

## خصائص حالات الطاقة وحسابها باستخدام (IBM-1) و (IVBM) للايزونات

$$^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{184}\text{Os}, ^{186}\text{Pt}$$

محمد علي احمد النجم

المديرية العامة لتربية نينوى، وزارة التربية، الموصل، العراق.

[mehmedali1999@yahoo.com](mailto:mehmedali1999@yahoo.com)

### الملخص

حسبت مستويات الطاقة في الحزمة الارضية (GSB) لبعض الأيزوتونات  $^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{184}\text{Os}, ^{186}\text{Pt}$  عند  $N=108$  باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة الاصدار الاول (IBM-1) والبوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM). ولحساب حالات الطاقة للحزمة سالبة التماثل (NPB) للايزوتونات  $^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{186}\text{Pt}$  تم استخدام نموذج (IVBM). ولكون نموذج IBM-1 له حسابات مختلفة حسب خصائص كل نواة، فقد حددت هذه الخصائص باستخدام طرائق مختلفة، حيث تم رسم العلاقة بين عزم القصور الذاتي ( $2\theta/\hbar^2$ ) والتردد الدوراني للفوتون المنبعث ( $\hbar\omega$ ) عند انتقال النواة من حالة الى اخرى، حيث لم تظهر الانحناء الخلفي (Back-bending) في النوى  $^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{184}\text{Os}$  مما يدل على عدم تغير خصائصها، بينما اظهرت النواة  $^{186}\text{Pt}$  انحناءا خلفيا مما يدل على تغير خصائصها، كذلك استخدمت العلاقة بين طاقة حالات التهيج المختلفة الى الحالة التي تسبقها لمعرفة القيمة العددية لهذه النسبة وتحديد خصائص كل نواة من خلال هذه القيمة ومن خلال قيمة هذه النسبة اظهرت النتائج الخصائص الدورانية للنوى  $^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{184}\text{Os}$  بينما النواة  $^{186}\text{Pt}$  اظهرت الخصائص الانتقالية بين التحديدين الاهتزازي والدوراني، وللتعرف على خصائص النواة بدقة اكثر رسمت العلاقة بين طاقة كما مقسومة على البرم ( $E_\gamma/I$ ) دالة للبرم E-GOS (I) حيث تبين ان النوى  $^{180}\text{Hf}, ^{182}\text{W}, ^{184}\text{Os}$  تمتلك خصائص دورانية بينما النواة  $^{186}\text{Pt}$  تبين انها تمتلك خصائص كما الناعمة O(6)، عند دراسة ظاهرة التآرجح

(Staggering) في فروقات الطاقة بين الحزمتين (GSB) و (NPB) دالة للبرم (I) تبين عدم وصول قيمة التآرجح الى الصفر للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  مما يشير الى عدم تغيير خصائصها.

الكلمات الدالة: انموذج البوزونات المتفاعلة؛ انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة؛ الانحناء الخلفي؛ التآرجح؛ الايزوتونات  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$ .

DOI: 10.32894/kujss.2021.167894

## Characteristics of Energy States and their Calculation Using IBM-1 and IVBM of $^{180}\text{Hf}$ , $^{182}\text{W}$ , $^{184}\text{Os}$ , $^{186}\text{Pt}$ Isotones

Mohammed Ali Ahmed Alnejm

General Directorate of Nineveh Education, Ministry of Education, Mosul, Iraq.

[mehmedali1999@yahoo.com](mailto:mehmedali1999@yahoo.com)

### Abstract

The positive ground-state band (GSB) of  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  isotones for  $N = 108$  has been calculated using the Interacting Bosons Model (IBM-1), and Interacting Vector Boson Model (IVBM), while the negative-parity band (NPB) of  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$ , has been calculated using the (IVBM). since (IBM-1) have different calculation according to the characteristics of each nucleus, these characteristics were identified using different method, Plotting the relation of the moment of inertia ( $2\mathcal{I}/\hbar$ ) against the rotational frequency of the emitted photons ( $\hbar\omega$ ) during nuclear transition between different energy states were determined, The calculation shows that  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  nucleus do not have any back-bending effect which indicates that its characteristics have not changed, While  $^{186}\text{Pt}$  have a back-bending which indicate that a change in their characteristics. Also using the relation between different excited states energies to their preceding values, one can determine the characteristic of each nucleus which shows a rotational characteristics for  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  nucleus, while  $^{186}\text{Pt}$  have transitional characteristics between the two vibrational and

rotational challenges, To get to know the characteristics of the nucleus more accurately the relation of the gamma energy over spin ( $E_\gamma/I$ ) as a function of the spin (I) E-GOS was drawn, the calculation showed pure rotational characteristic for  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  nucleus, While the  $^{186}\text{Pt}$  nuclei have gamma soft O(6) characteristic, When staggering phenomena between (NPB) and (GSB) has been studied, The contour plot show that  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  nucleus did not reach zero value which refer to the constancy of their characteristics.

**Keywords:** Interacting Boson Model; Interacting Vector Boson Model; Back bending; Staggering The isotones  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$ .

**DOI:** 10.32894/kujss.2021.167894

## 1. المقدمة:

يعد التحول الطوري للنواة عند طاقاتها المختلفة هدفا أساسيا لكثير من الباحثين في مجال التركيب النووي، في السنوات الاخيرة حظيت الانوية المتوسطة والثقيل اهتماما واسعا خصوصا تلك النوى التي تقع عدد نيوترونها بين القشريتين المغلقتين للنوى السحرية 82 و 126، حيث اكدت التجارب العملية وجود تغير في شكل بعض الانوية وخصائصها عند الطاقة المختلفة وان هذا التغير في الخصائص تأتي نتيجة عدم استقرارية النوى في مستويات الطاقة المختلفة بين القشر المغلقة، فقد تكون النواة محددة بخصائص اهتزازية U(5) او دورانية SU(3) او كما الناعمة O(6) او قد تكون الخصائص انتقالية من الاهتزازية الى الدورانية او الى كما الناعمة او قد تشمل الانتقالات للحالات الثلاثة عند طاقات معينة [1]، يعد انموذج البوزونات المتفاعلة (IBM) Interacting Boson Model [2] أحد اكثر الدراسات المتميزة في وصف التركيب النووي للانوية المتوسطة والثقيلة ذات الخصائص التجميعية ثم طور فيما بعد من قبل [3] ليصبح انموذج البوزونات المتفاعلة الاصدار الاول (IBM-1) الذي يعتمد على بعض المفاهيم والاسس التي تم تطبيقها في الانموذجات النووية السابقة، مثل أنموذج قطرة السائل (Liquid Drop Model) الذي اقترح من قبل [4] والفرضية الاساسية التي بني عليها هي ان النواة يمكن اعتبارها شبيهة في سلوكها بقطرة من السائل مع توتر سطحي حيث فسر طاقة الربط (Binding Energy) وظاهرة الانشطار النووي ولم ينجح في اعطاء تفسيرا لاستقراره النواة، وأنموذج القشرة

(Shell Model) الذي اقترح من قبل [5] والذي افترض بان النيوكلونات تدور بمدارات خاصة بها داخل النواة وان تفاعلها فيما بينها ضعيف جدا ،حيث بينت التجارب العملية ان استقراره النواة تكون عالية عندما يكون عدد النيوكلونات مساويا الى احد الاعداد السحرية [6]. والانموذج الجماعي (Collective Model) والذي اقترح من قبل [7] حيث اقترحا أنموذج الحركة الجماعية الذي قاد الى تقسيم النواة الى نيوكليونات مركزية (القلب) ونيوكليونات خارج المركز وان التفاعل القوي بين النيوكليونات الخارجية والقلب يعمل على تشويه القلب بفعل القوة المركزية [6]. بالإضافة الى انموذجات اخرى قدمت من قبل العديد من الباحثين في مجال التركيب النووي. في انموذج ( IBM-1 ) افترض ان هناك نوعين من البوزونات، بوزونات بزخم زاوي (L=0) تدعى بوزونات (s) وبوزونات بزخم زاوي (L=2) تدعى بوزونات (d) دون التمييز بين بوزونات البروتونات  $\pi$  وبوزونات النيوترونات  $\nu$  ويتم حساب عدد البوزونات بوصفها ازواج الجسيمات ابتداء من اقرب قشرة مغلقة وحتى منتصف القشرة التي تليها، اما اذا كان اكثر من نصف القشرة ممتلئا فان  $n_{\nu}$  و  $n_{\pi}$  تؤخذ كعدد ازواج الفجوات الى القشرة المغلقة التي تليها وان عدد البوزونات الكلي لكل نواة  $N = n_{\pi} + n_{\nu}$  [8].

خضعت النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  الى دراسات متعددة ففي عام 1978 استخدم الباحث [9] جهد التذبذب المحوري لدراسة النوى  $^{172-180}\text{Hf}$  عند زخم زاوية عالية جدا، ووجد ان جميع هذه النظائر تدور حول محور التناظر المتطاول، قام الباحث [10] باستخدام انموذج البوزونات على نظائر (  $\text{Yb}, \text{Hf}, \text{W}, \text{Os}, \text{Pt}$  ) الغنية بالنيوترونات ذات العدد الكتلي (A=100-200) وتم حساب مستويات طاقات الاثارة ومعدلات الانتقال للمستويات الجماعية الرباعية القطب، ودرس كل من [11] نظائر البلاتينيوم  $^{186-198}\text{Pt}$  باستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة الاصدار الاول (IBM-1) وظاهرة الانحناء الخلفي وكانت النتائج العملية متطابقة مع التجريبية، استخدم [12] انموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-) لدراسة الخصائص الدورانية والاهتزازية لنظائر  $^{178-188}\text{Os}$  وكانت هناك توافق جيد بين القيم العملية والتجريبية، درس [13] التركيب النووي لنظائر  $^{178-182}\text{Hf}$  مستخدما IBM-1 وكانت النتائج العملية متطابقة مع التجريبية. درس [14] نظائر  $^{166-180}\text{Hf}$  الزوجية-الزوجية ولاحظ ان النظائر  $^{170-180}\text{Hf}$  تنتمي الى المنطقة الانتقالية (SU(3)-O(6) وحسب بعض حالات الطاقة واحتمالية الانتقال بينها باستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-1) وكانت النتائج متوافقة، درس [15] التركيب النووي للنوى Er-Os لـ N=102 باستخدام IBM-1 وكذلك حساب طاقة سطح الجهد حيث كانت النتائج متوافقة مع النتائج التجريبية، هناك نوع اخر من الانموذجات يدعى انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM) اذ

يعتمد هذا الانموذج على البوزونات الاتجاهية النيوترونية والبروتينية التي تحدد شكل التهيجات الجماعية للنواة حيث اعد هذا الانموذج من جانب [16] واستخدم لوصف الحزم الارضية (GSB) والحزمة ذات التماثل السالب (NPB).

الهدف من هذا البحث التأكد من خصائص الايزوتونات  $^{180}Hf, ^{182}W, ^{184}Os, ^{186}Pt$  من خلال التعرف على طاقة حالات التهيج الاولى  $E2_1^+$  فيها والنسبة  $E4_1^+ / E2_1^+$  والتي يعطي معلومات اولية لخصائص النوى، وان موقع حالة التهيج الاولى  $E2_1^+$  في النوى الدورانية يكون واطناً بحدود 100 keV وفي النوى كما الناعمة بحدود 300 keV وفي النوى الاهتزازية بحدود 500keV ويمكن تصنيفها حسب النسبة  $R_{4/2}$  حيث ان  $1 \leq R_{4/2} \leq 2$  للنوى السحرية،  $2 \leq R_{4/2} \leq 2.4$  للنوى الاهتزازية،  $2.4 \leq R_{4/2} \leq 2.7$  للنوى كما الناعمة،  $2.7 \leq R_{4/2} \leq 3$  للنوى الانتقالية،  $3 \leq R_{4/2} \leq 3.3$  للنوى الدورانية [17].

تم دراسة الانحناء الخلفي (Back - bending) والنسبة بين طاقات الحالات الارضية  $r(I+2)/I$  دالة ل I و E- (GOS) وكذلك التآرج (Staggering) في فروقات الطاقة بين الحزمة الارضية وحزمة التماثل السالب للايزوتونات موضوع البحث واستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة الاصدار الاول (IBM-1) وانموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM) في الحسابات، ايضا تم استخدام انموذج (IVBM) لحساب حالات الطاقة في الحزمة (NPB) للنوى التي تتوفر لها طاقات تجريبية لهذه الحزمة.

## 2. انموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 :

قدم الباحثان [18] انموذجاً جديداً أطلقاً عليه انموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) لوصف الأطياف الاهتزازية والدورانية وكما الناعمة للنوى المختلفة بالاعتماد على تناظرات الزمر بدلا من الوصف الهندسي لمتغيرات شكل النواة، وقد اعتمد انموذج IBM-1 في دراسة مستويات الطاقة ذات البرم العالي عند مناطق الانحناء الخلفي واثبت نجاحه [19]، إذ يعطى المؤثر الهاملتوني في انموذج IBM-1 باستخدام صيغة التوسع متعددة القطبية [8] وكما يأتي:

$$H = \varepsilon n_d + a_0(\hat{P}.\hat{P}) + a_1(\hat{L}.\hat{L}) + a_2(\hat{Q}.\hat{Q}) + a_3(\hat{T}_3.\hat{T}_3) + a_4(\hat{T}_4.\hat{T}_4) \quad (1)$$

حيث  $\varepsilon$  هي طاقة البوزون الكلية، و  $n_d$  هو عدد البوزونات نوع  $d$  و  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  ثوابت تمثل معاملات شدة التفاعل الأزدواجي  $(\hat{P}.\hat{P})$ ، والزخم الزاوي  $(\hat{L}.\hat{L})$  ورباعي القطب  $(\hat{Q}.\hat{Q})$ ، وثماني القطب  $(\hat{T}_3.\hat{T}_3)$ ، والقطب سداسي العشر  $(\hat{T}_4.\hat{T}_4)$  بين البوزونات على التوالي [8] ويمكن إعطاء قيم الطاقة المسموحة للهاملتوني (1) بالمعادلة:

$$E = \varepsilon n_d + K_1 n_d (n_d + 4) + K_2 (\lambda^2 + \mu^2 + 3(\lambda + \mu) + \lambda\mu) + K_3 (N(N + 4) - \sigma(\sigma + 4)) + K_4 \nu(\nu + 3) + K_5 (L(L + 1)) \quad (2)$$

حيث ان  $(K_1, K_2, K_3, K_4, K_5)$  هي أشكال أخرى لمعاملات شدة التفاعل المذكورة بمعادلة الهاملتوني (1)، والعاملان  $\lambda, \mu$  هي اعداد كمية مختزلة لعدد البوزونات تحدد كيفية ترتيب البوزونات على الحالات المختلفة. وتعطى الهاملتوني و قيم مستويات الطاقة المسموحة للتحديدات الثلاثة الاهتزازية U(5) والدورانية SU(3) وكاما الناعمة O(6) بالمعادلات الاتية [20]:

### 2.1 التحديد الاهتزازي U(5):

$$\hat{H}_{U(5)} = \varepsilon n_d + a_1(\hat{L}.\hat{L}) + a_3(\hat{T}_3.\hat{T}_3) + a_4(\hat{T}_4.\hat{T}_4) \quad (3)$$

$$E = \varepsilon n_d + k_1 n_d (n_d + 4) + k_4 \nu(\nu + 3) + k_5 L(L + 1)$$

$\nu$  عدد البوزونات من نوع  $d$  غير المرتبطة بزخم زاوي صفري،  $L$  الزخم الزاوي،  $K_1, K_4, K_5$  عوامل القوة لكل حد، حيث ان  $k_1 = 1/12a_1$ ،  $k_4 = -1/10a_1 + 1/7a_3 - 3/70a_4$ ،  $k_5 = -1/14a_3 + 1/14a_4$  [21] والعامل المؤثر في هذا التحديد هو  $\varepsilon$ .

### 2.2 التحديد الدوراني SU(3):

$$\hat{H}_{SU(3)} = a_1(\hat{L}.\hat{L}) + a_2(\hat{Q}.\hat{Q})$$

$$E = K_2(\lambda^2 + \mu^2 + 3(\lambda + \mu) + \lambda\mu) + K_5L(L+1) \quad (4)$$

$\mu, \lambda$  أعداد كمية مختزلة لعدد البوزونات والتي تحدد ترتيب البوزونات على الحالات المختلفة وان  $K_2 = 1/2a_2$  و

$$K_5 = a_1 - 3/8a_2 \quad [21]. \text{والعامل المؤثر في هذا التحديد هو العامل } a_2.$$

### 2.3 التحديد كما الناعمة غير المستقرة ( $\gamma$ - unstable) :O(6)

$$\hat{H}_{O(6)} = a_0(\hat{P}.\hat{P}) + a_1(\hat{L}.\hat{L}) + a_3(\hat{T}_3.\hat{T}_3)$$

$$E = K_3(N(N+4) - \sigma(\sigma+4)) + K_4\nu(\nu+3) + K_5L(L+1) \quad (5)$$

حيث N تمثل عدد البوزونات و  $\sigma$  عدد ازواج البوزونات غير المرتبطة بزخم زاوي صفري. وان

$$k_4 = 1/2a_3, \quad k_5 = -1/10a_3 + a_1, \quad k_3 = 1/4a_0 \quad [21]$$

حالات الطاقة المهمة في التعرف على خصائص النوى هي حالات الطاقة الاوطأ (Yrast Level) لزخوم معينة التي قد

تزداد طاقة كل مستوي فيها بزيادة الزخم الزاوي وبنسبة معينة. ولوحد ان حالات الطاقة الاوطأ لبعض النوى لا تزداد بنسب

متساوية حيث يحصل زيادة في الطاقة اقل من النسبة المتوقعة عند زخم معين وهذا ما يسمى بالانحناء الخلفي [22].

وجد [23] ان عزم القصور الذاتي عند زخوم زاوية معينة يزداد بشكل واضح ويرافق ذلك نقصان في قيمة الطاقة

الدورانية في بعض النوى واطلقوا على هذه الظاهرة الانحناء الخلفي (Back-bending) وفي حالة عدم ظهور هذا الانحناء

الخلفي يعني انه لا يوجد تأثير لعزم القصور الذاتي في تشوه النواة الذي يعطى بالمعادلة [24].

$$\frac{2\mathcal{G}}{\hbar^2} = \frac{4I-2}{E(I)-E(I-2)} = \frac{4I-2}{E\gamma} \quad (6)$$

وطاقة الفوتون المنبعث  $\hbar\omega$  الذي يعطى بالمعادلة [25]:

$$\hbar\omega = \frac{E(I)-E(I-2)}{\sqrt{I(I+1)} - \sqrt{(I-2)(I-1)}} = \frac{E\gamma}{\sqrt{I(I+1)} - \sqrt{(I-2)(I-1)}} \quad (7)$$

يمكننا معرفة فيما اذا كانت النواة يحدث تغير في خصائصها ام لا والتي يمكن حسابها من الانتقال من مستوي ذي زخم زاوي  $I$  الى مستوي ادنى ذي زخم زاوي  $(I-2)$ . ومن التفسيرات الموضوعية لظاهرة الانحناء الخلفي هو ان سبب الانحناء الخلفي يعود الى تأثير قوة كورليوس عند زخم زاوية عالية نسبيا على بعض النيوكلونات الواقعة في القشرات الخارجية للنواة مما يؤدي الى فك ارتباط زوج او اكثر من هذه النيوكلونات (De-paring) وان فك ارتباط زوج من النيوترونات يؤدي الى حزمة شبيهي الجسيمين (Two quasiparticle) وهذه الحزمة تسمى (s-band) وتنتج هذه الحزمة عن الاصطاف الدوراني لزوج من النيوترونات في اتجاه حركة النواة، اذ يكون اتجاه زخم النيوترونين في البداية متعاكسين وباتجاه عمودي على زخم النواة وبعد فك الارتباط بين النيوترونين وبسبب دوران النواة يتراصف النيوترونين باتجاه النواة ويصبح الزخم الكلي باتجاه زخم النواة، وان فك ارتباط زوج من البروتونات فضلا عن زوج النيوترونات يؤدي الى ظهور حزمة اشباه الجسيمات الاربعة Four-quasiparticle وتقاطع هذه الحزم مع حزمة الحالة الارضية يسبب ظاهرة الانحناء الخلفي [22,26,27,28].

تقدم النسبة بين قيم الطاقة لأي حالتين متتابعتين  $(I+1)$  و  $I$  معلومات جيدة عن خصائص النواة وان رسم العلاقة بين هذه النسب لأية نواة يمكننا من التعرف على خصائصها وتعطى قيم النسب بين طاقة المستوي  $I+2$  والمستوي  $I$  دلالة لخصائص النواة عند كل حالة من حالات تهيجها [29] وتحدد قيم النسبة بين اي حالتين متتابعتين  $r(I+2)/I$  من مستويات الطاقة بالاعتماد على القيم التجريبية لها وتتم معالجة هذه النسبة بعامل الزخم الزاوي للنواة عند تلك الحالة بالصيغة [30]:

$$r\left(\frac{I+2}{I}\right) = \left[ R\left(\frac{I+2}{I}\right)_{\text{exp.}} - \frac{(I+2)}{I} \right] \times \frac{I(I+1)}{2(I+2)} \quad (8)$$

تتغير قيم  $r$  بين القيمتين  $(1, 0.1)$  حسب خصائص كل نواة وكما يلي [30]

$U(5) \rightarrow 0.1 \leq r \leq 0.35$  للنوى الاهتزازية

$O(6) \rightarrow 0.4 \leq r \leq 0.6$  للنوى كاما الناعمة

$SU(3) \rightarrow 0.6 \leq r \leq 1$  للنوى الدورانية



تعد طريقة طاقة كاما مقسومة على البرم E-GOS من الطرق البسيطة والناجحة للتعرف على شكل النواة حيث يتم رسم العلاقة بين ( $R = E_\gamma / I$  و  $I$ ) [31]، تحدد قيمة طاقة كاما مقسومة على البرم  $R = E_\gamma / I$  للنوى الاهتزازية وكاما الناعمة وكذلك الدورانية الصلدة بالمعادلات [32]:

$$U(5) \rightarrow R = \frac{\hbar\omega}{I} \xrightarrow{I \rightarrow \infty} 0 \quad (9)$$

$$O(6) \rightarrow R = A \left(1 + \frac{2}{I}\right) \xrightarrow{I \rightarrow \infty} A \quad (10)$$

$$SU(3) \rightarrow R = B \left(4 - \frac{2}{I}\right) \xrightarrow{I \rightarrow \infty} 4B \quad (11)$$

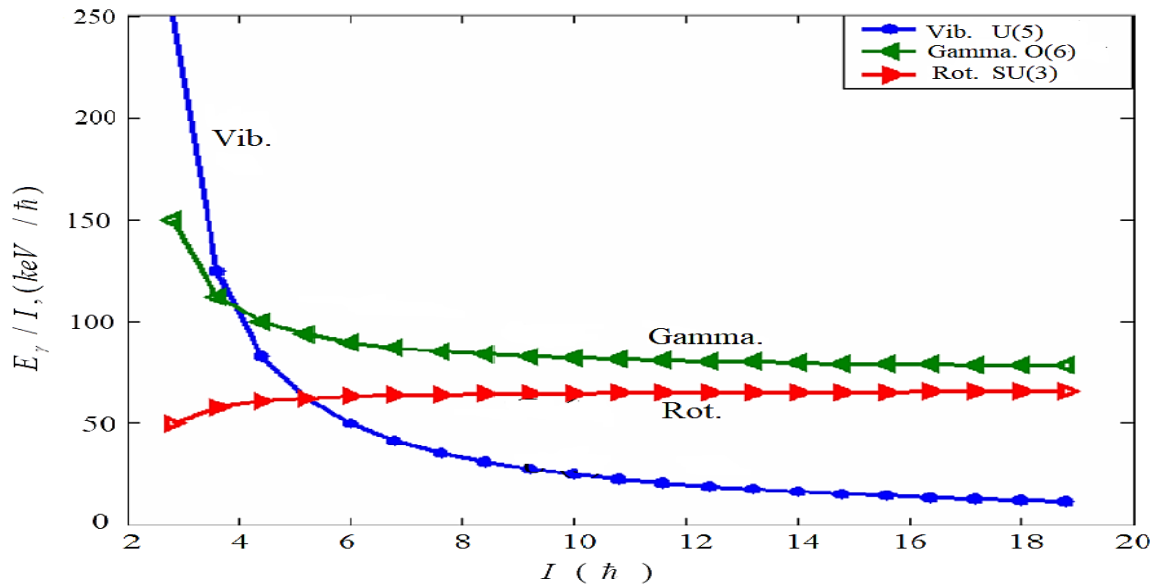
حيث  $A = E_2^+ / 4$  و  $B = \hbar^2 / 29$ ، يلاحظ من المعادلات (9,10,11) ان  $R$  للنوى الاهتزازية  $E_2^+ = 500keV$  تقل وبسرعة من اعلى قيمة عند  $I=2$  و  $R = 500/2 = 250keV/\hbar$  الى ادنى قيمة لها  $R = 0$  عند  $I \rightarrow \infty$ . وقيمة  $R$  للنوى كاما الناعمة بـ  $E_2^+ = 300keV$  تقل بشكل ابطاً من النوى الاهتزازية وعند اعلى قيمة  $R = 300/2 = 150keV/\hbar$  عند  $I = 2$  حيث  $R = E_2^+ / 2$  الى ادنى قيمة عند  $I \rightarrow \infty$  حيث  $R = E_2^+ / 4 = 300/4 = 75keV$  بينما قيمة  $R$  للنوى الدورانية تزداد ببطيء من ادنى قيمة  $R = 100/2 = 50keV/\hbar$  عند  $I = 2$  الى اعلى قيمة لها  $66.66keV/\hbar$  عند  $I \rightarrow \infty$  حيث  $R = 4B$  [33] والشكل 1 يوضح التصرف النموذجي لمنحني E-GOS للتحديدات الثلاثة الاهتزازية وكاما الناعمة والدورانية SU(3),O(6),U(5). [34].

بدراسة ظاهرة التآرجح يمكننا معرفة تغير خصائص النواة من عدمه عند الطاقات المختلفة للحالات الزوجية والفردية، حيث تتكون الحزمة الارضية GSB في النوى الزوجية - الزوجية من حالات موجبة التماثل بزخوم زاوية موجبة ( $I = 0^+, 2^+, 4^+, \dots$ ) وتتكون حزمة التماثل السالب NPB من حالات بزخوم زاوية فردية ( $I = 1^-, 3^-, 5^-, \dots$ ) تتداخل الحزمتان لتشكلا حزمة ببرم وتماثل ثماني القطب [35] تتأرجح قيم فروقات الطاقة بين الحالات الفردية والزوجية وتعطى بالصيغة [36]:

$$\Delta E_{1,\gamma} = \frac{1}{16} [(6E_{1,\gamma}(I) - 4E_{1,\gamma}(I-1) - 4E_{1,\gamma}(I+1) + E_{1,\gamma}(I-2) + E_{1,\gamma}(I+2))] \quad (12)$$

حيث ان :

$$E_{1,\gamma}(I) = E(I+1) - E(I) \quad (13)$$



شكل 1: منحنى E-GOS للتحديدات المثالية الثلاثة [34].

تتأرجح فروقات الطاقة بين الحزمتين (  $GSB$  ) و (  $NPB$  ) بين القيم الموجبة والقيم السالبة بسعات مختلفة من اعلى قيمة الى ادنى قيمة قد تصل الى الصفر  $\Delta E_{1,\gamma} = 0$  ثم تعاود النمو من جديد وهذا يشير الى التغير في الخصائص وعندما لا تصل قيم التآرجح الى الصفر  $\Delta E_{1,\gamma} \neq 0$  هذا يعني عدم تغير خصائص النوى، حيث تتأرجح الفروقات بطاقات مختلفة بين الحالات الفردية والزوجية، ظاهرة التآرجح لا تعطينا معلومات عن تغير خصائص النوى فقط انما تختلف التآرجح بين النوى وذلك بتغير سعة التآرجح بين الحالات الفردية والزوجية ويعود سبب ذلك الى التغير في فروقات الطاقة بين الحالات المختلفة بدلالة البرم.

### 3. انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM:

ان انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM) تعتبر من النماذج الاخرى في دراسة خصائص النوى، اذ يعتمد هذا الانموذج على البوزونات الاتجاهية البروتونية والنيوترونية التي تحدد شكل التهيجات الجماعية للنواة، حيث

استخدم هذا الانموذج لوصف الحزم الارضية (GSB) والحزم ذات التماثل السالب (NPB) في النوى، والقيم المسموحة

لهاتين الحزمتين تعطيان بالصيغة : [16]

$$E(I) = \beta I(I + 1) + \gamma I \quad (14)$$

$$E(I) = \beta I(I + 1) + (\gamma + \eta)I + \zeta \quad (15)$$

$\beta$  و  $\gamma$  معاملات يمثلان تأثير النوى الدورانية والاهتزازية على التوالي ويمكن تحديد قيمتهم بعمل مواءمة على القيم التجريبية لطاقات الحزمة الأرضية (GSB) مع المعادلة (14) اما المعاملين  $\zeta, \eta$  يتم تحديد قيمتهما بعمل مواءمة على القيم التجريبية لطاقة الحزمة ذات التماثل السالب (NPB) مع المعادلة (15). ان المقارنة بين انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM) مع الصيغ الاخرى لأنموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-1,2,3) امر مفيد في بعض الحالات لان في بعض الجوانب يكون IVBM اكثر دقة في حساباتها من IBM وعلى سبيل المثال يمكن ان يقترن بوزونان اتجاهيان لأنشاء حالات لها  $L=1$  بينما هذه غير موجودة في IBM، وفي جوانب اخرى يكون IVBM اكثر تقييدا في حساباتها من IBM [37].

#### 4. النتائج والمناقشة:

في هذا البحث تم التعرف على خصائص حالات الطاقة للايزوتونات  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  وطرائق حسابها، حسب عدد البوزونات في النوى وتبين ان النيوترونات في النوى موضوع البحث تساوي 108 بينما البروتونات تساوي  $Z=78 \rightarrow 72$  اذ تمتلك (2→5) من ازواج البروتونات اقل من العدد السحري  $Z=82$  و 9 ازواج من فجوات النيوترونات اقل من العدد السحري  $N=126$  وان عدد البوزونات الكلي للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  حسب من حاصل جمع عدد بوزونات البروتونات مع عدد بوزونات النيوترونات وكانت النتيجة ( 11, 12, 13, 14 ) وعلى التوالي وان  $N = n_{\pi} + n_{\nu}$  حيث  $N$  عدد البوزونات الكلي و  $n_{\pi}$  عدد بوزونات البروتونات و  $n_{\nu}$  عدد بوزونات النيوترونات، ولتكوين صورة اولية عن خصائص هذه النوى الايزوتونية تم التعرف على مواقع حالات التهيج الاولى  $E2_1^+$  وكذلك النسبة

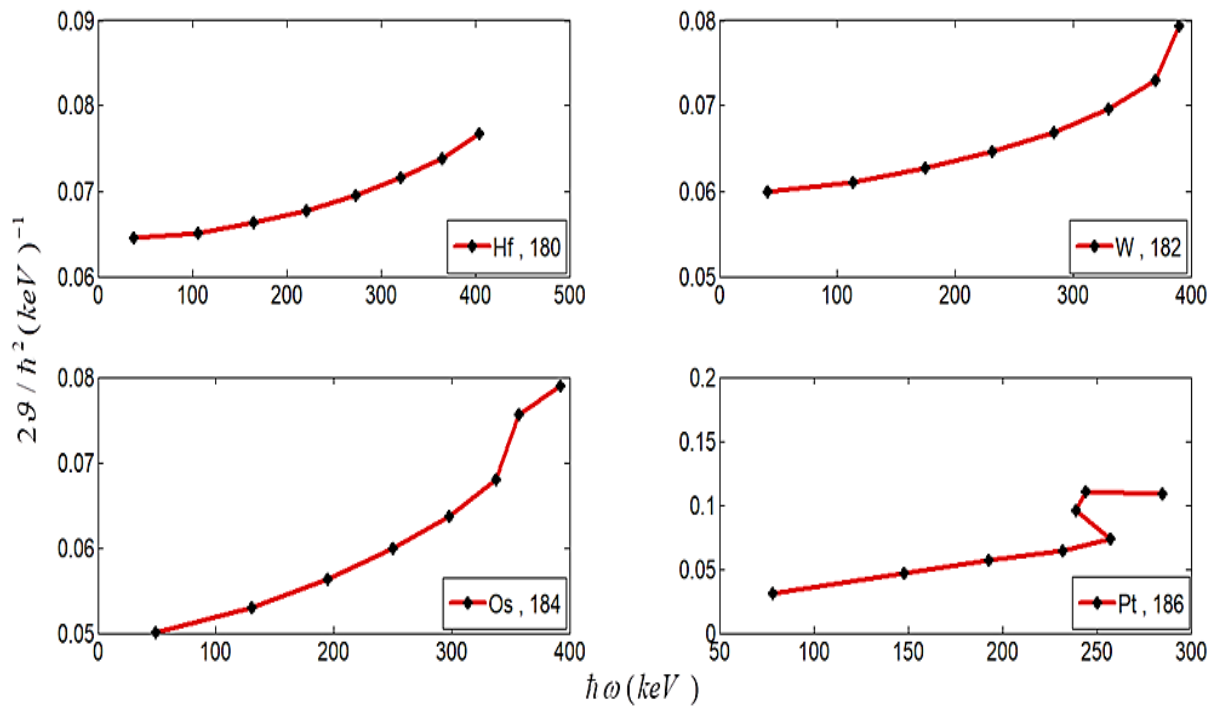
الاجزوتونية  $E4_1^+ / E2_1^+$  كما مبين في الجدول 1. حيث تم استخدام طاقة المستويات في الحسابات للنوى الايزوتونية  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  من ورقة البيانات [38,39,40,41] وعلى التوالي.

**جدول 1:** القيم التجريبية لـ  $E2_1^+$  ،  $E4_1^+$  والنسبة  $R_{4/2} = E4_1^+ / E2_1^+$  للنوى موضوع البحث.

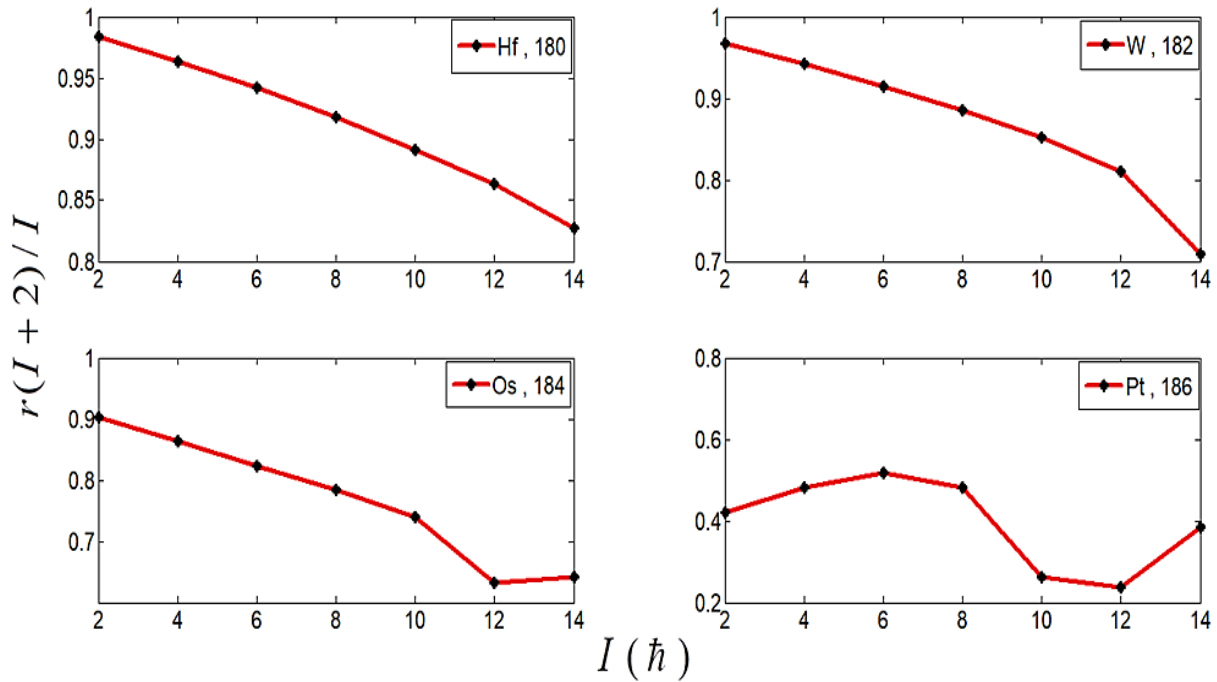
Isotones	$^{180}\text{Hf}$	$^{182}\text{W}$	$^{184}\text{Os}$	$^{186}\text{Pt}$
$(\text{keV}) E2_1^+$	93	100.1	119.7	191.5
$E4_1^+(\text{keV})$	308	329.4	383.6	490.3
$R_{4/2}$	3.31	3.29	3.2	2.56

من الجدول 1 ومعرفة مواقع حالات التهيج الاولى  $E2_1^+$  للنوى الايزوتونية موضوع البحث يتبين انتمائهم الى التحديد الدوراني (3) SU، باستثناء النواة  $Pt$  ومن قيمة  $E2_1^+$  يتبين انها تنتمي الى التحديد كما الناعمة (6) O. الجدول 1 يبين لنا ان النسبة  $R_{4/2}$  للنوى الايزوتونية موضوع البحث هي (2.56 , 3.2 , 3.29 , 3.31) على التوالي مما يشير الى انتمائها الى التحديد الدوراني (3)SU في النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  بينما النواة  $Pt$  يشير انتمائها الى التحديد (6)O. ولكون هذه الطريقة تقدم معلومات اولية عن خصائص النوى في حالات التهيج الواطنة، تم الاعتماد على طرائق اخرى للتأكيد على خصائص هذه النوى عند حالات تهيجها العالية منها الانحناء الخلفي (Back - bending) والنسب بين حالات التهيج المختلفة الى حالات التهيج التي تسبقها  $r(I+2)/I$  وطريقة E-GOS، وكذلك التآرجح (Staggering) في فروقات الطاقة بين الحزمة الارضية GSB وحزمة التماثل السالب NPB، بالإضافة الى ذلك فقد تم استخدام نموذج IBM-1 وكذلك نموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM لحساب حالات التهيج لكل نواة موضوع البحث ومقارنتها مع النتائج التجريبية لها. وللتعرف على خصائص النوى عند حالات تهيجها فقد رسمت العلاقة بين عزم القصور الذاتي  $(2\mathcal{I}/\hbar^2)$  وطاقة الفوتون المنبعث  $(\hbar\omega)$  المعادلة (6) و(7) تبين عدم ظهور الانحناء الخلفي في النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  مما يشير الى عدم تغير خصائصها عند حالات تهيجها المختلفة، بينما ظهر الانحناء الخلفي في النواة  $Pt$  مما يشير الى تغير خصائصها عند حالات تهيجها، الشكل 2 حيث ظهرت الانحناء الخلفي عند  $I_1^\pi = 10^+$  وهذا يعني ان هناك نقصان في التردد الدوراني للفوتون المنبعث بسبب الخسارة في الطاقة يرافقه زيادة في عزم القصور الذاتي

وهذا ناتج من صرف الطاقة على اصطفاغ النيوكلونات في غلاف معين من اغلفة النواة، رسمت العلاقة بين قيم طاقة حالات التهيج المختلفة الى الحالة التي تسبقها الشكل 3 لتحديد قيمة  $r(I+2)/I$  المعادلة (8) ومنها يمكن معرفة خصائص النوى حيث تبين ان النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  لها خصائص دورانية  $SU(3)$  وبعد التعرف على قيم النسب لـ  $r$  تبين ومن خلال الحسابات تبين ان للنواة  $^{180}\text{Hf}$  قيمة  $r$  هي  $0.7 < r < 1$  و للنواة  $^{182}\text{W}$  ان قيمة  $r$  هي  $0.6 < r < 1$  وللنواة  $^{184}\text{Os}$  قيمة  $r$  هي  $0.6 < r < 1$  وان حددت للتحديد الدوراني [31].



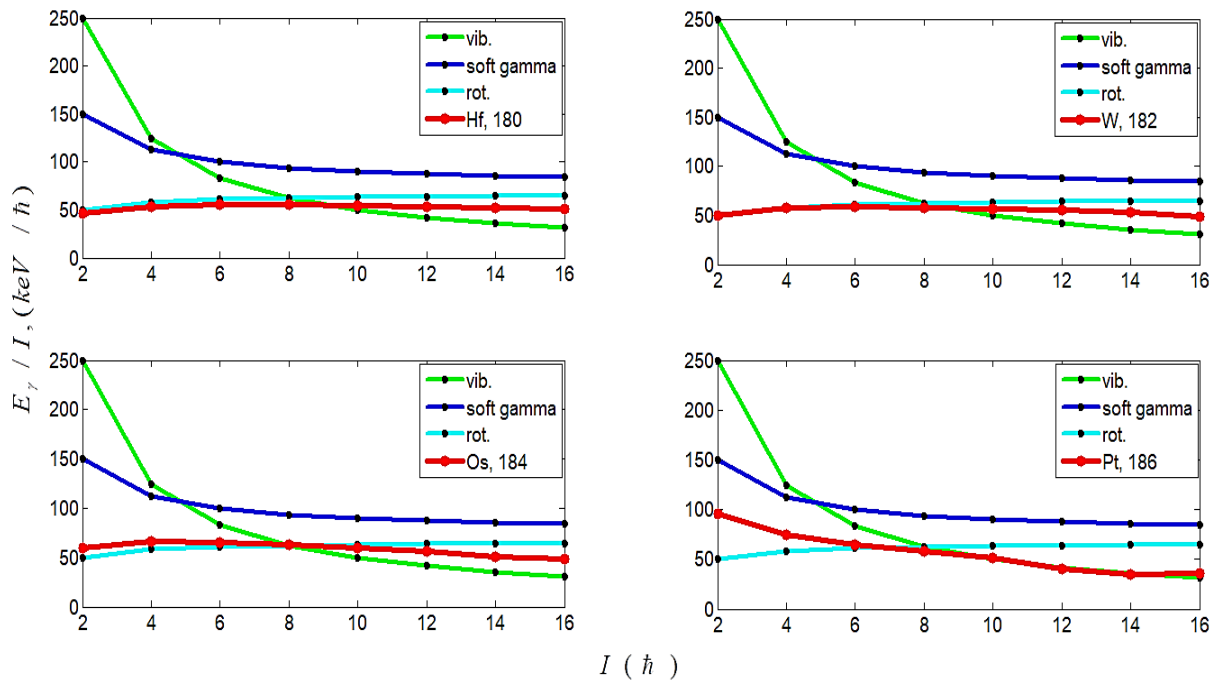
شكل 2: العلاقة بين عزم القصور الذاتي  $2\theta / \hbar^2$  والتردد الزاوي  $\hbar\omega$  للنوى موضوع البحث.



شكل 3: العلاقة بين  $r(I+2)/I$  كدالة لـ  $I$  للنوى موضوع البحث.

اما بالنسبة للنواة  $Pt$  ومن قيمة  $r$  تبين انها تقع بين التحديدين الاهتزازي وكاما الناعمة وهناك حالة شاذة لـ  $r = 0.38$  عند  $I = 14$  وهذه القيمة لـ  $r$  غير محددة الخصائص لدى الباحثين ونتوقع ان تقع بين التحديد الاهتزازي وكاما الناعمة، استخدمت طريقة (E-GOS) المعادلة (9,10,11) للتأكد من خواص النوى موضوع البحث تبين ان النوى الايزوتونية  $^{180}Hf, ^{182}W, ^{184}Os$  تتماشى مع منحنى النوى الدورانية فمثلا للنواة  $^{180}Hf$  حيث يبدأ المنحني بالزيادة ببطئ من ادنى قيمة له عند  $I = 2$  الى اعلى قيمة له عند  $I = 16$ ،  $E_\gamma/I = 45.5 keV/\hbar$ ،  $E_\gamma/I = 50.5 keV/\hbar$  مع ابتعاد المنحني عن خصائص النوى الدورانية النقية قليلا نحو منحنى النوى الاهتزازية  $U(5)$  ولكنها قريبة اكثر من النوى الدورانية  $SU(3)$ ، وكذلك النواة  $^{182}W$  عند  $I = 2$  يبدأ المنحني بالزيادة الى الحالة  $I = 12$  ثم يحدث تغير في شكل المنحني بعد هذه الحالة مما يشير الى التغير في خصائص هذه النواة حيث نلاحظ انحراف المنحني من مستوى النوى الدورانية  $SU(3)$  نحو منحنى النوى الاهتزازية  $U(5)$  ولكنها مازالت قريبة جدا من منحنى النوى الدورانية النقية وكذلك النواة  $^{184}Os$  حيث يحدث تغير في خصائصها عند الحالة  $I = 10$  وما بعدها ولكن المنحني قريب جدا نحو منحنى النوى الدورانية وما ذكرناه للنوى الثلاثة يتطابق مع شكل منحنى النوى الدورانية بشكل عام وكما مبين في الشكل 3 اما  $^{186}Pt$  اظهرت

خلاف لما في النوى السابقة حيث يبدأ المنحني بالانخفاض من اعلى قيمة له عند  $E_{\gamma}/I = 100keV, I = 2$  الى ادنى قيمة  $E_{\gamma}/I = 35.6keV$  عند الحالة  $I = 14$  حيث يقع بين التحديدين الدوراني وكاما الناعمة عند  $I = 2 \rightarrow 8$  وبعد ذلك نلاحظ المنحني يتماشى مع منحنى النوى الاهتزازية بعد  $I = 10 \rightarrow 16$  ولكن تكون قريبة من منحنى التحديد كما الناعمة  $O(6)$  على الرغم من تأثرها بالخصائص الاخرى وكما مبين في الشكل 4.

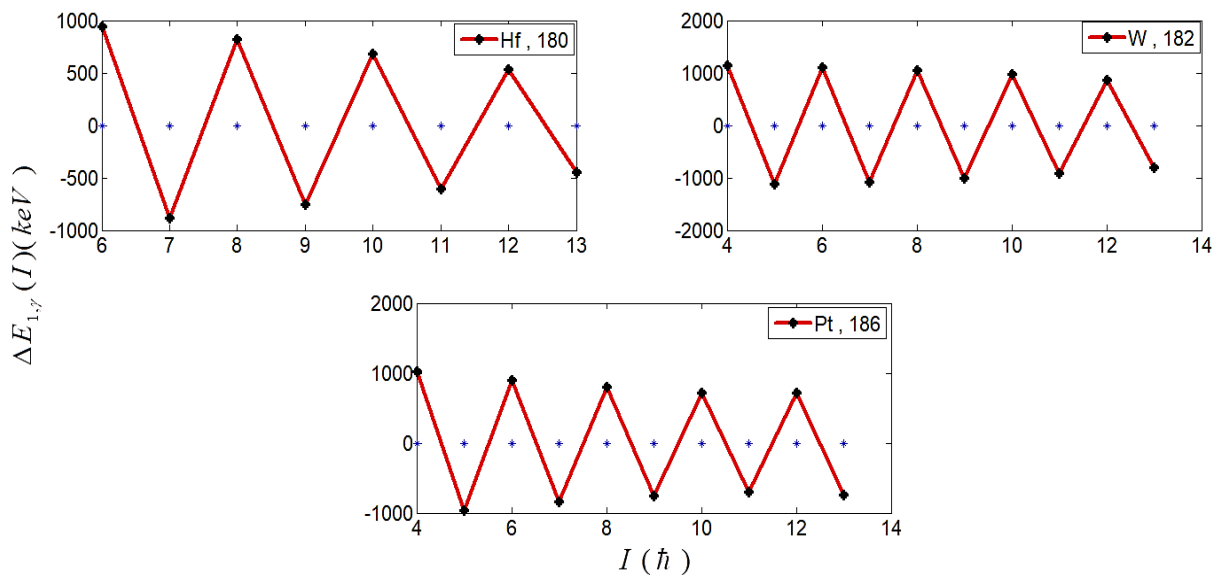


شكل 4: طاقة كما مقسومة على البرم  $E_{\gamma}/I$  دالة للبرم  $I$  للنوى موضوع البحث.

تقدم ظاهرة التآرجح  $\Delta E_{1,\gamma}(I)$  فروقات الطاقة بين حالات الطاقة في المستوي الارضي الموجب (GSB) وحالات الطاقة ذات التماثل السالب (NPB) معلومات مهمة عن احتمالية تغير خصائص النواة فعندما يصل التآرجح الى الصفر  $\Delta E_{1,\gamma} = 0$  ثم نموه مرة اخرى فهذا مؤشر الى حصول تغير في خصائص النوى وعند عدم حصول هذا التغير يعني  $\Delta E_{1,\gamma} \neq 0$  يدل على عدم التغير في خصائص النواة، وعند رسم العلاقة بين  $\Delta E_{1,\gamma}(I)$  كدالة لـ  $(I)$  للنوى  $^{180}Hf, ^{182}W, ^{186}Pt$  لم يصل التآرجح الى الصفر وهذا دليل الى عدم تغير الخصائص في هذه النوى كما في الشكل 5.

استخدمت الانموذجين (IBM-1) و (IVBM) لحساب حالات الطاقة في الحزمة الارضية (GSB) للنوى الازتونوية  $^{180}Hf, ^{182}W, ^{184}Os, ^{186}Pt$  وايضا تم استخدام انموذج (IVBM) لحساب حالات الطاقة في الحزمة (NPB)

لنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  فقط وذلك لعدم توافر قيم الطاقة لحالات التماثل السالب للنواة  $^{184}\text{Os}$ . تم تحديد قيم المعاملات الخاصة لكل نموذج وبعمل موثمة للقيم التجريبية مع المعادلات النظرية الخاصة لكل نموذج والجدول 2 يبين قيم تلك المعاملات حيث يظهر جليا المعاملات تخلص من العاملين  $K_3$  و  $\varepsilon$  في النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  مما يدل على عدم تأثرها بالخصائص الاهتزازية وكما الناعمة مع ملاحظة التقارب في قيم  $\beta, \gamma$  وهذا يؤكد الخصائص الدورانية لهذه النوى. ادخلت معاملات الموثمة للمعادلات الخاصة لكل نموذج لحساب حالات الطاقة للحزمة الارضية للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  حيث تم استخدام المعادلة (4) للتحديد الدوراني SU(3) للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$  بينما تم استخدام المعادلة العامة (5) للنواة Pt للتحديد O(6) وقورنت النتائج العملية مع النتائج التجريبية لكل نواة وكانت النتائج العملية متوافقة مع النتائج التجريبية الجداول (3,4,5,6) باستثناء بعض الحالات عند مستويات الطاقة الادنى كانت النتائج غير متوافقة عند  $I = 2,4,6$



شكل 5: تأرجح فروقات الطاقة بين حالات التهيج المختلفة للنوى موضوع البحث.

ولكن تتحسن النتائج عند الطاقات العليا للنوى مع توافق جيد للقيم لانموذج IVBM في النوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{Os}$

بدلا من IBM-1. بينما هناك توافق جيد بين القيم العملية والتجريبية في استخدام نموذج IBM-1 و IVBM في النواة Pt مع ملاحظة ان الحسابات العملية تطابقت تماما عند استخدام الانموذجين وذلك لوجود حدود متشابهة في المعادلات



المستخدمة، لحساب حالات الطاقة لحزمة التماثل السالب (NPB) استخدمت نموذج (IVBM) للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$  بعد ادخال معاملات الموائمة للمعادلات الخاصة بهذا الانموذج ووجدت المعاملات في الجدول 7 وقورنت النتائج العملية مع التجريبية وكان التوافق جيدا بين تلك القيم الجدول (9, 10, 11) باستثناء القيم الادنى للطاقة عند الحالات  $I = 3,5,7$ . مع ملاحظة ان قيم المعامل  $\beta$  في النواة  $Pt$  ابتعد كثيرا عن المعامل  $\gamma$  وهذا يؤكد الخصائص الانتقالية في هذه النواة بين التحديدات الثلاثة ولكنها تبقى قريبة من الخصائص كما الناعمة (6)O.

**جدول 2:** قيم معاملات المعادلات المستخدمة بوحدة  $keV$  في حساب مستويات الطاقة للحزمة الارضية

بالأنموذجين IBM-1 و IVBM للنوى موضوع البحث.

Isotones	IBM-1 Parameters					IVBM Parameters	
	$K_1$	$K_2$ $\times 10^{-2}$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$\beta$	$\gamma$
$^{180}\text{Hf}$		5.74	----	-----	14.01	13.83	17.43
$^{182}\text{W}$		10.18	-----	-----	14.33	12.89	26.96
$^{184}\text{Os}$		26.09	----	-----	14.78	12.19	48.90
$^{186}\text{Pt}$		----	-----	88.27	-15.91	6.15	110.347

**جدول 3:** قيم طاقة الحالات المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{180}\text{Hf}$ .

$I_1^\pi$		$2_1^+$	$4^+$	$6^+$	$8^+$	$10^+$	$12^+$	$14^+$	$16^+$
$E_{\text{exp}} (keV)$		93	308	640	1083	1630	2273	3004	3812
$E_{\text{cal.}}$ (keV)	IBM-1	133.9	330.1	638.4	1058.8	1591.4	22326	2992.8	3861.6
	IVBM	113.4	331.4	654.1	1081.4	1613.5	2250.2	2991.5	3837.5

جدول 4: قيم طاقة الحالات المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{182}W$ .

$I_1^\pi$		$2_1^+$	$4^+$	$6^+$	$8^+$	$10^+$	$12^+$	$14^+$	$16^+$
$E_{\text{exp}} (keV)$		100.1	329.4	680.4	1144.3	1712	2372.6	3112.9	3893.7
$E_{\text{cal.}}$ (keV)	IBM-1	162.8	365.5	678.9	1109	1653.8	2313.3	3087.6	3976.5
	IVBM	131.3	365.8	703.4	1144.2	1688.1	2335.3	3085.5	3939.9

جدول 5: قيم طاقة الحالات المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{184}Os$ .

$I_1^\pi$		$2_1^+$	$4^+$	$6^+$	$8^+$	$10^+$	$12^+$	$14^+$	$16^+$
$E_{\text{exp}} (keV)$		119.7	383.6	774.1	1274.7	1871.2	2547.6	3261.4	4046.5
$E_{\text{cal.}}$ (keV)	IBM-1	232.2	439.3	764.6	1208.2	1770.1	2450.3	3248.7	4165.5
	IVBM	171	439.5	805.6	1269.3	1830.6	2335.3	3085.5	3939

جدول 6: قيم طاقة الحالات المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{186}Pt$ .

$I_1^\pi$		$2_1^+$	$4^+$	$6^+$	$8^+$	$10^+$	$12^+$	$14^+$	$16^+$
$E_{\text{exp.}} (keV)$		191.5	490.5	877.5	1342.8	1858	2336.2	2825	3394.8
$E_{\text{cal.}}$ (keV)	IBM-1	257.6	564.4	920.4	1325.6	1780	2283.7	2836.5	3438.6
	IVBM	257.6	546.4	920.4	1325.6	1780	2283.7	2836.5	3438.6

جدول 7: قيم معاملات المعادلات المستخدمة بوحدة keV في حساب مستويات طاقة حالات التماثل السالب (NPB)

بالنموذج IVBM للنوى  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Pt}$

Isotones	IVBM Parameters	
	$\eta \times 10^{-3}$	$\mathfrak{I} \times 10^{-3}$
$^{180}\text{Hf}$	-82.4	1436.1
$^{182}\text{W}$	-33.6	1289.2
$^{186}\text{Pt}$	-22.6	1042.2

جدول 8: قيم طاقة حالات التماثل السالب NPB المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{180}\text{Hf}$ .

$I_1^\pi$	$5^-$	$7^-$	$9^-$	$11^-$	$13^-$	$15^-$	
$E_{\text{exp.}} (keV)$	1481	1763	2132	2586	3121	3732	
$E_{\text{cal.}} (keV)$	IVBM	1526.2	1755.9	2096.2	2547.1	3108.7	3780.9

جدول 9: قيم طاقة حالات التماثل السالب NPB المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{182}\text{W}$ .

$I_1^\pi$	$3^-$	$5^-$	$7^-$	$9^-$	$11^-$	$13^-$	$15^-$	
$(keV) E_{\text{exp.}}$	1373	1621	1993	2446	2980	3567	4197	
$E_{\text{cal.}} (keV)$	IVBM	1424.2	1643.1	1965.1	2390.4	2918.8	3550.4	4285.1

جدول 10: قيم طاقة حالات التماثل السالب NPB المختلفة التجريبية والمحسوبة للنواة  $^{186}\text{Pt}$ .

$I_1^\pi$	$3^-$	$5^-$	$7^-$	$9^-$	$11^-$	$13^-$	$15^-$
$E_{\text{exp.}} (keV)$	1407	1692	1952	2375	2788	3299	3877
$E_{\text{cal.}} (keV)$ IVBM	1380.2	1666	2001	2385.3	2818.8	3301.4	3833.3

## 5. الاستنتاجات :

توفرت معلومات اولية عن خصائص النوى الايزوتونية موضوع البحث من معرفة مواقع حالات التهيج الاولى وكذلك النسبة بين حالة التهيج الثانية الى الاولى. عدم ظهور الانحناء الخلفي في الايزوتونات  $Hf, W, Os$  مما يدل على عدم تغير خصائصها، بينما في  $Pt$  ظهرت الانحناء الخلفي وهذا دليل على تغير خصائصها، وباستخدام النسبة بين حالات التهيج المختلفة الى الحالات التي تسبقها  $r(I+2)/I$  تبين ان النوى الايزوتونية موضوع البحث لها خصائص دورانية باستثناء الايزوتون  $Pt$  لها خصائص انتقالية بين التحديدين الاهتزازي وكاما الناعمة. وللتأكد اكثر من خصائص النوى موضوع البحث ومن رسم المنحني E-GOS تبين لنا الايزوتونات  $Hf, W, Os$  لها خصائص دورانية. بينما في  $Pt$  تبين انها تقع بين التحديدين الدوراني وكاما الناعمة ولكن عند الحالة  $I = 10 \rightarrow 16$  تبين بان الايزوتون  $Pt$  تكون قريبة الى التحديد  $U(5)$  ولكنها تكون اقرب الى منحني كاما الناعمة  $O(6)$  اكثر من بقية التحديدات وبهذا نستطيع ان نقول ان  $Pt$  ينتمي الى التحديد  $O(6)$ . من التارجح يتبين لنا عدم تغير الخصائص في الايزوتونات موضوع البحث  $Hf, W, Pt$  مما يدل على ثبات خصائصها. اظهرت حسابات حالات الطاقة من استخدام نموذج IBM-1 ان هناك توافق جيد بين القيم العملية والتجريبية للنوى موضوع البحث. وكذلك تم استخدام نموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة IVBM لحساب مستويات الطاقة للحزمة ذات التماثل السالب NPB وكانت النتائج متوافقة بين القيم العملية والتجريبية للنوى في هذه الحزمة، حيث يتبين لنا ان هناك توافق تام بين الانموذجين في الحسابات وذلك لان عوامل الانموذجين يشتركان في تحديد خصائص النوى الدورانية والاهتزازية.

- [1] Kenneth S. Krane, "*Introductory Nuclear physics* ", 3<sup>rd</sup> Ed., John Wiley and Sons, 142-145 New York(1987).
- [2] Herman Feshbach and Francesco Iachello, "*The Interacting Boson Model*" Physics Letters B.45(1) 7 (1973).
- [3] Akito Arima and Francesco Iachello, "*Boson symmetries in vibrational nuclei*", Physics Letter B, 53(4), 309 (1974).
- [4] Carl Frierich Von Weizsacker, "*Zur Theorie der kernmassen*", Zeitschrift für Physik., 96(7) P.431 (1935).
- [5] Dmitri Ivanenko, "*The neutron hypothesis*", Nature, 129 (3265) 2 (1932).
- [6] Walter E. Meyerhof, "*Elements of Nuclear physics* " McGraw-Hill, Ed. Condon E.U University of Colorado, New York P.6-47 (1976).
- [7] Aage Bohr and Ben R. Mottelson, "*Collective and Individual –Particle Aspects of Nuclear Structure*", 1<sup>st</sup> Edition, Kobinhagin University, Denmark (1953).
- [8] Richard F. Casten and David D. Warner, "*Interacting Boson Approximation* ", Reviews of Modern Physics 60(2), 389-465 (1988).
- [9] Sven Aberg, "*An Investigation of Yrast Traps in some Prolate Hf Isotopes* ", Nuclear Physics A 306(1-2), 89-100 (1978).
- [10] Kosuke Numora, Takaharu Otuska, R. Rodriguez-Guzman, Luis. M. Robledo, Perdo Sarriguren, "*Collective Structural Evolution in Netron-Rich Yb, Hf ,W, Os and Pt isotopes*", Physical Review C.84 (5), 12 (2011).



- [11] Huda Hashem Kassim and Fadhil Ismail Sharrad, " *O(6) Symetry of even <sup>186-198</sup>Pt Isotopes under the Framework of IBM-1*", International Journal of Science and Research, 3(7),2189-2198( 2014).
- [12] Imad. M. Ahmed , Mushtaq Abed Al-Jubbori, "*The rotational–vibrational properties of <sup>178- 188</sup>Os isotopes* ", Indian Journal of Physics, 89 ,1085-1091(2015).
- [13] Huda Hashem Kassim, Amir A. Mohammed-Ali, Fadhil Ismail Sharrad, Imam Hossain and Khalid S. Jassim, " *Nuclear structure of Even<sup>178–182</sup>Hf Isotopes Under the Framework of Interacting Boson Model (IBM-1)* ", Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science 42(2) 993–999(2018).
- [14] Tareer, Saleem Hamza, "*Studding the structure nuclear for <sup>166-180</sup>Hf Even-Even Isotopes Using Interacting Boson Model (IBM-1)*" , MSc Thesis Submitted to science college, Babel University, Iraq (2006). (In Arabic)
- [15] Mushtaq Abed Al-Jubbori, Huda H. Kassim, Alyaa A. Abd-Aljbar, Hewa Y. Abdullah, Imam Hossain, Imad M. Ahmed and Fadhil I. Sharrad, "*Nuclear structure of the even–even rare-earth Er–Os nuclei for N=102*", Indian Journal of Physics, 94(3) 379 –390(2020).
- [16] Huben Ganev, Valdimir P.Garistor and A.I. Georgieva, "*Description of the Ground and octupole Bands In the symplectic Extension of the Interacting Vector Boson Model* ", Physics Review C. 69(1) 014305 (2004).
- [17] Ahmed Mohamed Ismail " *Thoretical studies of Nuclear shapes for some Lanthanide and Actinid isotopes*", PhD Thesis Submitted to Faculty of Science Al-Azhar University, Egypt (2012) .



- [18] Akito. Arima, and Francesco Iachello," *Bosons symmetries in Vibrational Nuclei* ", Physics Letter B. 53(4) 304 (1974).
- [19] Kris Heyde, Jolie Jan, Piet Van Isacker, Joel Moreau, and Michel Waroquier," *High-Spin states and the Boson Cut-off in Rotational Nuclei: Application to Even-Even Dy Nuclei* ", Physical Review 29(4)1428 (1984).
- [20] Bonatsos Dennis, " *Intracting Bosons Models of Nuclear Structure* ", Clarendon Press Oxford (1988).
- [21] Piet Van Isacker, "*The Interacting Boson Model*" , Nuclear Structure and Decay Data: Theory and Evaluation Workshop (2005).
- [22] Mushtaq Abed AL-Jubbori, " *Backbending Phenomenon In  $^{130-134}\text{Ce}$  Even-Even Cerium Isotopes*", Diyala Journal for Pure Sciences,10(2), 39-51(2014). (In Arabic)
- [23] A. Johnson, H. Ryde, and J. Sztarkier, " *Evidence for a Singularity in the Nuclear Rotational Bands Structure*", Physics Letter B., 43(7) 605 (1971).
- [24] Shaw Ming Wong, "*Introductory Nuclear physics*", prentice Hall International, London (1990).
- [25] Raymond A. Sorenson, "*Nuclear Moment of Inertia at High Spin*", Review of Modern Physics 45(3), 353 (1973).
- [26] Mushtaq Abed AL-Jibori, "*Computer New Simulation of the Interacting Boson Model (IBM-1) To Determine the Properties of  $^{120-126}\text{Xe}$  Even-Even Isotopes* ", MSc Thesis submitted to Education College, Mosul University, Iraq (2008). (In Arabic)



- [27] Hara Kenji and Sun Yang, " *Studies of High Spin States in Rare Earth Nuclei Using the Angular Momentum Projection Method* ", Nuclear Physics A, 520, 445-466 (1991).
- [28] Bengtsson Ranger and Stefan Frauendorf, " *Quasi-particle Spectra New Yrast Line* ", Nuclear Physics A .327(1), 139-171 (1974).
- [29] Ali M. Khalaf and Ahmed Mohamed Ismail, " *Structure Shape Evolution in Lanthanide and Actinide Nuclei* ", Progress in Physics, 2, 98 (2013).
- [30] Bonatsos Dennis and Leondiyas D. Skoures, " *Successive Energy Ratios in Medium and Heavy-Mass Nuclei as Indicators of Different Kinds of Collectivity* ", Physical Review C., 43(3), 952-956 (1991).
- [31] Imad Mamduh Ahmed and Waffa Mohamed Najeb, " *Characteristics of the yrast levels of even-even  $^{78-82}\text{Sr}$*  ", Mosul University, Journal of Education and Science, 23(2), 104-119 (2010). (In Arabic)
- [32] Paddy H. Regan, Carl Wheldon, Yamamoto A. Daisako, J. J Valiente-Dobon " *Vibrational and Rotational Sequences in  $^{101}\text{Mo}$  and  $^{103,4}\text{Ru}$  Studied via Multinucleon Transfer Reaction* ", Acta Physica Polonica B. 36(4)1318-1319 (2005).
- [33] Scholten Olaf, " *The Interacting Boson Model and Some Applications* ", PhD thesis university of Groningen, Nether lands (1980).
- [34] Paddy. H. Regan, Cornelius W. Beausang, V.N. Zamfir, Recharred F. Casten, Z. Jineye, Daisako A. Yamamoto, Mark. A. Caprio, Gulhan Gürdal, Adam A. Hecht, Christine B. Hatter, Reiner Krücken, ,S.D. Langdown, David A. Meyer, and J.J.Ressler, " *Signature for Vibrational to Rotational Evolution Along the Yrast Line* ", Physical Review Letter 90(15) 12502(1-4)(2003).





- 
- [35] Raymond K. Sheline, and P. C. Sood, " *Octupole Deformation at High Spin in the Ba-Sm Region* ", Physical Review C. 34(6) 2362-2364 (1986).
- [36] Bonatsos Dennis, Daskaloyannis Costas, S.B. Drenska, N. Karoussos, Nikolay Minkov, Peter P. Raychev, Rostislav P. Roussev, *of I=1 Staggering in Octupole Bands  $\Delta$  " Light Actinides: Beat Patterns"*, Physical Review C. 62(2) 024301 (2000).
- [37] Raya.M. Asherova, Dmitry V. Fursa, Ana Georgieva, Yu. F. Smirnov, " *Interacting vector boson model and other versions of interacting boson approximation* ", journal of physics G:Nuclear and particle physics, 19 (11), 1898(1993).
- [38] Elizabeth A. McCutchan, " *Nuclear data sheets for A=180* ", Physical Review C 94, 064304 (2016).
- [39] Balraj Singh, " *Nuclear data sheets for A=182* ", Nuclear Data Sheets 130, 21(2015).
- [40] Coral M. Baglin , " *Nuclear data sheets for A=184* " , Nuclear Data Sheets 111, 275(2010) .
- [41] Coral. M. Baglin , " *Nuclear data sheets for A=186* " , Nuclear Data Sheets 99, 1(2003).