

## Effect study of space configuration on the nuclear structure of nucleus $^{30}\text{P}$ by applying nuclear shell model

### دراسة تأثير ترتيب الفضاء على التركيب النووي لنواة $^{30}\text{P}$ بتطبيق أنموذج القشرة النووي

علي خلف حسن و فاطمة حميد عبيد  
جامعة الكوفة /كلية التربية للبنات /قسم الفيزياء

#### الخلاصة

تم حساب مستويات الطاقة لنواة الفسفور  $^{30}\text{P}$  باستخدام جهد دلتا السطحي في كلا الترتيبين المختلط والنقي وبعد مقارنة نتائج البحث مع النتائج العملية وجد تطابقاً مقبولاً لمستويات الطاقة الواطئة في حالة الترتيب النقي إما في مستويات الطاقة العليا وجد توافقاً جيداً مع مستويات الطاقة في حالة الترتيب المختلط ولوحظ أيضاً تأثير نوع النيوكليون على طيف الطاقة يظهر في الحسابات من خلال قيمة طاقة الجسيمة المفردة للبروتون والنيوترون .

#### Abstract

Surface Delta Interaction(SDI) have been used to calculate the energy levels of phosphorus nucleus  $^{30}\text{P}$  in both configurations mixed and pure. an over all agreement with experimental data is obtain for the low energy level in pure configuration in this work .Also the result of high level agree very well with mixed configuration.

#### (Introduction)

#### المقدمة :-

يعد فهم التركيب النووي (Nuclear Structure) من الأهداف الرئيسية في الفيزياء النووية، ونظراً لغياب النظرية الشاملة والمترابطة للتركيب النووي فقد جرت محاولات متعددة لربط المعطيات النووية بعدد من النماذج النووية المختلفة، التي استخدمت الأسس الفيزيائية المهمة كقاعدة أساسية لها للحصول على التركيب الدقيق للنوى [1]. وقد نال التركيب النووي اهتمام الكثير من الباحثين إذا أجروا العديد من الدراسات التي أظهرت نماذج نووية تهدف إلى تفسير تركيب وخصائص النوى ويعد أنموذج القشرة النووي احد النماذج المهمة التي تصف تركيب النواة [2]، حيث إن أهمية أنموذج القشرة النووي تتمثل في قدرته على إعطاء نتائج تقريبية صحيحة ودقيقة لمستويات الطاقة التي يمكن إن توجد فيها النيوكليونات ذات القيم المختلفة من الزخم الزاوي المداري [3]، كما ويصف أنموذج القشرة نظام الجسيمات المتفاعلة في حدود حركة الجسيمات المستقلة في جهد مركزي، التي تبين بعض تركيب القشرة (Shell Structure) [4]، تقدم أنموذج القشرة النووي لفشل النماذج الأخرى في استنتاج طاقة الترابط التي كانت أكثر المعلومات اتساعاً في ذلك الوقت واتسعت حسابات أنموذج القشرة وشملت مختلف جوانب النوى [5]، ونجاح هذا الأنموذج شجع عدد من الباحثين إلى استخدامه ونجاح كبير مع جهد دلتا السطحي في عدد من الدراسات حيث استخدم في تحليل خصائص بعض نوى القشرة المغلقة [6]، كما واستخدم في حساب قيم مستويات الطاقة (المستويات الاهتزازية لرباعي القطب) لنوى القشرة المفتوحة المضاعفة [7]، وكذلك فقد تميز في دراسة الانتقالات الواطئة في الطاقة لبعض العناصر [8]. في هذا البحث فقد تم استخدام برنامج حاسوب (Matlab-2009) لحساب قيم عنصر المصفوفة باستخدام جهد دلتا السطحي وحساب القيم الذاتية للترتيب المختلط لنواة  $^{30}\text{P}$ .

النظرية :-

(Theory)

يعدّ التأثير المتبادل المتبقي بين نيوكليونين جزء من التفاعل الذي لا يتضمن معدل الجهد المركزي ويمثل القوة الناتجة من التصادم بين النيوكليونات [9] ، والسماح للتأثير المتبادل بين النيوكليونات يزيل الانحلال في المستويات التي تمثل خاصية من خواص أنموذج القشرة لذلك فان التأثير سوف يلغي أنموذج الجسيمة المستقلة البسيط [4, 10]، وبسبب التأثير المتبادل حدوث اضطراب في مؤثر هاملتون الذي يمثل بجهد طاقة النيوكليونات ويساوي حاصل جمع جهد جسيمتين ويوصف بـ  $\sum_{i<j} Vij$  وبحسب هذا يستخرج هاملتون للحالة المضطربة بالمعادلة

$$H' = \sum (H_o)_n + \sum_{i<j} Vij \quad \text{..... (1)} \quad \text{الآتية [11, 12] :-}$$

ونتيجة للتصادمات بين النيوكليونات فان طاقة الجسيمة التي تتحرك في مدار مستقر (Stable-Orbit) سوف تتغير بمرور الوقت وتحتل مستويات قريبة أخرى فالتأثير المتبادل هو مزج (خلط) مستويات الجسيمة المفردة المختلفة الذي ينتج عنه الترتيب المختلط (Configuration Mixing) [5].

بحسب مبدأ باولي للاستبعاد تكون أغلب التصادمات المرنة في داخل النواة ممنوعة لذلك فان النيوكليونات تتحرك بصورة مستقلة بعضها عن بعض في داخل النواة و يحدث التفاعل المؤثر بين النيوكليونات بصورة رئيسة عند السطح النووي فقط، وباستعمال هذه الفرضية فان كل من Moszkoski, Green فرضوا أنموذج بسيط لوصف التفاعل بين النيوكليونات المكافئة عند السطح النووي وهذا التفاعل يدعى بجهد دلتا السطحي (Surface Delta Interaction)، وأحيانا يعرف بتفاعل المدى الصفري (Zero-Range Interaction) ، وهذا يعني أن التفاعل المتبقي يمكن إن يقرب بواسطة جهد دلتا السطحي على وفق المعادلة الآتية [9] :-

$$V_{ij} = -4\pi V_o \delta(\Omega_{ij}) \quad \text{..... (2)}$$

إذ إن  $\Omega_{ij}$  تمثل المسافة الزاوية بين الجسيمات المتفاعلة حيث إن  $\Omega_{ij} = r_i - r_j$

$V_o$  تمثل قوة التفاعل ،  $r_i, r_j$  تمثل إحداثيات النيوكليون  
إن الطاقة الكلية للحالة نسبة للقشرة المغلقة تعطى بالمعادلة الآتية [12] :-

$$\langle jj JM | H | jj JM \rangle = 2\varepsilon_j + \langle jj JM | V | jj JM \rangle \quad \text{..... (3)}$$

حيث إن  $(\varepsilon_j)$  تمثل طاقة الجسيمة المفردة نسبة إلى القشرة المغلقة (Closed Core)

وان  $\langle j_1 j_2 | V_{(1,2)} | j_1 j_2 \rangle$  تمثل الطاقة الناتجة عن التأثير المتبادل (Interaction Energy) (طاقة التفاعل لجسيمتين بزخم زاوي كلي J).

يعبر عن عنصر المصفوفة الهاملتوني H وحسب الجسيمات في الغلاف الخارجي (خارج القشرة المغلقة) وترتيب الحالة j بالمعادلات الآتية [12] :-

$$\langle H \rangle_{11} = \varepsilon_{j_1} + \varepsilon_{j_2} + \langle j_1 j_2 | V_{(1,2)} | j_1 j_2 \rangle_J \quad \text{..... (4)}$$

$$\langle H \rangle_{22} = \varepsilon_{j_3} + \varepsilon_{j_4} + \langle j_3 j_4 | V_{(1,2)} | j_3 j_4 \rangle_J \quad \text{..... (5)}$$

$$\langle H \rangle_{12} = \langle H \rangle_{21} = \langle j_1 j_2 | V_{(1,2)} | j_3 j_4 \rangle_J$$

حيث إن معادلة (4) يمكن من خلالها حساب قيم الطاقات للنيوكليونات في الترتيب النقي (Pure Configuration) ، أما لحساب قيم الطاقات للنيوكليونات في الترتيب المختلط فتضاف معادلة (5) إلى المعادلة (4). عند التعامل مع اثنين من الجسيمات خارج القلب المغلق فان عنصر المصفوفة يعطى بالعلاقة الآتية [12] :-

$$\langle j_1 j_2 | V^{SDI}(1,2) | j_3 j_4 \rangle_{JT} = -(-1)^{j_1+j_2+j_3+j_4} \frac{V_o \bar{R}}{4(2J+1)} \times [1 + (-1)^{\ell_1+\ell_2+\ell_3+\ell_4}] \times$$

$$\left[ (2j_1+1)(2j_2+1)(2j_3+1)(2j_4+1) / \left( 1 + \delta_{j_1 j_2} \delta_{\ell_1 \ell_2} \right) \times \left( 1 + \delta_{j_3 j_4} \delta_{\ell_3 \ell_4} \right) \right]^{1/2} \times \left[ (1+(-1)^T \left\langle j_1 j_2 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle \times \left\langle j_3 j_4 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle + (-1)^{\ell_2 + \ell_4 + j_2 - j_4} \times \left\{ 1 - (-1)^{J+T+\ell_3+\ell_4} \left\langle j_1 j_2 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \left\langle j_3 j_4 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \right\} \right] \quad (6)$$

لمصفوفة تعطى مع التقيد بالتكامل القطري

$$\bar{R} = \int R_{j_1}(r) R_{j_2}(r) R_{j_3}(r) R_{j_4}(r) r^2 dr$$

إذ إن  $R_j(r)$  هي دوال ذاتية للجهد وبذلك فإن عنصر المصفوفة يحدد بوضوح دوال موجبة موجبة عندما  $r \rightarrow 0$  فإن  $R_0$  عدد موجب للحالة  $j$

$$\bar{R} = (-1)^{n_1+n_2+n_3+n_4} R_0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

وعند التعامل مع اثنين من الجسيمات المتماثلة حيث إن البرم النظيري لها  $T=1$  فإن عنصر المصفوفة في المعادلة (6) يعطى بالشكل الآتي [12] :-

$$\left\langle j_1 j_2 \middle| V^{SDI}(1,2) \middle| j_3 j_4 \right\rangle_{JT} = (-1)^{j_1+j_3+\ell_2+\ell_4+n_1+n_2+n_3+n_4} \times \frac{V_0 R_0}{4(2J+1)} \times \left[ 1 + (-1)^{\ell_1+\ell_2+\ell_3+\ell_4} \right]$$

$$\left[ (2j_1+1)(2j_2+1)(2j_3+1)(2j_4+1) / \left( 1 + \delta_{j_1 j_2} \delta_{\ell_1 \ell_2} \right) \times \left( 1 + \delta_{j_3 j_4} \delta_{\ell_3 \ell_4} \right) \right]^{1/2} \times \left\{ 1 - (-1)^{J+\ell_3+\ell_4} \right\} \left\langle j_3 j_4 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \times$$

$$\left\langle j_1 j_2 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \quad \dots\dots\dots (8)$$

إذ إن  $n_i$  تمثل عدد الأنماط القطرية للحالة  $j$ ،  $V_0 R_0$  تمثل قوة التفاعل وتحدد من الطيف التجريبي،  $\ell$  عدد الكم المداري

والأقواس  $\left\langle j_3 j_4 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle$ ،  $\left\langle j_1 j_2 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle$ ،  $\left\langle j_1 j_2 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle$ ،  $\left\langle j_3 j_4 \frac{1}{2} \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle$  هي معاملات كلبيش - كوردين.

يمكن تمثيل القلب المغلق لنواة الفسفور  $^{30}_{15}P$  (الفردية – الفردية) بنواة السليكون  $^{28}_{14}Si$  ونفترض أن النيوكليونات المتبقين البروتون والنيوترون يتواجدان في فضاء الأنموذج  $(1s_{1/2} \text{ od } 3/2)$  إما حالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة والتمائل لنواة  $^{30}P$  تكون على النحو الآتي :-

$$J^+ = 0, 1, 2, 3$$

ولحساب قيم مستويات الطاقة المرافقة لكل حالة من الحالات المذكورة أعلاه في كلا الترتيبين المختلط والنقي للنيوكليونات المكافئة في فضاء الأنموذج  $(1s_{1/2} \text{ od } 3/2)$  نعلم على قيم طاقة الجسيمة المفردة للبروتون والنيوترون والتي تأخذ القيم الآتية [17-13,3]:-

$$\varepsilon_{1s_{1/2}}(p) = -2.236 \text{ MeV}$$

$$\varepsilon_{0d_{3/2}}(p) = -0.853 \text{ MeV}$$

$$\varepsilon_{1s_{1/2}}(n) = -8.474 \text{ MeV}$$

$$\varepsilon_{0d_{3/2}}(n) = -7.204 \text{ MeV}$$

وباستخدام قيم عنصر المصفوفة  $\langle j_1 j_2 | V^{SDI} | j_3 j_4 \rangle$  التي تم حسابها بتطبيق المعادلتين (6,7) المدرجة في

الجدول (1)، ونحصل على قيم مستويات الطاقة عندما يكون ترتيب النيوكليونات مختلطاً بتطبيق المعادلتين (4)، (5) من خلال حساب القيم الذاتية والمدرجة في الجدول (2)، كما ونحصل على قيم مستويات الطاقة في حالة ترتيب النيوكليونات النقي من خلال تطبيق المعادلة (4) فقط والمدرجة في الجدول (3)، وتمت في الجدولين (4)، (5) مقارنة القيم النظرية لمستويات الطاقة للترتيب المختلط والنقي نسبةً للحالة الأرضية على التوالي والقيم العملية المتوفرة [15-17] والموضحة بالشكل (1) والشكل (2) للترتيب المختلط والنقي على التوالي .

جدول (1) قيم عنصر المصفوفة باستخدام جهد دلتا السطحي (SDI) لنواة  $^{30}P$  عندما تكون قيمة

$$V_0 R_0 = 0.9 \text{ MeV}$$

$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	$J$	$\langle j_1 j_2   V^{SDI}   j_3 j_4 \rangle$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	-0.9
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	0	0
$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	0	0
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	1	0.5692
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	1	0
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	1	-1.8

$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	1	1.1384
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	2	-1.08
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	2	0
$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	3	-1.08
$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	2	0
$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	1	-1.08

جدول (2) قيم مستويات الطاقة لنواة  $^{30}\text{P}$  باستخدام جهد دلتا السطحي (SDI) في حالة الترتيب المختلط للنيوكلونات والمقابلة لقيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل.

$J^\pi$	$E(\text{MeV})$
$1^+$	-13.589(G.S)
$1^+$	-11.682
$2^+$	-11.546
$0^+$	-10.711
$1^+$	-9.384
$2^+$	-9.383
$3^+$	-9.137
$1^+$	-8.461
$0^+$	-8.057
$2^+$	-8.057

جدول (3) قيم مستويات الطاقة لنواة  $^{30}\text{P}$  باستخدام جهد دلتا السطحي (SDI) في حالة الترتيب النقي للنيوكلونات والمقابلة لقيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل.

$J^\pi$	$E(\text{MeV})$
$1^+$	-11.611(G.S)
$1^+$	-11.241
$1^+$	-11.127
$0^+$	-10.711
$2^+$	-10.521
$2^+$	-10.407
$1^+$	-9.137
$3^+$	-9.137
$0^+$	-8.057
$2^+$	-8.057

جدول (4) المقارنة بين القيم النظرية لمستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية والقيم العملية في الترتيب المختلط لنواة  $^{30}\text{P}$  بحسب قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل.

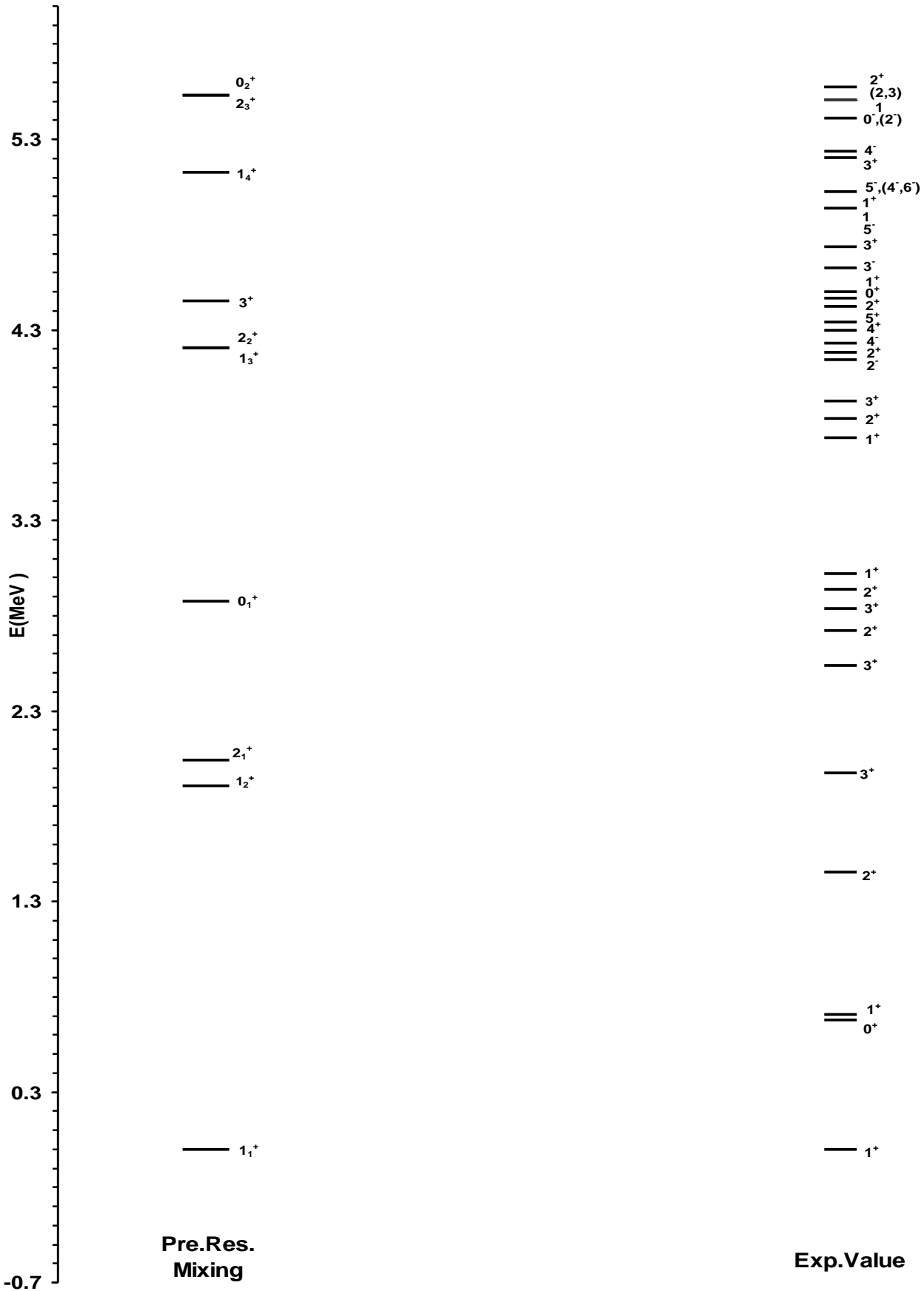
Pre .Res. Mixing Configuration		Exp.Res. [19,18 ,17]	
$J^\pi$	$E(\text{MeV})$	$J^\pi$	$E(\text{MeV})$
$1_1^+$	0	$1^+$	0
$0_1^+$	2.878	$0^+$	0.677
$1_2^+$	1.907	$1^+$	0.709

$2_1^+$	2.043	$2^+$	1.454
$1_3^+$	4.205	$1^+$	3.733
$2_2^+$	4.206	$2^+$	3.835
$3^+$	4.452	$3^+$	3.928
$1_4^+$	5.128	$1^+$	4.941
$0_2^+$	5.532	$0^-$	5.411
$2_3^+$	5.532	$2^+$	5.576

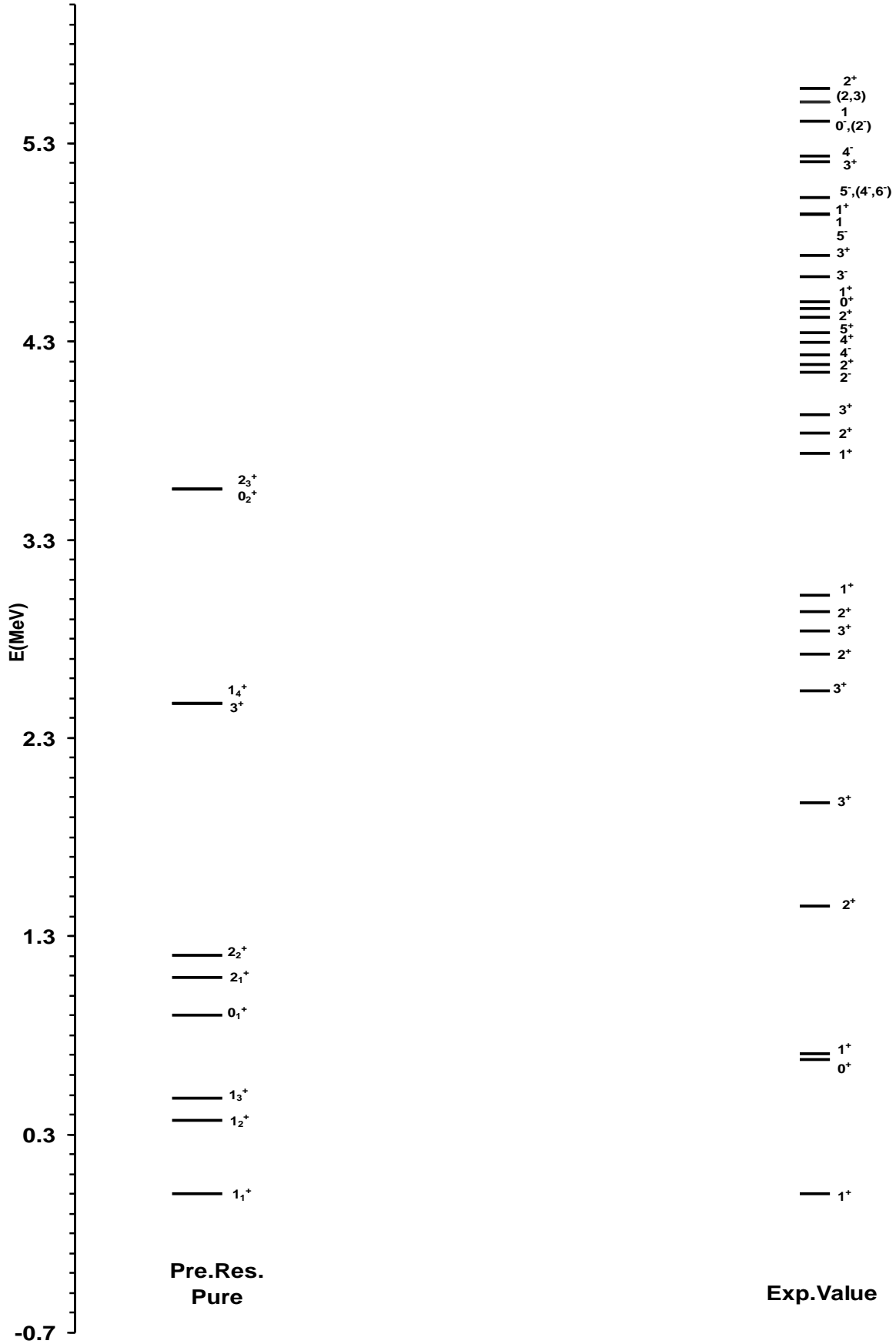
جدول (5) المقارنة بين القيم النظرية لمستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية والقيم العملية في الترتيب النقي لنواة  $^{30}\text{P}$  بحسب قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل.

Pre .Res. Pure Configuration		Exp.Res. [19,18 ,17]	
$J^\pi$	$E(\text{MeV})$	$J^\pi$	$E(\text{MeV})$
$1_1^+$	0	$1^+$	0
$0_1^+$	0.900	$0^+$	0.677
$1_2^+$	0.370	$1^+$	0.709
$2_1^+$	1.090	$2^+$	1.454
$1_3^+$	0.484	$1^+$	3.733
$2_2^+$	1.204	$2^+$	3.835
$3^+$	2.474	$3^+$	3.928
$1_4^+$	2.474	$1^+$	4.941
$0_1^+$	3.554	$0^-$	5.411
$2_3^+$	3.554	$2^+$	5.576





الشكل (1): المقارنة بين القيم النظرية لمستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية في الترتيب المختلط لنواة  $^{30}\text{P}$  والقيم العملية [17,16,15] باستخدام جهد دلتا السطحي بحسب قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل



الشكل (2): المقارنة بين القيم النظرية لمستويات الطاقة نسبة للحالة الأرضية في الترتيب النقي لنواة  $^{30}\text{P}$  والقيم العملية [17,16,15] باستخدام جهد دلتا السطحي بحسب قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل

## المناقشة والاستنتاجات (Discussion and Conclusions)

أتضح بحسب قيم مستويات الطاقة النهائية لنواة  $^{30}\text{P}$  في الترتيب المختلط والمرفقة في الجدول (4) وبالشكل (1) إن هنالك توافق ملحوظ مع مستويات الطاقة العليا العملية وكما يأتي :-

تم تحديد طاقة المستوي  $1^+$  بالقيمة  $4.205 \text{ MeV}$  عند مقارنتها بالقيمة العملية  $3.733 \text{ MeV}$  ، وفيما يخص طاقة المستوي  $2^+$  فحددت بالقيمة  $4.206 \text{ MeV}$  في حين كانت قيمتها العملية  $3.835 \text{ MeV}$  ، كما وحددت قيمة طاقة المستوي  $3^+$  وهي  $4.452 \text{ MeV}$  التي قورنت بالقيمة العملية  $3.928 \text{ MeV}$  ، ووجدت طاقة المستوي  $1^+$  بقيمة  $5.128 \text{ MeV}$  في حين ظهرت قيمتها العملية  $4.941 \text{ MeV}$  ، ووجدنا إن طاقة المستوي  $0^+$  بالقيمة  $5.5324 \text{ MeV}$  ، وظهرت قيمته العملية  $5.411 \text{ MeV}$  التي تمثل المستوي  $0^-$  ، ووجدت طاقة المستوي  $2^+$  بالقيمة  $5.532 \text{ MeV}$  وقورنت بالقيمة العملية  $5.576 \text{ MeV}$  .

إما قيم مستويات الطاقة النهائية لنواة  $^{30}\text{P}$  في الترتيب النقي المرفقة في الجدول (5) وبالشكل (2) فوجد بأن هنالك تطابقاً جيداً مع مستويات الطاقة الواطئة العملية وكما يأتي :-

لقد تم الحصول على قيمة طاقة المستوي  $1^+$  وهي  $0.370 \text{ MeV}$  في حين كانت قيمته العملية  $0.709 \text{ MeV}$  ، وحصلنا على قيمة طاقة المستوي  $2^+$  وهي  $1.090 \text{ MeV}$  في حين ظهرت قيمته العملية وهي  $1.454 \text{ MeV}$  ، وفيما يخص طاقة المستوي  $0^+$  فقد حددت بقيمة  $0.90 \text{ MeV}$  في حين كانت القيمة العملية لهذا المستوي  $0.677 \text{ MeV}$  .

أما الفروقات الموجودة بين المستويات للترتيبين تعود أيضاً لان الجهد SDI يستخدم باراميترو واحد وهو  $V_0 R_0$  ، هذا وقد تبين من خلال النتائج المتقدمة للنواة المستخدمة في الدراسة بأن تأثير نوع النيوكليون يظهر في الحسابات من خلال قيمة طاقة الجسيمة المفردة والتي تعتمد بشكل رئيس على نوع النيوكليون . حيث إن نواة  $^{30}\text{P}$  تتكون من نوعين مختلفين من النيوكليونات (بروتون واحد ونيوترون واحد) والواقعة خارج القلب المغلق  $^{28}\text{Si}$  وفي فضاء الأنموذج  $(1s_{1/2}od_{3/2})$  ، حيث أن التركيب النووي لهذه النواة غير مستقر ولا تخضع لنظرية الحزم وأن دالة الموجة النهائية هي خليط من دوال موجة البروتون والنيوترون مما يزيد بعدد المستويات المخلوطة التماثل والتي يكون موقعها في مستويات الانحلال غير محدد دائماً ، بالإضافة إلى ذلك هنالك عدد من المستويات العملية المتداخلة والتي لم تظهر لها قيم في حساباتنا النظرية لكلا الترتيبين المختلط والنقي.

بحسب النتائج التي تم الحصول عليها بتطبيق أنموذج القشرة النووي واستخدام جهد دلتا السطحي للنواة المختارة في الدراسة نستنتج ماياتي :-

- 1- إن أنموذج القشرة النووي ناجح لحساب مستويات الطاقة للنواة المختارة في الدراسة باستخدام جهد دلتا السطحي، رغم الاختلافات الموجودة في النتائج عند مقارنتها بالعملية .
- 2- إن الترتيب المختلط يعطي لمستويات الطاقة قيماً أكثر دقة وأقرب إلى القيم العملية من الترتيب النقي (بالنسبة لقيم مستويات الطاقة العالية) ويعود ذلك لعدم إهمال تأثير المستويين اللذين يمثلان فضاء الترتيب بعضها في بعض في الترتيب المختلط.
- 3- أثبتت الحقيقة العلمية، وهي أن قيم مستويات الطاقة في الترتيب المختلط تتدفع إلى الأمام (أي إنها تزداد) إذا ما قورنت بمثلتها في الترتيب النقي وهذا ما لوحظ في جميع قراءتنا للنواة التي استخدمت في الدراسة.
- 4 - نلاحظ أن تأثير نوع النيوكليون يظهر في طاقة الجسيمة المفردة للبروتون والنيوترون أي عندما يكونا النيوكليونين في خارج القلب المغلق غير متماثلين.

(References)

المصادر

- 1- John lilly", Nuclear Physics ,Physics Principles and Applications", John Wiley & Sons , Ltd , ( 2001).
- 2- E.Gaurier, G. Martines-Pinedo, F. Nowacki, A.Poves, A.P.Zuker, Rev.Mod .Phys,77, P. 427-488,( 2005).
- 3- K.S.Krane," Introductory Nuclear Physics",John Wiley&Sons,Inc, (1988).
- " Nucleus Shell Theory"4- Amosedo – Shalit , Igal Talmi, Academic press, New York,( 1963).
- 5- P.J. Brussaard, P.W.M. Glaudemans , " Shell Model Application In Nuclear Spectroscopy ", North – Holl and Publishing Company., (1977).
- 6- R.Arviu,O.Bohigas,C.Quesne, Nucl.Phys.A143, P.577-601, (1970).
- 7- A. Goswamit, L.Lin, Nucl. Phys.A, 186,P.88-96,( 1972).
- 8- M. Pautrat, J. M. Lagrange, J. S. Dionision, Ch-Vieu, J. anhorenbeeck , Nucl. Phys. A,443, P.172-188, (1985).
- 9- A. Jasielska, S. Wiktor, Acta. Phys. Pol, 1,B7, 2,( 1976).
- . ,M. Sc.Thesis , Kufa University ,( 2005) 10- S.A. Hasson
- 11-J. Suhouen, 'Theoretical and Mathematical Physics' Springer-Verlag Berlin Heidelberg ,( 2007).
- 12-R.D. Lawson, " Theory of the Nuclear Shell Model ", Clarendon Press,Oxford,(1980).
- 13- Arthur Beiser,"Concepts of Modren Physics ",McGraw-Hill book Company, London,(2003).
- 14- D.W.Loveland ,D.J.Morrissey, G.T. Seaborg, "Modren Nuclear Chemistry ", John Wiley& Sons ,Inc,(2006).
- P.M.Endt,R.B.Firestone,Nucl.Phys.A633,1,(1998).-15
- 16-R.B.Firestone,C.M.Baglin,"Table of Isotopes",John Wiley &Sons, (1999).
- 17-M.S.Basunia,"Nuclear Data Sheets "111,2331(2010) .