دراسة التركيب النووي لنظائر Yb (A=174 , 176 , 178) باستخدام نموذج IBM-1

عمر احمد موفق صفاء الدين

جامعة ديالى - كلية العلوم - قسم الفيزياء

الخلاصة

لقد تم في هذا البحث دراسة التركيب النووي لنظائر Yb (A = 174 , 176 , 178) باستخدام نموذج IBM-1 حيث تم حساب مستويات الطاقة ونسب الطاقة وطاقة الحزم باستخدام برنامج(IBSI.for) . حيث تم تحديد سلوك هذه النظائر اعتمادا على حساب نسب الطاقة العملية والنظرية ل $(E(8_1^+)/E(2_1^+), E(6_1^+)/E(2_1^+), E(4_1^+)/$ $E(21+)$ ،وقد بينت مقارنت مستويات الطاقة الواطئة ذات التماثل الموجب ان هذه النظائر تنتمي الى التناظر الديناميكي الدوران (SU(3 . وإن عدد النيوترونات في النظير ^{174}Yb هو في الوسط بين عددين سحريين (82 , 126) وبالتالي فان ذلك ادى الى ظهور حزم الطاقة ($g_1, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$) وان مستويات الطاقة وصل الى ما يقرب من 3.5 Mev . كل النتائج النظرية التي تم الحصول عليها قورنت بالنتائج العملية حيث لوحظ التقارب الواضح بين النتائج العملية والنظرية التي تم الحصول عليها.

الكلمات الافتتاحية : IBM-1 ،البوزونات ،مستويات الطاقة ، Yb .

Study of nuclear structure for the isotopes Y*b* (A = 174, 176, 178) using the model of IBM–1

Omar Ahmed muwafaq safauldeen

University of Deyalah - College of science - Department of physics

Omaralqadiry@yahoo.com

Received: 2 January 2017 **Accepted: 24 April 2017**

دراسة التركيب النووي لنظائر Yb (A=174 , 176 , 178) باستخدام نموذج IBM-1

عمر احمد موفق صفاء الدين

Abstract

The nuclear structure of the isotopes Yb (A = 174, 176 , 178)are studied using the model IBM -1. The energy levels, the ratio of energy and the energy groups are calculated using the program IBS1.FOR.We determine the behavior of these isotopes depends on the calculate of the ratio of experimental and theory energy for($E(8_1^+)/E(2_1^+), E(6_1^+)/E(2_1^+), E(4_1^+)/E(2_1^+)$) the low energy levels of positive parity shows that the isotopes belong to the rotational dynamical symmetry SU(3) .The number of neutrons for the isotope ^{174}Yb is in mid-shell between two magic numbers (82,126) then, that's led to appear the energy groups($g_1, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$)and the energy levels are arrived approximately of 3.5 Mev . The present results give a good agreement with the experimental values.

Keywords: IBM–1, bosons, energy levels, Yb

المقدمة

ان نموذج البوزونات المتفاعلة الاول IBM-1 هو نموذجا" نوويا" يصف التركيب النووي للنوى الزوجية – زوجية والتي تتكون من قلب خامد (Inert core) مزيدا" عليه الجسميات المتكافئة بوصفها ازواجا" من النيوكليونات لتكوين البوزونات والتي لها قابيلة التفاعل مع بعضها وبأمكانها ان تشـــــــــــــغل المستوى الارضي S (Ground state) عندما يكون الزخم الزاوي مساويا" للصـــــفر (L = 0) وتدعى ببوزونات s (s – boson) او ان تشغل مستويات الحالات المتهيجة عندما يكون الزخم الزاوي (L= 2) وتدعى ببوزونات d (d–boson) [1,2]. ان البوزون S يمتلك طاقة مساوية الى ϵ_s في حين تكون طاقة البوزون d مساوية الى ϵ_d ولهذا يمكن تحديد طاقة البوزونات بواسطة $\epsilon = \epsilon_d + \epsilon_s$. ان نموذج البوزونات المتفاعلة الاول لايميز بين بوزونات البـــــــــروتونات (S_π , d_π) او بوزونات النيترونات (S_ν , d_ν) [3,4, 5]حيث يتم حساب عدد البوزونات بوصفها ازواج الجسيمات (particle pairs) ابتداء من اقرب قشرة مغلقة (عدد سحري) وحتى منتصف القشرة التي تليها(بين عددين سحريين) حيث يتم حساب البوزونات بعدها بوصفها ازواج الفجوات (hole – pairs)[3] .

النظرية

في نموذج IBM-1 المؤثر الهاملتوني بالامكان ان يكتب بشكل تفاعل جسيم وجسيمين كما في[6-10]:

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^{N} \varepsilon_i + \sum_{i<j}^{N} V_{ij} \qquad \ldots\ldots\ldots(1)$$

ε_i = طاقة البوزون . V_{ij}= طاقة تفاعل بوزون- بوزون .

N= العدد الكلي للبوزونات

المعادلة العامة لنموذج IBM-1 تكون محتوية على صيغة جسيم واحد و جسيمين وبالامكان ان تكتب بوضوح بدلالة s و d بوزون وكما يلي [6-7,11-12]:

$$H = \epsilon_s \left(\hat{S}^{+}.\tilde{S}\right) + \epsilon_d \sum_m \left(\hat{d}_m^{+}.\tilde{d}_m\right) + \hat{V} \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث ان:

ϵ_s و ϵ_d هي طاقة البوزونات s و d:

$$m = 0, \mp 1, \mp 2$$

$$\tilde{d}_m = (-1)_m \hat{d}_{-m} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

d- هو البوزون الذي يشغل مستويات الحالات المتهيجة للزخم الزاوي .

$$\hat{\tilde{S}} = \hat{S} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

S- هو البوزون الذي يشغل المستوى الارضي (S-boson)عندما يكون الزخم الزاوي مساوي للصفر.

عدد (البوزونات -s) بالامكان الحصول عليه بواسطة [6-7,13-14]:

$$\hat{n}_s = \hat{s}^{+} + \hat{s} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

$\hat{n}_s$ -عدد البوزونات الارضية.

عدد البوزونات -d بالامكان الحصول عليها بواسطة:

$$\hat{N} = \hat{n}_s + \hat{n}_d \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

بشكل عام المعادلة الهاملتونية تكتب بالشكل التالي [11-12,15]:

$$\hat{H} = \epsilon\, \hat{n}_d + a_0(\hat{P}.\hat{P}) + a_1(\hat{I}.\hat{I}) + a_2(\hat{Q}.\hat{Q}) + a_3(\hat{T}_3.\hat{T}_3) + a_4(\hat{T}_4.\hat{T}_4) \qquad \ldots\ldots\ldots(7)$$

حيث ان $\epsilon=\epsilon_d+\epsilon_s$ هي طاقة البوزون

المؤثرات:

مؤثر عدد البوزونات $\hat{n}_d = (\hat{\tilde{d}}.\hat{\tilde{d}})$

مؤثر ازدواج البوزونات $\hat{P} = \frac{1}{2}(\hat{d}^{+}.\hat{\tilde{d}}) - \frac{1}{2}(\hat{\tilde{s}}.\hat{\tilde{s}})$

مؤثر الزخم الزاوي $I = \sqrt{10}\left[\hat{d}^{+}.\hat{\tilde{d}}\right]^{(1)}$

مؤثر رباعي القطب $\hat{Q} = \left[(\hat{d}^{+}\times\hat{\tilde{s}}) + (\hat{\tilde{s}}\times\hat{\tilde{d}})\right]^{2} - \frac{1}{2}\sqrt{7}\left[\hat{d}^{+}\times\hat{\tilde{d}}\right]^{(2)}$

مؤثر ثماني الاقطاب $\hat{T}_3 = \left\{\hat{d}^{+}\times\hat{\tilde{d}}\right\}^{(3)}$

مؤثر سداسي عشر القطب $\hat{T}_4 = \left\{\hat{d}^{+}\times\hat{\tilde{d}}\right\}^{(4)}$

حيث ان a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 هي اعلومات المؤثر الهاملتوني .

الحسابات والنتائج

ان نموذج البوزونات المتفاعلة الاول (IBM-1) قد تم استخدامه في دراسة التركيب النووي لنظائر $(^{174}_{70}Yb\ ,\ ^{176}_{70}Yb,\ ^{178}_{70}Yb)$ ذات التناظر الدوراني $SU(3)$. لقد قمنا بحساب مستويات الطاقة للحزم (g,β,γ) للنظائر أعلاه. حيث تم تطبيق معادلة المؤثر الهاملتوني المكافئ للتناظر $SU(3)$ ومن خلال حساب نسبة $E(4)/E(2)$

تبين ان النظائر $(^{174}_{70}Yb\ ,\ ^{176}_{70}Yb,\ ^{178}_{70}Yb)$ تعود الى التناظر الدوراني $SU(3)$. ان مستويات الطاقة التي تم حسابها بواسطة نموذج IBM-1 قد تم مقارنتها مع النتائج العملية المتوفرة.الجدول(1) يبين نسب الطاقة بين مستويات الطاقة العملية والنظرية للنظائر الزوجية- زوجية

الجدول(1) نسب الطاقات العملية والنظرية للقيم $(E(4_1^+)/E(2_1^+)\ ,E(6_1^+)/E(2_1^+)\ ,E(8_1^+)/E(2_1^+))$

Isotopes	$E(4_1^+)/E(2_1^+)$		$E(6_1^+)/E(2_1^+)$		$E(8_1^+)/E(2_1^+)$	
	EXP.	IBM-1 (pw)	EXP.	IBM-1 (pw)	EXP.	IBM-1 (pw)
$^{174}_{70}Yb_{104}$	3.3128	3.3289	6.8848	7	11.6426	12
$^{176}_{70}Yb_{106}$	3.3292	3.3292	6.8794	6.9878	10.8343	11.9756
$^{178}_{70}Yb_{108}$	3.4268	3.3209	4.1707	7.3086	_	11.9382

هذه النسب حددت نوع التناظر لكل نظير $(^{174}Yb\ ,\ ^{176}Yb,\ ^{178}Yb)$.

حيث ان القيم المثالية لنسب الطاقة التي تحدد نوع التناظر للنظائر موضحة في الجدول (2).

الجدول (2)

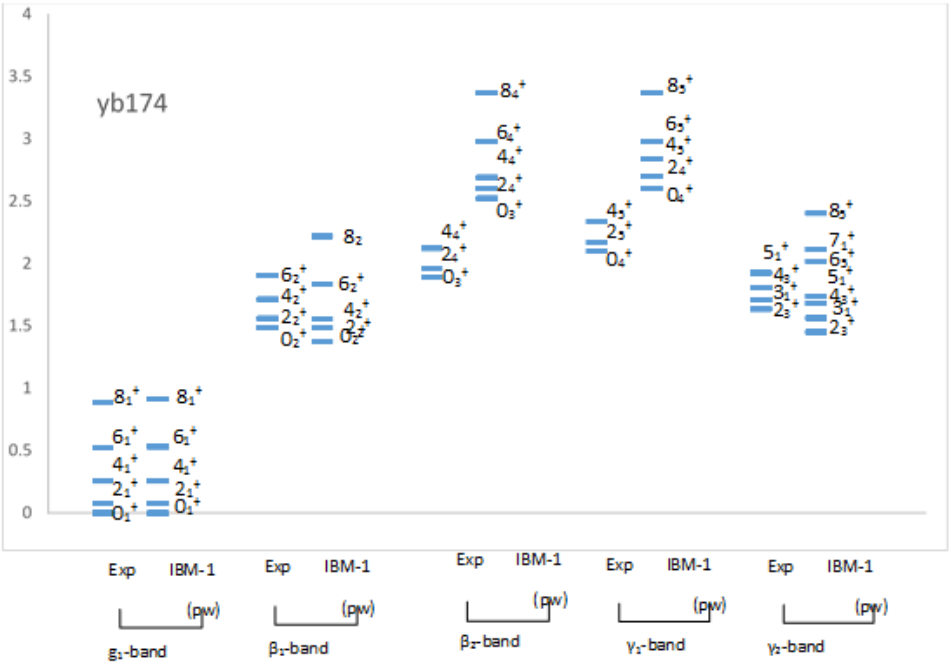
Symmetry	$E(4_1^+)/E(2_1^+)$	$E(6_1^+)/E(2_1^+)$	$E(8_1^+)/E(2_1^+)$
U(5)	**2**	**3**	**4**
O(6)	**2.5**	**4.5**	**7**
SU(3)	**3.3**	**7**	**12**

الجدول رقم (3) يبين حساب القيم للاعلومات في معادلة المؤثر الهاملتوني في نموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 باستخدام المعادلة(7).

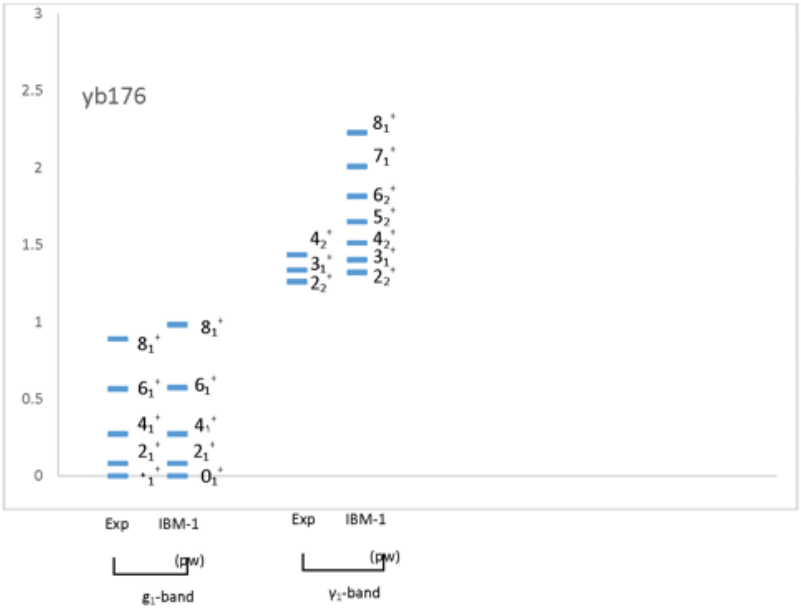
الجدول رقم(3) القيم المحسوبة لاعلومات المؤثر الهاملتوني للنظائر زوجية– زوجية $\left({}^{174}\mathrm{Y}b\,,\,{}^{176}\mathrm{Y}b,\,{}^{178}\mathrm{Y}b\right)$.

Isotopes	N_π	N_ν	N_{Tot}	ESP MeV	$\hat{p}.\hat{p}$ MeV	$\hat{I}.\hat{I}$ MeV	$\hat{Q}.\hat{Q}$ MeV	$(\hat{T}_3.\hat{T}_3)$ MeV	$(\hat{T}_4.\hat{T}_4)$ MeV	CHI
${}^{174}_{70}Yb_{104}$	6	11	17	0.0000	0.0000	0.0066	-0.0167	0.0000	0.0000	-1.0000
${}^{176}_{70}Yb_{106}$	6	12	18	0.0000	0.0000	0.0080	-0.0150	0.0000	-0.0000	-1.0000
${}^{178}_{70}Yb_{108}$	6	13	19	0.0000	0.0600	0.0085	-0.1360	0.0000	0.0000	-1.0000

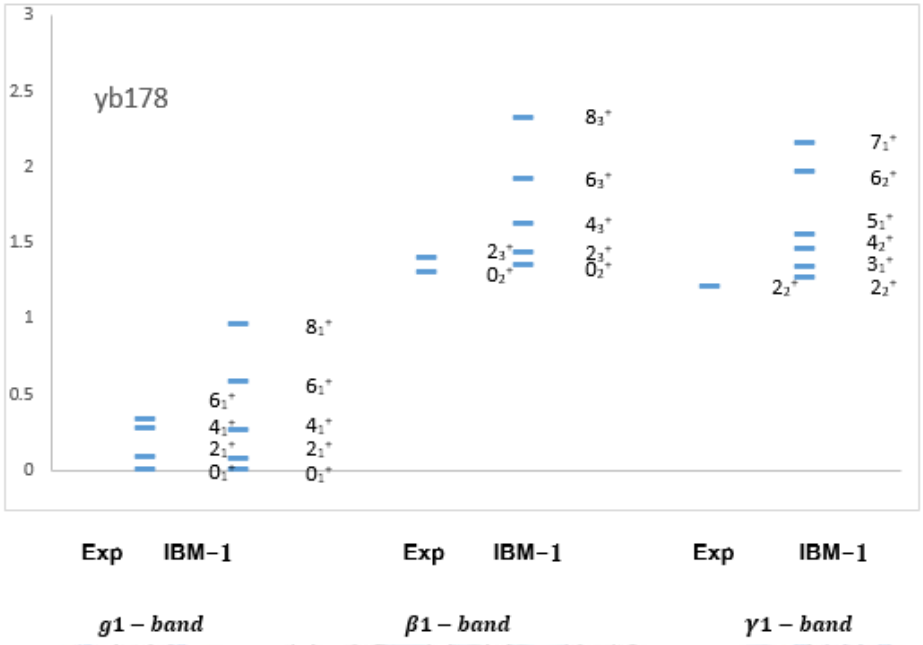
ان حساب قيم مستويات الطاقة للنظائر Yb زوجية – زوجية قد قورنت بالقيم العملية المتوفرة ، وقد وجد ان هناك توافقا جيدا مع القيم العملية. الاشكال3,2,1 تبين مستويات الطاقة $(0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+)$ للنظائر $\left({}^{174}\mathrm{Y}b\,,\,{}^{176}\mathrm{Y}b,\,{}^{178}\mathrm{Y}b\right)$.



الشكل (1) مستويات الطاقة المحسوبة بالمقارنة مع المستويات العملية للنظير ^{174}Yb [16]



لشكل(2) مستويات الطاقة المحسوبة بالمقارنة مع المستويات العملية للنظير ^{176}Yb [16]



الشكل (3) مستويات الطاقة المحسوبة بالمقارنة مع المستويات العملية للنظير ^{178}Yb [16]

الاستنتاج

1. النموذج (IBM-1) أعطى توافقاً جيداً مع القيم العملية لمستويات الطاقة للنظائر $\left(^{174}Yb\ ,\ ^{176}Yb,\ ^{178}Yb\right)$.
2. عدد البوزونات البروتونية للنظائر $\left(^{174}Yb\ ,\ ^{176}Yb,\ ^{178}Yb\right)$ هي تحدد بواسطة ازواج الفجوات (Pairs of Holes)، لكن عدد البوزونات النيوترونية للنظير ^{174}Yb تحدد بواسطة ازواج الجسيمات(Pairs of Holes) $(82-104)\backslash 2=11$ بينما عدد البوزونات النيوترونية للنظائر $^{176}Yb,\ ^{178}Yb$تحدد بواسطة ازواج الفجوات $(108-126)\backslash 2=9$ و $(106-126)\backslash 2=10$على التوالي.
3. ان عدد النيوترونات في النظير ^{174}Yb هو 104 أي ان عدد النيوترونات هو بالضبط في الوسط بين عددين سحريين (82 و 126) وبالتالي فإن ذلك أدى الى ظهور حزم الطاقة $(g_1,\beta_1,\beta_2,\gamma_1,\gamma_2)$ وان مستويات الطاقة في (β_2,γ_1) وصل الى ما يقارب من 3.5 Mev . بينما النظير ^{176}Yb يكون عدد النيوترونات فيه يساوي 106 وبذلك فإن عدد النيوترونات يبتعد عن المنتصف بين عددين سحريين (82 و 126) وان عدد البوزونات يكون عبارة عن ازواج من الفجوات (Pairs of Holes) ويصبح العدد البوزوني 16 بينما في النظير ^{124}Ybيكون البوزونات عبارة عن ازواج من الجسيمات(pairs of particles) وعددها 17 وبالتالي فان ذلك ادى الى اختفاء مستويات الطاقة $(\beta_1,\beta_2,\gamma_1)$ في النظير ^{126}Yb. اما في النظير ^{128}Yb فان عدد البوزونات سيكون 15 وان البوزونات

النيوترونية فيه عبارة عن ازواج من الفجوات(Pairs of Holes) وان عدد البوزونات قد ابتعد اكثر من منتصف العدد بين عددين سحريين (82 و 126) وبالتالي فان ذلك ادى الى ظهور الحزم (g_1, β_1, γ_1) واختفاء (β_2, γ_2).

References

1. C. Decoster , B. De Croix , J.De Beule , and K. Heyde , Physical scripte , T88, 33 , (2000) .
2. C. Decoster , K .Heyde , B .Decroix , P . Van I sackerc , J .Jolie , H. Lehmann , J . wood , Nucl . A , 600 , 251 (1996).
3. R . Casten and D. Warner , Rev Mod. Phys . , 60 ,389 , (1988) .
4. K. A brahams , K. Allaart , and A.Dieperink , B. phys ., 67 , 53 , (1981) .
5. A. Abdul Ameer , Investigations of Nuclear Energy Levels in 82Kr , 76Se and 194 pt , ph . D . Thesis , London University , (1991) .
6. Sallama Sadiq AL-Mfrajiy: MSC thesis "study the effect of effective charge on the nuclear structure of even-even nuclei. Sm(A=150-154) and Y6(A=168-172). Submitted to the college of science,AL-Mustansiriyah university(2005).
7. F. Iachello and Arima (Interacting Boson models) pub-Cambridge university press,Cambridge, England p.132(1987).
8. R.F. Casten, and D.D.warner,phys. Rev.C, Vol. 28, (1983).
9. F. Iachello and Arima. Phys. Lett. Vol.5313(1974)
10. K. Nomura, T. Otsuka, R. Rodr´ıguez-Guzm´an, L. M. Robledo, P. Sarriguren, P. H. Regan, P. D. Stevenson, and Zs. Podoly´ak, Phys. Rev. C 83, 054303(2011).
11. N.Yoshiaga nud. phys. A.Vol. 522, 99C. (1991).
12. O. Castanos, A. Frank, and p.Federman, Phys. Lett. P.88, 203 (1979).
13. D. bonatsos., (Interacting Boson models of nuclear structure), 7th printing p. 10 (1988).
14. S.Raman and C.W.Nestor, Phys. Rev.c, vol. 37, p.805(1988).
15. Dennis Bonatsos, E. A. McCutchan, and R. F. Casten, Phys. Rev. Lett., 104, 022502 (2010).
16. NDS ENSDF for the experimental data .