Calculation of energy levels, electric transitions probability and potential energy of 238Pu Isotope by the Interacting Boson Model-1

حساب مستويات الطاقة واحتمالية الانتقالات الكهربائية وطاقة جهد السطح لنظير (^{238}Pu) باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة – 1 (IBM-1)

أحمد رحيم
جامعة الكوفة / كلية طب الأسنان

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة خصائص مستويات الطاقة لنظير ^{238}Pu واحتمالية الانتقالات للرباعي الكهربائي B(E2) باستعمال نموذج البوزونات المتفاعلة -1 . كما وتم تحديد شكل النواة من خلال دراسة طاقة جهد السطح.

وأظهرت هذه الدراسة إن هذا النظير يميل إلى التحديد ألدوراني SU(3) بالاعتماد على قيم البيانات العملية ، أما التحليل النظري وجد إنها تميل إلى التناظر SU(3) باستخدام معلمات التماثل للبوزونات المتفاعلة.

Abstract:

In this research, characteristics of energy levels and reduced electric quadruple transition for ^{238}Pu isotope have been studied using interacting boson model-1.. Also, the nucleus shape was determined through studying potential energy surface**.**

This study show that, this isotope belong to rotational limits SU (3) dependents on the experimental data. The theoretical analyses find that involved in rotational symmetry by using parity of parameters for interacting bosons

1- المقدمة :

هنالك عدت نماذج نووية تدرس التركيب النووي تدعى النماذج النووية (Nuclear model) ومن هذه النماذج التي درست التركيب النووي نموذج قطرة السائل (Liquid drop model) الذي اقترحه (Von Weizsacker,1934) [1] الذي فسر طاقة الترابط (Binding Energy) وظاهرة الانشطار النووي (Nuclear Fission) ولم ينجح في أعطاء تفسير لاستقرارية النواة ، أما نموذج القشرة (Shell model) اقترحه (W.Elsasier,1935) [2] . فقد بينت التجارب العملية أن استقرارية النواة تكون عالية عندما يكون عدد النيبوكلونات مساويا إلى احد الإعداد السحرية (Magic numbers)[3] إضافة إلى ذلك حدد الزخم الزاوي لمستويات الطاقة إلا أنه فشل في تفسير البرم النووي للمستوى الأرضي للنوى الزوجية- الزوجية والذي يساوي صفرا دائما [4] . كما أنه لم يعالج التأثير الذي يشوه الشكل الكروي للنواة الناتج عن النيبوكلونات خارج القشرة المغلقة (Closed shell) الذي يؤدي إلى ظهور تأثيرات جماعية collective effect بينها متمثلة بالحركة الدورانية و الاهتزازية والانتقالية لكل منها وهذا ما تمت معالجتة وفق النموذج الجماعي collective model الذي اقترح من قبل Boher and Mottelson عام 1952, التي قادت إلى تقسيم النواة إلى نيوكلونات مركزية ونيوكلونات خارج المركز حيث يتعامل المركز كقطرة سائل تتفاعل مع النيوكلونات الخارجية في القشرات غير الممتلئة .

في عام 1974 اقترح Arima & Iachell نموذجا نوويا استطاع من خلاله أن يصف خصائص مستويات الطاقة في النوى الزوجية –الزوجية ذات الأعداد الكتلية المتوسطة والثقيلة بواسطة أزواج النيوكلونات خارج القشرة المغلقة التي تمت معالجتها كبوزونات [5,6] بحيث لم يأخذ بنظر الاعتبار درجات الحرية لهذه البوزونات وقد سمي بنموذج البوزونات المتفاعلة الأول IBM-1 وقد تطور هذا النموذج بإدخال درجات الحرية للبوزونات ونتيجة لهذا التعديل تم الكشف عن خصائص نووية جديدة للنوى وسمي بنموذج البوزونات المتفاعلة الثاني IBM-2 [7].

2- نظرية أنموذج البوزونات المتفاعلة الأول :

إن أنموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) يصف المستويات التجميعية الواطئة Low lying collective state في النوى الزوجية – الزوجية والتي توصف بدلالة بوزونات S ذات $J^+ = 0^+$ والبوزونات d ذات $J^+ = 2^+$ ، في هذا إلا نموذج نجد أن بوزونات s وd يمكنها التفاعل فيما بينها ونتيجة لذلك فان الصيغة العامة للنظام الهاملتوني تكتب بعد تعريف مؤثرات الخلق (Creation Operators) ($d^\dagger, S^\dagger m$) ومؤثرات الفناء (Annihilation Operators) (d,s)[8] وعلى ما يأتي:

$$H = \varepsilon_S (S,S) + \varepsilon_d \sum_m d_m^\dagger d_m + \sum_{L=0,2,4} \frac{1}{2}(2L+1)^{1/2} C_L \left[(d^\dagger d^\dagger)^{(L)} . (dd)^{(L)} \right]^{(0)}$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{2}} \nu_2 \left[(d^\dagger d^\dagger)^{(2)} . (ds)^{(2)} + (s^\dagger d^\dagger)^{(2)} . (dd)^{(2)} \right]^{(0)}$$
$$+ \frac{1}{2} \nu_o \left[(d^\dagger d^\dagger)^{(0)} (ss\ )^{(0)} + (s^\dagger s^\dagger)^{(0)} . (dd)^{(0)} \right]^{(0)}$$
$$+ u_2 \left[(d^\dagger s^\dagger)^{(2)} . (ds)^{(2)} \right]^{(0)} + \frac{1}{2} u_o \left[(s^\dagger s^\dagger)^{(0)} . (ss)^{(0)} \right]^{(0)} .....(1)$$

حيث أن($U_L(L=0,2), V_L(L=0,2), C_L(L=0,2,4)$تصف تفاعل البوزونات بعضها مع بعض وتعتمد هذه المعاملات على عدد البوزوناتN أما الأقواس الدائرية الشكل فأنها تمثل الزخم الزاوي.وهناك عدة صيغ أخرى مكافئة للصيغة العامة لكتابة المؤثر الهاملتوني للطاقة حيث يمكن أعاده كتابة المعادلة (1) باستعمال صيغة التوسع متعدد القطبية (Multiple Expansion)[9]

$$\mathrm{H} = \varepsilon nd\ + \alpha_O\ P^2 + \alpha_1 L^2 + \alpha_2 Q^2 + \alpha_3 \mathrm{T}_3^2 + \alpha_4^2 T_4^2 ..... \ (2)$$

حيث أن $\varepsilon = \varepsilon_d - \varepsilon_s$ تمثل طاقة البوزونات وللسهولة افترضت أن طاقة البوزون S مساوية للصفر ولهذا فان $\varepsilon = \varepsilon d$ أما المعاملات $\alpha_4, \alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha_0$ فإنها تعبر عن قوة تفاعل الازدواج والزخم الزاوي ورباعي القطب وثماني القطب والقطب السادس عشر بين البوزونات وعلى التوالي .

ويمكن كتابة الصيغة العامة لمؤثر الانتقال الكهرومغناطيسي بالعلاقة الاتية : [10]

$$T_m^{(E_2)} = \alpha_2 \left[d^\dagger s + s^\dagger d \right]_m^{(2)} + \beta_2 \left[d^\dagger d \right]_m^2 .....(3)$$

بالاعتماد على قيم نسب الطاقة ولمخطط الانحلال لهذا النظير ومقارنتها مع القيم النموذجية وجد انه ينتمي إلى التحديد ألدوراني SU(3)[9] ولذلك سوف نذكر بعض الشئ حول التناظر الديناميكي ألدوراني The Rotational Limit ، إن هذا التحديد يستند إلى كون طاقة البوزون ε اصغر بكثير من جهد التفاعل V أي أن تفاعل رباعي القطب الكهربائي (Q.Q) هو المهيمن في التفاعل إضافة إلى تفاعل ثنائي الزخم الزاوي (L.L) والصيغة العامة للهاملتون لهذا النظير[11] هي:

$$H^1 = a_1 L^2 + a_2\ Q^2 .....(4)$$

أما معادلة القيمة الذاتية لهاملتون SU(3) فأنها تعطى بـ : [12]

$$E\left|N,(\lambda,\mu),K,L,M\right\rangle = \frac{a_2}{2}(\lambda^2 + \mu^2 + \lambda\mu + 3(\lambda+\mu) + (a_1 - \frac{3a_2}{8}).L(L-1).....(5)$$

حيث المقدار $\left|N,(\lambda,\mu),K,L,M\right.$: الأعداد الكمية يمثلان حالات SU(3) أما العدد الكمي K فيرمز إلى الحالات التي تمتلك قيما متساوية لـ (λ,μ,L) ،أما (N,M,L) اعداد كمية وتمثل (β_2,α_2) معاملات الحدود المختلفة للمؤثر ويمكن التعبير عنهما بـ $(\beta_2 = -\frac{\sqrt{7}}{2}\alpha_2)$ ، وقيمة المؤثر الانتقالي $T_m^{(E_2)}$ لهذا التحديد فأنه يعطى بالصيغة آلاتية[11]:

$$T_m^{(E_2)} = \alpha_2^2 \left[\left(d^\dagger s + s^\dagger d \right)_m^{(2)} - \frac{\sqrt{7}}{2} \left(d^\dagger d \right)_m^{(2)} \right] .....(6)$$

اما قواعد الاختيار(Selection Rules) فهي [13,9]

$$\Delta\lambda = 0, \Delta\mu = 0$$

أما قيمة $B(E_2)$ والتي تمثل قيمة الاحتمالية الكهربائية للرباعي القطب فتعطى بالصيغة آلاتية[14].

$$B(E2, L+2 \to L) = \alpha_2^2 \frac{3}{4} \frac{(L+2)(L+1)}{(2L+3)(2L+5)} (2N-L)(2N+L+3).....(7)$$

أو

$$B(E2\ ,2_1^+ \to 0_1^+) = \alpha_2^2 \frac{N}{5}(2N+3).....(8)$$

بينما يعطى عزم رباعي القطب الكهربائي بالصيغة آلاتية :[13]

$$QL = -\alpha_2 \frac{\sqrt{16\pi}}{40} \frac{L}{2L+3}(4N+3).....(9)$$

يمكن الحصول على جهد السطح من مؤثر دالة هاملتون على اعتبار ان الطاقة هي دالة لكل من العدد الكلي للبوزونات N وعاملي التشوه (β,γ) كما في المعادلة آلاتية[14]

$$V(N,\beta,\gamma) = \frac{\langle N,\beta,\gamma \left| \hat{H} \right| N,\beta,\gamma\rangle}{\langle N,\beta,\gamma | N,\beta,\gamma\rangle} .....(10)$$

وباشتقاق معادلة طاقة جهد السطح $V(N,\beta,\gamma)$ بالنسبة إلى (β,γ) ومساولتها الى الصفرنحصل على المعادلة العامة آلاتية :

$$V(N,\beta,\gamma) = \frac{N}{1+\beta^2}\left(\varepsilon_s + \varepsilon_d\beta^2\right) + \frac{N(N-1)}{(1+\beta^2)}\left(A_1\beta^2 + A_2\beta^3\cos 3\gamma + A_3\beta^2 + A_4\right).....(11)$$

حيث إن:

N : تمثل عدد البوزونات الكلية .

β : مقدار تشوه النواة Magnitude of Nuclear Deformation ، وتأخذ القـــــيم (0-2.4) .

γ : زاوية عدم التناظر Asymmetry Angle وتتراوح قيمتها (0°- 60°) .

A_1 , A_2 , A_3 , A_4 : معاملات ترتبط مع دالة جهد السطح.

إن شكل النواة يتحدد بواسطة عاملي التشوه (γ,β) حيث تقترب قيمة β من الصفر للنوى الكروية Spherical Nuclei ،في حين إن قيمتها لا تساوي صفرا للنوى المشوهة Deformed Nuclei ،وعندما تكون γ تساوي 0° فان التشوه يكون على شكل بيضوي متطاول Prelate Shape وعندما تكون γ تساوي 60° فان التشوه يكون على شكل بيضوي مفلطحOblate Shape .

3- الحسابات:

عند دراسة الخواص النووية الة نواة ^{238}Pu الزوجية- الزوجية تم تحديد سلوك هذا النظير اعتمادا على النتائج النظرية المحسوبة باستعمال نموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-1) ومقارنتها مع القيم العملية المتوافرة حيث أن مستويات الطاقة الواطئة ذات التماثل الموجب (Low-lying positive parity) و التي يقترب فيها عدد النيوكلونات من منتصف القشرة الرئيسية (126-82) تعد من النوى ذات الخواص الجماعية (Collective Properties) وتوصف بشكل عام بالتحديد ألدوراني SU(3) .

أن من أهم الخواص في التركيب النووي هي خاصية التناظر (Symmetry) التي تحدد وبشكل واضح لما لشكل النواة من علاقة مؤثرة في تحديد الصفات النووية مثل مستويات الطاقة واحتمالية الانتقالات الكهرومغناطيسية المختزلة وطاقة جهد السطح.

3.1- حساب مستويات الطاقة:

أن مستويات الطاقة العملية لهذا النظير بينت الطبيعة الدورانية SU(3) [14,8] أي أن شكل النواة ينتمي إلى التحديد ألدوراني .

أن قيم المعاملات التي أعطت أفضل تطابق مع القيم العملية [18,17,16,15] مبينة في الجدول (1) .

جدول (1) يوضح المعاملات المستعملة في برنلمج (IBM-1) لحساب مستويات الطاقة للنظير ^{238}Pu

isotopes	Eps	P.P	L.L	Q.Q	T3.T3	T4.T4	CH_1	E2SD	E2DD
^{238}Pu	0	0	0.0030	-0.021	0	0	-1.00	0.15961	-0.47213

أما القيم النظرية المستخرجة بواسطة نموذج (IBM-1) والعملية المتوفرة لمستويات الطاقة الواطئة فموضحة في الجدول (2) وشكل (1) .

*** حساب قيم احتمالية الانتقالات الكهربائية رباعية القطب B(E2) :**

ومن اجل الحصول على مقدار كبير من المعلومات عن النوى تطلب الأمر دراسة احتمالية الانتقالات الكهربائية رباعية القطب باستعمال البرنامج (IBMT-1) وقد تم تحديد قيم (β_2,α_2) في المعادلة (5) وفي الدراسة الحالية حددت المعاملات بالاعتماد على القيم العملية للانتقالات $B(E_2,2_1^+ \to 0_1^+)$ بشكل أساسي حيث استعملت المعاملاتE2SD وE2DD [13] وهي :

$$E_2SD = \alpha_2 .....(12)$$

$$E_2DD = \sqrt{5}\beta_2 .....(13)$$

ومن الممكن إيجاد قيمة α_2 من معادلة (5) بعد حساب قيمة الاحتمالية $B(E_2)\downarrow$ من ا لمعادلة آلاتية [18] :

$$B(E_2)\downarrow = \frac{56.57}{E_\gamma^5 t_{\frac{1}{2}}[1+\alpha_{tot}]}(e^2b^2) .....(14)$$

حيث أن E_γ تمثل طاقة انتقال أشعة كاما بوحدة (keV) وتمثل $t_{\frac{1}{2}}$ عمر النصف للمستوي 2_1^+ . اما القيم (e^2 b^2) فتمثل وحدات احتمالية الانتقالات الكهربائية للرباعي القطب ، أما α_{tot} معامل التحول الداخلي الكلي (Total Internal Conversion Coefficient) فقد تم الحصول عليه من الجدول [19] أومن العلاقة آلاتية [20] :

$$B(E_2)\downarrow = B(E_2)\uparrow g .....(15)$$

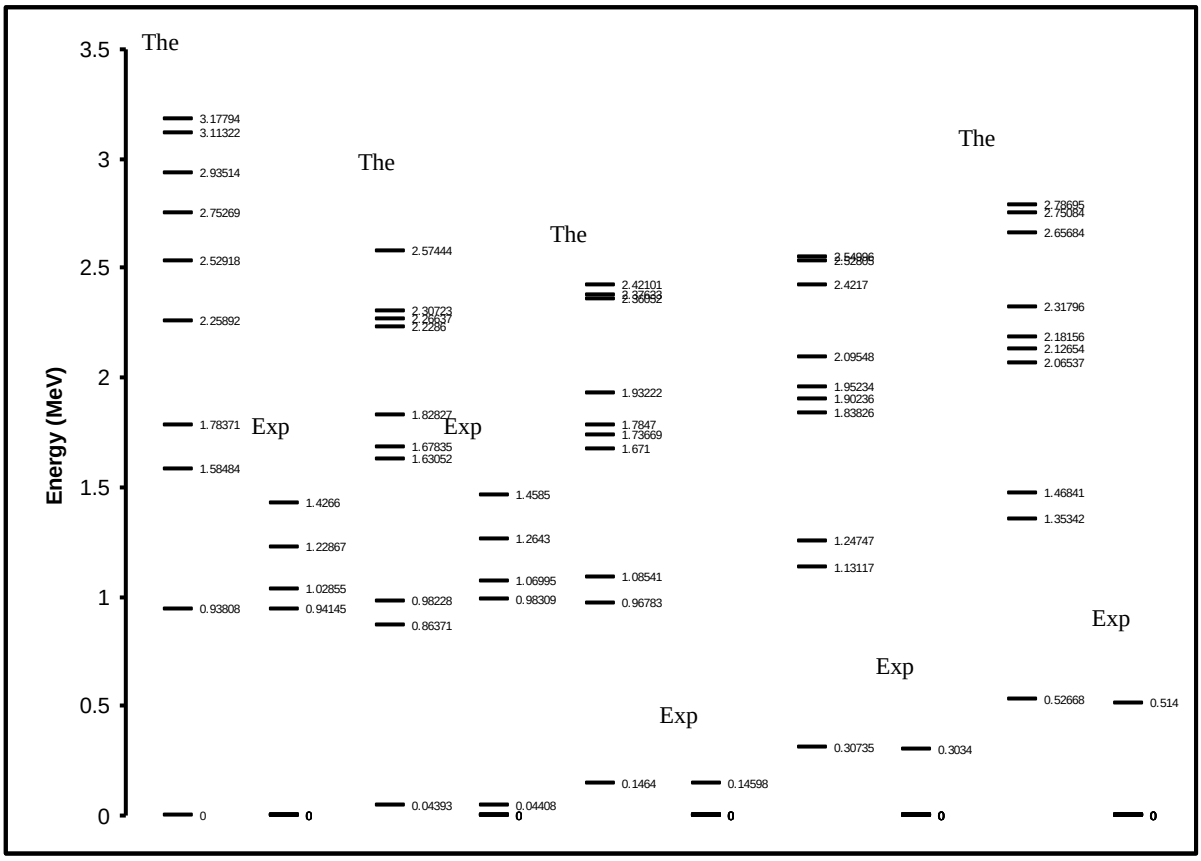
بعد استخراج قيمة $B(E_2)\uparrow$ من الجداول [20] حيث ان g تمثل عامل التحويل ويمكن تعريفه من المعادلة آلاتية :

$$g=(2If+1)/(2Ii+1) .....(16)$$

حيث أن If ، Ii يمثلان الزخم الزاوي للمستوي الابتدائي والنهائي على التوالي ، يبين الجـــدول (1) قيم المعاملات B2SD، B2DD المستعملة في البرنامج لحساب قيم B(E2) كما في الجدول (3) .

جدول (2) يمثل مقارنة بين القيم العملية والقيم النظرية لمستويات الطاقة للنظير ^{238}Pu بوحدات (MeV)

J^+	Exp.(MeV)	The.(MeV)
0_1^+	0	0.000
2_1^+	0.04408	0.04393
4_1^+	0.14598	0.14640
6_1^+	0.30340	0.30735
8_1^+	0.514	0.52668
10_1^+	.....	0.80427
0_2^+	1.22867	1.58484
2_2^+	0.98309	0.86371
4_2^+	.....	0.96783
6_2^+	.....	1.13117
8_2^+	.....	1.35342
10_2^+	.....	1.63413



شكل (1) يمثل مستويات الطاقة العملية للنظير ^{238}Pu قورنت مع النتائج المستحصله من البرنامج (IBM-1)

جدول (3) يمثل مقارنة بين القيم العملية المتوفرة في المنشورات والقيم النظرية المستخلصة من برنامج (IBM-1) لاحتمالية الانتقالات للرباعي الكهربائي $B(E_2)$ نظير ^{238}Pu

i→f	B(E2)↓e2b2 The.	B(E2)↓e2b2 exp[20,21]
21+→01+	2.5227600	2.522
21+→02+	0.1180097	----------
22+→01+	0.2485173	----------
22+→02+	0.0067726	----------
23+→02+	2.1936620	----------
23+→03+	0.0174459	----------
24+→02+	0.0021372	----------
24+→03+	1.3056320	----------
21+→23+	0.1513005	----------
22+→21+	0.3897322	----------
22+→23+	0.0029130	----------
23+→21+	0.0026104	----------
23+→22+	0.0215446	----------
24+→22+	0.3069990	----------
24+→23+	0.0007737	----------
41+→21+	3.3883540	----------
41+→22+	0.0039708	----------
41+→23+	0.1908832	----------
42+→21+	0.1276080	----------
42+→22+	1.0000280	----------
42+→23+	0.0112652	----------
43+→21+	0.0013560	----------
43+→22+	0.0001921	----------
43+→23+	2.9035880	----------

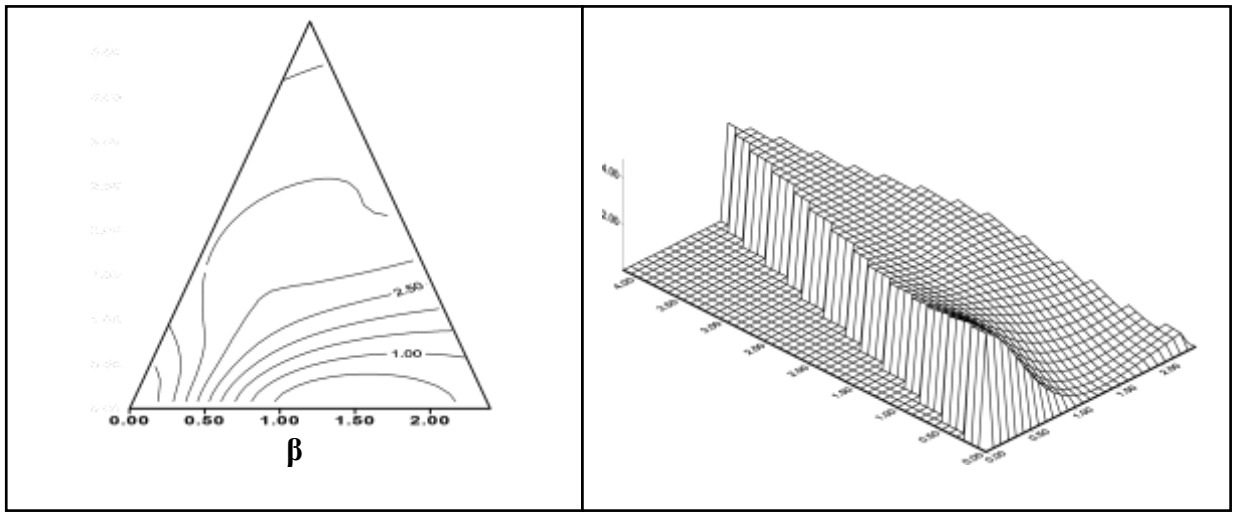
3.2- حساب طاقة جهد السطح :

إن الوصف الهندسي للحركة الجماعية للنواة يساعد في وصف المستويات المتهيجة للنوى المشوهة تعزيزا لسلوكها بدراسة عزم القصور الذاتي للحركة الجماعية للبوزونات . أن طاقة جهد السطح قد تم حسابها بعد تحديد معاملات (parameters) مؤثر دالة هاملتون لنظير ^{238}Pu ويبين الجدول (4) المعاملات المستعملة في برنامج حساب طاقة جهد السطح $V(\beta,\gamma)$.

جدول (4) المعاملات المستعملة في برنامج حساب طاقة جهد السطح $V(\beta,\gamma)$.

isotopes	A_1	A_2	A_3	A_4	ES	ED
^{238}Pu	-0.003	-0.026	-0.048	0.000	-0.060	-0.006

أن طاقة جهد السطح تعطي الشكل النهائي للنواة وهي تتوافق مع دالة هاملتون بدلالة المتغيرين (β,γ) وقد تم حساب طاقة جهد السطح باستعمال المعاملات المبينة في الجدول (4) باستعمال البرنامج IBMP-1 والشكل (2) يبين العلاقة بين قيم(γ) و (β) و طاقة جهد السطح وبشكلين الكنتوري والسطحي وتم رسمه باستعمال برنامج (Surfer - 6) وبعد مقارنة هذه الرسومات مع الدراسات السابقة [14] اشارة الى إن هذا النظير ينتمي للتحديد الانتقالي SU(3) .



b a

شكل (2) مخطط لطاقة جهد السطح للنظير ^{238}Pu
a) مخطط سطحي b) مخطط كنتوري

4- المناقشة والاستنتاجات :

إن نواة ^{238}Pu الزوجية- الزوجية تتكون من(94) بروتونا و(144) نيوترونا وهما يقعان بين العددين السحرين (82 – 126) . ولهذا فان العدد الكلي للبوزونات سيساوي (15) بوزونً .

ان وقوع عدد البروتونات والنيوترونات لهذه النوى بالقرب من منتصف القشرات المغلقة (82-126) يشير إلى التصرف ألدوراني حيث ان هذه الصفة غير موجودة بالتحديد الاهتزازي SU(5)[23, 22,13] وبالرجوع إلى الجدول (1) الذي يوضح المعاملات المستعملة في البرنامج (IBM-1) نجد إن المعامل (L.L) و(Q.Q)هي المهيمنه على بقية المعاملات .

4.1- مستويات الطاقة Energy Levels

عند الرجوع إلى مخططات الانحلال لنظائر ^{238}Pu لوحظ من خلال نسب مستويات الطاقة الأخرى $\frac{E0_2^+}{E2_1^+}, \frac{E4_1^+}{E2_1^+}, \frac{E8_1^+}{E2_1^+}, \frac{E6_1^+}{E2_1^+}$ بعد مقارنتها مع القيم النموذجية [24,9] أن هناك اقتراباً جيداً إلى التحديد SU(3) ، ومن الدلائل الأخرى على التحديد ألدوراني هو اقتراب عدد البروتونات والنيوترونات من منتصف القشرة المغلقة وأيضا مستويات طيف الطاقة تكون متقاربة ثم تبتعد تدريجيا .

4.2- احتمالية الانتقالات الكهربائية الرباعية القطب B(E2)

Reduced electric transitions probability B(E2)

تبين ألمعادلة (7) حساب قيمة الاحتماليةالانتقالات الكهربائية B(E2)↓ أما المعادلتان (12)و(13) فيوضحان حساب قيمة المعاملات (E2SD&E2DD) والمبينة في الجدول (1) حيث استعملت هذه المعاملات في البرنامج (IBMT) والجدول (3) بين القيم الاحتماليةالانتقالات الكهربائية لنظير ^{238}Pu حيث أظهرت توافقا مع النتائج العملية المتوافرة، وبخصوص الصفة المميزة للتحديد SU(3) فهي انحلال المستويات 2_1^+ إلى 0_1^+ والمستوي 4_1^+ إلى 2_1^+ ضمن الحزمة الواحدة وعدم انحلال المستويات بين الحزم لكون هذا الانتقال محضورا لهذا التحديد حسب قواعد الانتقاء.

4.3- طاقة جهد السطح surface potential Energy

إن دراسة جهد السطح لهذا النظير والحصول على قيم (β,γ) ورسم الشكل الكنتوري والشكل السطحي المبينة في الشكل (2) يشير الى أن هذه النواة تنتمي الى التحديد SU(3) لتوافقها مع الأشكال النموذجية [14] لهذا التحديد ، حيث تم رسم طاقة جهد السطح كدالة لمعامل التشوه (β=0...2.4) وقد تم حساب طاقة جهد السطح ولذلك بالاعتماد على قيم المعلمات المبينة في الجدول (4).

References:

1- C. F. Von Weizsacker, Z. Phys. Vol. 6, 431, (1935)
2- W. J. Elsasser, Phys. Vol. 4, 549, (1933)
3- W. Meyerholf, "Elements of Nuclear Phys. ", Mc Graw-Hill, (1967)
4- H. A. Enge. " Introduction to nuclear Phys. ", (1983)
5- F. Iachello, and A. Arima, Phys. , Lett. B53, 309, (1974)
6- A. Arima, T. Otsuka, F. Iachello, and I. Talmi, Phys. , Lett. B66, 205, (1977)
7- R. F. Casten, A. Gelberg and P. Von Brentano, Phys. Rev. C36, 1225, (1987)
8- C.Decoster and et al , Nucl .phys.A600,251,(1996).
9- R. Casten and D. Warner , Rev. Mod. Phys. , 60 , 389 , (1988)
9- K. Abrahams , K. Allaart , and A. dieperink , B. Phys. 67, 53 , (1981)
10- A. Arima and F. Iachello, Ann. Phys. , 123, 468, (1979).
11- A. Arima and F. Iachello, Ann. Phys. , 111, 201, (1978).
12- K.Abrahams. K.Allaart , B phys.67,53,(1981).
13- Abdul Ameer , Investigations of Nuclear Energy Levels in 82Kr , 76Se and 194Pt , Ph. D Thesis , London University , (1991)
14- F. Iachello and A. Arima , The Interacting boson Model , Cambridge University Press , Cambridge , (1987)
15- C. Leclerecl and V. Shirly, Table of Isotopes , Wiley , New York , (1978).
16- A. E. Ignatochkin , E. N. Shurshikov and Yu. F. Jaborov , NDS , Vol. 52 , No. 2 , P. 365 , (1987).
17- Zhou Chunmei , NDS , Vol. 50 , No. 3 , P. 400 , (1984).
18- M.Sakai, NDS , Vol. 31 , No. 1 , P. 127 , (1987).
19- F. Rosel , H. M. Fries , K. Alder , and H. C. Pauli , Atomic Data and Nuclear Data Tables , Vol. 21 , Nos. 4-5 , P319 (1978).
20- Ts.Venkova and W. Andrejtscheff , ADNDT , vol. 26 , 95 , (1981).
21- S.Raman et al ,A DNDT ,Vol.36,No.1,P.7,(1987).
22- J.Lee , Phys. Rev , C , 58 , 2061 , (1998) .
23- J.Lee , Phys. Rev , C , 58 , 63 , 1 , (2001).
24- M. Kadem Al-Janaby, A study of nuclear Structure of 98-108Ru even-even Isotopes by the IBM-1 , M. Sc. Thesis , Babylon University , (2005).