Multiple Mixing Ratios of Gamma Rays

Reaction ^{168}Er(n, n′γ)^{168}Er From Using a_2 – Ratio Method

T. A. Younis
Department of physics, College of Education Ibn AL – Haitham, University of Baghdad

Abstract

The δ-mixing of γ - transition in ^{168}Er populated in ^{168}Er(n,n′γ)^{168}Er reaction is calculated in the present work by using a_2- ratio method. This method has used in previou studies [4, 5, 6, 7] in case that the second transition is pure or for that transition which can be considered as pure only, but in one work we applied this method for two cases, in the first one for pure transition and in the 2nd one for non pure transitions. We take into accunt the experimental a_2-coefficient for previous works and δ-values for one transition only [1].

The results obtained are, in general, in agood agreement within associated errors, with those reported previously [1], the discrepancies that occur are due to inaccuracies existing in the experimental data of the previous works.

حساب نسب الخلط لاشعة كاما المنبعثة من التفاعل النووي $^{168}Er(n, n'\gamma)^{168}Er$ باستعمال طريقة نسبة a_2

تغريد عبد الجبار يونس
قسم الفيزياء ، كلية التربية ابن الهيثم ،جامعة بغداد

الخلاصة

لقد تم في البحث الحالي حساب نسب الخلط (δ) للانتقالات الكامية من مستويات لطاقة لـ ^{168}Er المتولدة من التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ بطريقة نسبة a_2. إذ طبقت هذه لطريقة في الدراسات السابقة [4 ، 5 ، 6 ، 7] في حالة كون الانتقال الثاني نقياً او يمكن عده نقياً فقط ، اما في البحث الحالي فقد طبقت هذه الطريقة بالاسلوب نفسه في حالتين الاولى عندما يكون لحد الانتقالين نقياً او يمكن وصفه نقياً والأخرى عندما يكون الانتقالين الكاميين غير نقيين ، اذ تم الاعتماد على النتائج التجريبية لمعاملات التوزيع الزاوي a_2 وقيمة δ لاحد الانتقالين للاعمال السابقة [1] .

ويتضح من النتائج ان قيم (δ) التي تم الحصول عليها متفقة بصورة جيدة او ضمن حدود الخطأ التجريبي مع النتائج التجريبية للبحوث المنشورة سابقاً [1]. وسبب وجود بعض التناقضات يعود الى عدم الدقة في النتائج التجريبية لتلك البحوث السابقة .

المقدمة

حسبت نسب الأختلاط (δ) لأنتقالات كامية من مستويات الطاقة لـ ^{168}Er المتولدة من التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ من Berenda Kov وآخرون [1] ،اذ انه قام بقياس التوزيع الزاوي لـ 50 أنتقالا كاميا من 37 مستوياً متهيجاً، وقد حُددت قيم نسب الخلط (δ) لـ 44 أنتقالا كاميا.

وقد طبقت طريقة التنسر الأحصائي الثابت من B.M.Saied [2] لتحديد قيم نسب الخلط للأنتقالات الكامية من مستويات الطاقة لـ ^{168}Er المتولدة من التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ باستخدام معاملات التوزيع الزاوي (a_2) التجريبية المنشورة في المصدر [1].

أستخدمنا في البحث الحالي معاملات التوزيع الزاوي a_2 المنشورة في المصدر [1] للدراسات أنفسها في حساب قيم نسب الخلط δ للأنتقالات الكامية لـ ^{168}Er المتولدة من التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ بطريقة نسبة a_2 من أجل تأكيد صحة هذه لطريقة لحساب نسب الأختلاط δ للأنتقالات الكامية من المستويات المتهيجة من التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$.

أختزال المعطيات وتحليلها

بالنسبة لى الانتقالات الكامية النقية او الانتقالات التي يمكن عدها نقية يمكن حساب التنسر الاحصائي $\rho_2(J_i)$ من المعادلة الاتية (1) :

$$a_2 (J_i - J_f) = \rho_2 (J_i)\, F_2 (J_i J_f \delta) \qquad \text{.......... (1)[3]}$$

اذ ان

$\rho_2(J_i)$ يمثل التنسر الاحصائي الثابت للمستوي الابتدائي J_i .

$F_2 (J_i J_f \delta)$ هي معاملات تتضمن معلومات عن تغيرات الزخم الزاوي ونسب الخلط وهي تعطى بالعلاقة الاتية:-

$$F_2 (J_i J_f \delta) = \frac{[F_2(J_f L_1 L_1 J_i) + 2\delta F_2 (J_f L_1 L_2 J_i) + \delta^2 F_2 (J_f L_2 L_2 J_i)]}{(1+\delta^2)} \qquad \text{.......... (2)[8]}$$

اذ ان

$$L_1 = |J_i - J_f| \neq 0 \qquad \text{..........}$$

$$L_2 = L_1 + 1 \qquad \text{..........}$$

اذ L يمثل الزخم الزاوي لاشعة كاما وهو لايساوي صفر

إذ إن $\qquad L = \ell + s \neq 0$

لأن s = البرم ويساوي واحد .

L = الزخم الزاوي لاشعة كاما.

ℓ = الزخم الزاوي المداري (ويأخذ $\ell = 0,1,2,3,\ldots\ldots\ldots$)

وفي حالة كون الانتقال الكامي نقيا، فأن $(\delta=0)$ وبذلك تصبح المعادلة (2) كمايأتي:

$$F_2 (J_i J_f \delta) = F_2 (J_f L_1 L_1 J_i) \qquad \text{.......... (3)}$$

وبتعويض (3) في (1) ينتج

$$a_2 (J_i - J_f) = \rho_2 (J_i)\, F_2 (J_f L_1 L_1 J_i) \qquad \text{.......... (4)}$$

اما في حالة وجود أنتقالين كاميين فنستعمل المعادلة الاتية:-

$$\frac{a_2 (J_i - J_{f_1})}{a_2 (J_i - J_{f_2})} = \frac{\left[F_2 (J_{f_1} L_1 L_1 J_i) + 2\delta_1 F_2 (J_{f_1} L_1 L_2 J_i) + \delta_1^2 F_2 (J_{f_1} L_2 L_2 J_i)\right]/(1+\delta_1^2)}{\left[F_2 (J_2 L_1 L_1 J_i) + 2\delta_2 F_2 (J_{f_2} L_1 L_2 J_i) + \delta_2^2 F_2 (J_{f_2} L_2 L_2 J_i)\right]/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.......... (5)}$$

حيث ان $\rho_2 (J_i)$ متساوية للمستوى نفسه

واذا كان الانتقال الثاني نقي فنعوض قيمة $\delta_2 = 0$ فينتج :-

$$\frac{a_2 (J_i - J_{f_1})}{a_2 (J_i - J_{f_2})} = \frac{F_2 (J_{f_1} L_1 L_1 J_i) + 2\delta_1 F_2 (J_{f_1} L_1 L_2 J_i) + \delta_1^2 F_2 (J_{f_1} L_2 L_2 J_i)}{F_2 (J_{f_2} L_1 L_1 J_i)(1+\delta_1^2)} \qquad \text{.......... (6)}$$

حيث ان قيم F_2 مذكورة في الملحق، وقيم a_2 معلومة في الجداول (1) و (2) وعند تطبيق هذه المعادلة في حالة كون احد هذين الانتقالين نقياً ينتج:-

$$\frac{(1^- - 2^+)}{(1^- - 0^+)^*} = \frac{+0.07071 + 0.94868\ \delta + 0.35355\ \delta^2}{0.70711\ (1+\delta^2)} \qquad \text{.......... (7)}$$

$$\frac{(2^+ - 2^+)}{(2^+ - 0^+)^*} = \frac{-0.41833 - 1.22476\ \delta + 0.12806\ \delta^2}{-0.59761\ (1+\delta^2)} \qquad \text{.......... (8)}$$

$$\frac{(2^+ - 2^+)}{(2^+ - 4^+)^*} = \frac{-0.41833 - 1.22476\ \delta + 0.12806\ \delta^2}{-0.17075\ (1+\delta^2)} \qquad \text{.......... (9)}$$

$$\frac{(4^{+}-4^{+})}{(4^{+}-2^{+})^{*}}=\frac{-0.43875-0.67082\ \delta+0.26455\ \delta^{2}}{-0.44770\ (1+\delta^{2})} \qquad \text{.........(10)}$$

$$\frac{(6^{+}-6^{+})}{(6^{+}-4^{+})^{*}}=\frac{-0.44320-0.46292\ \delta+0.29355\ \delta^{2}}{-0.40291\ (1+\delta^{2})} \qquad \text{.........(11)}$$

أما بالنسبة الى المستويات التي لها انتقالان كاميان غير نقيين فنستخدم لمعادلة (5) على اعتبار ان قيمة δ_2 (مقاسة تجريبياً) معلومة وكمايأتي:-

$$\frac{(2-2)}{(2-3)}=\frac{(-0.41833-1.22476\delta_1+0.12806\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(+0.11952+1.30932\delta_2+0.34149\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(12)}$$

$$\frac{(2-3)}{(2-2)}=\frac{(+0.11952+1.30932\delta_1+0.34149\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(-0.41833-1.22476\delta_2+0.12806\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(13)}$$

$$\frac{(3-2)}{(3-4)}=\frac{(+0.34641-1.89738\delta_1-0.12372\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(+0.14434+1.44336\delta_2+0.30929\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(14)}$$

$$\frac{(3-4)}{(3-2)}=\frac{(+0.14434+1.44336\delta_1+0.30929\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(+0.34641-1.89738\delta_2-0.12372\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(15)}$$

$$\frac{(3-3)}{(3-4)}=\frac{(-0.43301-0.86602\delta_1+0.22682\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(+0.14434+1.44336\delta_2+0.30929\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(16)}$$

$$\frac{(3-4)}{(3-3)}=\frac{(+0.14434+1.44336\delta_1+0.30929\delta_1^2)/(1+\delta_1^2)}{(-0.43301-0.86602\delta_2+0.22682\delta_2^2)/(1+\delta_2^2)} \qquad \text{.........(17)}$$

يعد الانتقال نقيا او يمكن اعتباره نقيا اذا تحقق الشرط الاتي:-

$$|J_i-J_f| \le L \le J_i+J_f$$

اذ ان : J_f ،J_i = المستوي الابتدائي والثانوي على التوالي.

وفي مثل هذه الانتقالات يكون تغير التماثل للاشعاع الكهربائي EL كمايأتي:-

$$\pi_i \,.\, \pi_f=(-1)^{L}$$

وللاشعاع المغناطيسي ML

$$\pi_i \,.\, \pi_f=(-1)^{L+1}$$

اذ ان π_i ، π_f = تماثل المستوي الابتدائي والثانوي على التولي.

النتائج والمناقشة

طريقة نسبة a_2 وإنتقالات نقية

يبين الجدول (1) مستويات الطاقة لل ^{168}Er التي لها انتقالان على الأقل وأحدهما نقي. واستعمل في حساب قيم δ للانتقال الآخر.

اذ نلاحظ منه ان قيم δ المحسوبة بطريقة نسبة a_2 متفقة ضمن لخطأ التجريبي مع قيم δ المنشورة في المصدرين [1] و [2]، للانتقالات أنفسها وهذا يدل على أن القيم المقاسة تجريبياً في المصدر [1] صحيحة ماعدا قيمة δ المقاسة للأنتقالين $(0^{+}-1^{-})$ و $(2^{+}-1^{-})$، 1358.9 و 1279.0 كيلو الكترون فولت من المستوي 1358.9 كيلو الكترون فولت،

وكذلك قيمة δ المقاسة للأنتقالين($0^+ - 1^-$) و ($2^+ - 1^-$)، 1786.1 و 1706.4 كيلو الكترون فولت من المستوي 1786.1 كيلو الكترون فولت، اذ نجد انها تتفق ضمن الخطأ التجريبي مع قيم δ المقاسة نظرياً بطريقة التنسر الاحصائي الثابت للانتقالات النقية او التي يمكن وصفها نقية المنشورة في المصدر[2] ، ولكنها تختلف مع قيم δ المقلسة تجريبياً في المصدر[1] وهذا يدل على عدم صحة النتائج التجريبية المنشورة في هذا المصدر، فمن المفروض ان يكون كل من الانتقالين ($0^+ - 1^-$) و ($2^+ - 1^-$) انتقالاً نقياً (E1) وذلك حسب العلاقات الاتية:-

$$|J_i - J_f| \le L \le J_i + J_f$$

للاشعاع الكهربائي (EL)
$$\pi_i \cdot \pi_f = (-1)^L$$

وللاشعاع المغناطيسي (ML)
$$\pi_i \cdot \pi_f = (-1)^{L+1}$$

فبتطبيق هذه العلاقات على الانتقال ($0^+ - 1^-$) نجد :-

$$|J_i - J_f| \le L \le J_i + J_f$$
$$|1-0| \le L \le 1+0$$
$$1 \le L \le 1$$
$$\therefore L = 1$$

للأشعاع الكهربائي
$$(1)\ \pi_i \cdot \pi_f = (-1)^L$$
$$(-) \cdot (+) = (-1)^L \Rightarrow L = 1$$
$$\therefore EL = E1$$

للأشعاع المغناطيسي
$$(2)\ \pi_i \cdot \pi_f = (-1)^{L+1}$$
$$(-) \cdot (+) = (-1)^{L+1}$$

$\therefore$ يجب ان تكون قيمة L زوجية

وعليه فلا يوجد انتقال للأشعاع المغناطيسي كون L=1 فقط

ومنه فالانتقال ($0^+ - 1^-$) أنتقال نقي E1(100%)

وبالطريقة نفسها نجد أن الانتقال ($2^+ - 1^-$) هو انتقال نقي E1 ايضاً.

وكذلك نلاحظ من الجدول (1) ان قيمة $\delta = -0.03$ للأنتقال ($2^+ - 4^+$) 914.9 كيلو الكترون فولت من المستوي 994.8 كيلو الكترون فولت تكون صغيرة جداً، وهذا يعني ان هذا الانتقال يجب ان يكون نقيا او يمكن عده نقي، اذ انه يكون (E2 99.91%) وكذلك الحال بالنسبة الى كل من δ=0.02 للانتقال ($4^+ - 6^+$) 999.7 كيلو الكترون فولت من المستوي 1263.9 كيلو الكترون فولت، و $\delta = -0.00$ للانتقال ($4^+ - 2^+$) 1012.2 كيلو الكترون فولت من المستوي 1276.3، و $\delta = -0.06$ للانتقال ($4^+ - 2^+$) 1229.0 كيلو الكترون فولت من المستوي 1493.1 كيلو الكترون فولت فعندما $\delta = 0.02$ يكون الانتقال (E2 99.96%) وعندما $\delta = -0.00$ يكون الانتقال (E2 100%). اما عندما تكون $\delta = -0.06$ فيكون الانتقال (E2 99.64%) وبما ان قيم δ المقاسة في البحث الحالي التي تقابل تلك القيم تتفق ضمن الخطأ التجريبي مع تلك المنشورة في كل من المصدرين[1]،[2] فأن النتائج التجريبية المقاسة لتلك الانتقالات تكون صحيحة.

بطريقة نسبة a_2 وأنتقالات مختلطة

نلاحظ من الجدول (2) الاتي:-

ان قيمة $\delta = -0.02$ المنشورة في المصدر[1] للأنتقال $(2^+ - 4^+)$ 1351.7 كيلو الكترون فولت من المستوي 1431.5 كيلو الكترون فولت صغيرة جداً. وهذا يعني ان هذا الانتقال يجب ان يكون 99.96% نقيا E2 و 0.04% M1 على اعتبار الاتي:-

$$\delta^2 = \frac{E2}{M1}$$
$$(-0.02)^2 = \frac{E2}{M1}$$
$$E2 = 0.0004\ M1$$
$$E2 + M1 = 100\%$$
$$0.0004\ M1 + M1 = 100\%$$
$$1.0004\ M1 = 100\%$$
$$M1 = \frac{100}{1.0004}\ \%$$
$$M1 = 99.96\ \%$$
$$E2 + M1 = 100\ \%$$
$$99.96\ \% + M1 = 100\ \%$$
$$M1 = 100\ \% - 99.96\ \% = 0.04\ \%$$

ولهذا عندما استخدمنا قيمة $\delta = -0.02$ للأنتقال $(2^+ - 4^+)$ 1351.7 كيلو الكترون فولت من المستوي 1431.5 كيلو الكترون فولت لأيجاد قيمة δ للانتقال الثاني وجدنا ان القيمة التي حصلنا عليها لم تتفق مع قيمة δ المنشورة في المصدر[1]، اما عندما استخدمنا قيمة δ المشورة للانتقال $(4^+ - 3^-)$ 1167.4 كيلو الكترون فولت من المستوي نفسه لايجاد قيمة δ للانتقال الاول وجدنا ان القيمة التي حصلنا عليها تتفق مع قيمة δ المنشورة في المصدر[1] ضمن الخطأ التجريبي مما يؤكد صحتها.

1- ان قيم δ المقاسة في البحث الحالي للأنتقالين $(2^+ - 2^-)$ و $(3^+ - 2^-)$ 748.3، 673.7 كيلو الكترون فولت من المستوي 1569.5 كيلو الكترون فولت، تتفق مع قيم δ المنشورة في المصدر[1] ولا تتق مع قيم δ المنشورة في المصدر[2] وهذا يدل على صحة النتائج التجريبية من جهة وعلى صحة طريقة نسبة a_2 في حساب (δ)من جهة أخرى وانها افضل من طريقة CST في حساب (δ) وهذا ما نلاحظ من مقارنة لنتائج التي تم الحصول عليها مع النتائج المنشورة سابقاً في المصدرين [1] و [2] .

2- لوحظ من النتائج التي تم الحصول عليها في الجدولين (1) و(2) انها تتفق مع لنتائج التجريبية التي سبق ولن تم الحصول عليها وكذلك امكانية طرقة نسبة a_2 ليس على حساب قيم δ فحسب وانما على التنبؤ بوجود أي خطأ في النتائج التجريبية.

المصادر

1. Berendakov, S.A.; Govor L.I. and Demidov, A.M. (1998) Phys. Atomic. Nuclei. 61(9): 1437
2. Mohammed-Saied, B. (2001) ph. D. thesis, Analysis of Angular Distribution of Gamma Rays AND Gamma-Gamma & Particle-Gamma Angular Correlations, University of Baghdad
3. Poletti, A.R. and Warburton, E.K. (1965). phys. Rev. 137B: 595
4. Youhana, H.M.; AL-Obeidi, S.R.; AL-Amili, M.A.; Abid, H.E. and Abdull a A.A. (1986) Nucl. Phys. A 458:51.
5. Youhana, H.M.; AL-Obeidi, S.R. and AL-Amili, M.A.(1996). (1996).J.Sci. 37 (2): 775
6. Youhana, H.M.(2001), Ibn AL- Haitham Journal for pure and Applied Sciences, Angular Distribution studies of γ-Rays from the Reactions Zr^{90} $(n,n'\gamma)$,4A:45
7. AL-zuhairy, M.H.M. (1999). Ph.D. thesis,Multipole Mixing Ratios of Gamma Ray from the Heavy Ion Reactions by using constant statistical Tensor Method, University of Baghdad
8. Yamazaki, T. (1967).Nucl Data, Section A3: 1

الجدول (1): نسب الخلط لانتقالات كامية من مستويات متهيجة في التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ بأستعمال طريقة نسبة a_2 وانتقالات نقية.

E_{level} (KeV)	E_γ (KeV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2 / a_4 [1]	δ - values Ref.(1)	Ref.(2)	P.W
821.2	821.2	$2^+ - 0^+$	0.216 (15) − 0.063(20)	E2	E2	E2
	741.4	$2^+ - 2^+$	− 0.029(8) −0.013(11)	26^{+27}_{-8} —	$25.1^{+19.5}_{-7.6}$ − 0.40(2)	$26.1^{+61.26}_{-14.5}$ − 0.40(5)
994.8	914.9	$4^+ - 2^+$	0.27(3) − 0.04(4)	E2	− 0.03(5)	E2
	730.7	$4^+ - 4^+$	− 0.125(8) −0.079(11)	— 13^{+16}_{-3}	$-(0.86^{+0.04}_{-0.03})$ $10.3^{+2.9}_{-1.9}$	− 0.89(7) $12.60^{+10.21}_{-3.77}$
1263.9	999.7	$6^+ - 4^+$	+0.29(3) − 0.05(4)	E2	$-(0.02^{+0.03}_{-0.04})$	E2
	715.1	$6^+ - 6^+$	− 0.219(17) − 0.187(23)	$-1.7^{+0.9}_{-0.3}$ -50^{+20}_{-15}	$-(1.6^{+?}_{-0.2})$ $108^{+?}_{-90}$	$-1.68^{+19.18}_{-0.56}$
1276.3	1196.5	$2^+ - 2^+$	−0.129 (13) − 0.018(20)	— $-5.0^{+2.6}_{-1.9}$	− 0.71(7) $-(4.9^{+1.4}_{-0.9})$	− 0.71(6) $-(4.9^{+0.85}_{-1.15})$
	1012.2	$2^+ - 4^+$	0.064(14) 0.012(20)	E2	− 0.00(4)	E2
1358.9	1358.9	$1^- - 0^+$	− 0.040 (14) − 0.021(20)	E1	E1	E1
	1279.0	$1^- - 2^+$	0.02(2) − 0.002 (2)	0>δ> −0.3	− 0.09(2)	− 0.11(4) $-(2.3^{+0.24}_{-0.32})$
1493.1	1413.3	$2^+ - 2^+$	0.362 (16) 0.011(20)	0.65(35)	Imaginary root	Imaginary root
	1229.0	$2^+ - 4^+$	0.084(11) 0.031 (15)	E2	$-(0.06^{+0.03}_{-0.04})$	E2
1786.1	1786.1	$1^- - 0^+$	− 0.10 (3) + 0.08(4)	E1	E1	E1
	1706.4	$1^- - 2^+$	0.03(3) 0.08 (4)	-0.06>δ>-10	$-(0.39^{+?}_{-0.34})$ $-(1.3^{+1.5}_{-?})$	-0.06>δ>-2.68
1848.4	1848.2	$2^+ - 0^+$	0.25 (5) − 0.08(7)	E2	E2	E2
	1768.4	$2^+ - 2^+$	0.08(5) 0.10 (7)	$-(0.18^{+0.09}_{-0.10})$ $4.1^{+2.3}_{-1.2}$	$-(0.16^{+0.10}_{-0.09})$ $3.8^{+2.4}_{-1.2}$	$-(0.18^{+0.10}_{-0.14})$ $4.01^{+2.94}_{-1.23}$

الجدول (2): نسب الخلط لأنتقالات كامية من مستويات متهيجة في التفاعل $^{168}Er(n,n'\gamma)^{168}Er$ **بأستعمال طريقة نسبة a_2 وأنتقالات مختلطة.**

E_{level} (KeV)	E_γ (KeV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2 a_4 [1]	δ - values		
				Ref.(1)	Ref.(2)	P.W
1431.5	1351.7	$4^+ - 2^+$	$-0.195(13)$ $0.009(20)$	$-0.02(3)$	$0.00^{+0.02}_{-0.01}$	$-0.015^{+0.023}_{-0.025}$
	1167.4	$3^- - 4^+$	$-0.094(9)$ $0.004(13)$	$0.025^{+0.023}_{-0.018}$	$0.01^{+0.02}_{-0.01}$	$-3.8(4)$
1569.4	748.3	$2^- - 2^+$	$-0.171(13)$ $-0.010(17)$	$-0.02^{+0.05}_{-0.08}$	$-\left(0.96^{+0.20}_{-0.12}\right)$ $-2.8(7)$	$-0.02(16)$ $2.4^{+1.62}_{-0.8}$
	673.7	$2^- - 3^+$	$-0.10(5)$ $-0.08(8)$	$0.08^{+0.10}_{-0.08}$	$-\left(0.36^{+0.26}_{-0.05}\right)$ $-\left(1.8^{+0.6}_{-0.7}\right)$	$0.08^{+23497}_{-0.084}$
1633.5	737.6	$3^- - 3^+$	$0.17(3)$ $-0.08(4)$	$-0.13^{+0.05}_{-0.05}$	$-\left(0.15^{+0.05}_{-0.06}\right)$	$-0.14(0.10)$ $1.8(4)$
	6388	$3^- - 4^+$	$-0.067(19)$ $0.03(3)$	$-0.02(4)$	$-0.02(2)$	$-0.02(2)$ $-\left(7.7^{-1.5}_{+2.2}\right)$

الملاحق

Appendix I

Ji	L	L	Jf	F2	F4
1.0	1.0	1.0	0.0	0.70711	0.00000
1.0	1.0	1.0	1.0	-0.35355	0.00000
1.0	1.0	2.0	1.0	-1.06067	0.00000
1.0	2.0	2.0	1.0	-0.35355	0.00000
1.0	1.0	1.0	2.0	0.07071	0.00000
1.0	1.0	2.0	2.0	0.47434	0.00000
1.0	2.0	2.0	2.0	0.35355	0.00000
1.0	2.0	2.0	3.0	-0.10101	0.00000
1.0	2.0	3.0	3.0	0.37796	0.00000
1.0	3.0	3.0	3.0	0.53034	0.00000
1.0	3.0	3.0	4.0	-0.17678	0.00000
2.0	2.0	2.0	0.0	-0.59761	-1.06904
2.0	1.0	1.0	1.0	0.41833	0.00000
2.0	1.0	2.0	1.0	-0.93542	0.00000
2.0	2.0	2.0	1.0	-0.29881	0.71269
2.0	1.0	1.0	2.0	-0.41833	0.00000
2.0	1.0	2.0	2.0	-0.61238	0.00000
2.0	2.0	2.0	2.0	0.12806	-0.30544
2.0	1.0	1.0	3.0	0.11952	0.00000
2.0	1.0	2.0	3.0	0.65466	0.00000
2.0	2.0	2.0	3.0	0.34149	0.07636
2.0	2.0	2.0	4.0	-0.17075	-0.00848
2.0	2.0	3.0	4.0	0.50507	-0.06274
2.0	3.0	3.0	4.0	0.44822	-0.02970
2.0	3.0	3.0	5.0	-0.29881	0.00405
3.0	3.0	3.0	0.0	-0.86603	0.21320
3.0	2.0	2.0	1.0	-0.49487	-0.44670
3.0	2.0	3.0	1.0	-0.46290	1.04463
3.0	3.0	3.0	1.0	-0.64953	0.03553
3.0	1.0	1.0	2.0	0.34641	0.00000
3.0	1.0	2.0	2.0	-0.94869	0.00000
3.0	2.0	2.0	2.0	-0.12372	0.67006
3.0	1.0	1.0	3.0	-0.43301	0.00000
3.0	1.0	2.0	3.0	-0.43301	0.00000
3.0	2.0	2.0	3.0	0.22682	-0.44670
3.0	1.0	1.0	4.0	0.14434	0.00000
3.0	1.0	2.0	4.0	0.72169	0.00000
3.0	2.0	2.0	4.0	0.30929	0.14890
3.0	2.0	2.0	5.0	-0.20620	-0.02030
3.0	2.0	3.0	5.0	0.54554	-0.13430
3.0	3.0	3.0	5.0	0.36085	-0.05492
3.0	3.0	3.0	6.0	-0.36085	0.00969
4.0	3.0	3.0	1.0	-0.78349	0.14527
4.0	2.0	2.0	2.0	-0.44770	-0.30438
4.0	2.0	3.0	2.0	-0.52972	0.90036
4.0	3.0	3.0	2.0	-0.47009	-0.04842

4.0	1.0	1.0	3.0	0.31339	0.00000
4.0	1.0	2.0	3.0	-0.94018	0.00000
4.0	2.0	2.0	3.0	-0.04477	0.60876
4.0	1.0	1.0	4.0	-0.43875	0.00000
4.0	1.0	2.0	4.0	-0.33541	0.00000
4.0	2.0	2.0	4.0	0.26455	-0.49807
4.0	1.0	1.0	5.0	0.15955	0.00000
4.0	1.0	2.0	5.0	0.75679	0.00000
4.0	2.0	2.0	5.0	0.28490	0.19370
4.0	2.0	2.0	6.0	-0.22792	-0.02980
4.0	2.0	3.0	6.0	0.56407	-0.18437
4.0	3.0	3.0	6.0	0.29915	-0.06874
4.0	3.0	3.0	7.0	-0.39887	0.01422
5.0	3.0	3.0	2.0	-0.73599	0.11589
5.0	2.0	2.0	3.0	-0.42056	-0.24281
5.0	2.0	3.0	3.0	-0.55634	0.80301
5.0	3.0	3.0	3.0	-0.36799	-0.07726
5.0	1.0	1.0	4.0	0.29439	0.00000
5.0	1.0	2.0	4.0	-0.93095	0.00000
5.0	2.0	2.0	4.0	0.00000	0.56556
5.0	1.0	1.0	5.0	-0.44159	0.00000
5.0	1.0	2.0	5.0	-0.27386	0.00000
5.0	2.0	2.0	5.0	0.28307	-0.52297
5.0	1.0	1.0	6.0	0.16984	0.00000
5.0	1.0	2.0	6.0	0.77832	0.00000
5.0	2.0	2.0	6.0	0.26689	0.22413
5.0	2.0	2.0	7.0	-0.24263	-0.03736
5.0	2.0	3.0	7.0	0.57416	-0.22100
5.0	3.0	3.0	7.0	0.25476	-0.07726
5.0	3.0	3.0	8.0	-0.42461	0.01783
6.0	3.0	3.0	3.0	-0.70510	0.09967
6.0	2.0	2.0	4.0	-0.40291	-0.20883
6.0	2.0	3.0	4.0	-0.56980	0.73833
6.0	3.0	3.0	4.0	-0.30219	-0.09018
6.0	1.0	1.0	5.0	0.28204	0.00000
6.0	1.0	2.0	5.0	-0.92319	0.00000
6.0	2.0	2.0	5.0	0.02878	0.53699
6.0	1.0	1.0	6.0	-0.44320	0.00000
6.0	1.0	2.0	6.0	-0.23146	0.00000
6.0	2.0	2.0	6.0	0.29355	-0.53699
6.0	1.0	1.0	7.0	0.17728	0.00000
6.0	1.0	2.0	7.0	0.79283	0.00000
6.0	2.0	2.0	7.0	0.25326	0.24613
6.0	2.0	2.0	8.0	-0.25326	-0.04343
6.0	2.0	3.0	8.0	0.58028	-0.24879
6.0	3.0	3.0	8.0	0.22160	-0.08292
6.0	3.0	3.0	9.0	-0.44321	0.02073