

اختبار تناظر النقطة الحرجة  $X(5)$  لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات  $N=90$

مشتاق عبد داود الجبوري

## اختبار تناظر النقطة الحرجة $X(5)$ لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات الزوجية- الزوجية ذات $N=90$

مشتاق عبد داود الجبوري

جامعة الموصل، كلية التربية، قسم الفيزياء

### المخلص

تم في هذا البحث تحديد بعض خصائص مجموعة من النويدات التي تمتلك ٩٠ نيوتروناً وهي  $^{146}\text{Ba}_{56}$ ,  $^{148}\text{Ce}_{58}$ ,  $^{150}\text{Nd}_{60}$ ,  $^{152}\text{Sm}_{62}$ ,  $^{154}\text{Gd}_{64}$ ,  $^{156}\text{Dy}_{66}$ ,  $^{158}\text{Er}_{68}$  ومن ثم تطبيق تحديد النقطة الحرجة  $X(5)$  لحساب مستويات الطاقة لحزمة ذات الزخوم الزاوية الأدنى Yrast Band لغاية الزخم الزاوي  $14^+$ .

**الكلمات المفتاحية:** تناظر النقطة الحرجة، النوى الزوجية-الزوجية، الزخوم الزاوي

### المقدمة

تعد مستويات الطاقة والانتقالات الكامية واحتمالياتها فضلاً عن عامل التشوه والعزم الرباعي القطب الكهربائي في النواة من الخصائص المهمة للتعرف عليها وتحديدتها وبيان مواقعها بين النوى المختلفة فضلاً عن بيان خصائص التركيب الذي تنتمي إليه [1]. لذا وضعت العديد من النماذج النووية لدراسة وتفسير خصائص النوى ومنها نموذج الجسيم المنفرد، وأنموذج قطرة السائل وأنموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 الخ [2,3]، فقد نجح أنموذج الجسيم المنفرد في تفسير برم وتمائل الحالة الأرضية، بينما أنموذج قطرة السائل نجح في تحديد الطاقة الرابطة أما أنموذج البوزونات المتفاعلة فقد قسمت النوى ضمن هذا الأنموذج إلى ثلاث تحدييدات، التحديد الأهنزازي  $U(5)$ ، وتحديد كما الناعمة  $O(6)$ ، والتحديد الدوراني  $SU(3)$  [4,5]. وفي الحقبة الأخيرة ظهرت تحدييدات جديدة تخص النوى الأنتقالية وهي تناظر النقطتين الحرجتين  $X(5)$  و  $E(5)$  ولكل منها جهد خاص به [6,7]. إذ يهتم تحديد النقطة الحرجة  $E(5)$  بدراسة النوى الواقعة بين التحديدين  $U(5)$  و  $O(6)$  بينما يهتم تحديد النقطة الحرجة  $X(5)$  بدراسة النوى الواقعة بين التحديدين  $U(5)$  و  $SU(3)$  [8].

### تناظر النقطة الحرجة $X(5)$

يعتمد هذا التناظر على الجهد النووي المشوه للنوى الأنتقالية والذي يمكن تقريبه إلى جهد بئر مربع غير محدد بدلالة  $V(\beta_0)$  ولضمان الأستقرارية حول  $\gamma^0 = 0$  يمكن إضافة حد بدلالة  $V(\gamma^0)$  ويعطى الجهد النووي بالمعادلة الآتية [9].

$$V(\beta_0, \gamma^0) = V(\beta_0) + V(\gamma^0) \quad (1)$$

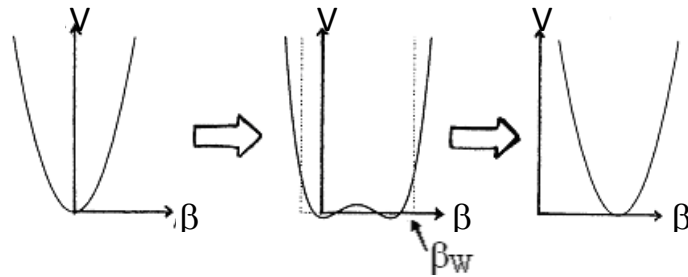
$$V(\beta_0, \gamma^0) = \begin{cases} 0, & \beta_0 \leq \beta_w \\ \infty, & \beta_0 > \beta_w \end{cases} + V(\gamma^0) \quad (2)$$

اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

ان شكل النواة يعتمد على مقدار تشوهها، فالنوى الكروية الشكل يكون فيها معامل التشوه  $\beta_0=0$  بينما يكون  $\beta_0 \neq 0$  في النوى المشوهة، أما النوى الانتقالية فيكون فيها ( $\beta_0=0$  و  $\beta_0 \neq 0$ ) والشكل (1) يوضح نموذجاً للجهد النووي بدلالة  $\beta_0$  وللنوى الكروية والانتقالية والمشوهة [9].



الشكل (1): العلاقة بين الجهد النووي بدلالة ( $\beta_0$ ) للنوى الكروية والانتقالية

يقسم حل دالة هاملتونيين لبور إلى مركبتين أحدهما جهد بئر مربع غير محدود يعتمد على معامل التشوه رباعي القطب ( $\beta$ ) والآخر جهد بئر التوافقي يعتمد على معامل التشوه

المحوري ( $V$ )، ولإيجاد القيمة الذاتية للطاقة يتطلب استخدام دالات بسل الصفرية ( $J(Z)$ ) ذات المرتبة التي تعطى بالعلاقات الآتية [7].

$$v = \left[ \frac{L(L+1)}{3} + \frac{9}{4} \right]^{0.5}$$

$$E(s, L, n_\gamma, K, M) = E_0 + B(\chi_s, L)^2 + An_\gamma + CK^2 \quad (3)$$

من الممكن معرفة النوى التي تقع ضمن تناظر النقطة الحرجة X(5) باستخدام العلاقة الآتية [10]

$$P = \frac{N_p N_n}{N_p + N_n} \approx 5 \quad (5)$$

إذ أن  $N_p$  و  $N_n$  تمثل عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة خارج القشرة المغلقة .

ومن خصائص تناظر النقطة الحرجة X(5) [8].

$$1- \text{ تكون النسبة بين } E(4_1^+) / E(2_1^+) = 2.91$$

٢- شدة الانتقالات بين المستويات Yrast (ذات الطاقة الأدنى) تظهر أن قيم احتمالية الانتقال المختزلة تزداد بزيادة الزخم الزاوي (J) .

اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

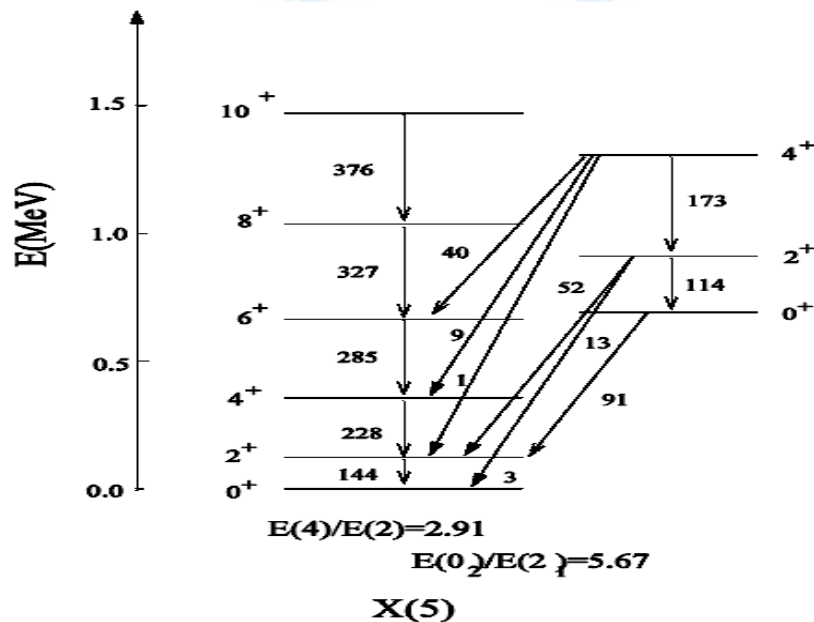
الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

3- طاقة المستوى المتهيج  $0_2^+$  أكبر بحدود 0.67 مرة من طاقة المستوي  $2_1^+$ .  
4- المستويات Non-Yrast (ذات الطاقة غير الأدنى) تبنى على المستوي  $0_2^+$  لها فرق في الطاقة اكبر مقارنة مع المستويات Yrast المرتبة بالتعاقب.

5- قيم احتمالية الانتقال المختزلة تكون منخفضة للمستويات Non-Yrast المرتبة بالتعاقب نسبة إلى المستويات Yrast المرتبة بالتعاقب.

أن بعض نتائج تناظر X(5) الخاصة بمستويات الطاقة وشدة الانتقالات B(E2) بوحدات وايسكوف موضحة في الشكل (2).



الجدول (1) يبين قيم طاقات تناظر X(5) [11].

$J_1^+$	2	4	6	8	10	12	14
E(keV)	122	354	661	1033	1465	1954	2499

الشكل (2): المخطط الانحلاي الخاص بتناظر X(5) ويبين بعض مستويات الطاقة الواطنة وشدة الانتقالات B(E2)w.u. [10].

منحنيات E-GOS

اختبار تناظر النقطة الحرجة (5)X لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

قدمت طريقة (E-GOS) (منحني طاقة كاما مقسومة على البرم دالة للبرم) من قبل (Regan *et al*, ٢٠٠٣) [12]، وتعد من الطرائق الحديثة في تقديم فكرة بسيطة للتعرف على خصائص النوى عند حالات الطاقة المختلفة إذ رسمت العلاقة بين طاقة كاما مقسومة على البرم  $(E_\gamma(J \rightarrow J-2)/J)$  دالة للبرم (J) ويتم التعرف على خصائص النواة قيد الدراسة من خلال شكل المنحني، تمتاز بعض النوى بخصائص انتقالية بين التحديدين الكروي والدوراني عند حالات تهيج معينة تعطى طاقة كاما للنوى ذات خصائص كروية بالمعادلة [13].

$$E_\gamma(J \rightarrow J-2)/J = \hbar\omega/J \quad (5)$$

حيث إن ( $\omega$ ) هو التردد الزاوي للفوتون المنبعث.

أما للنوى ذات خصائص O(6) تعطى طاقة كاما بالمعادلة [١٢].

$$E_\gamma(J \rightarrow J-2)/J = \frac{E_2^+}{4}(1+2/J) \quad (6)$$

وللنوى الدورانية المتناظرة محورياً فتعطى طاقة كاما بالمعادلة [2].

$$E_\gamma(J \rightarrow J-2)/J = \frac{\hbar^2}{2\mathcal{I}} \times (4-2/J) \quad (7)$$

إن النسبة ( $R = E_\gamma(J \rightarrow J-2)/J$ ) تستعمل للتمييز بين حركة النوى الكروية وكاما الناعمة والحركة الدورانية المتناظرة محورياً.

### ظاهرة الانحناء الخلفي

هي عملية حدوث تغير مفاجئ في قيمة عزم القصور الذاتي عند زخوم زاوية عالية نسبياً، فقد لوحظ أن عزم القصور الذاتي للنواة يزداد فجأة عند زخوم زاوية معينة مما يؤدي بدوره إلى هبوط في الطاقة الدورانية للنواة عند تلك الزخوم الزاوية وهذا يؤدي إلى حدوث انحناء خلفي. وتعد هذه الظاهرة من الطرق المهمة في التعرف على خصائص النوى التي قد تزداد طاقة كل مستوي فيها بزيادة الزخم الزاوي وينسب معينة، حيث يتم رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي ( $2\mathcal{I}/\hbar^2$ ) والتردد الزاوي ( $\hbar\omega$ ) [14]. إذ يمكن حسابها من خلال المعادلات الآتية

$$\frac{2\mathcal{I}}{\hbar^2} = \frac{4J-2}{E(J)-E(J-2)} = \frac{4J-2}{E_\gamma} \quad (8)$$

$$\hbar\omega = \frac{E(J)-E(J-2)}{\sqrt{J(J+1)}-\sqrt{(J-2)(J-1)}} = \frac{E_\gamma}{\sqrt{J(J+1)}-\sqrt{(J-2)(J-1)}} \quad (9)$$

اختبار تناظر النقطة الحرجة (5)X لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

**المناقشة والاستنتاجات**

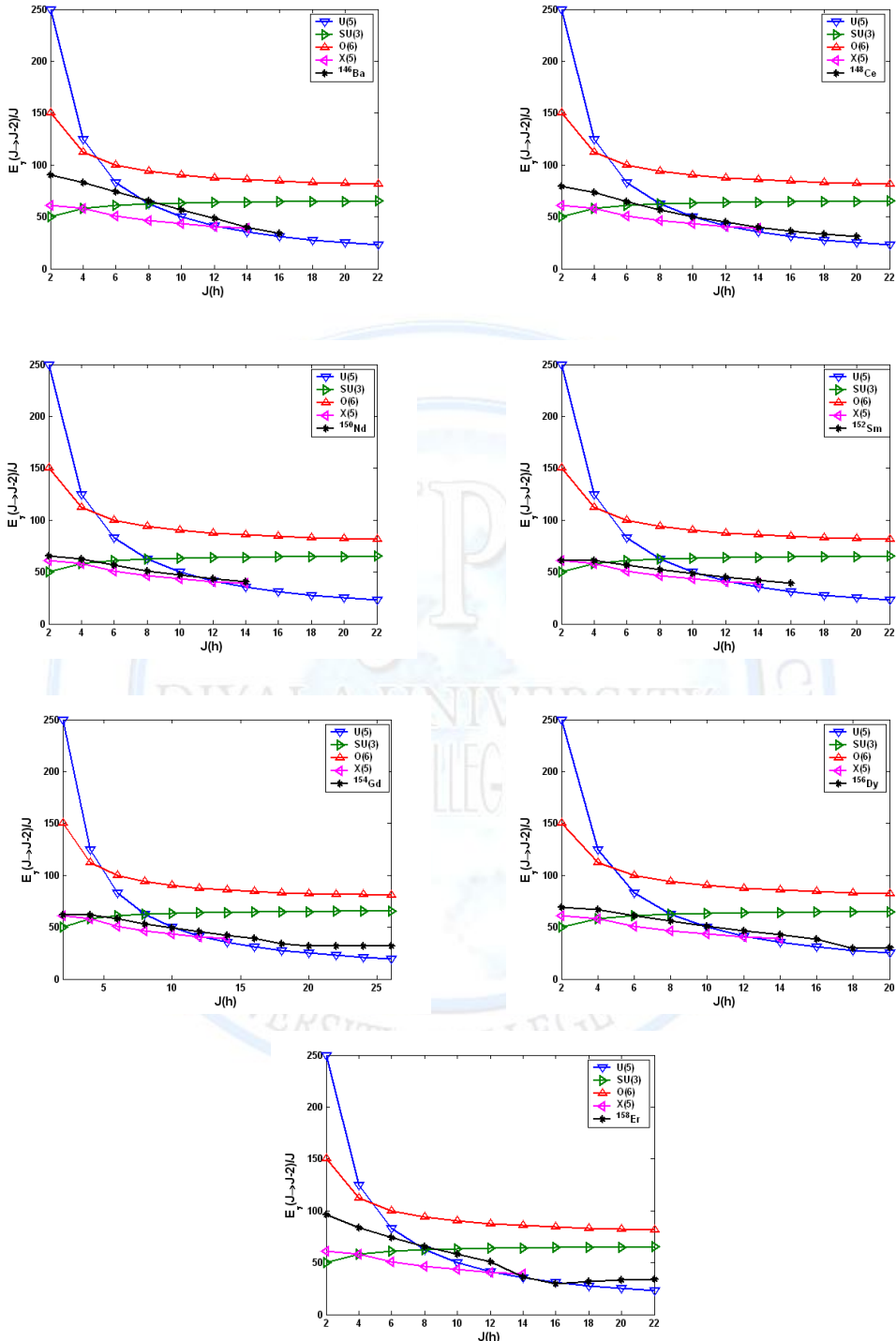
لتحديد خصائص النويدات قيد الدراسة تم اعتماد أكثر من طريق لذلك، فالشكل (3) يبين النسبة بين منحنيات E-  $E_\gamma / J$  Gos دالة للزخم الزاوي J، ويتضح من الشكل أن النويدات تقترب جداً من التحديد (5)X عدا نويدات  $^{146}\text{Ba}$ ,  $^{148}\text{Ce}$ ,  $^{158}\text{Er}$  إذ أنها بعيدة نوعاً ما وبالرغم من هذا فهي مرشحة كنويدات تقع ضمن (5)X .



اختبار تناظر النقطة الحرجة  $X(5)$  لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات  $N=90$

مشتاق عبد داود الجبوري



للنويدات قيد الدراسة مقارنة مع E-Gos: منحنيات (3) الشكل

المنحنيات للتناظرات الأربعة



## اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

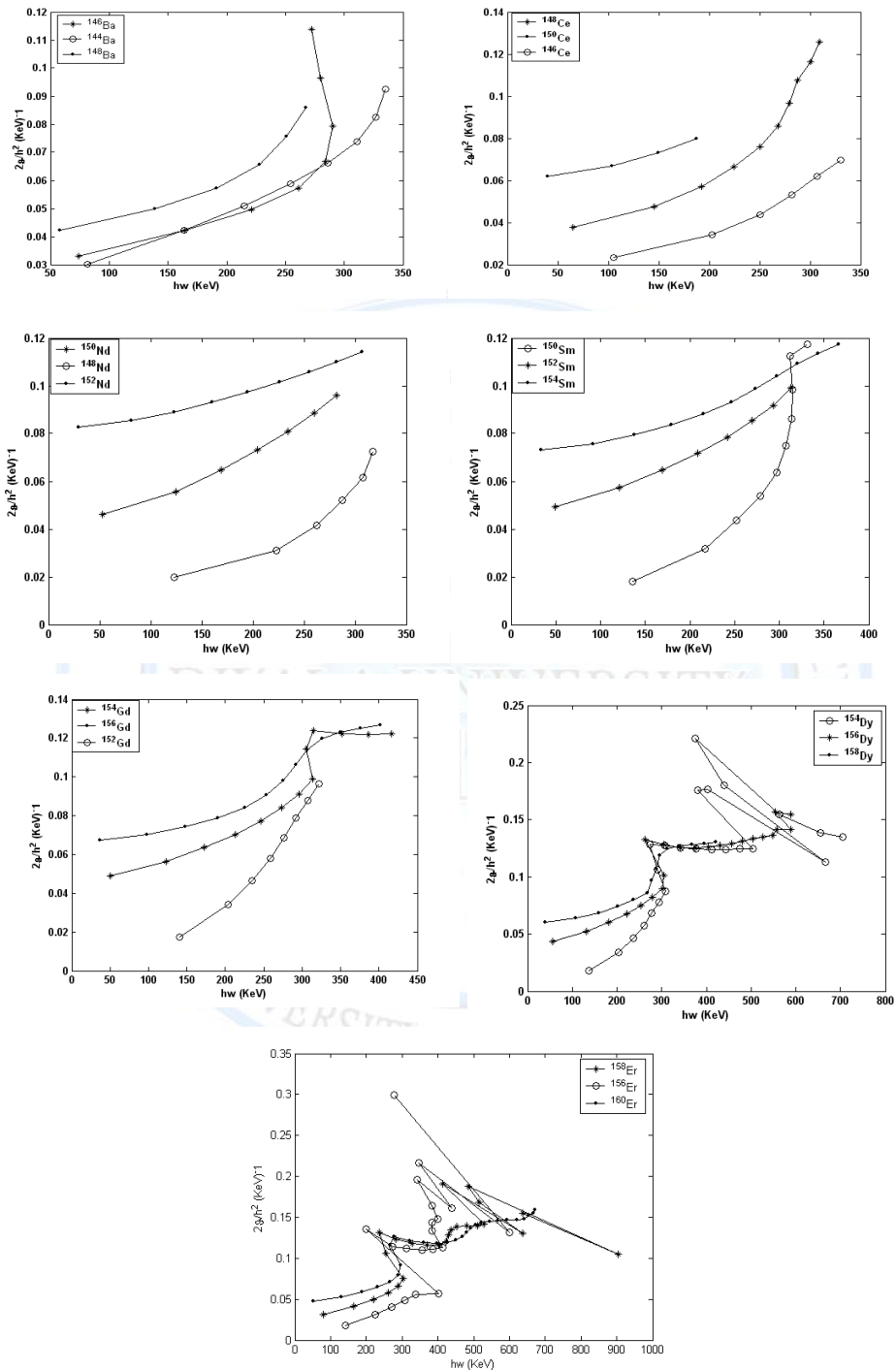
رسم عزم القصور الذاتي ( $2\theta/\hbar^2$ ) كدالة للتردد الدوراني ( $\hbar\omega$ ) للنويدات قيد الدراسة وملاحظة سلوكية هذه النويدات، ويتبين من الشكل (4) إن النويدات ( $^{144-148}\text{Ba}$ ,  $^{146-150}\text{Ce}$ ,  $^{148-152}\text{Nd}$ ) لم يظهر بها انحناء خلفي أما النويذة  $^{150}\text{Sm}$  فقد ظهر انحناء خلفي بسيط ونقترح سبب ذلك يعود الى تأثير قوة كوريولس عند زخوم زاوية عالية نسبياً على بعض النيوكليونات الواقعة في القشرة الخارجية للنواة مما يؤدي الى فك ارتباط زوج او اكثر من هذه النيوكليونات ، (De-) pairing) إن فك ارتباط زوج من النيوترونات يؤدي الى ظهور حزمة شبيهة الجسيمين وتنتج هذه الحزمة عن (S-Band) وهذه الحزمة تسمى (Two-Quasiparticle-2qp). ومن الشكل نفسه يتضح ان هنالك انحناء في نويدات ( $^{154-156}\text{Er}$ ) البروتونات فضلاً عن زوج النيوترونات يؤدي الى ظهور حزمة أشباه الجسيمات الأربعة (Four-Quasiparticle-4qp) وتقاطع هذه الحزم مع حزمة الحالة الأرضية بسبب ظاهرة الانحناء الخلفي، [14].

أما الشكل (5) فيبين النسبة بين طاقة المستوي الثاني  $4_1^+$  الى الأول  $2_1^+$  دالة لعدد النيوترونات لكل نويدة قيد الدراسة ويتبين من الشكل ان هنالك هبوط مفاجئ عند العدد 82 وهذا طبيعي اذ انه عدد سحري والنويذة تكون أكثر استقراراً، ان النويدات ( $^{146}\text{Ba}$ ,  $^{148}\text{Ce}$ ,  $^{150}\text{Nd}$ ,  $^{156}\text{Dy}$ ) تقع ضمن التحديد X(5)، أما النويدات ( $^{152}\text{Sm}$ ,  $^{154}\text{Gd}$ ) تقع بين التحديدين X(5) و SU(3) ولكنها اقرب نوعاً ما الى التحديد X(5). اما النظير ( $^{158}\text{Er}$ ) فإنه بعيد نوعاً ما عن التحديد X(5) وهذا ما أكده الشكل (6) الذي يمثل النسبة بين  $E(J_1^+)/E(2_1^+)$  دالة للزخم الزاوي J.

اختبار تناظر النقطة الحرجة (5) X لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري



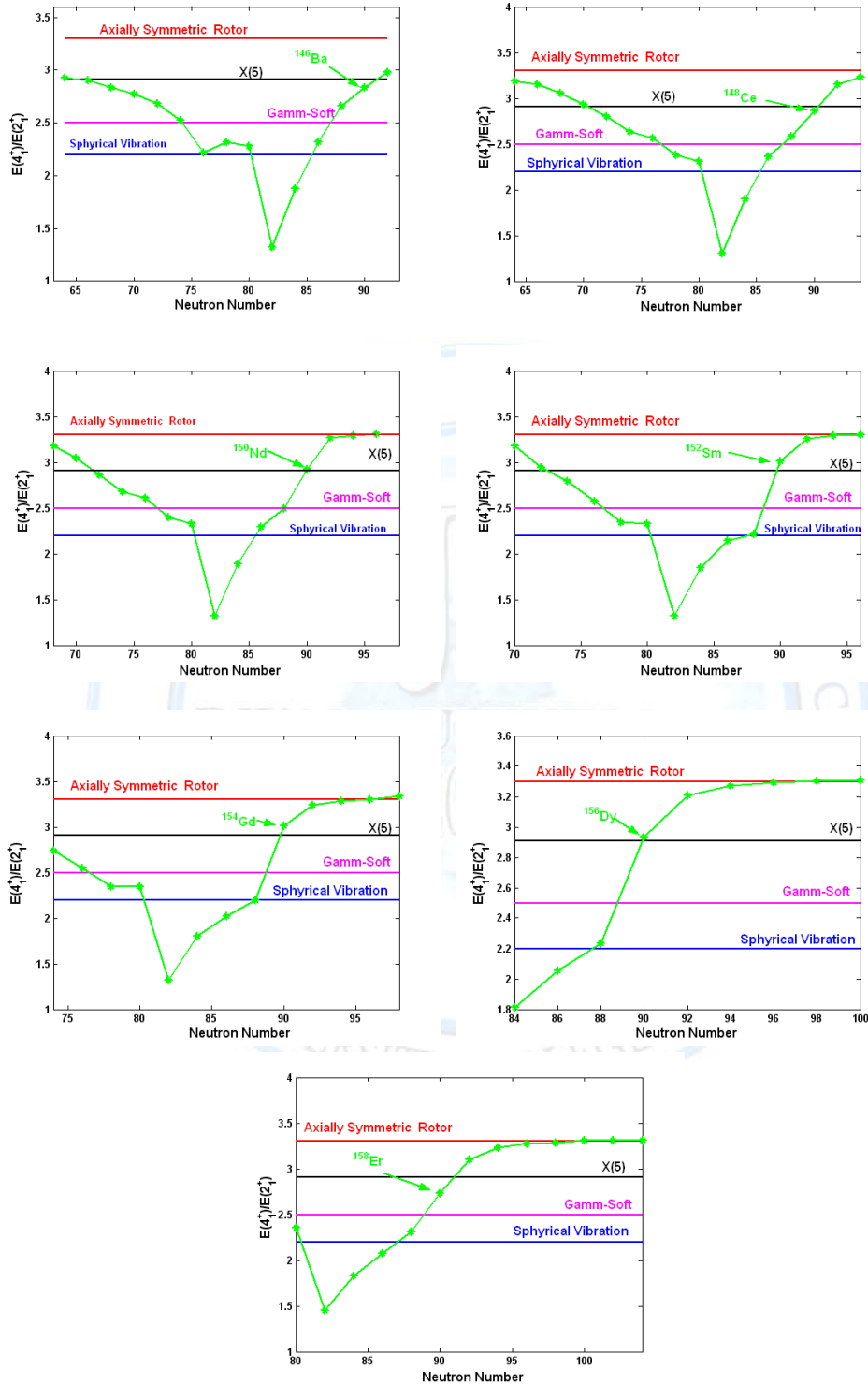
: عزم القصور الذاتي دالة للتردد الدوراني للنويدات (4) الشكل



اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

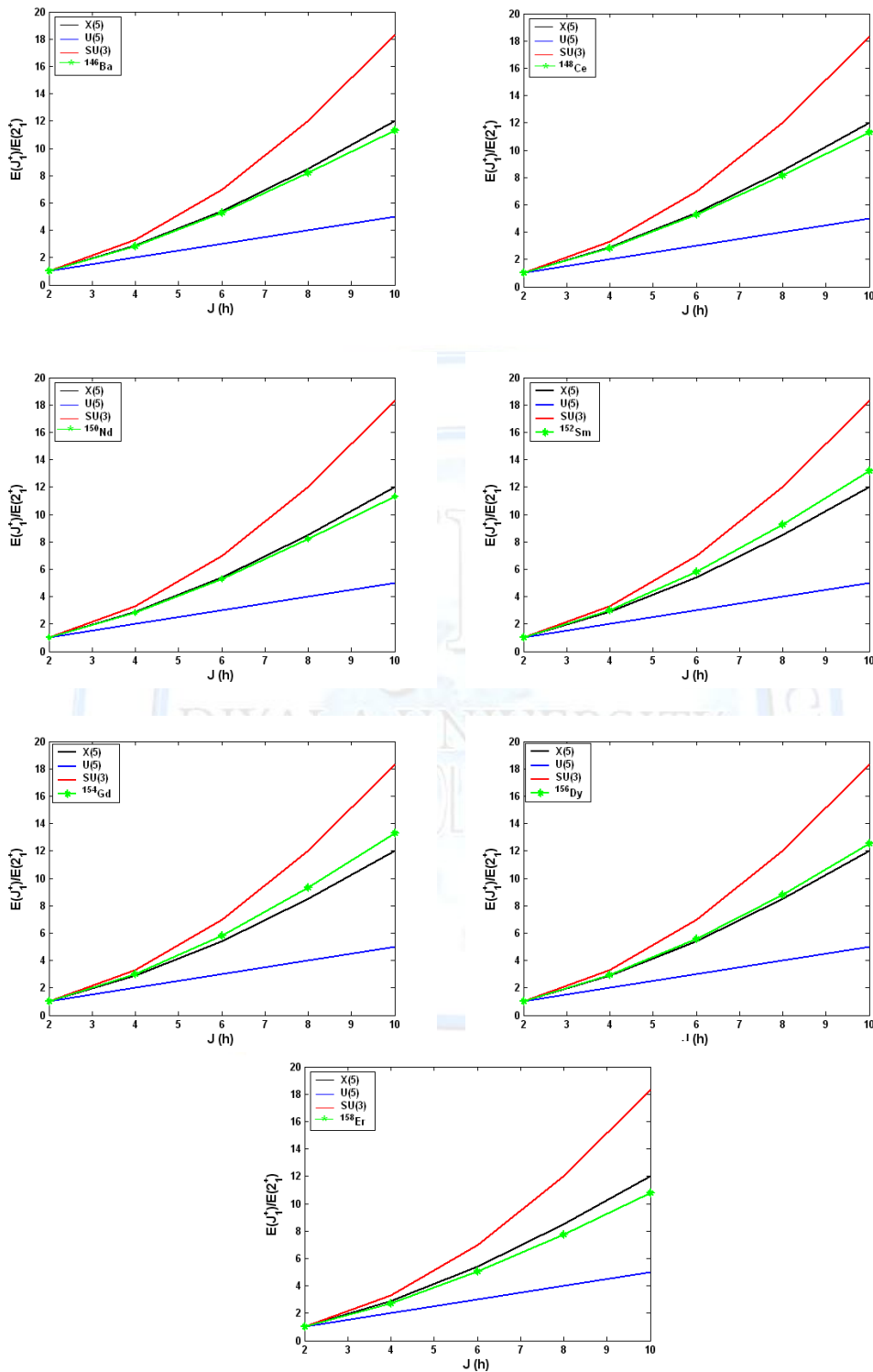


مع عدد النيوترونات لنويدات  $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ : تغير النسبة (5) الشكل  
 $^{120-148}\text{Ba}$ ,  $^{122-152}\text{Ce}$ ,  $^{128-156}\text{Nd}$ ,  $^{138-158}\text{Sm}$ ,  $^{138-162}\text{Gd}$ ,  $^{150-}$

اختبار تناظر النقطة الحرجة  $X(5)$  لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات  $N=90$

مشتاق عبد داود الجبوري



دالة للزخم الزاوي  $E(J_1^+)/E(2_1^+)$ : تغير النسب (6) الشكل  
للنويات المدروسة

اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

حُسبت مستويات الطاقة للزخوم الأدنى لغاية (14<sup>+</sup><sub>1</sub>) للنويدات قيد الدراسة بالأعتماد على الطريقة النسبية للتناظر X(5) من خلال العلاقة  $E_{2exp} \times (E_1/E_2)_{X(5)}$ ، إذ  $E_{2exp}$  طاقة المستوي الأول لكل نويدة والجدول (2) يبين هذه الحسابات إذ ان الطاقات بوحدة MeV.

الجدول (2)

J <sub>1</sub> <sup>+</sup>	<sup>146</sup> Ba		<sup>148</sup> Ce		<sup>150</sup> Nd		<sup>152</sup> Sm		<sup>154</sup> Gd		<sup>156</sup> Dy		<sup>158</sup> Er	
	exp <sup>[15]</sup>	X(5)	exp <sup>[16]</sup>	X(5)	exp <sup>[17]</sup>	X(5)	exp <sup>[18]</sup>	X(5)	exp <sup>[19]</sup>	X(5)	exp <sup>[20]</sup>	X(5)	exp <sup>[21]</sup>	X(5)
2 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	0.1811	0.1811	0.1585	50.108	0.1302	0.1302	0.1218	0.1218	0.1231	0.1231	0.1378	0.1378	0.1922	0.1922
4 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	0.5135	0.5252	0.4534	0.4598	0.3815	0.3778	0.3665	0.3534	0.3710	0.3571	0.4040	0.3999	0.5272	0.5075
6 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	0.9082	0.9809	0.8396	0.8086	0.7204	0.7055	0.7069	0.6998	0.7177	0.6668	0.7710	0.7468	0.9703	1.0411
8 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	1.4824	1.5330	1.2903	1.3418	1.1297	1.1205	1.1253	1.1312	1.1445	1.0421	1.2160	1.1670	1.4934	1.6270
10 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	2.0518	2.1741	1.7916	1.9029	1.5990	1.5636	1.6092	1.6224	1.6371	1.4779	1.7250	1.6501	2.073	2.3074
12 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	2.6321	2.8998	2.3283	2.5381	2.1190	2.0855	2.1485	1.9505	2.1847	1.9712	2.2860	2.2075	2.6108	3.0776
14 <sub>1</sub> <sup>+</sup>	3.1924	3.7086	2.8875	3.2460	2.6825	2.6672	2.7360	2.4945	2.7773	2.5209	2.8880	2.8233	3.1910	3.9359

المصادر

[1] Krane K S.; (1987), "Introductory Nuclear Physics", John Wiley and Sons, Ltd.

[2] Bohr A and Mottelson B R; (1975), "Nuclear Structure ", Vol. 2, Nuclear deformation, Banjamen, W A., Inc. Canada.

[3] Davydov A S and Filippov G F; (1958), " Rotational States in Even – Even Atomic Nuclei " , Nucl. Phys. 8,: 237-249.

[4] Arima A.; and Iachello, F.; (1974) , " Boson Symmetries in Vibrational nuclei " ,phys.Lett.13,Vol.53:309

[5] 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 ,: 50-86

[6] Iachello F.;(2000) , " Dynamic symmetries at The critical point " , Phys Rev.Lett; Vol. 85, No.17,: 3580-3583

[7] Iachello F.;(2001), " Analytic Description of Critical Point Nuclei in a Spherical-Axially Deformed Shape Phase Transition" , Phys. Rev.Lett, Vol. 87, No.5,: 0525021-0525024

[8] Vaidya B. ;(2008), " Gamma Ray Spectroscopy of Some N = 78

اختبار تناظر النقطة الحرجة X(5) لدراسة بعض خصائص مجموعة من النويدات

الزوجية- الزوجية ذات N=90

مشتاق عبد داود الجبوري

- Nuclei* ", M.Sc. Thesis , Indian Institute of Technology Roorkee
- [9] Caprio M A.;(2003), " *Structure of Collective Models in Transitional and Deformed Nuclei* " , Ph.D Thesis ,Yale university, Amarica.
- [10] Zamfir V N.; and Casten R F.;(2003), " *Phase/Shape Transitions in Nuclei* " , Proceeding of Romanian Academy , Series A, Vol.4, No.2/2003, :1- 9.
- [11] İnan S.; Türkan N.; İnci İ.; and Olgun ,D.;(2008), " *Comparison of IBM-2 Calculations With X(5) Critical Point Symmetre for Low-Lying State in <sup>144-154</sup>Nd* " , Mathematical and Computational Applications , Vol.13,No.2,:101-112 .
- [12] 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.; Krücken R.; Langdown S D.; Meyer D A.; and Ressler J J. ;(2003), " *Signature For Vibrational to Rotational Evolution Along The Yrast Line* " ,phys,Rev,Lett,Vol.90,No.152502.
- [13] Scharff-Goldhaber and Wenese ; (1955) , phys.Rev.98,212
- [14] Stephens F S.;(1975), " *Coriolis Effects and Rotation Alignment in Nuclei* ",Rev.Mod.Phys,47(1):43-65.
- [15] Peker L K and Tuli J K., (1997), Nuclear Data Sheets 82, 187.
- [16] Bhat M R., (2000), Nuclear Data Sheets 89, 797.
- [17] Tuli J K. ,(1995),Nuclear Data Sheets 75,827.
- [18] Agda Artna-Cohen ,(1996), Nuclear Data Sheets 79, 1.
- [19] Reich C W. ,(2009),Nuclear Data Sheets 110, 2257.
- [20] Reich C W., (2003), Nuclear Data Sheets 99, 753.
- [21] Helmer R G. ,(2004), Nuclear Data Sheets 101, 325.

## The critical point X(5) symmetry test for the study of N=90 even-even group nuclides

Mushtaq Abed Dawood Al-Jubbori

Mosul University , College of Education ,Department of Physics

### Abstract

A group of nuclides with N=90 are studied in the present work. These include (<sup>56</sup>Ba<sup>146</sup> , <sup>58</sup>Ce<sup>148</sup> , <sup>60</sup>Nd<sup>150</sup> , <sup>62</sup>Sm<sup>152</sup> , <sup>64</sup>Gd<sup>154</sup> , <sup>66</sup>Dy<sup>156</sup> , <sup>68</sup>Er<sup>158</sup>). Several methods are used to identify the properties including the E-Gos curves and back bending. The symmetry of the X(5) critical point is used to calculate the energy levels of the lowest angular momentum Yrast Band up to the 14<sub>1</sub><sup>+</sup> level.

**Keywords:** critical point symmetry, even-even nuclides, angular momentum.