



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي  
والبحث العلمي  
جامعة بغداد  
كلية التربية للعلوم  
الصرفة / ابن الهيثم

# تأثير بعض المعلومات على قياسات التوهين وعامل التراكم لاشعة كاما باستعمال تقنية تطابق كاما – كاما

رسالة مقدمة من قبل

**حسين رضا محمد علي القزاز**

( بكالوريوس علوم فيزياء 2012 )

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم / جامعة بغداد وهي جزء من  
متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

بإشراف

**أ.د. خالد هادي مهدي العبيدي**

تشرين الاول 2015 م

ذو الحجة 1436 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ  
أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ  
خَبِيرٌ

صدق الله العظيم

سورة المجادلة الآية 11

# الإهداء

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

إلى من كلفه الله بالهبة والوقار ، إلى من علمني العطاء بدون انتظار ، إلى  
من أحمل اسمه بكل افتخار ، إلى الروح الغالية .  
أبي العزيز ..... رحمه الله

إلى معنى الحب و معنى الحنان والتفاني ، وبسمة الحياة وسر الوجود  
ومن كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي .  
أمي العزيزة ..... القلب الحنون

إلى من تضافروا معي بمحبتهم ، ورافقوا عملي بطيب قلوبهم ووفير  
دعواتهم و رياحين حياتي .  
أخواني الاعزاء ..... النجوم التي لمعت في سمائي  
إلى استاذ العلم والمعرفة ، وسؤدد الثقافة  
( أ.د خالد هادي مهدي ) .

لكم جميعا اهدي ثمرة جهدي .

حسين

# شكر وتقدير

لا يسعني وأنا أقف على أعتاب نهاية بحثي هذا ، إلا أن أتقدم بالشكر والتقدير  
للاستاذ المشرف الدكتور خالد هادي مهدي الذي الذي كانت له بصماته وحضوره  
في جميع مراحل البحث ، واثرها فجزاه الله عني خير الجزاء . كما أتقدم بالشكر  
الى عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم / قسم الفيزياء لاتاحتها الفرصة  
لإكمال دراستي .

كما أتقدم بالشكر والمعروف الى الدكتور محمود احمد عليوي الذي منحني وقته  
وجهدته طوال مدة البحث لانجاح العمل فيه وكان لي خير استاذ ، فجزاه الله عني  
خير الجزاء .

واتقدم بالشكر الى الجامعة المستنصرية / عمادة كلية التربية / قسم الفيزياء  
لاعاتهم المصدر المستعمل في البحث ، وفقهم الله لما يحب .

كما اخص بالشكر الاستاذ محمد حسن عبد اللطيف التدريسي في قسم علوم الكيمياء  
لنشره البحوث العلمية فجزاه الله كل خير ، ولا انسى الاستاذ علاء عبد هادي  
التدريسي في قسم علوم الفيزياء لوقفته الانسانية معي طوال مدة البحث وفقه الله .

وختاماً أتقدم بوافر شكري وامتناني إلى عائلتي التي شددت من أزرني ويسرت لي  
المصاعب ومنحتني الثقة العالية ، فكانت خير معين لي، وأتقدم بالشكر لكل من  
أسهم في مساعدتي ومدّ يد العون لي داعياً من الله ( عز وجل ) أن يمدهم جميعاً  
بالصحة والموفقية .

**حسين**

استعمل مطياف كاما - كاما التتاطقي السريع - البطيء المكون من كاشفين (TI) NaI بحجم \* 3" 3" والوحدات الإلكترونية لدراسة توهين أشعة كاما وعامل التراكم لنماذج من الألمنيوم والنحاس باسمك مختلفة مع تغيير قطر المسدد والمدى الزمني وذلك لمعرفة التغيرات التي يحتمل ان تحدث لأستطارة أشعة كاما من المواد المدروسة ومقارنة ذلك مع الطيف المباشر .

اجريت القياسات لمعامل التوهين الكتلي باستعمال مسدد قطره 10 mm ومدى زمني 500 ns ، إذ كانت القياسات في حالة عدم وجود المسدد للألمنيوم وللطيف المباشر  $0.082 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.069 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وبالمسدد للطيف المباشر  $0.082 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.072 \text{ cm}^2/\text{gm}$  . اما لمادة النحاس فكان معامل التوهين الكتلي للطيف المباشر في المسدد  $0.096 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.075 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف المباشر من دون المسدد  $0.091 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.067 \text{ cm}^2/\text{gm}$  . واجريت القياسات أنفسها مع تغيير قطر المسدد الى 7.0 mm ، وكانت النتائج كالاتي لمعامل التوهين الكتلي للألمنيوم للطيف المباشر في المسدد  $0.082 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.069 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وبدون المسدد للطيف المباشر  $0.082 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.069 \text{ cm}^2/\text{gm}$  ولمادة النحاس في المسدد للطيف المباشر  $0.120 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.075 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وبدون المسدد للطيف المباشر  $0.089 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.075 \text{ cm}^2/\text{gm}$  .

ودرس تأثير اختزال الطيف الزمني من 500 ns الى 50 ns على المعلمات المذكورة وكانت النتائج للألمنيوم وبالمسدد بقطر 10 mm للطيف المباشر  $0.082 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.078 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وبدون المسدد للطيف المباشر  $0.087 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.062 \text{ cm}^2/\text{gm}$  ولمادة النحاس بالمسدد للطيف المباشر  $0.076 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.072 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وبدون المسدد للطيف المباشر  $0.096 \text{ cm}^2/\text{gm}$  وللطيف التتاطقي  $0.067 \text{ cm}^2/\text{gm}$  .

وبينت النتائج ان معاملات التوهين التتاطقية المقاسة هي عموماً أقل من تلك المقاسة للطيف المباشر . درس عامل التراكم لأشعة كاما لكل من الأطياف المباشرة والتتاطقية للألمنيوم والنحاس في المسدد وبدون المسدد للمعلمات أنفة الذكر أنفسها ، وبينت النتائج ان عامل التراكم للاطياف يأخذ قيما متأرجحة،

وان التارجح في بعض قراءات عامل اتراكم ينتج من اسباب متعددة مثل ضعف المصدر واللاذقة في نقاوة المادة وعدم انتظام الفواصل بين سمك وسمك آخر ، كما ان سلوك قيم عامل التراكم للطيف المباشر تبين انها تزداد مع زيادة السمك وهذا يتفق مع الدراسات السابقة .

## المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
<b>الفصل الاول : المقدمة</b>		
1	توطئة	1-1
2	الدراسات السابقة	2-1
8	الهدف من الدراسة	3-1
<b>الفصل الثاني : الجزء النظري</b>		
10	توطئة	1-2
10	تفاعل اشعة كاما مع المادة	2-2
10	الامتصاص الكهروضوئي	1-2-2
12	استطارة كومبتن	2-2-2
13	انتاج الزوج	3-2-2
15	توهين أشعة كاما وعامل التراكم	3-2
19	انواع عامل التراكم	4-2
19	العوامل المؤثرة على عامل التراكم	1-4-2
20	الكواشف الومضية	5-2
22	الوماضات غير العضوية	1-5-2
24	ميكانيكية الوميض في الوماضات غير العضوية	2-5-2
24	المضاعف الضوئي	3-5-2
25	طيف أشعة كاما	6-2
26	تشكيل النبضة	7-2
26	الطيف الزمني	8-2
27	دوائر التطابق	9-2
<b>الفصل الثالث : الاجهزة المستعملة</b>		
29	توطئة	1-3
29	مجهز الفولتية العالية	2-3
29	الكاشفان الوميضيان	3-3
30	انبوب المضاعف الضوئي	4-3
31	المضخم الابتدائي	5-3
31	المضخم الرئيسي	6-3
31	المضخم ذو التأخير	7-3
31	المميز ذو الجزء الثابت	8-3
31	المضخم الزمني ذو المرشح	9-3
32	المحلل ذو القناة الواحدة	10-3
32	بوابة ومولد التأخير	11-3
32	البوابة الخطية	12-3
33	وحدة التحويل الزمن - السعة	13-3
33	وحدة التطابق العام	14-3
34	وصف مطياف التطابق	15-3
36	برنامج مطياف الحاسبة التكاملي	16-3
36	الجانب العملي	17-3

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة والاستنتاجات		
39	توطئة	1-4
39	قياس الطيف الزمني	2-4
40	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة الألمنيوم في الهواء والمسدد بقطر 10 mm ومدى زمني 500 ns	3-4
42	حساب معاملات التوهين للألمنيوم للطيف المباشر والطيف التتبعي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns	1-3-4
43	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر 10 mm ومدى زمني 500 ns	4-4
45	حساب معاملات التوهين للنحاس للطيف المباشر والطيف التتبعي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns	1-4-4
47	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة في الهواء والمسدد بقطر 7 mm ومدى زمني 500 ns	5-4
48	حسابات معاملات التوهين للألمنيوم للطيف المباشر والتتبعي في الهواء والمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns	1-5-4
50	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر 7 mm ومدى زمني 500 ns	6-4
51	حسابات معاملات التوهين للنحاس للطيف المباشر والطيف التتبعي في الهواء والمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns	1-6-4
53	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة الألمنيوم في الهواء والمسدد بقطر 10 mm ومدى زمني 50 ns	7-4
54	حساب معاملات التوهين للألمنيوم للطيف المباشر والطيف التتبعي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns	1-7-4
56	قياسات الطيف المباشر والطيف التتبعي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر 10 mm ومدى زمني 50 ns	8-4
57	حساب معاملات التوهين للنحاس للطيفين المباشر والتتبعي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns	1-8-4
60	حسابات عامل التراكم باستعمال ألواح الألمنيوم والنحاس	9-4
60	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح الألمنيوم بالمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns	1-9-4
61	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح النحاس بالمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns	2-9-4
62	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح الألمنيوم بالمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns	3-9-4
63	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح النحاس بالمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns	4-9-4
64	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح الألمنيوم بالمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns	5-9-4
65	حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتتبعي لألواح النحاس بالمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns	6-9-4
66	المناقشة	10-4
67	الاستنتاجات	11-4
68	التوصيات والمقترحات	12-4
69	المصادر	





**-1- توطئة :**

بداية يمكن تعريف النوى المثيجة Excited بأنها النوى التي تحاول الوصول الى حالة من الاستقرارية Stability عن طريق التخلص من الطاقة الفائضة بصورة اشعاع . وهذا التخلص يأخذ اشكالاً مختلفة من الاضمحلال Decay تختلف باختلاف طبيعة القوى المسببة للاضمحلال ( مثل حالة القصف النووي ) . فاما ان تكون القوة السببية للاضمحلال قوية كما في اضمحلال الفا  $\alpha$  \_ Decay وإما أن تكون ضعيفة كما في اضمحلال بيتا  $\beta$  \_ Decay ، فضلاً عن انبعاث اشعة كما معها  $\gamma$  \_ rays المطلوبة لازالة التهيج النووي . وتعد هذه الانماط المختلفة من اضمحلال النوى المثيجة عوامل مهمة لاكتشاف التركيب النووي عن طريق قياس معدلات الاضمحلال وبالتالي المدة الزمنية لحالات التهيج المختلفة [1] .

ولغرض تعيين التركيب النووي تعد دراسة طيف اشعاع كما Gamma Ray Spectroscopy مهمة للمقارنة مع دراسة طيف كل من الفا وبيتا Alpha Or Beta Spectroscopy ولا سيما تفاعل الاشعاع مع المادة [2] .

ويمكن تعريف اشعة كما بأنها اشعة كهرومغناطيسية منبعثة خلال الانتقالات النووية نتيجة لاضمحلال النواة المثارة عندما تنتقل هذه النواة من مستوى طاقة مثيجه الى مستوى طاقة اوطأ او الى المستوى الارضي . وتكون اشعة كما ذات طاقات عالية نسبياً يتراوح المدى القياسي لها من ( 1 - 10 MeV ) ويقابل اطوالاً موجية تمتد بين ( 100 - 10000 Fm ) [3] . ان اشعة كما لا تستطيع ان تؤين الوسط الذي تخترقه ( المادة الماصة Absorbed Material ) بصورة مباشرة ، ولكن عن طريق التفاعل مع المادة بأشكال مختلفة اعتماداً على طاقة تلك الاشعة الساقطة على المادة (  $E_\gamma$  ) [4] . إذ تتفاعل فوتونات الاشعة الساقطة على المادة مع ذرات هذه المادة نفسها وبذلك تنقل جزءاً من طاقة الاشعة الى تلك الجسيمات المشحونة الموجودة في تلك المادة مما يؤدي لإنتاج وميض Scintillation متكرر . حيث تتفاعل الاشعة الساقطة مع المادة بثلاث طرائق رئيسة هي [5]:

1- الظاهرة الكهروضوئية Photoelectric effect

2- استطارة كومبتن Compton scattering

3- إنتاج الزوج Pair production

ولأشعة كما تطبيقات عديدة في الطب ، والفلك ، والصناعات ، وغيرها لذلك من المهم فهم خواص هذه الأشعة وتفاعلاتها المختلفة مع المادة ( أنفة الذكر ) وكيفية حصول عملية التوهين attenuation مما يؤدي الى فهم كيفية الوقاية منها ومن مخاطرها والسبل المناسبة لاستعمالها في شتى انواع التشخيص الطبي والعلاج . فضلاً عن هذا تُعد استعمال أشعة كما في الفلك مجالاً مهماً للبحث بسبب أن الكثير من التفاعلات التي تجرى في فضاء الكون هي نتيجة لأنبعاث اشعة كما ، كما في تفاعل الأشعة الكونية Cosmic Ray مع الغازات الموجودة بين النجوم وكذلك لمعرفة اعمار الكواكب والنجوم [3] .

وعند سقوط اشعة كما على حاجزٍ ما ( درع أو أي مادة ماصة ) قيل ان تمر الى الكاشف Detector فإنها سوف تعاني توهيناً في كل من الشدة Intensity والطاقة Energy للأشعة النافذة من المادة.

إن توهين أشعة كما ( الأمتصاص والإستطارة ) داخل المادة يُمكن دراسته عن طريق قياس التغير في شدة الأشعة النافذة ( والمسددة بنحو جيد ) مع تغير سمك المادة ، ويمكن حساب معدل شدة الأشعة النافذة من حاجز او درع ( مادة ماصة ) عن

$$I = I_0 e^{-\mu x} \text{ (طريق العلاقة (علاقة لامبرت))}$$

وبسبب عدم وجود مدى محدد للأشعة في المادة ، اتفق العلماء على مصطلح معدل المسار الحر Mean Free Path ( m. f. p.) ( لأشعة كما وجسيمات الفا وبيتا ، وهو معدل المسافة المقطوعة قبل التفاعل ، ويُعد استعمال هذا المصطلح ملائماً في دراسة انتقال الفوتونات الى المادة ، إذ تعرف بعض المتغيرات مثل عامل التراكم Build Up Factor بدلالة معدل المسار الحر كقياس للمسافة.

إن اغلب دراسات أشعة كما النافذة تتم بطريقة عامل التراكم Build Up Factor وفيه تجرى قياسات الشدة النافذة لأشعة كما عن طريق حساب صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area للمصدر المستعمل في البحث ( عن طريق تعيين بداية ونهاية القنوات للقمة الضوئية ) واجراء تصحيحات لأستطارة للأشعة داخل الدرع أو داخل المادة الماصة ، وقد أُجريت دراسات كثيرة لحسابات عامل التراكم بطاقات مختلفة ومواد مختلفة .

ان تفحص شكل القمة الضوئية للأشعة النافذة من المادة الماصة ( الموهنة ) يبين لنا أنها تتكون من قسم من الأشعة التي لم نجدها تعاني توهيناً بالطاقة فضلاً عن الأشعة الموهنة الطاقة والشدة ، وهذا التداخل بالطاقة والشدة يسبب صعوبة في الحسابات وصعوبة في التمييز ما بين سلوك الأشعة في الهواء وفي الوسط أو المادة الماصة . حيث اصبح هناك خلطاً في تحديد المقصود بمعامل التوهين هل هو لطاقة معينة أم لشدة معينة أم كليهما .

ان اغلب دراسات نفوذ وتوهين اشعة كما من المواد التي تجرى بقياس الطيف المباشر، وان ظهور تعقيدات في معالجة الاطياف وحسابات الكميات المطلوبة منها لابد وان يدفع الباحثين للتحري عن طرق بديلة للقياسات لعلها تكشف بعض الغموض المكتنف احياناً من جهة ، وتكامل صورة القياسات من جهة اخرى. والدراسة الحالية تحاول السير باتجاه ترسيخ واضافة تقنيات اخرى على ما دأب عليه بعض الباحثين مؤخراً من توظيف تقنية التطابق في قياس التوهين. لذلك من المناسب ان نعرض في مايلي الدراسات السابقة حول التقنية وكذلك ما يكشف الاطياف من تعقيدات حدثت لاستحداث مفهوم عامل التراكم ، يساهم كل ذلك في توضيح غرض الدراسة الحالية وما يمكن ان تضيف للدراسات السابقة.

## Previous Studies

## 2-1 الدراسات السابقة

استعمل Rossi and Nereson [7] سنة 1942 دائرة تطابق سريعة – بطيئة وبأستخدام وحدة التحويل زمن – سعة Time - Amplitude Height Converter لقياس عمر الميون Muon Mean Life ، وكان هؤلاء من أوائل الباحثين الذين استعملوا نبيطة التحويل زمن – سعة لهذا الغرض .

إن أول من وصف الأساس النظري والعملية لاستعمال دائرة تطابق سريع – بطيء – Fast Slow Coincidence Circuit هو Bell and petch [8] سنة 1949 ، وهذه الدائرة تستعمل لغاية الوقت الحاضر مع إضافة العديد من التحويلات الألكترونية ، كوضع المعوقات الزمنية ( Delays ) في القنوات السريعة او البطيئة Fast or Slow Channels . وما يمتاز به هذا النوع من الدوائر هو قصر الزمن التحليلي لها .

أما Milton and Freaser [9] فكانا أول من صمم دائرة تطابق زمنية ذات زمن تحليبي بحدود النانو ثانية nano second عام 1956 ، إذ استعملوا تلك الدائرة لقياس سرعة الشظايا الناتجة من الانشطار النووي Fission Fragments . ومن الجدير بالذكر أنهما استعملوا وحدة تحويل ( زمن – سعة ) من نوع تشغيل ايقاف Start – Stop مع الإفادة من محدد

صمامي خماسي Pentode Limiter لأجل تسوية النبضات مع صمام أشعة بوابي Gate Beam Tube من نوع 6BM6 لغرض السيطرة على التيار وجعله ثابتاً في اثناء مدة التشغيل Start ، حصلنا على زمن تحليلي مساوٍ إلى ( 3.5 ns ) .

اما التقدم الذي جرى بعد ذلك في هذا المجال ، فقد جاء على يد Wiber et.al. [10] عام 1958 إذ استعملوا نبيطة التحويل ( زمن - سعة ) من نوع تشغيل - إيقاف ، وفي العام نفسه قام كلٌّ من كرين وبيبل [11] باستعمال نبيطة التحويل نفسها ( زمن - سعة ) ولكن تراكبية Overlap Type ، إذ تمثل النبضات pulses إلى شكل وحجم قياسي ومن ثم تراكب زمني Allow Them to Overlap in Time ، إذ يتناسب أمد التراكب Duration of Overlap مع زمن تأخير النبضة الثانية عن الاولى وعلى ذلك فإن تياراً ثابتاً يسري فحسب خلال مدة التراكب ، فإذا لم يكن هناك تطابق زمني بين نبضتين فليس هناك من تيار يسري وليس هناك من إشارة خارجة عن وحدة التحويل ( زمن - سعة ) . وبنيت هذه الدائرة على أساس استعمال صمام الأشعة البوابي 6BN6 لغرض تثبيت التيار ، واستطاع الباحثان الحصول على زمن تحليلي مساوٍ إلى  $8.5 \times 10^{-10}$  sec .

نشرَ الباحث Dixon عام 1952 [12] نتائج لعامل التراكم لمادتي الكونكريت والرصاص مستعملاً كاشف غرفة التأين ومصدر  $^{60}\text{Co}$  بفعالية 1000 Ci ، فوجدَ ان عامل التراكم للكونكريت أعلى منه للرصاص ، وهذا يعني أن الرصاص ماص جيد لأشعة كما والأشعة الثانوية، وقد عزى ذلك إلى أن ظاهرة الامتصاص الكهروضوئي للرصاص عالية جداً .

أما الباحثان Garrett و Whyte [13] فقد قاسا في عام 1954 عامل التراكم للحديد والرصاص باستعمال مصدر  $^{60}\text{Co}$  النقطي المتناظر وذلك عن طريق قياس انتقال اشعة كما خلال مادتي الحديد والرصاص لسماك يصل الى 15 m.f.p ، فأظهرت النتائج أن عامل تراكم الجرعة المقاس يتفق مع الدراسات السابقة .

وقام Sasaki et.al. [14] سنة 1977 بتصميم دائرة تطابق سريع - بطيء ذات زمن تحليلي مساوٍ الى 750 beco second عند معايرتها بعنصر ( $\text{Co}^{60}$ ) باستعمال وحدة التحويل زمن - سعة التراكبية ، وكاشف وميض Scintillation Detector ذي مادة وميضية عضوية Organic Scintillation Material ومميزة سريعة Fast Discriminator لتشكيل النبضات ، كما جمعوا مولد نبضات مربعة Square Pulse Generator ذا إستقرارية عالية مع دائرة تمنع تكديس النبضات Pulse Pile - Up Rejection Circuit استعملت الدائرة في قياس فترات زمنية تتراوح بين 1 nano second

واستعمل سعيد كمون [15] سنة 1980 دائرة تطابق سريع -بطيء ، إذ استعمل فيها كاشفين احدهما من الجرمانيوم النقي ذي حجم  $62 \text{ cm}^3$  والآخر كاشف وميضي من نوع ( NaI ( TI )

بأبعاد "3 X 3" ، وقد تم معايرة القدرة التبيينية للكاشفين بواسطة مجموعة عيارية من العناصر المشعة الكوبالت  $Co^{60}$  ، السيزيوم  $Cs^{137}$  ، إذ استعملت هذه الدائرة في القياسات الطيفية لأشعة كما الناتجة من انحلال العناصر النشطة إشعاعياً .

كما قام العاني [16] في عام 1989 بنشر دراسته التي تضمنت قياس عامل التراكم لأشعة كما لمواد مختلفة هي (الحديد، والنحاس ، والكونكريت ، والألمنيوم) لسلك يصل إلى m.f.p 3. تضمنت الدراسة تأثير كل من طاقة المصدر المشع ونوع الكاشف وتأثير زاوية التسديد في قياس عامل تراكم أشعة كما ، باستعمال مصادر  $^{60}Co$  و  $^{137}Cs$  . أما الكواشف المستعملة فقد استعمل الكاشف الوميضي أيودييد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(TI) وعداد كايكر ميلر ، أما ما يتعلق بزاوية التسديد فقد استعمل ثلاث زوايا هي ( $20^\circ$  ,  $30^\circ$  ,  $45^\circ$ ) . وقد أظهرت نتائج الدراسة مطابقتها للدراسات العملية السابقة ومخالفتها للدراسات النظرية ، واثبت أن عامل التراكم يزداد بزيادة المسافة بين المصدر المشع و الكاشف وكذلك يزداد بزيادة سمك الدرع ونقصان طاقة المصدر المشع .

كما قام Angelopulos في عام 1991 [17] بحساب معامل التوهين وعامل التراكم للماء لأشعة كما الناجمة من مصدر نقطي لمدى طاقى من 20-1500 keV والمسافة بين المصدر والدرع من 1-10 cm . تضمنت الدراسة كذلك تحديد تأثير المصدر المشع والشكل الهندسي للمادة في حساب عامل التراكم، إذ وجد أن هذين العاملين يؤثران بنحو كبير في العوامل المدروسة ولاسيما عند الطاقات الواطئة والمسافات البعيدة عن المصدر .

وقام Hirayama [18] عام 1995 بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كما لسلك يصل إلى 40 m.f.p باستعمال طريقة مونت كارلو للمواد الماء والحديد والرصاص لمصدر نقطي لثلاث طاقات هي 0.1MeV , 1 MeV , 10 MeV ، واثبت أن عامل تراكم أشعة كما يزداد بزيادة سمك المادة ويقل بزيادة طاقة المصدر المشع .

وكذلك قام Hirayama [19] في عام 1996 بدراسة تأثير مختلف المصادر ومعامل امتصاص الطاقة للهواء على حساب عامل تراكم أشعة كما لمصدر نقطي لمدى طاقة من (0.1 - 10) MeV ولسلك يصل إلى 40 mfp باعتماد طريقة مونت كارلو للمواد (الماء والحديد والرصاص) ، وقد وجد أن هذا الاختلاف بالمصادر يؤثر في عامل التراكم بنسبة اقل

من 10% ما عدا الرصاص عند الطاقة 0.1 MeV و 10 MeV، إذ إن الاختلاف في الرصاص بنسبة تزيد على 30% عند السمك 40 mfp. أما تأثير معامل الامتصاص فقد كان التأثير بنسبة اقل من 2%.

أما العمار [20] فقد درس عام 1996 عامل التراكم والتشتيت الزاوي لمصدر  $^{60}\text{Co}$  باستعمال الكاشف الوميضي NaI (TI)، لدروع مفردة ومتعددة الطبقات ولسبع مواد الكونكريت والألمنيوم والحديد والفولاذ والنحاس والبراص والرصاص، وبينت نتائج الدروع المفردة لسمك يقارب 4 m.f.p ان القيم تزداد بزيادة معدل المسار الحر وتقل بزيادة العدد الذري للدرع، اما الدروع ذات الطبقتين بسمك 2 m.f.p فانها تقل للدروع ذات الطبقة الخفيفة تليها طبقة ثقيلة، ويحصل العكس للدروع ذات الطبقة الثقيلة تليها طبقة خفيفة، والدروع ذات الطبقات الثلاثة بسمك 1 m.f.p لكل طبقة وجد أن عامل التراكم يتداخل للتشكيلات والاختلاف في القيم يعتمد على العدد الذري وترتيب الدروع كما قام بقياس التشتيت الزاوي للدروع والتشكيلات السابقة.

في حين بين Kalb and et.al. [21] في عام 2000 أن اليورانيوم المنضب المحشو في مادة البولي اثيلين بنسب 70%، 80%، 90% يعطي موادا مناسبة ضد أشعة كاما والنيوترونات، ووجدوا ان عامل التراكم يقل بزيادة نسبة تركيز اليورانيوم.

اما البيتي [22] عام 2001 فقام بدراسة عامل التراكم لأشعة كاما لدروع مفردة ومتعددة الطبقات لمواد الألمنيوم والحديد والنحاس والرصاص بسمك مختلف مستعملاً مصدري الكوبالت  $^{60}\text{Co}$ ، والسيزيوم  $^{137}\text{Cs}$ ، ووجد أن عامل التراكم يزداد بزيادة السمك.

كما قام Al - Rawi [23] عام 2003 بحساب عامل التراكم لمادتين الماء والرصاص لدروع مؤلفة من طبقة واحدة وطبقتين وباعتماد طريقة مونت كارلو. فبالنسبة إلى الدروع المنفردة أظهرت نتائج المحاكاة إن عامل التراكم يزداد مع زيادة سمك الدرع، وان قيمة عامل التراكم للمواد ذي العدد الذري الواطئ هي أعلى من قيمتها للعدد الذري العالي ذاته. أما بالنسبة إلى الدروع المؤلفة من طبقتين فان قيم عامل التراكم تقع ما بين قيمه لكلا الطبقتين إذا أخذت بنحو منفرد.

أما أبو جاسم [24] عام 2005 فقد قام بقياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء درعاً منفرداً ودرعاً ذا طبقتين باستعمال الكاشف الوميضي NaI(Tl) الذي حجمه "3" X "3" والمصدرين المشع الكوبالت  $^{60}\text{Co}$ ، والسيزيوم  $^{137}\text{Cs}$ ، استعملت ثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف وهي 41cm و 51cm و 71cm وأربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة. أثبتت

هذه الدراسة إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء درعاً منفرداً يزداد بزيادة سمك طبقة الماء ويقبل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف ويزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي ، ويقبل بزيادة طاقة المصدر المشع وكذلك يقل بزيادة قطر فتحة المسدد . كما أثبتت هذه الدراسة أن عامل تراكم أشعة كاما في الماء درعاً ذا طبقتين يزداد بزيادة سمك الدرع وزيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى ، ويقبل بزيادة قطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع .

كما قامت مجموعة من العلماء [25] سنة 2007 باعتماد طريقة تطابق  $\gamma - \gamma - \gamma$  Coincidence بدراسة للحصول على خصائص شظية الانشطار في تفاعل  $( O^{18} , F ) Pb^{218}$  إذ استعملوا تقانة مطياف كاما  $\gamma$  - Ray Spectroscopy للتطابيقي لغرض تحليل Analyzing المعلومات التي أجريت تجريبياً .

وقام Dasharatham [26] في عام 2007 بدراسة خواص التدريع للمواد المترابكة ضد اشعة كاما والنيوترونات، إذ استعمل الرصاص وبعض مركباته واليورون وبعض مركباته والليثيوم وبعض مركباته والزجاج المدعم بالرصاص بنسب وزنية 20% و 30% و 40% و 50% ، وكذلك استعمل مواد عديدة مخلوطة بنسب وزنية مختلفة و صنفها اعتماداً على حجم حبيباتها ، وتوصل الى ان تقانات تدريع أشعة كاما والنيوترونات التي تستعمل فيها مخاليط من مواد مترابكة متعددة المركبات التي تكون متوازنة بينها ( لان قسماً منها يأسر أشعة كاما والآخر يُضعف النيوترونات ) تعطي نتائج أفضل من تلك التي يستعمل فيها مخاليط من مواد مترابكة تحوي مركباً واحداً .

وفي عام 2007 أيضاً قام الطائي وجماعته [27] بدراسة عامل التراكم لمواد الحديد والكونكريت و P.V.C بتشكيلات مختلفة ولدروع منفردة بسمك مختلف باستعمال منظومة Cassy وكاشف أيودييد الصوديوم المنشط بالثاليوم ، وتوصلوا الى ان عامل التراكم يقل بزيادة العدد الذري والطاقة ويزداد بزيادة السمك .

كما استعمل Jonas Boson [28] سنة 2008 منظومة تطابق كاما - كاما لتحسين معايرة Calibration كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ( HPGe ) للقياسات الموقعية وحساب التأثيرات المحتملة للمنظومة ، واللادقة Uncertainty مجتمعة .

واستعمل Antovic and Svrkota [29] 2009 مطياف تطابق أشعة كاما لغرض قياس فعالية نظير الراديوم ( $Ra^{226}$  Activity) في مناطق معينة ضمن نماذج ملوثة Soil Sample وفي نماذج من الرمل Sand Sample أيضاً باستعمال كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ( HPGe ) .

وقامت فاطمة احمد [30] سنة 2010 باستعمال منظومة تطابق كاما - كاما ، مع كاشفين باريوم فلورايد ( $BF_2$ ) ، لغرض قياس العمر الزمني Life Time لحالة Spin / Parity  $2^+$  لعنصر اليورانيوم ( $Eu^{152}$ ) وقياس الطيف الزمني التطاقي لعنصر الكوبالت .

كما قام Jing and Pawel [31] سنة 2011 باعتماد طريقة مطياف تطابق كاما - كاما ، للتشخيص السريع Rapid لبصمة الأصابع باستعمال نظير اليورانيوم ( $U - 235$ ) ، مع كاشفي ايودييد الصوديوم المنشط بالتاليوم NaI(Tl) .

واعتمد Peter Volkovitsky and Michael Unterweger [32] سنة 2012 على منظومة تطابق كاما - كاما ، مستعملاً كاشفي ايودييد الصوديوم NaI(Tl) ، لغرض الدراسة العملية لقياس فاعلية الباعثين البوزترونين ( $Al^{26}$  ,  $Na^{22}$ ) .

وقام احمد فاضل [33] سنة 2012 بدراسة عامل تراكم أشعة كاما لدروع من مواد متراكبة من بولي استر مشبع ومدعم بمعادن مختلفة مثل الألمنيوم والنحاس والحديد والرصاص بتراكيز مختلفة ، وأنواع تدعيم مختلفة (مسحوق وصفائح وألياف) . كما استعمل مصدر السيزيوم  $Cs^{137}$  ذو طاقة 662 keV وبفعالية  $10 \mu Ci$  ، كما استعمل كاشف ايودييد الصوديوم المطعم بالتاليوم NaI ( Tl ) بحجم ( $3" X 3"$ ) مع منظومة قياس متكاملة ، وقد تمت دراسة بعض العوامل المؤثرة في عامل التراكم أظهرت النتائج أن قيم عامل التراكم تقل بزيادة كل من تركيز المسحوق المعدني في الدرغ وكذلك كثافة الدرغ والعدد الذري لمادة الدرغ، في حين تزداد قيم عامل التراكم بزيادة سمك الدرغ .

أما قتيبة عيسى [34] فقد قام كذلك في سنة 2013 بدراسة أشعة غاما النافذة بطريقة تطابق كاما - كاما عن طريق نصب المطياف التطاقي سريع - بطيء المكون من كاشفين وميضيين NaI ( Tl ) بحجم ( $3" X 3"$ ) وباستعمال مصدر الصوديوم  $Na^{22}$  ( بفعالية قليلة نسبياً بحوالي  $0.1 \mu Ci$  ) ، وقد أظهرت النتائج والاطياف امكانية استعمال المطياف التطاقي في قياسات معلمات أكثر من التي تقاس عادةً في الطيف المباشر ، فضلاً عن ان الاطياف التطابقية اختزلت فيها الخلفية الإشعاعية وتوزيع كومبتن مما اضفى تبسيطاً واضحاً لشكل الاطياف الخاصة بالطاقة .

وقامت دعاء خلف [35] سنة 2014 باجراء قياسات مقارنة للتوهين وعامل التراكم باستخدام الطيف التطاقي والطيف المباشر ولمواد الحديد والرصاص ومواد متراكبة اخرى . بينت الدراسة ان قيم عامل التراكم بالمطياف التطاقي تتأرجح لكنها قريبة من الواحد .

واعتمدت هذه التقانة في دراسات سابقة كانت ابرز نتائجها امكانية استعمال المطياف التتابقي في دراسة توهين اشعة كما ودراسة معامل التراكم باستعمال دروع مختلفة واسماك مختلفة وبتغيير معلمات مختلفة في القياس .

### 3-1 الهدف من الدراسة

### The Aim Of the Study

تهدف الدراسة الى استعمال دائرة تطابق كما - كما (  $\gamma - \gamma$  ) لدراسة توهين اشعة كما وعامل التراكم لمواد مختلفة ، ومقارنة ذلك مع دراسة عامل التراكم المحسوب باستعمال كاشف واحد ( أي الطيف المباشر ) ، إذ ان شروط التطابق في وحدات المطياف التتابقي تقل كثيراً من تسجيل حوادث الاستطارة داخل المادة الماصة او الدرع ، مما ينتج عنه شكل آخر للقيمة الضوئية يُتوقع ان يكون قريباً قدر الإمكان من تصرف الفوتونات في الهواء ، إذ يمكن اعتماد هذه التقانة بدراسة تأثير المسافات بين المادة المتفاعلة مع الاشعاع والمصدر من جهة والمادة والكاشف من جهة اخرى فضلاً عن حالة وجود المُسَدِّد وتأثير قطره في حساب عامل التراكم . أما المواد التي استعملت فهي النحاس والالمنيوم ، وقورنت النتائج مع بيانات في بحوث عالمية . كما درس تأثير اختزال الطيف الزمني من 500 ns الى 50 ns في قياسات الطيف .



# الفصل الثاني الجزء النظري

## الفصل الثاني

### 1-2 توطئة :

تعد الكواشف الومضية من اهم انواع الكواشف النووية ذات القدرة العالية على كشف انواع مختلفة من الاشعاعات النووية وللكشف عن اشعة كما  $\gamma$  بزمن استجابة سريع ، إذ استعمل الكاشف الومضي اللاعضوي NaI (TI) منذ مدة طويلة جدا وما يزال يستعمل في القياسات الطيفية على الرغم من ظهور كواشف اخرى ذات قابلية عالية على تحليل الطاقة [36] Energy Resolution .

وتتطلب هذه الدراسة استعمال كاشف NaI (TI) لقياس اشعة كما ، وسنقوم في هذا الفصل بشرح اليات تفاعل مختلفة لأشعة كما مع المادة ( التالي ذكرها ) التي تحدث بين مادة الكاشف NaI (TI) واشعة كما الساقطة . وعليه سيكون لهذا الكاشف ميزات استجابة وكفاءة عدّ تميزه عن بقية الكواشف .

### 2-2 تفاعل اشعة كما مع المادة :

#### Interaction of gamma rays with the :

#### matter

تختلف اليات تفاعل اشعة كما مع المادة ، إلا أن هنالك ثلاث عمليات رئيسة وذلك بسبب احتمالية حدوثها العالية مقارنة بالتفاعلات الأخرى سنقوم بشرحها وهي :

1- التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect

2- استطارة كومبتن Compton scattering

3- إنتاج الزوج Pair production

إذ تقوم هذه العمليات بنقل جزء من او كل طاقة الفوتون الساقط على المادة الى الإلكترون الذري، اما الفوتون فهو يختفي كلياً او يستطار بزواوية معينة .

### 1-2-2 الامتصاص الكهروضوئي ( الظاهرة الكهروضوئية ) :

#### Photoelectric Absorption :

في عملية الامتصاص الكهروضوئي يتفاعل فوتون اشعة كما الساقط مع ذرة المادة الموهنة ( Absorber ) التي عن طريقها يختفي الفوتون كلياً ، إذ يخرج إلكترون ضوئي ( Photo Electron ) من الذرة نتيجة لهذا الامتصاص ومن إحدى القشرات المرتبطة ، الشكل ( 1-2 ) ، إن هذا التفاعل يحدث مع الذرة كلياً وليس مع الإلكترونات الحرة .

عندما تكون أشعة كاما ذات طاقة عالية اكثر مما تكفي لانتزاع الالكترن من ذرته فإنه ينبعث كإلكترن ضوئي باحتمالية عالية من القشرة ( K ) الاكثر ارتباطاً بالذرة ، وان الطاقة الحركية لهذا الالكترن الضوئي تعطى بالعلاقة (1-2) :

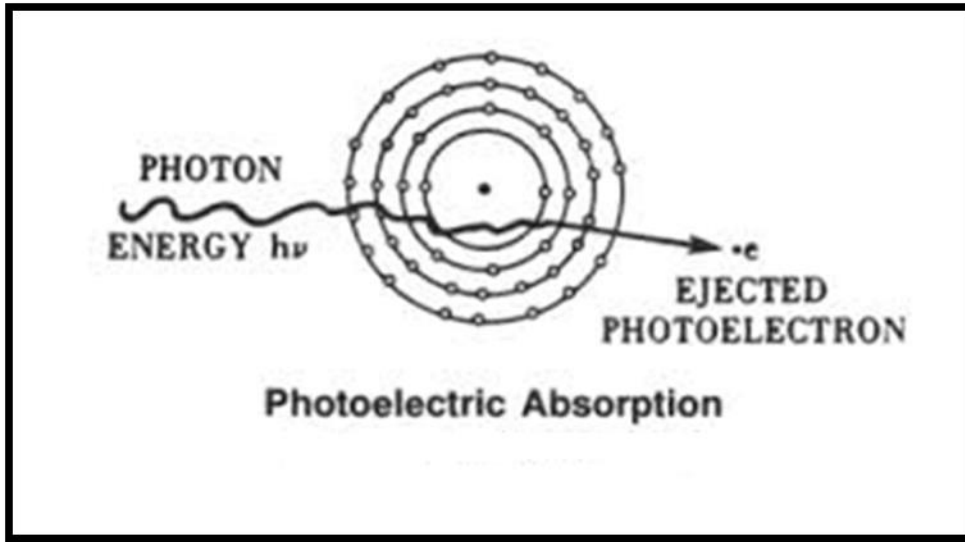
$$E_e = E_\gamma - E_b \quad (1-2)$$

إذ أن :

$E_e$  : الطاقة الحركية للالكترن الضوئي ( الالكترن المنبعث )

$E_\gamma$  : طاقة فوتون أشعة كاما الساقط ( على المادة )

$E_b$  : طاقة ترابط الالكترن بالذرة ( Binding Energy )



شكل ( 1-2 ) التأثير الكهروضوئي [2]

ان العملية الكهروضوئية هي النمط السائد لتفاعل أشعة كاما عند الطاقات القليلة نسبياً ( او الأشعة السينية ) ، وتزداد احتمالية حدوث هذه العملية مع زيادة العدد الذري ( Z ) للمادة الموهنة لأشعة كاما . وليست هناك صيغة تحليلية عامة لاحتمالية الامتصاص الكهروضوئي (  $\tau$  ) لكل ذرة في كل المديات لـ (  $Z$  ،  $E_\gamma$  ) لكن تقريبا يمكن ان تعطى بالعلاقة الآتية [1] :

$$\tau = \text{const} \cdot \frac{Z^n}{E_\gamma^2} \quad (2-2)$$

حيث أن :

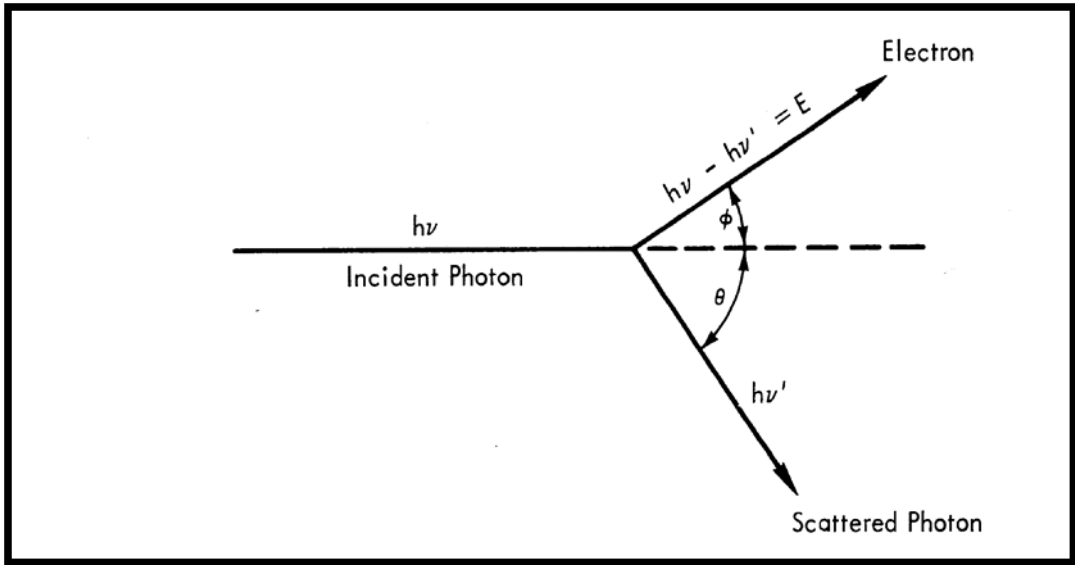
الأس ( n ) : للعدد الذري يأخذ المقدار ( 3 – 5 ) لمدى طاقة اشعة كاما

Z : العدد الذري للمادة الموهنة .

إذ ان الاعتماد الكبير لاحتمالية حدوث الظاهرة الكهروضوئية يكون بالاعتماد على العدد الذري  $Z$  لمادة الوسط الماص ، ويبين سبب استعمال مواد ذات عدد ذري عالي كالرصاص كدروع لأشعة كاما ، فضلاً عن ذلك فان الكثير من كواشف اشعة كاما تكون مكوناتها من مواد ذات عدد ذري  $Z$  عالٍ [30] .

### 2-2-2 استطارة كومبتن : Compton Scattering :

وهي استطارة تحدث بين الفوتون الساقط والكترونات المدارات الخارجية للذرات ، اذ تكون تلك الالكترونات ضعيفة الارتباط بالنواة مما يسبب فقدان جزء من طاقة الفوتون ، اذ تعطى الى الالكترون ( الذي يفترض ان يكون ساكناً Rest ) مسببة انبعائه خارج حيز الذرة بزاوية  $\theta$  بطاقة حركية  $E_e$  ، اذ يحافظُ فيه كلُّ من الفوتون المستطار بزاوية  $\theta$  والالكترون المتحرر على قانون حفظ الطاقة الحركية والزخم [21] ، كما موضح بالشكل (2-2) :



شكل ( 2-2 ) أستطارة كومبتن [2]

وإنَّ الطاقة الحركية للالكترون ( $E_e$ ) المتحرر تعطى بالعلاقة الآتية :

$$E_e = h\nu - h\nu' \dots\dots\dots (3-2)$$

إذ ان :  
 $h$  ثابت بلانك  
 $\nu$  ,  $\nu'$  تردد كل من الفوتون المستطار والفوتون الساقط على الترتيب .  
 من المعادلة ( 3-2 ) وبتطبيق قوانين الحفظ فأن الطاقة الحركية للالكترون تُعطى بالعلاقة الآتية [1] :

$$E_e = \frac{(h\nu)^2}{0.511} \frac{(1 - \cos\theta)}{[1 + (h\nu/0.511)(1 - \cos\theta)]} \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

اما معادلة طاقة الفوتون المستطار فتعطى كالاتي :

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + [(1 - \cos\theta)h\nu / 0.511]} \quad \dots\dots\dots (5-2)$$

أما العلاقة بين زاوية انبعاث الإلكترون  $\phi$  وزاوية استطارة الفوتون  $\theta$  فهي :

$$\cot\phi = \left(1 + \frac{h\nu}{0.511}\right) \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

ويكون المقطع العرضي لتأثير كومبتون هو [37]:

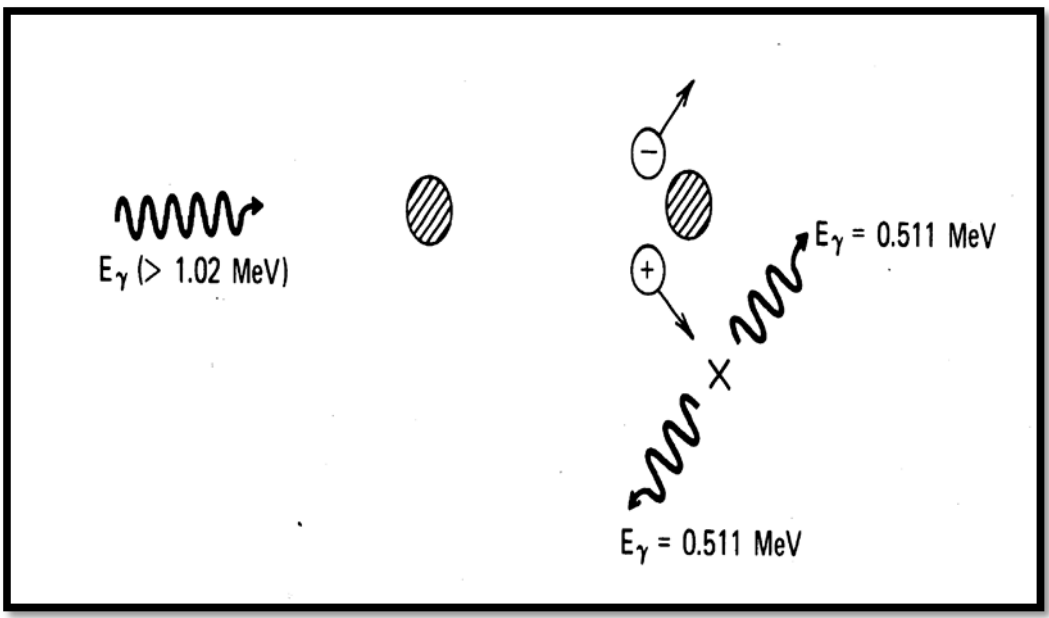
$$\sigma(cm^{-1}) = ZN\sigma_e \quad \dots\dots\dots (7-2)$$

$\sigma_e$ : تمثل المقطع العرضي لتفاعل الفوتون مع الإلكترون .

$N$ : عدد الذرات لوحدة الحجم .

### 3-2-2 إنتاج الزوج Pair Production لكي تتحقق عملية إنتاج الزوج

إلكترون - بوزترون فإنه يجب ان تتجاوز طاقة الفوتون الساقط ضعف الطاقة السكونية للإلكترون أو طاقة العتبة أي ( 1.022 MeV ) فتكون احتمالية إنتاج الزوج ممكنة ، إن مثل هذا التفاعل يحدث بجوار المجال الكولومي للنواة ، إذ يختفي الفوتون كلياً لينتج إلكترونًا وبوزترونًا [38] ، كما موضح بالشكل ( 3-2 ) [39] .



الشكل ( 3-2 ) عملية إنتاج الزوج [2]

إن مجموع الطاقة الحركية للإلكترون والبوزترون تساوي طاقة الفوتون الساقط مطروحاً

$$E_{e-} + E_{e+} = E_\gamma - 1.022 \text{ MeV} \quad \dots\dots\dots [38]$$

إذ تتوزع الطاقة بالتساوي تقريباً بين الإلكترون والبوزترون ، ويكتسب البوزترون ما يزيد قليلاً من نصف الطاقة بسبب تنافره مع النواة المشابهة لها بالشحنة ، ويحصل على نصف الطاقة الموزعة ، وقد يرتبط البوزترون بالإلكترون مداري بعد فقدان معظم طاقته الحركية ، وينتج بذلك ذرة مؤقتة تسمى البوزترونيوم ( Positronium ) التي تفنى عادةً لتعطي فوتونين ينطلقان باتجاهين مختلفين ، طاقة كل من هذين الفوتونين 0.511 MeV ، وتعرف هذه الفوتونات بفوتونات الفناء ( Annihilation photons ) [30 , 39] .

إن المقطع العرضي لإنتاج الزوج يعطى بالعلاقة الآتية [39] :

$$K_a = Z^2 f(Z) \text{ cm}^2/\text{atom} \quad \dots\dots\dots (8-2)$$

إذ إن  $f$  : دالة تعتمد على العدد الذري  $Z$  .

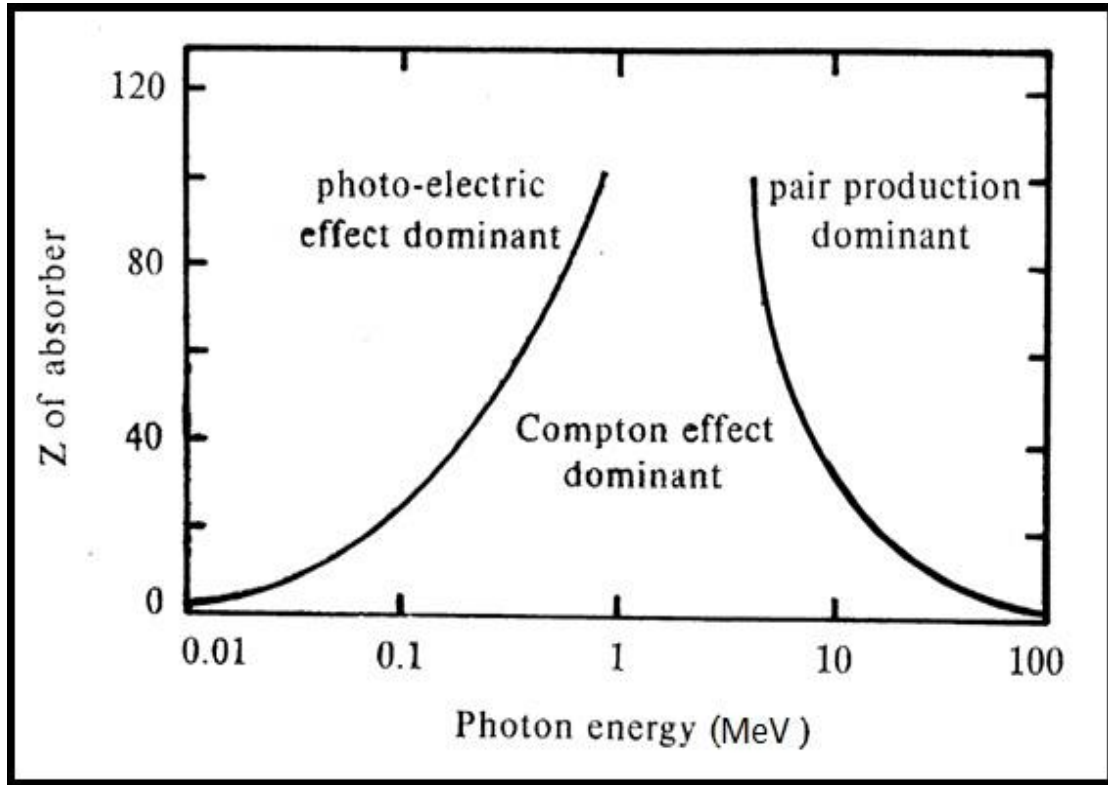
إنّ الاحتمالية الكلية للتفاعل هي مجموع الاحتمالات الثلاثة ، إذ يعتمد كل معامل على طاقة الفوتون والعدد الذري للمادة [39] . وهو يعرف فيزيائياً بمعامل التوهين الخطي ( $\mu$ ) للمادة والذي يعطى بالمعادلة الآتية :

$$\mu(\text{cm}^{-1}) = \tau + \sigma + \kappa \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

المعادلة (9-2) تمثل جزء الطاقة النسبي الذي يمتص . كما يمكن حساب معامل التوهين الكتلي بقسمة معامل التوهين الخطي على كثافة المادة الموهنة كما في المعادلة الآتية :

$$\mu_m(\text{cm}^2/\text{gm}) = \frac{\mu}{\rho} \quad \dots\dots\dots (10-2)$$

ويوضح الشكل (4-2) العلاقة بين التأثير الكهروضوئي واستطارة كومبتن وتولد الأزواج مع كل من الطاقة والعدد الذري كالآتي [1] :



الشكل (4-2) الطرائق الرئيسية الثلاث لتفاعل لفوتون وعلاقتها بالعدد الذري والطاقة [2].

ويمكن ان نستنتج من الشكل (4-2) الآتي [2]:

- 1- المقطع العرضي للتأثير الكهروضوئي ( $\tau$ ) يسود في طاقات الفوتون الواطئة وللمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة .
- 2- المقطع العرضي لتأثير كومبتون ( $\sigma$ ) يسود في طاقات الفوتون المتوسطة ، وللمواد ذات الأعداد الذرية القليلة .
- 3- المقطع العرضي لإنتاج الزوج ( $K$ ) يسود في طاقات الفوتون العالية، وللمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة .

### 3-2 توهين أشعة كاما وعامل التراكم

#### Gamma-Ray Attenuation and Buildup factor

إن توهين أشعة كاما داخل المادة يمكن دراسته عن طريق قياس التغير في شدة الأشعة النافذة ( المسددة بنحو جيد ) مع تغير سمك المادة ، وبحسب معدل شدة أشعة كاما النافذة من حاجز أو درع ما من صيغة لامبرت :

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

إذ إن :

$I_x$  معدل شدة الأشعة النافذة من خلال حاجز سُمكه ( x ) .

$I_0$  معدل شدة الأشعة الساقطة من دون وجود المادة الماصة .

$\mu$  معامل الامتصاص الكلي .

x سمك المادة الماصة .

إن هذه العلاقة الاسية تمنع وجود مدى محدد للأشعة في المادة ، لذلك اتفق العلماء على مصطلح معدل المسار الحر (Mean Free Path) ، وهو معدل المسافة المقطوعة قبل التفاعل الذي يرمز له بالرمز (m.f.p) .

ويحسب معدل المسار الحر داخل المادة قبل تفاعل الإشعاع معها بالعلاقة الآتية [2] :

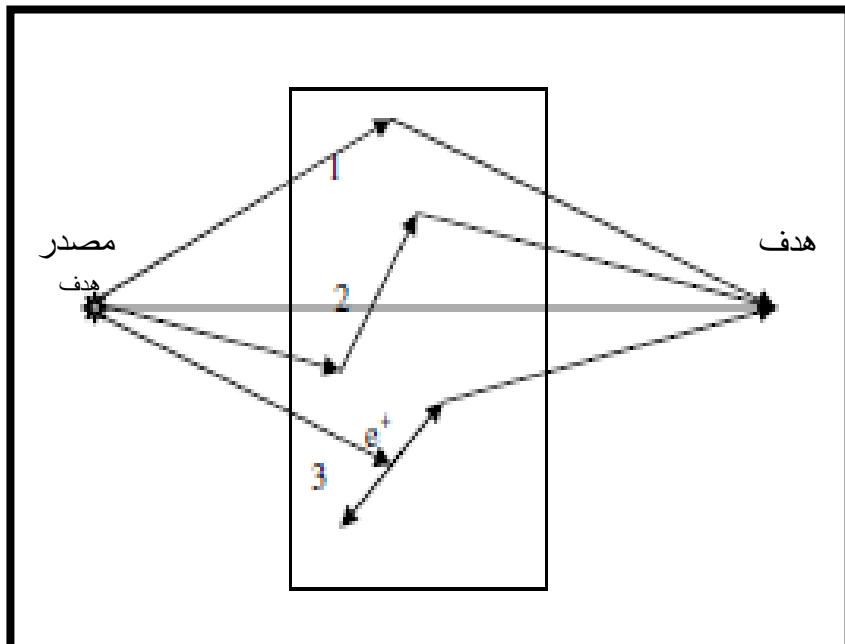
$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} x e^{-\mu x} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\mu x} dx} = \frac{1}{\mu} \quad \dots\dots\dots (12-2)$$

$$\text{Distance ( m . f . p )} = \frac{x}{\lambda} = \mu x \quad \dots\dots\dots (13-2)$$

ان المعادلات آنفة الذكر ( 12-2 ) و ( 13-2 ) تصح عند توافر شرطين اساسيين [6] :

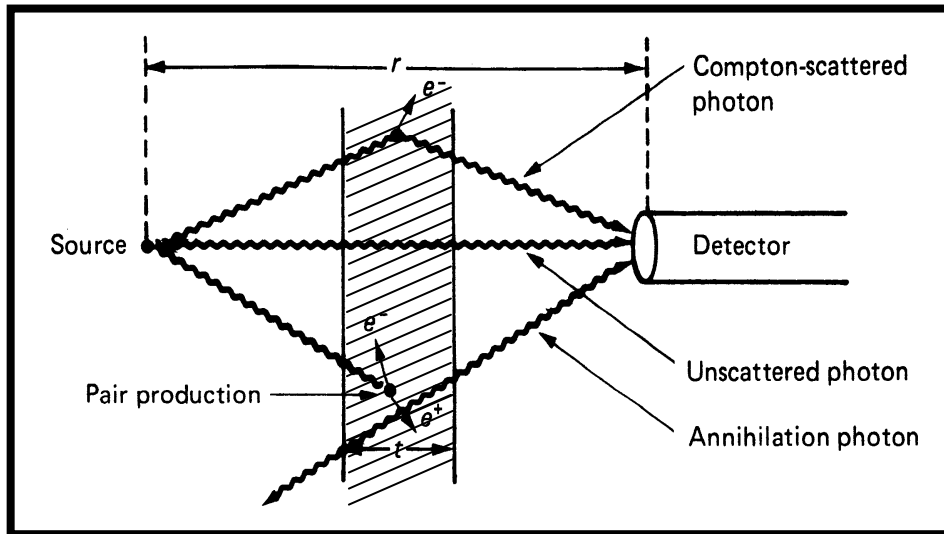
- 1- أن تكون حزمة الفوتونات ضيقة جداً ومتوازية ووحيدة الطاقة .
- 2- أن يكون سمك مادة التوهين قليلاً جداً .

أما في جميع الحالات التي تكون فيها حزمة الفوتونات عريضة او غير متوازية ، او يكون سمك الدرع كبيراً نسبياً ( وهذه هي الظروف العملية في جميع الحالات تقريباً ) ، تصبح العلاقات السابقة غير صالحة للتطبيق بسبب ما يعرف باسم التراكم ( Build-up ) الذي ينتج من تراكم الفوتونات في النقطة المعينة [39] ، ويوضح الشكل ( 5-2 ) مفهوم التراكم .





ينتج التراكم بصورة عامة من نمطين من أنماط تفاعل الفوتونات مع المادة ، وهما تشتت كومبتن Compton scattering ، وتولد الأزواج Pair production ، حيث يمثل المستطيل المحتوي على الفوتونات ( 1 و 2 و 3 ) مادة الدرع او المادة الماصة لنتيجة لاستطارة كومبتن فان بعض الفوتونات التي تنبعث من المصدر في اتجاه بعيد عن الهدف التي يحدث لها استطارة على الدرع يمكن أن تتجه نحو الهدف فتزيد عدد الفوتونات الواصلة إليها (الفوتون رقم 1) ، فضلاً عن ذلك ، فانه عندما يكون الدرع سميكاً يمكن ان يحدث للفوتون الواحد اكثر من تشتت متتابع بتأثير كومبتن ، وهي الظاهرة المعروفة باسم التشتت المتعدد (multiple scattering) ( الفوتون رقم 2 ) . أما في إنتاج الزوج فان الطاقة قد لا تنتقل بالكامل لمادة الدرع ، ويعود ذلك إلى أن احد الفوتونين الناتجين عن فناء البوزترون مع إلكترون من الكثرونات المادة قد يصل إلى الهدف فيزيد عدد الفوتونات الواصلة له ( الفوتون رقم 3 ) [40] ، وبذلك تتكون عملية التراكم ( Build-Up ) ، لذا فان الأشعة النافذة من الدرع تكون على نوعين ، اشعة مستطارة ( وهي الأشعة الناتجة من استطارة كومبتن وتولد الأزواج ) ، وأشعة غير مستطارة، ويوضح الشكل ( 2-6 ) الحزمة المستطارة وغير المستطارة .



الشك ( 2-6 ) الحزمة المستطارة وغير المستطارة [37]

ونتيجةً لذلك ستصل الأشعة غير المستطارة فضلاً عن الاشعة المستطارة التي تفاعلت مع الوسط وتشتتت بشتى الاتجاهات مما يسبب ذلك زيادة في شدة الحزمة الكلية التي يسجلها الكاشف الوميضي ، وتعد تلك الزيادة بمنزلة عملية التراكم للأشعة المستطارة عبر الوسط الموهن ، لذلك يسمى بعامل التراكم "B" Buildup Factor ، ويعبر عن هذا العامل بالعلاقة الآتية [37] :

$$B = \frac{\text{شدة الحزمة الكلية المستطارة وغير المستطارة}}{\text{شدة الحزمة غير المستطارة}} \dots\dots\dots(14-2)$$

أو :

$$\dots\dots\dots(15-2) I_t = BI_u$$

فبالنسبة إلى الحزمة الضيقة ( ترتيب هندسي جيد ) وبإعادة صياغة المعادلة (11-2)

نحصل على :

$$I_{u.n} = I_{o.n} \exp(-\mu x) \dots\dots\dots(16-2)$$

إذ إن :

$I_{u.n}$  : شدة الحزمة الخارجة من الدرع (الحزمة الضيقة) .

$I_{o.n}$  : شدة الحزمة الساقطة (الحزمة الضيقة) .

أما بالنسبة إلى الحزمة العريضة (ترتيب هندسي رديء ) فيمكن كتابة المعادلة (11-2)

بالصيغة الآتية :

$$I_{t.b} = BI_{o.b} \exp(-\mu x) \dots\dots\dots(17-2)$$

إذ إن :

$I_{t.b}$  : الشدة الكلية للحزمة الخارجة من الدرع (الحزمة العريضة) .

$I_{o.b}$  : الشدة الكلية للحزمة الساقطة (الحزمة العريضة) .

وبتعويض المعادلة (16-2) والمعادلة (17-2) في المعادلة ( 14-2 ) نحصل على قيمة

عامل التراكم  $B$  :

$$\dots\dots\dots(18-2) B = \frac{\left( \frac{I_{t.b}}{I_{o.b}} \right)}{\left( \frac{I_{u.n}}{I_{o.n}} \right)}$$

## 4-2 أنواع عامل التراكم Buildup Factor Types

يعبر عن عامل التراكم بثلاث صيغ اساسية كالاتي :

1- عامل التراكم العددي ( $B_N$ ) : ويعطى بالعلاقة الآتية [41] :

$$B_N = \frac{\int N_t dE}{\int N_{uns} dE} \quad (19-2)$$

إذ إن :

$N_t$  : العدد الكلي للفوتونات الواصلة الى الكاشف .

$N_{uns}$  : عدد الفوتونات غير المستطارة الواصلة الى الكاشف وهي دوال للطاقة والاتجاه .

2- عامل تراكم الطاقة ( $B_E$ ) : ويعطى بالعلاقة الآتية [42] :

$$B_E = \frac{\int E_t dE}{\int E_{uns} dE} \quad (20-2)$$

إذ إن :

$E_t$  : طاقة الفوتونات الكلية الواصلة الى الكاشف .

$E_{uns}$  : طاقة الفوتونات غير مستطارة الواصلة الى الكاشف .

3- عامل تراكم الجرعة ( $B_D$ ) : ويعطى بالعلاقة الآتية [42] :

$$B_D = \frac{\int \mu_{air} E_t dE}{\int \mu_{air} E_{uns} dE} \quad (21-2)$$

إذ إن :

$\mu_{air}$  : معامل امتصاص الطاقة في الهواء .

ويمكنُ لعامل التراكم أن يكون دالة للعديد من المفاهيم الفيزيائية مثل الطاقة الممتصة والطاقة المترسبة والتعرض والجرعة المكافئة فهي تؤدي دوراً مهماً في المعادلات الخاصة بتدريج الإشعاع والوقاية منه واستعماله في التطبيقات السلمية .

## 1-4-2 العوامل المؤثرة في عامل التراكم Factors Affecting on Buildup

### Factor

1- سمك المادة المخترقة ( معدل المسار الحر m.p.f. ) .

3- الشكل الهندسي لكل من الدرع ( المادة الماصة ) والمصدر المشع .

- 3- نوع مادة الدرع .
- 4- طاقة المصدر المشع .
- 5- زاوية سقوط الأشعة الرئيسة على الدرع .
- 6- العامل الهندسي ( الذي يعتمد على المسافة بين المصدر المشع والكاشف ) [33] .

## 5-2 الكواشف الوميضية

## Scintillation Detectors

الوميضات ( *Scintillations* ) هي مواد صلبة عضوية أو غير عضوية ، قد تكون مواد بلاستيكية أو زجاجية أو سائلة أو غازية ، تنتج ومضات من الضوء عند مرور اشعاع مؤين خلالها [37] . تعمل الكواشف الوميضية على مبدأ الاثارة ( *Excitation* ) ، فعندما يتفاعل الاشعاع الساقط مع المادة الوميضية فإنها تتعرض لعملية اثارة ، تعود بعدها الى الحالة المستقرة بإصدار فوتونات ضوئية ثم الى الإلكترونات التي بدورها تمر بمضاعفات تعمل على تكبيرها ، ومن ثم تتحول الى اشارات كهربائية تتناسب مع نوع الاشعاع الساقط وطاقته [43] . وعادة ما تكون كمية الضوء المتولدة قليلة ( اي تكون ومضات ضعيفة ) عند تفاعلها مع الأشعة الساقطة عليها ، لذلك يجب تكبيرها لكي تسجل كنبضة ( *Pulse* ) . يتكون الكاشف الوميضي من الحجم الحساس ( الوميض ) ، والمضخم وهو انبوب المضاعف الضوئي ( *Photomultiplier Tube* ) الذي يتم فيه التكبير أو التضخيم لضوء الوميض ، والذي يتقبل ضوءاً قليلاً ، إذ تكبر النبضة بعد ذلك الى نحو  $10^6$  مرة [37] .

ان المادة الوميضية المثالية يجب أن تمتلك بعض الخصائص الملائمة لإمكانية تحديد الاشعاع . واكثر هذه الخصائص هي [43] :

- 1- تستطيع تحويل الطاقة الحركية للجسيمات المشحونة الى ضوء وميضي بمقدار كبير وكفاءة جيدة .
- 2- تحويل الطاقة الحركية يجب ان يكون متناسبا وبنحو خطي مع طاقة الجسيمات المشحونة على اوسع مجال ممكن للطاقة .
- 3- يجب أن تكون المادة الوميضية شفافة للطول الموجي للضوء الذي تصدره ، لكي يتم تجميعه بكمية كافية على سطح البلورة .

- 4- يجب أن يكون زمن الاضمحلال قصيراً من اجل توليد نبضة كهربائية وبنحو سريع ، ويتم نقلها للمنظومة .
- 5- يجب أن يكون معامل انكسار المادة الوماضة قريباً من معامل انكسار الزجاج ( 1.5 ) وذلك لجعل انتقال الضوء الى المضاعف الضوئي بفعالية عالية .
- 6- كمية الضوء الخارجة يجب أن تكون مناسبة لكمية الطاقة الداخلة الى الكاشف ، فضلاً عن وجود وسط ناقل لكي يكون تجميع الضوء جيداً .
- 7- يجب أن تكون المادة الوماضة ذات مواصفات عالية من حيث النقاوة وقابلة للتصنيع باحجام مختلفة .

وفي الحقيقة لا توجد الى الآن مادة تحقق جميع الشروط السابقة معاً لذلك فأن اختيار المادة الوماضة يكون بحيث يتم تحقيق الخواص السابقة وبنحو يتوافق مع الغرض المصنعة له كإمكانية تحليل ( ميز ) الطاقة ( Energy Resolution ) ، والكفاءة ( Efficiency ) وزمن الاضمحلال ( Decay Time ) . لذلك يستعمل كاشف ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) كمثال ، وهو كاشف وميضي غير عضوي ( Inorganic ) الذي يمتلك استجابة خطية واخراج ضوء عال ، ويكون زمن الإستجابة فيه بطيئاً وإن زمن اضمحلاله يساوي ( 230 nsec ) [4] .

ولمطياف أشعة كما فإنه يفضل استعمال الوماضات غير العضوية التي تمتلك عدداً نرياً ( Z ) عالياً وكثافة عالية وذلك لغرض العمل على زيادة احتمالية حصول الظاهرة الكهروضوئية . وبنحو مغاير ، فإن أغلب الوماضات العضوية تمتلك زمن استجابة سريعاً لكن الضوء الخارج منها يكون قليلاً ، وبالنتيجة تستعمل بصورة رئيسة للكشف عن جسيمات بيتا ( Beta Particles ) (  $\beta$  ) والنيوترونات السريعة [4, 44] .

ويتضمن عمل الكاشف الوميضي مرحلتين أساسيتين :

- 1- امتصاص طاقة الاشعاع الساقط من الوماض وانتاج فوتونات في المنطقة المرئية من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية .
- 2- تكبير الضوء وانتاج الكترونات بواسطة المضاعف الضوئي وتكوين النبضة الخارجة منه .

ومن جانب آخر فإنه يمكن تقسيم الوماضات على ثلاثة أنواع [37] ، كالآتي :

1- الوماضات غير العضوية *Inorganic Scintillators*

2- الوماضات العضوية *Organic Scintillators*

3- الوماضات الغازية *Gaseous Scintillators*

وسوف تُبين اهم خواص الوماضات غير العضوية ، لأن الكواشف التي استعملت في البحث هي من نوع الكواشف غير العضوية ( وتحديدًا كاشف ايودييد الصوديوم المنشط بالثاليوم (NaI(Tl) ) .

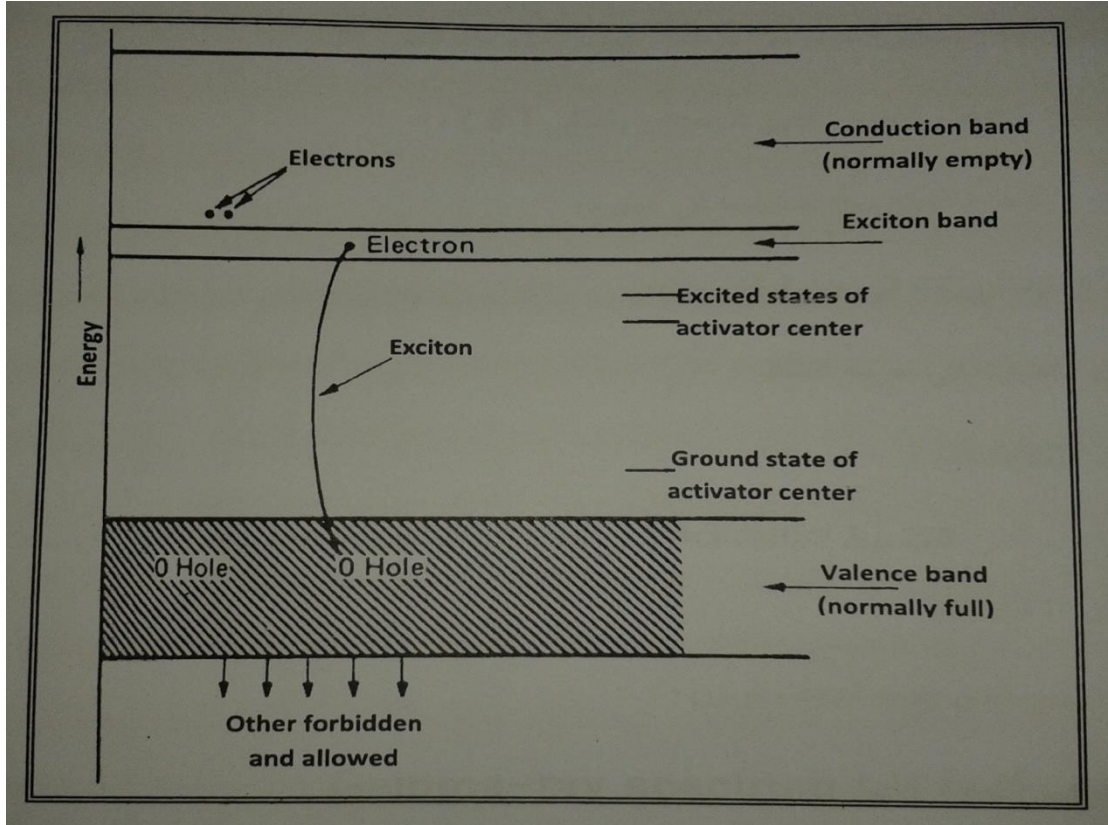
## 1-5-2 الوماضات غير العضوية *Inorganic Scintillators*

ان الوماضات غير العضوية تكون في اغلب الحالات بصورة مواد بلورية من العناصر القلوية وبالتحديد هاليدات القلويات ، مثل كاشف ايودييد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) وايودييد السيزيوم المنشط بالثاليوم CsI(Tl) ، إذ تمثل العناصر بين الاقواس شوائب او منشطات (Activators or In purities). حيث تقوم مادة الثاليوم ( المنشط ) بدور الوسيط ، إذ تعطي الالكترونات جزءاً من طاقتها الى ذرات الثاليوم ، مما يسبب التهيج . وللتخلص من الطاقة الاضافية فإن ذرات الثاليوم تبعث فوتونات ضمن المنطقة المرئية من الطيف [37] .

## 2-5-2 ميكانيكية الوميض في الوماضات غير العضوية

### Scintillation Mechanism in Inorganic Scintillators

يمكن عن طريق نظرية الحزم المملوءة والممنوعة للبلورة فهم التآلق Luminescence الذي يحصل في الوماضات غير العضوية . ففي الحالة الارضية للبلورة فإن اعلى حزمة مسموح بها Allowed ومحتوية على الالكترونات تكون مملوءة كلياً Filled ، وتسمى بحزمة التكافؤ (Valance Band) والحزمة المسموحة التي تليها تكون فارغة ( في الحالة الارضية ) وتسمى بحزمة التوصيل (Conduction Band) كما مبينة في الشكل ( 7-2 ) ( [37] .



الشكل ( 2-7 ) مستويات الطاقة المسموحة والممنوعة في الوماضات غير الضوئية [37]. في حالة حصول الإلكترون على طاقة كافية من الإشعاع المؤين يمكنه التحرك من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ، ويترك بذلك فجوة (Hole) في منطقة التكافؤ التي لها تحركية (Mobility) ، وأحياناً تكون الطاقة غير كافية كي يرتفع الإلكترون إلى حزمة التوصيل لذلك يبقى مرتبطاً كهروستاتيكياً بالفجوة ، ويسمى زوج إلكترون - فجوة بالاكزايون ( Exciton ) الذي يتكون أسفل حزمة التوصيل . ويمكن تلخيص عملية تكوين الوميض كالاتي [37] :

- 1- عبور الإشعاع المؤين وامتصاصه في البلورة
- 2- ارتفاع الإلكترون إلى حزمة التوصيل
- 3- تكوين الفجوات في حزمة التكافؤ
- 4- تكوين الاكزايونات
- 5- ارتفاع مراكز التنشيط ( Activators ) إلى الحالات المثيجة بامتصاص الإلكترونات أو الفجوات أو الاكزايونات
- 6- إزالة التهيج الذي يتبعه انبعاث فوتون ، وأن الضوء الناتج يكبر بواسطة المضاعف الضوئي ويتحول إلى نبضة كهربائية لكي تسجل في ما بعد .

### 3-5-2 المضاعف الضوئي

### Photomultiplier

المضاعف الضوئي وهو الجزء الذي يحول الفوتونات الضوئية الصادرة من المادة الوماضة الى نبضات كهربائية ، وهو بنحوٍ عام عبارة عن انبوب زجاجي مفرغ من الهواء يطلى الجزء الاعلى منه والمواجه للمادة الوماضة بمادة حساسة للفوتونات الضوئية ، تكون مهمتها تحويل هذه الفوتونات الى الكترونات أولية ، ويسمى هذا الجزء المهبط الضوئي ، ويأتي بعده مجموعة من الاقطاب تسمى المصاعد المتتالية Dynodes ، إذ يطبق بين كل مصعد وآخر فرق جهد محدد نحصل عليه عن طريق مجزئ جهد موصل مع جهد عالٍ يصل الى 2 kV ، ومهمة هذا الجهد هو خلق مجال كهربائي لتسريع الالكترونات بين كل مصعدين ، وبالتالي تكتسب هذه الالكترونات طاقة كبرى لتكون قادرة على اقتلاع الكترونات اخرى لمادة المصعد ، وبالنتيجة يستطيع كل مصعد ان يضاعف او يزيد من عدد الالكترونات ونحصل بالنهاية على سيل من الالكترونات الثانوية التي يتم اطلاقها بواسطة المصعد الأخير الذي يسمى اللاقط ، وتسمى نسبة الالكترونات الثانوية الى الالكترونات الأولية بمعامل التضخيم ( M ) ويقدر بنحو  $10^6 - 10^7$  ، وتوجد عدة تصاميم للمضاعف الضوئي بحيث يمكن تصميمه هو والأجزاء الداخلية له بعدة أشكال من اجل تحسين خواص عمله ، ويتم عادةً تغليف المضاعف الضوئي بقطعة معدنية وذلك لتقليل تأثير المجالات المغناطيسية الخارجة نظراً لتأثر حركة الالكترونات بالمجالات المغناطيسية وتسمى هذه باللوحة المعدنية (  $\mu$ -Metal ) .

### 6-2 طيف أشعة كاما

### Gamma- Spectrum

#### Ray

يستعمل الكاشف الومضي كاشف /يوريد /الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) لدراسة وقياس طيف أشعة كاما ، بوصفها أحادية الطاقة فأن طيفها يكون خطياً اذا ما تفاعلت مع المادة بألية الامتصاص الكهروضوئي ، لكنها في الواقع تتفاعل مع المادة بجميع آليات التفاعل الرئيسية الثلاث ( التي ذكرت سابقاً ) ، لذلك يمكن تمييز القمم Peaks التالية لأشعة كاما في الطيف المسجل [37] :

1- قمة الاستطارة الخلفية Back Scattering : التي تمثل طاقة الفوتون المستطار الى الخلف والمسجل بعدها بواسطة الكاشف .

2- قمة الفناء Annihilation : عندما يكون المصدر الاشعاعي باعثاً لجسيمات  $\beta^+$

( بوزترونات ) فأنها تفنى مع الالكترونات في غطاء المصدر المشع أو على سطح الكاشف، ويولد كل منها فوتوني أشعة كاما ، إذ ان احد هذين الفوتونين قد يدخل



الكاشف، اما الثاني فيخرج ، لأن الزاوية بينهما  $180^\circ$  ، وذلك بحسب قانون حفظ الزخم، الا اذا كان الكاشف من النوع البئرّي Well Type ، فالكاشف الاعتيادي سوف يسجل طاقة اضافية مقدارها 0.511 MeV تظهر في طيف أشعة كاما .

3- قمنا الهروب المنفرد ( Single Escape peak ) والهروب المزدوج ( Double Escape peak ) : في حالة كون طاقة أشعة كاما التي يبعثها المصدر المشع ذات طاقة اكبر من 1.022 MeV ، فإنه بالامكان توليد زوج الكترون - بوزترون ، إذ تخزن طاقة الالكترونات داخل البلورة ، أما البوزترونات فأنها تَفنى داخل البلورة مكونة فوتوني أشعة كاما بطاقة 0.511 MeV لكل منهما ، وعند خروج أحد هذه الفوتونات من الكاشف فان الطاقة الباقية في البلورة تكون  $E_{P1} = E_\gamma - 0.511$  وتسجل بوصفها قمة تسمى قمة الهروب المنفرد ، أما عند خروج زوج الفوتونات من البلورة ، فإن الطاقة الباقية فيها تساوي  $E_{P2} = E_\gamma - 1.022$  وتسجل بوصفها قمة وتسمى قمة الهروب المزدوج [37] .

4- حافة كومبتن Compton Edge : تمثل الطاقة العظمى لالكترونات التشتت (الاستطارة) في عملية استطارة كومبتن .

5- القمة الضوئية Photo Peak (P.P.) : تمثل التوهين الكامل لطاقة فوتون أشعة كاما داخل بلورة الكاشف ، والتفاعل الذي يؤدي الى ظهور هذه القمة هو التفاعل الكهروضوئي [37] .

## Pulse Shaping

## 7-2 تشكيل النبضة

يعطي المضخم الابتدائي (Preamplifier) عادة نبضة ذات زمن اضمحلال طويل بحدود  $50 \mu\text{sec}$  لضمان جمع اغلب الشحنات المتولدة بالكاشف ، فإن كان معدل التفاعل في الكاشف كبيراً فإن هذه النبضات تتجه لتتراكب (Overlap) بعضها فوق بعض ، معطية قطارا موجيا (Pulse Train) ، إذ ان سعة النبضة هي التي تحمل المعلومات ( الشحنة q المخزونة في الكاشف ) لذلك فإن " تكوّم " Pile-Up النبضات على اذنان Tails النبضات السابقة لها التي لم تضمحل كلياً للصفر بعد قد تتسبب في مشكلة طيفية في القياسات .

ان الحل الامثل لهذه المشكلة هو تشكيل Shape النبضات وتحويلها الى نبضات تحذف منها اذنان الاضمحلال الطويلة ، لكن المعلومات المحمولة من السعات القصوى سوف تبقى محفوظة ، وهنا يتم اختزال الطول الكلي للنبضة بحيث لا تؤثر في السعة القصوى ، وهذا النمط من التشكيل هو المعول به عادة في المضخمات باستعمال دوائر التشكيل المؤلفة من المقاومات والمتسعات RC [2] .

## 8-2 الطيف الزمني ( المطيافية الزمنية ) Time Spectroscopy

ان المعلومات عن زمن الوصول الدقيق لكم الاشعاع في الكاشف في عدد كبير من التطبيقات يكون ذا اهتمام خاص ، لكن عندما تكون المعلومات عن الزمن ( معلومات الطيف الزمني ) هي الغرض الرئيس فاننا سنتعامل مع نبضات الكاشف بطريقة تختلف عن طريقة قياس طيف ارتفاع النبضة . ان الدقة التي يمكن بواسطتها انجاز التوقيت Timing تعتمد على خصائص الكاشف ونوع الالكترونييات المستعملة لمعالجة الاشارة ، إذ ان افضل انجاز للتوقيت يمكن الحصول عليه للكواشف الاسرع ، إذ أن شحنة الاشارة يمكن جمعها باسرع ما يمكن [45].

## 9-2 دوائر التطابق Coincidence Circuits

هناك عدد من التطبيقات التي من الضروري فيها ان نقيس أي حادثة في كاشف معين ، التي تحدث في الزمن نفسه مع حادثة في كاشف اخر ، أو الحصول على التأخر الزمني بين حادثتين . ان التحديد لحادثتين نوويتين تحدثان في الزمن نفسه ( او زمن مقارب ) يتم إلكترونياً باستعمال دوائر التطابق ، إذ تشغل هذه الدوائر على نبضات قياسية (نبضات منطقية من SCA) وتحدد ما اذا كانت ضمن الزمن التحليلي Resolving Time أو لا ، وبما أن الحوادث النووية يمكن ان تحدث في ازمنة عشوائية ، فإن نبضتين من كاشفين يمكن ان تتطابقان مصادفة Accidentally بمعدل تطابق يعطى بالعلاقة الآتية [34]:

$$N_{acc} (2\tau) = N_1 N_2 \quad \dots\dots\dots (22-2)$$

إذ ان :  $N_1, N_2$  : نسب العد Count في كاشفين مختلفين

(  $\tau$  ) : الميز الزمني للتطابق

ان افضل طريق لاختزال وتقليل التطابق بالمصادفة هي جعل الزمن التحليلي صغيراً جداً واختزاله من 500 nsec الى زمن تحليل اقل قدر الامكان لتجنب التطابق العشوائي بالمصادفة ، وعلى أي حال فان الزمن التحليلي لا يمكن ان يختزل اقل من كمية الاهتزاز

الزمني في نبضات الكاشف من دون خسارة تطابقات حقيقية ، لذلك فان نوع الكاشف يحدد  
القيمة الدنيا للتحليل الزمني .

# الفصل الثالث الأجهزة المستعملة

## الفصل الثالث

### أولاً : الأجهزة المستعملة

#### 3-1 توطئة :

استعمل في هذه الدراسة مطياف أشعة كاما التتاطقي Gamma - Gamma Coincidence الذي يتضمن كاشفين وميضيين من نوع *ايويديد الصوديوم* المنشط بالثاليوم NaI(Tl) ، وهو كاشف قياسي ذو بلورة بحجم "3"x3" من انتاج شركة Bicron يرتبط بدائرة منظومة التتاطيق والتي سوف نعرفها لاحقاً ، ويرتبط الكاشف بانبوب المضاعف الضوئي .  
إذ استعملنا المصدر المشع الصوديوم  $Na^{22}$  المنتج الباعث للبوذترونات Positron Emitter ذا طاقة 1.274 MeV ، إذ يسجل الكاشف الطاقة 0.511 MeV الناتجة من فناء البوذترون عند تفاعله مع احد الكترونات غطاء المصدر المشع او مع احد الكترونات غطاء الكاشف .

ويستعمل المطياف التتاطقي لدراسة اشعة كاما ذات الطاقة 0.511 MeV النافذة من الواح الالمنيوم والنحاس بأسمك مختلفة وفي حالات مختلفة ( في الهواء ، وبوجود المسدد ) ، كما اجريت المعايرة لكل من الطيف الزمني وطيف الطاقة .

إذ تجهز الفولتية العالية الكاشفين عبر قاعدة انبوب المضاعف الضوئي PMT Base ، التي تحتوي على مخرجين احدهما لتجهيز الفولتية العالية الموجبة (التي تنتزع بين الداينودات) ، والاخر هو OutPut للكاشف الذي يعطي نبضة سالبة للقياسات الطيفية ، ويرتبط مخرج الكاشف بالمضخم الاولي .

وتتطلب هذه الدراسة استعمال مطياف اشعة كاما التتاطقي لدراسة اشعة كاما ذات الطاقة 0.511 MeV فحسب ، والنافذة من الواح الالمنيوم والنحاس بأسمك مختلفة .

وفي ما يلي سيتم توضيح وشرح الاجهزة المستعملة بالتفصيل ، فضلا عن الوصف العام لمنظومة التتاطيق وكيفية العمل بها .

#### High Voltage Power Supply      2-3 جهاز الفولتية العالية H.V

يستعمل جهاز الفولتية العالية من نوع ( ORTEC 456 H.V POWER SUPPLY ) لتزويد الكاشفين بالفولتية المناسبة الموجبة إذ يستطيع ان يزود الكاشفين بفولتية تصل الى 3 kV لكن الفولتية المستعملة في دراستنا هي 900 Volt ، كما يحتوي على شاشة لقراءة الفولتية .

#### Scintillation Detectors      3-3 الكاشفان الوميضيان

هما عبارة عن كاشفين وميضيين من نوع *ايويديد الصوديوم* المنشط بالثاليوم NaI(Tl) ذوي حجم بلورة ( "3" x 3" ) اي ( 7.5 cm x 7.5 cm ) من انتاج شركة Bicron ، وهما حساسان للمتغيرات الحرارية والكهربائية ( تغيرات الفولتية ) ، ومادة الكاشف قابلة للكسر ، وهي مادة متميعة Hygroscopic ، لذلك يجب حفظها دائماً مغلقة ، كما ان القراءة

تُسجل بعض عدم الانتظام بسبب ان المختبر الذي اجري فيه القياس يحتوي نسبة من البوتاسيوم  $K^{40}$  ( المنبعث من الجدران ) الذي يسبب وجود خلفية اشعاعية تعود للعنصر

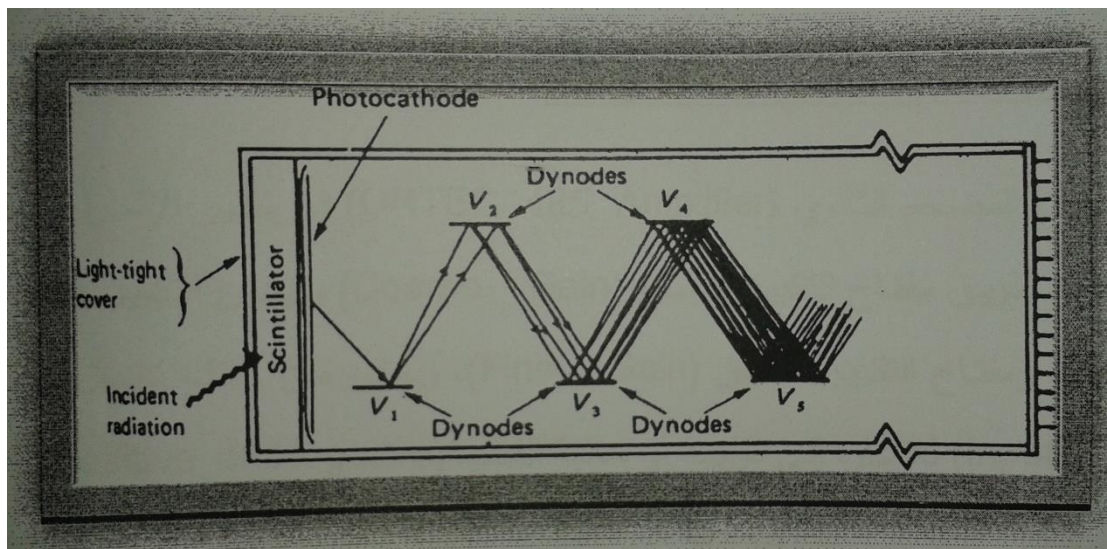
يُطلى غطاء الكاشف المحتوي على البلورة بمادة تعكس الضوء الى البلورة وتمنعه من الهروب ، وذلك لكي نتجنب فقدان الضوء من جوانب البلورة والوجه الامامي لها ، ولتجنب انعكاس الضوء من جهة الكاثود الضوئي ، ولكي نجعله يتفاعل معه فانه يستعمل مائع من مادة شفافة لزجة Silicon Fluid يوضع بين البلورة والانبوب المضاعف الضوئي PMT ، لكي يقلل السائل الضوئي الانعكاس وذلك بسبب انه يقلل التغير في معامل الانكسار في اثناء مرور الضوء في الوماض الى PMT ، إذ ان التغير الحاد بمعامل الانكسار تنتج عنه زاوية انعكاس حرجة صغيرة تعمل على زيادة الانعكاس الكلي [37] .

### Photomultiplier Tube

### 4-3 انبوب المضاعف الضوئي PMT

هو عبارة عن انبوب زجاجي مفرغ من الهواء ، يطلّى جزؤه الاعلى المواجه للبلورة بمادة حساسة للفوتونات تدعى المهبط الضوئي Photocathode يقوم بتحويل الضوء الصادر من البلورة الى الكترونات اولية ، وتلي هذا الجزء مجموعة من الاقطاب المنفصلة تدعى الداينودات Dynodes تقوم بالتقاط الالكترونات الاولية ومضاعفة عددها الى الحد الذي يسمح بالحصول على تضخيم كبير للإشارة الضوئية الابتدائية .

وتصنع مادة الاقطاب هذه من معدن مغطى بطبقة يسهل اقتلاع الالكترونات منها بالكترونات اخرى . اما الجزء الاخير فهو المصعد الرئيس Anode الذي يلتقط الالكترونات النهائية ، ويمكن اشتقاق الإشارة الكهربائية اما خارج من احد الداينودات ، او خارج الانود ، كما في الشكل ( 1-3 ) الذي يوضح التركيب الداخلي لانبوب المضاعف الضوئي [37] :



شكل ( 1-3 ) التركيب الداخلي لانبوب المضاعف الضوئي [33].

ان انبوب المضاعف الضوئي في كاشف آيوديد الصوديوم المنشط بالتاليوم NaI(Tl) المستعمل في العمل يرتبط بقاعدة المضاعف الضوئي ( PMT Base ) . وتغذى فولتية

التشغيل الموجبة باستعمال مدخل الفولتية ( H.V Input ) ، اما الاشارة الخارجة لقياسات الطاقة فتؤخذ من خارج قاعدة المضاعف .  
ولحماية انبوب المضاعف الضوئي من تأثير المجالات المغناطيسية الخارجية يحاط المضاعف عادة بطبقة من سبيكة نوع ( Conetic ) .

### 5-3 المضخم ( المكبر ) الابتدائي Preamplifier

ان الغرض الاساسي الذي يستعمل من اجله المضخم الابتدائي ( ORTEC 113 Preamplifier ) ووضعه مع منظومة التطابق في العمل هو التقاط الاشارة الخارجة من الكاشف ، وتقليل نسبة الضوضاء الالكترونية ( Electronic Noise ) ، والحصول على مجارة للممانعة التي تخص المنظومة ( Impedance Matching ) لكي تمر النبضات قليلة السعة ( Low Amplitude ) في المنظومة وتقليل توهينها او فقدانها .

### 6-3 المضخم الرئيس Amplifier

يعد المضخم ( المكبر ) الرئيس ( ORTEC 485 Amplifier ) من اهم اجزاء منظومة التطابق لأشعة ؛ اما ، حيث يعمل على تكبير الاشارة الداخلة اليه عن طريق مفتاح التكبير الواسع ( Coarse Gain ) ، ويكون التكبير فيه من ( 3-64 ) ، وكذلك عن طريق مفتاح التكبير الدقيق ( Fine Gain ) ، ويمكن عن طريقه تعديل قطبية الدخول ( Input ) للاشارة الى موجبة القطبية او سالبة القطبية ( Positive or Negative ) ، كما يقوم بتشكيل النبضات الخارجة منه الى نبضات احادية القطبية ( Unipolar Pulses ) او مزدوجة القطبية ( Bipolar Pulses ) باستعمال مفتاح موجود فيه يمكن بواسطته التغيير بينهما .  
وأيضاً يعمل على زيادة نسبة السعات لهذه النبضات الى نسبة الضوضاء باختيار ثابت زمن تفاضلي - تكاملي مناسب .

### 7-3 المضخم ذو التأخير Delay Amplifier

يعد مضخم ذو التأخير ( ORTEC 427 Delay Amplifier ) ملائماً لاي غرض عام للتأخير المتنوع للاشارات المختلفة ( المنطقية او الخطية ) بزمن يمتد من ( 0.25 to 4.75  $\mu$ s ) ، لكنه يقوم بوظيفتين اساسيتين ، كما يمكنه تأخير جميع الاشارات باختلاف قطبيتها ضمن الزمن المعين ، كما يمكن اعادة انتاجها عبر وحدة الإخراج ( Out Put ) .  
كما يمكن ان يساعد على تأخير النبضة المتقدمة والداخلة اليه لتتساوى في مسارها مع نبضة اخرى وذلك لكي يسهل عملية التطابق ( Coincidence ) بحسب متطلبات ضبط البوابة ( Gating Adjustment ) .

### 8-3 المميز ذو الجزء الثابت Constant Fraction Discriminator

ان ( ORTEC 473 Constant Fraction Discriminator ) هو وحدة الكترونية تقوم باعطاء نبضة منطقية سالبة القطبية ذات زمن نمو وزمن اضمحلال معينين عند وصول النبضة الداخلة اليه الى جزء ثابت من قيمتها الاصلية .

**Timing Filter Amplifier****9-3 المضمخ الزمني ذو المرشح**

يعتمد عمل المطياف التتابعي السريع - البطيء اساساً على خواص النبضات الخارجة من الكاشف ، فعند استعمال كاشف ذي حجم كبير يفتقرن بزيادة الزمن المطلوب لجمع الشحنات وتغييره ، ويترتب على ذلك زيادة زمن نمو النبضة ( Pulse Rise Time ) ، واختلاف اشكال النبضات وسعاتها .

عند محاولة الحصول على معلومات زمنية من تلك النبضات فان ذلك يتطلب تشكيلها الى نبضات ذات زمن نمو قصير ، وعلى ذلك لا بد من تشكيل النبضات الخارجة من تلك الكواشف.

استعمل المكبر الزمني ذو المرشح (ORTEC 454 Timing Filter Amplifier) ليضمن لنا تشكيل زمن نمو النبضة ولا سيما عند العمل ضمن مدى واسع من زمن جمع الشحنات، بحيث يكون اقل زمن نمو اي اشارة تدخل الى المكبر ، ويضمن لنا اختيار ثابت الزمن الاضحلال للنبضة ، وزيادة نسبة سعة النبضة الى سعة الضوضاء بواسطة اختيار ثابت زمن (تفاضلي - تكاملي) مناسب ( Differentiation and Integration Time ) (Constant).

**Single Channel Analyzer****10-3 المحلل ذو القناة الواحدة**

ان المحلل ذو القناة الواحدة (ORTEC 490 B Single Channel Analyzer) هو عبارة عن وحدة متعددة الجوانب ، وذو اكثر من نمط خاص بالتشغيل . إذ عند نمط الـ (Window) يكون كوحدة تشغيل ذات ميز عال (High Resolution) ، وينحصر من (0 - 10 %) ، وعند مديات اوسع نستعمل النمط الاعتيادي (Normal Mode) ، إذ يمكن تغيير كل من المستوى العلوي ( Upper Level ) ، والمستوى السفلي (Lower Level) ، بنحو مختلف ومستقل كل منها عن الاخر ضمن المدى المحدد (0 - 10 V) ، ويكون الاخراج موحداً للنبضات التي حلها المحلل ( Analyzer ) بين المستويين السفلي والعلوي ، إذ تعمل هذه الوحدة عمل مميز تكاملي لمدى ديناميكي واسع ومزدوج لمسلك النبضة (Pulse Route) . (

**Gate and Delay Generator****11-3 بوابة ومولد التأخير**

تستعمل هذه الوحدة ( ORTEC 416 Gate and Delay Generator ) لاعطاء نبضة منطقية مربعة سالبة او موجبة ذات عرض وسعة متغيرين بحسب الحاجة الى ذلك ، ومناسبين لفتح بوابة المطياف التتابعي ، إذ يمكن ان تتغير السعة فيه ضمن المدى ( 2 to 10  $\mu$ s ) والعرض من ( 0.4 to 4  $\mu$ s ) .

**Linear Gate****12-3 البوابة الخطية**

تعد هذه الوحدة ( ORTEC 426 Linear Gate ) جيدة في منع الاشارة الخطية تبعاً للتطابق المختار ، وكذلك للمتطلبات الزمنية ( Timing Requirements ) فضلاً عن ذلك فانها تعطي انسيابية ادخال متنوعة مع عرض يتم التحكم فيه عبر مفتاح عرض البوابة



( Gate Width ) ، وتكون مدة فتح البوابة فيه ( 0.3 to 4  $\mu$ s ) ، وان تشغيل البوابة يتم بواسطة نبضة تمكين موجبة ( Positive Enable Pulse ) .

### 13-3 وحدة التحويل الزمن - السعة Time - Pulse Height Converter

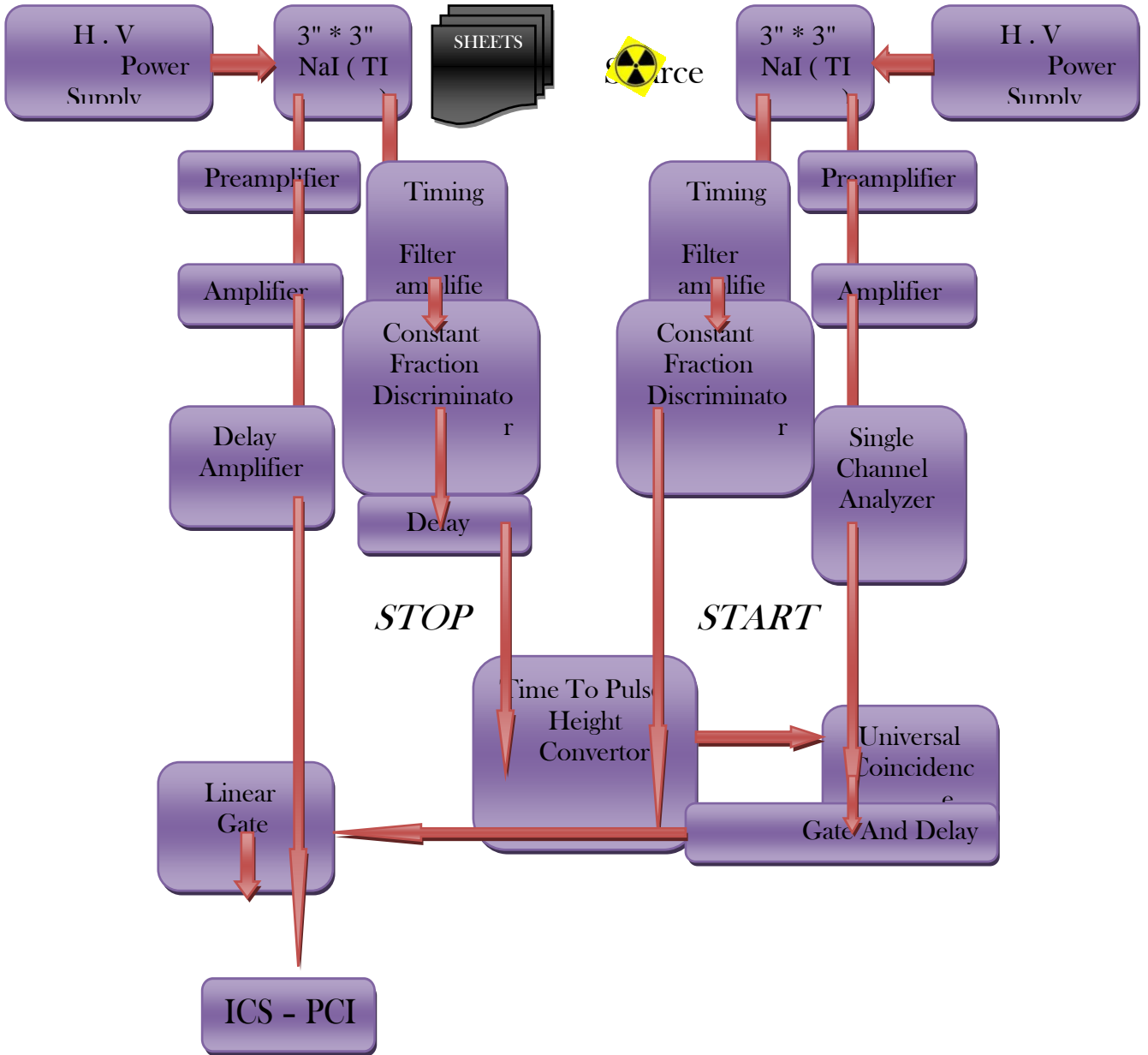
استعملنا في هذا البحث وحدة التحويل زمن سعة من نوع اشتغال توقف ( ORTEC 467 Time - Pulse Height Converter ) ، إذ يبدأ عمل هذه الوحدة عندما تظهر نبضة الاشتغال ( Start Input ) ، وبعد ذلك يكون قاصرا عن استقبال نبضة ثانية ، وذلك لمنع تراكم النبضات بعضها على بعض ( Pile Up ) ، في حين يكون داخل الايقاف ( Stop Input ) مستعدا لاستقبال نبضة تعمل على ايقاف الدائرة عن العمل ، وبعد ذلك لا يمكنه استقبال نبضة اخرى بعد نبضة الايقاف الاولى ، وفي اثناء المدة الزمنية بين الاشتغال والتوقف يتكون تيار ثابت يمر بعد ذلك بمتسعة تكاملية ( Integral Capacitor ) ، لتوليد نبضة متناظرة ذات سعة تتناسب مع الفرق الزمني بين نبضتي الاشتغال والتوقف ، وكذلك تصلح للتحليل بواسطة محلل اطيف متعدد القنوات لقياس الطيف الزمني للعنصر المراد دراسته . ويمكن اختيار المدى الزمني الذي تتم ضمن حدوده عملية الاشتغال والتوقف بصورة مناسبة للمدة ما بين بداية الاشتغال والتوقف .

### 14-3 وحدة التطابق العام Universal Coincidence Unit

ان هذه الوحدة ( ORTEC 418 A Universal Coincidence Unit ) تحتوي على خمس وحدات ادخال لكل منها وصلة تحكم امامية ملائمة لغرض استقبال الاشارة ، إذ تستقبل اشارة ادخال ذات عرض ( 50 ns ) او اكثر . تعيد توليد الاشارة الداخلة بصيغة يمكن استعمالها في المقارنات التطابقية ( Coincidence Comparisons ) ، حيث ان عرض اشارة الادخال يمكن السيطرة عليه بواسطة زمن تحليلي يمتد بين ( 0.1 to 2  $\mu$ s ) ، ويوجد مفتاح خاص به في لوحة التحكم الامامية .

### 15-3 وصف مطياف التتابع

يبين الشكل ( 2-3 ) الرسم التخطيطي لمطياف أشعة كاما التتابعي السريع - البطيء :



شكل ( 2-3 ) الرسم التخطيطي لمطياف اشعة كاما التتابعي السريع البطيء

إذ غدينا النبضات الى نوعين من القنوات :

- قنوات بطيئة للتحليل الطيفي واختيار نطاق معين من طاقة الطيف الكامي ( Energy Selection )
- قنوات سريعة للتحليل الزمني

كذلك غديت النبضات السالبة القطبية الخارجة من الكاشف الوميضي الى المكبر الزمني ذي المرشح لتقليل زمن نموها وتشكيلها الى شكل قياسي ، وزيادة نسبة الإشارة الى الضوضاء الناتجة من استعمال الكاشف والمضاعف الضوئي وذلك بواسطة اختيار ثابت زمن

تفاضلي - تكاملي مناسب ( 20 ns ) ، وتتميز النبضة الخارجة من المكبر الزمني ذي المرشح بأنها سالبة القطبية وذات زمن نمو قصير ( 70 ns ) وزمن اضمحلال مساوٍ الى ( 200 ns ) ، وقد غذيت هذه النبضات الى مميز الجزء الثابت ، منظم على مفتاح ( Slow ) ( Rise Time Reject ( SRT ) لكي يلغي النبضات ذات زمن النمو البطيء ، إذ يعمل على اعطاء نبضة منطقية سالبة القطبية ( ذات زمن نمو 25 ns وزمن اضمحلال 100 ns ) عندما تصل النبضة الداخلة اليه الى جزء ثابت من سعتها ، ثم غذيت النبضات الخارجة من المميز آف الذكر الى وحدة التحويل زمن - سعة ، منظم على مدى ( Range = 0.5  $\mu$ s ) تعمل على بدء تشغيل الوحدة ( Start ) . اما النبضات الخارجة من الكاشف الثاني فقد غذيت الى مكبر زمني ذي مرشح ( TFA ) يعطي عند خارجه نبضات سالبة تدخل الى مميز عند الجزء الثابت (CFD) عند مستوى التمييز الخاص به ( Discriminator Level = 0.1 ) ومنظم على مفتاح ( SRT ) والنبضات الخارجة منه هي نبضات منطقية سالبة القطبية ذات زمن نمو ( 100 ns ) تغذى الى مدخل الايقاف لوحدة التحويل زمن - سعة لتعمل على ايقافها وذلك عبر مؤخر زمني يقوم بتأخير النبضات بمقدار مناسب وان استعمال المكبر الزمني ذي المرشح ( TFA ) مع المميز عند الجزء الثابت ( CFD ) يعد علاجاً فعالاً لتقليل تأثير الضوضاء الناتجة من تيار التسرب ، والتخلص من تأثير تغير سعة النبضات الخارجة من الكاشف بسبب كبر حجمه واختلاف موضوع تفاعل أشعة كاما مع المادة الخاصة بالكاشف للحصول على نبضات زمنية عالية الدقة من حيث الشكل وزمن النمو .

ان وحدة التحويل زمن - سعة تبدأ بالعمل عندما تصل اليها النبضات المشككة من الكاشف الوميضي الاول وتتوقف عن العمل عند وصول النبضات من الكاشف الوميضي الثاني ، إذ تعطي عند خارجها نبضات خطية موجبة ذات سعة تتناسب مع الفرق الزمني بين بداية الاشتغال ونهايته ، وكذلك نبضات منطقية مصاحبة لها ، وهذه الاخيرة تغذى الى المدخل الاول لوحدة تطابق زمنية بطيئة ذات زمن تحليلي ( 2  $\mu$ s ) ، اما المدخل الاخر لوحدة التطابق الزمنية فتصله نبضات مشككة من الكاشف الوميضي من مكبر طيفي ذي ثابت زمني تفاضلي - تكاملي متغير عبر محلل اطياف زمني ذي قناة واحدة للحصول على احسن قدرة تبيينية .

يمكن كذلك اختيار نطاق الطاقة المدروسة ( البوابة Gate ) عبر محلل الاطياف الزمني ذي القناة الواحدة ( TSCA ) فضلاً عن توليد نبضات منطقية موجبة ذات سعة وعرض مناسبين لعمل وحدة التطابق الزمني التي تعطي نبضة منطقية موجبة عند خارجها اذا وصلت اليها نبضتان في الزمن التحليلي لها (  $2\tau_0$  ) وبخلاف ذلك لا تعطي أي نبضة عند خارجها .

ان النبضات المنطقية الموجبة الخارجة من وحدة التطابق الزمنية تصل الى مدخل ( Input ) بوابة ومولد التأخير ، إذ يقوم باعطاء نبضة خارجة ذات شكل مناسب الى مدخل ( Enable ) البوابة الخطية توصل بمحلل الاطياف متعدد القنوات الموجود ضمن بطاقة مطياف الحاسوب التكاملية ( ICS - PCI ) . اما الخرج الاخر لكاشف الصوديوم الثاني فقد شكلت النبضة الخارجة منه وزيدت نسبة الاشارة الى الضوضاء باختيار ثابت زمن تفاضلي - تكاملية مناسب بواسطة مكبر طيفي ، وقد عوقت النبضات الخارجة من المكبر المذكور زمنياً عن طريق معوق مكبر بتأخير يساوي (  $4.75 \mu s$  ) لكي تصل الى البوابة الخطية بعد الوقت

الذي تفتح فيه بوابته ، ثم تصل خارج المعوق الى مدخل البوابة الخطية ومنه الى محلل الاطياف متعدد القنوات .

### ICS – PCI Card

### 16-3 برنامج مطياف الحاسبة التكاملية

هو برنامج حاسوب شخصي مصنع من شركة Spectrum Techniques Ins ، صُمم هذا البرنامج للتطبيقات الطيفية وذلك للعمل اساساً مع الكواشف الومضية ، يحتوي هذا البرنامج على مكبر ابتدائي ومكبر رئيس ومجهر فولتية عالية يجهز بها كاشف أيوديد الصوديوم ومحلل متعدد القنوات بـ ( 4096 - 1024 ) قناة مع ذاكرة بيانات مع مميّز المستويين الاعلى ULD والادنى LLD . ان المكبر ومجهر الفولتية يتلاءمان كلياً مع اغلب الكواشف الومضية ، ولسهولة التنصيب والمعايرة فان الربح الكبير Coarse Gain والربح الدقيق Fine Gain للمكبر والمجهر الفولتية واوضاع المميزين الاعلى والادنى يسطر عليها مباشرةً من الحاسوب الشخصي ، ويمكن استعمال مكبر خارجي ومجهر فولتية منفصلين كما في المنظومة الحالية .

ان خارج المحلل يعرض اطياف أشعة كما الممثلة بالعد على محور ( Y ) والقنوات على محور ( X ) والمعلومات التي تتعلق بالقمة مثل الطاقة وموقع القمة وعرض القمة .

### **ثانياً : الجزء العملي**

### 17-3 الجانب العملي

تم وضع كل من كاشفي NaI(Tl) متقابلين بزواوية ( $180^\circ$ ) ويوضع المصدر  $Na^{22}$  بين الكاشفين واستعملنا اسماكاً مختلفة من مادة النحاس ومادة الالمنيوم متوافرة محلياً للدراسة ذات ابعاد (  $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  ) لغرض تغطية كامل وجه الكاشف ، إذ كان سمك الألواح لمادة النحاس يساوي 0.5 cm لكل لوح ، في حين كان سمكه 0.6 cm لمادة الالمنيوم ، إذ تؤخذ بوابة باحد فرعي المطياف ويترك الفرع الآخر ليمرر نبضات الطيف الكامل ويوضع سمك

معين من احدى المواد المستعملة كنماذج بين المصدر  $Na^{22}$  والكاشف الذي يمرر نبضات الطيف الكلي ، ويبقى ما بين المصدر والكاشف الذي يمثل فرع البوابة فارغاً وعلى بعد مناسب وثابت ، ويقاس الطيف المباشر ويتم تسجيله ، واخذ قياس آخر لكل حالة من القياس ، اي حالة الطيف المباشر والطيف التطاقي في حالة وجود المسدد بقطر 10 mm والمسدد 7 mm لكل طيف وفي الهواء ، كذلك لكل حالة عند مدى الطيف الزمني الكلي ( 500 nsec ) ومدى الطيف الزمني المختزل ( 50 nsec ) وهكذا الى ان يتم توهين الفوتونات عند سمك معين من المادة المستعملة في العمل بين الكاشف والمصدر بصورة لا تظهر عندها القمة الضوئية على شاشة المحلل MCA ليتم بعدها تغيير المادة بمادة اخرى واجراء عمليات القياس المباشرة والتطابقية أنفسها ، إذ نحصل على اكثر من معلومة من الاطياف التي يتم تسجيلها لتلك المادتين ( النحاس والالمنيوم ) 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 يمكننا حساب اكثر من كمية بواسطة المعلومات السابقة مثل معامل التوهين ومعامل التراكم وغيرها.

# الفصل الرابع

## التنسيق والمناقشة والاستنتاجات

## الفصل الرابع النتائج والمناقشة والاستنتاجات

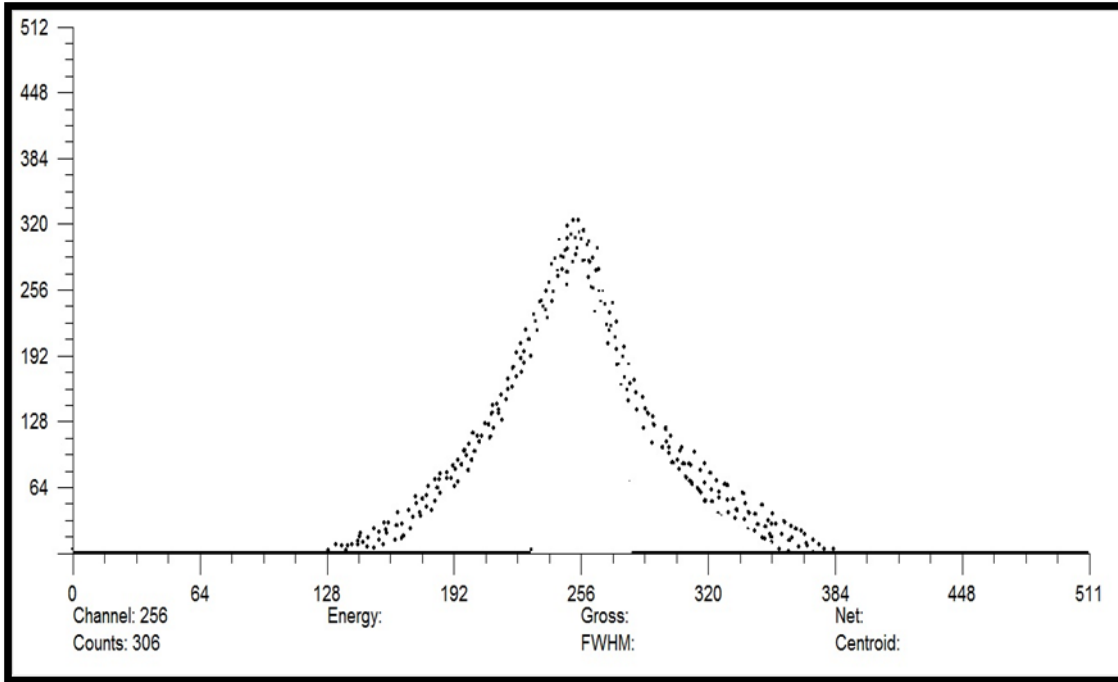
### 1-4 توطئة :

يتضمن هذا الفصل النتائج العملية المستحصلة من القياسات التي استعمل فيها كاشفان وميضيان من نوع أيوديد الصوديوم كل منها ذو بلورة بأبعاد ( 3" x 3" ) يرتبطان بدوائر المطياف التتطابق المبين وصفه والأجهزة المستعملة آنفة الذكر في الفصل الثالث . كما استعملنا مصدر الصوديوم  $Na^{22}$  بفعالية قليلة نسبياً (1 $\mu$ ci) لغرض تهيئة المطياف وإجراء القياس .

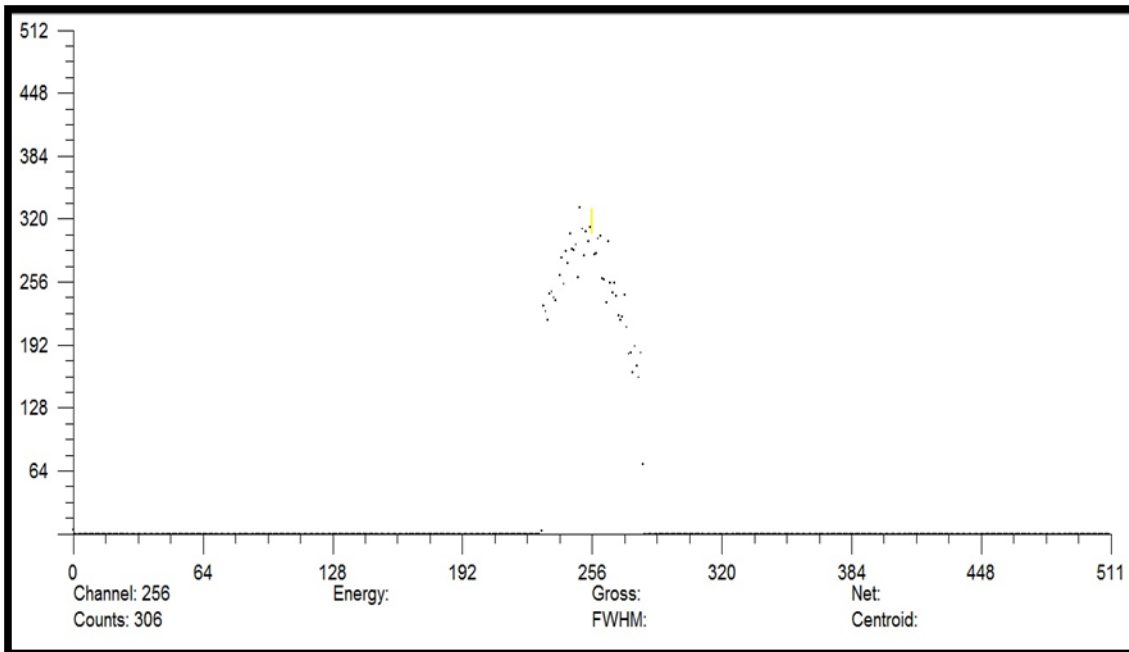
### 2-4 قياس الطيف الزمني : Time Spectrum Measurement

ان نظام توقيت النبضات يمكن فهمه بمعرفة بعض المفاهيم الأساسية لقياسات المدة الزمنية، إذ ان وحدة محول الزمن للسعة ( TPHC ) Time to Pulse Height Converter هي جهاز يعطي نبضة خارجة بسعة تتناسب مع الفرق الزمني بين دخول النبضات اليها Start وتوقفها Stop .

ان الدائرة الداخلية من الشكل ( 2-3 ) قد تم استعمالها لقياس الطيف الزمني الكلي والمختزل باستعمال نظير الصوديوم  $Na^{22}$  ، إذ تم وضع المصدر على مسافة مناسبة من الكاشفين المتقابلين بزواوية تساوي (  $180^\circ$  ) بينهما وذلك في الهواء ثم تم تغيير قيمة المعوق الزمني Delay للحصول على معايرة زمنية لشاشة المحلل MCA ، إذ تم حساب قابلية الميز الزمني Time Resolution للمطياف من الطيف الزمني الكلي ووجدت انها تقريبا ( 7 nsec ). وقد تم اعتماد الطيف الزمني المختزل لأنه اكثر دقة من الطيف الكلي ، إذ يظهر فقط الحوادث التي تأتي من المصدر الى الكاشف مباشرة ، ويلغي الحوادث النووية العرضية التي يكون معها طيف الطاقة اقل دقة مثل حوادث الاستطارة Scattering والتطابق الصدفي وغيرها من الحوادث النووية العشوائية ، والشكلان ( 1-4 ) و ( 2-4 ) يوضحان الطيف الزمني الكلي والطيف الزمني المختزل :



الشكل ( 1 - 4 ) الطيف الزمني الكلي ( 500 ns )



الشكل ( 4 - 2 ) الطيف الزمني المختزل ( 50 ns )

### 3-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطاقي لمادة الالمنيوم في الهواء والمسدد بقطر ( 10 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :

أجريت قياسات الطيف المباشر والطيف التطاقي لألواح الالمنيوم بأستعمال المطياف المبين في الفصل الثالث ( الشكل 2-3 ) ولمدة ( 300 ثانية ) لكل قياس وتم الحصول على البيانات للأطياف المباشرة والتطابقية للقمة ( 511 keV ) وتم ادراجها في الجدول ( 1-4 ) حيث يتضمن الجدول سُمك المادة وصافي المساحة تحت القمة الضوئية net peak area ( NPA ) كالآتي :

الجدول ( 1-4 ) قيم NPA لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والتطابق في الهواء والمسدد ( 10 mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السُمك cm	بالهواء		بالمسدد 10 ملم	
	مباشر	تطابقي	مباشر	تطابقي
0	34789	13959	11164	<b>3603</b>
1.2	25050	11003	8433	<b>2836</b>
2.4	19303	8930	6858	<b>2407</b>
3.6	14919	7021	5010	<b>1777</b>
4.8	11673	5987	3971	<b>1380</b>
6	8335	4676	3145	<b>1136</b>
7.2	6431	3591	2267	<b>802</b>
8.4	4798	2910	2056	<b>689</b>
9.6	4143	2265	1349	<b>578</b>

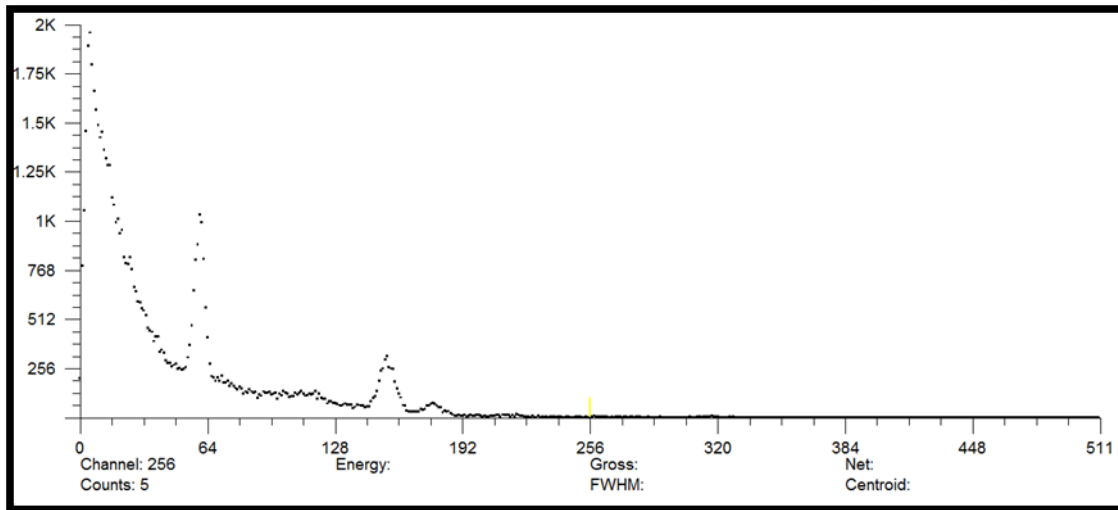


والجدول 2-4 يبين اللوغاريتم الطبيعي لاصافي المساحة تحت القمة الضوئية (المبينة في الجدول 1-4) كالاتي :

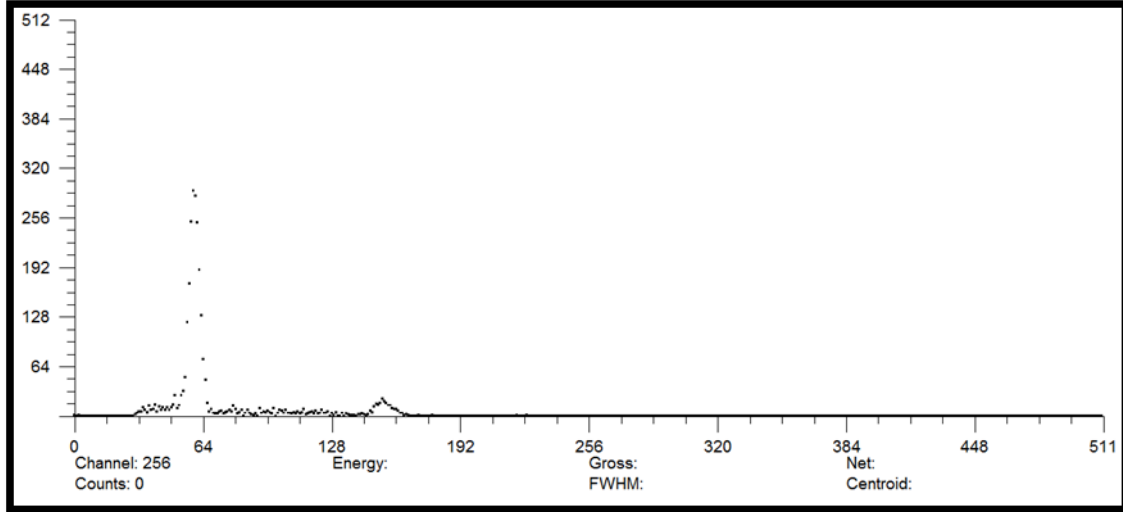
الجدول ( 2-4 ) قيم  $\ln$  ( NPA ) لألواح الالمنيوم للطيف المباشر والتطابيقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السُمك cm	بالهواء		بالمسدد 10 ملم	
	مباشر	تطابيقي	مباشر	تطابيقي
1.2	10.12	9.30	9.03	<b>7.95</b>
2.4	9.86	9.09	8.83	<b>7.78</b>
3.6	9.61	8.89	8.57	<b>7.48</b>
4.8	9.36	8.69	8.28	<b>7.22</b>
6	9.02	8.45	8.05	<b>7.04</b>
7.2	8.76	8.18	7.72	<b>6.69</b>
8.4	8.47	7.97	7.47	<b>6.53</b>
9.6	8.32	7.72	7.20	<b>6.36</b>

ويبين الشكلان ( 3-4 ) و ( 4-4 ) الطيف المباشر والطيف التطابيقي لأشعة كاما في المسدد عند السُمك ( 3.6 cm ) :



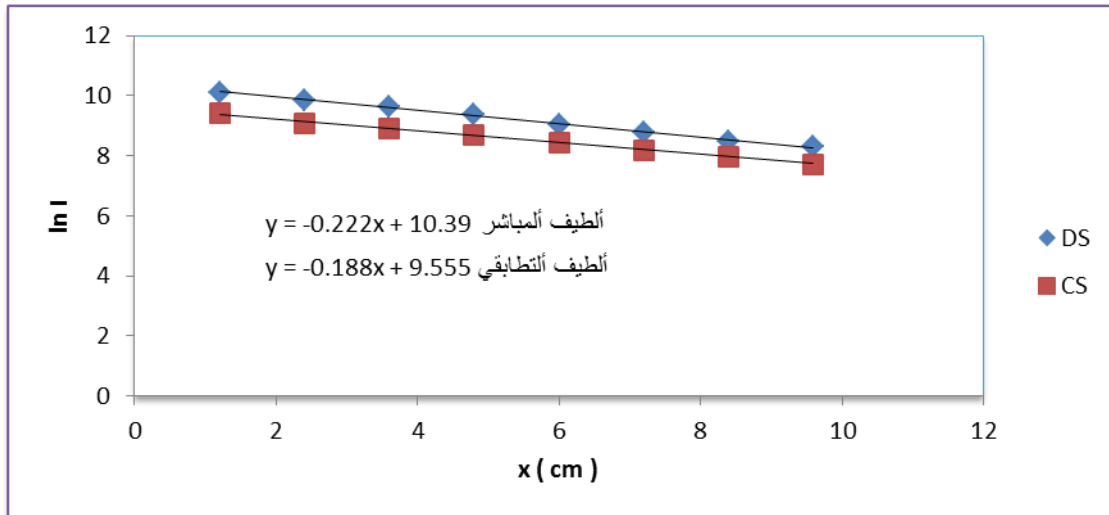
الشكل 3-4 الطيف المباشر لأشعة كاما في المسدد 10 mm باستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm



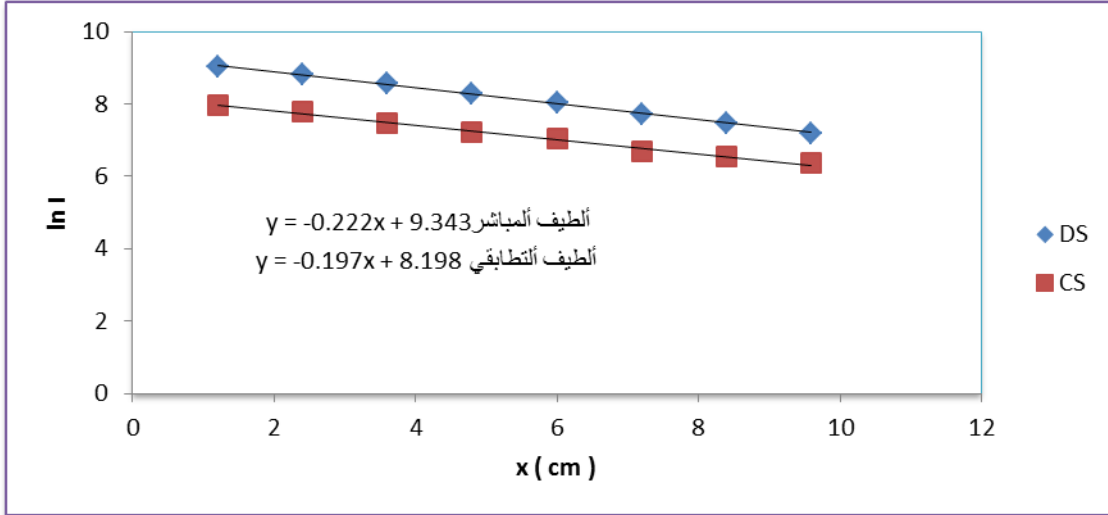
الشكل 4-4 الطيف التتطابقي لأشعة كاما في المسدد 10 mm بأستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm

#### 1-3-4 حساب معاملات التوهين للألمنيوم للطيف المباشر والطيف التتطابقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :

من القياسات السابقة لصافي المساحة تحت القمة الضوئية ( NPA ) وأخذ اللوغاريتم الطبيعي لها ( الجدول 1-4 و 2-4 ) ، نلاحظ ان زيادة سُمك المادة الماصة يزيد من مقدار التوهين في أشعة كاما النافذة ، وبأستعمال صيغة لامبرت لحساب معامل التوهين ( العلاقة 11-2 ) تم حساب معاملات التوهين لأشعة كاما بأستعمال الواح الالمنيوم في الهواء والمسدد للطيفين المباشر والتتطابقي ، وكانت النتائج كالآتي :



الشكل ( 4-5 ) معاملات التوهين لألواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتطابقي في الهواء



أشكال ( 4 - 6 ) معاملات التوهين لألواح الألمنيوم للطيف المباشر والتطابيقي باستعمال المسدد 10 mm .

ان المعادلة المبينة في الشكلين ( 4-5 ) و ( 4-6 ) هي معادلة خط مستقيم تقارن بالمعادلة  $y=mx+c$  حيث ان  $( m )$  هو ميل الخط المستقيم وهو يمثل القيمة العملية لمعامل التوهين الخطي للألمنيوم  $( \mu )$  ، ويقاس بوحدة  $( cm^{-1} )$  ، وعند قسمة هذا المعامل على كثافة المادة نحصل على معامل التوهين الكتلي  $( \mu_m )$  ، ومن خلال ملاحظة الرسوم البيانية لمعامل التوهين لمادة الألمنيوم ( الشكلين ( 4-5 ) و ( 4-6 ) ) للطيف المباشر والطيف التطابيقي في الهواء نجد ان معامل التوهين للطيف التطابيقي هو  $0.188 cm^{-1}$  ومعامل التوهين الكتلي مقاساً بوحدة  $( cm^2/gm )$   $0.069$  وللطيف المباشر  $0.222 cm^{-1}$  ومعامل التوهين الكتلي  $0.082$  . وفي حالة وجود المسدد 10 ملم ( أشكال 4-6 ) نجد ان معامل التوهين الخطي للطيف التطابيقي هو  $0.197 cm^{-1}$  والكتلي  $0.072$  ، وللطيف المباشر  $0.222 cm^{-1}$  والكتلي هو  $0.082$  . وهذا يدل على ان معامل التوهين يقل في حالة الطيف التطابيقي في الهواء والمسدد مما هو عليه في حالة الطيف المباشر.

#### **4-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطابيقي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر ( 10 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :**

بالآلية أنفة الذكر في قياسات مادة الألمنيوم تم إجراء نفس القياسات انفسها على مادة النحاس وكانت النتائج كما يأتي :

الجدول ( 3-4 ) قيم NPA لالواح النحاس للطيف المباشر والطيف التتطابقى فى الهواء والمسدد ( 10 mm ) عند المدى الزمنى الكلى ( 500 ns )

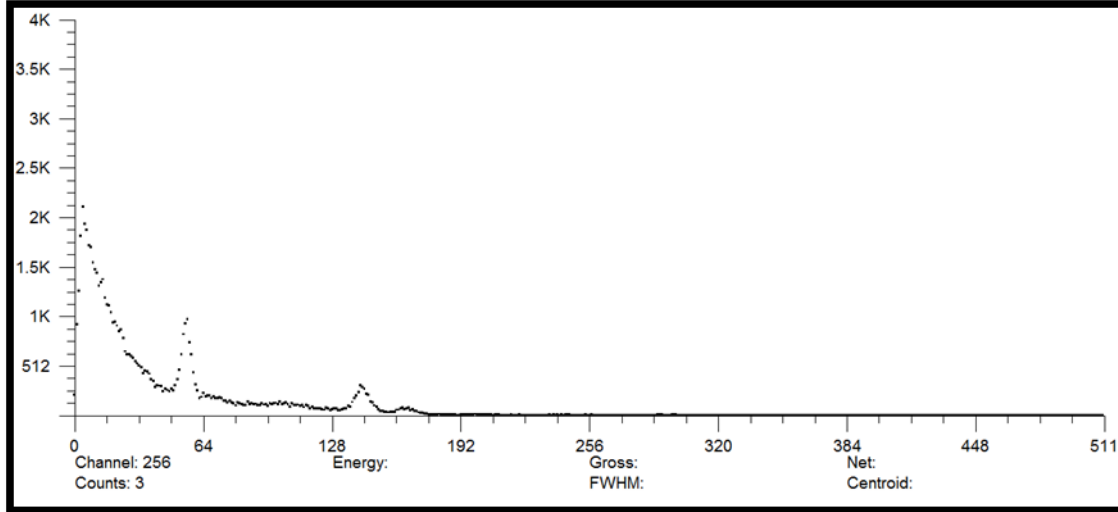
السمك cm	بالهواء		بالمسدد 10 ملم	
	مباشر	تتطابقى	مباشر	تتطابقى
0	32866	14980	12162	4992
0.5	22133	11411	8012	3531
1.0	14916	8213	5558	2482
1.5	10036	6200	3923	1783
2.0	6626	4471	2504	1263
2.5	4319	3127	1759	943
3.0	2869	2235	988	652
3.5	1887	1786	807	452
4.0	1500	1566	336	331

وبين الجدول 4-4 اللوغار يتم الطبعى لصفى المساحة تحت القمة الضوئية ( المبينة فى الجدول 3-4 ) كالاتى :

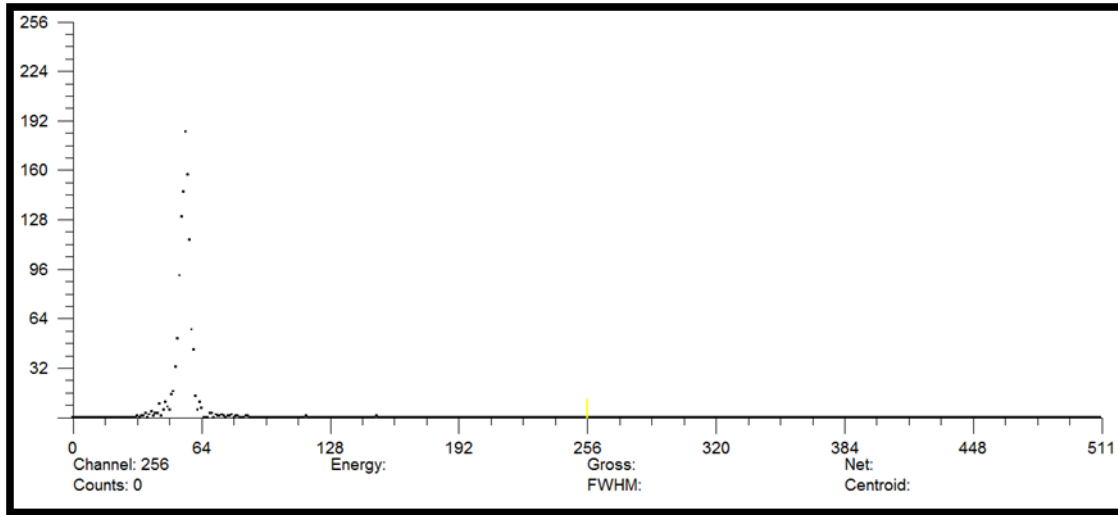
الجدول ( 4-4 ) قيم In ( NPA ) لالواح النحاس للطيف المباشر والطيف التتطابقى فى الهواء والمسدد ( 10 mm ) عند المدى الزمنى الكلى ( 500 ns )

السمك cm	بالهواء		بالمسدد 10 ملم	
	مباشر	تتطابقى	مباشر	تتطابقى
0.5	10.00	9.34	8.98	8.19
1.0	9.69	9.01	8.69	7.81
1.5	9.21	8.74	8.27	7.41
2.0	8.79	8.47	7.89	7.18
2.5	8.38	8.04	7.47	6.84
3.0	7.96	7.71	6.89	6.48
3.5	7.57	7.48	6.69	6.11
4.0	7.18	7.29	5.89	5.80

ويوضح أشكالان ( 7-4 ) و ( 8-4 ) الطيف المباشر والطيف التتطابقى لأشعة كما فى المسدد عند السمك ( 1.5 cm ) .

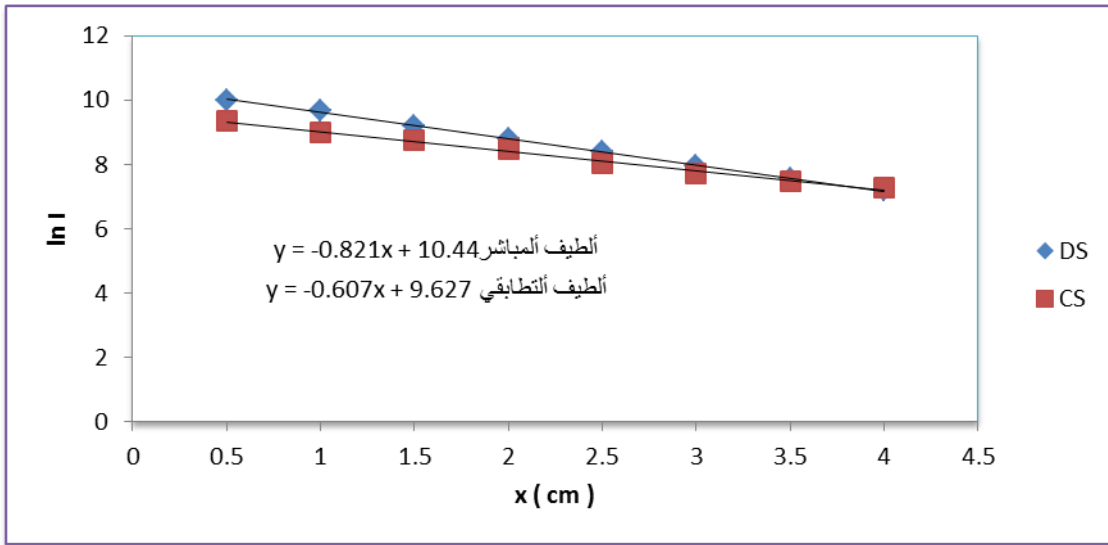


الشكل 4-7 الطيف المباشر لأشعة كاما في المسدد 10 mm باستعمال الواح النحاس عند سُمك 1.5 cm

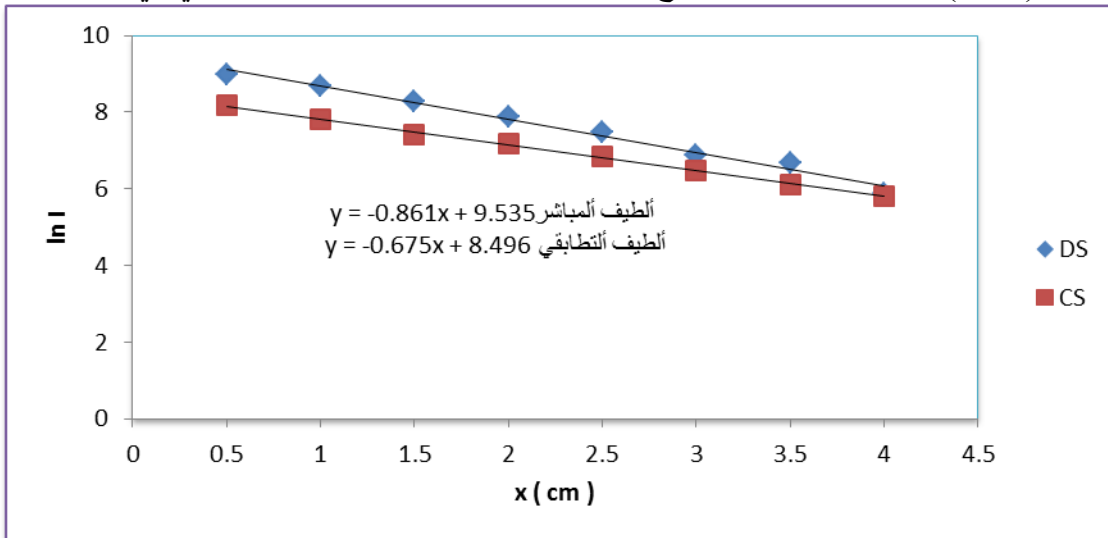


الشكل 4-8 الطيف التطابقي لأشعة كاما في المسدد 10 mm باستعمال الواح النحاس عند سُمك 1.5 cm

**4-4-1 حساب معاملات التوهين للنحاس للطيف المباشر والطيف التطابقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :**  
 من خلال القياسات السابقة لصافي المساحة تحت القمة الضوئية ( NPA ) وأخذ اللوغاريتم الطبيعي لها ( الجدولان ( 3-4 ) و ( 4-4 ) قمنا برسم معاملات التوهين لأشعة كاما باستعمال الواح النحاس في الهواء والمسدد للطيفين المباشر والتطابقي وهي موضحة في الشكلين ( 9-4 ) و ( 10-4 ) .



الشكل ( 9-4 ) معاملات التوهين لألواح النحاس للطيف المباشر والطيف التناظري في الهواء.



الشكل ( 10-4 ) معاملات التوهين لألواح النحاس للطيف المباشر والتناظري في المسدد mm 10.

إذ ان معاملات التوهين الخطي مبينة في الشكل ( 9-4 ) وان معاملات التوهين الكتلي للطيف المباشر في الهواء ( مقاسا بوحدات  $cm^2/gm$  ) 0.091 وللطيف التناظري 0.067 ، وان معاملات التوهين الكتلية للشكل (10-4) للطيف المباشر في المسدد 0.096 وللطيف التناظري 0.075 .

**5-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطبقي لمادة الالمنيوم في الهواء والمسدد بقطر ( 7 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :**

أجريت قياسات الطيف المباشر والطيف التطبقي لألواح الالمنيوم بأستعمال ألمطياف ولمدة ( 300 ثانية ) لكل قياس وتم الحصول على ألبينات للأطياف المباشرة والتطابقية للقمة ( 511 keV ) وتم ادراجها في الجدول ( 5-4 ) حيث يتضمن الجدول سُمك المادة وصافي المساحة تحت القمة الضوئية net peak area ( NPA ) كالآتي:

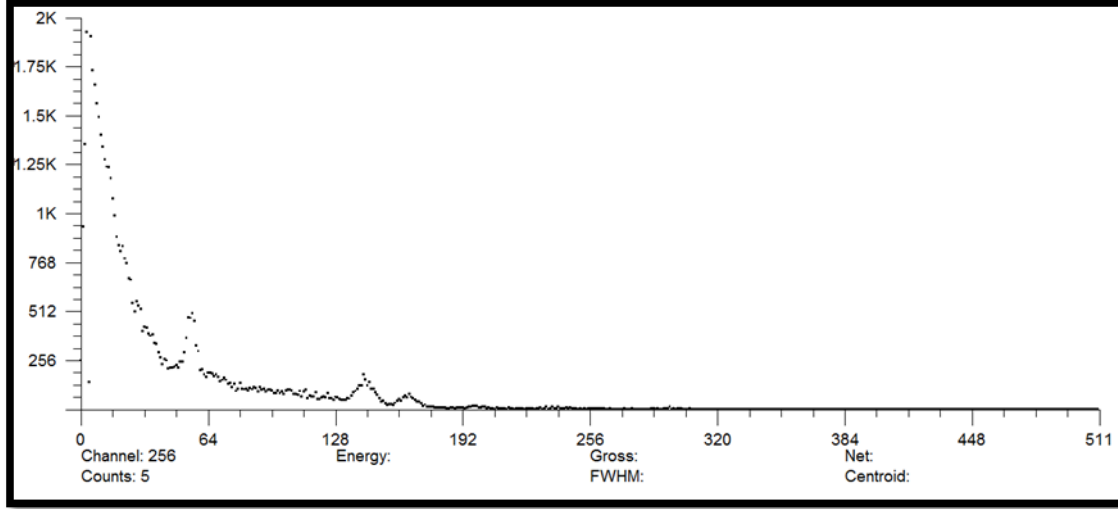
الجدول ( 5-4 ) قيم NPA لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التطبقي في الهواء والمسدد ( 7 mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السّمك cm	بالهواء		بالمسدد 7 ملم	
	مباشر	تطابقي	مباشر	تطابقي
0	34789	13959	3001	801
1.2	25050	11003	2691	530
2.4	19303	8930	2112	515
3.6	14919	7021	1720	441
4.8	11673	5987	1210	306
6	8335	4676	813	266
7.2	6431	3591	571	210
8.4	4798	2910	538	165
9.6	4143	2265	471	110

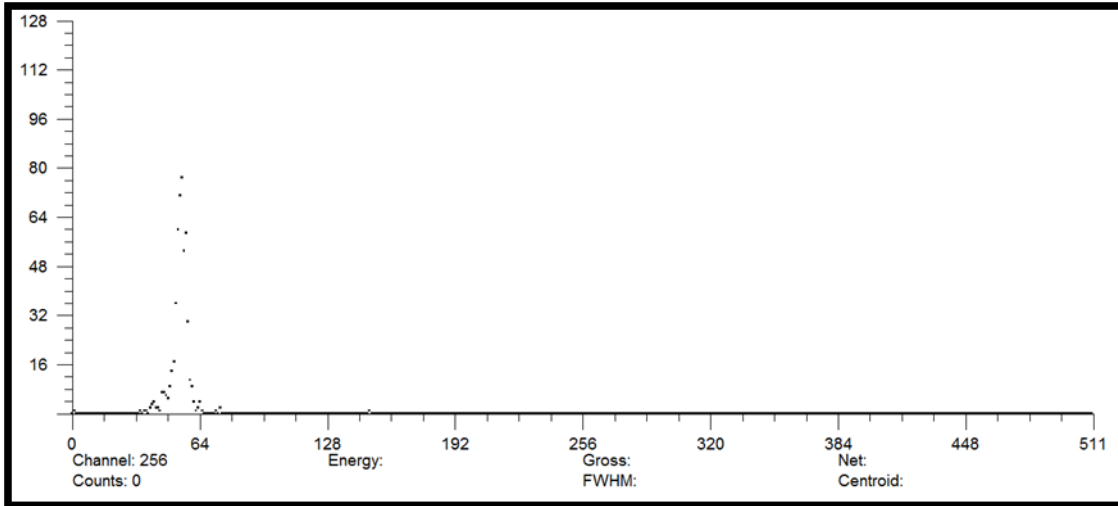
الجدول ( 6-4 ) قيم ( NPA ) In لألواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التطبقي في الهواء والمسدد ( 7 mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السّمك cm	بالهواء		بالمسدد 7.0 ملم	
	مباشر	تطابقي	مباشر	تطابقي
1.2	10.12	9.30	7.897	6.272
2.4	9.86	9.09	7.655	6.244
3.6	9.61	8.89	7.450	6.089
4.8	9.36	8.69	7.098	5.729
6	9.02	8.45	6.711	5.589
7.2	8.76	8.18	6.347	5.349
8.4	8.47	7.97	6.289	5.105
9.6	8.32	7.72	6.154	4.711

ويوضح الشكلان ( 11-4 ) و ( 12-4 ) الطيف المباشر والطيف التطاقي لأشعة كاما في المسدد عند السُمك ( 3.6 cm ) :



الشكل ( 11-4 ) الطيف المباشر لأشعة كاما في المسدد 7.0 mm باستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm

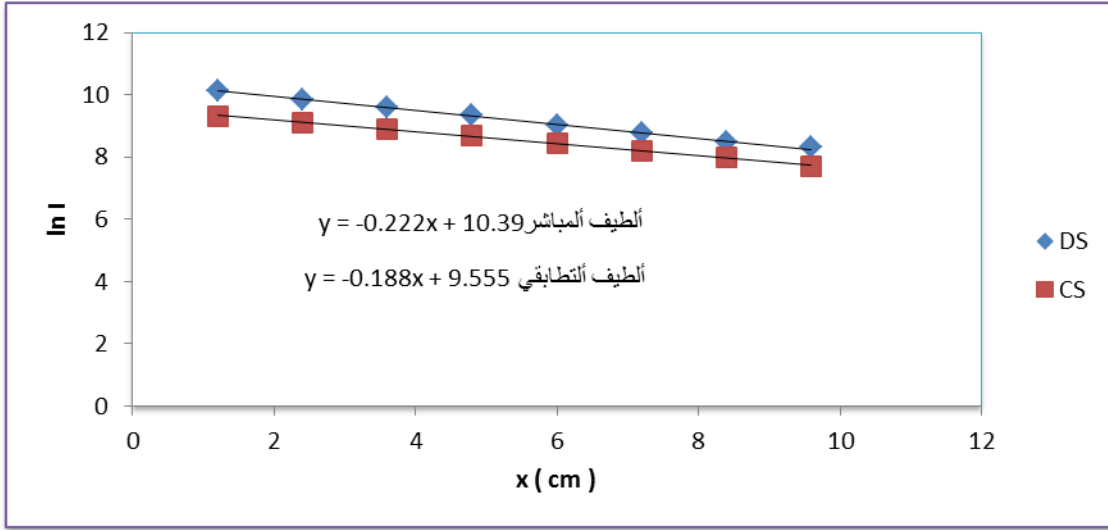


الشكل ( 12-4 ) الطيف التطاقي لأشعة كاما في المسدد 7.0 mm باستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm

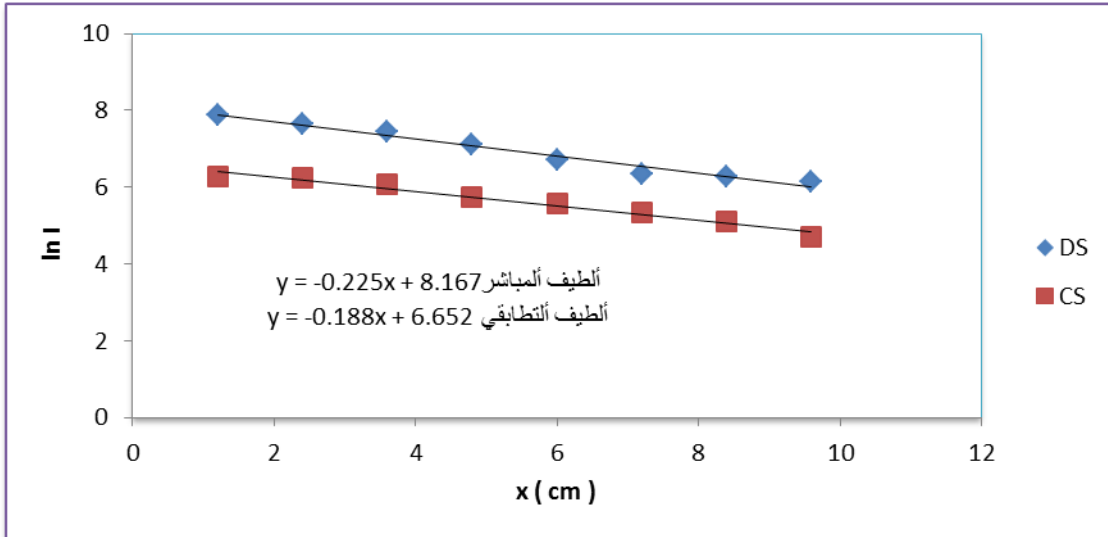
4-5-1 حساب معاملات التوهين للألمنيوم للطيف المباشر والطيف التطاقي في الهواء والمسدد ( 7 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :

للقياسات السابقة انفسها لصافي المساحة تحت القمة الضوئية ( NPA ) وتم أخذ اللوغاريتم الطبيعي لها وأدرجت في الجدولين ( 4-5 ) و ( 4-6 ) وتم حساب معاملات التوهين لأشعة ككاما باستعمال الواح الألمنيوم في الهواء والمسدد للطيفين المباشر والتطابيقي وكانت النتائج موضحة بالشكلين ( 4-13 ) و ( 4-14 ) .





الشكل ( 4-13 ) معاملات التوهين لألواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتطابيقي في الهواء



الشكل ( 4-14 ) معاملات التوهين لألواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتطابيقي في المسدد 7.0 mm

من خلال ملاحظة الرسوم البيانية لمعامل التوهين لمادة الألمنيوم ( أشكالان 4-13 و 4-14 ) للطيف المباشر والطيف التتطابيقي في الهواء نجد ان معامل التوهين الخطي للطيف التتطابيقي هو  $0.188 \text{ cm}^{-1}$  ومعامل التوهين الكتلي ( مقاساً بوحدة  $\text{cm}^2/\text{gm}$  )  $0.069$  وللطيف المباشر  $0.222 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي  $0.082$  وفي حالة وجود المسدد 7.0 ملم نجد ان معامل التوهين للطيف التتطابيقي هو  $0.188 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي  $0.069$  ، وللطيف المباشر  $0.225 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي  $0.082$ ، وهذا يدل على ان معامل التوهين يقل في حالة الطيف التتطابيقي في الهواء والمسدد مما هو عليه في حالة الطيف المباشر كما مر ذكره سابقاً .

#### 6-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطبيقي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر ( 7 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :

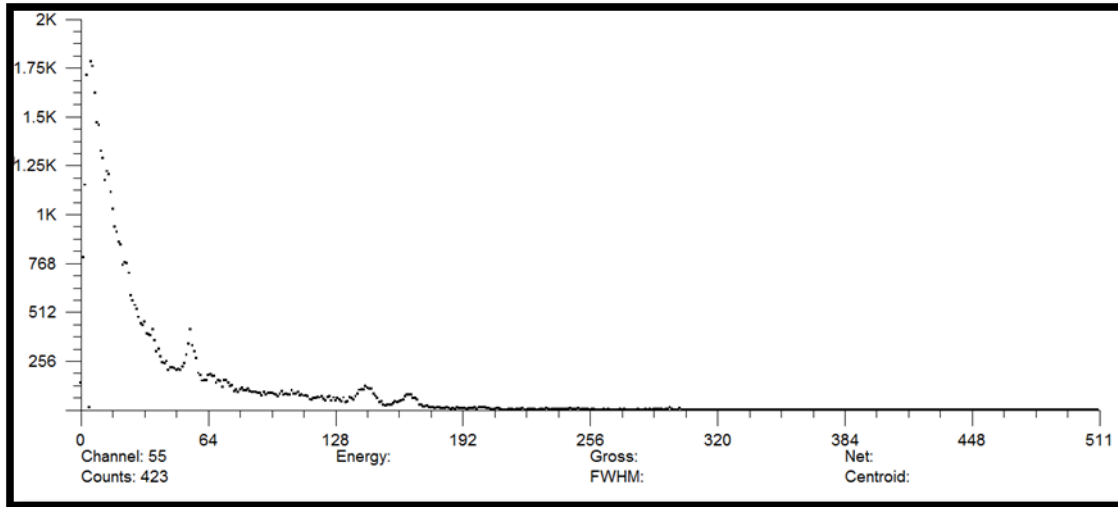
بالعملية السابقة نفسها اجرينا قياسات صافي المساحة تحت القمة NPA باستعمال المسدد ذي القطر 7.0 mm ، وتم ادراج النتائج في الجدول ( 7-4 )  
الجدول ( 7-4 ) قيم NPA لالواح النحاس للطيف المباشر والطيف التطبيقي في الهواء والمسدد ( 7mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السمك cm	بالهواء		بالمسدد 7.0 ملم	
	مباشر	تطبيقي	مباشر	تطبيقي
0	29269	13381	3655	1489
0.5	19380	9898	2192	989
1.0	13077	7074	1457	729
1.5	8379	4844	829	497
2.0	6096	3533	507	398
2.5	4126	2540	247	232
3.0	2479	1834	157	191

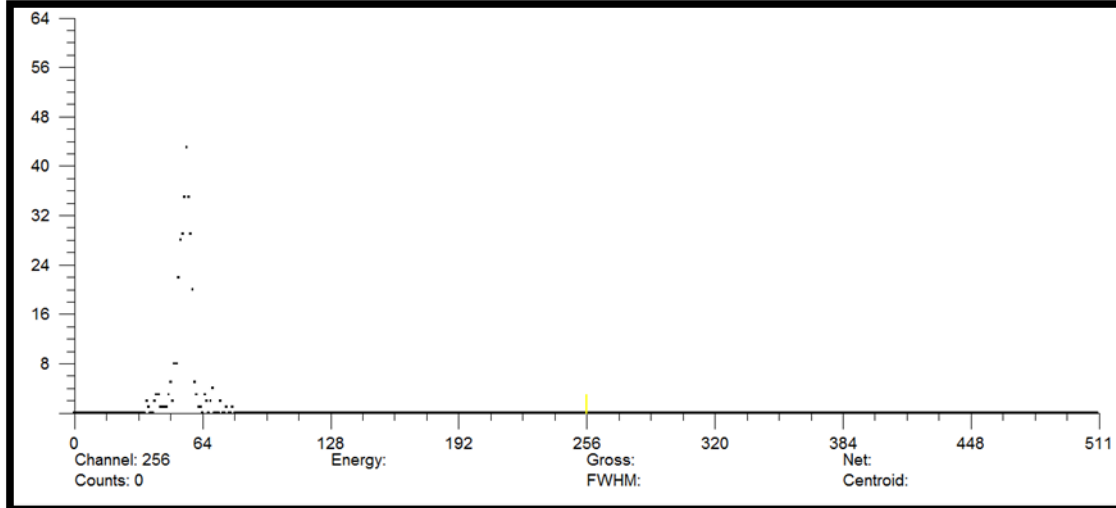
ومن ملاحظة الجدول ( 6-4 ) نجد ان اقصى سمك لمادة النحاس تم إجراء القياس عليها هو ( 3.0cm ) ، وهذا ناتج بسبب ضعف المصدر المشع ، والكثافة العالية لمادة النحاس ، وأيضاً بسبب صغر فتحة المسدد مما يؤدي الى وصول حزمة ضيقة من أشعة كما الى وجه الكاشف كما تم أخذ اللوغاريتم الطبيعي لقيم الجدول ( 7-4 ) وإدراجها بالجدول ( 8-4 )  
الجدول ( 8-4 ) قيم In ( NPA ) لالواح النحاس للطيف المباشر والطيف التطبيقي في الهواء والمسدد ( 7 mm ) عند المدى الزمني الكلي ( 500 ns )

السمك cm	بالهواء		بالمسدد 7.0 ملم	
	مباشر	تطبيقي	مباشر	تطبيقي
0.5	9.879	9.211	7.693	6.899
1.0	9.479	8.869	7.249	6.590
1.5	9.033	8.489	6.729	6.209
2.0	8.715	8.169	6.229	5.989
2.5	8.325	7.839	5.509	5.446
3.0	7.815	7.517	5.056	5.259

كما يبين الشكلان ( 15-4 ) و ( 16-4 ) طيفا أشعة كما باستعمال المسدد 7.0 mm وباستعمال مادة النحاس.



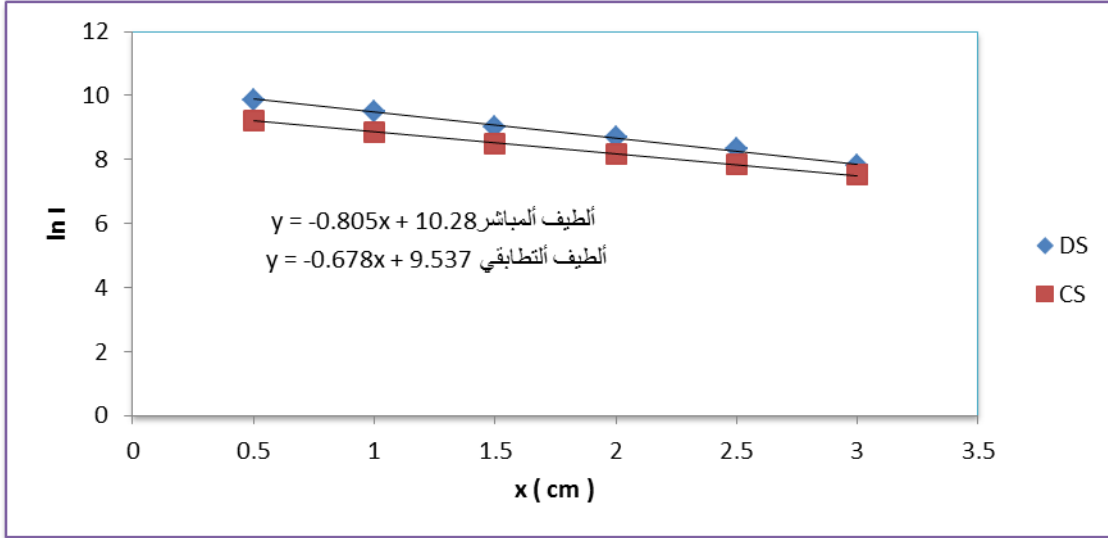
الشكل ( 4-15 ) الطيف المباشر لأشعة كاما في المسدّد 7.0 mm باستعمال ألواح النحاس عند سُمك 1.5 cm



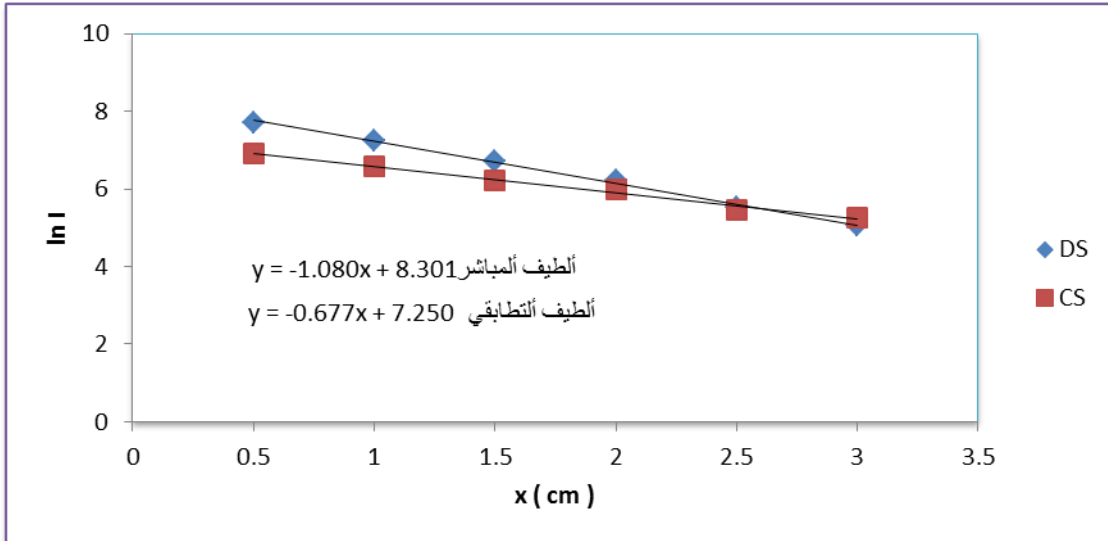
الشكل ( 4-16 ) الطيف التّطابقي لأشعة كاما في المسدّد 7.0 mm باستعمال ألواح النحاس عند سُمك 1.5 cm

#### 4-6-1 حساب معاملات التوهين للنحاس للطيف المباشر والطيف التّطابقي في الهواء والمسدّد ذي قطر ( 7 mm ) ومدى زمني ( 500 ns ) :

كما مر ذكره بالألية نفسها قمنا بحساب معامل التوهين لمادة النحاس في المسدّد 7.0 ملم لسُمك يتراوح من 0.5 سم الى 3.0 سم طبقاً للبيانات المذكورة في الجدول 4-8 والذي يبين قيم اللوغاريتم الطبيعي لصادفي المساحة تحت القمة ، وتم تمثيلها بالشكلين ( 4-17 ) و ( 4-18 ) .



الشكل ( 4-17 ) معاملات التوهين لألواح النحاس للطيف المباشر والتطابقي في الهواء



الشكل ( 4-18 ) معاملات التوهين لألواح النحاس للطيف المباشر والطيف التطابقي في المسدد 7.0 mm

كما يتبين من الشكلين ( 4-17 ) و ( 4-18 ) لمعاملات التوهين الخطي لمادة النحاس ان معامل التوهين في الهواء للطيف المباشر كان  $0.805 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي ( مقاساً بوحدة  $\text{cm}^2/\text{gm}$  )  $0.089$  وللطيف التطابقي  $0.678 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي  $0.075$  في حالة الهواء ، وفي حالة وجود المسدد 7 ملم كانت معاملات التوهين لمادة النحاس للطيف المباشر  $1.080$   $\text{cm}^{-1}$  والكتلي  $0.120$  وللطيف التطابقي  $0.677 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي  $0.075$  .

**7-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطاقي لمادة الالمنيوم في الهواء والمسدد بقطر ( 10 mm ) ومدى زمني ( 50 ns ) :**

تم اجراء القياسات بالآلية نفسها ولكن مع تضيق المدى الزمني من 500 ns الى 50 ns ، وهذا يعني تقليل الحوادث العرضية التي تؤثر في مدى طيف الطاقة لأن كلما كانت قيمة المدى الزمني كبيرة كانت قيمة الحوادث الخارجية اكثر ، لذلك قمنا بتضيق الطيف الزمني الى 50 ns ، اي تضيق عدد القنوات تقريباً الى 50 قناة وذلك بغية الحصول على نتائج افضل مما في حالة الطيف الزمني الكلي وتم ترتيب النتائج في الجدول ( 9-4 ) .

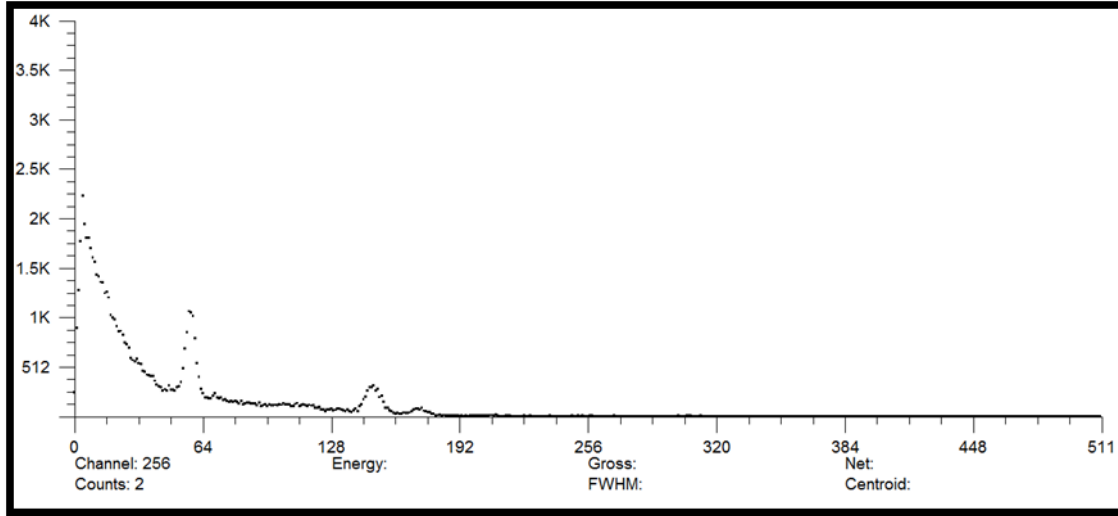
الجدول ( 9-4 ) قيم NPA لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والمدى التطاقي في الهواء والمسدد ( 10mm ) ومدى زمني ( 50 ns )

السمك cm	بالهواء		بالمسدد 10.0 ملم	
	مباشر	تطاقي	مباشر	تطاقي
0	34429	10502	11247	2591
1.2	24879	8356	8613	2402
2.4	18870	6321	6496	1589
3.6	14475	5387	4889	1226
4.8	10987	4775	4033	1009
6	8268	3627	2906	745
7.2	6330	2957	2119	611
8.4	4561	2381	1819	480
9.6	3208	2015	928	367

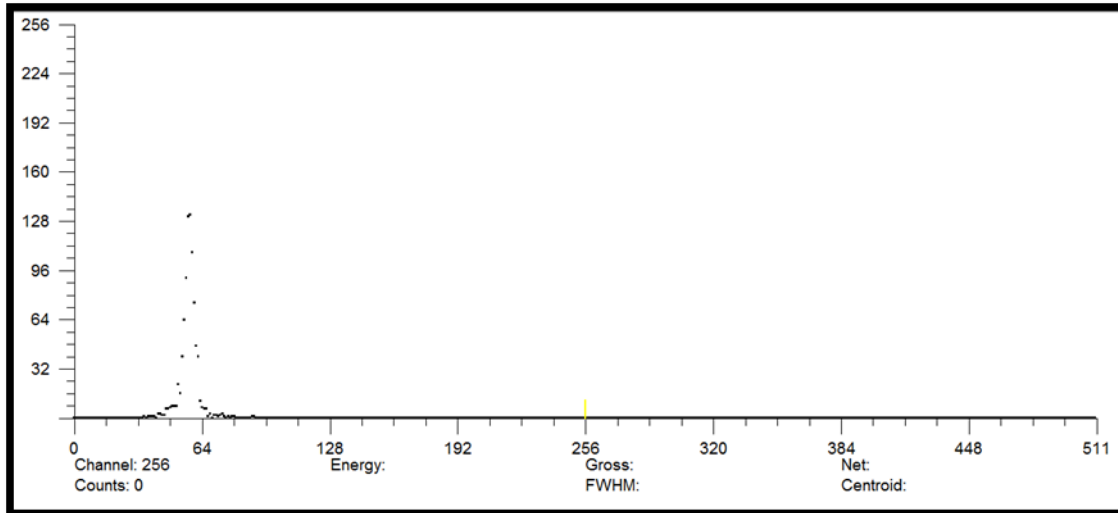
كما تم أخذ اللوغاريتم الطبيعي للقيم المبينة في الجدول 9-4 وترتيبها في الجدول ( 10-4 )  
الجدول ( 10-4 ) قيم In ( NPA ) لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التطاقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) ملم ومدى زمني ( 50 ns )

السمك cm	بالهواء		بالمسدد 10.0 ملم	
	مباشر	تطاقي	مباشر	تطاقي
1.2	10.12	9.02	9.06	7.79
2.4	9.84	8.79	8.77	7.50
3.6	9.57	8.59	8.49	7.12
4.8	9.20	8.47	8.30	6.91
6	9.02	8.20	7.99	6.61
7.2	8.79	7.99	7.69	6.47
8.4	8.42	7.79	7.50	6.20
9.6	8.09	7.60	6.89	5.99

كما يوضح الشكلان ( 19-4 ) و ( 20-4 ) طيفا الطاقة لأشعة كاما للطيف المباشر والطيف التتاطبي في المسدد 10.0 ملم باستعمال مادة الالمنيوم ولكن مع تضيق المدى الزمني.



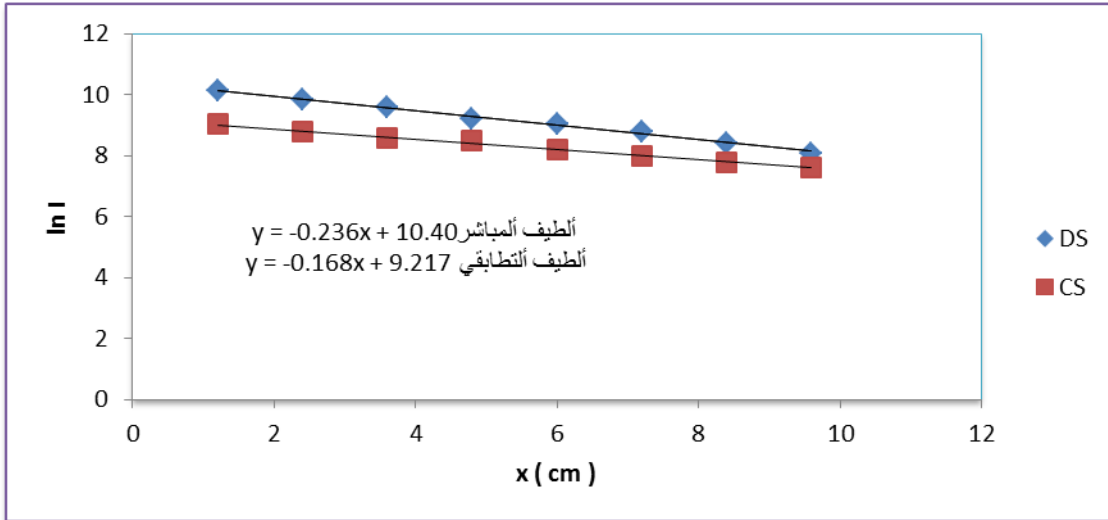
الشكل ( 19-4 ) الطيف المباشر لأشعة كاما في المسدد 10.0 mm باستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm مع تضيق المدى الزمني ( 50 ns )



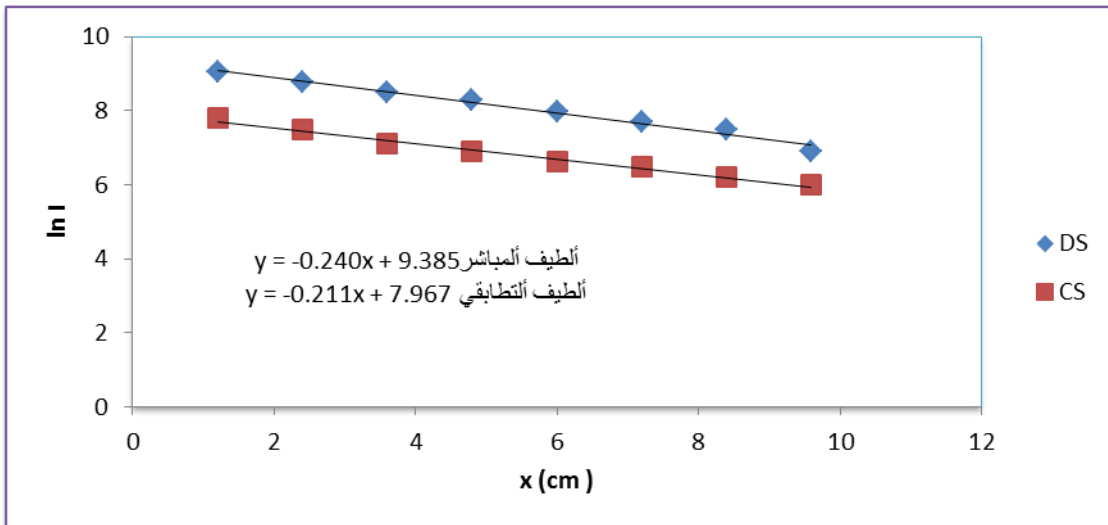
الشكل ( 20-4 ) الطيف التتاطبي لأشعة كاما في المسدد 10.0 mm بأستعمال الواح الالمنيوم عند سُمك 3.6 cm مع تضيق المدى الزمني ( 50 ns )

1-7-4 حساب معاملات ألتوهين للالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتاطبي في الهواء والمسدد ذو قطر ( 10 mm ) ومدى زمني ( 50 ns ) :

عند تضيق الطيف الزمني من 500 ns ( الشكل 1-4 ) الى 50 ns ( الشكل 2-4 ) ورسم بيانات الجدولين ( 10-4 ) و ( 11-4 ) ، تم حساب قيمة معامل التوهين لمادة الالمنيوم في الهواء للطيف المباشر كان  $0.236 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي 0.087 وللطيف التتاطبي كان 0.168  $\text{cm}^{-1}$  والكتلي 0.062 كما في الشكل ( 21-4 ) .



الشكل ( 21-4 ) معاملات التوهين لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتاطقي في الهواء ومدى زمني 50 ns وفي حالة وجود المسدد 10 ملم نجد ان معامل التوهين للطيف المباشر كان  $0.240 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي 0.082 وللطيف التتاطقي  $0.211 \text{ cm}^{-1}$  والكتلي 0.078 كما موضح في الشكل 22-4



الشكل ( 22-4 ) معاملات التوهين لالواح الالمنيوم للطيف المباشر والطيف التتاطقي في المسدد 10.0 mm ومدى زمني 50 ns

**8-4 قياسات الطيف المباشر والطيف التطاقي لمادة النحاس في الهواء والمسدد بقطر ( 10 mm ) ومدى زمني ( 50 ns ) :**

كما بينا في قياس مادة الالمنيوم عند اختزال الطيف الزمني قمنا بإجراء القياسات لمادة النحاس وحصلنا على البيانات المرتبة بالجدول ( 11-4 ) .

الجدول ( 11-4 ) قيم NPA لالواح النحاس للطيف المباشر والتطاقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) ومدى زمني ( 50 ns )

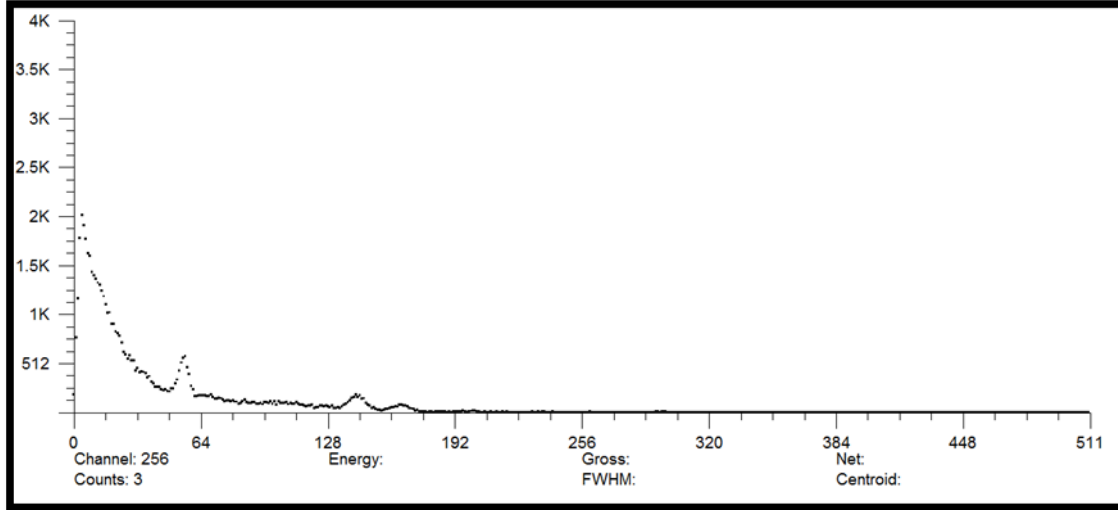
السلك cm	بالهواء		بالمسدد 10.0 ملم	
	مباشر	تطاقي	مباشر	تطاقي
0	34494	13997	11007	3603
0.5	22039	8641	8083	1986
1.0	15047	6215	5631	1394
1.5	10557	4383	3939	933
2.0	6675	3216	2946	730
2.5	4427	2626	1883	478
3.0	2966	1836	1196	325
3.5	2177	1311	944	250
4.0	871	1060	828	211

ونأخذ اللوغاريتم الطبيعي لهذه البيانات نحصل على البيانات المرتبة في الجدول ( 12-4 )  
الجدول ( 12-4 ) قيم ( NPA ) لالواح النحاس للطيف المباشر والتطاقي في الهواء والمسدد ( 10 mm ) ومدى زمني ( 50 ns )

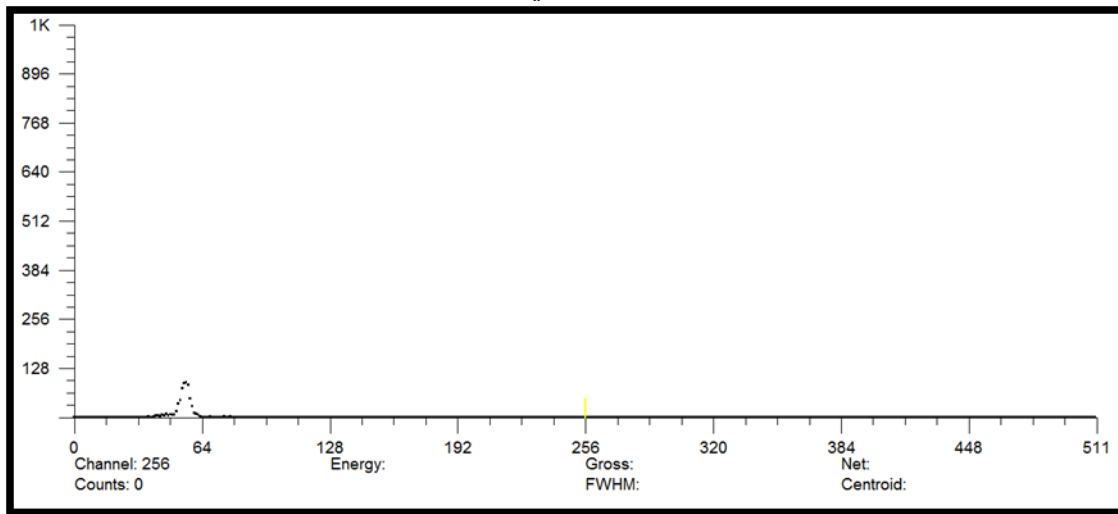
السلك cm	بالهواء		بالمسدد 10.0 ملم	
	مباشر	تطاقي	مباشر	تطاقي
0.5	10.00	9.06	8.99	7.51
1.0	9.61	8.75	8.69	7.29
1.5	9.29	8.38	8.29	6.89
2.0	8.80	8.09	7.98	6.59
2.5	8.36	7.87	7.59	6.16
3.0	7.99	7.51	7.09	5.79
3.5	7.69	7.17	6.96	5.59
4.0	6.79	6.96	6.71	5.36



يُظهر الشكلان ( 23-4 ) و ( 24-4 ) طيفا اشعة كما المباشر والتطابق في المسدد 10.0 ملم باستعمال مادة النحاس ولكن مع تضيق الطيف الزمني كالآتي :



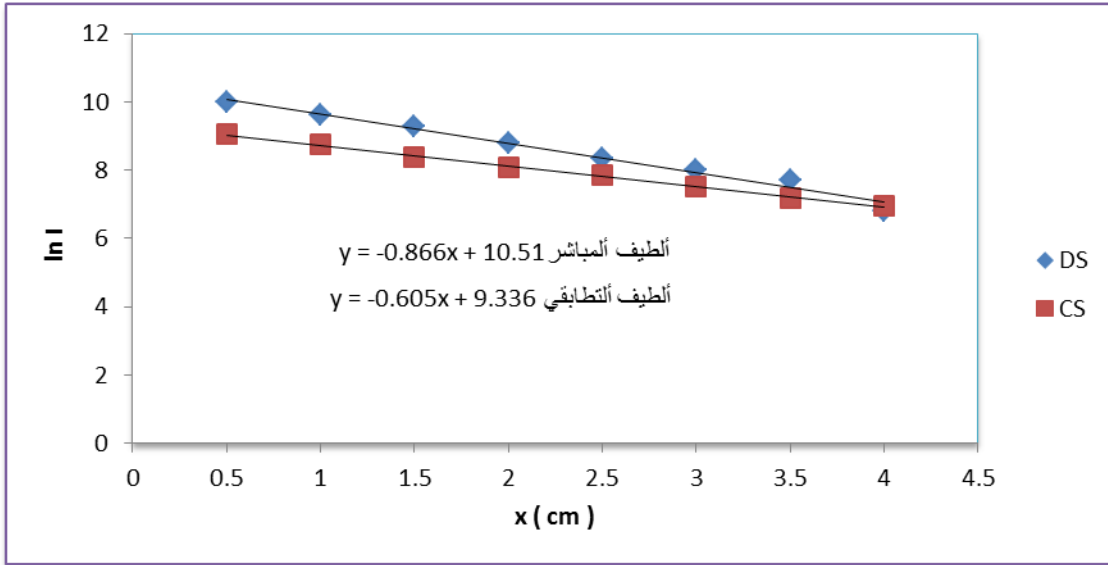
الشكل ( 23-4 ) الطيف المباشر لأشعة كما في المسدد 10.0 mm باستعمال الواح النحاس عند سُمك 1.5 cm ومدى زمني 50 ns



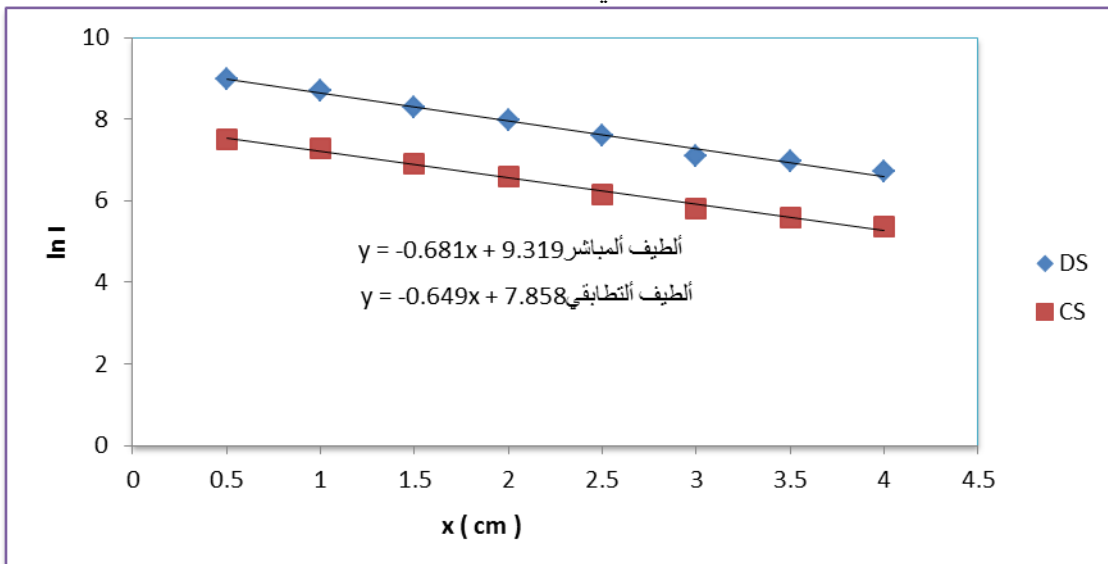
الشكل ( 24-4 ) الطيف التتطابقي لأشعة كما في المسدد 10 باستعمال الواح النحاس عند سُمك 1.5 cm ومدى زمني 50 ns

**1-8-4 حساب معاملات التوهين للنحاس للطيفين المباشر والتتطابقي في الهواء والمسدد ذي القطر ( 10 ملم ) ومدى زمني ( 50 ns ) :**

عند تضيق الطيف الزمني من 500 ns ( الشكل 1-4 ) الى 50 ns ( الشكل 2-4 ) ، نجد ان لمادة النحاس كان معامل التوهين في الهواء مع تضيق الطيف الزمني هو  $0.866 \text{ cm}^{-1}$  وللطيف التتطابقي هو  $0.605 \text{ cm}^{-1}$  ، وبوجود المسدد 10 ملم كان معامل التوهين للطيف المباشر  $0.681 \text{ cm}^{-1}$  وللطيف التتطابقي  $0.649 \text{ cm}^{-1}$  ، كما في الاشكال الآتية :



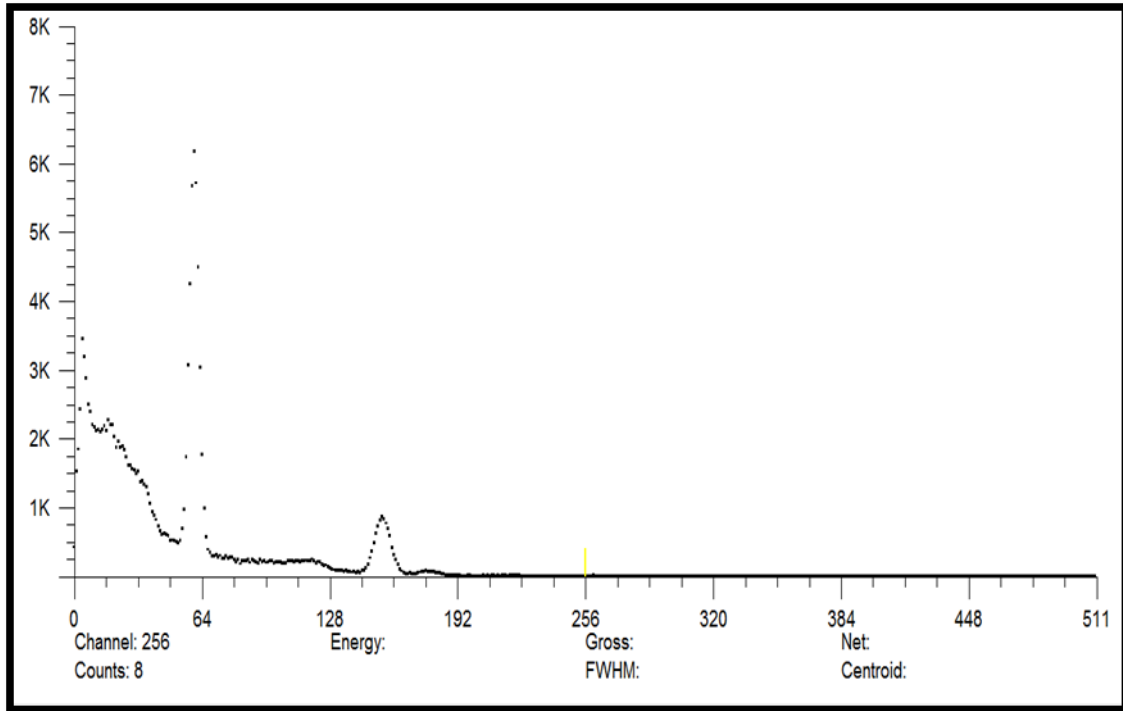
الشكل ( 4-25 ) معاملات التوهين لالواح النحاس للطيف المباشر والتطابقي في الهواء ومدى زمني 50 ns



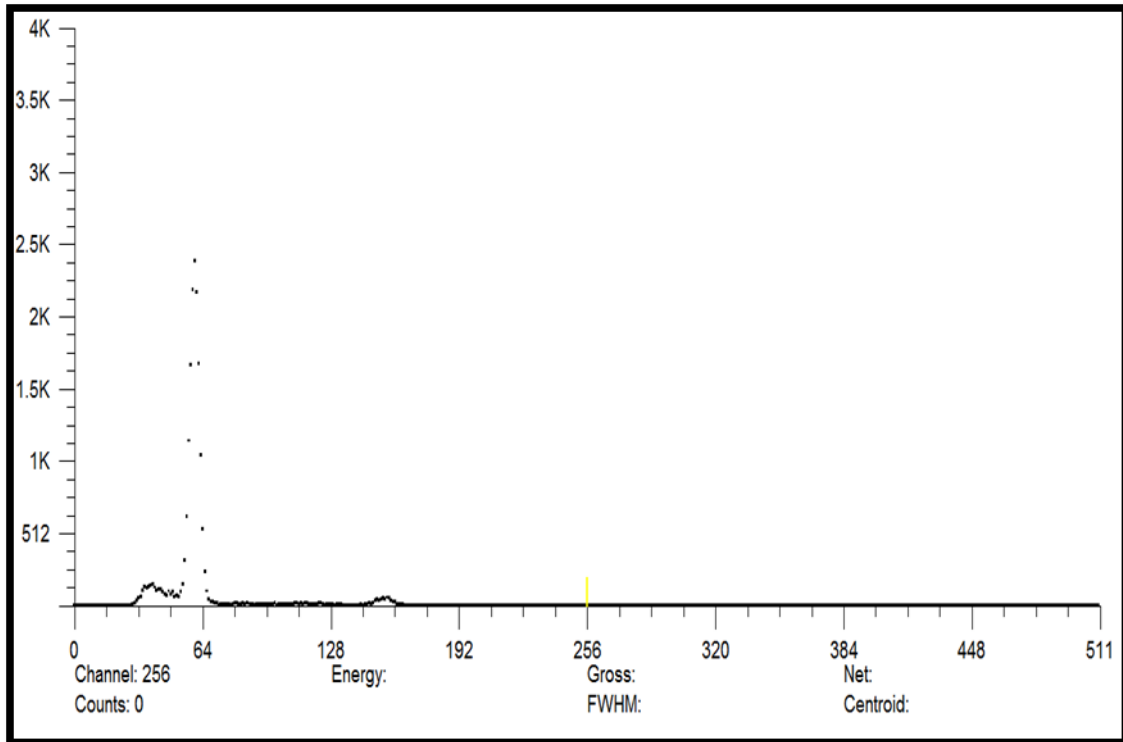
الشكل ( 4-26 ) معاملات التوهين لالواح النحاس للطيف المباشر والتطابقي في المسدد ومدى زمني 50 ns و 10.0 mm

تشير الاشكال ( 4-25 ) و ( 4-26 ) الى معامل التوهين لمادة النحاس عند تضيق الطيف الزمني وكما مبين معاملات التوهين الخطي في الشكلين ، كذلك فان معامل التوهين الكتلي للطيف المباشر في الهواء كان 0.096 وللطيف التطابقي كان 0.067 ، وللطيف المباشر مع استعمال المسدد كان 0.076 وللطيف التطابقي كان 0.072 وهي في تطابق جيد مع النتائج العالمية المنشورة عما هو عليه في حالة المدى الزمني الكلي [37] .

ويبين الشكلان ( 4-27 ) و ( 4-28 ) طيفا أشعة كما المباشر والتطابقي في الهواء من دون وجود المسدد وهي حالة عامة لجميع القياسات .



الشكل ( 27-4 ) الطيف المباشر لأشعة كاما في الهواء



الشكل ( 28-4 ) الطيف التتاطقي لأشعة كاما في الهواء

#### 9-4 حسابات عامل التراكم بأستعمال الواح الألمنيوم والنحاس :

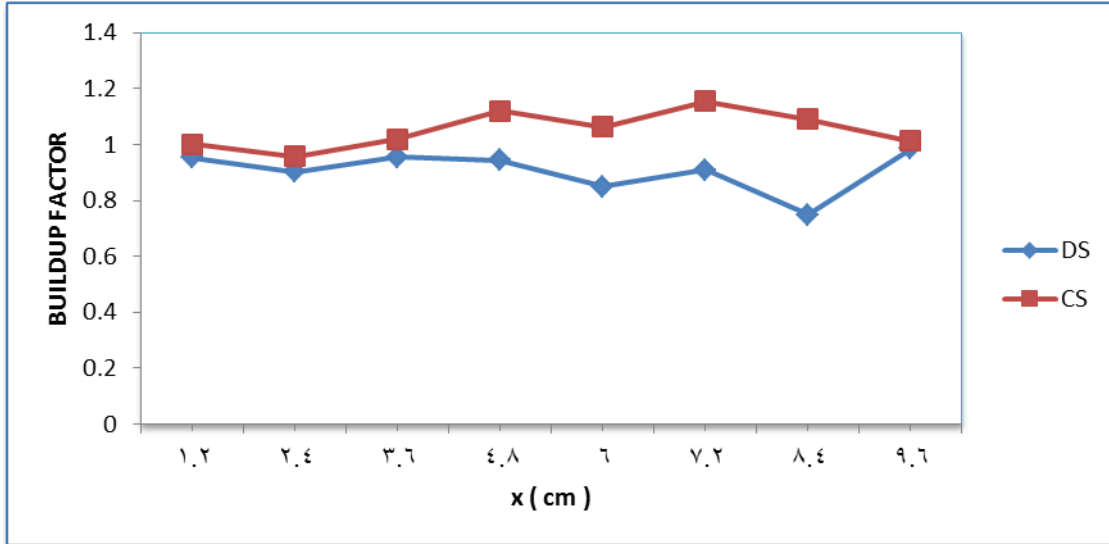
1-9-4 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطابيقي لالواح الألمنيوم في المسدد ذي القطر 10 mm ومدى زمني 500 ns :

بعد اجراء القياسات السابقة ( القيم المبينة في الجداول الخاصة بقيمة صافي المساحة تحت القمة الضوئية NPA ) تم حساب عامل التراكم لمادة الألمنيوم بأستعمال المعادلة ( 2-18 ) وترتيب النتائج في أجدول ( 4-13 )

الجدول ( 4-13 ) عامل التراكم لألواح الألمنيوم للطيفين المباشر والتطابيقي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns

السك cm	عامل التراكم للطيف التطابيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
1.2	1.001	0.953
2.4	0.957	0.903
3.6	1.019	0.955
4.8	1.119	0.943
6.0	1.062	0.850
7.2	1.155	0.910
8.4	1.090	0.748
9.6	1.011	0.985

وبرسم هذه القيم بالجدول ( 4-13 ) نحصل على عامل التراكم لمادة الألمنيوم مع سُمك المادة كما في الشكل ( 4-29 )



الشكل ( 4-29 ) عامل التراكم للألمنيوم للطيفين المباشر والمباشر في المسدد 10 mm مع سمك المادة

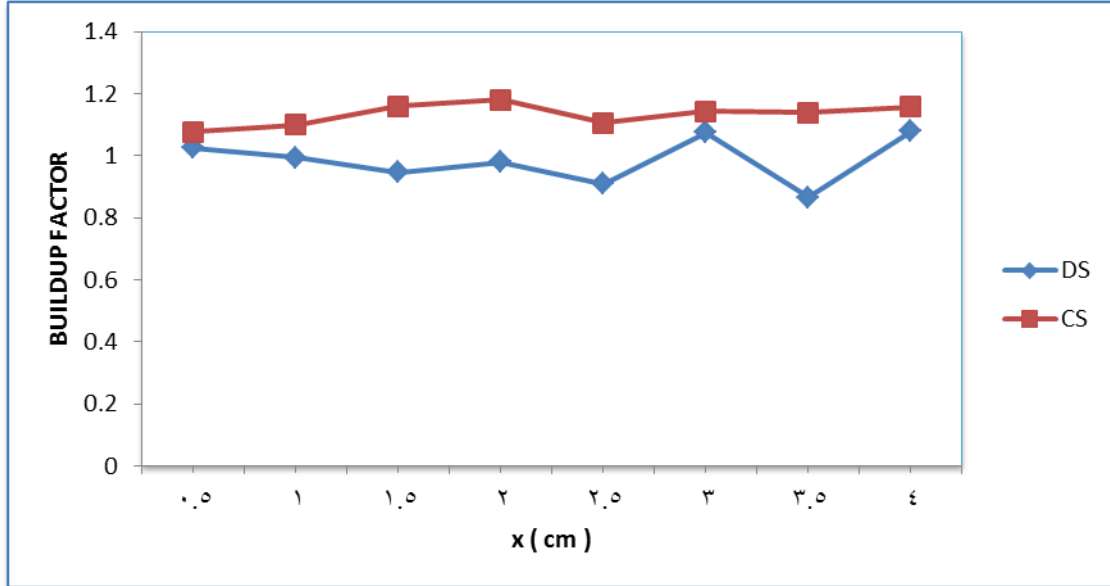
4-9-2 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطابيقي لالواح النحاس في المسدد ذي القطر 10 mm ومدى زمني 500 ns :

كذلك بالاسلوب نفسه في مادة الالمنيوم وباستعمال نفس المعادلة ( 2-18 ) قمنا بحسابات عامل التراكم لمادة النحاس وكانت النتائج كما مبينة في الجدول ( 4-14 ) :  
الجدول ( 4-14 ) عامل التراكم لالواح النحاس للطيفين المباشر والتطابيقي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 500 ns

وعند رسم الشكل البياني للعامل التراكم مع سمك المادة نحصل على الشكل ( 4-30 )

السمك cm	عامل التراكم للطيف التطابيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
0.5	1.076	1.024
1.0	1.100	0.993
1.5	1.159	0.947
2.0	1.180	0.979
2.5	1.105	0.908
3.0	1.143	1.074
3.5	1.139	0.865
4.0	1.157	1.079

باستعمال المسدد 10 ملم ومدى زمني 500 ns .



الشكل ( 4-30 ) عامل التراكم للنحاس للطيفين المباشر والتطابيقي في المسدد 10 mm مع سمك المادة

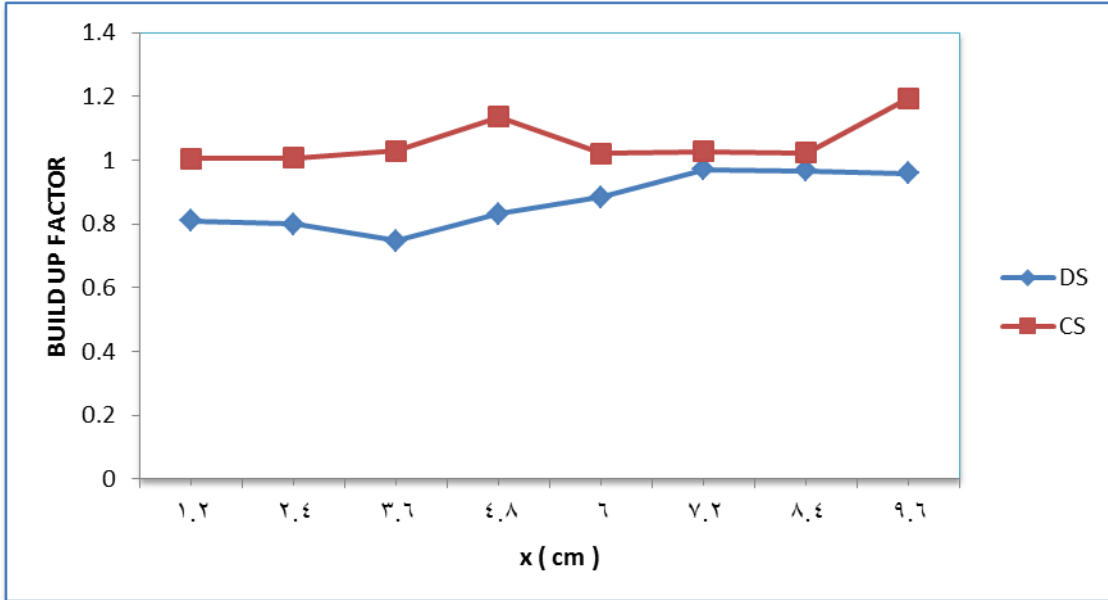
3-9-4 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطبيقي لالواح الالمنيوم في المسدد ذي القطر 7 mm ومدى زمني 500 ns :

وعند اجراء القياس على الواح الالمنيوم ولكن باستعمال المسدد ذي قطر 7.0 ملم كانت النتائج تبين ان عامل التراكم في حالة المسدد 7 ملم ادق وافضل من حالة المسدد 10 ملم كما مبين في الجدول ( 4-15 ) :

الجدول ( 4-15 ) عامل اتراكم لألواح الالمنيوم للطيفين المباشر والتطبيقي في الهواء والمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns

السلك cm	عامل التراكم للطيف التطبيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
1.2	1.004	<b>0.809</b>
2.4	1.006	<b>0.799</b>
3.6	1.029	<b>0.748</b>
4.8	1.135	<b>0.832</b>
6.0	1.020	<b>0.884</b>
7.2	1.036	<b>0.971</b>
8.4	1.023	<b>0.967</b>
9.6	1.194	<b>0.958</b>

وعند رسم هذه القيم نحصل على شكل المنحني البياني الخاص بعامل التراكم :



الشكل ( 4-31 ) عامل التراكم للالمنيوم للطيفين التطبيقي والمباشر في المسدد 7 mm مع سمك المادة ومدى زمني 500 ns

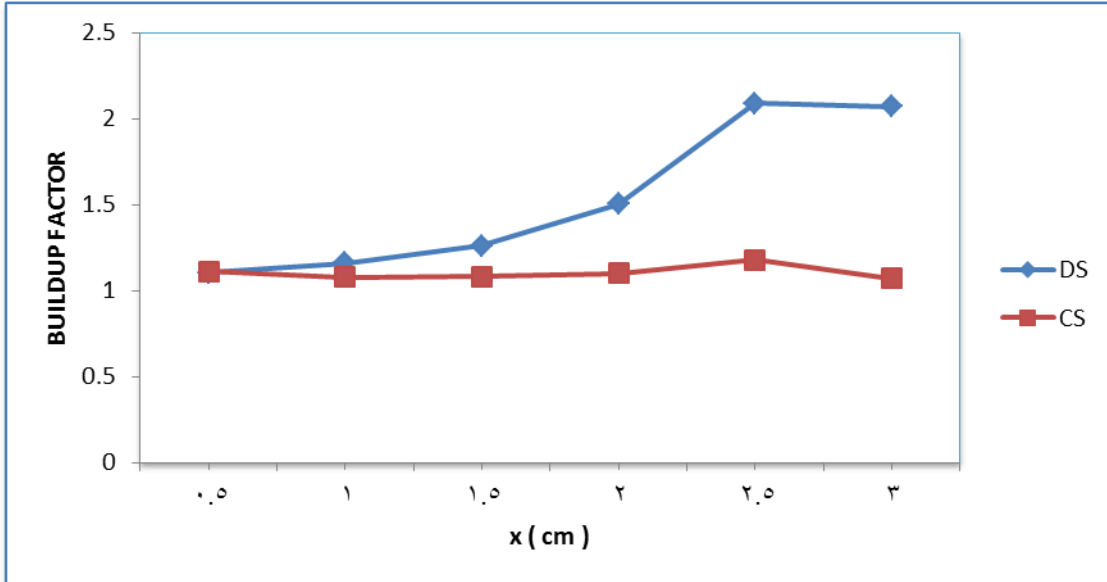
4-9-4 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطابيقي لألواح النحاس في المسدد ذي القطر 7 mm ومدى زمني 500 ns :  
 بالعملية آنفة الذكر قمنا بإجراء الحسابات لعامل التراكم لمادة النحاس وترتيب البيانات بالجدول (16-4) .

الجدول ( 16-4 ) عامل التراكم لألواح النحاس للطيفين المباشر والتطابيقي في الهواء والمسدد 7 mm ومدى زمني 500 ns

من الملاحظ من الجدول 16-4 ان اكبر سمك تم تسجيله لمادة النحاس هو 3.0 سم في المسدد ذي القطر 7.0 ملم وذلك بسبب الكثافة العالية للنحاس مما يمنع اختراق أشعة كاما

السمك cm	عامل التراكم للطيف التطابيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
0.5	1.110	1.103
1.0	1.078	1.160
1.5	1.081	1.262
2.0	1.099	1.504
2.5	1.180	2.089
3.0	1.069	2.069

للنحاس عند سمك اكبر من 3.0 سم، وتم رسم بيانات عامل التراكم مع سمك مادة النحاس بالشكل ( 32-4 ) بالمسدد 7 ملم ومدى زمني 500 ns.



الشكل ( 32-4 ) عامل التراكم للنحاس للطيفين التطابيقي والمباشر في المسدد 7.0 mm كما يمكن ملاحظة ان عامل التراكم للطيف المباشر ينحرف عن القيمة المثالية لعامل التراكم ( التي تقارب الواحد ) وذلك بسبب زيادة كثافة مادة النحاس كما مر ذكره .

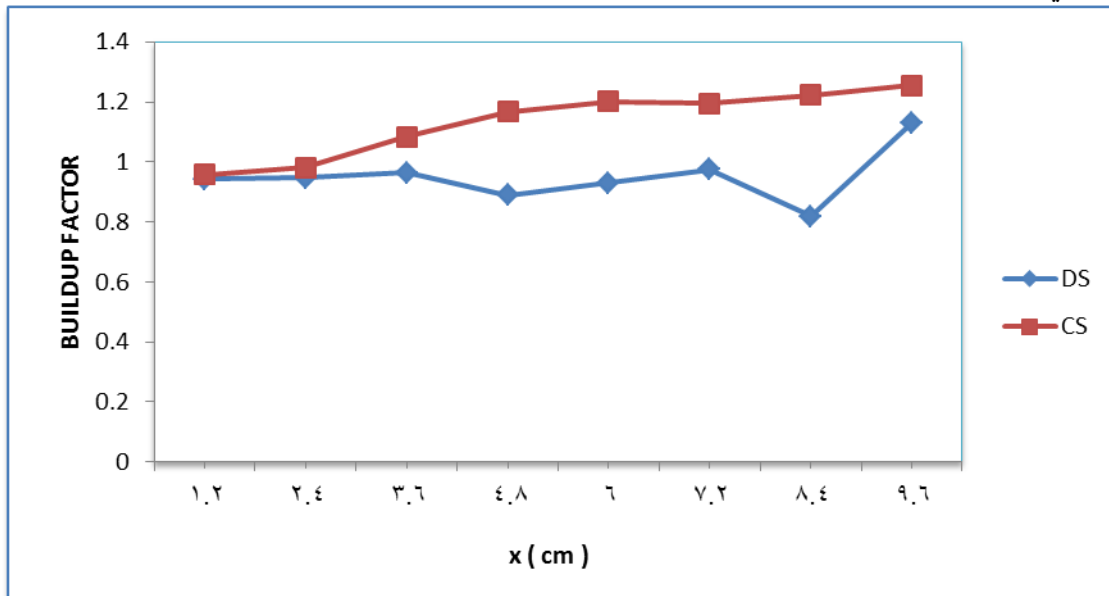
4-9-5 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطابيقي لالواح الالمنيوم في المسدد ذي القطر 10 mm ومدى زمني 50 ns :

تم اختزال الطيف الزمني من 500 ns الى 50 ns وحساب عامل التراكم لمادة الالمنيوم للمسدد 10 ملم ومدى زمني 50 ns حيث ان عامل التراكم يكون أفضل وأدق وأقرب للقيم العالمية مما عليه في حالة الطيف الزمني الكلي 500 ns

الجدول ( 4-17 ) عامل ألتراكم لالواح الالمنيوم للطيفين المباشر والتطابيقي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns

السك cm	عامل التراكم للطيف التطابيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
1.2	0.958	<b>0.943</b>
2.4	0.981	<b>0.948</b>
3.6	1.084	<b>0.965</b>
4.8	1.167	<b>0.889</b>
6.0	1.201	<b>0.929</b>
7.2	1.194	<b>0.975</b>
8.4	1.223	<b>0.819</b>
9.6	1.254	<b>1.129</b>

كما تم رسم عامل التراكم مع سمك المادة للطيفين المباشر والتطابيقي عند اختزال المدى الزمني الى 50 ns



الشكل ( 4-33 ) عامل التراكم للالمنيوم للطيفين التطابيقي والمباشر في المسدد 10 mm للمدى الزمني 50 ns

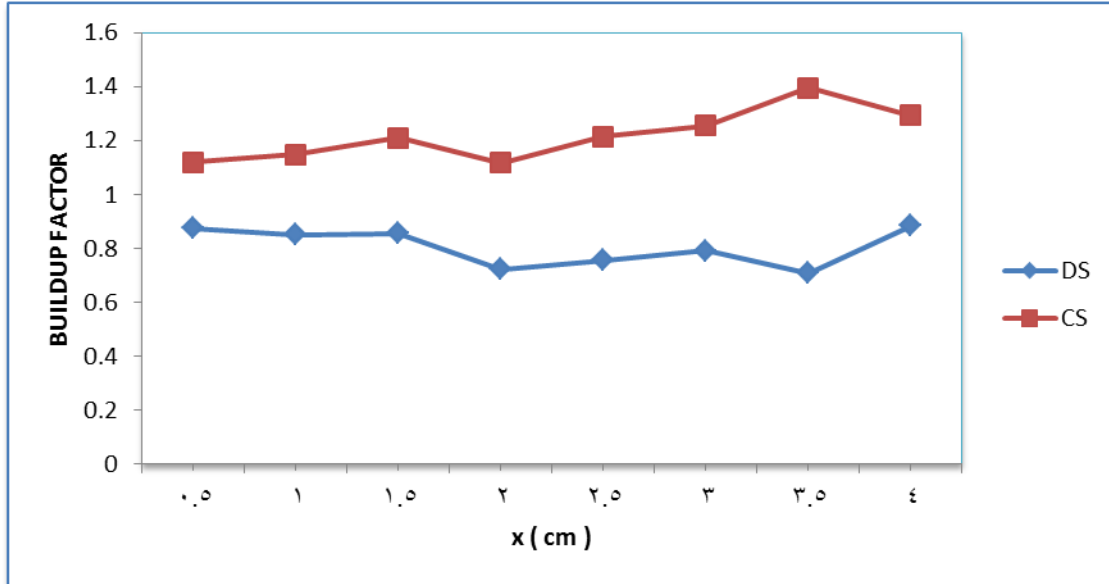


4-9-6 حساب عامل التراكم للطيفين المباشر والتطابيقي لالواح النحاس في المسدد ذي القطر 10 mm ومدى زمني 50 ns :

كما قمنا بحساب عامل التراكم للنحاس والمسدد بقطر 10 ملم ، عند اختزال الطيف الزمني 50 ns ، وكانت النتائج كما مبينة في الجدول 4-18 :  
الجدول ( 4-18 ) عامل التراكم لالواح النحاس للطيف المباشر والطيف التطابيقي في الهواء والمسدد 10 mm ومدى زمني 50 ns

السّمك cm	عامل التراكم للطيف التطابيقي	عامل التراكم للطيف المباشر
0.5	1.119	<b>0.874</b>
1.0	1.147	<b>0.852</b>
1.5	1.209	<b>0.855</b>
2.0	1.118	<b>0.723</b>
2.5	1.214	<b>0.757</b>
3.0	1.254	<b>0.791</b>
3.5	1.294	<b>0.708</b>
4.0	1.293	<b>0.885</b>

كما يبين الشكل ( 4-34 ) عامل التراكم لمادة النحاس مع سمك المادة عند اختزال المدى الزمني الى 50 ns وباستعمال المسدد 10 ملم



الشكل ( 4-34 ) عامل التراكم للنحاس للطيفين التطابيقي والمباشر في المسدد 10 mm للمدى الزمني 50 ns

**10-4 المناقشة :****Discussion :**

كما هو معروف ان قياسات الطيف المباشر والطيف التطاقي لأشعة كما هي عملية معقدة تتضمن آليات تفاعل الأشعة مع المادة وهي الظاهرة الكهروضوئية ، واستطارة كومبتن ، وتوليد الأزواج. وتم دراسة هذين الطيفين للأشعة باستعمال الظاهرة الكهروضوئية في حين ينبغي لكي يكون العمل ادق الأخذ بالحسبان الظواهر الثلاث آنفة الذكر وكذلك هناك عوامل عديدة أخرى ينبغي ان تؤخذ بالحسبان . ان سقوط اشعة كما على أي مادة ماصة قبل مرورها الى الكاشف سوف يؤدي الى حدوث عملية التوهين في كل من الشدة والطاقة للأشعة النافذة الى الكاشف . يمكن دراسة التوهين في الأشعة في المادة بواسطة التغيير في شدة الأشعة النافذة مع تغير السمك للمادة ، ويحسب معامل التوهين من صيغة لامبرت المذكورة سابقاً .

ان اغلب الحالات التي تكون فيها حزمة الفوتونات عريضة وغير متوازية او يكون سُمك المادة كبيراً ( وهذه الظروف العملية غالباً ) تؤدي الى وجود عامل التراكم ، والذي ينتج من تراكم الفوتونات في النقطة ألمعينة . ان اغلب دراسات أشعة كما النافذة تكون بناء على دراسة هذا العامل ( عامل التراكم ) ، وفيه تجرى قياسات الشدة للأشعة النافذة بواسطة حساب صافي المساحة تحت القمة الضوئية Net Peak Area للمصدر المستعمل واجراء التصحيحات للاستطارة للأشعة في المادة الماصة والمسدد .

ولقد تضمنت الدراسة الحالية استعمال دوائر التطابق لغرض اجراء التطابق الزمني والتطابق في الطاقة بين فوتوني أشعة كما المنبعثين بزاوية 180 من مصدر الصوديوم  $Na^{22}$  ذي فعالية قليلة نسبياً (أقل من  $1 \mu Ci$ ) إذ اجريت القياسات التطابقية والمباشرة حسب الظاهرة الكهروضوئية للأطياف ، وتم حساب معامل التوهين من خلال قيمة اللوغاريتم الطبيعي لصادفي المساحة تحت القمة الضوئية ( NPA ) ، وحساب عامل التراكم من قيمة صافي المساحة تحت القمة الضوئية . ومن خلال ملاحظة جداول صافي المساحة تحت القمة الضوئية نجد ان زيادة سمك المادة الماصة يعمل على زيادة التوهين في الأشعة (التمثلة بصادفي المساحة تحت القمة الضوئية ) ، ومن ملاحظة اشكال اطيف الأشعة المباشرة والتطابقية نجد ان الطيف يزحف قليلاً نحو اليسار عند زيادة سمك المادة مما يدل على التوهين في الطاقة.

ولا بد من الاشارة الى ان نسبة ظهور القمة  $1.274 \text{ MeV}$  والتمثلة بالتطابق الصدفي ( chance coincidence ) تزداد بزيادة سمك المادة وذلك لأن نفوذ هذه الطاقة الكبيرة يكون اكبر من نفوذ الطاقة الواطئة ، كما ان المنخفض قبل القمة الضوئية في الطيف التطاقي يمتلئ نتيجة لزيادة العد هناك . وتبين جداول لمعامل التوهين ان توهين الأشعة يكون اقل لحالة الأطياف التطابقية من الأطياف المباشرة وذلك للقمم الضوئية .

اما عند اختزال الطيف الزمني فاننا نحصل على شكل اضيق للطيف التطاقي ، إذ يلغي الاختزال الزمني توزيع كومبتن والطاقة العالية (  $1274 \text{ keV}$  ) والتطابق الصدفي ويمنعها من الظهور .

ان النتائج للدراسة الحالية وما سبقها من دراسات باستخدام نفس المنظومة [34و35] سواء لتوهين كما او عامل التراكم رغم محدودية المستلزمات المتوفرة ، فهي تعتبر خطوات هامة باتجاه تطوير مفاهيمنا لقياسات اشعة كما وصولا الى تكامل ورسوخ استخدام هذه التقنيات .

**11-4 الاستنتاجات****Conclusions :**

- من خلال نتائج الدراسة الحالية يمكن إستنتاج الآتي :
- 1- يمكن استعمال منظومة التطابق لأشعة غاما في قياس معامل التوهين وعامل التراكم وبعض المعلمات الأخرى مثل الفعالية الإشعاعية من معلومات القمم الضوئية لمادة ماصة أخرى .
  - 2- ان الطيف التطابقي في المسدد ذي قطر 7 ملم يكون أدق من المسدد 10.0 ملم بسبب قلة حالة الأستطارة فيه ووصول الحزمة من الأشعة الى الكاشف بنحو متوازٍ تقريباً .
  - 3- تختزل طريقة الطيف التطابقي اغلب تعقيدات الطيف المباشر مثل توزيع كومبتن .
  - 4- ان معامل التوهين المقاس في الدراسة يبين ان التوهين باستعمال الأطياف التطابقية يكون اقل من الأطياف المباشرة .
  - 5- بالامكان الحصول على نتائج أدق باستعمال كواشف نووية لها استجابة زمنية سريعة مثل الكاشف الوميضي السريع .

**12-4 المقترحات والتوصيات :****Proposals and :****Recommendations**

- من اجراء دراستنا أالحالية يمكن اعطاء بعض التوصيات :
- 1- دراسة معامل التوهين للأشعة لطاقت متعددة باستعمال مصادر متنوعة .
  - 2- دراسة معامل التوهين باستعمال مصدر ذات فعالية كبيرة نسبياً .
  - 3- تطبيق آلية المطياف التطابقي في دراسة معلمات أخرى مثل الفعالية الإشعاعية .
  - 4- دراسة مقارنة بين المعلمات التي يمكن قياسها في الدراسة ومقارنتها مع ما تسجله دراسات أخرى لعامل التراكم .
  - 5- دراسة معلمات أخرى لعامل التراكم لمصدر اخر مثل الكوبلت ذو فعالية اكبر وذلك بجعل أحد الطاقتين كبوابة ( gate ) وتكون الثانية في الطيف التطابقي النهائي .

# المصادر

- [1] Lilley ., " Nuclear Physics Principles And Applications " , 2<sup>nd</sup> , John Wiley & Sons ,Ltd . West Sussex England (2001)
- [2] Knoll ., G. " Radiation Detection and Measurement " ,3<sup>rd</sup> . John Wiley & Sons , Inc . New Jersey ,USA (2000)
- [3] Krane ., K . " Introductory Nuclear Physics " , 2<sup>nd</sup> ed .John Wiley & Sons , Inc . Canada (1998)
- [4] P.N.COOPER (1986) " Introduction to Radiation Detectors " Cambridge University , " Cambridge , (P . 93\_96)
- [5] Amy Catherine Nisbet ; " Characterization and Lifetime Measurement With BaF2 Detectors " ; Department of Physics School of Electronics & Physical Science , University of Surrey (2006)
- [6] Arena , V. " Ionizing Radiation and Life " ; The Mosby Co ; St. Louis , MO ( 1971 A.D )
- [7] Rossi. B. and Nereson . N. Nereson , Phys. Rev. 62 ( 1942 ) 417 .
- [8] Bell. R . E . and Petch. H.E. Petch, Phys. Rev .76 ( 1949 ) 417
- [9] Freaser. J.S. and Milton J.C.D., Nucl. Instr. and Meth 2 (1956 ) 275
- [10] Weber , Johnstone and Cranberg , Rev . Inster. 27 ( 1958 ) 166 .
- [11] Green R.E and Bell R.E, Nucl . Inster. and Meth . 3 ( 1958 ) 127 .
- [12] Dixon .W.R., Phys.Rev, Vol.85,1952,P.P.(498) .
- [13] Garrett. C. and Whyte. G.N.,Phys.Rev, Vol.95,1954,P.P.(889) .
- [14] Sasaki .K. Endo , K., Furukawa , M. and Yamatera, H. , Nucl . Instr . and Meth. 141 ( 1977 ) 273 .
- [15] كمون ، سعيد سلمان " استخدام دائرة التطابق السريع - البطيء في القياسات الطيفية لأشعة كاما الناتجة من انحلال العناصر النشطة إشعاعياً " رسالة ماجستير جامعة السليمانية . 1980
- [16] العاني ، ليث عبد العزيز " دراسة عامل التراكم لأشعة كاما في المواد المختلفة " رسالة ماجستير، جامعة بغداد 1989 .
- [17] Angelopulos. A and Perris A,Phys.Med.Biol, 36 (1991) 763 .
- [18] Hirayama. H,Nucl.Sci.Eng.,32 (1995) 1207 .
- [19] Hirayama. H, Nucl.Sci.Eng, 124, 2 (1996) 258 .
- [20] العمار، هاشم علي " دراسة عامل التراكم والتشتت الزاوي لأشعة كاما عند استخدام دروع متعددة الطبقات " رسالة ماجستير جامعة بغداد 1996 .
- [21] Kalb. K.Raul,P. and waschyn P.K , Nucl . Inst . Meth , 114(2000) 256 .

- [22] البيتي ، خالد عمر " قياس وحساب عامل التراكم في الدروع المنفردة والمتعددة الطبقات " رسالة ماجستير، جامعة بابل 2001 .
- [23] Al-Rawi Ammar "Monte Carlo Method Calculation for Buildup Factors in Different Materials" , MSc. Thesis , Al - Nahrain University 2003 .
- [24] أبو جاسم ، علي عبد " قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد الطبقة ودرع ذي طبقتين " رسالة ماجستير، جامعة بابل 2005 .
- [25] Bogachev A. , L. K rupa , O. Dorvaux ,E. Kozulin , M. Itkis , M. – G. Porquet , A. Astier , D. Curien , I. Deloncl , G. Duchene , B. J. P. Gall , F. Hanappe , F. Khalfallah , M. Rousseau , L. Stuttge , N. Redon " Eur P Phys. J. 34 , 23 – 28 ( 2007 ) .
- [26] Dasharatham. S.,Patent,USA.11/121 , 852 , 2007 .
- [27] الطائي ، فاضل والدهان ، نورس ، مجلة جامعة كربلاء العلمية ، ع , 3 , 2007 ( 5 )
- [28] Jonas Boson . " Improving accuracy of in situ gamma – ray spectroscopy " .Umea University , Sweden ( 2008 ) .
- [29] Antovic. N., Svrkota , N. Journal of Environmental Radioactivity 100 ( 2009 ) 823 – 830 .
- [30] Fatma Ahmed. " Gamma – Gamma coincidence spectroscopy Using Fast Scintillators " University Surrey , ( 2010 ) .
- [31] Weihun Zhang – Jing Yi , Pawel Mekarki , Kurt Ungar Bary Hauck , Gary H. K armer " A gamma – gamma coincidence spectroscopy method for rapid characterization of uranium isotopic fingerprint " . J Radioanal Nucl Chem 288 ( 2011 ) 43 – 47 .
- [32] Volkovitsky Peter , Michael Unterweger , " Applied Radiation and Isotopes " 70 ( 2012 ) 2037 – 2042 .
- [33] العميري : احمد فاضل مخبير " دراسة نظرية وعملية لحساب عامل التراكم للمواد المتراكبة " أطروحة دكتوراه ، جامعة بغداد ، كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم 2012 .
- [34] حسن ، قتيبة عيسى " دراسة أشعة كاما النافذة بطريقة تطابق كاما – كاما " رسالة ماجستير ، جامعة تكريت ، كلية التربية 2013 .
- [35] حمد ، دعاء خلف " مقارنة توهين اشعة كاما المقاسة بالطيف المباشر وطريقة تطابق كاما- كاما " رسالة ماجستير ، جامعة تكريت ، كلية التربية للعلوم الصرفة 2014 .
- [36] Laval. M., et al , " Nuclear Instruments and Methods " 206 ( 1983 ) 169-176
- [37] Tsoulfanidis. N. "Measurement and Detection of Radiation" 2<sup>ed</sup> edition, Braun ,Brumfield, Inc.,U.S.,1995.
- [38] الدرکزلي ، شذى سلمان " الكشف عن الأشعة النووية " مطبعة جامعة بغداد 1989 .

- [39] Thomas. J.C. "Foundations of Nuclear Engineering" ,John Wiley and Sons,Inc., 1978 .
- [40] السريع ، احمد بن محمد ،محمد فاروق احمد " مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها " جامعة الملك سعود 2007 .
- [41] Trubey .D.K. "A Survey of Empirical Functions used to Fit Gamma-Ray Buildup Factors" Report ORNL-RSIC-10,1966 .
- [42] L.Wag Lau "Elements of Nuclear Reactor Engineering" Gordon and Breach Science Publisher,1974 .
- [43] د. رياض شويكاني ، موفق تقي الدين : " مقالات مختارة " . هيئة الطاقة الذرية السورية ، 2000 .
- [44] Kaplan .I, "Nuclear Physics".2<sup>nd</sup> edition, McGraw Hill Book Co., ( 1990 ) .
- [45] CANBERRA Laboratory Manual for Nuclear Science , 1981-1982



*Republic of Iraq*  
*Ministry of Higher Education and*  
*Scientific Research*  
*University of Baghdad*  
*College of Education for Pure Science / Ibn*  
*Al-Haitham*



**EFFECT OF SOME PARAMETERS ON THE  
MEASUREMENTS OF ATTENUATION AND  
BUILDUP FACTOR OF GAMMA RAYS  
USING GAMMA-GAMMA COINCIDENCE  
TECHNIQUE**

*A Thesis*

*Submitted to the College of Education for Pure Sciences*  
*Ibn AL-Haitham, University of Baghdad as a Partial Fulfillment of*  
*the*  
*Requirements for the Degree of Master of Science in Physics*

**BY**  
**HUSSEIN RIDHA MOHAMMED ALI AL-QAZZAZ**

(B.Sc. Physics 2012)

*Supervised by*

*Prof. Dr. Khalid H. Mahdi*

1436 A.H.

2015 A.D.