

محاكاة حاسوبية جديدة لأنموذج البوزونات المتفاعلة (IBM – 1) لتحديد خصائص نظائر الزينون $^{120-126}\text{Xe}$ الزوجية-الزوجية

عماد ممدوح احمد

مشتاق عبد الجبوري

قسم الفيزياء

كلية التربية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2009/3/12 ؛ تاريخ القبول 2009/6/15)

الملخص

تم في هذا البحث إعداد برنامج جديد بلغة ماتلاب (7-MATLAB) لتحديد خصائص مستويات الطاقة لنظائر الزينون $^{120-126}\text{Xe}$ الزوجية-الزوجية. اعتمد لهذا الغرض على أنموذج البوزونات المتفاعلة (IBM – 1) التحديد كما غير المستقرة $O(6)$ ، حسب المعالم الخاصة لهذا التحديد (K_4, K_5) مرتين، مرة للحزمة الأرضية و الأخرى للحزمة المثارة. حسب مستويات الطاقة للنظائر قيد الدراسة وقورنت مع القيم العملية وكانت متفقة، كما حددت الانحناءات الخلفية ومواقعها من القيم المحسوبة والعملية لكل نظير و أظهرت توافقا جيدا. حسب احتمالية الانتقال رباعية القطب الكهربائية المختزلة $B(E2)$ ، بطريقتين الاولى باستخدام القيم العملية للأعمار النصفية $T_{1/2}$ وطاقة الانتقال E_g بين حالتين متتاليتين ومعامل التحول الداخلي a الذي حسب بطرية الاستكمال وكانت النتائج متفقة، والطريقة الثانية تمت باستخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة الخاص التحديد كما غير المستقرة وقورنت مع النتائج العملية وكانت مقبولة. و أخيرا درس تأثير زيادة عدد النيوترونات على النسب في احتمالية الانتقال.

Computer New Simulation of the Interacting Boson Model (IBM-1) to Determine the Properties of $^{120-126}\text{Xe}$ Even – Even Isotopes

Imad M. Ahmed Mushtaq A. Al-Jabbori

Department of Physics

College of Education

Mosul University

ABSTRACT

A new program by MATLAB-7 has been established to identify the energy levels properties of xenon $^{120-126}\text{Xe}$ even-even isotopes through the using the interacting boson model $IBM - 1$ $g -$ unstable limit $O(6)$. The parameters K_4 and K_5 of the considered limit is separately calculated, once for the ground-state band and the other for the excited-state band. Since the calculated energy of the yrast-band for the considered isotopes has showed good agreement with the experimental values. As a consequence the backbending of the energy levels for each isotopes is indicated from the calculated values of the energy levels and they were in a good agreement with the experimental values. However, the electrical transition probability $B(E2)$ has also been calculated using two methods. The first has taken into consideration the experimental half life of the transition $T_{1/2}$, the transition energy E_g between two particular sequence states and the internal conversion factor (a) which is calculated by using an interpolation method. The results have showed good agreement with that of the experimental ones. The second method of calculation of $B(E2)$ is based on $IBM - 1$, $g -$ unstable limit which in turns also showed an acceptable agreement with the experimental values. Finally, the effect of the neutrons number onto the transition probability has also been investigated.

المقدمة

يعد أنموذج البوزونات المتفاعلة ($IBM - 1$) (Arima and Iachello, 1974;)، (Arima and Iachello, 1975) من الانموذجات الناجحة في حساب مستويات الطاقة للنوى الزوجية-الزوجية، حيث قدمت العديد من البحوث منذ تقديم الأنموذج بإصداراته المختلفة ولغاية الان لدراسة خصائص الكثير من النظائر النووية (Atalay and Kaan, 2005) و (Yu-Xin et al., 2006)، في هذا الانموذج يتم اعتبار كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا وتتفاعل هذه البوزونات مع بعضها بأشكال مختلفة من التفاعلات كما سيأتي ذكره. لكل نظير من نظائر النوى المختلفة مستويات طاقة لها خصائص قد تختلف او تتشابه مع النظائر الأخرى اعتمادا على خصائص كل نظير. تعد مستويات الطاقة مهمة جدا لتحديد هوية كل نظير (اهتزازي او دوراني أو كما غير المستقرة)، تقسم مستويات الطاقة إلى حزم مختلفة فهناك حزمة b وحزمة g إضافة إلى الحزمة الأرضية وهناك حزمة حالات زخوم $Yrast - band$ الأدنى والطاقات الأدنى وتعد دراسة هذه الحزمة

مهمة جدا في التعرف على الخصائص النووية حيث تزداد طاقة كل مستوي بنسبة معينة عن المستوي الذي يسبقه (Johnson *et al.*, 1971) وقد لوحظ ان بعض النوى تزداد طاقة مستوياتها بزيادة الزخم ولكن بنسبة اقل من المتوقع مما يسبب انحناء خلفيا في منحنى عزم القصور الذاتي ($2J/h^2$) دالة لطاقة كاما المنبعثة (hw). ولأهمية التعرف على الانحناء الخلفي الذي يحدث في مستويات الطاقة لبعض النظائر فقد درس العديد من الباحثين هذه الظاهرة على العديد من النظائر، وقد حدد جونسون وآخرون (Johnson *et al.*, 1972) الانحناء الخلفي الذي يحدث في النوى ($^{158,160}Dy$, ^{162}Er , ^{162}Yb) وفسروا ذلك الى التحول الطوري للنواة من حالة الميوعة الفائقة إلى حالة الميوعة غير الفائقة. واستخدم بوكوريسكو (Bucurescu, 2007) انموذج القشرة المسطوي لتحديد الانحناء الخلفي لبعض النوى في المنطقة ($A = 80 - 100$) وعزا سبب الانحناء الى تقاطع الحزم المختلفة. وحدد باول وآخرون (Paul *et al.*, 2007) انحنائين خلفيين عند موقعين مختلفين وفسروا ذلك إلى تراصف زوج من النيوترونات في القشرة ($i_{13/2}$) وزوج من البروتونات في القشرة ($h_{11/2}$).

خضعت نظائر الزينون المختلفة إلى دراسات متعددة، حيث استخدم احمد (Ahmed, 1995) أنموذج دافيدوف وفيليبوف لتحديد العلاقة بين مستويات الطاقة المثيجة الاولى (E_{21}) و النسبة (E_{22}/E_{21}) دالة لعدد النيوترونات لنظائر $^{114-120}Xe$ الزوجية-الزوجية. واستخدم هيكاشنياما وآخرون (Higashinyama *et al.*, 2002) أنموذج القشرة المسطوي لتحديد الانحناء الخلفي في نظائر ($^{130-136}Xe$) وفسروا سبب الانحناء إلى تقاطع الحزم.

في هذه الدراسة تم استخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة ($IBM - 1$) التحديد كما غير المستقرة ($O(6)$)، لتحديد خصائص مستويات الطاقة لحزمة زخم الطاقات الأدنى ($yrast - band$) ومواقع الانحناء الخلفي في نظائر ($^{120-126}Xe$) الزوجية-الزوجية حيث جرئت هذه الحزمة إلى مجموعتين إحداهما خاصة بالحزمة الأرضية و الأخرى بالحزمة المثيجة.

النظرية

في أنموذج البوزونات المتفاعلة ($IBM - 1$) يعد كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا وتشكل بقية النكليونات القلب الهامد للنواة (Scholton, *et al.*, 1978) تقسم هذه النكليونات الى قسمين احدهما بوزونات s بزخم زاوي ($L = 0$) والآخر بوزون d بزخم زاوي ($L = 2$).

تتفاعل هذه البوزونات مع بعضها بطرق مختلفة، ويعطى هاملتونين التفاعل بالعلاقة الآتية (Scholton

: (et al., 1978)

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^N e_i + \sum_{i<j}^N V_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)$$

اذ ان (\mathcal{E}) هي طاقة البوزون الذاتية و (N) هي عدد البوزونات و (V_{ij}) هي طاقة التفاعل بين البوزونين (i و j)، ويمكن إعطاء الهاملتونين بصيغة متعدد القطبية كما يأتي (Iachello, 1980):

$$\hat{H} = \varepsilon \hat{n}_d + a_0 \hat{P} \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \quad \dots \quad (2)$$

إذ ان:

$$\mathcal{E} = \varepsilon_d - \varepsilon_s \quad \dots \quad (3)$$

وللسهولة أعتبر $\varepsilon_s = 0$ وبذلك تكون طاقة البوزونات مساوية لطاقة بوزونات (d) ($\mathcal{E} = \varepsilon_d$) والمعاملات (a_4, a_3, a_2, a_1, a_0) تمثل قوة التفاعل الأزواجي والزخم الزاوي ورباعي القطب وثمانى القطب والقطب السداسي عشر بين البوزونات على التوالي. وعند تطبيق الحل التحليلي على أنموذج البوزونات المتفاعلة تبين وجود ثلاث سلاسل زمروية تمثل الأولى التحديد الاهتزازي $SU(5)$ والثانية التحديد الدوراني $SU(3)$ أما الثالثة فتمثل التحديد كما غير المستقرة $O(6)$ (Iachello, 1980) ولوقوع النظائر قيد الدراسة ضمن التحديد الثالث سيتم التركيز عليه في هذا العمل، يكون التفاعل السائد ضمن هذا التحديد هو التفاعل من نوع $P.P$ و تتحلل الزمرة الوحدوية $U(6)$ إلى السلسلة الآتية (Iachello, 1980):

$$U(6) \supset O(6) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2) \quad \dots \quad (4)$$

$$\begin{array}{cccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ [N] & S & T & H_{\Delta} & L & M_L \end{array}$$

اذ ان σ عدد البوزونات غير المرتبطة بزخم زاوي صفري (Casten and Warner, 1988) وتأخذ القيم $\sigma = N, N-2, \dots, 0$ or 1 ($N = \text{even or odd}$) $\dots \quad (5)$

τ عدد البوزونات من نوع d (Arima and Iachollo, 1979) غير المرتبطة بزخم زاوي صفري وتأخذ القيم

$$\tau = \sigma, \sigma - 1, \dots, 1, 0 \quad \dots \quad (6)$$

ان الخطوة بين الزمرتين $O(5)$ و $O(3)$ لاتتحل بالكامل ولهذا يتم إدخال العدد الكمي v_{Δ} الذي يمثل ثلاثيات البوزونات المرتبطة بزخم زاوي صفري لإكمال تحلل هذه الحالة، وتجزأ τ إلى:

$$\tau = 3v_{\Delta} + \lambda \quad \dots \quad (7)$$

إذ

$$v_{\Delta} = 0, 1, 2, \dots, \frac{n_d}{3} \quad \dots \quad (8)$$

اما L فترتبط بـ λ بالعلاقة

$$L = 2\lambda, 2\lambda - 2, \dots, \lambda + 1, \lambda \quad \dots \quad (9)$$

والقيمة (2I - 1) غير مسموحة (Casten and Warner, 1988)

ان دالة هاملتون لهذا التحديد تعطى بـ (Casten and Warner, 1988):

$$\hat{H}^{(III)} = a_0 \hat{P} \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 \quad \dots \dots \dots (10)$$

وتعطى مستويات الطاقة بالعلاقة (NSDD, 2005) كما يأتي :

$$E(s,t,L) = K_3 [N(N+4) - s(s+4)] + K_4 t(t+3) + K_5 L(L+1) \dots \dots \dots (11)$$

اذ $K_3 = a_0$ و $K_4 = a_3/3$ و $K_5 = a_1 + a_3/10$ (Casten and Warner, 1988)

ولحزمة الزخوم ذات الطاقات الدنيا فإن $N = s$ وبذلك تصبح المعادلة (11)

$$E(t,L) = K_4 t(t+3) + K_5 L(L+1) \quad \dots \dots \dots (12)$$

تعد الانتقالات الكامية بين مستويات الطاقة المختلفة من المعالم المهمة للتعرف على خصائص النوى

المختلفة وتعطى القيمة المختزلة لاحتمالية الانتقال رباعية القطب في التحديد $O(6)$ بالعلاقة

: (Iachello, 1980)

$$B(E2; L+2 \rightarrow L) = \alpha_2^2 \frac{(L+2)}{2(L+5)} \frac{1}{4} (2N-L)(2N+L+8) \quad \dots \dots \dots (13)$$

اذ ان معامل الانتقال a_2

وتعطى نسب التفرع R و R' و R'' للتحديد $O(6)$ بالمعادلات الآتية (Arima and Iachello,)

: (Arima and Iachello, 1979)، (1979)

$$R = \frac{B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)} = \frac{10}{7} \frac{(N-1)(N+5)}{N(N+4)} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{10}{7} \quad \dots \dots \dots (14)$$

$$R' = \frac{B(E2; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)} = \frac{10}{7} \frac{(N-1)(N+5)}{N(N+4)} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{10}{7} \quad \dots \dots \dots (15)$$

$$R'' = \frac{B(E2; 0_2^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)} = 0 \quad \dots \dots \dots (16)$$

وتعطى احتمالية الانتقال رباعية القطب الكهربية المختزلة $B(E2)$ بالاعتماد على البيانات العملية

المتوفرة للعمر النصفى للانتقال الكامي $T_{1/2}^g$ بين المستويات و طاقة الانتقال بين المستويات E_g بالعلاقة

: (Schrecknbach et al., 1982) الأتية

$$B(E2) = \frac{0.05657}{T_{1/2}^g (ps) E_g^5 (MeV)} (e^2 b^2) \quad \dots \dots \dots (17)$$

حيث ان (e^2b^2) هي وحدات مربع شحنة الالكترتون ومربع البارن $(1b = 10^{-24} \text{ cm}^2)$. في حالة انتقال واحد خارج من المستوي فان:

$$T_{1/2}^{\gamma} = T_{1/2}(\text{exp})(1 + \alpha_{\text{tot}}) \dots\dots\dots (18)$$

a_{tot} هو معامل التحول الداخلي ويعطى بالمعادلة

$$a_{\text{tot}} = a_k + a_L + \dots\dots\dots (19)$$

والعلاقة بين $B(E2)$ بوحدات وايسكوف و $B(E2)$ بوحدات (e^2b^2) هي (Schrecknbach *et al.*, 1982) :

$$B(E2)_{w.u} = \frac{B(E2)e^2b^2}{5.943 \times 10^{-6} A^{4/3}} \dots\dots\dots (20)$$

يحدث في بعض النوى تغير مفاجئ في قيمة عزم القصور الذاتي عند زخم زاوية عالية نسبياً يؤدي الى هبوط في الطاقة الدورانية للنواة عند تلك الزخم الزاوية وهذا يؤدي الى حدوث انحناء خلفي في منحنى الطاقة مع الزخم الزاوي. وعند رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $\frac{2J}{h^2}$ ومربع التردد الدوراني h^2w^2 فإن التغير في J يظهر بوضوح على شكل الحرف Z المقلوب (Johnson *et al.*, 1971). يمكن حساب عزم القصور الذاتي من خلال الفرق في الطاقة بين مستويين في الحزمة الدورانية لحالات الطاقة الادنى من المعادلة الآتية (Wong, 1990) :

$$\frac{2J}{h^2} = \frac{4J-2}{E(J)-E(J-2)} = \frac{4J-2}{E_g} \dots\dots\dots (21)$$

كما يمكن حساب التردد الدوراني الناتج عن الانتقال من مستوي ذي زخم زاوي J إلى مستوي أدنى ذي زخم زاوي $(J-2)$ من المعادلة (Sorensen, 1973) :

$$hw = \frac{E(J) - E(J-2)}{\sqrt{J(J+1)} - \sqrt{(J-2)(J-1)}} = \frac{E_g}{\sqrt{J(J+1)} - \sqrt{(J-2)(J-1)}} \dots\dots\dots (22)$$

وضعت الكثير من التفسير لظاهرة الانحناء الخلفي يشير معظمها إلى تقاطع شبيهي الجسيمين $(2qp)$ وأشباه الجسيمات الأربعة $(4qp)$ بالحزمة الارضية (Stephens, 1975)

الحسابات والنتائج

يمكن التأكد من وقوع نظائر الزينون $^{120-126}\text{Xe}$ الزوجية-الزوجية ضمن التحديد كما غير المستقرة من دراسة خصائص مستويات الطاقة لكل نظير (الجبوري، 2008)، استخدم نموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 التحديد كما غير المستقر $O(6)$ لدراسة خصائص مستويات الطاقة لهذه النظائر. تم حساب عدد البوزونات لهذه النظائر من العلاقة (Casten and Warner , 1988) :

$$N = n_{\pi} + n_{\nu} \dots\dots\dots (23)$$

اذ ان N تمثل عدد البوزونات الكلية و n_p عدد البوزونات المتكونة من أزواج بروتونات التكافؤ و n_n تمثل عدد بوزونات نيترونات التكافؤ، ولأن نظائر الزينون تمتلك 54 بروتوناً أي ان هناك 4 بروتونات تكافؤ خارج الغلاف المغلق 50 وهذا يولد 2 بوزون لكل نظير وهذين البوزونين تولدا من أزواج الجسيمات (البروتونات). أما عدد النيترونات في النظائر المدروسة فهي 66 نيتروناً للنظير ^{120}Xe إلى 72 نيتروناً للنظير ^{126}Xe تاركة من 16 فجوة للنظير ^{120}Xe الى 10 فجوات للنظير ^{126}Xe وكل زوج من هذه الفجوات تشكل بوزوناً فيكون هناك 8 بوزونات نيترونية للنظير ^{120}Xe و 5 بوزونات نيترونية للنظير ^{126}Xe ، مع ملاحظة ان النظير ^{120}Xe له 16 جسيماً نيترونياً خارج الغلاف المغلق 50 و 16 فجوة نيترونية للوصول إلى الغلاف 82 المغلق فيكون مجموع البوزونات الكلية لكل نظير من 10 بوزونات للنظير ^{120}Xe إلى 7 بوزونات للنظير ^{126}Xe ، استخدمت المعادلة (12) لحساب قيم المعاملين K_4 و K_5 مرتين، مرة للحزمة الأرضية وأخرى للحزمة S. والجدول (1) يوضح هذه القيم فضلاً عن عدد البوزونات لكل نظير.

الجدول 1: عدد البوزونات وقيم كل من K_4 و K_5 للحزمتين g و S للنظائر $^{120-126}\text{Xe}$

Isotopes	Number of Bosones	g-band		S-band	
		$K_4(\text{keV})$	$K_5(\text{keV})$	$K_4(\text{keV})$	$K_5(\text{keV})$
^{120}Xe	10	91.255	-7.068	184.43	-40.245
^{122}Xe	9	91.008	-5.4584	160.71	-31.838
^{124}Xe	8	95.902	-4.9113	204.98	-45.702
^{126}Xe	7	114.32	-11.443	205.48	-46.227

تم بناء برنامج بلغة MATLAB-7 سمي (Yraste-Code) لحساب طاقات هذه الحزمة لكل نظير. وتم حساب نسبة الخطأ بين القيم المحسوبة والقيم العملية لكل مستوٍ على وفق المعادلة الآتية:

$$\Delta(\%) = \frac{E_{Exp.} - E_{Cal.}}{E_{Exp.}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (24)$$

والجداول (2) إلى (5) تبين قيم الطاقات المحسوبة والعملية بوحدات (keV) ونسبة الخطأ للنظائر قيد الدراسة. وحيث أن الدراسة الحالية اهتمت بحالات الطاقات الدنيا الناتجة عن تقاطع الحزمتين g و S فمن المتوقع ظهور انحناء خلفي عند طاقات هذه المستويات في نقطة التقاطع بين الحزمتين ولتحديد مواقع الانحناءات الخلفية لكل نظير تم حساب عزم القصور الذاتي باستخدام المعادلة (21) و حسبت طاقات الانتقالات المختلفة E_g بين كل مستويين متتالين وحساب التردد الدوراني hw لكل نظير باستخدام المعادلة (22). والجداول (6) الى (9) تبين هذه القيم. والشكل (1) يبين العلاقة بين عزم القصور الذاتي والتردد الدوراني للنظائر قيد الدراسة.

الجدول 2: مستويات الطاقة للنظير ^{120}Xe

J^π	E_{exp}^* (keV)	E_{cal} (keV)	Δ (%)
0_1^+	0	0	0
2_1^+	322.61	322.61	0
4_1^+	796.16	771.19	3.14
6_1^+	1397.3	1345.7	3.70
8_1^+	2099.2	2046.2	2.50
10_1^+	2872.7	2872.7	0
12_1^+	3676.5	3681.2	-0.13
14_1^+	4458.9	4458.9	0
16_1^+	5232.3	5283.5	-0.98
18_1^+	6051	6155.1	-1.72
20_1^+	6955.4	7073.5	-1.70
22_1^+	7955.1	8038.8	-1.05
24_1^+	9051.1	9051.1	0

*Ref: (Kitao *et al.*, 2002)الجدول 3: مستويات الطاقة للنظير ^{122}Xe

J^π	E_{exp}^* (keV)	E_{cal} (keV)	Δ (%)
0_1^+	0	0	0
2_1^+	331.28	331.28	0
4_1^+	828.53	800.91	3.33
6_1^+	1467.1	1408.9	3.97
8_1^+	2217.7	2155.2	2.82
10_1^+	3039.9	3039.9	0
12_1^+	3820.1	3711.8	2.84
14_1^+	4563.9	4563.9	0
16_1^+	5407	5482.8	-1.40
18_1^+	6370.1	6468.4	-1.54
20_1^+	7453.1	7520.7	-0.90
22_1^+	8639.7	8639.7	0

* Ref: (Tamura, 2007)

الجدول 4: مستويات الطاقة للنظير ^{124}Xe

J^π	E_{exp}^* (keV)	E_{cal} (keV)	Δ (%)
0_1^+	0	0	0
2_1^+	354.14	354.14	0
4_1^+	879.03	860.79	2.07
6_1^+	1548.8	1520	1.86
8_1^+	2331.6	2331.6	0
10_1^+	3172.1	3172.1	0
12_1^+	3883.9	3939.6	-1.43
14_1^+	4613.4	4751.5	-3.00
16_1^+	5466	5607.7	-2.60
18_1^+	6439.1	6508.2	-1.07
20_1^+	7453.1	7453.1	0

*Ref: (Iimura *et al.*, 1997)الجدول 5: مستويات الطاقة للنظير ^{126}Xe

J^π	E_{exp}^* (keV)	E_{cal} (keV)	Δ (%)
0_1^+	0	0	0
2_1^+	388.63	388.63	0
4_1^+	942	914.36	2.94
6_1^+	1635	1577.2	3.54
8_1^+	2435.7	2377.1	2.40
10_1^+	3314.1	3314.1	0
12_1^+	3884.6	3884.6	0
14_1^+	4619.4	4676	-1.22
16_1^+	5508.6	5508.6	0

* Ref: (Katakura and Kitao, 2002)

الجدول 6: طاقات الانتقال والتردد الدوراني وعزم القصور الذاتي للنظير ^{120}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	Experimental*			Calculated		
	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	322.56	131.68	0.018601	322.61	131.7	0.018598
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	473.44	234.07	0.029571	448.58	221.78	0.03121
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	601.2	299.31	0.036593	574.54	286.04	0.038292
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	701.86	350.14	0.042744	700.51	349.46	0.042826
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	773.5	386.21	0.049127	826.47	412.66	0.045979
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	803.8	401.58	0.057228	808.51	403.87	0.056895
$14_1^+ \rightarrow 12_1^+$	782.4	390.93	0.069018	777.71	388.59	0.069434
$16_1^+ \rightarrow 14_1^+$	773.6	386.6	0.080145	824.62	412.09	0.075186
$18_1^+ \rightarrow 20_1^+$	818.7	409.18	0.085501	871.53	435.59	0.080319
$20_1^+ \rightarrow 18_1^+$	904.4	452.05	0.086245	918.44	459.07	0.084927
$22_1^+ \rightarrow 20_1^+$	999.7	499.71	0.086026	965.34	482.54	0.089087
$24_1^+ \rightarrow 22_1^+$	1096	547.88	0.085766	1012.3	506.01	0.092862

*Ref: (Kitao *et al.*, 2002)

الجدول 7: طاقات الانتقال والتردد الدوراني وعزم القصور الذاتي للنظير ^{122}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	Experimental*			Calculated		
	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	331.26	135.24	0.018113	331.28	135.24	0.018112
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	497.2	245.82	0.028158	469.63	232.18	0.029811
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	638.5	317.88	0.034456	607.98	302.69	0.036186
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	750.7	374.5	0.039963	746.32	372.32	0.040197
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	822.2	410.52	0.046217	884.67	441.72	0.042954
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	780.2	389.73	0.058959	671.87	335.62	0.068465
$14_1^+ \rightarrow 12_1^+$	743.7	371.59	0.07261	852.15	425.78	0.063369
$16_1^+ \rightarrow 14_1^+$	843	421.28	0.073547	918.87	459.19	0.067474
$18_1^+ \rightarrow 20_1^+$	963.1	481.35	0.072682	985.59	492.59	0.071023
$20_1^+ \rightarrow 18_1^+$	1082.9	541.27	0.072029	1052.3	525.98	0.074123
$22_1^+ \rightarrow 20_1^+$	1186.4	593.04	0.072488	1119	559.36	0.076852

* Ref: (Tamura, 2007)

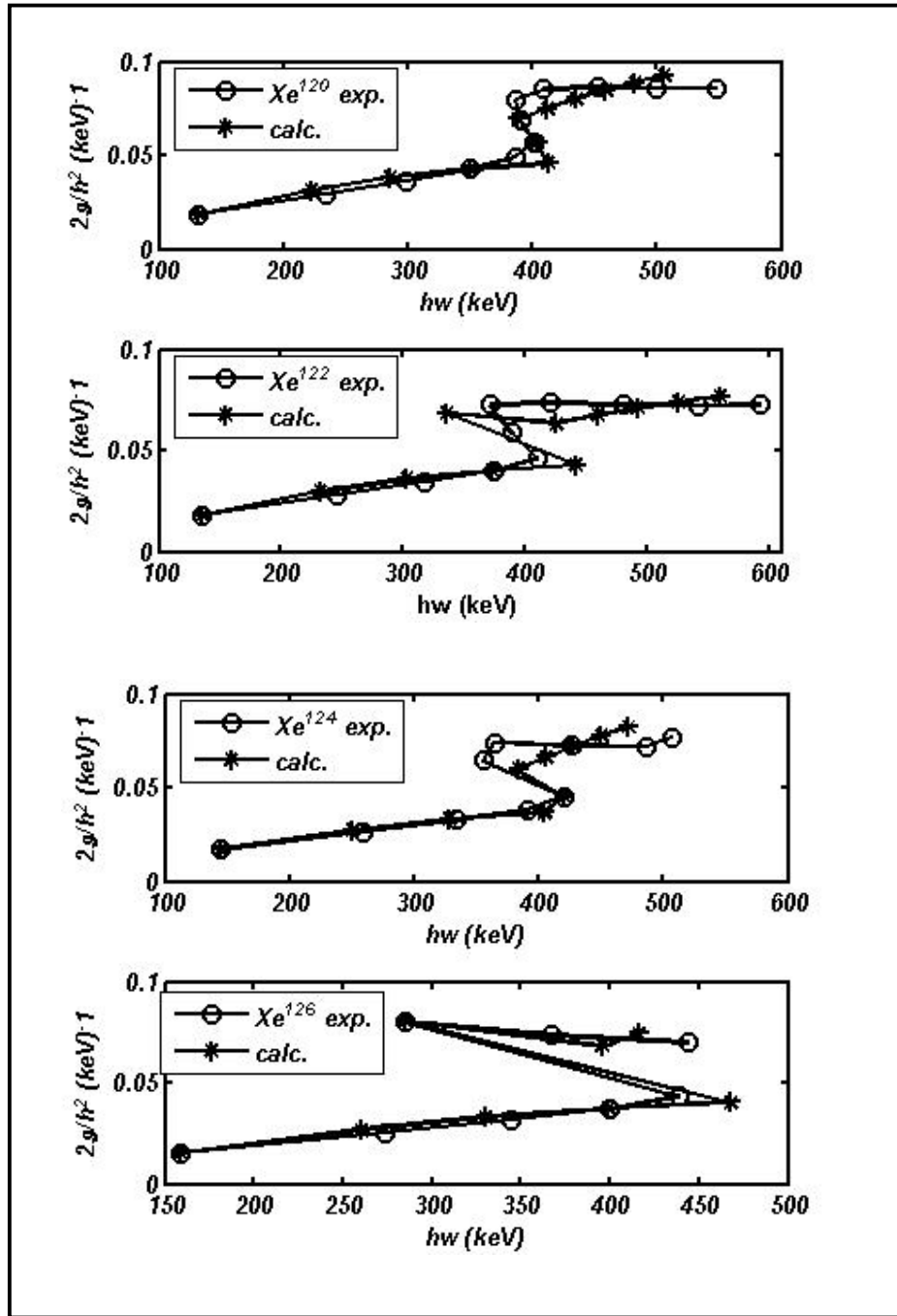
الجدول 8: طاقات الانتقال والتردد الدوراني وعزم القصور الذاتي للنظير ^{124}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	Experimental*			Calculated		
	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	354.13	144.57	0.016943	354.14	144.58	0.016942
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	524.93	259.53	0.02667	506.65	250.49	0.027632
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	669.78	333.46	0.032847	659.17	328.17	0.033375
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	782.82	390.52	0.038323	811.68	404.92	0.03696
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	840.49	419.66	0.045212	840.5	419.66	0.045211
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	711.81	355.57	0.064624	767.49	383.38	0.059936
$14_1^+ \rightarrow 12_1^+$	729.48	364.49	0.074025	811.84	405.64	0.066516
$16_1^+ \rightarrow 14_1^+$	852.59	426.07	0.07272	856.19	427.87	0.072414
$18_1^+ \rightarrow 20_1^+$	974.1	486.85	0.071861	900.54	450.09	0.077731
$20_1^+ \rightarrow 18_1^+$	1014	506.83	0.076923	944.9	472.29	0.082549

*Ref: (Iimura *et al.*, 1997)الجدول 9: طاقات الانتقال والتردد الدوراني وعزم القصور الذاتي للنظير ^{126}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	Experimental*			Calculated		
	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$	E_γ (keV)	$\hbar\omega$ (keV)	$2J/\hbar^2$ (keV) $^{-1}$
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	388.63	158.66	0.015439	388.63	158.66	0.015439
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	553.38	273.59	0.025299	525.73	259.92	0.02663
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	692.93	344.98	0.031749	662.83	329.99	0.033191
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	800.85	399.52	0.03746	799.93	399.06	0.037503
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	878.43	438.6	0.043259	937.03	467.86	0.040554
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	570.4	284.93	0.080645	570.43	284.94	0.080641
$14_1^+ \rightarrow 12_1^+$	734.88	367.19	0.073481	791.44	395.45	0.06823
$16_1^+ \rightarrow 14_1^+$	889.1	444.32	0.069733	832.59	416.08	0.074467

* Ref: (Katakura and Kitao, 2002)



الشكل 1: العلاقة بين عزم القصور الذاتي والتردد الدوراني

تعد الانتقالات الكامية واحتمالياتها بين مختلف مستويات الطاقة من المعالم المهمة في دراسة الخصائص النووية لأي نظير، تم حساب هذه الدالة لانتقالات مختلفة بين مستويات متعددة لكل نظير قيد

الدراسة ومقارنتها بالنتائج العملية. اعتمدت طريقتين للحساب، حيث تم الاعتماد في الطريقة الأولى على القيم العملية المتوفرة لطاقت كما للانتقالات المختلفة وعلى العمر النصفى للانتقال كما باستخدام المعادلة (17)، إذ تم حساب معامل التحول الداخلي a بعد بناء برنامج بلغة MATLAB-7 لعمل استكمال للقيم البينية (Interpolation) غير المتوفرة عملياً من خلال القيم المتوفرة لنظائر الزينون ذات العدد الذري $Z=54$. ادخلت المعلومات المتوفرة لطاقت كما للانتقالات المختلفة والعمر النصفى لحساب احتمالية الانتقال الرباعية القطب الكهربائي المختزلة بوحدات e^2b^2 ومن ثم طبقت المعادلة (20) للتحويل إلى وحدات وايسكوف. والجدول من (10) إلى (12) تبين القيم المحسوبة بوحدات وايسكوف ووحدات e^2b^2 مقارنة مع القيم العملية للنظائر $^{120-124}\text{Xe}$.

والطريقة الثانية اعتمدت على أنموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 التحديد كما غير المستقر O(6) لحساب B(E2) مرة ثانية ومقارنتها مع القيم العملية، فقد حسبت B(E2) للحزمة الأرضية g-band فقط وذلك بإدخال المعامل a_2^2 في المعادلة (13) الذي تم حسابه بتعويض قيمة B(E2) العملية للانتقال من 2_1^+ إلى 0_1^+ في المعادلة نفسها وتعديل قيمة a_2^2 المحسوبة لإعطاء أفضل تطابق بين القيم المحسوبة لـ B(E2) مع القيم العملية المتوفرة. الجدول (13) يعطي قيم a_2^2 المحسوبة والجدول (14) و (15) و (16) تعطي قيم B(E2) المحسوبة بوحدات e^2b^2 مقارنة بالقيم العملية المتوفرة للنظائر $^{120-124}\text{Xe}$. أما فيما يخص النظير ^{126}Xe فتوجد قيمة عملية واحدة له للانتقال من 2_1^+ إلى 0_1^+ لذلك لم تحسب B(E2) بأي من الطريقتين السابقتين. الشكل (2) يبين النسب بين الانتقالات $\frac{B(E2;6_1^+ \rightarrow 4_1^+)}{B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)}$ ، $\frac{B(E2;4_1^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)}$ ، $\frac{B(E2;8_1^+ \rightarrow 6_1^+)}{B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)}$ للنظائر $^{120-124}\text{Xe}$ إذ رسمت النسب النموذجية للحالات الثلاث SU(3) و SU(5) و O(6) والنسبة المحسوبة والعملية لقيم B(E2) للانتقالات المذكورة سابقاً.

الجدول 10: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام عمر النصف $T_{1/2}$ للنظير ^{120}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	$T_{1/2}(\text{exp})$ (ps)	E_γ (keV)	a_{tot}^+	B(E2) W.u		B(E2) e^2b^2	
				exp *	cal	exp *	cal
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	45.7	322.56	0.033119	101	99.11	0.3547	0.34807
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	5.8	473.44	0.010474	117	117.21	0.4109	0.41164
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	1.73	601.2	0.0055159	118	119.59	0.4144	0.42
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	0.97	701.86	0.0037115	97	98.54	0.3406	0.34607
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	0.63	773.5	0.0029244	92	93.39	0.3231	0.32799
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	0.58	803.8	0.0026713	83	83.73	0.2915	0.29406
$14_1^+ \rightarrow 12_1^+$	0.69	782.4	0.002846	80	80.54	0.2809	0.28286
$16_1^+ \rightarrow 14_1^+$	0.48	773.6	0.0029235	120	122.5	0.4214	0.43022
$18_1^+ \rightarrow 20_1^+$	0.26	818.7	0.0025594	170	170.42	0.5970	0.59851
$20_1^+ \rightarrow 18_1^+$	0.12	904.4	0.0020353	220	224.58	0.7726	0.78872
$22_1^+ \rightarrow 20_1^+$	0.09	999.7	0.0016311	180	181.53	0.6321	0.63753

+ Ref:(Rosel *et al.*,1978) , * Ref:(Kitao *et al.*, 2002)

الجدول 11: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام عمر النصف $T_{1/2}$ للنظير ^{122}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	$T_{1/2}(\text{exp})$ (ps)	E_γ (keV)	a_{tot}	B(E2) W.u		B(E2) e^2b^2	
				exp *	cal	exp *	cal
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	49.3	331.26	0.0307	78	78.91	0.28004	0.28331
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	4.5	497.2	0.018	114	114.8	0.40929	0.41216
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	1.4	638.5	0.0047203 ⁺	110	107.05	0.39493	0.38434
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	0.8	750.7	0.0031425 ⁺	80	83.52	0.28722	0.29986
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	0.34	822.2	0.0025342 ⁺	120	124.74	0.43083	0.44785

+ Ref:(Rosel *et al.*,1978) , * Ref:(Tamura., 2007)

الجدول 12: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام عمر النصف $T_{1/2}$ للنظير ^{124}Xe

$J_i^\pi \rightarrow J_f^\pi$	$T_{1/2}(\text{exp})$ (ps)	E_γ (keV)	a_{tot}	B(E2) W. u		B(E2) e^2b^2	
				exp *	cal	exp *	cal
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	33	354.13	0.0248	82	83.03	0.30085	0.2981
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	3.5	524.93	0.0078438 ⁺	110	111.24	0.40358	0.39938
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0.9	669.78	0.0041773 ⁺	130	128.38	0.47696	0.46091
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	1.0	782.82	0.0028424 ⁺	52	53.05	0.19078	0.19046
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	1.5	840.49	0.002408 ⁺	24	24.79	0.88054	0.089002
$2_1^+ \rightarrow 10_1^+$	2.8	711.81	0.0035829 ⁺	30	30.45	0.11007	0.10932

+ Ref:(Rosel *et al.*, 1978) , * Ref:(Tamura *et al.*, 1997)

الجدول 13: قيم a_2^2 لنظائر $^{120-124}\text{Xe}$

Isotopes	$a_2^2 e^2 b^2$
^{120}Xe	0.00957
^{122}Xe	0.01196
^{124}Xe	0.01566

الجدول 14: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام IBM-1 للنظير ^{120}Xe

E _i (keV)	Transition	E _γ (keV)	B(E2) e ² b ²	
			Exp *	Cal(IBM-1)
322.61	2 ₁ ⁺ → 0 ₁ ⁺	322.56	0.35471	0.2679
796.16	4 ₁ ⁺ → 2 ₁ ⁺	473.44	0.4109	0.3691
1397.3	6 ₁ ⁺ → 4 ₁ ⁺	601.2	0.41442	0.4082
2099.2	8 ₁ ⁺ → 6 ₁ ⁺	701.86	0.34066	0.441
2872.7	10 ₁ ⁺ → 8 ₁ ⁺	773.5	0.3255	0.3974

*Ref: (Kitao *et al.* , 2002)الجدول 15: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام IBM-1 للنظير ^{122}Xe

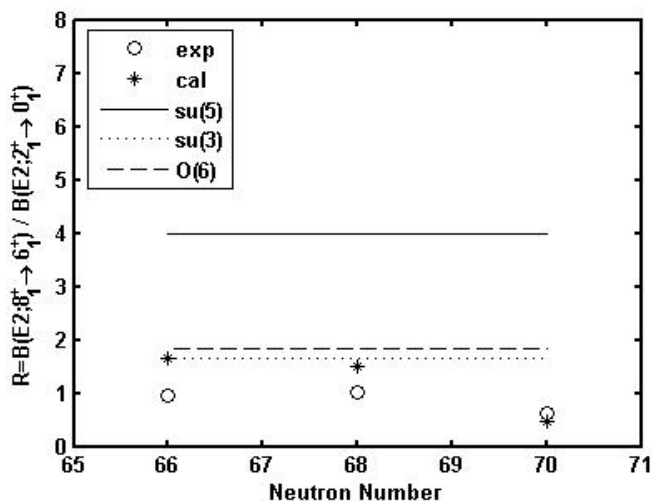
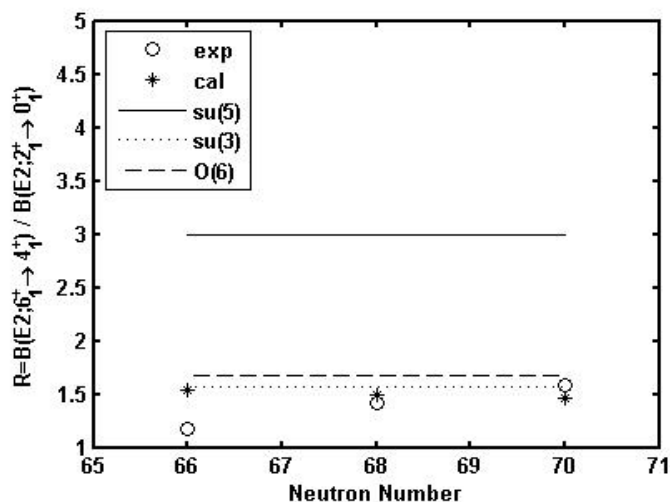
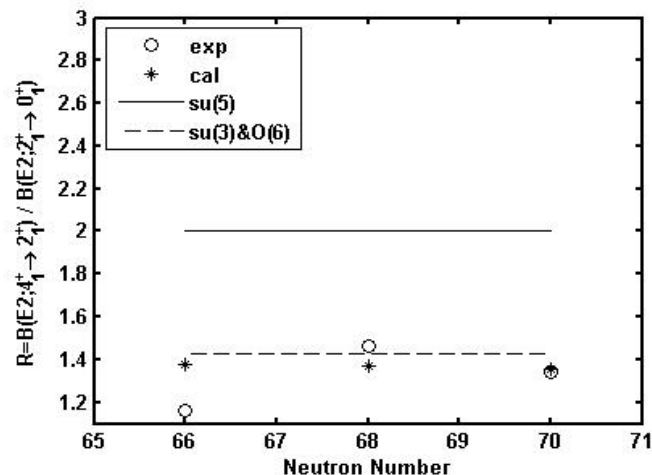
E _i (keV)	Transition	E _γ (keV)	B(E2) e ² b ²	
			Exp *	Cal(IBM-1)
331.28	2 ₁ ⁺ → 0 ₁ ⁺	331.26	0.2800	0.2798
828.53	4 ₁ ⁺ → 2 ₁ ⁺	497.2	0.4093	0.3827
1467.1	6 ₁ ⁺ → 4 ₁ ⁺	638.5	0.3949	0.4186
2217.7	8 ₁ ⁺ → 6 ₁ ⁺	750.7	0.2872	0.4174
3039.9	10 ₁ ⁺ → 8 ₁ ⁺	822.2	0.4246	0.3909

*Ref: (Tamura, 2007)

الجدول 16: الانتقالات الكهرومغناطيسية B(E2) باستخدام IBM-1 للنظير ^{124}Xe

E _i (keV)	Transition	E _γ (keV)	B(E2) e ² b ²	
			Exp *	Cal(IBM-1)
354.14	2 ₁ ⁺ → 0 ₁ ⁺	354.13	0.30085	0.3006
879.03	4 ₁ ⁺ → 2 ₁ ⁺	524.93	0.40358	0.4071
1548.8	6 ₁ ⁺ → 4 ₁ ⁺	669.78	0.47696	0.4384
2331.6	8 ₁ ⁺ → 6 ₁ ⁺	782.82	0.19078	0.1427

* Ref: (Iimura *et al.* , 1997)



الشكل 2: تغير قيم R لأحتمالية الانتقال مع عدد النيوترونات لنظائر $^{120-124}\text{Xe}$ والقيم النموذجية لكل تحديد

(Arima and Iachello, 1987)

المناقشة

تمتلك نظائر الزينون اضافة الى البروتونات الاربعة خارج الغلاف المغلق بالعدد 50 من 16 فجوة نيترونية للنظير ^{120}Xe الى 10 فجوات نيترونية للنظير ^{126}Xe للوصول الى الغلاف المغلق بالعدد 82 وهذا يجعل هذه النظائر تمتلك خصائصا تقع ضمن التحديد كما غير المستقرة $O(6)$ ، ويدعم هذه الخصائص مواقع مستويات الحالة 2_1 القريبة من القيمة 300keV والنسبة E_{4_1}/E_{2_1} القريبة من القيمة 2.5.

حسبت معاملات التحديد $O(6)$ ، K_4 & K_5 الخاصة بالنظائر قيد الدراسة مرتين مرة للحزمة الارضية والآخرى للحزمة المثارة لاختلاف خصائصهما، واتباع هذا الاسلوب جعل النتائج المحسوبة قريبة جدا من القيم العملية لكل حالات الحزمة ذات الطاقات الأدنى (*yrast*). ان وجود حزمتين مختلفتين بالخصائص يرجح احتمال حصول انحناء خلفي في مستويات الطاقة عند نقطة التقاطع وقد تبين هذا بوضوح عند رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $2J/h^2$ والتردد الدوراني hw حيث اظهرت جميع النظائر قيد الدراسة انحناءا خلفيا كان اشده للنظير ^{126}Xe واقله للنظير ^{120}Xe ويعزى سبب ذلك الى زاوية التقاطع بين الحزمتين والى كمية الطاقة اللازمة لاعادة اصطفاف زوج من النكليونات المنفصلة، حيث كانت زاوية التقاطع للنظير ^{126}Xe اكبر من زوايا التقاطع في النظائر الاخرى المدروسة وسبب ذلك هو الهبوط الكبير في طاقة المستوي في حزمة التهيج عن نفس المستوي في الحزمة الارضية في منطقة الانحناء في حين ان الامر معاكس تماما للنظير ^{120}Xe حيث يكون الهبوط في الطاقة الاضعف بين النظائر المدروسة.

تحتوي نظائر الزينون $^{120-126}\text{Xe}$ الزوجية-الزوجية على من 66 نيترون للنظير ^{120}Xe حيث تملأ نصف الغلاف الخامس جاعلا اياها اقل تشوها من النظائر الاخرى المدروسة الى 70 نيترونا للنظير ^{126}Xe حيث تصل الى الغلاف الثانوي $1h_{1/2}$ جاعلا اياها اقرب الى خواص النوى التي تقع ضمن التحديد $O(6)$ واكثر تشوها من بقية النظائر المدروسة. كما يلاحظ تغيرا في موقع الانحناء الخلفي للنظير ^{124}Xe بسبب امتلاء الغلاف الثانوي $2d_{3/2}$ مسببا هذا التغير في موقع الانحناء الخلفي.

أظهرت النتائج التي استخدمت فيها البيانات العملية في حساب احتمالية الانتقال رباعية القطب الكهربائية المختزلة $B(E2)$ توافقا افضل من تلك المحسوبة باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة وهذا متوقع حيث تبقى البيانات العملية افضل من القيم المحسوبة حيث تتفق الاولى مع القيم العملية نفسها بشكل افضل من الثانية. اكدت الرسوم الخاصة بالنسب بين الانتقالات $B(E2;6_1^+ \rightarrow 4_1^+)$ ، $B(E2;4_1^+ \rightarrow 2_1^+)$ ، $B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$ ، $B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$ ، $B(E2;8_1^+ \rightarrow 6_1^+)$ ، $B(E2;2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$ للنظائر المدروسة وقوع هذه النظائر ضمن التحديد $O(6)$ بالمقارنة مع المواقع

النموذجية للتحديدات الثلاثة $SU(5)$ ، $SU(3)$ & $O(6)$.

الاستنتاجات

1. نجاح أنموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 التحديد O(6)، في تحديد الانحناء الخلفي في مستويات الطاقة بتوافق جيد مع القيم العملية مما يدل على صحة أسلوب حساب معاملات كل حزمة على حدى.
2. نجاح البرنامج الذي تم اعداده في هذه الدراسة بلغة MATLAB-7 والذي أسميناه Yrast-Code بدلاً عن البرنامج الجاهز PHINT بلغة فورتران 77، والذي تم فيه حساب مستويات الطاقة للحزمة Yrast وللتحديد O(6) .
3. تأثير موقع نكليونات التكافؤ وامتلاء الغلاف الثانوي بالنيترونات يسبب تغيراً في موقع الانحناء الخلفي كما لوحظ في النظير ^{124}Xe .
4. زيادة التغير في الانحناء الخلفي بزيادة العدد الكتلي للنظائر المدروسة حيث لوحظ ان الزيادة في عزم القصور الذاتي والنقصان في التردد الدوراني وطاقة الانتقال اكبر مالوحظ في النظير ^{126}Xe وقلها للنظير ^{120}Xe .

التوصيات

1. استخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة للنوى ضمن التحديدين SU(5) و SU(3) والحالة الانتقالية بينهما في وصف ظاهرة الانحناء الخلفي ومعرفة مدى النجاح الذي يحقق ضمن هذا التحديد.
2. دراسة التغير في الخصائص النووية عند المستويات العالية بالاعتماد على أنموذج طاقة كاما مقسومة على الزخم الزاوي، E-Gos (E_g/J) ودراسة مدى نجاح أنموذج البوزونات المتفاعلة في تحديد تلك الخصائص.
3. دراسة إمكانية تحسين المعادلات المستخدمة في حساب احتمالية الأنتقالات المختزلة ضمن أنموذج البوزونات المتفاعلة لغرض تحسين النتائج وتوافقها مع القيم العملية.
4. دراسة ظاهرة الأنحناء الخلفي لعدد من النظائر بأستخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة IBM-2 ومقارنتها مع أنموذج IBM-1 كذلك استخدام IBM-3 و IBM-4 لعدد من النظائر N=Z ودراسة طاقات الربط لها.

المصادر العربية

الجبوري، مشتاق عبد داود، (2008). محاكاة حاسوبية جديدة لانموذج البوزونات المتفاعلة (IBM - 1) لدراسة الانحناء الخلفي في نظائر $^{120-126}\text{Xe}$ الزوجية-الزوجية. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، الموصل، العراق، صفحة 40-68.

المصادر الأجنبية

- Ahmed, I.M.(1995). Study of E2 transition from the 2^+ state of the gamma-vibrational band. *J. Edu. Sci.*, **24**, 154-162.
- Arima, A. ; Iachello, F.(1974). Boson symmetries in vibrational nuclei. *Phys. Lett. B.*, **53**, 304.
- Arima, A. ; Iachello, F.(1975). Collective nuclear states as representation of U(6) group. *Phys. Lett.*, **35**(16), 1069.
- Arima, A. ; Iachello, F.(1979). Interacting boson model of collective nuclear states IV. The O(6) Limit. *Ann. Phys.*, **123**, 468-492.
- Arima, A. ; Iachello, F.(1987). " The Interacting Boson Model (3)". Cambridge University Press.
- Atalay, K. ; Kaan, M.(2005). IBM-1 calculations on the even-even $^{122-128}\text{Te}$ isotopes. *Math. and Comput. Appl.*, **10**, (1), 9-17.
- Bucurescu, D.(2007). Physics of the N=Z and N=Z+1 Nuclei in the A=80-100 Region. *Acta. Phys. Polo. B.*, **38** (4), 1331-1341.
- Casten, R.F. ; Warner, D.D.(1988). Interacting boson approximation. *Rev. Mod. Phys.*, **60**, 389-465.
- Higashinyama, K.; Yoshinaga, N. ; Tanabe, K.(2002). Shell Model Study of Backbending Phenomena in Xe Isotopes. *Phys. Rev. C.*, **65**, 054317(1-8).
- Iachello, F.(1980). "An Introduction to the Interacting Boson Model, Nuclear Structure". Edited by Abrahams, K.; Allaart, K., and Dieperink, A. E. L. Plenum Press, pp.53-87.
- Iimura, H.; Katakura, J.; Kitao, K. ; Tamura, T.(1997). Nuclear Data Sheets. **80**, 895.
- Johnson, A.; Ryde, H. ; Sztarkier, J.(1971). Evidence for a Singularity in the Nuclear Rotational Bands Structure. *Phys. Lett. B.*, **43**(7), 605-608.
- Johnson, A.; Ryde, H. ; Hjorth, S.(1972). Nuclear Moment of Inertia at High Rotational Frequencies. *Nucl. Phys. A.*, **179**, 753-768.
- Katakura, J. ; Kitao, K.(2002). Nuclear Data Sheets, **97**, 765.
- Kitao, K.; Tendow, Y. ; Hashizume, A.(2002). Nuclear Data Sheets, **96**,204.
- NSDD Workshop, Triste(2005).
- Paul, E.S.; Twin, P.J.; Evans, A.O.; Pipids, A.; Riley, M.A.; Simpson, J.; Appelbe, D.E.; Campbell, D.B.; Choy, P.T.W.; Clark, R.M.; Cromaz, M.; Fallon, P.; Gorgon, A.; Joss, D.T.; Lee, I.Y.; Macchiavelli, A.O.; Nolan, P.J.; Ward, D. ; Ragnarsson, I.; (2007). *Phy. Rev. Lett.*, **98**, 012501,1-4.
- Rosel, F.; Fries, H.M.; Alder, K. ; Pauli, H.C.(1978). Table of Internal Conversion Coefficients, *At. Data and Nucl. Data Tables*, **21** (2,3), 215-220.

- Scholten, Iachello, F. ; Arima, A.(1978). Interacting bosons model of collective nuclear states III. the transition from SU(5) to SU(3). *Ann. Phys.*, **115**, 325-366.
- Schreckenbach, K.; Mheemmed, A.; Barredu, G.; Egidy, T.; Faust, H.R.; Borner, H.G. ; Brissot, R.(1982). The importance of intruder states in ^{114}Cd . *Phys. Letters*, **110B** (5), 364-368.
- Sorenson, R.A.(1973). Nuclear moment of inertia at high spin. *Rev. Mod. Phys.*, **45**(3), 353-367.
- Stephens, F.S. (1975). Coriolis effects and rotation alignment in nuclei. *Rev. Mod. Phys.*, **47**(1), 43-65.
- Tamura, T.(2007). Nuclear Data Sheets, **108**,455.
- Wong, S.M.(1990). Introductory Nuclear Physics. Prentice-Hall International, Inc.
- Yu-xin, L.; Liang-zhu, M. ; Haiqing, W. (2006). Approach to the rotational driven vibrational to axially rotational shape phase transition along the yrast line of a nucleus. *Phys. Letters, B.* **633**, 49-53.

(1) الملحق

البرنامج المستخدم

Yrast-Code

```

%This Program to Calculate and Plot the Energy Levels,Energy Transition,
%Moment of Inertia and Rotation Frequency
% Xe126
%This Loop to Calculate Energy Levels for Ground Band
clc
format short g
p1g=2;
p2g=10;
pp1g=p1g*(p1g+1);
pp2g=p2g*(p2g+1);
t1g=p1g/2*(p1g/2+3);
t2g=p2g/2*(p2g/2+3);
ag=[t1g pp1g;t2g pp2g ];
bg=[388.631 ;3314.14 ];
xg=inv(ag)*bg;
k4g=xg(1);
k5g=xg(2);
Jg=2:2:10;
Tg=Jg./2;
Ecg=k4g*Tg.*(Tg+3)+k5g*Jg.*(Jg+1);
Eeg=[0 388.631 942 1634.98 2435.71 3314.14];
%This Loop to Calculate Energy Levels for S Band
p1s=12;
p2s=16;
pp1s=p1s*(p1s+1);
pp2s=p2s*(p2s+1);
t1s=p1s/2*(p1s/2+3);
t2s=p2s/2*(p2s/2+3);
as=[t1s pp1s;t2s pp2s ];
bs=[3884.57;5508.6];
xs=inv(as)*bs;
k4s=xs(1);
k5s=xs(2);
Js=12:2:16;
Ts=Js./2;
Ecs=k4s*Ts.*(Ts+3)+k5s*Js.*(Js+1);
Ees=[3884.57 4619.45 5508.6 ];
%This Loop to Calculate and Plot the Energy Levels,Energy Transition,
%Moment of Inertia and Rotation Frequency for Yrast Energy Levels
Ec=[0 Ecg Ecs];

```

```

Ee=[ Eeg Ees];
JJ=[0 Jg Js];
XX=2:2:16;
Eedd=[388.633 553.38 692.93 800.85 878.43 570.4 734.88 889.1];
Ecdd=diff(Ec);
x1=sqrt(XX.*(XX+1));
x2=sqrt((XX-2).*(XX-1));
Ihe=(4*XX-2)./Eedd;
Ihc=(4*XX-2)./Ecdd;
hwe=Eedd./(x1-x2);
hwc=Ecdd./(x1-x2);
R=((Ee - Ec)./Ee)*100;
disp([hwe' hwc' Ihe' Ihc'])
disp([JJ' Ee' Ec' R'])
figure(1),subplot(2,1,1),plot(hwe,Ihe,'ko-',hwc,Ihc,'k-*')
xlabel('hw (keV)'), ylabel('2\vartheta/ h^2 (keV)^-1')
legend('exp','calc.')
subplot(2,1,2),plot(XX,Eedd,'ko-',XX,Ecdd,'k-*')
xlabel('J'), ylabel('E_\gamma (keV)')
legend('exp','calc')
figure(2),subplot(2,1,1),plot(hwe,XX,'ko-',hwc,XX,'k-*')
xlabel('hw (keV)'), ylabel('J(h)')
legend('exp','calc')
subplot(2,1,2),plot(XX,Ihe,'ko-',XX,Ihc,'k-*')
xlabel('J(h)'), ylabel('2\vartheta/h^2 (keV) ^-1')
legend('exp','calc')
figure(3),plot(JJ.*(JJ+1),Ee,'ko-',JJ.*(JJ+1),Ec,'k*')
xlabel('J(J+1)'),ylabel('E(keV)')
legend('exp','calc')
j=JJ;
[r d]=size(j);
X=[1 1.2];X1=[1.3 1.5];% this control by length of line
for i=1:d
de=[Ee(i) Ee(i)];
de1=[Ec(i) Ec(i)];
hold on;
figure(4), plot(X,de,'k',X1,de1,'k')
end
gtext('0^+');gtext('2^+');gtext('4^+');gtext('6^+');gtext('8^+');gtext('10^+')
gtext('12^+');gtext('14^+');gtext('16^+')
gtext('0^+');gtext('2^+');gtext('4^+');gtext('6^+');gtext('8^+');gtext('10^+')
gtext('12^+');gtext('14^+');gtext('16^+')

```