دراسة مستويات الطاقة لنظير ^{146}Ba باستخدام نموذج IBM-1

عامر عبد الامير محمد علي

كلية العلوم-جامعة كربلاء

خالد حسين هاتف **سندس ياسين حسن**

كلية العلوم-جامعة بابل

الخلاصة

تمت دراسة نواة ^{146}Ba باستخدام نموذج IBM-1 حيث تم حساب قيم طاقات المستويات اعتماداً على البرنامج IBM-1 وقورنت هذه القيم بالقيم العملية السابقة، كما تم تعيين قيمة الزخم والتماثل J^{π} للمستوي الطافي 1.256MeV ،ولاول مرة. اضافة الى تعيين قيم الطاقات لمستويات غير موجودة في مخطط الاضمحلال العملي.

تم تعيين معدلات الانتقال رباعية القطب الكهربائية B(E2) بين المستويات اعتماداً على البرنامج IBMT-code، ومن ثم تم الاستنتاج على ان نواة ^{146}Ba تنتمي الى نهاية المنطقة الانتقالية $Su(5)\rightarrow Su(3)$.

المقدمة

يعتبر النظير ^{146}Ba من النظائر الهامة التي تغطي مساحة فعالة في توضيح شكل النواة قرب ما يسمى بالمنطقة الانتقالية من الكروية الى المشوهة ومن الممكن دراسة هذا النظير اما عن طريق انبعاث جسيمات بينا من نظير السيزيوم (^{146}Cs). او من الانشطار التلقائي للكالفورنيوم (^{252}Cf). ومع ذلك فان معلومات قليلة قد تم تحصيلها عن ^{146}Ba، ولا توجد قياسات دقيقة للزخم والتماثل قبل عام 1971 .

تمت دراسة هذا النظير في عام 1971 من قبل (Cheifetz *et al*)[1]. حيث وضعوا مخططاً تمهيدياً لهذا النظير وقاموا بتدوين طاقات الانتقال ($41^{+}\rightarrow O1^{+}$) و($21^{+}\rightarrow 01^{+}$) . والتي كانت (332.4 KeV,181 KeV) على التوالي .ثم درس هذان الانتقالان من قبل (Tasneem *et al*)[2]في عام 1973 بواسطة ازالة التهيج للشظايا المنشطرة من الانشطار النيتروني المحتث لـ ^{235}U وكانت قيم الطاقات تساوي (332 Kev,181.4 KeV) على التوالي . وبعد ذلك وبالتحديد في عام1979 قام (Monnand *et al*)[3] بتسجيل المستويات (821 KeV, 739 KeV) .

وفي عام 1980 قام (Scott *et al*)[4] بدراسة نواة الـ ^{146}Ba باستخدام تقنية (γ-γ) للتطابق الزاوي، حيث وضعوا مخططاً جزيئاً للاضمحلال وبـ (16) مستوي متهيج بين 131 KeV و2344 KeV ، كما قاموا بايجاد قيم الزخوم الزاوية لاغلب المستويات الواطئة، اضافة لذلك وضعوا بداية للتشوه النووي في هذه النواة. ثم قاموا باختيار قابلية نموذج البوزونات المتفاعلة البسيط (IBM-1) لوصف هذه المنطقة الانتقالية.

وفي عام 1986 قام (Philip *et al*)[5]بتوضيح مخططاً جزئياً لاضمحلال لنواة ^{146}Ba من خلال دراسة التطابق الزمني (γ-γ) في شظايا الانشطار لـ ^{252}Cf . حيث عينوا قيم طاقات المستويات التي بزخم وتماثل $j^{\pi}=1^{-},2^{+},3^{-},\ldots\ldots\ldots 10^{+}$والتي كانت 181 Kev لـ 2^{+} 2053 Kev لـ 10^{+} .

نموذج البوزونات المتفاعلة –الاول (IBM-1)

في عام 1979 قام الباحثان (Arim and Iachello)[6] باقتراح نموذج نووي جديد اسمياه بنمـوذج البوزونات المتفاعلةIBM(Interacting Boson Model) ، والذي اعتبر ومنذ ذلك الحين موضوعاً لكثيـر من البحوث، حيث شمل معظم مجالات التراكيب النووية، كما اهتم بوصف التركيب الجماعي (collective structure) للنوى التي تمتلك عدداً كتلياً (A>100) عدا تلك القريبة من الاغلفة المغلقة (closed shells).

يعالج هذا النموذج النيوكلونات خارج الاغلفة المغلقة للنـوى الزوجيـة –زوجيـة كـأزواج مـن البوزونات. وفي IBM-1 تكون بوزونات البروتونات والنيوترونات متكافئة. ويكتب ٠المـؤثر الهـاميلتوني (Hamilitonian operater) بالصيغة [7] .

$$H=\epsilon_s S^+S+\epsilon_d \sum d_m^+ d_m+V \qquad \ldots (1)$$

حيـث ان s^+(s)وd^+_m (d^+_m) تمـثلان مـؤثران التولـد (الفنـاء) للبوزونـات S, d. $m=0, \pm1, \pm2$ و ϵ_s, ϵ_d يمثلان طاقتا البوزونان S, d. اما V فيمثل طاقة التفاعل بين البوزونات.

ومن الممكن كتابة هذا المؤثر بصيغة التوسع متعدد القطبية:[7]

$$H=\epsilon n_d+ a_\circ P^+P+a_1L.L+a_2Q.Q+a_3T_3T_3+a_4T_4T_4 \qquad \ldots(2)$$

حيث ان $\epsilon=\epsilon_s-\epsilon_d$ تمثل طاقة البوزون .اما المعاملات a_0,a_1,a_2,a_3,a_4 وانها تمثـل قـوة التفاعـل الازدواجي، والزخم الزاوي ورباعي القطب وثماني القطب والقطب الستا عشري.

تمتد المركبات الخمسة للبوزون d والمركبة المنفردة للبوزون s على فضاء لستة ابعاد ويكون التركيب الجماعي للمسألة ، ولعدد N من البوزونات هو Su(6). ويمكن تقسيم نموذج IBM-1 الى ثـلاث سلاسـل وبثلاث حلول تحليلية هي التحديد الاهتزازيSu(5)[8] والتحديد الدوراني Su(3)[9] والتحديد الغير مـستقر 0(6) [10] (γ-unstable) . اضاف الى قيم الطاقات فأن نموذجIBM-1 يستطيع حساب معدلات الانتقـال الكهرومغناطيسية وذلك بأخذ عناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقال T^Lبين الحالتين الابتدائية والنهائيـة <Jll T^LllJ$_I$> وبالنسبة لمعدل الانتقال رباعي القطب الكهربائي فأن [11].

$$B(E_2, J_i\rightarrow J_R)=\frac{1}{2J_i+1} KJ_2 IIT^{E_2} IIJ_i > \qquad \ldots(3)$$

حيث

$$T^{(E2)}=\alpha_2(d^+s+s^+d)+B_2(d^+d)^{(2)}_m \qquad \ldots(4)$$

الحسابات

تم حساب قيم المعادلات (المعادلة ٢) وكانت كما في الجدول (٤)، حيث استخدمت فـي حـساب قـيم طاقات المستويات من خلال البرنامج IBM1-codeوتمت مقارنتها مع القيم العملية والنظرية لـ (Scott *et al*)كما في الجدول (٢).

بعد حساب قيم المعاملات α_2 و B_2 للمعادلة (4) وتم ادخالها الى البرنامج IBMT-code لحساب قيم $B(E_2)$ وكانت كما في الجدول (3) .

المناقشة

ان نواة ^{146}Ba تتألف من (S6) بروتوناً و (٩٠) نيوتروناً، منها ستة بروتونات وثمانيـة نيوترونـات خارج الاغلفة الرئيسية (82,50) على التوالي، أي انها تحتوي على سبعة بوزونـات ($N=N_n+N_v$). حيـث انها قد تم حساب هذه البوزونات من عدد النيوكلونات الخارجية وليس الفجوات فمن غير المتوقـع ان تكـون هذه النواة بتحديد O(6)، ومما يؤكد ذلك هو قرب قيمة طاقة المستوي O_2^+ (1.052 MeV)من قيمـة طاقـة المستوي 2_2^+(1.115MeV)وحيث ان هذه الحالة غالباً ما تكون غير موجودة في التحديد O(6)، فقد تم الغاء احتمال كون النواة منتمية الى التحديد 0(6).

من الممكن استنتاج كون نواة هذا النظير انتقالية بين التحديد الاهتزازي Su(5) والتحديـد الـدوراني Su(3) من حساب قيمة $E_{4_1}^+/E_{2_1}^+$ حيث كانت تساوي 2.83 أي بين القيمتـين 2)و(.3.33 للتحديـدين Su(3)وSu(5).

وعند النظر الى مخطط الاضمحلال مرة اخرى وحيث ان المستوي I_1^- يمتلك طاقة اقل من 3_1^- فـأن هذا يدل على صفاة النواة المعينة تكون بعيدة نوعاً ما عن الصفاة الاهتزازية النقية او التحديد Su(3).

اما عند ملاحظة المستوي O_2^+ (1.052 Mev) والذي كانت قيمته بعيدة جداً عن ضعف قيمة المستوي 2^+_1 (0.181 Mev) فأن هذا يدل على امتلاك النواة المعينة خواصاً دورانية اكثر من الخواص الاهتزازيـة. كما ان قيمة النسبة $B(E_2, 4^+_1\rightarrow 2^+_1)/ B(E_2,2^+_1\rightarrow 0^+_1)$ المستخرجة بنموذج IBM-1(الجدول-4) والتي كانت تساوي (1.37) تعتبر دليلاً اخر على قرب النواة من التحديد الدوراني، حيث ان هذه القيمـة تـساوي القيمة المحسوبة من المعادلات الخاصة بالتحديد الدوراني وبعيدة عن القيمة (1.71) المحسوبة من المعادلات الخاصة بالتحديد الاهتزازي.

وبما ان الصفات الدورانية قد اعتبرت هي الغالبة على هذه النواة فأنه من المتوقع ان تكون المعالجـة بنموذج IBMمماثلة للمعالجة بالنموذج الهندسي لهذه النواة، وهذا واضح من قيمة العـزم ربـاعي القطـب الكهربائي $Q(2^+_1)$، والذي كانت قيمته تساوي (1.06eb-)ي IBMوهي متوافقة مـع القيمـة (1.05eb-) المستخرجة من النموذج الهندسي (أي ان النواة تكون بشكل بيضوي متعادل عند القطبـين (prolate). امـا بالنسبة لقيمة معامل التشوه βفقد كانت قيمته بالنسبة لنموذج IBM لهذه النواة تساوي 1.34، وعند تحويلهـا الى قيمة B بالنسبة الى النموذج الهندسي فأنها تساوي (0.15) وهذه القيمة قريبة من القيمة المحـسوبة مـن النموذج الهندسي والتي تساوي (0.17).

مما تقدم نستنتج بأن حقيقة انتماء نواة ^{146}Ba الى نهاية المنطقة الانتقالية Su(5)-Su(3) هي الاكثـر توافقاً مع القيم العملية مما تم استنتاجه من قبل(Scott et al) من انها تنتمي الى بداية هذه المنطقة الانتقالية.

المصادر

[1] E. Cheifetz, J.B. Wilhelmy, R.C. Ganed, and S.G. Thompson Phys. Rev. C, 4 1913 (1971) .

[2] A. Tasneen, D.H of mann and F. Horsch, Nucl. Phys A, 205,488(1973).

[3]E. Monnand, J. Pinston, F. Schussler. G. Juny and B. Pfeifer, Ann. Rep, ENG. Bull. DRF no.15(1979).

[4] S. M.Scott, W.P. Haminonm, P. Hangerford, P.P. Wanner G. Juny, K. D. Wunch and B. Pfeiffer, J. Phys G., 6,1291 (1980).

[5] W.R. Philips, I. Ahmed, H. Emling, R. Holzmonn, R.V. Janssens, T.L. Khoo and M. W. Drigert, Phys. Rev. Lett. 1.57, 3257 (1986).

[6] F. Iachello and A. Anima, Phys. Lett. 13, 35, 30, (1974).

[7] R.F. Casten and P.P. Wanner, Rev. mod. Phys. 60,2, 38, (1988).

[8] A. Arima and F.Jenchello, Ann. Phys: (NY) 99.253(1976).

[9] A. Arima and F. Jenchello, Ann. Phys: (NY) 111.201(1978).

[10] A. Arima and F.Jenchello, Ann. Phys: (NY) 123.468(1979).

[11] K. Abrahams, K. Allarntad A.E.L. Dieperink 13.phys. 67,53 (1981).

[12] W. Nazarewicez, Phys. Rev. 29 ,29, 269 (1984).

[13] G. Leander, Phys. Rev. 152, 284 (1984).

[14] S. Cwiok, Nucl. Phys. 469, 367 (1989).