm, în prezența și în absența ruperii spontane a simetriei chirale. S-a construit dependența radială a masei efective a cuarților la diferite momente de timp, dependența parametrilor de flux colectiv v_2 de timp la mid-rapidity, dar și ca funcție de impulsul transversal. Se are în vedere îmbunătățirea statisticii pentru a estima parametrul de flux colectiv v_4 . Apoi se va trece la studiul rolului fluctuațiilor în condițiile inițiale asupra proprietăților colective și disipative ale plasmei de cuarci și gluoni. Aceste rezultate sunt incluse într-o lucrare acceptată la Journal of Physics: Conference series care va apărea în 2012.

Pe parcursul celor 3 luni de activitate s-a avut in vedere actualizarea surselor bibliografice si s-a urmarit in literatura daca au aparut rezultate relevante care pot avea legatura cu temele proiectului de cercetare.

Director proiect,

Prof.dr. Virgil BARAN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Baran', is written below the printed name.