

## Study of Nuclear Structure of Even-Even Dy Isotopes

Aziz Mohammad Ali<sup>1\*</sup>, Yasir Yahya Kassim<sup>2</sup>, Mutasim M. Yosuf<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Educational and Psychological Sciences, College of Education for Human Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

<sup>2,3</sup>Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

E-Mail: [1\\*dr.aziz@uomosul.edu.iq](mailto:dr.aziz@uomosul.edu.iq), [2yaser-physics@uomosul.edu.iq](mailto:yaser-physics@uomosul.edu.iq), [3mutasim.m.u@uomosul.edu.iq](mailto:mutasim.m.u@uomosul.edu.iq)

(Received February 02, 2021; Accepted March 30, 2021; Available online September 01, 2021)

DOI: [10.33899/edusj.2021.129475.1140](https://doi.org/10.33899/edusj.2021.129475.1140), © 2021, College of Education for Pure Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC

### Abstract

In this paper, the energy of the first excited  $2_1^+$  and the ratios of  $\frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$ ,  $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}$ ,  $\frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}$  for  $^{152-156}\text{Dy}$  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  $E\gamma/I$  as a function of I (E-GOS), the ratio  $E(I_1^+)/E(2_1^+)$  and the ratio  $r(I+2/I)$  as a function of spin (I) are drawn for these isotopes to have more information about their properties. Calculation of the energy of different states along the yrast band 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  $^{152-154}\text{Dy}$  have vibration U(5) properties and  $^{156}\text{Dy}$  has gamma-soft O(6) properties. The interacting boson model IBM-1, BM and IVBM 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.

**keyword:** Dy isotopes, IBM-1, Nuclear structure, even-even nuclei, E-GOS; back-bending, ratio  $r(I+2/I)$ , ratio  $E_I/E_2$

### دراسة التركيب النووي لنظائر Dy الزوجية-الزوجية

عزيز محمد علي<sup>1\*</sup>، ياسر يحيى قاسم<sup>2</sup>، معتصم محمود يوسف<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> قسم علوم التربوية والنفسية-كلية التربية للعلوم الإنسانية- جامعة الموصل-الموصل-العراق

<sup>2,3</sup> قسم الفيزياء-كلية التربية للعلوم الصرفة-جامعة الموصل-الموصل-العراق

الخلاصة:

في هذه الدراسة، تم 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  $DY^{152-156}$  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 ما عدا النظير  $DY^{152}$ ، كما رسمت طاقة كما مقسومة على البرم  $R = \frac{E_\gamma}{I}$  كدالة للبرم  $I$  والتي يطلق عليها منحنيات (E-GOS) والنسب  $r(I+2/I)E(I_1^+)/E(2_1^+)$ ، دالة لبرم المستويات المثارة لزيادة المعلومات عن خصائص هذه النظائر. وقد اظهرت النتائج والمنحنيات المرسومة ان النظائر  $DY^{152-154}$  تمتلك الخصائص الاهتزازية ذات التحديد  $SU(5)$  وان النظير  $DY^{156}$  يمتلك خصائص كما الناعمة ذات التحديد  $O(6)$ . استخدم انموذج البوزونات المتفاعلة الأصدار الاول IBM-1 وانموذجي BM,IVBM لحساب مستويات الطاقة للنظائر قيد الدراسة وحسب التحديد الذي تنتمي اليه تلك النظائر، انجزت جميع الحسابات من خلال بناء برنامج بلغة MATLAB-10 وتم مقارنة النتائج المحسوبة مع القيم العملية وكانت جيدة.

**الكلمات المفتاحية:** نظائر Dy، أنموذج البوزونات المتفاعلة، التركيب النووي، النوى الزوجية-الزوجية، منحنيات GOS، الانحناء الخلفي، النسب  $(E_1/E_2, r(I+2/I))$ .

## 1. المقدمة

تعد النواة منظومة كمية تحتوي على مجموعة من النكليونات تشكل قلبا هامدا باحد الاعداد السحرية للنكليونات خارج القلب الهامد تتفاعل مع بعضها بطرائق مختلفة لتوليد الجهد الخاص بتلك النواة وبحالات اثاره خاصة. تمتلك النوى الزوجية-الزوجية مستويات طاقة متعددة تقسم الى حزم تسمى احداها بحزمة الحالة الارضية (GSB) والتي تكون ذات زاخم زاوي زوجي وبتمائل موجب  $4^+$ ,  $2^+$ ,  $0^+$  ( $I^\pi = 0^+, 2^+, 4^+, \dots$ )، والتي هي اقل مستوى للطاقة المثارة اي ان النواة تكون في ادنى حالات تهيجها. والحزمة الاخرى والتي تسمى بحزمة  $\beta$  الاهتزازية والتي تكون مشابهة لحزمة الحالة الارضية من حيث كون الزخم الزاوي لها زوجي وبتمائل موجب  $4_2^+$ ,  $2_2^+$ ,  $0_2^+$  ( $I^\pi = 0_2^+, 2_2^+, 4_2^+, \dots$ )، والحزمة الاخرى تسمى بحزمة  $\gamma$  الاهتزازية والتي تتميز بان لها زخم زاوي ذات اعداد فردية وزوجية وبتمائل موجبة ( $I^\pi = 1^-, 2^-, 3^-, \dots$ ) تتشكل حزمة الطاقات الادنى من تقاطع الحزمتين g.b وحزمة اخرى تتشكل فوقها s.b ثم تتقاطع معها عند موقع معين لتأخذ مكان الحزمة الارضية في مواقع الطاقات الادنى [2] اذ تعد منطقة الYrast مهمة جدا في دراسة التركيب النووي لمعرفة خصائص النوى وذلك بسبب تغير قيم الطاقات نتيجة لتغير عزم القصور الذاتي وبالتالي حدوث انحناء خلفي في طاقة كما المنبعثة [4], [3] كما ان رسم العلاقة بين طاقة كما مقسومة على البرم دالة للبرم منحنيات (E-GOS) تزودنا بكثير من المعلومات عن هذه المنطقة، بتغير طاقة حالات الاثارة الاولى  $E_{21}^+$  باختلاف تحديد النواة فتأخذ القيم التقريبية الاتية (500,300,100)keV للنوى الدورانية وكما الناعمة والاهتزازية على التوالي [7]-[5]. وقد وضعت العديد من الانموذجات النووية لدراسة التركيب النووي النووي كانموذجات البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 وانموذجي بور ماتلسون BM والبوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM، ويعد الانموذج الجماعي من انجح الانموذجات التي وضعت لدراسة التركيب النووي [8]-[10]

تم في هذا البحث التعرف على خصائص بعض نظائر الديسبروسيوم  $DY^{152-156}$  الزوجية-الزوجية والتغير الذي يحصل فيها على طول منطقة yrast من خلال دراسة طاقات حالات الاثارة الاولى  $E(2_1^+)$  والنسب  $\frac{E(8_1^+)}{E(2_1^+)}$ ,  $\frac{E(6_1^+)}{E(2_1^+)}$ ,  $\frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$  واشكال منحنيات

الانحناء الخلفي وطريقة E-GOS والعلاقة  $r(I+2/I)$  كدالة للبرم وقيم الطاقات المحسوبة باستخدام المعادلات الخاصة لكل تحديد باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 وانموذجي بور وماتلسون BM والبوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM وقد تم استخدام المعاملات الخاصة والمناسبة لكل تحديد .

## 2. النظرية

نحج انموذج IVBM الذي اقترح من قبل [Ganev,2004] [11] في وصف حالات الطاقة الادنى للحزمة  $\gamma$  - Band وفي حساب فروقات الطاقة بين الحزم المختلفة والذي يسمى بتأرجح الطاقة Staggering وفي دراسة التشوه الدوراني وكاما الناعمة اضافة الى النمط الاهتزازي [12] وقد نجح في دراسة الحزم ذات التماثل السالب والموجب بعد اختياره من قبل [13]. تعطى قيمة الطاقة للحزمة الارضية GSB والحزمة ذات التماثل السالب NPB والتي تقابل نمطي الحركة الاهتزازي والدوراني كالاتي [11]

$$E(I) = \beta I(I + 1) + \gamma I \quad (1)$$

$$E(I) = \beta I(I + 1) + (\gamma + \eta)I + \zeta \quad (2)$$

حيث تحسب قيم الثوابت  $\beta, \gamma$  من خلال مواعمة Fitting للقيم التجريبية في الحزمة الارضية وتحسب قيم المعاملين  $\eta, \zeta$  من مواعمة القيم التجريبية ايضا لكن للحزمة السالبة. اما بالنسبة لانموذج بور وماتلسون [14] فتحسب قيمة الطاقة للحزمة الارضية GSB والحزمة ذات التماثل السالب NPB من المعادلتين

$$E(I) = AI(I + 1) + BI^2(I + 1)^2 + CI^3(I + 1)^3 \quad (3)$$

$$E(I) = E_0 + AI(I + 1) + BI^2(I + 1)^2 + CI^3(I + 1)^3 \quad (4)$$

حيث ان A,B,C هي ثوابت يتم ايجادها من خلال مواعمة مع القيم العملية. والمعامل  $E_0$  تمثل طاقة راس الحزمة.

في انموذج البوزونات المتفاعلة الاصدار الاول IBM-1 يعطى مؤثر دالة هاملتون بالعلاقة الاتية [15]

$$(5)$$

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

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

$$(6)\hat{H} = \varepsilon\hat{n}_d + a_0\hat{p}.\hat{p} + a_1\hat{L}.\hat{L} + a_2\hat{Q}.\hat{Q} + a_3\hat{T}_3.\hat{T}_3 + a_4\hat{T}_4.\hat{T}_4 \dots$$

حيث ان

$$\varepsilon = \varepsilon_d + \varepsilon_s \quad (7)$$

اذ ان  $\varepsilon$  تمثل طاقة البوزونات الذاتية واذا ما اعتبر  $\varepsilon_s = 0$  بذلك تكون طاقة البوزونات الذاتية  $\varepsilon$  مساوية لطاقة بوزونات d أي انه  $\varepsilon = \varepsilon_d$ . استخدمت نظرية الزمر لتمثل مجموع البوزونات (s) وبوزونات (d) في انموذج البوزونات المتفاعلة الاول بفضاء ذي ستة ابعاد (Six dimensional space) وقسمت الابعاد ببعد واحد للبوزون (s) وخمسة ابعاد للبوزون (d). استخدمت الزمرة الوحديية U(6) لوصف البوزونات والتي تنحل الى ثلاث تناظرات ديناميكية U(5) للنوى الاهتزازية, SU(3) للنوى الدورانية, O(6) للنوى كما الناعمة [15]-[17]. وتعطى قيمة الطاقة لكل من هذه التحديدات كالآتي [18]

$$(8)U(5): E(\varepsilon, n_d, \lambda, \mu, \nu, L) = \varepsilon n_d + K_1 n_d(n_d + 4) + K_4 \nu(\nu + 3) + K_5 L(L + 1)$$

$$(9)O(6): E(N, \sigma, \tau, L) = K_3(N - \sigma)(N + \sigma + 4) + K_4 \tau(\tau + 3) + K_5 L(L + 1)$$

$$(10)SU(3): E(\lambda, \mu, L) = K_2(\lambda^2 + \mu^2 + \lambda\mu + 3\lambda) + K_5 L(L + 1)$$

في بعض النوى قد يحدث تغير درماتيكي في عزم القصور الذاتي مما يتسبب بانخفاض قيمة الطاقة الدورانية لانتقال طاقة كما من الحالة (I) الى الحالة (I - 2) يتسبب هذا السلوك في حدوث ظاهرة الانحناء الخلفي الذي يظهر جلياً في النوى التي تعاني تغيراً في خصائصها عند رسم العلاقة بين  $2\theta/\hbar^2$  مع  $(\hbar\omega)^2$  [19] وتعطى العلاقة بين  $E_\gamma$  و  $\theta$  كالآتي [14]

$$(11) 2\theta/\hbar^2 = \frac{4I-2}{E_\gamma}$$

والعلاقة بين  $E_\gamma$  و  $\hbar\omega$  كالآتي [20]

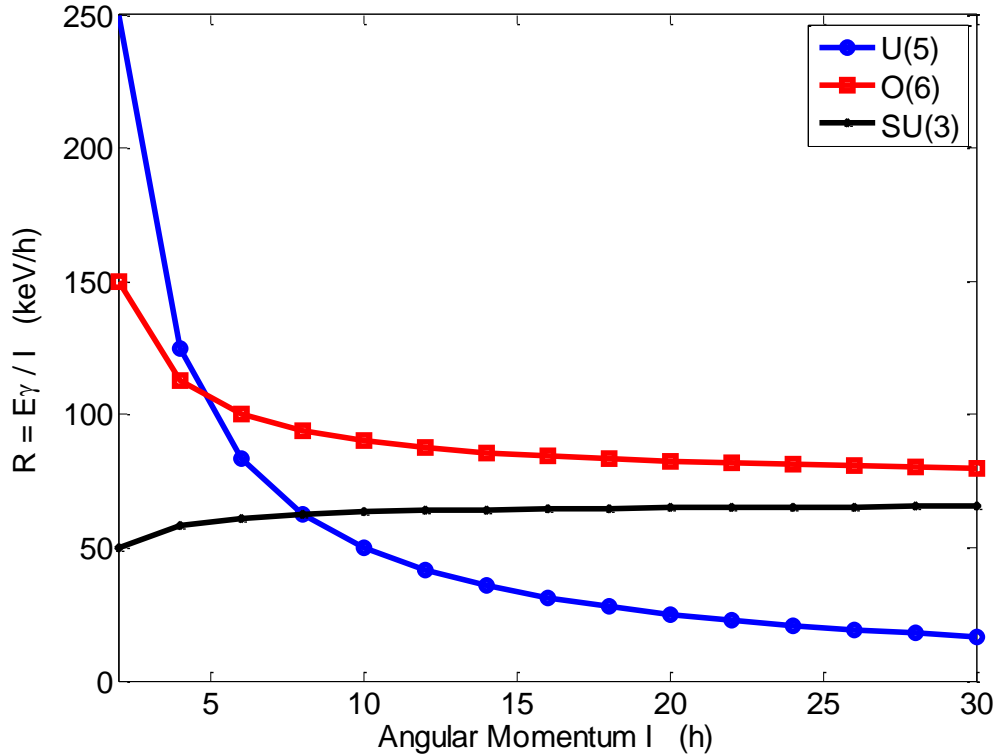
$$(12) \hbar\omega = \frac{E_\gamma}{\sqrt{I(I+1)} - \sqrt{(I-2)(I-1)}}$$

ومن المثير للاهتمام مناقشة مستويات الطاقة من خلال رسم النسب  $R = \left(\frac{E_\gamma}{I}\right)$  دالة للبرم I [21], [22] (E-GOS) هذه الطريقة مهمة جدا في تحديد تركيبة النواة بالإضافة الى تحديد التغيرات كدالة للبرم لذا فان منحنى E-GOS للنوى الاهتزازية تهبط بسرعة من اعلى قيمة لها 250 keV عند  $I = 2_1^+$  الى الصفر عندما  $I \rightarrow \infty$ , وللنوى ذات تحديد كما الناعمة يهبط المنحنى ببطء من اعلى قيمة لها 150 keV عند  $I = 2_1^+$  الى ربع قيمة حالة الاثارة الاولى  $\frac{E(2_1^+)}{4}$  عند  $I \rightarrow \infty$  اما بالنسبة للنوى الدورانية فان المنحنى سوف تزداد من ادنى قيمة لها 50 keV عند  $I = 2_1^+$  الى  $\frac{4\hbar^2}{2\theta}$  عند  $I \rightarrow \infty$  [22] كما في الشكل (1) وتعطى العلاقات بين النسبة  $R = \left(\frac{E_\gamma}{I}\right)$  والبرم I للتحديدات الثلاثة الرئيسية كالآتي [8], [23]

$$U(5): R = \frac{\hbar\omega}{I} \rightarrow 0 \quad \text{When } I \rightarrow \infty \quad (13)$$

$$O(6): R = \frac{E(2_1^+)}{4} \left(1 + \frac{2}{I}\right) \rightarrow \frac{E(2_1^+)}{4} \quad \text{When } I \rightarrow \infty \quad (14)$$

$$SU(3): R = \frac{\hbar^2}{2\theta} \left(4 - \frac{2}{I}\right) \rightarrow \frac{4\hbar^2}{2\theta} \quad \text{When } I \rightarrow \infty \quad (15)$$



الشكل (1) : منحني E- GOS للحالات القياسية الثلاثة [22]

ولدينا النسبة بين قيم الطاقات لحالتين متتاليتين  $(I, I+2)$  والتي بدورها تزودنا بمعلومات كافية عن خصائص النواة وعند حالات مختلفة من الطاقة والتي تعد مؤشراً لحدوث الانتقال بين التحديدات الثلاثة للنواة. تتخذ قيم النسب تجريبياً والتي تتم مطابقتها نظرياً مع زخم الحالة لتعطي بالصيغة الآتية [21], [24]-[26].

$$r \left( \frac{I+2}{I} \right) = \left[ R \left( \frac{I+2}{I} \right)_{exp} - \left( \frac{I+2}{I} \right) \right] \times \frac{I(I+1)}{2(I+2)} \quad (2-7)$$

حيث ان النسبة  $R = \left( \frac{I+2}{I} \right)_{Exp}$  تمثل النسبة بين قيم الطاقات التجريبية المتتالية اذ ان قيم  $r$  تبقى محصورة بين (1 - 0.1) عند منطقة التزاحم في النوى الزوجية - الزوجية وتأخذ  $r$  قيم ما بين (0.1 <  $r$  < 0.35) للنوى الاهتزازية وتكون محصورة بين (0.4 <  $r$  < 0.6) للنوى كاما الناعمة (الانتقالية) بينما تأخذ القيم من (0.6 <  $r$  < 1) للنوى الدورانية (المشوهة) [26].

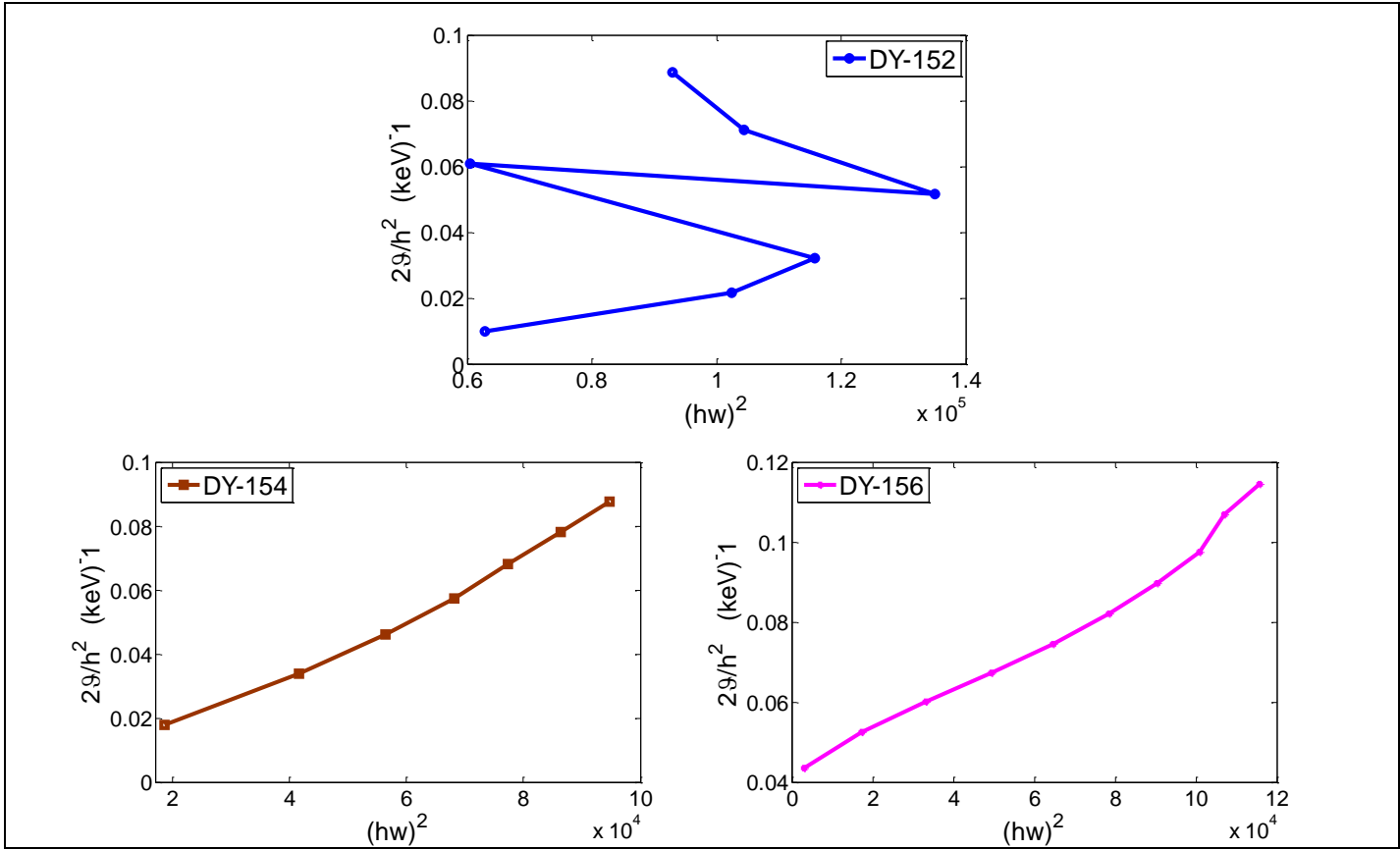
### 3. النتائج والمناقشة

تمتلك نواة الديسبروسيوم DY (66) بروتونا اما نظائرها <sup>152-156</sup>DY الزوجية - الزوجية تمتلك من (86) الى (90) 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 كما في الجدول (1).

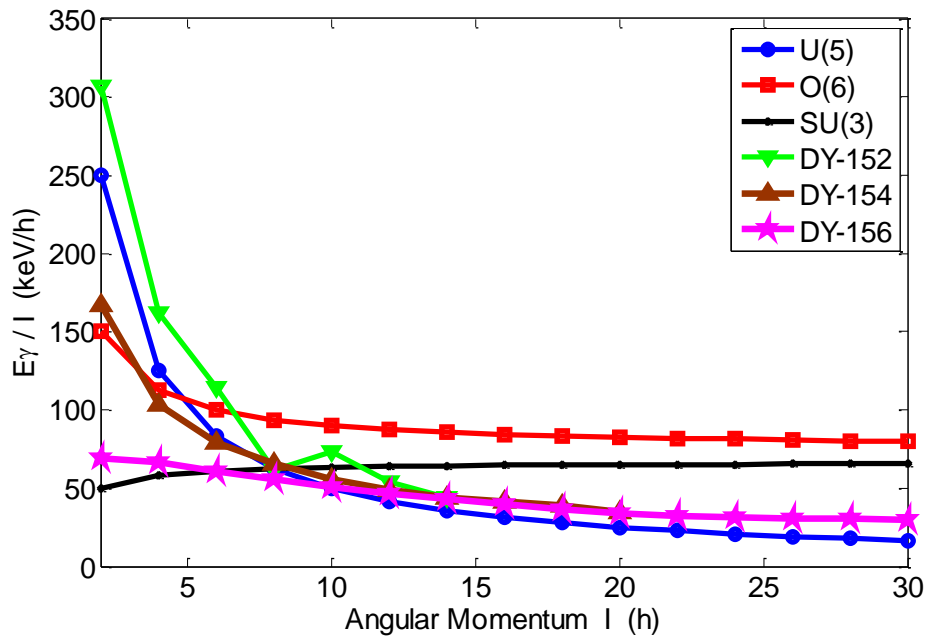
**الجدول (1): القيم القياسية لطاقة الاثارة الاولى  $E(2_1^+)$  والنسب  $E(I_1^+)/E(2_1^+)$  للتحديدات الرئيسية الثلاثة وللنظائر قيد الدراسة**

ISOTOP	$E_{2_1^+}$	$R = E_{4_1^+}/E_{2_1^+}$	$E_{6_1^+}/E_{2_1^+}$	$E_{8_2^+}/E_{2_1^+}$
U(5)	500	2.0	3.0	4.0
O(6)	300	2.5	4.5	7
SU(3)	100	3.3	7	12
<sup>152</sup> DY	613.83	2.05	3.16	3.97
<sup>154</sup> DY	334.34	2.23	3.66	5.22
<sup>156</sup> DY	137.77	2.93	5.59	8.82

وتم الحصول على معلومات اولية عن خصائص نظائر <sup>152-156</sup>DY 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)  $\hbar^2\omega^2$  [14] كما في الشكل (2) ويتبين من خلال هذا الشكل انه لا يوجد تغيير في عزم القصور الذاتي للنظيرين <sup>154-156</sup>DY بينما يوجد تغيير في عزم القصور الذاتي للنظير <sup>152</sup>DY وهذا يدل على تغير في خصائص هذا النظير لكنها لا تعطي معلومات كافية عن هذه التغييرات لذا ولزيادة المعلومات تم دراسة منحنيات E-GOS رُسمت منحنيات E-GOS، طاقة كما مقسومة على البرم  $R = \frac{E\gamma}{I}$  دالة للبرم I [22] للنظائر قيد الدراسة في الشكل (3) وتم مقارنتها مع المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة الرئيسية (الاهتزازية وكاما الناعمة والدورانية)، ويتضح من الشكل ان هنالك نقصان سريع من اقصى التحديد الاهتزازي للنظير <sup>152</sup>DY ويستمر بالهبوط السريع حتى الحالة I=8 والتي عندها تبدأ بالصعود بشكل بطيء وعند الحالة I=10 تبدأ بالهبوط مرة اخرى وبشكل ابطأ من قبل وهذا التذبذب يدل على الخصائص الاهتزازية الغير نقيه لهذا النظير اما بالنسبة للنظير <sup>154</sup>DY هنالك هبوط سريع من اقصى تحديد كما الناعمة ويستمر بالهبوط وهذا ما يؤكد الخصائص الاهتزازية للنظير واخيرا منحنى النظير <sup>156</sup>DY والتي تبدأ بالهبوط وبشكل بطيء من اعلى التحديد الدوراني ويستمر حتى الحالة I=22 ومن ثم تستقر بعدها وهذا ما يؤكد تحديد خصائص كما الناعمة للنظير

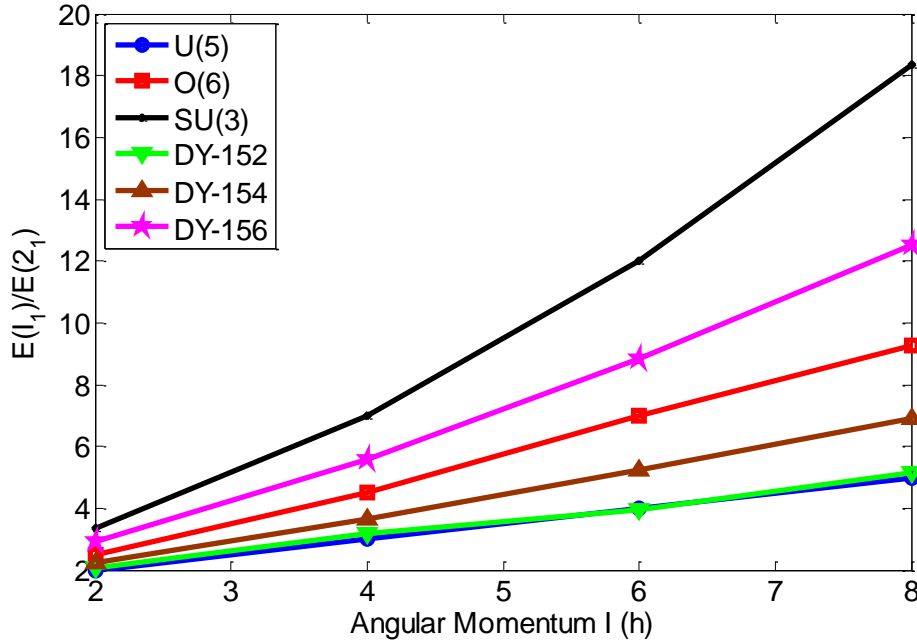


الشكل (2): عزم القصور الذاتي دالة لمربع الطاقة الدورانية لنظائر  $^{152-156}\text{DY}$



الشكل (3): منحنيات E-GOS لنظائر  $^{152-156}\text{DY}$  مقارنة مع المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة الرئيسية

دُرست 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) وقد اكد الشكل الخصائص الاهتزازية للنظيرين  $^{152-154}\text{DY}$  وخصائص تحديد كما الناعمة للنظير  $^{156}\text{DY}$



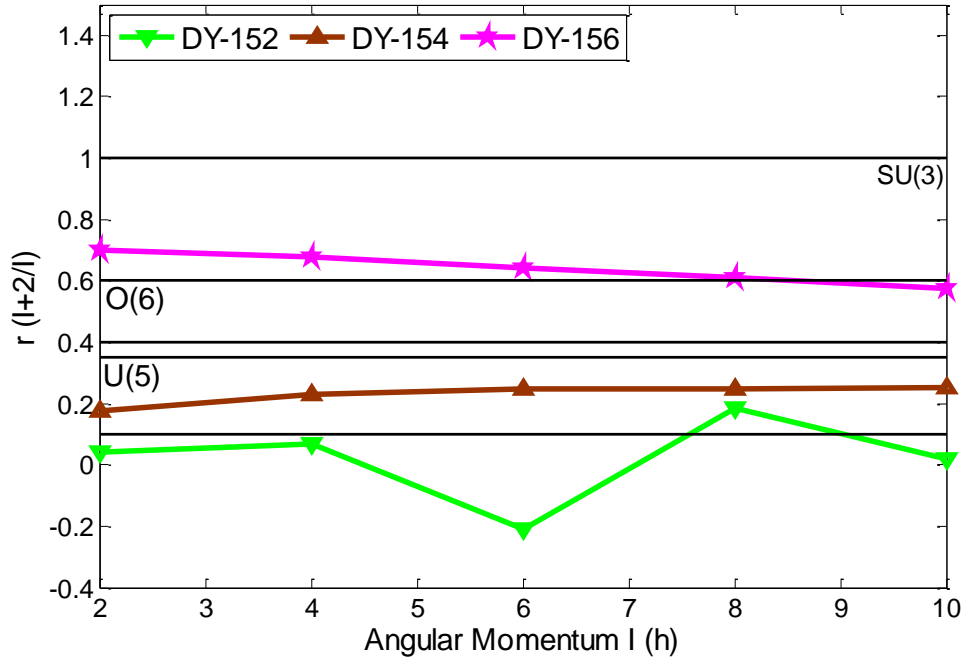
الشكل(4): العلاقة بين النسب  $E(I_1^+)/E(2_1^+)$  كدالة للبرم  $I$  لنظائر  $^{152-156}\text{DY}$  ومقارنتها مع المنحنيات القياسية الثلاثة

وكذلك تم رسم العلاقة بين قيم طاقات حالات الاثارة المختلفة الى حالة الاثارة التي تسبقها  $r(I + \frac{2}{I})$  كدالة للبرم  $I(\hbar)$  نلاحظ من الشكل (5) ان اربع قيم من اصل خمسة تقع تحت منطقة التحديد الاهتزازي (اي في المنطقة المغلقة) للنظير  $^{152}\text{DY}$  وهذا ما يؤكد الخصائص المتغيرة للنظير اما بالنسبة للنظير  $^{154}\text{DY}$  تقع جميع قيمها بين التحديدين (0.1-0.4) وهذا ما يؤكد الخصائص الاهتزازية للنظير واخيرا للنظير  $^{156}\text{DY}$  فيبدو انها تنتقل بين التحديدين الدوراني وكما الناعمة اذ تقع اربع نقاط من اصل خمسة في منطقة التحديد الدوراني وهذا ما يؤكد الخصائص الغير النقية لهذا النظير. وبعد التأكد من التحديد الذي تنتمي له هذه النظائر تم استخدام المعادلة (8) في حساب المعاملات الخاصة للنظيرين  $^{152-154}\text{DY}$  والمعادلة (10) للنظير  $^{156}\text{DY}$  طبقا لامتداد IBM-1 كما موضح في الجدول (2) ومن خلالها تم حساب طاقات الحالات المختلفة لكل نظير حسب التحديد الذي ينتمي اليه النظير كما في الجدول (4). اما بالنسبة لامتداد بور وماتلسون BM استخدمت المعادلة (3) في حساب المعاملات الخاصة للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$  والتي عرضت في الجدول (3) ومن خلالها تم حساب طاقات الحالات المختلفة لكل نظير كما في الجدول (4), واخيرا في امتداد البوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM استخدمت المعادلة (1) في حساب المعاملات الخاصة للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$  والتي عرضت في الجدول (3) ومن خلالها تم حساب طاقات الحالات المختلفة لكل نظير كما في الجدول (4)

طبقا لامتداد البوزونات المتفاعلة الاول IBM - 1 تم حساب طاقات الحالات المختلفة من خلال استخدام المعادلة (11) القياسية للتحديد الاهتزازي للنظيرين  $^{152-154}\text{DY}$  والمعادلة (18) القياسية للتحديد كما الناعمة للنظير  $^{156}\text{DY}$  والمعادلة (23) بالنسبة للنظائر



قيد الدراسة والمعادلة (22) بالنسبة لانموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM ويتضح من خلال الجداول (4) نجد ان هنالك توافق جيد مع القيم العملية لطاقات الحالة الارضية.



الشكل (5): النسبة بين  $r\left(I + \frac{2}{I}\right)$  كدالة للبرم I للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$

الجدول (2): قيم المعاملات المستخدمة لحساب حالات الطاقة للانموذج IBM-1 للحزمة الارضية للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$

ISOTOPES	N	$\epsilon$	$K_1$	$K_4$	$K_5$
$^{152}\text{DY}$	10	561.35	12.36	7.71	-4.67
$^{154}\text{DY}$	11	276.65	9.8	8.66	1.01
$^{156}\text{DY}$	12	-----	-----	55.14	-4.71

الجدول (3): قيم المعاملات المستخدمة لحساب حالات الطاقة في الانموذجين MB و IVBM للحزمة الارضية للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$

Isotopes	BM		IVBM		
	A	B	C	$\beta$	$\gamma$
$^{152}\text{DY}$	5.8324e+001	3.5834e-001	8.6701e-004	0.3438	311.9461
$^{154}\text{DY}$	3.3047e+001	1.2971e-001	2.3887e-004	5.6249	166.3051
$^{156}\text{DY}$	1.9718e+001	4.2382e-002	6.467e-005	9.0736	6.8926e+001

جدول (4): الطاقات العملية والمحسوبة بالانموذجات (BM ,IVBM ,IBM-1) بوحدات (MeV) للنظائر  $^{152-156}\text{DY}$  [27],

[28].

$I_1^+$	$^{152}\text{DY}$				$^{154}\text{DY}$			
	$E_{exp}$	IVBM	BM	IBM - 1	$E_{exp}$	IVBM	BM	IBM - 1
$2_1^+$	0.613	0.626	0.337	0.625	0.334	0.366	0.193	0.336
$4_1^+$	1.261	1.254	1.030	1.254	0.746	0.777	0.611	0.777
$6_1^+$	1.944	1.886	1.881	1.886	1.223	1.234	1.176	1.234
$8_1^+$	2.437	2.520	2.665	2.520	1.747	1.735	1.796	1.735
$10_1^+$	3.173	3.157	3.233	3.157	2.304	2.281	2.383	2.281
$12_1^+$	3.820	3.797	3.669	3.796	2.892	2.873	2.905	2.873
$14_1^+$	4.430	4.439	4.474	4.439	3.508	3.509	3.432	3.509
$16_1^+$	-----	5.084	6.800	-----	4.172	4.191	4.199	4.190
$I_1^+$	$^{156}\text{DY}$							
	$E_{exp}$	IVBM	BM	IBM - 1				

$2_1^+$	0.137	0.192	0.116	0.192
$4_1^+$	0.404	0.457	0.377	0.457
$6_1^+$	0.770	0.794	0.758	0.794
$8_1^+$	1.215	1.204	1.224	1.204
$10_1^+$	1.725	1.687	1.742	1.687
$12_1^+$	2.285	2.242	2.290	2.242
$14_1^+$	2.887	2.870	2.870	2.870
$16_1^+$	3.523	3.570	3.529	3.570

#### 4. الاستنتاجات

من منحنيات الأحناء الخلفي للنظائر قيد الدراسة يتضح ان هذه النظائر لاتحدث فيها هذه الظاهرة سوى للنظير  $^{152}\text{Dy}$  وهذا يؤكد انه يوجد تغيير في خصائص هذا النظير ، اما فيما يتعلق بمنحنيات الطاقة مقسومة على البرم E-GOS يتضح ان النظيرين  $^{152-154}\text{Dy}$  تتبع التحديد الاهتزازي (SU(5) بينما يتبع النظير  $^{156}\text{Dy}$  تحديد كما الناعمة في أنموذج البوزونات المتفاعلة، وهذا ما اكدته ايضا طاقة مستوي الأثارة الأول ونسب الطاقة أيضاً. نجاح أنموذج البوزونات المتفاعلة التحديد (SU(5) في حساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية لتلك النظائر .

#### 5. شكر وتقدير

يتقدم الباحثون بالشكر والعرفان لكلية التربية للعلوم الصرفة- جامعة الموصل لأنجاز هذا البحث

#### 6. المصادر :

- [1] B. L. Cohen, *Concepts of nuclear physics*. McGraw Hill Education, 1971.
- [2] W. Greiner and J. A. Maruhn, *Nuclear Models*. Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- [3] J. E. Grosse, F. S. Stephens, and R. M. Diamond, "Test of Backbending Models Using Odd-A Nuclei," *phys. Rev. Lett.*, vol. 31, no. 9, pp. 840–843, 1973.
- [4] P. von Brentano, A. Gelberg, and S. Harissopoulos, "Test of the O(6) character of nuclei near A =130," *phys. Rev. Lett.*, vol. 38, no. 5, pp. 6–8, 1988.
- [5] A. Bohr and B. R. Mottelson, "Nuclear Structure Vol. II," WA Benjamin Inc., New York, Amsterdam, 1975.
- [6] Y. Y. Kassim, M. A. Al-Jubbori, I. M. Ahmed, H. Y. Abdullah, and F. I. Sharrad, "Microscopic description of 170Er, 172Yb, 174Hf, 176W isotones," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 928, no. 7, 2020.
- [7] H. H. Kassim, A. A. Abd-Aljbar, M. A. Al-Jubbori, H. Y. Abdullah, I. Hossain, and F. I. Sharrad, "Properties of O(6)-U(5) transition symmetry for 122-124Cd isotopes in IBM," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 928, no. 7, 2020.
- [8] A. Bohr and B. R. Mottelson., "Physics of N= Z and N= Z+ 1 nuclei in the A= 80-100 region," *Mat. Fys. Med.*, vol. 27, 1953.
- [9] M. A. Al-Jubbori *et al.*, "Critical Point of the 152Sm, 154Gd, and 156Dy Isotones," *Phys. At. Nucl.*, vol. 82, no. 3, pp. 201–211, 2019.
- [10] H. H. Kassim, M. A. Al-Jubbori, M. M. Yousif, I. M. Ahmed, and F. I. Sharrad, "Nuclear Structure and Energy Levels of 158Er, 160Yb and 162Hf Isotones," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 928, no. 7, 2020.
- [11] H. Ganev, V. P. Garistov, and A. I. Georgieva, "Description of the ground and octupole bands in the symplectic extension of the interacting vector boson model," *Phys. Rev. C*, vol. 69, no. 1, p. 7, 2004.

- [12] H. G. Ganev, "Triaxiality in the IVBM," *Nucl. Theory*, vol. 32, pp. 204–214, 2013.
- [13] V. Garistov, A. Georgieva, and T. Shneidman, "Description of Alternating Parity Bands in Deformed Even-Even Nuclei in the Symplectic Extension of the Interacting Vector Boson Model," *Bulg. J. Phys*, vol. 40, pp. 1–16, 2013.
- [14] Samuel S M Wong, *Introductory Nuclear Physics*. London: Prentice-Hall intern. ed. London, 1990.
- [15] A. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective nuclear states IV. The O(6) limit," *Ann. Phys.* vol. 123, no. 2, pp. 468–492, Dec. 1979.
- [16] A. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective states I. The vibrational limit," *Ann. Phys.* vol. 281, no. 1–2, pp. 2–64, Apr. 2000.
- [17] A. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective nuclear states II. The rotational limit," *Ann. Phys.* vol. 111, no. 1, pp. 201–238, 1978.
- [18] F. Iachello and A. Arima, *The Interacting Boson Model*. Cambridge University Press, 1987.
- [19] A. Johnson, H. Ryde, and J. Sztarkier, "Evidence for a 'singularity' in the nuclear rotational band structure," *Phys. Lett. B*, vol. 34, no. 7, pp. 605–608, Apr. 1971.
- [20] R. A. Sorensen, "Nuclear Moment of Inertia at High Spin," *Rev. Mod. Phys.*, vol. 45, no. 3, pp. 353–377, 1973.
- [21] I. Mamdouh and M. Al-Jubbori, "The rotational–vibrational properties of 178–188Os isotopes," *Indian J. Phys.*, vol. 89, no. 10, pp. 1085–1091, 2015.
- [22] P. H. Regan *et al.*, "Signature for Vibrational to Rotational Evolution Along the Yrast Line," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 90, no. 15, p. 4, 2003.
- [23] Scharff-Goldhaber and J. Gertrude and Weneser, "System of Even-Even Nuclei," *Phys. Rev.*, vol. 98, no. 1, pp. 212–214, 1955.
- [24] M. A. Al-Jubbori, H. H. Kassim, F. I. Sharrad, and I. Hossain, "Nuclear structure of even 120–136Ba under the framework of IBM, IVBM and new method (SEF)," *Nucl. Phys. A*, vol. 955, pp. 101–115, Nov. 2016.
- [25] D. Bonatsos, L. D. Skouras, and J. Rikovska, "Successive energy ratios in medium- and heavy-mass nuclei as indicators of different kinds of collectivity," vol. 43, no. 3, pp. 952–956, 1991.
- [26] A. M. Khalaf and A. M. Ismail, "Structure shape evolution in lanthanide and actinide nuclei," *PROGRESS*, p. 98, 2013.
- [27] M. J. Martin, "Nuclear Data Sheets for A = 152," *Nucl. Data Sheets*, vol. 114, no. 11, pp. 1497–1847, Nov. 2013.
- [28] C. W. Reich, "Nuclear Data Sheets for A = 156," *Nucl. Data Sheets*, vol. 113, no. 11, pp. 2537–2840, Nov. 2012.