

خصائص التدرّيع لسبيكة المنيوم - نحاس - رصاص باستخدام XCOM والنتائج العملية

ليث احمد نجم

محمود احمد حمود

كرم ميسر عبدالعزيز

قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة الموصل

ايمن محمد سالم الصوالحة

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة جرش / جرش / الاردن

هويدا منصور أحمد

قسم الفيزياء/ كلية البنات للآداب والعلوم والتربية / جامعة عين شمس / القاهرة/ مصر

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

Article information

Received: 2/9/2022

Revised: 26/10/2022

Accepted: 3/11/2022

DOI: 10.33899/rjs.2023.178582

corresponding author:

كرم ميسر عبدالعزيز

karam.20scp14@student.uomosul.edu.iq

الملخص

تم في هذا البحث فحص كفاءة العديد من سبائك الالمنيوم الثنائية والثلاثية لعينات السبيكة المكونة من (Al- Cu- Pb). وهذه السبائك تم تصنيعها في مختبرات قسم الفيزياء وتصنيع الأفران الخاصة بالصهر وكذلك تصميم قوالب الصب ومن ثم استخدمنا تقنية نفاذ أشعة كاما لدراسة سلوك توهين الأشعة من قبل السبائك. خصائص التدرّيع للعينات المعدة تتضمن معامل التوهين الكتلي (μ_m)، كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE)، طبقة نصف القيمة (HVL)، قيمة الطبقة العاشرة (MFP)، التي تم حسابها نظريا باستخدام برنامج XCOM. تم إجراء القياسات التجريبية عند ^{60}Co (1332 ، 1173 keV) ، ^{137}Cs (keV) 662 الذي يحوي على كاشف NaI(Tl). وتبين بان هناك توافق جيد بين القيم التجريبية والنظرية.

الكلمات الدالة: اختراق أشعة كاما، XCOM، طبقة نصف القيمة، كفاءة الحماية من الإشعاع.

المقدمة

تعد الإشعاعات الكهرومغناطيسية خطرة من الناحية البيولوجية. وان واحدة من الطرق الرئيسية لتقليل التعرض للإشعاع المؤين هو التدرج. ان الكثافة العالية للسبائك تجعلها مناسبة لتقليل شدة الإشعاع المؤين، لذلك تم اجراء العديد من الدراسات التجريبية حول تأثيرات العوامل المختلفة على معاملات التوهين الكلية، على سبيل المثال تمكن (El-kateb et al., 2000) من قياس المقاطع العرضية الذرية (σ_a) والاعداد الذرية الفعالة (Z_{eff}) لبعض السبائك (النحاس والبرونز والصلب والالمنيوم والسيليكون والانتيمون والرصاص)، ودرس (Han et al., 2009) التوهين الكتلي μ_m لسبائك ال Ni ، Cr ، Fe عند طاقات فوتون 22.1, 25.0, 59.5, 88.0 keV وتمكن (Medhatt (2012) من دراسة μ_m لبعض سبائك البرونز والذهب، وأستطاع كل من (Sharma et al. (2017) من قياس Z_{eff} لبعض سبائك PbSn و ZnSn و PbZn بتراكيب كيميائية مختلفة. تمت مقارنة معظم القياسات التي تم الحصول عليها مع القيم النظرية. قام (Singh, (2015) بحساب معاملات التوهين لبعض سبائك النحاس- رصاص. قام (Kaur et al. (2016) بقياس μ_m لبعض السبائك الثنائية مثل Sn-Pb عند طاقات الفوتون الساقطة 122,511keV و662 وتم مقارنة النتائج العملية مع النظرية. تمكن (Dapke et al. (2017) من قياس μ_m لسبائك بخمسة أشكال (CuSn)، (ZnCu)، (AlNi)، (TeFe)، (FeMoNiCr) عند 1333 keV، تمت مقارنتها مع النتائج النظرية، تمكن (Çağlar et al. (2021) من دراسة خصائص الحماية من الإشعاع لبعض زجاج التيلوريت الثنائي نظريا وتجريبيا ولوحظ توافق جيد بين القيم العملية والنظرية، تمكن (Kamil et al. (2022) من تحضير بعض الزجاجات القائمة على بورات النيكل، والتي تحتوي على كاتيونات الرصاص والانتانم كوقاية من أشعة كما اثبتت معاملات التوهين لهذه العينات أنها قادرة على امتصاص أشعة كاما.

في السنوات الأخيرة، تم تكريس جهد كبير لدراسة مواد الحماية من الإشعاع، ولايزال الجهد قائما للعثور على أفضل المواد. وفي هذا العمل تمكنا من دراسة تأثير تركيز الرصاص تجريبيا ونظريا على معاملات التدرج المختلفة لسبائك الرصاص البرونزية (Al-Cu-Pb)، تم تحضير عينات بتراكيب مختلفة واسماك مختلفة بطريقة الصهر. ودراسة خصائص التدرج للعينات المحضرة بما في ذلك معامل التوهين الكتلي والخطي قيمة نصف الطبقة (HVL)، ومتوسط المسار الحر (MFP) نظريا باستخدام برنامج XCOM في نطاق طاقة (1keV-100GeV). تم اجراء القياسات التجريبية باستخدام مطياف أشعة كاما الذي يحوي على كاشف NaI (TI) عند طاقات (662 keV) ^{137}Cs و (1173,1332 keV) ^{60}Co ومقارنة النتائج المحسوبة مع بعضها ووجد ان هناك توافق جيد بين النتائج العملية والنظرية.

الجانب النظري

معامل التوهين مهم ويستخدم على نطاق واسع للحصول على معاملات التدرج، تم استخدام قانون بير لامبرت-Lambert Beer لحساب معامل التوهين الخطي μ_m [(Mahmoud,1995).

$$I = I_0 e^{-\mu_m x} \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث I_0 و I هي شدة إشعاع الفوتون بدون وجود عينة ومع وجود العينة على التوالي وحسابها خلال فترة زمنية معينة عند سمك x . يعتبر معامل التوهين الكتلي للمعادن أكثر أهمية ويعطى بواسطة (Manohra et al., 2007).

$$\mu_m (\text{cm}^2 \text{g}^{-1}) = \mu_L / \rho \quad \dots \dots \dots (2)$$

حيث ρ (g cm^{-3}) هي كثافة عينة السبيكة.

تم حساب طبقة نصف القيمة (HVL) وتمثل سمك المادة التي تقلل شد الإشعاع الداخل، الى نصف قيمته الأصلية ويعطى بواسطة (Sayyed et al., 2018).

$$HVL = \frac{\ln(2)}{\mu_L} \quad \dots \dots \dots (3)$$

يعطى متوسط المسافة التي يمكن للفوتون ان يقطعها على طول المسار في المادة من خلال متوسط المسار الحر (MFP) (Davission, 1965).

$$MFP = \frac{1}{\mu_L} \dots \dots \dots (4)$$

تم الحصول على كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE) لعينات السبائك التي تم فحصها بواسطة (Kumar, 2017).

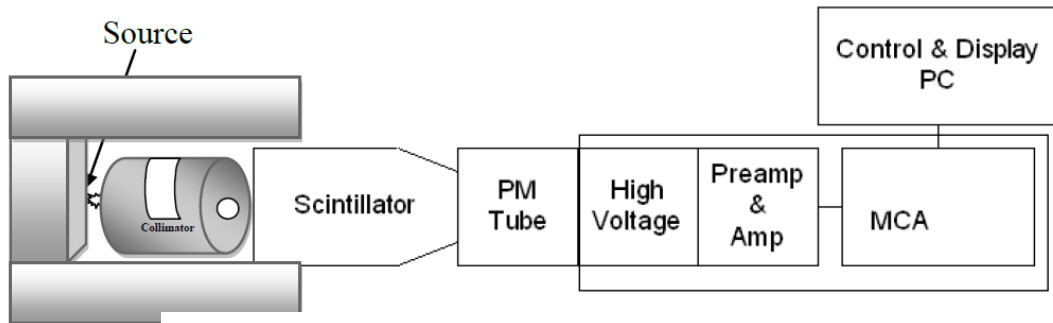
$$RPE = (1 - I/I_0) \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

تحضير العينات Samples Preparation

تم تحضير سبائك Al-Cu-Pb بطريقة الصهر بنسب مختلفة الفرن (درجة الانصهار °C 1080 درجة مئوية) لمدة 18 دقيقة، وتمت إضافة الألمنيوم (Z=13) (درجة انصهاره °C 660.3) ومن ثم الرصاص (Z=82) (درجة انصهاره °C 327) لمدة 8 دقائق. حيث تم تحضير سبائك الألمنيوم بتراكيز مختلفة كما موضح في (الجدول 1). تم اختبار دقة النتائج لمعاملات التوهين باستخدام برنامج XCOM. ويبين الشكل (1) مخطط منظومة قياس معاملات التوهين.

الجدول 1: الخواص الفيزيائية للسبائك المحضرة

Samples	Compounds	Thickness (cm)	Volume (cm ³)	Density (g cm ⁻³)
A1	Al 67Cu29Pb4	0.9	0.854	19.54
A2	Al67Cu29Pb4	1.2	1.139	14.66
A3	Al67Cu21Pb12	0.9	0.854	17.54
A4	Al67Cu21Pb12	1.2	1.139	13.15



الشكل 1: مخطط المنظومة الخاصة لقياس معامل التوهين وتجانس العينات. Leac

Alloys Manufacture تصنيع السبائك

ان عملية تصنيع السبائك تمت على ثلاثة مراحل:

- 1 . تهيئة الفرن وقوالب الصب
- 2 . عمليات الصهر وصب السبائك وإنتاجها

اجريت عمليات الوزن للعناصر المراد سبكها ومن ثم وضعت في بودقة من الكرافيت بداخل الفرن وبعد وصول الخليط الى درجة الانصهار تم صب المنصهر في قوالب الصب.

الحسابات

تم تنفيذ الطرق الحسابية للعينات التي تم فحصها بواسطة برنامج XCOM وعند طاقات الفوتون من 100GeV - 1keV. تم حساب مقاييس التدرج للسبائك المحضرة كدالة للفوتون الساقط.

النتائج والمناقشة

معامل التوهين الكتلي

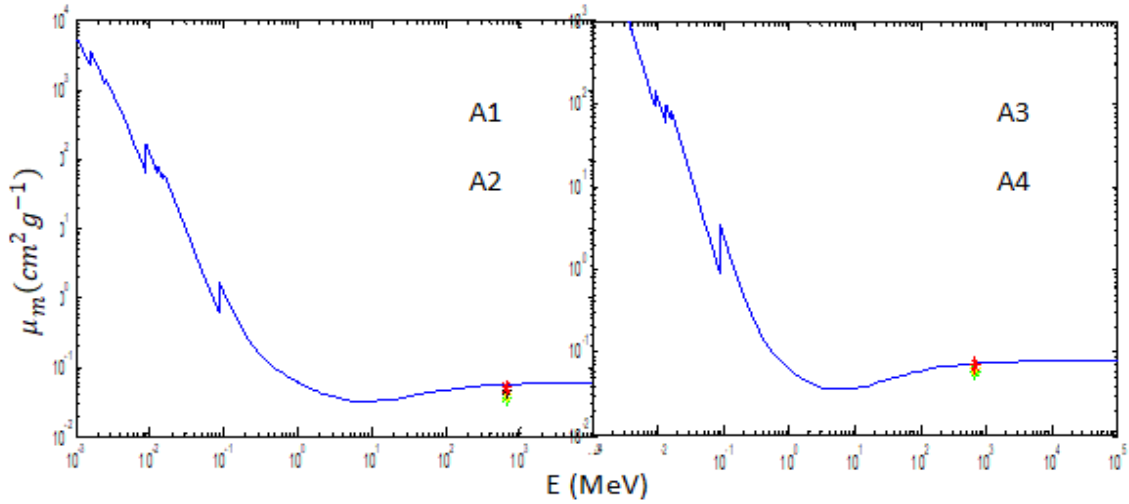
القياسات العملية لمعامل التوهين لكتلي μ_m كانت باستخدام الكاشف الوميضي NaI(Tl). تم التحقق من نتائج السبائك باستخدام برنامج XCOM. وتم ترتيب القيم التجريبية والنظرية في (الجدول 2). ولوحظ بأن الانحراف بين القيم العملية والنظرية اقل من 24%.

يوضح الشكل (2)، مقارنة بين معامل التوهين الكتلي الكلي النظري μ_m الذي تمت محاكاته بواسطة XCOM في نطاق الطاقة (1 keV - 100 GeV) مع القيم التجريبية التي اظهرت توافقا جيدا معها. يلخص (الجدول 2) المقارنة بين قيم μ_m النظرية والتجريبية. وقد وجد أن قيم μ_m تتخفض بسرعة مع زيادة طاقة الفوتون التي تصل الى 5.0 MeV، بعد هذه القيمة يزداد معامل الامتصاص الكتلي تدريجيا مع زيادة طاقة الفوتون الساقطة. ان أكبر قيمة لمعامل الامتصاص الكتلي كانت للينة A4. وأقل قيمة كانت للينة A1.

هنالك العديد من الحواف التي ظهرت عند طاقات الفوتون المنخفضة التي تكون أقل من (100 keV) بسبب حواف الامتصاص الكهروضوئي K، - L، - M لعناصر الالمنيوم والنحاس والرصاص. حدثت الحواف عند طاقة الفوتون الأعلى من طاقة ربط الإلكترون في الأغلفة.

الجدول 2: قيم معامل التوهين الكتلي الكلي (μ_m $cm^2 g^{-1}$) المتحقق للسبائك والقيم العملية

Energy Sample	662 keV		1173 keV		1332 keV	
	Exp	XCOM	Exp	XCOM	Exp	XCOM
A1	0.0453	0.0595	0.0515	0.0572	0.0525	0.0572
A2	0.0502	0.0595	0.0567	0.0572	0.0566	0.0575
A3	0.0695	0.0726	0.0710	0.0743	0.0658	0.0746
A4	0.0723	0.0726	0.0738	0.0743	0.0740	0.0746



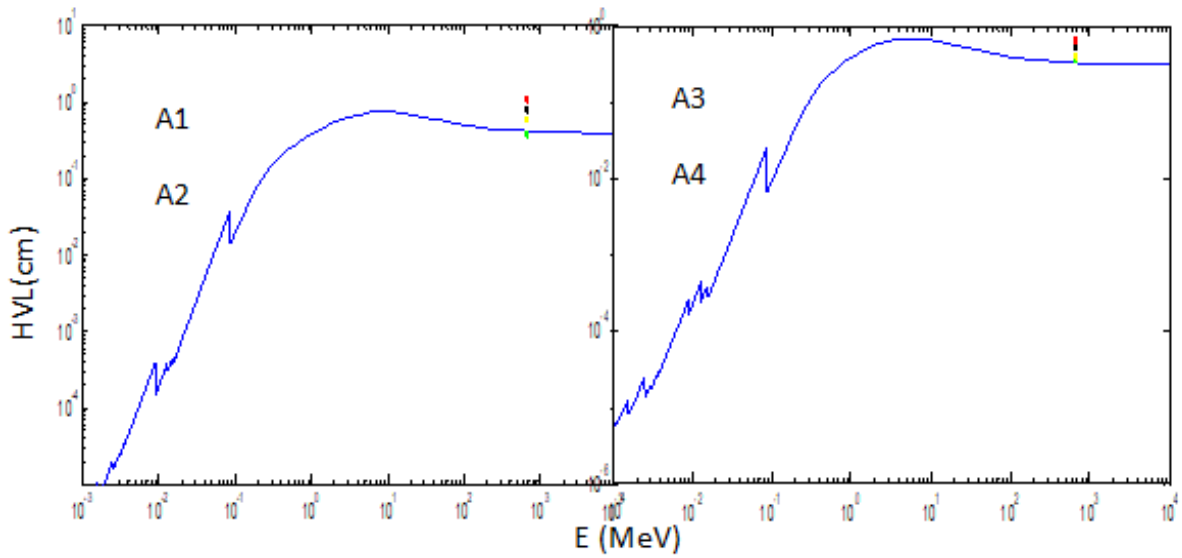
الشكل 2: يوضح مقارنة القيم النظرية لمعامل الامتصاص الكتلي μ_m مع القيم المقاسة تجريبيا

طبقة نصف القيمة ومتوسط المسار الحر

يوضح (الجدول 3 و 4) المقارنة بين قيم HVL و MFP النظرية والتجريبية، على التوالي. لقد وجد ان قيم HVL و MFP منخفضة في البداية وتزداد تدريجيا مع زيادة طاقة الفوتون. فوق 5 MeV يكون معدل انخفاض HVL و MFP ضعيفا بالنسبة للطاقات، وان HVL و MFP تنقص مع زيادة الكثافة وايضا زيادة كمية الرصاص في السبيكة. تم توضيح قيم طبقة نصف القيمة (HVL) وقيم متوسط المسار الحر (MFP) لعينات السبائك التي تم فحصها بواسطة XCOM في نطاق الطاقة الحادث من 100 GeV - 1keV في الأشكال (3 و 4) على التوالي.

الجدول 3: قيم طبقة نصف القيمة (HVL) في وحدة (cm) للسبائك باستخدام XCOM مع القيم التجريبية

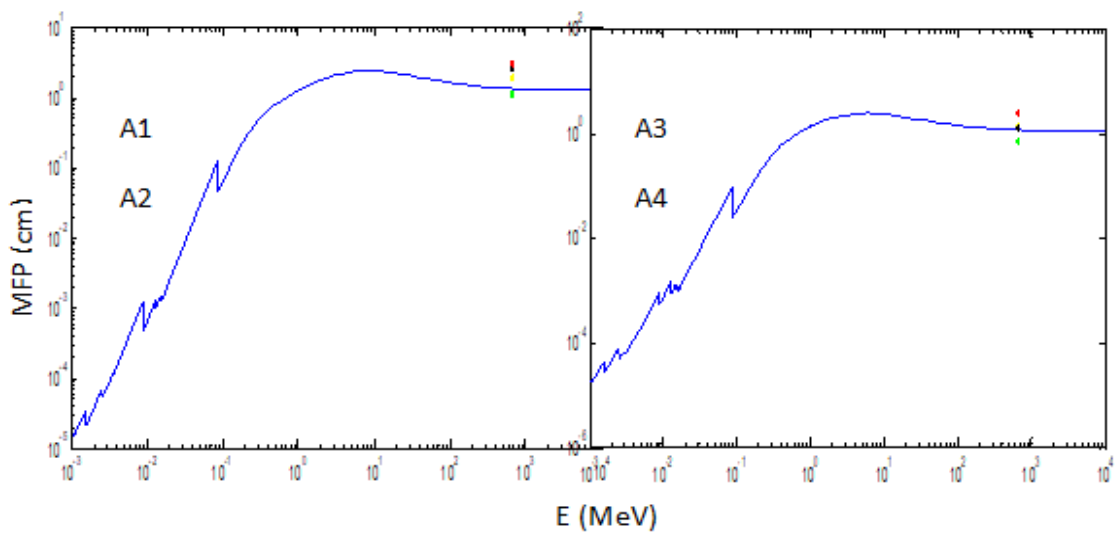
Energy	662 keV		1173 keV		1332 keV		
	Sample	Exp	XCOM	Exp	XCOM	Exp	XCOM
A1		0.782	0.596	0.688	0.620	0.675	0.616
A2		0.940	0.794	0.833	0.826	0.834	0.822
A3		0.678	0.543	0.555	0.531	0.600	0.529
A4		0.728	0.725	0.713	0.708	0.711	0.705



الشكل 3: يوضح العلاقة بين HVL النظرية المحسوبة بواسطة XCOM في مقارنة مع القيم المقاسة تجريبيا

الجدول 4: قيم متوسط المسار الحر (MFP) في وحدة (cm) للسبائك باستخدام برنامج XCOM والقيم التجريبية

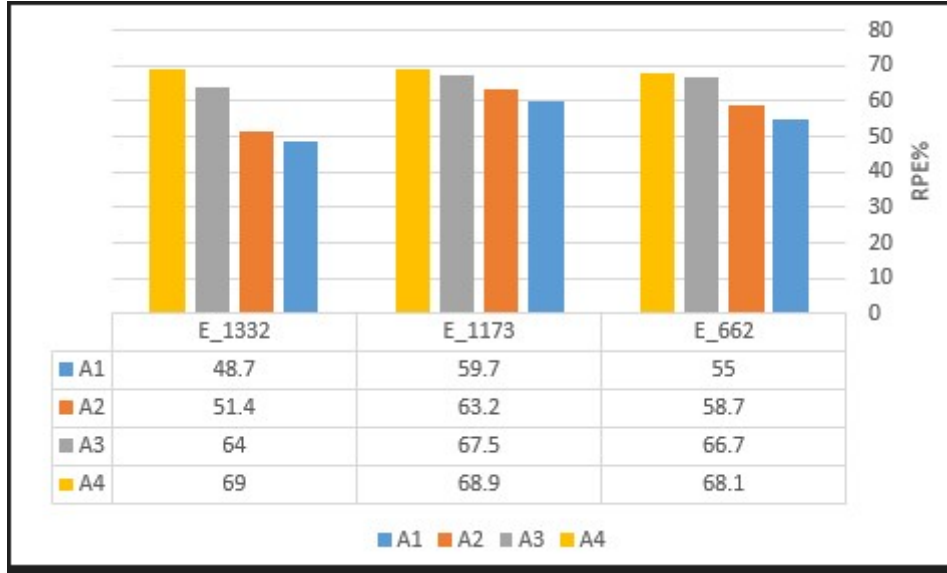
Energy	662 keV		1173 keV		1332 keV	
	Exp	XCOM	Exp	XCOM	Exp	XCOM
A1	1.128	0.860	0.992	0.894	0.974	0.890
A2	1.357	1.146	1.192	1.186	1.203	1.186
A3	0.580	0.784	0.865	0.764	0.865	0.764
A4	1.050	1.046	1.025	1.018	1.025	1.018



الشكل 4: يوضح العلاقة بين MFP النظرية المحسوبة بواسطة XCOM في مقارنة مع القيم المقاسة تجريبيا

كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE)

تعد كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE) معلمة مهمة جدا لأثبتات فعالية مادة التدرج، يمكن الحصول على كفاءة الحماية من الإشعاع لعينات السبائك المحضرة من قيم الشدة المقاسة مع وبدون عينات من السبيكة لنظائر مشعة مختلفة بواسطة المعادلة 5، حيث يلاحظ ان العينة A4 تمتلك قيمة عالية لكفاءة الحماية من الإشعاع (RPE) كما مبين في الشكل (5).



الشكل 5: كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE %) عند الطاقات keV (1332، 1173، 662) لعينات السبائك

الاستنتاجات

تمت دراسة معاملات التدرج لعينات السبائك المحتوية على Al, Cu, Pb بتراكيز مختلفة باستخدام برنامج XCOM بطاقة تتراوح من 1 keV-100 GeV. ثم تمت مقارنة النتائج المحسوبة مع القيم التجريبية (662 keV) ^{137}Cs ، (1173 keV) ^{60}Co ، 1332 keV باستخدام كاشف Na (TI). كان هناك توافق جيد بين القيم العملية والنظرية. وجد ان خواص التوهين تزداد مع زيادة تركيز الرصاص في السبائك، وبالتالي أعلى قيمة لمعامل التوهين الكتلي (μ_m) وكفاءة الحماية من الإشعاع (RPE) في العينة A4، وأدنى قيمة لنصف القيمة (HVL) ومتوسط المسار الحر (MFP) في العينة A3.

المصادر

- Çağlar, İ.; Cengiz, G.B.; Bilir, G. (2021). Gamma radiation shielding properties of some binary tellurite glasses. *J. Non-Crystalline Solids*, **574**, 121139.
- Dapke, G.P.; Awasarmol, V.V.; Gaikwad, D.K.; Raut, S.D.; Pawar, P.P. (2017). Studies on attenuation cross section parameters of some shape memory alloys in the energy range 356 KeV 1330 KeV. *Indian J. Scient. Research*, **8**(1), 23-30.
- Davisson, C.M. (1965). "Gamma-ray Attenuation Coefficients". In Siegbahn (Ed.), Alpha-, beta- and gamma-ray spectroscopy.
- El-Kateb, A.H.; Rizk, R.A.M.; Abdul-Kader, A.M. (2000). Determination of atomic cross-sections and effective atomic numbers for some alloys. *Ann. Nucl. Energy*, **27**(14), 1333-1343.
- Han, I.; Demir, L. (2009). Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for Cr, Fe and Ni alloys at different energies. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Research Sect. B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **267**(1), 3-8.

- Kamil, S.M.; Abul-Magd, A.A.; El-Gammal, W.; Saudi, H.A. (2022). Impact of the Structural Changes on the Attenuation Properties of some Nickel Borate-Based Glasses Containing Lead and Lanthanum Cations for Gamma-ray Shielding Applications.
- Kaur, S.; Kaur, A.; Singh, P.S.; Singh, T. (2016). Scope of Pb-Sn binary alloys as gamma rays shielding material. *Progress in Nucl. Energy*, **93**, 277-286.
- Kumar, A. (2017). Gamma ray shielding properties of PbO-Li₂O-B₂O₃ glasses. *Radiat. Phys. and Chem.*, **136**, 50-53.
- Mahmoud, H.M.; Hok, A.S.; Armia, E.; Eltahir, A.M. (1995). Gamma-ray absorption and scattering coefficients for two sedimentary rocks. *Indian J. Pure and Appl. 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. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Research Sect. B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **258**(2), 321-328.
- Medhat, M.E. (2012). Gamma absorption technique in elemental analysis of composite materials. *Annals of Nucl. Energy*, **47**, 204-209.
- Sayed, M.I.; Issa, S.A.; Tekin, H.O.; Saddeek, Y.B. (2018). Comparative study of gamma-ray shielding and elastic properties of BaO–Bi₂O₃–B₂O₃ and ZnO–Bi₂O₃–B₂O₃ glass systems. *Mater. Chem. and Phys.*, **217**, 11-22.
- Sharma, R.; Sharma, J.K.; Kaur, T.; Singh, T.; Sharma, J.; Singh, P.S. (2017). Experimental investigation of effective atomic numbers for some binary alloys. *Nucl. Engineer. and Technol.*, **49**(7), 1571-1574.
- Singh, T.; Kaur, S.; Kaur, P.; Kaur, H.; Singh, P.S. (2015, August). Variation of photon interaction parameters with energy for some Cu-Pb alloys. In *AIP Confer. Proceed.*, **1675**(1), 020057. AIP Publishing LLC.

Shielding Properties of Al- Cu- Pb Alloys by XCOM and Experimental Data

Karam M. Abd al Aziz

Mahmood A. Hamood

Laith A. Najam

Department of Physics/ College of Science/ University of Mosul

Ayman M. S. Al –Sawalha

Department of Physics/ Faculty of Science/ Jerash University/Jerash/ Jordan

Howaida M. Ahmed

Department of Physics/ Faculty of Women for Arts Science and Education/ Ain Shams University/ Cairo/ Egypt

ABSTRACT

The current study, the efficiency of many binary and triple aluminum alloys was examined for the alloy's samples consisting of (Al-Cu-Pb). These alloys were manufactured in the laboratories of the physics Department and the manufacture of melting furnaces as well as the design of casting molds, and then we used the gamma ray penetration technique to study the behavior of radiation attenuation by the manufactured alloys. The shielding properties of the prepared samples include mass attenuation coefficient (μ_m), radiation protection efficiency (RPE), half-value layer (HVL), and mean free path (MFP), Which were calculated theoretically using XCOM software. Experimental measurements were made at ^{60}Co (1173, 1332 keV) ^{137}Cs (662 keV) using a Gama spectrometer, which it contains the NaI (TI) detector. It found that there is a good agreement between the experimental and theoretical values.

Keywords: gamma ray penetration, XCOM, HVL, RPE.