

## دراسة توهين أشعة كاما لنظير $^{60}\text{Co}$ في دروع متراكب البولوي أستر المدعم بمسحوق فيرايت الكالسيوم $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ .

ميثم سلمان أمانة

قسم الفيزياء- كلية العلوم - جامعة واسط

## Study the Gamma Ray Attenuation of $^{60}\text{Co}$ in the Polyester Composite-Calcium Ferrite Powder Supported Shields.

Maitham S. Amana

Physics Department, Sciences College, Wasit University, Iraq

### Abstract

This study included the production of composite materials shields of polyester fortified by Calcium Ferrite powder prepared by two different temperature degrees of annealing ( $800^\circ\text{C}$  and  $1000^\circ\text{C}$ ) to get the various size of the used granular powder. Geiger counter tube system used to study of the susceptibility of these shields on gamma radiation attenuation that emitted from the  $^{60}\text{Co}$ , were five types of nuclear shielding was prepared, two of them the powder annealed at temperatures  $800^\circ\text{C}$  different concentrations of the proportion of the addition are 2% and 7% were used in, and the other two the powder annealed at  $1000^\circ\text{C}$  and with the same concentrations above, the latter type is the pure polyester shield without any addition. The results showed that the linear attenuation coefficient  $\mu$  increases and transmission coefficient T.F decreases with reinforcement powder concentration increasing in the sample and the granular size of the reinforcement powder increasing, and the relationship between the transmission factor the thickness of the shield X is an inverse, results also showed that the half values layer HVL and tenth value layer values TVL decrease with increasing of reinforcement powder concentration in the polymer and increasing of the granular powder size. The best results were achieved using a shield composite fortified by calcium Ferrite powder that annealed at  $1000^\circ\text{C}$  with a concentration of 7%, indicating that the best.

### الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة انتاج دروع من مواد متراكبة من مادة البولوي أستر المدعم بمسحوق فيرايت الكالسيوم المحضر بدرجتين حراريتين مختلفتي التليد هما  $800^\circ\text{C}$  و  $1000^\circ\text{C}$  للحصول على حجم حبيبي مختلف للمسحوق المستخدم. استخدمت منظومة أنبوب عداد كايكر لدراسة قابلية هذه الدروع في توهين أشعة كاما المنبعثة من النظير  $^{60}\text{Co}$  حيث تم تحضير خمسة انواع من الدروع النووية اثنان منها استخدم فيهما المسحوق الملبد بدرجة حرارة  $800^\circ\text{C}$  وبتراكيز مختلفين لنسبة الإضافة هما 2% و 7% واثنان استخدم فيهما المسحوق الملبد بدرجة حرارة  $1000^\circ\text{C}$  وبالتراكيز أعلاه نفسة، والنوع الأخير هو درع البولوي استر النقي بدون أي إضافة. بينت النتائج ان معامل التوهين الخطي  $\mu$  يزداد وعامل النفاذ T.F يقل بزيادة تركيز مسحوق التدعيم في العينة وزيادة الحجم الحبيبي للمسحوق وان العلاقة عكسية بين عامل النفاذ وسمك الدرع X, كذلك بينت النتائج ان قيم طبقة السمك النصفى HVL و طبقة السمك العشري TVL تقل بزيادة تركيز مسحوق التدعيم في البولوي استر وزيادة الحجم الحبيبي للمسحوق. ان افضل النتائج تحققت باستخدام درع المتراكب المدعم بمسحوق فيرايت الكالسيوم الملبد بدرجة حرارة  $1000^\circ\text{C}$  وبتراكيز 7%, مما يدل على انه الافضل في استخدامه كدرع ضد أشعة كاما من بين الدروع المستخدمة الأخرى.

الكلمات المفتاحية : أشعة كاما, الدروع, التوهين, عامل النفاذ, طبقة السمك.

## المقدمة

من انواع مختلفة من الكونكريت و بطاقات Kev (1332, 511,662)، حيث تبين ان قيم عامل النفاذ (T.F) تتناسب عكسيا مع سمك الدرع، وان قيمه تكون اكبر في حالة الاسمنت البورتلاندي منه في أسمنت الباريت ، وكذلك قد بين ان قيم (HVL) و (TVL) في مادة (البورتلاندي) تكون ذات قيمة اكبر منه في حالة استخدام (الباريت) حيث تدل هذه النتائج على ان الاخير ذو كثافة اعلى من الاول ، لذلك يكون توهينه او اضعافه للاشعة اكبر.

## المفاهيم النظرية

عند مرور أشعة كاما خلال مادة ما فإن فوتونات تلك الاشعة أما ان تمر خلال المادة دون حصول اي تفاعل أو ان تتفاعل بتفاعلات الامتصاص والاستطارة فتعاني حزمة فوتونات الاشعة المارة خلال المادة توهينا نتيجة إزالة الفوتونات المتفاعلة منها، وقد يكون التوهين توهينا في طاقتها او توهينا في شدتها ، وتتناقص شدتها وطاقاتها بزيادة طول مسارها خلال المادة (6).

ان تدريع اشعة كاما يتضمن تفاعل اشعة كاما مع المادة من خلال ثلاث عمليات رئيسية هي الظاهرة الكهروضوئية واستطارة كومبتن وانتاج زوج الكترون- بوزترون. وتجدر الاشارة هنا ان شروط حدوث هذه التفاعلات تختلف من تفاعل لآخر، فالتأثير الكهروضوئي يحدث عند الطاقات العالية لاشعة كاما والاعداد الذرية العالية لمادة الدرع، وظاهرة كومبتن تحدث عند الطاقات الواطئة والاعداد الذرية المتوسطة بينما شروط حدوث انتاج الزوج تحدث فقط عند الطاقات العالية جدا والتي تكون أكبر من 1022Kev.

إن مجموع احتماليات حدوث التفاعلات الثلاث اعلاه يعبر عنها بالاحتمالية الكلية لوحدة الطول من المسار التي تزال فيها فوتونات كاما من الحزمة الساقطة للاشعة ويطلق عليها بمعامل التوهين الخطي (  $\mu$  ) والذي يقاس بوجدات (cm<sup>-1</sup>) ويمكن كتابتها بالعلاقة الاتية (7):

$$\mu = \kappa + \sigma + \tau \quad \dots\dots\dots(1)$$

حيث ان

$\tau$ : أحتمالية تفاعل التأثير الكهروضوئي،

$\sigma$ : أحتمالية تفاعل تأثير كومبتن ،

$\kappa$ : أحتمالية تفاعل انتاج الزوج.

ان توهين اشعة كاما (الامتصاص والاستطارة) داخل المادة يمكن أن تغير شدة الحزمة الضيقة (الحزمة المسددة بشكل جيد) لاشعة كاما مع تغير سمك المادة ، وإن شدة حزمة أشعة كاما المارة خلال حاجز أو درع يمكن حسابها باستخدام العلاقة الاتية (8):

مع الاستخدام المتزايد لنظائر أشعة كاما الفعاله في الصناعة والطب والزراعة، فقد أصبح من الضروري دراسة معاملات التوهين في مختلف المواد لاهميتها التكنولوجية و البايولوجية. فهناك حاجة دائمه لتطوير المواد التي يمكن استخدامها في ظل ظروف قاسية من التعرض للاشعة النووية، والتي يمكن أن تكون بمثابة مواد تدريع (1).

إن الهدف من البحث الحالي هو الحصول على دروع أشعاعية سهلة الصنع والتشكيل وخفيفة الوزن تحل محل الدروع التقليدية ثقيلة الوزن وصعبة التشكيل مثل دروع الرصاص والحديد القابلة للتأكسد والتآكل مع مرور الزمن (2).

إن الدروع المصنعة في هذا البحث هي دروع مكونة من مادة البولي أستر المدعم بمادة الفيرايث (CaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) و بتراكيز مختلفة للحصول على دروع ذات قابلية جيدة لتوهين وأمتصاص أشعة كاما التي يمكن أستخدمها بمدى واسع في التطبيقات الصناعية والطبية والمجالات البيئية، وبشكل عام فإن البحث الحالي هو أمتداد لما قد تم دراسة في البحوث السابقة في هذا المجال.

لقد درس Sayala (3) في (2007) خواص التدريع لمواد متراكبة ضد أشعة كاما والنيوترونات باستخدامه الرصاص وبعض مركباته والليثيوم وبعض مركباته والزجاج المدعم بالرصاص وينسب مختلفة وصفها حسب حجمها الحبيبي، ووجد ان تقنية التدريع ضد أشعة كاما و النيوترونات بأستخدام مزيج مواد بمركبات متعددة للمتراب يعطي دروعا افضل من تلك التي يستخدم فيها مواد ذات مركب واحد. قام V. Harish وآخرون (4) في (2012) بدراسة خواص التدريع لراتنج الازوفثالك (ISO) المدعم بأكاسيد الرصاص (PbO, PbO<sub>2</sub> and Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) وبتراكيز مختلفة باستخدام ثلاثه نظائر مشعة نقطية وهي (Cs-137, Co-60 and Ba-133) وبينت الدراسة ان PbO من بين الاكاسيد الثلاثة يعطي أفضل النتائج في توهين أشعة كاما ، كذلك اثبت ان معاملات التوهين تزداد بزيادة تركيز الاكاسيد في البوليمر. كذلك قام Sh, Sharifi (5) وآخرين في (2013) بدراسة نظرية لخصائص التدريع بين الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي و أسمنت الباريت عالي الكثافة

(ordinary and barite concrete)، ومقارنتها مع النتائج العملية لعامل النفاذ (T.F) وقيم طبقات السمك النصفى (HVL) لدروع

ان عامل النفاذ T.F لإشعاعات كما في أي مادة هو دالة لطاقة الاشعة وسمك المادة (T(E,x)) حيث يعرف بأنه نسبة شدة اشعة كما بوجود مادة الدرع (N(E,x), or N) الى شدة اشعة كما بعدم وجود أي درع (N(E,0), or N<sub>0</sub>) , وكما مبين في المعادلة رقم (5),(8):

$$T(E,x) = N(E,x)/N(E,0) \dots\dots (8)$$

or: T.F = N/ N<sub>0</sub>

**الجانب العملي** يمكن تصنيف مواد الفيرايث الى ثلاثة أصناف تبعاً الى التركيب البلوري وكلاتي: السبينيل فيرايث Spinel Ferrite ويمثل فيرايث الكالسيوم Calcium Ferrite ذو الصيغة الكيميائية CaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ، فيرايث السداسي Hexagonal Ferrite وفيرايث الكارنيت Garnet Ferrite (11) وحضرت العينات من مركبات فيرايث السبينيل باستخدام الطريقة السيراميكية (طريقة تفاعل الحالة الصلبة)، وكان التليد النهائي لهذه العينات بدرجتين حراريتين 1000,800 °C على التوالي وبسمك واحد، ان السبب في اختيار مواد الفيرايث بصورة عامة يرجع الى ان خصائصها المغناطيسية تجعل منها مواد ذات امتصاصية عالية للأشعة، فمن المهم جداً اختيار مواد اولية ذات نقاوة عالية لكي نتجنب أي تأثير على خواص المركب (12).

1- **منظومة القياس** في هذه الدراسة، كانت منظومة اجهزة القياس المستخدمة هي كاشف عداد كايكر- مولر استرالي المنشأ نوع (GAT: PA1885-020, 030, type ABC) ونظير الكوبالت-60 المشع، وبفعالية اشعاعية مقدارها 0.699 μCi ، و التي تبعث فوتونات أشعة كما بمعدل طاقة مقدارها 1.253MeV، وتم وضعة على مسافة 12cm عن نافذة الكاشف، وتم تشغيل الكاشف بفولتية مقدارها 500V وزمن عد مقداره 1000s.

2- **عينات الدروع والمسددات** تم صنع عينات الدروع من بوليمر بولي أستر النقي والمدعم بمساحيق السبينيل فيرايث المحضر بدرجتين حراريتين 1000,800 °C و بتركيز إضافة 2% و 7% للمسحوق من كتلة البوليمر في عينة الدرع وكانت العينات ذات شكل اسطواني وذات مقطع دائري بقطر (4cm) ، و سمك (0.9cm) ، للحصول على حزمة ضيقة من فوتونات اشعة كما من اجل دراسة معامل التوهين الخطي لها في مادة الدرع، فقد تم ترتيب منظومة القياس بالترتيب الهندسي الجيد (الشكل رقم 1) .

$$N = N_0 e^{-\mu x} \dots\dots (2)$$

حيث (N) تمثل شدة حزمة الاشعة المارة خلال مادة الدرع التي سمكها (x) ، و (N<sub>0</sub>) تمثل شدة الاشعة المقاسة بدون وجود مادة الدرع ، (μ) تمثل معامل التوهين الخطي لأشعة كما في المادة.

يمكن استخدام المعادلة (2) لحساب معامل التوهين الخطي باخذ لوغاريتم النسبة (N/ N<sub>0</sub>) وكما في المعادلة الاتية :

$$\ln (N / N_0) = -\mu x \dots\dots (3)$$

وبرسم العلاقة الخطية بين قيم ln (N / N<sub>0</sub>) وقيم السمك (x) نحصل على خط مستقيم ميله يمثل مقدار (-μx).

أن عامل النفوذ في وسط مادي هو دالة لطاقة الاشعة وسمك الوسط (T(E,X)) ويعرف بأنه النسبة بين شدة الاشعة النافذة (N (E,X)) خلال السمك (X) لمادة الدرع الى شدة الاشعة بغياب مادة الدرع (N (E,O)) وكما مبين في المعادلة الاتية (5) :

$$T(E, X) = N(E, X) / N(E, O) \dots\dots (4)$$

أتفق العلماء على صيغة ومفهوم معدل المسار الحر (λ) والذي يعرف بأنه المسافة المقطوعة بين تصادمين متتاليين، ويرمز له بالرمز (mfp) ويمكن حسابة بالمعادلة الاتية (9):

$$\lambda \text{ (cm}^{-1}\text{)} = (1/\mu) \dots\dots (5)$$

كذلك تستخدم كميات اخرى لمقارنة المواد المستخدمة في تدريع المصادر المشعة وافضليتها في توهين اشعة كما مثل طبقة السمك النصف (HVL) والتي تعرف بانها سمك مادة الدرع المطلوبة لتقليل قيمة شدة الاشعة الساقطة الى نصف قيمتها الاصلية عند طاقة محددة والتي تعطى بالعلاقة الاتية :

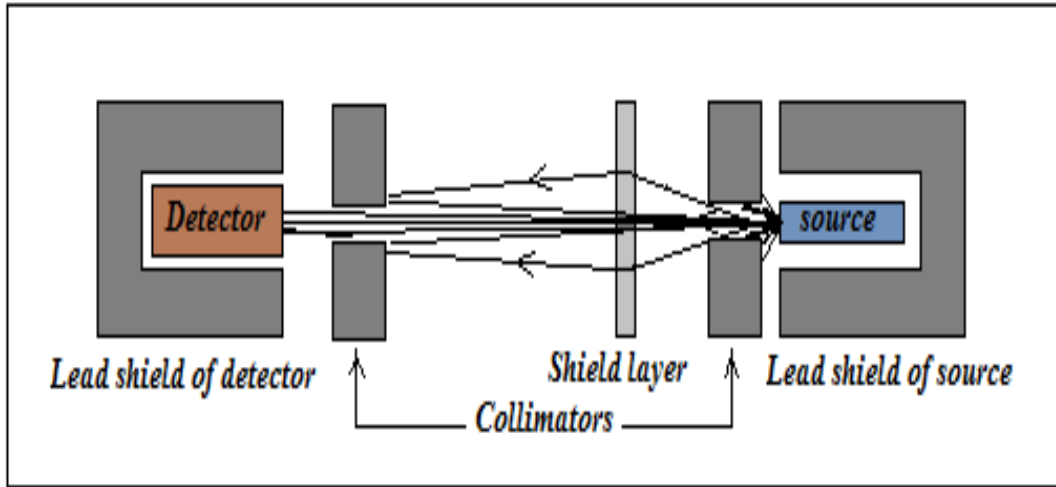
$$HVL = \ln (2) / \mu \dots\dots (6)$$

وطبقة السمك العشري (TVL) والتي تمثل سمك مادة الدرع المطلوبة لتقليل قيمة شدة الاشعة الساقطة الى عشر قيمتها الاصلية او الساقطة عند طاقة محددة وكما في العلاقة الاتية (10):

$$TVL = \ln (10) / \mu \dots\dots (7)$$

وضع مسدد الكاشف على مسافة (1.5cm) عن نافذة الكاشف والذي يمتلك فتحة دائرية مركزية مقدارها (1.6cm).

باستخدام المسدات من مادة الرصاص ذات ابعاد (5×5×1.5)cm حيث وضع مسدد المصدر المشع الذي يحتوي فتحة دائرية مركزية مقدارها (0.5cm) على مسافة (0.5cm) عن المصدر و



الشكل (1): الترتيب الهندسي لمنظومة عداد كايكر المستخدمة في العمل

### النتائج والمناقشة

الخطي لمادة ذلك الدرع ضد أشعة كما عند قيمة الطاقة (1.253)MeV حيث امتدت قيم هذا المعامل من  $0.1312 \text{ cm}^{-1}$  لدرع البولي أستر النقي (S1) إلى  $0.2233 \text{ cm}^{-1}$  لدرع متراكب البولي أستر المدعم مسحوق مادة السببيل فيرايت بتركيز 7% وبدرجة حرارة  $1000^\circ\text{C}$  (S5)، حيث يبين ان الاخير هو الافضل في توهين اشعة كما المستخدمة مقارنة بالدروع الاخرى المستخدمة في هذا البحث وكما هو موضح في الشكل (3) الذي يمثل مخططا بيانيا لقيم معامل التوهين الخطي ( $\mu$ ) لكل درع من الدروع المستخدمة .

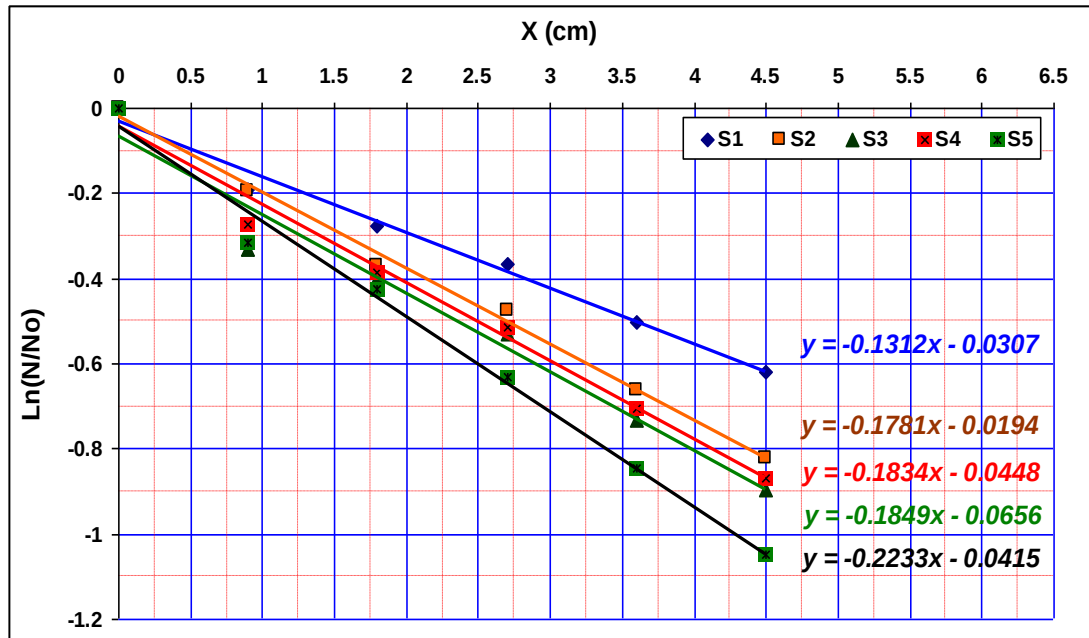
تم وضع رموز معينة لعينات الدروع المستخدمة حسب نوع كل منها لسهولة الاشارة اليها في الجداول والاشكال البيانية المرسومة وكما مبين في الجدول رقم (1)، لقد تم ترتيب نتائج وحسابات هذا البحث في الجدول (2) ومن خلال حساب لوغاريتم نسب معدلات العد  $\ln(N/N_0)$  لنماذج العينات جميعها، إذ تم حساب معاملات التوهين الخطي ( $\mu$ ) من شكل العلاقة المرسومة بين  $\ln(N/N_0)$  وسمك الدرع (X) بوحدات cm كما في الشكل (2)، حيث ان ميل الخط المستقيم لشكل هذه العلاقة لاي من الدروع يمثل معامل التوهين

جدول (1): رمز العينة ، نوعها، نسب التراكيز ودرجة حرارة التليد.

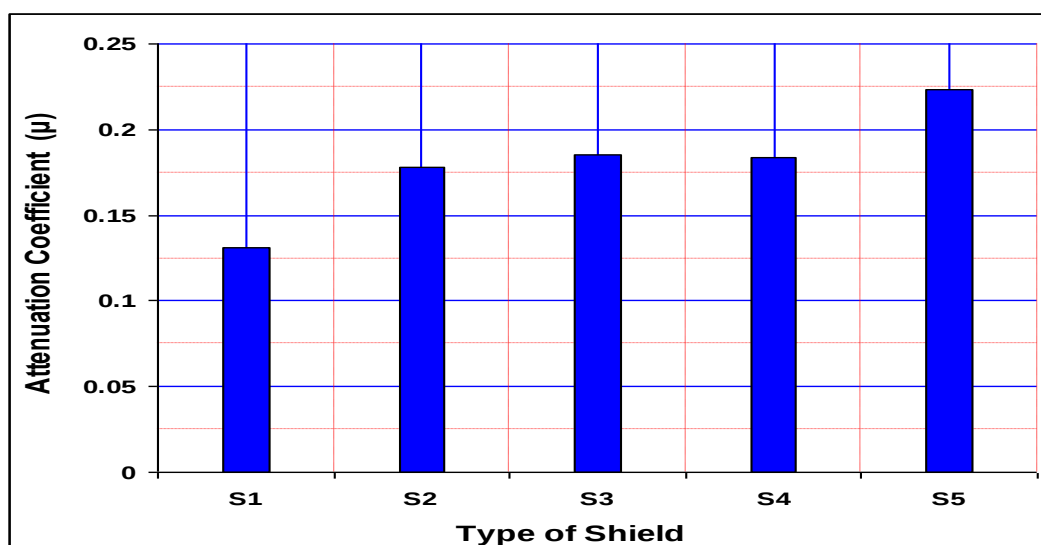
| Symbol | Shield sample                                    |
|--------|--------------------------------------------------|
| S1     | PolyasterPure                                    |
| S2     | Polyaster + 2% spinel Ferrite prepared at 800C°  |
| S3     | Polyaster + 7% spinel Ferrite prepared at 800C°  |
| S4     | Polyaster + 2% spinel Ferrite prepared at 1000C° |
| S5     | Polyaster + 7% spinel Ferrite prepared at 1000C° |

جدول (2): قيم معدل العد  $N$  ولو غار يتم نسبة العد  $\ln(N/N_0)$  لفوتونات أشعة كاما المنبعثة من نظير Co-60 المشع والنافذة من الدرع كدالة لسماك الدرع  $X$  بوحدات (cm) للدروع المستخدمة في البحث.

| X<br>(cm) | S1   |              | S2   |              | S3   |              | S4   |              | S5   |              |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|
|           | N    | $\ln(N/N_0)$ | N    | $\ln(N/N_0)$ | N    | $\ln(N/N_0)$ | N    | $\ln(N/N_0)$ | N    | $\ln(N/N_0)$ |
| 0         | 1454 | 0            | 1454 | 0            | 1454 | 0            | 1454 | 0            | 1454 | 0            |
| 0.9       | 1203 | -0.1895      | 1197 | -0.1945      | 1046 | -0.3294      | 1108 | -0.2718      | 1062 | -0.3142      |
| 1.8       | 1102 | -0.2772      | 1006 | -0.3683      | 974  | -0.4007      | 989  | -0.3854      | 951  | -0.4246      |
| 2.7       | 1010 | -0.3644      | 903  | -0.4764      | 855  | -0.5310      | 871  | -0.5124      | 772  | -0.6331      |
| 3.6       | 879  | -0.5029      | 751  | -0.6606      | 700  | -0.7312      | 718  | -0.7051      | 624  | -0.8454      |
| 4.5       | 781  | -0.6210      | 640  | -0.8209      | 593  | -0.8977      | 609  | -0.8701      | 511  | -1.0464      |



الشكل (2): علاقة قيم لو غار يتم نسبة العد  $\ln(N/N_0)$  كدالة لسماك الدرع  $X$  بوحدات (cm) لنماذج الدروع المستخدمة باستخدام نظير Co-60 المشع.



شكل (3): مخطط قيم معامل التوهين  $\mu$  بوحدات  $(\text{cm}^{-1})$  لأشعة كاما المنبعثة من نظير Co-60 المشع كدالة لنوع مادة الدرع.

يكون اكبر مما يسبب توهين واضعاف حزمة الفوتونات الساقطة وهذا ما يتفق مع ما جاء في Taqijohn (15).

ولحساب قيم معدل العد (N) وقيم لوغاريتم نسب معدلات العد  $\ln(N/N_0)$  لمدى واسع من قيم السمك تم استخدام معادلات الخطوط المستقيمة لقيم اخرى للسمك (X)، الجدولان (3) و(4) يمثلان قيم عامل النفاذ (T.F) ومعامل التوهين ( $\mu$ ) الخطي وطبقات السمك النصفى (HVL) والعشري (TVL) ومعدل المسار الحر ( $\lambda$ ).

ان قيمة معامل التوهين الخطي ( $\mu$ ) للدرع S1 الذي يمثل درع مادة بولي استر النقي تزداد بزيادة تركيز مادة التقوية ويعود السبب في زيادة كثافة الدرع ومن ثم زيادة احتمالية تفاعل الفوتون لكاما مع المادة وخصوصا تفاعل التأثير الكهروضوئي وهذا يتفق مع نتائج Shafik (13), Honodorp (14).

كما يتبين ايضا ان مسحوق السبيل فيرايت المستخدم كمادة تقوية يكون الافضل في توهين اشعة كاما في حالة تليدة بدرجة  $1000^\circ\text{C}$  والسبب في ذلك كون هذه المادة تكون ذات حجم حبيبي كبير ومن ثم فان المقطع العرضي لتفاعل فوتونات كاما

جدول (3): قيم معدل العد N ولوغاريتم نسبة العد  $\ln(N_0/N)$  و عامل النفوذ T.F لفوتونات أشعة كاما المنبعثة من نظير Co-60 المشع والنافذة من الدرع كدالة لسمك مادة الدرع X بوحدات (cm) للدروع المستخدمة في البحث.

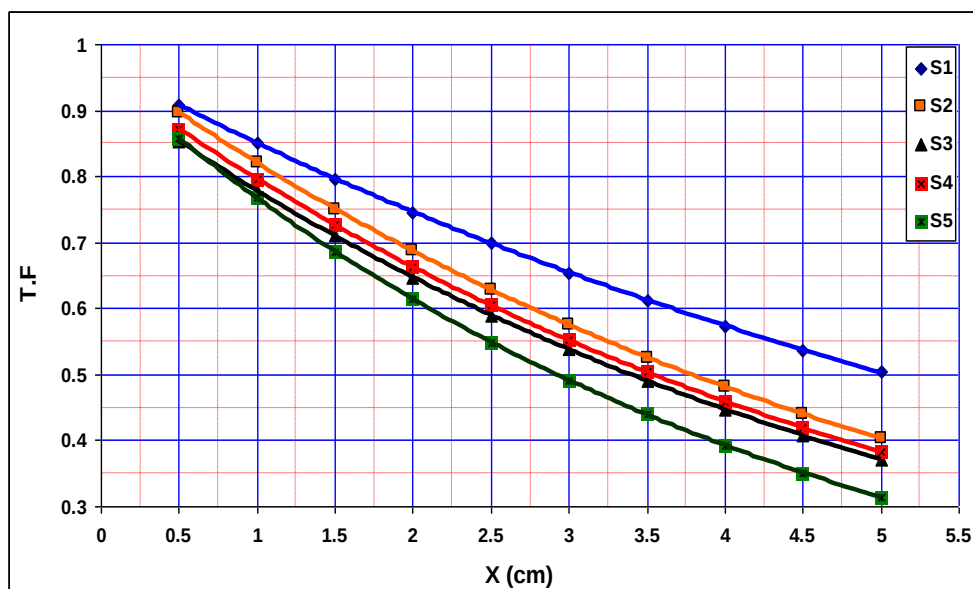
| X (cm) | S1           |        | S2           |        | S3           |        | S4           |        | S5           |        |
|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
|        | $\ln(N/N_0)$ | T.F    | $\ln(N/N_0)$ | T.F    | $\ln(N/N_0)$ | T.F    | $\ln(N/N_0)$ | T.F    | $\ln(N/N_0)$ | T.F    |
| 0.5    | -0.0963      | 0.9082 | -0.1085      | 0.8972 | -0.1581      | 0.8538 | -0.1365      | 0.8724 | -0.1532      | 0.8580 |
| 1      | -0.1619      | 0.8505 | -0.1975      | 0.8208 | -0.2505      | 0.7784 | -0.2282      | 0.7960 | -0.2648      | 0.7674 |
| 1.5    | -0.2275      | 0.7965 | -0.2866      | 0.7509 | -0.3430      | 0.7097 | -0.3199      | 0.7262 | -0.3765      | 0.6863 |
| 2      | -0.2931      | 0.7459 | -0.3756      | 0.6869 | -0.4354      | 0.6470 | -0.4116      | 0.6626 | -0.4881      | 0.6138 |
| 2.5    | -0.3587      | 0.6986 | -0.4647      | 0.6283 | -0.5279      | 0.5899 | -0.5033      | 0.6045 | -0.5998      | 0.5490 |
| 3      | -0.4243      | 0.6542 | -0.5537      | 0.5748 | -0.6203      | 0.5378 | -0.5950      | 0.5516 | -0.7114      | 0.4910 |
| 3.5    | -0.4899      | 0.6127 | -0.6428      | 0.5258 | -0.7128      | 0.4903 | -0.6867      | 0.5032 | -0.8231      | 0.4391 |
| 4      | -0.5555      | 0.5738 | -0.7318      | 0.4810 | -0.8052      | 0.4470 | -0.7784      | 0.4591 | -0.9347      | 0.3927 |
| 4.5    | -0.6211      | 0.5374 | -0.8209      | 0.4401 | -0.8977      | 0.4075 | -0.8701      | 0.4189 | -1.0464      | 0.3512 |
| 5      | -0.6867      | 0.5032 | -0.9099      | 0.4026 | -0.9901      | 0.3715 | -0.9618      | 0.3822 | -1.1580      | 0.3141 |

جدول (4): قيم  $\mu$  بوحدات  $(cm^{-1})$ , TVL, HVL و  $\lambda$  بوحدات (cm) كدالة لنوع مادة الدرع باستخدام نظير Co-60 المشع.

| Shield | $\mu$  | HVL    | $\lambda$ | TVL     |
|--------|--------|--------|-----------|---------|
| S1     | 0.1312 | 5.2831 | 7.621951  | 17.5502 |
| S2     | 0.1781 | 3.8919 | 5.614823  | 12.9286 |
| S3     | 0.1849 | 3.7488 | 5.408329  | 12.4531 |
| S4     | 0.1834 | 3.7794 | 5.452563  | 12.5550 |
| S5     | 0.2233 | 3.1041 | 4.47828   | 10.3116 |

اقل مئة في الدروع الاخرى ولكل قيم السمك ايضا، كذلك فان قيم عامل النفاذ T.F عند اي قيمة من قيم السمك للدروع المستخدمة يتناقص بزيادة تركيز مادة التقوية المستخدمة كذلك تكون قيمة اصغر ما يمكن في حالة استخدام مسحوق السبيل فيرايت الملدن عند درجة  $1000C^{\circ}$  وهذا السلوك يفسر بنفس تفسير سلوك معامل التوهين الخطي اعلا مع الاخذ بنظر الاعتبار تعاكس سلوك عامل النفاذ مع سلوك معامل التوهين لكون العلاقة بينهما عكسية.

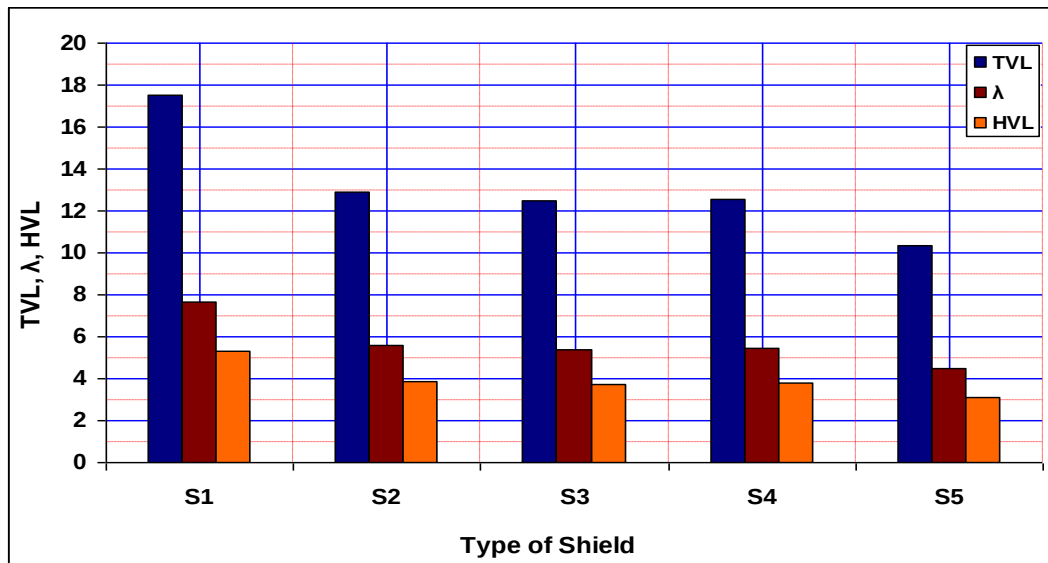
رسمت العلاقة لقيم عامل النفاذ T.F (Transmission Factor) كدالة لسمك الدروع ولكل نوع من نماذج العينات المستخدمة كما مبين في الشكل رقم (4)، وكما هو واضح من ملاحظة الشكل فان علاقة عامل النفاذ T.F بسمك المادة هي علاقة اسية تناقصية ولانواع الدروع جميعها وهذا السلوك منطبق تماما مع المفهوم النظري للمعادلة رقم (8) ومتفقا وبشكل كبير مع النتائج العملية لدراسات سابقه (15،16). كما نلاحظ ان قيم عامل النفاذ تكون اكبر في حالة الدرع (S5)



شكل (4): علاقة قيم عامل النفاذ T.F لأشعة كما المنبعثة من نظير الكوبالت المشع Co-60 كدالة لسمك الدرع X بوحدات (cm) لجميع انواع الدروع المستخدمة.

اصغر مئة في الدروع التي استخدم فيها السبيل فيرايت الملدن بدرجة  $800C^{\circ}$  كمادة تقوية وذلك بسبب كون حزمة الاشعة ستعاني توهينا اكثر لكل وحدة طول من مسارها بزيادة تركيز المادة بسبب كبر احتمالية تفاعلها مع المادة مما يؤدي الى تناقص طول مسارها خلال مادة الدرع وهذا يتفق مع نتائج الدراسات السابقة (4, 5).

رسمت قيم معدل المسار الحر ( $\lambda$ ) ، طبقة السمك النصفى HVL و طبقة السمك العشري TVL المحسوبة بالمعادلات (5،6،7) كدالة لنوع الدرع بمخطط بياني كما في الشكل (5). ان المخطط في الشكل السابق يبين ان قيم هذه الكميات تكون اكبر ما يمكن في حالة الدرع S1 وتتناقص تدريجيا بزيادة تركيز مادة التقوية وتكون قيمتها في حالة مسحوق السبيل فيرايت الملبد بدرجة  $1000C^{\circ}$



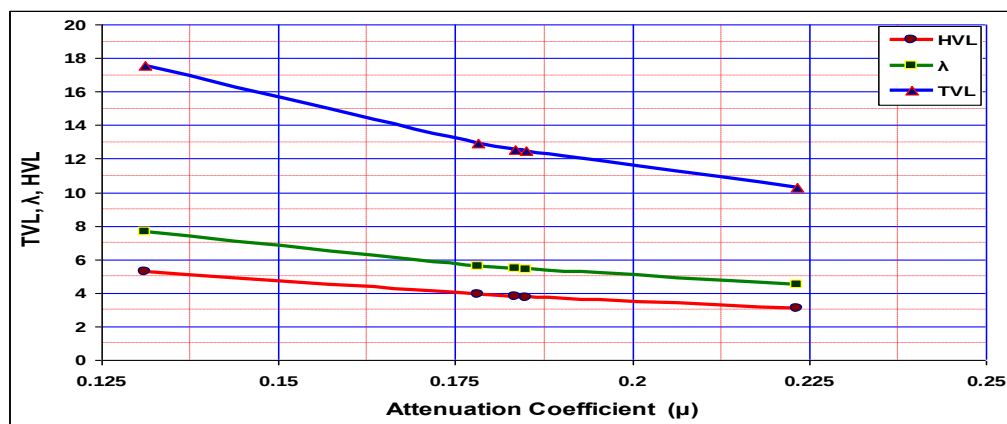
شكل (5): مخطط لقيم طبقة السمك النصفية HVL والعشري TVL ومعدل المسار الحر  $\lambda$  بوحدات (cm) كدالة لنوع الدرع باستخدام نظير الكوبالت المشع  $^{60}\text{Co}$ .

الخطي لاشعة كما المنبعثة من الكوبالت ( $^{60}\text{Co}$ ) المشع في مادة الدرع ، وكما هو واضح من هذا الشكل ان قيم هذه الكميات يتناقص بزيادة معامل التوهين الخطي لتلك الاشعة في المادة وهذا ينطبق تماما مع ماجاء في الاساس النظري كما في المعادلات (5،6،7).

تأثير آخر يمكن أن يفسر سبب الاختلاف في البيانات بين طبقة السمك النصفية HVL و طبقة السمك العشري TVL ، الذي يؤثر أيضا على دقة حسابات الدروع باستخدام هذه المؤشرات، هو التغير في الطيف الإشعاعي الذي يحدث مع زيادة العمق في المواد. اعتمادا على تركيبة مادة الدرع وطاقه كما الساقطة (17،18).

كذلك يمكن ملاحظة انه في حالة مسحوق السبيل فيرايت الملبد بدرجة  $1000^{\circ}\text{C}$  (الدروع S4 و S5) تكون قيم (TVL، HVL،  $\lambda$ ) اصغر منه في الدروع التي استخدم فيها السبيل فيرايت الملبد بدرجة  $800^{\circ}\text{C}$  (الدروع S2 و S3) كمادة تقوية ، وتفسير ذلك هو كبر الحجم الحبيبي في الحالة الاولى (الدروع S4 و S5) عنة في الحالة الثانية (الدروع S2 و S3) وهذا ايضا سببه كون الحجم الحبيبي يعطي احتمالية تفاعل اكبر لاشعة كما داخل مادة الدرع .

يبين الشكل (6) علاقة كل من طبقة السمك النصفية HVL وطبقة السمك العشري TVL ومعدل المسار الحر  $\lambda$  للدروع المستخدمة بمعامل التوهين



شكل (6): علاقة قيم طبقة السمك النصفية HVL والعشري TVL ومعدل المسار الحر  $\lambda$  بوحدات (cm) كدالة لقيم معامل التوهين الخطي  $\mu$  بوحدات ( $\text{cm}^{-1}$ ) لجميع الدروع المدروسة باستخدام نظير الكوبالت المشع  $^{60}\text{Co}$ .

درع المترابك المستخدمة في البحث الحالي اكبر من قيمها لدرع الألمنيوم ومترابك الايبوكسي المدعم بتركيز 2% من مسحوق ( $Pb_3O_4$ ). وبالتالي فان الدروع المصنعة والمدرسة في البحث الحالي افضل من مادة الألمنيوم ومن مترابك الايبوكسي المدعم بتركيز 2% من مسحوق ( $Pb_3O_4$ ) في استخدامها كدروع ضد اشعة كاما.

إن قيم  $\mu$ , HTV و TVL للدروع ذات التراكيز 2% و 7% لمساحيق التدعيم والمتمثلة بالنماذج S2, S3, S4 و S5 تم مقارنتها مع قيمها في مواد الدروع التقليدية المدرسة في اغلب البحوث السابقة لخواص التدريع لمواد الرصاص والحديد والألمنيوم ودرع مترابك الايبوكسي المدعم بتركيز 2% من مسحوق ( $Pb_3O_4$ ) وكما مبين في الجدول (5) والذي يبين ان قيم معامل التوهين في

جدول (5): مقارنة قيم  $\mu$ , HVL و TVL لنماذج الدروع S2, S3, S4 و S5 المحسوبة في البحث الحالي مع قيمها للرصاص والحديد والألمنيوم ودرع مترابك الايبوكسي المدعم بتركيز 2% من مسحوق ( $Pb_3O_4$ ) في دراسات سابقة باستخدام نظير Co-60 المشع.

| Type of Shield         | Present work |        |        |        | Previous work                                                                                                          |                                                 |                                                    |                                              |           |
|------------------------|--------------|--------|--------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
|                        | S2           | S3     | S4     | S5     | Pb                                                                                                                     | Fe                                              | Al                                                 | Epoxy/2% $Pb_3O_4$ Composite <sup>(21)</sup> |           |
|                        |              |        |        |        |                                                                                                                        |                                                 |                                                    | 1.1732 MeV                                   | 1.2745MeV |
| $\mu$<br>( $cm^{-1}$ ) | 0.1781       | 0.1849 | 0.1834 | 0.2233 | 0.6715 <sup>(19)</sup><br>0.581 <sup>(16)</sup><br>0.6669 <sup>(21)</sup><br>0.5775 <sup>(21)</sup>                    | 0.421 <sup>(20)</sup><br>0.4212 <sup>(21)</sup> | 0.149 <sup>(20, 9)</sup><br>0.1483 <sup>(21)</sup> | 0.108                                        | 0.094     |
| HVL<br>(cm)            | 3.8919       | 3.7488 | 3.7794 | 3.1041 | 1.56 <sup>(16)</sup><br>1.2 <sup>(16)</sup><br>1.5 <sup>(18)</sup><br>1.6 <sup>(18)</sup><br>1.2 <sup>(21)</sup>       |                                                 |                                                    | 6.4                                          | 7.37      |
| TVL<br>(cm)            | 12.928       | 12.453 | 12.555 | 10.311 | 4.53 <sup>(16)</sup><br>4.0 <sup>(16)</sup><br>4.2 <sup>(16,19)</sup><br>4.1 <sup>(18)</sup><br>4.6 <sup>(16,18)</sup> |                                                 |                                                    | 21.3                                         | 24.47     |

4-V. Harish , Nagaiah and H. G. Harish Kumar, (2012).Lead Oxides filled with Isophthalic resin polymer composites for Gamma radiation shielding applications", Indian Journal of Pure & Applied Physics,50: 847-850.

5-Sh.Sharifi, R. Bagheri, s.p. shirmardi,(2013).Comparison of shielding properties for ordinary, barite,sepetine and steel-magnetite concretes using MCNP-4C code and available experimental results "Annals of Nuclear Energy, 53, 529-534.

6-Tait,W, H., (1980). Radiation Detection ", Butter worths , U.K.

7-G. F. Knoll, (2000).Radiation Detection and Measurement", 3rd edition.John Wiley, New York, Physics of Nuclear Medicine.

8-G. Knoll, (2010).Radiation Detection and Measurement" John Wiley and Sons.NewYork ,Third

### الاستنتاجات

1- أن الطريقة السيراميكية المتبعة لتحضير السبيل فيرايت في هذه الدراسة تعطي مادة ذات توهين جيد لاشعاعات كاما.

2- درجة حرارة التلييد لها تأثير مهم في تشكيل مواد الفيرايت فهي تؤثر في حجمها الحبيبي وقابلية توهينها للاشعة عند استخدامها كمادة تقوية في البولي أستر .

3- تزداد قيمة معامل التوهين الخطي لاشعة كاما في دروع المتراكب بزيادة درجة حرارة التلييد لمادة السبيل فيرايت وبالتالي تقل قيم عامل النفاذ ومعدل المسار الحر وطبقتي السمك النصف والعشري.

4- تزداد قيمة معامل التوهين الخطي لاشعة كاما في عينات الدروع بزيادة تركيز مسحوق السبيل فيرايت في مادة البولي أستر.

5- يقل عامل النفاذ ومعدل المسار الحر وطبقتي السمك النصف والعشري بزيادة تركيز مسحوق السبيل فيرايت في عينة درع البولي أستر وبزيادة سمك الدرع.

6- أن افضل الدروع المستخدمة هي التي تكون درجة حرارة التلييد لها اكبر من ( $1000^{\circ}\text{C}$ ) وذات تركيز مادة تقوية أكبر (7 %).

### المصادر

9-N.Tsoufanidis,(1983).Measurement and Detection of Radiation" MC Graw-Hill, New York Company, 2nd ed.

10-I. Akkurt, B. Mavib, K. Gunoglua, H. Akyildirim and H. Canakcic, (2013).Photon Attenuation Coefficients of Iron Doped Clayat 662 keV , Proceedings of the 2nd International Congress APMAS2012, April 26\_29, 2012, Antalya, Turkey, Acta Physica Polonica A, 123 (2).

11- S. Alon, and K. Jadhav, (2008), "structure and magnetic properties of zinc and aluminum- substituted cobalt ferrite prepared by co-precipitation method.70(1):137.

1- J.F. Krocher, R.E. Browman, (1984). Effects of Radiation on Materials and Components, Reinhold (Eds)." New York.

2-M.M. Abdullah, (2014).The measurement and the calculation of the linear attenuation and mass coefficient X-ray and Beta -rays using cement slabs", Journal of Basra Research, Vol. 4, Iss. 40.

3-S.Dasharatham,. (2007). Composite materials and techniques for neutron and gamma radiation shielding, United States Patent.USA. 11/121, 852.

- 17- IPEM (The Institute of Physics and Engineering in Medicine), (1997). The design of radiotherapy treatment room facilities," Report No. 75. IPEM, York.
- 18-IAEA (International Atomic Energy Agency), (2006).Radiation protection in the design of radiotherapy facilities safety, Reports Series No. 47. IAEA, Vienna.
- 19-I. M. Rahman, (2010).Calculation the number buildup factor of cylindrical samples for Brass, Copper &lead", Baghdad Journal of Science, 7(3).
- 20-S. H. Terar.,(2012).Study of effective atomic number, hole diameter of the collimator and energy of radiation source on Buildup factor in material, Journal of Kufa – Physics,4 (2):9-17.
- 21-Gh. A. Eid, A.I.Kany, M. M.El-Toony, F.A. Gaber and bashter, (2013).Application of Epoxy/ Pb3O4 Composite for Gamma Ray Shielding, Arab Journal of Nuclear Science and Applications.46(2):226-232.
- 12-W. Aulock and C. Fay. (1968). Liner ferrite Devices for microwave Applications ", New York.
- 13- S. Shafik, B.Rejah, R. Mahmood and W. Fazaa. (2011). Study the Shielding Properties against Gamma-rays for Epoxy Resin Reinforced by Different materials. Baghdad, Journal of Science, 8(3).
- 14-Honodorp, H. (1983).Radiation Shielding of New Composite Materials. Nucl. Sci. Eng; 45 (2):122-125.
- 15-H.Taqijohn.(2012).Semi-empirical study for spinel and Hexagonal Ferrites as Radar Absorbing Materials".M.Sc.thesis, University of Wasit, College of Science, PP3.
- 16-P. Papagiannis, D.Baltas, J. Gimeno ,D.Graner,(2008).Radiation transmission data for brachytherapy facility shielding, Medical Physics, 35 (11): 4898-4906.