

التغير في خصائص نظائر الباريوم $^{126-132}\text{Ba}$ الزوجية - الزوجية

عماد ممدوح أحمد زينة حميد صالح

قسم الفيزياء / كلية التربية

جامعة الموصل

القبول

2011 / 10 / 05

الاستلام

2011 / 06 / 14

Abstract

The energy of the first excited state ($E2_1^+$), and $E4_1^+ / E2_1^+$, $E6_1^+ / E2_1^+$, and $E8_1^+ / E2_1^+$ for $^{126-132}\text{Ba}$ even-even isotopes are compared with the standard values for the three limits, the vibration U(5), gamma-soft O(6) and the rotational SU(3). The back-bending curve and the relation between E_γ / I as a function of I (E-GOS) are drawn for these isotopes to have more information about their properties. Calculation of the energy of different states along the yrast region has been done using the standard relations for each limit, U(5), O(6) and SU(3) and a comparison with the experimental data show that they have the γ -soft O(6) property for low-lying states and a O(6) – U(5) property for the high states, except for ^{132}Ba that shows a O(6) – U(5) property for all these states with different values of parameters along the yrast region. The interacting boson model IBM-1 has been used to calculate the energy of different states along the yrast region applying a suitable limit for each isotopes. A program with MATLAB 6.5 has been built for this purpose. A good agreement with the experimental data was obtained.

الخلاصة

تم مقارنة مواقع حالات التهيج الأولى ($E2_1^+$) والنسب $E4_1^+ / E2_1^+$ و $E6_1^+ / E2_1^+$ و $E8_1^+ / E2_1^+$ لنظائر الـ $^{126-132}\text{Ba}$ الزوجية - الزوجية مع مواقعها للحالات القياسية للتحديدات الثلاثة، الاهتزازية U(5) وكاما الناعمة O(6) والدورانية SU(3). رسمت منحنيات الانحناء الخلفي وطاقة كاما مقسومة على البرم E_γ / I دالة للبرم I ، (E-GOS)، لزيادة المعلومات

عن خصائص هذه النظائر. حسب طاقات الحالات الأدنى yrast باستخدام المعادلات القياسية لكل تحديد ومقارنتها مع القيم العملية لاكمال المعلومات عن خصائصها، واتضح ان النظائر المدروسة في هذا البحث لها الخصائص $O(6)$ عند حالاتها الواطئة وتتغير خصائصها الى المنطقة الانتقالية $O(6)-U(5)$ عند حالاتها العالية، عدا النظير ^{132}Ba حيث له خصائص المنطقة الانتقالية $O(6)-U(5)$ لكل حالاته ولكن بمعاملات مختلفة لمنطقتين فيه. واستخدم نموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 لحساب طاقة حالات النظائر المدروسة وحسب التحديد الذي ينتمي اليه كل نظير، حيث تم بناء برنامجا باستخدام MATLAB 6.5، وقورنت النتائج مع القيم العملية وكانت متفقة.

المقدمة

تعد النواة منظومة كمية تحتوي على مجموعة من النيكليونات تشكل قلبا هامدا بأحد الاعداد السحرية ونكليونات، خارج القلب الهامد، تتفاعل مع بعضها بطرائق مختلفة لتوليد الجهد الخاص بكل نواة، وبحالات تهيج خاصة. إذ وضعت العديد من الانموذجات لدراسة التركيب النووي، ويعد الانموذج التجميعي [Bohr and Mottelson, 1953] من انجح الانموذجات التي وضعت لدراسة التركيب النووي. تمتلك النوى الزوجية - الزوجية حالات تهيج بأعداد زوجية وتمائل موجب 0_1^+ و 2_1^+ و 4_1^+ و 6_1^+ , والحالات 0_2^+ و 2_2^+ و 4_2^+ و 6_2^+ , ولها حالات 3_1^+ و 5_1^+ و 6_3^+ و 4_3^+ و 3_2^+ و 2_3^+ [Cohen , 1971]. تتغير طاقة حالات التهيج الاولى ($E_{2_1^+}$) باختلاف النواة فتأخذ على التوالي القيم التقريبية (500, 300, 100 keV) للنوى الدورانية $SU(3)$ كما الناعمة $O(6)$ والاهتزازية $U(5)$ [Bohr, A. and Mottelson, B., 1975].

تتشكل حزمة الطاقات الأدنى الـ yrast من تقاطع الحزمتين الارضية. g.b وحزمة اخرى تتشكل فوقها s.b. ثم تتقاطع معها عند موقع معين لتأخذ مكان الحزمة الارضية في مواقع الطاقات الأدنى [Greiner and Maruhn, 1996]. تعد منطقة الـ yrast مهمة جدا في دراسة خصائص النواة، لما يحدث فيها من تغير قيم الطاقات نتيجة لتغير عزم القصور الذاتي وحدوث انحناء خلفي في طاقة كما المنبعثة [Gross, 1973]، [Burcham, 1989]، كما ان رسم العلاقة بين طاقة كما مقسومة على البرم E_γ / I دالة للبرم I ، منحني (E- GOS) يوفر مزيدا من المعلومات على هذه المنطقة.

لاحظ [Sevrin, et al., 1987] انحرافا في خصائص بعض نظائر الباريوم القريبة من ($A=130$) عند التحديد $O(6)$ نحو التحديد $SU(3)$. واستخدم [Brentano, et al., 1988] نموذج IBM-1 لحساب طاقات بعض نظائر الباريوم. واعتبر [Mittal and Devi, 2009]

نظائر الباريوم القريبة من ($A=130$) ذات خصائص التحديد ($O(6)$) مع بعض الانحراف غير المفسر في هذا التحديد.

يعد انموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 [Arima and Iachello,1974] ناجحا في حساب طاقة الحالات المختلفة للنوى الزوجية - الزوجية، إذ يتم اعتبار كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا تتفاعل هذه البوزونات مع بعضها بطرائق وشدات مختلفة حسب نوع النواة. تم اعتبار ثلاث تحديدات مختلفة للنوى ($U(5)$ و ($O(6)$ و ($SU(3)$ ونوى اخرى ذات خصائص انتقالية بين هذه التحديدات وبهاملتون يختلف لكل تحديد [Arima and Iachello,1976,1978,1979].

في هذا البحث تم التعرف على خصائص بعض نظائر الباريوم $^{126-132}\text{Ba}$ الزوجية - الزوجية والتغير الذي يحصل فيها على طول منطقة الـ yrast من خلال دراسة طاقات حالات التهيج الاولى ($E2_1^+$) والنسب $E4_1^+ / E2_1^+$ و $E6_1^+ / E2_1^+$ و $E8_1^+ / E2_1^+$ واشكال منحنيات الانحناء الخلفي و (E-GOS) وقيم الطاقات المحسوبة باستخدام المعادلات الخاصة بكل تحديد. واستخدم انموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 لحساب طاقة حالات نظائر الباريوم $^{126-132}\text{Ba}$ وحسب التحديد الذي ينتمي اليه كل نظير، حيث تم لهذا الغرض بناء برنامجا باستخدام MATLAB 6.5 تم استخدام المعاملات الخاصة والمناسبة لكل تحديد وادخلت في معاملات القيم الذاتية الخاصة وحسبت طاقة الحالات المختلفة على طول منطقة الـ yrast وقورنت مع القيم العملية وكانت متفقة.

النظرية

ان انماط الحركة الجماعية للنواة تولد حالات زخوم بطاقات مختلفة. تعطى طاقة حالات المهتز التوافقي بالمعادلة [Scharff-Goldhaber and Weneser, 1955]

$$E_I = n\hbar\omega \dots\dots\dots(1)$$

تمثل n عدد الفونونات وتساوي $I/2$ و ω هي التردد الزاوي.

تعطى طاقة الحالات المختلفة للدوار بالمعادلة: [Bohr and Mottelson,1953]

$$E_I = \frac{\hbar^2}{2\theta} I(I+1) \dots\dots\dots(2)$$

حيث أن (θ) هو عزم القصور الذاتي للنواة و I برمها.

يعطى عزم القصور الذاتي للنواة عند حالاتها المختلفة وعند ($I \rightarrow \infty$) بالمعادلة:

: [Wong,1990]

$$\frac{2\mathcal{G}}{\hbar^2} = \frac{4I-2}{E(I)-E(I-2)} = \frac{4I-2}{E_\gamma} \dots\dots\dots (3)$$

وتعطي الطاقة الدورانية عند انتقال النواة بين الحالتين I و (I-2) بالمعادلة:
[Sorensen,1973]

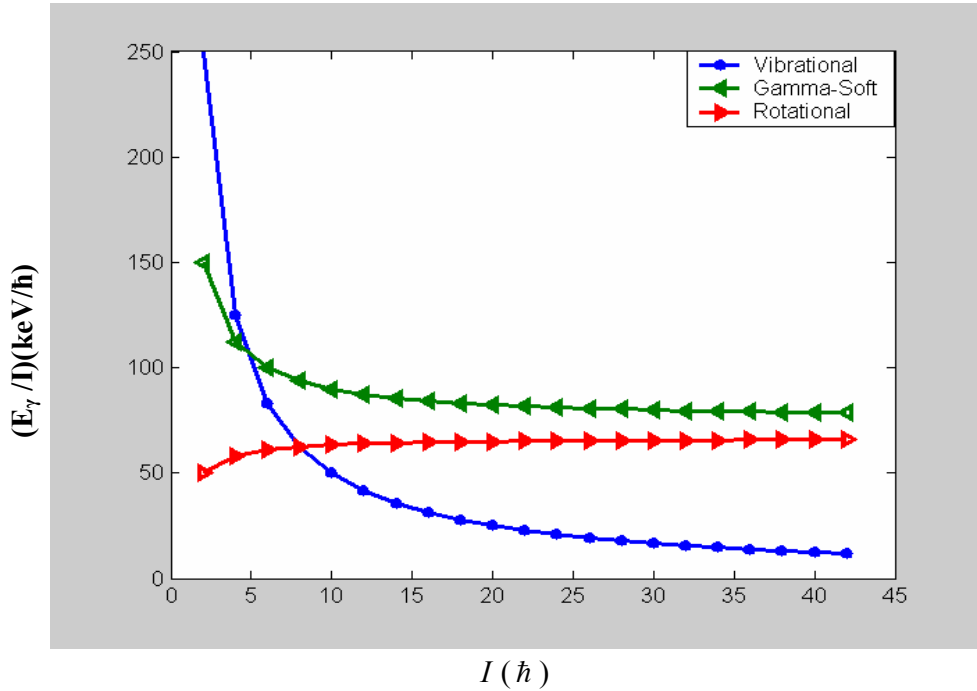
$$\hbar\omega = \frac{E(I)-E(I-2)}{\sqrt{I(I+1)}-\sqrt{(I-2)(I-1)}} = \frac{E_\gamma}{\sqrt{I(I+1)}-\sqrt{(I-2)(I-1)}} \dots\dots\dots(4)$$

قدّم [Regan,2003] فكرة جديدة للتعرف على خصائص النوى المختلفة وذلك برسم العلاقة بين (E_γ / I) و I للتحديدات الثلاثة باستخدام المعادلات (5,6,7) والشكل (1) يبين ذلك.

$$\text{Vibration } E_\gamma(I \rightarrow I-2)/I = \hbar\omega/I \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Rotation } E_\gamma(I \rightarrow I-2)/I = \frac{\hbar^2}{2\mathcal{G}} \times (4-2/I) \dots\dots\dots(6)$$

$$\gamma\text{-soft } E_\gamma(I \rightarrow I-2)/I = \frac{E2_1^+}{4} (I+2/I) \dots\dots\dots(7)$$



الشكل (1) : منحنى (E-GOS) للحالات المثالية الثلاث [Regan 2003]

في انموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 [Arima and Iachello,1974] تكون البوزونات على نوعين، بوزونات بيزم صفر تدعى بوزونات s وبوزونات بيزم 2 تدعى d ويكون عدد البوزونات الكلية هو:

$$N=n_s+n_d \dots\dots\dots(8)$$

لهذه البوزونات 6 ابعاد تشكل زمرة وحدوية من النوع U(6) تختزل الى ثلاثة انواع من الزمر لثلاثة انواع من النوى، الاهتزازية U(5) وكاما الناعمة O(6) والدورانية SU(3) [Arima and Iachello,1976,1978,1979] ويعطى الهاملتون بصيغة متعدد القطبية

بالمعادلة: [Scholten ,et.al.. 1978]

$$H = \varepsilon \hat{n}_d + a_0 \hat{P}^+ \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \dots\dots\dots (9)$$

حيث ان a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 هي معاملات شدة كل نوع من التفاعل وان الحدود الستة تمثل على التوالي تفاعلات البوزونات الذاتية والاقتران والزخم الزاوي ورباعي وثمانى وستة عشر القطبية. وأن القيمة الذاتية لهاملتون النوى الاهتزازية هي [Casten and Warner, 1988]

$$E(L, K_1, K_4, K_5) = \varepsilon \hat{n}_d + K_1 n_d (n_d + 4) + K_4 v(v + 3) + K_5 L(L + 1) \dots\dots\dots(10)$$

حيث أن (n_d) تمثل عدد بوزونات (d) وتعزّف بـ [Iachello and Arima, 1987]:
 $n_d = N, N-1, \dots, 1, 0$ حيث تمثل N عدد البوزونات الكلية و (v) عدد بوزونات (d) غير المرتبطة إلى زخم زاوي صفري وتعطى بـ [Arima and Iachello, 1987]:

$v = n_d, n_d - 2, \dots, 1$ or 0 ($n_d = \text{odd or even}$) وان L تمثل الزخم الزاوي الكلي للنواة وتعطى بـ: $L = \lambda, \lambda + 1, \dots, 2\lambda - 2, 2\lambda$ حيث ان λ هي الرخم الزاوي للبوزونات $\lambda = n_d - 2n_\beta - 3n_\Delta$ وأن (n_β) تمثل عدد ازواج البوزونات المرتبطة لزخم زاوي صفري وأن (n_Δ) تمثل عدد ثلاثيات البوزونات المرتبطة الى زخم زاوي صفري ويلاحظ أن $(L = 2\lambda - 1)$ غير مسموح بها. وأن K_1 و K_4 و K_5 تمثل قوة تأثير كل حد. بينما القيمة الذاتية للنوى الدورانية تعطى بالمعادلة: [NSDD ,2005]

$$E(\lambda, \mu, L) = K_2 (\lambda^2 + \mu^2 + 3(\lambda + \mu) + \lambda\mu) + K_5 L(L + 1) \dots\dots\dots(11)$$

حيث تمثل (λ) و (μ) الأعداد الكمية المختزلة لعدد البوزونات (N) وتعطى بالمعادلة:-

$$(\lambda, \mu) = (2N, 0) \oplus (2N - 4, 2) \oplus (2N - 8, 4) \oplus \dots \oplus \begin{cases} (0, N) & \{ N = \text{even} \\ (2, N - 1) & \{ N = \text{odd} \end{cases}$$

$$\oplus (2N - 6, 0) \oplus (2N - 10, 2) \oplus \dots \oplus \begin{cases} (0, N - 3) & \{ N - 3 = \text{even} \\ (2, N - 4) & \{ N - 3 = \text{odd} \end{cases}$$

$$\oplus (2N - 12, 0) \oplus (2N - 16, 2) \oplus \dots \oplus \begin{cases} (0, N - 6) & \{ N - 6 = \text{even} \\ (2, N - 7) & \{ N - 6 = \text{odd} \end{cases} \oplus \dots\dots\dots(12)$$

وان K_2 و K_5 معاملات تحدد تأثير كل حد.

أما القيمة الذاتية للنوى ذات خصائص كما الناعمة فتعطى بالمعادلة [NSDD,2005]:

$$E(\sigma, \tau, L) = K_3 [N(N + 4) - \sigma(\sigma + 4)] + K_4 \tau(\tau + 3) + K_5 L(L + 1) \dots\dots\dots(13)$$

حيث أن σ هي عدد البوزونات غير المرتبطة الى زخم زاوي صفري [Arima and Iachello, 1987] وتأخذ القيم $\sigma = N, N-2, \dots, 0$ or 1 (for even or odd Number of boson)-: وأن (τ) هي عدد بوزونات (d) غير المرتبطة إلى الزخم الزاوي صفري ويعطى بـ [Arima and Iachello, 1979]: $\tau = \sigma, \sigma - 1, \dots, 0$ ولمنطقة الـ $yrast$ لا

تأثير للحد الأول حيث $(N = \sigma)$. اما K_4 و K_5 فهي معاملات تحدد تأثير كل حد. وقد يكون للنواة خصائص انتقالية بين تحديدين من التحديدات السابقة، وتعطى القيمة الذاتية للنوى ذات خصائص انتقالية بين التحديدين $O(6) - U(5)$ المناسب للنظائر قيد الدراسة في هذا البحث ولمنطقة الـ $yrast$ بالمعادلة [Arima and Iachello, 1987]:

$$E(\varepsilon, K_4, K_5) = \varepsilon n_d + K_4 \tau(\tau + 3) + K_5 L(L + 1) \dots \dots \dots (14)$$

والرموز كما عرفت سابقا.

الحسابات والنتائج

للحصول على معلومات اولية عن خصائص نظائر الباريوم $^{126-132}\text{Ba}$ الزوجية - الزوجية تم دراسة مواقع حالات التهيج الأولى $(E2_1^+)$ والنسب $E4_1^+ / E2_1^+$ و $E6_1^+ / E2_1^+$ و $E8_1^+ / E2_1^+$ ومقارنتها مع القيم الخاصة بالتحديدات الثلاثة والجدول (1) يبين ذلك.

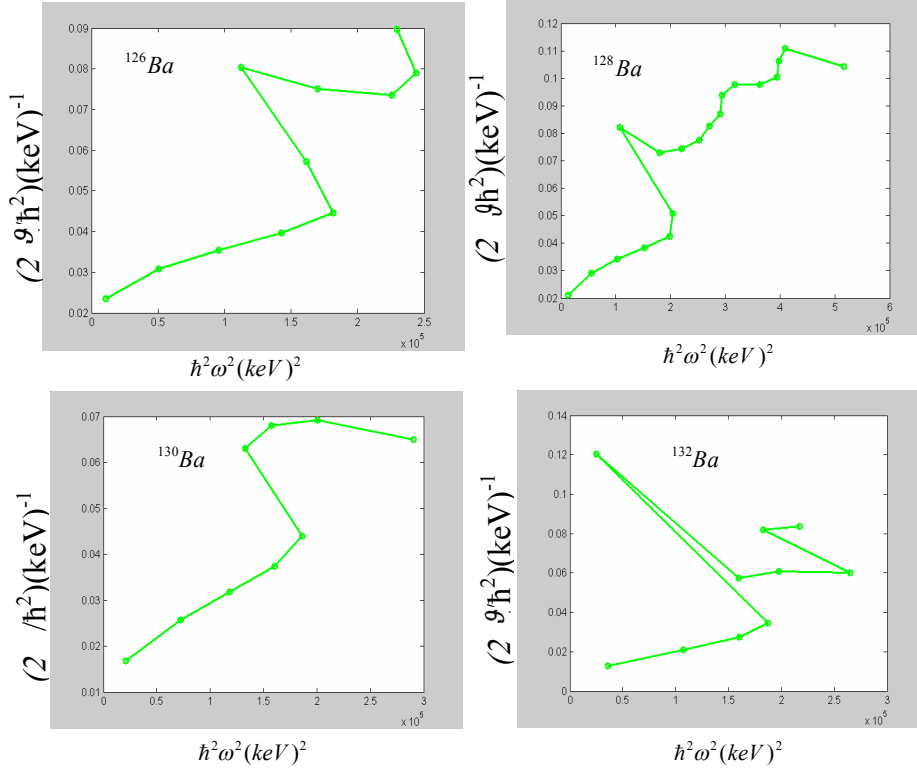
الجدول(1): القيم القياسية لطاقة التهيج الأولى $E2_1^+$ و النسب $EI_1^+ / E2_1^+$ للتحديدات الثلاثة، الاهتزازية و كما الناعمة و الدورانية.

$E2_1^+$ and $EI_1^+ / E2_1^+$	U(5)	O(6)	SU(3)	$^{126}\text{Ba}^{*1}$	$^{128}\text{Ba}^{*2}$	$^{130}\text{Ba}^{*3}$	$^{132}\text{Ba}^{*4}$
$E2_1^+ (keV)$	500	300	100	256	284	357.38	464.5
$E4_1^+ / E2_1^+$	2.0	2.5	3.3	2.7	2.687	2.520	2.427
$E6_1^+ / E2_1^+$	3.0	4.5	7	5.2	4.953	4.456	4.159
$E8_1^+ / E2_1^+$	4.0	7	12	8.16	7.704	6.701	6.028

The experimental values are taken from:

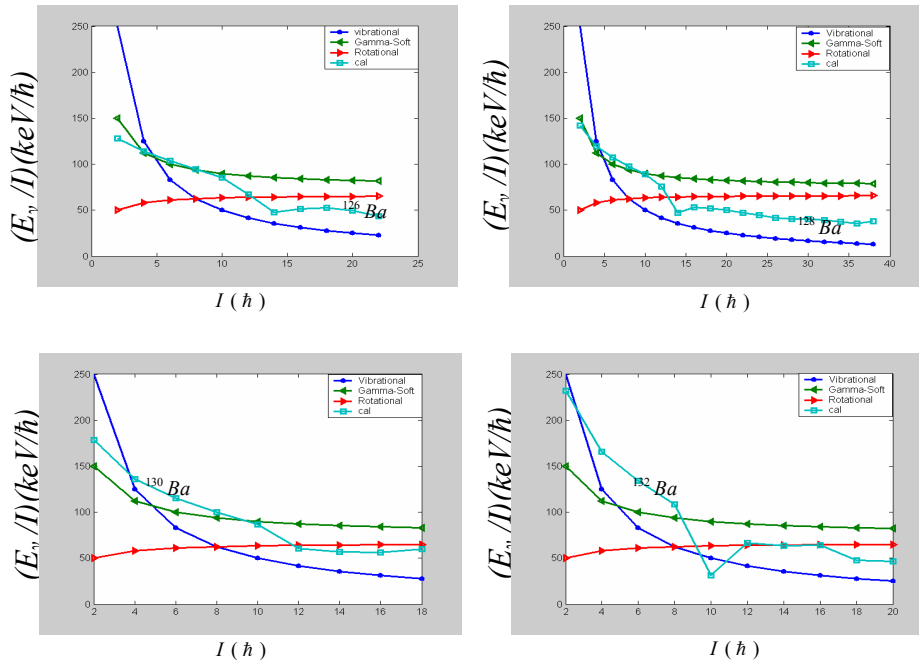
- *1: [Kata ,et. al.. 2002]
- *2: [Kanbe, et. al.. 2001]
- *3: [Sinjh,..2001]
- *4: [Khazov, et. al.. 2005]

تم حساب عزم القصور الذاتي ومربع الطاقة الدورانية بالاعتماد على المعادلتين (3,4) ورسم منحنى الانحناء الخلفي والشكل (2) يبين ذلك.



الشكل (2): عزم القصور الذاتي دالة لمربع الطاقة الدورانية لنظائر $^{126-132}\text{Ba}$

رسم منحنى (E-GOS) لهذه النظائر بالاعتماد على القيم العملية لطاقة كاما (المصادر المذكورة في الجدول (1)) واسقاطها على المنحنى القياسي للتحديدات الثلاثة والشكل (3) يبين ذلك.



الشكل(3): منحنى (E-GOS) للنظائر $^{126-132}\text{Ba}$ مقارنة مع المنحنى القياسي للتحديدات الثلاثة

استخدمت المعادلتان (14, 13) في حساب المعاملات الخاصة لكل نظير مرتين على طول منطقة الـ yrast. حيث تم الاعتماد على حالات الحزمة yrast للمنطقة ذات خصائص كما الناعمة، واعتمد على الحزمتين yrast و β -vibration والجدول (2) يبين ذلك.

الجدول (2): قيم المعاملات الخاصة بأنموذج البوزونات المتفاعلة للحالات المختلفة في نظائر $^{126-132}\text{Ba}$

Isotopes	states	limit	ε (keV)	K_4 (keV)	K_5 (keV)
^{126}Ba	2-10	O(6)	-	64.59	3.25
	12-18	U(5)-O(6)	574.6	-40.22	15.83
^{128}Ba	2-10	O(6)	-	63.73	4.844
	12-16	U(5)-O(6)	601.91	-33.44	13.98
^{130}Ba	2-8	O(6)	-	113.35	-11.58
	10-14	U(5)-O(6)	597.99	-32.78	14.37
^{132}Ba	2-8	U(5)-O(6)	236.35	44.15	8.58
	10-12	U(5)-O(6)	426.96	12.38	4.41

بادخال المعاملات المحسوبة في المعادلتين الخاصة بالتحديد O(6) والمنطقة الانتقالية O(6) - U(5) تم حساب طاقة الحالات المختلفة باستخدام المعادلات القياسية للتحديدات الثلاثة وباستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 على طول منطقة الـ yrast وقورنت حسابات IBM-1 مع القيم العملية وحسب مقدار الخطأ الناتج عن الحسابات بالمعادلة:-

$$\Delta (\%) = \frac{E_{\text{exp}} - (E_{\text{cal.}})_{\text{IBA-1}}}{E_{\text{exp}}} \times 100 \quad \dots \dots \dots (15)$$

الجدول (3): طاقة الحالات المختلفة للنظير ^{126}Ba

I^π	Experimental	Calculated					
	E exp(keV)*	E_γ (keV)	Vibrator ₀	γ - Soft	Rotor	IBA-1(keV)	$\Delta\%^{**}$
2_1^+	256	256	256	256	255.9	278	-8.5
4_1^+	711	384	512	640	853.3	711	0
6_1^+	1332	512	768	1152	1791.9	1300	2.4
8_1^+	2089	640	1024	1792	3071.9	2043	2.2
10_1^+	2942	768	1280	2560	4693.2	2942	0
12_1^+	3747	896	1536	3456	6655.8	3747.0	0
14_1^+	4419	1024	1792	4480	8959.8	4533.5	-2.5
16_1^+	5244	1152	2048	5632	11605.1	5366.2	-2.3
18_1^+	6195	1280	2304	6912	14591.7	6245.2	-0.8

* Ref.= [Kata Kura,j.et al 2002]

**From equ (15)

الجدول (4) طاقة الحالات المختلفة للنظير ^{128}Ba

I^π	Experimental	Calculated					
	E exp(keV)*	(keV) E_γ	Vibrator _o	$\gamma - Soft$	Rotor	IBA-1(keV)	$\Delta\%^{**}$
2_1^+	284	284	284	284	284	284	0
4_1^+	763.3	426	568	710	946.6	734	3.8
6_1^+	1406.8	568	852	1278	1988	1350.7	-4.15
8_1^+	2188	710	1136	1988	3408	2133.3	-2.56
10_1^+	3082.2	852	1420	2840	5206.0	3082	0
12_1^+	3988.1	994	1704	3834	7384	3988	0
14_1^+	4645.9	1136	1988	4970	9940	4810	-3.5
16_1^+	5495.9	1278	2272	6248	12874.6	5678	-3.3

*Ref.= [Kanbe,M., et al 2001]

** From equ (15)

الجدول (5): طاقة الحالات المختلفة للنظير ^{130}Ba

I^π	Experimental	Calculated					
	E exp(keV)*	(keV) E_γ	Vibrator _o	$\gamma - Soft$	Rotor	IBA-1(keV)	$\Delta\%^{**}$
2_1^+	357.38	357.3	357.3	357.3	357.3	383.9	-7.4
4_1^+	901.8	536.0	714.7	893.4	1191.2	901.8	0
6_1^+	1592.8	714.7	1072.1	1608	2501.6	1553.8	2.4
8_1^+	2395.0	893.4	357.3	2501.4	4288.5	2339.8	2.3
10_1^+	3259.8	1072.1	1786.9	3573.5	6551.9	3259.8	0
12_1^+	3989.6	1250.8	2144.2	4824.3	9291.8	4060.1	-1.7
14_1^+	4783.3	1429.5	2501.6	6253.8	12508.2	4909.7	-2.6

* Ref.= [Sinjh, B.2001]

** From equ (15)

الجدول (6): طاقة الحالات المختلفة للنظير ^{132}Ba

I^π	Experimental	Calculated					
	E exp(keV)*	(keV) E_γ	Vibrator _o	$\gamma - Soft$	Rotor	IBA-1(keV)	$\Delta\%^{**}$
2_1^+	464.5	464.5	464.5	464.5	464.5	465	-0.1
4_1^+	1127.6	696.7	929.0	1161.2	1548.3	1086	3.6
6_1^+	1931.9	929.0	1393.5	2090.2	3251.5	1865	3.4
8_1^+	2800.1	1161.2	1858.0	3251.4	5574.0	2800.1	0

التغير في خصائص نظائر الباريوم 126-132Ba الزوجية - الزوجية.

10_1^+	3116.1	1393.5	2322.5	4644.9	8515.9	3116.1	0
12_1^+	3915.7	1625.7	2787.0	6270.6	12077.2	3919.6	≈ 0

* Ref.= [Khazov, Yu. et al 2005]

** From equ (15)

المناقشة

الجدول (1) يبين مقارنة بين قيم حالة التهيج الأولى ($E2_1^+$) والنسب $E4_1^+ / E2_1^+$ و $E6_1^+ / E2_1^+$ و $E8_1^+ / E2_1^+$ ، يتضح من هذا الجدول ان نظائر $^{126-132}\text{Ba}$ قريبة من التحديد O(6) في حين ان النظير ^{132}Ba له خصائص المنطقة الانتقالية O(6) – U(5). وللتأكد من خصائص نظائر الـ $^{126-132}\text{Ba}$ على طول منطقة الـ yrast تم رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $2g / \hbar^2$ ومربع الطاقة الدورانية $(\hbar\omega)^2$ والشكل (2) يبين ذلك حيث يتضح ان هناك انحناء خلفيا قد ظهر بعد الحالة (10_1^+) للنظائر $^{126,128,132}\text{Ba}$ اما النظير ^{130}Ba فقد ظهر انحناء خلفي له بعد الحالة (8_1^+). ان ظهور الانحناء الخلفي دليل على التغير الذي حصل في خصائص هذه النظائر على طول منطقة الـ yrast والشكل (3) يبين العلاقة بين E_γ / I مع البرم (E-GOS)I، حيث يتضح عدم استمرار المنحني على نفس النسق على طول منطقة الـ yrast مما يوفر دليلا اضافيا على التغير في خصائص هذه النظائر حيث يلاحظ من الشكل (3) أن شكل المنحني لكل نظير من النظائر المدروسة لا يتماشى مع أحد المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة U(5) و O(6) و SU(3) فنلاحظ أن شكل المنحني للنظير ^{126}Ba يبدأ بالتحديد O(6) ثم يحصل به هبوط نحو التحديد U(5) مما يجعله ذات خصائص انتقالية O(6) – U(5) ونفس الخصائص تنطبق على النظيرين ^{128}Ba و ^{130}Ba أما النظير ^{132}Ba فيتضح من شكل المنحني انه يبدأ قريبا من التحديد U(5) ثم لا يهبط بسرعة كما هو الحال للتحديد U(5) بل يهبط ببطء متماشيا مع خصائص التحديد O(6) ثم يحصل هبوط سريع وإعادة صعود مما يجعله يمتلك خصائص الحالة الانتقالية بين التحديدين O(6) – U(5) ولكن بأغلبية مختلفة بين المنطقتين (2-8) و (10-20).

ان حساب قيم طاقة المستويات المختلفة لهذه النظائر باستخدام المعادلات القياسية للتحديدات الثلاثة، الاهتزازية وكاما الناعمة والدورانية المعادلات (7,2,1)، والمبينة قيمها في الجداول (6,5,4,3) تظهر ان هذه النظائر يغلب عليها خصائص كاما الناعمة ويظهر تأثير الخصائص الاهتزازية خصوصا عند القيم العالية للبروم فوق الحالة 8^+ .

استخدم نموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 لحساب حالات الطاقة لنظائر $^{126-132}\text{Ba}$ باستخدام المعادلتين (13,14) الخاصتين بالتحديد كاما الناعمة (6) والمنطقة الانتقالية O(6) – U(5). والجدول (2) يبين قيم المعاملات الخاصة لكل نظير على طول منطقة الـ yrast، ويتضح من هذا الجدول ان نظائر $^{126-130}\text{Ba}$ قد بدأت بخصائص التحديد O(6) حيث لا قيمة للمعامل ϵ مع قيم متقاربة للمعامل K_4 للنظيرين $^{126,128}\text{Ba}$ (64.59 و 63.73 keV) وضعف القيمة تقريبا للنظير ^{130}Ba (113.34 keV) مما يعني ان تأثير التحديد O(6) على النظير ^{130}Ba اكبر من تأثيره على النظيرين $^{126,128}\text{Ba}$.

ويلاحظ في الجدول (2) ان النظائر $^{126-130}\text{Ba}$ قد غيرت خصائصها بعد الحالة (10_1^+) للنظيرين $^{126,128}\text{Ba}$ وبعد الحالة (8_1^+) للنظير ^{130}Ba حيث أثر المعامل ε وقيم مقاربة (keV) 574.6 و 601.91 و 597.99 مع تغير قيم المعامل K_4 واخذ القيم السالبة والمتقاربة أيضاً (-40.22 keV و -33.44 و -32.78) مما يعني ان التحديد الاهتزازي قد اثار وبشكل ملحوظ في هذه الحالات. اما النظير ^{132}Ba فواضح من الجدول (2) ان هذا النظير قد احتفظ بخصائص المنطقة الانتقالية $O(6) - U(5)$ مع زيادة تأثير $O(6)$ عند المنطقة (8-2) حيث صغر قيمة المعامل ε وكبر قيمة المعامل K_4 وزيادة تأثير $U(5)$ عند المنطقة (20-10) حيث زيادة قيمة المعامل ε وصغر قيمة المعامل K_4 .

تم الاعتماد على حالات الحزمة الارضية في تحديد قيم المعاملات الخاصة بالتحديد كما الناعمة وتم الاعتماد على الحزمتين الارضية و β -vibration لتحديد قيم معاملات المنطقة الانتقالية $O(6) - U(5)$ وذلك لعدم امكانية الحصول على قيم هذه المعاملات بالاعتماد على حالات الحزمة yrast فقط وقد تم تخمين قيم مناسبة للحالة 0_2^+ في الحزمة β -vibration لعدم توفر قيم عملية لهذه الحالة للنظائر المدروسة عدا النظير ^{132}Ba حيث تتوفر قيمة للحالة 0_2^+ ومؤشر عليها علامة ؟ لعدم تاكدهم من عائدتها لهذه الحالة لذا لم نعتمدها، واعتدنا على قيم تخمينية تناسب التحديد $U(5)$ والتي تحدد موقع الحالة 0_2^+ اسفل الحالة 4_1^+ .

تم بناء برنامجا MATLAB 6.5 لغرض حساب طاقة الحالات المختلفة على طول منطقة ال yrast بأدخال المعاملات ε و K_4 و K_5 الخاصة لكل نظير و يتضح من الجداول (3 و 4 و 5 و 6) ان القيم المحسوبة متقنة الى حد كبير مع القيم العملية وبمقدار خطأ لا يتجاوز (8.5%) للحالة (2_1^+) للنظير ^{126}Ba ويعود سبب ذلك الى حسن اختيار المعاملات الخاصة بكل نظير وأخذ التغير الحاصل في خصائصه بالأعتبار.

الاستنتاجات

يتبين من خلال الدراسة الحالية أن نظائر الباريوم $^{126-132}\text{Ba}$ لها خصائص $O(6)$ عند حالاتها المنخفضة وتتغير خصائصها الى المنطقة $O(6) - U(5)$ عند حالاتها العالية عدا النظير ^{132}Ba إذ تبين أن له خواص $O(6) - U(5)$ لكل حالاتها ولكن بمعدلات مختلفة لمنطقتين فيه وكان هناك اتفاق جيد بين الحسابات الحالية لطاقات النظائر حسب نموذج IBM-1 ونتائج القياسات.

المصادر

- 1) Arima, A; and Iachello, F; (1974) "**Boson symmetries in vibrational nuclei**". phys.Lett.13,Vol.53,309.
- 2) Arima, A; and Iachello, F; (1976) "**Interacting Boson Model of Collective States I. The Vibrational Limit**", Ann. Phys. Vol. 99, (293-317).
- 3) Arima, A; and Iachello, F; (1978) "**Interacting Boson Model of Collective States II. The Rotational Limit**", Ann. Phys. 111, (201-238).
- 4) Arima, A; and Iachello, F;(1979) "**Interacting Boson Model of Collective Nuclear States IV. The O(6) Limit**", Ann. Phys. Vol. 123, (468-492).
- 5) Arima, A; and Iachello, F; (1987) "**The Interacting Boson Model (3)**", Cambridge University press.
- 6) Bohr, A.; and Mottelson, B.R.; Mat. Fys. Medd. K. Dan vidensk selsk.27,16, (1953), Burcurescu, D., "**Physics of N=Z and N=Z+1 nuclei in the A=80-100 region**".
- 7) Bohr, A; and Mottelson, B. R; (1975) "**Nuclear Structure**", Vol. II, Nuclear deformation, Banjamen, W. A., Inc. Canada.
- 8) Brentano., p. Von, Gelberg., A, and Harissopulos., S; (1988), "**Test of the O(6) character of nuclei near A=130**", phys.Rev.C,Vol-38, N 5.
- 9) Burcham, W.E.; (1989), "**Elements of nuclear physics**" Longman inc., New York.
- 10) Casten. R.F; and Warner, D.D; (1988), "**Interacting Boson Approximation**", Rev.mod.Phys,60:389-465.
- 11) Cohen, B.L., (1971), "Concepts of nuclear physics, Tata mcgraw-Hill publishing company ltd.
- 12) Greiner. W; and Maruhn, J. A; (1996), "**Nuclear models**", spring-Verlag Berlin Heidelberg Newyork.
- 13) Gross, E.; Stephens, F.S.; and Diamond, R.M.; (1973) "**Test of Backbending Models using odd – Nuclei**" phys.Lett.B45.417.
- 14) Kata Kura, j. and Kitao, k.(2002) "**nuclear data sheets**" 97,765 Data from AR_84_1.ens.
- 15) Kanbe, M. kitao, k. (2001) "**nuclear data sheets**" 227 Data from AR_84_5.ens.
- 16) Khazov, Yu., Rodionov, A., Sakharov, S., Sinjh, B.(2005) "**nuclear data sheets**" 104-497 Data from AR_84_12.ens.
- 17) Mittal, H.M.; and vidya Devi; (2009), "**Evidence for possible O(6) symmetry in A=120-200 mass region**" ,Vol.2,pp.146-156 Amercian journal of physics.
- 18) NSDD Workshop, Triste, (2005).
- 19) Regan, P.H; Beausang. C.W; Zamfir, N.V; Casten, R.F; Zhang, J.; Hutter. C; Yamamoto, A.D; Caprio. M.A; Gürdal G; Hecht, A.A; Krückn. R; Langdown. S.D; Meyer. D.A; and Ressler, J.J.(2003),

- "Signature for vibrational to relational evolution along the yrast line". phys, Rev, Lett, vol90, No.15.
- 20) Scharff-Goldhaber and Weneser, J; phys. Rev.98, 212 (1955) (cited by Ref. Regan et al (2003)).
- 21) Scholten, Iachello, F; and Arima, A; (1978) "Interacting Boson SU(5) to SU(3)", Ann.Phys. 115:325-366. **Model of Collective Nuclear States III. The Transition Form.**
- 22) Sevrin, A.; Heyde, K., and Jolie, J.; (1987) "Triaxiality in the proton - neutron interacting boson model: perturbed O(6) symmetry with application to the mass $A \approx 130$ Xe, Ba nuclei" phys. Rev. C, Vol. 36,N6.
- 23) Sinjh, B., (2001) "nuclear data sheets" 93-33 Data from AR_84_9.ens.
- 24) Sorenson, R. A; (1973), "Nuclear Moment of Inertia at High Spin". Rev. Mod. phys, 45(3): 353-367.
- 25) Wong, S. M; (1990) "Introductory Nuclear Physics" prentice-Hall International", Inc

البرنامج المستخدم في البحث

% This Program to Calculate the Energy Levels
 %The first Loop to Calculate Energy Levels for γ - soft limit
 %The second Loop to Calculate Energy Levels for vibrational - γ - soft transitional limit.

```
% O(6)
clc
L1=2 ; L2=8;
a=[L1/2.*(L1/2+3) L1.*(L1+1) ; L2/2.*(L2/2+3) L2.*(L2+1)];
b=[ E21 ; E81 ] ;
K= inv (a)* b ;
L=2:2:10;
E= K(1)*L/2.*(L/2+3) + K(2)*L.*(L+1)

% U(5)- O(6)
clc
L1= 0 ;L2= 26 ; L3= 40 ;
nd1= 2 ; nd2 =13 ; nd3=20 ;
T1= 3; T2=13 ; T3=20;
a=[nd1 T1.*(T1+3) L1.*(L1+1) ; nd2 T2.*(T2+3) L2.*(L2+1) ; nd3
T3.*(T3+3) L3.*(L3+1)];
b=[ E02 ; E26; E40 ] ;
K= inv (a)* b ;
L=12:2:18;
E= K(1)*L/2 + K(2)*L/2.*(L/2+3) + K(3)*L.*(L+1)
```