النظير العددي والاتجاهي للجسيم الواحد للانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب لنظائر Ba(A=130-136) باستخدام IBM-1

ايمان طارق العلوي ، خالد سلمان ابراهيم

قسم الفيزياء، كلية العلوم،الجامعة المستنصرية

الخلاصة

حسب كل من النظير العددي والنظير الاتجاهي لحدود الجسم الواحد وذلك لايجاد الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب في نظائر الباريوم Ba(A=130-136) الزوجية–زوجية باستخدام انموذج البوزونات المتفاعلة الاول. بينت حساباتنا ان اعلى قيمة لعناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقال المغناطيسي $\langle I_f \| \hat{T}^{(M1)} \| I_i \rangle$ كانت للنظيرين Ba-130 و Ba-134 للانتقالين $3_2^+ \rightarrow 3_1^+$ و $4_2^+ \rightarrow 4_1^+$ ، واقل قيمة لهما كانت عند الانتقالين $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ و $4_3^+ \rightarrow 4_2^+$ للنظير Ba-130 وللنظيرين Ba=132,134 كانت عند الانتقال $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$. اما بالنسبة إلى النظير Ba-136 فقد ظهرت عند المستويات 2_1^+ و 3_1^+ و 4_1^+ و 5_1^+ وذلك بعد فصل عدد بوزونات البروتونات عن عدد بوزونات النيوترونات، وقد تراوحت قيمة عناصر المصفوفة المختزلة (6.607→2.293) لمؤثر النظير العددي و μn(1.356-→-4.498-) لمؤثر النظير الاتجاهي ولم تظهر قيم B(M1) وذلك لعدم وجود أي انتقال بين هذه المستويات والمستويات الاخرى.

المقدمة

ان العزم المغناطيسي ثنائي القطب (Magnetic Dipole Moment) هو أحد خواص معظم النوى وهو ناتج عن حركة البروتونات(ذات الشحنة الموجبة) في مدارات مغلقة داخل النواة ،كما تسهم النيوترونات (متعادلة الشحنة) بالعزوم المغناطيسية نتيجة لامتلاكها زخما زاويا ذاتيا (1،2،3) .

ينتج العزم المغناطيسي من جراء توزيع الشحنات والتيارات الكهربائية ويحـــدد بوساطة العدد الكمي المداري (L)، فعندما يكـــون (L=0, Monople) أي أن الحركـــة المدارية تساوي صفرا فهذا يعني وجود مجال كهربائي أحادي القطبية. وعنـــدما يكـــون (L=1 ، Dipole) فأن هناك حركة مدارية للشحنات الكهربائية في مدارات مغلقةمما ينتج عنها مجالا مغناطيسيا ثنائي القطبية (1) .أما بالنسبة إلى العامل(g_L) المرتبطة بالحركـــة المدارية فإنها تساوي (1) للبروتونات (4،3) بسبب تطابق الشحنة والكتلة ، فـــي حـــين للنيوترونات فهي تساوي(0) وذلك لان النيوترونات عديمة الشحنة. أما للحركة البرميـــة الذاتية (g_S) فإنهـــا تساوي(5.586) للبروتونات وتساوي (3.826-) للنيوترونات وهذه القيم تدل على أن النيوكليونات ذو تراكيب معقدة تتضمن توزيعا ليس بالقليـــل للـــشحنات الكهربائية (3).وقد جرت بعض الدراسات حول موضوع العزوم المغناطيسية على نظائر مختلفة (5-14).

ان الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير العزم المغناطيسي ثنائي القطب فـــي التركيب النووي لنظائر الباريوم الزوجية-زوجية بدلالـــة مـــركبـــة النظيـــر العـــددي (Isoscalar Component)، ومـــركبـــة النظيـــر الاتجـــاهـــي (Isovector Component) للجسيم الواحد. ونظراً لعدم وجود نتائج سابقة في هذا الموضـــوع فقـــد استعملنا طريقة فصل البوزونات (بوزونات البروتونات وبوزونات النيوترونات كل على حدة) بوصفها طريقة ثانية لاثبات صحة النتائج التي تم الحصول عليها. من خلال حساب تاثير عزوم ثنائية القطب المغناطيسي في نظائر الباريوم (Ba, A=130-136) وايجـــاد التناظرات الديناميكية لكل نظير منها وحساب قيم مؤثر ثنائي القطب المغناطيسي $\hat{T}^{(M1)}$ ،واحتمالية الانتقالات المغناطيسية B(M1) لحدود الجسيم الواحد.

الجزء النظري

يعطى مؤثر ثنائي القطب المغناطيسي حسب المعادلة الاتية (13،17):

$$\hat{T}^{(M1)} = g_{\pi.L}\,(d_\pi^+\,\tilde{d}_\pi)^{(L)} + g_{\nu.L}\,(d_\nu^+\,\tilde{d}_\nu)^{(L)} \quad ...[1]$$

اذ g_π تعني العامل g لبوزون البروتون و g_ν تعني العامل gلبوزون النيوترون.

وأن d_πو d_υتعني بوزونات البرتونات والنيوترونات من نوع d بحيث ان $\hat{\tilde{d}}_\mu = (-1)^\mu \hat{d}_\mu$ متناظرة عند عملية دوران النواة (11) .

يمكن فصل المعادلة [1] إلى جزئين ، يمثل الجزء الأول مؤثر ثنائي القطب المغناطيسي بدلالة مركبة النظير العددي [7].

$$\hat{T}_I^{(M1)} = g_S \left[(d_\pi^+ \tilde{d}_\pi)^{(L)} + (d_\nu^+ \tilde{d}_\nu)^{(L)} \right] \quad \ldots(2)$$

إذ أن

$$g_S = \frac{1}{N} (N_\pi g_{\pi.L} + N_\nu g_{\nu.L}) \quad \ldots(3)$$

اذ يمثل N_π عدد بوزونات البروتونات و N_υ عدد بوزونات النيوترونات.

نلاحظ من المعادلة أعلاه(2) أن مؤثر عزم ثنائي القطب يتناسب مع الزخم الزاوي الكلي L .

أمـــا الجزء الثاني فهو مؤثر ثنائي القطب بدلالة مركبـــة النظيـــر الاتجـــاهي فيعطى بالصيغة الاتية[7]:

$$\hat{T}_{II}^{(M1)} = g_A \frac{1}{N} \left[N_\nu (d_\pi^+ \tilde{d}_\pi)^{(L)} - N_\pi (d_\nu^+ \tilde{d}_\nu)^{(L)} \right] \quad \ldots(4)$$

ويعرف g_A بالصيغة الاتية:

$$g_A = g_{\pi.L} - g_{\nu.L} \quad \ldots(5)$$

لا توجد انتقالات نقية من نوع Isovector أو Isoscalar لكونها تتشكل من مجموع المؤثرين الا انه يمكن حساب g_v و g_π وذلك باتباع شكل التصرف لبوزون – فيرميون(Boson- Fermion Mapping). ويمكن تحويل حالة البوزون (Ψ_B) إلى حالة الفيرميون وذلك باستبدال المؤثرين s^+ و d^- مع العلاقة المتبادلة لازواج الفيرميونات[10,11].

$$[\hat{s},\hat{s}^+]=1;\ [\hat{s},\hat{s}\ ]=[\hat{s}^+,\hat{s}^+]=0$$

$$[\hat{d}_\mu,\hat{d}_\mu^-]=\delta_{\mu\mu};\ [\hat{d}_\mu,\hat{d}_\mu]=[\hat{d}_\mu^-,\hat{d}_\mu^-]=0$$

$$[\hat{s},\hat{d}_\mu^+]=[\hat{s},\hat{d}_\mu];\ [\hat{s}^+,\hat{d}_\mu^+]=[\hat{s}^+,\hat{d}_\mu]=0 \quad ...(6)$$

تكتب مؤثرات العزم المغناطيسي عادة بدلالة مركبة النظير العددي، ومركبة النظير الاتجاهي كماياتي[15] :

$$\mu=\mu_o-\tau\ \mu_1 ...(7)$$

إذ τ عدد كمي يمثل البرم النظيري (Isospin) [16] ، كما تمثل معادلة العزوم المغناطيسية بدلالة النظير العددي بالصيغة الاتية[15،17]:

$$\mu_o=\frac{1}{2}(\mu_\pi+\ \mu_v)=0.4398\ \ \mu_n ...(8)$$

أما معادلة العزوم المغناطيسية بدلالة النظير الاتجاهي فتمثل بالصيغة الاتية[15،17]:

$$\mu_1=\frac{1}{2}(\mu_\pi-\ \mu_v)=2.3529\ \ \mu_n \quad ...(9)$$

اذ μ_n تعني وحدة النيوترون ماكنيتون لحساب العزوم المغناطيسية.

وتتحدد الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب M1 بقواعد الانتقاء الاتية [18].

$\Delta J=\pm1,0$	$0\rightarrow0$ forbidden no change in party.
$\Delta T=\pm1,0$	$0\rightarrow0$ forbidden.

النتائـــج والمنـــاقشة

لغرض دراسة العزم المغناطيسي ثنائي القطب ومعرفة الخصائص التي تتميـز بها النظائر الزوجية-زوجية لنواة الباريوم (Ba,A=130-136,Z=56) حسبت احتماليـة الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب بدلالة النظيـر العـددي (Isoscalar)، و النظيـر الاتجاهي (Isovector).

بين الجدول (1) الاعلومات التي حصلنا عليهـا للجـسيم الواحـد لبوزونـات البروتونات وبوزونات النيوترونات للحصول على قيـم $\langle I_f \| \hat{T}^{(M1)} \| I_i \rangle$ المختزلـة وقيم B(M1) .

إذ تمثل الاعلومة β'_π الاعلومة الخاصـة بـالمؤثر ($\hat{L}_\pi = \hat{d}^+_\pi \tilde{\hat{d}}_\pi$) و β'_ν الخاصة بالمؤثر ($\hat{L}_\nu = \hat{d}^+_\nu \tilde{\hat{d}}_\nu$) لحدود الجـسيم الواحـد لمـؤثر النظيـر العـددي والاتجاهي. يمثل الشكل (1) اعلومات مؤثر الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب للجسيم الواحد دالة للاعداد الكتلية. نلاحظ أن قيم β'_π تبدأ بالنقصان بزيادة الأعداد الكتلية لنظائر الباريوم التـي تمتلـك سـتة جـسيمات (six particle) والمتمثلـة بعـدد بوزونـات البروتونات $N_\pi = 3$ بعد القشرة المغلقة 50 وتعود لتزداد قليلا عند نظير الباريوم (Ba-136)، أما قيم β'_ν فتبدأ بالنقصان من النظير (Ba-130) إلى النظير (Ba-132) وبعدها تزداد قيمها لكل من نظيري الباريوم (Ba-134,136) وذلك بزيادة الاعداد الكتلية لهـذه النظائر التي تمتلك عددا من الفجوات (Holes=8,6,4,2) والمتمثلـة بعـدد بوزونـات النيوترونات ($N_\nu = 4,3,2,1$) قبل القشرة المغلقة 82 . كما نلاحظ من الشكل (1) أيضا تقاطع كـل مـن منحنـي β'_π و β'_ν عنـد نظير الباريوم (Ba-132) وتساوي قيمها وذلك بسبب تساوي عدد بوزونات البروتونات مع عدد بوزونات النيوترونات لهذا النظير ($N_\pi = N_\nu = 3$) أي انه يمتلك عدداً متساوياً لكل من الجسيمات والفجوات.

ويبين الجدول (2) القيم الحالية لعناصر المصفوفة المختزلة $\langle L_f \| \hat{T}^{(M1)} \| L_i \rangle$ واحتمالية الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب B(M1) للجسـيم الـواحـد بـدلالـة مـؤثـر الـنظيـر العـددي (Isoscalar) والنـظير الاتجاهي (Isovector).

نلاحظ من الجدول (2) أيضا أن اعلى قيم لعناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقال المغناطيسي ثنائي القطب و B(M1) كانت للنظائر Ba(A=130-134)

للانتقالين $3_1^+ \rightarrow 3_1^+$ و $4_2^+ \rightarrow 4_1^+$، اما اقل قيم لها فكانت عند الانتقالين $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ للنظير Ba-130 وعند الأنتقال $4_3^+ \rightarrow 4_2^+$ $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ للنظير (Ba=132,134).أما بالنسبة للنظير Ba-136 فان قيم $\langle L_f \| \hat{T}^{(M1)} \| L_i \rangle$ بعد فصل عدد بوزونات البروتونات وبوزونات النيوترونات ظهرت للمستويات 2_1^+ و 3_1^+و 4_1^+ و 5_1^+ فقط ، وقد تراوحت قيمها (2.293-7.607□n) لمؤثر النظير العددي و(n□ 1.356- – 4.498-) لمؤثر النظير الاتجاهي ولم تظهر قيم B(M1) لعدم وجود أي أنتقال من هذه المستويات لمستويات أخرى وبالعكس .

يوضح الشكل (2) قيم عناصر المصفوفة المختزلة للجسيم الواحد لمؤثر الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب لأقوى الانتقالات $4_1^+ \rightarrow 4_2^+$ و $3_1^+ \rightarrow 3_2^+$ بعد فصل بوزونات النيوترونات عن بوزونات البروتونات ومقارنتها مع ما يقابلها من قيم هذا المؤثر للانتقالات نفسها قبل عملية فصل البوزونات.

نلاحظ من الشكل (2) أيضا تناقص قيم مؤثر الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب بزيادة العدد الكتلي نتيجة تأثير زيادة مؤثر النظير العددي المعادلة(2) فضلا عن النقصان الملحوظ لمؤثر النظير الاتجاهي الناتج من المعادلة (4) إذ بينت النتائج الحالية نقصان قيم $< L_f \| \hat{T}^{(M1)} \| L_i >$ الناتج من مجموع مؤثري النظير العددي والأتجاهي. بينما لم ينتج الا تغير قليل جداً لهذا المؤثر ، أما الشكل (3) فيوضح علاقة عناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقالات المغناطيسية للجسيم الواحد قبل عملية الفصل دالة للاعداد الكتلية بدلالة العدد الكلي للبوزونات. مما يبين أهمية مؤثري النظير العددي والاتجاهي على مؤثر عزم ثنائي القطب المغناطيسي وتأثيره في أرتفاع قيمها لعدم فصل بوزونات البروتونات عن بوزونات النيوترونات.

المصادر

1. Krane, K.S. (1987), "Introduction Nuclear Physics", Ed. Hall day, Pub. John Wiley and Sons.
2. Seimant, H. and Al-Bright, J. (1970), "Introduction to Atomic and Nuclear Physics" Holt Rinttert and Winston, Inc.
3. د. عادل منيب (1996)، "الفيزياء النووية" كلية العلوم، جامعة الموصل.

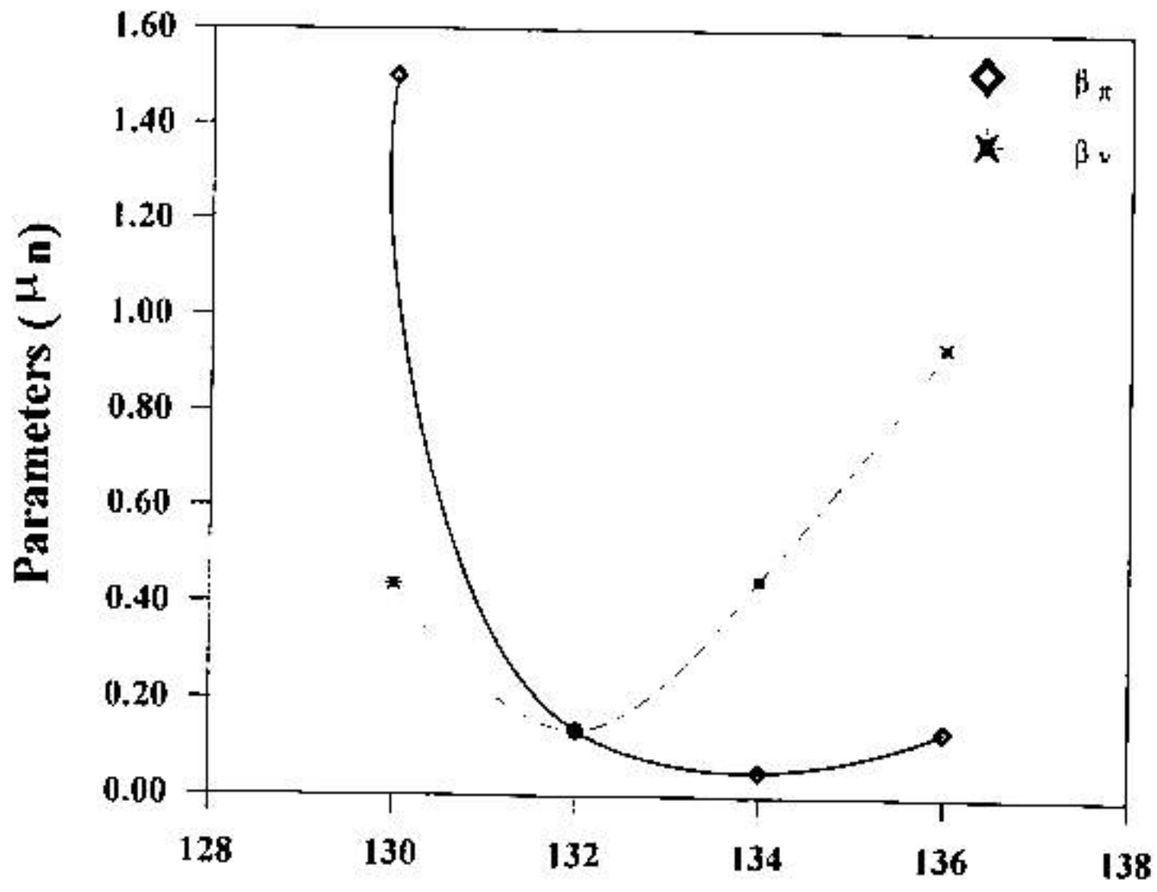
4. Deshalit, A. and Feshback, H. (1974), "Theoretical Nuclear Physics", Ed. Fesh back, Hemran Joint Author, Pub. John Wiley and Sons.
5. Sambatro, M. (1984), Nucl. Phys. A, 423: 333-349.
6. Dieperink ,A.E.L. (1984), Nucl. Phys. A,421:189C-204C.
7. Scholten, O. (1987), Nucl. Phys. A.,438: 41-77.
8. Zamik, L. and Liu, H. (1987), Phys. Rev. C,36:2064-2068.
9. Zamik, L. and Liu, H. (1987), Phys. Rev. C, 36: 2057-2063.
10. Loiudice, N. (1988), Phys. Rev. C, 38:2895-2901.
11. Casten, R.F. and Warner, D.D. (1988), Rev. Mod. Phys. C., 66: 389-469.
12. Zilges ,A.;Von Brentano, P. and Hrezberg, R.D. (1996), Nucl. Phys. A,599: 147C-152C.
13. Loiudice N. (1997), Phys. Rev. C, 28:1390-1454.
14. Ibraheim, K.S., Al-Always, I.T.and Khwdiaer, A.Z. (2001),Al-Mustansiriyah University, J.Sci, 12:42-57.
15. Zamick, L. (1977), Phys. Rev. C, 15:824-826.
16. Bohr, A. and Motteslson, B. (1975), "Nuclear Structure" Ed. Benjamin with Pub. Inc. New York, Vol.II, Nuclear Deformations.
17. Pakou, A.; Tanzn, R. and Turened, D. (1987), Phys. Rev. C, 36: 2088-2108.
18. Bohr, A. and Mottelson, B. (1969), "Nuclear Structure" Ed. Benjamin with, Pub. Inc. New York, Vol.II, Single-particle motion.

جدول (1) الاعلومات الخاصة بمعادلة مؤثر الانتقالات المغناطيسية لحدود الجسيم الواحد والجسيمين لعدد بوزونات البروتونات وعدد بوزونات النيوترونات

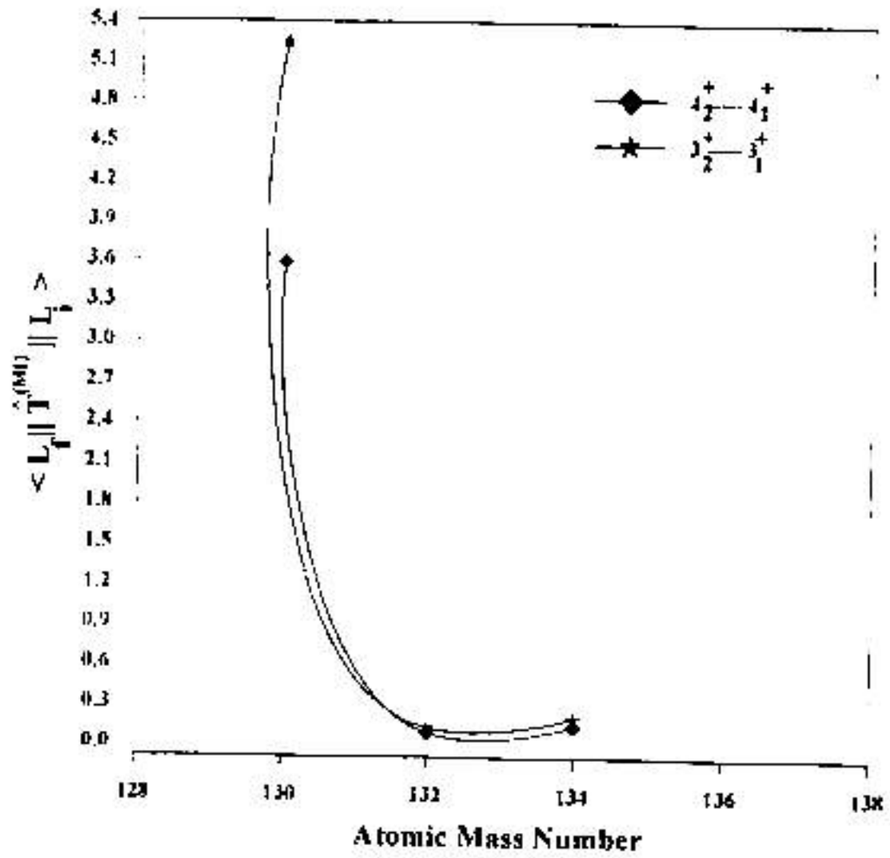
Parameters $\square_n$	Isotopes				
	$^{130}_{56}Ba_{74}$	$^{132}_{56}Ba_{76}$	$^{134}_{56}Ba_{78}$	$^{136}_{56}Ba_{80}$	1- Body
β'_π	1.4999	0.1348	0.0520	0.1384	
β'_ν	0.4378	0.1348	0.4485	0.9400	

جدول (2) احتمالية الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب وعناصر المصفوفة المختزلة لحد الجسيم الواحد بدلالة مركبة النظير العددي والنظير الأتجاهي .

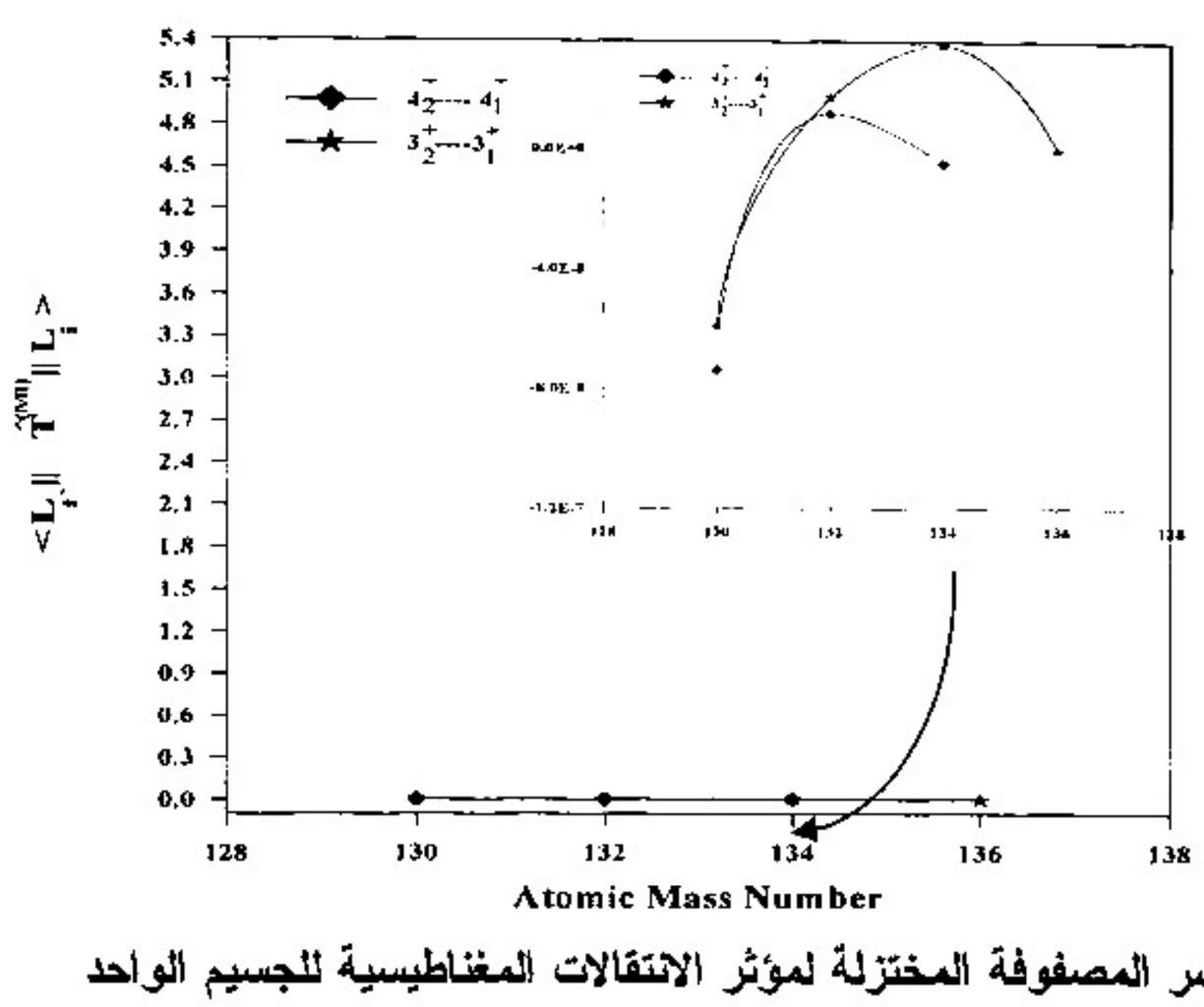
Isotopes	I_i-I_f	$\langle L_f \parallel \hat{T}^{(M1)} \parallel L_i \rangle$ (μn)			B(M1) $(\mu n)^2$		
		Isoscalar	Isovector	Total	Isoscalar	Isovector	Total
$^{130}_{56}Ba_{74}$	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.1971×10^{1}	0.1675	0.2139×10^{-1}	0.7775	0.5612×10^{-2}	0.9152
	$2_3^+ \rightarrow 2_2^+$	-0.1337	-0.1136×10^{-1}	-0.1451	0.3577×10^{-2}	0.2582×10^{-4}	0.4211×10^{-2}
	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.3130	0.2659×10^{-1}	0.3396	0.1959×10^{-1}	0.1414×10^{-4}	0.2306×10^{-1}
	$3_2^+ \rightarrow 3_1^+$	0.3299×10^{1}	0.2803	0.3579×10^{1}	0.1555×10^{1}	0.1122×10^{-1}	0.183×10^{-1}
	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0.4829×10^{1}	0.4103	0.5240×10^{1}	0.2591×10^{1}	0.1870×10^{-1}	0.305×10^{1}
	$4_3^+ \rightarrow 4_2^+$	-0.3276	-0.2783×10^{-1}	-0.3554	0.1192×10^{-1}	0.8608×10^{-4}	0.1403×10^{-1}
	$4_3^+ \rightarrow 4_1^+$	0.7667	0.6514×10^{-1}	0.8318	0.6532×10^{-1}	0.4714×10^{-3}	0.7689×10^{-1}
$^{132}_{56}Ba_{76}$	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.4835×10^{1}	0.0000	0.4835×10^{-1}	0.4676×10^{-3}	0.0000	0.4676×10^{-3}
	$3_2^+ \rightarrow 3_1^+$	0.8091×10^{1}	0.0000	0.8091×10^{-1}	0.9353×10^{-3}	0.0000	0.9353×10^{-3}
	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0.1184	0.0000	0.1184	0.1558×10^{-2}	0.0000	0.1558×10^{-2}
$^{134}_{56}Ba_{78}$	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.9736×10^{-1}	-0.1833×10^{-1}	0.7903×10^{-1}	0.1896×10^{-2}	0.6721×10^{-4}	0.1249×10^{-2}
	$3_2^+ \rightarrow 3_1^+$	0.1629	-0.3067×10^{-1}	0.1322	0.3792×10^{-2}	0.1344×10^{-3}	0.2498×10^{-2}
	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0.2385	-0.4490×10^{-1}	0.1936	0.6320×10^{-2}	0.2240×10^{-3}	0.4164×10^{-2}



شكل (1) الاعلومات الخاصة بمعادلة مؤثر الانتقالات المغناطيسية ثنائية القطب للجسيم الواحد بدلالة بوزونات البروتون وبوزونات النيوترون



شكل (2) عناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقالات المغناطيسية للجسيم الواحد دالة للاعداد الكتلية بدلالة بوزونات البروتون وبوزنات النيوترون



شكل (3) عناصر المصفوفة المختزلة لمؤثر الانتقالات المغناطيسية للجسيم الواحد دالة للاعداد الكتلية بدلالة العدد الكلي للبوزونات

Isoscaler and isovector for one body of magnetic dipole transitions of Ba(A=130-136) isotopes using IBM-1

Iman T. Al-Alawy , Khalid S. Ibraheim
Department of Physics,College of Science Al-Mustansiriyah University

Abstract

Isoscalar and isovector for one body of magnetic dipole transitions of even-even Ba (A=130-136) isotopes have been calculated using IBM-1. The present calculations are predicted that the maximum values of magnetic dipole reduced matrix element $\langle I_f \| \hat{T}^{(M1)} \| I_i \rangle$ were found in Ba (A=130 and A=136) for the transitions $3_2^+ \rightarrow 3_1^+$ and $4_2^+ \rightarrow 4_1^+$, while the minimum values in the transitions $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ and $4_3^+ \rightarrow 4_2^+$ for Ba=130 and for Ba(A=132 and for Ba(A=132 and A=134) at the transitions of $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$. The values of reduced matrix element $\langle I_f \| \hat{T}^{(M1)} \| I_i \rangle$ in Ba=136 were appeared after the separation of proton bosons and neutron bosons at $2_1^+, 3_1^+$, 4_1^+ and 5_1^+ states. These values were equal to (2.293→-1.356) μn for isovector operators. The values of B(M1) doesn't appears because there are no transitions between these energy states other energy states.