حساب معامل الامتصاص لأشعة جاما لجلد (البقر، الابل) لاستخدامه للوقاية من مخاطر الإشعاع

شافية علي الدنفرية*

هدى عبدالله شعبان

كلية العلوم – جامعة مصراتة

*s.aldenfaria@sci.misuratau.edu.ly

تاريخ الاستلام 2022.05.23 تاريخ النشر 2022.08.14

الملخص:

يقدّم البحث مساهمة في اكتشاف مواد طبيعية يمكن أن تستعمل كدروع وقائية للحماية من خطر الإشعاع، حيث قمنا بحساب معامل الامتصاص الخطي والكتلي لجلد البقر والإبل عند تعريضه لأشعة جاما عند مسافات مختلفة وبسمك عينات مختلفة باستخدام مصدر Co60، ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها بمعامل الامتصاص لعدة مواد أهمها الرصاص، كانت النتائج متقاربة لجلد البقر والرصاص لمعامل الامتصاص الخطي (μ للرصاص= 0.386292835 (cm−1)، μ لجلد البقر= 0.33650546 (cm-1)، وبينما كان معامل الامتصاص الخطي لجلد الإبل أصغر قيمة منهما، μ لجلد الإبل= 0.093441159(cm−1)).

الكلمات الدالة: جلد البقر، جلد الإبل، درع وقائي، معامل الامتصاص الخطي، أشعة جاما، Co60.

Measurement of mass and linear attenuation coefficients of gamma rays of (cow, camel) leather to be used for radiation protection

Shafya A.Aldenfaria
Huda Abdulla Shaaban
Faculty of Sciences - Misurata University

Abstract:

This research presents a contribution to the discovery of natural materials that can be used as protective shields to protect from the danger of radiation, where we calculate the linear and mass absorption coefficient of cowhide when exposed to gamma rays at different distances and thicknesses of different samples using a source of Co^{60}, and then compare the results obtained with the absorption coefficient of several materials The most important of which is lead, and the results were similar for cowhide and lead for the linear absorption coefficient. (μ for lead = 0.386292835 (cm^{-1}), μ for cowhide = 0.33650546 (cm^{-1}),and it is little to the camelhide, μ= for camelhide = 0.093441159)(cm^{-1}).

Keywords: cowhide, camelhide, protective shield, linear absorption coefficient, gamma rays, Co60.

المقدمة:

أشعة جاما هي أشعة كهرومغناطيسية وهي من أكثر أنواع الإشعاعات المؤينة قابلية على الاختراق والنفاذ للمواد حيث تستطيع اختراق سمك من الرصاص والفولاذ، ولهذا يجب اختيار نوع وسمك المادة اللازم منها لاتقاء خطر التعرض لأشعة جاما عند تخزين المصادر المشعة. ويعتمد معامل الامتصاص على نوع المادة المستخدمة في الدرع الواقي وعلى طاقة الإشعاعات. لذلك تستخدم دروع واقية حسب مقدار النشاط الإشعاعي بسبب قابلية أشعة جاما على اختراق المواد. وتستخدم الدروع للأشخاص الموجودين بجوار المصادر الإشعاعية، وتستخدم كذلك في المفاعلات لوقاية الوعاء من أشعة جاما المنبعثة من قلب المفاعل لأنها قد تتسبب في رفع درجة حرارة الوعاء وهذا النوع من الدروع يُسمّى بالدروع الحرارية[1].

عند سقوط حزمة من إشعاعات جاما على مادة ما، يمكن أن تتفاعل فوتونات الحزمة مع ذرات المادة، بصفة أساسية، من خلال آلية من ثلاث آليات، هي:

الظاهرة الكهروضوئية (The photo-electric effect).

استطارة (تشتت) كمبتون (Compton scattering-effect).

إنتاج الأزواج (Pair production).

من المعلوم أن الفوتونات لا تؤين المادة مباشرة، وذلك لكونها متعادلة الشحنة الكهربائية. تتصادم أشعة جاما مع إلكترونات المادة وتعطيها كل طاقتها (التأثير الكهروضوئي)، أو جزء منها (تأثير كومبتون)، وقد تتفاعل أشعة جاما مع المجال المغناطيسي للنواة فيتولد زوج إلكترون وبوزوترون (إنتاج الأزواج).

عند سقوط شعاع من الفوتونات على مادة ذات سمك معين X ، يتفاعل الفوتون مع أحد ذرات المادة بأي من العمليات الثلاث، وذلك بسبب امتصاص طاقته بالكامل وفناءه (خلال عمليتي التأثير الكهروضوئي أو إنتاج الأزواج) أو بسبب تشتته أو انحرافه عن مساره (تأثير كومبتون).

ويعتمد معامل الامتصاص الخطي على العدد الذري Z للمادة المتفاعلة، خاصة عند الطاقات المنخفضة، حيث تسود الظاهرة الكهروضوئية التي تعتمد على Z مرفوعة للأس 4 أو 5 ، ثم عند الطاقات العالية تسود عملية إنتاج الأزواج، أما عند الطاقات المتوسطة تسود استطارة كمبتون، وعليه فإن معامل الامتصاص الخطي μ يعتمد خطيا على العدد الذري Z [2][3].

وقد لوحظ أن التناقص الناتج في شدة الشعاع الساقط يتناسب مع سمك المادة الممتصة x ، فإذا أخذنا سمكا صغيرًا (dx) من المادة فإن النقص الناتج في شدة الشعاع عند مروره في هذا السمك هو dI وينتج أن:

$$-dI \alpha I\, dx$$

حيث: I هي شدة الشعاع النافذ من المادة .

$$-dI = I \mu\, dx$$

حيث: μ هو مقدار ثابت يطلق عليه معامل الامتصاص الخطي للمادة الممتصة.

وبإعادة ترتيب حدود المعادلة ينتج أن:

$$dI/I = - \mu\, dx$$

وبأخذ التكامل:

$$\int dI/I = -\int \mu \, dx$$
$$\ln I = -\mu x + C$$

حيث: C هو ثابت التكامل، حيث نجد أنه عندما تساوي x الصفر فإن شدة الشعاع I تساوي شدة الشعاع الساقط I_0 وينتج أن:

$$\ln I_0 = C$$
$$\ln I = -\mu x + \ln I_0$$
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

حيث أن:

I_0 : شدة أشعة جاما الابتدائية قبل لحظة دخولها للمادة (counts/minutes).

I : شدة أشعة جاما النهائية بعد لحظة خروجها من المادة (counts/minutes).

μ : هو معامل الامتصاص الخطي للمادة المستخدمة ويقاس بوحدة cm^{-1} أو m^{-1}.

x : هو سمك المادة الممتصة ويقاس بوحدة cm أو m.

$x_{1/2}$: نصف السمك ويعرف على أنه السمك اللازم لإنقاص شدة أشعة جاما الساقطة إلى نصف قيمتها الابتدائية. وهناك علاقة تربط بين μ ونصف السمك $x_{1/2}$. حيث نجد أنه باستخدام معادلة السابقة ومن تعريف $x_{1/2}$:

$$1/2\, I_0 = I_0 e^{-\mu x_{1/2}}$$
$$\ln 1/2 = -\mu x_{1/2}$$
$$\mu = 0.693 / x_{1/2}$$

ويتأثر معامل الامتصاص الخطي بالحالة الفيزيائية للوسط، يعمل معامل الامتصاص الكتلي كمؤشر لمقدار ما سيختفي من الحزمة الإشعاعية بعد عبورها لسمك معين من المادة.

وسيقدم هذا البحث تجربة ونتائج عملية لحساب معامل الامتصاص الخطي للمادة لأشعة جاما باستخدام عداد جايجر–ميلر.

μ/ρ معامل الامتصاص الكتلي ويمثل معامل الامتصاص الخطي مقسوما على كثافة المادة ρ بوحدة g/cm^3، ولذلك فإنه لا يعتمد على كثافة المادة ولا على الوضع الفيزيائي للمادة الممتصة. ويكون معامل الامتصاص الكتلي الكلي مساويا للمجموع الجبري لمعاملات الامتصاص الكتلي لأنواع التصادمات الثلاثة السابقة الذكر.

ومن خلال دراستنا للعمليات تصادم الفوتونات مع المادة يمكن ملاحظة أن هذه العمليات تعتمد إما على الكثافة الإلكترونية أو على الكثافة الذرية في المادة.

وبالنسبة لنسيج الجسم فإن الكثافة الإلكترونية تعتبر مهمة أكثر من الكثافة الذرية حيث يمكن تعريف معامل الامتصاص الخطي على أنه مقياس لاحتمالات تفاعل الفوتون لوحدة المسار داخل المادة، لتعميم الفائدة والاستخدام يمكن التعبير عن معامل الامتصاص بأساليب أخرى مثل معامل الامتصاص الكتلي أو معامل الامتصاص الالكتروني أو معامل الامتصاص الذري.

إن المواد ذات العدد الذري الكبير تفضل لصناعة الدروع الخاصة بأشعة جاما. بناءً على ذلك فإن اليورانيوم هو أفضل المواد الطبيعية المشعة المتوفرة، ولكن لأسباب هندسية واقتصادية يعتبر الرصاص المادة الأولى لتدريع أشعة جاما.

من أهم المعادلات في حسابات التدريع هو حساب سمك النصف ويعطى بالمعادلة:

$$X_{1/2}=\ln 2 \,/\, \mu$$

حيث أن: $x_{1/2}$ السمك الذي يعمل على خفض شدة الحزمة الإشعاعية إلى النصف. وفي هذه الحالة تكون $x_{1/2}$ تمثل سمك النصف لمعامل الامتصاص الخطي.

وقد استخدم معامل الامتصاص الخطي في علاقة الامتصاص الأسي لإشعاعات جاما أو الأشعة السينية، التي تعبر عن تناقص عدد الفوتونات أسيا مع زيادة سماكة المادة المتفاعلة وفقًا للعلاقة التالية:

$$N = N_0 \, e^{-\mu x}$$

حيث N_0 هو عدد الفوتونات التي تصل النقطة المحددة من المصدر المعين، في غياب الدرع. أما N فتعبر عن عدد الفوتونات التي تصل النقطة نفسها من المصدر ذاته في وجود الدرع، و x تعبر عن سماكة الدرع.

وقانون الامتصاص الأسي (أي التناقص الأسي) لعدد الفوتونات بزيادة سماكة المادة الممتصة لا يصلح إلا عند توفر شرطين أساسيين هما:

1- أن تكون حزمة الفوتونات حزمة ضيقة جدا ومتوازية ووحيدة الطاقة (أي أن لجميع الفوتونات الطاقة نفسها).

2- أن تكون سماكة مادة الامتصاص محددة للغاية (أي أن الدرع رقيق جدًّا).

أما لحساب معدل الجرعة الفعالة E ، الناتج في نقطة معينة بعد مرور الحزمة خلال الدرع، فانه يجب استخدام المعامل الكتلي لامتصاص الطاقة، وليس معامل الامتصاص الخطي μ. بذلك تكون العلاقة بين معدل الجرعة E في وجود الدرع الذي تبلغ سماكته x بين المصدر والنقطة المعنية، وبين معدل الجرعة E_0 في حالة عدم وجود ذلك الدرع في النقطة نفسها هي:

$$E = E_0 e^{-(\mu/\rho) x}$$

ووفقًا لهذه العلاقة الأسية الأخيرة فإنه إذا طلب على سبيل المثال خفض معدل جرعة ناتجة عن مصدر كوبلت 60 في نقطة معينة بمقدار 16 ضعفًا، باستخدام عنصر الرصاص الذي يبلغ سمكه النصفي لأشعة جاما من هذا النظير 1.25 سم، فإنه يلزم استخدام عدد من الطبقات السمك النصفي يبلغ 4 طبقات (لأن $16=2^4$) وبذلك تكون سماكة الرصاص المطلوبة هي:

$$4 * 1.25 = 5\text{سم}$$

وأما إذا طلب خفض معدل الجرعة بمقدار 1024 مرة، فيكون عدد طبقات السمك النصفي المطلوب هو ($2^{10} = 1024$) أي 10 طبقات، وتكون سماكة الرصاص اللازم عندئذ هي:

$$10 * 1.25 = 12.5\text{سم}$$

وأما في جميع الحالات التي تكون فيها حزمة الفوتونات واسعة أو غير متوازية أو تكون سماكة الدرع كبيرة نسبيا، تصبح العلاقتين السابقتين غير صالحتين للتطبيق بسبب ما يعرف باسم التراكم (Build –up factor)[4].

وينبغي الإشارة إلى أن السمك الكافي لخفض معدل الجرعة في النقطة المعنية للقيمة اللازمة تعتمد اعتمادًا أساسيًّا على النشاط الإشعاعي للمصدر المشع فزيادة النشاط الإشعاعي للمصدر ستلزم زيادة سماكة الدرع لخفض معدل الجرعة الخارجة للمقدار المطلوب، الجدول (1) يوضح معاملات الامتصاص الخطية لأشعة جاما عند طاقات مختلفة لعدة مواد.

جدول (1) يبين معاملات الامتصاص الخطي لأشعة جاما في المواد المختلفة[5]

E(MeV)	ماء	خرسانة	ألمنيوم	حديد	رصاص
0.5	0.096	0.204	0.227	0.651	1.64
1.0	0.070	0.149	0.166	0.468	0.776
1.5	0.057	0.121	0.135	0.381	0.581
2.0	0.049	0.105	0.117	0.333	0.518
3.0	0.039	0.085	0.095	0.284	0.477
4.0	0.033	0.074	0.083	0.259	0.476
5.0	0.030	0.067	0.076	0.246	0.483
8.0	0.024	0.057	0.065	0.232	0.520
10.0	0.021	0.053	0.061	0.231	0.554

قام Najam [6] وآخرون بقياس معامل الامتصاص أشعة جاما للـ Granite لاستخدامه في الدروع الوقائية، كما قام Elif Ebru ERMIS وآخرون[7] بقياس معامل الامتصاص الخطي والكتلي لأشعة جاما نظريا باستخدام (the FLUKA Monte Carlo (MC) and XCOM programs) وذلك لعدة عناصر مشعة من بينها CO^{60} ولعدة مواد من بينها الالومنيوم والرصاص، كما قام Pravina P.Pawar وآخرون[8] بقياس معامل الامتصاص الخطي والكتلي لأشعة جاما للألومنيوم، حيث استخدموا نفس المعادلات التي تقدم وصفها سابقًا وتحصلوا على نتائج متقاربة، وتتميز هذه الدراسة عن مجموع هذه الدراسات باستخدام مادة طبيعية للوقاية من خطر الإشعاع.

الجزء العملي:

المواد وطرق البحث:

تم إجراء الجانب العملي من هذه الدراسة في معمل الفيزياء النووية بقسم الفيزياء كلية العلوم جامعة مصراته، باستخدام جهاز عداد جايجر مولر صنع الشركة الألمانية (فيوي PHYWE) والمصدر المشع(CO^{60}) انظر الشكل (1)، حيث يتكون الجهاز من أنبوبة عداد جايجر موصلة

بجهاز العداد لإظهار قراءات العد لشدة أشعة جاما، مثبت على قاعدة بلاستيكية يقابلها حامل بلاستيكي يثبت عليه العنصر المشع ويوجد مجرى في القاعدة البلاستيكية بين الأنبوبة وقاعدة العنصر المشع حيث يتم فيها تثبيت شريحة المادة المراد استخدامها لحساب معامل الامتصاص.

الشكل (1) يبين منظومة عداد جايجر مولر وحساب الخلفية الإشعاعية قبل وضع العينات

تم تجفيف وإعداد عينات الجلد (جلد البقر والإبل) في الشمس باستخدام ملح الطعام وقياس السمك والوزن لكل عينة، وقمنا بإعداد عينات الجلد (الإبل والبقر) على شكل شرائح مستطيلة الشكل وقياس سمك وكتلة كل شريحة وكتابة البيانات على كل عينة، ثم إيجاد كثافة الجلد (البقر والإبل) لاستخدامها في ايجاد معامل الامتصاص الكتلي، انظر الشكل (2).

الشكل (2) يبين عينات جلد البقر بسمك مختلف لكل عينة بعد التجفيف

النتائج والمناقشة:

تم في هذه الدراسة استخدام عينات من عدة مواد متوفرة لدينا هي (البلاستك، الألومنيوم، الرصاص، جلد البقر، جلد الإبل) وذلك لغرض المقارنة بينها.

بداية قمنا بحساب الخلفية الإشعاعية للمكان باستخدام عداد جايجر مولر قبل وضع عينات المواد المستخدمة وكانت (12.5counts/minutes)، انظر شكل (1).

بتثبيت عينات المواد عند مسافة ثابتة في كل مرة وتغيير السمك لكل نوع مادة مستخدمة ثم إجراء الحسابات بالتعويض في معادلة معامل الامتصاص الخطي والكتلي تحصلنا على معاملات الامتصاص الخطي والكتلي وسمك النصف اللازم لكل مادة انظر جدول (2) و(3).

جدول (2) يبين معاملات الامتصاص الخطي والكتلي لأشعة جاما وسمك النصف لكل عينة

نوع العينة	معامل الامتصاص الخطي $\mu(cm^{-1})$	معامل الامتصاص الكتلي $\mu/\rho(m^2/kg)$	سمك النصف $x_{1/2}(cm)$
الألومنيوم	0.0796	$2.996*10^{-6}$	8.713
البلاستك	0.366	$3.045*10^{-5}$	1.895
الرصاص	0.386	$3.501*10^{-6}$	1.794
جلد بقر	0.337	$2.74*10^{-5}$	2.0598
جلد الإبل	0.093	$8.700*10^{-6}$	7.418

جدول (3) يبين التباين والانحراف المعياري لمعامل الامتصاص الخطي والكتلي للعينات

المقياس	معامل الامتصاص الخطي	معامل الامتصاص الكتلي
التباين	0.046932	$141.543*10^{-12}$
الانحراف المعياري	0.216637	$11.897*10^{-6}$

تشير النتائج في الجدول إلى أن معامل الامتصاص الخطي والكتلي لجلد البقر كان أفضل وأكثر مقاربة لمعامل الامتصاص الخطي للرصاص منه لجلد الإبل، وأظهرت النتائج أيضًا أن سمك النصف لجلد البقر هو الأقرب لسمك النصف للرصاص كما مبين بالجدول (2).

كما تتفق نتائجنا مع نتائج الدراسات السابقة لـ [6][7][8][9] لمعاملات الامتصاص الخطي والكتلي للألومنيوم والرصاص، والتي تشير إلى انخفاض قيمة معامل الامتصاص عند زيادة طاقة الإشعاع كما هو متوقع وذلك بشكل أسي.

ونجد من هذه الدراسة إمكانية استخدام جلد البقر في تصنيع سترة أو درع واقي يرتديه العاملين في مكان التلوث أو التعرض الإشعاعي لوقايتهم من مخاطر الإشعاع، حيث تم تصنيع

درع (سترة) وقائية كعينة أولى كناتج لهذا البحث. كما نوصي بإجراء التحليل الكيميائي للنسب الوزنية للعناصر للجلد لمعرفة التفسير العلمي لقيمة معامل الامتصاص العالية.

المصادر والمراجع

1-معن صفاء العارف، فيزياء وبيولوجيا الوقاية من الإشعاع، دار اليازوردي العلمية للنشر والتوزيع، الأردن، 2006م.

2- Shapiro, J, "Radiation Protection a Guide for scientists and Physicians". President and fellows of Harvard College U.S.A, 1981.

3-موسي الجنابي، مبادئ العلوم النووية، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد – العراق، 1990م.

4-محمد فاروق وأحمد السريع، مبادئ الإشعاعات والوقاية منها، اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاع – جامعة الملك سعود، السعودية، 2007م.

5-هشام الخطيب، مبادئ الإشعاع والوقاية الإشعاعية (الطبعة العربية)، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، الأردن، 2005م.

6- Pravina P.Pawar, Measurement of mass and linear attenuation coefficients of gamma rays of Al for 514, 662 and 1280 keV photons, J. Chem. Pharm. Res., 2011, 3(4): 899-903

7- Elif Ebru ERMIS, Ercan PILICER , Cuneyt CELIKTAS, A theoretical way to determine gamma-ray mass attenuation coefficients of materials, Turkish Journal of Physics, p.1- 23.

8- Najam, L.A., Hashim, A.K., Ahmed, H.A. and Hassan, I.M. (2016) Study the Attenuation Coefficient of Granite to Use It as Shields against Gamma Ray. *Detection*, 4, 33-39. http://dx.doi.org/10.4236/detection.2016.42005.

9- Hiwa Mohammad Qadr, calculation of gamma-ray attenuation parameters for Aluminum, Iron, Zirconium, and Tungsten, Problems of Atomic Science and Technology, 2020, N5(129) .Series: Nuclear Physics Investigations (74), p.60-65.