The Libyan Journal of Science
University of Tripoli Vol. 28, No. 01
https://uot.ed.ly/journals/index.php/ljs

دراسة التركيب النووي لنظائر الاوزميوم $^{178-184}$Os الزوجية – الزوجية

عياد الهادي الزوام *[1]، سميرة عايش سلام [1]

1. قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

Corresponding authors: A. ezwam@uot.edu.ly

RTICLE I N F O

Article history:

Received: 20/12/2024

Received in revised form:20/02/2025

Accepted: 14/05/2025

المستخلص

في هذه الورقة قمنا بدراسة نظائر عنصر الاوزميوم الزوجية - الزوجية التي عددها الكتلي بين 178 إلى 184, لغرض الحصول على المزيد من المعلومات عن خصائصهم. يتم حساب ورسم النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ والنسبة $r\left((I+2)/I\right)$ ومنحنيات طاقة جاما مقسومة على الزخم الزاوي (E_γ / I) كدالة للزخم الزاوي I (E-GOS curve) ومنحنى الانحناء الخلفي back – bending، وذلك باستخدام النتائج المعملية المتاحة لكل نظير قيد الدراسة. وتمت مقارنتها بالتحديدات العيارية الرئيسية: الدورانية $SU(3)$ وجاما الناعمة $O(6)$ والاهتزازية $U(5)$. هذه الدراسة بينت أن النوى قيد الدراسة لها عدة تحديدات، حيث أن النظير ^{178}Os له خصائص النقطة الحرجة $X(5)$، والنظيرين $^{180-182}$Os لهما خصائص انتقالية من التحديد الدوراني $SU(3)$ إلى تحديد جاما الناعمة $O(6)$، وبزيادة الزخم الزاوي ينتقل النظير ^{182}Os إلى خواص التحديد الاهتزازي $U(5)$. بينما النظير ^{184}Os له خصائص التحديد الدوراني $SU(3)$.

الكلمات المفتاحية: الانحناء الخلفي، الاهتزازي، الدوراني، النوى الزوجية – الزوجية، غاما الناعمة، منحنى E-GOS.

Abstract: In this paper, we have been studied the Osmium even-even isotopes chain from 178 to 182 nuclei which presented to have more information about their properties. The available of experimental data for each isotope under study has been used to calculate the ratios of $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ and $r\left((I+2)/I\right)$, the curve of the E_γ / I as a function of spin I (E-GOS curve) and the back- bending curve , and compared with the standard values for each limit, the rotational $SU(3)$, the gamma - soft $O(6)$ and vibrational $U(5)$. This study show as that, these nuclei have many dynamic symmetries, which begin close to the critical point $X(5)$ limit for ^{178}Os isotope, and the $^{180-182}$Os isotopes are

transitional symmetry $SU(3)$ to $O(6)$. However, the ^{182}Os isotope goes to the vibrational $U(5)$ limit at high spin. On other hand ^{184}Os isotope goes to rotational properties $SU(3)$.

Keywords: back – bending, vibrational, rotational, even–even nuclei, gamma - soft, E-GOS curve.

1. المقدمـــة

أدت محاولة فهم وتفسير الخواص النووية وطبيعة التفاعلات بين النويات والنتائج المعملية المتعلقة بها إلى وضع العديد من النماذج، والتي بنيت على اسس فيزيائية لكي تعطي حسابات نظرية تتفق مع النتائج المعملية، ومن بين هذه النماذج نموذج قطرة السائل [1] ويعتبر هذا النموذج من النماذج الأساسية في الفيزياء النووية. نجح هذا النموذج في تفسير بعض الخواص النووية وخاصة المتعلقة بالكتلة والطاقة، إلا أنه فشل في وصف حركة النيوكليونات داخل النواة ولم يتمكن من شرح كيفية تفاعلها مع بعضها، هناك نموذج أخر أطلق عليه نموذج القشرة (الاغلفة)[2] ، والذي نجح في تفسير وجود الأعداد السحرية (126,82,50,28,20,8,2)، والتي تكون عندها النواة ذات استقراريه عالية وتكون طاقات حالات الإثارة الاولى لهذه النواة أعلى من طاقات حالات الإثارة لمثيلاتها المجاورة [3]. أثار انتظام طيف حالات الطاقة المنخفضة في النوى الزوجية - الزوجية المتوسطة والثقيلة تساؤلات كثيرة في الفيزياء النووية، ويعود هذا الانتظام إلى الحركة الجماعية رباعية الأقطاب لنيوكليونات النواة التي تتفاعل مع بعضها البعض بطرق مختلفة ومعقدة وهذا ما يعرف بالنموذج التجمعي [4]. حيث حقق نجاحاً لا مثيل له في وصف الحركة الجماعية للنويات على إنها حركة اهتزازية حول موضع التوازن، وحركة دورانية تحافظ على الشكل المشوه للنواة.

يعد التحول في شكل النواة من المواضيع المهمة في بحوث التركيب النووي. حيث لوحظ في العديد من النظائر تحول طوري من حالة إلى أخرى فقد تتحول النواة من الحالة الاهتزازية الي الحالة الدورانية أو إلى حالة جاما الناعمة الغير مستقرة وذلك بتغير عدد النيوترونات N من نظير إلى اخر. للتعرف على خصائص النوى المختلفة والتغير الذي يحصل فيها يتطلب الحصول على معلومات كافية لتحديد ماهية النظائر الزوجية - الزوجية بكونها دورانية $SU(3)$ أو اهتزازية $U(5)$ أو جاما الناعمة $O(6)$ أو عند النقاط الحرجة التي تمثل انتقال الطور من حالة إلى حالة. تم ملاحظة التغير في خواص مستويات الطاقة باختلاف عدد النيوترونات N من نظير إلى أخر أو عند الزخم الزاوي I العالي لنفس النظير[5] . إن التغير في شكل النواة وخواصها يسبب تحولاً في انتماء حالات الطاقة من تحديد إلى اخر، ويحدث انحناء خلفي في مستويات الطاقة عند زخم زاوي I عالي نسبياً. فعند زيادة طاقة الدوران عن الطاقة اللازمة لفك ارتباط زوج من النيوكليونات يحدث فك الارتباط هذا وينقل نيوكليونين إلى مدارات اعلى مسبباً ذلك زيادة في عزم القصور الذاتي ونقصاناً في طاقة المستوى[6]. خضعت نظائر الاوزميوم للعديد من الدراسات لغرض تحديد خصائص نظائرها والتحديدات المختلفة التي تنتمي إليها والانتقال الطوري لخصائصها باستخدام طرق ونماذج مختلفة [7].

2. طرق البحث

للحصول على معلومات لتحديد ماهية النظائر الزوجية - الزوجية وبالاستعانة بمستويات الطاقة يتم دراسة بعض الاختبارات المتمثلة في النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ والنسبة $r\left((I+2)/I\right)$ وكذلك منحنيات طاقة جاما مقسومة على الزخم الزاوي E-GOS Curves ومنحنيات الانحناء الخلفي back - binding.

1.2. النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$

دُرست العلاقة بين طاقات الاثارة $E(I_1^+)$ نسبة إلى طاقة مستوى الاثارة الأول $E(2_1^+)$ كدالة للزخم الزاوي I للمستويات المثارة، وتعتبر هذه الطريقة من أبسط الاختبارات التي أقترحت لتحديد شكل التماثل للنواة، والتي يكون لها قيمة نموذجية تناظر كل تحديد كما هو موضح بالجدول(1) [8]. حيث يتضمن هذا الاختبار مقارنة نسب الطاقة النموذجية لكل تحديد بنسبة الطاقة التجريبية للنظائر قيد الدراسة. ويلاحظ أنه بالإضافة إلى التحديدات الثلاثة الرئيسية $U(5)$ ، $O(6)$، $SU(3)$ هناك نقطتين حرجتين هما: $E(5)$ تمثل انتقال الطور من الحالة $U(5)$ إلى الحالة $O(6)$، و $X(5)$ تمثل انتقال الطور من الحالة $O(6)$ إلى الحالة $SU(3)$ [9].

جدول 1. نسب مستويات الطاقة النموذجية لكل تحديد والنقاط الحرجة

$E(I_1^+)/ E(2_1^+)$	U(5)	O(6)	SU(3)	E(5)	X(5)
$E(4_1^+)/ E(2_1^+)$	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	6.9	12.008

2.2. النسبة $r\left((I+2)/I\right)$

من خلال تطبيق نسبة الطاقة $r\left((I+2)/I\right)$ كما في المعادلة (1).

$$r\left(\frac{I+2}{I}\right)=\frac{R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{\exp}-R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{vib}}{R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{rot}-R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{vib}} \qquad (1)$$

حيث **أن** النسبة بين قيم الطاقات التجريبية المتتالية وللنواة الاهتزازية والدورانية على التوالي:

$$R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{\exp}=\frac{E(I+2)}{E(I)}$$

$$R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{vib}=\frac{I+2}{I}$$

$$R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{rot}=\frac{(I+2)(I+3)}{I(I+1)}$$

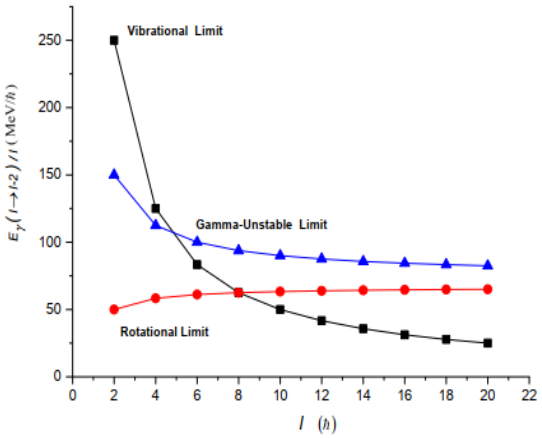
والتي تبين النسبة بين قيم الطاقات لحالتين متتاليتين (I و $I+2$)، والتي بدورها تزودنا بمعلومات عن خصائص النواة عند حالات مختلفة من الطاقة والتي تعد مؤشراً لتحديد حدوث الانتقال بين التحديدات الثلاثة الرئيسية والنقاط الحرجة. يظهر هذا المقياس سلوك مختلف للحركات التجمعية في المناطق الاهتزازية وجاما الناعمة والدورانية، اي أن خصائص كل نواة تحددها القيم العددية للنسبة $r\left((I+2)/I\right)$، ويتم مقارنتها بحدود القيم النموذجية لكلا من التحديدات والمناطق الانتقالية والنقاط الحرجة إذ أن قيم r تبقى محصورة بين 0.1 – 1 للتحديات الرئيسية للنوى الزوجية- الزوجية عند أي قيمة للزخم الزاوي كما بالجدول (2) [10] [11] :

جدول 2. النسبة $r\left((I+2)/I\right)$ لمستويات الطاقة النموذجية لكل تحديد والمناطق الانتقالية والنقاط الحرجة

المنطقة	التحديد	$r\left((I+2)/I\right)$
الاهتزازية	$U(5)$	$0.1\le r\le 0.35$
جاما الناعمة	$O(6)$	$0.4\le r\le 0.6$
الدورانية	$SU(3)$	$0.6\le r\le 1.0$
الانتقالية	$U(5)$ - $O(6)$	$0.1<r<0.4$
الانتقالية	$O(6)$ - $SU(3)$	$0.4<r<0.8$
النقطة الحرجة	$E(5)$	$0.1491\le r\le 0.2732$
النقطة الحرجة	$X(5)$	$0.5961\le r\le 0.6773$

3.2. منحنيات طاقة جاما مقسومة على البرم I curves (E-GOS)

هي طريقة أخرى لتأكيد تصنيف نظائر الاوزميوم قيد الدراسة. تقدم هذه الطريقة توقعاً بصرياً للطبيعة الاهتزازية أو جاما الناعمة الغير مستقرة أو الدورانية للنواة مما يتيح تحليلاً سهلاً وواضحاً لسلوك الحركة النووية. حيث تعتمد هذه الطريقة على تقسيم طاقة أشعة جاما التي تبعث من النواة على الزخم الزاوي (E_γ / I) بالنسبة للتحديدات الثلاثة $U(5)$ و $O(6)$ و $SU(3)$ على التوالي للنواة كما في المعادلات (2،3،4). ورسمها كدالة للزخم الزاوي وذلك للحصول على الشكل المعياري الموضح بالشكل (1).



الشكل.1. منحنيات E-GOS للتحديدات الثلاثة الاهتزازية وجاما الناعمة والدورانية[14]

يمكن الحصول على منحنيات طاقة جاما مقسومة على الزخم $R = E_\gamma / I$ للتحديدات الثلاثة من المعادلات التالية [15]:

$$U(5) \to R = \frac{\hbar\omega}{I} \xrightarrow{I\to\infty} 0 \qquad (2)$$

$$O(6) \to R = \frac{\hbar^2}{2\Im}\left(4 - \frac{2}{I}\right) \xrightarrow{I\to\infty} 4\left(\frac{\hbar^2}{2\Im}\right) \qquad (3)$$

$$SU(3) \to R = \frac{E(2_1^+)}{4}\left(1 + \frac{2}{I}\right) \xrightarrow{I\to\infty} \frac{E(2_1^+)}{4} \qquad (4)$$

حيث أن $\Im$ تمثل عزم القصور الذاتي و ω التردد الزاوي و $\hbar$ ثابت بلانك .

تتغير طاقة حالات الإثارة الاولى $E(2_1^+)$ باختلاف تحديد النواة فتأخذ القيم التقريبية التالية: (100،300،500) KeV للنوى الدورانية وجاما الناعمة والاهتزازية على التوالي [12] . الشكل (1) يوضح منحنى (E-GOS) للنوى الاهتزازية أن R تهبط بسرعة من أعلى قيمة لها 250 KeV عند $I = 2$ إلى الصفر عندما $I \to \infty$ ، وللنوى ذات تحديد جاما الناعمة تهبط R ببطء من أعلى قيمة لها 150 KeV عند $I = 2$ إلى ربع قيمة حالة الإثارة الاولى $E(2_1^+)/4$ عند $I \to \infty$ ، أما بالنسبة للنوى الدورانية فإن المنحنى يظهر تزايد R من أدنى قيمة لها 50 KeV عند $I = 2$ إلى $4(\hbar^2/2\Im)$ عند $I \to \infty$ [13]

4.2. الانحناء الخلفي

لقد لوحظ في بعض النوى قد يحدث تغير كبير في عزم القصور الذاتي $\Im$ عن طريق زيادة الزخم الزاوي I . مما يسبب انخفاضاً في طاقة جاما المنبعثة بين الحالتين I و $I-2$ ، ويؤدي هذا السلوك إلى حدوث ظاهرة الانحناء الخلفي. الذي يظهر جلياً في النوى التي تعاني تغيراً في خصائصها، ويكون إلى الخلف أو إلى الأعلى في قيمة الطاقة $\hbar\omega$ والتي تعطى بالعلاقة [16]:

$$\hbar\omega = \frac{E_\gamma}{\sqrt{I(I+1)} - \sqrt{(I-2)(I-1)}} \qquad (5)$$

تولد أنماط الحركة الجماعية للنواة حالات زخوم بطاقات مختلفة، وتعطى طاقة حالات المهتز التوافقي كالاتي [17]:

$$E = n\hbar\omega$$

حيث n تمثل عدد الفونونات ($n = I/2$)، وتعطى طاقة الحالات المختلفة للدوار كالاتي [18]:

$$E(I) = \frac{\hbar^2}{2\Im} I(I+1)$$

ويعطى عزم القصور الذاتي للنواة عند حالات الطاقة المختلفة بالعلاقة التالية [19]:

$$\frac{2\Im}{\hbar} = \frac{4I-2}{E(I) - E(I-2)} = \frac{4I-2}{E_\gamma} \qquad (6)$$

3. النتائج والمناقشة

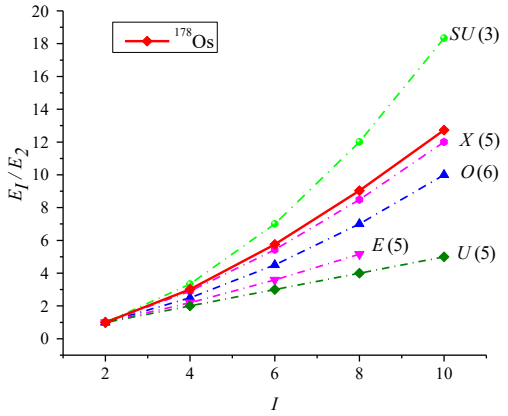
تمتلك نواة الاوزميوم 76 برتوناً وتمتلك نظائر الاوزميوم $^{178-184}$Os الزوجية - الزوجية من 102إلى 108 نيوتروناً. يمكن تحديد ماهية نظائر الاوزميوم بالاستعانة بقيم طاقات حالة الاثارة الأولى $E(2_1^+)$ لهذه النظائر. وذلك من خلال دراسة بعض الاختبارات المتمثلة في النسب $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ والنسبة $r((I+2)/I)$ وأيضا الاستعانة بمنحنيات طاقة جاما مقسومة على البرم (E-GOS Curves) وكذلك منحنيات الانحناء الخلفي.

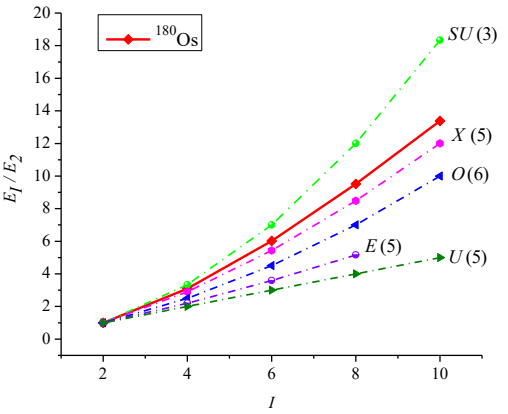
1.3. النسبة $E(I_1^+)/E(2_1^+)$

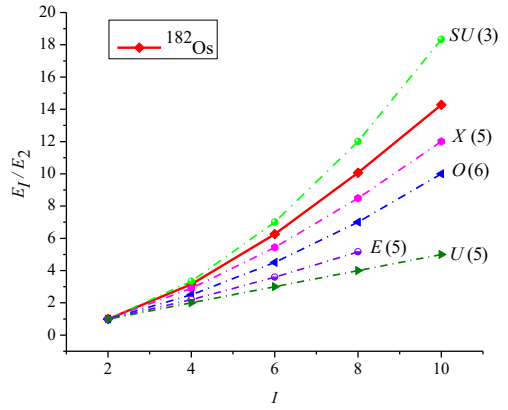
في هذه الدراسة تم حساب النسب بين قيم مستويات الطاقة المعملية بالنسبة لمستوى طاقة الاثارة الأول لكل نظير من النظائر قيد الدراسة عند الزخم الزاوي $I = 2,4,6,8,10$ ومقارنتها مع القيم النموذجية للتحديدات الرئيسية والنقاط الحرجة المبينة بالجدول (1). نلاحظ من خلال الشكل (2) أن النسبة تزداد مع زيادة عدد النيوترونات N ، وبشكل واضح نلاحظ الانتقال لهذه النظائر حسب القيم المحسوبة من المنطقة الانتقالية $O(6)$-$SU(3)$ وبالتحديد من النقطة الحرجة $X(5)$ إلى التحديد الدوراني $SU(3)$.

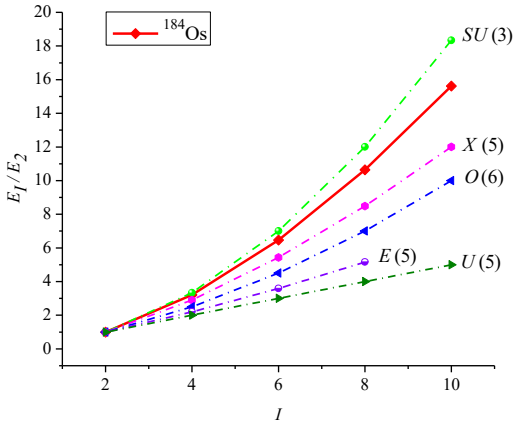
قيم النسبة $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ للنظير ^{178}Os تشير إلى أنه يقع عند النقطة الحرجة (Critical point) $X(5)$, أما بالنسبة للنظائر

$^{180-184}Os$ فإن النسبة $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ تشير إلى أن هذه النظائر تنتمي إلى المنطقة الانتقالية $O(6)$-$SU(3)$ بحيث تكون أقرب إلى التحديد الدوراني وخاصة للنظير ^{184}Os.









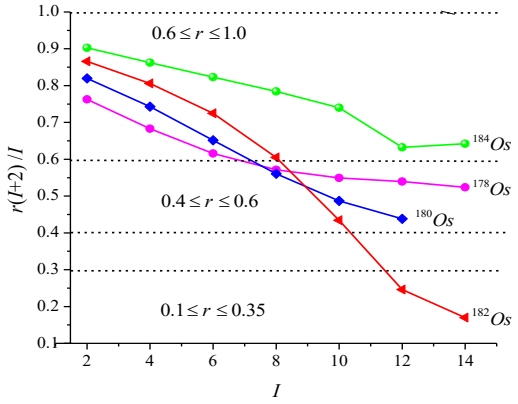
الشكل 2. قيم نسب الطاقة $E(I_1^+)/E(2_1^+)$ النموذجية لكل تحديد وقيم النسب التجريبية [20] للنظائر $^{178-184}Os$

2.3. النسبة $r\left((I+2)/I\right)$

من خلال تطبيق العلاقة (1) تم الحصول على النتائج الموضحة في الجدول (3) ومقارنتها بالجدول العياري (2) على النظائر قيد الدراسة، حيث اتضح من خلال الرسم الموضح بالشكل (3) لقيمة النسبة $r\left((I+2)/I\right)$ أن النظير ^{178}Os ويبدأ بالقيمة 0.7624 الموجودة ضمن منطقة التحديد الدوراني $SU(3)$ ، حيث نلاحظ أن النسبة تقل مع زيادة الزخم الزاوي I ويصبح عند النقطة الحرجة $X(5)$. والنظير ^{180}Os يمتاز بالخصائص الدورانية $SU(3)$ حيث يبدأ بالقيمة 0.8198 ، وتقل النسبة بشكل أكبر مع زيادة الزخم الزاوي I حيث يبتعد عن النقطة الحرجة $X(5)$ ويصبح في المنطقة الانتقالية $O(6)$-$SU(3)$. بينما يتمتع النظير ^{182}Os بالخصائص الدورانية $SU(3)$ وينتقل إلى النقطة الحرجة $X(5)$ عند الزخم الزاوي $I=8$ ، ثم ينتقل إلى تحديد الخصائص الانتقالية $SU(3)$-$O(6)$ حتى يصل إلى النقطة الحرجة $E(5)$ ويصبح ذو خصائص اهتزازية $U(5)$ عندما يكون الزخم الزاوي $I=12$ ، حيث تكون r بين 0.17 - 0 . وأخيراً فإن النظير ^{184}Os تقع جميع قيم r بين القيمتين 0.6423 - 0.9026 وهذا ما يؤكد الخصائص الدورانية $SU(3)$ له.

جدول 3. الطاقة التجريبية بوحدات KeV والقيم المحسوبة $r\left((I+2)/I\right)$

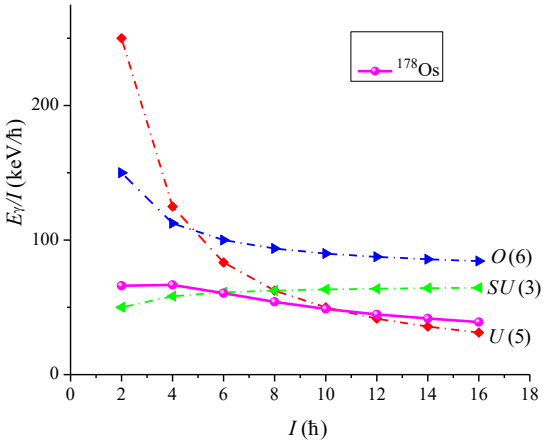
I	$E(I)$				$r\left((I+2)/I\right)$			
	^{178}Os	^{180}Os	^{182}Os	^{184}Os	^{178}Os	^{180}Os	^{182}Os	^{184}Os
2	132.2	132.11	126.89	119.77	0.7624	0.8198	0.8660	0.9026
4	398.79	408.63	400.29	383.68	0.6828	0.7428	0.8059	0.8625
6	761.57	795.07	794	774.08	0.6155	0.6516	0.7248	0.8228
8	1194.0	1257.45	1277.9	1274.75	0.5714	0.5606	0.6046	0.7844
10	1682.0	1767.63	1812	1871.19	0.5491	0.4868	0.4343	0.7401
12	2219.9	2308.9	2346.1	2547.61	0.5394	0.4382	0.2460	0.6324
14	2804.8	2875.3	2840.7	3261.38	0.5239		0.1700	0.6423
16	3429.4		3320.1	4046.5				



الشكل 3. النسبة $r(I+2/I)$ كدالة في الزخم الزاوي لنظائر $^{178-184}$Os

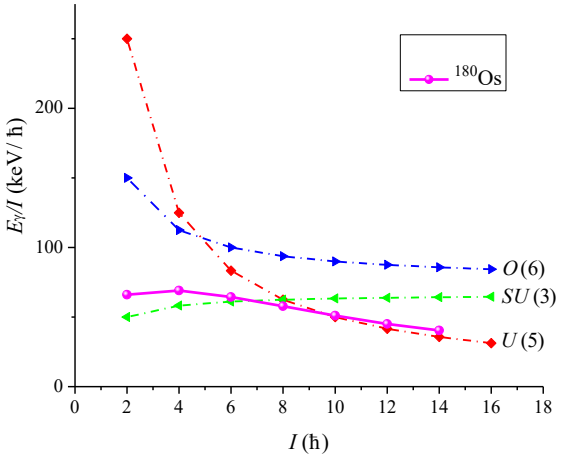
3.3. منحنيات طاقة جاما مقسومة على البرم

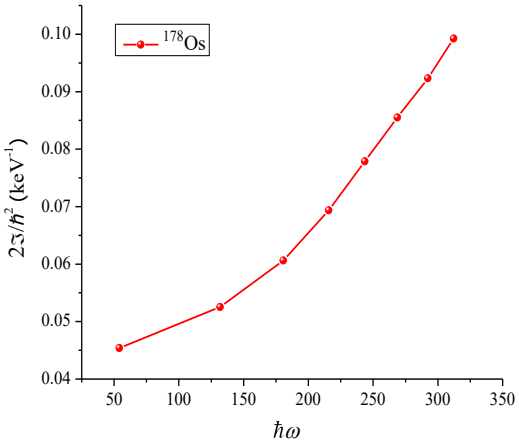
برسم منحنيات طاقة جاما مقسومة على البرم للنظائر قيد الدراسة من خلال مستويات الطاقة المعملية لكل نظير[20] ومقارنتها بعد اسقاطها على المنحنيات المعيارية المبينة بالشكل (1). ومن الشكل (4) نلاحظ أن منحنى E-GOS يبين أن سلوك النظائر لا يتماشى مع أي من التحديدات الرئيسية الثلاثة. حيث تسلك سلوك التحديد الدوراني $SU(3)$ عند حالة الزخم الزاوي المنخفض ثم ينتقل السلوك إلى تحديد جاما الناعمة $O(6)$ عند المستويات الأعلى، وبالتالي يمكن اعتبار النظائر الثلاثة $^{178-180-184}$Os تنتمي إلى المنطقة الانتقالية $SU(3)$-$O(6)$. بينما لوحظ أن النظير ^{182}Os يمر بالتحديدات الثلاثة $U(5)$-$O(6)$-$SU(3)$.

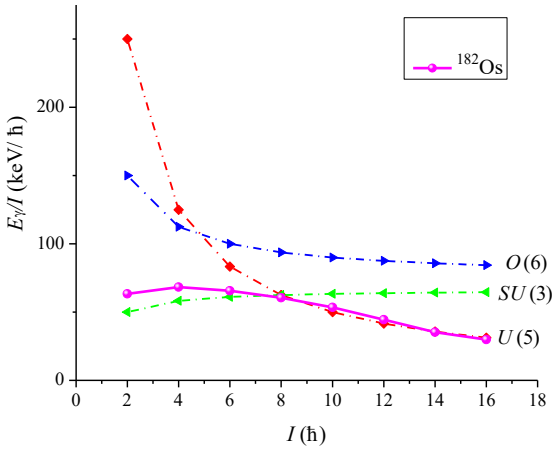


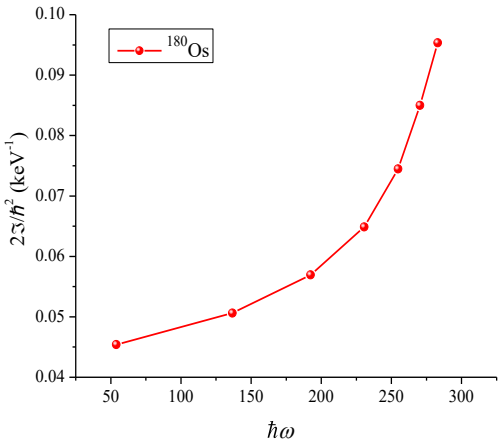
4.3. الانحناء الخلفي

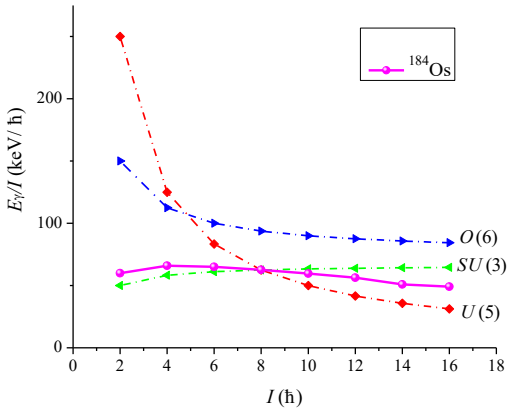
لمزيد من المعلومات حول نظائر $^{178-184}$Os . اختبرنا وجود الانحناء الخلفي في هذه النظائر. حيث تم حساب طاقة الانتقالات المختلفة E_γ بين كل مستويين وحساب طاقة التردد الدوراني $\hbar\omega$ باستخدام المعادلة (5) وكذلك حساب عزم القصور الذاتي $2\Im/\hbar^2$ من المعادلة (6) للنظائر قيد الدراسة. وقد تم رسم العلاقة بينهما كما هو موضح في الشكل (5)، والتي يتضح من خلاله أن النظير ^{182}Os يتمتع بانحناء خلفي جيد، وبالنسبة للنظير ^{184}Os فإن الانحناء الخلفي بالكاد يمكن رؤيته، وفي حالة النظيرين ^{178}Os , ^{180}Os فلا يوجد أي انحناء خلفي.



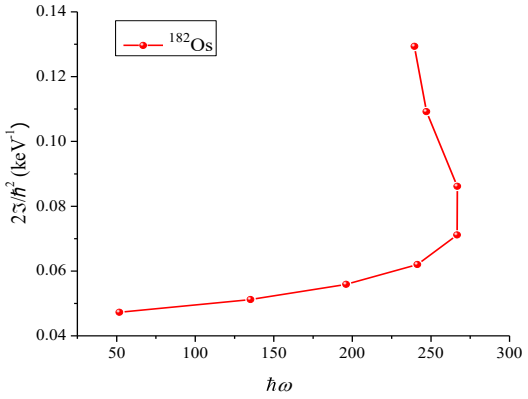


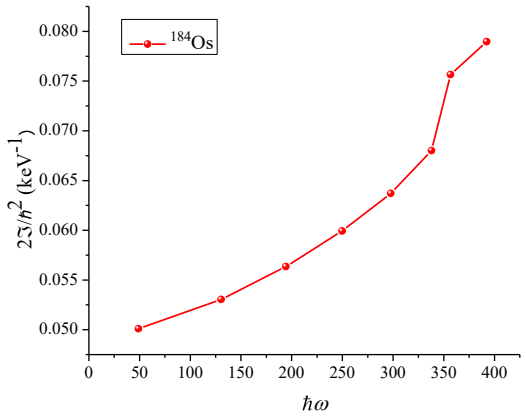






الشكل.4. منحنيات E-GOS لنظائر $^{178-184}$Os مقارنة مع المنحنيات القياسية للتحديدات الثلاثة الرئيسية





الشكل 5. عزم القصور الذاتي دالة للطاقة الدورانية لنظائر $^{178-184}$Os

4. الاستنتاج

تم تحديد ماهية نظائر $^{178-184}$Os الزوجية -الزوجية باستخدام الاختبارات التي تتمثل في مقارنة نسب مستويات الطاقة النموذجية للتناظرات الديناميكية الرئيسية $SU(3)$، $O(6)$، $U(5)$ وتناظرات النقاط الحرجة $X(5)$، $E(5)$ مع القيم التجريبية، ودراسة النسبة $r\left((I+2)/I\right)$ التي تمثل النسبة بين فروق نسب الطاقة الاهتزازية والدورانية والتجريبية ،وكذلك منحنيات طاقة جاما مقسومة على الزخم الزاوي E-GOS curves . من خلال هذه الاختبارات تم تحديد ماهية النظائر قيد الدراسة. حيث تبين أن النظير ^{178}Os يكون في منطقة النقطة الحرجة $X(5)$، والنظير ^{180}Os ينتمي إلى المنطقة الانتقالية $O(6)$ - $SU(3)$ وقريباً من تحديد جاما الناعمة $O(6)$، أما النظير ^{182}Os ينتقل من التحديد الدوراني إلى تحديد جاما الناعمة، وبزيادة الزخم الزاوي ينتقل إلى التحديد الاهتزازي $U(5)$. حيث أن له انحناء خلفي نتيجة لحدوث تغير في خصائصه. أما النظير ^{184}Os فهو قريباً جداً من التحديد الدوراني $SU(3)$. وفقاً لهذه الدراسة ثم ملاحظة تأثير زيادة عدد النيوترونات N خارج القشرة المغلقة على سلوك نظائر الازوميوم قيد الدراسة. حيث لوحظ في البداية كان سلوك النظائر محدداً بتحديد النقطة الحرجة للنظير ^{178}Os ، ولكن مع زيادة عدد النيوترونات بدأت تعاني تشوهات تدريجية حتى وصلت إلى السلوك الدوراني المشوه بالنسبة للنظير ^{184}Os .

5. المراجـع

1. Hans, H.S. (2008). Nuclear Physics experimental and theoretical. New Age International.
2. Mayer, M.G. (1969). On closed shells in nuclei. II,". Physical Review, 75(12).
3. Haxel O, Jensen JH, Suess H.E. (1949). "On the magic numbers in nuclear structure," Physical Review75(11) ,1766
4. Bohr, A.N. and Mottelson, B.R. (1998). Nuclear Structure. vol.2. Banjomen: World Scientific .Publishing Company.
5. Samuel, S.M, Wong. (2004) Introductory nuclear physics, Second Edition, WILEY VCH Verlag Gmb2&Co. KAG, Weinheim pp.115-124.
6. Mamdouh, I.& Al-Jubbori, M. (,2015) The rotational–vibrational properties of the $^{178-188}$Os isotopes, Indian Journal of Physics, 89, 1085-1091).
7. Raduta, A.A, Baran, V. and Gheorghe, A.C. (2007) " Collective Motion and PhaseTransitions Nuclear Systems, Proceedings of the Predeal International Summer School inNuclear Physics, Predeal, Romania, 28 August-9 September 2006, World Scientific.

to rotational evolutionalong the yrast line,". Physical Review Letters., vol. 90 (15), 152502.

14. Das.A, and Ferbel,T.(2003) Introduction to Nuclear and Particle Physics . 2nd ed. World Scientific.
15. Scharff-Goldhaber, G and Weneser, J. (1955). System of even-even nuclei. Physical Review, 98(1), 212.no.
16. Sorensen, R.A. (1973). Nuclear moment of inertia at high spin, Reviews of Modern Physics, 45(3),353.
17. Hameed, Z. Salih. And and. Mamdooh, I. Ahmad (2013). Changes in properties of $^{126-132}$Ba even- even isotopes," Journal of Education and Science26 (3), (95-107).
18. Cohen, B.L. (1971). Concepts of nuclear physics. Tata McGraw-Hill publishing company ltd.
19. Meyerhof, W.E. (1976). Elements of Nuclear Physics, New York Mc Graw Hill, Ed. Condon E.U University of Colorado.
20. NNDC.https://www.nndc.bnl.gov/ensdf/DatasetFetchServlet.

8. Bonatsosa, D, Lenisa, D, Minkovb, N, Petrellisa, D, Raychevb, P.P.and Terzievb, P.A (2004). Ground state bands of the E (5) and X (5) critical symmetries obtained from Davidson potentials through a variational procedure," Physics Letters B, 584(1-2), (40-47).
9. Thomas, A.W. (1984) Chiral symmetry and the bag model: A new starting point for nuclear physics. In Advances in Nuclear Physics, MA: Springer US. 13 Boston,13(1-137).
10. Iachello, F. (2001). Analytic description of critical point nuclei in a spherical-axially deformed shape phase Transition, Physical Review Letters.,. 87, (5).
11. Al-Jubbori, M.A, Kassim, H.H Sharrad, F.I and Hossain, I. (2016). Nuclear structure of even – even $^{120-136}$Ba under framework of IBM, IVBM and new method (SEF), Nuclear physics A. 955 (101-115).
12. Cohen, B.L(1971). Concepts of nuclear physics. Tata McGraw-Hill pu. Y blishing company ltd.
13. Regan, P.H, Beausang, C. W Zamfir, N.V, Casten, R.F, Zhang, J.Y, Yamamoto, A.D, and Ressler, J.J. (2003). Signature for vibrational