### **Rafidain Journal of Science**

https://rsci.uomosul.edu.iq

Vol. 34, No. 2, pp. 8-16, 2025 (June).



# محاكاة امتصاص اشعة كاما بواسطة سبائك رباعية (Al-Cu-Zn-Pb) باستخدام برنامج XCOM

**أوس قيس شكري** جامعة تكريت/كلية التربية للعلوم الصرفة/ قسم الفيزياء محمود احمد حمود جامعة الموصل/كلية العلوم/ قسم الفيزياء

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

### **Article information**

Received: 4/6/2024 Revised: 28/8/2024 Accepted: 11/9/2024

DOI: 10.33899/rjs.2025.187762

corresponding author: <u>أوس قيس شكري</u> <u>ah230070ued@st.tu.edu.iq</u> أسماء احمد عزيز asmaa.jamal@tu.edu.iq محمود احمد حمود dr.mahmood@uomosul.edu,iq

### الملخص

تم في هذا البحث إيجاد معاملات التوهين الخطى والكتلى لسبائك رباعية من (Al-Cu-Zn-Cu) بنسب وزنية مختلفة والتي تم تصنيعها في مختبر الفيزياء. حيث تم محاكاتها نظريا باستخدام برنامج XCOM لدراسة سلوكها لتوهين اشعة كاما حيث تضمن هذا العمل إيجاد معامل التوهين الكتلى (µm)، طبقة نصف القيمة (HVL)، ومعدل المسار الحر (MFP)، والتي تم حسابها نظريا باستخدام برنامج XCOM للطاقات من (1-2000 keV) وبتراكيز مختلف من الرصاص (Pb) (8.5-6.5%). حيث أظهرت النتائج ان السبائك التي تحتوي على تركيز أعلى للرصاص (Pb) تمتص أكبر عدد من الفوتونات وبالتالي تزداد معاملات التوهين، في حين تقل قيمة كل من طبقة نصف القيمة (HVL) ومعدل المسار الحر (MFP). ويتضح من النتائج أن أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلى كانت للسبيكة (A1)، والتي تحتوى على أعلى نسبة من الرصاص (Pb)، وتساوى (1.098cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة (60keV) بينما أقل قيمة كانت تساوي (0.04567cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة (1765keV) وهذه السبيكة تحتوى على أقل نسبة من الرصاص (Pb)، ونجد بأن أعلى قيمة لطبقة نصف القيمة كانت عند السبيكة (A5) وتساوى (4.38146 cm) عند الطاقة (1765keV) في حين أن أقل قيمة لازمة لتصبح شدة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة .(60keV)

الكلمات الدالة: معاملات التوهين، XCOM، طبقة نصف القيمة، معدل المسار الحر، امتصاص اشعة كاما.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

#### المقدمة

إن أشعة كاما تلك الحزمة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات التردد العالى للغاية، أو هي فوتونات تُبعث كحزم من الطاقة تنتقل بسرعة الضوء. يمكن الحد من انتشار أشعة كاما بواسطة الدروع الواقية، وذلك اعتماداً على الكتلة الكلية على طول مسار الإشعاع، بغض النظر عما إذا كانت المادة ذات كثافة عالية أو منخفضة (Akman et al., 2019). إذ تعد الحماية من الفوتونات عالية الطاقة ولاسيما فوتونات أشعة كاما أمرًا ضروريًا في المفاعلات أو مراكز الأبحاث النووية لتقليل مستوى الجرعة إلى الحدود المسموح بها (Kaur et al., 2016). حيث يرتبط نوع وسمك مادة الحماية أو الدروع الواقية المطلوبة بنوع الإشعاع، نشاط النظير المشع، معدل التعرض، حيث تقوم مادة الدرع الواقى من الاشعاعات القوية بامتصاص كبير لطاقة تلك الاشعاعات عند مسافة اختراق صغيرة وتقلل قدر الإمكان من احتمال انبعاث المزيد من الإشعاعات الخطرة (Singh et al., 2018). نظرًا لأن مواد الحماية التقليدية من الإشعاع، مثل الرصاص (Pb) والخرسانة حيث لها بعض العيوب مثل السمية والمتانة وغيرها، فقد أبلغ العديد من الباحثين عن بعض المواد الجديدة والبديلة للحماية من الإشعاع، مثل الزجاج، السبائك، والبوليمرات لمنع أشعة كاما (Kaur et al., 2017; Aygün et al., 2019; Ersundu et al., 2018). من بين المواد البديلة، حظيت السبائك باهتمام واسع حيث تُستخدم في مجالات مختلفة مثل النقل، الفضاء، التقنيات الحديثة، الصناعات الطبية، والصيدلانية. وتتمثل ميزاتها الأساسية في توفير جودة أفضل من العناصر الأصلية من خلال تركيب عنصرين أو أكثر ببنيات مختلفة يمكنها تحسين الخصائص المتقدمة مثل الصلابة، ومقاومة التآكل، وقوة الشد (Akman et al., 2019). وهناك اهتمام من قبل الباحثين بدراسة توهين المواد المختلفة مثل مواد البناء (Najm et al., 2014) وغيرها. سنركز في هذا العمل على امتصاص السبائك لأشعة جاما، وقد تم إجراؤها من خلال العديد من الدراسات السابقة حول تأثيرات العوامل المختلفة على معاملات التوهين الكتلي. حيث قام الباحثون (Mohammed et al., 2021) من تقييم خصائص حماية أشعة جاما لنظام زجاجي يحتوي على 10Li2O، 20K2O، xPbO ،10Na<sub>2</sub>O و (60-x) و B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(60-x). حيث يتغير x بمقدار 0، 10، 20، 30، 40، 50 و 60 وباستخدام برنامج محاكاة مونت كارلو Geant4. تم حساب معاملات التوهين باستخدام برنامج محاكاة مونت كارلو Geant4 كدالة للفوتون الساقط بين 0.0015 ميكا إلكترون فولت و15 ميكا إلكترون فولت. تم اختبار دقة النتائج المحاكاة باستخدام برنامج XCOM. أظهرت نتائج Geant4 و XCOM توافقاً معقولا، واظهرت معاملات التوهين ان العينة ذات التركيز الأعلى من PbO تمتص اكبر عدد من الفوتونات، وبالتالي تزداد معاملات التوهين بينما تنخفض قمة الطبقة العاشرة بسب زبادة PbO من 0 الى 60%. معاملات التوهين الخطي والكتلى تقل عندما تزداد طاقة الفوتون وتم ملاحظة العديد من القمم. كما قام الباحث (Karpuz et al., 2023) بدمج تركيزات مختلفة من الزجاج حيث تمت إضافة B2O3 بمعدلات مختلفة (0، 1.5، 2.5، 3.5 %) في عينات الزجاج لإنتاج تركيبة التدريع. تم اختبار تحليل التركيبات الزجاجية كمواد وقائية ضد أشعة كاما باستخدام برنامج PhX/PSD. تم تحديد معلمات التدريع المختلفة مثل معامل التوهين الخطي، وطبقة نصف القيمة (HVL)، وطبقة القيمة العاشرة (TVL)، ومتوسط المسار الحر (MFP)، والعدد الذري الفعال (Zeff)، وكثافة الإلكترون الفعالة (Neff) لتقييم الإشعاع وقدرة التدريع للعينات. أظهرت النتائج أن زيادة الأجزاء الوزنية B2O3 في عينات الزجاج تزيد من خصائص التدريع (Özdoğan et al., 2024).

وفي هذا البحث قمنا بتصنيع سبائك رباعية من العناصر (Al-Cu-Zn-Cu) بنسب وزنية مختلفة وقمنا بأجراء بعض الحسابات لبعض معلمات التوهين الاشعاعي من ضمنها إيجاد معامل التوهين الكتلي (µm) ، طبقة نصف القيمة (HVL)، ومعدل المسار الحر (MFP) ضمن مدى من الطاقة من keV (1-2000) قد استخدمنا برنامج محاكاة XCOM لأجراء الحسابات النظرية لهذا الغرض.

#### المواد وطربقة العمل

XCOM برنامج الكتروني يتم استخدامه عن طريق مواقع الويب Websites، حيث يتم حساب معاملات التوهين الكتلي μ<sub>m</sub> او المقطع العرضي لعناصر او مركبات او مخاليط مختلفة نظرياً ضمن نطاق الطاقات (IkeV-100GeV). (الجدول 1) يوضح عناصر السبك، التراكيز، الكتلة، وكثافة العينات المستخدمة في البحث. في عام 1999 طور هبل (Hubbell) وبراك (Berger) برنامج XCOM، بعد ادخال نسب العناصر او المركبات أو المخاليط واختيار مدى الطاقة من قبل المستخدم، حيث يتم حساب معامل التوهين الكتلي والخطي بمعرفة التراكيب الكيميائية والكثافة لكل مادة، كذلك يمكن اعطاء البيانات المحسوبة بشكل اجمالي المقاطع العرضية ومعاملات التوهين، أو مقاطع عرضية جزئية لعمليات محددة كالامتصاص الكهروضوئي والتشتت، بالإضافة إلى المقاطع العرضية لإنتاج الأزواج (الكترون-بوزترون) في مجال النواة الذرية والالكترونات ويشتمل البرنامج ايضا على مجموعة واسعة من العناصر والطاقات (Medhat *et al.*, 2014).

يعرف معامل التوهين الخطي (μ<sub>ℓ</sub>) على انه عدد الفوتونات التي تم حجبها او ازاحتها من الحزمة لكل وحدة مسافة ويقاس هذا المعامل بوحدة (cm<sup>-1</sup>)، وهو أحد اهم المعاملات التي تبين عملية الاختراق للدروع من قبل أشعة كاما، ويعتمد على طاقة الفوتونات الساقطة وعلى العدد الذري أو العدد الذري المؤثر لمادة الهدف الساقط عليه (Martinez et al., 2011).

وعندما تعبر حزمة من أشعة كاما خلال مادة معينة، فأن فوتونات هذه الحزمة أما أن تخرج بدون تفاعل أو أن تزاح كليا من الحزمة بوساطة الاستطارة أو الامتصاص. وإذا كانت هنالك حزمة شدتها (I<sub>0</sub>) تسلط أو تسقط على عينة سمكها (x)، فان شدة الحزمة النافذة (I) من خلال العينة تعطى بعلاقة بير -لامبرت Lambert-Beer التالية (Mahmoud *et al.*, 1995).

حيث  $I_0 \ e^l e^l e^l$  حيث  $I_0 \ e^l e^l e^l e^l$  حيث معينة عند سمك لتوالي، يتم حسابها خلال مدة زمنية معينة عند سمك X. يعتبر معامل التوهين الكتلي للمعادن ( $\mu_m$ ) أكثر أهمية ويعرف بانه معدل تفاعلات الفوتونات في وحدة واحدة من الكتلة لكل وحدة مساحة ( $cm^2/g$ ) ويعتمد على طاقة الفوتونات وتركيز الالكترونات في المادة ويعطى بالعلاقة التالية (Manohara *et al.*, 2007).

$$\mu_m = \frac{\mu_\ell}{\rho} \qquad \dots \dots \dots (2)$$

حيث p: كثافة المادة الماصة (كثافة السبيكة) تقاس بوحدة (g/cm<sup>2</sup>).

تم حساب طبقة نصف القيمة (HVL) وهي سمك المادة التي وضعت لتوهين وتقليل شدة الاشعاع الساقط الى نصف قيمته ويعطى بالعلاقة التالية (Sayyed et al., 2018).

$$HVL = \frac{\ln 2}{\mu_{\rm q}} \quad (cm) \qquad \dots \dots \dots (3)$$

ان معدل المسافة التي يقطعها الفوتون على طول المسار داخل المادة قبل ان يتم امتصاصه يعطى من خلال معدل المسار الحر (MFP) ويعطى بالعلاقة التالية (Davisson et al., 1965).

$$MFP = \frac{\int_{0}^{\infty} x . \exp(\mu . x) \, dx}{\int_{0}^{\infty} \exp(\mu . x) \, dx} = \frac{1}{\mu_{\ell}} \qquad \dots \dots \dots (4)$$

Table 1: Shows the alloying elements, concentrations, mass, and density of the samples used in the study.

Sample code	Base material	Conc.	Alloying element	Conc.	Alloying element	Conc.	Alloying Element	Conc.	Alloy mass m(gm)	Alloy density $\rho \left(\frac{gm}{cm^3}\right)$
A1	Al	%60	Cu	%30	Zn	1.5%	Pb	8.5%	20.593	3.857
A2	Al	%60	Cu	%30	Zn	2%	Pb	8%	20041	3.783
A3	Al	%60	Cu	%30	Zn	2.5%	Pb	7.5%	20.026	3.615
A4	Al	%60	Cu	%30	Zn	3%	Pb	7%	19.833	3.584
A5	Al	%60	Cu	%30	Zn	3.5%	Pb	6.5%	19.784	3.464

### النتائج والمناقشة

## معامل التوهين الكتلي (µm):

يُبين (الجدول 2) قيم معامل التوهين الكتلي (μ<sub>m</sub>) للسبائك الرباعية المصنعة والتي تم حسابها بواسطة برنامج XCOM ويتضح من النتائج أن أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي كانت للسبيكة (A1)، والتي تحتوي على أعلى نسبة من الرصاص (Pb)، وتساوي (1.098cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة (60keV) بينما أقل قيمة كانت تساوي (0.04567 cm<sup>2</sup>/gm) عند الطاقة (1765keV) وهذه السبيكة تحتوي على أقل نسبة من الرصاص (Pb). ويفسر ذلك على أن أشعة كاما ذات الطاقة العالية توهن بنسبة أقل من اشعة كاما ذات الطاقة الأقل وذلك لقدرة اختراقها العالية وسبب كونها لا تتفاعل مع ذرات الوسط بشكل كبير كما موضح بالشكل (1)، والسبب الآخر هو كلما قلت نسبة الرصاص قل معامل التوهين الكتلي لأن الرصاص يمتاز بكثافته العالية وقدرته على امتصاص أشعة كاما بشكل أكبر من بقية العناصر والشكل (2) يوضح العلاقة بين نسبة الرصاص ومعامل التوهين الكتلي.

Table 2: Shows the mass attenuation coefficient of the alloys for different ranges of gamma-ray energies.

Samples		E (keV)													
		60 186		242	295	352	609	662	1120	1173	1332	1765			
		Am- 241			Ra-226			Cs-137	Ra-226	Co-60	Co-60	Ra-226			
			$\mu_m  (cm^2/gm)$												
A1	XCOM	1.098	0.2298	0.1639	0.1341	0.1155	0.08075	0.07703	0.05785	0.05643	0.05275	0.04574			
A2	XCOM	1.081	0.2247	0.1614	0.1326	0.1146	0.08052	0.07685	0.05781	0.05639	0.05273	0.04572			
A3	XCOM	1.065	0.2196	0.1589	0.1311	0.1136	0.08029	0.07666	0.05776	0.05636	0.05270	0.04570			
A4	XCOM	1.049	0.2146	0.1563	0.1296	0.1127	0.08007	0.07647	0.05772	0.05632	0.05268	0.04568			
A5	XCOM	1.032	0.2095	0.1538	0.1281	0.1117	0.07984	0.07629	0.05768	0.05629	0.05265	0.04567			



Fig. 2: Shows the relationship between the mass attenuation coefficient and the lead (Pb%) ratio.



يوضح (الجدول 3) طبقة نصف القيمة (HVL) للسبائك الرباعية المصنعة ويتبين من النتائج أن أعلى قيمة لطبقة نصف القيمة كانت عند السبيكة (A5) وتساوي (A5) عند الطاقة (1765keV) في حين أن أقل قيمة لازمة لتصبح شدة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة (60keV) ويتضح من هذه القيم العلاقة الطردية بين طاقة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة (60keV) ويتضح من هذه القيم العلاقة الطردية بين طاقة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة (20 ويتضح من هذه القيم العلاقة الطردية بين طاقة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة (20 ويتضح من هذه القيم العلاقة الطردية بين طاقة أشعة كاما نصف ما كانت عليه تساوي تقريبا (0.16367cm) عند الطاقة (20 ويتضح من هذه القيم العلاقة الطردية بين طاقة أشعة كاما وطبقة نصف القيمة حيث كلما زادت طاقة الاشعاع نحتاج لأسماك أعلى لتقليل شدة الاشعاع الى نصف قيمتها والشكل (3) يوضح طبيعة هذه العلاقة لمختلف الطاقات المستخدمة اذ نلاحظ انه كلما زادت قيمة الطاقة عن (40ke) زادت قيمة طبقة نصف القيمة حيث كلما زادت طاقة الاشعاع نحتاج لأسماك أعلى لتقليل شدة الاشعاع الى نصف قيمتها والشكل (3) يوضح طبيعة هذه العلاقة لمختلف الطاقات المستخدمة اذ نلاحظ انه كلما زادت قيمة الطاقة عن (40ke) زادت قيمة طبقة نصف القيمة (40 ليا العاقات المستخدمة اذ نلاحظ انه كلما زادت قيمة الطاقة عن (40ke).

 Table 3: Shows the half-value layer thickness of the quaternary alloys for different ranges of gamma-ray energies.

s	amples						E (keV)					
		60	186	242	295	352	609	662	1120	1173	1332	1765
		Am- 241			Ra-226	Ra-226	Co-60	Co-60	Ra-226			
		HVL(cm)										
A1	XCOM	0.23613	1.12828	1.58202	1.93348	2.24517	3.2113	3.36587	4.48229	4.5945	4.9152	5.66861
A2	XCOM	0.24453	1.17647	1.63800	1.99362	2.30680	3.28299	3.43997	4.57456	4.6877	5.0132	5.78201
A3	XCOM	0.25974	1.25976	1.74094	2.11015	2.43546	3.44589	3.6088	4.78927	4.9082	5.2490	6.05326
A4	XCOM	0.26598	1.30022	1.78539	2.15331	2.47586	3.48553	3.64963	4.83559	4.9541	5.2966	6.10873
A5	XCOM	0.27973	1.37798	1.87722	2.25377	2.58464	3.61663	3.78501	5.00500	5.1287	5.4830	6.32111

أوس قيس شكري واخرون



Fig. 3: The relationship between the half-value layer thickness and energy.

معدل المسار الحر (MFP):

يبين (الجدول 4) القيم النظرية لمعدل المسار الحر (MFP) للسبائك الرباعية المستخدمة، ويتضح من الجدول أنه كلما زادت نسبة الرصاص في السبيكة وقلت طاقة أشعة كاما قل مقدار معدل المسار الحر إذ ان أعلى قيمة لمعدل المسار الحر كانت تساوي (6.32111cm) عند الطاقة (1765keV) في السبيكة (A5) والتي تحتوي على أقل نسبة من الرصاص في حين كانت أقل قيمة لمعدل المسار الحر في العينة (A1) والتي تحتوي على أعلى نسبة من الرصاص وعند أقل قيمة لطاقة أشعة كاما. والشكل (4) يوضح طبيعة العلاقة بين طاقة أشعة كاما ومعدل المسار الحر.

Table 4: Shows the mean free path of the quaternary alloys for different ranges of gamma-ray energies.

		E (keV)												
Samples		60	186	242	295	352	609	662	1120	1173	1332	1765		
		Am- 241			Ra-226		Cs-137	Ra-226	Co-60	Co-60	Ra-226			
		MFP(cm)												
A1	XCOM	0.23613	1.12828	1.58202	1.93348	2.24517	3.2113	3.36587	4.48229	4.5945	4.9152	5.66861		
A2	XCOM	0.24453	1.17647	1.638	1.99362	2.3068	3.28299	3.43997	4.57456	4.6877	5.0132	5.78201		
A3	XCOM	0.25974	1.25976	1.74094	2.11015	2.43546	3.44589	3.6088	4.78927	4.9082	5.2490	6.05326		
A4	XCOM	0.26598	1.30022	1.78539	2.15331	2.47586	3.48553	3.64963	4.83559	4.9541	5.2966	6.10873		
A5	XCOM	0.27973	1.37798	1.87722	2.25377	2.58464	3.61663	3.78501	5.00500	5.1287	5.4830	6.32111		



Fig. 4: The relationship between the mean free path and energy.

#### الاستنتاجات

قد بينت النتائج التي حصلنا عليها أن معامل التوهين الكتلي يقل بزيادة طاقة أشعة كاما وأن أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي كانت تساوي (1.098cm<sup>2</sup>/gm) للسبيكة (A1) عند طاقة (60keV) في حين كانت تساوي (1.098cm<sup>2</sup>/gm) للسبيكة (A1) أيضا عند الطاقة (1765keV) ومن نذلك نستنتج أن أفضل سبيكة لها قابلية على توهين أشعة كاما هي السبيكة (A1) والتي تحتوي على أعلى نسبة من الرصاص، وكلما قلت نسبة الرصاص في السبيكة الرباعية قلت قابلية التوهين الكتلي لاشعة كاما. وكذلك فإن أعلى قيمة لطبقة نصف القيمة اللازمة لتقليل شدة الاشعاع الى نصف قيمته كانت عند الطاقة (1765keV) وللسبيكة (A5) وكانت تساوي (1765keV) لان هذه السبيكة تحتوي على أقل نسبة من الرصاص في تركيبها، وبينت النتائج أيضا أن معدل المسار الحر يتناسب طرديا مع طاقة أشعة كاما حيث أن أعلى قيمة لهذا المعامل كانت تساوي (A5) عند الطاقة (1765keV) عند الطاقة

#### المصادر

- Akman, F.; Sayyed, M.I.; Kaçal, M.R.; Tekin, H.O. (2019). Investigation of photon shielding performances of some selected alloys by experimental data, theoretical and MCNPX code in the energy range of 81 keV-1333 keV. J. Alloys Comp., 772, 516-524. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.09.177
- Aygün, B.; Şakar, E.; Korkut, T.; Sayyed, M.I.; Karabulut, A.; Zaid, M.H. (2019). Fabrication of Ni, Cr, W reinforced new high alloyed stainless steels for radiation shielding applications. *Res. Phy.*, **12**, 1-6. DOI: 10.1016/j.rinp.2018.11.038
- Davisson, C.M. (1965). "Gamma-ray Attenuation Coefficients. Alpha-, Beta-And Gamma-Ray Spectroscopy". Elsevier, 827. DOI: 10.1016/C2009-0-07296-1
- Ersundu, A.E.; Büyükyıldız, M.; Ersundu, M.Ç.; Şakar, E.; Kurudirek, M.J. (2018). The heavy metal oxide glasses within the WO<sub>3</sub>-MoO<sub>3</sub>-TeO<sub>2</sub> system to investigate the shielding properties of radiation applications. *Prog. Nuc. Energy.* **104**, 280-287. DOI: 10.1016/j.pnucene.2017.10.008
- Karpuz, N. (2023). Radiation shielding properties of glass composition. J. Radi. Res. App. Sci., **16**(4), 100689. DOI: 10.1016/j.jrras.2023.100689

- Kaur, S.; Kaur, A.; Singh, P.S.; Singh, T. (2016). 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, T.; Sharma, J.; Singh, T. (2017). Thickness optimization of Sn–Pb alloys for experimentally measuring mass attenuation coefficients. *Nuc. Energy Tech.*, **3**(1), 1-5. DOI: 10.1016/j.nucet.2017.02.001
- Mahmoud, H.M.; Hok, A.S.; Armia, E.; Eltaher, A.M. (1995). Gamma-ray absorption and scattering coefficients for two sedimentary rocks. *Indian J. Pure App. Phys.*, **33**, 332-344.
- 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. Meth. Phys. Res. Sec. B: Beam Inter. Materials Atoms*, 258(2), 321-328. DOI:10.1016/j.nimb.2007.02.101
- Martinez, N. (2011). Occupational radiation dose to persons involved in veterinary positron emission tomography. Master Thesis, Colorado State University.
- Medhat, M.E.; Pires, L.F.; Arthur, R.C.J. (2014). Analysis of photon interaction parameters as function of soil composition. *J. Radio. Nuc. Chem.*, **300**(3), 1105-1112. DOI:10.1007/s10967-014-3028-y
- Mohammed, S.I.; Taqi, A.H.; Ghalib, A.M. (2021). Simulation of the gamma attenuation through borate glass using Genat4. *Raf. J. Sci.*, **30**(2), 11-22. DOI:10.33899/rjs.2021.168339
- Najm, L.A.; Ahmed, K.M.; Israa, M.H. (2014). Using gamma-ray to determine the homogeneity of some building materials. *Inter. J. Phys.*, 2(1). DOI:12691/ijp-2-1-5
- Özdoğan, H.; Üncü, Y.A.; Akman, F.; Polat, H.; Kaçal, M.R. (2024). Detailed analysis of gammashielding characteristics of ternary composites using experimental, theoretical and Monte Carlo simulation methods. *Polym.*, **16**(13), 1778. DOI:10.3390/polym16131778
- Sayyed, M.I.; Issa, S.A.; 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. *Mat. Chem. Phys.*, **217**, 11-22. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2018.06.034
- Singh, H.; Sharma, J.; Singh, T. (2018). Extensive investigations of photon interaction properties for ZnxTe100-x alloys. *Nuc. Eng. Tech.*, **50**(8), 1364-1371. DOI: 10.1016/j.net.2018.08.001

# Simulation of Gamma Ray Absorption by Quaternary Alloys (Al-Cu-Zn-Pb) Using XCOM Program

Aws Q. Shukri

Asmaa A. Aziz

Tikrit University/ College of Education for Pure Sciences/ Department of Physics/ Iraq

Mahmood A. Hamoud

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

### ABSTRACT

In this research, the linear and mass attenuation coefficients were found for a quaternary alloy of (AL-Cu-Zn-Cu) with different weight ratios that was manufactured in the physics laboratory. It was simulated theoretically using the XCOM program to study its behavior to attenuate gamma rays. This work included finding the mass attenuation coefficient ( $\mu_m$ ), the half-value layer (HVL), and the free path rate (MFP), which were calculated theoretically using the XCOM program for energies from (1-2000) keV and different concentrations of lead (Pb) (8.5-6.5%). The results showed that alloys containing a higher concentration of lead (Pb) absorb the largest number of photons and thus the attenuation coefficients increase, while the value of both the half-value layer (HVL) and the rate of free path (MFP) decrease. It is clear from the results that the highest value of the mass attenuation coefficient was for alloy (A1), which contains the highest percentage of lead (Pb), and is equal to (1.098 cm<sup>2</sup>/gm) at the energy of (60keV), while the lowest value was equal to (0.04567cm<sup>2</sup>/gm) at the highest value for the half-value layer was in alloy (A5), which is equal to (4.38146 cm) at the energy (1765 keV), while the lowest value is needed to become the gamma ray intensity. Half of what it was, approximately equal to (0.16367cm) at energy (60keV).

Keywords: Attenuation coefficients, XCOM, value text layer, free path rate, gamma ray absorption.