

Energy Levels and Transitions Probability B(E2) of Even–Even $^{170, 172, 174}\text{Os}$ Isotopes Using IBM-1 and SEF

F. M. Ali ^{(1)*} , M. A. Al-Jubbori ⁽²⁾ , A. A. Elbndaq ⁽³⁾

^(1,2)Department of Physics, Collage of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq

⁽³⁾ Department of Physics, Faculty of Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya

Article information

Article history:

Received June 16, 2023

Revised: July 04, 2023

Accepted July 10, 2023

Available online December 01, 2023

Keywords:

IBM-1 model

SEF

Ground State

BE2

Correspondence:

Fatima M. Ali

fatima.20esp32@student.uomosul.edu.iq

Abstract

In this paper, the energy levels of the ground state band (GSB), β -band and γ -bands for $^{170-174}\text{Os}$ isotopes were calculated using the Interacting Boson Model (IBM-1), the Semi-Empirical Formula (SEF) by Al-Jubbori. All models were developed by IBM. In order to complete this study, the above-mentioned models and equations were applied. The results of the Ground State Band, showed that IBM-1, Semi-Empirical Formula, and the available experimental data are all in agreement with certain variations this was shown by the results of the GSB. The Semi-Empirical Formula calculations have a higher level of compatibility with the experimental data when compared to the IBM-1 calculations. According to the findings of this research, the SEF equation is capable of describing the energy spectra of Os isotopes in comparison to IBM-1. The electric quadrupole transition probabilities B(E2) transitions which obtained through IBM-1 for the above isotopes were calculated and found to be in agreement with the available experimental data. On the other hand, Isotopes of Os exhibit behavior that is consistent with a gamma soft O(6) transition.

DOI: [10.33899/edusj.2023.140987.1374](https://doi.org/10.33899/edusj.2023.140987.1374), ©Authors, 2023, College of Education for Pure Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. المقدمة

تتركز دراسة الفيزياء النووية حول نقطتين أساسيتين هما : فهم خواص القوى التي تربط اجزاء النواة مع بعضها، ومحاولة فهم سلوك النيكليونات داخل النواة ، ان هاتين النقطتين مرتبطتان ببعضهما البعض. [1]

اكتشفت نواة الذرة (عام 1911) من قبل العالم رذرفورد، في عام (1920) اقترح تسمية البروتون على الجسم ذي الشحنة الموجبة (Z)، وافترض وجود جسيم اخر داخل النواة ، له نفس الكتلة تقريبا، لكنه غير مشحون سماه نيوترون (N) (متعادل الشحنة)، تم التأكد من وجود هذه الجسيم (نيوترون) من قبل العالم جادويك عام (1932) مما أدى هذا الاكتشاف الى ان التركيب النووي اصبح اكثر وضوحا وادى ذلك الى ظهور فرضية هايزنبرك تنص على ان النوى تتكون من البروتونات والنيوترونات ويرمز لعدد النيوترونات في النواة بالرمز (N).

استخدمت النيوترونات كطريقة جديدة لدراسة التركيب النووي مما يؤدي الى اكتشاف عناصر مشعة جديدة ، بواسطة الاشعاع النيوتروني عام (1934) ، وانشطار ذرات اليورانيوم بواسطة النيوترونات عام (1938). مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة يسمى عدد الكتلي (A) حيث (A=N+Z) [1] ، ويطلق على البروتونات والنيوترونات بالنكليونات ، وترتبط النكليونات داخل النواة مع بعضها بالقوى النووية القوية ، تعمل على عدم تفككها ، وذلك بسبب وجود قوة كولوم التنافرية بين بروتوناتها (Kraane, 1987) [2]. تسمى النوى التي لها نفس العدد الذري ، ولكن عدد الكتلي مختلف من خلال اختلاف النيوترونات بالنظائر [1]. نظائر الاموزميوم Os تحتوي 76 بروتوناً وعدد النيوترونات يعتمد على النظير [3] .

النوى التي تكون فيها عدد بروتوناتها زوجية وكذلك عدد نيوتروناتها تعرف بالنوى الزوجية – الزوجية ، والنوى الزوجية – الزوجية تكون اكثر استقرارا ووفرة في الطبيعة كون تكون القشرة الخارجية لها مملوءة او شبه مملوءة، قد تكون النواة زوجية – فردية ، او فردية – فردية ، او فردية – زوجية [4]، في النوى الزوجية – الزوجية تكون لها حالات إثارة باعداد زوجية وتماثل موجب $I^{\pi} = 0^{+}$ ، 2^{+} ، 4^{+} ، (.....) ، ويطلق على هذه الحالات بالحزمة الارضية (GSB) ، تتواجد حالات اخرى مشابهة للحالة الارضية ($I^{\pi} = 0^{+}$ ، 2^{+} ، 4^{+} ،) ، تسمى حزمة بيتا الاهتزازية (β) ، ($I^{\pi} = 0^{+}$ ، 1^{+} ، 2^{+} ، 3^{+} ،) وايضا تتواجد حزمة اخرى تسمى حزمة كاما الاهتزازية (γ) [5, 6, 7]. وفي غياب المعلومات المفصلة حول القوة النووية فان وصف طبيعة وتركيب النواة يبقى في اطار النماذج التي تحاول تفسير الظواهر التي لوحظت في النوى، لا توجد نماذج دقيقة وشاملة لوصف التركيب النووي والقوة النووية، هناك العديد من النماذج المثالية لدراسة

التركيب النووي وتفسير الخواص النووية من هذه النماذج منها نموذج قطرة السائل اقترحه بور عام (1937) لتفسير بعض الظواهر الفيزيائية النووية كالانبعاث النووي، والانشطار النووي، واشتقاق معادلة طاقة الربط النووية إلا أن هذا النموذج لا يصف حركة النيوكليونات داخل النواة ولا كيفية تفاعلها مع بعضها، لقد طور هذا النموذج من قبل (Weizsacker) عام (1953) [8].

أما نموذج الاغلفة (القشرة) المقترح من قبل Elsasier عام (1935) فإنه يعتبر التفاعل بين النيوكليونات تفاعلاً ضعيفاً، لهذا يسمى أحياناً بنموذج الجسيمة المستقلة ويربط استقرار النواة الكبيرة بعدد النيوكليونات تكون مساوية إلى أعداد تسمى أعداد سحرية (2, 8, 20, 28, 50, 82, 126)، أما الباحثان [Bohr & Motteson] [9] اقترحوا الانموذج الجماعي الذي يعتمد على حركة مجموعة النيوكليونات، حسب هذا النموذج تصنف حركة النوى إلى قسمين إما اهتزازية أو دورانية، أو تكون النواة ذات خصائص انتقالية. انموذج البوزونات المتفاعلة (IBM) الذي اقترح من قبل (Arima and Iachello)، 1974 [10]، يعتبر من انجح النماذج لدراسة التركيب النووي وتحديد مستويات الطاقة للنوى الزوجية - الزوجية، ويعالج الخصائص الجماعية للنوى الزوجية - الزوجية المتوسطة والثقيلة، وذلك باعتبار أن هناك نوعين من البوزونات بوزونات s ذات زخم زاوي (L=0)، وبوزونات d ذات زخم زاوي (L=2)، أن أزواج البوزونات التكافؤية والتي يرمز لها بالرمز (N_π) تحسب من اقرب غلاف مملوء، إذا كانت القشرة مملئة أكثر من النصف فإن عدد أزواج الفجوات سيمثل عدد البوزونات وتعامل النواة كنظام لعدد من البوزونات مساوي N=N_π+N_ν، تم تصنيف النوى في هذا الانموذج الاهتزازية U(5)، الدورانية SU(3)، وكما ناعمة O(6) [11]، [12]، [13]. حيث أن نموذج البوزونات المتفاعلة (IBM) ليست له قابلية على التعامل مع بوزونات الزوج (بروتون - نيوترون)، لذا فإن هذه الانموذج يصف المستويات النووية ذات التمثيل الموجب فقط. هنالك إصدارات أخرى من انموذج البوزونات المتفاعلة كإنموذج IBM-4 وإنموذج IBM-4 إلا أنه لكل انموذج شروطه وهذان الانموذجين لا ينطبقان على النوى قيد الدراسة في هذا البحث. يوجد نوع آخر من انموذج البوزونات الاتجاهية المتفاعلة (IVBM) قدمه الباحثون Georgeiva et al عام (1982) [14] الذي يعتمد بدوره على نوعين من البوزونات يسمى ببوزونات (n+p)، هذان النوعان من البوزونات يحدد شكل اثاره الجماعية للنواة.

في عام (2000) قامت Kader و Nahla وبايجاد معالم التحول الداخلي واحتمالية بعض الانتقالات رباعية القطب الكهربائية المختزلة E(2) b للنظيرين ¹⁸⁰Os و ¹⁸⁴Os. درس Ahmed في عام (2000) مستويات الطاقة واحتمالية الانتقالات رباعي القطب الكهربائي المختزلة B(E2) للنظير ¹⁸⁸Os باستخدام انموذج IBM_1 ومقارنتها من النتائج العملية المتوفرة. درس الجبوري وممدوح في عام (2015) نظائر ¹⁸⁸⁻¹⁷⁸Os باستخدام انموذج Bohr Motteison وانموذج البوزون المتجه المتفاعل وعلاقة دوما الجندي لتحديد تطور الحالة الأرضية، وتحديد γ band لنظائر ¹⁸⁸⁻¹⁷⁸Os وحالات β band لنظائر ¹⁸⁴⁻¹⁷⁸Os، يتم تحديد معالم افضل ملائمة للبيانات المقاسة. إن الهدف من هذا البحث هو حساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية وحزمة بيتا وكما إضافة إلى الانتقالات الكهربائية رباعية القطب.

2. الجانب النظري

2_1_2 انموذج البوزونات المتفاعلة :

وضع انموذج البوزونات المتفاعلة IBM_1 لدراسة طيف النوى الزوجية - الزوجية، كل زوج من نكليونات التكافؤ يعد بوزونا، وبقية النكليونات تشكل القلب الهامد للنواة تنقسم هذه النكليونات إلى جزأين، جزء بوزونات s له زخم زاوي L=0، والآخر بوزون d بزخم زاوي L=2، هذه البوزونات تتفاعل مع بعضها بطرق مختلفة ويعطى هاملتون بالعلاقة التالية [15] :

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^n \epsilon_i + \sum_{i<j}^n V_{ij} \quad \dots\dots\dots(1)$$

(ε) هي طاقة البوزون، (n) هي عدد البوزونات، (V_{ij}) هي طاقة التفاعل بين البوزونين (i & j)، يمكن اعطاء الهاملتون وفقاً لنموذج IBM_1 باستعمال بصيغة متعددة القطبية [2, 15, 16, 17, 18].

$$H = \epsilon \hat{n}_d + a_0 \hat{P} \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\epsilon = \epsilon_d - \epsilon_s \quad \dots\dots\dots(3)$$

هنا اعتبر طاقة بوزونات s (ε_s) تساوي صفر وبذلك تكون طاقة البوزونات مساوية لطاقة البوزونات d (ε_d)، المعاملات، a₀، a₁، a₂، a₃، a₄ تعبر عن قوة التفاعل والأزدواج والزخم الزاوي وباعي القطب وثمانى القطب والقطب السادس عشر بين البوزونات على التوالي

$$\left. \begin{aligned} \hat{n}_d &= (d^+ \cdot \tilde{d}) \\ \hat{p} &= \frac{1}{2} [(\tilde{d} \cdot \tilde{d}) - (\tilde{s} \cdot \tilde{s})] \\ \hat{L} &= \sqrt{10} [d^+ \times \tilde{d}] \\ \hat{Q} &= [d^+ \times \tilde{s} + s^+ \times \tilde{d}] + \chi [d^+ \times \tilde{d}] \\ \hat{T}_r &= [d^+ \times \tilde{d}]^{(r)} \quad , \quad r = 3 \text{ and } 4 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(4)$$

nd : مؤثر عدد البوزونات نوع d .

p : مؤثر الازدواج .

L : مؤثر الزخم الزاوي .

Q : مؤثر رباعي القطب .

T_r : مؤثري ثمانى القطب والقطب السادس عشر [19].

التناظرات الديناميكية تعتمد على الزمرة الوحدوية U(6)، إذ يمكن تقسيم انموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) إلى ثلاثة تحدييدات، وهي تحديد U(5) للنوى الاهتزازية و SU(3) للنوى الدورانية و O(6) للنوى كائما ناعمة، يمكن التعرف على خصائص النوى الزوجية - الزوجية من خلال ايجاد النسبة الطاقة ($R = \frac{E(4_1^+)}{E(2_1^+)}$) حيث R= (4₁⁺) هو الطاقة مستوي الاثارة الثاني، و (2₁⁺) هو طاقة مستوي الاثارة الاول وتختلف قيم R من تحديد إلى الآخر تكون (2 ≤ R ≤ 2.4) للنوى الاهتزازية U(5)، و (2.4 ≥ R ≤ 3) للنوى O(6)، و (3 ≤ R ≤ 3.3) للنوى الدورانية SU(3) [2].

تختزل معادلة الهاملتونيان بصيغة المتعدد القطبية في التحديد الاهتزازي إلى

$$\hat{H}^I = \varepsilon \hat{n}_d + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \dots\dots\dots(5)$$

تعطى قيم الطاقة المسموحة في هذا التحديد كالآتي

$$E(\varepsilon, n_d, \lambda, \mu, \nu, L) = \varepsilon n_d + K_1 n_d(n_d + 4) + K_4 \nu(\nu + 3) + K_5 L(L + 1) \dots\dots\dots(6)$$

حيث n_d تمثل عدد البوزونات d كالآتي

$$n_d = N, N-1, \dots\dots\dots, 1, 0 \dots\dots\dots(7)$$

حيث N تمثل عدد البوزونات الكلية و ν عدد بوزونات d الغير المرتبطة الى زخم زاوي صفري وتعطى بالعلاقة

$$\nu = n_d, n_d - 2, \dots\dots\dots, 1, 0 \text{ (} n_d \text{ odd or even)} \dots\dots\dots(8)$$

الزخم الزاوي الكلية للنواة L تعطى بالعلاقة

$$L = \lambda, \lambda+1, \dots\dots\dots, 2\lambda-2, 2\lambda \dots\dots\dots(9)$$

حيث ان λ تمثل الزخم الزاوي للبوزونات

$$\lambda = n_d - 2n_\beta - 3n_\Delta \dots\dots\dots(10)$$

n_β تمثل عدد ازواج البوزونات المرتبطة الى زخم زاوي صفري و n_Δ تمثل عدد ثلاثيات البوزونات المرتبطة الى زخم زاوي صفري ،

نلاحظ 1- $L=2$ غير مسموح بها ، وان K_1, K_4, K_5 تمثل قوة تأثير كل حد .

تعطى القيمة المختزلة لاحتمالية الانتقال رباعي القطبية بين مستويات الحالة الارضية بالعلاقة التالية [20]

$$U(5): B(E2; L \rightarrow L - 2) = \alpha_2^2 \frac{(L+2)(2N-L)}{4} \dots\dots\dots(11)$$

اما التحديد الدوارني فتعطى دالة الهاملتونيان لها بالعلاقة [12] 16

$$H = a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} \dots\dots\dots(12)$$

يعطى قيم المعاملين a_2, a_1 بالشكل التالي [16]

$$a_2 = - \frac{E2_2^+ - E2_1^+}{3(2N-1)} \dots\dots\dots(13)$$

and

$$a_1 = \frac{E2_1^+}{6} + \frac{3}{8} a_2 \dots\dots\dots(14)$$

معادلة القيمة الذاتية لهاملتون SU(3) تعطى بالعلاقة التالية [16]

$$E | (\lambda, \mu), K, L, \mu \rangle = \frac{a^2}{2} (\lambda^2 + \mu^2 + \lambda\mu + 3(\lambda + \mu) \left(a^1 - \frac{3a^3}{8} \right) L(L - 1) \dots\dots\dots(15)$$

λ, μ عبارة عن اعداد كمية المختزلة لعدد البوزونات (N) ويمثلان حالات SU(3) الممكنة لكل قيمة لـ N ، اما K يمثل العدد الكمي الذي يرمز الى الحالات التي تمتلك قيمة متساوية لـ (λ, μ, L) الزخم الزاوي للنواة وتعطى القيمة المختزلة لاحتمالية الانتقال رباعي القطب $B(E_2)$ بالصيغة التالية [12, 21]

$$B(E_2; L + 2 \rightarrow L) = eB^2 \frac{3}{4} \left[\frac{(L+2)(L+1)}{(2L+3)(2L+5)} \right] \times (2N - L)(2N + L + 3) \dots\dots\dots(16)$$

او يعطى للمستوى الاول 2^+ ، [16]

$$B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+) = eB^2 \frac{N(2N+3)}{5} \dots\dots\dots(17)$$

اما التحديد كاما ناعمة O(6) تختزل معادلة الهاملتونيان بصيغة المتعدد القطبية في هذا التحديد الى

$$\hat{H} = a_0 \hat{P}^\dagger \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 \dots\dots\dots(18)$$

تعطى قيمة الطاقة المسموحة لتحديد كاما ناعمة بالعلاقة الآتية

$$E(N, \sigma, \tau, L) = K_3(N - \sigma)(N + \sigma + 4) + K_4 \tau(\tau + 3) + K_5 L(L + 1) \dots\dots\dots(19)$$

حيث تعطى قيم كل من K_5, K_4, K_3 [16]

$$K_3 = a_0$$

$$K_4 = \frac{a_3}{3}$$

$$K_5 = a_1 + \frac{a_3}{10}$$

والقيمة المختزلة لاحتمالية الانتقال رباعي القطبية بين مستويات الحالة الارضية فانها تعطى بالعلاقة التالية [16,17]

$$..... (20) O(6): B(E2; L \rightarrow L-2) = \alpha_2^2 \frac{(L+2)}{8(L+5)} (2N-L)(2N+L+8)$$

2_2_ معادلة SEF:

وضعت عدة معادلات في الفترة الاخيرة لدراسة التركيب النووي للنوى خاصة منها المشوهة ومن هذه معادلة شبه التجريبية SEF دالة للزخم من قبل الجبري (2016)، تعتمد هذه المعادلة على الدالة الاسية وتعطى للحزمة الارضية بالصيغة التالية :

$$E(I) = A_1[\exp(A_2 I) - A_3] \quad (21)$$

حيث ان المعلمات A3 و A1 و A2 يمكن ايجادها من اجراء الموازنة لمستويات الحزمة الارضية

اما الحزم المثارة اعلى من الحزمة الارضية فالمعادلة تأخذ الصيغة التالية :

$$E(I) = E_0 + (A_1 + B)[\exp(A_2 I) - A_3] \quad (22)$$

حيث ان E0 تمثل راس الحزمة المثارة ، ويتم ايجاد المعلم B من اجراء عملية الموازنة لمستويات الحزمة المثارة حزمة كما او بيتا

3-2 احتمالية الانتقال رباعية القطب الكهربائية B(E2) :

بإمكاننا الحصول على معلومات اضافية حول بنية النوى من دراسة احتمالات الانتقال الرباعي الكهربائي تكتب عامل الانتقال E2 بالشكل التالي :

$$= \alpha_2[d^+ \times s + s^+ \times d] + \beta_2[d^+ \cdot d] = e_B \hat{Q} \quad (23) T^{E_2}$$

حيث $[s^+, d^+]$ تمثل مؤثرات الخلق والفناء لبوزونات (d,s) على التوالي اما β_2 و α_2 معاملات يمكن ايجادهم كالاتي [22،19] :

$$\alpha_2 = e_B$$

$$2 = \chi \alpha_2$$

$$\beta$$

eB : هو الشحنة الفعالة للبوزون

χ : قيمة ثابتة [16]

تعطى الانتقالات الكهربائية B(E2) باستخدام الصيغة [22،19] :

$$B(E2) = \frac{0.5657}{T_{1/2}^{\gamma} (ps) E_{\gamma}^5 (MeV)} (e^2 b^2) \quad (24)$$

حيث E_{γ} يمثل انتقال الطاقة ($E_{\gamma} (I \rightarrow I-2)$) هو عمر النصف للمستوي بوحدة (ps) في حال انتقال واحد من مستوي الطاقة. العلاقة التي تربط بين B(E2) بوحدة الوايسكوف w.u و B(E2) بوحدة $e^2 b^2$ تعطى بالصيغة التالية [23]:

$$B(E2) w.u = \frac{B(E2) e^2 b^2}{5.934 \times 10^{-6} A^{\frac{4}{3}} e^2 b^2} \quad (25)$$

3- النتائج والمناقشة :

تم حساب مستويات الطاقة بواسطة (IBM-1) و (SEF) وقيم احتمالات الانتقال B(E2) للنظائر ($^{174-170}_{76}Os$) والمقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها. نوى النظائر ($^{170-174}_{76}Os$) ، تمتلك عدد ذري (Z=76) بروتونا اقل من الرقم السحري (82)، وهي تمتلك اقرب غلاف ممتلئ. تكون عدد البوزونات نوع بوزون - برونون ($N_{\pi}=82-76/2=3$)، اما عدد البوزونات نوع بوزون - نيترن (N_{ν}) الذي يحسب من عدد النيترونات لكل نظير وتكون عدد البوزونات (N_{ν}) للنظائر (^{170}Os ، ^{172}Os ، ^{174}Os) تساوي (8 ، 7 ، 6) على التوالي. تعتبر النسبة ($R = \frac{E_{4_1^+}}{E_{2_1^+}}$) مؤشر لتشوه شكل النواة ، من الجدول رقم (1) تم الحصول على معلومات اولية للنظائر ($^{174-170}_{76}Os$) توضح ان هذه النظائر تنتمي الى النوى كما ناعمة (6) O. اجري حساب ثوابت نموذج IBM-1 والمبينة في الجدول (2). اما الجداول (3 and 4) فتبين قيم المعلمات للحزم الأرضية وبيتا وكما لمعادلة SEF.

الجدول (1) قيم R للنظائر $^{174-170}_{76}Os$ الزوجية - الزوجية

Isotopes	^{170}Os	^{172}Os	^{174}Os
R _{4/2}	2.615	2.661	2.74

الجدول (2) تمثل قيم المعاملات IBM-1 مع عدد البوزونات N_b للنظائر ($^{174-170}_{76}Os$)

IBM-1					
Isotopes	N	ELL	QQ	α_2	β_2
Os 170	9	0.045	-----	0.1850	-0.5365
Os 172	10	0.014	----	0.1520	-0.4408
Os 174	11	0.046	-0.0160	0.1450	-0.3330

$$ELL=2a_1 \text{ and } QQ=2a_2$$

الجدول (3) تمثل قيم المعاملات للحزمة الأرضية للمعادلة SEF للنظائر ($^{174-170}\text{Os}$)

SEF			
Isotopes	A_1	$A_2 \times 10^{-2}$	A_3
Os^{170}	5.8452	3.8629	1.0339
Os^{172}	4.6450	3.8381	1.0324
Os^{174}	1.7464	6.8425	1.0601

الجدول (4) تمثل قيم المعاملات لحزمة بيتا وكاما للمعادلة SEF للنظائر ($^{174-170}\text{Os}$)

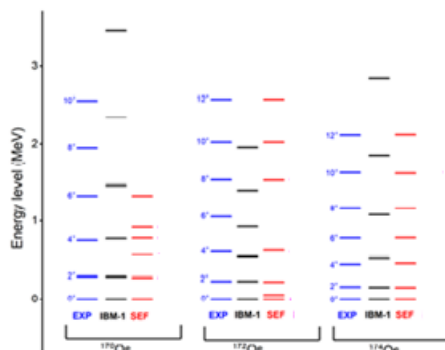
Isotopes	β - band			γ -band	
	N	E_0	B	$E_0 (10^{-4})$	$B (10^{-4})$
^{170}Os	9	-----	-----	-----	-----
^{172}Os	10	0.6283	0.0478	0.0550	0.0153
^{174}Os	11	0.5210	0.0526	0.0562	0.0129

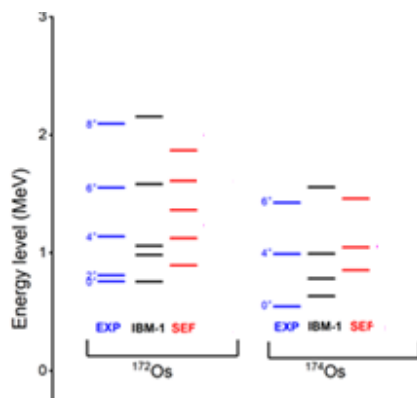
من خلال إيجاد قيم R في الجدول رقم (1) وجد ان النظائر $^{174-170}\text{Os}$ تحمل خصائص النوى انتقالية كما ناعمة (6) O واستخدام نموذج IBM-1 والمعادلة SEF لحساب حالات الطاقة للحزمة الأرضية GSB ومقارنتها مع النتائج التجريبية مع حساب نسبة الخطأ لكل منها
تم حساب SEF باستخدام المعادلة (21) من خلال ادخال قيم المعاملات التي حصلنا عليها في الجدول (4)، تم اجراء عملية موازنة بين القيم التجريبية والمعادلات النظرية الخاصة لكل من IBM-1 و SEF
قورن بين قيم الطاقات العملية والنتائج التي تم الحصول عليها من نموذج IBM-1 وكذلك القيم للطاقات التي تم الحصول عليها من المعادلة (SEF) Al-Jubbori (2016)، et al (2016) بالنسبة للحزمة الأرضية كما هو موضح في الجدول (5) والاشكال (1) and (3) تبين مستويات الطاقة للحزمة الأرضية وحزمة بيتا وحزمة كاما ونلاحظ ان هنالك توافقا جيدا بين القيم المحسوبة والقيم العملية [24، 25، 26، 27، 28، 29]:

الجدول (5) قيم حالات الطاقات التجريبية EXP والمحسوبة لـ (GSB) للنظائر $^{174-170}\text{Os}$ بوحدة (Mev)

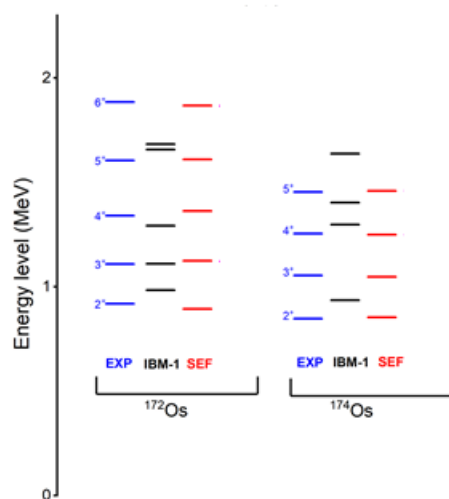
I^π	^{170}Os			^{172}Os			^{174}Os		
	EXP	IBM-1	SEF	EXP	IBM-1	SEF	EXP	IBM-1	SEF
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.286	0.284	0.271	0.227	0.226	0.220	0.158	0.153	0.151
4	0.749	0.771	0.778	0.606	0.534	0.620	0.435	0.513	0.444
6	1.325	1.458	1.326	1.054	0.925	1.052	0.777	1.078	0.781
8	1.945	2.347	1.918	1.525	1.398	1.519	1.171	1.849	1.167
10	2.545	3.438	2.558	2.023	1.953	2.022	1.617	2.826	1.610
12	-----	-----	-----	2.564	2.591	2.566	2.113	-----	2.118

نلاحظ من خلال الجدول اعلاه ان اعلى نسبة خطأ للنظير ^{170}Os تبلغ (5.2) لحالة الإثارة الثانية، واقل نسبة خطأ لهذا النظير (0.07) عند المستوى السادس، بالنسبة للنظير ^{172}Os تسجل اعلى نسبة خطأ (3) في حالة الإثارة الثانية واقل نسبة خطأ عند المستوى العاشر (0.1)، وفي النظير ^{174}Os تبلغ اعلى نسبة خطأ (4.4) عند المستوى الثاني واقل نسبة خطأ (0.2) عند المستوي الثاني عشر.

الشكل (1): القيم العملية والمحسوبة للحزمة الأرضية لنظائر $^{174-170}\text{Os}$



الشكل (2): القيم العملية والمحسوبة لحزمة بيتا لنظائر ^{172}Os - ^{174}Os



الشكل (3): القيم العملية والمحسوبة لحزمة كاما لنظائر ^{172}Os - ^{174}Os

الجدول (6) يبين قيم الانتقالات الكهربائية العملية والمحسوبة باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة ونلاحظ ان هناك توافقاً جيداً خاصة لانتقالات الحزمة الأرضية، في حين هنالك بعض الفروقات البسيطة لانتقالات الحزم الأخرى.

الجدول (6): قيم الانتقالات الكهربائية لنظائر ^{170}Os - ^{174}Os

$J_i \rightarrow J_f$	^{170}Os		^{172}Os		^{174}Os	
	IBM-1	EXP.	IBM-1	EXP.	IBM-1	EXP.
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0.8009	-----	0.6469	0.653	0.9952	-----
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0.1078	-----	0.0867	-----	0.0045	-----
$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$	-----	-----	-----	-----	0.0001	-----
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	1.0952	-----	0.8912	0.981	1.3957	0.9822
$4_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0844	-----	0.0692	-----	0.0028	-----
$4_3^+ \rightarrow 2_1^+$	-----	-----	-----	-----	0.0001	-----

$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	1.1979	-----	0.9858	1.705	1.4858	-----
$6_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0.0628	-----	0.0529	-----	0.0023	-----
$6_3^+ \rightarrow 4_1^+$	-----	-----	-----	-----	0.0001	-----
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	1.1948	-----	0.9998	2.159	1.4776	-----
$8_2^+ \rightarrow 6_1^+$	0.0446	-----	-----	-----	0.0021	-----
$8_3^+ \rightarrow 6_1^+$	-----	-----	0.0392	-----	-----	-----
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$	1.1189	-----	0.9597	1.477	1.4135	-----
$10_2^+ \rightarrow 8_1^+$	0.0297	-----	-----	-----	0.0018	-----
$10_3^+ \rightarrow 8_1^+$	-----	-----	0.0278	-----	-----	-----
$12_1^+ \rightarrow 10_1^+$	0.9857	-----	0.8780	1.591	1.3078	-----
$12_2^+ \rightarrow 10_1^+$	-----	-----	-----	-----	0.0015	-----
$12_3^+ \rightarrow 10_1^+$	0.0179	-----	0.0185	-----	-----	-----

4- الاستنتاجات

في هذا البحث قورن بين حسابات أنموذج البوزونات المتفاعلة الأصدار الأول IBM-1 وبين المعادلة شبه التجريبية SEF في حساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية لنظائر $^{170-174}\text{Os}$ ، وكذلك معرفة التحديد الذي تنتمي له تلك النظائر. وتبين ان هنالك توافقاً جيداً بين الحسابات النظرية والقيم العملية لمستويات الطاقة الأرضية وحزمة بيتا وحزمة كاما، الا اننا نلاحظ ان المعادلة شبه التجريبية تعطي قيماً اقرب لمستويات الطاقة الأرضية العملية بالمقارنة مع حسابات انموذج البوزونات المتفاعلة وهنا يمكن القول ان المعادلة لها قابلية المرونة في الحسابات اكثر من انموذج IBM-1. تم أيضاً حساب الانتقالات الكهربائية المختزلة $B(E2)$ من انموذج IBM-1 ومقارنتها مع القيم العملية واتضح ان هنالك تقارباً بين القيم العملية والقيم المحسوبة من انموذج IBM-1.

Reference

1. Anka: Azouz, A. Abdel-Karim "Introduction to Nuclear Physics", Ltd 1983.
2. K. S. Krane , " Introductory Nuclear Physics", John Wiley and Sons, Ltd 1987.
3. M. E. Mustafa , "Studying The Nuclear Structure properties of Even-Even Osmium Isotopes 188-196Os".
4. M .A Khaleel, "Nuclear Physics", AL_ Mosul University , 1996.
5. B. L Cohen , 1971 " Concepts of nuclear Physics , Tata. Mcgrawaltill publishing companyltd .
6. M. A. Al-Jubbori et al., "Nuclear structure of the even-even rare-earth Er-Os nuclei for $N = 102$," Indian Journal of Physics, vol. 94, no. 3, pp. 379–390, Apr. 2019, doi: 10.1007/s12648-019-01461-3.
7. M. O. Waheed et al., "Some Electromagnetic Transition Properties of Odd-A Palladium Isotopes," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 928, no. 7, p. 072088, Nov. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/928/7/072088.
8. C. F. v. Weizscker, "Zur Theorie der Kernmassen," Zeitschrift fr Physik, vol. 96, no. 7–8, pp. 431–458, Jul. 1935, doi: 10.1007/bf01337700.
9. M. Bolsterli, "Nuclear Structure. Vol. 1. Single-Particle Motion. Aage Bohr and Ben R. Mottelson. Benjamin, New York, 1969. xiv + 474 pp., illus. \$25," Science, vol. 166, no. 3904, pp. 489–489, Oct. 1969, doi: 10.1126/science.166.3904.489.
10. F. Iachello and A. Arima, "Boson symmetries in vibrational nuclei," Physics Letters B, vol. 53, no. 4, pp. 309–312, Dec. 1974, doi: 10.1016/0370-2693(74)90389-x.
11. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective states I. The vibrational limit," Annals of Physics, vol. 99, no. 2, pp. 253–317, Aug. 1976, doi: 10.1016/0003-4916(76)90097-x.
12. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective nuclear states II. The rotational limit," Annals of Physics, vol. 111, no. 1, pp. 201–238, Mar. 1978, doi: 10.1016/0003-4916(78)90228-2.

13. A. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective nuclear states IV. The $O(6)$ limit," *Annals of Physics*, vol. 123, no. 2, pp. 468–492, Dec. 1979, doi: 10.1016/0003-4916(79)90347-6.
14. A. Georgieva, P. Raychev, and R. Roussev, "Interacting two-vector-boson model of collective motions in nuclei," *Journal of Physics G: Nuclear Physics*, vol. 8, no. 10, pp. 1377–1389, Oct. 1982, doi: 10.1088/0305-4616/8/10/008.
15. O. Scholten, F. Iachello, and A. Arima, "Interacting boson model of collective nuclear states III. The transition from $SU(5)$ to $SU(3)$," *Annals of Physics*, vol. 115, no. 2, pp. 325–366, Oct. 1978, doi: 10.1016/0003-4916(78)90159-8.
16. R. F. Casten and D. D. Warner, "The interacting boson approximation," *Reviews of Modern Physics*, vol. 60, no. 2, pp. 389–469, Apr. 1988, doi: 10.1103/revmodphys.60.389.
17. F. Iachello, "An Introduction to the Interacting Boson Model," *Nuclear Structure*, pp. 53–89, 1981, doi: 10.1007/978-1-4684-3950-2_3.
18. W. Greiner and J. A. Maruhn, "Nuclear Models," 1996, doi: 10.1007/978-3-642-60970-1.
19. M. A. Al-Jubbori, H. H. Kassim, F. I. Sharrad, and I. Hossain, "Deformation properties of the even–even rare-earth Er–Os isotopes for $N = 100$," *International Journal of Modern Physics E*, vol. 27, no. 05, p. 1850035, May 2018, doi: 10.1142/s0218301318500350.
20. F. Iachello and A. Arima, "The Interacting Boson Model," Aug. 1987, doi: 10.1017/cbo9780511895517.
21. A. Arima and F. Iachello, "Interacting boson model of collective nuclear states II. The rotational limit," *Annals of Physics*, vol. 111, no. 1, pp. 201–238, Mar. 1978, doi: 10.1016/0003-4916(78)90228-2.
22. M. A. Al-Jubbori, H. H. Kassim, F. I. Sharrad, and I. Hossain, "Nuclear structure of even 120–136Ba under the framework of IBM, IVBM and new method (SEF)," *Nuclear Physics A*, vol. 955, pp. 101–115, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.nuclphysa.2016.06.005.
23. S. S. M. Wong and M. S. Kalelkar, "Introductory Nuclear Physics," *Physics Today*, vol. 43, no. 11, pp. 88–90, Nov. 1990, doi: 10.1063/1.2810763.
24. C. W. Reich, "Nuclear Data Sheets for $A = 162$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 108, no. 9, pp. 1807–2034, Sep. 2007, doi: 10.1016/j.nds.2007.07.002.
25. B. Singh and J. Chen, "Nuclear Data Sheets for $A=164$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 147, pp. 1–381, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.nds.2018.01.001.
26. C. M. Baglin, "Nuclear Data Sheets for $A = 166$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 109, no. 5, pp. 1103–1382, May 2008, doi: 10.1016/j.nds.2008.04.001.
27. C. M. Baglin, "Nuclear Data Sheets for $A = 168$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 111, no. 7, pp. 1807–2080, Jul. 2010, doi: 10.1016/j.nds.2010.07.001.
28. C. M. Baglin, E. A. McCutchan, S. Basunia, and E. Browne, "Nuclear Data Sheets for $A=170$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 153, pp. 1–494, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.nds.2018.11.001.
29. S. Singh and B. Singh, "Nuclear Data Sheets for $A = 224$," *Nuclear Data Sheets*, vol. 130, pp. 127–182, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.nds.2015.11.003.

مستويات الطاقة واحتمالية الانتقالات B(E2) لنظائر Os 174, 172, 170 الزوجية-الزوجية باستخدام IBM-1 و SEF

فاطمة محمد علي⁽¹⁾, مشتاق عبد داود الجبوري⁽²⁾, أسماء إعمار البنداق⁽³⁾

(1)، (2) قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة الموصل، الموصل، العراق
(3) قسم الفيزياء / كلية العلوم ، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

الخلاصة:

في هذا البحث ، استخدام نموذج البوزون المتفاعلة الإصدار الأول (IBM-1) Intracting Bosone model-1 ، والصيغة الشبه التجريبية Semi Eprical Formla المعدة من قبل الجبوري ، اذ احتسبت مستويات الطاقة لحزمة الحالة الأرضية Ground satte band (GSB) للنظائر Os174-170. أظهرت الدراسة ان الحسابات للحزمة الأرضية Ground satte band بأن نتائج IBM-1 و SEF والبيانات التجريبية المتوفرة كلها متوافقة مع بعض الاختلافات. بالمقارنة مع حسابات IBM-1 و SEF ذ تمتاز الصيغة التجريبية Semi Eprical Formla بمستوى أعلى من التوافق مع البيانات التجريبية مقارنة مع نتائج نموذج البوزونات المتفاعلة الإصدار الاول . من الناحية الاخرى أن استخدام معادلات والصيغة الشبه التجريبية SEF Semi Eprical Formla قادرة على وصف أطيف الطاقة لنظائر Os بالمقارنة مع IBM-1. احتسبت احتمالية الانتقالات المختزلة B(E2) التي تم الحصول عليها من خلال IBM-1 للنظائر اعلاه وتبين انها تتفق مع البيانات التجريبية المتوفرة. من ناحية اخرى، تبين ان النظائر OS لها سلوك متوافق مع انتقال كاما الناعمة. O(6).