

تطبيق نموذج القشرة النووي على نواة ^{51}V باستخدام جهد دلتا السطحي المعدل MSDI

Application of the nuclear shell model on the nucleus ^{51}V by using Modified Surface Delta Interaction (MSDI)

علي خلف حسن* و سماح عودة حسون**
* كلية التربية للبنات/جامعة الكوفة/العراق
** كلية الزراعة/جامعة الكوفة/العراق

الخلاصة

تم التوصل لمستويات الطاقة النووية لنواة ^{51}V التي تحتوي على ثلاث بروتونات خارج القلب المغلق ^{48}Ca وتشغل القشرة $f_{7/2}$ بتطبيق نموذج القشرة النووي Nuclear Shell Model (N.S.M) واستخدام برنامج حاسوب لحساب

عناصر المصفوفة $\langle f_{7/2}^2 | V^{MSDI} | f_{7/2}^2 \rangle$ باستخدام جهد دلتا السطحي المعدل Modified Surface Delta

Interaction وبرنامج آخر لحساب معاملات كلبش – كوردن C.G. . وقد قورنت النتائج لقيم الطاقات التي تم الحصول عليها مع القيم العملية لمستويات الطاقة وكانت كالاتي حيث تم تأكيد قيم الطاقات المحددة بشكل غير مؤكد عملياً وهي (1.61,2.41) MeV وكان الزخم الزاوي والتماثل لها كالاتي $(11/2^-, 3/2^-)$ على التوالي وكذلك تم تحديد الزخم الزاوي الكلي والتماثل لمستوي الطاقة (2.79) MeV الغير محددة بالزخم الزاوي والتماثل عملياً وكان زخمها وتماثلها $(9/2^-)$ وكذلك تم تحديد مدى معاملات التصحيح المستخدمة لهذه النواة حيث تم تحديد أعلى وأدنى مدى لها المختار من خلال العديد من الاختبارات وكان مداها الأعلى $A=B=1.2\text{MeV}$ والأدنى $A=B=-0.9\text{MeV}$ على فرض المعامل التصحيحي الثالث $C=0\text{MeV}$.

Abstract

We determined the nuclear energy levels for nucleus ^{51}V that contain three valance nucleons (protons) occupy $f_{7/2}$ – shell out of the closed core ^{48}Ca by applying the nuclear shell model and with the use Modified Surface Delta Interaction MSDI and computer programs for calculating

Clebsch – Gordan coefficient values C.G. and matrix elements values $\langle f_{7/2}^2 | V^{MSDI} | f_{7/2}^2 \rangle$.

After comparing the present calculated results with experimental results values for the energy levels values that were not confirmed experimentally are confirmed in the present study (1.61,2.41) MeV where the angular momentum and parity $(11/2^-, 3/2^-)$ respectively . We determined the angular momentum and parity that were not experimentally for the energy levels (2.79) MeV

to be $(9/2^-)$.

With application of many testes on the correction parameters used in calculation Modified Surface Delta Interaction MSDI , the range of these parameters is determined for this nucleus :

$$1.2\text{ MeV} \geq A \approx B \geq -0.9\text{ MeV} \text{ with fixed } C \approx 0\text{ MeV} .$$

المقدمة

يعد نموذج القشرة النووي من اهم النماذج النووية المستخدمة في فهم الخصائص الرئيسية للتركيب النووي . حيث إن الافتراض الأساسي لهذا النموذج هو إن كل نيوكليون يتحرك بشكل مستقل في متوسط جهد خلقتة النيوكليونات الأخرى . ففي نموذج القشرة

النوي تملأ القشرات بالنيوكليونات بترتيب متزايد بالنسبة إلى الطاقة عند الانتقال إلى قشرات أعلى على أن تكون متفقة مع مبدأ الاستبعاد لباولي [1]، إن النيوكليونات الزوجية تشكل قلباً مغلقاً Closed Core يمثل القشرات المملوءة وعدداً من النيوكليونات المكافئة التي تحدد بشكل أساس الخواص النووية، إن معظم الخواص النووية قد أظهرت اختلافات كبيرة بالقرب من قيم زوجية معينة كعدد من البروتونات Z وعدد النيوترونات N [2,3] التي يكون فيها عدد البروتونات أو عدد النيوترونات مساوياً إلى احد الأعداد الآتية (2,8,20,28,50,82,126) التي سميت لهذا السبب بالأعداد السحرية Magic Numbers ونموذج القشرة له نجاحات كثيرة في وصف عدد من السمات النووية فهو لا يعطينا وصفاً كاملاً للنوى بل يعطي وصفاً ناجحاً للنوى المستقرة Stable Nuclei ذات القشرات المغلقة والتي تحوي نيوكليوناً زائداً أو أكثر بقليل، وكذلك نجح بشكل خاص في حساب برم وتمائل جميع الحالات الأرضية لجميع النوى ذات العدد الكتلي الفردي Odd-A-Nuclei وفي حساب العزوم المغناطيسية Magnetic Moments ثنائية القطبية الكهربائية Electric Dipole Moments ورباعية القطبية الكهربائية Electric Quadruple Moments، ووضح عزم رباعي الأقطاب (هو مقياس لانحراف النواة عن الشكل الكروي) وتوقع أن يكون عزم رباعي الأقطاب صفراً أو قريباً من الصفر للأعداد السحرية وإذا كانت القشرة مملوءة إلى حد ثلثيها يكون العزم موجباً ويكون سالباً للقشرة حديثة التكوين. ودرس كذلك طيف مستويات الطاقة الواطئة والانتقالات الكهرومغناطيسية وغيرها من الخواص [4,2,1]، هناك جهد مختلف يجب أن يستخدم ليمثل القوى النووية ذات المدى القصير لقد استخدم نموذج القشرة النووي في كثير من الدراسات للباحثين [9,8,7,6,5]، الجهود التي تمثل القوى النووية ذات المدى القصير منها جهد دلتا السطحي SDI حيث افترض من قبل Green, Moszkowski الذي يعمل على انه قوة متبقية يمكنها ان توضح كلاً من قوة الأزواج قصيرة المدى وقوة طويلة المدى اللتان تنشآن من التهيجات الجماعية حيث تم تعديله ليستخدم في حساب مستويات الطاقة بصورة أكثر دقة بإضافة المعاملات التصحيحية A,B,C له واطلق عليه جهد دلتا السطحي المعدل Modified Surface Delta Interaction (MSDI) [14,13,12,11,10,1]

النظرية

التفاعل المتبقي لأثنين من الجسيمات $V^{MSDI}(1,2)$ يوضح بالعلاقة الآتية :- [16,15,1]

$$V^{MSDI}(1,2) = -4\pi A_T' \delta(r(1) - r(2)) \delta(r(1) - R_0) + B'(\tau(1).\tau(2)) + C' \dots (1)$$

وعنصر المصفوفة $\langle f_{7/2}^2 | V^{MSDI} | f_{7/2}^2 \rangle$ يعطى بالعلاقة الآتية :-

$$\langle j_a j_b | V^{MSDI}(1,2) | j_a j_b \rangle_{JT} = -A_T \frac{(2j_a + 1)(2j_b + 1)}{2(2j + 1)(1 + \delta_{ab})} *$$

$$\left\{ \left(j_b - \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J0 \right)^2 [1 - (-1)^{\ell_a + \ell_b + J + T}] + \left\langle j_b \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J1 \right\rangle^2 \times [1 + (-1)^T] \right\} +$$

$$[2T(T+1) - 3] + B + C \dots (2)$$

قيمة الثابت A_T يمكن استخراجها من خلال استخدام العلاقة الآتية :-

$$A_T \approx B \approx \frac{25}{A} \text{ MeV}, C \approx 0 \dots (3)$$

حيث A العدد الكتلي

يمكننا إيجاد قيم الطاقات للمستويات التي لها $n > 2$ من الجسيمات باستخدام جهد دلتا السطحي المعدل MSDI بالاستعانة بطاقة جسيمتين كما في العلاقة الآتية :- [16,2,1]

$$E_T(\rho^n) = \frac{n}{n-2} \sum_{\epsilon} \langle \rho^n \Gamma | \rho^{n-1} \epsilon \rangle^2 E_{\epsilon}(\rho^{n-1}) \dots (4)$$

حيث إن :-

n عدد النيوكليونات

ρ المدار

Γ تمثل كلاً من J و T

ϵ رمز يشير إلى حالة J

وباستخدام هذه المعادلة نستطيع إيجاد الطاقة لـ $n=3$ من الجسيمات كالآتي :- [16,2,1]

$$E_{J,T}(f_{7/2}) = 3 \sum_{J\epsilon T\epsilon} \left\langle \left| f_{7/2}^3 J \frac{3}{2} \right| \left\{ f_{7/2}^2 J_{\epsilon} T_{\epsilon} \right\} \right\rangle^2 \left\{ E_{O,1}(f_{7/2}) + E_X(J_{\epsilon} T_{\epsilon}) \right\} \dots (5)$$

حيث إن :-

$$\left\langle \left| f_{7/2}^3 J \frac{3}{2} \right| \right\rangle \{ f_{7/2}^2 J_{\varepsilon} T_{\varepsilon} \}^2$$

. يمثل معامل الفصل . $E_{o,1}(f_{7/2}^2)$ يمثل الطاقة لجسيمتين في المدار $f_{7/2}$.

$E_X(J_{\varepsilon} T_{\varepsilon})$ يمثل طاقة التهييج .

الرمز \mathcal{E} يشير إلى حالة الزخم الزاوي المسموحة ومعاملات الفصل هي طريقة أوردتها رাকাها عام 1932 وذلك للتعبير عن الدالة الموجية العكسية التناظر (A) من الجسيمات بدلالة الدوال الموجية للعدد (A-1) من الجسيمات أو (A-2) من الجسيمات وهي ضرورية جداً في حساب عنصر المصفوفة وهناك معاملات فصل جسيم واحد وجسيمين وثلاثة جسيمات كذلك معامل فصل N من الجسيمات [16,10,9,2,1]

أما حالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة نستطيع إيجادها من خلال تطبيق النظريات الآتية :-
في حالة $n > 2$ فالزخم الزاوي الكلي المسموح لنيوكلينونات متماثلة (أما نيوترونات أو بروتونات) لمدار الجسيمة المفردة نفسه يحسب كالآتي :- [3,2,1]

أ- أعظم زخم زاوي ممكن I_M ينشأ من الترتيب j^n يكون :-

$$I_M = n \{ j - (n - 1) / 2 \} \quad \dots\dots(6)$$

ب- لا توجد حالة للترتيب j^n تعطى بالآتي :-

$$I = I_M - 1 \quad \dots\dots(7)$$

ج- في الترتيب j^n توجد حالة واحدة تعطي :-

$$I = I_M - 2 \quad \dots\dots(8)$$

الحسابات والنتائج

بالاعتماد على نواة ^{50}Ti تمت دراسة مستويات الطاقة لهذه النواة التي تحتوي على $N = 28$, $Z = 22$ أي إنها تحتوي على ثلاثة نيوكليونات (بروتونات) خارج القلب المغلق (^{48}Ca (closed core) متواجدة في القشرة $f_{7/2}$. من خلال استخدام النظريات التي مر ذكرها تمكنا من الحصول على حالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة والتماثل كما يأتي :-

$$I^{\pi} = 3/2^-, 5/2^-, 7/2^-, 9/2^-, 11/2^-, 15/2^-$$

وباستخدام جهد دلتا السطحي المعدل MSDI تم حساب عنصر المصفوفة $\langle f_{7/2}^2 | V^{MSDI} | f_{7/2}^2 \rangle$ وبالاستعانة ببرنامج حاسوبي لحسابه .

ان قيمة الثابت A_T تم حسابه من خلال استخدام وتطبيق العلاقة (3) والذي كان هنا :

$$A_T = 0.45 = B \text{ MeV}, C = 0 \text{ MeV}$$

ومن خلال تطبيق الكثير من الاختبارات على عدد من معاملات التصحيح المستخدمة في جهد دلتا السطحي المعدل تم تحديد مدى هذه المعاملات التصحيحية وحددناه لهذه النواة وكان كالآتي :-

فمداها الأعلى $A=B=1.2 \text{ MeV}$ والمدى الأدنى $A=B=-0.9 \text{ MeV}$ على افتراض أن العامل التصحيحي $C=0 \text{ MeV}$.

وباستخدام المعادلة (5) نحصل على قيم مستويات الطاقة لنواة ^{51}V الموضحة في الجدول رقم (1)

جدول رقم (1)
قيم مستويات الطاقة باستخدام MSDI لنواة ^{51}V تبعاً لقيم الزخم الزاوي الكلي والتمائل .

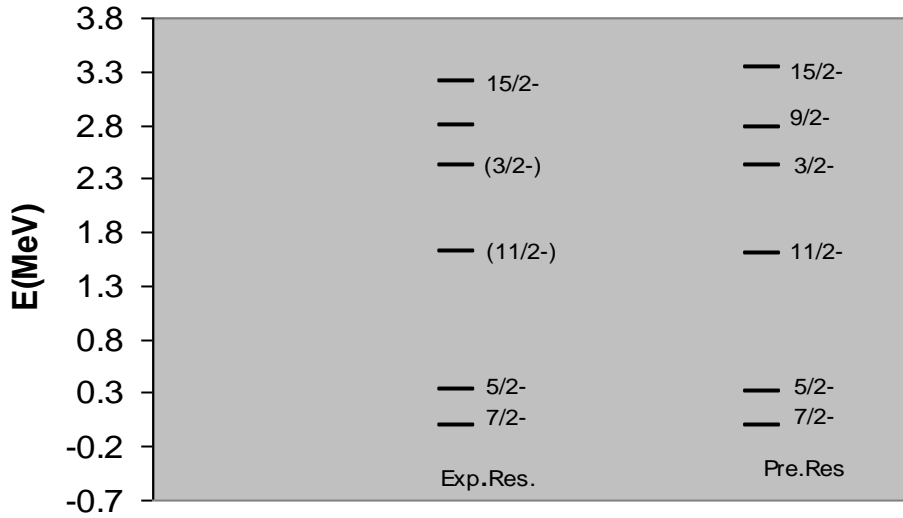
π I	Energy (MeV)
$7/2^-$	-1273.84 (G.S.)
$5/2^-$	-1273.54
$11/2^-$	-1272.25
$3/2^-$	-1271.42
$9/2^-$	-1271.07
$15/2^-$	-1270.52

وبعد الحصول على قيم الطاقات المقابلة لحالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة والتي تم مقارنتها بالقيم العملية من خلال الجدول (2) والمترجمة في الشكل (1) حيث يمثل مقارنة المستويات الطاقية النظرية والعملية .

جدول (2)
قيم مستويات الطاقة بالنسبة إلى الحالة الأرضية باستخدام MSDI لنواة ^{51}V مع مقارنتها بالقيم العملية .

π I	Energy (MeV)	
	Pre.Res.	Exp.Res. ^[17]
$7/2^-$	0	0
$5/2^-$	0.31	0.32 ^[18]
$11/2^-$	1.59	1.61 ^[18]
$3/2^-$	2.42	2.41 ^[18]
$9/2^-$	2.78	2.79
$15/2^-$	3.33	2.2

الشكل (1)
مقارنة بين القيم النظرية والقيم العملية لمستويات الطاقة للنواة باستخدام جهد
دلتا السطحي المعدل MSDI



المناقشة

القيم التي حصلنا عليها تمت مقارنتها مع قيم مستويات الطاقة العملية فتم الحصول على قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل للنواة المستخدمة في هذه الدراسة وباستخدام جهد دلتا السطحي المعدل MSDI حيث تم تحديد الزخم الزاوي الكلي والتماثل لمستوي الطاقة 2.79 MeV الغير محددة بالزخم الزاوي الكلي والتماثل عملياً وكان زخمها وتماثلها $9/2^-$ [17]. وتم تأكيد قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل الغير مؤكدة عملياً فقد حددناها وبشكل دقيق لقيم الطاقات (1.61, 2.41) MeV كان الزخم الزاوي الكلي والتماثل لها كالآتي $(11/2^-, 3/2^-)$ على التوالي [17, 18]. فضلاً عن ذلك فإننا حصلنا على توافق مقبول بين قيمنا النظرية والقيم العملية لمستويات الطاقة باستخدام جهد دلتا السطحي المعدل MSDI ونقترح كدراسة مستقبلية استخدام أنوية أخرى باستخدام نفس الجهد المستخدم وحساب مستويات الطاقة لها .

المصادر

- 1- D.N.Hamed , M.Sc. Thesis , Kufa university , 2004 .
- 2- R.D.Lawson " theory of the nuclear shell model " Clarendon Press , Oxford , 1980 .
- 3- A.K.Hasan , M.Sc. Thesis , Baghdad university , 1989 .
- 4- J.Cseh , G.Levai , A.Algora , P.O.Hess , A.Inrasorn and K.Kato , Journal heavy-Ion physics , 12 , 2000 .
- 5- M.L.Rustgi , R.P.Singh , B.Barman Roy , R.Raj and C.C.Fu , phys. Rev. , C3, Issue 6 , 1971 .
- 6- B.J.Cole , W.Watt and R.R.Whitehead , Journal phys.math. nucl. , 7, 1974.
- 7- B.J.Cole , R.R.Whitehead , A.Watt , Journal phys. G.nucl.phys.1(9) , 1975 .
- 8- S.Saini and M.R.Gunye , Journal phys.G.nucl.phys.4(2) , 1978 .
- 9- A.K.Hasan , IBN-Al Haitham , Journal for pure and Appl. Sci. , 10(2) , 1999 .
- 10- JN.GU.Zhang CH , High energy phys. and nucl.phys. , 20(2) , 1996 .
- 11- XU.YB.Liuyt , Liao JZ , High energy phys. nucl.phys.- Chin . Ed , 23(6) , 1999 .
- 12- GU.JN. Zhang CH , Vitturi A. , phys.G.nucl. and particle phys. , 25(6) , 1999 .
- 13- A.H.Taqi , Ph.D. Thesis , Nahreen university , 2000 .
- 14- A.K.Hasan , Journal of Kufa university , 10(6) , 2004 .
- 15- E.M.Ahmed , M.Sc. Thesis , Baghdad university , 1982 .
- 16- P.J.Brussaard and P.W.M.Glaudemans , " shell model application in nuclear spectroscopy " North – Holland publishing Company , 1977 .
- 17- C.M.Leaderar and V.S.Shirley , " table of isotope " , , Wiley and Sons Inc , 1978 .
- 18- J.N.MO , B.ČUJEC , R.Dayras , I.M.SzÓGhy and M.Toulemonde , nucl.phys. A147, 1970 .