نسب الخلط لاشعة كاما المنبعثة من التفاعل $^{70}_{33}As$ $^{70}_{32}Ge$ (p,nγ) باستعمال طريقة التنسر الإحصائي الثابت (CST).

محمد جبر رسن – جامعة واسط /كلية العلوم /قسم الفيزياء

Multipole Mixing Ratios of Gamma Rays From $^{70}_{32}Ge$ (p,nγ) $^{70}_{33}As$ Reaction Using the Constant Statistical Tensor Method (CST).

Mohammed J. Resen -
University of Wasit, College of Science, Physics Department.

Abstract:

The δ-Multipole mixing ratios of γ-transitions from levels of ^{70}As populated in the $^{70}_{32}Ge$(p,nγ)$^{70}_{33}As$ reaction are calculated by using the constant statistical tensor method (CST).
This method has been used in other works [1-5] but only with pure transitions or with transitions that can be considered as pure transitions .
In our work, we used this method for mixed γ-transitions in addition to pure γ-transitions.
The experimental angular distribution coefficients (a_2) was used from previous work [6] in order to calculet δ-values.

الخلاصة:

تم في البحث الحالي حساب نسـب الخلط (δ) للانتقالات الكامية من مستويات الطاقـة لنواةـ ^{70}As المتولدة من التفاعل $^{70}_{33}As$ (p,nγ) $^{70}_{32}Ge$ بطريقة التنسر الإحصائي الثابت (CST).

إن هذه الطريقة سبق أن استخدمت في الدراسات السابقة [1-5] ولكن في حالـة وجود انتقالات نقيـة أو انتقالات يمكن وصفها نقية فقط.

أما في هذا البحث فقد تم تطبيق هذه الطريقة نفسها وبالاسلوب نفسه ليس فقط في حالة وجود الانتقالات النقية أو التي يمكن وصفها نقية فقط بل أضيف لها الانتقالات الكامية المختلطة ، أذ تم الاعتماد على النتائج التجريبية لمعاملات التوزيع الزاوي (a_2) المنشورة للاعمال السابقة [6] في حساب قيم (δ).

المقدمـــة:

لقد لاحظ Youhana[1] أن التنسر الإحصائي يجب أن يكون ثابتاً للمستويات التي لها البرم نفسه ما دامت معاملات التنسر الإحصائي لاتعتمد على طاقة المستوي وإنما على J_i و M_i فقط، وعليه أقترح Youhana طريقة التنسر الإحصائي الثابت (CTS) وطبقها بنجاح في حساب قيم (δ) للعديد من الانتقالات المختلطة، وفي هذه الدراسات أثبت Youhana صحة هذه الطريقة بوصفها وسيلة جيدة مثل البرنامج CINDY لحساب قيم (δ) للانتقالات الكامية المختلطة فضلاً عن قابليتها على التنبؤ بوجود أي خطأ أو عدم الدقة في النتائج التجريبية لكون الطريقة تعتمد فقط على النتائج التجريبية ولا تعتمد على أي إنموذج نووي، علاوة على ذلك ، فإن هذه الطريقة سهلة وإن حاسبة الكترونية يدوية كافية للقيام بكل الحسابات الضرورية.

كذلك قام Podolyok وآخرون معه [6] بدراسة المستويات المتهيجة في النواة ^{70}As والناتجة من التفاعل المذكور في اعلاه. وكانت طاقة البروتون الساقط تتراوح بين (7.59-8.7MeV) . وتم قياس الشدة النسبية لحوالي (113) انتقالا كاميا من (42) مستويا متهيجاً، وكذلك تم قياس التوزيع الزاوي لاشعة كاما المنبعثة عن (17) مستويا متهيجا ونسب الخلط (δ) لها ، واستعمل في تحليل النتائج البرنامج الدولي (CINDY) [7].

في البحث الحالي استخدمت طريقة التنسر الإحصائي الثابت التي سبق أن أستخدمت في الدراسات السابقة [1-5] ولكن في حالة وجود انتقالات نقية او انتقالات يمكن وصفها نقية فقط ، أما في بحثنا الحالي فقد أستخدمنا الطرقة نفسها والاسلوب نفسه لحساب قيم نسب الخلط للانتقالات الكامية المختلطة أيضا فضلا عن الانتقالات النقية أو التي يمكن وصفها نقية وأعتمدنا في ذلك على النتائج التجريبية لمعاملات التوزيع الزاوي (a_2) للدراسات نفسها [6].

الجـــــزء النظـــري:

يعبر عن التوزيع الزاوي $W(\theta)$ لاشعة كاما بالعلاقة الاتيه[8] :-

$$W(\theta) = A_0 + A_2P_2(Cos\theta) + A_4P_4(Cos\theta) \qquad \ldots\ldots (1)$$

$$a_2 = A_2 / A_0 \qquad \ldots\ldots (2)$$

$$a_4 = A_4 / A_0 \qquad \ldots\ldots (3)$$

وبتعويض معاملات التوزيع الزاوي A_2 و A_4 في (1) ينتج :-

$$W(\theta) = A_0 [1+ a_2P_2(Cos\theta) + a_4P_4(Cos\theta)] \qquad \ldots\ldots (4)$$

حيث إن $P_2(Cos\theta)$ و $P_4(Cos\theta)$ هما متعددا الحدود للجندر Legendre polynomials

$$P_0(Cos\theta) = 1 \qquad \ldots\ldots (5)$$

$$P_2(Cos\theta) = (3Cos2\theta - 1) / 2 \qquad \ldots\ldots (6)$$

$$P_4(Cos\theta) = (35Cos4\theta - 30Cos2\theta + 3) / 8 \qquad \ldots\ldots (7)$$

في ما يتعلق بالانتقالات الكامية النقية والانتقالات التي يمكن عدّها نقية يمكن حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ من المعادلة الآتيه [7] :-

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\, F_k(J_i J_f \delta) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

حيث إن :-

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

$F_k(J_i J_f \delta)$ هي معاملات تتضمن معلومات عن تغيرات الزخم الزاوي ونسب الخلط δ وهي تعطى بالعلاقة الآتيه :–

$$F_2(J_i J_f \delta) = \frac{[F_2(J_f L_1 L_1 J_i) + 2\delta F_2(J_f L_1 L_2 J_i) + \delta^2 F_2(J_f L_2 L_2 J_i)]}{(1+\delta^2)} \quad \ldots\ldots (9)$$

أذ إن :

$$L_1 = /J_i - J_f/ \neq 0$$
$$L_2 = L_1 + 1$$

حيث L يمثل الزحم الزاوي لاشعة كاما وهو لايساوي صفراً

$$L = \ell + s \neq 0$$

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

s يمثل البرم $(s = 1)$

وفي حالة كون الانتقال نقي فإن $(\delta = 0)$ ، وبذلك تصبح المعادلة (9) كالآتي :-

$$F_2(J_i J_f \delta) = F_2(J_f L_1 L_1 J_i) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

وبتعويض (10) في (8) ينتج :-

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\, F_2(J_f L_1 L_1 J_i) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

ومنها يمكن الحصول على قيمة $\rho_2(J_i)$.

حيث إن قيم $F_2(J_f L_1 L_1 J_i)$ معطاة في الملحق I (Appendix I) [8]، وإن قيم J_i و J_f معلومة من الجدول.

وبأخذ الأحتمالات كافة لمثل هذه الانتقالات تصبح المعادلة (11) كما يأتي :-

$$\rho_2(1) = a_2(1\text{-}2)^* / F_2(2111) = a_2(1\text{-}2)^* / 0.07071 \qquad \ldots\ldots\ldots (12)$$
$$\rho_2(2) = a_2(2\text{-}1)^* / F_2(1112) = a_2(2\text{-}1)^* / 0.41833 \qquad \ldots\ldots\ldots (13)$$
$$\rho_2(3) = a_2(3\text{-}2)^* / F_2(2113) = a_2(3\text{-}2)^* / 0.34641 \qquad \ldots\ldots\ldots (14)$$
$$\rho_2(4) = a_2(4\text{-}3)^* / F_2(3114) = a_2(4\text{-}3)^* / 0.31339 \qquad \ldots\ldots\ldots (15)$$

أما ما يتعلق بالانتقالات المختلطة فيمكن حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ بتعويض (9) في (8) وذلك بأخذ قيم $a_2(J_i - J_f)$ وقيم δ المقاسة لكل انتقال بالحسبان.

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\frac{F_2(J_f L_1 L_1 J_i) + 2\delta\ F_2(J_f L_1 L_2 J_i) + \delta^2\ F_2(J_f L_2 L_2 J_i)}{1+\delta^2} \quad \text{.........(16)}$$

وباخذ الاحتمالات كافة لمثل هذه الانتقالات تصبح هذه المعادلة كما يأتي:

$$a_2(1-1) = \rho_2(1)\frac{-0.35355 - 2.12134\delta - 0.35355\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{........(17)}$$

$$a_2(1-2) = \rho_2(1)\frac{0.07071 + 0.94868\delta + 0.35355\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{.........(18)}$$

$$a_2(2-1) = \rho_2(2)\frac{0.41833 - 1.87084\delta - 0.29881\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{.........(19)}$$

$$a_2(2-2) = \rho_2(2)\frac{-0.41833 - 1.22476\delta + 0.12806\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{..........(20)}$$

$$a_2(3-2) = \rho_2(3)\frac{0.34641 - 1.89738\delta - 0.12372\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{..........(21)}$$

$$a_2(3-3) = \rho_2(3)\frac{-0.43301 - 0.86602\delta + 0.22682\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{..........(22)}$$

$$a_2(3-4) = \rho_2(3)\frac{0.14434 + 1.44338\delta + 0.30929\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{.........(23)}$$

$$a_2(4-3) = \rho_2(4)\frac{0.31339 - 1.88036\delta - 0.04477\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{.........(24)}$$

$$a_2(5-4) = \rho_2(5)\frac{0.29439 - 1.86190\delta + 0.00000\delta^2}{1+\delta^2} \quad \text{...........(25)}$$

ويجدر الإشارة هنا الى أن الانتقال نقي أو يمكن وصفه نقي إذا تحقق الشرط الآتي :-

$$\left| J_i - J_f \right| \le L \le J_i + J_f \quad \text{..........................(26)}$$

وفي مثل هذه الانتقالات يكون تغير التماثل للإشعاع الكهربائي EL كما يأتي:-

$$\pi_i \,.\, \pi_f = (-1)^L \quad \text{...........................(27)}$$

وللإشعاع المغناطيسي ML :-

$$\pi_i \,.\, \pi_f = (-1)^{L+1} \quad \text{...........................(28)}$$

حيث إن π_i يمثل تماثل المستوي الابتدائي

و π_f يمثل تماثل المستوي النهائي

النتائج والمناقشـــة:

يبين الجدول(1) مستويات الطاقة للزرنيخ ^{70}As والانتقالات الكامية التي تم عدّها انتقالات نقية لصغر قيم δ لها المنشورة في المرجع [6] وأستعملت في حساب التنسر الإحصائي لتلك المستويات.
نلاحظ من الجدول (1) إن قيم $\rho_2(1)$ متناقصة ومختلفة جدا بعضها عن بعض ولذا لايمكن أخذ المعدل الموزون لها، مما يدل على إن النتائج التجريبية المقاسة في المرجع [6] للانتقالات الكامية من المستويات المذكورة غير دقيقة، إذ لاحظ Youhana [1] إن التنسر الإحصائي يجب أن يكون ثابتاً للمستويات التي لها البرم نفسه مادامت معاملات التنسر الإحصائي لاتعتمد على طاقة المستوي وإنما على J_i و M_i فقط وعليه أقترح Youhana طريقة التنسر الإحصائي الثابت (CST) وطبقها بنجاح في حساب قيم δ للعديد من الانتقالات المختلطة، حيث أثبت صحة هذه الطريقة بوصفها طريقة جيدة لحساب قيم δ للانتقالات الكامية فضلاً عن قابليتها على التنبؤ بوجود أي خطأ أو عدم الدقة في النتائج التجريبية.
أما مايتعلق بالانتقالات الكامية من المستويات التي برومها $J_i=2$ و $J_i=3$ و $J_i=4$ فنلاحظ إن قيم $\rho_2(2)$ و $\rho_2(3)$ و $\rho_2(4)$ مقاربة ضمن الخطأ التجريبي لكل قيم J_i وعليه يمكن حساب المعدل الموزون لها.

الجدول (1)

مستويات الطاقة في ^{70}As والانتقالات الكامية المستعملة في حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ في حالة الانتقالات النقية.

E_i (keV)	E_γ (keV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2, a_4 [1]	δ [1]	$^*\delta$	$\rho_2(J_i)$
234.73	202.66	1^+-2^+	0.142 (58) 0.125 (46)	-0.01 (27)	0.0 (M1)	2.00820±0.82025
328.64	160.89	1^+-2^+	-0.091 (59) -0.086 (62)	0.05 (28)	0.0 (M1)	-1.28695±0.83439
581.61	413.89	1^+-2^+	-0.252 (98) -0.267 (104)	0.05 (34)	0.0 (M1)	-3.56385±1.38594
167.72	86.19	2^+-1^+	-0.186 (64) -0.012 (50)	0.03 (3)	0.0 (M1)	-0.44463±0.15299
383.32	301.8	2^--1^+	-0.165 (53) 0.010 (54)	0.03 (3)	0.0 (E1)	-0.39443±0.12669
508.84	476.75	3^+-2^+	-0.271 (133) 0.116 (99)	-0.05 (4)	0.0 (M1)	-0.78231±0.38394
641.84	474.12	3^+-2^+	-0.273 (186) -0.090 (188)	0.03 (5)	0.0 (M1)	-0.78808±0.53694
698.86	315.53	3^--2^-	-0.301 (99) -0.061 (76)	0.01 (3)	0.0 (M1)	-0.8691±0.28579
485.32	318.60	4^--3^+	-0.285 (49) -0.047 (38)	0.013 (14)	0.0 (E1)	-0.90941±0.15635
625.21	235.10	4^+-3^+	-0.328 (135) -0.180 (137)	0.03 (6)	0.0 (M1)	-1.04662±0.43077

*** عدّت هذه الانتقالات الكامية M1 و E1 انتقالات نقية وذلك لصغر قيم δ المنشورة في المرجع [1] لها.**

أما الجدول(2) فيبين مستويات الطاقة للزرنيخ ^{70}As والانتقالات الكامية المختلطة المستعملة في حساب التنسر الإحصائي بأخذ قيم δ و a_2 المقاسة لها بالحسبان.

نلاحظ من الجدول(2) إن قيم $\rho_2(J_i)$ للمستويات التي برمها $J_i=1$ متناقصة ومختلطة ومعظمها موجبة الإشارة عدا المستويين 81.52keV و 328.64keV حيث نلاحظ أن قيمتي $\rho_2(J_i)$ لهما متفقتان بعضهما مع بعض ضمن الخطأ التجريبي، وهذا ما يؤكد عدم دقة النتائج المقاسة لانتقالات كامية من هذه المستويات.

الجدول (2)

مستويات الطاقة في ^{70}As والانتقالات الكامية المستعملة في حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ في حالة الانتقالات المختلطة.

E_i (keV)	E_γ (keV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2 a_4 [1]	δ [1]	$F_2(J_iJ_f\delta)$	$\rho_2(J_i)$
81.52	49.45	1^+-2^+	-0.052 (49) -0.036 (51)	0.12 (31)	0.18695	-0.27815±0.26210
234.73	153.18	1^+-1^+	-0.126 (106) -0.278 (115)	$0.28^{+0.52}_{-0.25}$	-0.90434	+0.13933±0.11721
	202.66	1^+-2^+	0.142 (58) 0.125 (46)	-0.01 (27)	0.06125	+2.31837±0.94694
328.64	160.89	1^+-2^+	-0.091 (59) -0.086 (62)	0.05 (28)	0.11873	-0.76644±0.49695
	247.11	1^+-1^+	-0.229 (165) -0.264 (174)	-0.16 (40)	-0.38347	+0.59718±0.43028
	296.11	1^+-2^+	-0.040 (87) -0.043 (67)	-0.19 (24)	-0.09340	+0.42827±0.93148
581.61	413.89	1^+-2^+	-0.252 (98) -0.267 (104)	0.05 (34)	0.11873	-2.12246±0.82540
167.72	86.19	2^+-1^+	-0.186 (64) -0.012 (50)	0.03 (3)	0.36161	-0.51437±0.17699
325.65	244.10	2^+-1^+	-0.179 (69) -0.003 (70)	0.03 (3)	0.36161	-0.49501±0.19081
	293.63	2^+-2^+	0.304 (90) 0.024 (75)	0.15 (4)	-0.58798	-0.51879±0.15354
383.32	148.57	2^--1^+	-0.051 (235) 0.007 (185)	0.14 (7)	0.14766	-0.34539±1.59147
	301.80	2^--1^+	-0.165 (53) 0.010 (54)	0.03 (3)	0.36161	-0.45629±0.14657
539.99	458.48	2^+-1^+	-0.400 (104) -0.005 (103)	$-0.17^{+0.12}_{-0.19}$	0.70730	-0.56553±0.14704
571.95	539.92	2^+-2^+	0.284 (64) -0.056 (71)	0.11 (8)	-0.54491	-0.52119±0.11745
390.13	223.42	3^+-3^+	0.131 (106) -0.116 (115)	-0.21 (8)	-0.23096	-0.56720±0.45895
508.84	476.75	3^+-2^+	-0.271 (133) 0.116 (99)	-0.05 (4)	0.43987	-0.61609±0.30236
641.84	474.12	3^+-2^+	-0.273 (186) -0.090 (188)	0.03 (5)	0.28912	-0.94424±0.64333
698.86	315.53	3^--2^-	0.301 (99) -0.061 (76)	0.01 (3)	0.30239	-0.91393±0.30239
778.28	286.96	3^--4^-	-0.169 (173) 0.076 (72)	0.07 (11)	0.24689	-0.68452±0.70072
485.32	318.60	4^--3^+	-0.285 (49) -0.047 (32)	0.013 (14)	0.28889	-0.98653±0.16961
625.21	235.10	4^+-3^+	-0.328 (135) -0.180 (137)	0.03 (6)	0.25671	-1.27771±0.52589

566.53	81.19	5^--4^-	-0.413 (104) 0.003 (103)	-0.08 (9)	-0.44052	-0.93753±0.23608

أما المستويات التي برمها $J_i=2$ فقيم $\rho_2(2)$ متقاربة بعضها من بعض ضمن الخطأ التجريبي، وكذلك الحال فيما يتعلق بالمستويات التي برمها $J_i=3$ و $J_i=4$ ، وبهذا تكون قيم المعدلات الموزونة لـ $\rho_2(J_i)$ كما في الجدول(3) في حالة (1) الانتقالات النقية و (2) الانتقالات المختلطة.

الجدول (3)

المعدلات الموزونة للتنسر الإحصائي لمستويات الطاقة في الزرنيخ ^{70}As في حالة (1) الانتقالات النقية و (2) الانتقالات المختلطة

J_i	$\rho_2(J_i)$	
	(1)	**(2)**
1	-	-0.38442 ± 0.213183
2	-0.41485 ± 0.09758	-0.51342 ± 0.06115
3	-0.83033 ± 0.21083	-0.74344 ± 0.17939
4	-0.92538 ± 0.14697	-1.01396 ± 0.16142
5	-	-0.93753 ± 0.23608

نلاحظ من هذه القيم أن $|\rho_2(5)|$ أقل من $|\rho_2(4)|$ لان مستويا واحدا ذا $J_i=5$ موجود وله انتقال واحد فقط. ومع ذلك فإن $|\rho_2(5)|$ يمكن أن يكون أكبر من $|\rho_2(4)|$ ضمن الخطأ التجريبي المرافق لكل منهما وقد أستعملت هذه القيم في حساب نسب الخلط لانتقالات كامية من مستويات متهيجة في التفاعل $^{70}Ge(p,n\gamma)^{70}As$. ويبين الجدول(4) النتائج التي تم الحصول عليها.

كما نلاحظ من الجدول(4) أن قيم δ بطريقة التنسر الإحصائي الثابت في حالة الانتقالات المختلطة [CST(2)] متناقضة تماما مع قيم δ المنشورة في المرجع [1] للانتقالات الكامية من المستويات التي برومها $J_i=1$ عدا الانتقالين 49.45keV و 160.89keV من المستويين 81.52 keV و 328.64 keV على التوالي، لملاحظتنا أن القيمة الصغرى المحسوبة لـ $|\delta|$ لكل من الانتقالين متفقة ضمن الخطأ التجريبي مع القيمة المنشورة الى حد ما.

وهذا يؤكد مرة أخرى عدم دقة النتائج التجريبية المنشورة في المرجع [6] للانتقالات الاخرى من المستويات التي برمها $J_i=1$.

فيما يتعلق بالانتقالات الكامية من المستويات الأخرى التي برمها $J_i=2,3,4,5$ فإن قيم δ المحسوبة عن طريق CST(1) ، CST(2) متفقة ضمن الخطأ التجريبي مع القيم المنشورة في المرجع [6] للانتقالات نفسها ولكن يبدو أن القيم المحسوبة عن طريق CST(2) أفضل من تلك المحسوبة عن طريق CST(1) .

وهذا يدل على إن النتائج التجريبية للانتقالات الكامية التي أستعملت في حساب التنسر الإحصائي الثابت بوصفها انتقالات نقية كانت أقل دقة من الانتقالات الأخرى

الجدول (4)

نسب الخلط لانتقالات كامية من مستويات طاقة متهيجة في التفاعل $^{70}Ge(p,n\gamma)^{70}As$ باستعمال طريقة التنسر الإحصائي الثابت(1) في حالة الانتقالات النقية و (2) في حالة الانتقالات المختلطة.

E_i (keV)	E_γ (keV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2 a_4 [1]	δ [1]	قيم δ	
					CST(1)	CST(2)
81.52	49.45	$1^+ - 2^+$	-0.052(49) -0.036(51)	0.12(31) ---	---	$0.07^{+0.15}_{-0.13}$ $-(4.4^{+10.0}_{-1.9})$
167.72	86.19	$2^+ - 1^+$	-0.186 (64) -0.012 (50)	0.03(3) ---	-0.02(10) $-(2.5^{+0.9}_{-0.6})$	0.03 (7) -2.9 (7)
234.79	202.66	$1^+ - 2^+$	0.142 (58) 0.125 (46)	-0.01(27) ---	---	جذور خيالية
	153.18	$1^+ - 1^+$	-0.126 (106) -0.278 (115)	$0.28^{+0.52}_{-0.25}$ ---	---	$-(0.36^{+0.40}_{-0.19})$ $-(2.7^{+3.3}_{-1.4})$
325.65	293.63	$2^+ - 2^+$	0.304 (90) 0.024 (75)	0.15(4) ---	$0.34^{+?}_{-0.31}$ $1.1^{+1.0}_{-?}$	$0.16^{+0.28}_{-0.17}$ $1.5^{+0.8}_{-0.6}$
	244.10	$2^+ - 1^+$	−0.179 (69) −0.003 (70)	0.03(3) ---	-0.01 (11) $-(2.6^{+1.0}_{-0.7})$	0.04 (7) $-(2.9^{+0.9}_{-0.6})$
328.64	296.64	$1^+ -2^+$	−0.040 (87) −0.043 (67)	−0.19(24) ---	---	$0.03^{+0.25}_{-0.27}$ $-(3.8^{+61.2}_{-2.1})$
	247.11	$1^+ -1^+$	−0.229 (165) −0.264 (174)	−0.16(40) ---	---	$-(0.62^{+?}_{-0.43})$ $-(1.6^{+3.7}_{-?})$
	160.89	$1^+ -2^+$	−0.091 (59) −0.086 (62)	0.05(28) ---	---	$0.17^{+0.24}_{-0.22}$ فقط

الجدول (4) تتمة

E_i (keV)	E_γ (keV)	$J_i^\pi - J_f^\pi$	a_2 a_4 [1]	δ [1]	قيم δ	
					CST(1)	CST(2)
383.32	301.80	$2^- - 1^+$	−0.165 (53) 0.010 (54)	0.03(3) ---	0.01 (8) $-(2.7^{+0.9}_{-0.5})$	0.05 (6) $-(3.6^{+0.7}_{-0.5})$
	148.57	$2^- - 1^+$	-0.051(235) 0.027(185)	0.14(7) ---	$0.15^{+0.33}_{-0.31}$ فقط	$0.16^{+0.32}_{-0.24}$ فقط
390.13	223.42	$3^+ - 3^+$	0.131 (106) -0.116 (115)	-0.21 (8) ---	-0.28 (14) $2.5^{+1.4}_{-0.7}$	$(0.26^{+0.16}_{-0.14})$ $2.4^{+1.4}_{-0.7}$
485.32	318.60	$4^- - 3^+$	−0.285(49) −0.047(38)	0.013(14)	0.00(4)	0.02(4)
508.84	476.75	$3^+ - 2^+$	−0.271(133) 0.116(99)	−0.05(4) ---	0.01(10) $-(4.2^{+2.9}_{-1.3})$	-0.01(11) $-(3.9^{+2.6}_{-1.3})$
539.99	458.48	$2^+ - 1^+$	−0.400(104) −0.005(103)	$-(0.17^{+0.12}_{-0.19})$ ---	---	$-(0.22^{+0.24}_{-0.14})$ −1.5(6)
566.53	81.19	$5^- - 4^-$	−0.413(104) 0.003(103)	−0.08(4)	$0.26^{+?}_{-0.22}$ $1.2^{+0.8}_{-?}$	−0.08(9) $-(4.1^{+2.5}_{-1.2})$
571.95	539.92	$2^+ - 2^+$	0.284(64) -0.056(71)	0.11(8) ---	---	$0.12^{+0.16}_{-0.13}$ 1.7(6)
581.61	413.89	$1^+ - 2^+$	−0.252(98) −0.267(104)	0.05(34) ---	−0.02(9) $-(4.7^{+3.1}_{-1.4})$	$0.84^{+?}_{-0.72}$ $2.3^{+3.5}_{-?}$
625.21	235.10	$4^+ - 3^+$	−0.328(135) −0.180(137)	0.03(6) ---	0.01 (13) $-(4.2^{+4.8}_{-1.6})$	−0.01(8) $-(5.1^{+3.3}_{-1.5})$
641.84	474.12	$3^+ - 2^+$	−0.273(186) −0.090(188)	0.03(5) ---	−0.01(8) $-(3.9^{+1.8}_{-1.0})$	−0.01(15) $-(3.9^{+4.6}_{-1.6})$
698.86	315.53	$3^- - 2^-$	−0.301(99) −0.061(76)	0.01(3) ---	$(0.04^{+0.15}_{-0.13})$ فقط	−0.03(9) $-(3.6^{+1.7}_{-1.0})$
772.28	286.96	$3^- - 4^-$	−0.169(173) 0.076(172)	0.07(11) ---		0.06(17) فقط

الاســتنتاجـات:

١- النتائج التجريبية المنشورة في المرجع [6] للانتقالات الكامية من المستويات التي برمها $J_i=1$ غير دقيقة عدا الانتقالين 49.45keV و 160.89keV من المســـــتويين 81.52keV و 328.64keV فإنهما صحيحتان الى حد ما. أما النتائج التجريبية للانتقالات الأخرى فإنها صحيحة ضمن الخطأ التجريبي.

٢- إن طريقة CST(2) أفضل من طريقة CST(1) لأن الاولى تعتمد النتائج التجريبية جميعها بينما تعتمد الثانية أنتقالاتٍ نقية وانتقالات يمكن عدّها نقية فقط.

المصـــــادر:

1) H.M.Youhana (2002) "Ibn Al-Haitham Journal for Pure and Applied, Sciences" 15,4: 33-41.
2) H.M.Youhana (2002) "Ibn Al-Haitham for Pure and Applied, Sciences" 15,46: 14-24.
3) Krane K.S. (1973) "Phys. Rev." <u>C8</u>, 1494.
4) B.Berthier and E.Berthoumieux (1997). "Nucl. Instr. Meth. Phys. Research Sec. B. Beam Interaction with materials and atoms" <u>130</u>, 224.
5) R.J.Tammy (2004) "Ph.D. Thesis" University of AL-Mustansiriyah.
6) Z.S.Podolyok, T.Fenyes and J.Timar (1995) "Nucl. Phys." A584,60.
7) E.Sheldon and V.C.Rogers (1973) "Comp. Phys. Commun." 6,99.
8) K.Siegbahn (1965) "Alpha, Beta and Gamma-Ray Spectroscopy" 2,Amsterdam, North Holand.

(تاريخ استلام البحث)... (٢٠١٠/١/٤)
(تاريخ قبول نشر البحث).. (٢٠١٠/٦/٦)

Appendix I

J_i	L	L	J_f	F_2	F_4
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