متوفرة على الموقع:http://www.basra-science-journal.org

ISSN –1817 –2695

دراسة التركيب النووي لنظائر البلاديوم pd باستخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة الأول IBM-1

عبد الرضا حسين صبر و بشار هادي عزيز

قسم الفيزياء/ كلية التربية / جامعة البصرة

الاستلام 10-9-2011، القبول 24-11-2011

المستخلص

تناول العمل الحالي دراسة التركيب النووي لنظائر $^{102-118}Pd$ باستخدام أنموذج البوزونات المتفاعلة الأول (IBM-1) إذ تعد النظائر التي تحت الدراسة من الأنوية المتوسطة الكتلة. تضمن العمل الحالي حساب مستويات الطاقة لكل من الحزمة الأرضية (ground band) وما يشبه حزمة بيتا و كاما (beta and gama) من خلال التغير المناسب لعوامل هاملتونيا الطاقة الأنموذج IBM-1 ،إذ حصلنا على توافق مقبول مقارنة مع القيم العملية لمستويات الطاقة . كما تم حساب احتمالية الانتقال المختزل لرباعي القطب الكهربائي B(E2) ، وكذلك نسب التفرع (branch ratio) للأنوية تحت الدراسة ومقارنة النتائج مع القيم العملية أيضا ، وكذلك تم حساب رباعي القطب الكهربائي (electrical quadruple) . وأخير بعد مناقشة النتائج والرسوم الخاصة بها وجدنا أن هذا الأنموذج مناسبا جداً لدراسة الخواص النووية التجميعية للأنوية (collection nuclear property)

1. المقدمة

1.1 الأنموذج الرياضي

إن التطور في نظرية التركيب النووي كان باقتراح نموذج البوزونات المتفاعلة (Interaction Boson Model) لـــ (Arima and Ischello) [1] . هذا النموذج كان ناجحا بشكل جيد لوصف الخصائص التجميعية للأنوية الزوجية - الزوجية[3-1] ذات الأعداد الكتلية المتوسطة و الثقيلة ،ومنذ ابتكاره امتد ليشمل حالات البرم العالي [4] (high-spin) وحالات الخلط [5] وظاهرة عنقودية جسيمة(α) [6] وكذلك تفاعل بوزون - فيرمون الذي جاء كتطوير للنموذج ، لمعالجة الأنوية ذات الأعداد الكتلية الفردية(odd- nuclei)[7] .

إن النسخة الأولى لنموذج (IBM) لـــ (Arima and Ischello) كان لا يميز بين بوزون - بروتون و بوزون - نيترون والذي يكتب بالشكل (IBM -1) وهو بذلك يشبه نموذج القشرة [8] حيث إن (IBM -1) يعتمد مخطط (truncation) لتحديد الدالة الموجية النووية . إن الخصائص التجميعية للمستويات المنخفضة للأنوية المتوسطة و الثقيلة لا يمكن أن توصف من خلال الترتيبات لنموذج القشرة حيث تتطلب الملايين من الترتيبات لوصف هذه الحالات ، أما في نموذج(IBM-1) إن خصائص هذه المستويات تمثل بالترتيبات

التجميعية للبوزونات ، وكما في نموذج القشرة إن عدد الجسيمات المكافئة تحسب خارج القشرة المغلقة ولذا فان تركيب المستويات المنخفضة يكون ناتج من تهيجات هذه الجسيمات وان ترتيب هذه الجسيمات يكون مهم بالنسبة للمستويات المنخفضة للأنوية الزوجية - الزوجية حيث تعامل الجسيمات كأزواج تمتلك زخم زاوي كلي يساوي j=0 أو j=2 وتعامل هذه الأزواج كبوزونات ولهذا فان عدد البوزونات يساوي عدد الجسيمات المزدوجة خارج القشرة المغلقة ، إن بوزون- بروتون أو بوزون نيترون الذي يحمل زخم زاوي j=0 يرمز له بـــ (S_ν,S_π) على التوالي أما الذي يحمل زخم زاوي j=2 يرمز له بـــ (d_ν,d_π) ،ولكي يأخذ بالحسبان اقتران (جسيم - فجوة) في فضاء الجسيم فان عدد بوزون - بروتون أو بوزون - نيترون تأخذ كعدد لأزواج الفجوات إذا كان أكثر من نصف القشرة مملوء [1] ، كما يتميز نموذج IBM-1 بما يسمى التناظرات الديناميكية التي تحدد ثلاث زمر ، الزمرة الاهتزازية (vibration)والزمرة الدورانية(rotationl) والزمرة الانتقالية(transition) لان النماذج التجميعية ومنها IBM تقسم الأنوية إلى انوية اهتزازية و دورانية وانتقالية . تم اعتماد النسبة $\frac{E4_1}{E2_1}$ لتحديد انتماء كل نظير إلى كل من الزمر المذكورة أعلاه ، حيث القيمة النموذجية لهذه النسبة تساوي 2 بالنسبة للتحديد الاهتزازي و 2.5 للتحديد الانتقالي و3.3 للتحديد الدوراني[9] . إن الهاملتوني العام للنموذج يكتب بالصيغة التكميم الثانية بالشكل التالي

$$H = E_\circ + \varepsilon_S(s^+.s^-) + \varepsilon_d \sum_\mu d_\mu^+ d_\mu^-$$
$$+ \sum_{L=0,2,4} \frac{1}{2}(2L+2)^{1/2} C_L\left[(d^+ \times d^+)^{(L)} \times (d^- \times d^-)^{(L)}\right]_0^{(0)}$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{2}}\nu_2\left[(d^+ \times d^+)^{(2)} \times (d^- \times s)^{(2)} + (d^+ \times s^+)^{(2)} \times (d^- \times d^-)^{(2)}\right]_0^{(0)}$$
$$+ \frac{1}{2}\nu_\circ\left[(d^+ \times d^+)^{(0)} \times (s \times s)^{(0)} + (s^+ \times s^+)^{(0)} \times (d^- \times d^-)^{(0)}\right]_0^{(0)}$$
$$+ u_2\left[(d^+ \times s^+)^{(2)} \times (d^- \times s)^{(2)}\right]_0^{(0)} + \frac{1}{2}u_\circ\left[(s^+ \times s^+)^{(0)} \times (s \times s)^{(0)}\right]_0^{(0)} \qquad (1)$$

حيث إن $S^\dagger$ و S^- هي مؤثرات البناء و الهدم على التوالي للبوزونات من نوع S والتي تملك زخم زاوي كلي يساوي j=0 و $d^\dagger$ و d^- مؤثرات البناء و الهدم للبوزونات من نوع d التي تملك زخم زاوي كلي j=2 وهذه المؤثرات تخضع لعلاقات التبادل التالية

$$\left\{\begin{array}{c} [s,s^+] = 1\,,[s,s] = [s^+,s^+] = 0 \\ [d_u^-,d_u^+] = \delta_{uu}\,,[d_u^-,d_u^-] = [d_u^+,d_u^+] = 0 \\ [s,d_u^+] = [s,d_u^-] = [s^+,d_u^+] = [s^+,d_u] \end{array}\right\} \qquad (2)$$

إن الهاملتونيا المستخدم في هذا العمل (Multiple expansion) هو

$$H = \varepsilon_d n_d + a_0 P.P + a_1 L.L + a_2 Q.Q + a_3 T_3.T_3 + a_4 T_4.T_4 \qquad (3)$$

حيث إن n_d يمثل مؤثر عدد البوزونات من نوع d أما $(p.p)$،$(L.L)$،$(Q.Q)$ ($T_3.T_3$)، ($T_4.T_4$) تمثل حد الازدواج والزخم الزاوي ورباعي القطب و سداسي القطب و ثماني القطب الكهربائي للتفاعل بين البوزونات ، أما ε فتمثل طاقة البوزن و a_0، a_1، a_2، a_3، a_4 تمثل قوة التفاعل لكل حد من حدود الهاملتونيا [9]

2.1 الدراسات السابقة

قام K.H.Kim ,et al (1996) بدراسة مجموعة من نظائر $Pd^{102-112}$ مستخدمين IBM-2 حيث قاموا بحساب مستويات الطاقة واحتمالية الانتقالية المختزلة وكذلك نسب التفرع واعتمدوا نسب التفرع لتحديد انتماء كل نظير كما لاحظوا سلوك هذه النسب كدالة لعدد النيترونات ووجدوا إن هناك نقصان في قيمة النسبة كلما اقتربنا من القشرة المغلقة وحصلوا على توافق جيد مع القيم العملية [10] .

وكذلك استخدم الباحث INCl (2006) . نموذج البوزونات المتفاعلة الثاني IBM-2 لدراسة خواص نظائر $^{102-110}Pd$ حيث استطاع الحصول على مستويا الطاقة وكانت نتائجه ذات توافق جيد مع القيم العملية ، وقامة بحساب نسبة الخلط $\delta(E2/M1)$ لكافة النظائر تحت الدراسة [11] .

كما قام الباحث L.Prochiak (2006) بدراسة التماثلات الديناميكية لـــ E(5) و x(5), واختار عدد من النظائر منها النظير ^{102}Pd كونه يمتلك خصائص انتقالية بين التحديد U(5) و E(5) حيث قام بحساب مستويات الطاقة مستخدما نموذج IBM-1 وحصل على توافق جيد بالنسبة لمستويات الطاقة مقارنة مع القيم العملية ومستويات الطاقة للتحديد E(5) كما قام بحساب احتمالية الانتقال المختزل وكان هناك تتطابق ممتاز مع النتائج العملية بالنسبة الانتقال$(2_1 \text{---} 0_1)$ [12] .

ودرس الباحثين S.Lalkovski and P.Van Isacker (2009) مجموعة من النظائر مستخدمين نموذج البوزونات المتفاعلة الأول ، ومنها نظيري ^{106}Pd , ^{112}Pd بالنسبة للنظير ^{112}Pd قاما بحساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية وللنظير^{106}Pd حسبوا مستويا الطاقة للحزمة الأرضية وحزمة بيتا وحزمة كاما كما حصلوا على احتمالية الانتقال المختزل لكلا النظيرين وكان هناك توافق جيد مع القيم العملية وشملت الدراسة نظائر Zr,Mo,Ru إضافة Pd بالنسبة لمستويات الطاقة لاحظوا إن المستوي 2^+_1 للنظير ^{106}Pd ينقص عند الاقتراب من ^{106}Zr ،وكذلك مستويات الطاقة لحزمة كاما تنقص عند ازدياد عدد البوزونات. أما احتمالية الانتقال المختزل للانتقال$(2_1 \text{---} 0_1)$ لاحظوا زيادة في قيمة الاحتمالية عند الانتقال من التحديد الاهتزازي U(5) إلى التحديد الدوراني SU(3) [13] .

كما قامت الباحثة (2009) سهير ذياب بدراسة نظائر $^{100-116}Pd$ باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة الأول حيث قامت بحساب احتمالية الانتقال المختزل , B(E2) B(E1) وكذلك طاقة جهد السطح للأنوية من خلال التغير المناسب لبارامترات الهاملتونيا للـــــIBM-1 ووجدت عند دراسة طاقة جهد السطح إن الأنوية $^{100-110}Pd$ تنتمي إلى التحديد الاهتزازي U(5) أما ^{112}Pd فتنتمي إلى التحديد الانتقالي (γ– soft) أما النظائر $^{114-116}Pd$ فإنها تمتلك شكل متطاول لذا تمتلك خصائص التحديد الدوراني المشوه [14].

ودرس كل من M.Boyukata , et al (2010) مجموعة من النظائر ضمن المنطقة (A~100 mass) ومنها نظائر Pd $56 \leq N \leq 76$ باستخدام IBM-1 حيث قاموا بإضافة حد جديد للهاملتونيا هو(λn^2_d) وقاموا بحساب مستويات الطاقة للحزمة الأرضية وحزمة بيتا وحزمة كاما وكان هناك توافق جيد مع القيم العملية كما قاموا بحساب احتمالية الانتقال لرباعي القطب الكهربائي المختزلة B(E2) للانتقالات

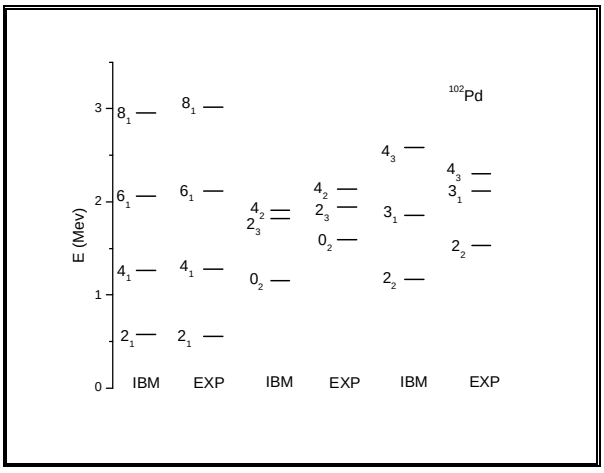
$(2_1 \text{---} 0_1),(4_1 \text{---} 2_1),(0_2 \text{---} 2_1)$ ووجدوا إن احتمالية الانتقال$(0_2 \text{---} 2_1)$ التي هي انتقال من Two-phonon إلى One-phonon تبدأ بالنقصان وتصبح صغير N=64 باتجاه N=76 [15] .

2.الحسابات والنتائج

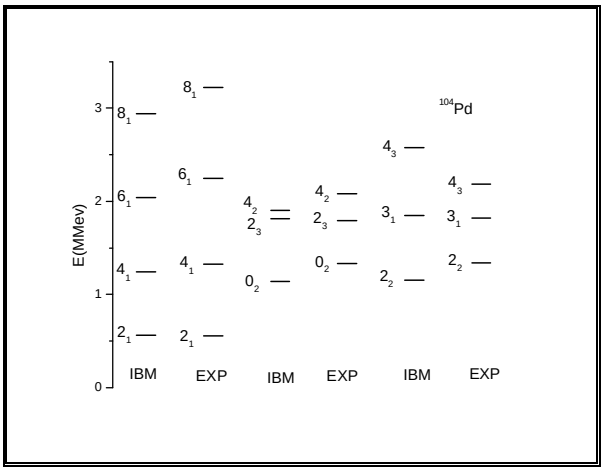
1.2 مستويات الطاقة

لقد تم استخدام الهاملتونيا في المعادلة (3) في البرنامج الحاسوبي الخاص بالأنموذج حيث قمنا بتغير المعاملات ضمن حدود معينة للحصول على توافق مقبول مع القيم العملية لمستويات الطاقة الموضحة في الأشكال من(a-1) إلى (i-1) ،والجدول (1) يوضح قيم المعاملات المستخدمة في هذه الدراسة فبالنسبة لمستويات الطاقة للحزمة الأرضية (2^+_1,4^+_1,6^+_1,8^+_1) نلاحظ إن هناك توافق بشكل ممتاز للقيم المحسوبة نظريا مع القيم العملية حيث نلاحظ بالنسبة للنظير ^{102}Pd إن هناك شبه تتطابق للمستويين 2^+_1,4^+_1 التي كانت قيمتيهما النظرية (0.572، 1.261)Mev والعملية Mev (0.556 ،1.275) على التوالي . وكذلك بالنسبة للنظير ^{104}Pd حيث نلاحظ إن التوافق مقبول بالنسبة لكل المستويات ونلاحظ إن هناك توافق ممتاز بالنسبة للمستوي 2^+_1 التي قيمته النظرية و العملية Mev (0.560 ، 0.558) على التوالي ونلاحظ إن شذوذ بالنسبة للمستوي 8^+_1 عن القيمة العملية ولكنه يبقى ضمن المدى المعقول لتقريب أنموذج البوزونات المتفاعلة ، وكذلك بالنسبة للنظير ^{106}Pd ولكن هناك تتطابق جيد جدا للمستوي 2^+_1 حيث كانت القيمتين النظرية والعملي Mev (0.517 ، 0.511) على التوالي ، وحصلنا على تتطابق تام للنظير ^{108}Pd للمستويين 2^+_1 ، 8^+_1 والتي قيمهما النظرية والعملية كانت على التوالي Mev (0.433 ، 2.397 و 0.433 ، 2.397) وكانت بقية المستويات متوافقة بشكل جيد وكذلك الحال للنظير ^{110}Pd حيث كان التوافق شبه تام للمستوي 2^+_1 وباقي المستويات كان التوافق ضمن الحدود المقبولة ، أما النظير ^{112}Pd فقد استطعنا باستخدام البرنامج الحاسوبي من حساب قيمة المستوي 8^+_1 وكانت 2.1 حيث إن قيمة هذا المستوي غير محسوبة عمليا والتوافق ذا الدرجة الممتازة كان أيضا للمستوي 2^+_1 وبقية المستويات كانت متوافقة بشكل جيد مع القيم العملية. وهكذا لبقية النظائر فقد شذت قيمة المستوي 8^+_1 للـــ ^{114}Pd ولكنها بقيت ضمن الحدود المعقولة وحصلنا على تتطابق تام للمستوي 2^+_1 للنظير ^{116}Pd وكذلك ^{118}Pd وبشكل عام مستويات الحزمة الأرضية للنظائر تحت الدراسة كانت متوافقة مع القيم العملية ضمن الحدود المقبولة . أما بالنسبة للحزمة الثانية التي كانت تمتلك بعض من خصائص حزمة بيتا لذا فهي شبيه بحزمة بيتا لان ترتيب المستويات لحزمة بيتا يكون كالآتي (4^+_2,2^+_2,0^+_2) على التوالي أما الحزمة التي ظهرت في حساباتنا كانت بالترتيب التالي (4^+_2,2^+_3,0^+_2) حيث ظهور المستوي 2^+_3 ما بين المستويين 0^+_2 و 4^+_2 أدى إلى اعتبار هذه الحزمة شبيه بحزمة بيتا . وبشكل عام كان هناك توافق للقيم العملية والنظرية مع وجود شذوذ لبعض القيم النظرية عن القيم العملية ولكنه يبقى في حدود المقبولة ، والملاحظة العامة لهذه الحزمة التي سنسميها بالحزمة الثانية إن فرق الطاقة للقيم النظرية للمستويين 2^+_3 و4^+_2 يكون اقل من القيمة العملية حيث نلاحظ من الأشكال لمستويات الطاقة ، قرب المستويين من بعضهما البعض بالنسبة للقيم النظرية ، كما استطعنا إن نحصل على توافق ملفت للنظر ضمن حدود هذه الحزمة للنظير ^{106}Pd وكذلك للنظير ^{108}Pd و ^{110}Pd والشذوذ الغير متوقع حصل عند النظير ^{116}Pd حيث جاء ترتيب المستويات كالتالي (2^+_3,4^+_2,0^+_2) وهذا أيضا يؤكد لنا إن هذه الحزمة لا تمثل حزمة بيتا وان ترتيب المستويات لا يخضع لتنظيم ثابت وكذلك الحال بالنسبة للحزمة الثالثة التي هي شبيه بحزمة كاما ولكنها تختلف عن الحزمة الثانية بان ترتيب المستويات بالنسبة للقيم النظرية والعملية جاء ضمن ترتيب ثابت لجميع النظائر حيث كان بالشكل التالي (4^+_3,3^+_1,2^+_2) كما إن التوافق بين القيم العملية والنظرية كان مقبول بشكل جيد حيث نلاحظ إن قيمة 3^+_1 للنظير ^{104}pd كانت قريبة من القيمة العملية وكذلك بالنسبة للـــ $^{106-108-110-112-114-116}$Pd وهذا موضح بالأشكال الخاصة بمستويات الطاقة للنظائر تحت الدراسة . الآن نتناول سلوك مستويات الطاقة كدالة لعدد النيترونات ، نلاحظ من الشكل (2-a) الخاص

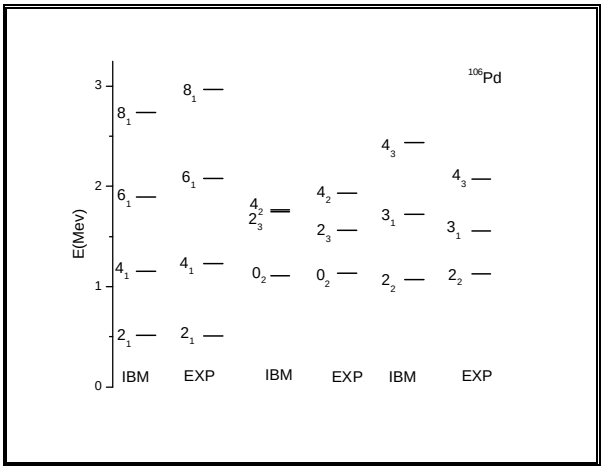
بالحزمة الأرضية إن سلوك مستويات الطاقة للقيم النظرية مشابه بالشكل العام لسلوك مستويات الطاقة للقيم العملية ومتطابقة تماما للمستوي 2^+_1 حيث نلاحظ إن جميع المستويات تنخفض عند المنطقة ما بين N=66 و N=68 حيث تعتبر هذه المنطقة ، منطقة انخفاض لمستويات الطاقة ويعود السبب إلى تأثير القشرة المغلقة لان هذه المنطقة تقع تقريبا عند منتصف المسافة ما بين القشرتين المغلقتين (50-82) فكلما كان عدد النيترونات وبالتالي البوزونات قريبة إلى القشرة المغلقة زادة طاقة فصل النيترون وتكون النواة اقرب الشكل الكروي الاهتزازي حيث نلاحظ انه بعد هذه المنطقة سيرتفع المنحني من جديد لأننا بدأنا الاقتراب من القشرة المغلقة 82 . أما بالنسبة للحزمة الثانية كما مبين في الشكل-2 (b) فنلاحظ إنها تسلك نفس سلوك الحزمة الأرضية بالنسبة لتأثرها بالقشرة المغلقة حيث نجد إن منطقة الانخفاض كذلك تقع عند N=66 و N=68 ولكن الارتفاع يكون بشكل طفيف وقد يعود السبب لان هذه الحزمة لا تعود إلى حزمة بيتا بل هي شبيها بها لذا تظهر سلوك مختلف عن المتوقع وقد تكون طاقة بعض المستويات ليست ناتجة عن السلوك الجمعي للبوزونات بل من تهيج نيكلون واحد أو أكثر من النيكلونات خارج القلب المغلق للقشرة المغلقة ، حيث نلاحظ إن هناك تقاطع مابين منحني 2^+_2 و0^+_2 عند المنطقة الممتدة بين N=58 و N=60 حيث تبدأ الـــ 2^+_2 بالانخفاض تحت منحني الـــ 0^+_2 وهذا يؤكد مرة أخرى إن هذه الحزمة لا تعود إلى حزمة بيتا وقد يكون هذا السلوك كما ذكرنا ناتج عن إن بعض المستويات يحصل فيها خلط بحيث يصعب تحديد المستوي إلى أي حزمة ينتمي حيث قد تكون هذه الحالة ناتجة كما ذكرنا عن الحركة الفردية لبعض النيكلونات خارج القلب المغلق . وهذا ما نلاحظه بالنسبة للحزمة الثالثة المبين في الشكل(2-c) حيث نلاحظ إن منحني الـــ 3^+_1 يتقاطع مع منحني الـــ 2^+_3 عند المنطقة الممتدة من N=60 إلى N=62 ثم ينخفض المنحني ويصبح تحت منحني المستويات للـــ 2^+_3 وقد يعود السبب نفسه الذي ذكرناه عند مناقشة سلوك الحزمة الثانية قبل قليل .



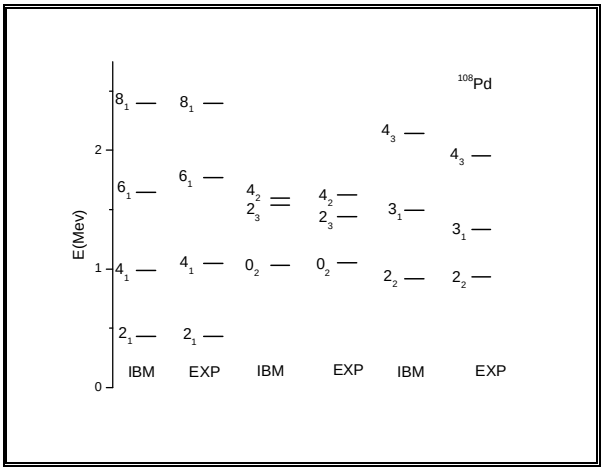
(1-a)


E(MMev)
104Pd
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

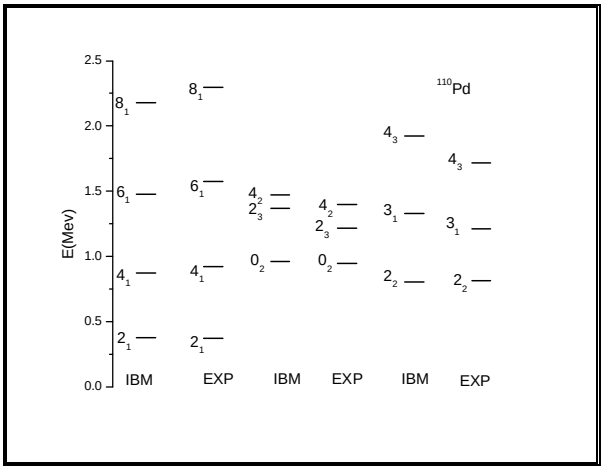
(1-b)


E(Mev)
106Pd
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

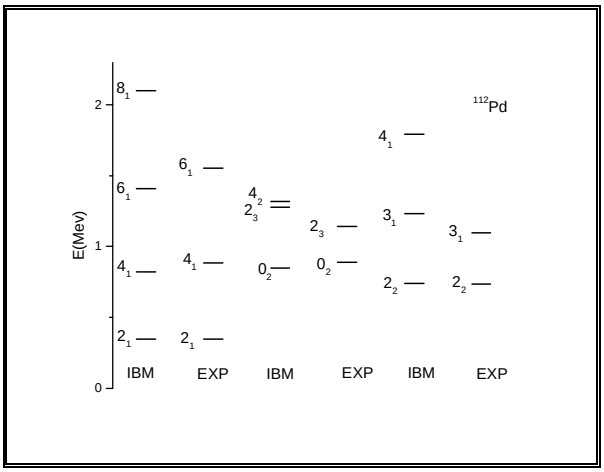
(1-c)


E(Mev)
108Pd
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

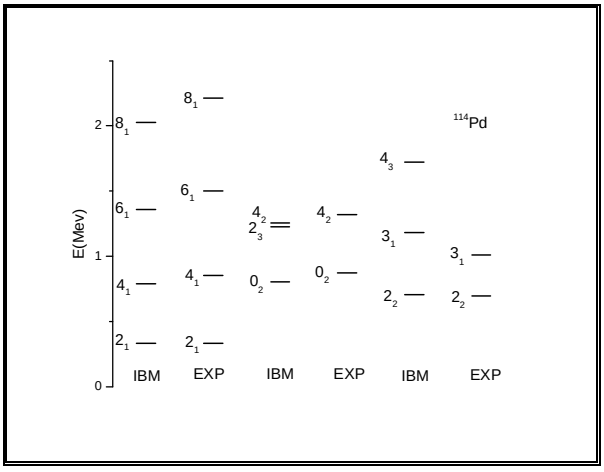
(1-d)


^{110}Pd
E(Mev)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
8_1
6_1
4_1
2_1
4_2
2_3
0_2
4_3
3_1
2_2
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

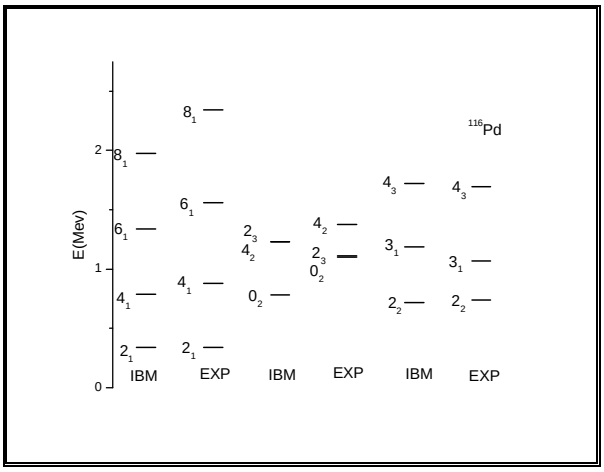
(1-e)


^{112}Pd
E(Mev)
2
1
0
8_1
6_1
4_1
2_1
4_2
2_3
0_2
4_3
3_1
2_2
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

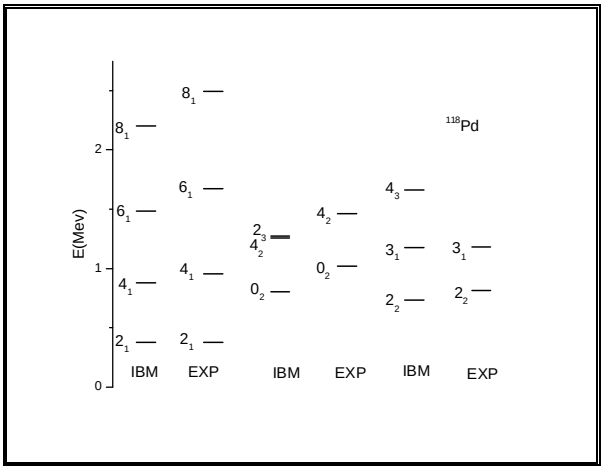
(1-f)


^{114}Pd
E(Mev)
2
1
0
8_1
6_1
4_1
2_1
4_2
2_3
0_2
4_3
3_1
2_2
IBM
EXP
IBM
EXP
IBM
EXP

(1-g)

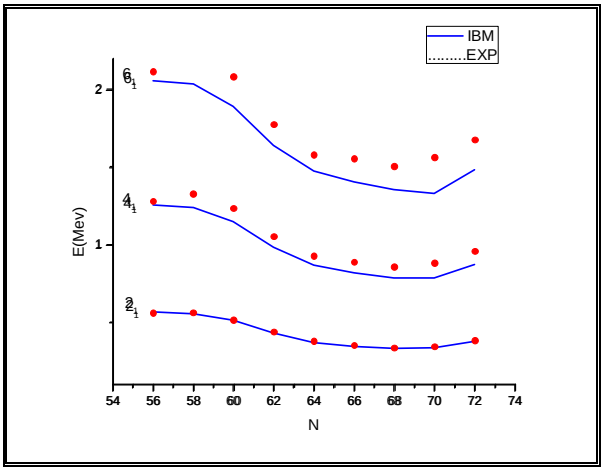


(1-h)

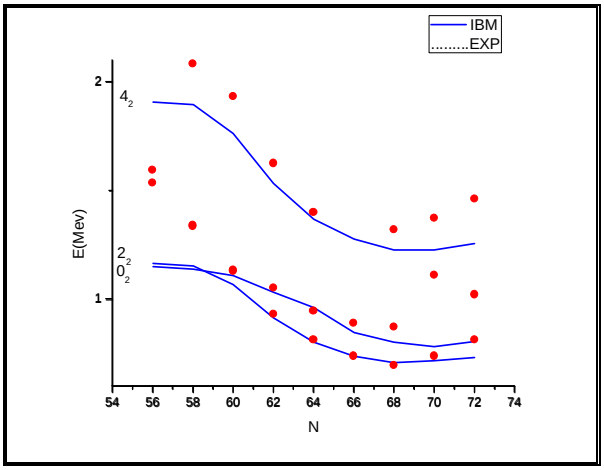


(1-i)

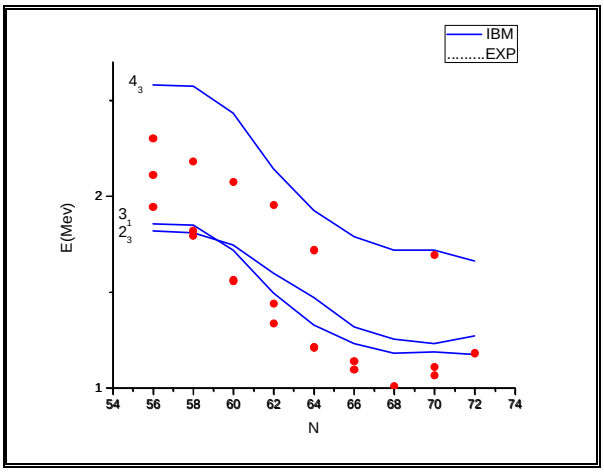
الشكل 1.(a----i) مقارنة قيم مستويات الطاقة لنظائر pd مع القيم العملية



(2-a)



(2-b)

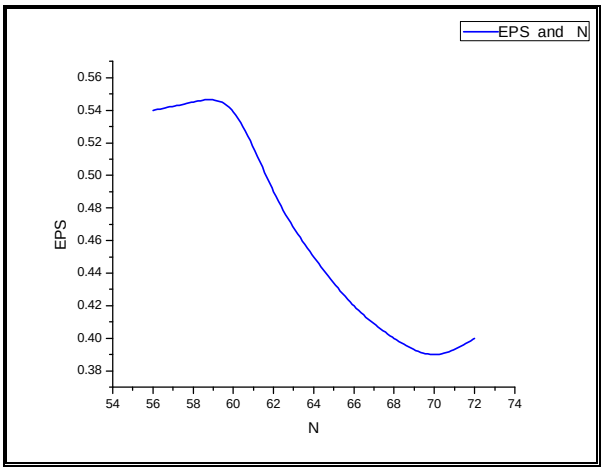


(2-c)

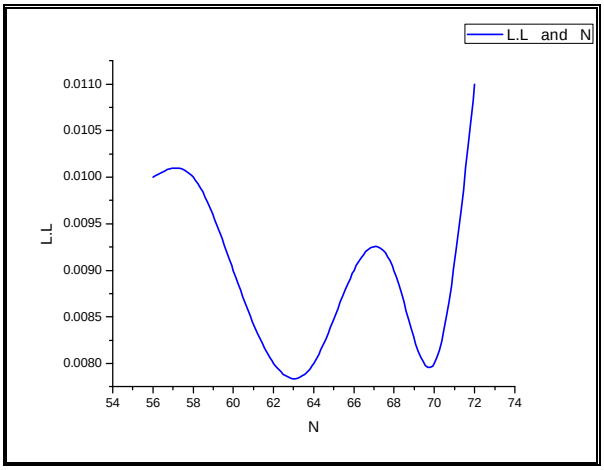
الشكل 2. (a----c) يمثل مستويات الطاقة كدالة لعدد النيترونات

يمثل الجدول(1) قيم المعاملات المستخدمة في هذه الدراسة

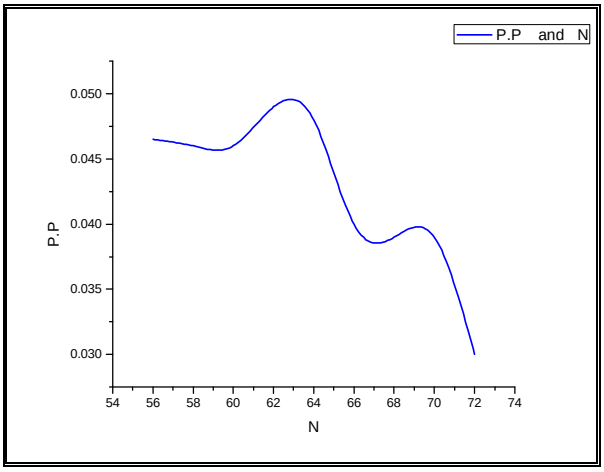
Isotopes	EPS	P.P	L.L	Q.Q	$T_3.T_3$	$T_4.T_4$	CHI	SO6
^{102}pd	0.540	0.0465	0.010	-0.0002	0.0310	0.0022	0.56	1.80
^{104}pd	0.545	0.0460	0.010	-0.0002	0.0350	0.0022	0.56	1.82
^{106}pd	0.539	0.0460	0.009	-0.0002	0.0300	0.0022	0.56	1.80
^{108}pd	0.490	0.0490	0.008	-0.0002	0.0296	0.0022	0.56	1.78
^{110}pd	0.450	0.0480	0.008	-0.0002	0.0294	0.0022	0.56	1.75
^{112}pd	0.420	0.0400	0.009	-0.0002	0.0290	0.0022	0.56	1.70
^{114}pd	0.400	00.039	0.009	-0.0001	0.0290	0.0022	0.56	1.65
^{116}pd	0.390	0.0390	0.008	-0.0001	0.0290	0.0022	0.56	1.60
^{118}pd	0.400	0.0300	0.011	0.0000	0.0048	0.0022	0.56	1.90


EPS and N
EPS
N
0.56
0.54
0.52
0.50
0.48
0.46
0.44
0.42
0.40
0.38
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74

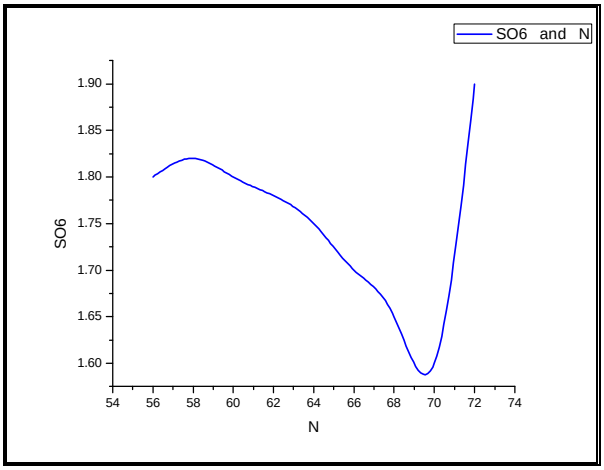
(3-a)


L.L and N
L.L
N
0.0110
0.0105
0.0100
0.0095
0.0090
0.0085
0.0080
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74

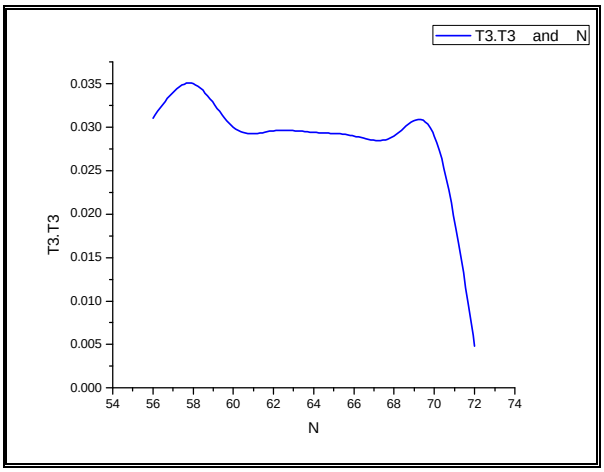
(3-b)


P.P and N
P.P
N
0.050
0.045
0.040
0.035
0.030
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74

(3-c)



(3-d)



(3-e)

الشكل 3.(a-----e) يمثل المعاملات كدالة لعدد النيترونات

2.3احتمالية الانتقال الكهربائي المختزل

تعرف احتمالية الانتقال المختزل Reduce Transition Probability بأنها احتمالية الانتقال من مستوي طاقة له زخم زاوي J_i إلى مستوي له زخم زاوي J_f بحيث تحقق قواعد الانتقاء Selection Rules . إن عنصر المصفوفة يكون كبير عندما يتحقق الشرط $\Delta J=2$ بينما المستويات التي لها $\Delta J=1$ يصبح عنصر المصفوفة ضعيف وهذا كله مرتبط بالمستويات التي لها نفس التماثلParity و يبين الجدولين (2-a,2-b) القيم النظري والعملية لاحتمالية الانتقال المختزل . حيث حصلنا على توافق بين القيم العملية والنظرية للانتقاليين $2_1 \rightarrow 0_1$ و $4_1 \rightarrow 2_1$ لكافة النظائر بشكل ممتاز ، حيث حصلنا على القيم النظرية لاحتمالية الانتقال من خلال الاعتماد على ثلاثة معامل هي كالآتي

SO6,α,β حيث البارامتر الأخير هو احد معاملات هاملتونيا الطاقة وتم تغير المعاملات الأخرى حيث تراوحت قيمة β بين 0.5 و 0.2 أما α فقد أخذت القيم بين 0.129 و 0.058 .كما قمنا بدراسة احتمالية الانتقال للانتقال $4_1 \rightarrow 2_1$ كدالة لعدد النيترونات كما موضح في الشكل (4) ، حيث لاحظنا إن المنحني يبدأ بالزيادة بشكل تدريجي ثم يحصل انخفاض عند المنطقة ما بين N=64 و N=62 وقد يكون السبب كون إن الأنوية في هذه المنطقة والتي هي $^{108-110}Pd$ تنتمي إلى التحديد E(5) الذي يدعى بالتحديد الانتقال الطوري Phase Transition حيث تبدأ خصائص التحديد O(6) بالظهور على حساب خصائص التحديد U(5) على شكل انقلاب بالطور ،ثم يبدأ بعد ذلك المنحني بالصعود ويصل القمة

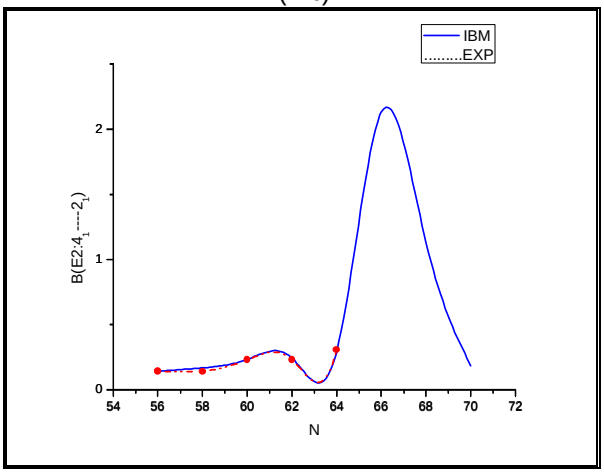
عند N=66 حيث نبلغ منتصف المسافة بين القشرتين المغلقتين 50 و82 فتكون قيمة الاحتمالية كبيرة جدا بسبب الزيادة في عدد النيترونات والابتعاد عن القشرة المغلقة 50 وبعد ذلك ينخفض المنحني عند الاقتراب من القشرة المغلقة 82 حيث ستزداد طاقة الفصل للنيترونات

الجدول 2.(a-b) يمثل مقارنة بين القيم النظرية والقيم العملية لاحتمالية الانتقال لرباعي القطب الكهربائي بوحدات $e^2.b^2$

	^{102}Pd α=0.0701, β=0.5 SO6=1.8		^{104}Pd α=0.06677, β=0.2 SO6=1.82		^{106}Pd α=0.071, β=0.5 SO6=1.8		^{108}Pd α=0.066, β=0.5 SO6=1.78		^{110}Pd α=0.0665, β=0.5 SO6=1.65	
	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP
$B(E2: 2_1 \rightarrow 0_1)$	0.0924	0.0922*(65)*	0.1071	0.1072*(29)*	0.1455	0.1462	0.1538	0.1539*(450)*	0.1843	0.1815*(120)*
$B(E2: 2_2 \rightarrow 0_1)$	0.0142	0.0118*(59)*	0.0035	0.0037*(29)*	0.0331	0.0302*(29)*	0.0620	0.0025*(27)*	0.0935	0.0025*(210)*
$B(E2: 2_2 \rightarrow 2_1)$	0.1392	0.0424*(56)*	0.1673	0.0633*(490)*	0.2300	0.1162	0.2406	0.2199*(180)*	0.2851	0.1784*(310)*
$B(E2: 0_2 \rightarrow 2_1)$	0.1051	-	0.1213	0.0383*(370)*	0.1606	0.1199	0.1439	0.1588*(150)*	0.1490	0.1158*(210)*
$B(E2: 4_1 \rightarrow 2_1)$	0.1403	0.1441*(70)*	0.1679	0.1423*(200)*	0.2323	0.2324	0.2442	0.2322*(270)*	0.2909	0.3099*(400)*
$B(E2: 4_2 \rightarrow 4_1)$	0.0716	-	0.0913	0.0290*(290)*	0.1298	0.0730	0.1374	0.0916*(210)*	0.1640	-
$B(E2: 3_{1\rightarrow} 2_1)$	0.0153	-	0.0041	-	0.0406	-	0.0751	-	0.1124	-
$B(E2: 3_1 \rightarrow 4_1)$	0.0428	-	0.0547	-	0.0776	-	0.0820	-	0.0978	-

	^{112}Pd α=0.1722, β=0.5 SO6=1.7		^{114}Pd α=0.129, β=0.5 SO6=1.65		^{116}Pd α=0.058, β=0.5 SO6=1.6	
	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP
$B(E2: 2_1 \rightarrow 0_1)$	1.337	1.337	0.712	0.712	0.115	0.114(335)
$B(E2: 2_2 \rightarrow 0_1)$	0.0977	-	0.098	-	0.0727	-
$B(E2: 2_2 \rightarrow 2_1)$	2.109	-	1.1244	-	0.182	-
$B(E2: 0_2 \rightarrow 2_1)$	1.089	-	0.572	-	0.102	-
$B(E2: 4_1 \rightarrow 2_1)$	2.128	-	1.1316	-	0.184	-
$B(E2: 4_2 \rightarrow 4_1)$	1.230	-	0.655	-	0.105	-
$B(E2: 3_{1\rightarrow} 2_1)$	0.120	-	0.12	-	0.089	-
$B(E2: 3_1 \rightarrow 4_1)$	0.736	-	0.392		0.062	-

(2-b)



الشكل(4) احتمالية الانتقال لرباعي القطب الكهربائي كدالة لعدد النيترونات

3.نسب التفرع

يمكن تعريف نسب التفرع بأنها النسبة بين انتقاليين احدهما قوي والأخر ضعيف والغاية من نسب التفرع هو معرفة شكل النواة والتحديد الذي تنتمي إليه. وقد حصلنا على توافق جيد للنسب بين $B(E2:4_1 \rightarrow 2_1)$ و $B(E2:2_1 \rightarrow 0_1)$ حيث تكون هذه النسبة للانتقال داخل الحزمة الأرضية وعلى توافق شبه مقبول بين الانتقاليين $B(E2:2_2 \rightarrow 0_1)$ و $B(E2:2_2 \rightarrow 2_1)$ حيث الانتقال بين الحزمة الثانية إلى الحزمة الأرضية. لذا نلاحظ إن أقوى الانتقالات تقع بين مستويات الحزمة الأرضية والجدولين (3-a)و(3-c) تبين القيم النظرية والعملية لنسب التفرع. كما تم استخدام معادلة بدلالة عدد البوزونات لحساب نسبة التفرع R_1 وهي تكتب بالشكل التالي.

$$R_1 = 1.4\frac{(N-1)*(N-5)}{N*(N+4)} \quad (4)$$

الجدول 3.(a----d) يمثل نسب التفرع لجميع نظائر البلاديوم

Ratios	^{102}pd		^{104}pd		^{106}pd		^{108}pd		^{110}pd	
	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP
$R_1 = \frac{B(E2:4_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.518	1.562	1.567	1.327	1.596	1.419	1.587	1.508	1.578	1.707
$R_2 = \frac{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.506	0.459	1.562	0.590	1.580	0.779	1.564	0.595	1.546	0.982
$R_3 = \frac{B(E2:0_2\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.137	-	1.132	0.357	1.103	0.859	0.935	1.031	0.808	0.638
$R_4 = \frac{B(E2:2_2\rightarrow 0_1)}{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}$	0.102	0.278	0.020	0.058	0.143	0.297	0.257	0.027	0.327	0.014
$R_5 = \frac{B(E2:3_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:3_1\rightarrow 4_1)}$	0.357	-	0.074	-	0.523	-	0.915	-	1.149	-
$R_6 = \frac{B(E2:4_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}$	1.007	3.398	1.003	2.248	1.01	1.820	1.014	2.534	1.020	1.737

(3-a)

	^{102}pd	^{104}pd	^{106}pd	^{108}pd	^{110}pd
$R_1 = \frac{B(E2:4_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.518	1.567	1.596	1.587	1.578
EXP	1.562	1.327	1.419	1.508	1.707
$\boldsymbol{R_1 = 1.4\frac{(N-1)*(N-5)}{N*(N+4)}}$	1.1687	1.1761	1.1830	1.1895	1.1957

(3-b)

Ratios	^{112}pd		^{114}pd		^{116}pd	
	IBM	EXP	IBM	EXP	IBM	EXP
$R_1 = \frac{B(E2:4_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.591	-	1.589	-	1.6	-
$R_2 = \frac{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	1.577	-	1.578	-	1.582	-
$R_3 = \frac{B(E2:0_2\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_1\rightarrow 0_1)}$	0.814	-	0.803	-	0.886	-
$R_4 = \frac{B(E2:2_2\rightarrow 0_1)}{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}$	0.046	-	0.087	-	0.395	-
$R_5 = \frac{B(E2:3_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:3_1\rightarrow 4_1)}$	0.163	-	0.306	-	1.435	-
$R_6 = \frac{B(E2:4_1\rightarrow 2_1)}{B(E2:2_2\rightarrow 2_1)}$	1.009	-	1.006	-	1.010	-

(3-c)

	^{112}pd	^{114}pd	^{116}pd
$R_1 = \frac{B(E2:4_1 \to 2_1)}{B(E2:2_1 \to 0_1)}$	1.591	1.589	1.6
EXP	-	-	-
$\boldsymbol{R_1 = 1.4\frac{(N-1)*(N-5)}{N*(N+4)}}$	1.2015	1.172	1.212

(3-d)

4.عزم رباعي القطب الكهربائي

إن وجود قيمة لعزم رباعي القطب الكهربائي(electrical quadrauple momentum) لأي نواة يعني إن توزيع الشحنة داخل النواة يختلف عن الشكل الكروي أي إن قيمة عزم رباعي القطب الكهربائي يمكن اعتباره كمقياس لانحراف الكثافة النووية عن الشكل الكروي ، والجدير بالذكر إن حساب النسبة $\frac{E4_1}{E2_1}$ أو قيمة احتمالية الانتقال المختزل B(E2) لا

(5)

حيث I الزخم الزاوي والجدول (4) يوضح القيم العملية والنظرية لعزم رباعي القطب الكهربائي اعتمادا على قيمة احتمالية الانتقال المختزلة $B(E2: 2_1 \to 0_1)$ تقودنا إلى معرفة فيما إذا كانت النواة مشوه بشكل بيضوي متطاول (Prolate) أو بيضوي مفلطح (Oblate)، حيث الأول يمكن معرفته فيما إذا كان عزم رباعي القطب للنواة ذا قيمة موجبة Q>0 والثاني إذا كان عزم رباعي القطب ذا قيمة سالبة Q<0 . وقد تم اعتماد المعادلة التالية لحساب عزم رباعي القطب الكهربائي للأنوية تحت الدراسة . [16]

$$Q = \left(\frac{16\pi}{5}\right)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{I(2I-1)}{(I+1)(2I+3)}\right]^{\frac{1}{2}} \left[B\left(E2: I_i \to I_f\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

ونلاحظ من قيم الجدول (4) إن الأنوية التي قمنا بدراسة خصائصها تمتلك شكل بيضوي متطاول (Prolate) .

الجدول 4 يمثل مقارنة بين القيم العملية والنظرية لعزم رباعي القطب الكهربائي

	^{102}pd	^{104}pd	^{106}pd	^{108}pd	^{110}pd	112pd	114pd	116pd
IBM-1	0.51	0.55	0.64	0.66	0.72	3.8308	2.046	0.330
EXP	0.20	0.45	0.51	0.58	0.72	-	-	-

المصادر

1- A.Arima and F.Iashello,Ann.phys(N.Y)99,(1976)

2- 0.Scholten,ph.D,University of Groningen,(1980)

3- F.Iachello,Plenum press,New York,(1979)

4- A.Gelbreg and A.Zemel,phys.Rev.C(22),(1980)

5- P.D.Duval and B.R.Barrett,Nucl.phys.A(376),(1982)

6- A.D.Jackson and F.Iachello,phys.Lett.(108)B,(1982)

7- F.Iachello.Plenum press,New York,(1981)

8- T.Otsuka et al ,phys.Lett.(76)B,(1978)

9- علي مهدي، رسالة ماجستير. كلية التربية. جامعة البصرة(غير منشور)

10- K.H.Kim et al ,Nucl .Phys.A(604),(1996)

11- I.Inci,Turk J . Phys, (2006)

12- L.Prochiak,Phy . Polonica.Vol(38).N0(4),(2006)

13- S.Lalkovski and P.van,Phys.Rev.C(79),(2009)

14- S.Diab,Progress in Phys.Vol(1).P(44)(2009)
15- M.Boyukata,Phys.Rew.C(37)(2010)
16- V.Devi,Nucl.Phys.A(172),(2009)

Abstract

In the present article we investigate the nuclear structure of ^{102} – ^{118}pd using the Interacting Boson Model (IBM-1). These nuclei assumed to be as medium mass nuclei. Energy levels of low lying states have been calculated and classified into ground, Beta and Gamma bands. All the results were compared with experimental data and acceptable agreement obtained. The reduced electric quadruple transition probabilities B(E2) were calculated and compared with available experimental data. From the results of calculation it is found that model is suitable for description of nuclear structure of this nucleus, specially the collectivity properties.