



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية | كلية التربية

قسم الفيزياء

تطبيق نموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 على نظير

$^{106}_{46}\text{Pd}$

بحث مقدم الى مجلس قسم الفيزياء | كلية التربية | جامعة القادسية كجزء من
متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الفيزياء

من قبل الطالبان :

حسنين مالك تمكين & بهاء غانم حميد

باشراف

م.م كوثر حسن عبيس

2017

1483

بسم الله الرحمن الرحيم
((وقل اعملو فسيرى
الله عملكم ورسوله

والمؤمنون ((

سورة النوبة الآية ١٠٥

الاهداء

الى من بذل جهد السنين ليضعني في طريق الحياة الذاخرة ...
الى كل من جعل صفات الصدق تطأ اقدمها افياء قلبي وفكري ...

..... والدي الحبيب

الى حبيبتى التى انص الله الجنة تحت اقدمها والتي تسبحت بدموعها حنان
الليالى الصعاب.....

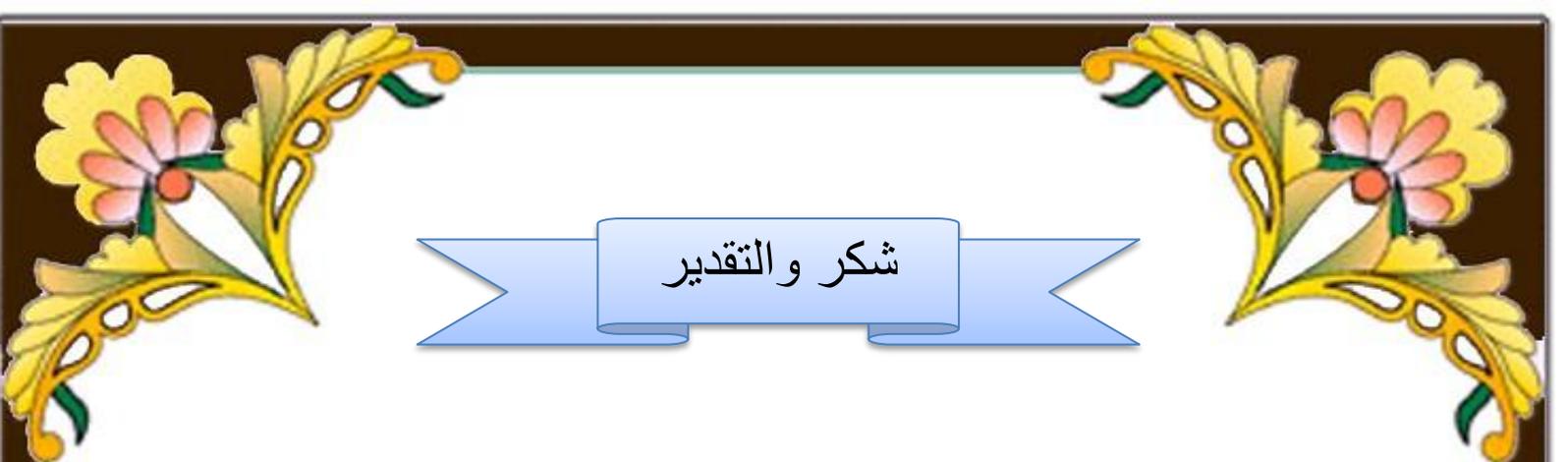
..... والدتي الحنونه

الى من عشت معهم

الى استاذتي الفاضلة التي لم تدخر جهدا لمساعدتي

..... الاستاذة كوثر حسن

نهدي هذا البحث



شكر والتقدير

كل الشكر والتقدير إلى الست (كوثر حسن الجليحاوي)
لمساعدتها ودعمها لنا في إبداء الملاحظات القيمة في تقويم
البحث.

والشكر والامتنان إلى جميع الأخوة على المساعدة وتوفير
المعلومات والمعاملة الطيبة.

الفصل الأول		
رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
	مقدمة عامة	(١-١)
	النماذج النووية	(٢-١)

الفصل الثاني		
رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
	نموذج البوزونات المتفاعلة (IBM)	(١-٢)
	نموذج البوزونات المتفاعلة الأول IBM-1:	(٢-٢)
	التناظرات الديناميكية	(٣-٢)

الفصل الثالث		
رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
	نظير ($^{106}_{46}Pd$) البلاديوم	(١-٣)
	الحسابات	(٢-٣)
	الاستنتاجات	(٣-٣)
	المقترحات المستقبلية	(٤-٣)

الفصل الأول		
الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
(١-١)	مستويات الطاقة لكل من البروتونات والنيوترونات في بئر الجهد	

الفصل الثاني		
الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
(١-٢)	الطيف النموذجي للتحديد $SU(٥)$ لـ $(N=6)$ مع قيم V و $n\Delta$ والزخم الزاوي لكل مستوي	
(٢-٢)	الطيف النموذجي للتحديد $SU(٣)$ لـ $(N=8)$ مع قيم λ و μ و k والزخم الزاوي لكل مستوي (٣٢)	
(٣-٢)	الطيف النموذجي للتحديد (٦) لـ $(N=6)$ مع قيم σ و $V\Delta$ والزخم الزاوي لكل مستوي (٣٢)	

الخلاصة

تم في هذا البحث تطبيق نموذج البوزونات المتفاعلة الأول على نواة نظير ($^{106}_{46}Pd$) حيث تم التطرق إلى التركيب النووي وبعض النماذج النووية التي تفسر تركيب النواة. وتم دراسة نموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) باعتباره احد النماذج الموضوعة حديثا لتفسير سلوك وخواص الانوية المتوسطة والثقيلة كما تم حساب نسب مستويات الطاقة لنواة النظير ($^{106}_{46}Pd$) ولقد وجد من خلال هذه الحسابات إن هذا النظير ينتمي إلى التحديدين الاهتزازي (SU(5) وكما غير المستقر O(6) وهو اقرب الى التحديد الاهتزازي مما يساعد في حساب البارومترات التي تستخدم في حساب قيم مستويات الطاقة لنواة النظير باستخدام هذا النموذج وذلك لمعرفة الخواص النووية والانتقالات الكهرومغناطيسية وحساب عزم رباعي القطب الكهربائي (Q2) ومعرفة شكل النواة، وطاقة جهد السطح.

ABSTRACT

In this research we apply the sample of reaction first posones on the nuclear of isomer ($^{106}_{46}\text{Pd}$) in which we study the nuclear composition and some nuclear sample that explain the composition and structure of nucleus and my studied ,first posone reactant sample (IBM-1) as it is one of the sample the put is newly applied to explain the behavior and properties of nucleus medium and heavy also my calculate percentage of energy levels for isomer nucleus ($^{106}_{46}\text{Pd}$) and my found through this calculation that the isomer belong to definition (**SU(5)The Vibrational Limit** and (**γ - Unstable O(6)**) in the calculation of barometers

that use in the calculation of the value of energy levels for isomer nucleus using this models in order to know nuclear properties and electromagnetic transformation and calculate the torque four electric poles , Q and know shape of nucleus and energy potential surface

الهدف من البحث:

قمنا في هذا البحث بتطبيق نموذج البوزونات المتفاعلة الاول (IBM-1) على نواة نظير (pd) حيث تم حساب عدد البوزونات لكل من البروتونات والنيوترونات كما تم ايجاد التحديد الذي تنتمي اليه النواة من خلال حساب قيم نسب الطاقة العملية (Experimental Energy)
Level

($\frac{E4_1^+}{E2_1^+}$ ، $\frac{E6_1^+}{E2_1^+}$ ، $\frac{E8_1^+}{E2_1^+}$ ، $\frac{E0_2^+}{E2_1^+}$) ومقارنتها بالقيم النموذجية . لهذه النسب . لما له من فائدة في تعيين شكل النواة وحساب قيم مستويات طاقة نظرية غير محسوبة عملياً باستخدام هذا النموذج بعد حساب قيم الثوابت الموجودة في هاملتوني نموذج البوزونات المتفاعلة الاول (IBM-1) وكذلك للافادة منها في حساب احتمالية الانتقالات الكهرومغناطيسية ثنائية ورباعية القطب Elctromagnetic Transitions وايجاد عزم رباعي القطب الكهربائي $Q2_1^+$ quadrupole

الفصل الأول المقدمة

(1-1) مقدمة عامة:- General Introduction

إن دراسة الفيزياء النووية تتركز حول هدفين أساسيين. الأول هو دراسة التركيب الداخلي للنوى المسؤول عن الخواص النووية والآخر هي محاولة فهم تصرف المجموعات متعددة الأجسام (النواة) (اساسيات الفيزياء) . أي القوى المسؤولة عن ترابط النوى وتماسكها ، وإن الطبيعة الدقيقة لهذه النوى مازالت قيد الدراسة حتى الوقت الحاضر .

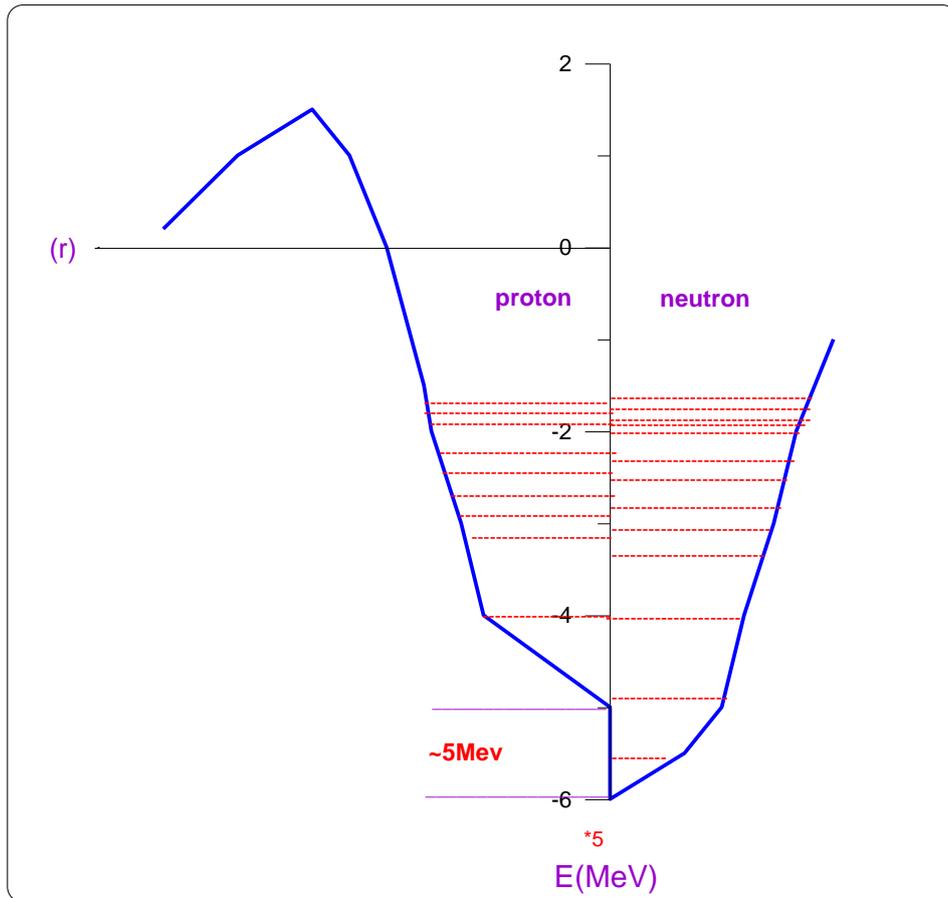
(2_1) النماذج النووية Nuclear Models

ونظراً لغياب نظرية شاملة للتركيب النووي فقد جرت محاولات عديدة لفهم طبيعة هذه القوى وساطة عدد من النماذج النووية (Nuclear Models) التي اقترحت لوصف التفاعل بين النيكليونات داخل النواة. ومن هذه النماذج النووية:-

1- نموذج غاز فيرمي Fermi gas model

يعالج هذا النموذج النواة من وجهه نظر إحصائية كنظام من جسيمات تتحرك بحرية كما في حالة الغاز وذلك وفق فروض نظرية الحركة في هذه الغازات. وتتحرك النيوكليونات في نطاق الجهد النووي المبين الشكل التالي (1-1) حيث يتضح لنا أن هناك فرقاً في شكل هذا الجهد بالنسبة للبروتون والنيوترون. فبينما نجد أن حافة هذا الجهد يحرسها مرتفع يطلق عليه حاجز كولوم وذلك في حالة البروتون إلا أننا نجد أن هذه الحافة مستوية بالنسبة للنيوترون. وهذا يبدو منطقياً فإذا قذفنا النواة بنيوترون فإنه يمر مباشرة ويدخل للنواة لأنه جسيم متعادل (هذا يوضح سهولة الحصول على تفاعلات نووية كثيرة بقذف النواة بالنيوترون) أما في حالة البروتون فإنه

عندما يقترب من النواة تظهر قوة للتنافر الكهربائية بينه وبين النواة لأنه جسيم مشحون بشحنة موجبة. ومن ثم فإنه إذا أردنا أن ندخل البروتون إلى النواة فيجب أن نزوده أولاً بطاقة كافية لاقتحام هذا المرتفع (جهد كولوم) حيث يمكنه بعد ذلك السقوط في بئر الجهد النووي. ومن ثم فأنا نتوقع أن يرتد البروتون عن النواة عندما تكون طاقة حركته صغيرة وغير كافية للتغلب على حاجز كولوم نلاحظ أنه من وجهة نظر ميكانيك الكم فإن هناك احتمال لوجود دالة موجة البروتون خلف هذا الحاجز حتى ولو لم تكن طاقة البروتون كافية للتغلب عليه وهذا هو تأثير النفق (Tunneling effect) المعروف في ميكانيك الكم ويظهر بصورة جلية في تحلل النويات عن طريق إطلاق ألفا (α). يعطي نموذج غاز فيرمي معلومات مفيدة عن الانوية عند مستويات إثارة عالية ولكنه يغفل خصائصها الدورانية والانعكاسية وخواص الانتقالات الكهرومغناطيسية. (4)



الشكل (1-1): يمثل مستويات الطاقة لكل من البروتونات والنيوترونات في بئر الجهد.

2- نموذج قطرة السائل Liquid drop model

ظهر هذا النموذج على اعتبار النواة شبيهة بقطرة سائل غير قابلة للانضغاط تتمتع بشكل كروي على اعتبار أن طاقة الترابط النووي لنيوكليون واحد تأخذ قيمة ثابتة لمعظم العناصر ذات عدد الكتلة الأكبر من (20) وكذلك أن المادة النووية وثم الكثافة النووية لا تعتمد على نوع المادة بل هي قيمة ثابتة. وهنا فإن النواة تتكون من مجموعة من الجسيمات المتشابهة (النيوكلونات) التي تتفاعل فيما بينها تفاعلا قويا (strong interaction) لوجود قوى الترابط النووي بين تلك الجسيمات النووية. استطاع هذا النموذج أن يفسر الانشطار النووي إذ أنه عندما يغزو النواة جسيم خارجي (عند قذفها بنيوترون أو تقتنص النواة النيوترون) فإن النواة تأخذ في الاهتزاز (كقطرة السائل) ويؤدي هذا الاهتزاز المتواصل لها إلى انشطارها إلى نواتين كل منهما أصغر من النواة إلام المنشطرة مع المحافظة على نسبة عدد البروتونات والنيوترونات. وكذلك أستخدم هذا النموذج في تقدير نصف قطر النواة ولعل أهم نجاح حظي به هذا النموذج هو استطاعته حساب كتلة النواة وذلك عن طريق علاقة شبه التجريبية (semi empirical) وشكلها التالي :-

$$M(Z, A) = Zm_H + Nm_n - aA + bA^{2/3} + \frac{cZ(Z-1)}{A^{1/3}} + \frac{d(N-Z)^2}{A} \pm \frac{e}{A} + \xi \quad \text{---(1_1)}$$

حيث: (m_H) تمثل كتلة الهيدروجين .

(m_n) تمثل كتلة النيوترون .

(e, d, c, b, ξ) , ثوابت يمكن تعيينها من التجربة أو خلط الحلول العددية مع الحلول التجريبية

ومن تعريف طاقة الترابط النووي نجد أنه يمكن إعطاء طاقة الترابط النووي (B) بالعلاقة :-

$$B = aA - bA^{2/3} - \frac{cZ(Z-1)}{A^{1/3}} - \frac{d(N-Z)^2}{A} \pm \frac{e}{A} + \xi \quad \text{---(2_1)}$$

أن نموذج القطرة السائلة قد بني على الفروض التالية :-

١- جميع الانوية لها كثافة نووية واحدة وأن المادة النووية غير قابلة للانضغاط ومن ثم فإن نصف قطر النواة (R) يتناسب مع $(A^{1/3})$ حيث $(R=R_0 A^{1/3})$.

٢- لا تعتمد القوى النووية المؤثرة بين البروتونات أو النيوترونات على الشحنة الكهربائية أي أن القوى بين أزواج البروتونات تساوي القوى بين أزواج النيوترونات. وعلى أي حال هناك قوة تنافر كهربائية

بين البروتونات ولكن هذه القوة ذات مدى كبير مقارنة مع القوى النووية ذات المدى القصير كما وأن القوة النووية هي قوة تجاذب كبيرة جدا بالمقارنة مع قوة التنافر الكهربائية.

٣- القوة النووية ذات طبيعة تشبعية (saturated). حيث يتفاعل النيوكليون مع عدد محدد من النيوكليونات المحيطة به.

Shell model

3- نموذج القشرة

بعد أن أخفق نموذج قطرة السائل في تفسير تركيب النواة واستقراريتها والقوى التي تربط بين النيوكليونات لذلك أقتراح نموذج آخر من قبل (Elasser) الذي تقدم بفكرة وجود القشرة النووية وسمي هذا النموذج باسم نموذج القشرة النووية (Nuclear shell model) وبعد ذلك عرضت ماير (Mayer) بعض الحقائق التجريبية التي تسند هذه الفكرة، حيث أوضحت جميع الحقائق بأن استقرارية النواة العالية تحدث عندما يكون عدد البروتونات أو النيوترونات مساويا للإعداد السحرية (2,8,20,28,50,82,126).

أن هذا النموذج يعطي وصفا ناجحا للانوية المستقرة (stable nuclei) ذات القشرات المغلقة كذلك الانوية التي تحتوي نيوكلونا زائدا أو أكثر بقليل في حالة القشرة المغلقة تكون النواة كروية الشكل وأن إضافة نيوكليون أو أكثر ينتج تشوها قليلا. بحيث تتحرك هذه الانوية وتحدث حركات تجميعية. وفي نموذج القشرة ذي الجسيم المنفرد (single particle shell model) فإنه يعتمد على فرضيتين أساسيتين:-

أولا: أن كل نيكلون يتحرك بحرية دون الاعتماد على حركة النيوكليونات الأخرى في مجال القوة المعبر عنه بالجهد.

ثانياً: تطبيق مبدأ الاستبعاد لباولي (Pauli exclusion principle) أي أن مستويات الطاقة أو القشرات تكون مملوءة نسبة إلى هذه المبدأ.

في نموذج القشرة ذي الجسيم المنفرد، تعامل النواة على أساس أنها نظام يتكون من نيوكلونات منفردة تتحرك مستقلة عن بعضها البعض.

أن هذا النموذج يتميز بنجاحاته في حساب البرم (spin) والتماثل (parity) وبعض انحلالات بيتا وكما بالنسبة إلى المستويات الحزمة الأرضية. أما أهم ما أخفق به نموذج القشرة ولم يعطي تفسيراً لبعض الحقائق يمكن أجمالها بما يلي:-

١- أن هذا النموذج يفترض مقدماً أن شكل النواة كروي ولكن أثبت عملياً أن الانوية الثقيلة ليست كروية الشكل.

٢- حالات البرم العالي مثل () التي يتوقعها نموذج القشرة لم تظهر في النتائج التجريبية.

٣- لم يستطع هذا النموذج أن يفسر حالة كون الزخم الزاوي (J) للانوية (الزوجية- الزوجية) صفراً في الحالة الأرضية.

٤- إن نموذج القشرة للجسيم المنفرد فشل في حساب عزوم رباعي القطب (Quadrupole moments) ومعدلات الانتقال (Transition rates) وخاصة في مناطق الانتقال بين قشرتين مغلقتين.

٥- أن هذا النموذج فشل فيما يتعلق بالانتقالات الصفرية (نموذج القشرة يفترض عدم جودها) التي تكون من الأهمية بحيث أن المعرفة الدقيقة بطبيعتها تعطي فكرة عن التركيب الدقيق لشكل النواة

4- نموذج الحركة التجميعية Collective motion model

تظهر المنظومات النووية التي تتكون من عدة جسيمات تراكيب يمكن أن تفهم بسهولة عند أخذ الخصائص الإجمالية لهذه المنظومات في الحسبان فعلى سبيل المثال هنالك أدلة ملموسة على إن تهيجات المستويات الواطئة (Low-lying excitation) للنوى الثقيلة (الزوجية- الزوجية)

(Heavy even-even nuclei) هي ذات طبيعة تجميعية (collective nature) على الأغلب [2]. ولغرض فهم ميكانيكية (mechanism) الحركة النووية الجماعية فقد وضعت نماذج عديدة تستند إلى الخصائص الماكروسكوبية (macroscopic properties) للنوى في تفسيرها. أن أحد أفضل الصيغ لوصف التهيجات الجماعية من هذه الناحية هي التي وضعها بور وموتلسن (Bohr & Mottelson) في أنموذجهما المعروف [3] حيث نجح هذا الأنموذج في إعطاء وصف لتفاعلات الازدواج (pairing interaction) ذات المدى القصير وكذلك لتفاعلات رباعي القطب- رباعي القطب (quadrupole - quadrupole Interaction) ذات المدى الطويل. فتفاعلات الازدواج تحاول أن تجعل النواة كروية وهذا يعني أن للنواة في هذه الحالة طيفا اهتزازيا (vibrational spectrum) [4] في حين أن تفاعلات (رباعي القطب- رباعي القطب) تؤدي إلى شكل غير كروي للنواة (مشوه) وفي هذه الحالة تظهر النواة طيفا دورانيا (rotational spectrum). لقد وجد أنه كلما أصبح عدد النيوكلونات قريبا من العدد المقابل لمتوسط قشرتين مغلقتين فإن التفاعل رباعي القطب يصبح القوة الغالبة، وفي هذه الحالة تعاني النواة من تشوه دائم. وهذه هي الحالة بالنسبة لنوى العناصر الواقعة بالضبط بين القشرتين البروتونيتين المغلقتين عند (Z=82 , Z=50) وبتجاه متوسط القشرتين النيوترونيتين المغلقتين عند (N=126 , N=82)

ويمكن التعبير عن سطح النواة لهذه الحالة بالشكل (8):-

$$R(\theta, \varphi) = R_o [1 + \sum_{\lambda\mu} \alpha_{\lambda\mu} Y_{\lambda\mu}(\theta, \varphi)] \quad \text{----- (3-1)}$$

حيث (R_o) ثابت يمثل نصف قطر النواة الكروية.

($Y_{\lambda\mu}$) يمثل التوافقيات الكروية (spherical harmonics).

(θ, φ) زوايا قطبية (polar angles).

والكميات ($\alpha_{\lambda\mu}$) تمثل بارامترات تحدد الشكل.

الفصل الثاني الجزء النظري

(1-2) نموذج البوزونات المتفاعلة (IBM) Interacting Boson Model

في عام 1974 قام الباحثان (Iachella and Arima) [5] باقتراح نموذج نووي جديد سميّاه نموذج البوزونات المتفاعلة (Interacting Boson Model) الذي عدّ منذ ذلك الحين موضوعاً لكثير من البحوث، إذ شمل معظم مجالات التراكيب النووية. وكذلك اهتم بوصف التركيب الجماعي (Collective Structure) للنوى التي تمتلك عدداً كئلياً ($A > 100$) عدا تلك القريبة من القشر المغلقة (Closed Shells). وهذا النموذج يصف التركيب النووي للنوى الزوجية - الزوجية التي تتكون من قلب خامد (Inert Core) مزيد عليه الجسيمات المتكافئة بوصفها أزواجاً من النيكليونات لتكوين البوزونات التي لها القابلية على التفاعل بعضها مع البعض الآخر وبإمكانها أن تشغل المستوى الأرضي (Ground State) s عندما يكون الزخم الزاوي مساوياً للصفر ($L=0$) وتدعى ببوزونات s (s-boson). أو أن تشغل مستويات الحالات المثيعة عندما يكون الزخم الزاوي ($L=2$) وتدعى ببوزونات d (d-boson) [46] أو عندما ($L=3$) وتدعى ببوزونات f (f-boson) والتي تصف حالات التماثل السالبة (Negative Parity States) [11] إن الطاقة التي يمتلكها البوزون S تكون مساوية لـ ϵ_s في حين تكون طاقة البوزون d مساوية لـ ϵ_d ولهذا يمكن تحديد طاقة البوزون بواسطة $\epsilon = \epsilon_d - \epsilon_s$.

إن نموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) لا يميز بين بوزونات البروتونات (s_π, d_π) أو بوزونات النيوترونات (s_ν, d_ν) [7] إذ يتم حساب عدد البوزونات بوصفها أزواج الجسيمات ($N_\pi(\nu)$ Particle Pairs) ابتداءً من أقرب قشره مغلقة وحتى منتصف القشرة التي تليها إذ يتم حساب البوزونات بعدها بوصفها أزواج الفجوات ($N_\pi(\nu)$ Hole - Pairs) [8].

إن عدد البوزونات الكلي لنواة معينة يكون ثابتاً

ومحفوظاً في هذا النموذج ف $N = n_d + n_s$ (عدد بوزونات الحالة d = n_d و عدد بوزونات الحالة s = n_s) أما في حالة التمييز بين بوزونات البروتونات وبوزونات النيوترونات فإن النموذج المختص لمعالجتها يدعى بنموذج البوزونات المتفاعلة الثاني (IBM-2) [9].

تمتلك بوزونات (d, s) معاً ستة مركبات (Six Components) ولذلك من الممكن وصفها في فضاء لستة أبعاد (U(6) Six dimensional space) [10].

(2-2) نموذج البوزونات المتفاعلة الأول IBM-1:-

يمكننا التعبير عن المؤثر الهاميلتوني الخاص بنموذج البوزونات المتفاعله الاول بصيغة متعدد القطبيه (multi pole expansion formula)

بالشكل التالي :-

$$H = \varepsilon_{nd} + a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_2 Q^2 + a_3 T_3^2 + a_4 T_4^2 \dots \dots \dots (1 - 2)$$

إذ تمثل $\varepsilon = \varepsilon_d + \varepsilon_s$ طاقة البوزونات وللسهولة عدت طاقة البوزون s مساوية للصفر ولهذا يكون $\varepsilon = \varepsilon_d$

أما المعاملات a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 فإنها تعبر عن قوة تفاعل الازدواج والزخم الزاوي ورباعي القطب وثمانى القطب والقطب السادس عشر بين البوزونات وعلى التوالي .

وتوجد خواص أخرى يمكن حسابها زيادة على حساب مستويات الطاقة باستعمال هذا النموذج وهي معدلات الانتقال الكهرومغناطيسية (E.M.transition rates) وللانقالات E4,M3,E2,M1,E0 إذ إن مؤثر الانتقال الكهرومغناطيسي يأخذ الصيغة العامة الآتية:

$$T_m^{(L)} = \alpha_L \delta_{L_2} [d^+ s + s^+ d]_m^{(L)} + \beta_L [d^+ d]_m^{(L)} + \gamma_o \delta_{L_0} \delta_{m_0} [s^+ s]_0^{(0)} \dots (2 - 2)$$

(3-2)التناظرات الديناميكية:- Dynamical Symmetries

من الممكن تقسيم نموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) إلى ثلاث سلاسل (Chains) فقط وبثلاثة حلول تحليلية (analytic solutions) في ضوء حل مسألة القيم الذاتية لهاملتون IBM-1 والمتمثل بالمعادلة (٢-١) وتسمى هذه التحديدات بالتناظرات الديناميكية [11] ووساطة الرجوع إلى المعادلة نفسها التي يمكن إعادة كتابتها بالصيغة الآتية [12] :-

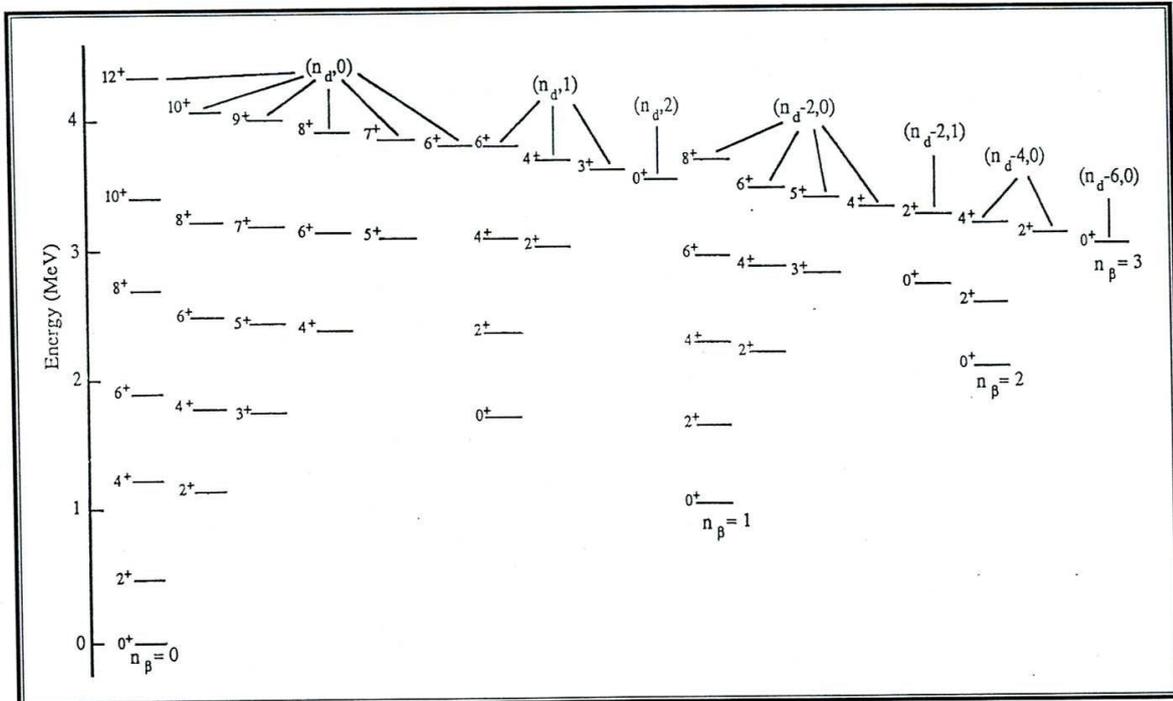
$$H = \varepsilon_s s^+ s + \varepsilon_d d_m^+ d_m + V \quad (3-2)$$

إذ أن V تمثل طاقة التفاعل بين البوزونات، نلاحظ أن هناك ثلاثة تحديدات ممكنة فالتحديد الأول يحدث عندما تكون طاقة البوزون ϵ أكبر بكثير من جهد التفاعل بينهما أي أن ($\epsilon \gg V$) ويسمى هذا التحديد بالتحديد الاهتزازي [13]. أما التحديدان الآخران فهما يحدثان عندما تكون طاقة التفاعل بين البوزونات أكبر بكثير من طاقة البوزونات أي ($\epsilon \ll V$) فعندما تمثل V تفاعل عزم رباعي القطب (Q^2) بين البوزونات فالتحديد الناتج يسمى بالتحديد الدوراني [14] أما إذا كان تفاعل الازدواج (P^2) الحاصل بين البوزونات هو المهيمن فإن هذا التحديد يسمى بتحديد [12] (γ -Unstable) وفيما يأتي عرض للتحديدات الثلاثة :-

1- التحديد الاهتزازي The Vibrational Limit SU(5):

يعد التحديد الاهتزازي من أولى التحديدات التي عرضها (Arima and Iachello) والذي تكون طاقة البوزون (ϵ) فيه أكبر بكثير من جهد التفاعل (V) إذ يعطي الهاميلتون الخاص به بالشكل الآتي [15] :-

$$H^1 = \epsilon_{nd} + a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_3 T_3^2 + a_4 T_4^2 \dots \dots \dots (4 - 2)$$



شكل (1-2): الطيف النموذجي للتحديد SU(5) لـ (N=6) مع قيم v و n_Δ والزخم الزاوي لكل مستوي

2- التحديد الدوراني SU(3) -: The Rotational Limit

التحديد الثاني في هذا النموذج يستند إلى أن طاقة البوزونات عاصغر بكثير من طاقة الجهد V والصيغة العامة للهاملتون [14] هي:-

$$H^{\text{li}} = a_1 L^2 + a_2 Q^2 \dots\dots\dots (5 - 2)$$

إذ نلاحظ أن تفاعل ثنائي القطب (L^2) زيادةً على هيمنة التفاعل رباعي القطب (Q^2) بين البوزونات يكون موجوداً أيضاً

3- تحديد O(6) - : γ - Unstable

أما التحديد الثالث فإنه ينتج عندما يهيمن تفاعل الازدواج P^2 بين البوزونات على طاقة البوزونات ϵ ويكون الهاملتون لهذا التحديد كالاتي [12]: -

$$H^{III} = a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_3 T_3^2 \dots \dots \dots (6 - 2)$$

(4-2) المناطق الانتقالية في نموذج البوزونات المتفاعلة

Translation Regions in IBM-1

إن معظم أطراف النوى لا تتوافق مع أي من التحديدات الثلاثة المذكورة آنفاً فان الهاملتوني قد يكتب بدلالة مؤثرات تحديدين وأحياناً قد يكتب بدلالة جميع المؤثرات. لذلك من الممكن تقسيم النوى إلى أربعة أصناف انتقالية وهي [10]: -

1-الصنف A :-

تمتلك نوى هذا الصنف خواص انتقالية بين التحديدين $SU(5)$ و $SU(3)$ [12] وتكون الصيغة الهاملتونية لها هي [12]:

$$H^{I-II} = nd + a_1 L^2 + a_2 Q^2 \dots \dots \dots (7 - 2)$$

إذ أن خواص هذا الصنف تعتمد أساساً على النسبة $\frac{\epsilon}{a_2}$ إذ إن لها أثراً كبيراً في السيطرة على معالم هذه المنطقة ، فعندما تكون هذه النسبة كبيرة فهذا يعني أن هذه الخواص تكون قريبة إلى التحديد الاهتزازي $SU(5)$.

أما إذا كانت صغيرة فيعني أنها اقرب إلى التحديد الدوراني $SU(3)$ ، وإذا كانت متوسطة فان الحل سيكون بين التحديدين ، والشئ نفسه سوف يحدث بالنسبة لنسب الانتقالات الكهرومغناطيسية كالنسبة [14].

$$R = \frac{B(E_2, 2_2^+ \rightarrow O_1^+)}{B(E_2, 2_2^+ \rightarrow 2_1^+)} \dots\dots\dots (8 - 2)$$

إذ أن النسبة تعد بين القيمتين R=0 في التحديد SU(5) و R=7/10 في SU(3).

2- الصنف B:-

تمتلك نوى هذا الصنف خواص انتقالية بين التحديد SU(3) و O(6)[29] وتكون الصيغة الهاملتونية لها هي [7] :-

$$H^{II-III} = a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_2 Q^2 \dots\dots\dots (9 - 2)$$

إذ أن خواص هذا الصنف تعتمد على النسبة $\frac{a_0}{a_2}$ فعندما تكون كبيرة فإنه يميل إلى التحديد O(6) وعندما تكون صغيرة يميل إلى التحديد SU(3).

أما نسبة الانتقال الكهرومغناطيسي (R) لهذا الصنف فإنها تأخذ قيمةً متوسطة ما بين R=0 للتحديد O(6) و R=7/10 للتحديد SU(3)[7].

3- الصنف C:-

تمتلك نوى هذا الصنف خواص انتقالية بين التحديد SU(5) و O(6) أما الصيغة الهاملتونية لها فهي: [11]

$$H^{I-III} = \varepsilon_{nd} + a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_3 T_3^2 \dots\dots\dots (10 - 2)$$

خواص هذا النوع تعتمد على النسبة $\frac{\varepsilon}{a_0}$ ، فإذا كانت ε كبيرة فإن التحديد المهيمن هو SU(5)

أما إذا كانت a_0 كبيرة فإن التحديد المهيمن هو o(6)

4- الصنف D:-

إن نوى هذا الصنف تمتلك خواص انتقالية مشتركة بين التحديدات الثلاثة السابقة الذكر ، ويكتب المؤثر الهاملتوني لها بالصيغة الآتية [16] :-

$$H = \varepsilon_{nd} + a_0 P^2 + a_1 L^2 + a_2 Q^2 + a_3 T_3^2 + a_4 T_4^2 \dots \dots \dots (11 - 2)$$

الفصل الثالث الحسابات والنتائج

(1-3) نظير ($^{106}_{46}\text{Pd}$):

البلاديوم Palladium عنصر كيميائي من الجدول الدوري، ورمزه Pd ، ورقمه الذري ٤٦ . وهو فلز انتقالي نادر، من مجموعة البلاتين. ويشبه البلاتين كيميائياً. ويستخرج من خامي النحاس والنيكل. ويستخدم كعامل مساعد وفي صناعة المجوهرات.

(2-3) الحسابات

1- حساب عدد البروتونات:

عدد بوزونات البروتونات

$$N(\pi) = 2 = \frac{50-46}{2}$$

عدد بوزونات النيوترونات

$$N(V) = 5 = \frac{60-50}{2}$$

عدد البوزونات الكلي

$$7=5+2$$

2- حساب نسب الطاقة:

$$\frac{E4_1^+}{E2_1^+} = \frac{1.225}{0.561} = 2.18$$

$$\frac{E6_1^+}{E2_1^+} = \frac{1.984}{0.561} = 3.54$$

$$\frac{E8_1^+}{E2_1^+} = \frac{2.832}{0.561} = 5.048$$

$$\frac{E0_2^+}{E2_1^+} = \frac{1.565}{0.561} = 2.789$$

(3-3) الاستنتاجات :

- 1- بوزونات البروتونات هي بوزونات فجوات ،وبوزونات النيوترونات هي بوزونات جسيمات.
- 2- من مقارنة القيم المحسوبة لنسب مستويات الطاقة والقيم النموذجية لهذه النسب المبينة في الجدول(1-3)

نجد ان النظير ($^{106}_{46}Pd$) ينتمي الى المنطقة الانتقالية بين التحديدين الاهتزازي $SV(5)$ وكما غير المستقر $O(6)$ وهو اقرب الى التحديد الاهتزازي اي ان طاقة البوزونات E هي المهيمنة في هاملتوني نموذج البوزونات المتفاعلة الاول (IBM-1). كما ان هناك ايضاً تأثير قليل لتفاعل الازدواج بين البوزونات

التحديد	$\frac{E4_1^+}{E2_1^+}$	$\frac{E6_1^+}{E2_1^+}$	$\frac{E8_1^+}{E2_1^+}$	$\frac{E0_2^+}{E2_1^+}$
SU(5)	2	3	4	2
SU(3)	3.33	7	12	>>2
O(6)	2.5	4.5	7	4.5

جدول 1-3 يبين قيم نسب الطاقة النموذجية للتحديدات

(4-3) المقترحات المستقبلية :

يمكن تطوير هذه الدراسة في مراحل الدراسات العليا بأستخدام برنامج حاسوبي خاص وحساب مستويات الطاقة

ENERGY LEVELS وكذلك احتمالية الانتقالات الكهرومغناطيسية ثنائية القطب المغناطيسي BM(I) ورباعية القطب

الكهربائي BE(2). كذلك حساب نسب الخلط بين هذين الانتقاليين. ويمكن أيضاً حساب نسب الخلط $\delta(E2/M1)$

المراجع العربية والاجنبية

١. فريدرك .ج. بوش، دافيد .أ. جيرد (١٩٩٥). "اساسيات الفيزياء"، الدار الدولية للإستثمارات الثقافية، جامعة سانت كلاود الحكومة.
 ٢. الجنابي، موسى (١٩٩٠). "مبادئ العلوم النووية" دار الشؤون الثقافية العامة جامعة بغداد.
 ٣. خليل، منيب عادل (١٩٩٤). "الفيزياء النووية" دار الكتاب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
 ٤. ديفيد روي (١٩٧٠). " (Nuclear collective motion) "
 ٥. K.H.Kim et al , Nucl. Phys.A(604),(1996)
 ٦. Dynamical symmetry(Default Book series) www.worldscientific.com
 ٧. " The vibrational limit" www.scinedirect.com
 ٨. S.Lalkovski and P.van,Phys.Rev.C(79),(2009)
 ٩. A.D.Jackson and F.lachello,phys.LeΣ.(108)B,(1982)
 ١٠. F.lachello.Plenum press,New York,(1981)
 ١١. A.Arima and F.lashello,Ann.phys(N.Y)99,(1976)
 ١٢. A.D.Jackson and F.lachello,phys.LeΣ.(108)B,(1982)
 ١٣. A.Gelbreg and A.Zemel,phys.Rev.C(22),(1980)
- I.Inci,Turk J . Phys, (2006)

