

Test of SU(3) limit of interactive boson model to study $^{158-170}\text{Dy}$ even-even isotopes

Murad Jasim Muhammad Najem^{1*}, Mushtaq Abed Al-Jubbori²

^{1,2}Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

E-mail: ^{1*}muradjasim987@gmail.com, ²mushtaq_phy@uomosul.edu.iq

(Received February 23, 2021; Accepted March 23, 2021; Available online June 01, 2021)

DOI: [10.33899/edusj.2021.129616.1145](https://doi.org/10.33899/edusj.2021.129616.1145), © 2021, College of Education for Pure Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract

In this study, the energy of the first excited 2_1^+ of the ratios and $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}$, $\frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}$, $\frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$ for $^{158-170}\text{Dy}$ 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) and the ratio $E(J_1^+)/E(2_1^+)$ as a function of spin (I) once and with neutron number again 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 the isotopes $^{158-170}\text{Dy}$ possess rotational properties.

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 10 has been built for this purpose. A good agreement with the experimental data was obtained.

keywords: Dy isotopes; IBM-1; SU(3) limit; E-GOS; back-bending; ratio E_γ/E_2

اختبار التحديد SU(3) لأنموذج البوزونات المتفاعلة لدراسة نظائر $^{158-170}\text{Dy}$ الزوجية – الزوجية

مراد جاسم محمد نجم مصطفى^{1*}، مشتاق عبد داود الجبوري²

^{2,1*} قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

الخلاصة:

في هذه الدراسة، تمت مقارنة مواقع حالات طاقة الاثارة لطاقة المستوي الأول $E(2_1^+)$ والنسب بين الطاقات المثارة الى طاقة المستوي الأول $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}$, $\frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}$, $\frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$ لنظائر الديسبروسيوم $^{158-170}\text{Dy}$ الزوجية – الزوجية مع مواقعها للحالات القياسية للتحديدات الثلاثة (الاهتزازية U(5)، كما الناعمة O(6)، والدورانية SU(3)). رسمت منحنيات الانحناء الخلفي دالة لعزم القصور الذاتي للنظائر قيد الدراسة وتبين انه لا يوجد انحناء خلفي لهذه النظائر، كما رسمت طاقة كما مقسومة على البرم $R = \frac{E_\gamma}{I}$ كدالة للبرم I والتي يطلق عليها منحنيات (E-GOS) والنسب $E(J_1^+)/E(2_1^+)$ دالة لبرم المستويات المثارة مرة ومع عدد النيوترونات للنظائر قيد الدراسة مرة اخرى لزيادة المعلومات عن خصائص هذه النظائر. وقد اظهرت النتائج والمنحنيات المرسومة ان النظائر $^{158-170}\text{Dy}$ تمتلك خصائص النوى الدورانية المشوهة ذات التحديد SU(3). استخدم انموذج البوزونات المتفاعلة الأصدار الاول IBM-1 لحساب مستويات الطاقة للنظائر المدروسة وحسب التحديد الذي تنتمي اليه تلك النظائر وهو التحديد SU(3) انجزت جميع الحسابات من خلال تصميم برنامج بلغة MATLAB-10 وتم مقارنة النتائج المحسوبة مع القيم العملية وكانت جيدة.

الكلمات المفتاحية: نظائر Dy, نموذج البوزونات المتفاعلة، التحديد الدوراني، منحنيات GOS، الانحناء الخلفي، النسب E_1/E_2 .

المقدمة:

يعتبر التحول في طور النواة من المواضيع الاساسية المهمة التي تركز عليها بحوث التركيب النووي من قبل الباحثين والمختصين، إذ وجد في الكثير من النظائر تحول طوري من شكل الى اخر إذ قد تتحول النواة من الحالة الاهتزازية $U(5)$ الى الحالة الدورانية $SU(3)$ اوالى حالة كاما الناعمة $O(6)$ وذلك من خلال تغير عدد النيوترونات وحسب كل نظير. [1,2,3]

النوى الزوجية - الزوجية تمتلك حالات اثاره بأعداد زوجية وتماثل موجب $0_1^+, 2_1^+, 4_1^+, \dots$ التي تمثل الحالة الارضية GSB وحالات مشابهة لها $0_2^+, 2_2^+, 4_2^+, \dots$ والتي تسمى بحزمة β , وهناك حزمة اخرى والتي تسمى بحزمة γ وتكون كالاتي [4,5,6]. $2_3^+, 3_1^+, 4_3^+, 5_1^+, 6_3^+$

تتغير طاقة حالات الاثارة الاولى E_{21}^+ باختلاف تحديد النواة فتأخذ القيم التقريبية الاتية (500,300,100)keV للنوى الدورانية وكاما الناعمة والاهتزازية على التوالي [7,8,9]. وقد وضعت العديد من الانموذجات لدراسة التركيب النووي [Arima and Iachello], ويعد الانموذج الجماعي من انجح الانموذجات التي وضعت لدراسة التركيب النووي [10,11,12].

يعد انموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 ناجحا في حساب طاقات الحالات المختلفة للنوى الزوجية-الزوجية إذ يتم اعتبار كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا وتتفاعل هذه البوزونات مع بعضها بطرائق مختلفة تبعا لنوع النواة. وقد حددت ثلاثة تحدييدات مختلفة للنوى الاهتزازية وكاما الناعمة والدورانية ونوى اخرى ذات خصائص انتقالية بين هذه التحدييدات وبهاملتون يختلف لكل تحدييد [13,14,15].

تم في هذا البحث التعرف على خصائص بعض نظائر الديسبروسيوم $DY^{158-170}$ الزوجية -الزوجية من خلال دراسة طاقة الحالات الاولى $E(2_1^+)$ والنسبة $R = \frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$ والنسب $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}, \frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}$, واشكال منحنيات الانحناء الخلفي وطريقة E-GOS وقيم الطاقات المحسوبة باستخدام معادلات الخاصة لكل تحدييد باستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة الاول وقد تم استخدام المعاملات الخاصة والمناسبة لكل تحدييد .

النظرية

تولد انماط الحركة الجماعية للنواة حالات زخوم بطاقات مختلفة وتعطى طاقة حالات المهتز التوافقي كالاتي [16]

$$(1) E = n \hbar \omega$$

حيث تمثل n عدد الفونونات وتساوي $\frac{I}{2}$, ω تمثل التردد الزاوي وكذلك تعطى طاقة الحالات المختلفة للدوار كالاتي [4]

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

اذ ان θ يمثل عزم القصور الذاتي للنواة, I يمثل برم النواة ويعطى عزم القصور الذاتي للنواة عند حالاتها المختلفة وعند $I \rightarrow \infty$ كالاتي [17,18,19,20]

$$(3) \frac{2\theta}{\hbar^2} = \frac{4I-2}{E_\gamma}$$

وتعطى الطاقة الدورانية عند انتقال النواة بين حالتين $(I), (I - 2)$ كالاتي [21,22,23]

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

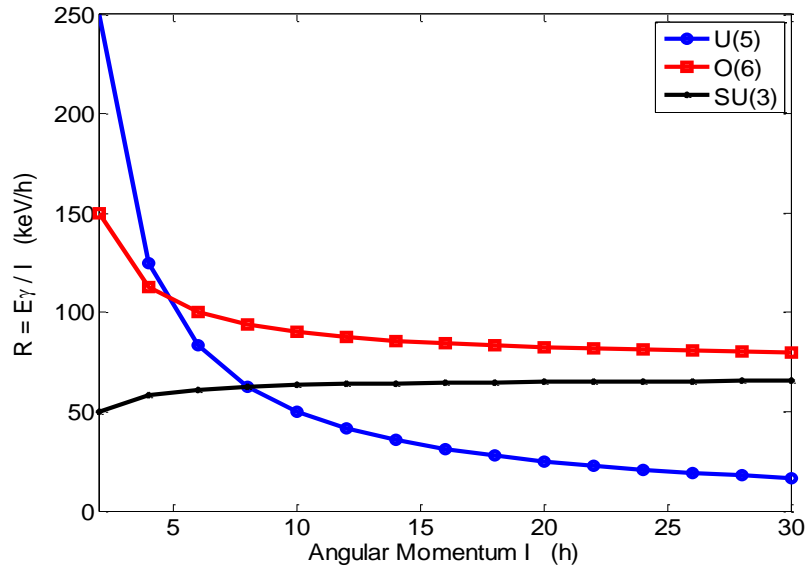
قدم [Regan,2003] [1] طريقة بسيطة للتعرف على خصائص النوى المختلفة وذلك من خلال رسم $\frac{E_\gamma}{I}$ مع I للتحدييدات الثلاثة وباستخدام المعادلات الاتية

$$(5) Vip : \frac{E_\gamma(I \rightarrow I-2)}{I} = \frac{\hbar \omega}{I}$$

$$(6) Rot : \frac{E_\gamma(I \rightarrow I-2)}{I} = \frac{\hbar^2}{2\theta} \left(4 - \frac{2}{I} \right)$$

$$(7) \gamma - Soft : \frac{E_\gamma(I \rightarrow I-2)}{I} = \frac{E_2^+}{4} \left(I + \frac{2}{I} \right)$$

والشكل الاتي بين منحنيات E-GOS للتحدييدات الثلاثة القياسي



الشكل (1) : منحني E- GOS للحالات القياسية الثلاثة [1]

في انموذج البوزونات المتفاعلة الاول (IBM-1) اعتبر كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا وصنفت هذه البوزونات حسب زخمها الزاوي الى نوعين ,بوزون s ذات زخم زاوي ($L=0 \hbar$) وبهذا سيشغل هذا النوع من البوزونات المستوى الارضي (Ground state) وبوزون d التي تمتلك زخم زاوي ($L=2\hbar$) لذا سيشغل هذا النوع من البوزونات المستويات المثارة. تتفاعل البوزونات مع بعضها البعض بطرائق مختلفة وتعتمد اعدادها على نكليونات التكافؤ خارج الاغلفة المغلقة في النواة. لا يمكن لانموذج البوزونات المتفاعلة الاول ان يميز بين البوزونات المكونة من البروتونات والبوزونات المكونة من النيوترونات. ويتم حساب عدد البوزونات (N) بدءا من اقرب قشرة مغلقة وحتى منتصفها او من ازواج الفجوات بعد منتصف القشرة الى القشرة التي بعدها بالعلاقة

$$(8) N = n_{\pi} + n_{\nu}$$

حيث يمثل كل من: n_{π} عدد البوزونات المكونة من البروتونات , n_{ν} عدد البوزونات المكونة من النيوترونات , N العدد الكلي للبوزونات وهي كمية ثابتة لكل نواة [13,14,15]. ويعطى مؤثر دالة هاملتون بالعلاقة الاتية [13]

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^N \varepsilon + \sum_{i<j}^N V_{ij} \quad (9)$$

حيث يمثل كل من: ε الطاقة الذاتية للبوزون , N عدد البوزونات , V_{ij} طاقة التفاعل بين البوزونين i, j , وكذلك يمكن صياغة معادلة الهاملتونيان باستعمال صيغة متعدد القطبية [15,24]

$$(10) \hat{H} = \varepsilon \hat{n}_d + a_0 \hat{p} \cdot \hat{p} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \dots \dots$$

والمعاملات (a_0, a_1, a_2, a_3, a_4) تمثل قوة التفاعل الازدواجي والزخم الزاوي ورباعي القطب وثمانى القطب والقطب السداسي عشر على التوالي [25]. تعطى قيم الطاقة المسموحة في التحديد الاهتزازي كالاتي

$$E(L, K_1, K_4, K_5) = \varepsilon n_d + K_1 n_d(n_d + 4) + K_4 v(v + 3) + K_5 L(L + 1) \quad (11)$$

حيث ان n_d تمثل عدد البوزونات d كالاتي

$$(12) n_d = N, N - 1, \dots \dots 1, 0$$

حيث تمثل N عدد البوزونات الكلية و v عدد بوزونات d الغير المرتبطة الى زخم زاوي صفري وتعطى بالعلاقة

$$(13) v = n_d, n_d - 2, \dots \dots 1 \text{ or } 0 \text{ (} n_d = \text{odd or even)}$$

و L تمثل الزخم الزاوي الكلية للنواة وتعطى بالعلاقة

$$(14) L = \lambda, \lambda + 1, \dots \dots 2\lambda - 2, 2\lambda$$

حيث ان λ تمثل الزخم الزاوي للبوزونات

$$(15) \lambda = n_d - 2n_{\beta} - 3n_{\Delta}$$

n_{β} تمثل عدد ازواج البوزونات المرتبطة الى زخم زاوي صفري وان n_{Δ} تمثل عدد ثلاثيات البوزونات المرتبطة الى زخم زاوي صفري ويلاحظ ان $L = 2\lambda - 1$ غير مسموح بها وان K_1, K_4, K_5 تمثل قوة تأثير كل حد. تعطى القيمة الذاتية للطاقة للنوى ذات التحديد الدوراني المشوه بالعلاقة الاتية [26]

$$E(\lambda, \mu, L) = \frac{a_2}{2} (\lambda^2 + \mu^2 + \lambda\mu + 3(\lambda + \mu)) + (a_1 - 3a_2/8)L(L + 1) \quad (16)$$

اذ تمثل كل من λ, μ الاعداد الكمية المختزلة لعدد البوزونات N وتعطى بالعلاقة الاتية

$$(\lambda, \mu) = (2N, 0) \oplus (2N - 4, 2) \oplus (2N - 8, 4) \oplus \dots \oplus \begin{cases} 0, N \\ 2, N - 1 \end{cases} \begin{cases} \text{if Neven} \\ \text{if Nodd} \end{cases}$$

$$\oplus(2N - 6,0)\oplus(2N - 10,2) \oplus \dots \oplus \left\{ \begin{array}{l} (0, N - 3) \\ (2, N - 4) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{if } N - 3 = \text{even} \\ \text{if } N - 3 = \text{odd} \end{array} \right\}$$

$$(17) \oplus (2N - 12,0)\oplus(2N - 16,2) \oplus \dots \left\{ \begin{array}{l} (0, N - 6) \\ (2, N - 7) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{if } N - 6 = \text{even} \\ \text{if } N - 6 = \text{odd} \end{array} \right\} \oplus$$

وان a_1, a_2 تمثل معاملات تحدد تأثير كل حد. اما قيمة الطاقة المسموحة لتحديد كما الناعمة فتعطي بالعلاقة الاتية [26]:

$$(18) E(N, \sigma, \tau, L) = K_3(N - \sigma)(N + \sigma + 4) + K_4\tau(\tau + 3) + K_5L(L + 1)$$

وتمثل σ عدد البوزونات الغير المرتبطة الى زخم زاوي صفري [27] وتأخذ القيم الاتية

$$(19) \sigma = N, N - 2, \dots \dots 0 \text{ or } 1 \text{ for even or odd Number of boson}$$

τ تمثل عدد بوزونات d الغير المرتبطة الى زخم زاوي صفري وتأخذ القيم الاتية [27]

$$(20) \tau = \sigma, \sigma - 1, \dots \dots \dots 0$$

وقد يكون للنواة خصائص انتقالية بين تحديدين من التحديدات الثلاثة السابقة كما في النوى ذات الخصائص الانتقالية بين التحديدين U(5)-SU(3) اما قيمتها الذاتية فهي كالآتي

$$(21) E(\epsilon, \lambda, \mu, L) = \epsilon n_d + K_2(\lambda^2 + \mu^2 + 3(\lambda + \mu)) + K_5L(L + 1)$$

النتائج والمناقشة

تمتلك نواة الديسبروسيوم DY (66) بروتونا اما نظائرها DY¹⁵⁸⁻¹⁷⁰ الزوجية - الزوجية تمتلك من (92) الى (104) نيوترونا. في

هذا البحث تم دراسة مواقع حالات الاثارة الاولى $E(2_1^+)$ والنسب $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}, \frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}, \frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$ ومقارنتها مع القيم الخاصة بالتحديدات

الثلاثة الرئيسية .

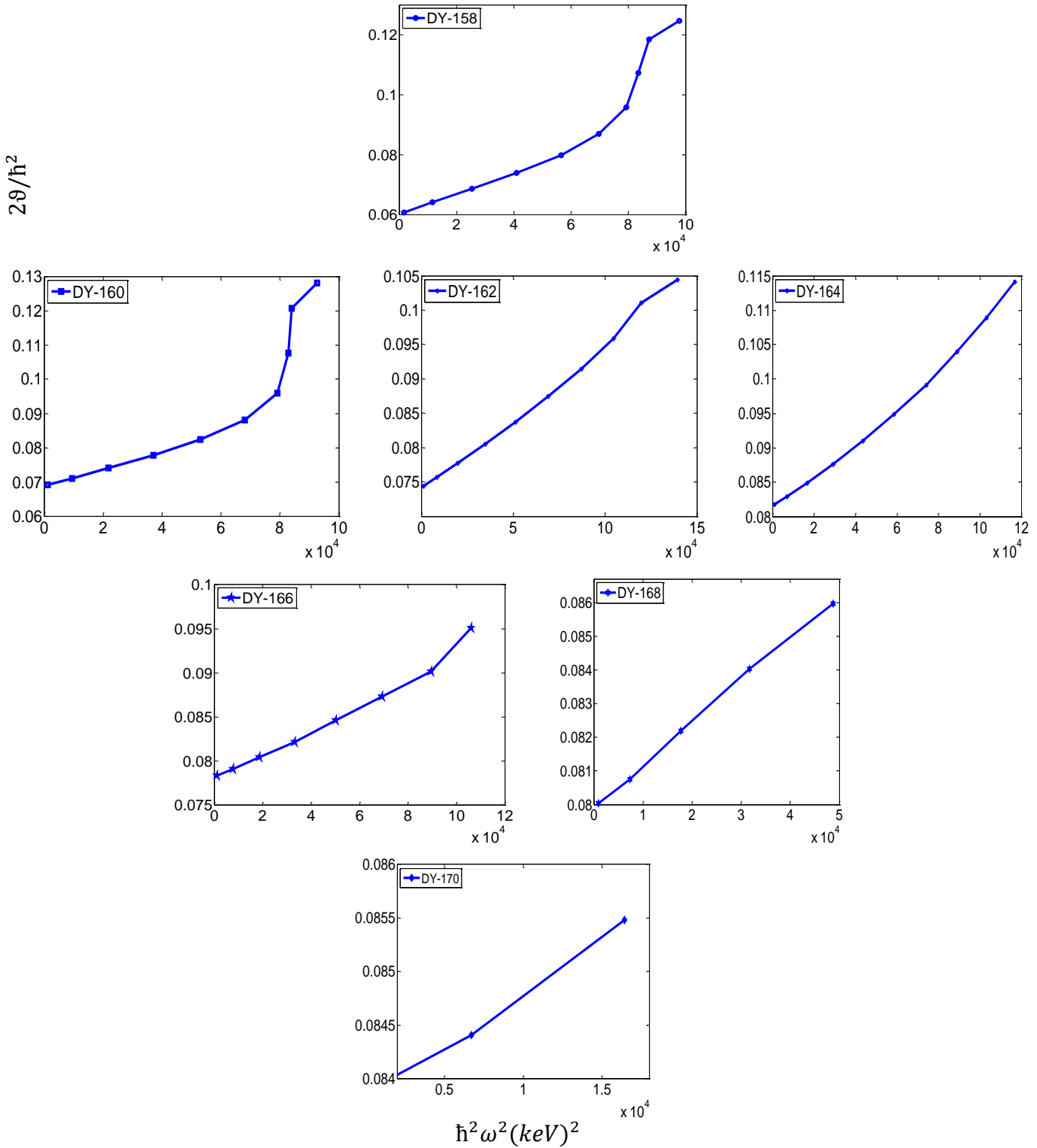
الجدول (1) :القيم القياسية لطاقة الاثارة الاولى ($E(2_1^+)$) والنسب $E(J_1^+)/E(2_1^+)$ للتحديدات الرئيسية الثلاثة وللنظائر قيد الدراسة

ISOTOPES	$E(2_1^+)$	$R = E(4_1^+)/E(2_1^+)$	$E(6_1^+)/E(2_1^+)$	$E(8_1^+)/E(2_1^+)$
U(5)	500	2.0	3.0	4.0
O(6)	300	2.5	4.5	7
SU(3)	100	3.3	7	12
¹⁵⁸ DY	98.9180	3.2	6.44	10.55
¹⁶⁰ DY	86.7878	3.27	6.69	11.14
¹⁶² DY	80.661	3.29	6.80	11.42
¹⁶⁴ DY	73.393	3.30	6.83	11.49
¹⁶⁶ DY	76.587	3.31	6.88	11.64
¹⁶⁸ DY	74.96	3.31	6.88	11.64
¹⁷⁰ DY	71.47	3.32	6.92	

وتم الحصول على معلومات اولية عن خصائص نظائر DY¹⁵⁸⁻¹⁷⁰ الزوجية - الزوجية لكنها غير كافية، وللتأكد من تلك المعلومات

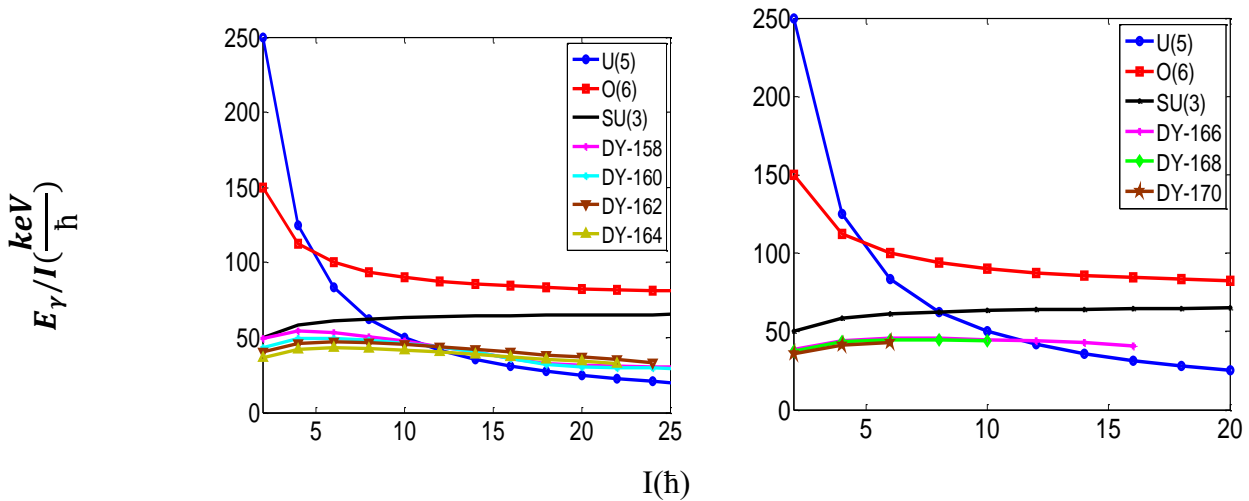
تم رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $2\theta/\hbar^2$ كدالة لمربع طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال النواة من حالة (I) الى (I - 2) $\hbar^2\omega^2$ [17] كما في الشكل (2) ويتبين من خلال هذا الشكل انه لا يوجد تغيير في عزم القصور الذاتي للنظائر قيد الدراسة سوى

تغيير طفيف يمتلكه النظيرين ¹⁵⁸⁻¹⁶⁰Dy .



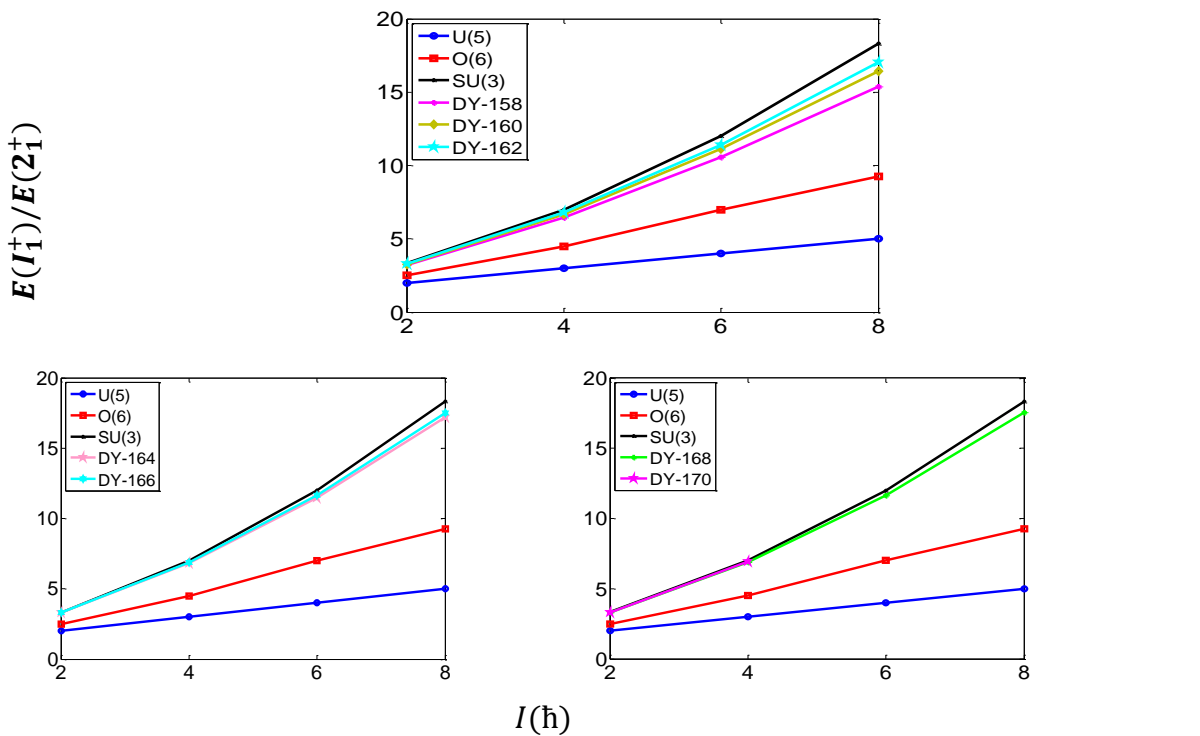
الشكل (2): عزم القصور الذاتي دالة لمربع الطاقة الدورانية لنظائر DY¹⁵⁸⁻¹⁷⁰

رُسمت منحنيات E-GOS، طاقة كما مقسومة على البرم $R = \frac{E_y}{I}$ دالة للبرم [1] للنظائر قيد الدراسة في الشكل (3) وتم مقارنتها مع المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة الرئيسية (الاهتزازية وكاما الناعمة والدورانية)، ويتضح من الشكل ان هنالك زيادة بطيئة في بداية نمو المنحنيات لجميع النظائر الا انه هنالك هبوط طفيف في منحنيات بعض النظائر Dy¹⁵⁸⁻¹⁶⁴ لربما تكاد تسلك سلوك التحديد O(6) ولكن من خلال الجدول (1) الذي يؤكد ان لجميع النظائر خصائص SU(3) اما فيما يخص النظائر Dy¹⁶⁶⁻¹⁷⁰ فيستمر الصعود البطيء جدا في منحنيات E-GOS وهذا يؤكد خصائصها الدورانية.

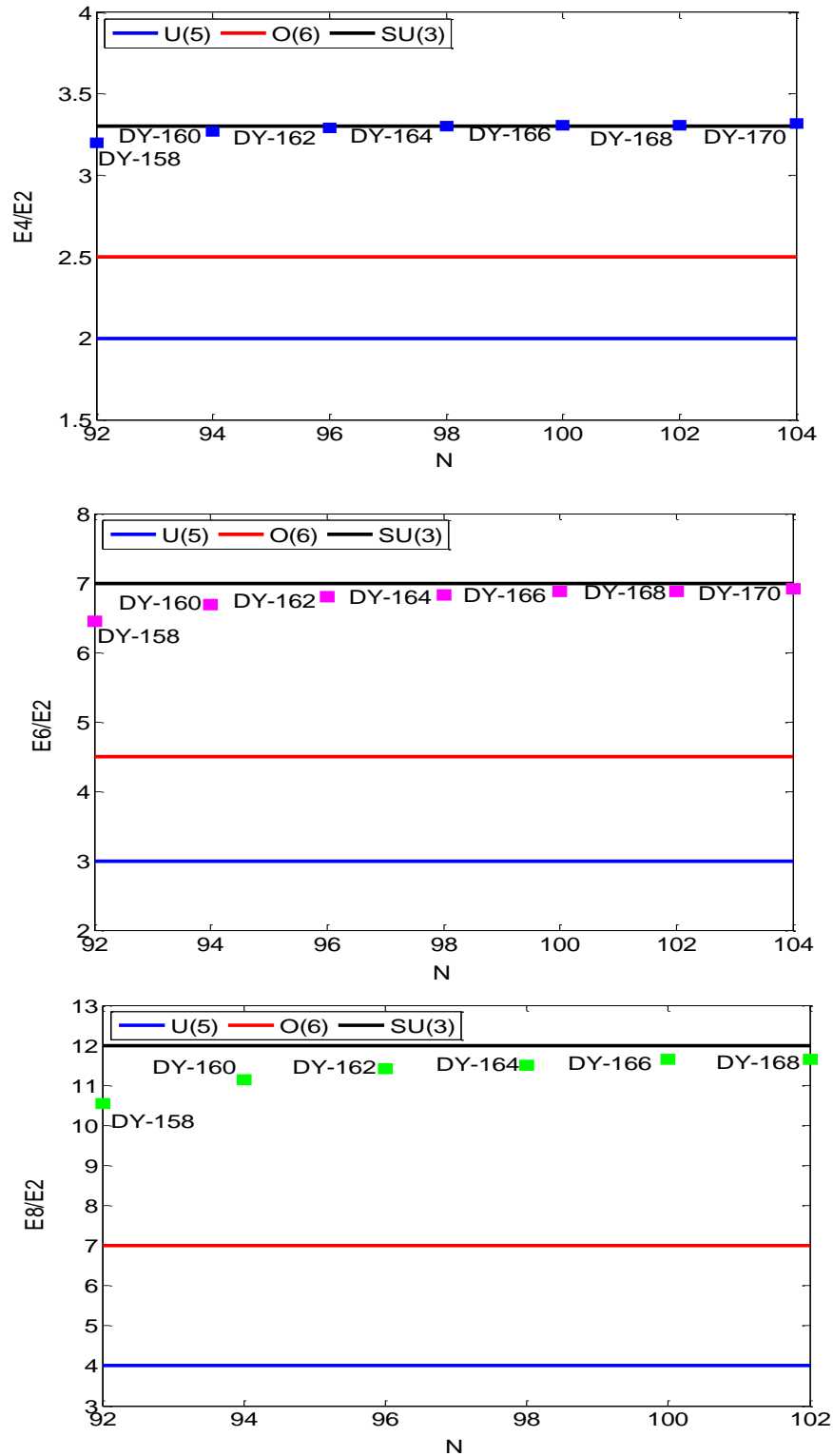


الشكل (3): منحنيات E-GOS لنظائر DY 158-170 مقارنة مع المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة الرئيسية

درست العلاقة بين طاقات الاثارة $E(I_1^+)$ نسبة الى طاقة المستوي الاثارة الاول $E(2_1^+)$ كدالة للبرم للمستويات المثارة ومقارنتها مع المنحنيات القياسية الثلاثة كما في الشكل (4) اضافة الى رسم العلاقة بين النسبة $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ مع عدد النيوترونات كما في الشكل (5) وهذين الشكلين يؤكدان ان النظائر تتبع التحديد SU(3).



الشكل (4): العلاقة بين النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ كدالة للبرم I لنظائر DY 158-170 ومقارنتها مع المنحنيات القياسية الثلاثة



الشكل (5): العلاقة بين النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ كدالة لعدد النيوترونات (N)

وبعد التأكد من التحديد الذي تنتمي له هذه النظائر تم استخدام المعادلة (16) في حساب المعاملات الخاصة لكل نظير كما هو موضح في الجدول (2) ومن خلالها تم حساب طاقات الحالات المختلفة لكل نظير حسب التحديد الذي ينتمي إليه النظير.

الجدول (2): قيم المعاملات المستخدمة لحساب حالات الطاقة للحرمة الارضية للنظائر $^{158-170}\text{DY}$

ISOTOPES	N	ELL	QQ	CHQ
^{158}DY	13	0.0244	-0.0226	-2.9580
^{160}DY	14	0.0208	-0.0217	-2.9580
^{162}DY	15	0.0200	-0.0186	-2.9580
^{164}DY	16	0.0189	-0.0148	-2.9580
^{166}DY	17	0.0196	-0.0158	-2.9580
^{168}DY	18	0.0186	-0.0162	-2.9580
^{170}DY	19	0.0176	-0.0166	-2.9580

$$QQ = 2a_2ELL = 2a_1,$$

$$\Delta\% = \frac{E_{exp} - E_{cal}}{E_{exp}} \times 100$$

حُسبت نسبة الخطأ لمستويات الطاقة الحسابات من المعادلة التالية

جدول (3): الطاقات العملية ونتائج أنموذج IBM-1 للنظيرين $^{158-170}\text{DY}$ [28-29].

^{158}DY				^{160}DY		
I_1^+	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$
2	0.098	0.098	0	0.086	0.086	0
4	0.317	0.328	-3	0.283	0.289	-2
6	0.637	0.690	-8	0.581	0.607	-4
8	1.043	1.183	-13	0.966	1.041	-7
10	1.520	1.808	-18	1.428	1.591	-11
12	2.048	2.564	-2	1.950	2.257	-15
14	2.612	3.451	-32	2.5138	3.038	-20
16	3.190	4.471	-40	3.089	3.935	-27

جدول (4): الطاقات العملية ونتائج أنموذج IBM-1 للنظيرين $^{162-164}\text{DY}$ [30-31].

^{162}DY				^{164}DY		
I_1^+	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$
2	0.080	0.081	-1	0.073	0.073	0
4	0.265	0.270	-1	0.242	0.245	-1
6	0.548	0.567	-3	0.501	0.516	-3
8	0.921	0.972	-5	0.843	0.885	-
10	1.375	1.486	-8	1.261	1.354	-7
12	1.901	2.108	-10	1.745	1.921	-10
14	2.491	2.839	-13	2.290	2.588	-13
16	3.138	3.679	-17	2.887	3.357	-16

جدول (5): الطاقات العملية ونتائج أنموذج IBM-1 للنظيرين $^{166-168}\text{DY}$ [32-33].

^{166}DY				^{168}DY		
I_1^+	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$
2	0.076	0.077	-1	0.075	0.076	-1
4	0.253	0.258	-2	0.248	0.253	-2
6	0.527	0.543	-3	0.516	0.532	-3
8	0.892	0.932	-4	0.873	0.913	-4
10	1.341	1.426	-6	1.315	1.397	-6
12	1.868	2.024	-8	-----	1.985	-----
14	2.467	2.729	-10	-----	2.678	-----
16	3.119	3.542	-13	-----	3.478	-----

جدول (6): الطاقات العملية ونتائج نموذج IBM-1 للنظير ^{170}DY [34].

^{170}DY			
I_1^+	Experimental	IBM-1	$\Delta\%$
2	0.071	0.074	-4
4	0.237	0.248	-4
6	0.494	0.521	-5
8	-----	0.895	-----
10	-----	1.369	-----
12	-----	1.947	-----
14	-----	2.628	-----
16	-----	3.416	-----

طبقاً لنموذج البوزونات المتفاعلة الأول 1 – IBM تم حساب طاقات الحالات المختلفة من خلال استخدام المعادلة (16) القياسية للتحديد الدوراني وذلك لانتماء جميع النظائر قيد الدراسة الى التحديد الدوراني ويتضح من خلال الجداول (3-6) نجد ان هنالك توافقاً جيداً مع القيم العملية لطاقات الحالة الارضية.

الاستنتاجات

من منحنيات الأنحاء الخلفي للنظائر قيد الدراسة يتضح ان هذه النظائر لاتحدث فيها هذه الظاهرة سوى انحاء طفيف جداً للنظيرين $^{158,160}\text{Dy}$ وهذا يؤكد انه لا يوجد تغيير في خصائص النظائر المدروسة، اما فيما يتعلق بمنحنيات الطاقة مقسومة على البرم E- GOS يتضح ان للنظائر تتبع التحديد الدوراني SU(3) في أنموذج البوزونات المتفاعلة، وهذا ما اكدته ايضا طاقة مستوي الأثارة الأول ونسب الطاقة أيضاً. نجاح أنموذج البوزونات المتفاعلة التحديد SU(3) في حساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية لتلك النظائر وان نسب الخطأ بين مستويات الطاقة المحسوبة والتجريبية تزداد عند المستويات ذات الزخم العالية أي بعد الزخم الزاوي $+10$ وهذا منطقي حيث تبدأ الحزمة الارضية بالتداخل مع الحزم العليا، اما في المستويات الدنيا تكاد تكون نسبة الخطأ معدومة كون النظائر عند هذه المستويات تمتلك صفات ذلك التحديد (SU(3)).

Acknowledgements

We thank University of Mosul, College of Education for Pure Science, Department of Physics for supporting this work.

المصادر :

1. Regan P. H., Beausang C. W., Zamfir R. F., Casten R. F., Zhang Jineye, Yamamoto A. D., Caprio M. A., Phys. Rev. Lettes. 90: 1525021-4 (2003).
2. . Al-Jubbori, M. A. (2017). Investigation of Energy Levels and electromagnetic Transitions for Yb–Pt Nuclei with N= 108 Using IBM,IVBM, and BMM. *Ukrainian Journal of Physics*, 62(11), 936-936
3. Ahmed, I. M., Al-Jubbori, M. A., Kassim, H. H., Abdullah, H. Y., & Sharrad, F. I. (2018).Investigation of even–even 220–230Th isotopes within the IBM, IVBM andBM. *Nuclear Physics A*, 977, 34-48.
4. Cohen, B.L., (1971), "Concepts of nuclear physics, Tata mcgrawHill publishing company ltd.
5. Al-Jubbori, M. A., Kassim, H. H., Abd-Aljbar, A. A., Abdullah, H. Y., Hossain, I., Ahmed, I. M., & Sharrad, F. I. (2020). Nuclear structure of the even–even rare-earth Er–Os nuclei for N= 102. *Indian Journal of Physics*, 94(3), 379-390.
6. Waheed, M. O., Hossain, I., Khodair, Z. T., Radhi, F. S., Al-Jubbori, M. A., Abd-Aljbar, & Sharrad, F. I. (2020, November). Some Electromagnetic Transition Properties of Odd-A Palladium Isotopes. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 928, No. 7, p. 072088). IOP Publishing.
7. Bohr, A; and Mottelson, B. R; (1975) "Nuclear Structure", Vol. II, Nuclear deformation, Banjamen, W. A., Inc. Canada.
8. Kassim, Y. Y., Al-Jubbori, M. A., Ahmed, I. M., Abdullah, H. Y., & Sharrad, F. I. (2020, November). Microscopic Description of 170 Er, 172 Yb, 174 Hf, and 176 W Isotones. In *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 928, No. 7, p. 072124). IOP Publishing.
9. Kassim, H. H., Abd-Aljbar, A. A., Al-Jubbori, M. A., Abdullah, H. Y., Hossain, I., & Sharrad, F. I. (2020, November). Properties of O (6)-U (5) transition symmetry for 122-124Cd isotopes in IBM. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 928, No. 7, p. 072149). IOP Publishing.
 10. 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".
 11. Al-Jubbori, M. A., Kassim, H. H., Radhi, F. S., Attarzadeh, A., Hossain, I., Ahmed, I. M., & Sharrad, F. I. (2019). Critical Point of the 152 Sm, 154 Gd, and 156 Dy Isotones. *Physics of Atomic Nuclei*, 82(3), 201-211.
 12. Kassim, H. H., Al-Jubbori, M. A., Yousif, M. M., Ahmed, I. M., & Sharrad, F. I. (2020, November). Nuclear Structure and Energy Levels of 158Er, 160Yb and 162Hf Isotones. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 928, No. 7, p. 072064). IOP Publishing.
 13. Arima, A; and Iachello, F; (1976) "Interacting Boson Model of Collective States I. The Vibrational Limit", *Ann. Phys.* Vol. 99, (293-317).
 14. Arima, A; and Iachello, F; (1978) "Interacting Boson Model of Collective States II. The Rotational Limit", *Ann. Phys.* 111, (201-238).
 15. Arima, A; and Iachello, F;(1979) "Interacting Boson Model of Collective Nuclear States IV. The O(6) Limit", *Ann. Phys.* Vol. 123, (468-492).
 16. Scharff-Goldhaber and Weneser, J; *phys. Rev.*98, 212 (1955) (cided by Ref. Regan et al (2003)).
 17. Wong, S. M; (1990) "Introductory Nuclear Physics" prentice-Hall International", Inc
 18. Al-Jubbori, M. A., Radhi, F. S., Ibrahim, A. A., Albakri, S. A. A., Kassim, H. H., & Sharrad, F. I. (2018). Determine the 134–140Nd isotopes identity using IBM and NEF. *Nuclear Physics A*, 971, 35-50.
 19. Kassim, H. H., Mohammed-Ali, A. A., Al-Jubbori, M. A., Sharrad, F. I., Ahmed, A. S., & Hossain, I. (2018). Calculation of some of the nuclear properties of even-even 172-176Hf isotopes using IBM-1. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 46(1).
 20. Al-Jubbori, M. A., Kassim, H. H., Sharrad, F. I., Attarzadeh, A., & Hossain, I. (2018). Theoretical description of the deformation properties for 154–164Gd isotopes. *Nuclear Physics A*, 970, 438-450
 21. Sorenson, R. A; (1973), "Nuclear Moment of Inertia at High Spin". *Rev. Mod. phys*, 45(3): 353-367.
 22. Mahdi, M. A., Radhi, F. S., Kassim, H. H., AbedAlJubbori, M., & Sharrad, F. I. (2019, July). Low-lying positive parity yrast bands in Gd, Dy and Er nuclei for N= 96. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1279, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
 23. Hossain, I., Kassim, H. H., Al-Jubbor, M. A., Sharrad, F. I., & Mansour, S. A. (2020). Ground States Structure of Ruthenium Isotopes with Neutron N= 60, 62. *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 10(02), 76.
 24. 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.
 25. Casten. R.F; and Warner, D.D; (1988), "Interacting Boson Approximation", *Rev.mod.Phys*,60:389-465.
 26. Al-Jubbori, M A, Kassim,H H Abd-Aljbar, A A Abdullah,H Y Hossain I ,Ahmed I M and Fadhil I Sharrad, *Indian Journal of Physics*, 94(2020) 379-390
 27. Arima, A; and Iachello, F; (1987) "The Interacting Boson Model(3)", Cambridge University press.
 28. N.Nica NDS 141,1 (2017). Nuclear Data Sheets.

29. C.W.Reich NDS 105,557 (2005). Nuclear Data Sheets.
30. C.W.Reich NDS 108,1807 (2007). Nuclear Data Sheets.
31. Balraj Singh and Jun chen NDS 147,1 (2018). Nuclear Data Sheets.
32. Coral M.Baglin NDS 109,1103 (2008). Nuclear Data Sheets.
33. Coral M.Baglin NDS 111,1807 (2010). Nuclear Data Sheets.
34. C.M.Baglin ,E.A. Mccutchan ,S.Basunia NDS 153,1 (2018). Nuclear Data Sheets.