Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (3) (JUNE, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) ملحق العدد 3 يونيو 2026
ردمد: 3135-2359

دراسة بعض الخصائص النووية لنظائر عنصر الديسبسيوم $Dy^{154-160}$ الزوجية- زوجية

عياد الهادي الزوام[1] - عادل جمعة ضياف[2] - فوزي حاجي ابوالشواشي[3]
قسم الفيزياء كلية العلوم -جامعة طرابلس –ليبيا[1-2]
كلية التقنية الهندسية، زواره – ليبيا[3]

Study of Some Nuclear Properties for Even- Even Dysprosium $Dy^{154-160}$ Isotopes

Ayad .E Ezwam[1] , Adel .G Dieaf[1] and Fauzi. H, Aboshoache [2]
University of Tripoli Tripoli-Libya[1]
Faculty of Techniquel Engineering Zwara-Libya[2]
Corresponding author: a.ezwam@uot.edu.ly
https://orcid.org/0009-0004-7376-9168

تاريخ الاستلام: 2026/05/28 تاريخ المراجعة 2026 /06/20 تاريخ القبول:2026/06/27- تاريخ النشر: 2026 /07/10

الخلاصة

أستخدمت -زوجية, الزوجية$Dy^{154-160}$في هذا البحث تم التعرف على بعض خصائص نظائر عنصر الديسبرسيوم $r\frac{(I+2)}{I}$ ورسم النسب بين قيم الطاقات لحالتين متتاليتين $\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}}$ في حساب النسب y-rast) (طاقات حالات الدنيا الأدنى كدالة لبرم المستويات المثارة للحزمة الأرضية للنظائر قيد الدراسة ومقارنة النتائج مع التحديدات القياسية الدورانية بالإضافة الى نقاط إنتقالات أخرى تتضمن النقطتين الحرجتين $U(5)$ و الاهتزازية $O(6)$, غاما الناعمة $SU(3)$ على التوالي. للتعرف على $(U(5) \to O(6))$ و$(O(6) \to (SU(3))$ اللاتي يمثلا الانتقالين $E(5)$ و$X(5)$ والتي (I) كدالة للبرم $R = \frac{E_\gamma}{I}$خصائص النوى باكثر دقة, قمنا برسم العلاقة بين طاقة غاما المتوفرة مقسومة على البرم و رسمت منحنيات الإنحناء الخلفي كدالة لعزم لكي تزودنا بمعلومات دقيقة عن هذه المنطقة,$(E-GOS)$سميت يقع ضمن المنطقة الحرجة Dy^{154}قيد الدراسة. ومن خلال نتائج الدراسة الحالية تبين أن النظير القصور الذاتي للنظائر يمتلكا $Dy^{158-160}$, بينما النظيرين $X(5)$ تبين انه يقع ضمن خصائص تحديد المنطقة Dy^{156}, اما النظير $E(5)$ عند حالات البروم العالية. $X(5)$ وتتغير خاصيتهما نحو تحديد المنطقة $SU(3)$خصائص التحديد الديناميكي الدوراني بينما لم يتبين اي أنحناء خلفي واضح في باقي نظائر قيد الدراسة. Dy^{158}وهناك انحنا خلفي طفيف جدا حدث للنظير $B(E2)\uparrow$ لكل نظير عن طريق حساب احتمال الانتقال الكهربيβوقد تم خلال هذا البحث ايضا حساب معامل التشوه كما تم رسم علاقة بيانية لمعامل التشوه كدالة في عدد نيوترونات النظائر المدروسة, وكانت النتائج ومعاملات التشوه. متناسبة تماما مع النتائج المعملية.

الكلمات المفتاحية: التشوه, الدورانية , الاهتزازية , الديسبرسيوم, النوى الزوجية-زوجية , غاما- الناعمة.

ABSTRACT

In this research for more details of some properties about the even-even Dysprosium $Dy^{154-160}$ isotopes, the energy of different states along the y-rast region for the under study isotopes has been used to calculate the ratios of $\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}}$ and $r\frac{(I+2)}{I}$ as a function of spin (I) and compared with there standard values limits, the rotational $SU(3)$, gamma-soft $O(6)$,the vibration $SU(5)$ and the critical points $X(5)$ and $E(5)$ which means $(O(6) \to (SU(3))$ and $(U(5) \to O(6))$ respectively . To know the characteristics of the nuclei more accurately the relation of the gamma energy over spin $\frac{E_\gamma}{I}$ as a function of spin (E-Gamma Over Spin) (E-GOS). The Back- bending curves have been drawn. This study shows that the Dy^{154} isotope was classified $E(5)$. However the Dy^{156} isotope at the critical points $X(5)$. While the

$Dy^{158-160}$ isotopes have the rotation limit $SU(3)$,and are goes to the critical points $X(5)$ at high spin. Moreover there is weak back bending effect for the Dy^{158} isotope but there is no any back bending for the anther under study isotopes. In this paper the electrical transitions probability and the deformation parameters were calculated. The deformation parameters drawn as a function of the neutron numbers for $Dy^{154-160}$ isotopes, the our results have good agreement with the experimental results.
Keywords: deformation, dysprosium, even-even isotopes, gamma-soft, rotational, vibration.

المقدمة:

قبل اكتشـــاف النيترون اعتقد علماء الفيزياء النووية بان النواة تتركب من بروتونات وإلكترونات إلا أن كبر طاقة حركة جسيمات بيتا المنبعثة خلال عمليات النشاط الاشعاعي بينت إستحالة وجود الإلكترون داخل النواة وإمكانية ذلك للبروتون, ولقد ظهر نموذج البروتون-النيوترون بعد إكتشـاف النيوترون من قبل العالم جيمس تشـادويك خلال عام 1932 وفي العام نفســه أثبت هايزنبرغ وإيوانكو بأن جميع العناصـــر تحتوي على النيوترونات وبالتالي فان جميع النوى تتكون من البروتونات والنيوترونات, حيث استطاع هذا النموذج من تفسير العزوم الكهربية والمغناطيسية. ولقد قام العديد من الباحثين باجراء تجارب معملية ودراسات نظرية عديدة لغرض التعرف على خصائص تركيب النواه. حيث قدموا العديد من النماذج النووية, ومن اهمها نموذج القطرة السـائلة [1] , نوذج القشـرة الذي اقترحه نيلز بور عام 1932 وطور النموذج من قبل ماير وجينزعام 1949 [2,3] ثم اقترح نموذج التجمعي (الجماعي) من قبل بوهر موتولســـون وذلك في منتصـــف الخمسـينات والذي يدمج بين ميزة الجسـم المنفرد والقطرة السـائلة [4-5] , واقترح نموذج البوزونات المتفاعلة من قبل العالمان وايتشيلوا واريما [6] , لكي يصف التركيب النووي للنوى (الزوجية -زوجية) لمستويات الطاقة الواطئة,(the y-rast . وضـعت كل هذه النماذج النووية لأجل دراسـة التركيب النووي خصـوصـا لتلك النوى التي تقع عدد نيوتروناتها بين القشـــرتين المغلقتين للنوى السـحرية 82 و126, حيث أكدت التجارب العملية وجود تغيرات في الطور تؤدي الى تغيرات في شكل بعض النوى والتي يستوجب دراستها. تمتلك النوى الزوجية -زوجية مستويات طاقة متعددة تقسم إلى عدة حزم ومنها الحزمة الإرضـية والتي تعتبر أقل مسـتوى للطاقة المثارة , أي أن النواة تكون حينها في أدنى حالات تهيجها , ولها برم زوجي وبتماثل موجب ($I_1 = 0^+, 2^+, 4^+ \ldots$) . يعتبر التغير في شكل النواة من حيث التشوه , اما متطاول , مفلطح أو كروي, وتعتبر من إهم المواضـيع البارزة والتي ركز عليها بحاث الفيزياء النووية لدراسـة التركيب النووي حيث وجد أن العديد من النظائر يحدث لها انتقال (أي تغير طوري) من حالة إلى أخرى, فقد تتحول النواة من الحالة الدورانية $SU(3)$ الى الحالة الغير المســتقرة (غاما الناعمة) $O(6)$ أوالى الحالة الاهتزازية $SU(5)$ مروراً بالنقاط الانتقالية الحرجة $E(5)$ و$X(5)$.ويحدث ذلك التغير بسـبب تغير عدد نيترونات العنصـر(تغير النظائر) أو عند زيادة البروم (Spins) لنفس نظير العنصـر. وتتركز دراستنا هذه على بعض خصـائص نظائر الدراسـة المتضـمنة في عنصـر الديسـبرسـيوم $Dy^{154-160}$ الزوجية- زوجية . وتحتوي نوى عنصـر الديسـبرسـيوم على 66 بروتونا وهذا يجعل بروتونات التكافؤ في المنتصف بين القشرتين المغلقتين $(Z = 50)$ و$(Z = 82)$ مما يجعل عدد بوزونات بروتون 6 جسـيم $(N_\pi = 6)$, أما بالنسـبة لعدد النيوترونات (N) لنظائر هذه الدراسـة ($Dy^{154-160}$ الزوجية- زوجية) هي $(N = 88, 90, 92, 94)$ أي بوزونات نيترون جسـيم $(N_\upsilon = 3,4,5,6)$ على التوالي. تعد مقارنة مواقع حالات طاقة الإثارة الاولى$E(2_1^+)$ والنسـبة بين حالات التهيج الموالية $\frac{E_{4_1^+}}{E_{2_1^+}}$, $\frac{E_{6_1^+}}{E_{2_1^+}}$, …., …, $\frac{E_{18_1^+}}{E_{2_1^+}}$ من المؤشـرات الأولية والمحدودة لتحديد ماهية النظائر $SU(3)$, $O(6)$, $U(5)$, $E(5)$ او$X(5)$ المبينة بالجدول (1) [7].أن النسبة بين طاقات الحالات الارضية المتتابعات $r\,\frac{(I+2)}{I}$ دالة للبرم (I) التي اقترحها بوناتسوس وسكوراس عام 1990 [8] تعطي معلومات دقيقة عن تحديد ماهية النظائر , وذلك بالاسـتعانة بطاقة المسـتويات لحالات البرم (I) لنظائر الدراسـة $Dy^{154-160}$ [9] . وبمقارن النتائج النسـبية المحسـوبة لكل نظيرمع حدود التحديدات النموذجية [8] وللتعرف على حالة النوى في الحزمة الارضـية بدقة أكثر رسـمت العلاقة بين طاقات غاما مقسـومة على البرم $\frac{E_\gamma}{I}$ كدالة للبرم (I) وقورنت بالمنحنيات العيارية البصرية الموضحة بالشكل (1) [10] . كما تم رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $\frac{2\vartheta}{\hbar^2}$ و التردد الدوراني للفوتون المنبعث $(\omega\hbar)$ لجميع نظائر الدراسة.

النظرية:

عند أضـافة نيوكليون (نيوترون او بروتون) خارج اللب للنواة او تغير في البرم يحدث احيانا تغير في الطور يسـبب في تغيير خصـائص النوى و للتعرف على بعض الخصـائص النووية يجب دراسـة السلوك ومدى التشوه والشكل المتطاول, المفلطح او الكروي لكل نظير وذلك باستخدام عدة نسب وطرق منها :

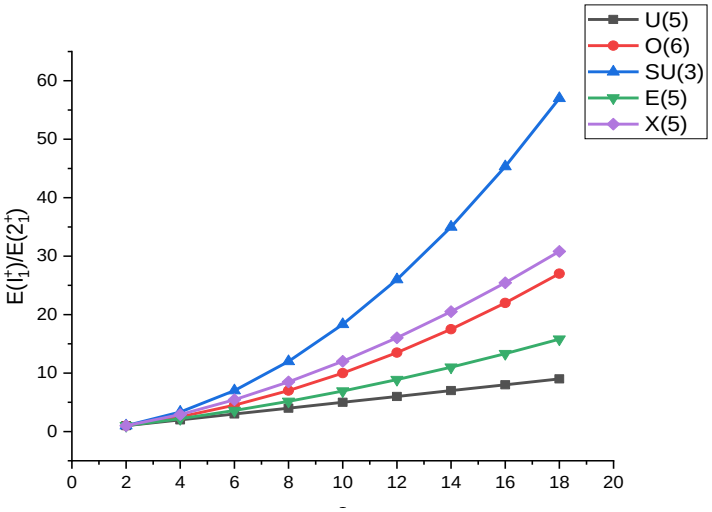
النسبة $EI_1^+/E2_1^+$, منحنيات E-GOS, النسبة $r\left(\frac{I+2}{I}\right)$, الأنحناء الخلفي, معامل التشوه النووي(β) لكل نظير.

النسبة $EI_1^+/E2_1^+$:

تعتبر العلاقة بين $EI_1^+/E2_1^+$ و(I) هي احدى الطرق الاساسية والبسيطة وتمتاز باظهار النقاط الحرجة $X(5)$ و$E(5)$, رغم محدوديتها لانها لا تشمل الابرام العالية جدا. وتستخدم هذه الطريقة لتصنيف النظائر وتحديد سلوك كل نظير من حيث كونه دورانيا $SU(3)$ أو غاما الناعمة $O(6)$ او اهتزازيا $U(5)$, والنقاط الحرجة $X(5)$ و$E(5)$ للحالات $(I = 18 \ldots .4,2)$.تحسب قيم النسب بين الطاقات المثارة المتاحة إلى طاقة المستوى الاول $(E2_1^+)$ لكل نظير قيد الدراسة $E4_1^+/E2_1^+$, $E6_1^+/E2_1^+ \ldots \ldots .E18_1^+/E2_1^+$ ومقارنتها مع قيم النسب المعيارية المحددة لكل تحديد من التحديدات الرئيسية الثلاث اضافة النقاط الحرجة المدونة بالجدول (1) وموضحة بالرسم شكل (1).

جدول (1): قيم $EI_1^+/E2_1^+$ للتحديدات النموذجية [7].

$E(I_1^+)/E(2_1^+)$	$U(5)$	$O(6)$	$SU(3)$	$E(5)$	$X(5)$
$E(2_1^+)/E(2_1^+)$	1	1	1	1	1
$E(4_1^+)/E(2_1^+)$	2	2.5	3.3345	2.199	2.904
$E(6_1^+)/E(2_1^+)$	3	4.5	7.0023	3.59	5.43
$E(8_1^+)/E(2_1^+)$	4	7	12.0042	5.16	8.483
$E(10_1^+)/E(2_1^+)$	5	10	18.3399	6.934	12.008
$E(12_1^+)/E(2_1^+)$	6	13.5	26	8.881	16.04
$E(14_1^+)/E(2_1^+)$	7	17.5	35	11.009	20.514
$E(16_1^+)/E(2_1^+)$	8	22	45.333	13.316	25.43



شكل (1) النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ لجميع التحديدات النموذجية.

منحنيات $E\text{-}GOS$:

في هذا البحث تم استخدام طريقة منحنيات E-GOS للتحديدات العيارية الثلاثة الاهتزازي والدوراني وغاما غير مستقر.

أن رسم العلاقة بين طاقة غاما مقسومة على البرم $\frac{E_\gamma}{I}$ كدالة في البرم I والمسماه (E-GOS) للتحديدات الاساسية , الدورانية $SU(3)$, غاما –الناعمة $O(6)$ والتحديدات الاهتزازية $U(5)$, باستخدام المعادلات (1,2,3) تعتبر من الطرق المهمة لتحديد خصائص النوى عند حالات الطاقة المختلفة [10] .

$$E_\gamma(I \to I-2)/_I = \hbar^2/_{2J} \times (4 - {}^2/_I) \qquad (1)$$

$$E_\gamma(I \to I-2)/_I = \left(EI_1^+/_4\right)(1 + {}^2/_I) \qquad (2)$$

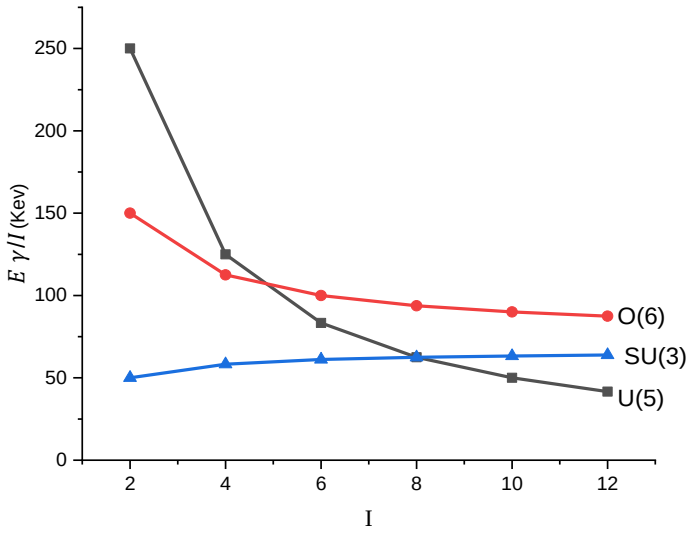
$$E_\gamma(I \to I-2)/_I = \hbar\omega/_I \qquad (3)$$

من خلال تطبيق المنحنى العياري البصري (E-GOS) تبين إن المنحنى سوف يزداد من أدنى قيمة له$(50keV)$ عند $I = 2_1^+$ إلى $\frac{4\hbar^2}{2J}$ عند $I \to \infty$ هذا للنواة الدورانية. ولكن بالنسبة للنواة عند تحديد غاما-الناعمة فيهبط المنحنى ببطء من أعلى قيمة له $(150keV)$ عند $I = 2_1^+$ إلى ربع قيمة حالة الإثارة الأولى $(E2_1^+/_4)$ عند $I \to \infty$, وبالنسبة للنواة الإهتزازية فانه يهبط بسرعة عالية من أعلى قيمة له $(250keV)$ عند $I = 2_1^+$ إلى الصفر عند $I \to \infty$ كما هو موضح بالشكل (2). ومن ثم تعطى العلاقات بين النسبة $\frac{E_\gamma}{I}$ والبرم I للتحديدات الرئيسية الثلاث عندما $I \to \infty$ بالصورة التالية: [11,12].

$$E_\gamma(I \to I-2)/I \to 4(\hbar^2/_{2J}) \quad \text{للتحديد الدوراني} \qquad (4)$$

$$E_\gamma(I \to I-2)/I \quad (EI_1^+/_4) \quad \text{لتحديد غاما الناعمة} \qquad (5)$$

(6)



شكل (2): منحنيات E-GOS للتحديدات العيارية الثلاثة الاهتزازي والدوراني وغاما الناعمة.

النسبة $r\left(\frac{I+2}{I}\right)$:

تعد النسبة بين أي حالتين في حزمة الحالة الارضية مهمة واكثر دقة من حيث تحديد خصائص الحالة في النوى الزوجية-زوجية لانها تمتاز بمدى محدد وليس بنقطة لكل تحديد اساسي , وتعطى هذه النسبة بالمعادلة التالية [8]:

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

حيث أن $r\left(\left(\frac{I+2}{I}\right)_{exp}\right)$ تمثل نسبة قيم الطاقات المتاحة معمليا بين الحالتين المقاستين المتتاليتين $(I+2)$ و (I) .

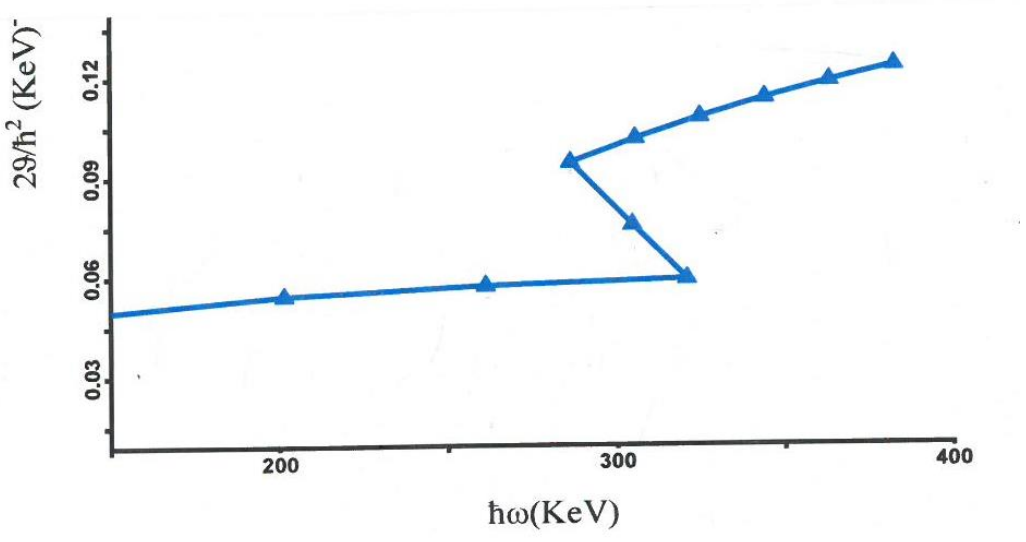
والتحديدات العيارية المستخدمة لتمييز النسب $r\left(\frac{I+2}{I}\right)$ موضحة بالجدول (2)

جدول 2: التحديدات العيارية للنسبة $r\left(\frac{I+2}{I}\right)$

للنوى الاهتزازية	$0.1 < r < 0.4$	U(5)
للنوى جاما الناعمة	$0.4 < r < 0.6$	O(6)
للنوى الدورانية	$0.6 < r < 1$	SU(3)

الأنحناء الخلفي:

يحدث الأنحناء الخلفي في بعض النوى نتيجة تغير مفاجئ في قيمة عزم القصور الذاتي عند الابرام (I) العالية نسبياً مما يؤدي الى هبوط في الطاقة الدورانية للنواة عند تلك الزخوم الزاوية (البرم) وهذا يؤدي الى حدوث ظاهرة الأنحناء الخلفي (Back-bending) [13] في منحنى الطاقة مع الزخم الزاوي, وذلك عند الانتقال من حالة برم (I) إلى الحالة الادنى ببرم $(I-2)$ [14]. وفي حالة عدم ظهور الانحناء الخلفي فهذا يدل على ان عزم القصور الذاتي ليس لديه تأثير على تشوه النوى. فعندما نقوموا برسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي $(\frac{2J}{\hbar^2})$ والتردد الدوراني $(\hbar\omega)$ فإن التغير في القصور الذاتي (J) يظهر بوضوح على شكل حرف Z منعكس كما هو موضح بالشكل (3), ومن هنا اتت تسمية الانحناء الخلفي.



شكل (3) ظاهرة الانحناء الخلفي.

ويتم حســـاب عزم القصـــور الذاتي من خلال الفرق في الطاقة بين مســـتويين في الحزمة الدورانية لحالات الطاقة الادنى بواسطة المعادلة التالية [15] :

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

$$E_\gamma = E(I) - E(I-2) \qquad (9)$$

حيث ان (I) برم النواة و (J) عزم قصورها الذاتي.

ترتبط ظاهرة الانحناء الخلفي مع التردد الدوراني $(\hbar\omega)$ الناتج عن الانتقال من مستوى ذو عزم القصور الذاتي (I) الى مستوى أدنى ذو عزم القصور الذاتي $(I-2)$ حيث يعطى التردد الدوراني $(\hbar\omega)$ بالمعادلة التالية [16]:

$$\omega\hbar = \frac{E_\gamma}{\sqrt{I(I+1)}-\sqrt{(I-2)(I-1)}} \qquad (10)$$

حيث أن ω هو التردد الزاوي للفوتون المنبعث , $(\hbar)$ هو ثابت بلانك و (E_γ) قيمة الطاقة المعملية المتاحة لكل (برم) (I).

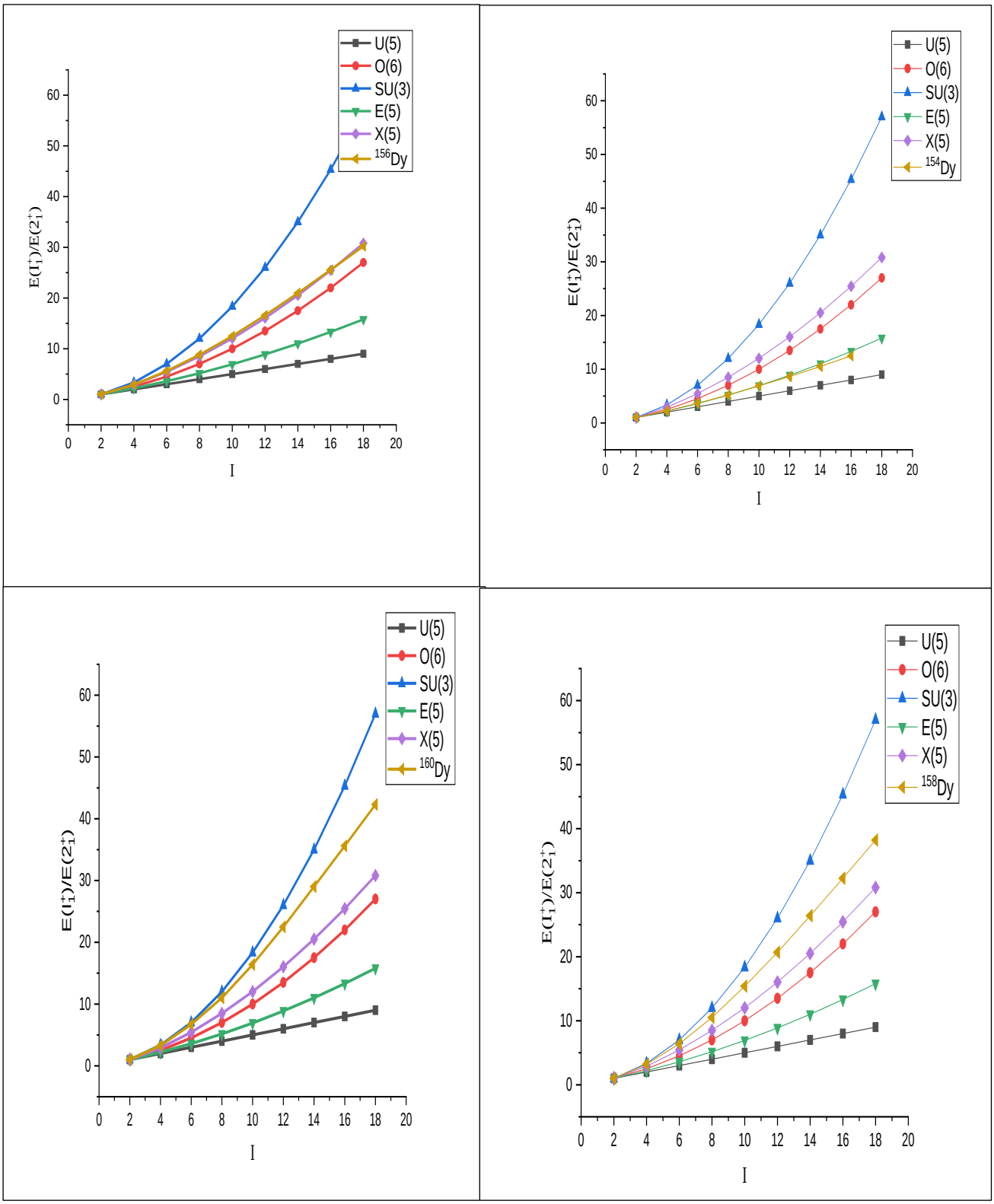
معامل التشوه النووي(β) :
كلما أضيف نيوكليون خارج اللب للنواة فإنه سيكون في نفس المدار وينتج استقطاب أكبر بسبب تشوه اللب, ويعتمد التشوه على عدد النيوكليونات خارج القشرة المغلقة لكل نظير. ويتم تحديد شكل نوى النظير من خلال حساب معامل تشوه رباعي القطب النووي (β) بواسطة المعادلة (11) [17], والتعرف على اذا كانت النوى التي درست اما ان تمتلك شكلا بيضويا عندما تكون $(\beta < 0)$, متطاول عندما تكون $(\beta > 0)$ أو كرويا عندما تكون $(\beta = 0)$. ويعطى مربع متوســـط نصـف قطر النواة بالمعادلة(12). تؤكد قيم احتمال الانتقال الكهربي المنخفض $B(E2)\uparrow$ بين الحالتين الارضـية (0^+) الى الحالة المثارة (2^+) في النويدات الشـفعية- شـفعية على الانتشـار الواسـع لنطاق التشـوه الرباعي في النويدات وفهم اشكالها. ويعطى احتمالية الانتقال الكهربي $B(E2)\uparrow$ بالمعادلة (13).

$$\beta = \frac{4\pi}{3ZR_\circ^2}\sqrt{\frac{B(E2)\uparrow}{e^2}} \qquad (11)$$

$$R_\circ^2 = (1.2\ \ A^{1/3}\ fm)^2 \qquad (12)$$

$$B(E2: (0^+ \to 2^+)\uparrow = \frac{2.6Z^2}{E_\gamma A^{2/3}} \qquad (13)$$

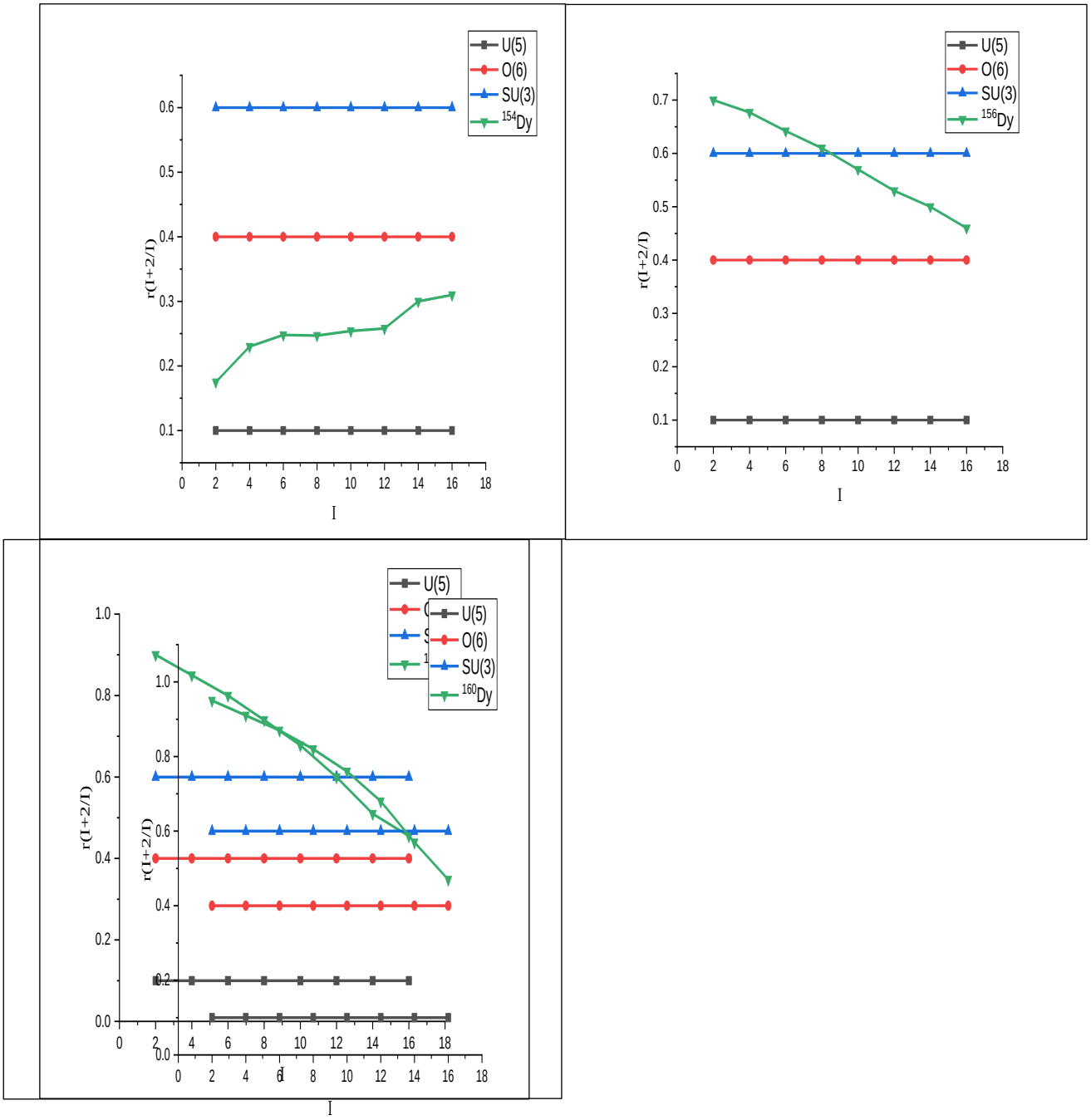
الحسابات والنتائج:
للحصول على معلومات أولية عن بعض خصائص نظائر عنصر الديسبرسيوم $Dy^{154-160}$ الزوجية- زوجية التي عددها الذري $(Z = 66)$, لقد تم حساب نسب الطاقات المختلفة E_8 (E_4 , E_6 , ... E_{18}) بالنسبة لحالات التهيج الاولى E_2 اي ان $(\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}})$, حيث ان البرم زوجي ويســاوي ($I = (18 \ldots .,8,6,4$ ومن ثم مقارنتها مع القيم العيارية الخاصــة بالتحديدات الرئيســية الثلاث ونقاط الانتقال المبينة بالجدول (1) ومن خلال الدراســة الحالية بينت منحنيات النظائر المدروســة المبينة بالشــكل (4) ان النظير Dy^{154} $(N = 88)$ ذو خاصــية انتقالية $E(5)$ حيث ينتقل من التحديد الاهتزازي $SU(5)$ الى تحديد غاما الناعمة $O(6)$, بينما تبين الدراسة ان النظير Dy^{156} $(N = 90)$ ذو خصائص التحديد الانتقالي $X(5)$ حيث ينتقل من التحديد الاهتزازي $U(5)$الى التحديد الدوراني$SU(3)$, وتبين أن النظيرين $Dy^{158-160}$ اللاتي يحملا عدد من النيوترونـات $\left(N = 92و94\right)$ على التوالي انهما يمتلكا خصـــائص التحديد الدوراني المشوه $SU(3)$.



شكل (4): النسب $\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}}$ كدالة ل I للنوى موضوع البحث.

لغرض المزيد من القيم الخاصة بـ حساب النسب $r\frac{(I+2)}{I}$ ومقارنتها مع النتائج متفقة تماما مع النتائج التي تم

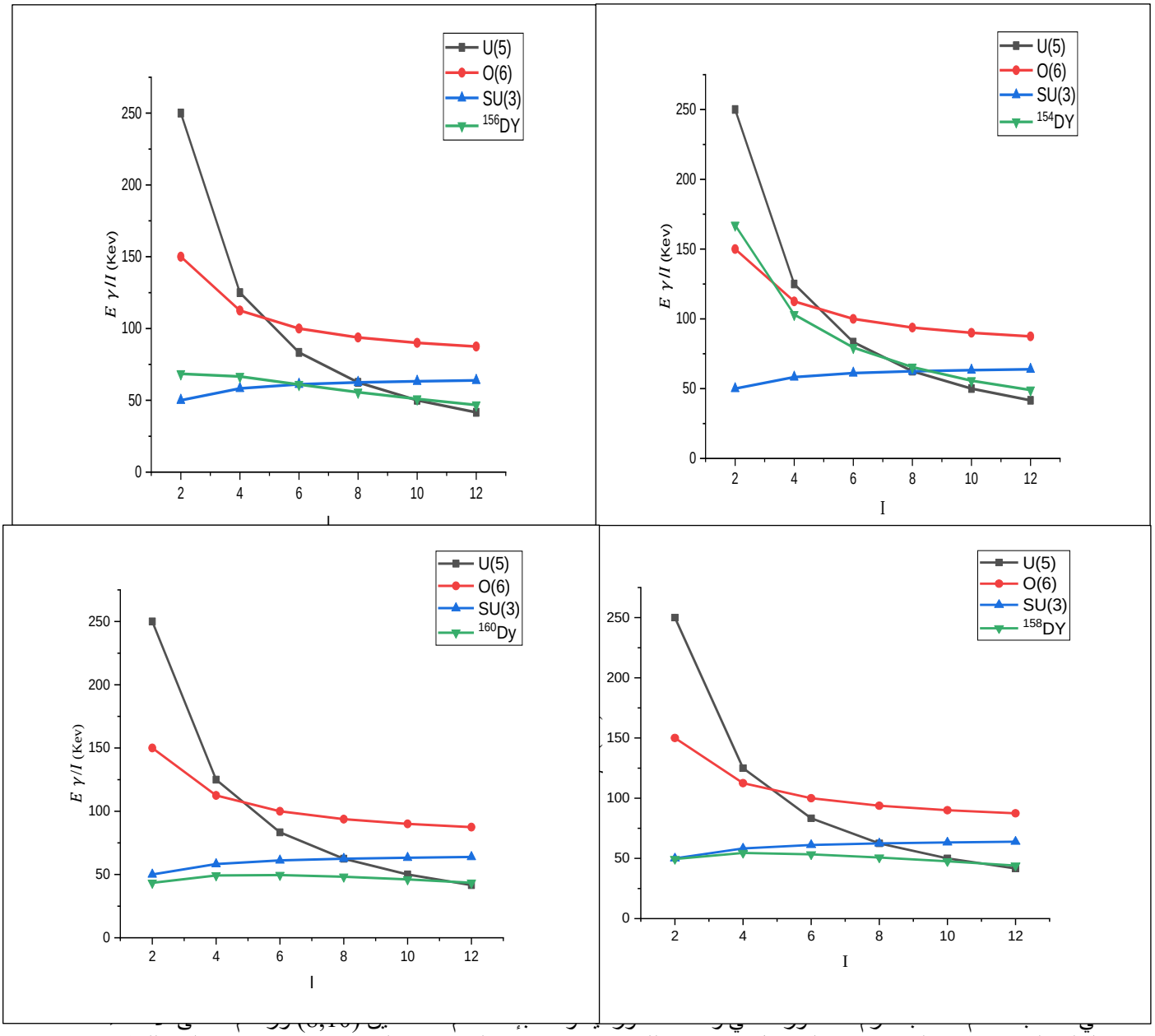
الحصـــول عليها من النســـب $\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}}$, وقد بينت طريقة النســـب $r\frac{(I+2)}{I}$ ان النظير Dy^{158} قد يتغير طوره عند البرم $(I=12)$ حيث ينتقل لخصـــائص تحديد غاما-الناعمة $O(6)$, وبالنســـبة للنظير Dy^{160} ينتقل للتحديد غاما-الناعمة $O(6)$ عند البرم $(I=14)$.



شكل (5) العلاقة بين $\mathbf{r\frac{(I+2)}{I}}$ كدالة ل I للنوى موضوع البحث.

ولمزيد التاكد من خصـائص نوى الدراسـة ومقارنتها مع النتائج المتحصـل عليها بواسطة الطرق السـابقة تم رسـم العلاقة بين طاقة غاما مقسومة على البرم دالة للبرم اي منحنيات $(E-GOS)$ التي وضـحت عدم استمرار المنحنيات على نفس النســق المعياري على طول منطقة ال yrast للتحديدات الثلاثة وهذا يعتبر دليلا إضـــافيا على التغير الذي حصـــل في خصـائص هذه النظائر حيث يلاحظ من الشـكل (5) ان شـكل المنحنى لكل نظير من النظائرالمدروسـة لا يتماشـى مع أحد

المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة $SU(3)$,$O(6)$ و $U(5)$.فنلاحظ من الشكل (6) ان منحنى النظير Dy^{154} يبداء بالتحديد $U(5)$ ثم يحصل به هبوط سريع نحو التحديد $O(6)$ مما يجعله ذات خصائص إنتقالية $U(5) \leftarrow O(6)$بينما النظير Dy^{156} يتضح من المنحنى المبين انه ذو خصائص اهتزازية $U(5)$ ويهبط ببطء متماشيا مع خصائص التحديد الدوراني $SU(3)$ مما يجعله يمتلك خصائص الحالة الإنتقالية بين التحديدين $SU(3) \leftarrow U(5)$.والنظيرين $Dy^{158-160}$ يبديا في الارتفاع ثم يهبطا ببطء وبالتالي فإن النظيرين يسلكا سلوك خصائص التحديد الدوراني $SU(3)$ لغاية البرم $(I = 12)$ للنظير Dy^{158} حيث ينتقل بعدها لخصائص تحديد غاما-الناعمة $O(6)$, وبالنسبة للنظير Dy^{160} فينتقل لتحديد غاما-الناعمة $O(6)$ عند البرم $(I = 14)$. لقد اظهرت منحنيات$(E - GOS)$ المبينة بالشكل (6) معلومات تتفق مع تحديدات النسب السابقة .



الخلفي لجميع نظائر الدراسة, والشكل (7) يبين ذلك . وقد تبين انه هناك انحناء خلفي طفيف جدا يظهر بالكاد للنظير

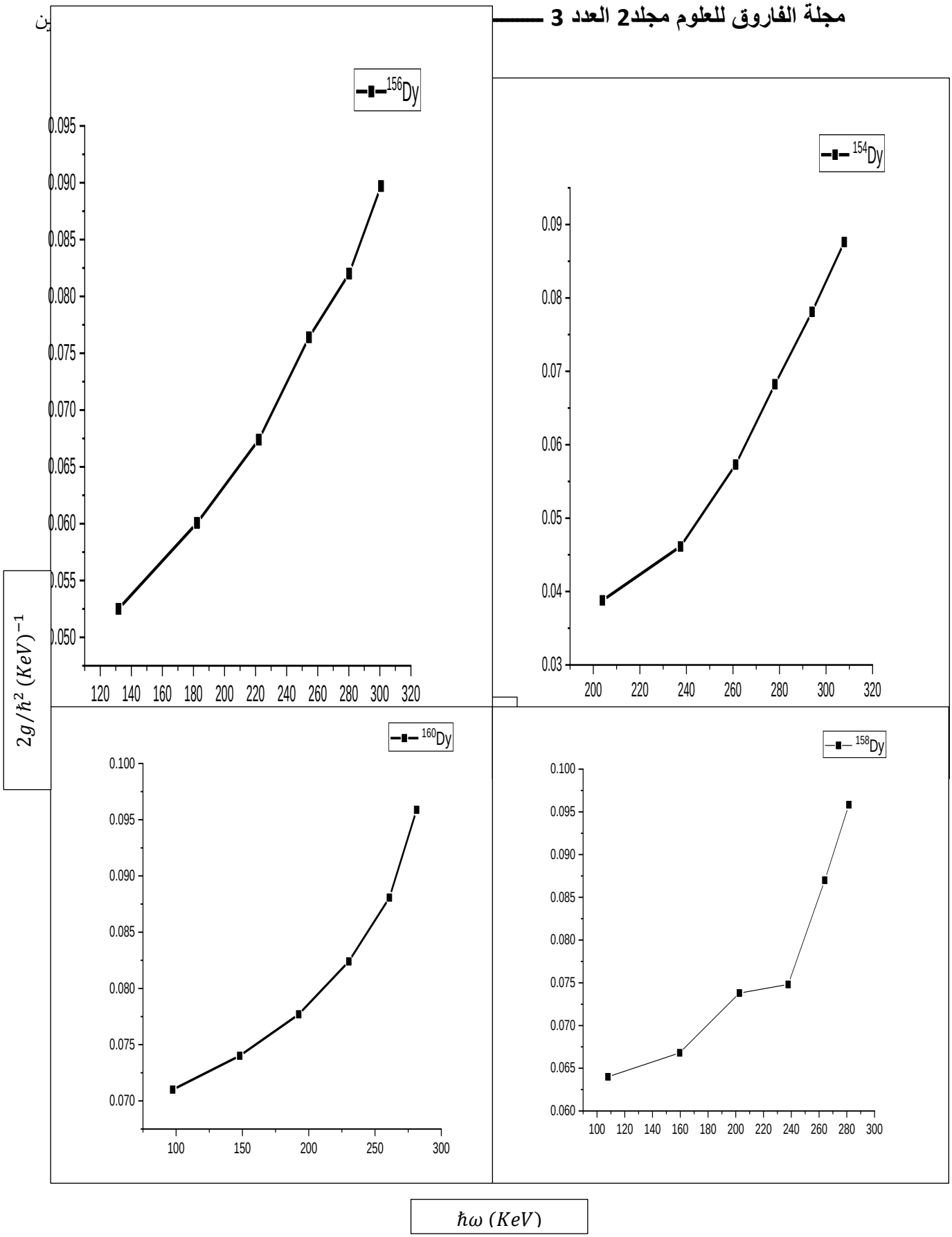
شكل (6) منحنيات E-GOS للتحديدات العيارية الثلاثة الاهتزازي والدوراني وغاما غير مستقرة لنظائر الدراسة..

قمنا في هذا البحث بحساب قيم معامل التشوه النووي لنوى الدراسة الزوجية الاربعة $Dy^{154-160}$ الزوجية- زوجية ومن خلال النتائج المدرجة بالجدول (3) [19]. والذي يبين العدد الكتلي للنظائر قيد الدراسة والمبينة بالعمود الاول, عدد

النيوترونات مدرجة بالعمود الثاني بينما طاقة الإثارة الاولى(2_1^+)E موضحة بالعمود الثالث. كما تم تدوين نتائج القيم المعملية لاحتمال الانتقال الكهربي بالجدول (4) العمود الثالث والعمود الرابع يضم قيم معامل التشوه المعملي, بينما مربع نصف قطر النواة المحسوب بالعمود الخامس , والعمودين السادس و السابع لقيم احتمال الكهربي و معامل التشوه المحسوبتين على التوالي. والرسم الموضح بالشكل (8) يبين أن قيم معامل التشوه المعملية والمحسوبة لكل نظير متفقة تماما حيث يبينا ان التشوه يزداد بزيادة عدد النيوترونات كلما ابتعدنا عن العدد السحري 82 [20] . والملاحظ ان نسبة الخطأ بين النتائج المعملية والمحسوبة تقل بزيادة عدد النيترونات التي ادى لزيادة معامل التشوه , وبالاستعانة بنتائج قيم معامل التشوه و المدونة بالعمودين الرابع والسابع بالجدول 4 تبين ان نسبة الخطأ تكون 30% للنظير Dy^{154} و نسبة الخطأ 12.6% للنظير Dy^{156} بينما نسبة الخطأ 8.3% للنظير Dy^{158} وقلت نسبة الخطأ لتصبح 6.30% للنظير Dy^{160} . كما تم حساب احتمال الانتقال الكهربي للنظائر قيد الدراسة ومن خلال الاستعانة بالمعلومات المحسوبة والمدونة بالعمود السادس بالجدول (4) نجد ان$B(E2)(0 \to 2) = (1.176e^2b^2)$ للنظير Dy^{154} وتزداد قيمة احتمال الانتقال الكهربي حتى تصل الى $B(E2)(0 \to 2) = (4.4278e^2b^2)$ للنظير Dy^{160} . ونسبة الخطأ المئوية لاحتمال الانتقال الكهربي بين النتائج المعملية والمحسوبة تساوي: $(51.2,23.7,15.9,12.3)\%$ على التوالي وهذا يبين ايضا ان نسبة الخطأ تقل بنسبة كبيرة كلما زادت عدد النيوترونات. $Dy^{154}, Dy^{156}, Dy^{158}, Dy^{160}$

جدول (3): قيم طاقة الإثارة الاولى(2_1^+)E لنظائر الدراسة.

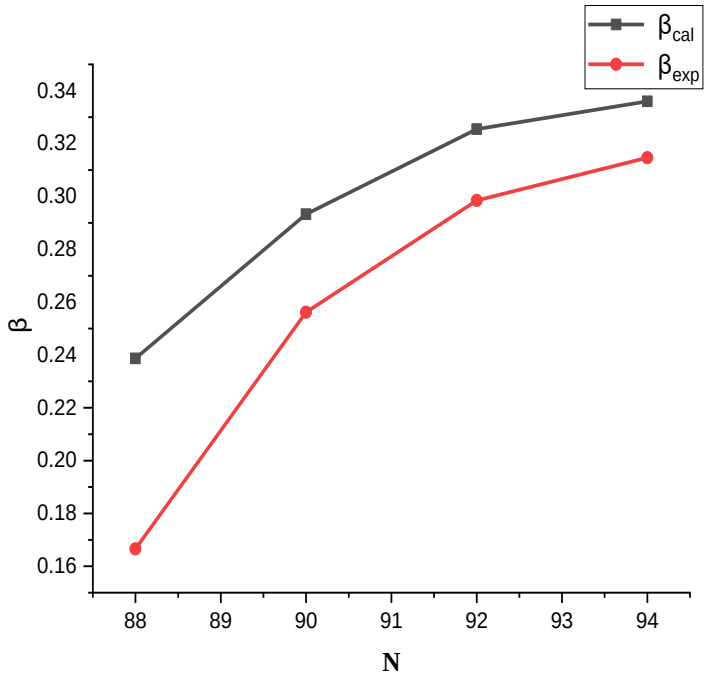
A	N	$E(2^+)$ $[KeV]$
541	88	.34334
561	90	137.77
581	92	98.92
601	100	86.78



شكل(7): العلاقة بين عزم القصور الذاتي $\frac{2J}{\hbar^2}$ والتردد الزاوي $\hbar\omega$ للنوى موضوع البحث.

جدول (3): قيم احتمال الانتقال الكهربي ومعامل التشوه β المعملية والمحسوبة لنظائر الدراسة.

A	N	القيم المعملية		القيم الحسابية		
		B (E2) ↑ e^2b^2	β	R_0^2 fm^2	B (E2) ↑ e^2b^2	β
541	88	2.42	0.2387	0.41371	1.179	0.16657
561	90	3.72	0.2933	0.41729	2.8367	0.25616
581	92	4.66	0.3255	0.42085	3.91755	0.29848
601	100	5.05	0.336	0.42440	4.4278	0.31467



شكل (8) معاملي التشوه العملي والمحسوب مقابل عدد النيوترونات لنظائر الدراسة.

الاستنتاج

فيما يتعلق بتحديد سلوك النظير Dy وباستخدام جميع الطرق النظرية. حساب قيم النسب بين الطاقات المثارة إلى طاقة مستوى الأثارة الأول $\frac{E_{I_1^+}}{E_{2_1^+}}$ وطريقة النسب بين قيم الطاقات لحالتين متتاليتين $r\frac{(I+2)}{I}$, منحنيات طاقة غاما مقسومة على البرم (I) $(E-GOS)$. فاتفقت جميع الطرق التي تم تطبيقها في هذا البحث على أن النظير Dy^{154} له خصائص التحديد الانتقالي $E(5)$. اي انه ينتقل من التحديد الاهتزازي نحو تحديد غاما الناعمة اي $U(5)O(6) \leftarrow$ والنظير Dy^{156} له خصائص التحديد الانتقالي $X(5)$ اي $SU(3)O(6) \leftarrow$ بينما النظيرين $Dy^{158-160}$ ينتميا

لخصـــائص التحديد $SU(3)$ وينتقل Dy^{158} الى تحديد النقطة الحرجة $X(5)$ عندما يكون البرم $(I \geq 10)$, بينما ينتقل النظير Dy^{160} للتحديد $X(5)$ نحو التحديد غاما الناعمة $O(6)$ عندما يصل البرم $(I \geq 14)$ وهذا ما لم تبينه الدراســـات الســـابقة والتي اكتفت بالبرم لغاية $(I = 8)$. ومن خلال رســـومات الأنحناء الخلفي للنظائر قيد الدراســـة الموضـحة بالاشكال, يتضـح أن هذه نظائر الدراسـة لا يحدث فيها أنحناء خلفي ما عدا انحنى طفيف للنظير Dy^{158}. ومن خلال حساب كل من احتمال الانتقال الكهربي$B(E2)\uparrow$ ومعامل التشوه (β) تبين ان القيم تزداد بزيادة عدد النيوترونات و كلما ابتعدنا عن العدد السـحري وهذا يتفق تماما مع النتائج العملية المتوفرة. و يبلغ تشـوه النوى اقصـاه للنوى التي تمتلك عدد من النيوكليونات في غلافها الخارجي يقع في المنتصـــف بين أي عددين ســـحريين وتكون مشـــوهة في مســـتوياتها الأرضية.

المراجع

[1].Weizsacker,C.F. (1935). Zur Theorie der Kernmassen. Zeitschrift fur Physik,96 (7-8) 431-458.

[2]. Mayer, M.G. (1949). On closed shells in nuclei.2.Physical Review, 75(12).

[3]. Haxel, O. Jensen, J.H.D. & Suess, H.E. (1949) On the magic number in nuclear structure. Physical Review, 75 (11),.

[4]. Bohr, A and Mottelson,B.(1969). Single-particle motion. Benjamin, New York. Nuclear structure, vol I.

[5]. Bohr, A and Mottelson,B.(1975). Nuclear Deformations. Benjamin, New York. Nuclear Structure, vol 2.

[6]. Iachello. F and Arima. A. Phys.Rev.Lett.35 (1975), p169

[7].Nomura, K. Interacting boson model with energy density functionals. In Journal of Physics: Conference Series (2013), (Vol. 445, No.1,p.012015). IOP publishing.

[8]. Bonatsos . D. Skouras. L.D.(1991) . Successive energy ratio in medium and heavy mass nuclei as indicators of different kinds of collectivity. Phys. Rev., C vol 43,no,3 pp 952-956.

[9]. S. Raman, C. W. Nestor, and P Tikkanen, At. Data Nucl. Data Tables 78,1(2001). database, (http://www.nndc.bnl.gov/ensdf)] NNDC S.

[10]. Regan. P.H Beausang. C.W . Zamfir. N.V Casten. R.F.Zhang.J.Hutter. C. Yamamoto. A.d. Caprio .M.A Gurdal. G. Hecht. A.A.Kruckn. R.Langdown. S.D. Meyer.D.A.and Ressler. J.J.(2003).

[11]. Scharff-Goldhaber and J .Gertrude and Weneser,(System of Even-Even Nuclei) Phys.Rev.vol98,no 1. Pp212-214. (1955).

[12].A. Georgieva, P. Rayehev, J.Phys. G: Nucl. Phys. 8(1982) 1377.

[13]. Nyako B.M., Cresswell J.R., Forsyth P,D., Howe D., Nolan P.N., Riley M.A. And Twin P.J.,(observation of super DeformationDy^{152}) Phys. Rev. Lett., Vol.52,P.507(1984).

[14]. Burcham , W.E.(1989), (Elements of Nuclear Physics) Longman inc.,New York.

[15]. Wong, S.M (1990) Introductory Nuclear Physics . (Prentice Hall International) United States.pp.453-356.

[16]. Raymond A. Sorensen, Nuclear Moment of Inertia at High Spin Review of Modern Physics 45(3),353 (1973).

[17]. Raman S. Nestor C .W, and Tikkanen J.R . (2001). Transition Probability from the Ground to the First-Excited 2+ State of Even-Even Nuclides. Atomic Data and Nuclear Data Tables. Vol .78, No.1.

[18] Shaltami, O. R., Hkoma, M. A. B., & Alnnale, T. (2026). Green Geochemical Education in Libya: Current Status, Applications, Challenges, and Future Perspectives. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *2*(4), 347-356.

[19]. Journal of Education and Science (ISSN 1812-125), vol:30, No 4,(2021) (94-105).

[20]. NNDC database, (http://www.nndc.bnl.gov/ensdf) . (2018).

[21]. Garcia-Ramos, J.E. and Heyde,K. (2014). Nuclear shape coexistence: A study of the even-even Hg isotopes using the interacting boson model with configuration mixing .Physical Review C89,014306.