دراسة الخواص النووية لنظير 112-Xe الزوجية-الزوجية باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة الأول *(IBM-1)

تاريخ الاستلام :29\6\2015 تاريخ القبول: 3\8\2015

محمد عبدالامير الشريفي
جامعة بابل/كلية العلوم/قسم الفيزياء

ابراهيم كاظم جبار العجمي
جامعة بابل/كلية العلوم/قسم الفيزياء

Email : ibraheemalajmy@gmeil.com

ـــــــــــــة:

تم في هذا البحث دراسة نظير الزينون$^{112-}$Xe باستخدام نموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 وتعين مستويات الطاقة وتحديد عزم رباعي القطب الكهربائي $Q2_1^+$ ومن البرنامج IBMT حصلنا على قيم متطابقة جدا لاحتمالية الانتقال B(E2)، ومربع طاقة الدورانية وعزم القصور الذاتي تم حسابها. والبرم والتناظر لبعض مستويات الطاقة والتي لم تحدد عمليا نهائيا .

ومن ابرز نتائج مستويات غيرالمحددة عمليا للنظير^{112}Xe وكانت Mev (0.658 , 1.25 ,1.617 , 2.069 , 2.338 , 3.293) وبزخم تماثل ($0_2^+,2_2^+,4_2^+,6_2^+,8_2^+,10_2^+,12_2^+$)على التوالي .

وطبقا لبرنامج IBM-1 وجدنا النظير$^{112-}$Xe تقع ضمن المنطقة الانتقالية SU(5)→O(6) .

الكلمات المفتاحية: نموذج البوزونات المتفاعلة الاول, مستويات الطاقة , نسب احتمالية الانتقال , مربع الطاقة الدورانية .

Physics classification : QC770-798

* البحث مستل من رسالة الماجستير

المقدمة:

Introduction

أن محاولة فهم وتفسير الخواص "النووية وطبيعة التفاعلات بين النيوكلونات والنتائج العملية المتعلقة بها أدت إلى وضع نظريات تبنى على بعض الأسس الفيزيائية المهمة لتصبح القاعدة الأنفي الحسابات النظرية مع إضافة عدة عوامل مؤثرة لملائمة النتائج العملية إذ أن الكثير من النتائج العملية لم تتفق مع النظرية لهذا وضعت النماذج النووية لوصف التركيب النووي وتستعمل الأسس الفيزيائية المهمة في التركيب كقاعدة أساسية ثم تضاف إليها العوامل المؤثرة الأخرى للحصول على التركيب الدقيق للنوى(Fine structure) مع إجراء بعض عمليات التقريب الرياضية[3] .

النماذج النووية التي وضعت لدراسة التركيب النووي

1- نموذج قطرة السائل (Liquid drop model)

2- نموذج القشرة (Shell model)

3 - النموذج الجماعي(collective model)

4- نموذج البوزونات المتفاعلة IBM

نموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1

بعد أن أظهرت النماذج النووية السابقة عدم إمكانيتها في كشف وتحديد بعض الخواص النووية وعدم تطابق بعض نتائجها مع النتائج العملية التي تم الحصول عليها من دراسة التفاعلات النووية، اقترح (Iachello and Arima) [5]عام 1974 نموذجا نوويا جديدا يجمع ما بين نموذج القشرة والنماذج الهندسية؛ استطاع هذا النموذج أن يصف خصائص المستويات التجميعية السفلى (Low Lying Collective Levels) في النويات الزوجية – الزوجية .

الجانب النظري:

في انموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-1) يعد كل زوج من النيوكلونات التكافؤ بوزونا وتشكل بقية النيوكلونات القلب الها للنواة [12]وتقسم هذه البوزونات الى قسمين بوزون نوع S بزخم زاوي يساوي (L=0) بوزون نوع d بزخم زاوي يساوي (L=0)ويعطى مؤثر هاملتون لهذا النموذج بالصيغة الاتية:-

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

وحسب برنامج نموذج البوزونات المتفاعلة يقع النظير ضمن المنطقة الا SU(5) →O(6)
لذلك مؤثر الهاملوني ياخذ الصيغة الاتية:-

$$H=\varepsilon \hat{n}_d + a_o \hat{P}.\hat{P} + a_1 \hat{L}.\hat{L} + a_3 \hat{T}_3.\hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4.\hat{T}_4 \quad (2)$$

مؤثر الانتقال رباعي القطب الكهربائي Electric Quadrapole Transition Operators $T(E_2)$

يعطى مؤثر الانتقال رباعي القطب الكهربائي بالمعادلة: [12]

$$T_\mu^{(E2)} = \alpha_2 [d^+ \times \tilde{s} + s^+ \times \tilde{d}]_\mu^{(2)} + \beta_2 [d^+ \times \tilde{d}]_\mu^{(2)} \quad (3)$$

إذ α_2 و β_2 معاملات تصف الحدود المختلفة في المؤثر.

كما يمكن حساب معدل الانتقالات الكهرومغناطيسية Electromagnetic transition rates من العلاقة، [12]:

$$B(E2: L_i \rightarrow L_f) = \frac{1}{(2L_i+1)} \left| \langle L_f \| T^{(E2)} \| L_i \rangle \right|^2 \quad (4)$$

إذ يمثل $\left| \langle L_f \| T^{(E2)} \| L_i \rangle \right|$ عناصر المصفوفة (Matrix Element) الخاصة بالانتقال(E2).

وكذلك يحسب عزم رباعي القطب من المعادلة، [12]:

$$Q_L = \left\langle L, M_L = L \right| \sqrt{\left[\frac{16\pi}{5}\right]}\, T_o^{(E2)} \left| L, M_L = L \right\rangle \quad (5)$$

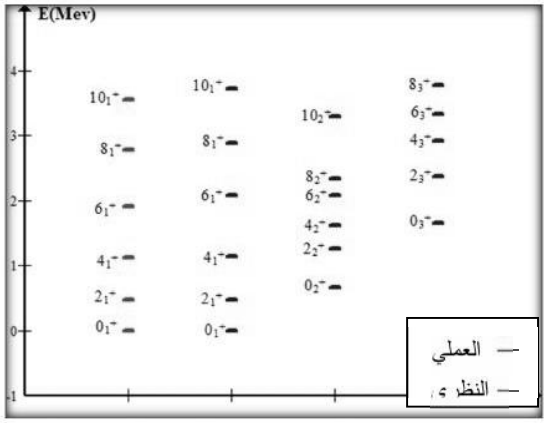
إذ أن ML يمثل مسقط L على محور التكميم وتعطى قيمته كالآتي:

ML = L , L-1 , L-2 , … , 0 , … , 2-L , 1-L , - L

وعند حساب عزم رباعي القطب فان دالة الموجة تكتب بالشكل $\langle L, M_L = L | Q_o | L, M_L = L \rangle$ إذ تأخذ ML أقصى قيمة لـ L .

مربع الطاقة الدورانية وعزم القصور الذاتي square of rotational energy and the moment of inertia

تم حساب مربع الطاقة الدورانية وعزم القصور الذاتي العملي والنظ بأستخدام المعادلتين الآتيتين:- [16]



$$\hbar^2\omega^2 = (L^2 - L + 1)\left[\frac{E(L\rightarrow L-2)}{2L-1}\right]^2 \quad (6)$$

$$\frac{2\upsilon}{\hbar^2} = \frac{4L-2}{E(L\rightarrow L-2)} \quad (7)$$

النتائج والمناقشة

تم تحديد انتماء النظير لاي منطقة انتقالية او التحديد عن طريق ايجاد نسب مستويات الطاقة العملية ومقارنتها مع القيم المسموح بها ضمن هذا النموذج وكما موضحة بالجدول رقم (1) وحصلنا على النتائج كما موضحه بالجدول رقم (2)

جدول (1): يبيّن نسب مستويات الطاقة النموذجية [13,14] لكل تحديد.

Limited	E_{41}/E_{21}	E_{61}/E_{21}	E_{81}/E_{21}	E_{02}/E_{21}
SU(5)	2	3	4	2
SU(3)	3.33	7	12	>>2
O(6)	2.5	4.5	7	4.5

جدول(2)مستويات الطاقة العملية ونسب مستويات الطاقة لنظائر الزينون ^{112}Xe

Iso	القيم النظرية			القيم العملية		
	E_{41}/E_{21}	E_{61}/E_{21}	E_{81}/E_{21}	E_{41}/E_{21}	E_{61}/E_{21}	E_{81}/E_{21}
$^{112}_{54}Xe$	2.44	4.48	6	2.41	4.09	5.96

وعند حساب مستويات الطاقة بواسطة البرنامج حصلنا على افضل تطابق باستخدام البارامترات الموضحة بالجدول رقم (3)

جدول(3) يوضح البارامترات المستعملة بواسطة برنامج IBM-1 لحساب مستويات الطاقة لنظرية

Isotope	N	EPs	P.P	L.L	$T_3.T_3$	$T_4.T_4$	SO(6)
$^{112}_{54}Xe$	6	0.099	0.0410	0.0320	0.2750	0.0340	1.000

والشكل (1) يوضح مقارنة مستويات الطاقة العملية والنظرية المحسوبة من البرنامج IBM-1.

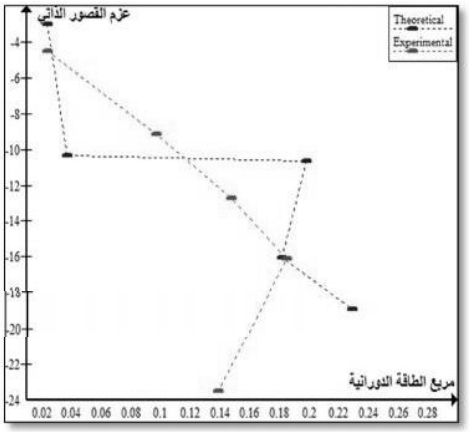
شكل(1) مخطط لمقارنة مستويات الطاقة العملية والنظرية للنظير Xe-112

وقد تم حساب مربع الطاقة الدورانية وعزم القصور الذاتي ومقارنتها بالقيم العملية والجدول (4)

جدول (4) قيم الانتقالات النظرية والعملية[15] وعزم القصور الذاتي ومربع الطاقة الدورانية لنظير $^{112}_{54}Xe$.

i→f	Theoretical			Experimental		
	E_γ	$\hbar^2\omega^2$ (Mev)^2	$2\vartheta/\hbar^2$ (Mev)$^{-1}$	E_γ	$\hbar^2\omega^2$ (Mev)^2	$2\vartheta/\hbar^2$ (Mev)$^{-1}$
$2^+\rightarrow0^+$	0.464	0.024	-3.012	0.466	0.0241	-4.484
$4^+\rightarrow2^+$	0.579	0.037	-10.36	0.656	0.097	-9.146
$6^+\rightarrow4^+$	0.940	0.198	-10.64	0.785	0.148	-12.739
$8^+\rightarrow6^+$	0.871	0.182	-16.07	0.871	0.185	-16.073
$10^+\rightarrow8^+$	0.950	0.229	-18.95	0.765	0.139	-23.529

وعند رسم المخطط البياني بين عزم القصور الذاتي كدالة لمربع الطاقة الدورانية كما في الشكل (2) عند رسم المخطط البياني بين عزم القصور الذاتي كدالة لمربع الطاقة الدورانية كما في الشكل (2)



شكل(2) يوضح العلاقة بين مربع الطاقة الدورانية وعزم القصور الذاتي للنظير 112-Xe

وقد كانت قيم احتمالية الانتقال المستخرجة من البرنامج الجدول (5) يوضحها

جدول(5) قيم $B(E_2)$ النظرية لنظير $^{112-}$Xe ألمستخدمه باستعمال البرنامج IBMT-Code والقيم ألعمليه ألمقابله لها

i→f	$B(E_2)\downarrow e^2b^2$	
	القيم النظرية	القيم[49,42] العملية
$2_1 \to 0_1$	0.953	0.953
$2_3 \to 0_1$	1.093	-----------
$2_4 \to 2_3$	1.786600	---------
$4_1 \to 2_1$	1.73300	-----------
$4_1 \to 2_3$	0.47752	-----------
$4_2 \to 2_2$	1.22654	-------------
$4_3 \to 2_3$	1.78663	----------

لاحتمالية الانتقال سلنا افضل تطابق عند استخدام البارامترات المبينة بالجدول(6) الاتي

جدول (6) قيم احتمالية الانتقال B(E2) النظرية المحسوبة بواسطة برنامج IBM-1 والقيم العملية المناظرة لها

Isotopes	$B(E2:2_1^+ \to 0_1^+)$ e^2b^2		E2SD (e b)	E2DD (e b)	SO(6)
	exp	Theol			
$^{112}_{54}Xe$	0.953*	0.953	0.29506	0	-1

ونسب احتمالية الانتقال لهذا النظير كانت قريبة جدا من التحديد O(6) وكما يبينه الجدول(7) الاتي

جدول(7) يوضح نسب احتمالية الانتقال $B(E_2)$ ومقارنتها مع الحد المسموح به لنظائر الزينون ^{112}Xe

Isotopes Name	B(نسب قيم E2)			Reference
	SU(5)	SU(3)	O(6)	
الحد المسموح به	2	10/7=1.429	10/7=1.429	Ref [29]
Isotopes Name	B(نسب قيم E2)			Limit type
	SU(5)	SU(3)	O(6)	
$^{112}_{54}Xe$	1.667	1.032	1.3095	U(5)-O(6)

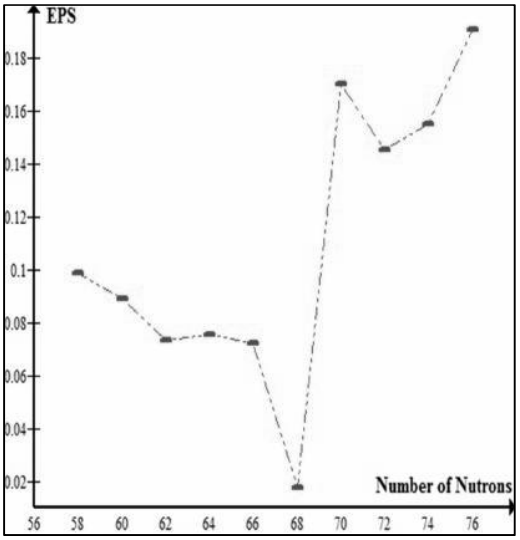
الاستنتاج والمناقشة

إن نوى الزينون ^{112}Xe الزوجية-الزوجية تتألف من (54) بروتون ،(58) نيوترون, أذ تقع ضمن المنطقة الانتقالية SU(5)→ O(6) غير المستقرة نلاحظ أن فيهاعدد النيوترونات أقل من عدد نصف الغلاف الرئيسي(66) (Semi Magic Number) . لذا فإن عدد بوزونات النيوترونات تحسب من عدد ازواج الجسيمات(Partical) وتحتوي (6) بوزونات،

بالرجوع إلى الجدول (1) الذي يبيّن المعاملات المستعملة في البرنامج IBM-code نجد إن المعامل (ε) هو المهيمن على بقية المعاملات والذي يبيّن سيطرة طاقة البوزون على جهد التفاعل بينهما بالنسبة إذ تقل قيمة(ε) مع زيادة عدد النيوترونات وذلك بسبب الزيادة الحاصلة في عدد البوزونات خارج القشرة المغلقة ،وهذا يعني أن النظائر الأخيرة سوف تعاني من تشوهات نتيجة لوجود عدد كبير من النيوكليونات وعند رسم العلاقة البيانية بين عدد

النيوترونات وقيمة **EPS** لكل النظائر نجد اقل قيمة تكون للنظير ^{122}Xe كما في الشكل (3).

إما بالنسبة لنظير ^{112}Xe وبسبب الطبيعة الإنتقالية بين التحديدين SU(5)-O(6) نجد أن المعامل (P.P) يبدأ بالظهور حتى يصبح العامل المسيطر في التحديد O(6) كلما اقترب النظير من التحديد O(6).فيما يخص العامل الثالث (L.L) فإنه يزداد مع زيادة قيم (N).



شكل(3) يبين علاقة البارامتر **EPS** بعدد النيوتروناتNumber of Nutrons

References

[1]- C. F. Von Weizsacker, Z. Phys. Vol. 6, 431, (1935)
[2]- W. J. Elsasser, Phys. Vol. 4, 549, (1933)
[3]- W. Meyerholf, "Elements of Nuclear Phys. ", Mc Graw-Hill, (1967)
[4]- H. A. Enge. " Introduction to nuclear Phys. ", (1983)
[5]- A. Bohr and B. R. Mottelson, Nuclear Structure, Vol. 11, (1975), Benjamin, Reading, Masachusetts
[6]- K. S. Krane, " Introductory Nuclear Phys. ", (1988), John Wiley and Sons
[7]- F. Iachello, and A. Arima, Phys. , Lett. B53, 309, (1974)
[8]- A. Arima, T. Otsuka, F. Iachello, and I. Talmi, Phys. , Lett. B66, 205, (1977)
[9]- R. F. Casten, A. Gelberg and P. Von Brentano, Phys. Rev. C36, 1225, (1987)
[10]- B. Bochev, S. Iliev, R. Kalpakcheva, S. A. Karamian, T.Kutsarova, Feeding and Lifetimes of yrast Levels in Hf Nuclei, Nucl. Phys. A282, 159, (1976)
[11]- Nuclear Data Sheet www.nndc.nbl.gov (2015)

[12]Scholten, Iachello states III. the transition form SU(5) to SU(3). Ann. Phys., 115, 325-366
[13]- S.H.Trier," Astudy of nuclear Structure of $^{160-180}Hf$ even-even Isotopes by the IBM-1.", M. Sc. Thesis, Babylon University, (2006).
[14]- R. Casten and D. Warner, Rev. Mod. Phys. 60, 389, (1988).
[15]- Nuclear Data Sheet .www.nndc.nbl.gov (2014)
[16]-Ts.Venkova and W. Andrejtscheff, Atomic Data and Nuclear Data Tables, vol. 26, 95, (1981)

*A Study of Nuclear Properties of 112-Xe Even-Even Isotopes By The Interacting Boson Model-1 (IBM-1(

Received: 29/6/2015 accepted:16/8/2015

Mohammad Abd Al-Ammeer Al-Sharefi Ibraheem Kazem Jabar

Department of Physics / College of Science/ Babylon University

Email : ibraheemalajmy@gmeil.com

Abstract−:

In this search, 112-Xe isotope has been studies by the interacting boson model (IBM-1) to determine the energy levels and the electric quadruple moments Q21+ , In addition, by the program IBMT was used for evaluating the reduced transition probability B(E2). The square of rotational energy and the moment of inertia were calculated . spin and parity for some energy levels, which were never determined experimentally . It was found that the of (3.293 , 2.338 , 2.069, 1.617 , 1.25, 0.658)MeV for112Xe spin and parity of are (122+,102+,82+,62+,42+,22+,02+), respectively.

According to the IBM, It was found that the 112-Xe isotope the belong to the transition region SU(5)→O(6. (

Keywords: Interacting Boson Model (IBM); energy levels; B(E2) transition rates; square of rotational energy.

Physics classification : QC770-798

*The Research is a part of on M SC. this is in the case of the first researcher.