



## دراسة بعض معلمات التوهين لأشعة كاما لسبائك ثنائية وثلاثية باستخدام برنامج XCOM

شاهر علي يونس

جامعة تكريت/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

مازن أحمد عبد

جامعة الموصل/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

نجاة أحمد دحام

جامعة تكريت/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

p-ISSN: 1608-9391  
e-ISSN: 2664-2786

### Article information

Received: 5/6/2024

Revised: 2/9/2024

Accepted: 12/9/2024

DOI:

10.33899/rjs.2025.187763

corresponding author:

شاهر علي يونس

[shaher.ali@st.tu.edu.iq](mailto:shaher.ali@st.tu.edu.iq)

### الملخص

لما لموضوع الوقاية من الاشعاع أهمية كبيرة في حياتنا فقد ذهب العديد من الباحثين نحو دراسة خصائص التدريع للعديد من السبائك وفي هذا الصدد فقد قمنا بدراسة بعض معلمات التدريع الخاصة بأشعة كاما بطاقات مختلفة نظريا باستخدام برنامج XCOM لبعض السبائك الثنائية (Cu-Sn)، والثلاثية (Cu-Sn-Pb) تم تصنيع السبائك بنسب مختلفة عمليا في المختبر اظهرت النتائج النظرية في حالة السبائك الثنائية أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) كانت تساوي: ( $2.214\text{cm}^2/\text{gm}$ ) في العينة (A4) عند الطاقة  $60\text{keV}$ . بينما وجد أن أعلى قيمة لسلك الطبقة المنصرفة (HVL)، ومعدل المسار الحر (MFP) كانت تساوي: ( $1.658\text{cm}$ )، ( $2.24253\text{cm}$ ) في العينة (A4) عند الطاقة  $1332\text{keV}$  على التوالي. بينما في حالة السبائك الثلاثية فإن أعلى قيم لمعامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) كانت تساوي: ( $1.810\text{cm}^2/\text{gm}$ ) في العينة (B4)، عند الطاقة  $60\text{keV}$ . بينما وجد أن أعلى قيمة لسلك الطبقة المنصرفة (HVL)، ومعدل المسار الحر (MFP) كانت تساوي: ( $1.5622\text{cm}$ )، ( $2.2544\text{cm}$ ) في العينة (B4) عند الطاقة  $1332\text{keV}$  على التوالي.

الكلمات الدالة: معامل التوهين الكتلي، سمك الطبقة المنصرفة، معدل المسار الحر،

.XCOM

### المقدمة

تدخل النظائر المشعة في الوقت الحالي، بتطبيقات عديدة في شتى المجالات التكنولوجية كالمجالات الطبية مثل العلاج الإشعاعي، الأشعة، الطب النووي، وأما في الصناعة فتدخل لاختبار الفراغات التي تحصل في التركيب الداخلي للمواد، والزراعة لتمييز أنواع الخشب المختلفة. من ناحية أخرى، فإن الإشعاعات مثل أشعة غاما والنيوترونات لها تأثيرات خطيرة على البيئة والحيوانات والبشر. ولهذا فقد اهتم العديد من الباحثين بإيجاد مواد تستخدم كدروع واقية من الإشعاع (Waly *et al.*, 2016; Mahmoud *et al.*, 2020) ومن المعروف جيدًا أنه من أجل تقليل التعرض للإشعاع الضار، يتم وضع الدروع الواقية بين المصدر المشع والعاملين أو البيئة، ويجب أن تتمتع المواد المستخدمة كحماية فعالة من الإشعاع بتجانس في تركيبها وكثافتها ضمن المنطقة المستخدمة. وقيما كانت تستخدم بشكل تقليدي، أنواع عديدة من الخرسانات لأغراض الحماية من الإشعاع نظرًا لأنها مواد منخفضة التكلفة ويمكن تشكيلها بأشكال وأحجام مختلفة (Abu El-Soad *et al.*, 2019). ولكن مواد الخرسانة لها العديد من العيوب؛ حيث تتشكل الشقوق داخلها عند تعرضها للإشعاعات النووية لفترات طويلة، وانخفاض كثافتها ومن أهم عيوب الخرسانة هو أنها لا يمكن أن تكون شفافة للضوء المرئي (Kaur and Singh, 2014) من جهة أخرى، تتكون السبائك من دمج عنصرين أو أكثر (معادن مع معادن أو معادن مع غير معادن) والتي تتمتع بخصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة والهدف الرئيس من دمج العناصر هو تحسين الخصائص الميكانيكية للسبائك مثل قوة الشد، ومقاومة التآكل، والصلابة ويمكن أيضًا استخدام هذه السبائك كمواد واقية من الإشعاع (Akman *et al.*, 2019; Kaur *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2018; Sayyed *et al.*, 2020).

إن الهدف من البحث الحالي هو حساب بعض معاملات التوهين الإشعاعي ومن بين هذه المعلمات، يعتبر معامل التوهين الكتلي هو الأكثر أهمية، حيث يقيس احتمال تفاعل الإشعاع (سواء كان امتصاصًا أو تشتتًا) مع عينة أو مادة الهدف (Singh *et al.*, 2007b; Singh *et al.*, 2007a) يمكن استخدامه للحصول على معاملات أخرى لها علاقة بالجرع الإشعاعية، مثل المقاطع العرضية الجزيئية والذرية والإلكترونية، والعدد الذري الفعال، وكثافة الإلكترون (Medhatm *et al.*, 2013) وقد قمنا بحساب بعضًا من هذه المعلمات كمعامل التوهين الخطي ( $\mu$ ) بالإضافة إلى المعلمات الأخرى التي سنطالع عليها لاحقًا، ضمن مدى طاقة لفوتونات أشعة كاما يتراوح بين 1keV-2000keV، وقد استخدمنا برنامج محاكاة XCOM لإجراء الحسابات النظرية لهذه المعلمات.

وفي هذا الصدد تم دراسة خصائص الحماية من أشعة جاما لثلاث مجموعات من السبائك الثنائية المعروفة بـ (الرصاص والقصدير-Pb-Sn)، (الرصاص والزنك-Pb-Zn)، و(الزنك والقصدير-Zn-Sn) من قبل (Rammah *et al.*, 2021)، إذ تم حساب معاملات التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) للسبائك المختارة باستخدام كود MCNP-5 في نطاق الطاقة من (0.01 إلى 15 MeV). بالإضافة إلى ذلك، تم حساب قيم معامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) باستخدام برنامج WinXCOM في نفس نطاق الطاقة للتحقق من صحة نتائج المحاكاة. أظهرت النتائج توافقًا جيدًا بين القيم المحاكاة والمحسوبة.

وقام الباحثون (Ekinci *et al.*, 2021) في هذا العمل بتحضير خمس سبائك أساسها Ni مع مخاليط مختلفة من معادن Cr و Fe و Cu و W و Re وترميزها كـ S0 و S3 و S4 و S6 و S9. وتم تحليل التركيب البلوري للسبائك المحضرة عن طريق حيود الأشعة السينية ومن ثم تقييم إمكانية استخدام السبائك المحضرة لتطبيقات التدرج من أشعة جاما من خلال كود محاكاة مونت كارلو MCNP-5 وبرنامج XCOM النظري، فقد قاموا بحساب كل من معامل التوهين الكتلي والخطي وسمك نصف القيمة ومتوسط المسار الحر. وتراوحت قيم معامل التوهين الكتلي من 77.03 إلى  $68.7 \text{ cm}^2/\text{gm}$  للسبائك S9 و S0 عند 0.015 و 15 MeV.

وكذلك فقد قامت (Abd al Aziz *et al.*, 2023) بفحص كفاءة العديد من سبائك الالمنيوم الثنائية والثلاثية المكونة من (Al-Cu-Pb) لتوهين أشعة كاما عمليا ونظريا من خلال دراسة معامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ )، كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE)، طبقة نصف القيمة (HVL) وطبقة القيمة العاشرة (TVL) وقد وجدوا توافقا جيدا بين القيم التجريبية والنظرية. وأيضا فقد قام الباحثون (Mohammed *et al.*, 2021) بدراسة معامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) وسماك الطبقة العاشرة (TVL) لأشعة كاما باستخدام سبائك ثلاثية هي (Cu-Sn-Pb) عن طريق برنامج Geanta4 و XCOM وقد لوحظ أن هناك تطابق نسبي بين النتائج، كما لوحظ زيادة معامل التوهين الكتلي كلما عند زيادة نسبة الرصاص في السبيكة.

#### المواد وطريقة العمل

تم تصنيع مجموعتين من السبائك إحداهما سبائك ثنائية (Cu-Sn) تحتوي على عنصري النحاس والقصدير بنسب مختلفة كما موضحة (بالجدول 1)، والأخرى سبائك ثلاثية (Cu-Sn-Pb) تحتوي على عناصر النحاس والقصدير والرصاص بنسب وتراكيز مختلفة، كما موضح (بالجدول 1)، ودراسة خصائصها وقابليتها على توهين أشعة كاما من خلال حساب بعض المعلمات. وفي مجال الوقاية من الإشعاع، تُعتبر معلمة معامل التوهين الكتلي ( $\mu/\rho$ ) (MAC) هي الأهم. إذ يُستخدم معامل التوهين الكتلي لوصف اختراق أشعة جاما وتفاعلها مع المواد، ويمكن حسابه نظريًا من خلال العلاقة الآتية (Manohara and Hanagodimath, 2007):

$$\mu_m = \frac{\mu_l}{\rho} \quad \dots \dots (1)$$

$\mu_l$ : معامل التوهين الخطي للسبيكة ويقاس بوحدة ( $\text{cm}^{-1}$ ).

$\rho$ : كثافة المادة الماصة (كثافة السبيكة) تقاس بوحدة ( $\text{g/cm}^3$ ).

وتعرف سماك الطبقة المنصرفة (HVL) على أنها: سماك المادة التي وضعت لتوهين وتقليل شدة الإشعاع الساقط الى نصف قيمته (Sayed, *et al.*, 2018).

$$\text{HVL} = \frac{\ln 2}{\mu_l} \quad (\text{cm}) \quad \dots \dots (2)$$

إن معدل المسافة التي يقطعها الفوتون على طول المسار داخل المادة قبل ان يتم امتصاصه يسمى بمعدل المسار الحر

(MFP) ويعطى من خلال العلاقة الآتية: (Davisson, *et al.*, 1995).

$$\text{MFP} = \frac{\int_0^{\infty} x \cdot \exp(\mu \cdot x) dx}{\int_0^{\infty} \exp(\mu \cdot x) dx} = \frac{1}{\mu_e} \quad \dots \dots (3)$$

**Table 1: Shows the base material, alloying elements, concentrations, and densities of the used alloys.**

| Samples | Base material | concentration | Alloying element | concentration | Alloying element | concentration | Density ( $\text{gm. cm}^{-3}$ ) |
|---------|---------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|
| A1      | Cu            | 95%           | Sn               | 5%            | Pb               | 0%            | 8.652                            |
| A2      | Cu            | 92.5%         | Sn               | 7.5%          | Pb               | 0%            | 8.543                            |
| A3      | Cu            | 90%           | Sn               | 10%           | Pb               | 0%            | 8.423                            |
| A4      | Cu            | 87.5%         | Sn               | 12.5%         | Pb               | 0%            | 8.235                            |
| B1      | Cu            | 95%           | Sn               | 1.5%          | Pb               | 3.5%          | 8.962                            |
| B2      | Cu            | 95%           | Sn               | 2%            | Pb               | 3%            | 8.885                            |
| B3      | Cu            | 95%           | Sn               | 2.5%          | Pb               | 2.5%          | 8.738                            |
| B4      | Cu            | 95%           | Sn               | 3.5           | Pb               | 1.5%          | 8.701                            |

## برنامج XCOM

هو برنامج على الويب لحساب معاملات التوهين الكتلي للفوتونات ( $\mu/\rho$ ) أو المقاطع العرضية ( $\sigma$ ) للعناصر والمركبات والخليط. بين عامي 1987 و1999، قام Hubbell و Berger بتطوير برنامج XCOM، حيث يمكن عرض البيانات المحسوبة في شكل معاملات التوهين ( $\mu$ ) والمقاطع العرضية الكلية للتوهين، بالإضافة إلى المقاطع العرضية الجزئية للعمليات التالية: التشتت غير المتماسك والمتماسك، الامتصاص الكهروضوئي، وتكوين الأزواج في مجال نواة الذرة والإلكترونات (Helena, 2014). يتيح برنامج XCOM للمستخدمين إدخال تركيبات مواد مختلفة وحساب كيفية تفاعلها مع الإشعاع الكهرومغناطيسي. يوفر البرنامج نتائج مفصلة تساعد في تصميم مواد الحماية من الإشعاع وتحليل مدى فعاليتها في تقليل التعرض للإشعاع. يتم استخدام هذه البيانات في مجموعة واسعة من التطبيقات بما في ذلك الطب النووي، علم المواد، والحماية البيئية (Medhat et al., 2014).

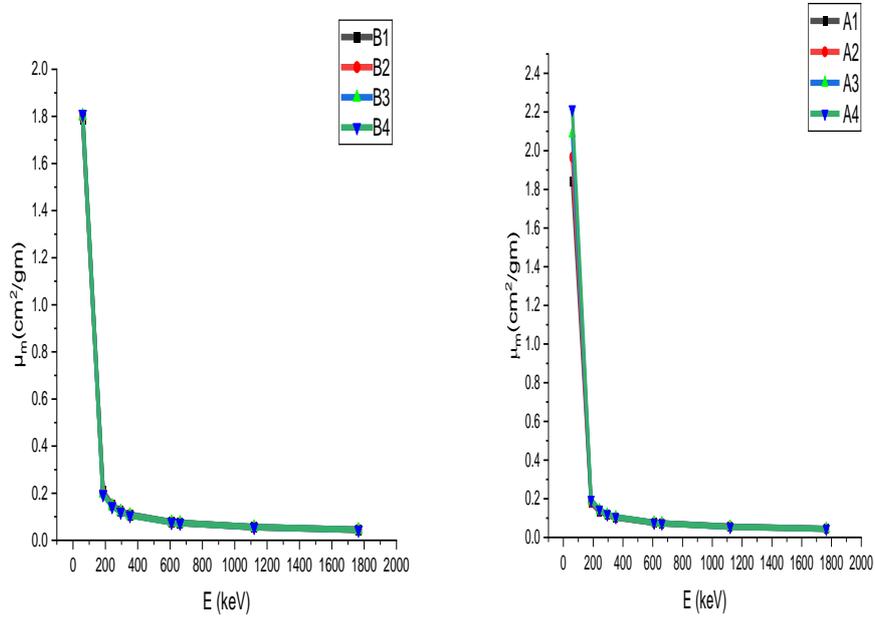
## النتائج والمناقشة

معامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ):

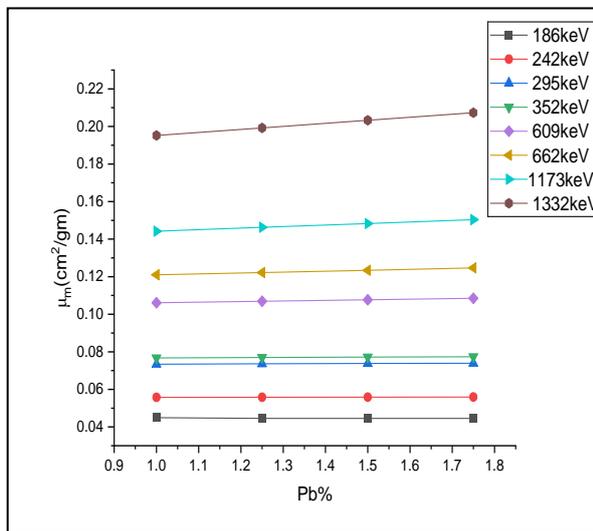
يوضح (الجدول 2) معامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) للسبائك الثنائية والثلاثية المستخدمة بطاقات مختلفة من 60keV-1765keV ويتبين من الجدول أن قيم معامل التوهين الكتلي بالنسبة للسبائك الثنائية تتناقص تدريجياً كلما ازدادت قيمة طاقة فوتونات أشعة كما حيث نلاحظ أن أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي عندما كانت طاقة أشعة كما 60keV إذ تساوي تقريباً (2.214 cm<sup>2</sup>/gm) في السبيكة A4 والتي تحتوي على أعلى نسبة من القصدير (Sn)، في حين أن أقل قيمة لمعامل التوهين الكتلي كانت عند الطاقة (1332 keV) وكانت تساوي (0.05074 cm<sup>2</sup>/gm) في السبيكة A4 والتي تحتوي على أقل نسبة من الرصاص (Pb) وكذا الحال بالنسبة للسبائك الثلاثية إذ أن أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي ( $\mu_m$ ) كانت في السبيكة B4 وتساوي تقريباً (1.810 cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة 60 keV كون السبيكة تحتوي على أعلى نسبة من القصدير بينما أقل قيمة لمعامل التوهين الكتلي كانت في السبيكة B4 وتساوي (0.05098 cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة (1332 keV) لكون السبيكة تحتوي على أقل نسبة من الرصاص (Pb). ويوضح الشكل (1) علاقة معامل التوهين الكتلي بالطاقة حيث نلاحظ أن هناك تناسباً عكسياً بين الكميتين. ويوضح الشكلان (2,3) علاقة معامل التوهين الكتلي بكل من تركيز القصدير (Sn) والرصاص (Pb) على التوالي.

**Table 2: Shows the mass attenuation coefficient of binary and ternary alloys for different energy ranges.**

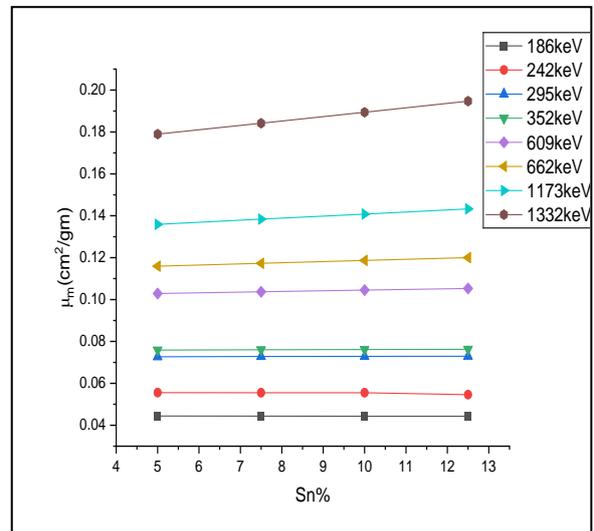
| Samples                       |      | E (keV) |        |        |        |        |         |         |         |         |
|-------------------------------|------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                               |      | 60      | 186    | 242    | 295    | 352    | 609     | 662     | 1173    | 1332    |
|                               |      | Am-241  | Ra-226 |        |        |        | Cs-137  | Co-60   |         |         |
| $\mu_m$ (cm <sup>2</sup> /gm) |      |         |        |        |        |        |         |         |         |         |
| A1                            | XCOM | 1.841   | 0.179  | 0.1359 | 0.1159 | 0.1029 | 0.0759  | 0.0727  | 0.05426 | 0.05086 |
| A2                            | XCOM | 1.966   | 0.1842 | 0.1384 | 0.1173 | 0.1037 | 0.07603 | 0.07282 | 0.05422 | 0.05082 |
| A3                            | XCOM | 2.090   | 0.1894 | 0.1408 | 0.1187 | 0.1045 | 0.07614 | 0.07289 | 0.05418 | 0.05078 |
| A4                            | XCOM | 2.214   | 0.1947 | 0.1433 | 0.1200 | 0.1053 | 0.07626 | 0.07296 | 0.05415 | 0.05074 |
| B1                            | XCOM | 1.787   | 0.2073 | 0.1504 | 0.1247 | 0.1085 | 0.07739 | 0.0739  | 0.05458 | 0.05111 |
| B2                            | XCOM | 1.795   | 0.2033 | 0.1483 | 0.1234 | 0.1077 | 0.07718 | 0.07378 | 0.05453 | 0.05107 |
| B3                            | XCOM | 1.803   | 0.1992 | 0.1463 | 0.1222 | 0.1069 | 0.07697 | 0.07361 | 0.05449 | 0.05104 |
| B4                            | XCOM | 1.810   | 0.1952 | 0.1442 | 0.121  | 0.1061 | 0.07676 | 0.07343 | 0.05441 | 0.05098 |



**Fig. 1: The relationship between the mass attenuation coefficient and energy for binary and ternary alloys.**



**Fig. 3: The relationship between the mass attenuation coefficient and the lead (Pb%) content in ternary alloys.**



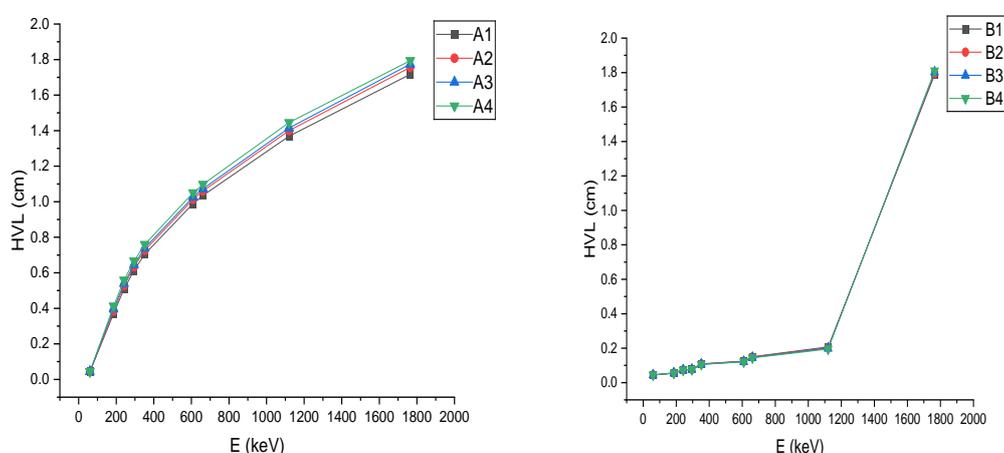
**Fig. 2: The relationship between the mass attenuation coefficient and the tin (Sn%) content in binary alloys.**

سمك الطبقة المنصرفة (HVL):

إن سمك الطبقة المنصرفة (HVL) قد تم حسابها نظرياً من خلال معامل التوهين الخطي ( $\mu_i$ ) وقد بينت النتائج، الموضحة (بالجدول 3)، أننا نحتاج بأقصى حد إلى (1.658514cm) في السبيكة (A4) الثنائية لتقليل شدة أشعة كاما ذات الطاقة

(1332keV) إلى نصف ما كانت عليه وذلك لأن طاقة أشعة كاما في هذه الحالة عالية بينما نحتاج إلى (0.042832cm) في الشبكة (A1) لتقليل شدة أشعة كاما ذات الطاقة (60keV) إلى نصف قيمتها، ويبدو الفرق جليا بين القيمتين وذلك للفرق الواضح بين قيمة الطاقتين إذ أن (HVL) تتناسب تناسبا طرديا مع طاقة أشعة كاما. بينما في حالة السبائك الثلاثية فإننا نحتاج كأقصى حد إلى (1.562299cm) في الشبكة (B4) لتقليل شدة أشعة كاما ذات الطاقة (1332keV) إلى نصف ما كانت عليه بينما نحتاج إلى (0.043272cm) لتقليل شدة أشعة كاما ذات الطاقة (60keV) إلى نصف قيمتها والسبب في هذا التباين يعود إلى الفرق في قيمة الطاقة بين القيمتين كما وضحنا سابقا.

**Table 3: Shows the half-value layer (HVL) thickness of binary and ternary alloys for different ranges of gamma-ray energies.**



**Fig. 4: Relationship between half-value layer (HVL) thickness and energy for binary and ternary alloys.**

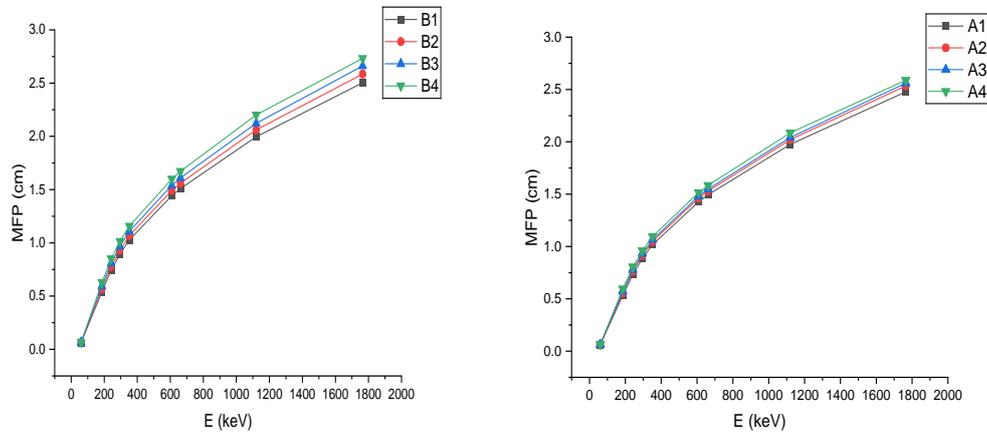
| Samples  |      | E (keV)  |         |         |         |         |         |         |          |         |
|----------|------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
|          |      | 60       | 186     | 242     | 295     | 352     | 609     | 662     | 1173     | 1332    |
|          |      | Am-241   | Ra-226  |         |         |         | Cs-137  |         | Co-60    |         |
| HVL (cm) |      |          |         |         |         |         |         |         |          |         |
| A1       | XCOM | 0.042832 | 0.36922 | 0.50891 | 0.61380 | 0.70544 | 0.98902 | 1.03573 | 1.47617  | 1.57485 |
| A2       | XCOM | 0.04358  | 0.38478 | 0.52748 | 0.63391 | 0.72633 | 1.01354 | 1.06024 | 1.496111 | 1.59620 |
| A3       | XCOM | 0.043812 | 0.39654 | 0.53993 | 0.64641 | 0.73894 | 1.02627 | 1.07312 | 1.518545 | 1.62021 |
| A4       | XCOM | 0.044546 | 0.41305 | 0.55914 | 0.66634 | 0.75992 | 1.05039 | 1.09803 | 1.554073 | 1.65851 |
| B1       | XCOM | 0.043272 | 0.37301 | 0.51414 | 0.62010 | 0.71268 | 0.99917 | 1.04636 | 1.416755 | 1.51294 |
| B2       | XCOM | 0.044453 | 0.39248 | 0.53804 | 0.64661 | 0.74088 | 1.03385 | 1.08149 | 1.430344 | 1.52724 |
| B3       | XCOM | 0.045551 | 0.41229 | 0.56137 | 0.67208 | 0.76827 | 1.06702 | 1.11572 | 1.455473 | 1.55385 |
| B4       | XCOM | 0.047007 | 0.43587 | 0.59003 | 0.70316 | 0.80191 | 1.10842 | 1.15868 | 1.463813 | 1.56229 |

## معدل المسار الحر (MFP):

يوضح (الجدول 4) معدل المسار الحر (MFP) للسبائك الثنائية والثلاثية، ويتضح من الجدول أن قيم معدل المسار الحر تتناسب تناسبا طرديا مع قيم طاقة أشعة كاما حيث أن أعلى قيمة لمعدل المسار الحر للسبائك الثنائية والثلاثية كانت تساوي (2.393238cm)، (2.2544cm) على التوالي ونجد أن هذه القيم كانت عند طاقة (1332keV) في حين أن أقل قيمة لمعدل المسار الحر كانت عند طاقة (60keV) وتساوي (0.06180cm)، (0.06244cm) للسبائك الثنائية والثلاثية على التوالي. والشكل (5) يوضح تلك العلاقة الطردية بين (MFP) وطاقة أشعة كاما.

**Table 4: Shows the mean free path of binary and ternary alloys for different ranges of gamma-ray energies.**

| Samples |      | E (keV) |         |         |         |         |         |         |          |          |
|---------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
|         |      | 60      | 186     | 242     | 295     | 352     | 609     | 662     | 1173     | 1332     |
|         |      | Am-241  | Ra -226 |         |         |         |         | Cs-137  | Co-60    |          |
|         |      | MFP(cm) |         |         |         |         |         |         |          |          |
| A1      | XCOM | 0.06180 | 0.53279 | 0.73436 | 0.88571 | 1.01795 | 1.42716 | 1.49456 | 2.130116 | 2.272516 |
| A2      | XCOM | 0.06288 | 0.55523 | 0.76115 | 0.91474 | 1.04809 | 1.46254 | 1.52994 | 2.15889  | 2.303325 |
| A3      | XCOM | 0.06322 | 0.57222 | 0.77912 | 0.93278 | 1.06629 | 1.48091 | 1.54851 | 2.191262 | 2.337978 |
| A4      | XCOM | 0.06428 | 0.59604 | 0.80684 | 0.96153 | 1.09657 | 1.51572 | 1.58446 | 2.24253  | 2.393238 |
| B1      | XCOM | 0.06244 | 0.53826 | 0.74190 | 0.89480 | 1.02841 | 1.44181 | 1.50990 | 2.044379 | 2.183177 |
| B2      | XCOM | 0.06414 | 0.56636 | 0.77641 | 0.93308 | 1.06909 | 1.49185 | 1.5606  | 2.063988 | 2.203823 |
| B3      | XCOM | 0.06573 | 0.59493 | 0.81006 | 0.96981 | 1.10862 | 1.53971 | 1.60999 | 2.100249 | 2.242213 |
| B4      | XCOM | 0.06783 | 0.62897 | 0.85142 | 1.01467 | 1.15716 | 1.59946 | 1.67199 | 2.112285 | 2.2544   |



**Fig. 5: Relationship between mean free path and energy for binary and ternary alloys.**

## الاستنتاجات

لقد بينت النتائج التي حصلنا عليها نظريا، أنه في حالة الطاقات القليلة لأشعة كاما أي الطاقات المحصورة تقريبا بين (1keV و 1MeV) فإن معامل التوهين الكتلي يزداد بزيادة نسبة القصدير (Sn) على حساب نسبة النحاس (Cu) في السبائك الثنائية بينما يقل مقدار معامل التوهين الكتلي إذا كانت طاقة الاشعاع أعلى من (1MeV) في حالة زيادة نسبة القصدير (Sn) على حساب نسبة النحاس (Cu) ويرجع السبب في ذلك إلى أن في الطاقات القليلة فإن التأثير الكهروضوئي هو السائد بين الاشعاع الساقط وذرات الشبكة وبما أن التأثير الكهروضوئي يتناسب طرديا مع العدد الذري لذلك فزيادة نسبة القصدير ذي العدد الذري 50 سيزيد من احتمالية حدوث هذه الظاهرة وبالتالي يزداد معامل التوهين الكتلي، بينما في حالة الطاقات العالية فإن تأثير

كوميبتن هو السائد في تفاعل أشعة كاما مع ذرات السبيكة ولكون كثافة السبيكة ستزداد في حالة زيادة نسبة القصدير وتأثير كوميبتن يتناسب مع كثافة المادة لذا فإن قيمة معامل التوهين الكتلي ستقل بزيادة نسبة القصدير (Sn). وكذا الحال بالنسبة للسبائك الثلاثية حيث يؤدي الرصاص دور القصدير من حيث زيادة التركيز أو تقليله في حالة الطاقات القليلة والعالية لأشعة كاما. ونلاحظ أن أفضل سبيكة من السبائك الثنائية والتي لها قدرة توهين عالية في الطاقات العالية كانت هي السبيكة (A1) والتي تحتوي على أعلى نسبة من القصدير بالمقارنة مع بقية السبائك الثنائية، بينما في حالة السبائك الثلاثية فإن أفضل سبيكة لها القابلية على توهين أشعة كاما في الطاقات العالية هي السبيكة (B1) والتي تحتوي على أعلى نسبة من الرصاص (Pb) بالمقارنة مع بقية السبائك الثلاثية.

#### المصادر

- Abd al Aziz, K.M.; Hamood, M.A.; Najam, L.A.; Ayman, M.S.; Al-Sawalha, H.M.A. (2023). Shielding properties of Al-Cu-Pb alloys by XCOM and experimental data. *Raf. J. Sci.*, **32**(2), 31-38. DOI:10.33899/rjs.2023.178582
- Abu El-soad, A.M.; Sayyed, M.I.; Mahmoud, K.A.; Erdem, S; Kovaleva, E.G. (2019). Simulation studies for gamma ray shielding properties of halloysite nanotubes using MCNP-5 code. *App. Rad. Iso.* **154**, 108882. DOI:10.1016/j.apradiso.2019.108882
- Akman, F.; Kaçal, M.R.; Sayyed, M.I.; Karatas, H.A. (2019). Study of gamma radiation attenuation properties of some selected ternary alloys. *J. All. Comp.* **782**, 315-322. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.12.221
- Davisson, C.M. (1965). "Gamma-Ray Attenuation Coefficients". In Siegbahn (ed.), Alpha-, beta- and gamma-ray spectroscopy.
- Ekinci, N.; El-Agawany; Mahmoud, F.I.; Karabulut, K.A.; Aygün, A.; Yousef, E.; Rammah, Y.S. (2021). Synthesis, physical properties, and gamma-ray shielding capacity of different Ni-based super alloys. *Rad. Phys. Chem.*, **186**, 109483. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2021.109483
- Helena, N. (2014). Computational investigation of gamma shielding behavior of cement-basalt composite for nuclear energy applications, M.Sc. Thesis, University of Tartu.
- Kaur, S.; Kaur, A.; Singh, P.S.; Singh, T. (2016). Progress in nuclear energy scope of Pb-Sn binary alloys as gamma rays shielding material, *Prog. Nuc. Energy*, **93**, 277-286, DOI: 10.1016/j.pnucene.2016.08.022
- Kaur, S.; Singh, K.J. (2014). Annals of nuclear energy investigation of lead borate glasses doped with aluminium oxide as gamma ray shielding materials. *Annu. Nuc. Energy*, **63**, 350-354, DOI: 10.1016/j.anucene.2013.08.012
- Mahmoud, K.A.; Tashlykov, O.L.; El Wakil, A.F.; El Aassy, I.E. (2020). Aggregates grain size and press rate dependence of the shielding parameters for some concretes. *Prog. Nuc. Energy*, **118**, 103092. DOI: 10.1016/j.pnucene.2019.103092
- Manohara, S.R.; Hanagodimath, S.M. (2007). Studies on effective atomic numbers and electron densities of essential amino acids in the energy range 1 keV–100 GeV. *Nuc. Instr. Methods Phys.*, **258**(2), 321-328. DOI: 10.1016/j.nimb.2007.02.101
- Medhat, M.E.; Yifang, W. (2013). Geant4 code for simulation attenuation of gamma rays through scintillation detectors. *Ann. Nuc. Energy (Oxford)*, **62**, DOI:10.1016/j.anucene.2013.06.034
- Medhat, M.E.; Pires, L.F.; Arthur, R.C.J. (2014). Analysis of photon interaction parameters as function of soil composition. *J. Radio Ana. Nuc. Chem.*, **300**(3), 1105–1112. DOI:10.1007/s10967-014-3028-y
- Mohammed, H.N.; Ali, H.T.; Abdulahdi, M.G., (2021). Simulation of the gamma absorption by lead bronze alloys using geant4. *Raf. J. Sci.*, **30**(2), 1-10. DOI:10.33899/rjs.2021.168338

- Rammah, Y.S.; Mahmoud, K.A.; Faras, Q.M.; Sayyed, M.I.; Tashlykov, O.L.; El-Mallawany, R. (2021). Gamma ray exposure buildup factor and shielding features for some binary alloys using MCNP-5 simulation code. *Nuc. Eng. Tech.*, **53**, 2661-2668. DOI: 10.1016/j.net.2021.02.021
- Sayyed, M.I.; Issa, M.; Tekin, H.O.; Saddeek, Y.B. (2018). Comparative study of gamma-ray shielding and elastic properties of BaO–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnO–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass systems. *Mater. Chem. Phys.*, **217**, 11-22. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2018.06.034
- Sayyed, M.I.; Faras, Q.M.; Mahmoud, K.A.; Lacomme, E.; Kawa, M.K.; Mayeen, U.K.; Mohammad, R.I.F. (2020). Evaluation of radiation shielding features of Co and Ni-based superalloys using MCNP-5 code: Potential use in nuclear safety. *Appl. Sci.*, **10**, DOI:10.3390/app10217680
- Singh, T.; Kaur, P.; Singh, P.S. (2007a). Study of photon interaction parameters in some commonly used solvents. *J. Rad. Prot.*, **79**(27), DOI:10.1088/0952-4746/27/1/005
- Singh, T.; Kaur, P.; Singh, P.S. (2007b). Variation of mass attenuation coefficient, effective atomic number, and electron density with incident photon energy of some organic acids. *Nuc. Sci. Eng.*, **156**, 229-243. DOI:10.13182/NSE07-A2699
- Singh, J.; Singh, H.; Sharma, J.; Singh, T.; Singh, P.S. (2018). Fusible alloys: A potential candidate for gamma rays shield design, *Prog. Nuc. Energy.* **106**, 387-395, DOI:10.1016/j.pnucene.2018.04.002
- Waly, E.S.A.; Fusco, M.A.; Bourham, M.A. (2016). Gamma-ray mass attenuation coefficient and half value layer factor of some oxide glass shielding materials. *Ann. Nucl. Energy*, **96**, 26-30. DOI:10.1016/j.anucene . 2016.05.028

## Study of some Gamma Ray Attenuation Parameters for Binary and Ternary Alloys Using the XCOM Program

**Shaher A. Younis**

*Department of Physics/ College of Science/ University of Tikrit*

**Mazin A. Abd**

*Department of Physics/ College of Science/ University of Mosul*

**Najat A. Daham**

*Department of Physics/ College of Sciences/ University of Tikrit*

### ABSTRACT

In this study, some shielding parameters for gamma rays with different energies were theoretically investigated using the XCOM program for some binary (Cu-Sn) and ternary (Cu-Sn-Pb) alloys, which were practically fabricated in the laboratory with different ratios. The theoretical results indicated that in the case of binary alloys, the highest value of the mass attenuation coefficient ( $\mu_m$ ) was 2.214 cm<sup>2</sup>/gm in sample (A4) at an energy of 60 keV. It was also found that the highest values of the half-value layer (HVL) and the mean free path (MFP) were 1.658 cm and 2.245 cm, respectively, in sample (A4) at an energy of 1332 keV. In the case of ternary alloys, the highest value of the mass attenuation coefficient was 1.810 cm<sup>2</sup>/gm in sample (B4) at an energy of 60 keV. It was also found that the highest values of the half-value layer (HVL), and mean free path (MFP) were 1.5622 cm, and 2.2544 cm, respectively, in sample (B4) at an energy of 1332 keV.

**Keywords:** Mass attenuation coefficient, half-value layer (HVL), mean free path (MFP), XCOM.