استخدام تقنية تطابق كاما–كاما لدراسة أشعة كاما النافذة

محمود أحمد عليوي ، قتيبة عيسى حسن

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

(تاريخ الاستلام: 2012/11/12 ---- تاريخ القبول: 2012/12/27)

الملخص

نصب مطياف كاما– كاما التطابقي السريع– البطئ المكون من كاشفين وميضيين NaI (TI) كل بحجم 3″X3″ والوحدات الإلكترونية الملحقة لدراسة بعض التأثرات التي تحدث للقمة الضوئية بعد نفوذ أشعة كاما من أسماك معينة لمواد مختلفة ومقارنة ذلك مع الطيف المباشر واستخدام الطيف الناتج في حساب بعض المعلمات للقياسات الطيفية كمعامل التوهين مثلا″. استخدم في القياسات مصدر ^{22}Na بفعالية قليلة نسبيا (أقل من 0(0.1µCi وقيس الطيف الزمني للمطياف بدون مواد موهنة وباستخدام المميز عند الجزء الثابت لاشتقاق النبضات الزمنية السريعة وكذلك عزلت النبضات ذات زمن النمو البطئ بغية تحسين قابلية الميز الزمني حيث وجدت بحدود 7ns . أجريت القياسات للأطياف التطابقية باستخدام المصدر ^{22}Na بموقع متوسط يبعد بضع سنتيمترات عن الكاشفين المتقابلين واختيرت البوابة 0.511 MeV لأحد الكاشفين الذي يسجل الطيف في الهواء بينما يسجل الكاشف الثاني الطيف التطابقي معه ولكن بعد نفوذ الأشعة للمادة الموهنة 0 ويسجل هذا الكاشف الثاني أيضا الطيف المباشر لكاما النافذة من دون استخدام كامل المطياف التطابقي . أجريت قياسات معامل التوهين الخطي والكتلي لمواد من الرصاص والحديد المتوفرة محليا″0استخدمت ألواح من هذه المواد بأسماك مربعة وبأبعاد (10X10cm) . قيس معامل التوهين الكتلي للمواد للقمة الضوئية بطاقة 0.511MeV من الأطياف التطابقية ، ووجد بحدود 0.11146cm^2/g للرصاص و 0.0686 cm^2/g للحديد 0 أما للأطياف المباشرة فقد وجدت بحدود 0.14559 cm^2/g للرصاص و 0.0976 cm^2/g للحديد0 وهذه في توافق جيد مع المنشور عالميا عند الطاقة 0.500 MeV آخذين بنظر الاعتبار أن الأخيرة تقاس كامتصاص كامل لأشعة كاما بطرق تفاعلها الرئيسية الثلاث . وتبين هذه النتائج وأشكال الأطياف إمكانية استخدام المطياف التطابقي في قياسات معلمات أكثر من التي تقاس عادة في الطيف المباشر، إضافة إلى أن الأطياف التطابقية قد اختزل فيها الخلفية الإشعاعية وتوزيع كومبتن مما أضفى تبسيطا واضحا لشكل الأطياف.

المقدمة

إن النوى المتهيجة exited nuclei تحاول الوصول إلى حالة من الاستقرارية stability عن طريق التخلص من الطاقة الفائضة بشكل إشعاع 0 وهذا التخلص يأخذ أشكالا مختلفة من الاضمحلال decay تختلف باختلاف طبيعة القوى المسببة للاضمحلال 0 فإما أن تكون القوة المسببة للاضمحلال قوية كما في اضمحلال ألفا α-decay، أو تكون ضعيفة كما في انحلال بيتا β-decay ، بالإضافة إلى انبعاث كاما γ-emission واللازمة لإزالة التهيج النووي nuclear de-excitations . هذه الأنماط المختلفة من الاضمحلال للنوى المتهيجة تعتبر عوامل مهمة لاكتشاف التركيب النووي عن طريق قياس معدلات الاضمحلال وبالتالي المدة الزمنية لحالات التهيج المختلفة [1] . يمكن تعريف أشعة كاما بأنها أشعة كهرومغناطيسية وتنبعث هذه الأشعة خلال الانتقالات النووية كنتيجة لاضمحلال النواة المثارة عندما تنتقل هذه النواة من مستوى طاقة متهيج إلى مستوى طاقة أوطأ أو إلى المستوى الأرضي وإن أشعة كاما تكون ذات طاقات عالية نسبيا ويتراوح المدى القياسي لهذه الطاقات من (1-10 MeV~) ويقابل أطوال موجية تمتد بين (10^{-4}–100fm) [2] . إن هناك ثلاث عمليات رئيسية يمكن من خلالها أن تتفاعل فوتونات أشعة كاما مع المادة وهي:

الظاهرة الكهروضوئية photoelectric effect ، واستطارة كومبتن Compton scattering، وعملية إنتاج الزوج pair production [3] . وتعد الظاهرة الكهروضوئية التفاعل الأهم عند الطاقات الواطئة، وتكون عادة أقل من (200 keV) . إذ إن جميع طاقة الفوتون الساقط يتم توهينها من قبل إلكترون ذري مرتبط 0 أما استطارة كومبتن فتحدث عندما يتفاعل الفوتون الساقط مع إلكترون حر نوعا ما، حيث يؤدي هذا التفاعل إلى توهين جزء من طاقة الفوتون الساقط وبالتالي استطارته (تشتته) عن مساره الأصلي 0 أما ظاهرة إنتاج الزوج إلكترون– بوزترون فهي التي يتحول فيها فوتون أشعة كاما الساقط قرب مجال نواة الذرة إلى زوج إلكترون– بوزترون وطاقة حركية موزعة بالتساوي على هذا الزوج إذا كانت طاقة الفوتون الساقط تزيد على طاقة العتبة لهذه الظاهرة والتي هيE_γ=1.022 MeV [1] . إن لأشعة كاما تطبيقات عديدة في مختلف المجالات، في الطب والفلك والصناعات المختلفة، لذلك فإنه من المهم فهم خصائص هذه الأشعة وتفاعلاتها المختلفة وكيف يتم توهينها attenuation ، مما يؤدي إلى فهم كيفية الوقاية من مخاطرها وكيفية استخدامها في مختلف أنواع التشخيص الطبي وطرق العلاج . وعلاوة على ذلك ، فان استخدام أشعة كاما في علم الفلك أصبح مجالا مهما للبحث كما يعتقد بان الكثير من العمليات التفاعلية التي تجري في الفضاء هي نتيجة لانبعاث أشعة كاما كما في تفاعلات الأشعة الكونية Cosmic ray مع الغازات بين النجوم [2] . عند سقوط أشعة كاما على حاجز (مادة ماصة أو درع) قبل مرورها إلى الكاشف فإنها ستعاني توهينا في كل

من الشدة intensity والطاقة energy للأشعة النافذة 0 إن توهين أشعة كاما (الامتصاص والاستطارة) داخل المادة يمكن دراسته من خلال قياس التغيير في شدة الأشعة النافذة (المسددة بشكل جيد) مع تغير سمك المادة.ويمكن حساب معدل شدة أشعة كاما النافذة من حاجز أو درع (مادة ماصة) من خلال الصيغة لامبرت $\mathbf{I = I_0 e^{-\mu x}}$ [4] .

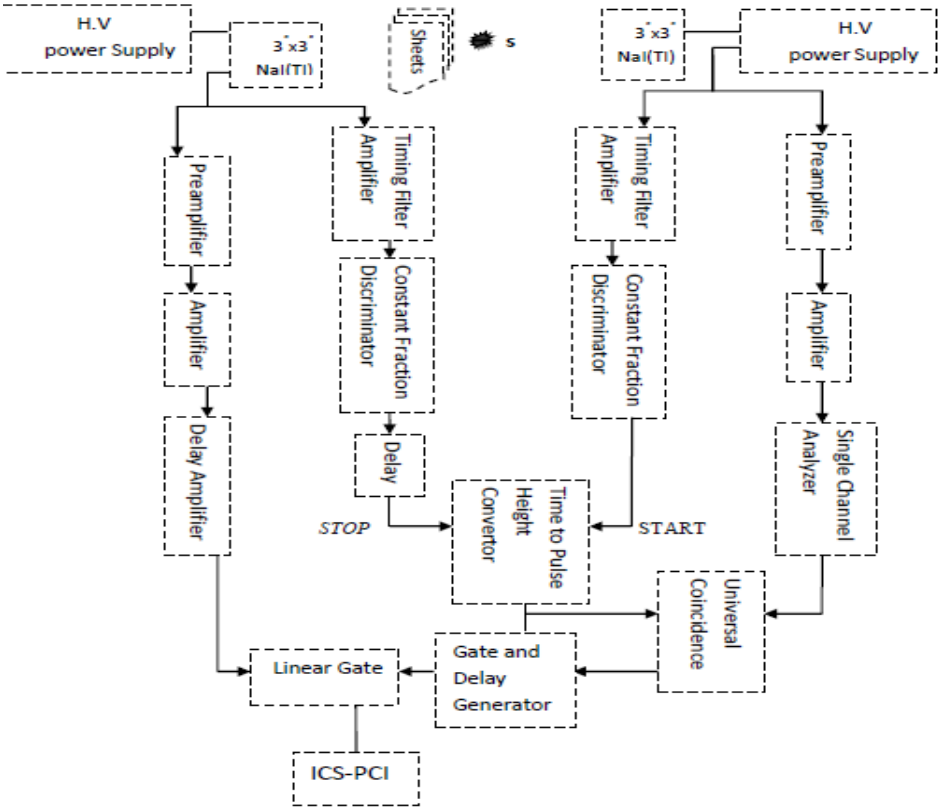
إن الأشعة النافذة من الوسط أو المادة الماصة تتألف من قسمين ، قسم لايعاني توهينا بالطاقة وإنما بالشدة فقط، وقسم آخر يعاني توهينا بالشدة والطاقة معا. وهذا التداخل في الطاقات والشدة يسبب اشكالا وصعوبة في إمكانية التمييز بين سلوك الأشعة في كل من الهواء والوسط، كما يؤدي أيضا إلى الإرباك في كيفية تحديد مالمقصود بمعامل التوهين؟، هل هو لطاقة معينة فقط ؟ أم لشدة هذه الطاقة؟ أم لكليهما معا؟. وللتخلص من هذا الإرباك، واجتياز صعوبة الحسابات، وكيفية تحديد معامل التوهين، وما ينعكس نتيجة لذلك على القياسات.تقترح الدراسة الحالية استخدام المطياف التطابقي للتحري عن أشعة كاما النافذة من اسماك مختلفة ولمواد متعددة والتي لا تعاني توهينا بالطاقة وإنما تعاني توهينا بالشدة الفوتونية؟.

الجانب النظري

بسبب أنه لايوجد مدى محدد للأشعة في المادة، اتفق العلماء على مصطلح معدل المسار الحر Mean Free Path وهو معدل المسافة المقطوعة قبل التفاعل الذي يرمز له بالرمز (M.F.P)، ويعتبر استعمال هذا المصطلح ملائماً في دراسة انتقال الفوتونات في المادة إذ تعرف بعض المتغيرات مثل عامل التراكم بدلالة (M.F.P) كمقياس للمسافة [5] . ينتج التراكم بصورة عامة من نمطين من أنماط تفاعل الفوتونات مع المادة وهما تشتت كومبتن وتولد الأزواج . اغلب دراسات أشعة كاما النافذة تتم بطريقة عامل التراكم Build-up actor وفيه تجري قياسات الشدة النافذة بأشعة كاما من خلال حساب صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area للمصدر المستخدم وإجراء تصحيحات الاستطارة للأشعة داخل الدرع أو داخل المادة الماصة0وقد أجريت دراسات كثيرة لحسابات عامل التراكم بطاقات مختلفة وبمواد عديدة. إن الدوائر التطابقية coincidence circuits بعضها البسيط، دائرة تعطي نبضة خارجة output pulse عندما تدخل إليها نبضتان خلال مدة زمنية محدودة (2τ) تدعى الزمن التحليلي للدائرة التطابقية Resolving time، ولكنها لاتعطي نبضة خارجة عندما تدخل إليها نبضة واحدة خلال ذلك الزمن0ويكون الزمن التحليلي لدائرة تطابقية تكشف عن نبضتين متراكبتين overlapping of two pulses وكل واحدة لها أمد Duration مساويا إلى($2\tau_o$) ،لان التطابق الزمني Time coincidence يكشف عنه إذا كانت إحدى النبضتين تقع ضمن المدة الزمنية ($\mp\square$) [6]. لقد تم نصب دائرة تطابق سريع – بطئ ، إضافة إلى كاشفين وميضيين لأيوديد الصوديوم (NaI (TI).حيث استخدمت هذه الدائرة في دراسة تطابق أشعة كاما والناتجة من فناء جسيمات بيتا ($ß^+$) المنبعثة من عنصر الصوديوم (^{22}Na) لغرض دراسة طاقة أشعة كاما غير الموهنة Un attenuated- Gamma Energy، بعد عبورها أسماك مختلفة ولمادتين مختلفتين واستخدام هذه الدراسة في حساب معامل التوهين للمواد المستخدمة بطريقة تطابق كاما– كاما .

الجانب العملي

استخدم في الدراسة الحالية مطياف كاما– كاما التطابقي السريع – البطئ المبين مع الوحدات الإلكترونية المكونة له في الشكل (1). إن الوحدات الإلكترونية أغلبها من صنع شركة ORTEC والكاشفان صنع شركة BICRON والمحلل متعدد القنوات صنع شركة Spectrum Techniques. يتضمن هذا البند آلية إجراء القياسات العملية والدوائر الإلكترونية المستخدمة في هذا الجانب، حيث أستخدم كاشفان وميضيان من نوع أيوديد الصوديوم كل منهما ذو بلورة بأبعاد ("3"×3") يرتبطان بدوائر المطياف التطابقي ، كما أستعمل مصدر ^{22}Na ذو فعالية قليلة نسبيا (أقل من 1µCi) من صنع شركة Amersham البريطانية لغرض تهيئة المطياف وإجراء القياسات 0 يوضع كل من كاشفي NaI(TI) متقابلين بزاوية $\theta = 180°$ ويوضع المصدر ^{22}Na بين الكاشفين وتستخدم أسماك متنوعة من مواد مختلفة متوفرة محليا كنماذج للدراسة وذات أبعاد (10cmX10cm) لغرض تغطية كامل وجه الكاشف حيث اختيرت نماذج من ألواح الرصاص والحديد0 وتؤخذ بوابة Gate بأحد فرعي المطياف ويترك الفرع الآخر ليمرر نبضات الطيف الكامل ويوضع سمك معين من إحدى المواد المستخدمة كنموذج بين المصدر ^{22}Na والكاشف الذي يمرر نبضات الطيف الكلي ويبقى مابين المصدر والكاشف الذي يمثل فرع البوابة فراغا وعلى بعد مناسب وثابت ويقاس الطيف المباشر ويتم تسجيله ويقاس بعده الطيف التطابقي ويسجل أيضا ويتم بعدها تغيير السمك وأخذ قياس آخر وهكذا إلى أن يتم توهين الفوتونات عند سمك معين من المادة المستخدمة كنموذج بين الكاشف والمصدر بصورة لاتظهر عندها قمة ضوئية على شاشة المحلل MCA ليتم بعدها تغيير المادة المستخدمة بمادة أخرى وإجراء نفس عمليات القياس التطابقية والمباشرة عليها 0 حيث نحصل على أكثر من معلومة من الأطياف التي يتم تسجيلها لتلك المواد مثل العرض عند منتصف ارتفاع القمة FWHM ومركز القمة الضوئية Centroid والعد عند القمة Maximum Count وصافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area والمساحة الكلية Gross Area . إذ إنه بالإمكان حساب أكثر من كمية من خلال المعلومات السابقة كسمك المادة ومعامل التوهين ، إلا أننا ركزنا في الدراسة الحالية على إمكانية قياس معامل التوهين الخطي μ ومعامل التوهين الكتلي μ_m للمادة دون غيرها.



شكل (1) يوضح الرسم التخطيطي لمطياف أشعة كاما التطابقي السريع – البطئ0

النتائج والمناقشة

بعد إجراء القياسات بالآلية المذكورة في الجانب العملي أمكن الحصول على المعلومات المطلوبة (FWHM و Centroid و Net Peak Area)... من القمم الضوئية للأطياف التطابقية والمباشرة للمواد المستخدمة (الرصاص ، الحديد) لغرض حساب معامل التوهين لتلك المواد .

قياسات الطيف المباشر باستخدام الرصاص Pb

بنفس الآلية المذكورة آنفا في الجانب العملي يتم إجراء القياسات المباشرة والتطابقية للمواد المستخدمة (الرصاص والحديد).عند إجراء القياسات المباشرة باستخدام الرصاص كدرع بأسماك مختلفة بزيادة (0.2cm) لكل قياس وكما مؤشر للأطياف ومن خلال أطياف القمم الضوئية للطيف المباشر أمكن الحصول على المعلومات المطلوبة للكميات المراد حسابها كمعامل التوهين مثلا"0حيث يبين الجدول رقم (1) موقع القمة الضوئية والعرض عند منتصف الارتفاع (FWHM) وصافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area والعد عند موقع القمة الضوئية Maximum Count للأطياف المباشرة Direct Spectrum عند استخدام الرصاص كدرع بأسماك مختلفة . إذ إننا نلاحظ من خلال الجدول المذكور أن زيادة سمك المادة (الرصاص) يحدث توهينا في شدة أشعة كاما النافذة ممثلة في صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area ونلاحظ كذلك أن موقع القمة Centroid يزحف (وإن قليلا) نحو اليسار دالا على توهين في طاقة الأشعة النافذة ماعدا الأسماك الثلاث الأخيرة حيث نلاحظ شذوذا بسيطا وذلك بسبب ضعف العد في القمة الضوئية وتشوه شكلها إضافة إلى ضعف فعالية المصدر مما يسبب تأرجحات إحصائية Statistical fluctuations للقمم .

الجدول رقم (1) يبين موقع القمة الضوئية والعرض عند منتصف الارتفاع وصافي المساحة تحت القمة الضوئية والعد عند موقع القمة الضوئية للأطياف المباشرة DS عند استخدام الرصاص كدرع

نوع الطيف	Thickness (cm)	Centroid	Max. Count	FWHM (ch)	NPA
DS	0.2	69.89	1809	7.61	10223
DS	0.4	69.98	1413	8.13	7860
DS	0.6	69.80	1127	7.76	5808
DS	0.8	69.53	1039	7.30	4878
DS	1	68.63	822	7.37	3657
DS	1.2	68.05	688	6.90	2580
DS	1.4	67.75	577	7.17	1957
DS	1.6	67.86	480	6.96	1423
DS	1.8	66.65	415	6.01	979
DS	2	70.70	304	9.01	499
DS	2.2	68.94	282	5.68	446
DS	2.4	68.91	271	4.57	262

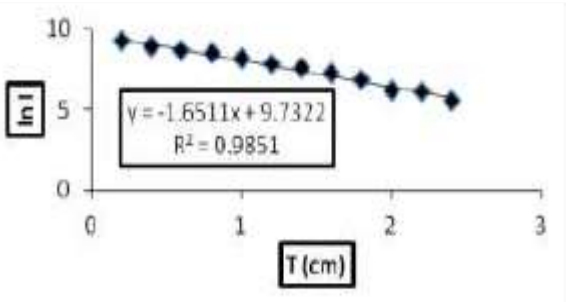
حساب معامل التوهين للرصاص من الأطياف المباشرة

من المعلومات المبينة في الجدول رقم (*1*) وباستخدام صيغة لامبرت $\mathbf{I = I_0 e^{-\mu x}}$ [*4*] ، يتم حساب شدة أشعة كاما النافذة من المساحة تحت القمة الضوئية ويؤخذ اللوغاريتم الطبيعي (*ln*) لها وترسم القراءات كدالة لسمك لوح مادة الرصاص .وبعد ذلك يتم حساب معامل التوهين وتطبق هذه الطريقة لبقية المواد المستخدمة وفي حالتي الطيفين التطابقي والمباشر .يبين الجدول رقم (*2*) قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الرصاص) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف المباشر .

الجدول رقم (2) يبين قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الرصاص) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف المباشر

نوع الطيف	Thickness (cm)	ln I
DS	0.2	9.232
DS	0.4	8.97
DS	0.6	8.667
DS	0.8	8.492
DS	1	8.204
DS	1.2	7.856
DS	1.4	7.579
DS	1.6	7.261
DS	1.8	6.887
DS	2	6.213
DS	2.2	6.1
DS	2.4	5.568

من الشكل (1) التالي ، فإن ميل الخط المستقيم يعطي معامل التوهين الخطي(μ) ، ومن معرفة معامل التوهين الخطي يمكن حساب معامل التوهين الكتلي (μ_m) وذلك بقسمة معامل التوهين الخطي على كثافة المادة (الرصاص) والتي تساوي ($11.34\ g/cm^3$) [7]) .

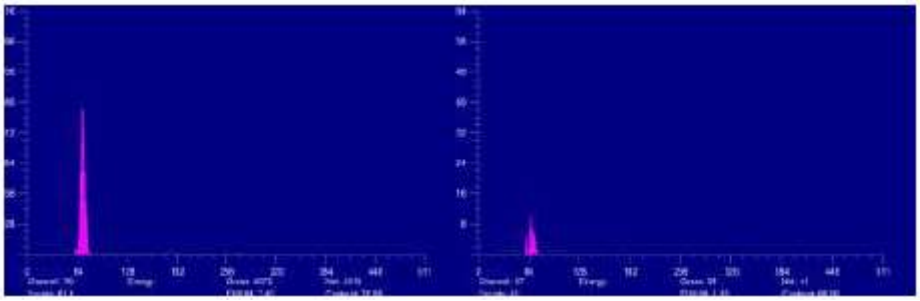


شكل (1) يبين العلاقة بين سمك المادة T(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة للطيف المباشر للرصاص

إن المعادلة المبينة في الرسم هي معادلة خط مستقيم تقارن بالمعادلة (y= mx+c) حيث إن (m) يمثل ميل الخط المستقيم وهو في هذه الحالة يمثل النتيجة العملية لمعامل التوهين الخطي للرصاص (μ) من الأطياف المباشرة وتساوي ($1.651cm^{-1}$) وبقسمة هذه القيمة على كثافة الرصاص ($11.34\ g/cm^3$) نجد أن النتيجة العملية لمعامل التوهين الكتلي (μ_m) للرصاص من الأطياف المباشرة تساوي ($0.14559\ cm^2/g$) وهذا عند الطاقة (0.511 MeV)، ويمكن مقارنة هذه القيمة مع قيمة معمل التوهين عند اقرب طاقة 0.500 (MeV) والمبينة في الجداول القياسية والتي تساوي ($0.154\ cm^2/g$) (7) . آخذين بنظر الاعتبار أن قيم الجداول القياسية هي لتفاعل أشعة كاما بالظواهر الثلاث (الظاهرة الكهروضوئية، تشتت كومبتن، إنتاج الزوج) ، ولهذا فإن القيمة المقاسة في دراستنا بالنتيجة تغاير القيمة المنشورة عالميا لاعتمادنا قياسات القمة الضوئية فقط إضافة إلى ذلك فان هناك تقريبا لموقع القمة في قياساتنا (0.511MeV) مقارنة بالمنشور (0.500 MeV) .

قياسات الطيف التطابقي باستخدام الرصاص Pb

أجريت القياسات التطابقية للرصاص بنفس الآلية المذكورة عند قياس الطيف المباشر. حيث تم الحصول على الأطياف التطابقية المبينة بعضها في الشكلين (2 و 3) التاليين :



الشكل (2) الطيف التطابقي باستخدام الرصاص عند سمك0.2cm الشكل(3) الطيف التطابقي باستخدام الرصاص عند سمك 3.2cm

نلاحظ من الجدول (3) التالي حدوث توهين في شدة الأشعة النافذة ممثلة بالمساحة الكلية Gross Area تحت القمة الضوئية حيث اعتمدت المساحة الكلية في الأطياف التطابقية بدلا من صافي المساحة تحت القمة الضوئية وذلك لكون الخلفية الإشعاعية Background قليلة جدا في الطيف التطابقي، كما نلاحظ أن زحف موقع القمة Centroid نحو اليسار غير واضح كما في الأطياف المباشرة كون طبيعة القياسات في الطيف التطابقي تحتاج إلى وقت طويل نسبيا مقارنة بالطيف المباشر ،إضافة إلى ضعف فعالية المصدر المستخدم في القياس .

الجدول رقم (3) يبين موقع القمة الضوئية والعرض عند منتصف الارتفاع والمساحة الكلية تحت القمة الضوئية والعد عند موقع القمة الضوئية للطيف التطابقي عند استخدام الرصاص كدرع

نوع الطيف	(cm) Thickness	Centroid	Max. Count	(ch) FWHM	Gross Area
CS	0.2	70.08	634	7.40	4599
CS	0.4	69.99	477	7.81	3654
CS	0.6	70	344	7.80	2912
CS	0.8	69.37	309	7.27	2215
CS	1	69.80	259	7.68	1813
CS	1.2	68.11	194	7.13	1366
CS	1.4	68.07	141	7.34	1075
CS	1.6	67.76	139	7.79	871
CS	1.8	67.52	86	6.54	653
CS	2	69.83	60	6.51	438
CS	2.2	69.96	43	7.93	348
CS	2.4	70.03	28	7.11	262
CS	2.6	70.02	25	6.83	192
CS	2.8	72.02	17	6.68	168
CS	3	68.17	20	4.30	126
CS	3.2	67.17	15	5.07	107
CS	3.4	68.54	10	5.01	73
CS	3.6	66.32	9	4.57	76
CS	3.8	67.04	6	6.24	55
CS	4	67.01	5	6.02	45

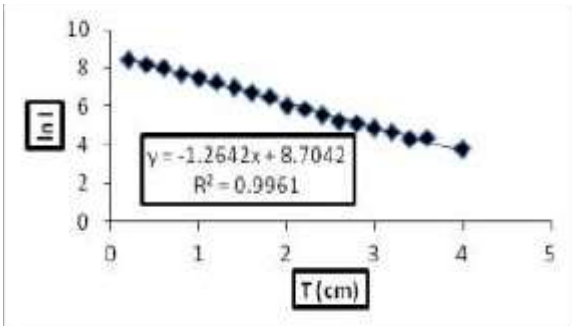
حساب معامل التوهين للرصاص من الأطياف التطابقية

يبين الجدول رقم (4) قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الرصاص) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف التطابقي .

الجدول رقم (4) يبين قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الرصاص) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف التطابقي

نوع الطيف	Thickness (cm)	ln I
CS	0.2	8.433
CS	0.4	8.204
CS	0.6	7.978
CS	0.8	7.703
CS	1	7.503
CS	1.2	7.22
CS	1.4	6.98
CS	1.6	6.77
CS	1.8	6.48
CS	2	6.082
CS	2.2	5.852
CS	2.4	5.568
CS	2.6	5.257
CS	2.8	5.124
CS	3	4.836
CS	3.2	4.672
CS	3.4	4.29
CS	3.6	4.33
CS	4	3.807

من الشكل (4) التالي، النتيجة العملية لمعامل التوهين الخطي(μ) من الأطياف التطابقية تساوي ($1.264cm^{-1}$)، ومن خلاله فإن معامل التوهين الكتلي (μ_m) تساوي (cm^2/g 0.11146) عند الطاقة (0.511 MeV) .



شكل (4) يبين العلاقة بين سمك المادة T(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة للطيف التطابقي للرصاص

حيث يمكن مقارنة هذه القيمة مع قيمة معامل التوهين عند اقرب طاقة (0.500 MeV) والمبينة في الجداول القياسية والتي تساوي 0.154 (cm^2/g) (7).حيث نلاحظ أن قيمة معامل التوهين تغيرت عن الطيف المباشر وذلك لربما يرجع إلى أن الأطياف التطابقية تسجل القمة الضوئية العائدة للفوتون بقيمته الغير موهنة ويبدو أن لها قابلية اختراق أكثر مما يسجل في الطيف المباشر أي أن توهينها أقل وبذلك يكون معامل توهينها أقل .

قياسات الطيف المباشر باستخدام الحديد Fe

عند إجراء القياسات المباشرة باستخدام الحديد كدرع بأسماك مختلفة بزيادة (1cm) لكل قياس وكما مؤشر للأطياف، أمكن الحصول على الجدول (5) التالي :

الجدول رقم (5) يبين موقع القمة الضوئية والعرض عند منتصف الارتفاع وصافي المساحة تحت القمة الضوئية والعد عند موقع القمة الضوئية للأطياف المباشرة عند استخدام الحديد كدرع0

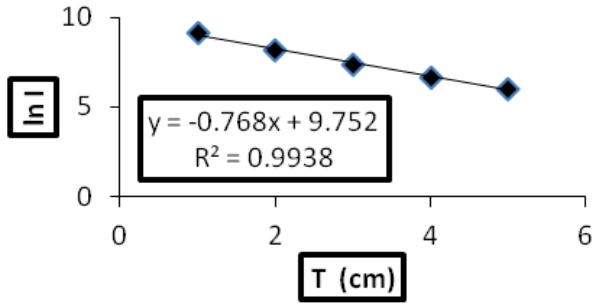
نوع الطيف	(cm) Thickness	Centroid	Max. Count	(ch) FWHM	NPA
DS	1	82.59	1299	9.31	8918
DS	2	82.15	682	7.63	3434
DS	3	82.48	434	8.30	1566
DS	4	81.51	269	11.14	766
DS	5	81.26	205	5.06	406

حساب معامل التوهين للحديد من الأطياف المباشرة بنفس الطريقة التي تم ذكرها آنفا يتم حساب معامل التوهين للحديد .

يبين الجدول رقم (6) قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الحديد) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف المباشر

نوع الطيف	Thickness (cm)	ln I
DS	1	9.096
DS	2	8.141
DS	3	7.356
DS	4	6.641
DS	5	6.006

من الشكل (5) التالي، فإنه يمكن حساب معامل التوهين للحديد إذ إن كثافة الحديد تساوي ($7.87g/cm^3$) [7].

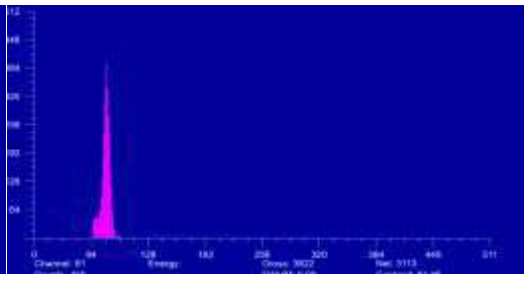


شكل (5) يبين العلاقة بين سمك المادة T(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة للطيف المباشر للحديد

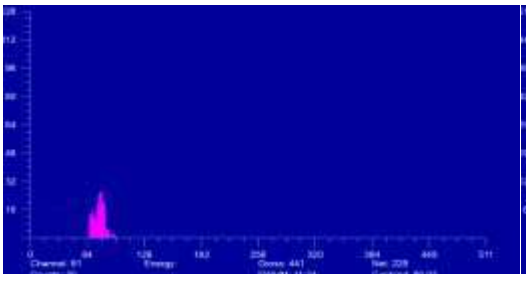
من المعادلة المبينة في الرسم فإن النتيجة العملية لمعامل التوهين الخطي للحديد (μ) من الأطياف المباشرة تساوي ($0.768cm^{-1}$) وبقسمة هذه القيمة على كثافة الحديد ($7.87g/cm^3$) نجد أن النتيجة العملية لمعامل التوهين الكتلي (μ_m) للحديد من الأطياف المباشرة تساوي ($0.0976cm^2/g$) وهذه عند الطاقة (0.511 MeV)، حيث يمكن مقارنة هذه القيمة مع قيمة معمل التوهين عند اقرب طاقة (0.500 MeV) والمبينة في الجداول القياسية والتي تساوي 0.0829 (cm^2/g) [7] .

قياسات الطيف التطابقي باستخدام الحديد Fe

أجريت القياسات التطابقية للحديد وأمكن الحصول على الأطياف التطابقية المبينة بعضها في الشكلين (6 و 7) وفيما يلي هذين الشكلين :



الشكل (6) الطيف التطابقي باستخدام الحديد عند سمك 1cm



الشكل (7) الطيف التطابقي باستخدام الحديد عند سمك 5cm

من خلال الأطياف التطابقية أمكن الحصول على الجدول (7) التالي:

الجدول رقم (7) يبين موقع القمة الضوئية والعرض عند منتصف الارتفاع والمساحة الكلية تحت القمة الضوئية والعد عند موقع القمة الضوئية للأطياف التطابقية عند استخدام الحديد كدرع0

نوع الطيف	(cm) Thickness	Centroid	Max. Count	(ch) FWHM	Gross Area
CS	1	81.48	405	9	3934
CS	2	80.44	203	9.29	2362
CS	3	81.01	103	8.17	1535
CS	4	81.21	57	8.34	787
CS	5	80.03	30	11.24	480
CS	5.5	81.14	26	9.43	365
CS	6	82.35	20	6.69	264

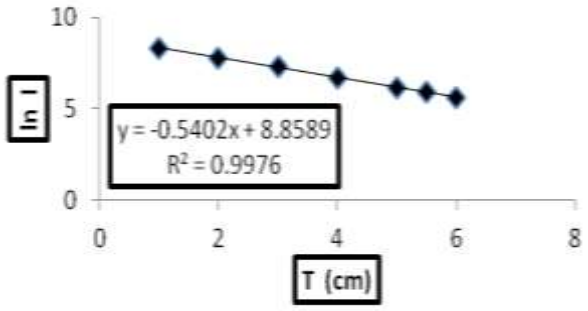
حساب معامل التوهين للحديد من الأطياف التطابقية

حسب معامل التوهين للحديد يبين الجدول رقم (8) قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الحديد) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف التطابقي .

الجدول رقم (8) يبين قيم كل من سمك المادة المستخدمة (الحديد) واللوغاريتم الطبيعي لشدة أشعة كاما النافذة في حالة الطيف التطابقي0

نوع الطيف	Thickness (cm)	ln I
CS	1	8.277
CS	2	7.767
CS	3	7.336
CS	4	6.668
CS	5	6.174
CS	5.5	5.899
CS	6	5.576

من الشكل (8) ، يمكن حساب معامل التوهين للحديد للطيف التطابقي



شكل (8) يبين العلاقة بين سمك المادة T(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة للطيف التطابقي للحديد

إن النتيجة العملية لمعامل التوهين الخطي للحديد (μ) من الأطياف التطابقية كما هو واضح من ميل الخط المستقيم في الشكل أعلاه تساوي ($0.540cm^{-1}$) وبقسمة هذه القيمة على كثافة الحديد ($7.87g/cm^3$) نجد أن النتيجة العملية لمعامل التوهين الكتلي (μ_m) للحديد من الأطياف التطابقية تساوي ($0.0686cm^2/g$) وهذا عند الطاقة (0.511 MeV) ، حيث يمكن مقارنة هذه القيمة مع قيمة معمل التوهين عند اقرب طاقة (0.500 MeV) والمبينة في الجداول القياسية والتي تساوي ($0.0829\ cm^2/g$)[7]0 .

المناقشة

من المعلوم أن قياسات الطيف المباشر لأشعة كاما عملية معقدة تتضمن كل من آليات التفاعل الرئيسية الثلاث (الظاهرة الكهروضوئية، تشتت كومبتن، إنتاج الزوج) حتى وإن كان غرض القياس لحالة محددة بعينها 0 وهذا الطيف المعقد لأشعة كاما ينسحب على الحسابات للمسألة قيد الدرس، وحتى لو كانت القياسات خاصة بظاهرة واحدة كالظاهرة الكهروضوئية فإن هناك عوامل عديدة ينبغي أن تؤخذ بنظر الاعتبار. إن سقوط أشعة كاما على مادة ماصة قبل مرورها إلى الكاشف سيؤدي إلى حدوث توهين في كل من الشدة intensity والطاقة energy للأشعة النافذة . إن توهين أشعة كاما داخل المادة يمكن دراسته من خلال قياس التغيير في شدة الأشعة النافذة مع تغير

سمك المادة 0 ويمكن حساب معدل شدة أشعة كاما النافذة من حاجز أو درع (مادة ماصة) من خلال صيغة لامبرت التي ذكرت سابقا . إن أغلب الحالات التي تكون فيها حزمة الفوتونات عريضة أو غير متوازية، أو يكون سمك الدرع كبيراً نسبياً (وهذه هي الظروف العملية في أغلب الحالات تقريبا) تؤدي إلى وجود ما يعرف باسم عامل التراكم Build-up Factor الذي ينتج من تراكم الفوتونات في النقطة المعينة . إنه بالإمكان اختزال الطيف الذي ينتج من مثل هذه القياسات وإزالة الكثير من تفاصيله وتعقيداته التي تحدث في المادة الماصة كالاستطارة وغيرها من الظواهر الأخرى وما ينتج عن عامل التراكم عن طريق استخدام دوائر التطابق Coincidence Circuits في التحري عن فوتونات أشعة كاما النافذة التي يسجلها كاشف وتكون في تطابق زمني مع فوتونات أخرى يسجلها كاشف ثاني، حيث يمكن بواسطة الترتيب الإلكتروني الوصول قدر الإمكان إلى طيف يحتوي على فوتونات كاما النافذة العائدة للقمم الضوئية وطيف صافي قدر الإمكان من الظواهر الجانبية التي تؤثر على شكل الطيف . نلاحظ من الجداول للأطياف المقاسة أن زيادة سمك مادة الرصاص في حالة الطيف المباشر يحدث توهينا في شدة أشعة كاما النافذة ممثلة في صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area ونلاحظ كذلك أن موقع القمة Centroid يزحف (وإن قليلا) نحو اليسار دالا على توهين في طاقة الأشعة النافذة ماعدا الأسماك الثلاث الأخيرة حيث نلاحظ شذوذا بسيطا وذلك بسبب ضعف العد في القمة الضوئية وتشوه شكلها إضافة إلى ضعف فعالية المصدر مما يسبب تأرجحات إحصائية Statistical fluctuations للقمم، وفي حالة الطيف التطابقي للرصاص نلاحظ حدوث توهين في شدة الأشعة النافذة ممثلة بالمساحة الكلية Gross Area تحت القمة الضوئية . نلاحظ أن زحف موقع القمة Centroid نحو اليسار غير واضح كما في الأطياف المباشرة كون طبيعة القياسات في الطيف التطابقي تحتاج إلى وقت طويل نسبيا إلى الطيف المباشر ، إضافة إلى ضعف فعالية المصدر المستخدم في القياس . عند حساب معامل الامتصاص للرصاص في حالة الطيف التطابقي والمباشر أمكن الحصول على قيم في توافق جيد مع المنشور عالميا عند الطاقة 0.500 MeV ،عند الأخذ بنظر الاعتبار أن الأخيرة تقاس كامتصاص كامل لأشعة كاما بطرق تفاعلها الرئيسية الثلاث، وأن القيم المحسوبة لدينا بطريقة الظاهرة الكهروضوئية فقط 0 أما بالنسبة للطيف المباشر للحديد فنلاحظ حدوث توهينا في شدة أشعة كاما النافذة ممثلة في صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area وكذلك فإن موقع القمة Centroid يزحف (وإن قليلا) نحو اليسار دالا على توهين في طاقة الأشعة النافذة، أما في حالة الطيف التطابقي للحديد نلاحظ حدوث توهين في شدة الأشعة النافذة ممثلة بالمساحة الكلية Gross Area تحت القمة الضوئية، كما نلاحظ تأرجحات إحصائية للقمم Centroid لنفس الأسباب التي مر ذكرها في الرصاص.وإن معامل الامتصاص في حالة الطيف المباشر والتطابقي يكون أيضا في توافق جيد مع المنشور عالميا . يلاحظ من قيم FWHM لجميع المواد المستخدمة وفي الأطياف التطابقية والمباشرة أن الاتجاه trend العام لها أنها تقل بزيادة سمك المادة الموهنة لأشعة كاما عند استخدام دوائر التطابق للقياس وهذا الأمر طبيعي بالنسبة للإشعاع الذي يعبر سمك معين وإن كان هناك بعض الشذوذ البسيط بسبب التأرجحات الإحصائية للقمم والناتجة عن ضعف العد أحيانا وضعف فعالية المصدر. إن الدراسة الحالية توضح بدرجة ما إمكانية استخدام الأطياف التطابقية في حساب معامل الامتصاص عند القمم الضوئية للمواد إذ إنه بالإمكان أيضا حساب معلمات أخرى بهذه الطريقة مثل الفعالية الإشعاعية وذلك بعد إجراء التصحيحات المطلوبة .

المصادر

5. Knoll,G., 'Radiation Detection and Measurement', 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA. (2000).

6. كمون سعيد سلمان "استخدام دائرة التطابق السريع–البطئ في القياسات الطيفية لأشعة كاما الناتجة من انحلال العناصر النشطة إشعاعيا" رسالة ماجستير جامعة السليمانية 1980

7. Tsoulfanidis. N; "Measurement and Detection of Radiation" 2nd edition, Braun - Brumfield, Inc. ,U.S.,1995.

1. Lilley, J., 'Nuclear Physics Principles and Applications ', 2nd ed. ed. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, England. (2001) .

2. Krane, K., 'Introductory Nuclear Physics', 2nd ed. John Wiley & Sons,Inc. Canada. (1998).

3.Amy Catherine Nisbet ; "Characterisation and Lifetime Measurements with BaF2 Detectors"**;** Department of Physics, School of Electronics & Physical Sciences, University of Surrey 2006.

4. Arena, V; "Ionizing Radiation and Life"; The C. V. Mosby Co., St. Louis, MO (1971).

USE OF GAMMA-GAMMA COINCIDENCE TECHNIQUE IN INVESTIGATING THE TRANSMITTED GAMMA- RAYS

Mahmoud A. Elawi , Qutaiba Essa Hassan
Department of physics , College of Education , University of Tikrit , Tikrit , Iraq
(Received: 21/11/ 2012 ---- Accepted: 27/12/ 2012)

Abstract

Agamma-gamma fast-slow coincidence spectrometer is installed composed of two 3″ X 3″ NaI(TI) scintillation detectors and the related electronic units to investigate some effects that may occur for the photopeak after the γ -ray penetration from certain thicknesses of different materials and comparing this with the singles spectra and using the obtained spectrum in calculating some parameters of spectroscopic measurements like attenuation coefficient .

A ^{22}Na source is used in the measurements with a relatively low activity (< 0.1 μCi) . The time spectrum is measured without absorbing materials using the CFD to derive fast timing pulses with isolating slow rise time pulses to improve time resolution that was found to be about 7ns . Coincidence spectra are measured using ^{22}Na located between the face-to-face detectors. The 0.511 MeV gate is selected for the detector that register spectra in air while the other detector registers the coincident spectrum with the former but after the gamma penetration through the absorber . Also the latter detector registers the singles spectrum of the penetrating gamma without using the whole coincidence spectrometer. Linear and mass attenuation coefficients measurements are carried out for lead and iron materials locally available with different thicknesses and square sheets (10X10cm) . The mass attenuation coefficient are measured from the coincidence spectra and found to be 0.1114 and 0.0686 cm^2/g for Pb and Fe, respectively; while from the singles were spectra the coefficient found to be 0.14559 and 0.0976for Pb and Fe, respectively . These values are in good agreement with those published internationally (at 0.500 MeV) taking into consideration that the latter are measured for the three main interactions of $\gamma -$ ray .

These results and spectra shapes show the possibility of using the coincidence spectrum is measuring more parameters than that are ordinary obtained from singles spectra. In addition to the reduction of background and Compton distribution from coincidence spectra which are clearly simplified .