

## حساب قيم الطاقات للنوى $^{43}\text{Sc}$ , $^{43}\text{Ca}$ , $^{43}\text{Ti}$ باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل

\* علي خلف حسن و \*\* أفراح حسون عربيبي .

\* جامعة الكوفة – كلية التربية للبنات – قسم الفيزياء .

\*\* جامعة الكوفة – كلية الهندسة – قسم الكهرباء .

### الخلاصة

في هذا البحث ، تم حساب قيم مستويات الطاقة وتمائلها لثلاث نوى تحتل القشرة  $f_{7/2}$  ومختلفة في نوع نيوكليوناتها ( تيتانيوم - 43 ، كالسيوم - 43 وسكانديوم - 43 ) بتطبيق أنموذج القشرة النووي وباستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل . وبعد مقارنة النتائج النظرية مع النتائج العملية لاحظنا تطابق جيد ومقبول بينهما .

### Abstract

In this research , energy levels values and parity of three nuclei occupies the  $f_{7/2}$  shell and different in the type of nucleon ( Titanium - 43 , Calcium - 43 and Scandium - 43 ) have been calculated by applying the nuclear shell model and by using modified surface delta interaction.

After comparison the theoretical results with the experimental results , we obvious rather good agreement .

إن معظم الخواص النووية قد أظهرت اختلافات كبيرة بالقرب من قيم زوجية معينة لعدد البروتونات  $Z$  وعدد النيوترونات  $N$  . وتشير الحقائق العملية إلى أن النوى الأكثر استقراراً هي التي تكون فيها عدد البروتونات أو عدد النيوترونات مساوياً لأحد الأعداد السحرية (magic numbers) [ 3 ] . إن أنموذج القشرة النووي قد اوجد لتفسير الأعداد السحرية والصفات النووية الأخرى بدلالة تأثير النواة ككل في النويات المنفردة . ودالة الطاقة الكامنة في هذا الأنموذج تشبه منخفض جهد مربع عمقه  $50 \text{ MeV}$  . تتأثر النيوكليونات في أنموذج القشرة بمجال النويات ككل بدلاً من مجال النيوكليونات المنفردة ، فتؤدي هذه الصفة إلى حالات نووية تشبه بعض الحالات الذرية . فمثلاً درجة انشغال القشرة الخارجية بالالكترونات تحدد الصفات الكيميائية للنويات ، ويمكن ملاحظة الصفة نفسها في حالة النوى ذات 2,8,20,28,50,82,126 بروتوناً أو

### 1- المقدمة Introduction

إلى حد ما يكون التركيب القشري للنوى أكثر تعقيداً من التركيب القشري للذرات ، وينتج التركيب القشري للذرات من قوة كولوم بين النواة والالكترونات . ويعتبر أنموذج القشرة الهيكل الأساسي لحسابات التركيب القشري حول النوى ، وفي أوائل 1950 أجريت المئات من حسابات أنموذج القشرة وكانت الكثير منها ناجحة في وصف نوع ظاهرة التركيب النووي . وفي حساب أي أنموذج قشرة متعارف عليه ، يجب البدء بتعريف فضاء الأنموذج ( model space ) . كما ويستند أنموذج القشرة إلى ملاحظة صيغة العدد الكتلي [ 1,2 ] .

تتجسد أهمية أنموذج القشرة بشكل أساس في قدرته على إعطاء تتابع تقريبي صحيح لطاقات المستويات التي يمكن أن توجد فيها النيوكليونات ذات القيم المختلفة من الزخم الزاوي المداري .

A بل حتى النوى الفردية A في القشرة  $f_{7/2}$  ويكتب MSDI بالصيغة الآتية [ 3,7,8,9 ] :-

$$V^{MSDI}(1,2) = -4\pi A_T' \delta(r(1) - r(2))$$

$$\delta(r(1) - R_0) + B'(\tau(1), \tau(2)) + C' \dots \dots \dots (3)$$

حيث إن :-  
 $r(1), r(2)$  : تمثل متجهات الموقع للجسيمات المتفاعلة .  
 $T$  في  $A_T'$  : عدد الكم للبرم النظيري الكلي .  
 $A_T'$  : قوة التفاعل لزوج من النيوكليونات ذات برم نظيري  
 إذ [ 7,10 ] :-

$$A_T = \left\{ \begin{matrix} A_0 \dots \dots \dots T=0 \\ \vdots \\ A_1 \dots \dots \dots T=1 \end{matrix} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

Kronecker symbol :  $\delta$   
 مجموع المعاملات التي تعبر عن عنصر المصفوفة القطري لعدة جسيمات في فقرات عناصر المصفوفة لجسيمتين تكون مساوية إلى  $(n-1)/2n$  , إذ إن  $n$  تمثل عدد الجسيمات الفعالة . مجموع المعاملات لطاقات الجسيمة المفردة  $e_p$  تكون مساوية إلى  $n$  . لذلك ، عندما يتغير المعامل  $C$  بمقدار  $\Delta C$  وكل طاقات الجسيمة المفردة  $e_p$  تتغير بمقدار  $\Delta e_p$  ، نجد أن قيم عناصر المصفوفة القطرية لعدة جسيمات تتغير إلى المقدار [7] :-

$$\Delta E = \frac{1}{2} n(n-1)\Delta C + n\Delta e_p \dots \dots \dots (5)$$

ولذلك الفروقات  $\Delta C$  و  $\Delta e_p$  لا تؤثر في قيم عناصر المصفوفة القطرية لعدة جسيمات ، عندما  $\Delta e_p$  و  $\Delta C$  تقود إلى

$$\Delta e_p = -\frac{1}{2}(n-1)\Delta C \dots \dots \dots (6)$$

يمكن الحصول على القيم  $A_T$  و  $B$  و  $C$  كدالة للعدد الكتلي  $A$  والناتج نستطيع تلخيصها بالقيم التقريبية الآتية :-

$$A_T \approx B \approx 25MeV / A, C \approx 0 \dots \dots \dots (7)$$

إذ إن  $A$  : العدد الكتلي .  
 والآن نشق بعض خواص MSDI من التعبير العام لعنصر مصفوفة SDI . [7]

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

$$\times \left\{ \left\langle j_b - \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J_0 \right\rangle^2 [1 - (-1)^{l_a+l_b+J+T}] + \left\langle j_b \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J_1 \right\rangle^2 \right.$$

$$\left. \times [1 + (-1)^T] \right\} + [2T(T+1) - 3] + B + C \dots \dots \dots (8)$$

عندما  $T=1$  فإن المعادلة ( 8 ) تُختزل إلى ما يأتي :-

نيوترونياً . إذ نجد أن هذه النوى أكثر وفرة من النوى الأخرى المجاورة ، وهذا دليل استقراريتها العالية [ 4 ] .  
 في بحثنا هذا طبقنا نموذج القشرة النووي باستعمال جهد دلتا السطحي المعدل Modified Surface Delta Interaction ( MSDI ) للنوى  $^{43}\text{Sc}$  ,  $^{43}\text{Ca}$  ,  $^{43}\text{Ti}$  التي تحتوي على ثلاثة نيوكليونات خارج القلب المغلق  $^{40}\text{Ca}$  وتحمل القشرة  $f_{7/2}$  والتي توضح حساباتها ونتائجها في البنود اللاحقة .

## 2- النظرية Theory

هنالك العديد من التفاعلات المتبقية ومنها تفاعل دلتا السطحي ( SDI ) إذ إن الجسيمات تتفاعل فقط عندما تكون عند سطح النواة وعند ذلك فقط يُعرف التفاعل بتفاعل المدى الصفري (Zero - Range Interaction) ويعطى بالمعادلة [5] :-

$$V(\vec{r}_i, \vec{r}_j) = -g\delta(r_i - R_0)\delta(r_j - R_0)$$

$$\delta(\Omega_{ij}) \dots \dots \dots (1)$$

إذ إن :-

$R_0$  : نصف القطر النووي .

$r_i, r_j$  : إحداثيات النيوكليون .

$g$  : تمثل قوة التفاعل .

$\Omega_{ij}$  : الزاوية بين نيوكليونين .

صيغة أخرى مكافئة للمعادلة (1) تكون :

$$V(\vec{r}_i, \vec{r}_j) = -g'\delta(r_{ij})\delta(R_{ij} - R_0) \dots \dots \dots (2)$$

إذ إن :-

$r_{ij}$  : الاحداثي النسبي و  $R_{ij}$  مركز إحداثي الكتلة في النيوكليونات المتفاعلة .

تعد معاملات الفصل الجزئية Fractional Parentage Coefficients (F.P.C) معاملات ضرورية جداً في حساب عنصر المصفوفة ، إذ إنها تمكننا من التعبير عن نظام مكون من  $A$  من الجسيمات بدلالة دوال موجية مكونة من  $(A-1)$  أو  $(A-2)$  .... من الجسيمات وهكذا ، أي أنها عملية تخفيض الدالة الموجية لنظام مكون من  $A$  من الجسيمات إلى دالة موجية لنظام مكون من  $(A-1)$  أو  $(A-2)$  من الجسيمات ، ولكي نستطيع حساب طيف النواة التي تمتلك نيوكليونات التكافؤ تكون كلها في مدار الجسيمة المفردة تم إدخال معاملات الفصل ، وتمثل F.P.C نسب وجود الحالات للجسيمات المفصلة والجسيمات المتبقية ، واسمها مشتق من حقيقة إن كل حالة يمكن أن تؤخذ من الحالة غير المتناظرة الكلية [ 6 ] .

يتضح من الطيف الناتج باستعمال SDI أنه هناك بعض الاختلافات والانحرافات المنظمة نسبة إلى مستويات الطاقة الملاحظة عملياً ، لذلك وجد جهد دلتا السطحي المعدل إذ إنه سهل رياضياً ونجح في وصف وحساب الكثير من الخواص النووية مثل تحديد برم الحالة الأرضية للنوى المختلفة وتماتها وحساب احتمالية الانتقال بين المستويات وغيرها ليس فقط للنوى الزوجية

يمكن إيجاد قيم طاقة المستويات التي لها  $n=3$  يمكن الجسيمات باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI بالاستعانة بطاقة جسيميتين كما في المعادلة الآتية [7] :-

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

$$E_{\varepsilon}(\rho^{n-1}) \dots \dots \dots (14)$$

إذ إن :-  
 $n$  عدد النيوكليونات ،  $\rho$  المدار ،  $\Gamma$  تمثل كلاً من  $T$  و  $J$  ،  $\varepsilon$  رمز يشير إلى حالة  $J$  .  
 باستعمال المعادلة ( 14 ) يمكننا إيجاد قيمة الطاقة لـ  $n = 3$  من الجسيمات وكما يأتي :-

$$E_{J,T}(f_{7/2}^3) = 3 \sum_{J \in T} \left\langle \left| f_{7/2}^3 j \frac{3}{2} \right| \left\{ f_{7/2}^2 J_{\varepsilon} T_{\varepsilon} \right\} \right\rangle^2$$

$$E_{0,1}(f_{7/2}^2) + E_X(J_{\varepsilon} T_{\varepsilon}) \dots \dots \dots (15)$$

إذ إن :-  
 يمثل معامل الفصل الجزئي .  
 $E_{0,1}(f_{7/2}^2)$  يمثل الطاقة لجسيميتين في المدار  $f_{7/2}$  و  $E_X(J_{\varepsilon} T_{\varepsilon})$  يمثل طاقة التهيج .

إن الطاقة لجسيميتين  $E_{0,1}(f_{7/2}^2)$  يمكن إيجادها من خلال العلاقة الآتية :-

$$E_{0,1}(\rho^2) = E_B + 2e_p + \langle (\rho^2) | V | (\rho^2) \rangle \dots \dots \dots (16)$$

إذ إن :-  
 $E_B$  تمثل طاقة الترابط ،  $e_p$  طاقة الجسيمة المفردة في المدار  $\rho$  و  $\langle (\rho^2) | V | (\rho^2) \rangle$  يمثل عنصر المصفوفة .

وبعد تعويض القيمة الناتجة في المعادلة ( 15 ) نحصل على قيمة الطاقة الأرضية التي تمثل قيمتها المطلقة أكبر قيمة للطاقة وتطرح من قيم الطاقات الأخرى للحصول على قيم الطاقة للمستويات المطلوبة ، أما في حالة  $n > 3$  فنستطيع إيجاد قيم طاقة المستويات كما يأتي [ 7 ] :-

$$E_T(\rho^n) = \frac{1}{2} n(n-1) \sum_{\gamma \delta} \langle \rho^n \Gamma | \rho^{n-2} \gamma(\rho^2 \delta) \rangle^2 E_{\delta}(\rho^2) \dots \dots \dots (17)$$

إذ إن :-  
 $\delta$  :- رمز يشير إلى الزخم الزاوي للحالة المحسوبة ،  
 الأقدمية ( الأسبقية ) و  $E_{\delta}(\rho^2)$  طاقة التفاعل لأثنين من الجسيمات .

هنالك بعض النظريات يمكن اشتقاقها لتلائم حالات الزخم الزاوي المسموحة لنيوكليونات متماثلة ( أما بروتونات أو نيوترونات ) في مدار الجسيمة المفردة نفسه في حالة  $n > 2$  هي [ 11 ] :-

$$\langle j_a j_b | V^{MSDI}(1,2) | j_a j_b \rangle_{J,T=1} = -A_r \frac{(2j_a+1)(2j_b+1)}{2(2J+1)(1+\delta_{ab})}$$

$$\times \left\langle j_b - \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J_0 \right\rangle^2 [1 + (-1)^{l_a+l_b+J}]$$

$$+ B + C \dots \dots \dots (9)$$

إذ إن المقدار  $\langle j_a j_b | V^{MSDI}(1,2) | j_a j_b \rangle$  يمثل عنصر المصفوفة .  
 $J_a, J_b$  : يمثل المدار .

$J$  : يمثل الزخم الزاوي الكلي ،  $T$  : البرم النظيري .  
 $\left\langle j_b - \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} | J_0 \right\rangle$  يمثل معامل كلبش - كوردين .

إن الحد الأول في المعادلة ( 9 ) يتلاشى عندما  $l_a + l_b + J = odd$  وبذلك نحصل على العلاقة :-

$$\langle j_a j_b | V^{MSDI}(1,2) | j_a j_b \rangle_{J,T=1} = B + C$$

$$for l_a + l_b + J = odd \dots \dots \dots (10)$$

هذا يعني إن عناصر المصفوفة لـ MSDI لجسيمتين زوجية التماثل ( قيم زوجية لـ  $l_a + l_b$  ) تكون متماثلة Identical لـ  $T=1, J=odd$  وبالمثل حالات جسيمتين فردية التماثل تكون ذات عناصر مصفوفة متماثلة لـ  $T=1, J=even$  .

المعادلة ( 8 ) يمكن تبسيطها عندما تتفاعل جسيميتين في نفس المدار . في هذه الحالة  $J=even$  and  $l_a = l_b, j_a = j_b = j$  ومنها نحصل على :-

$$\langle j^2 | V^{MSDI}(1,2) | j^2 \rangle_{J,T=1} = -A_r \frac{(2j+1)^2}{2(2J+1)}$$

$$\left\langle j - \frac{1}{2} j \frac{1}{2} | J_0 \right\rangle^2 + B + C \dots \dots \dots (11)$$

وعند إدخال قيمة معاملات كلبش - كوردين ( C.G ) عندما  $J=0$  فإن :-

$$\left\langle j - \frac{1}{2} j \frac{1}{2} | 00 \right\rangle^2 = \frac{1}{2j+1} \dots \dots \dots (12)$$

ومن قيمة معامل كلبش - كوردين وإضافتها إلى المعادلة ( 10 ) نحصل على :-

$$\langle j^2 | V^{MSDI}(1,2) | j^2 \rangle_{J=0,T=1} = -\frac{1}{2} A_r (2j+1)$$

$$+ B + C \dots \dots \dots (13)$$

المعادلة ( 13 ) تعني إن القيمة المطلقة لارتباط جسيميتين في الترتيب  $j^2$  وتزدوج إلى  $T=1$  و  $J=0$  تزداد مع قيمة  $j$  .

$$\varepsilon_{f_{7/2}}(p) = -0.578 \text{ MeV}$$

$$\varepsilon_{f_{7/2}}(n) = -8.363 \text{ MeV}$$

وقد وجدنا إن قيم المعاملات تساوي :-

$$A_T = B = 1.2 \text{ MeV}, C = 0$$

وباستعمال المعادلة ( 11 ) تم حساب عنصر المصفوفة  $\langle f_{7/2}^2 | V^{MSDI} / f_{7/2}^2 \rangle$  باستعمال تفاعل دلتا السطحي

المعدل MSDI .

و بالنظر إلى المعادلتين ( 15 ) و ( 16 ) نجد أن قيمة عنصر المصفوفة المستعملة هنا هي قيمة واحدة فقط يمكن حسابها من المعادلة ( 11 ) لحالة  $J = 0$  لأجل الحصول على قيمة الطاقة لأثنين من الجسيمات (  $f_{7/2}^2$  )  $E_{0,1}$  والتي نستفيد منها في الحصول على قيم مستويات الطاقة باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل بعد أن تم تعويضها في المعادلة ( 15 ) .

وبأخذ مستويات الطاقة نسبة إلى الحالة الأرضية تنتج مستويات الطاقة النهائية التي تم مقارنتها مع القيم العملية وكما موضح بالجدول ( 1 ) والشكل ( 1 ) .

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

$$I_M = n \{ j - (n - 1) / 2 \} \dots \dots \dots ( 18 )$$

ب- لا توجد حالة للترتيب  $j^n$  تعطي :-

$$I = I_M - 1 \dots \dots \dots ( 19 )$$

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

$$I = I_M - 2 \dots \dots \dots ( 20 )$$

### 3- الحسابات والنتائج Calculations and Results

( 1 ) نواة  $^{43}\text{Ti}$  :-

إن نواة  $^{43}\text{Ti}$  تحتوي على 22 بروتون أي (  $Z = 22$  ) و 21 نيوترون أي (  $N = 21$  ) أي أنها تحتوي على ثلاثة نيوكليونات ( نيوترون وبروتونين ) خارج القلب المغلق (  $^{40}\text{Ca}$  ) تمثل القشرة  $f_{7/2}$  .  
وباستخدام النظريات (أ،ب،ج) فإن قيم الزخم الزاوي الكلي المسموحة والتمائل تكون كالآتي :-

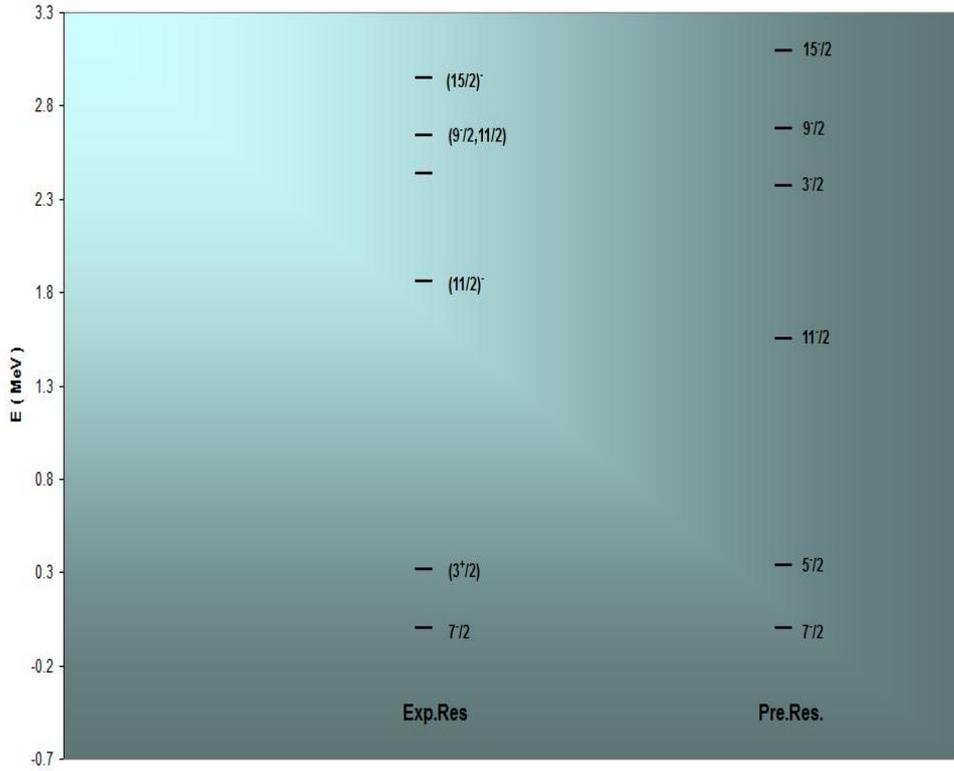
$$I^\pi = \frac{3^-}{2}, \frac{5^-}{2}, \frac{7^-}{2}, \frac{9^-}{2}, \frac{11^-}{2}, \frac{15^-}{2}$$

ولكي نحصل على قيم الطاقات المقابلة لكل قيمة من قيم

الزخم الزاوي والتمائل  $I^\pi$  نعتمد على قيمة طاقة الجسيمة المفردة التي حسبناها لكل من النيوترون والبروتون كلاً على انفراد .

جدول (1) قيم مستويات الطاقة بالنسبة إلى الحالة الأرضية باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI لنواة  $^{43}\text{Ti}$  مع مقارنتها بالقيم العملية .

Pre. Res.		Exp. Res.	
$I^\pi$	Energy (MeV)	$I^\pi$	Energy (MeV) [12,13]
$7/2$	0	$7/2$	0
$5/2$	0.340	( $3^+/2$ )	0.313
$11^- / 2$	1.553	( $11/2$ ) <sup>-</sup>	1.857
$3/2$	2.374	-	2.438
$9/2$	2.682	( $9^- / 2, 11/2$ )	2.640
$15^- / 2$	3.096	( $15/2$ ) <sup>-</sup>	2.951



الشكل ( 1 ) مقارنة بين القيم النظرية المحسوبة والقيم العملية [12,13] لمستويات طاقة نواة  $^{43}\text{Ti}$  باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI .

وللحصول على قيم الطاقات المناظرة لكل قيمة من قيم الزخم الزاوي والتماثل نعتمد على قيمة طاقة الجسيمة المفردة للنيوترون وقيمتها تساوي  $8.363 \text{ MeV}$  . إن قيم المعاملات  $A_T, B, C$  تكون كالآتي :-  
 $A_T = B = 0.30 \text{ MeV}, C = 0$   
 وبالطريقة نفسها المتبعة في النواة  $^{43}\text{Ti}$  نتوصل إلى قيم مستويات الطاقة باستعمال MSDI .  
 وبأخذ قيم مستويات الطاقة نسبة إلى الحالة الأرضية نحصل على مستويات الطاقة النهائية التي تم مقارنتها مع القيم العملية كما هو موضح بالجدول ( 2 ) والشكل ( 2 )

( 2 ) نواة  $^{43}\text{Ca}$  :-

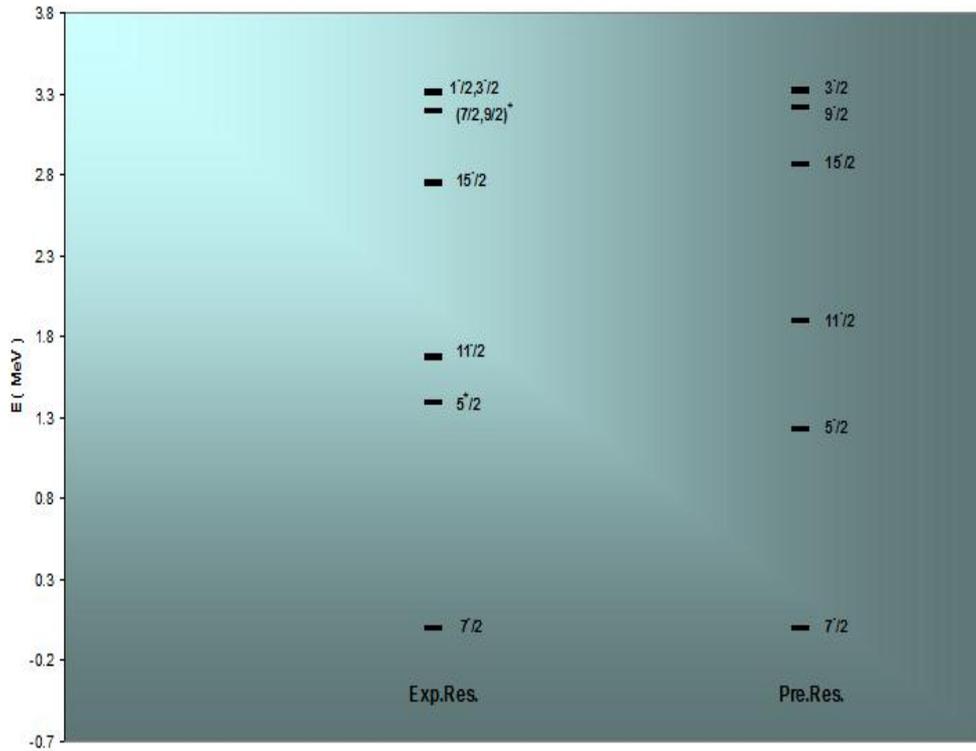
تحتوي نواة  $^{43}\text{Ca}$  على  $(Z=20)$  و  $(N=23)$  وهذا يدل على أن نواة  $^{43}\text{Ca}$  ثلاثة نيوكليونات ( نيوترونات ) خارج القلب المغلق ( $^{40}\text{Ca}$ ) تقع ضمن القشرة  $f_{7/2}$  .  
 وباستخدام النظريات (أ،ب،ج) فإن حالات الزخم الزاوي الكلي المسموحة والتماثل ستكون كما يأتي :-

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

جدول ( 2 ) قيم مستويات الطاقة بالنسبة إلى الحالة الأرضية باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI لنواة  $^{43}\text{Ca}$  مع مقارنتها بالقيم العملية .

Pre. Res.		Exp. Res.	
$I^\pi$	Energy (MeV)	$I^\pi$	Energy (MeV) [12,13]
$7/2$	0	$7/2$	0
$5/2$	1.230	$(5^+/2)$	1.394
$11/2$	1.897	$11/2$	1.677
$15/2$	2.872	$15/2$	2.754
$9/2$	3.221	$(7/2, 9/2)^+$	3.195

3 <sup>-</sup> /2	3.325	1 <sup>-</sup> /2, 3 <sup>-</sup> /2	3.315
-------------------	-------	--------------------------------------	-------



الشكل ( 2 ) مقارنة بين القيم النظرية والقيم العملية [12,13] لمستويات طاقة نواة  $^{43}\text{Ca}$  باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI .

وبالطريقة نفسها المذكورة في البند ( 1 ) تم استنتاج قيم مستويات الطاقة لنواة  $^{43}\text{Sc}$  باستعمال جهد دلتا السطحي المعدل MSDI . أو بتعبير آخر، بعد حساب قيمة طاقة الترابط للقلب المغلق وعنصر المصفوفة وتعويضهما في المعادلة ( 16 ) سنحصل على  $(f_{7/2}^2)$  وبتعويض هذه القيمة في المعادلة ( 15 ) نحصل على قيم مستويات الطاقة لنواة  $^{43}\text{Sc}$  .  
وبأخذ مستويات الطاقة نسبة إلى الحالة الأرضية تنتج مستويات الطاقة النهائية التي قورنت مع القيم العملية وكما يوضحها الجدول ( 3 ) والشكل ( 3 ) .

( 3 ) نواة  $^{43}\text{Sc}$  :-

تحتوي هذه النواة على  $(Z = 21)$  و  $(N = 22)$  أي أنها تحتوي على ثلاثة نيوكليونات (نيوترونين وبروتون واحد) خارج القلب  $^{40}\text{Ca}$  موجودة في القشرة  $f_{7/2}$  .

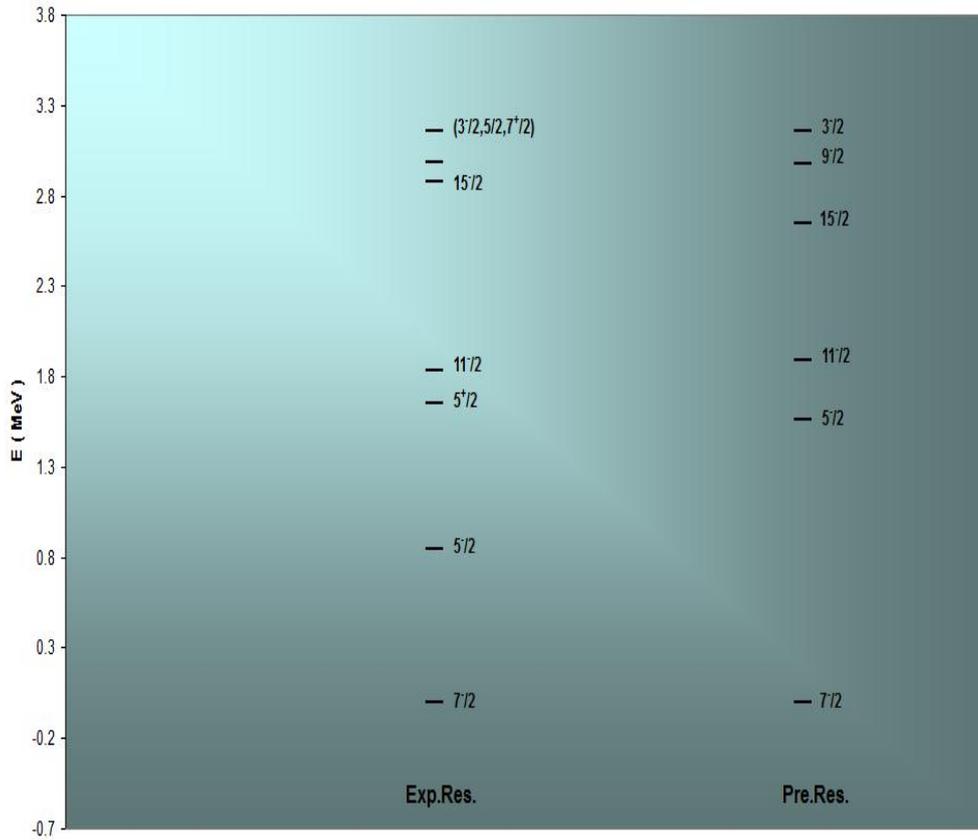
وبنفس طريقة حساب  $I^\pi$  في النواتين السابقتين  $^{43}\text{Ca}$  و  $^{43}\text{Ti}$  تكون قيم الزخم الزاوي الكلي والتماثل لهذه النواة كآلاتي :-

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

ولكي نحصل على قيم الطاقات المرافقة لكل قيمة من قيم الزخم الزاوي والتماثل  $I^\pi$  سنعتمد على قيمة طاقة الجسيمة المفردة نفسها لكل من البروتون والنيوترون في نواة  $^{43}\text{Ti}$  ولكن مع مراعاة عدد النيوكليونات المتشابهة .  
إن قيم المعاملات C , B ,  $A_T$  المطبقة تكون كآلاتي :-  
 $A_T = B = 3.6 \text{ MeV}$  ,  $C = 0$

جدول ( 3 ) قيم مستويات الطاقة بالنسبة إلى الحالة الأرضية باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI لنواة  $^{43}\text{Sc}$  مع مقارنتها بالقيم العملية.

Pre. Res.		Exp. Res.	
$I^\pi$	Energy (MeV)	$I^\pi$	Energy (MeV) [12,13]
$7/2$	0	$7/2$	0
$5^-/2$	1.562	$5^-/2, 5^+/2$	0.845, 1.650
$11^-/2$	1.891	$11^-/2$	1.8299
$15^-/2$	2.650	$15^-/2$	2.987
$9^-/2$	2.980	-	2.875
$3^-/2$	3.158	$(3^-/2, 5/2, 7^+/2)$	3.158



الشكل ( 3 ) مقارنة بين القيم النظرية المحسوبة والقيم العملية [12,13] لمستويات طاقة نواة  $^{43}\text{Sc}$  باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل MSDI .

الترتيب كما أن هناك مستويات مخلوطة التماثل والتي تكون مواقعها غير محددة ، كذلك أن التفاعل المستخدم يعتمد على بارامتر واحد هو قوة التفاعل والذي تم اختياره بعمل تطابق مع الحالة الأرضية فقط كسبب لظهور بعض الفوارق لهذه النتائج وكتفصيل لهذه النتائج نوضح ما يأتي :-

#### 4- المناقشة Discussion

من دراسة نموذج القشرة النووي باستعمال تفاعل دلتا السطحي المعدل ومن خلال القيم التي حصلنا عليها للطاقات والزخم الزاوي الكلي حصلنا على ستة قيم فقط لمستويات الطاقة لكل نواة وهذه القيم بعد مقارنتها بالقيم العملية وجدنا ما يماثلها ولكن بعضها ليس بنفس

والنيوترون مما يزيد من عدد المستويات المخلوطة التماثل والتي لم تفلح كثير من النماذج في تحديد مواقعها بشكل دقيق .

#### المصادر References

- 1-Niels Walet " Nuclear and particle Physics " , 2003 .
- 2-Vesselin G. Gueorguiev , Ph.D. Dissertation , Louisiana University , 2002 .
- 3-M.A. Khaleel " Nuclear Physics " , 1996 .
- 4-Arthur Beiser " Concepts of Modern Physics " , MC Graw – Hill Book Company . London , 1980 .
- 5.N. Auerbach, J.P. Vary, Phys. Rev. C. V. 13, N. 4, 1976 .
- 6-R . R . Roy and B.P. Nigam " Nuclear Physics " , ( Theory and Experiment ) . John wiley and Sons , Inc , 1967 .
- 7- P . J . Brussaard , P.W. M . Glaudemans " Shell Model Application In Nuclear Spectroscopy " North – Holland Publishing Company , 1977.
- 8-Y. Han , Phys. Rev. C. V. 61 , 2000 .
- 9-M. Hasegawa , K . Kaneko , S . Tazaki , Nucl . Phys . A . 688 , 2001 .
- 10-Ali H. Taqi , Abdulla A. Rasheed and Shayma'a H . Amin , Acta Physics Polonica B , V. 41, N.6 , 2010 .
- 11-R.D. Lawson " Theory of the Nuclear Shell Model " Clarendon Press , Oxford , 1980.
- 12-C.M. Leaderar and V . S . Shirley , " Table of Isotopes " . Wiley and Sons Inc , 1978 , 1984 .
- 13-John A . Cameron and Balraj Singh , Nuclear Data Sheets 92 , 783 , 2001 .

1- نواة  $^{43}\text{Ti}$  :-  
نتوقع تأكيد قيم الزخم الزاوي والتماثل لقيم عملية [ غير مؤكدة ] هي  $1.856, 2.64$  MeV و  $2.951$  بـ  $\frac{15^-}{2}, \frac{9^-}{2}, \frac{11^-}{2}$  وعلى التوالي . كما تم

تحديد المستوي العملي  $2.438$  MeV بـ  $\frac{3^-}{2}$  بعد إن كان عملياً غير محدد . أما المستوي  $0.313$  MeV فنعتقد أن تحديده بـ  $(5^-/2)$  بعد أن كان  $(3/2)^+$  لأن قيمة هذه الطاقة مطابقة إلى القيمة النظرية المحسوبة  $0.34$  MeV .

2- نواة  $^{43}\text{Ca}$  :-  
أن القيم النظرية  $1.897$  MeV و  $2.872$  حددت بـ  $\frac{15^-}{2}, \frac{11^-}{2}$  وهذا ما يتطابق مع القيم العملية من أول ظهور لهذين المستويين كما حددت الطاقة  $3.325$  MeV بالبرم  $(3^-/2)$  ، هذا ونتوقع تأكيد المستوي العملي  $3.195$  MeV بـ  $(9/2)$  وغير المؤكد عملياً من خلال القيمة النظرية التي حصلنا عليها وهي  $3.221$  MeV . أما المستوي  $1.23$  MeV فقد حدد بـ  $(5^-/2)$  والذي يوجد ما يمثله بالقيم العملية لكن بالتماثل الموجب .

3- نواة  $^{43}\text{Sc}$  :-  
وجدنا تطابقاً كبيراً جداً لقيمنا النظرية  $1.891$  MeV,  $2.65$  MeV و  $2.98$  MeV التي حددت بـ  $\frac{9^-}{2}, \frac{15^-}{2}, \frac{11^-}{2}$  أما القيمة النظرية  $1.562$  للبرم  $(5^-/2)$  فوجد ما يماثلها ولكن بتماثل موجب وهناك قيمة طاقة  $0.845$  MeV بتماثل سالب ممكن المقارنة معها رغم الفارق بين القيمتين . أما القيمة النظرية الأخيرة  $3.158$  MeV والمتمثلة بـ  $(3^-/2)$  فمن خلالها نتوقع تأكيد القيمة العملية  $3.158$  MeV الغير مؤكدة عملياً بـ  $(3^-/2)$  .

ونود أن نوضح في هذه النواة أن دالة الموجة النهائية تكون خليطاً من دالة موجة البروتون