مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

دراسة تجريبية لقياس احتمال تفاعل الفوتونات مع المادة انطلاقاً من معامل الامتصاص الخطي

د.جبور نوفل جبور[1]
د.جهاد كامل ملحم[2]
عـروة هيثـم خضر[3]

(تاريخ الإيداع 18 / 6 / 2018. قُبِل للنشر في 16 / 9 /2018)

□ ملخّص □

تم في هذا العمل التجريبي قياس المقطع العرضي الفعال لتفاعل فوتونات أشعة غاما الصادرة عن منابع مشعة مختلفة مع مواد ماصة انطلاقاً من معامل الامتصاص الخطي. فتم استخدام الرصاص والحديد والألمنيوم كمواد ماصة في هذا العمل ومنابع مشعة هي ^{60}Co، والمنبع المختلط (Mixed) الذي يعطي الخطين الطيفيين الموافقين لمنبعي ^{137}Cs , ^{241}Am، تم وضع المادة الماصة بين المنبع المشع والكاشف واستُخِدم كاشف يوديد الصوديوم (NaI) وتم زيادة سماكة المادة الماصة من $0.5cm$ حتى $5cm$ بمقدار $0.5cm$ لكل قياس لأجل حساب عدد الجسيمات التي تجتاز هذه السماكة من المادة الماصة خلال زمن قدره 300s.

فمن خلال تمثيل تغيرات لوغاريتم عدد الجسيمات المسجلة بوساطة الكاشف $N(X)$ بتابعية سماكة المادة الماصة x يمكن حساب معامل الامتصاص الخطي، وبعدها تم حساب المقطع العرضي الفعال للمواد الماصة المستخدمة من العلاقة التي تربط بينهما وهي:

$$\mu = \sigma \, . \, n$$

حيث إن n هو كثافة المادة الماصة، وقد تم حساب هذا العدد للمواد الثلاثة المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: مادة ماصة، مستقيم المعايرة، كاشف يوديد الصوديوم (NaI)، معامل امتصاص خطي، مقطع عرضي فعال للامتصاص.

[1] - أستاذ – قسم الفيزياء – كلية العلوم– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
[2] - أستاذ – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية .
[3] - طالب دراسات عليا (ماجستير) – اختصاص فيزياء إشعاعية – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

Experimental study to measure the probability of photons interacting with matter by the linear absorption coefficient

Dr. Jabbour Noufal Jabbour(1)
Dr. Jehad Kamel Mulhem(2)
Erwa Haitham Kheder(3)

(Received 18 / 6 / 2018. Accepted 16 / 9 /2018)

□ ABSTRACT □

In this experimental work. the effective cross section was measured for the interaction of gamma ray photons from different radioactive sources with absorbent materials by the linear attenuation coefficient.

Where Lead. iron and aluminum were used as absorbents in this work. And the sources of radiation are $^{22}Na, ^{60}Co$ and the mixed source, which gives the spectral lines corresponding to the $^{137}Cs, ^{241}Am$

The absorbent material between the radioactive source and the detector was placed. The absorbent material thickness was increased from 0.5cm to 5cm by 0.5cm per measurement to calculate the number of particles that traversed the thickness of the absorbent material during 300s time.

The linear attenuation coefficient can be calculated By representing the logarithm of the number of particles recorded by the detector N(X) as a function to the thickness of the absorbent material x then The effective cross section of the absorbent material was calculated from the relationship between them:

$$\mu = \sigma \, . n$$

Where n is the number of atoms from the absorbent material in the volume unit. and this number has been calculated for the three substances .

keyWords: absorbent material, Calibration straight Line, sodium iodide (NaI) detector, linear attenuation coefficient, effective cross section.

(1) Professor. Physics Department, Faculty of Science. Tishreen University, Lattakia. Syria.
(2) Professor. Physics Department, Faculty of Science. Tishreen University, Lattakia. Syria.
(3) Postgraduate Student. Radiation Physics, Department of Physics, Faculty of Science. Tishreen University. Lattakia. Syria.

مقدمة:

تختلف آلية توهين الحزمة الفوتونية عما هي عليه بالنسبة للجسيمات المشحونة ويتم ذلك وفق ثلاث حوادث رئيسية أثناء تفاعل الإشعاع مع المادة [2,1]:

- المفعول الكهرضوئي.
- مفعول كومبتون.
- مفعول توليد الأزواج.

إذا كان N(x) عدد فوتونات حزمة أشعة غاما الواردة قبل اجتياز مادة سماكتها dx، وكان N(x+dx) عدد الفوتونات التي تجتاز المادة الماصة، فإن تغير عدد الفوتونات بعد اجتياز السماكة x من المادة الماصة يعطى بالعلاقة (1):

$$dN(x) = -\sigma . n . N(x) . dx \qquad (1)$$

حيث إنَّ:

- n كثافة المادة الماصة (عدد الذرات في وحدة الحجم من المادة).
- σ معامل تناسب يتعلق بطبيعة المادة الماصة وطاقة الفوتون. وهو يمثل احتمال تفاعل الفوتون مع المادة ويسمى المقطع العرضي الفعال وله وحدة مساحة ويقدر بـ: cm^2

يرتبط المقطع العرضي الفعال بمعامل الامتصاص الخطي بالعلاقة (2) [2]:

$$\mu = \sigma . n \qquad (2)$$

ومنه فإن القانون الأُسي الذي يعبر عن إضعاف أشعة غاما يعطى كما يلي:

$$N(x) = N_0 . exp(-\mu x) \qquad (3)$$

بالتالي فإن حساب معامل الامتصاص الخطي يسمح بحساب المقطع العرضي الفعال وهو الهدف من هذا البحث.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في القياس التجريبي للمقطع العرضي الفعال انطلاقاً من معامل الامتصاص الخطي لأجل مواد ماصة مختلفة ولطاقات مختلفة من أشعة غاما.

طرائق البحث ومواده:

إن الأجهزة والمواد المستخدمة في هذا البحث هي:

1- منابع مشعة:

- منبع مختلط يعطي الطاقة $62\ keV$ الموافقة للقمة الطيفية للأمريسيوم-241 والطاقة $662\ keV$ الموافقة للخط الطيفي للسيزيوم-137.
- منبع الصوديوم-22 الذي يعطي القمة الطيفية الموافقة للطاقة $1274\ keV$.
- منبع الكوبالت-60 الذي يعطي قمتين طيفيتين الأولى موافقة للطاقة $1173\ keV$ والثانية موافقة للطاقة $1332keV$.

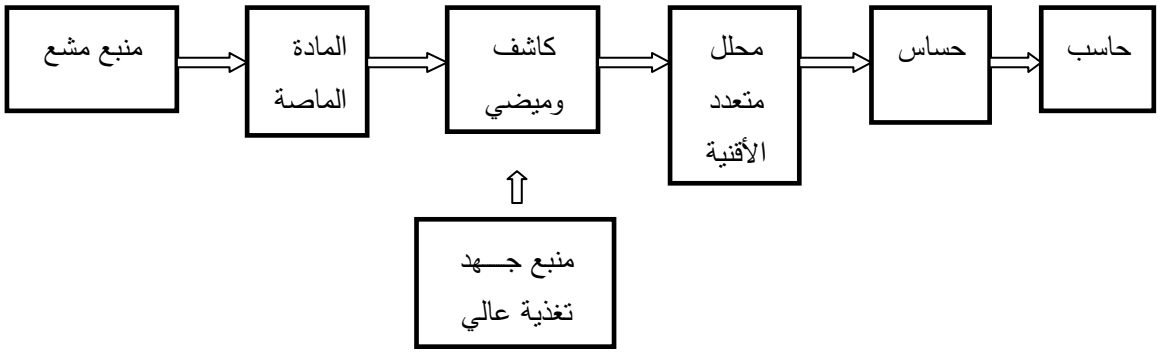
2- صفائح من مواد ماصة ذات سماكة $0.5cm$.

3- كاشف وميضي.

4- محلل متعدد الأقنية.

5- حاسوب مجهز ببرنامج (CASSY LAP) لمعالجة القياسات.

ملاحظة: جميع الأجهزة المستخدمة موجودة في مخبر النووية(جامعة تشرين، كلية العلوم، قسم الفيزياء). ويوضح الشكل (1) مخطط مبسط للدارة المستخدمة في القياسات.



الشكل (1): مخطط مبسط للدارة المستخدمة في القياسات

النتائج والمناقشة:

1- معايرة الطاقة:

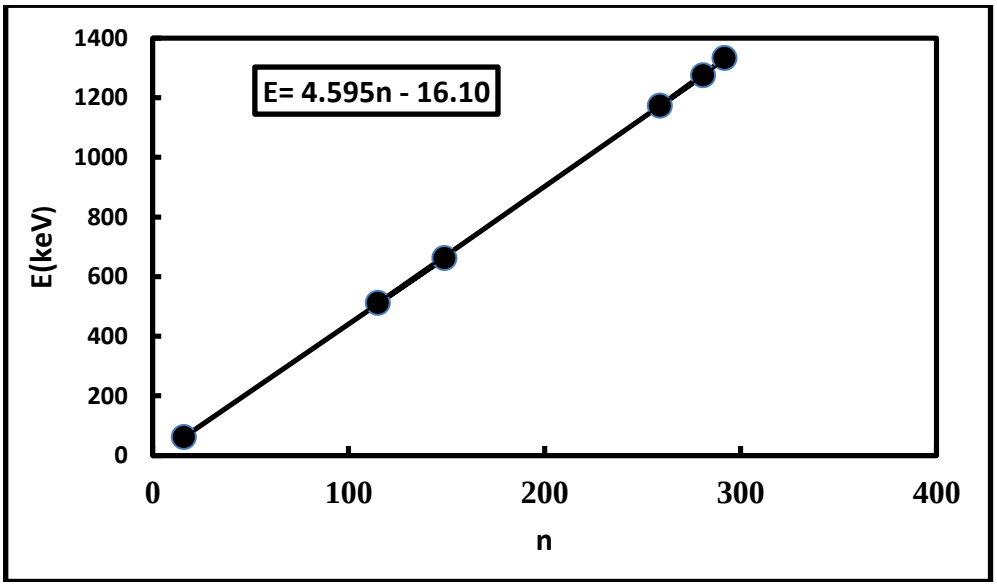
تمت معايرة الطاقة لأجل الخطوط الطيفية المستخدمة خلال زمن $300\ s$ وباستخدام الجهد $600\ V$ ويبين الجدول (1) طاقة القمم الطيفية للمنابع المشعة المستخدمة في معايرة الكاشف.

الجدول(1): طاقة القمم الطيفية للمنابع المشعة المستخدمة في هذا العمل مع رقم القناة الموافق.

المنبع المشع		الطاقة E(keV)	رقم القناة n
Mixed	Am-241	62	16
	Cs-137	662	149
Na-22		511	115
		1274	281
Co-60		1173	259
		1332	292

نرسم تغيرات الطاقة بتابعية رقم القناة $E = f(n)$ كما هو مبين بالشكل(2) ومن ثم نستنتج مستقيم المعايرة الذي تعطى معادلته كما يلي:

$$E = 4.595n - 16.1 \qquad (4)$$



الشكل (2): يمثل مستقيم معايرة الطاقة للكاشف

2- حساب المقطع العرضي الفعال تجريبياً:

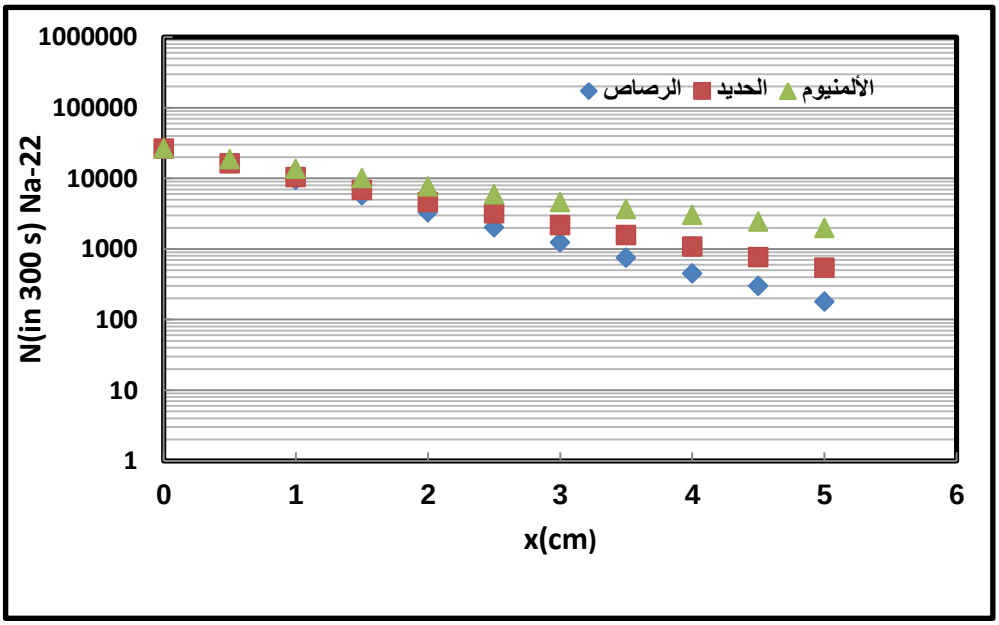
يتم كما ذُكِر سابقاً حساب المقطع العرضي الفعال تجريبياً انطلاقاً من معامل الامتصاص الخطي بوضع المادة الماصة بين المنبع المشع والكاشف لأجل سماكات متزايدة من 0 حتى 5 cm بتزايد 0.5 cm في السماكة، ثم حسبنا عدد الجسيمات التي اجتازت المادة الماصة لأجل كل سماكة، فلأجل الجسيمات ذات الطاقة 1274 keV الصادرة عن منبع الصوديوم-22 نلاحظ تناقص عدد هذه الجسيمات بعد اجتياز المادة الماصة المستخدمة (الرصاص، الحديد، الألمنيوم)، ويبين الجدول(2) ذلك.

الجدول (2): عدد الجسيمات المسجلة الصادرة عن منبع الصوديوم
بطاقة 1274 keV بعد اجتياز المواد ماصة هي الرصاص والحديد والألمنيوم بسماكات مختلفة

	الرصاص	الحديد	الألمنيوم
x(cm)	E=1274keV	E=1274keV	E=1274keV
0.0	26644	26499	26697
0.5	16666	16370	18778
1.0	9487	10375	13703
1.5	5722	6881	10101
2.0	3309	4618	7729
2.5	2014	3213	5908

3.0	1235	2185	4595
3.5	753	1577	3682
4.0	449	1080	3041
4.5	300	763	2449
5.0	179	542	1987

يمكن ملاحظة تناقص عدد هذه الجسيمات المسجلة بوساطة الكاشف بعد اجتياز المادة الماصة المستخدمة من خلال الشكل (3).



الشكل (3): تغير عدد الجسيمات المسجلة الصادرة عن منبع الصوديوم-22 بطاقة $1274\ keV$ بعد اجتيازها المواد الماصة الرصاص. الحديد. الألمنيوم بتابعية سماكة كل من هذه المواد

ولحساب معامل الامتصاص الخطي للمواد الماصة نكتب المعادلة(3) بالشكل:

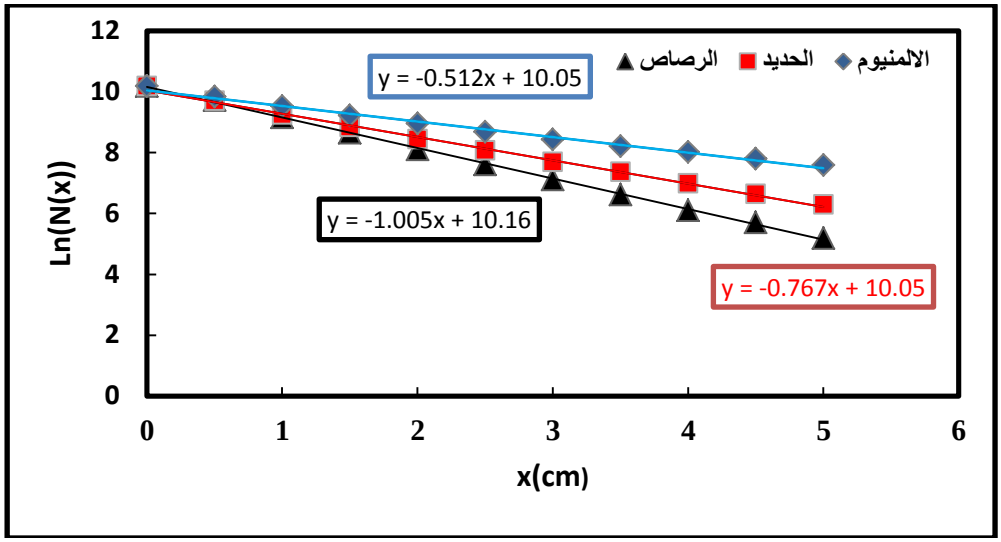
$$Ln(N(x)) = -\mu x + Ln(N(x_0)) \qquad (5)$$

وبالتالي لأجل الطاقة $1274\ keV$ فإننا نمثل $Ln(N(x))$ بتابعية سماكة المادة الماصة x كما هو مبين بالشكل (4) ، ونلاحظ وجود العلاقة اللوغاريتمية فعلاً في المستقيم الناتج الذي تعطى معادلته كما يلي:

المادة الماصة هي الألمنيوم: $Ln(N(x)) = -0.512x + 10.05$

المادة الماصة هي الحديد: $Ln(N(x)) = -0.767x + 10.05$

المادة الماصة هي الرصاص: $Ln(N(x)) = -1.005x + 10.16$



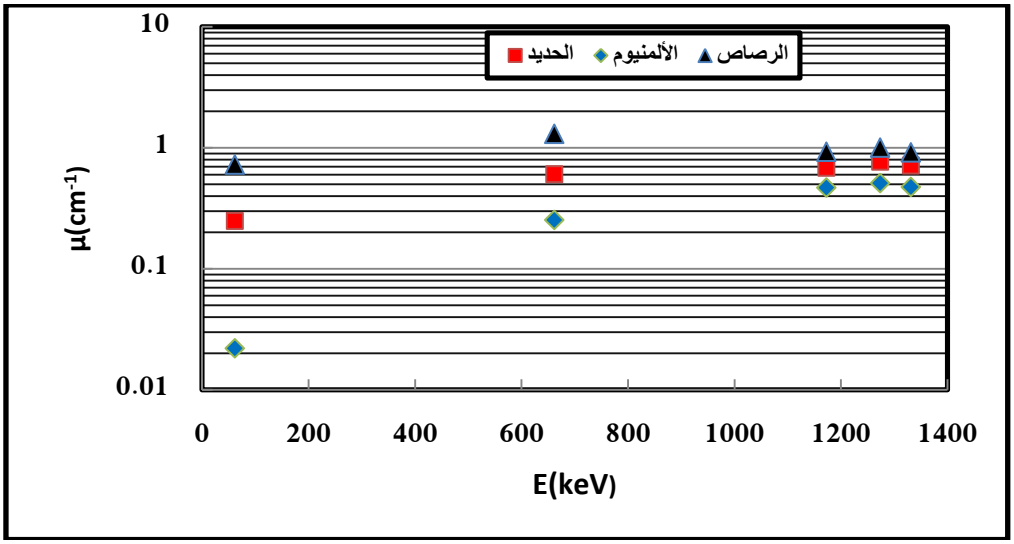
الشكل (4): تغير لوغاريتم عدد الجسيمات الصادرة عن الصوديوم بطاقة 1274 keV بعد اجتياز المادة الماصة $ln(N(x))$ بتابعية سماكة هذه المادة x وهي: الرصاص، الحديد، الألمنيوم

وبمقارنة معادلات المستقيمات التي نحصل عليها من التمثيل $Ln(N(x)) = f(x)$ بالمعادلة (5) فإننا نجد معامل الامتصاص يمثل ميل المستقيم الناتج وبالتالي فإن معاملات الامتصاص للمواد الماصة المستخدمة (رصاص، حديد، ألمنيوم) بالطاقات المستخدمة يبينها الجدول(3) بوحدة cm^{-1}.

يمكن تمثيل تغيرات معامل الامتصاص للمواد الماصة تمثيل بياني نصف لوغاريتمي بتابعية الطاقات المستخدمة ويبين الشكل(5) ذلك.

الجدول (3): يبين قيم معامل الامتصاص الخطي للرصاص والحديد والألمنيوم لأجل الطاقات المستخدمة

	1332 keV	1274 keV	1173 keV	662 keV	62 keV
الرصاص	0.918	1.005	0.928	1.308	0.729
الحديد	0.715	0.767	0.685	0.605	0.249
الألمنيوم	0.475	0.512	0.470	0.253	0.022



الشكل (5): تغير معامل الامتصاص الخطي للمواد الماصة بتابعية طاقة الجسيمات المستخدمة

يمكن الاستفادة من قيم معاملات الامتصاص الخطية في حساب السماكة النصفية $x_{1/2}$ لكل مادة ماصة، كما يلي:

تُكتب المعادلة (3) بالشكل التالي:

$$Ln\big(N(x)\big) - Ln\big(N(x_0)\big) = -\mu x \qquad (6)$$

$$Ln\frac{N(x)}{N(x_0)} = -\mu x \qquad (7)$$

تعرف السماكة النصفية بأنها سماكة المادة الماصة التي تصبح بعدها شدة أشعة غاما نصف شدتها البدائية، أي تكون $\frac{N(x)}{N(x_0)} = \frac{1}{2}$، وبناءاً على ذلك تصبح العلاقة (7) كما يلي:

$$Ln\frac{1}{2} = -\mu x_{1/2} \qquad (8)$$

$$x_{1/2} = \frac{Ln2}{\mu} \qquad (9)$$

وبالتالي لأجل الطاقة $1274\ keV$ التي تجتاز مادة ماصة هي الرصاص حيث $\mu = 1.005\ cm^{-1}$ فإن السماكة النصفية تكون:

$$x_{1/2} = \frac{Ln2}{1.005} = 0.689\ cm$$

ونحصل على قيم السماكات النصفية للمواد الماصة المستخدمة بالطاقات المستخدمة كما هي مبينة بالجدول (4).

الجدول (4): قيم السماكة النصفية $x_{1/2}$ مقدرة بوحدة cm لأجل المواد الماصة المستخدمة مع طاقة أشعة غاما للمنابع المستخدمة في البحث

	1332 keV	1274 keV	1173 keV	662 keV	62 keV
الرصاص	0.755	0.689	0.746	0.529	0.950
الحديد	0.969	0.903	1.011	1.145	2.783
الألمنيوم	1.459	0.353	0.474	2.739	31.50

بعد حساب معامل الامتصاص الخطي للمواد الماصة يمكن استنتاج قيمة المقطع العرضي الفعال لتفاعل فوتونات أشعة غاما مع المادة بالطاقات المستخدمة ويمكن ذلك باستخدام العلاقة (2) لذا ينبغي معرفة كثافة المادة الماصة (عدد الذرات الموجودة في وحدة الحجم من المادة الماصة) ونستطيع حساب هذا العدد بالطريقة التالية:

يعرف أولاً المول بأنه كمية المادة التي تحوي على عدد أفوغادرو من ذرات أو جزيئات المادة، أي إنَ N_{A} ذرة من الرصاص توجد في 1 mol منه وكتلة هذا المول في حالة الرصاص تساوي 207.2 g

اعتماداً على ما سبق يمكن أن نكتب ما يلي لحساب عدد ذرات الرصاص الموجودة في واحدة الحجم منه:

$N_{\mathrm{A}} = 6.023 \times 10^{23}\ \mathrm{atom.mol^{-1}}$	$207.2\ gmol^{-1}$
$n\ atom$	$11.4\ g.cm^{-3}$

حيث إن $\rho = 11.4\ g.cm^{-3}$ هو الكتلة الحجمية للرصاص. ومنه نجد:

$$n = \frac{6.023 \times 10^{23} \times 11.4}{207.2} . \frac{atom.mol^{-1}.gcm^{-3}}{g.mol^{-1}}$$

ومنه:

$$n = 3.313 \times 10^{22}\ atom.cm^{-3}$$

وهو عدد ذرات الرصاص الموجودة في وحدة الحجم منه.

وبالمثل لأجل الحديد الذي كتلته الحجمية $\rho = 7.874 g.cm^{-3}$ وكتلته المولية أي كتلة مول واحد منه $55.845\ gmol^{-1}$ نجد أن عدد الذرات في وحدة الحجم تساوي:

$$n = 8.492 \times 10^{22}\ atom.cm^{-3}$$

وبالنسبة للألمنيوم الذي كتلته الحجمية $\rho = 2.7\ g.cm^{-3}$ وكتلته المولية $26.981\ gmol^{-1}$ فإن عدد الذرات منه في وحدة الحجم يساوي:

$$n = 6.027 \times 10^{22}\ atom.cm^{-3}$$

نقوم بحساب قيمة المقطع العرضي الفعال لتفاعل الفوتونات الصادرة عن منبع الصوديوم−22 بطاقة $1274\ keV$ ولأجل مادة ماصة هي الرصاص من العلاقة (2) كما يلي:

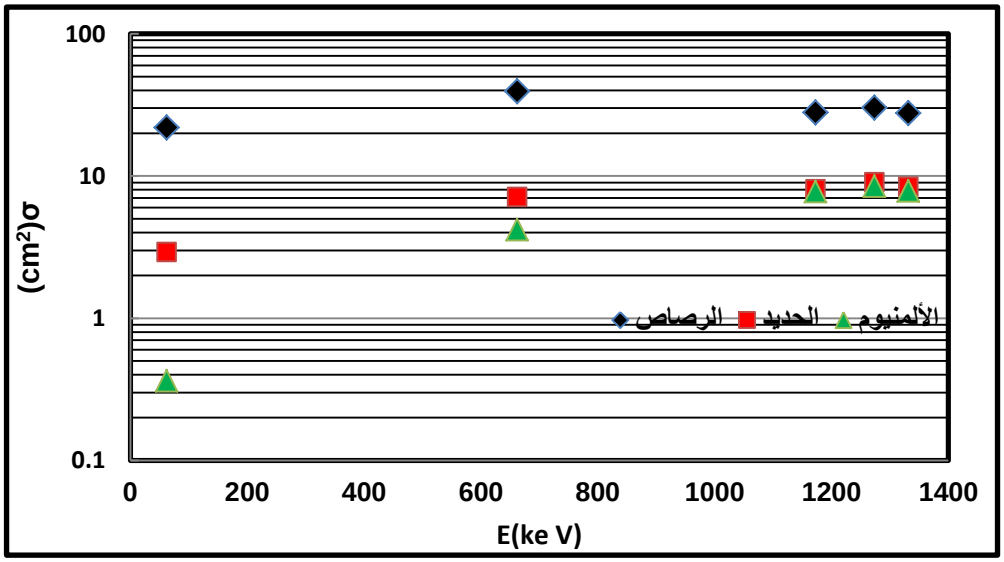
$$\sigma = \frac{\mu}{\mathrm{n}} = \frac{1.005}{3.313 \times 10^{22}} \frac{cm^{-1}}{cm^{-3}}$$
$$= 3.033 \times 10^{-23}\mathrm{cm}^2$$
$$= 30.33 \times 10^{-24}\mathrm{cm}^2$$
$$\sigma = 30.33\ barn$$

وهو المقطع العرضي الفعال لتفاعل فوتونات أشعة غاما الصادرة عن الصوديوم−22 بطاقة $1274\ keV$ حيث إن $1barn = 10^{-24}\mathrm{cm}^2$، ومنه فإن المقاطع العرضية الفعالة التي تم قياسها في هذا العمل يبينها الجدول (4) موضحة بواحدة الـ barn.

نمثل المقاطع العرضية التي حصلنا عليها تمثيل بياني نصف لوغاريتمي بتابعية طاقة الفوتونات المستخدمة لكل من الرصاص والحديد والألمنيوم ويبين الشكل (6) ذلك.

الجدول (5): قيم المقاطع العرضية الفعالة للامتصاص للمواد المستخدمة لأجل الطاقات الصادرة عن المنابع المستخدمة

	1332 keV	1274 keV	1173 keV	662 keV	62 keV
الرصاص	27.709	30.33	28.01	39.480	22.004
الحديد	8.419	9.032	8.066	7.124	2.932
الألمنيوم	7.881	8.495	7.798	4.197	0.365



الشكل (6): تغير قيم المقاطع العرضية الفعالة لتفاعل فوتونات أشعة غاما بطاقات مختلفة مع المواد الماصة المستخدمة

3- حساب المقطع العرضي الفعال نظرياً:

يتم تفاعل الفوتونات مع المادة وفق ثلاثة طرق رئيسية هي: مفعول كومبتون، المفعول الكهرضوئي،ومفعول توليد الأزواج، وبالتالي فان المقطع العرضي الفعال لتفاعل فوتونات أشعة غاما مع المادة يتكون من مجموع المقاطع العرضية للمفاعيل الثلاثة السابقة، وبعبارة أخرى إن احتمال تفاعل الفوتون مع ذرات الوسط هو احتمال التفاعل بأي من الطرق السابقة ومنه نكتب [2,4]:

$$\sigma_T = \sigma_c + \sigma_{ph} + \sigma_{pair} \quad (10)$$

إن المقطع العرضي الفعال لمفعول كومبتون تحسب من علاقة كلاين Klein نيشينا Nishina التالية [5,4]:

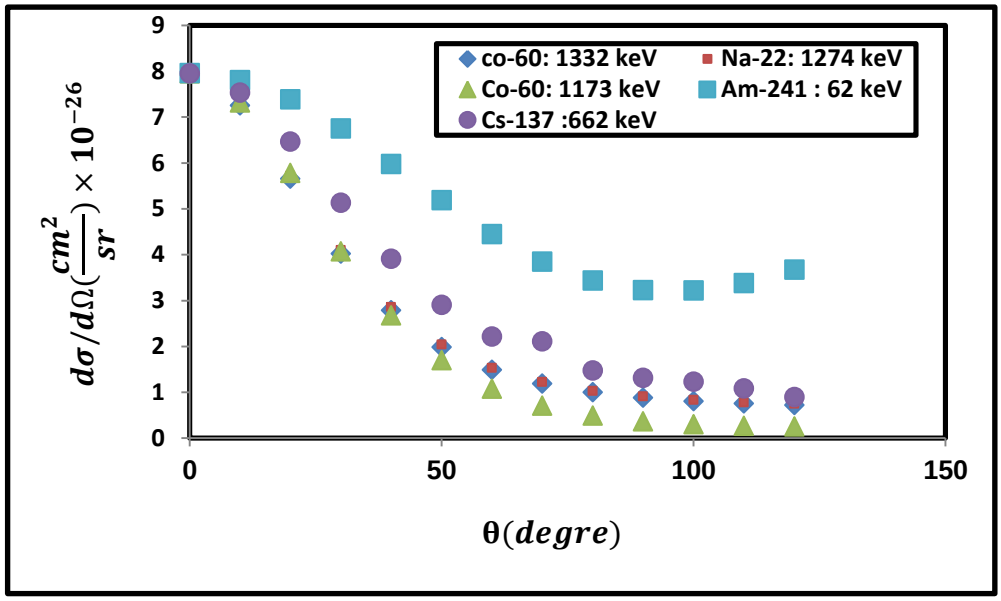
$$\frac{d\sigma}{d\theta} = \frac{r_0^2}{2}\left[\frac{1+(\cos\theta)^2}{(1+\alpha(1-\cos\theta))^2} \times \frac{\alpha^2(1-\cos\theta)^2}{(1+(\cos\theta)^2)\times(1+\alpha(1-\cos\theta))}\right] \quad (11)$$

حيث أن: $r_0 = 2.82 \times 10^{-13} cm$ نصف القطر الكلاسيكي للالكترون، θ زاوية التبعثر، وَ $\alpha = \frac{E_\gamma}{m_0 c^2}$ ، E_γ طاقة فوتونات أشعة غاما، m_0c^2 الطاقة السكونية للإلكترون. وبالتالي نجد القيم التالية للمقطع العرضي لمفعول كومبتون بواحدة cm^2/sr (Sr تعني ستراديان) كما هي موضحة بالجدول (6).

الجدول (6): المقطع العرضي الفعال لمفعول كومبتون $[(d\sigma/d\theta) \times 10^{-26}]$ مقدراً بالـ cm^2/sr

θ^o	E=1332 keV	E=1274 keV	E=1173 keV	E=662 keV	E=62 keV
0	7.952	7.952	7.952	7.952	7.952
10	7.252	7.276	7.313	7.53	7.804
20	5.650	5.717	5.777	6.46	7.382
30	4.018	4.096	4.070	5.13	6.745
40	2.787	2.857	2.670	3.91	5.970
50	1.984	2.038	1.696	2.90	5.181
60	1.488	1.529	1.077	2.21	4.445
70	1.186	1.218	0.704	2.11	3.846
80	0.999	1.026	0.488	1.47	3.431
90	0.881	0.905	0.366	1.31	3.223
100	0.804	0.828	0.300	1.23	3.215
110	0.753	0.777	0.266	1.08	3.378
120	0.719	0.743	0.251	0.89	3.668

نرسم تغيرات المقطع العرضي بتابعية زاوية التبعثر ويبين الشكل(7) ذلك.



الشكل (7): المقطع العرضي لمفعول كومبتون بتابعية زاوية التبعثر

أما المقطع العرضي للمفعول الكهرضوئي يمكن حسابه من العلاقة التالية[7]:

$$\sigma_{ph} = 1.068 \times 10^{-32} \times Z^5 \times \left(\frac{m_0 c^2}{E_\gamma}\right)^{7/2} \qquad (12)$$

لأجل مادة ماصة هي الرصاص حيث $Z = 82$ ولأجل أشعة غاما الصادرة عن الصوديوم حيث $E_\gamma =$ 1274 keV فإن قيمة المقطع العرضي الفعال:

$$\sigma_{ph} = 1.068 \times 10^{-32} \times 82^5 \times \left(\frac{0.511}{1.274}\right)^{7/2}$$

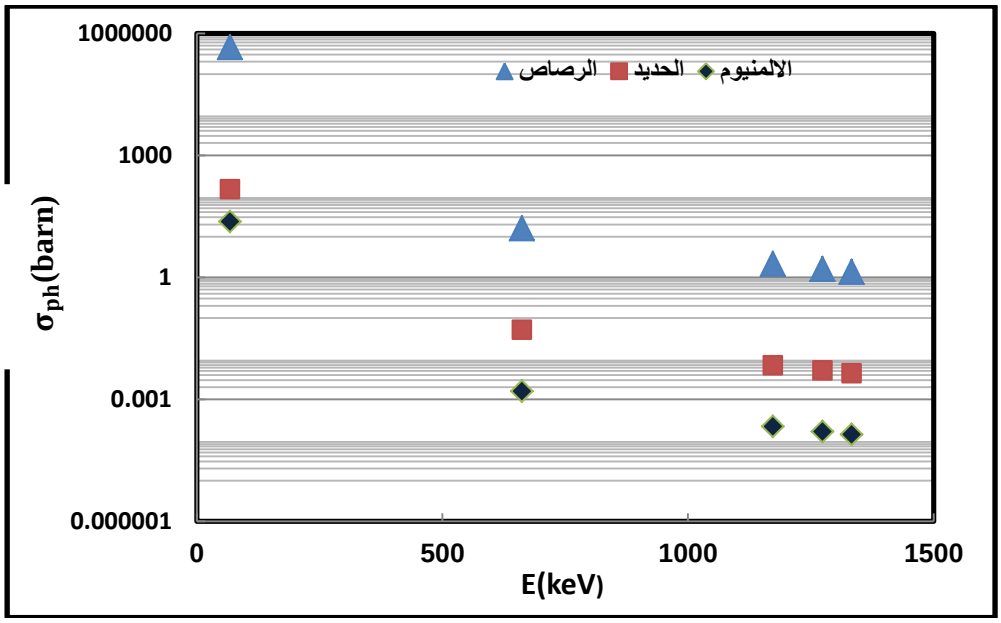
$$\sigma_{ph} = 1.6181 \times 10^{-24}\ cm^{-2} = 1.6181\ barn$$

ومنه فان قيم المقطع العرضي الفعال للامتصاص للمفعول الكهرضوئي تكون كما مبينة بالجدول (7):

الجدول (7): قيم المقطع العرضي للمفعول الكهرضوئي مقدرة بوحدة الـ barn

	الرصاص	الحديد	الألمنيوم
$E_\gamma(MeV)$	σ_{ph}	$\sigma_{ph} \times 10^{-3}$	$\sigma_{ph} \times 10^{-4}$
662	15.999	51.275	16.024
1173	2.160	6.924	2.164
1274	1.618	5.186	1.620
1332	1.381	4.426	1.383

ونبين في الشكل (8): تغيرات المقطع العرضي للمفعول الكهرضوئي.



الشكل (8): المقطع العرضي للامتصاص للمفعول الكهرضوئي بتابعية الطاقة

أما بالنسبة للمقطع العرضي لتوليد الأزواج فيحسب من العلاقة التالية [4]:

$$\sigma_{\text{pair}} = \frac{28}{9} \times \frac{z^2 \alpha^3 (\hbar c)^2}{(m_e c^2)^2} \left[\ln \frac{183}{z^{1/3}} - \frac{2}{7} \right] \qquad (13)$$

حيث إنَ:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 \hbar c}$$

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2} \times \frac{m_e c^2}{\hbar c}$$

$$\alpha = 2.81794 \times 10^{-15} \text{m} \times \frac{0.511 \text{ Mev}}{1.97 \times 10^{-11} \text{ MeV.cm}} = 7.297 \times 10^{-3}$$

ومنه يكون:

$$\sigma_{\text{pair}} = \frac{28}{9} \times \frac{82^2 \times (7.297 \times 10^{-3})^3 \times (1.97 \times 10^{-11} \text{ MeV.cm})^2}{(0.511 \text{ MeV})^2} \times \left(\ln\left(\frac{183}{Z^{1/3}}\right) - \frac{2}{7} \right)$$

$$\sigma_{\text{pair}} = 41.73 \times 10^{-24}\ cm^2 = 41.73\ barn$$

ويبين الجدول (8) قيم المقاطع العرضية الفعالة لتوليد الزوجين لأجل المواد الماصة المستخدمة.

الجدول (8): المقطع العرضي الفعال لتوليد الزوجين بوحدة الـ (barn)

المادة الماصة	Z	σ_{pair} *(barn)*
الرصاص	82	41.731
الحديد	26	4.660
الألمنيوم	13	1.235

إن معامل الامتصاص الخطي يرتبط بالمقطع العرضي الفعال حسب العلاقة (2) وبما أن المقطع العرضي الفعال للامتصاص يرتبط بطاقة أشعة غاما، فهذا يعني ارتباط معامل الامتصاص الخطي بطاقة أشعة غاما المستخدمة بعد حساب القيم النظرية للمقاطع العرضية الفعالة للامتصاص لمفعول كومبتون والمفعول الكهرضوئي ومفعول توليد الأزواج نقوم بحساب المقطع العرضي الفعال الكلي لتفاعل فوتونات أشعة غاما مع المواد الماصة حسب العلاقة (10) فلأجل الطاقة $1274\ keV$ ومادة ماصة هي الرصاص يكون المقطع العرضي الكلي:

$$\sigma = 1.618 + 7.952 + 41.731 = 51.301\ barn$$

نرتب النتائج التي تم التوصل إليها تجريبا مع النتائج النظرية لأجل كل مادة ماصة فيبين الجدول (9) قيم المقاطع العرضية الفعالة للامتصاص لتفاعل فوتونات أشعة غاما بالطاقات المستخدمة مع مادة ماصة هي الرصاص، والجدول (10) لمادة ماصة هي الحديد، أما لأجل الألمنيوم فقد تم ترتيب المقاطع العرضية للامتصاص في الجدول (11).

الجدول (9): المقاطع العرضية لتفاعل الفوتونات مع المادة الماصة وهي الرصاص بوحدة الـ barn

	σ_{th}				σ_{ex}
$E_\gamma(keV)$	σ_{ph}	$\sigma_c \times 10^{-2}$	σ_{pair}	σ_T	
1332	1.381	7.952	41.731	43.190	27.709
1274	1.618	7.952	41.731	43.428	30.330
1173	2.160	7.952	41.731	43.970	28.010
662	15.999	7.952	41.731	57.809	39.480

الجدول (10): المقاطع العرضية لتفاعل الفوتونات مع المادة الماصة وهي الحديد بوحدة الـ barn

	σ_{th}				σ_{ex}
$E_\gamma(keV)$	σ_{ph} $\times 10^{-3}$	σ_c $\times 10^{-2}$	σ_{pair}	σ_T	
1332	4.426	7.952	4.660	4.744	8.419
1274	5.186	7.952	4.660	4.745	9.032
1173	6.924	7.952	4.660	4.747	8.066
662	51.275	7.952	4.660	4.790	7.124

الجدول (11): المقاطع العرضية لتفاعل الفوتونات مع المادة الماصة وهي الألمنيوم بوحدة الـ barn

	σ_{th}				σ_{ex}
$E_\gamma(keV)$	σ_{ph} $\times 10^{-4}$	σ_c $\times 10^{-2}$	σ_{pair}	σ_T	
1332	1.383	7.952	1.235	1.314	7.881
1274	1.620	7.952	1.235	1.315	8.495
1173	2.164	7.952	1.235	1.315	7.798
662	16.024	7.952	1.235	1.316	4.197

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا العمل معايرة الأجهزة المستخدمة (كاشف، منابع)، ثم استنتاج شكل منحني معايرة الطاقة لهذا الكاشف، فوجد أنَ هذا المنحني يأخذ شكل مستقيم معادلته:

$$E = 4.595n - 16.1$$

نلاحظ تناقص عدد الجسيمات المسجلة بوساطة الكاشف مع زيادة سماكة المادة الماصة مهما كانت أشعة غاما المستخدمة، وأكدت الدراسة التجريبية في هذا العمل تناقص معامل الامتصاص الخطي بتناقص العدد الذري للمادة الماصة لأجل نفس الطاقة فالرصاص أكثر امتصاصاً من الحديد أما الألمنيوم فهو المادة الأقل امتصاصاً بين المواد المستخدمة كونه يمتلك أصغر عدد ذري.

وجدنا أيضا في هذا العمل اختلاف قيم المقطع العرضي الفعال للامتصاص المحسوب تجريبياً باختلاف الطاقة والمادة الماصة، أي أنَ المقطع العرضي الفعال لتفاعل الفوتونات مع المادة يتعلق بطاقة أشعة غاما المستخدمة والعدد الذري للمادة الماصة.

كما نجد أن معامل الامتصاص الخطي μ لأجل كل مادة ماصة يتعلق بقيمة طاقة أشعة غاما المستخدمة وهذا ما يبينه الجدول(3)، فحسب العلاقة (2) التي نعيد كتابتها : $\mu = \sigma . n$ يرتبط معامل الامتصاص الخطي بالمقطع

العرضي الفعال للامتصاص الذي يرتبط بالطاقة وهذا يؤدي لارتباط معامل الامتصاص الخطي μ بطاقة أشعة غاما المستخدمة.

ونشير إلى أن الاختلاف بين قيم المقطع العرضي للامتصاص المحسوبة تجريبياً والقيم النظرية المحسوبة من العلاقات النظرية السابقة يعود إلى قدرة فصل الكاشف الضعيفة في مجال طاقات أشعة غاما المستخدمة.

يعد هذا العمل أساسياً لفهم المقطع العرضي الفعال وعلاقته بالطاقة والعدد الذري للمادة الماصة، ونوصي باستخدام منابع مشعة تعطي فوتونات بطاقات مختلفة عن المستخدمة في هذا العمل بالإضافة لاختيار مواد ماصة بأعداد ذرية أخرى.

المراجع

[1] A. Poskus. *Attenuation of Gamma Rays*, Vilnius University, Faculty of Physics, Department of Solid State Electronics, Laboratory of Atomic and Nuclear Physics, 2012. p. Experiment No. 10, 1-13.

[2] Dr. S. Peterson, *Radiation Interaction and Detection*, Department of physics, University of Cape Town March, 2015, 24-25.

[3] M. C. Heinz, *Simulation of a photon converter for the ALICE experiment*, faculty of physics and astronomy, university of Heidelberg 2013, 3-8.

[4] D. Gupta. *Interaction of Radiation with matter*, Department of physics both institute, Kolkata, Winter school on Astroparticle physics, Wapp, 2015, 27-30.

[5] H. Hirayama. *photon interaction and cross section*, High energy Accelerator research organization, Japan, 2000, 1-5.

[6] J. H. Hubblel, *Review and history of photon cross section calculation*, Accepted for publication in Institute of physics Journal, USA, 2006, 3-6.

[7] Daniel F. Styer, *Relativistic Dynamics*, Schiffer Professor of Physics, Oberlin College, 2017.

[8] E. Fermi. *Nuclear Physics*, University of Chicago Press, 1960, (chapitre II).

[9] K. Krane, S. *Introductory Nuclear Physics*, New York, John Wiley & Sons, 1988. p. 198-204, 217-220, 392-394.

[10] G.F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement*, 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, 2000, 48-55.

[11] S. Bharat, P. Pravina. *Mass attenuation coefficient and total atomic cross section in the energy of 0.1MeV to 1.5 MeV*, International Journal of Applied Research, Vol. 2, No. 1, 2016, 52-53.

[12] P. Latha, K. Abdullah, M. Unnikrishnan, K. Varier. *Differential scattering cross section for elements with13>z>50 using 59,54 keV gamma rays*, The Royal Swedish Academy of Sciences Journal, Vol. 37, No. 4, 2012, 4-7.

[13] J. Jabbour, J. Mulhem, S. Yassin. *Study of Differential cross section for Compton scattering*, Tishreen University Journal, Vol. 35, No. 2, 2013, 61-67.