دراسة مستويات الطاقة لنواة ^{30}Si بتطبيق أنموذج القشرة باستخدام الترتيب النقي

م.م. دلال ناجي حميد
جامعة الكوفة / كلية العلوم / قسم الفيزياء

الخلاصـــة

تــم دراسة التركيب النووي لنواة ^{30}Si من خلال حساب قيم الزخم الزاوي الكلي وقيم مستويات الطاقة وذلك بتطبيق أنموذج القشرة النووي على الترتيبات النقية وباستخدام جهد دلتا السطحي المحور كتفاعل بين النيوكلونين .
اعتمـدت بـرامج حسـابية لحسـاب بعـض المعـاملات المهمـة وهـي معـاملات كلـبش_ كـوردن (Clebsch-Gordan Coefficient) وكذلك برنامج لحساب عناصر المصفوفة $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT}$ والتي تدخل بشكل رئيسي في حساب مستويات الطاقة لجميع قيم الزخم الزاوي الكلي لقد أظهرت النتائج المستحصلة حاليا توافقاً جيداً مع النتائج العملية .

1-المقدمة :- Introduction

نموذج القشرة واحد من اقرب النماذج النووية لفهم التركيب النووي مثل مستويات الطاقة ،البرم ،التماثل وعمر النصف والكثير من الخواص النووية كما يعتبر من ابسط إشكال النماذج التي استطاعت إن توضح الخواص الدورية للنواة في حالة إضافة أو إزالة واحد من الإعداد السحرية [1].

لقد اتسع نموذج القشرة لكي يشمل النوى المعقدة وبعض النوى التي تحتوي على نيكليونات بعيدة عن الإعداد السحرية حيث حقق هذا النموذج الذي يسمى بنموذج الأغلفة النووية نجاحاً في توضيح مستويات الطاقة للنوى الخفيفة والمتوسطة [2] وكذلك استخدم في حساب احتمالية الانتقال بين المستويات نتيجة لانحلال النشاط الإشعاعي أو لتفاعل معين وقد نجح في قياس احتمالية الانتقال ثنائي القطب ثنائي القطب المغناطيسي B (M_1) و احتمالية الانتقال رباعي القطب الكهربائي B (E_2) لبعض النوى كما استخدم لتحديد خواص الجسيمة المفردة [4,3] وفي هذا البحث تم تطبيق أنموذج القشرة على الترتيبات النقية وباستخدام جهد دلتا السطحي المحور على نواة ^{30}Si التي سنوضح نتائجها في البنود اللاحقة .

2- النظرية :- Theory

لكي نحسب طيف النواة من الضروري أن نحسب عنصر المصفوفة لعدد الجسيمات ولحساب عنصر المصفوفة لعدد من النيكليونات تشغل نفس المدار. يجب آن نصف دالة الموجة التي يمكن أن تستخدم لحساب طاقة عنصر المصفوفة [5] وبـذلك يمكـن أن نحسـب عنصـر المصـفوفة لعـدد الجسـيمات فـي حـدود عنصـر المصـفوفة لجسـيمتين $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_a j_b >_{JT}$ وقد استخدم جهد دلتا السطحي المحور في نموذج القشرة الذي يفترض بأن الجسيمات تتحرك بصورة مستقلة عن بعضها البعض حيث يوجد تأثير بين النيكليونات يقودها مفهوم التأثير المتبادل.

يمكـن الحصـول علـى قـيم الـزخم الـزاوي الكلـي وحالاتـه المسـموحة مـن خـلال تطبيـق النظريـات الآتيـة[6]:
1- لاثنين من النيكليونات في الحالات j_1 , j_2 ($j_1 \neq j_2$) تكون قيم الزخم الزاوي الكلي المسموحة :

$$I = j_1 + j_2, j_1 + j_2 - 1, j_1 + j_2 - 2, ..., \left| j_1 - j_2 \right| \quad .....(1)$$

2- لأثنين من النكليونات في نفس مدار الجسيمة j (j إنصاف أعداد صحيحة) يمكن أن يزدوج برمها للقيم الزوجية I

$$I = 0,2,4,....., (2j-1) \quad .....(2)$$

من خواص جهد دلتا السطحي اشتق جهد دلتا السطحي المحور [MSDI] Modified Surface Delta Interaction وتكتب صيغته بالشكل الآتي[8,7] :

$$V^{MSDI}(1,2) = -4\pi \mathrm{A}'_T \delta(r(1)-r(2))\delta(r(1)-R_0) + \mathrm{B}'(\tau(1).\tau(2)) + C' \qquad \ldots\ldots(3)$$

حيث إن : $\tau(2),\tau(1),r(2),r(1)$ تشير إلى متجهات الموقع ، C', B', A'_T ثوابت ، أما R_0 فتمثل نصف قطر النواة وT تشير إلى البرم النظيري.
إن MSDI لا يؤثر على الدالة الموجية لكن يغير فقط الطاقة للحالات المحسوبة، بالنتيجة تتغير حالة n من الجسيمات مع T .
عنصر المصفوفة لأثنين من الجسيمات باستخدام جهد دلتا السطحي المحور يعطي بالعلاقة الآتية [9 ,10]:

$$< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_a j_b >_{JT} = -\mathrm{A}_T \frac{(2j_a+1)(2j_b+1)}{2(2J+1)(1+\delta_{ab})} * \{(j_b - \frac{1}{2}\, j_a\, \frac{1}{2} \left| J0 \right)^2 \left[1-(-1)^{l_a+l_b+J+T}\right] +$$

$$(j_b\, \frac{1}{2}\;\; j_a\, \frac{1}{2}\;\left| J1 \right)^2 \left[1+(-1)^T\right] \} + \left[2T(T+1)-3\right] + B + C \qquad \ldots\ldots(4)$$

حيث إن : المقدار $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_a j_b >$ يمثل عنصر المصفوفة ، j_a , j_b يمثلان المدارين ، J يمثل الزخم الزاوي الكلي ، T البرم النظيري (isobaric spin) و $(\mathbf{j_b - \frac{1}{2}\, j_a\, \frac{1}{2} \left| J0 \right)}$ يمثل معامل كلبش- كوردن

وأما قيم $\mathrm{A_T}$, B , C فهي ثوابت نحصل عليها كدالة لعدد الكتلة ومن خلال المعادلة الآتية:

$$\mathrm{A}_0 \approx \mathrm{A}_T \approx B \approx \frac{25}{A} \qquad \ldots\ldots(5)$$

حيث A العدد الكتلي.
بالاستعانة بالمعادلة (4) يمكن كتابة عنصر المصفوفة باستخدام جهد دلتا السطحي المحور بالشكل الاتي[7] :

$$\left| < j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT} \right| = R\sqrt{< j_a j_b \left| V^{SDI} \right| j_a j_b >_{JT} < j_c j_d \left| V^{SDI} \right| j_c j_d >_{JT}} \qquad \ldots\ldots(6)$$

أما قيمة الطاقة لاثنين من الجسيمات E_{JT} يمكن إيجادها من خلال العلاقة الآتية :

$$E_{JT} = E_B + 2e + < j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT} \ldots\ldots\ldots(7)$$

حيث آن :-
E_B طاقة الترابط ، e طاقة الجسيمة المفردة لكل المدار و $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT}$ عنصر المصفوفة .

3- الحسابات والنتائج :- Calculations and Results

تحتوي نواة Si^{30} على N=16,Z=14 أي أنها تحتوي على اثنين من النيوترونات خارج القشرة المغلقة Si^{28} متواجدة في القشرة ($2s_{1/2}$ ، $1d_{3/2}$) .
فلتحديد حالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة من خلال تواجد النيوترونات في القشرة أعلاه نستخدم النظريات (2,1) نجد إن حالات الزخم الزاوي هي :-

$$J^{\pi} = 0^+, 1^+, 2^+$$

ولحساب قيم الطاقات لكل حالة من الحالات أعلاه لابد من الاعتماد على قيمة طاقة الجسيمة المفردة e والتي حددت قيمتها بـ [11]

e $s_{1/2}$ =-8.48 MeV
$d_{3/2}$ =-7.21 MeV e

وعلى قيمة عنصر المصفوفة $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT}$ والمحسوبة من المعادلتين (4) و(5) المدرجة في الجدول رقم (1) حيث كانت قيمة الثوابت كاللاتي:

A=0.9
B=0.5
C=0.0

وعند تطبيق قيمة عنصر المصفوفة في المعادلة (7) لكل قيم الزخم الزاوي المسموحة نحصل على قيم الطاقات المدرجة في الجدول رقم (2) .أما الجدول رقم (3) فيوضح قيم مستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية لهذه النواة مقارنة بالقيم العملية [12] والتي تم رسمها بالشكل (1) .

جدول رقم (1)
قيم عنصر المصفوفة باستخدام جهد دلتا السطحي المحور MSDI تبعا لقيم الزخم الزاوي الكلي للنواة ^{30}Si

a	b	c	d	J	T	$< ab \left| V^{MSDI}(1,2) \right| cd >_{JT}$
$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	0	1	-1.31
$2s_{1/2}$	$2s_{1/2}$	$2s_{1/2}$	$2s_{1/2}$	0	1	-2.3
$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	2	1	-0.86
$2s_{1/2}$	$2s_{1/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	1	1	0.5
$2s_{1/2}$	$2s_{1/2}$	$1d_{3/2}$	$1d_{3/2}$	2	1	0.781

جدول رقم (2)
قيم مستويات الطاقة باستخدام جهد دلتا السطحي المحور MSDI لنواة ^{30}Si تبعا لقيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل

J^{π}	Energy (MeV)
0^+	-255.8 (g.s)
0^+	-252.27
2^+	-251.82
1^+	-251.73

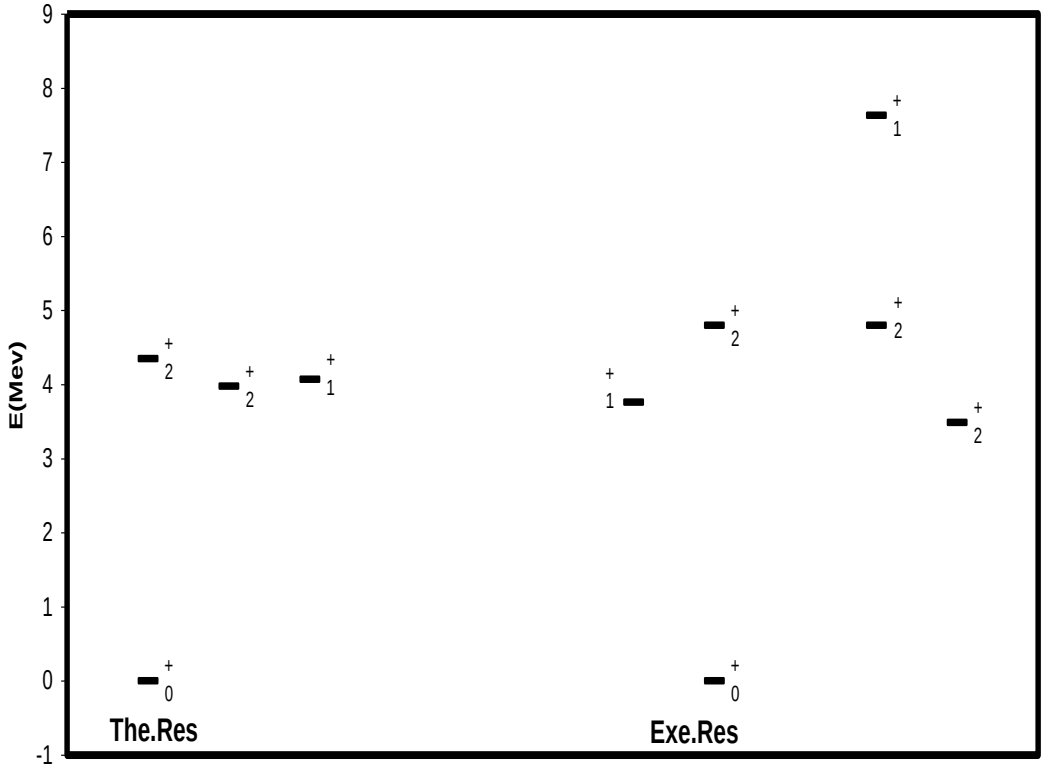
2^+	-251.45

جدول رقم (3)
قيم مستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية باستخدام جهد دلتا السطحي المحور MSDI لنواة ^{30}Si مع مقارنتها بالقيم العملية

J^π	Energy (MeV)	
	The.Res.	Exp.Res. [12]
0^+	0	0
0^+	3.53	3.76
2^+	3.98	3.49
1^+	4.07	3.76
2^+	4.35	4.8

شكل رقم (1)

مقارنة بين القيم النظرية والعملية لمستويات الطاقة نسبة للحالة الارضية لنواة ^{30}Si باستخدام جهد دلتا السطحي المحور MSDI



4- المناقشة والاستنتاجات :- **Discussion and Conclusions**

بعد مقارنة نتائج البحث الناتجة من تطبيق أنموذج القشرة النووي باستخدام جهد دلتا السطحي المحور MSDI على نواة ^{30}Si ومقارنتها مع النتائج العملية تم ملاحظة ما يأتي :

1- وجد تطابق كبيراً لقيم جميع الطاقات ولنفس الزخم الزاوي الكلي والتماثل .

2- من خلال ملاحظة مخطط مستويات الطاقة نجد إن الزخم الزاوي 2^+ محدد بقيمتي الطاقة العملية هي (3.49MeV,4.8MeV) ولذلك نتوقع أن تقع القيم النظرية ضمن فجوة هذه القيم فقد تكون هناك مستويات بين المستوي3.49MeV والمستوي 4.8MeV وهي القيم التي حصلنا عليها لنفس الزخم الزاوي والتماثل والتي تساوي (4.35MeV, 3.98MeV)وبالرجوع لمخطط مستويات الطاقة العملي نجد كذلك إن الزخم الزاوي1 بتماثله الموجب حدد بقيمة مستويات طاقية عملية مقدارها بين (7.634MeV, 3.76MeV) لذا نجد إن المستوي 4.07MeV المستخرج نظرياً يقع في مستوي أعلى من المستوي3.76MeV وحددنا له زخم زاوي وتماثل 1^+ .
من تطابق نتائجنا مع النتائج العملية يظهر إن هذا النموذج باستخدام جهد دلتا السطحي المحور أنموذج ناجح .

References **المصادر**

1.N.Pietralla ,C. Fransen , A. Lisetskiy , and P. Von Brentano, Nucl.Phy. A , 704 , 69-78 ,2002.
2.S.O.Hasun, Thesis of M.Sc. , Kufa University , 2005 .
3.K.Bennaceur,F.Nowacki,J.Okolowicz and M. Ploszajczak , Nucl.Phy. A , 671 (1-4) , 203-232 ,2000.
4.N. Michel et al J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 36, 013101 2009 .
5. R.D.Lawson ," Theory of the nuclear shell model " ,clarendon press , Oxford, 1980.
6. D.N.Hamed , Thesis of M.Sc. , Kufa University , 2004 .
7. P. J. Brwssaard and P. W. M. Glavdemans , " Shell Model Application In Nuclear Spectroscopy "North – Holland publishing company , 1977 .
8. Thomas Olsen et. al. , Phy.Rev. C 62, 054304 ,2000 .
9. A.K.Hasan and D.N.Hamed , Journal of Baby. for pure and Appl. Sc. 748,2004. (accept issue)
10. A.K.Hasan and D.N.Hamed , Journal of kufa. for pure and Appl. Sc. 8,2,149,2007
11. A.H.Wapstra,G. Audi, C.Thibault. , Nucl.Phy. A , 729 , 129-336, 2003 .
12. J.Tauren and R.B.Firestone, Table of Nuclear Structure ,Version 1.0b , 2003.

Study of the energy level for ^{30}Si nuclei by applying shell model by using pure configuration

Abstract

In this paper , we study the nuclear structure for ^{30}Si nuclei by applying shell model with pure configuration by using Modified Surface delta interaction .
Computer programs were take up to calculate the Clebsch –Gorrdan coefficients and matrix elements $< j_a j_b \left| V^{MSDI}(1,2) \right| j_c j_d >_{JT}$ which use to calculate the energy level for all allowable total angular momentum appear the present value good agreement with experimental value .