Multipole Mixing Ratios of Gamma Rays From $^{56}_{26}Fe\,(n,n'\gamma)\,^{56}_{26}Fe$ Reaction Using Constant Statistical Tensor Method (CST).

B. M. Saied,H. M. Yohana ,T. A. Younis
Department of physics, College of Education,Ibn Al-Haitham

Abstract

The δ- Multiple mixing ratios of γ-transitions from levels of ^{56}Fe populated in $^{56}Fe\,(n\,,n'\gamma)\,^{56}Fe$ reactions are calculated by using const. S.T.M.

This method has been used in other works [3,7] but with pure transition 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 works [1] in order to calculet δ-values. It is clear from the results that the δ- values are in good agreement or consistent, 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. The present work results confirm the validities of C.S.T.M. in calculating the δ-mixing ratios and their capabilities in predicting any inaccuracy in the experimental data and C.T.T.M. for mixed transition which are better than C.T.T.M. for pure transitions because it depends only on the experimental results while the 2nd method depends on pure and that which can be considered to be pure transitions.

حساب نسب الخلط لاشعة كاما المنبعثة من التفاعل $^{56}_{26}Fe\,(n,n'\gamma)\,^{56}_{26}Fe$ باستعمال طريقة التنسر الاحصائي الثابت (CST)

بشائر محمد سعيد،هرمز موشي يوحنا، تغريد عبد الجبار يونس
قسم الفيزياء ، كلية التربية ابن الهيثم ،جامعة بغداد

الخلاصة

تم في البحث الحالي حساب نسب الخلط(δ) للأنتقالات الكامية من مستويات الطاقة في الحديد ^{56}Fe والمتولدة من التفاعل $^{56}Fe\,(n\,,n'\gamma)\,^{56}Fe$ بطريقة التنسر الاحصائي الثابت (CST-Method).

إذ إن هذه الطريقة سبق ان استخدمت في الدراسات السابقة [3 ، 7] ولكن في حالة وجود انتقالات نقية او انتقالات يمكن وصفها نقية فقط اما في الدراسة الحالية فقد استخدمت الطريقة نفسها وبالاسلوب نفسه ليس فقط في حالة وجود الانتقالات النقية او التي يمكن وصفها نقية فقط بل اضيف لها الانتقالات الكامية المختلطة ، إذ تم الاعتماد على النتائج التجريبية لمعاملات التوزيع الزاوي a_2 المنشورة للاعمال السابقة [1] في حساب قيم (δ) ، وقد اتضح ان قيم (δ) التي تم الحصول عليها نظرياً متفقة بصورة جيدة او ضمن حدود الخطأ التجريبي مع تلك المنشورة سابقاً [1] وسبب وجود بعض التناقضات يعود الى عدم الدقة في النتائج التجريبية للبحوث السابقة ، وكذلك تؤكد النتائج الحالية امكانية هذه الطريقة ليس فقط على حساب قيم (δ) وانما على امكانيتها على التنبؤ بوجود الخطأ في النتائج التجريبية ، وان طريقة التنسر الاحصائي الثابت للانتقالات المختلطة كانت افضل من التنسر الاحصائي الثابت للانتقالات النقية ، وذلك لانها اعتمدت بشكل رئيس على النتائج التجريبية بينما تعتمد الثانية على انتقالات نقية وانتقالات يمكن عدها نقية .

المقدمة

لقد لاحظ Youhana [3] ان التنسر الاحصائي يجب ان يكون ثابتاً للمستويات التي لها البرم نفسه ما دامت معاملات التنسر الاحصائي لا تعتمد على طاقة المستوى وانما على J_i و M_i فقط وعليه اقترح Yauhana طريقة التنسر الاحصائي الثابت (CST) وطبقها بنجاح في حساب قيم (δ) للعديد من الانتقالات المختلطة ، وفي هذه الدراسات اثبت youhana صحة هذه الطريقة بوصفها وسيلة جيدة مثل البرنامج CINDY لحساب قيم δ للانتقالات الكامية المختلطة فضلاً عن قابليتها على التنبؤ بوجود اي خطأ او عدم الدقة في النتائج التجريبية لكون الطريقة تعتمد فقط على النتائج التجريبية ولا تعتمد على اي انموذج نووي ، زيادة على ذلك فأن هذه الطريقة سهلة وتكون حاسبة الكترونية يدوية كافية للقيام بكل الحسابات الضرورية .

ولقد سبق ان درست مستويات الطاقة في الحديد ^{56}Fe باستعمال تفاعل الاستطارة غير المرنة لنيوترونات المفاعل السريعة [1]، إذ لاحظ 47 انتقالاً كامياً من انحلال 26 مستوياً منهجياً وقيس التوزيع الزاوي لعدد من الانتقالات الكامية ،

وتم التثبت من قيم اليوم النووي المحدد سابقاً لحوالي 18 مستوياً ، وازيل الغموض عن اليوم النووي للمستويين 4119.4 و 4457.2 كيلو الكترون فولت وحدد برماهما بـ 3^+ و 4^+ على التوالي .

في البحث الحالي استخدمت طريقة التنسر الاحصائي الثابت التي سبق ان استخدمت في بحوث سابقة [3–7] ولكن في حالة وجود انتقالات نقية او انتقالات يمكن وصفها نقية فقط ، اما في بحثنا فقد استخدمنا الطريقة نفسها والاسلوب نفسه لحساب قيم نسب الخلط للانتقالات الكامية المختلطة ايضاً ، فضلاً عن الانتقالات النقية او التي يمكن وصفها نقية واعتمدنا في ذلك على النتائج التجريبية لمعاملات التوزيع الزاوي a_2 للدراسات أنفسها [1].

أختزال المعطيات وتحليلها

بالنسبة الى الانتقالات الكامية النقية والانتقالات التي يمكن عدها نقية يمكن حساب التنسر الاحصائي $\rho_2(J_i)$ من المعادلة الاتية (1) .

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\, F_2(J_i J_f \delta) \quad \ldots\ldots (1)[2]$$

إذ ان :-

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

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

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

إذ ان

$$L_1 = |J_i - J_f| \neq 0 \quad \ldots\ldots$$

$$L_2 = L_1 + 1 \quad \ldots\ldots$$

إذ L يمثل الزخم الزاوي لاشعة كاما وهو لايساوي صفر

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

L يمثل الزخم الزاوي لاشعة كاما

L يمثل الزخم الزاوي المداري (يأخذ .... L = 0,1,2,3,)

s يمثل البرم = 1

وفي حالة كون الانتقال نقيا فان $\delta = 0$ وبذلك تصبح المعادلة [2] كما يأتي :-

$$F_2(J_i J_f \delta) = F_2(J_f L_1 L_1 J_i) \quad \ldots\ldots (3)$$

وبتعويض (3) في (1) ينتج

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\, F_2(J_f L_1 L_1 J_i) \quad \ldots\ldots (4)$$

ومن المعادلة (4) يمكن الحصول على $\rho_2(J_i)$

$$\rho_2(J_i) = a_2(J_i - J_f) / F_2(J_f L_1 L_1 J_i) \quad \ldots\ldots (5)$$

إذ ان قيم $F_2(J_f L_1 L_1 J_i)$ مذكورة في الملحق.

وان J_i و J_f معلومة من الجدول.

وبأخذ الاحتمالات كافة لمثل هذه الانتقالات تصبح هذه المعادلة كما يأتي :-

$$\rho_2(1) = a_2(1-0)/F_2(0111) = a_2(1-0)/0.70711 \quad \ldots\ldots (6)$$

$$\rho_2(2) = a_2(2-0)/F_2(0222) = -a_2(2-0)/0.59761 \quad \ldots\ldots (7)$$

$$\rho_2(3) = a_2(3-2)^*/F_2(2113) = a_2(3-2)^*/0.34641 \quad \ldots\ldots (8)$$

$$\rho_2(4) = a_2(4-2)^*/F_2(2224) = -a_2(4-2)^*/0.44770 \quad \ldots\ldots (9)$$

$$\rho_2(6) = a_2(6-2)^*/F_2(4226) = -a_2(6-4)^*/0.40291 \quad \ldots\ldots (10)$$

اما بالنسبة الى الانتقالات المختلطة فيمكن حساب التنسر الاحصائي $\rho_2(J_i)$ بتعويض (2) في (1) وذلك بأخذ قيم $a_2(J_i - J_f)$ وقيم δ المقاسة لكل انتقال بنظر الاعتبار.

$$a_2(J_i - J_f) = \rho_2(J_i)\,\frac{F_2(J_f L_1 L_1 J_i) + 2\delta\, F_2(J_f L_1 L_2 J_i) + \delta^2 F_2(J_f L_2 L_2 J_i)}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (11)$$

وبأخذ الاحتمالات كافة لمثل هذه الانتقالات تصبح هذه المعادلة كما يأتي:-

$$a_2(2-2) = \rho_2(2)\frac{-0.41833 - 1.22476\,\delta + 0.12806\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (12)$$

$$a_2(3-2) = \rho_2(3)\frac{0.34641 - 1.89738\,\delta - 0.12372\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (13)$$

$$a_2(3-4) = \rho_2(3)\frac{0.14434 + 1.44338\,\delta + 0.30929\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (14)$$

$$a_2(4-2) = \rho_2(4)\frac{-0.44770 - 1.05944\,\delta - 0.47009\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (15)$$

$$a_2(4-4) = \rho_2(4)\frac{-0.4387 - 0.67082\,\delta + 0.26455\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (16)$$

$$a_2(6-4) = \rho_2(6)\frac{-0.40291 - 1.13960\,\delta - 0.30219\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (17)$$

$$a_2(6-6) = \rho_2(6)\frac{-0.44320 - 0.46292\,\delta + 0.9355\,\delta^2}{1+\delta^2} \quad \ldots\ldots (18)$$

ملاحظة:- يعد الانتقال نقياً او يمكن وصفه نقياً اذا تحقق الشرط الاتي:-

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

إذ ان

J_i، J_f = تماثل المستوي الابتدائي والثانوي على التوالي.

L = زخم اشعة كاما

وكما ذكرنا ان $L \neq 0$ لاشعة كاما

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

$$\pi_i \,.\, \pi_f = (-1)^L \qquad (EL)$$

وللاشعاع المغناطيسي ML كما يأتي:-

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

إذ ان π_i تماثل المستوي الابتدائي

π_f تماثل المستوي الثانوي

فأذا كان لدينا الانتقال ($2^+ - 0^+$) واردنا معرفة مااذا كان انتقال نقيا ام مختلطا نجري الاتي:-

$$|J_i - J_f| \le L \le J_i + J_f$$
$$|2-0| \le L \le 2+0$$
$$2 \le L \le 2$$
$$\therefore L = 2$$

بالنسبة الى الاشعاع الكهربائي

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

$$(+) = (-1)^{L} \Rightarrow L = 2, 4, \ldots$$

أي تأخذ اعداد زوجية ولكن L=2 فقط

$$\therefore EL = E2$$

أما بالنسبة الى الاشعاع المغناطيسي

$$\pi_i \,.\, \pi_f = (-1)^{L+1}$$
$$(+) \,.\, (+) = (-1)^{L+1}$$
$$(+) = (-1)^{L+1} \Rightarrow L = 1, 3, \ldots$$

اي تأخذ اعداد فردية ولكن L=2 فقط

$\therefore$ لايوجد أنتقال مغناطيسي

وعليه فأن الانتقال نقي E2 100%

النتائج والمناقشة

يبين الجدول (1) مستويات الطاقة في نظير الحديد ^{56}Fe والانتقالات الكامية النقية والانتقالات التي عدت نقية المستعملة في حساب التنسر الاحصائي الثابت $\rho_2(J_i)$ لتلك المستويات.

لايوجد انتقال نقياً من مستويات برومها $J_i = 3$. ولكن يمكن عد الانتقال الكامي $(4^+ - 3^+)$ 2034.8 كيلو الكترون فولت من المستوي 4119.4 كيلو الكترون فولت. وكذلك الانتقال الكامي $(2^+ - 3^+)$ 3554.1 كيلو الكترون فولت من المستوي 4401.2 كيلو الكترون فولت نقيين بسبب صغر قيمتي δ المنشورتين في المصدر [1] لهذين الانتقالين اي δ=0.02(2) و δ= −0.01(7) على التوالي. وعند ذلك يمكن حساب $\rho_2(3)$ للمستويين كما هو مبين في الجدول (1).

نلاحظ ان قيم $\rho_2(J_i)$ المحسوبة للانتقالات من المستويات المختلفة متقاربة ضمن الخطأ المرافق لها بعضها من بعضها الاخر في حالة المستويات التي لها قيمة J_i نفسها.

اما الجدول (2) فبين مستويات الطاقة في ^{56}Fe والانتقالات الكامية المختلطة المستعلمة في حساب التنسر الاحصائي بأخذ قيم δ المقاسة لها ومع قيم a_2 بنظر الاعتبار.

نلاحظ من الجدول (2) ان قيم $\rho_2(2)$ متقاربة ضمن الخطأ المرافق لها للانتقالات من المستويات التي برومها $J_i = 2$. وكذلك قيم $\rho_2(3)$ متقاربة بعضها من بعضها الاخر لجميع الانتقالات الكامية من المستويات التي برمها $J_i = 3$ عدا الانتقال 2425.5 $(4^+ - 3^+)$ كيلو إلكترون فولت من المستوي 510.4 كيلو إلكترون فولت فان قيمتي $\rho_2(3)$ مختلفتان تماماً. وهذا يؤكد مرة أخرى ان النتائج التجريبية المقاسة لهذا الانتقال غير صحيحة. أما بالنسبة الى الانتقال 1852.8 $(2^+ - 3^+)$ كيلو إلكترون فولت من المستوى نفسه فقيمتا $\rho_2(3)$ المحسوبتان تشيران إلى النتائج التجريبية لهذا الانتقال صحيحة.

وبالنسبة إلى المستويات التي برومها $J_i = 4$ و $J_i = 6$ تشير قيم $\rho_2(4)$ و $\rho_2(6)$ المحسوبة لها إلى ان النتائج التجريبية المقاسة للانتقالات الكامية من هذه المستويات صحيحة.

يبين الجدول (3) المعدل الموزون (Weighted Average) لقيم $\rho_2(J_i)$ التي تم حسابها في الجدولين (1) و (2).

ويبين الجدول (4) نسب الخلط للانتقالات الكامية التي تم حسابها باستعمال قيم $\rho_2(J_i)$ المبينة في الجدول (3).

نلاحظ من الجدول (4) ان قيم δ المحسوبة بطريقة التنسر الإحصائي للانتقالات الكامية من المستويات المختلفة متفقة مع قيم δ المنشورة في المصدر [1] للانتقالات أنفسها عدا الانتقال 2425.5 كيلو إلكترون فولت من المستوى 4510.4 كيلو إلكترون فولت. وهذا يؤكد مرة أخرى عدم صحة النتائج التجريبية المقاسة في المصدر [1] لهذا الانتقال.

وكذلك نلاحظ ان قيم δ المحسوبة بهذه الطريقة في حالة أخذ الانتقالات المختلطة بنظر الاعتبار في حساب قيم $\rho_2(J_i)$ أكثر اتفاقاً مع قيم δ المنشورة في المصدر [1] للانتقالات أنفسها من قيم δ المحسوبة في حالة أخذ الانتقالات النقية بنظر الاعتبار في حساب قيم $\rho_2(J_i)$.

يدل هذا على ان الانتقالات التي عدت نقية لم تكن نقية تماماً فمثلاً نلاحظ ان القيم المطلقة لقيم $\rho_2(J_i)$ الموزونة تزداد بزيادة j_i في حالة حسابها باستعمال الانتقالات المختلطة ، بينما نلاحظ في حالة حساب $\rho_2(J_i)$ من الانتقالات التي عدت نقية ان $|\rho_2(3)|$ أكبر من $|\rho_2(4)|$.

ملاحظة:- نقصد بالجذر الخيالي ان الناتج يكون سالب تحت الجذر التربيعي ($\sqrt{-}$).

الاستنتاجات

1- تم في البحث الحالي حساب قيم δ لانتقالات كامية من مستويات الطاقة في ^{56}Fe بطريقة CST (1) و(2) وحسب المعدل الموزون لقيم δ مع الأخذ بنظر الاعتبار قيم δ المحسوبة في البحث الحالي والقيم المنشورة مسبقاً. ويبين الجدول (5) قيم δ المتبينة للانتقالات الكامية في ^{56}Fe .

2- ان طريقة CST(2) افضل من طريقة CST(1) ، إذ ان الاولى تعتمد على النتائج التجريبية جميعها، بينما تعتمد الثانية على انتقالات نقية او انتقالات يمكن عدها نقية فقط.

3- تم التثبت من أمكانية طريقة التنسر الاحصائي الثابت ليس على حساب قيم δ فحسب وانما على التنبؤ بوجود خطأ في النتائج التجريبية.

4- النتائج التجريبية المنشورة في المصدر[1] جميعها صحيحية على الرغم من كون الخطأ التجريبي المرافق للعامل a_2 كبيراً نسبياً لعدد من الانتقالات.

والتناقض الوحيد موجود في حالة الانتقال 2425.5($4^* - 3^*$) كيلو الكترون فولت من المستوي 4510.4 كيلو الكترون فولت، إذ تم التثبت من خطأ النتائج التجريبية لهذا الانتقال بطريقة التنسر الاحصائي الثابت.

المصادر

1. Al-jeboori M.A.A., youhana H.M., Kamber N.Y. and kaneel T. K.1999; Ibn Al- Haitham journal for pure and Applied Sciences, Energy Levels in ^{56}Fe from (N,N'γ) Reaction, 10(2):52.
2. Poletti A.R. and Warburton E.K.1965; Phys. Rev. 137 B:595 .
3. Youhana H.M.2002; Ibn Al-Haitham Journal for Pure and Applied,Sciences E2/M1 Mixing Ratios of 2^+-2^+ Gamma transitions In ^{90,92,94}Zr Isotopes Using Anew Method, 15(4):33.
4. Youhana H.M.2002; Ibn AL-Hatham Journal for pure and Applied, Sciences Mutipole Mixing Ratios of Gamma transitions from levels with spin 4 and 3 In $^{90,92,94}_{40}$Zr Isotopes using the constant statistical Tensor Method, 15(4)ج:14 .
5. Mohammed- Saied B.2001; ph.D. thesis, Analysis of Angular Distribution of Gamma Rays and Gamma-Gamma & Particle-Gamma, University of Baghdad .
6. 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 .
7. Tammy R.J.2004 ph.D. thesis, Multipole Mixing Ratios of γ-rays from different Nuclear reactions. University of AL-mustansiriyah.
8. Yamazaki T.1967 ; Nucl. Data, section A3:1.

الجدول (1) : مستويات الطاقة في ^{56}Fe والانتقالات الكامية المستعملة في حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ في حالة الانتقالات النقية

$\rho_2(J_i)$	$F_2\ (J_f L_1 L_1 J_i)$	$\frac{a_2}{a_4}$[1]	$J_i^\pi - J_f^\pi$	E_γ (keV)	E_i (keV)
-0.16546±0.03394	0.70711	-0.117 (24) -0.023 (29)	1^+-0^+	3448.6	3448.6
-0.50869±0.02677	-0.59761	0.304 (16) -0.068 (18)	2^+-0^+	846.7	846.7
-0.62415±0.13889	-0.59761	0.373 (83) -0.048 (100)	2^+-0^+	3601.6	3601.6
-0.69466±0.07148	-0.44770	0.311 (32) -0.100 (40)	4^+-2^+	1238.2	2084.9
-0.66562±0.03350	-0.44770	0.298 (15) -0.081 (19)	4^+-2^+	2276.0	3122.8

الجدول (2) : مستويات الطاقة في ^{56}Fe والانتقالات الكامية المستعملة في حساب التنسر الإحصائي $\rho_2(J_i)$ في حالة الانتقالات النقية والمختلطة.

$\rho_2(J_i)$	$F_2\,(J_iJ_f\delta)$	δ [1]	a_2 a_4 [1]	$J_i^\pi - J_f^\pi$	E_γ (keV)	E_i (keV)
-0.57999±0.10849 -0.56278±0.10527	-0.23966 -0.24699	-0.14 (4) 3.4 (4)	0.139 (26) -0.006 (33)	2^+-2^+	1810.7	2657.4
-0.56479±0.05020 -0.57310±0.05094	-0.47805 -0.47112	0.05 (4) 2.0 (2)	0.270 (24) -0.068 (29)	2^+-2^+	2112.9	2959.6
-0.57863±0.06251 -0.59637±0.06443	-0.62389 -0.60533	0.19 (8) 1.5 (2)	0.361 (39) 0.010 (47)	2^+-2^+	2523.0	3369.7
-0.69660±0.04069	0.61441	-0.15 (7)	-0.428 (25) -0.020 (32)	3^+-2^+	2598.5	3445.4
-0.69466±0.23360 -0.73827±0.24827	-0.16267 -0.15306	-0.23 (5) -2.9 (5)	0.113 (38) -0.037 (44)	3^+-4^+	1360.2	
-0.73342±0.07268	-0.60538	0.59 (9)	0.444 (44) 0.040 (73)	3^+-2^+	3201.3	4048.4
-0.72713±0.28978	-0.37270	0.40 (10)	0.271 (108) -0.126 (130)	3^+-2^+	1089.1	
-0.73066+0.59165	-0.28057	0.34 (14)	0.205 (166) -0.178 (205)	3^+-2^+	3252.9	4099.7
-0.73877+0.12121	0.17326	0.02 (2)	-0.128 (21) 0.023 (28)	3^+-4^+	3272.3	4119.4
-0.72263+0.24362	0.36533	-0.01 (7)	-0.264 (89) 0.0	3^+-2^+	3554.1	4401.2
-3.21939+1.08178 2.65297+0.89146	0.11555 -0.14022	-0.02 (6) -3.0 (8)	-0.372 (125) 0.056 (125)	3^+-4^+	2425.5	4510.4
-0.75316+0.28224 -0.76681+0.28735	0.63068 0.61945	$-\left(0.16^{+0.18}_{-0.13}\right)$ $-\left(2.4^{+1.3}_{-0.8}\right)$	-0.475 (178) 0.405 (212)	3^+-2^+	1852.8	
-0.76709+0.07893	-0.40543	-0.04 (4)	0.311 (32) -0.100 (40)	4^+-2^+	1238.2	2084.9
-0.81951+0.04125	-0.36363	-0.08 (2)	0.298 (15) -0.081 (19)	4^+-2^+	2276.0	3122.8
-0.82187+0.04309 -0.83154+0.04360	-0.32487 -0.32109	-0.15 (2) 1.30 (6)	0.267 (14) -0.064 (17)	4^+-4^+	1037.9	
-0.80509+0.28945 -0.80366+0.28893	-0.52168 -0.52261	$+0.15^{+?}_{-0.29}$ $0.70^{+0.58}_{-?}$	0.420 (151) -0.187 (182)	4^+-4^+	1335.0	4457.2
-0.95767+0.16838	-0.38009	-0.02 (7)	0.364 (64) -0.012 (75)	6^+-4^+	1303.2	3388.1
-0.89020+0.15561	-0.43698	0.03 (8)	0.389 (68) -0.024 (84)	6^+-4^+	1670.8	3755.9
-0.9011+0.20661	-0.40172	-.08(17)	0.362 (83) -0.058 (98)	6^+-6^+	368.0	

الجدول (3) : التنسر الإحصائي الثابت (1) في حالة الانتقالات النقية و (2) في حالة الانتقالات المختلطة.

$\rho_2(J_i)$	
(2)	(1)
—	-0.16546 ± 0.03394
-0.57710 ± 0.02577	-0.51283 ± 0.02629
-0.71019 ± 0.03241	-0.85652 ± 0.12660
-0.81906 ± 0.02349	-0.67085 ± 0.03033
—	—
-0.91656 ± 0.10000	-0.93258 ± 0.11567

الجدول (4): نسب الخلط لانتقالات كاما من مستويات متهيجة في التفاعل $^{56}Fe(n,n'\gamma)\,^{56}Fe$ باستعمال طريقة التنسر الإحصائي الثابت (1) في حالة الانتقالات النقية (2) في حالة الانتقالات المختلطة.

قيم δ		$J_i^\pi - J_f^\pi$	E_γ (keV)
CST (2)	CST (1)		
E2	E2	2^+-0^+	846.7
-0.06 (4)	0.01 (5)	4^+-2^+	1238.2
E2	E2	0^+-2^+	2094.9
0.04 (4) 2.0 (2)	0.09 (5) 1.8 (2)	2^+-2^+	2112.9
-0.08 (2)	0.00 (2)	4^+-2^+	2276.0
-0.15 (2) 1.3 (1)	-0.06 (3) 1.1 (1)	4^+-4^+	1037.9
$0.19^{+0.09}_{-0.07}$ 1.4 (3)	$0.29^{+0.17}_{-0.10}$ 1.2 (3)	2^+-2^+	2523.0
-0.01 (7)	-0.01 (7)	6^+-4^+	1303.2
-0.14 (3) -2.5 (2)	-0.08 (5) -3.0 (4)	3^+-2^+	2598.5
-0.23 (5) -2.9 (4)	-0.20 (4) -3.1 (4)	3^+-4^+	1360.2
M1	M1	1^+-0^+	2598.4
E2	E2	2^+-0^+	3601.6
0.02 (8)	0.02 (8)	6^+-4^+	1670.8
$-(0.09^{+0.15}_{-0.23})$ $0.76^{+0.27}_{-0.33}$	$-(0.09^{+0.16}_{-0.24})$ $0.76^{+0.28}_{-0.34}$	6^+-6^+	368.0
0.61 (8) 3.2 (6)	0.51 (4) $4.3^{+0.8}_{-0.6}$	3^+-2^+	3201.3
0.41 (11) 7^{+11}_{-3}	$0.36^{+0.09}_{-0.07}$ $9.5^{+15.9}_{-3.9}$	3^+-2^+	1089.1
0.35 (15) فقط	$0.31^{+0.14}_{-0.11}$ فقط	3^+-2^+	3252.9
0.02 (2) $-(11.2^{+3.4}_{-2.2})$	0.00(2) $-(9.0^{+24}_{-1.5})$	3^+-4^+	2034.8
-0.02 (7) $-(3.8^{+1.3}_{-0.9})$	0.02(6) $-(4.4^{+1.6}_{-1.0})$	3^+-2^+	3554.1
$0.13^{+?}_{-0.28}$ $0.73^{+0.55}_{-?}$	جذور خيالية	4^+-4^+	1335.0
$0.27^{+0.17}_{-0.13}$ $6.5^{+32.5}_{-3.3}$	$0.20^{+0.13}_{-0.11}$ فقط	3^+-4^+	2425.5
$-(0.18^{+0.20}_{-0.14})$ $-(2.2^{+1.3}_{-0.8})$	$-(0.11^{+0.17}_{-0.12})$ $-(2.7^{+1.3}_{-0.9})$	3^+-2^+	1852.8

الجدول (5): نسب الخلط المتبنية (**adopted**) لانتقالات كامية من مستويات الطاقة في ^{56}Fe .

$J_i^{\pi}-J_f^{\pi}$	نسبة a_2 (1)	نسبة a_2 (2)	CST (1)	CST (2)	δ متبنية
$4^{+-}-2^{+}$	—	—	0.01(5)	− 0.06(4)	− 0.04(2)
$2^{+-}-2^{+}$	— —	— —	0.09(5) 1.8(2)	0.04(4) 2.0(2)	0.06(2) 1.9(1)
$4^{+-}-2^{+}$	0.0(E2)	0.02(4)	0.00(2)	− 0.08(2)	− 0.05(1)
$4^{+-}-4^{+}$	− 0.17(3)	− 0.23(3) 1.5(1)	− 0.06(3) 1.1(1)	− 0.15(2) 1.3(1)	− 0.15(1) 1.30
$2^{+-}-2^{+}$	— —	— —	0.29(14) 1.2(3)	0.19(8) 1.4(4)	0.20(20) 1.4(2)
$6^{+-}-4^{+}$	—	—	− 0.01(7)	− 0.01(7)	− 0.01(4)
$3^{+-}-2^{+}$	— —	− 0.14(10) − 2.5(9)	− 0.08(5) − 3.0(4)	− 0.14(3) − 2.5(2)	− 0.14(3) − 2.6(2)
$3^{+-}-4^{+}$	— —	− 0.23(5) − 2.8(5)	− 0.20(4) − 3.1(4)	− 0.23(5) − 2.9(5)	− 0.22(2) − 2.9(2)
$6^{+-}-4^{+}$	0.0(E2)	0.03(11)	0.02(8)	0.02(8)	0.02(4)
$6^{+-}-6^{+}$	− 0.12(21) 0.82(33)	− 0.07(18) 0.73(32)	− 0.09(20) 0.76(31)	− 0.019(19) 0.76(30)	− 0.09(8) 0.77(16)
$3^{+-}-2^{+}$	— —	0.59(37) 3.4(32)	0.51(4) 4.3(7)	0.61(8) 3.2(6)	0.54(3) 3.7(5)
$3^{+-}-2^{+}$	— —	0.40(11) 7.6(86)	0.36(8) 9.5(99)	0.41(11) 7.0(70)	0.39(5) 7.8(48)
$3^{+-}-2^{+}$	— —	—	0.31(13)	0.35(15)	0.33(8)
$3^{+-}-4^{+}$	— —	— —	0.00(2) − 9.0(20)	0.02(2) − 11.2(28)	0.01(1) − 9.7(16)
$3^{+-}-2^{+}$	— —	— —	0.02(6) − 4.4(13)	− 0.02(7) − 3.8(11)	0.00(4) 4.1(8)
$4^{+-}-4^{+}$	— —	— —	جذور خيالية	0.13(28) 0.73(55)	0.14(20) 0.72(40)
$3^{+-}-4^{+}$	— —	0.24(20) فقط	0.20(12) فقط	0.27(15) 6.5(179)	0.23(8)** —
$3^{+-}-2^{+}$	— —	— —	− 0.11(15) − 2.7(11)	− 0.18(16) − 2.2(11)	− 0.15(9) − 2.4(6)

الملاحق :

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
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