

## دراسة توهين اشعة كاما في مساحيق معدنية بطريقة تطابق كاما - كاما

محمود احمد عليوي<sup>1</sup> ، خالد هادي مهدي<sup>2</sup> ، رشا وائل كليب<sup>1</sup>

<sup>1</sup>قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

<sup>2</sup>قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق

### الملخص

درس توهين اشعة كاما في مساحيق معدنية باستخدام تقنية التطابق وكاشفين وميضيين نوع "3"×3 NaI(Tl). استخدم مصدر Na-22 بفعالية 0.4μCi وسجل الميز الزمني للمطابق مساويا الى 6.7ns. اجريت قياسات معامل التوهين الخطي عند الطاقة 511 keV لمساحيق اوكسيد الحديد Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> وكبريتات الزركونيوم ZrSiO<sub>4</sub> ذات حجم حبيبي منتظم 100μm وكذلك الواح من الحديد Fe المتوفرة محليا (للمقارنة) وباسماك مختلفة. ان قيم معامل التوهين الخطي (بوحدة cm<sup>-1</sup>) المحسوبة من الاطياف المباشرة كانت 0.2705، 0.2641، 0.6239 للمواد المذكورة على التوالي. اما قيم معامل التوهين الخطي المحسوبة من الاطياف التتابعية وبعتماد صافي المساحة تحت القمة NPA فكانت 0.2152، 0.6231 وبعتماد المساحة الكلية للقمة GA فكانت 0.2092+0.1974+0.5261 للمواد على التوالي. وحسب معامل التوهين الكتلي (بوحدة cm<sup>2</sup>/g) لالواح الحديد من الطيف المباشر فوجد 0.0792 ومن الطيف التتابقي كان 0.0791 و0.0668 لحالتي NPA وGA على التوالي. ان نسبة معامل التوهين الخطي من الطيف التتابقي/معامل التوهين الخطي من الطيف المباشر كانت 0.7474+0.7733، 0.8432 وبعتماد GA 0.8735، 0.8148، 0.9987 وبعتماد NPA على التوالي.

**الكلمات المفتاحية:** معامل التوهين الخطي، اشعة كاما، مساحيق معدنية، تقنية التطابق.

### 1- المقدمة

كانت معاملات التوهين المسجلة بالأطياف التتابعية اقل من تلك المسجلة بالطيف المباشر [4]. ومن اجل تأكيد أكثر لاستعمال مطياف كاما-كاما التتابقي والتثبت من عمله يجري في الدراسة الحالية اختبار هذا المطياف في دراسة توهين اشعة كاما لمواد معدنية بهيئة مساحيق متنوعة الكثافة والعدد الذري وذات حجم حبيبي متجانس بغية إضفاء صفة أكثر عمومية لعمل المطياف واختبار استجابته لظروف القياس.

### 2- الجزء النظري

ان دراسة توهين اشعة كاما خلال المادة تتطلب معرفة حوادث الامتصاص والامتطار من خلال قياس التغير في شدة الاشعة النافذة من خلال حاجز او درع وباستخدام المعادلة رقم (1). ان هذه العلاقة الاسية قد تمنع وجود مدى محدد للأشعة في المادة، لذلك اتفق على استعمال مصطلح معدل المسار الحر mean free path (m.f.p) [5] (وهو معدل المسافة المقطوعة قبل التفاعل لملائمته في دراسة انتقال الفوتونات في المادة. ان معدل المسار الحر يمكن حسابه داخل المادة قبل تفاعل الاشعاع معها من العلاقة [5]:

$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} x e^{-\mu x} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\mu x} dx} = \frac{1}{\mu} \dots (2)$$

$$Distance (m.f.p) = \frac{x}{\lambda} = \mu x \dots (3)$$

حيث تعرف بعض المتغيرات مثل عامل التراكم بدلالة (m.f.p) كمقياس للمسافة. عند حدوث التراكم تصبح العلاقة (1) غير صحيحة للتطبيق. ان التراكم ينتج من نمطين من انماط تفاعل الفوتونات مع المادة وهما تشتت كومبتن وتوليد الأزواج [3]. ان اغلب دراسات اشعة كاما النافذة تتم بطريقة عامل التراكم، اذ نستخرج شدة المصدر من حساب صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net peak area

عند نفوذ اشعة كاما خلال حاجز او درع للمادة فأنها ستعاني توهينا بالشدة الفوتونية، وهذا التوهين يشمل عمليات الامتصاص والامتطار التي تحدث خلال المادة. وفي دراسات التوهين تستخدم عادة العلاقة [1]:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \dots (1)$$

حيث I الشدة عند السمك X و I<sub>0</sub> الشدة الاصلية و μ هو معامل التوهين للأشعة. ان هذه العلاقة تصح أساسا عندما تكون حزمة الفوتونات ضيقة ومتوازية ومسدة بشكل جيد ووحيدة الطاقة وان يكون سمك المادة الموهنة قليلا قدر الإمكان. غير ان الواقع الفعلي في اغلب القياسات ليس هكذا، فزيادة سمك المادة التي تخترقها الاشعة تزداد عمليات الامتطار وتتشوه القمم الضوئية المسجلة ويزداد التشوه باتجاه يسار القمة. وبالتالي تزداد احتمالية الأخطاء في الحسابات نتيجة اختلاف شكل القمة وتأثير الصيغة الرياضية لتوزيع بياناتها. وبالإضافة الى تأثير الشدة الفوتونية عند مرور الحزمة خلال المادة فان الطاقة ستتأثر أيضا بزيادة السمك نتيجة تأثير موقع القمة الضوئية واحتمالية انتقال بعض الحوادث الى موقع طاقة آخر، هذا سيعقد الحالة الطيفية لتداخل توهين الشدة الفوتونية والطاقة. ان دراسات عامل التراكم build-up factor تعطي تصحيحات للظواهر من هذه الحالات وذلك للأسماك الكبيرة للمادة عادة والشدات العالية للمصدر المشع المستخدم، وقد اقترحت صيغ عديدة لحسابات عامل التراكم [2و3].

يمكن تقليل تأثيرات حوادث الامتطار التي تحدث للأشعة داخل الدرع، باستخدام دوائر التطابق في دراسات التوهين بالمواد. في دراسة سابقة استخدمت هذه التقنية لدراسة توهين اشعة كاما في الواح معدنية حيث

كاشفين او أكثر. ان تنظيم الزمن التحليلي لدائرة تطابق من كاشفين يحدد الحوادث التي تسجل في النهاية. فعند تقليل الزمن التحليلي يمكن إزالة الكثير من عمليات الاستطارة للأشعة وجعل الطيف النهائي يقتصر بدرجة كبيرة على الاشعة التي تكون في تطابق زمني مع التي يسجلها الكاشف الاخر في الهواء مثلا. ان ذلك يعطي تبصرا اخر في عمليات القياس يرفد القياس المباشر ومحاولا التحري عن اشعة كما النافذة التي لا تعاني توهينا بالطاقة وانما تعاني توهينا بالشدة الفوتونية.

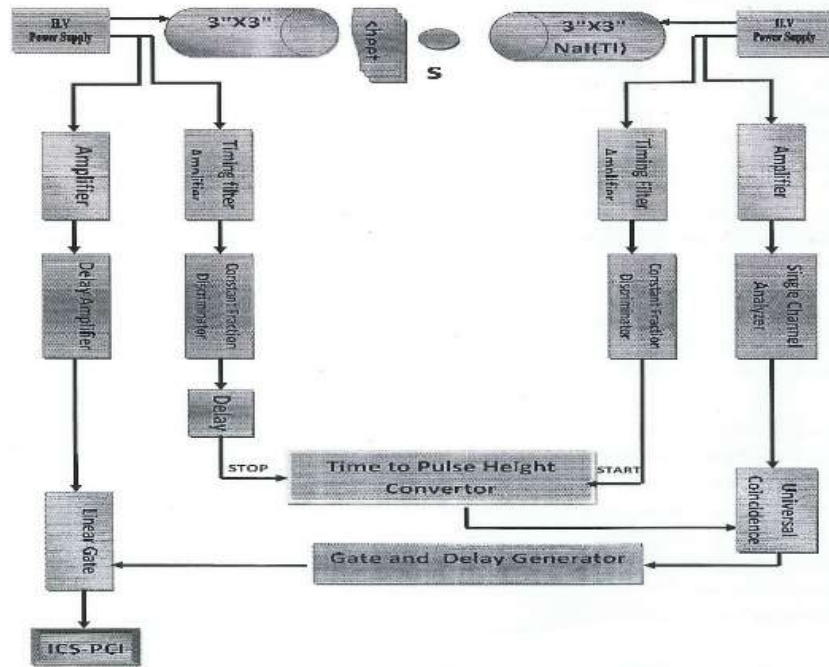
### 3- الجزء العملي

استخدم في الدراسة الحالية مطياف كاما-كاما التطاقي السريع- البطيء المبين مع الوحدات الالكترونية المكونة له في الشكل (1).

للمصدر المستعمل فضلا عن اجراء تصحيحات الاستطارة للأشعة داخل الدرع او المادة الماصة.

ان الأشعة النافذة من الدرع تكون على نوعين، اشعة مستطارة (وهي ناتجة بصورة رئيسة من استطارة كومبتن وتوليد الأزواج) واشعة غير مستطارة. ان تفحص شكل القمة الضوئية لأشعة كما النافذة من المادة الماصة يبين انها تتكون من قسم من الاشعة التي لم تعان توهينا بالطاقة إضافة الى الاشعة الموهنة الطاقة والشدة، وان هذا التداخل يسبب ارباكا في الحسابات وصعوبة التمييز بين سلوك الاشعة في الهواء وفي الوسط او المادة الماصة وبالتالي أصبح هناك دمج في تحديد ما المقصود بمعامل التوهين وهل هو للطاقة فقط ام للطاقة والشدة معا.

يمكن اختزال الكثير من الحوادث غير المرغوب بها اثناء انتقال الحزمة الفوتونية داخل المادة الماصة باستخدام دائرة التطابق من



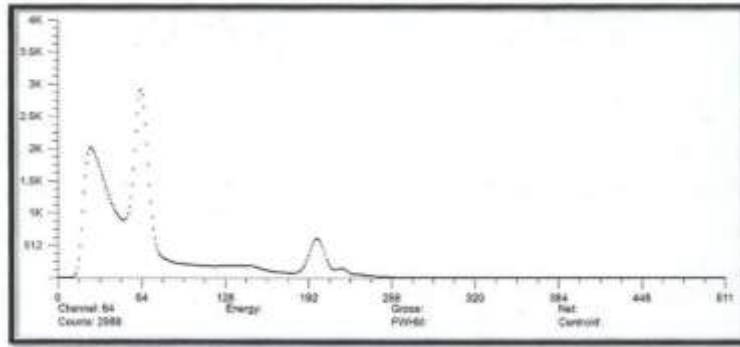
الشكل (1) مطياف كاما-كاما التطاقي السريع - البطيء

ويبقى ما بين المصدر والكاشف الذي يمثل فرع البوابة فراغا. يقاس الطيف المباشر ويقاس بعده الطيف التطاقي ويسجلا وبعدها يغير السمك وهكذا. ومن بيانات القمة الضوئية يمكن حساب المعلمات المطلوبة كمعامل التوهين مثلا.

### 4- النتائج والمناقشة

أ- قياسات الطيف المباشر باستخدام أكسيد الحديد  $Fe_3O_4$  : جرى قياس الطيف المباشر لمسحوق أكسيد الحديد  $Fe_3O_4$  وبزيادة الكمية لـ 1 cm لكل قياس. والشكل (2) يبين الطيف الناتج عند سمك 2 cm.

استخدم كاشفان وميضيان نوع  $3" \times 3" NaI(Tl)$  يرتبطان بدوائر المطياف. استخدم مصدر  $Na-22$  بفعالية قليلة نسبيا  $0.4 \mu Ci$  لغرض تهيئة المطياف واجراء القياسات. يوضع الكاشفان متقابلين بزاوية  $180^\circ$  والمصدر بين الكاشفين. استخدمت مواد من مساحيق معدنية متوفرة محليا بأسماء مختلفة للدراسة، حيث اختيرت نماذج من أكسيد الحديد  $Fe_3O_4$  وكبريتات الزركونيوم  $ZrSiO_4$  والسواح الحديدية. تؤخذ بوابة gate بأحد فرعي المطياف ويترك الفرع الاخر ليمر نبضات الطيف الكامل. يوضع سمك معين من المادة المدروسة بين المصدر  $Na-22$  والكاشف الذي يمرر نبضات الطيف الكلي

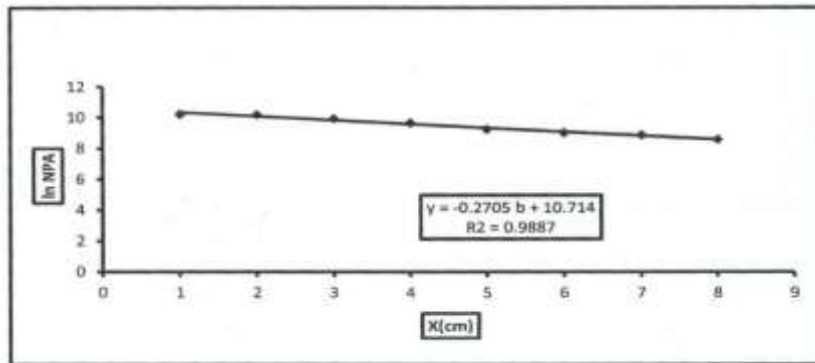


الشكل (2) الطيف المباشر باستخدام مسحوق أكسيد الحديد عند سمك 2 cm

ان بيانات القمة الضوئية لمختلف الأسماك مبينة بالجدول (1) وقد رسمت العلاقة ما بين اللوغاريتم الطبيعي لاصافي المساحة تحت القمة  $\ln(NPA)$  دالة للسمك  $X$  باتباع صيغة لامبرت وكما مبين بالشكل (3). ان القيمة الموجبة لميل الخط المستقيم الناتج تساوي معامل التوهين الخطي لأوكسيد الحديد عند الطاقة 511 keV وهي  $= 0.2705 \mu\text{m}^{-1}$ .

جدول (1) بيانات القمة الضوئية للأطياف المباشرة باستخدام اوكسيد الحديد

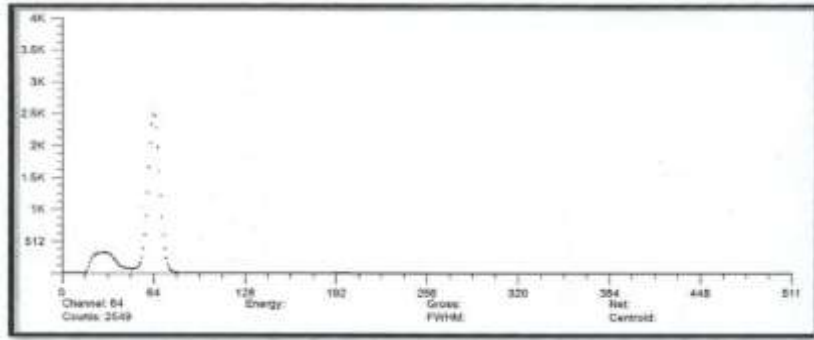
نوع الطيف	Thickness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (ch)	NPA	In NPA
DS	1	64.15	8.40	27435	10.219
DS	2	64.18	8.44	26523	10.185
DS	3	64.13	8.42	20784	9.941
DS	4	64.31	8.62	15798	9.667
DS	5	64.33	8.05	10441	9.253
DS	6	64.56	8.19	8295	9.023
DS	7	64.30	8.55	7137	8.873
DS	8	64.70	8.15	5362	8.587



الشكل (3) العلاقة بين اللوغاريتم الطبيعي لاصافي المساحة تحت القمة  $\ln NPA$  والسمك  $X$  للطيف المباشر باستخدام اوكسيد الحديد

المادة المدروسة بفرع الكاشف الثاني. يبين الشكل (4) الطيف التتاطقي عند السمك 1cm حيث اختزل الطيف السابق الى طاقة واحدة وهي 511 keV.

ب- قياسات الطيف التتاطقي باستخدام أكسيد الحديد  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ : استخدم المطياف التتاطقي الموضح أعلاه لتسجيل الاطياف التتاطقية بعمل بوابة للطاقة 511keV بفرع الكاشف بالهواء وتوضع اسماك



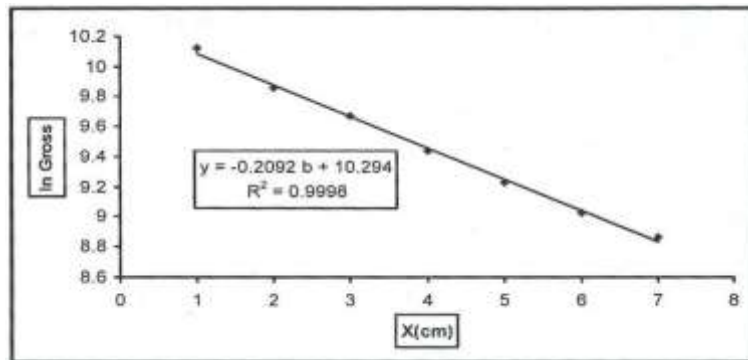
الشكل (4) الطيف التناظقي باستخدام اوكسيد الحديد عند السمك 1cm

اما الجدول (2) فيعرض بيانات القمة الضوئية عند مختلف الأسماك. وللمساحة الكلية Gross Area (NPA مع الخلفية الاشعاعية). ان مساحة القمة الضوئية سجلت بحالتين، لصافي المساحة NPA

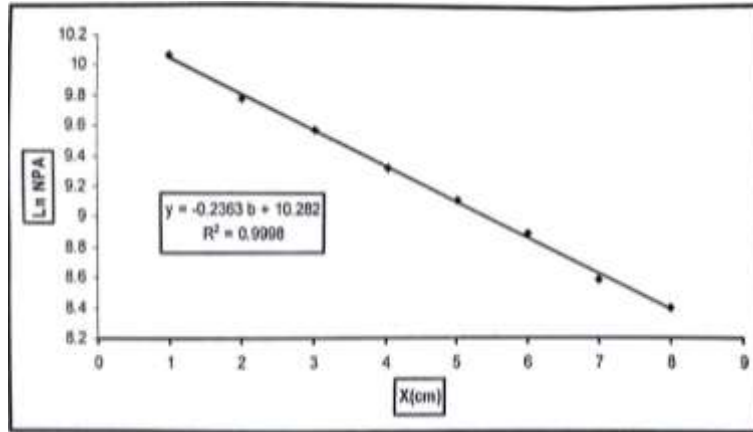
جدول (2) بيانات القمة الضوئية ومساحة القمة 1.274 MeV للطيف التناظقي باستخدام اوكسيد الحديد

نوع الطيف	Thick-ness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (ch)	Gross Area	Ln Gross	NPA	Ln NPA	1.274 Area
CS	1	64.51	8.54	25827	10.119	23401	10.060	146
CS	2	64.43	8.62	19058	9.855	17655	9.778	158
CS	3	64.43	8.68	15832	9.669	14375	9.573	154
CS	4	64.55	8.53	12555	9.437	11298	9.332	143
CS	5	64.53	8.93	10203	9.230	9118	9.118	102
CS	6	64.80	9.04	8311	9.025	7265	8.890	100
CS	7	64.14	8.34	7023	8.856	5364	8.587	87
CS	8	63.79	8.95	5453	8.603	4445	8.399	79

رسمت علاقة In NPA و In GA مع السمك X وكما مبين بالشكلين (5) و (6) ومنهما نجد ان معامل التوهين الخطي باعتماد GA كان  $\mu=0.2092\text{cm}^{-1}$  وباعتماد NPA كان  $\mu=0.2363\text{cm}^{-1}$  كما نلاحظ ان كلتا قيمتي  $\mu$  المحسوبتين من الاطياف التناظقية هما اقل من القيمة المسجلة بالطيف المباشر.



الشكل (5) العلاقة بين سمك المادة X(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة للمساحة الكلية GA للطيف التناظقي باستخدام اوكسيد الحديد



الشكل (6) العلاقة بين سمك المادة X(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة لصافي المساحة NPA للطيف التناظري باستخدام اوكسيد الحديد

من الحديد المتوفرة محلياً ولنفس الأسماك. ان بيانات القمة الضوئية لهذا القياس للطيف المباشر للحديد ولمختلف الأسماك موضحة بالجدول (3).

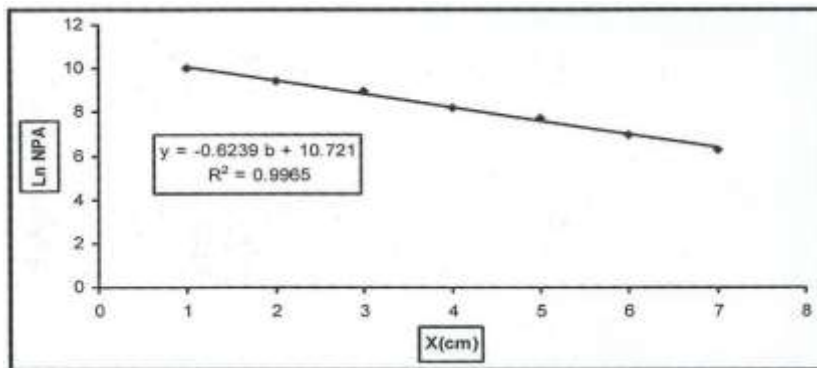
ت- قياسات الطيف المباشر باستخدام الواح الحديد Fe : لإعطاء فكرة مقارنة تقريبية لنتائج الدراسة للمادة بحالتها الصلدة وهيأة المسحوق، ولصعوبة توفير الحالتين لنفس المادة Fe3O4 محلياً، فقد درس توهين اشعة كاما بطاقة 511 keV من خلال استخدام الواح

جدول (3) بيانات القمة الضوئية للطيف المباشر باستخدام الواح الحديد

نوع الطيف	Thickness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (cm)	NPA	Ln NPA
DS	1	32.61	5.27	22716	10.03
DS	2	32.59	5.30	12720	9.45
DS	3	32.54	5.43	7646	8.94
DS	4	32.47	5.03	3649	8.20
DS	5	32.17	5.55	2283	7.73
DS	6	32.10	4.75	1062	6.96
DS	7	31.29	4.67	529	6.27

$\mu_m$  المسجلة بالجدول القياسية (لتفاعلات اشعة كاما الثلاثة) تساوي  $2\mu_m = 0.0829 \text{ cm}^2/\text{g}$  وذلك عند الطاقة 500 keV، ويلاحظ الفرق القليل بين النتيجتين.

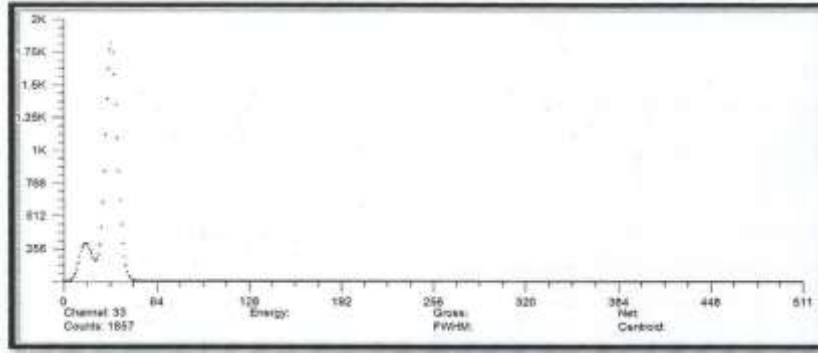
حسب معامل التوهين الخطي للحديد من رسم Ln NPA مع السمك X وكما موضح بالشكل (7) فوجد انه يساوي  $\mu = 0.6239 \text{ cm}^{-1}$  ومنه نجد معامل التوهين الكتلي للحديد  $\mu_m = 0.0792 \text{ cm}^2/\text{g}$ . ان قيمة



الشكل (7) العلاقة بين سمك المادة X(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة باستخدام الواح الحديد

الحديد ويبين الشكل (8) الطيف التناظري عند السمك 1cm. ان بيانات القمة الضوئية لهذه القياسات موضحة بالجدول (4).

ت- قياسات الطيف التناظري باستخدام الواح الحديد Fe: استخدم المطياف التناظري لتسجيل أطراف التناظر لمختلف الأسماك لألواح



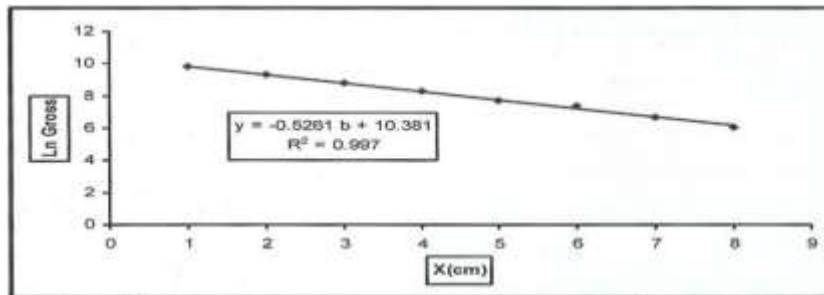
الشكل (8) الطيف التناظري باستخدام الواح الحديد عند السمك 1 cm

جدول (4) بيانات القمة الضوئية ومساحة القمة 1.274 MeV للأطياف التناظرية باستخدام الواح الحديد

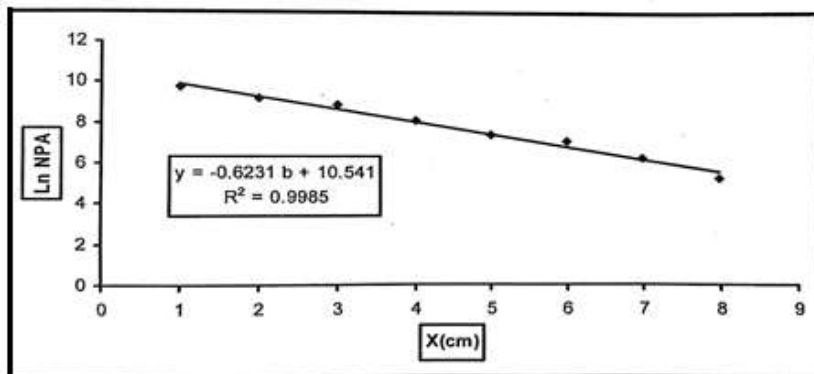
نوع الطيف	Thick-ness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (ch)	Gross Area	Ln Gross	NPA	Ln NPA	1.274 Area
CS	1	33.23	5.64	18943	9.84	17648	9.77	222
CS	2	33.31	5.70	10956	9.30	9976	9.20	172
CS	3	33.07	5.78	6798	8.82	5911	8.86	123
CS	4	33.03	5.85	3905	8.27	3265	8.09	87
CS	5	33.19	5.80	2268	7.72	1634	7.39	39
CS	6	33.97	5.90	1612	7.38	1181	7.07	37
CS	7	33.08	5.18	817	6.70	525	6.26	24
CS	8	33.33	5.99	438	6.08	194	5.26	16

بالشكلين (9) و(10). ومنهما نجد ان  $\mu = 0.5261 \text{ cm}^{-1}$  و  $\mu_m = 0.0668 \text{ cm}^2/\text{g}$  والتي تقابل  $\mu = 0.6231 \text{ cm}^{-1}$  و  $\mu_m = 0.0791 \text{ cm}^2/\text{g}$  على التوالي للمعامل الكتلي أيضا.

تم الحصول على معاملات التوهين الخطي من الاطياف التناظرية لكل منحاleti مساحة القمة الضوئية الكلية GA وصافي المساحة NPA بعد رسم اللوغاريتم الطبيعي دالة للسمك لكل منهما وكما موضح



الشكل (9) العلاقة بين سمك المادة X (cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة للمساحة الكلية GA للطيف التناظري باستخدام الواح الحديد



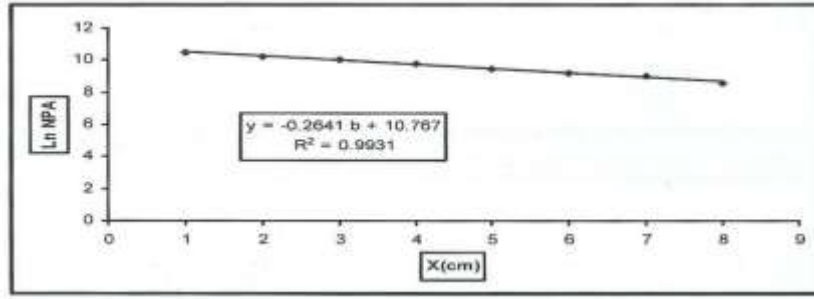
الشكل (10) العلاقة بين سمك المادة X (cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما النافذة لصافي المساحة NPA للطيف التناظري باستخدام الواح الحديد

رسمت العلاقة In NPA مع السمك X وكما موضح بالشكل (11).  
ان معامل التوهين الخطي المحسوب من هذه القياسات هو  
 $\mu=0.2641 \text{ cm}^{-1}$ .

ج- قياسات الطيف المباشر باستخدام كبريتات الزركونيوم  
 $\text{ZrSiO}_4$   
كما في القياسات المباشرة السابقة، جرى قياس الطيف المباشر  
لمسحوق كبريتات الزركونيوم ويزيادة 1cm لكل سمك. والجدول (5)  
يبين بيانات القمة الضوئية 511keV ولمختلف الأسماك المدروسة.

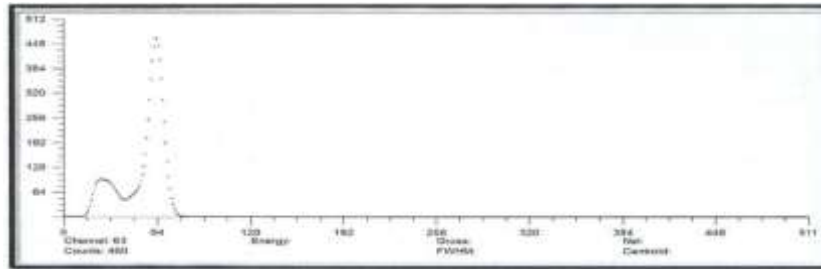
جدول (5) بيانات القمة الضوئية للطيف المباشر باستخدام مادة كبريتات الزركونيوم

نوع الطيف	Thickness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (ch)	NPA	Ln NPA
DS	1	63.54	7.88	34573	10.450
DS	2	63.56	8.31	28107	10.243
DS	3	63.57	8.39	21935	9.995
DS	4	63.59	8.55	17138	9.749
DS	5	63.59	8.69	12447	9.429
DS	6	63.62	9.70	10046	9.214
DS	7	63.82	8.70	7993	8.986
DS	8	63.84	8.78	5208	8.557



الشكل (11) العلاقة بين سمك المادة X(cm) واللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما للطيف المباشر باستخدام كبريتات الزركونيوم

ج- قياسات الطيف التناظري باستخدام كبريتات الزركونيوم  
 $\text{ZrSiO}_4$ : يبين الشكل (12) الطيف التناظري عند سمك 8cm.  
سجلت بيانات القمة الضوئية عند مختلف الأسماك المدروسة وهي  
موضحة بالجدول (6).

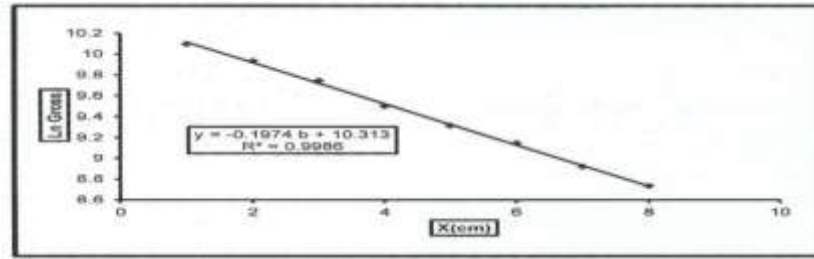


الشكل (12) الطيف التناظري باستخدام كبريتات الزركونيوم عند سمك 8 cm

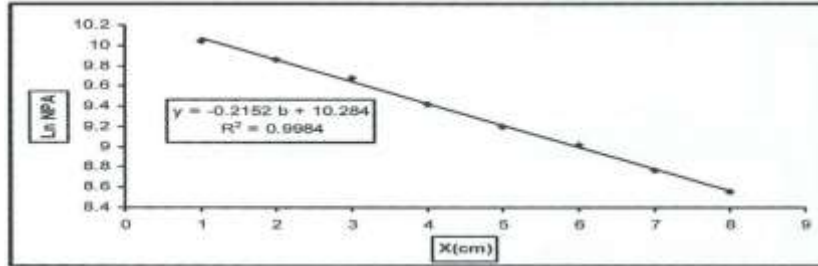
جدول (6) بيانات القمة الضوئية ومساحة القمة 1.274 MeV للأطياف التناظرية باستخدام كبريتات الزركونيوم

نوع الطيف	Thick-ness (cm)	Centroid (ch)	FWHM (ch)	Gross Area	In Gross	NPA	In NPA	1.274 Area
CS	1	63.87	8.70	24307	10.098	22979	10.042	171
CS	2	63.86	8.76	20600	9.933	19082	9.856	151
CS	3	63.84	8.81	17093	9.746	15926	9.675	150
CS	4	63.92	8.91	13381	9.501	12317	9.418	147
CS	5	64.01	8.92	11093	9.314	9901	9.200	137
CS	6	64.01	8.96	9378	9.146	8246	9.017	117
CS	7	64.06	9.03	7489	8.921	6397	8.763	92
CS	8	64.07	9.06	6229	8.736	5189	8.554	90

حسبت معاملات التوهين الخطية لكلا من حالتي مساحة القمة  
الضوئية وكما يتبين من الشكلين (13) و (14) فكانت  $\mu=0.1974$   
و  $\mu=0.2152 \text{ cm}^{-1}$  لكل من حالة المساحة الكلية GA  
وصافي المساحة NPA.



الشكل (13) علاقة سمك المادة X(cm) مع اللوغاريتم الطبيعي لشدة اشعة كاما للمساحة الكلية للظيف التناظفي باستخدام كبريتات الزركونيوم



الشكل (14) العلاقة بين سمك المادة X(cm) ولوغاريتم شدة اشعة كاما لاصافي المساحة NPA للظيف التناظفي باستخدام كبريتات الزركونيوم

#### 5- المناقشة

ومن ملاحظة موقع مركز القمة الضوئية Centroid في بيانات الاطيف المباشرة ولمادتي المساحيق نلاحظ انه يزاح قليلاً نحو اليمين بزيادة السمك، اما في الاطيف التناظفية للمادتين فالحالة اقل وضوحاً. ولمادة الواح الحديد فبزيادة السمك يزاح موقع القمة نحو اليسار وبتجاه توهين الطاقة، في حين لا تظهر الحالة بصورة واضحة وانما بشكل متأرجح للأطيف التناظفية.

ان حسابات عرض القمة عند منتصف الارتفاع FWHM للأطيف المباشرة والتناظفية لمادتي المساحيق تعطي قيمة متأرجحة وتكون اعلى بمعدل القيمة من تلك للألواح الحديد. اما حسابات قيم FWHM للألواح الحديد من الأطيف المباشرة فهي تقل تدريجياً بزيادة السمك وهذه حالة معروفة من الأطيف عموماً ان FWHM تتناسب مع الطاقة. ان قيم FWHM من الأطيف التناظفية للألواح الحديد تتأرجح مع تغيير السمك.

وقد حسبت قيم نسبة معامل التوهين المحسوب من الطيف التناظفي الى معامل التوهين المحسوب من الطيف المباشر للمواد المدروسة وهي موضحة بالجدول (7)، ومنه يتبين عموماً ان معاملات التوهين المحسوبة من قياسات الأطيف التناظفية هي اقل من تلك المحسوبة من الأطيف المباشرة.

من القياسات التناظفية جرى حساب معامل التوهين لحالتين بكل قياس، باعتماد صافي المساحة تحت القمة الضوئية NPA والمساحة الكلية لها GA. ان المطيف الحالي لم يسجل خلفية اشعاعية تذكر عند رفع المصدر ولو كانت هناك خلفية لتوجب طرحها. ان الاعتماد في بعض القياسات على قيم NPA للأطيف التناظفية هو بسبب ما يحصل من تداخل في بيانات القمة الضوئية مع ما قد يسبقها من توزيع كومبتن.

حسبت معاملات التوهين عند القمة الضوئية للطاقة 511 keV فقط وليس المعاملات الكلية (الامتصاص الكهروضوئي، توزيع كومبتن، انتاج الأزواج) وذلك لأن المطيف التناظفي الحالي منظم ان يسجل خطوط كاما (القمة الضوئية) التي تكون في تطابق زمني مع الطاقة التي اختيرت كبوابة وما يسجل فضلا عن ذلك فهو يقع ضمن التناظف الصدفي وهذا ما نراه واضحا للقمة 1274 keV في قياسات الطيف التناظفي على وجه الخصوص. ان معاملات التوهين المقاسة في دراستنا الحالية سواءاً للأطيف المباشرة او التناظفية هي اقل من تلك المحسوبة عالمياً بسبب اعتماد الأخيرة على الحسابات الكلية بالظواهر الثلاث.

جدول (7) قيم معاملات التوهين للأطيف التناظفية والمباشرة ونسب المعاملات

اسم المادة	$\mu\text{-dir}$	$\mu\text{-co-NPA}$	$\mu\text{-co-GA}$	$\mu\text{-co-NPA}$ $\mu\text{-dir}$	$\mu\text{-co-GA}$ $\mu\text{-dir}$
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.2705	0.2363	0.2092	0.8735	0.7733
ZrSiO <sub>4</sub>	0.2641	0.2152	0.1974	0.8148	0.7474
Fe sheets	0.6239	0.6231	0.5261	0.9987	0.8432



المصادر

- 4- الدليمي، قتيبة عيسى حسن "دراسة توهين أشعة كاما بطريقة تطابق كاما-كاما"، رسالة ماجستير، كلية التربية جامعة تكريت، 2013،
- 5- Knoll, G, " Radiation Detection and Measurement", 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, New Jersey, U.S.A, 2000.
- 1- Arena, V, "Ionizing Radiation and Life", The C.V. Mosby CO, St, Louis, MO,(1971).
- 2- Tsoufanidis, N, "Measurement and Detection of Radiation ", 2nd Edition, Braun-Brumfield, (1995).
- 3- السريع، محمد فاروق احمد " مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها" جامعة الملك سعود، (2007).

## INVESTIGATION OF GAMMA-RAYS ATTENUATION IN METALLIC POWDERS USING GAMMA- GAMMA COINCIDENCE METHOD

Mahmoud A. Elawi<sup>1</sup>, Khalid H. Mahdi<sup>2</sup>, Rasha W. Kleib<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Physics Department , College of Education for Pure Sciences , University of Tikrit , Tikrit , Iraq

<sup>2</sup> Physics Department , College of Education for Pure Sciences , University of Baghdad , Baghdad , Iraq

### Abstract

Gamma-rays attenuation in metallic powders is investigated using coincidence technique with two 3"x3" NaI(Tl) scintillation detectors. Na-22 source is used with 0.4μCi activity and resolving time registered was 6.7 ns. Linear attenuation coefficient (L.A.C) measurements were carried out at 511keV energy for Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and ZrSiO<sub>4</sub> metallic powders with uniform 100μ<sub>m</sub> grains size and Fe sheets locally available (for comparison) with different thicknesses. The L.A.C values (in cm<sup>-1</sup>) calculated from direct spectra were 0.2705, 0.2641 and 0.6239 for the materials respectively. The L.A.C values calculated from coincidence spectra using net peak area NPA were 0.2363, 0.2152 and 0.6231 and with using gross peak area GA were 0.2092, 0.1974 and 0.5261 respectively. The mass attenuation coefficient M.A.C (in cm<sup>2</sup>/g) for Fe sheets from direct spectra was 0.0792 and from coincidence spectra was 0.0791 and 0.0660 for NPA and GA respectively. The ratio of L.A.C from coincidence spectrum / L.A.C from direct spectrum were 0.7733, 0.7474 and 0.8432 using GA and 0.8735, 0.8148 and 0.9987 using NPA respectively.

**Key words:** Linear attenuation coefficient, gamma-rays, metallic powders, coincidence technique.