معلم الاختراق (λ) للتحول (M1) الشاذ في النوى $^{233}_{92}U$ و $^{192}_{78}Pt$

عمار عبد عبدالله البطاوي

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢٦ / ٦ / ٢٠٠٨ ، تاريخ القبول: ١٢ / ٤ / ٢٠٠٩)

الملخص

تم في هذا البحث دراسة الشذوذ في معاملات التحول الداخلي للنواتين $^{233}_{92}U$ عند طاقة مقدارها (312 keV) و $^{192}_{78}Pt$ عند طاقة مقدارها (296 keV) للتحول الخاص بثنائي القطب المغناطيسي M1 بواسطة حساب قيم معلم الاختراق النووي والذي يعد المؤشر الخاص بالشذوذ في معاملات التحول الداخلي وكان الشذوذ في النواة $^{233}_{92}U$ كبيراً وهذا يدل على أن نسبة التشوه في النواة $^{233}_{92}U$ كبيرة جداً مما يعني وجود إعاقة شديدة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي ، أما الشذوذ في نواة $^{192}_{78}Pt$ فقد كان صغيرا جدا وهذا يدل على أن نسبة التشوه في النواة $^{192}_{78}Pt$ قليلة جدا ولهذا لا تظهر أي إعاقة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي .

١- المقدمة :

تعد عملية التحول الداخلي عملية كهرومغناطيسية منافسة لعملية انبعاث أشعة كاما ، إذ أن النواة في الحالة المتهيجة تنتقل إلى حالة أوطأ بدون انبعاث الكم الضوئي (الفوتون) ، أي أن طاقة الانتقال تتحول مباشرة إلى إلكترون مرتبط في الذرة نفسها مما يؤدي إلى قذفه خارج الذرة. وتفسر عملية التحول الداخلي على أساس أن الاضطراب المفاجئ الناتج عن إزالة تهيج النواة يرسل إلى المجال الكهرومغناطيسي المحيط . ويعد معلم الاختراق النووي مؤشرا للشذوذ في معاملات التحول الداخلي ويعرف على انه النسبة بين عنصر مصفوفة الاختزال للتحول داخل الحجم النووي وعنصر مصفوفة أشعة كاما[١] . وقد لوحظت الكترونات التحول الداخلي لأول مرة[٢] في عام ١٩٢٤ وتم استخدامها كأداة فعالة في دراسة التركيب النووي وأثبتت التقديرات النظرية التي قام بها[٣] L.A.Slive and I.M.Band أن معاملات التحول الداخلي تعتمد على الحجم المحدود للنواة من خلال دراسة انتقالات (M1) في النوى الثقيلة وأثبتت هذه التقديرات تجريبياً[٤] من قبل A.W.Sunyar . إن الأدلة التجريبية لتأثيرات الاختراق لوحظت لأول مرة[٥] في انتقال (M1) المعاقة من قبل B.G.Pettersson et al . والإعاقة هي كمية نسبية تعرف على أساس انتقال متعدد القطب الكهربائي أو المغناطيسي يحدث في النوى بمعدل قياسي لا يكون بالضرورة مساويا لتقديرات وايسكوف للجسيم المنفرد (لان حركة الجسيم المنفرد تعد حركة نيوكلونات في مجال التشوه في الحسابات المايكروسكوبية). وقد افترض كل من S.G.Nilsson et al and G.Kramer et al أن التحول الداخلي الشاذ يمكن تفسيره عن طريق مصفوفة الاختراق[٦،٧] . كما اثبت K.Feeitag et al أن الإعاقة الشديدة لانتقالات (M1) تعد من ظواهر التحول الشاذ الذي يعني أن معدل التحول المتوقع يكون اكبر من القيمة الموجودة في الجداول[١] وهذه الظاهرة ناتجة من كون أن عنصر المصفوفة النووية للتحول (M1) خارج النواة المماثل لعنصر مصفوفة كاما لانتقال (M1) يصبح مختلفا عن عنصر المصفوفة النووية لـ (M1) نفسه داخل النواة . وتصنف معاملات التحول الداخلي إلى صنفين هما :

a- معاملات التحول الداخلي العادية التي تأخذ بالحسبان انبعاث الكترونات التحول الداخلي الناتج عن إعاقة انبعاث أشعة كاما .

b- معاملات التحول الداخلي الخاصة بالإلكترون الموجود داخل النواة التي تأخذ بالحسبان تأثيرات الاختراق التي يمكن بواسطتها تحديد معالم اختراق الجسيم ، وعليه يمكن كتابة صيغة التحول الداخلي الذي يتضمن تأثيرات الاختراق في مرتبته الدنيا .

٢- تأثيرات الاختراق في انتقالات (M1)

يمكن التعبير عن عنصر مصفوفة الاختراق لانتقالات(M1) بالعلاقة الآتية:

$$\lambda=\frac{<I_f\left\|\int dV\ {}_n\vec{j}\ {}_n\vec{L}\left(r/R\right)^3Y_1(\theta,\phi)\right\|I_i>}{<I_f\left\|\int dV\ {}_n\vec{j}\ {}_n\vec{L}\left(r/R\right)Y_1(\theta,\phi)\right\|I_i>}\ldots(1)$$

إذ أن : (λ) : هو معلم الاختراق،L : الزخم الزاوي المداري، $Y(\theta,\phi)$: دالة المتذبذب التوافقي، R : نصف قطر النواة ،r : نصف قطر الحجم النووي.

إن البسط في هذه المعادلة هو عنصر المصفوفة المختزلة لانتقال كاما (M1) الذي يمكن أن يكتب لانتقالات النواة النقطية المنفردة بالشكل الآتي :

$$<I_f\left\|\int dV_n\vec{j}_n\vec{L}\left(r/R\right)^3Y_1(\theta,\phi)\right\|I_i>=\frac{2i}{R}<I_f\left\|\vec{\mu}\nabla rY_1\right\|I_i>\ldots(2)$$

إذ أن المؤثر المتجهي Vector operator (μ) يمكن أن يعبر عنه بحدود مؤثر التمغنط البرمي Spin magnetization operator $\left(\vec{\mu}_s=g_s\vec{S}\mu_N\right)$ ومؤثر مغناطيسية التيار المداري $\left(\vec{\mu}_1=g_1\vec{L}\mu_N\right)$ إذ أن(g_s) و(g_l) هما العاملان الجايرومغناطيسيان البرمي والمداري واللذان يؤخذان بالحسبان عند حساب عناصر مصفوفة الانتقال و(μ_N) هوالمكنتون النووي.

إن(g_s) و(g_l) يعتبران معلمين أساسيين لحساب الشذوذ في معاملات التحول للانتقالات المغناطيسية ؛ لان العزوم المغناطيسية في الحالات النووية المتهيجة عند طاقة تهيج واطئة $\left(E_\gamma<5Mev\right)$ تحدد أساسا بواسطة تيار النيكليون الحر وعزم البرم الذاتي ويمكن أن يكتب البسط في المعادلة كالآتي :

$$<I_f\left\|\int dV_n\vec{j}_n\vec{L}\left(r/R\right)^3Y_1(\theta,\phi)\right\|I_i>=\frac{2i}{R^3}<I_f\left\|\vec{\mu}'\nabla rY_1(\theta,\phi)\right\|I_i>\ldots(3)$$

$$\vec{\mu}'=r^2\left[g_l\vec{L}+2g_s\vec{S}-g_s\frac{\vec{r}}{r^2}\left(\vec{S}.\vec{r}\right)\right]\mu_N\ldots(4)$$

وبافتراض أن الانتقال النووي منفرد ،والطول الموجي طويل ومحدد ، فأن تأثيرات الاختراق تكون قابلة للقياس إذا كانت عناصر المصفوفة لانتقال كاما(M1) كمية قليلة جدا وهذا يدل على أن عناصر المصفوفة تكون صغيرة وعليه ينشأ الإسهام الريس من المؤثر $\left(g_s \vec{r}\left(\vec{S}.\vec{r}\right)\right)$ لعنصر مصفوفة الاختراق.

ويتم حساب معلم الاختراق للتحول المغناطيسي نظرياً من المعادلة

$$f\ (\lambda)=1+B_1\lambda+B_2\lambda^2 \ldots(5)$$

اذ ان $f\ (\lambda)$ هو معامل التحول المغناطيسي و B_1 و B_2 هي المعاملات التي تسهم في عملية الاختراق و(λ) معلم الاختراق الخاص بالانتقالات المغناطيسية[٨] والذي يعد المؤشر الأساسي لوجود الشذوذ في معاملات التحول الداخلي .

النتائج والحسابات :

تم حساب معلم الاختراق نظرياً بالطريقة الآتية:

$$\alpha_k\,(M1,\lambda)_{withpene.}=\alpha_k\,(M1)_{withoutPene.}\,f\,(\lambda) \ldots(6)$$

إذ أن $\alpha_k\,(M1,\lambda)_{withpene.}$ هي معامل التحول الداخلي المتضمن تأثيرات الاختراق ويتم حسابه باستخدام طريقة الترابط الزاوي لأشعة كاما angularconrelation $\gamma-\gamma$ أما $\alpha_k\,(M1)_{withoutPene.}$ فهو معامل التحول الداخلي بدون تأثيرات الاختراق ويتم إيجاده من الجداول .

$$B_2\lambda^2+B_1\lambda+\left(1-\frac{\alpha_k\,(M1,\lambda)_{withpene.}}{\alpha_k\,(M1)_{withoutPene.}}\right)=0 \ldots(7)$$

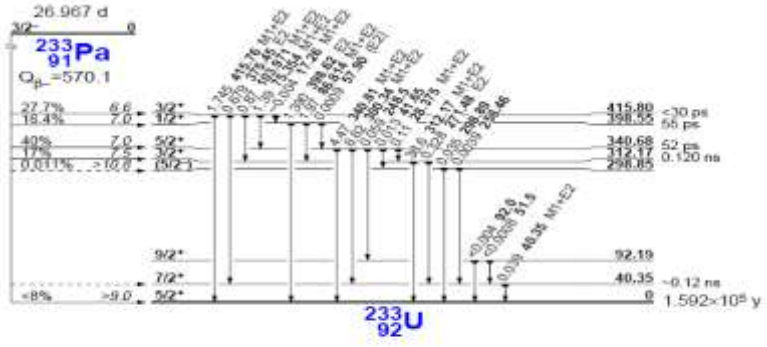
وباستخدام برنامج حاسوب iccdata يتم إيجاد قيمة λ.

ويبين الجدول الآتي النتائج لتي تم التوصل إليها والخاصة بمعلم الاختراق.

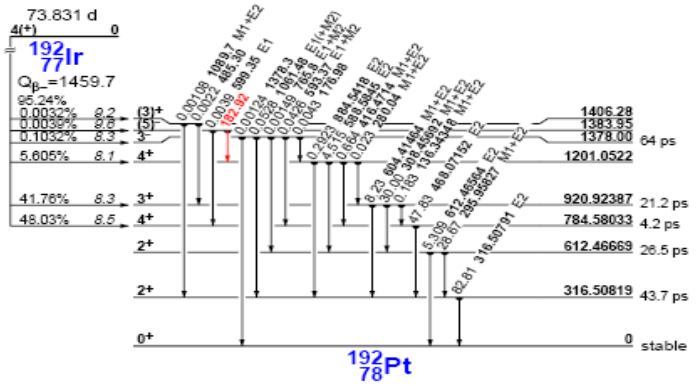
جدول (١) : النتائج الخاصة بمعلم الاختراق للنوى $^{233}_{92}U$ و $^{192}_{78}Pt$

nucleus	Energy keV	α_k Exp.	α_k Theo.	λ
$^{233}_{92}U$	312	0.64 ± 0.02	0.78	8 ± 3
$^{192}_{78}Pt$	296	0.067 ± 1	0.271	-3.5 ± 3.1

ويبين الشكلان (١) و (٢) مخططي البيانات النووية للنواتين $^{233}_{92}U$ و $^{192}_{78}Pt$



شكل (1) : مخطط البيانات النووية للنواة $^{233}_{92}U$



شكل (٢) : مخطط البيانات النووية للنواة $^{192}_{78}Pt$

٣- المناقشة :

إن المغناطيسية الذاتية بالإضافة إلى المغناطيسية الناتجة عن حركة البروتون في مدارات مغلقة يمكن أن تسبب انتقالات مغناطيسية متعددة الأقطاب (M1) وعليه فان الانتقالات الكهرومغناطيسية بانبعاث أشعة كاما تمثل النمط الانحلالي السائد للحالات المتهيجة فضلاً عن عملية التحول

الداخلي التي تتحول فيها طاقة الانتقال مباشرة إلى إلكترون مرتبط في نفس الذرة . ونجد في هذا البحث اختلاف القيم المحسوبة لمعاملات التحول الداخلي عن القيم المقاسة لكون السمة الرئيسية التي تتميز بها معاملات التحول الداخلي هو اختلاف القيم المقاسة تجريبياً عن تلك المحسوبة نظرياً[١٠] وقد وجد I.M. Band et al انه يوجد اختلاف منتظم بين القيم التجريبية والنظرية لمعاملات التحول الداخلي[١١] وقد تم إدخال تعديلات رئيسة على الحسابات الخاصة بمعاملات التحول الداخلي من قبل T.Kibedi et al مبنية على طريقة Dirac-Fock النسبية[١٢] والتي تعتمد على التفاعل المتبادل بين الالكترونات المرتبطة بالنواة والكترونات التحول الداخلي . ونظراً لكون الأجزاء الذرية والنووية واقعة ضمن تأثير مدى تفاعل النواة–إلكترون ، فإن حساب معاملات التحول الداخلي قائم على تفاوت كبير بين عدد الالكترونات الذرية وتوزيع الشحنة النووية . ويقدم النموذج الدوراني الخاص بالتركيب النووي والذي يبنى على أساس أن التفاعل بين القوى النووية قصيرة المدى والقوى الكولومية طويلة المدى والقوى المركزية على النواة توافق تماماً الشكل المشوه وغير الكروي للنواة تفسيراً جلياً للتشوه الحاصل في النوى والذي يفهم من خلال عدم انتظام الطيف الخاص بالجسيم لمنفرد (النيكلون) حيث أن الكثير من حالات (مستويات) الجسيم المنفرد تكون موجودة في النوى بين الاغلفة المغلقة (closed shell) وهي قريبة من بعضها البعض بالطاقة ولهذا عندما تملأ مستويات الجسيم المنفرد بالنيوكلونات فإنها تأخذ شكلاً مشوهاً (غير كروي) . وعموماً يميل شكل النواة للتطاول ممتداً على طول المحور Z في بداية الغلاف العلوي ويتفلطح في نهايته وهذا بسبب التفضيل (preference) المرتبط بحد الازدواج في القوى النووية ولهذا من النتائج التي تم التوصل اليها في هذا البحث يتبين أن قيمة معلم الاختراق للنواة $^{233}_{92}U$ كبير نسبيا لكون عملية التحول هنا أكثر احتمالية من انبعاث أشعة كاما وهذا يدل على أن نسبة التشوه في النواة $^{233}_{92}U$ كبيرة جدا مما يعني وجود إعاقة شديدة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي في حين نجد أن $^{192}_{78}Pt$ يمتلك معلم اختراق سالب وهذا يدل على أن نسبة التشوه في النواة $^{192}_{78}Pt$ قليلة جدا ولهذا لا تظهر أي إعاقة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي . ويمكن تفسير التحول الشاذ عن طريق عناصر مصفوفة الاختراق إذ أن الإعاقة الشديدة لانتقالات M1 والتي تظهر جليا في النواة $^{233}_{92}U$ تعد من ظواهر التحول الشاذ الذي يعني أن معدل التحول المتوقع يكون اكبر من قيمته الموجودة في الجداول وهذه الظاهرة ناتجة من كون أن عنصر مصفوفة الاختراق للتحول M1 خارج النواة المماثل لعنصر مصفوفة كاما لانتقال M1 يصبح مختلفا عن المصفوفة النووية و M1 نفسه داخل النواة إذ أن وجود التحول الشاذ يؤدي إلى تقليل الارتباط الزاوي لإلكترون التحول وأشعة كاما نتيجة للتناظر الكروي لموجات الحالة S وتباينها في الخواص . أما فيما يخص حجم النواة فيوجد تأثيران للحجم المحدود للنواة على انبعاث الكترونات التحول الداخلي في الانتقالات النووية ، أولهما أن الحجم المحدود لتوزيع الشحنة له تأثير مهم على الدوال الموجية للإلكترون التي تحدد احتمالية الانبعاث ، وثانيهما أن الحجم المحدود يؤدي إلى حدوث تحول داخلي في النواة ولهذا تصبح آلية انبعاث الإلكترون مهمة في الحالات التي تعاق فيه الانتقالات النووية (أي إعاقة انبعاث كاما بسبب اعتبارات الزخم الزاوي).

٥ – الاستنتاجات :

a– نظرا لامتلاك نواة $^{233}_{92}U$ معلم اختراق عالي نسبيا فإنها تكون ذات تشوه كبير نسبيا في حين أن النواة $^{192}_{78}Pt$ يكون التشوه فيها اقل ما يمكن بسبب عدم امتلاكها معلم اختراق نووي .

b– نظرا لكون نسبة التشوه في النواة $^{233}_{92}U$ كبيرة جدا فهذا يدل على وجود إعاقة شديدة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي في حين لا تظهر أي إعاقة في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي للنواة $^{192}_{78}Pt$ وهذا يعني أن الانتقال الخاص بالنواة $^{192}_{78}Pt$ هو من نوع Band to $\gamma -$ transition $\beta -$.

المصادر :

1- K. Freitag ,K. Krien, and J.C. Soars," The penetration parameters λ of the anomalous M1 – conversion of the 482 keV transition ^{181}Ta ", Z-Physik A 282:39-48, 1977.

2- O. Hahn and L. Meitner, Z. Physik 26,161,1924.

3- L.A. Slive and I.M.Band ,"Coefficients of internal conversion of gamma radiation " ,Academy of Sciences of USSR ,1956 – 1958.
4- A.W. Sunyar ,Phys.Rev.98 :653 ,1955 .
5- B.G. Pettersson ,T.R. Gerholm, Z. Grabowski, and B.V. Nooijen , "Nucl.Phys".24 :196,1961.
6- S.G. Nilsson, J.O. Rasmussen, "Nucl. Phys". 5:617, 1958.
7- G.Kramer and S.G.Nilsson , Phys.35:273,1962.
8- A. E. Al-Najm, "Anomalies in internal conversion coefficients in deformed nuclei", Master Thesis, Mosul Unv., College of Science ,1998.
9- R.S. Hager ,and E.C. Seltzer ,"Coefficients for the analysis of penetration effects in internal conversion and E0 internal conversion", Nuclear Data Table,A6,1-127,1969.
10- S. Raman ,C.W. Nestor, A.Lchihara, and M.B. Trzhaskovskaya, Phys.Rev.,C66,044312,2002.
11- I.M.Band, M.B.Trzhaskovskaya, C.W. Nestor, P.O. Tikkanen, and S. Raman, "At. Data and Nucl. Data Tables " 81:1,2002.
12- T. Kidedi, T.W. Burrows , M.B. Trzhaskovskaya, C.W. Nestor, and P.M. Davidson, "Internal Conversion Coefficients", Brookhaven National Laboratory, 2006.

The Penetration Parameter (λ) for Anomalies (M1) conversion in $^{192}_{78}Pt$ and $^{233}_{92}U$

Ammar A. A. Al-Battawy

Department of Physics , College of Education , University of Tikrit , Tikrit , Iraq

(Received 26 / 6 / 2008 , Accepted 12 / 4 / 2009)

Abstract

In this work, the anomalies in internal conversion coefficients of $^{233}_{92}U$ 312 keV and $^{192}_{78}Pt$ 296 keV nuclei for M1 conversion are studied by calculating the values of nuclear penetration parameters which indicates as anomalies in internal conversion.The anomalies in $^{233}_{92}U$ was a large, which leads the ratio of deformed in $^{233}_{92}U$ to be large, this means that the M1 conversion is a strongly hindered, while for $^{192}_{78}Pt$ the anomalies was small, therefore the ratio of deformed is very small and there are no hindered in the M1 conversion.