



## همبستگی حالت‌های جفت شده ماده هسته‌ای نامتقارن در چارچوب LOCV

آذر تفریحی

دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

پست الکترونیکی: tafrihi@iut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۰۹؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴)

### چکیده

همبستگی‌های نوکلئون-نوکلئون ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده  ${}^2D_1$ - ${}^2S_1$  و  ${}^2F_7$ - ${}^2P_7$  برای پتانسیل‌های دو-نوکلئونی AV18 و AV<sup>6</sup> با روش وردشی پایین‌ترین مرتبه مقید مطالعه می‌شوند. در این محاسبات، تابع همبستگی تانسوری (یا اسپین-مدار) در حالت جفت شده  ${}^2D_1$ - ${}^2S_1$  ( ${}^2F_7$ - ${}^2P_7$ ) لحاظ می‌شود. انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن و شعاع ترمیم همبستگی‌های غیرمرکزی در حالت‌های مذکور گزارش می‌شوند. مشخص می‌شود که با کاهش نسبت پروتون به نوترون (شعاع‌های ترمیم)، توابع همبستگی غیرمرکزی حالت‌های جفت شده تقویت می‌شوند. نشان می‌دهیم که توابع همبستگی غیرمرکزی و انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  ${}^2F_7$ - ${}^2P_7$  بیشتر از حالت  ${}^2D_1$ - ${}^2S_1$  به اندرکنش دو-نوکلئونی وابسته‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** همبستگی نوکلئون-نوکلئون، حالت‌های جفت شده، ماده هسته‌ای نامتقارن، روش وردشی پایین‌ترین مرتبه مقید

### ۱. مقدمه

تانسوری و اسپین-مدار، دارند. همبستگی‌های غیرمرکزی در حالت‌های دو-نوکلئونی جفت شده لحاظ می‌شوند. بررسی همبستگی‌های مرکزی (و غیرمرکزی) در حالت‌های دو-نوکلئونی جفت نشده (جفت شده)، به درک بهتر ساختار کوتاه‌برد هسته‌ها و سامانه‌های فرضی هسته‌ای، همانند ماده هسته‌ای نامتقارن، کمک می‌کند. از سامانه ماده هسته‌ای نامتقارن در مطالعات ستاره‌های نوترونی بهره می‌برند [۷].

با توجه به اهمیت همبستگی‌های مرکزی و غیرمرکزی

سطح مقطع جذب پیون (فوتون) هسته‌ها متناسب با ضریب بته-لوینگر مقیاس‌بندی می‌شود [۱-۴]. این مقیاس‌بندی با رفتار جهان‌شمول بخش بلندبرد (کوتاه‌برد) توابع توزیع تکانه (توزیع‌های چگالی) هسته‌ها ارتباط دارد [۵]. رفتار مذکور از همبستگی‌های کوتاه‌برد نوکلئون-نوکلئون سرچشمه می‌گیرد [۶]. همبستگی‌های دو-نوکلئونی در تشابه با پتانسیل‌های هسته‌ای دو-جسمی بخش‌های مرکزی و غیرمرکزی، همانند بخش‌های

الف) در بخش ۲، فرمول‌بندی روش LOCv برای ماده هسته‌ای نامتقارن ارائه می‌شود. ب) در بخش ۳، توابع همبستگی LOCv در حالت‌های جفت شده برای نسبت‌های پروتون به نوترون مختلف نشان داده می‌شوند. همچنین، نمودار انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های مذکور بر حسب چگالی رسم می‌شود.

## ۲. فرمول‌بندی روش LOCv برای ماده هسته‌ای نامتقارن

در روش LOCv، انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در تقریب خوشه دو- جسمی محاسبه می‌شود [۱۴]:

$$E = \frac{1}{A} \frac{\langle \psi | H | \psi \rangle}{\langle \psi | \psi \rangle} = \frac{\hbar^2}{10\rho} \sum_{i=P,N} \frac{\rho_i k_{Fi}}{m_i} + E_\gamma + \dots \quad (1)$$

که [۱۵ و ۱۷]

$$H = \sum_i \frac{P_i^2}{2m_i} + \sum_{i \neq j} v(ij), \quad (2)$$

$$\psi = F\phi, \quad (3)$$

و [۱۵]

$$F = S \prod_{i < j} f(ij). \quad (4)$$

در رابطه‌های (۱) تا (۴)،  $A$  تعداد نوکلئون‌ها،  $\rho$  چگالی ماده هسته‌ای نامتقارن،  $\rho_{P(N)}$  چگالی پروتون‌ها (نوترون‌ها)،  $k_{FP(N)}$  تکانه فرمی پروتون‌ها (نوترون‌ها)،  $E_\gamma$  انرژی خوشه دو- جسمی،  $\psi$  تابع موج برهم‌کنشی،  $f(12)$  تابع همبستگی نوکلئون- نوکلئون،  $\phi$  تابع موج غیربرهم‌کنشی،  $S$  عملگر متقارن‌ساز،  $P_i$  ( $m_i$ ) تکانه خطی (جرم) نوکلئون  $i$ ام و  $v(12)$  اندرکنش دو- نوکلئونی است.

با در نظر گرفتن اندرکنش AV۱۸ (AV'۶)، انرژی خوشه دو- جسمی برابر می‌شود با [۱۷-۱۶ و ۱۴]:

$$E_\gamma = \frac{\rho}{\rho} \int d^3r f \sum_{JLSTT_Z} \omega v_{eff}^{JLSTT_Z}(r) I_{L,T_Z}(k_f r), \quad (5)$$

که  $JLSTT_Z$ ، به ترتیب، اندازه حرکت زاویه‌ای کل، اندازه حرکت مداری، اسپین، ایزواسپین و تصویر ایزواسپین در راستای محور  $z$ های جفت ذرات هستند. همچنین،  $\omega$   $I_{L,T_Z}(k_f r)$  و  $v_{eff}^{JLSTT_Z}(r)$  در مرجع‌های [۱۷-۱۶ و ۲۰]

نوکلئون- نوکلئون در حالت‌های جفت شده و سامانه فرضی ماده هسته‌ای نامتقارن، در این پژوهش، توابع همبستگی دو- نوکلئونی ماده هسته‌ای نامتقارن برای نسبت‌های مختلف پروتون به نوترون در حالت‌های جفت شده  ${}^3D_1$ - ${}^3S_1$  و  ${}^3F_2$ - ${}^3P_2$  بررسی و انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های مذکور ارائه می‌شود. در این محاسبات از روش وردشی پایین‌ترین مرتبه مقید استفاده می‌کنیم. در روش LOCv بسط خوشه‌ای انرژی [۸-۹] در پایین‌ترین مرتبه، یعنی خوشه دو- جسمی، قطع و اعتبار تقریب مذکور توسط قید بهنجارش تابع موج [۱۰] سنجیده می‌شود. تا کنون، هسته‌های معین  ${}^3$ ، ماده هسته‌ای (نامتقارن و ماده نوترونی، با در نظر گرفتن پتانسیل‌های دو- و سه- جسمی متفاوت در چارچوب LOCv بررسی شده‌اند [۱۲۱-۲۱]. نتایج روش تقریبی LOCv با پیش‌بینی‌های رهیافت‌های پیچیده مونت کارلو و زنجیره ابرشبکه‌ای فرمی همخوانی داشته است [۷ و ۲۲-۲۴].

برخلاف رهیافت‌های MC و FHNC، روش LOCv به حالت‌های دو- نوکلئونی وابسته است. بنابراین، بررسی چگونگی وابستگی همبستگی نوکلئون- نوکلئون و انرژی سامانه‌های هسته‌ای به حالت‌های دو- نوکلئونی در فرمول‌بندی LOCv میسر است. در مرجع [۱۹]، توابع همبستگی مرکزی و غیرمرکزی ماده هسته‌ای متقارن و ماده نوترونی خالص در حالت‌های جفت شده به ازای پتانسیل‌های دو- جسمی AV۱۸ [۲۵] و AV'۶ [۲۶] مطالعه شدند. همچنین، در مرجع [۲۰]، توابع همبستگی تانسوری ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $J=1$  برای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ با در نظر گرفتن پتانسیل‌های AV۱۸ و AV'۶ ارائه شدند. در این مقاله، در کنار نتایج ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده  ${}^3D_1$ - ${}^3S_1$  و  ${}^3F_2$ - ${}^3P_2$  برای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۷، محاسبات ماده‌های هسته‌ای و نوترونی مرجع [۱۹]، جهت مقایسه بهتر نمایش داده می‌شوند.

با توجه به مطالب بالا، طرح کلی مقاله به این ترتیب است:

۱. Lowest order constrained variational (LOCv) method  
۲. Finite nuclei

معادلات مذکور تا شعاع ترمیم  $r = d^1$  حل و پس از آن توابع همبستگی به صورت توابع پائولی در نظر گرفته می‌شوند. با جایگذاری پاسخ‌های معادلات دیفرانسیل در رابطه‌های (۵) و (۱)، انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده محاسبه می‌شود.

در بخش آتی، با استفاده از رابطه‌های (۸) تا (۱۱)، توابع همبستگی مرکزی و غیرمرکزی حالت‌های جفت شده  $J=1$  ( ${}^3S_1 - {}^3D_1$ ) و  $J=2$  ( ${}^3P_2 - {}^3F_2$ ) و شعاع‌های ترمیم توابع مذکور نشان داده می‌شوند. به علاوه، انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده بر حسب چگالی نمایش داده می‌شوند.

### ۳. نتایج، بحث و جمع‌بندی

در این بخش، ابتدا، توابع همبستگی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده  ${}^3S_1 - {}^3D_1$  و  ${}^3P_2 - {}^3F_2$  برای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱، در چگالی اشباع ماده هسته‌ای متقارن ( $0/16 \text{ fm}^{-3}$ ) و ۱/۵ برابر چگالی اشباع ( $0/24 \text{ fm}^{-3}$ ) ارائه می‌شوند. همچنین، شعاع ترمیم توابع همبستگی مذکور و انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده بر حسب چگالی گزارش می‌شوند. در این پژوهش، در حالت جفت شده  $J=1$  همبستگی تانسوری و در حالت جفت شده  $J=2$  همبستگی تانسوری و یا اسپین-مدار لحاظ شده‌اند. لازم به ذکر است که نسبت‌های پروتون به نوترون صفر و ۱ به ترتیب معرف سامانه‌های فرضی ماده هسته‌ای متقارن و ماده نوترونی خالص هستند.

در بخش‌های (الف) و (ب) و (پ) و (ت) شکل‌های ۱ و ۲، توابع همبستگی مرکزی (غیرمرکزی) ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $J=1$  برای پتانسیل‌های AV۱۸ و AV۶ بر حسب به ترتیب در چگالی‌های  $0/16 \text{ fm}^{-3}$  و  $0/24 \text{ fm}^{-3}$  بر حسب فاصله شعاعی میان نوکلئون‌ها ترسیم شده‌اند. در بخش‌های (الف) و (ب) و (پ) و (ت) شکل‌های ۱ و ۲، در حالت جفت شده  $J=2$ ، همبستگی اسپین-مدار (تانسوری) لحاظ شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشهود است، با

آورده شده‌اند. در رابطه (۵)، تابع همبستگی دو-نوکلئونی  $f(12)$  به صورت زیر نوشته می‌شود [۱۷]:

$$f(12) = \sum_{JSTZ} / JSTT_Z > f_{JSTT_Z}(12) < JSTT_Z / , \quad (6)$$

که  $f_{JSTT_Z}(12)$  در حالت‌های جفت نشده (حالت‌های  $S=0$  و  $S=1, L=J$ ) و جفت شده (حالت‌های  $S=1, L=J \pm 1$ ) با  $J < 3$ ، به صورت زیر تعریف می‌شوند [۱۹]:

$$f_{JSTT_Z}(12) = \begin{cases} \text{UCS: } f_{JSTT_Z}^{(1)}(r_{12}) \\ \text{CS: } \begin{cases} f_{1100}^{(1)}(r_{12}) \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{6} S_{12} \right) + \\ f_{1100}^{(2)}(r_{12}) \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{6} S_{12} \right); {}^3S_1 - {}^3D_1 \\ f_{211T_Z}^{(2)}(r_{12}) |L=1 \rangle \langle L=1| + \\ f_{211T_Z}^{(3)}(r_{12}) |L=2 \rangle \langle L=2|; {}^3P_2 - {}^3F_2 \end{cases} \end{cases} \quad (7)$$

در رابطه (۷)،  $L$  اندازه حرکت مداری حالت جفت شده است. با استفاده از رابطه (۷)، همبستگی‌های مرکزی ( $c$ ) و غیرمرکزی ( $nc$ )، یعنی تانسوری ( $T$ ) و اسپین-مدار ( $b$ )، حالت‌های جفت شده برابر می‌شوند با [۱۹]:

$$f_{1100}^c = \frac{1}{3} (2f_{1100}^{(1)}(r_{12}) + f_{1100}^{(2)}(r_{12})), \quad (8)$$

$$f_{1100}^T = \frac{1}{6} (f_{1100}^{(1)}(r_{12}) - f_{1100}^{(2)}(r_{12})), \quad (9)$$

$$f_{211T_Z}^c = \frac{1}{5} (2f_{211T_Z}^{(2)}(r_{12}) + f_{211T_Z}^{(3)}(r_{12})), \quad (10)$$

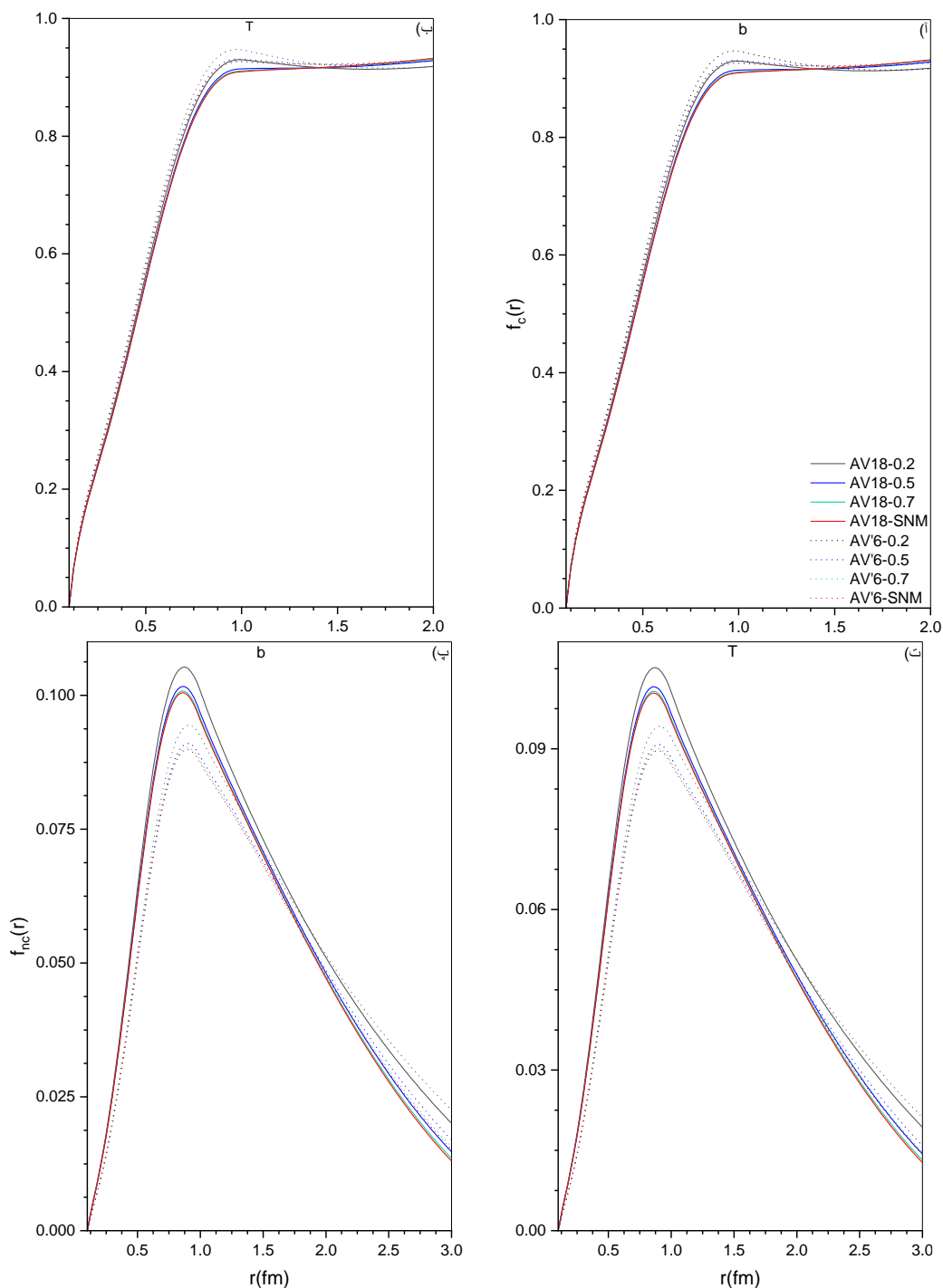
$$f_{211T_Z}^b = \frac{1}{5} (f_{211T_Z}^{(2)}(r_{12}) - f_{211T_Z}^{(3)}(r_{12})). \quad (11)$$

لازم به ذکر است که در رابطه (۷) می‌توان در حالت  ${}^3P_2 - {}^3F_2$  همبستگی تانسوری لحاظ کرد [۱۹]. در این صورت  $f_{211T_Z}^{(2,3)}(r_{12})$  در رابطه‌های (۸) و (۹) صدق می‌کنند [۱۹].

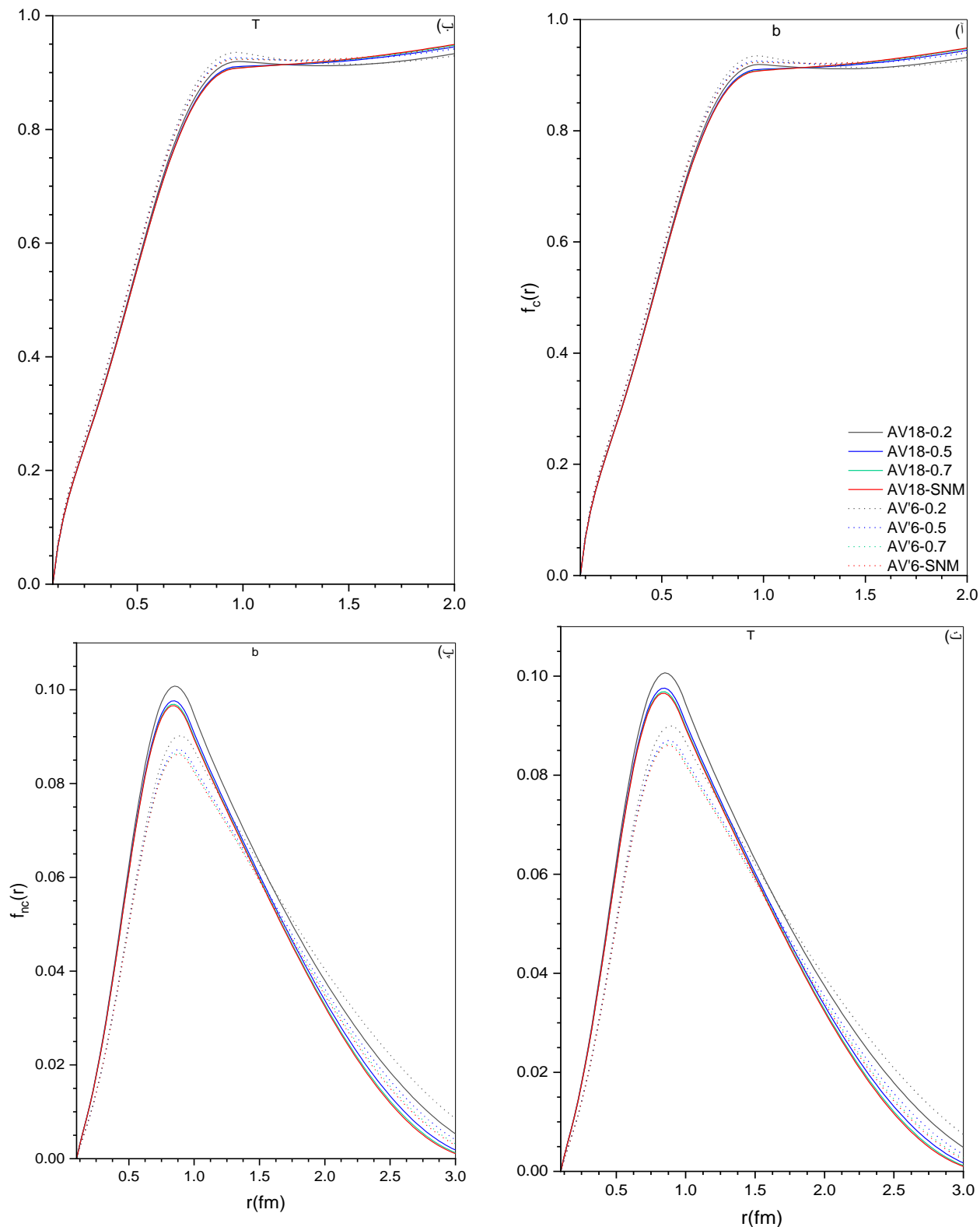
در رهیافت LOCv، انرژی  $E_p$  نسبت به توابع همبستگی وابسته به حالت در حضور قید بهنجارش، یعنی [۲۰]

$$\varepsilon \equiv \langle \psi | \psi \rangle^{-1} = \rho \int d^3r \left\{ \sum_{JLSTT_Z} \omega(f_{p,T_Z}^J(r) - f_{JLSTT_Z}^J(r)) I_{L,T_Z}(k_f r) \right\}^{-1} = 0, \quad (12)$$

کمینه می‌شود. در رابطه (۱۲)،  $f_{p,T_Z}(r)$  تابع همبستگی پائولی است که بخش بلندبرد همبستگی نوکلئون-نوکلئون را توصیف می‌کند [۲۰]. به این ترتیب مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل حاصل می‌شوند [۱۴ و ۱۶ و ۲۰].



شکل ۱. الف) (رنگی در نسخه الکترونیکی) توابع همبستگی مرکزی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $^3D_1$ - $^3S_1$  به ازای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ با پتانسیل AV18 (AV<sup>۶</sup>) در چگالی  $0.16 \text{ fm}^{-3}$  به ترتیب به صورت AV18-SNM، ۰/۷، ۰/۵، ۰/۲، ۰ PNM (AV<sup>۶</sup>) نامگذاری شده‌اند. در این محاسبات همبستگی اسپین-مدار در حالت جفت شده  $J=2$  لحاظ شده است. (ب) مشابه با بخش (الف) با این تفاوت که در حالت جفت شده  $J=2$  همبستگی تانسوری داریم. (پ) مشابه با قسمت (الف) با این تفاوت که توابع همبستگی غیرمرکزی نمایش داده شده‌اند. (ت) مشابه با قسمت (ب) با این تفاوت که توابع همبستگی غیرمرکزی نشان داده شده‌اند.



شکل ۲. (رنگی در نسخه الکترونیکی) مشابه با شکل ۱ اما در چگالی  $0.24 \text{ fm}^{-3}$ .

در شکل مذکور، با افزایش نسبت پروتون به نوترون (چگالی)، برد همبستگی‌های غیرمرکزی کاهش می‌یابد. همچنین برد همبستگی‌های غیرمرکزی در حضور پتانسیل  $AV^6$  در مقایسه با اندرکنش  $AV18$  بلندتر است. همان طور که در شکل ۵ مشخص است، با اعمال همبستگی اسپین-مدار (تانسوری) در حالت جفت شده  $J=2$ ، همبستگی غیرمرکزی در حالت جفت شده  $J=1$ ، بلندتر (کوتاه‌تر) از حالت جفت شده  $J=2$  است.

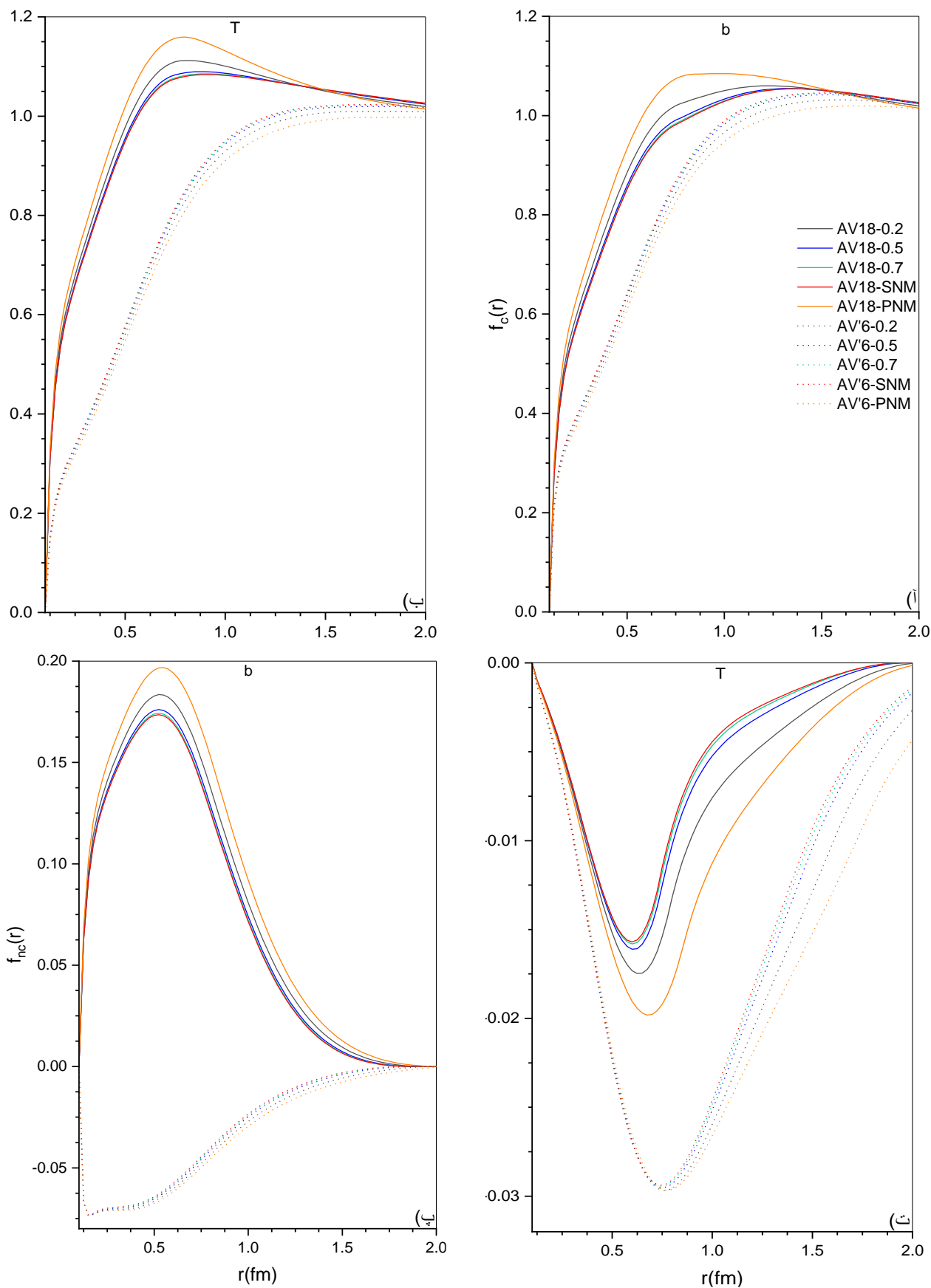
در بخش‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های دو-نوکلئونی  $JLSTT_Z = 1-1, 2311, 0, 2311, 0, 2111, 0, 1010$  برای پتانسیل‌های  $AV18$  و  $AV^6$  بر حسب چگالی نشان داده شده‌اند. می‌دانیم که انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده به تصویر ایزواسپین در راستای محور  $Z$  ها وابسته است. بنابراین برای مقایسه داده‌های  $T=1$  با نتایج ماده نوترونی خالص، حالت‌های دو-نوکلئونی به ازای  $T_Z = -1$  نمایش داده شده‌اند. لازم به ذکر است که در شکل ۶ و ۷، در حالت جفت شده  $J=2$ ، همبستگی اسپین-مدار (تانسوری) لحاظ شده است. در شکل‌های مذکور، با در نظر گرفتن اندرکنش  $AV18$ ، مقدار انرژی حالت  $1-2111$  از بقیه حالت‌ها بزرگ‌تر است. همچنین ملاحظه می‌شود که با اعمال همبستگی اسپین-مدار و یا تانسوری در حالت جفت شده  $J=2$ ، رفتار کلی انرژی‌ها تقریباً یکسان است. از طرف دیگر، به جز در حالت  $1010$ ، منحنی انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های دو-نوکلئونی جفت شده در نسبت‌های پروتون به نوترون بزرگ‌تر بالاتر از دیگر نسبت‌ها قرار می‌گیرد. در پایان خاطر نشان می‌شود که انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $1210$  ( $1-2111$ ) به ازای پتانسیل  $AV18$  با داده‌های متناظر برای اندرکنش  $AV^6$  تقریباً همخوانی (اختلاف) دارد.

با توجه به مطالب بالا، مشخص شد که توابع همبستگی غیرمرکزی با افزایش نسبت پروتون به نوترون کوچک می‌شوند. همچنین نشان دادیم که توابع همبستگی مرکزی و غیرمرکزی

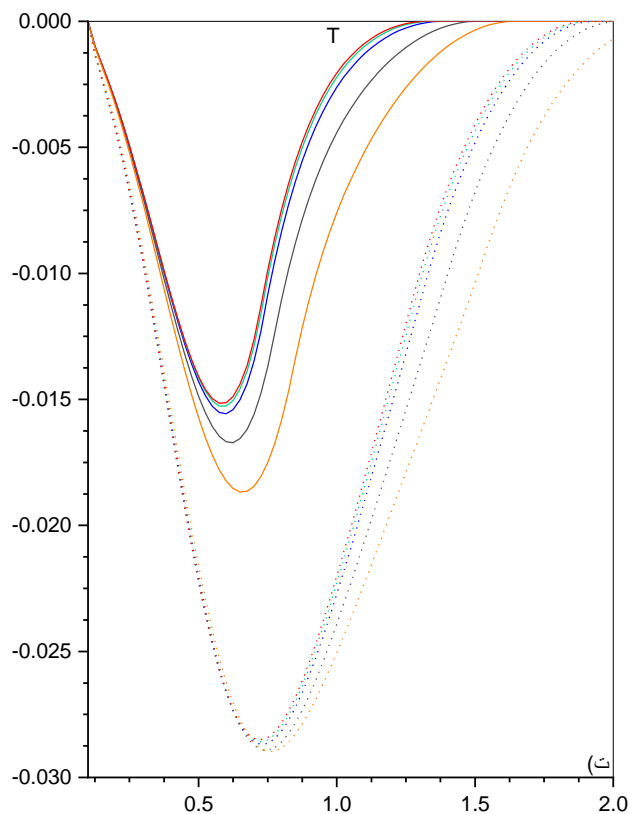
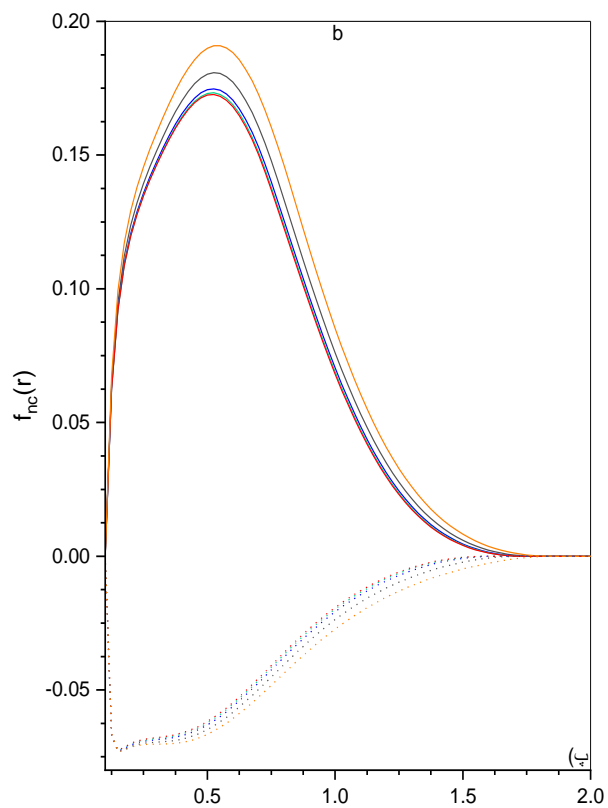
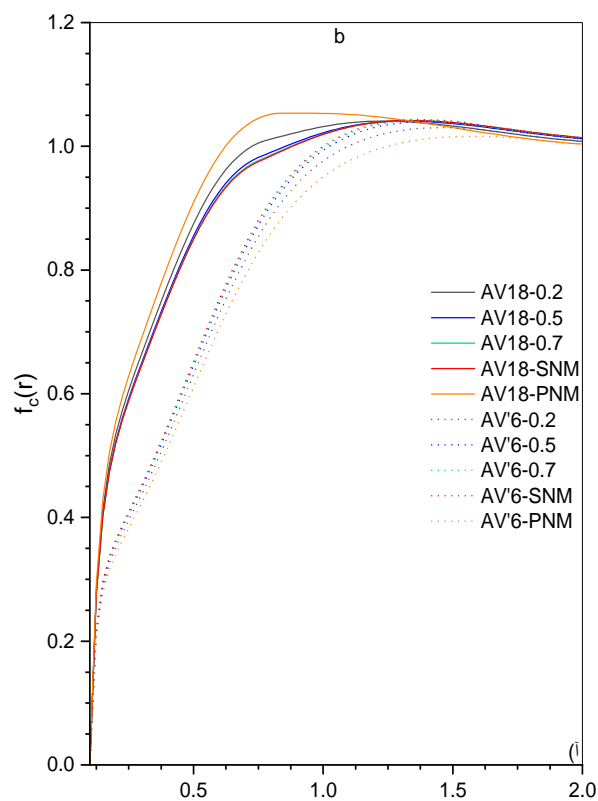
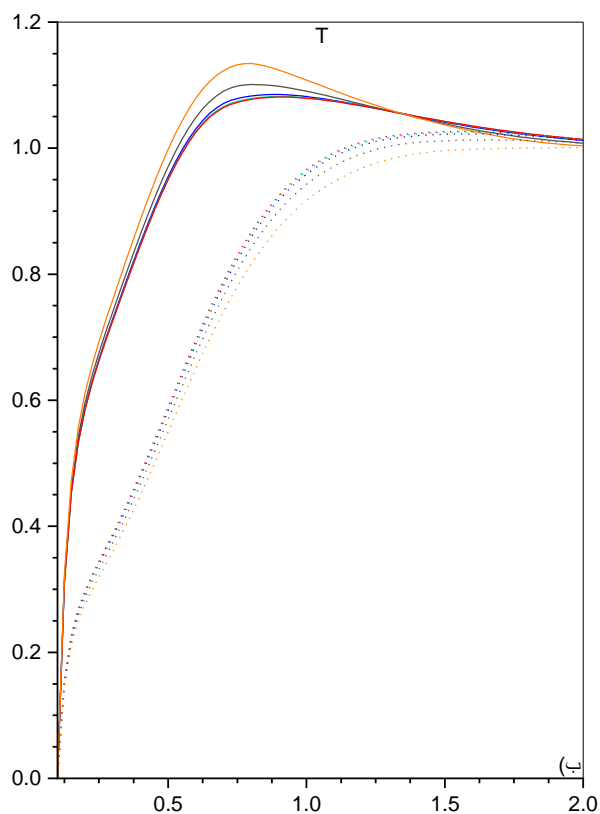
افزایش نسبت پروتون به نوترون و با در نظر گرفتن همبستگی تانسوری در حالت  $J=2$ ، همبستگی تانسوری در حالت  $J=1$  تضعیف می‌شود. همچنین، مشخص است که همبستگی تانسوری در حضور پتانسیل  $AV18$  قوی‌تر و برد همبستگی‌ها در حضور پتانسیل  $AV^6$  بلندتر است. در کل می‌توان گفت که با افزایش چگالی، برد همبستگی‌ها کاهش می‌یابد.

در بخش‌های (الف) و (ب) ((پ) و (ت)) شکل‌های ۳ و ۴، توابع همبستگی مرکزی (غیرمرکزی) ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $J=2$  برای پتانسیل‌های  $AV18$  و  $AV^6$  به ترتیب در چگالی‌های  $0.16 \text{ fm}^{-3}$  و  $0.24 \text{ fm}^{-3}$  بر حسب فاصله شعاعی نمایش داده شده‌اند. در بخش‌های (الف) و (ب) ((ب) و (ت)) شکل‌های مذکور، در حالت جفت شده  $J=2$ ، همبستگی اسپین-مدار (تانسوری) لحاظ شده است. به این ترتیب، در بخش‌های (پ) و (ت) شکل‌های ۳ و ۴، به ترتیب توابع همبستگی اسپین-مدار و تانسوری ارائه شده‌اند. در تشابه با شکل‌های ۱ و ۲، در شکل‌های ۳ و ۴، با کاهش نسبت پروتون به نوترون و با در نظر گرفتن همبستگی اسپین-مدار در حالت  $J=2$ ، همبستگی غیرمرکزی در حالت  $J=2$  تقویت می‌شود. همچنین، با کاهش چگالی، برد همبستگی‌ها افزایش می‌یابد. همان طور که در بخش (ت) ((پ)) شکل‌های ۳ و ۴ مشهود است، همبستگی‌های تانسوری (اسپین-مدار) در حضور پتانسیل  $AV18$  ضعیف‌تر (قوی‌تر) و برد همبستگی‌ها در حضور پتانسیل  $AV^6$  بلندترند. از طرف دیگر، رفتار توابع همبستگی اسپین-مدار در حالت جفت شده  $J=2$ ، در حضور پتانسیل  $AV^6$  با نتایج مشابه اندرکنش  $AV18$  اختلاف دارد که این اختلاف از عدم حضور عملگر اسپین-مدار در پتانسیل  $AV^6$  ناشی می‌شود.

در بخش‌های (الف) و (ب) ((پ) و (ت)) شکل ۵، برد همبستگی‌های غیرمرکزی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده  $J=1, 2$  برای پتانسیل  $AV18$  ( $AV^6$ ) بر حسب چگالی رسم شده‌اند. در بخش‌های (الف) و (ب) ((پ) و (ت)) شکل ۵، در حالت جفت شده  $J=2$ ، همبستگی اسپین-مدار (تانسوری) در نظر گرفته شده است.

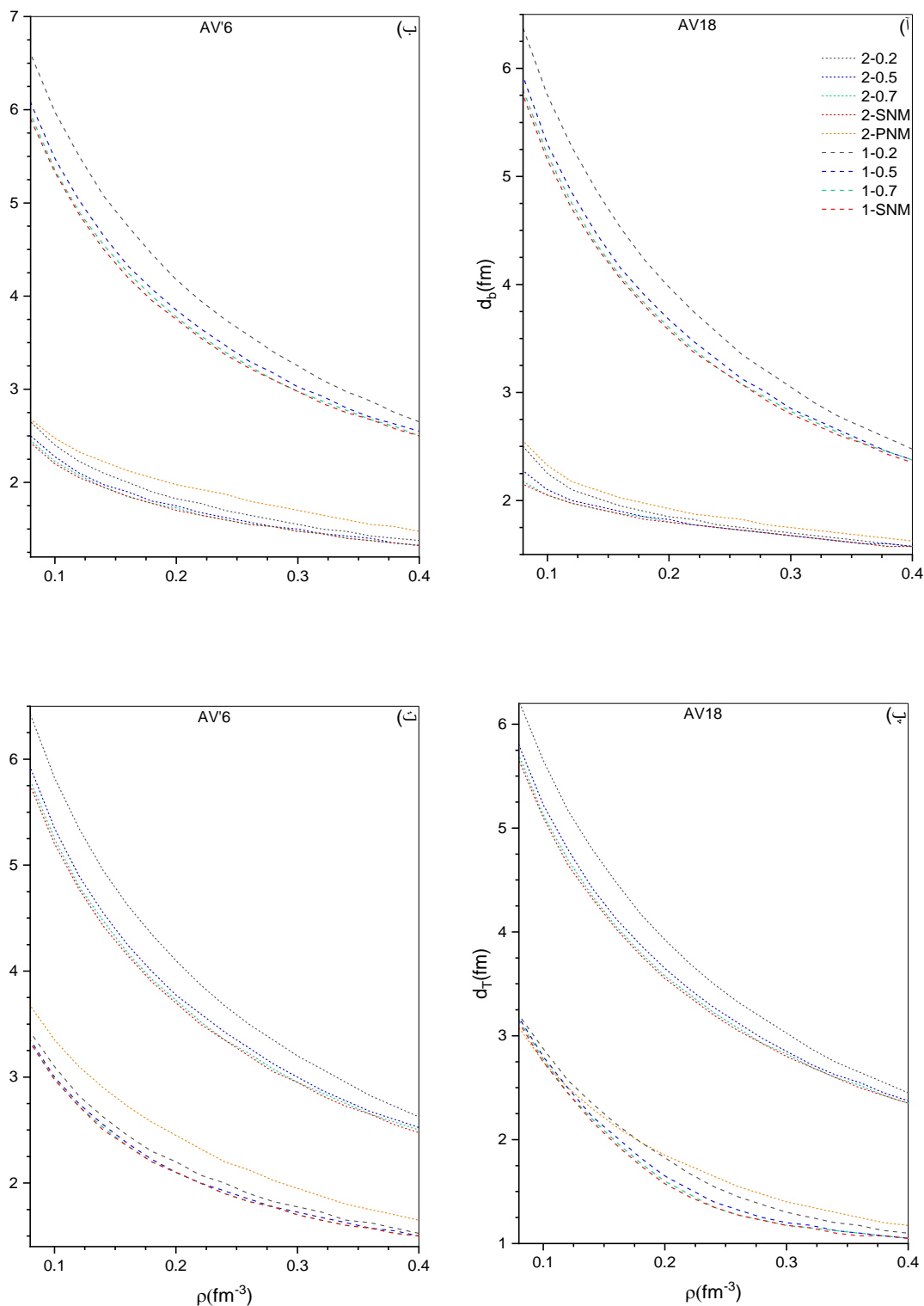


شکل ۳. (رنگی در نسخه الکترونیکی) مشابه با شکل ۱ اما در حالت جفت شده  ${}^3P_2 - {}^3F_2$ .

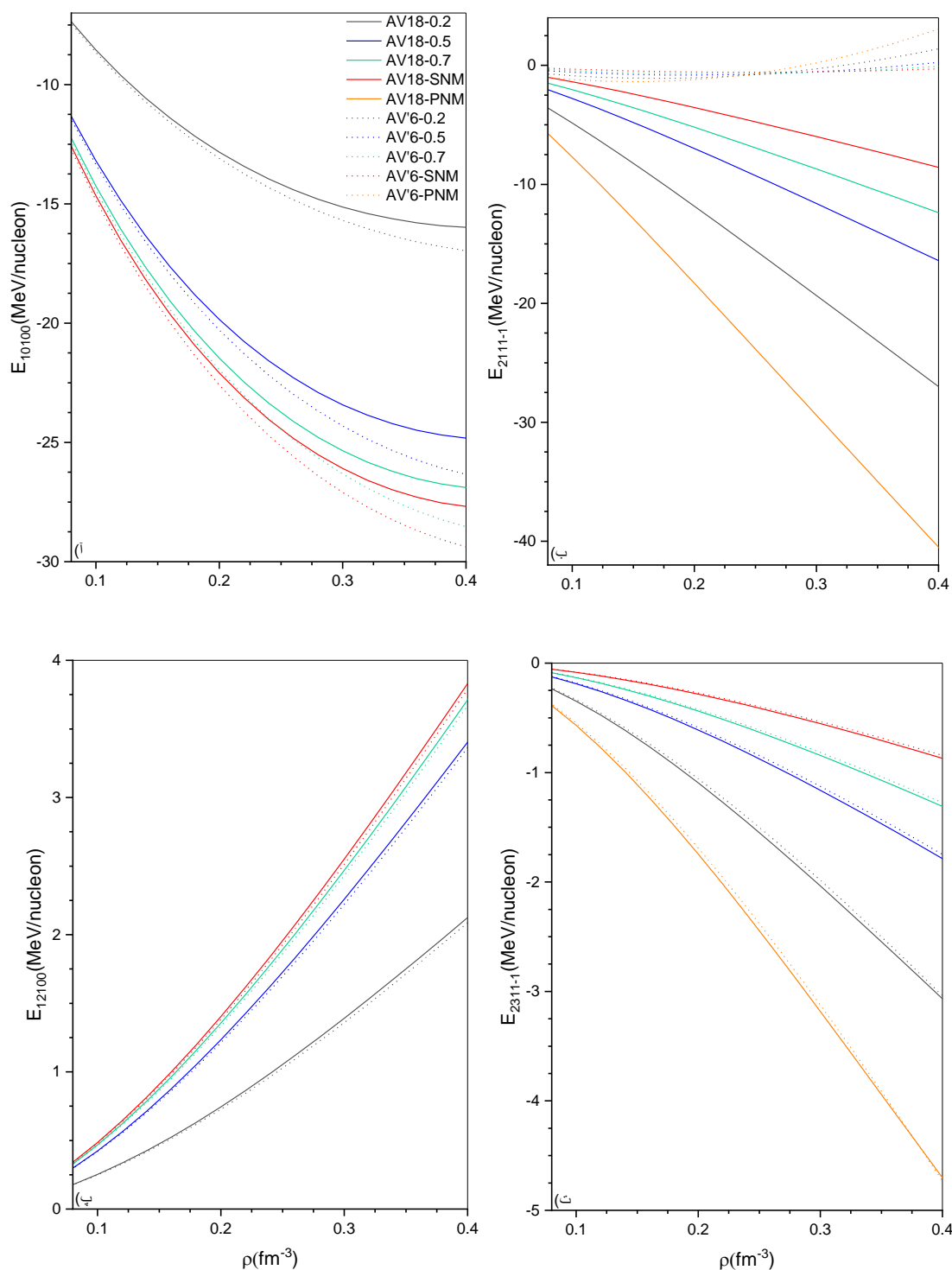


شکل ۴. (رنگی در نسخه الکترونیکی) مشابه با شکل ۳ اما در چگالی  $0.24 \text{ fm}^{-3}$ .

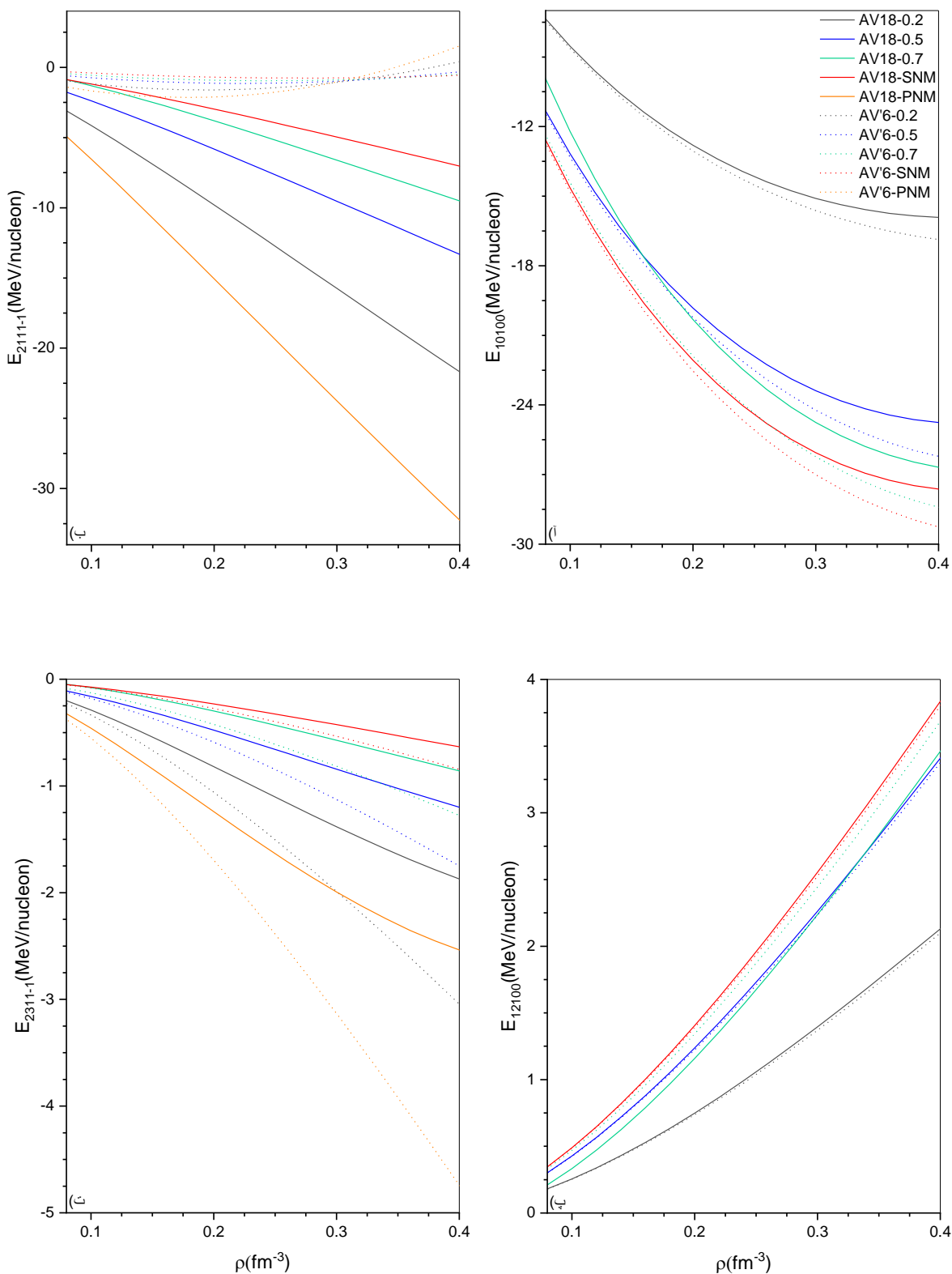




شکل ۵. (رنگی در نسخه الکترونیکی) (الف) برد همبستگی غیرمرکزی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده  ${}^2D_1$ - ${}^3S_1$ - ${}^3F_2$ - ${}^3P_2$  به ازای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ با پتانسیل AV18 برحسب چگالی به ترتیب به صورت 2-SNM، 2-PNM، 2-0.7، 2-0.5، 2-0.2، 2-0.5، 2-0.2، 1-SNM، 1-0.7، 1-0.5، 1-0.2، 1-SNM، 1-0.7، 1-0.5، 1-0.2، 1-SNM نامگذاری شده‌اند. در این محاسبات تابع همبستگی اسپین-مدار در حالت جفت شده  $J=2$  لحاظ شده است، (ب) مشابه با بخش (الف) اما با اندرکنش AV6، (پ) مشابه با قسمت (الف) با این تفاوت که تابع همبستگی تانسوری در حالت جفت شده  $J=2$  داریم و (ت) مشابه با قسمت (پ) اما با پتانسیل AV6.



شکل ۶. (رنگی در نسخه الکترونیکی) (الف) انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت  $JLSTT_Z = 10100$  به ازای نسبت‌های پروتون به نوترون ۰، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ با پتانسیل‌های AV18 و AV6 بر حسب چگالی. در این محاسبات تابع همبستگی اسپین-مدار در حالت جفت شده  $J=2$  لحاظ شده است، (ب) مشابه با بخش (الف) اما برای حالت  $JLSTT_Z = 2111-1$ ، (پ) مشابه با قسمت (الف) اما برای حالت  $JLSTT_Z = 12100$  و (ت) مشابه با قسمت (الف) اما برای حالت  $JLSTT_Z = 2311-1$ .



شکل ۷. (رنگی در نسخه الکترونیکی) مشابه با شکل ۶ با این تفاوت که در حالت جفت شده  $J=2$  تابع همبستگی تانسوری داریم.

ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت‌های جفت شده، به نسبت پروتون به نوترون و نوع اندرکنش دو-نوکلئونی وابسته است.

### تقدیر و تشکر

نویسنده از دانشگاه صنعتی اصفهان برای حمایت مالی جهت اجرای طرح پژوهشی فوق سپاسگزار است.

ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $J=2$  در مقایسه با حالت  $J=1$  نسبت به تغییر اندرکنش حساس‌ترند. به طور مشابه، دیدیم که انرژی ماده هسته‌ای نامتقارن در حالت جفت شده  $J=2$  (به خصوص در  $L=1$ ) به ازای پتانسیل  $AV^{0.6}$  به صورت قابل توجه با محاسبات اندرکنش  $AV^{1.8}$  اختلاف دارد. به این ترتیب، نتیجه می‌گیریم که رفتار توابع همبستگی نوکلئون-نوکلئون

### مراجع

1. J S Levinger, *Phys. Rev.* **84** (1951) 43.
2. J L Forest, V R Pandharipande, S C Pieper, R B Wiringa, R Schiavilla, and A Arriaga, *Phys. Rev. C* **54** (1996) 646.
3. A Akmal, V R Pandharipande, *Phys. Rev. C* **56** (1997) 2261.
4. O Benhar, *et al.*, *Nucl. Phys. A* **703** (2002) 70.
5. A Tafrihi, *Physics Letters B* **816** (2021) 136192.
6. H Feldmeier, *et al.*, *Phys. Rev. C* **84** (2011) 054003.
7. S Gandolfi, A Lovato, J Carlson, Kevin E Schmidt, *Phys. Rev. C* **90** (2014) 061306(R).
8. F Iwamoto, M Yamada, *Prog. Theor. Phys.* **17** (1957) 543.
9. J W Clark, *Prog. Part. Nucl. Phys.* **2** (1979) 89.
10. M E Grypeos and E Mavrommatis, *Lett. Nuovo Cimento* **5** (1972) 369.
11. J C Owen, R F Bishop, and J M Irvine, *Phys. Lett. B* **59** (1975) 1.
12. R F Bishop, C Howes, J M Irvine, M Modarres, *J. Phys. G: Nucl. Phys.* **4** (1978) 1709.
13. A M Modarres, J M Irvine, *J. Phys. G, Nucl. Phys.* **5** (1979) 511.
14. G H Bordbar, M Modarres, *Phys. Rev. C* **57** (1998) 714.
15. H R Moshfegh, M Modarres, *Nucl. Phys. A* **792** (2007) 201.
16. M Modarres, M Pourmirjafari, H R Moshfegh, *Nucl. Phys. A* **819** (2009) 27.
17. M Modarres, A Tafrihi, *Nucl. Phys. A* **941** (2015) 212.
18. S Goudarzi, H R Moshfegh, *Phys. Rev. C* **91** (2015) 054320.
19. A Tafrihi, M Modarres, *Nucl. Phys. A* **958** (2017) 25.
20. A Tafrihi, *Ann. Phys.* **392** (2018) 12.
21. M Rahmat, M Modarres, *Nucl. Phys. A* **997** (2020) 121715.
22. R B Wiringa, V Fiks, A Fabrocini, *Phys. Rev. C* **38** (1988) 1010.
23. J Carlson, J Morales, V R Pandharipande, D G Ravenhall, *Phys. Rev. C* **68** (2003) 025802.
24. A Mukherjee, *Phys. Rev. C* **79** (2009) 045811.
25. R B Wiringa, V G J Stoks, R Schiavilla, *Phys. Rev. C* **51** (1995) 38.
26. R B Wiringa, S C Pieper, *Phys. Rev. Lett.* **89** (2002) 182501.