



متوفرة على الموقع: <http://www.basra-sciencejournal.org>



ISSN -1817 -2695

تأثير التفاعلات ثلاثية التمحور في التركيب النووي لنظائر الأوزميوم $^{174-180}\text{Os}$

أشواق فيصل جعفر و فالح حسين خضير
قسم الفيزياء - كلية التربية - جامعة البصرة - البصرة - العراق
ashwaq_f_j@yahoo.com , falih1968@yahoo.com
الاستلام 2012-1-26، القبول 2012-4-22

الخلاصة

درست مستويات الطاقة لأنوية الأوزميوم $^{174-180}\text{Os}$ باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة. من اجل دراسة تأثير التفاعلات ثلاثية التمحور Triaxialty على الخواص النووية، أضيفت الحدود التكميلية والحد الذي يمثل تفاعلات رباعي القطب ثلاثية التمحور إلى هاملتوني النظام. حسبت احتمالية انتقال رباعي القطب الكهربائي لهذه النظائر. من مقارنة نتائج IBM-1 لمستويات الطاقة الواطنة قبل وبعد إضافة التفاعلات الثلاثية، ظهر تأثير حد تفاعل رباعي القطب ثلاثي التمحور $(0 \times 0 \times 0)$ على طيف الطاقة لنظائر الأوزميوم بشكل واضح. درست سطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم ^{180}Os - 174 وعرفنا شكل هذه الأنوية. قورنت النتائج المستحصلة مع القيم العملية المتوفرة ومن خلال التوافق الجيد تبين قدرة النموذج في وصف التركيب النووي لهذه الأنوية.
الكلمات المفتاحية: نظائر الأوزميوم، سطح طاقة الجهد، الحدود التكميلية، نموذج البوزونات المتفاعلة.

1. المقدمة

إن أزواج النيوكلونات خارج القشر المغلقة للأنوية الزوجية - الزوجية يمكن تمثيلها كبوزونات لها زخم زاوي وتمائل $J^\pi = 0^+$ (s-boson) و $J^\pi = 2^+$ (d-boson). إن وجود أعداد كبيرة من حالات الطاقة التي ظهرت بنموذج القشرة تُختزل حسب نموذج البوزونات المتفاعلة إلى حالتين للطاقة s-shell ($J=0$) و d-shell ($J=2$)، إذ إن الخواص النووية يمكن أن توصف بواسطة تفاعلات هاتين الحالتين [2]

الدراسات التي استخدمت نموذج البوزونات المتفاعلة (Interacting Boson Model) (IBM) هي إحدى أكثر الدراسات المتميزة في وصف التركيب النووي للأنوية الزوجية - الزوجية المتوسطة والثقيلة ذات الخصائص التجميعية والذي اقترحه كل من Iachello & Arima [1]. كما هو معروف في نموذج القشرة فإن نموذج البوزونات المتفاعلة يبدأ بعدد من الجسيمات التكافئية خارج القشرة الرئيسية المغلقة ويفترض إن تركيب المستويات التجميعية السفلى يتم وصفها بواسطة التفاعلات بين البوزونات، إذ

وجميعها يعاملها على أنها بوزونات.

إن نموذج البوزونات المتفاعلة بنسخته الأولى IBM-1 لا يميز بين البوزون البروتوني و البوزون النيوتروني

1.1 إنموذج البوزونات المتفاعلة

هاميلتوني النظام

مؤثرات الخلق والفناء $s, s^+, d_\mu, d_\mu^+, \tilde{d}_\mu$ للبوزون نوع s و d على التوالي $\mu = 0, \pm 1, \pm 2$ والتي تخضع للعلاقات التبادلية الآتية [1]:

$$\begin{aligned} [s, s^+] &= 1, [s, s] = 0, [s^+, s^+] = 0 \\ [\tilde{d}_\mu, d_{\mu'}^+] &= \delta_{\mu\mu'}, [\tilde{d}_\mu, \tilde{d}_{\mu'}] = 0, [d_{\mu'}^+, d_{\mu''}^+] = 0, \\ [s, d_{\mu'}^+] &= 0, [s^+, d_{\mu'}^+] = 0, [s, \tilde{d}_\mu] = 0, [s^+, d_{\mu'}] = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\tilde{d}_\mu = (-1)^\mu d_{-\mu}$$

ولقد وُجِدَ من المناسب كتابة الهاملتوني بدلالة الجسيم الواحد والجسيمين وتكون كافية في سبيل وصف خصائص المستويات التجميعية السفلى في الأنوية [4]:

$$\begin{aligned} H = E_0 + \varepsilon_s (s^+ \cdot \tilde{s}) + \varepsilon_d \sum_{\mu} d_{\mu}^+ \tilde{d}_{\mu} + \sum_{L=0,2,4} \frac{1}{2} (2L+1)^{1/2} C_L \left[(d^+ \times d^+)^{(L)} \times (\tilde{d} \times \tilde{d})^{(L)} \right]_0^{(0)} \\ + \frac{1}{\sqrt{2}} v_2 \left[(d^+ \times d^+)^{(2)} \times (\tilde{d} \times s)^{(2)} + (d^+ \times s^+)^{(2)} \times (\tilde{d} \times \tilde{d})^{(2)} \right]_0^{(0)} \\ + \frac{1}{2} v_0 \left[(d^+ \times d^+)^{(0)} \times (s \times s)^{(0)} + (s^+ \times s^+)^{(0)} \times (\tilde{d} \times \tilde{d})^{(0)} \right]_0^{(0)} \\ + u_2 \left[(d^+ \times s^+)^{(2)} \times (\tilde{d} \times s)^{(2)} \right]_0^{(0)} + \frac{1}{2} u_0 \left[(s^+ \times s^+)^{(0)} \times (s \times s)^{(0)} \right]_0^{(0)} \end{aligned} \quad (2)$$

القوسين () يعود للمستويات التي فيها $L=0, 2$ على التوالي [5].

من أجل حساب قيمة مستويات الطاقة لنواة مكونة من N من البوزونات. يمكن كتابة الدالة الموجية العامة التي تصف هذه المستويات بالشكل الآتي [1]:

$$\left| (s^{N-n_d})_0^{(0)} (d^{n_d})_M^{(L)}, LM \right\rangle$$

التوسيع المتعدد Multiple expansion إذ يشتمل هذا الهاملتوني على معاملات نقل أنواعا من تفاعل بوزون-بوزون ويأخذ الصورة الآتية [5, 6]:

$$\hat{H}_{sd} = E_d \hat{n}_d + a_0 \hat{P} \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T} \cdot \hat{T} + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \quad (3)$$

المعاملات $a_i (i = 0, \dots, 4)$ هي مركبات خطية للمعاملات الموجودة في المعادلة (2) والمؤثرات الموجودة بالمعادلة تمثل [5, 6]:

$$\hat{Q} = (d^+ \times s + s^+ \times \tilde{d})^2 + \chi (\tilde{d} \times d^+)^2$$

مؤثر رباعي القطب الكهربائي

إن هذا المؤثر يحتوي على تسع معاملات، اثنتان في حدود الجسيم الواحد $(\varepsilon_d, \varepsilon_s)$ وسبع معاملات بحدود الجسيمين

$$U_L (L = 0, 2), V_L (L = 0, 2), C_L (L = 0, 2, 4)$$

وإن الرمز العلوي (0) و(2) يعني إن المؤثر الذي يبين

حيث أن n_d عدد البوزونات نوع d و n_s عدد البوزونات نوع s .

هناك عدة طرق بديلة لكتابة المؤثر الهاملتوني H والطريقة المستخدمة غالبا (التي استخدمت بهذه الدراسة) هي طريقة

مؤثر تفاعل الازدواج بين البوزونات

$$\bar{P} = \frac{1}{2} [(\tilde{d} \cdot \tilde{d}) - (s \cdot s)]$$

مؤثر الزخم الزاوي للبوزون

$$\hat{L} = \sqrt{10} (d^+ \times \tilde{d})^{(1)}$$

مؤثر التفاعلات من الرتبة 2^l $l = 0, 1, 2, 3, 4$

$$\hat{T}_l = (d^+ \times \tilde{d})^{(l)}$$

مؤثر العدد الكلي للبوزونات نوع d-boson

$$\hat{n}_d = \sqrt{5} T_0$$

جميع أنواع البوزونات يمكن التعبير عنها رياضيا بمؤثرات الخلق والفاء وبصورة عامة [1]:

$$G_k^{(K)}(l, l') = [b_l^+ \times \tilde{b}_{l'}]_k^{(k)} = \sum_{\mu_1 \mu_2} \langle l \mu_1 l' \mu_2 | K k \rangle b_{l \mu_1} (-1)^{\mu_2} b_{l' - \mu_2} \quad (4)$$

مولداتها تكون مجاميع جزئية من المولدات (36) الأصلية

حيث أن $l, s = l', d = 0, 2$ ، والمقدار

وهذه المجاميع تتصف بخواص التناظر التي تملكها

$\langle l \mu_1 l' \mu_2 | K k \rangle$ يسمى معاملات كلينش كورن

الدوال الموجية [3]. من خلال المولدات أعلاه يمكن

Clebsch–Gordan Coefficient. المؤثرات

تصنيف ثلاث تناظرات ديناميكية وكالاتي [1]:

$G_k^{(K)}(l, l')$ تسمى مولدات المجموعة [1].

لتحديد مستويات الطاقة النظرية يتطلب اختزال المجموعة

$$U(6) \supset U(5) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2)$$

الرئيسية (U(6) إلى مجموعات جزئية Subgroup

$$U(6) \supset SU(3) \supset O(3) \supset O(2)$$

المجموعة الجزئية الأولى I (التحديد (U(5):

$$U(6) \supset O(6) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2)$$

المجموعة الجزئية الثانية II (التحديد (SU(3):

حيث ان (U_d(5) ، O_{sd}(6) ، SU_{sd}(3) تسمى بالتحديد الاهتزازي vibrational و التحديد الانتقالي γ - unstable ، والتحديد الدوراني rotational على التوالي [7].

المجموعة الجزئية الثالثة III (التحديد (O(6):

1.2 التفاعلات ثلاثية التمحور Triaxiality

المتفاعلة. إن إضافة التفاعلات التكعيبية إلى هاملتوني
إنموذج البوزونات المتفاعلة (معادلة 3) له تأثير بارز
على شكل النواة إذ أمكن من خلاله الحصول على نواة
تبدلي شكل ثلاثي التمحور مستقر Stable.
triaxial shape ويمكن التعبير عن الحدود التكعيبية
بالصيغة [10]:

من اجل إعطاء وصفا كاملا لبعض الخواص النووية
التي لم يتمكن هاملتوني الجسم الواحد والجسمين من
تفسيرها أضيفت تفاعلات البوزون الثلاثية [8]. إن أولى
الدراسات التي تناولت تفاعلات البوزون الثلاثية من نوع
d كانت من قبل Isacker & Chen [9] و قدموا فيها
طريقة بسيطة لاشتقاق التحديد الكلاسيكي Classical
limit للصيغة العامة لهاملتوني إنموذج البوزونات

$$d(l, k, L) = ((d^+ d^+)^l d^+)^{(L)} \cdot ((\tilde{d} \tilde{d})^k d)^L \quad (5)$$

وفقا لهذه المعادلة يكون لدينا خمس تشكيلات خطية نحصل عليها من قيم L حيث $L=0, 2, 3, 4, 6$ ، التحديد الكلاسيكي
لـ $d(l, k, L)$ يكتب كالاتي [10]:

$$\langle d(l, k, L) \rangle = N(N-1)(N-2) \frac{\beta^6}{(1+\beta^2)^3} (X_0 + X_1 \cos^2 3\gamma) \quad (6)$$

المعاملات X_0, X_1 ممكن أن نجدها من جداول خاصة [10].

وبالتالي يمكن كتابة المؤثر الهاملتوني بالصورة الآتية:

$$H_{sdC} = H_{sd} + \sum_L \theta_L [d^+ d^+ d^+]^{(L)} \cdot [d^- d^- d^-]^{(L)} \quad (7)$$

حيث H_{sd} هاملتوني إنموذج (IBM-1) المعرف بالمعادلة (3).

θ_L تمثل معاملات التفاعل لقيم L الممكنة ($L=0,2,3,4,6$).

فضلاً عن التفاعلات ثلاثية المحاور Triaxialty للوزون سوف يتم توسيع تفاعلات رباعي القطب ($Q \times Q$) إلى تفاعلات رباعي القطب ثلاثي المحاور ($Q \times Q \times Q$). وتم التعبير عن هذه التفاعلات بإضافة حد جديد للهاملتوني (3) ليصبح الهاملتوني الجديد بالصورة التالية [6]:

$$H_{sdCQ} = H_{sdC} + H_Q \quad (8)$$

H_Q هاملتوني تفاعلات رباعي القطب ثلاثية المحاور.

1.3 النتائج والمناقشة:

طيف الطاقة واختيار المعاملات :

إن قيمة L التي سيتم اعتمادها في هذا البحث ستكون $L=3$ وذلك لأنها القيمة الوحيدة من قيم L المذكورة أعلاه التي تعطي أشكال ثلاثية المحاور مستقرة بالنسبة لسطح طاقة الجهد. لذا فالمعامل الذي سيدخل للهاملتوني H_{sd} سيرمز له بـ θ_3 و V_3 . تم اختيار معاملات نظائر الأوزميوم لإنموذج IBM بالاعتماد على حل معادلات الطاقة التي تصف المستويات المثيعة الواطنة كذلك ومن خلال عملية موائمة مع النتائج العملية لمستويات الحزمة الأرضية وحزمة كاما.

أن دراسة مستويات الطاقة ذات التماثل الموجب لنظائر الأوزميوم $^{174-180}\text{Os}$ هي للحصول على مقدار كبير من المعلومات عن التركيب النووي لهذه النظائر باستخدام IBM-1، من خلال تطبيق هاملتوني الإنموذج على هذه الأنوية بعد اختيار قيم ملائمة لمعاملات الهاملتوني. وسيتم التركيز على مسألة التحديد الذي تنتمي إليه هذه النظائر من خلال حساب النسبة $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ ، وطاقة المستويات وقيم احتمالية انتقال رباعي القطب المختزلة وكذلك حساب سطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم المختارة.

الجدول (1) قيم المعاملات المستخدمة لنظائر الأوزميوم

A	N	E_d	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	Θ_3	V_3	χ
174	11	0.0000	0.0070	0.0100	-0.0180	0.0000	0.0000	0.0080	0.0010	-0.8000
176	12	0.0000	0.0030	0.0120	-0.0120	-0.0100	0.0000	0.0050	0.0010	-1.1000
178	13	0.0000	0.0000	0.0150	-0.0100	-0.0170	0.0000	0.0040	0.0006	-1.3220
180	14	0.0000	0.0000	0.0160	-0.0090	-0.0220	0.0000	0.0020	0.0005	-1.3220

الأرضية بعد تأثير التفاعلات الثلاثية يصل الى 0.18MeV وتوافق نتائج IBM CQ للمستويات مع النتائج العملية. نلاحظ عدم وجود تقارب لنتائج IBM CQ مع القيم العملية في حزمة بيتا. إنَّ الزيادة الحاصلة بطاقة مستويات حزمة كاما بعد إضافة الحد ود التكعيبية V_3 ساهمت في توافق نتائج IBM CQ مع ما متوفر من قيم عملية.

النظير ^{174}Os يمتلك هذا النظير 98 نيوتروناً و 76 بروتوناً، وبالتالي يقع هذا النظير في منطقة منتصف القشريتين $N=82$ و $N=126$. إنَّ نسبة $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ توحى بانتماء هذا النظير للتحديد $SU(3)$ إذ تساوي 3.009 ، 3.3294 ، 2.7427 لنتائج IBM ، IBM CQ والقيم العملية على الترتيب. و نلاحظ من الشكل (1) ارتفاعاً بقيم طاقة مستويات الحزمة

النظير ^{176}Os

العملية، المقارنة تشير إلى التوافق في نتائج IBM مع النتائج العملية. و يبين الشكل اختلافاً واضحاً بين النتائج النظرية في مستويات حزمة بيتا إذ يظهر التأثير الواضح للمعامل V_3 على هاملتوني IBM مع المحافظة على ترتيب المستويات لجميع النتائج.

المقارنة بين النتائج النظرية لطاقة مستويات حزمة كما تشير إلى الزيادة التدريجية بقيم الطاقة وهذه تساهم في التقارب الحاصل بين نتائج IBM و النتائج العملية لكافة مستويات الحزمة.

للمستوي 2_1^+ ويزداد هذا الفارق تدريجياً في الحزمة نفسها مقارنة مع ما يقابلها من قيم بالنسبة للنظير ^{176}Os وهذا يشير إلى التغيير في التركيب النووي لهذا النظير مقارنةً بباقي نظائر الأوزميوم قيد الدراسة. المستويات الواطئة للحزمة الأرضية تتوافق بشكل كبير مع نتائج IBM. وتماماً مع النظائر السابقة فإن توافق نتائج IBM مع النتائج العملية لمستويات حزمة بيتا يكون واضح مقارنة بنتائج IBM. نتائج IBM لمستويات حزمة كما تتفق بشكل ممتاز مع القيم العملية المتوفرة لهذا النظير.

هاملتوني النظير يكون ضئيل على مستويات الحزمة الأرضية بما يحسن النتائج لغاية 6_1^+ وهذا ما يشير له الشكل (4) في حين تأثيره واضح على مستويات حزمة بيتا الذي يحرف حسابات IBM بعيداً عن القيم العملية. أما طاقة مستويات حزمة كما لنتائج IBM تتوافق ويشكل ممتاز مع النتائج العملية.

إن نسبة الطاقة $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ لهذا النظير هي 3.353 , 3.3339 , 2.9274 ل IBM , IBM و القيم العملية على الترتيب، لذا فالنظير ينتمي للتحديد الدوراني.

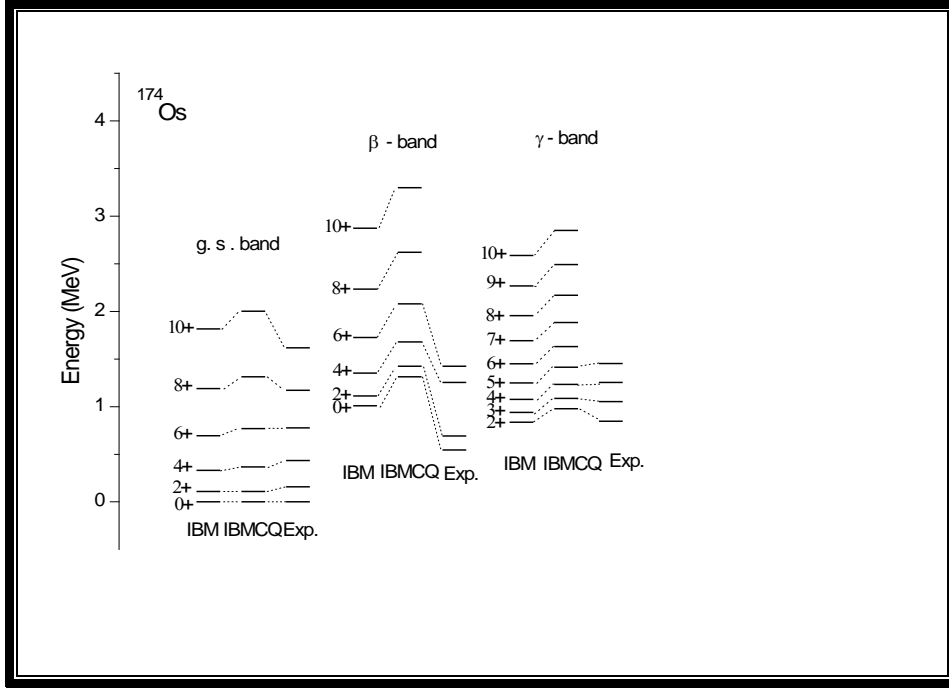
مستويات الحزمة الأرضية لنتائج IBM متناسقة ومقاربة مع القيم العملية لغاية 6_1^+ . هناك ارتفاع بقيم الطاقة يصل إلى 0.4749 MeV لرأس الحزمة 2_1^+ و 0.624 MeV للمستوي 10_1^+ . الشكل (2) يوضح مقارنة بين مستويات طاقة حزمة بيتا عند IBM , IBM و القيم

النظير ^{178}Os

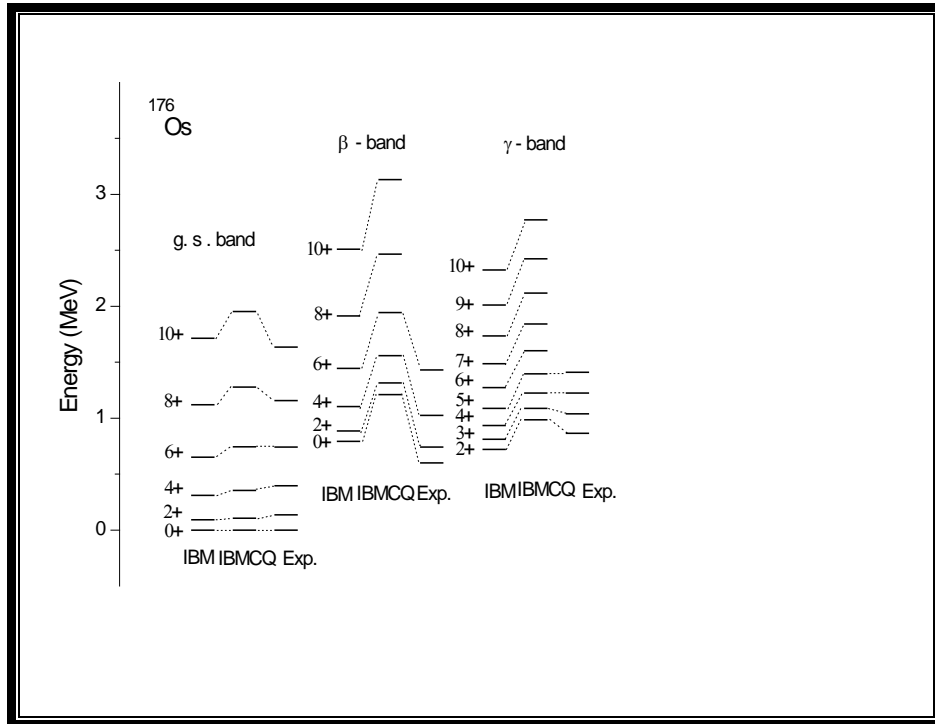
إن النسبة $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ لنتائج IBM , IBM و القيم العملية على التوالي تساوي 3.3362 , 3.335 , 3.018 وجميعها تؤدي إلى نتيجة واحدة وهي انتماؤه للتحديد $SU(3)$. وإن سلوك طاقة مستويات (الحزمة الأرضية فقط) لهذا النظير والموضحة بالشكل (3) لا تتلاءم مع سلوكها في النظيرين $^{174,176}\text{Os}$ التي تمتاز بانخفاض طاقة مستوياتها عند زيادة عدد النيوترونات لجميع الحزم بما فيها الحزمة الأرضية في حين تزداد طاقة مستوياتها لهذا النظير بحدود 0.011 MeV

النظير ^{180}Os

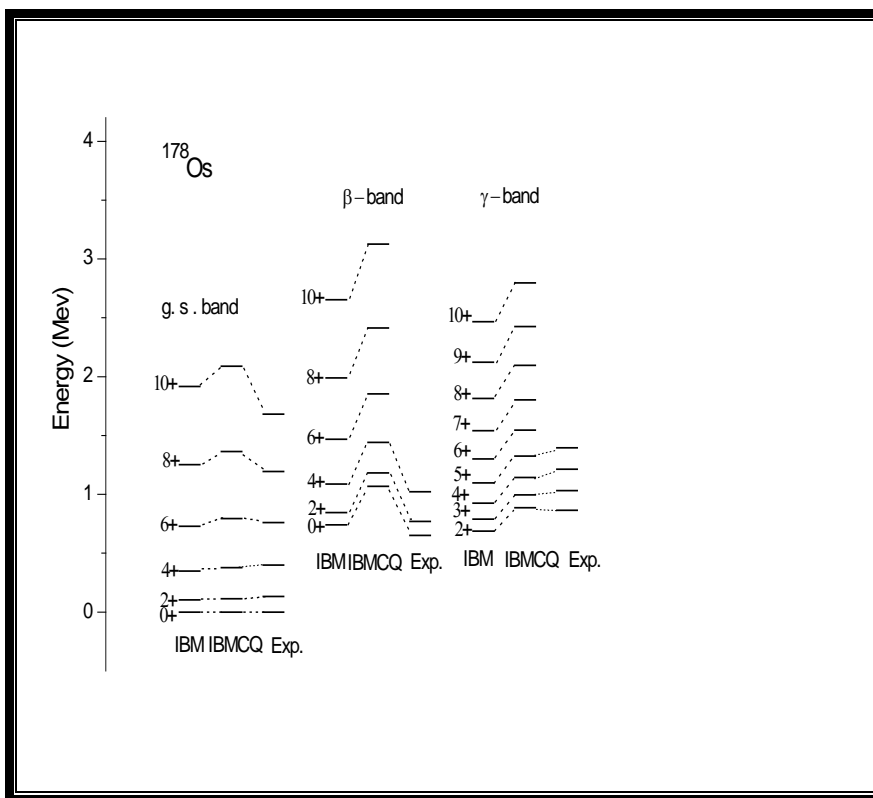
يملك هذا النظير 14 بوزوناً . إن نسبة $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ تساوي 3.3352 , 3.3362 , 3.0931 لنتائج IBM , IBM و القيم العملية بالترتيب وبالتالي يتبين أن هذه الأنوية ذات تركيب مشوه وهذه الميزة جاءت أيضاً بواسطة خصائصها النووية حيث عدد النيوترونات ($N=104$) يقع بالضبط بين القشريتين 82 و 126. إن تأثير العوامل المضافة θ_3 و V_3 إلى



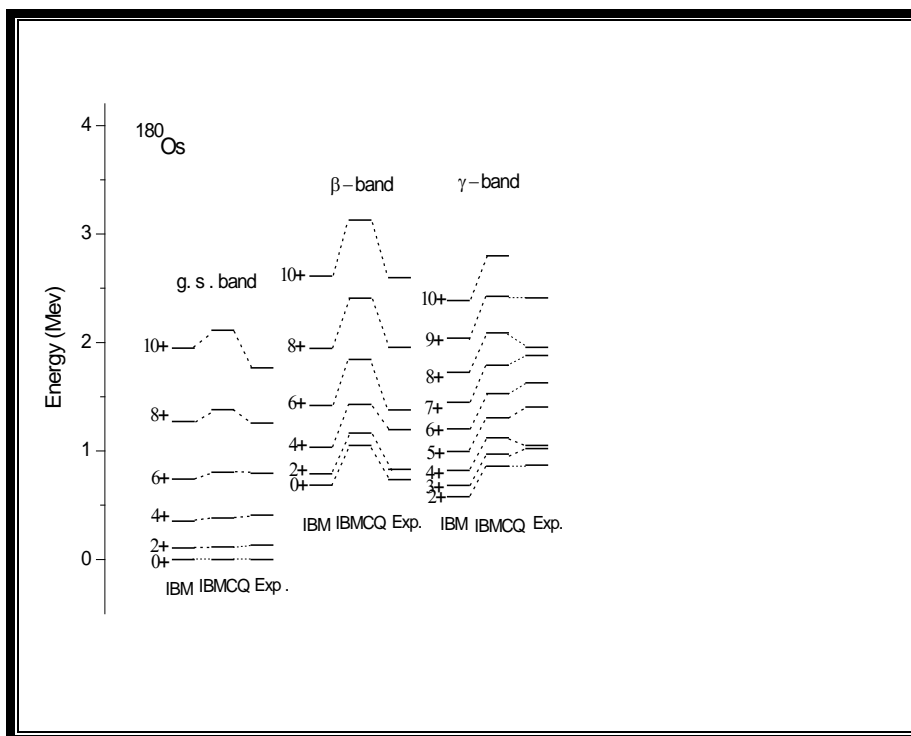
الشكل (1) مستويات الطاقة النظرية والعملية [12، 13] لنظير الأوزميوم ^{174}Os



الشكل (2) مستويات الطاقة النظرية والعملية [12، 13] لنظير الأوزميوم ^{176}Os



الشكل (3) مستويات الطاقة النظرية والعملية [12، 13] لنظير الأوزميوم ^{178}Os



الشكل (4) مستويات الطاقة النظرية والعملية [12، 13] لنظير الأوزميوم ^{180}Os

1.4 طاقة تهيج المستويات لنظائر الأوزميوم كدالة للزخم الزاوي الحزمة الأرضية

إلى هاملتوني النظام على مستويات الحزمة الأرضية للنظائر $^{174-180}\text{Os}$. ونلاحظ وجود تقارب بين النظائر الأربعة بمديات التغير بالطاقة. كما يوجد تقارب واضح بالمنحنيات التي تمثل النتائج النظرية والعملية.

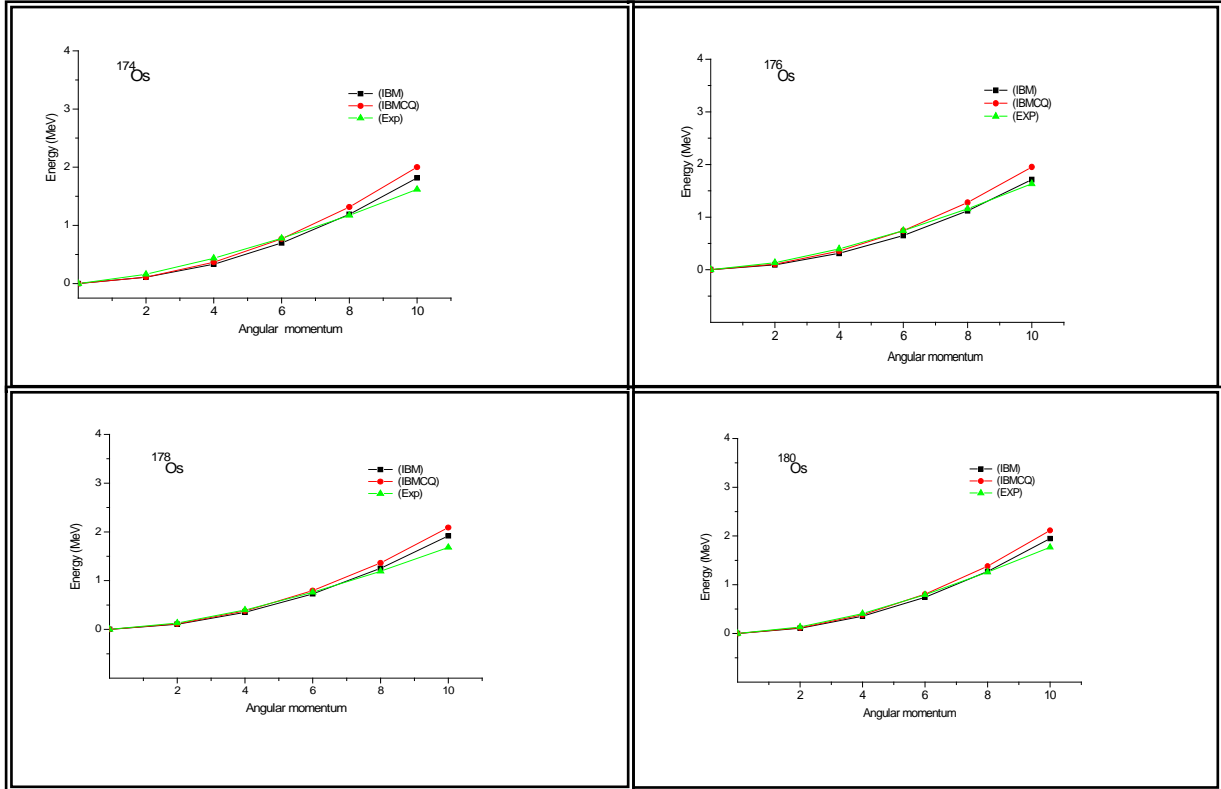
تأثير الحد V_3 متناسقة لكافة مستويات الحزمة. التأثير الأكبر لتفاعل رباعي القطب ثلاثي التمحول نجده عند النظير ^{176}Os .

^{180}Os (0.4106) للنظير نلاحظ التأثير الأكبر للحد V_3 و θ_3 على الحزمة ككل يكون في النظيرين $^{176,180}\text{Os}$. الشكل يشير إلى التقارب الكبير بين المنحنيات التي تمثل نتائج IBMQ والنتائج العملية ولجميع النظائر.

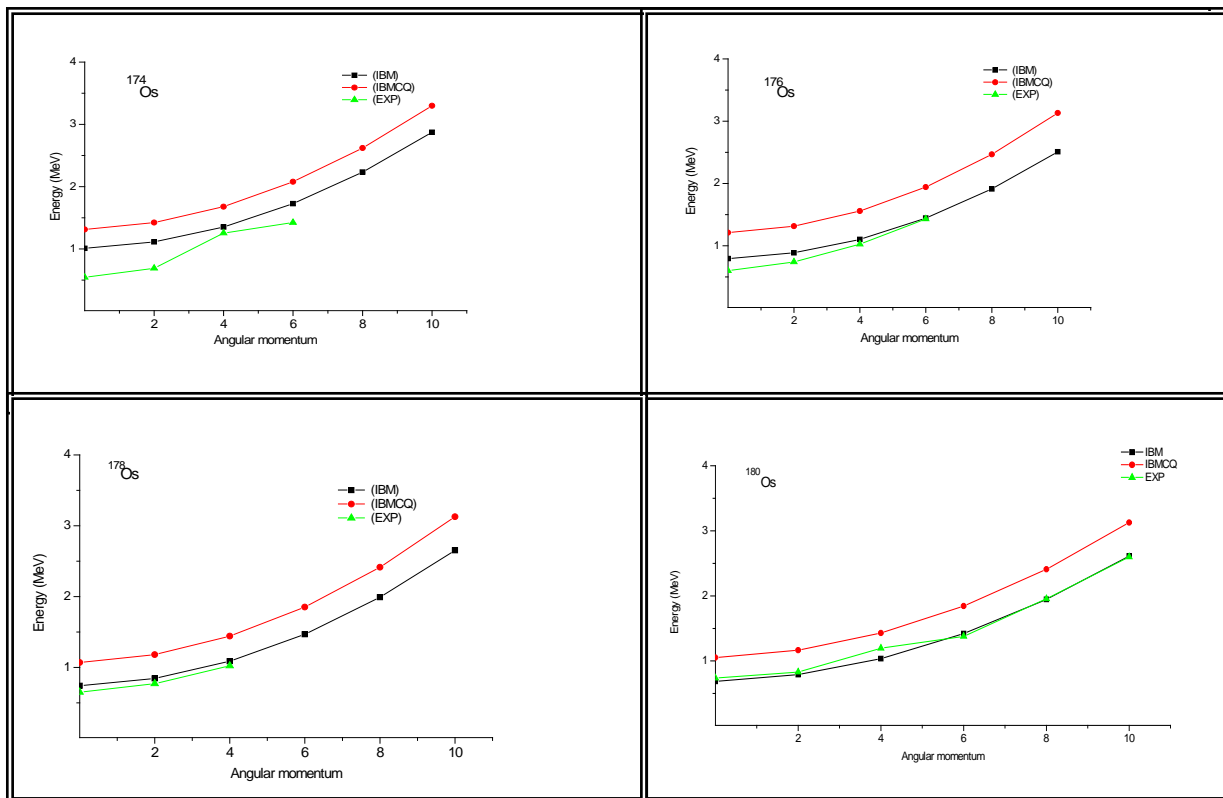
إن المعاملات V_3, θ_3 التي تظهر بالهاملتوني H_Q, H_{sdC} تم اختيارها بحيث تتناقص مع زيادة العدد الكتلي للنظائر. والشكل (5) يوضح طاقة مستويات الحزمة الأرضية دالة للزخم الزاوي لنتائج IBM و IBMQ والشكل يوضح أيضا تأثير الحدود المضافة حزمة بيتا

الشكل (6) يوضح طاقة تهيج المستويات للنتائج الثلاث لنظائر الأوزميوم المدروسة، كدالة للزخم الزاوي لمستويات حزمة بيتا، إذ إن هناك اتفاقاً تاماً في سلوك المستويات لجميع النظائر. الزيادة الحاصلة بالطاقة بسبب حزمة كاما

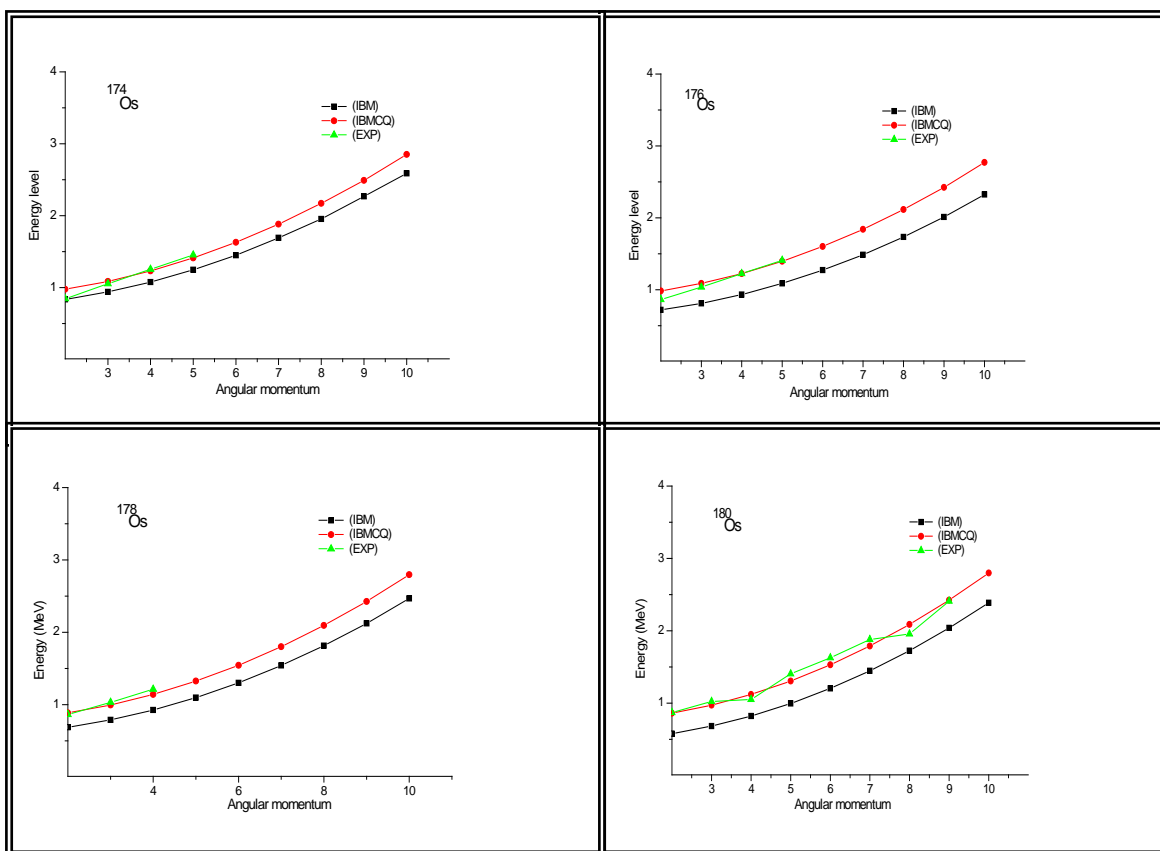
الشكل (7) يوضح طاقة مستويات حزمة كاما دالة للزخم الزاوي، إذ يمكن ملاحظة مدى التغير بالطاقة بين نتائج IBM و IBMQ يكون (0.2634—0.1415) للنظير ^{174}Os و (0.447—0.2653) للنظير ^{176}Os و (0.3289—0.1996) للنظير ^{178}Os و (0.2825—0.1415) للنظير ^{180}Os .



الشكل (5) القيم النظرية والعملية [13,12] لمستويات الطاقة للحزمة الأرضية دالة للزخم الزاوي لنظائر الأوزميوم.



الشكل (6) القيم النظرية والعملية [13,12] لمستويات الطاقة لحزمة بيتا دالة للزخم الزاوي لنظائر الأوزميوم.



الشكل (7) القيم النظرية والعملية [13, 12] لمستويات الطاقة لحزمة كاما دالة للزخم الزاوي النظائر الأوزميوم.

1.5 الانتقالات الكهرومغناطيسية

يمكن استخدام صيغة التكميم الثاني لكتابة معادلات الانتقال العامة التي تحتوي على مؤثرات الرفع والخفض [5]:

$$\hat{T}^l = \alpha_2 \delta_{l2} [d^+ \times s + s^+ \times d]_m^2 + \beta_l [d^+ \times d]_m^{(1)} + \gamma_0 \delta_{l0} \delta_{m0} [s^+ \times s] \quad (9)$$

حيث l قطبية الانتقال ، $\alpha_2, \beta_2, \gamma_0$ تمثل قوة التفاعلات التي تمثلها $\delta_{l2}, \delta_{l0}, \delta_{m0}$ هي دلتا كرونكر.

وبالتالي فإن الانتقالات رباعية القطب الكهربائية تكتب بالشكل التالي [5]:

$$\hat{T}_m^{E2} = \alpha_2 [d^+ \times s + s^+ \times \tilde{d}]_m^{(2)} + \beta_2 [d^+ \times \tilde{d}]_m^{(2)} \quad (10)$$

للحزمة الأرضية يزداد بزيادة J وبالتالي يوجد عدم انسجام في النتائج العملية مع ما هو معتاد عليه بالنسبة لهذه الانتقالات ويمكن أن نعزي سبب ذلك لعدم امتلاك هذه المستويات للخصائص التجميعية. أما في ما يخص النتائج النظرية فإن قيمة احتمالية الانتقال بين أعضاء الحزمة الأرضية $J \rightarrow J-2$ تزداد بزيادة J وهذا ينسجم مع تنبؤات النماذج النووية. كذلك نلاحظ قيمة الانتقال $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ لنتائج IBM CQ للنظير ^{180}Os أقل من الانتقال الذي يسبقه وهذا بسبب الظهور الواضح لظاهرة Backbending.

تم حساب احتمالية انتقال رباعي القطب الكهربائي بالاعتماد على المعادلة (10) وتم تحديد قيم المعاملات α_2, β_2 الخاصة بكل نظير من نظائر الأوزميوم. الجدول (2) يبين قيم احتمالية انتقال رباعي القطب الكهربائي المختزلة للنظائر $^{174-180}\text{Os}$.

إن أقوى الانتقالات الموضحة بالجدول للنظائر كافة، هي الحاصلة بين مستويات الحزمة الواحدة وخاصة العليا منها وهي ميزة التحديد $SU(3)$. النتائج العملية المتوفرة للنظير ^{180}Os تشير إلى أن أقوى الانتقالات يكون، $4_1^+ \rightarrow 2_1^+$ وكما هو معروف إن الانتقال $J \rightarrow J-2$

الجدول (2) قيم احتمالية الانتقال المختزلة النظرية والعملية [12، 13] للنظائر $^{174,176}\text{Os}$ بوحدات e^2b^2 .

$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	^{174}Os		^{176}Os	
	Exp.	IBM CQ	Exp.	IBM CQ
$2_1 \rightarrow 0_1$		1.1497		0.9696
$4_1 \rightarrow 2_1$		1.6157		1.3616
$6_1 \rightarrow 4_1$		1.7263		1.4531
$8_1 \rightarrow 6_1$		1.7257		1.4510
$10_1 \rightarrow 8_1$		1.6618		1.1265
$2_2 \rightarrow 0_2$		0.0199		0.0100
$2_2 \rightarrow 2_1$		0.2602		0.1612
$2_3 \rightarrow 2_1$		0.0150		0.0204
$2_3 \rightarrow 2_2$		0.0233		0.0136
$4_2 \rightarrow 2_2$		0.6021		0.4899
$0_2 \rightarrow 2_1$		0.0819		0.0819
$3_1 \rightarrow 2_1$		0.2690		0.1787
$3_1 \rightarrow 4_1$		0.1591		0.0925
$5_1 \rightarrow 3_1$		0.9441		0.7710
$5_1 \rightarrow 4_1$		0.1983		0.1412
$5_1 \rightarrow 4_2$		0.8178		0.7241
$6_1 \rightarrow 4_2$		0.0353		0.0186

الجدول (3) قيم احتمالية الانتقال المختزلة النظرية والعملية [12، 13] للنظائر $^{178,180}\text{Os}$ بوحدات e^2b^2 .

$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	^{178}Os		^{180}Os	
	Exp.	IBM CQ	Exp.	IBM CQ
$2_1 \rightarrow 0_1$	0.8265(654)	0.8291	0.7242(1810)	0.7659
		0.8291	1.1648(15088)	1.0780
$6_1 \rightarrow 4_1$		1.1649	0.9656(2414)	1.1551
$8_1 \rightarrow 6_1$		1.2444	0.3802(784)	1.1604
$10_1 \rightarrow 8_1$		1.2444		1.1265
$2_2 \rightarrow 0_2$		1.2002		0.0119
$2_2 \rightarrow 2_1$		0.0102		0.0716
$2_3 \rightarrow 2_1$		0.1218		0.0180
$2_3 \rightarrow 2_2$		0.0257		0.0182
$4_2 \rightarrow 2_2$		0.0151		0.3742
$0_2 \rightarrow 2_1$		0.4080		0.0703
$3_1 \rightarrow 2_1$		0.1014		0.0854
$3_1 \rightarrow 4_1$		0.0329		0.0378
$5_1 \rightarrow 3_1$		0.0669		0.5920
$5_1 \rightarrow 4_1$		0.6437		0.0721
$5_1 \rightarrow 4_2$		0.1154		0.5847
$6_1 \rightarrow 4_2$		0.6248		0.0064

1.6 حساب سطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم

أن معادلة سطح طاقة الجهد potential energy Surface المعتمدة على β, γ التي تتبع الهاملتوني الموضح بالمعادلة (7) تكون [11]:

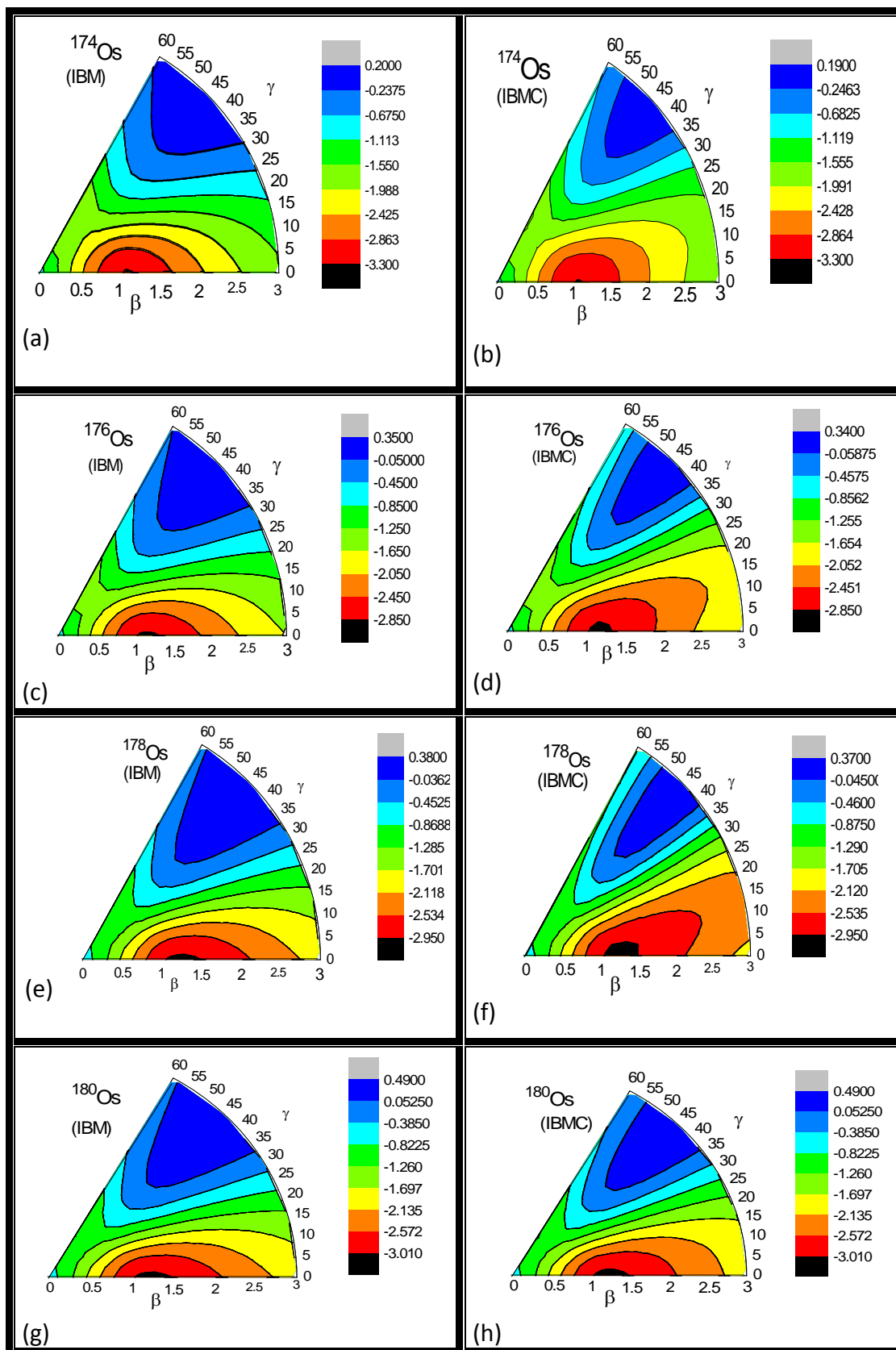
$$E(\beta, \gamma) = \epsilon_d \frac{N\beta^2}{1+\beta^2} + \kappa \left[\frac{N}{1+\beta^2} (5 + \frac{11}{4}\beta^2) + \frac{N(N-1)}{(1+\beta^2)^2} \left[\frac{\beta^4}{2} + 2\sqrt{2}\beta^3 \cos 3\gamma + 4\beta^2 \right] \right] + \kappa' \frac{6N\beta^2}{1+\beta^2} + \kappa'' \frac{N(N-1)}{4} \left[\frac{1-\beta^2}{1+\beta^2} \right]^2 + q_3 N \frac{7}{5} \frac{\beta^2}{1+\beta^2} + q_4 \left[N \frac{9}{5} \frac{\beta^2}{1+\beta^2} + N(N-1) \frac{18}{35} \frac{\beta}{1+\beta} \right] + \theta_3 N(N-1)(N-2) \frac{1}{7} \frac{\beta^6}{(1+\beta^2)^5} (-1 + \cos^2 3\gamma). \quad (11)$$

يوضح الشكل الكنتوري لسطح طاقة الجهد للنظير ^{174}Os . إذ نلاحظ أن أدنى قيمة للجهد تساوي MeV 3.3- وتكاد لا تظهر بالشكل وتقابل $\gamma = 0^\circ$ والمنطقة $1.2 \leq \beta \leq 1$ ثم تزداد قيمة طاقة الجهد عند المناطق الكنتورية التي تليها بالتدرج لتصل إلى أعلى قيمة لها عند أخر منطقة وتساوي عندها طاقة الجهد 0.2 MeV والتي تقابل $\beta=3$ و $30^\circ \leq \gamma \leq 60^\circ$. وعند مقارنة هذا الشكل مع الشكل (8b) الذي تم رسمه بعد الأخذ

حيث N العدد الكلي للبوزونات، β عامل تشوه سطح طاقة الجهد، γ عامل زاوية التشوه. الشكل (8) يوضح الرسم الكنتوري لسطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم $^{174-180}\text{Os}$. بعد اختزال المعادلة (11) قمنا بحساب سطح طاقة الجهد لهذه النظائر، و باستخدام المعاملات الخاصة بنظائر الأوزميوم التي اخترناها لهذه الدراسة حصلنا على قيم طاقة الجهد كدالة لمعاملات التشوه β, γ . الشكل (8a)

، وأعلى طاقة جهد له تكون عند $\beta = 3$ و $30^\circ < \gamma < 60^\circ$ وتساوي 0.38 MeV. الشكل (8f) يشير إلى التشوه الحاصل بسطح طاقة الجهد بعد إضافة الحدود التكعيبية لهذا النظير ونلاحظ تشابه المنطقتين $\beta < 0.2$ ، $0^\circ \leq \gamma \leq 60^\circ$ و $\beta = 3$ و $55^\circ \leq \gamma < 60^\circ$ بقيمة سطح طاقة الجهد. يوضح الشكل (8g) المناطق الكنتورية التي تمثل قيم طاقة الجهد للنظير ^{180}Os ، إنَّ أوطى طاقة جهد تساوي 3.01 MeV- وتقع عند $\gamma = 0^\circ$ و $1 \leq \beta \leq 1.5$ ، وأعلى قيمة لها تساوي 0.49 MeV وتقع عند $\beta = 3$ و $30^\circ < \gamma < 60^\circ$. وعند الأخذ بالاعتبار التفاعلات الثلاثية نلاحظ حصول تشوهات واضحة بسطح طاقة الجهد لهذا النظير وهذا يشير له الشكل (h8).

بالاعتبار الحدود التكعيبية، نلاحظ بدء ظهور منطقة أدنى قيمة للجهد بشكل واضح. الشكل (8c) يوضح الخطوط الكنتورية لسطح طاقة الجهد للنظير ^{176}Os ونلاحظ في هذا النظير، منطقة أدنى قيمة للجهد تبدأ بالظهور والتي تقابل طاقة جهد تساوي -2.85 MeV والمقابلة لـ $\gamma = 0^\circ$ وتتسع مقارنة بالنظير السابق. إن أعلى قيمة طاقة جهد لهذا النظير تساوي 0.35 MeV وتقابل $\beta = 3$ و $30^\circ \leq \gamma \leq 60^\circ$. وعند الانتقال إلى الشكل (8d) نلاحظ التغير الواضح بشكل سطح طاقة الجهد بعد إضافة الحدود التكعيبية لمعادلة طاقة الجهد (التحديد الكلاسيكي) للنظير ^{176}Os . الشكل (8e) يوضح المناطق الكنتورية التي تمثل قيم سطح طاقة الجهد للنظير ^{178}Os . أوطى طاقة جهد تكون عند $\gamma = 0^\circ$ وتقع في المنطقة $1 \leq \beta \leq 1.5$ وتساوي -2.95 MeV



الشكل (8) سطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم قبل وبعد إضافة الحدود التكعيبة (رسم كنتور).

الاستنتاجات

SU(3) وعند دراسة وتحليل طاقة تهيج المستويات لنظائر الأوزميوم كدالة للزخم الزاوي، وبعد إدخال التفاعلات الثلاثية تبين لنا أن جميع مستويات الحزمة الأرضية لجميع النظائر تتشابه في تأثرها بإضافة الحدود التكعيبية بما فيها الحد الذي يمثل تفاعل رباعي القطب ثلاثي التمحور.

من خلال دراستنا لمستويات الطاقة والانتقالات رباعية القطب وسطح طاقة الجهد لنظائر الأوزميوم¹⁷⁴⁻¹⁸⁰Os تبين لنا تطابق نتائج إنموذج IBM و IBMQ في إيجاد التحديد الذي تنتمي له نظائر الأوزميوم والتي أثبتت انتماء جميع هذه النظائر للتحديد الدوراني SU(3). إن أقوى الانتقالات لرباعي القطب الكهربائي في لكافة النظائر، هي الحاصلة بين مستويات الحزمة الواحدة وخاصة العليا منها وهي ميزة التحديد

المصادر

[1] B. R. Barrett, Lecture notes in physics, Vol. 180, 407 (1983).

[2] H. M. Mittal and Vidya Devi, Armenian J. of Phys. Vol. 2, 146 (2009).

[3] A. Arima and F. Iachello, Annl. Phys. 99, 253 (1976).

[4] F. Iachello, Center for Theoretical Physics, Sloane Laboratory, CT 065220-8120, 141 (2001).

[5] F. Iachello and A. Arima, "The interacting boson model", Cambridge, Cambridge university press, (1987).

[6] F. H. Al-Khudair, J. Basrah Researches, Vol. 24, No. 3, 79 (2000).

[7] R. F. Casten and D. D. Warner, Rev. Mod. Phys. Vol. 60, No. 2, 389 (1988).

[8] J. Proskurins, A. Andrejevs, T. Krasta, L. Neiburgs and J. Tambergs, Bulletin of

the Russian academy of sciences: Phys. Vol. 71, No. 6, 894 (2007).

[9] P. V. Isacker and Jin-Quan Chen, Phys. Rev. C24, 684 (1981).

[10] K. Heyde, Algebraic approaches in Nuclear Structure, Chpt. 6 (1993).

[11] J. N. Ginocchio and M. W. Kirson, Phys. Rev. Lett. Vol. 44, 1744 (1980).

[12] National Nuclear Data Center <http://www.nndc.bnl.gov>.

[13] R. B. Firestone " Table of isotopes " ed. V. S. shirley (1998).