دراسة بعض العوامل المؤثرة في حساب عامل تراكم أشعة كاما في مادتي الألمنيوم والرصاص

محمد جبر رسن
جامعة واسط\كلية العلوم\قسم الفيزياء

Study of some factors affecting the measurement of gamma rays Buildup factor in aluminum and lead materials

Mohammed Jebur Resen
University of Wasit / College of Science / Department of Physics

Abstract

In this research Buildup factor of gamma rays in the lead and aluminum substances using the Geiger tube detector and the Cobalt-60 radioactive source.For a distance of (60mm) between the cobalt-60 radioactive source and detector, the effect of atomic number variation and thickness of the shield material in units (mm) and mean free path units (m.f.p) on the Buildup factor values had been studied, and the effect of changing of the distance between the cobalt-60 radioactive source and detector on the Buildup factor had been studied for constant thickness value (10mm) of aluminum material shield.Also the effect of changing of collimator hole diameter and gamma rays energy had been studied for distance (60mm) between the radioactive source and the detector using cesium-137 and cobalt-60.This study provide that Buildup factor of gamma rays increases with decreasing of the atomic number of shield material and with increasing of the shield thicknesses, and it decreases with increasing of distance between the radioactive source and detector and with increasing collimator hole diameter, as well as it decreases with increasing of gamma rays energy or radioactive source energy.

المستخلص

تم في هذا البحث قياس عامل تراكم أشعة كاما (Buildup Factor) في مادتي الرصاص الألمنيوم باستخدام كاشف عداد كايكر والمصدرين المشعين السيزيوم-137 والكوبالت-60.ولمسافة (60mm) بين مصدر الكوبالت- 60 المشع والكاشف تم دراسة تأثير تغير العدد الذري وسمك مادة الدرع بوحدات (mm) و وحدات معدل المسار الحر (m.f.p) على قيم عامل التراكم, كما تم دراسة تأثير تغير المسافة بين مصدر الكوبالت- 60 المشع والكاشف على قيم عامل التراكم لسمك ثابت (10mm) لدرع من مادة الألمنيوم. كذلك تم دراسة تأثير تغير قطر فتحة المسدد وطاقة أشعة كاما ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف باستخدام المصدرين المشعين السيزيوم-137 والكوبالت- 60 .أثبتت هذه الدراسة أن عامل تراكم أشعة كاما (Buildup Factor) يزداد بنقصان العدد الذري لمادة الدرع وبزيادة سمكه , ويقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف وبزيادة قطر فتحة المسدد وكذلك يقل بزيادة طاقة أشعة كاما أو طاقة المصدر المشع.

المقدمة

الدروع النووية الواقية من الإشعاع, أو ما يسمى بالدروع الإشعاعية, تؤدي وظائف عديدة ,ومن أهم هذه الوظائف هي تقليل التعرض للأشخاص في أماكن وجود الإشعاع.
تناول موضوع الدروع النووية الواقية من الإشعاع الذي أصبح جزءا مؤثرا في حياتنا اليومية يعد من الأمور المهمة خصوصا بعد التقدم العلمي الكبير الذي بدأ يرتكز على موضوع استخدام المواد المشعة ومصادر الإشعاع الأخرى في المجالات الطبية والزراعية وكذلك المجالات العلمية الأخرى مثل بناء مفاعلات البحوث النووية وكذلك في مجال توليد الطاقة وفي نواحي الحياة المتعددة.
هناك الكثير من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر في تصميم الدروع النووية الواقية من الإشعاع أو اختيار موادها ومن هذه المؤثرات إن لم تكن أهمها هي مسالة تشتت الإشعاع المتكرر عند مرروه في مادة الدرع

النووية فعند مرور أشعة كاما مثلا في مادة درع معين تتشتت لأكثر من واحدة وقد تعود أشعة كاما التي سبق أن تشتتت للدخول مرة ثانية الى الكاشف وكأنها لم تعان من أي تشتت وبذلك تحسب عمليا على أنها أشعة غير متصادمة (Uncollided) وهذا يؤدي الى اختلاف وتفاوت كبيرين بين الحسابات النظرية وحسابات النتائج العملية حيث أن الحسابات النظرية تتعامل مع هذه الأشعة المتشتتة والعائدة الى العداد مرة أخرى على أنها أشعة متصادمة (Collided) أي تطرح من الحسابات النظرية وبشكل نهائي.ولتفادي هذا الفرق الكبير بين النتائج العملية والحسابات النظرية يتم اللجوء الى إدخال عامل معين ومهم الى الحسابات النظرية للتقريب بين نتائجها والنتائج العملية وهذا العامل هو ما يسمى بعامل التراكم (Buildup Factor),حيث أن هذا العامل غالبا ما يعطى على شكل جداول جاهزة وذات قيم تختلف من مادة الى أخرى ومن طاقة الى أخرى ,وبهذا يتم تفادي هذا الاختلاف المهم بين النتائج التجريبية ونتائج الحسابات النظرية (1) .

في عام (1994) أجرى العطية دراسة لقياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم- 137 والكوبالت- 60 باستخدام دروع من (الألمنيوم ، البراص ، الرصاص ، الحديد , الكونكريت ، النحاس) وقد أثبتت الدراسة أن عامل التراكم يزداد بازدياد سمك الدرع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع ونقصان طاقة المصدر المشع (2) .

وفي عام (2001) قام ألبيتي بدراسة عامل التراكم لأشعة كاما خلال دروع منفردة ومتعددة الطبقات عمليا ونظريا, وتضمنت الدراسة العملية قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم-137 والكوبالت-60 ووجد أن عامل التراكم يزداد بزيادة السمك و يقل بزيادة طاقة المصدر المشع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع (3) .

كما قام C. Singh وجماعته في عام (2004) بدراسة تأثير كل من سمك المادة الماصة وحجم المسدد في قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر السيزيوم-133لمواد البرسبكس والبكلات وقد أثبتت هذه الدراسة أن حجم المسدد وسمك المادة الماصة تمنع وصول الاستطارات المتعددة إلى الكاشف (4) .

كذلك في عام (2005) قام أبو جاسم بدراسة تأثير كل من سمك الدرع والمسافة بين المصدر المشع والكاشف وطاقة المصدر المشع وقطر فتحة المسدد على قياس قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء الصادرة من مصدري السيزيوم-137 والكوبالت- 60 وقد وجد أن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة سمك طبقة الماء ويقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف ويقل بزيادة طاقة المصدر المشع وقطر فتحة المسدد (5) .

1) الاعتبارات النظرية

Theoretical considerations

إن دراسة خواص التدريع لمادة ما ضد أشعة كاما تعتمد بشكل أساسي على حساب قيم معامل توهين الأشعة وعامل التراكم للأشعة في المادة.

إن العمليات التي تحصل عند مرور أشعة كاما خلال المادة هي عمليات معقدة فإن الفوتون يتفاعل بطرق عديدة ولكن التفاعلات الرئيسية المهمة والتي تكون احتمالية حدوثها عالية يمكن تصنيفها الى ثلاث تفاعلات هي :

أ- التأثير الكهروضوئي Photoelectric Effect

وهي تفاعل بين فوتون أشعة كاما والإلكترون والمرتبط بالذرة ونتيجة هذه العملية يعطي الفوتون جميع طاقته الى الإلكترون المداري ومن ثم يُقذف الأخير ويصبح حراً, ويتناسب حدوث هذا التفاعل طرديا مع القوة الرابعة للعدد الذري للمادة (z^4) ويكون سائداً عند الطاقات الواطئة وللمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة (6).

ب- استطارة كومبتن Compton Scattering :

وهي استطارة غير مرنة تحدث بين الفوتون الساقط والكترونات المدارات الخارجية للذرات إذ تكون تلك الإلكترونات ضعيفة الارتباط بالنواة مما يفقد الفوتون الساقط جزءاً من طاقته لتلك الإلكترونات مسبباً انبعاث الإلكترون خارج حيز الذرة بزاوية (Ɵ) وبطاقة حركية (E) بحيث يحافظ الفوتون الساقط والمستطار والإلكترون على قانون حفظ الطاقة والزخم, ويتناسب حدوث هذا التفاعل طردياً مع العدد الذري (z) للمادة ويمثل التفاعل الشائع عند الطاقات المتوسطة (0.662 – 1.25MeV) وعند الأعداد الذرية القليلة (7) .

ج- إنتاج الزوج Pair Production :

وهي ظاهرة تلاشي فوتون الأشعة الساقطة على المادة في مجال النواة الكولومي متحولاً الى زوج إلكترون-بوزيترون عندما تكون طاقة الفوتون مساوية أو أكبر من (1.022MeV)والمساوية الى ضعف كتلة السكون للإلكترون, ويكون هذا التفاعل شائعاً في حالة كون الفوتونات الساقطة ذات طاقة عالية والعدد الذري للمادة كبيراً, ويتناسب حدوث هذا التفاعل طردياً مع مربع العدد الذري للمادة (z^2). إن كمية التوهين الحاصلة في حزمة الأشعة الساقطة عند اختراقها مادة الهدف تعتمد على المقطع العرضي للتفاعل وشدة الأشعة الساقطة, وبما أن (μ) تمثل احتمالية إزالة الفوتون من الحزمة لكل وحدة مسار خلال تفاعله مع ذرات الوسط الموهن نتيجة تفاعلات الامتصاص والاستطارة (8), إذ أن معامل التوهين الكلي (μ) (Total attenuation coefficient) يمثل مجموع معاملات الامتصاص الجزئي لكل من التأثير الكهروضوئي, تأثير كومبتن وإنتاج الزوج.إن معادلة لامبرت-بيير المستخدمة لدراسة توهين أشعة كاما (الامتصاص والاستطارة) داخل المادة من خلال قياس تغير شدة الأشعة المسددة بشكل جيد مع تغير سمك المادة تعطى بالعلاقة الآتية (9) .

$$I = I_o e^{-\mu x} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن :

I - معدل شدة الأشعة النافذة خلال مادة ماصة سمكها x

I_o - معدل شدة الأشعة الساقطة بدون وجود المادة الماصة

μ - معامل الامتصاص الخطي (Linear attenuation coefficient)

وتصلح هذه المعادلة فقط عندما تكون حزمة الفوتونات ضيقة جداً ومتوازية وأحادية الطاقة وأن يكون سمك المادة الماصة قليلاً جداً (أي في حالة الترتيب الهندسي الجيد). إن هذه العلاقة الأسية تبين عدم وجود مدى محدد لأشعة كاما داخل المادة, لذلك ظهر مفهوم معدل المسار الحر (Mean Free Path) والذي يمثل معدل المسافة بين تفاعلين متتالين للفوتون ويعطى بالعلاقة الآتية :

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

وأن سمك المادة بوحدات معدل المسار الحر (m.f.p) يعطى بالعلاقة الآتية :

$$x\ (m.f.p) = \frac{x\ (cm)}{\lambda\ (cm)} = \mu x \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

ويمكن استخدام العلاقة (1) لحساب معامل التوهين الخطي بالشكل الآتي :

$$Ln\ (I_o/I) = \mu x \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث أن ميل الخط المستقيم لشكل العلاقة بين السمك (x) ولوغاريتم نسبة الامتصاصية (Ln (I_o/I)) يمثل قيمة معامل التوهين, أي أن μ(cm) = Slope .

في جميع الحالات التي تكون فيها حزمة الفوتونات عريضة أو غير متوازية أو يكون سمك الدرع كبير نسبياً تصبح معادلة (1) غير صالحة للتطبيق بسبب ما يعرف بعامل التراكم (Buildup Factor) الذي ينتج عن تراكم الفوتونات في نقطة معينة. عندما يصل عدد قليل من الفوتونات المستطارة والثانوية إلى الكاشف بسب تسديد حزمة أشعة كاما بمسدد يقلل إلى حد كبير عدد تلك الفوتونات المستطارة, كما في الشكل **(1-a)**، ويسمى هذا الترتيب بالترتيب الهندسي الجيد (Good Geometry) أو الحزمة الضيقة ، ويستخدم هذا الترتيب في القياسات العملية لمعامل لامتصاص.وعندما يصل جزء كبير من الفوتونات المستطارة والثانوية إلى الكاشف فان ترتيب المنظومة هذا يسمى بالترتيب الهندسي الرديء (Bad Geometry) أو الحزمة العريضة, كما في الشكل **(1-b)**، وبسبب تأثير الإشعاعات الثانوية في الكاشف يصبح التوهين في حالة الحزمة العريضة أكبر مما هو عليه في حالة الحزمة الضيقة وفي حالة الحزمة العريضة وسوف يدخل عامل تصحيح في المعادلة يسمى عامل التراكم (Buildup Factor (B)) لأشعة كاما كما في العلاقة الآتية : (10)

$$I_b = I_{ob}\, B e^{-\mu x} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث أن:

I_b - شدة الحزمة الكلية بوجود الدرع (الترتيب الهندسي الرديء).

I_{ob} - شدة الحزمة الكلية بدون وبوجود الدرع (الترتيب الهندسي الرديء).

B - عامل التراكم (Buildup Factor).

ومن المعادلتين (1) و (5) يمكن الحصول على قيمة عامل التراكم (B) من العلاقة الآتية: (11)

$$B = (I_b/ I_{ob}) / (I_g / I_{og}) \quad \ldots\ldots (6)$$

حيث أن:

I_g - شدة الحزمة الكلية بوجود المسددات و الدرع (الترتيب الهندسي الجيد).

I_{og} - شدة الحزمة الكلية بوجود المسددات فقط (الترتيب الهندسي الجيد).

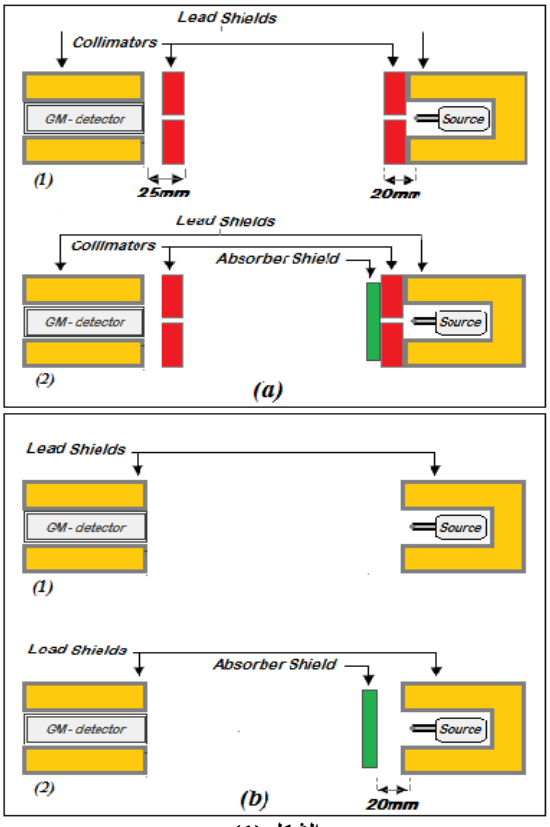
2) منظومة العمل والقياس

Work and measurement system:

إن منظومة العمل والقياس المستخدمة للدراسة الحالية تتألف من الأجزاء الآتية:

أ- منظومة العد Counting System :

تم استخدام منظومة العد الخاصة بكاشف عداد كايكر- مولر Geiger-Muller counter tube المبينة في الشكل **(2)**. ويتكون الكاشف من :



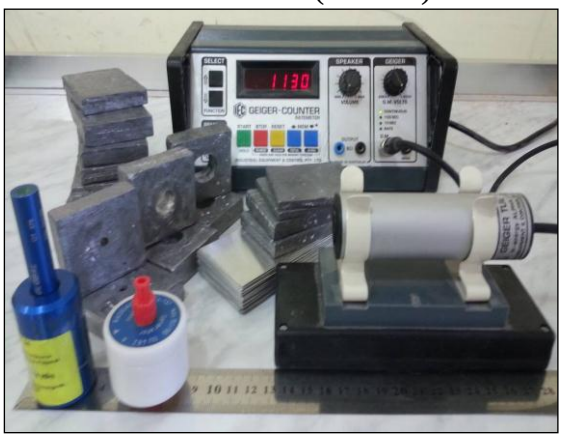
الشكل (1) :

a – الترتيب الهندسي الجيد (1) للقراءة الصفرية, (2) بوجود الدرع.

b – الترتيب الهندسي الرديء (1) للقراءة الصفرية, (2) بوجود الدرع.

1. أنبوبة العد Counting Tube :
إن أنبوبة عداد كايكر- موللر (Geiger-Muller tube) المستخدمة في منظومة العد من نوع (TYPE ABG,hi-energy ALPHA/BETA/GAMA) ذات منشأ استرالي من شركة (INDUSRIAL EQUIPMENT &CONTROL PTY. LTD. AUSTRALIA). وهو عبارة عن أنبوبه معدنية يمر بداخلها سلك معدني وسطي يخترق ألأنبوبه من أحد طرفيها ومعزول عن جدارها كهربائيا , والطرف الأخر للأنبوبة مفتوح ومزود بنافذة من المايكا . يملأ داخل الأنبوبة أو الأسطوانة بغاز نبيل أو خامل مثل الأركون مضافا إليه بخار كحول أثيلي تحت ضغط واطئ .تسلط فولتية مناسبة على أنبوبة الكاشف بحيث يربط جدار الأنبوبة الى الجهد السالب (الكاثود) والسلك الوسطي الى الجهد الموجب (الأنود) (12). يتم تشغيل أنبوبة العداد بفولتية تشغيل (450volt).

2. العداد والمؤقت Timer & Counter
يعمل العداد على عرض العدد الكلي للنبضات الناتجة عن دخول الإشعاعات المؤينة الى أنبوبة العداد, أما المؤقت فيعمل على السيطرة على العداد لتحديد الفترة الزمنية المطلوبة للعد وفي هذه الدراسة تحديد معدل العد لمدة (100sec.).



الشكل (2) : يمثل منظومة العد الخاصة بكاشف عداد كايكر- موللر.

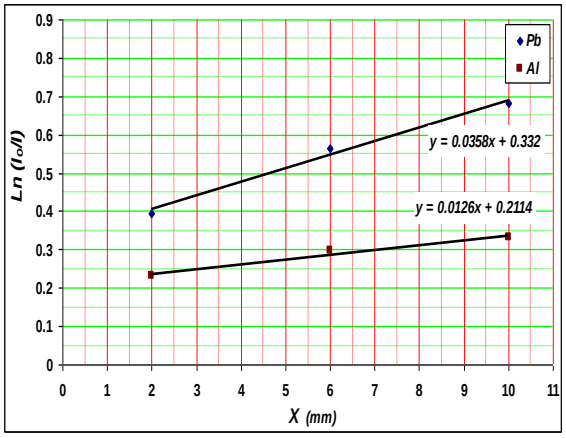
ب- المصادر المشعة Radioactive Sources :
المصدران المشعان المستخدمان في هذا البحث هما الكوبالت-60 (Co-60) , بفعالية إشعاعية (0.699μCi) وعمر نصف مقداره (5.27y) والذي يبعث فوتونات كاما بطاقتين مقدارهما (1.333MeV) و (1.173MeV) أي أنه يبعث أشعة كاما بمعدل (1.253MeV) , والسيزيوم-137 (Cs-137) بفعالية إشعاعية (0.284 μCi) وعمر نصف مقداره (30y) .

ج- المسددات والدروع Collimators & Shields
إن الدروع المستخدمة لدراسة عامل التراكم هي الألمنيوم (Al) والرصاص (Pb) بسمك (2, 6, 10)mm لكل مادة, وكذلك تم استخدام مسددات من مادة الرصاص أبعادها (50×50×15)mm ذات فتحات دائرية مركزية مختلفة (5, 16, 22)mm , وتم ترتيب منظومة القياس بثلاث قيم مختلفة للمسافة الفاصلة بين الكاشف والمصدر المشع (60, 80, 100)mm لدراسة اعتماد عامل التراكم على مقدار المسافة بين المصدر المشع والكاشف. وكانت المسافة بين الكاشف والمسدد الأول وبين المصدر المشع والمسدد الثاني (5mm).

3) الحسابات والنتائج
Calculations &Results

تم دراسة مجموعة محددة من العوامل المؤثرة في مقدار قراءات العد لمدة (100sec.) المسجلة في منظومة عداد كايكر- موللر وتم اخذ معدل العد لعشر قراءات لجميع القياسات وللترتيبين الهندسيين الرديء والجيد , وكالآتي:

أ- تأثير السمك والعدد الذري في عامل التراكم:
تم حساب معامل التوهين الخطي (μ) لأشعة كاما المنبعثة من مصدر الكوبالت المشع (Co-60) وبمعدل طاقة يساوي (1.253MeV) في مادتي الرصاص والألمنيوم من خلال رسم قيم ($Ln(I_o/I)$) كدالة لسمك المادة (x) كما في الشكل (3) حيث أن قيمة معامل التوهين الخطي تمثل ميل الخط المستقيم للعلاقة البيانية لكل من مادتي الرصاص والألمنيوم وتساوي ($0.0358mm^{-1}$) و ($0.0126mm^{-1}$) على التوالي.تم استخدام قيم معامل التوهين الخطي لحساب سمك المادة بوحدات معدل المسار الحر (m.f.p) وكما مبين في الجدول رقم (1) .يوضح الشكل (4) عامل التراكم كدالة لسمك المادة بوحدات (mm) باستخدام مصدر الكوبالت المشع (Co-60), ولكون قيم عامل التراكم ترسم كدالة لسمك المادة بوحدات (m.f.p) في اغلب البحوث, فقد تم رسم الشكل (5), ويبين الشكلان أن عامل التراكم يزداد بنقصان العدد الذري لمادة الدرع حيث لوحظ أن عامل التراكم للألمنيوم أكبر منه للرصاص ويزداد بزيادة سمك الدرع, وهذا يتطابق مع ما توصل إليه كل من العطية (2) , ألبيتي (3) وآخرين (4,5).

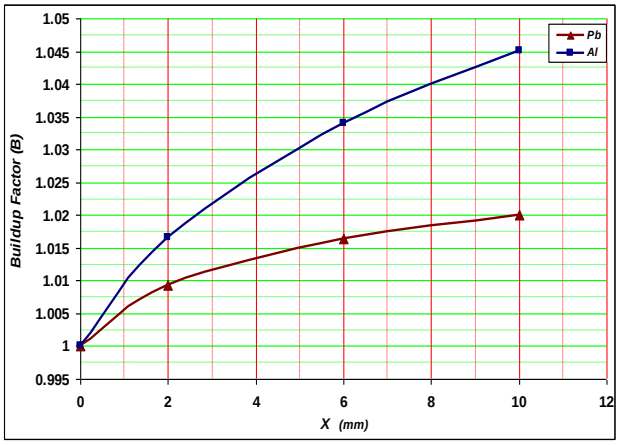


الشكل (3) : يمثل قيم لوغاريتم نسبة الامتصاصية ($Ln(I_o/I)$) كدالة لسمك الدرع (x) بوحدات (mm)

لمادتي الألمنيوم (Al) و الرصاص (Pb) استخدام مصدر الكوبالت المشع (Co-60) ومسدد قطر فتحته (5mm) ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف.

جدول (1) : عامل التراكم لدروع الألمنيوم (Al) و (Pb) باستخدام مصدر الكوبالت المشع (Co-60) ومسدد قطر فتحته (mm5) ولمسافة (mm60) بين المصدر المشع والكاشف.

Metal	Thickness X (mm)	Thickness X (m.f.p)	I_b	I_g	$(I/I_o)_b$	$(I/I_o)_g$	Ln $(I_o/I)_g$	B
Non	0	0	761.3	333	1	1	0	1
Al	2	0.0252	614.4	264.3	0.8070	0.7937	0.2311	1.0168
	6	0.0756	584.5	247.2	0.7678	0.7423	0.2979	1.0342
	10	0.1260	571.2	239.0	0.7503	0.7177	0.3317	1.0454
Pb	2	0.0716	517.5	224.2	0.6797	0.6733	0.3956	1.0096
	6	0.2148	440.7	189.6	0.5789	0.5694	0.5632	1.0167
	10	0.3580	392.6	168.3	0.5157	0.5054	0.6824	1.0204

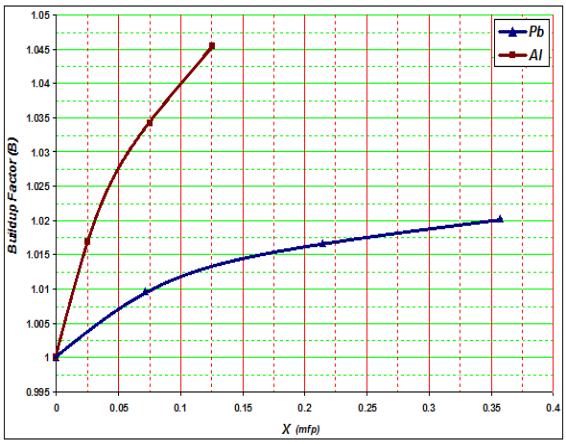


الشكل (4) : يمثل قيم عامل التراكم لأشعة كاما المنبعثة من مصدر الكوبالت المشع (Co-60) كدالة لسك دروع الألمنيوم (x) بوحدات (mm) باستخدام مسدد قطر فتحته (5mm) ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف.

وتفسير ذلك انه عند زيادة سمك الدرع يزداد عدد الالكترونات المدارية وبذلك سوف المقطع العرضي لتفاعل فوتونات أشعة كاما مع الكترونات مادة الدرع فيزداد عدد الفوتونات المستطارة وهذا بدوره يؤدي الى زيادة عامل التراكم, أما السبب في زيادة قيم عامل التراكم بنقصان العدد الذري فيعزى الى زيادة المقطع العرضي لاستطارة كومبتن في الطاقات المتوسطة والأعداد الذرية القليلة وهذا مايحدث في دروع الألمنيوم حيث يزداد عدد الفوتونات المستطارة.

ب- تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف:

يوضح الجدول رقم (2) قيم عامل تراكم أشعة كاما المنبعثة من الكوبالت-60 لدروع من مادة الألمنيوم وقيم



الشكل (5) : يمثل قيم عامل التراكم لأشعة كاما المنبعثة من مصدر الكوبالت المشع (Co-60) كدالة لسك دروع الألمنيوم والرصاص (x) بوحدات (m.f.p) باستخدام مسدد قطر فتحته (5mm) ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف.

الشدة الكلية لأشعة كاما في حالة الترتيب الهندسي الجيد الردئ لمسافات مختلفة بين الكاشف والمصدر المشع, والشكل (6) يبين علاقة قيم عامل التراكم بقيم المسافة الفاصلة بين المصدر المشع والكاشف باستخدام مصدر الكوبالت المشع (Co-60) , وكما هو ملاحظ في هذا الشكل أن عامل التراكم يقل بزيادة المسافة بين الكاشف والمصدر وهذا السلوك متوافق مع النتائج التي توصل إليها C. Singh (4) .

إن تفسير سلوك عامل التراكم هذا هو انه بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف فإن نسبة معدل العد للحزمة العريضة أو الغير مسددة ستتناقص بشكل كبير مسببة

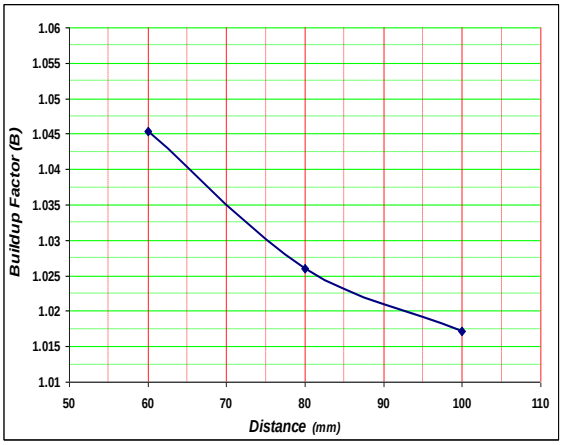
نقصان نسبة الحزمة العريضة الى الحزمة الضيقة وبالتالي نقصان قيمة عامل التراكم.

ج- تأثير قطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع:

لدراسة تأثير قطر فتحة المسددات المستخدمة في الحصول على الترتيب الهندسي الجيد فقد تم اخذ مسددات بأقطار فتحات مختلفة (5, 16, 22)mm, وتم استخدام مصدرين مشعين لإشعاعات كاما هما الكوبالت (Co-60) بمعدل طاقة (1.253MeV) والسيزيوم (Cs-137) بطاقة (0.662MeV) لدراسة تأثير طاقة المصدر أو طاقة أشعة كاما على قياس عامل التراكم وكانت القراءات كما في الجدول رقم (3) .

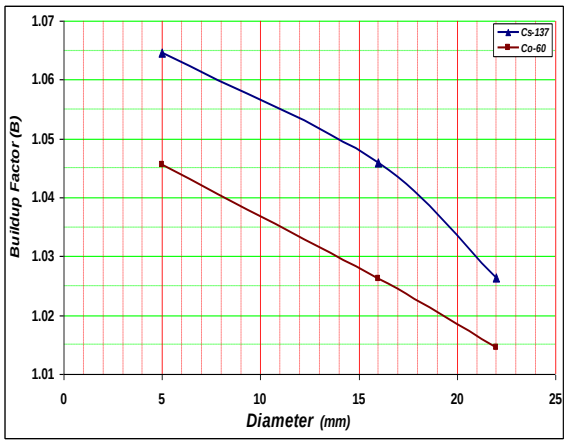
جدول (2) : عامل التراكم لدرع الألمنيوم (Al) سمكه (10mm) باستخدام مصدر الكوبالت المشع (Co-60) ومسدد قطر فتحته (5mm).

Distance D (mm)	I_{ob}	I_b	I_{og}	I_g	$(I/I_o)_b$	$(I/I_o)_g$	B
60	761.3	571.2	333.0	239.0	0.750296	0.7177	1.0454
80	496.7	224.2	270.5	119.0	0.451379	0.4399	1.0260
100	349.6	114.0	204.0	65.4	0.326087	0.3206	1.0172



الشكل (6) : يمثل قيم عامل التراكم لأشعة كاما المنبعثة من مصدر الكوبالت المشع (Co-60) كدالة للمسافة بين المصدر والكاشف بوحدات (mm) باستخدام مسدد قطر فتحته (5mm) .

يبين الشكل (7) علاقة عامل التراكم بقطر فتحة المسدد ولكل من المصدرين المشعين المستخدمين, ويوضح الشكل أن عامل التراكم يقل بزيادة قطر فتحة المسدد وزيادة طاقة أشعة كاما, وهذا متوافق تماما مع نتائج البحوث السابقة (2,4,5,13).



الشكل (7) : يمثل قيم عامل التراكم لأشعة كاما المنبعثة من المصدرين المشعين السيزيوم (Cs-137) و الكوبالت (Co-60) كدالة لقطر فتحة المسدد ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف .

ويعود السبب في ذلك الى أن عامل التراكم يتناسب عكسيا مع معدل العد للحزمة الضيقة أو المسددة وان معدل عد الحزمة الضيقة يعتمد على قطر فتحة المسدد أي أن العلاقة بينهما طردية لذلك فإن عامل التراكم يقل بزيادة قطر فتحة المسدد, أما بالنسبة لطاقة أشعة كاما فإنمصدر الكوبالت ذو طاقة عالية مقارنة بمصدر السيزيوم لذلك فان تشتت الأشعة يكون أكبر من مصدر السيزيوم ومن ثم فان الأشعة
الثانوية المتولدة باستخدام مصدر الكوبالت أكبر منه للسيزيوم فيقل عامل التراكم بازدياد طاقة المصدر المشع.

جدول (3) : عامل التراكم لدرع الألمنيوم (Al) سمكه (10mm) باستخدام مصدري السيزيوم المشع (Cs-137) والكوبالت المشع (Co-60) ولمسافة (60mm) بين المصدر المشع والكاشف.

Source	Diameter d (mm)	I_{ob}	I_b	I_{og}	I_g	$(I/I_o)_b$	$(I/I_o)_g$	B
Cs-137	5	930.6	838.2	115.0	97.3	0.9007	0.8461	1.0646
	16	930.6	838.2	599.4	516.2	0.9007	0.8612	1.0459
	22	930.6	838.2	885.2	776.8	0.9007	0.8775	1.0264
Co-60	5	761.3	571.3	333.0	239.0	0.7504	0.7177	1.0456
	16	761.3	571.3	668.2	488.6	0.7504	0.7312	1.0263
	22	761.3	571.3	830.8	614.5	0.7504	0.7396	1.0146

الاستنتاجات

1) ازدياد عامل التراكم بزيادة سمك الدروع (Pb, Al) بسبب زيادة المقطع العرضي للاستطارة.
2) ازدياد عامل التراكم بنقصان العدد الذري وكثافة المادة حيث لوحظ أن هناك زيادة واختلافا ملحوظا في سلوك عامل التراكم لدروع الألمنيوم عنه في دروع الرصاص عند استخدام مصدر الكوبالت المشع.
3) نقصان عامل التراكم بزيادة المسافة الفاصلة بين المصدر المشع والكاشف حيث بينت النتائج أن عامل التراكم يزداد بزيادة المسافة باستخدام مصدر الكوبالت ودروع الألمنيوم.
4) نقصان عامل التراكم بزيادة طاقة أشعة كاما أو طاقة المصدر المشع حيث أن دروع الألمنيوم أبدت تغيرا وتقدما ملحوظا في قيم عامل التراكم عند انخفاض طاقة أشعة كاما.

المصادر

1- محمد قاسم الفخار و فوزي عبد الكريم اكرم. (2006). الفيزياء النووية والإشعاعية, منشورات جامعة عمر المختار, البيضاء.

2-Al-Attiah,K.(1994). Gamma Ray Buildup Factor Measurement in Different Materials. (Ph .D .thesis), College of Science, University of Baghdad.

3- ألبيتي(خالد). (2001). قياس وحساب عامل التراكم في الدروع المنفردة والمتعددة الطبقات. كلية العلوم، جامعة بابل ، (رسالة ماجستير.) .

4-Singh,C.(2004). Pure & Appl. Phys.,.42, P.475 .

3- أبو جاسم (علي).(2005). قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد الطبقة ودرع ذي طبقتين. كلية العلوم ، جامعة بابل ، (رسالة ماجستير) .

6-N. Tsoulfnidis. (1983). Measureme-nts and Detection of Radiation" McGraw-Hill Company.

7-S.Glasston and Acesonske. (1981). Nuclear Reactor Engineering.

8- الكناني (عذاب طاهر) و الخفاجي (اسعد محمد). (1986). الكشف عن الإشعاعات النووية. دار الحكمة للطباعة والنشروالتوزيع.

9- W.R. Dixon. (1952). Phys. Rev, 85, 498.

10- فريد مجيد محمد و عبد الهادي مردان غالب. (2008). قياس وحساب معامل التوهين الخطي والكتلي للأشعة السينية لمادة الخشب. مجلة تكريت للعلوم الصرفة, مجلد(13), عدد(2), صفحة(138-18).

11- خالد حسين هاتف العطية و حسين مع الله حسين العرباوي. (2012). قياس عامل التراكم لأشعة كاما في مادة الحديد والألمنيوم كدروع متحركة باستخدام الكاشف أليوميضي NaI(Tl) ", مجلة الكوفة-الفيزياء, مجلد (4), عدد (1).

12- عزوز (عاصم عبد الكريم) "ترجمة", (1982). مباديء في الفيزياء النووية, مطبعة جامعة الموصل.

13- سليم حمزة طرير. (2012). دراسة تأثير العدد الذري لمادة الدرع وقطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع في قياس عامل تراكم أشعة كاما في بعض المواد. مجلة الكوفة-الفيزياء, 4 (2): 17-9.