

Raport științific

privind implementarea proiectului în perioada 16.12.2015-30.09.2016

Sistematica proprietatilor de pairing in nuclee prin utilizarea matricii G

Au fost investigate proprietatile nucleare de imperechere pornind de la potențialul de interacție realist de tip Paris descris în referințele J. Haidenbauer, W. Plessas, Phys. Rev. C 30 (1984) 1822; J. Haidenbauer, W. Plessas, Phys. Rev. C 32 (1985) 1424. În lucrările menționate, potențialul este definit în forma separabilă de tipul:

$$V(\vec{k}_1, \vec{k}_2) = \sum_{i,j=1}^3 \lambda_{ij} g_i(k_1) g_j(k_2) \quad (1.1)$$

pe un spațiu de stări având energii de până la 600 MeV, însă stările ce apar în ecuațiile de pairing pentru nuclee (de interes fiind stările legate și rezonanțele înguste) au energiile mai mici de 20 MeV. Pentru a folosi potențialul pentru un spațiu de stări restrans, este nevoie de o procedură de renormalizare.

Renormalizarea potențialului se efectuează pornind de la ecuația de gap pentru materia nucleară:

$$\Delta'_k = - \int \frac{d^3k}{(2\pi)^3} V_{k'k} \frac{\Delta_k}{2E_k} \quad (1.2)$$

În vederea obținerii potențialului efectiv la energii joase, cerem ca la restrângerea spațiului de stări, având acum ca limita superioară cutoff-ul k_c , să obținem aceeași soluție a ecuației de gap. În alte cuvinte, cerem ca:

$$\Delta_{k'} = - \int_{k < k_c} \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \tilde{V}_{k'k} \frac{\Delta_k}{2E_k} \quad (1.3)$$

Potențialul renormalizat se găsește proiectând ecuația (1.2) pe două subspații $k > k_c$ și $k < k_c$, și eliminând componentele de energii mari. Întrucât componentele funcției de gap pe subspațiul de energii înalte sunt neglijabile, presupunând o formă separabilă pentru potențialul efectiv similară cu (1.1), ecuația Bethe-Goldstone de renormalizare se reduce la o formulă matriceală pentru noii coeficienți de expansiune:

$$\Lambda = (\lambda^{-1} + \Gamma)^{-1} \quad (1.4)$$

unde

$$\Gamma_{ij} = \int_{k>k_c} \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \frac{g_i(k)g_j(k)}{2\epsilon_k} \quad (1.5)$$

Potențialul astfel calculat este folosit în rezolvarea ecuațiilor BCS pentru funcția de gap și a numărului de particule:

$$\begin{aligned} \Delta_a = & \sum_{a'} \left(j_{a'} + \frac{1}{2} \right) V_{a,a'} \frac{\Delta_{a'}}{2\sqrt{(e_{a'} - \lambda)^2 + \Delta_{a'}^2}} \\ & + \sum_{r'} \left(j_{r'} + \frac{1}{2} \right) V_{a,r'} \Delta_{r'} \int_{I_{r'}} de g_\delta(e) \frac{\tau_{r'}(e)}{2\sqrt{(e - \lambda)^2 + \tau_{r'}(e)^2 \Delta_{r'}^2}}, \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} \Delta_r = & \sum_{a'} \left(j_{a'} + \frac{1}{2} \right) V_{r,a'} \frac{\Delta_{a'}}{2\sqrt{(e_{a'} - \lambda)^2 + \Delta_{a'}^2}} \\ & + \sum_{r'} \left(j_{r'} + \frac{1}{2} \right) V_{r,r'} \Delta_{r'} \int_{I_{r'}} de' g_\delta(e') \frac{\tau_{r'}(e')}{2\sqrt{(e' - \lambda)^2 + \tau_{r'}(e')^2 \Delta_{r'}^2}} \end{aligned} \quad (1.7)$$

$$\begin{aligned} N = & \sum_a (2j_a + 1) \frac{1}{2} \left(1 - \frac{e_a - \lambda}{\sqrt{(e_a - \lambda)^2 + \Delta_a^2}} \right) \\ & + \sum_r (2j_r + 1) \int_{I_r} de g_\delta(e) \frac{1}{2} \left(1 - \frac{e_a - \lambda}{\sqrt{(e - \lambda)^2 + \tau_r(e)^2 \Delta_r^2}} \right), \end{aligned} \quad (1.8)$$

unde am luat în considerare largimea finită a rezonanțelor prin densitatea de stări din continuum data de derivata phase-shift-ului:

$$\begin{aligned} g_\delta(e) &= \frac{1}{\pi} \frac{d\delta}{de} \\ g^{free}(e) &= \frac{R_b dk}{\pi de} = \frac{\sqrt{mc^2/2} R_b}{\pi \hbar c \sqrt{e}}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

și

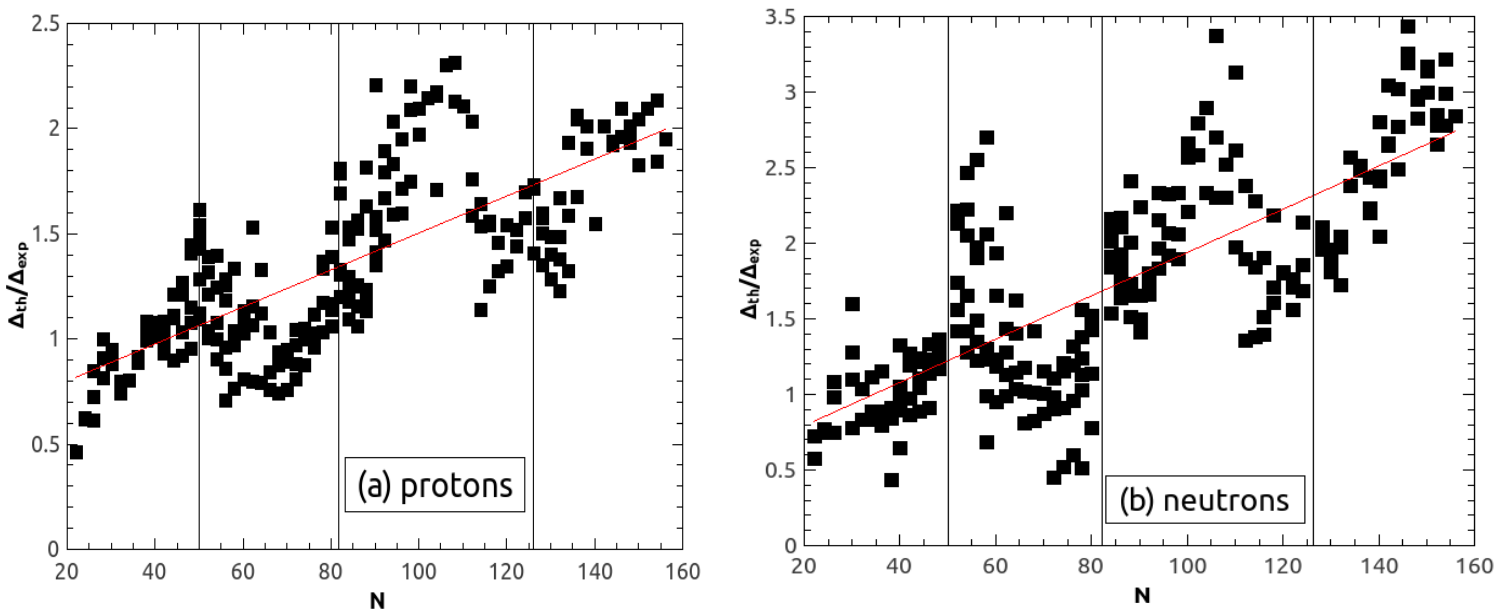
$$\tau_r(e) = \frac{g_\delta(e)}{g_\delta(e) + g^{free}(e)} \quad (1.10)$$

Elementele de matrice ale potențialului sunt calculate conform cu referința D.S. Delion, M. Baldo, U. Lombardo, Nuc. Phys. A 593 (1995) 151-161.

Functia de gap rezulta a avea puternice influente de la efectele de paturi. Dreptele de fit pentru raportul dintre valorile teoretice și cele experimentale sunt:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta_{th,p}}{\Delta_{exp,p}} &= 0.0088N + 0.062 \\ \frac{\Delta_{th,n}}{\Delta_{exp,n}} &= 0.0143N + 0.051 \end{aligned} \quad (1.11)$$

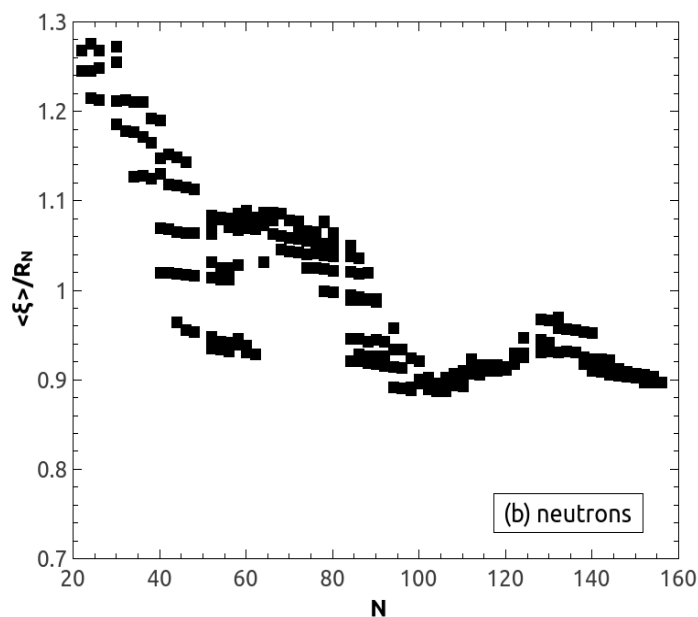
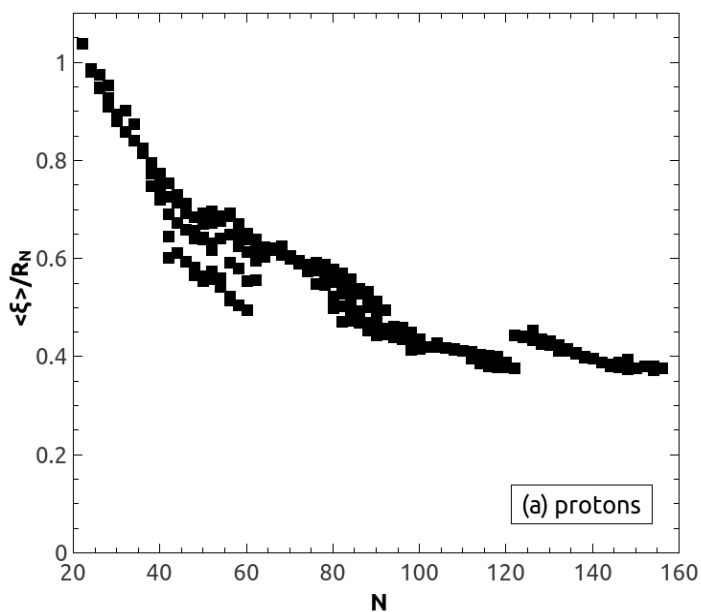
iar rezultatele sunt prezentate în graficele de mai jos pentru protoni (a) și neutroni (b).



Expresia spatiala a corelațiilor induse de interacția de împerechere este definita de lărgimea de coerență

$$\xi(R) = \frac{(\int r^4 |\kappa(R, r)|^2 dr)^{1/2}}{(\int r^2 |\kappa(R, r)|^2 dr)^{1/2}} \quad (1.12)$$

unde κ este densitatea de împerechere, definită de produsul funcțiilor de undă înmulțit cu amplitudinile BCS, uv , care depinde de raza centrului de masă R a sistemului de doi nucleoni.



Lungimea de coerență mediata prezintă o tendință sistematică de scădere odată cu creșterea numărului de masă, mai pronunțată pentru protoni decât pentru neutroni. Calitativ, rezultatele prezentate în graficele alăturate sunt similare cu cele obținute în cazul unei interacții schematice de tip Gaussian.

Lucrări publicate

1. A. Dumitrescu and D.S. Delion,
Description of electromagnetic and favored alpha transitions in heavy odd-mass nuclei,
Physical Review C **93** (2016) 024313
2. D.S. Delion, P. Schuck, and M. Tohyama,
Sum-rules and Goldstone modes from extended RPA theories in Fermi systems with spontaneously broken symmetries,
European Physical Journal B **89** (2016) 1-12
3. D.S. Delion, A. Dumitrescu, and V.V. Baran,
Even-odd staggering of the spectroscopic factor as a new evidence for α -clustering,
Physical Review C **93** (2016) 044321
4. D.S. Delion, M. Patial, R.J. Liotta, and R. Wyss,
A simple approach to alpha-decay fine structure
Journal of Physics G (2016) (in press)
5. V.V. Baran and D.S. Delion,
Proton-neutron versus alpha-like correlations above ^{100}Sn ,
Physical Review C **94** (2016) (in press)

Conferințe internaționale

1. D.S. Delion, A. Dumitrescu, and V.V. Baran,
Alpha decay versus alpha clustering, International Conference "Clustering effects of nucleons in nuclei and quarks in multi-quark states, 28.03-22.04. 2016, Beijing, China
<http://www.kitpc.ac.cn/files/activities/PC20160328/report/Delion-Beijing-16.pdf>

Director proiect,

Dr. Doru S. Delion