------مجلة علوم الرافدين، المجلد 25، العدد 3، ص75-85، 2014------

دراسة معامل التوهين الخطي والكتلي لأشعة كاما لبعض مواد البناء المستخدمة في العراق

إسراء محمد حسن **ليث أحمد نجم**
قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة الموصل

(أُستُلِم 2/ 9 / 2013 ؛ قُبِل 28 / 10 / 2013)

الملخص

أُستخدمت في هذا البحث فوتونات أشعة كاما المنبعثة من المصادر المشعة (^{133}Ba , ^{137}Cs, ^{60}Co) بطاقات keV (81, 356, 662 ,1173 ,1332) على التوالي لدراسة معاملات التوهين الخطية والكتلية لمواد مختلفة من مواد البناء باستخدام منظومة قياس أشعة كاما UCS-20 المرتبطة بكاشف ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم ((NaI(Tl))، و يعبر عن التناقص في شدة هذه الفوتونات عندما تمر في مادة الهدف بقراءة الكاشف ألوميضي وفي ضوء النتائج التي حصل عليها أمكن قياس معاملات التوهين الخطية والكتلية لما لهذه المعاملات من أهمية كبيرة في دراسة تأثير هذه الأشعة على المادة وحسابات الجرعة الإشعاعية وتحقيق المستوى الآمن للتعرض الإشعاعي ومنع الخطر الناتج من التعرض للإشعاع من خلال تصميم الدروع المناسبة، كما تم دراسة التركيب الكيميائي للمواد قيد الدراسة باستخدام تقنية فلورة الأشعة السينية (XRF) بواسطة جهاز (XRF) وأدخلت النتائج في برنامج (XCOM) لمقارنة قيم معاملات التوهين. وتبين النتائج أن الكرانيت هو من أفضل مواد البناء لاستخدامه في التدريع ضد أشعة كاما في حين يظهر الثرمستون اقل قدرة على التوهين بسبب كثافته الواطئة جدا وقلة تركيز العناصر ذات العدد الذري الكبير لهذه المادة.

الكلمات الدالة: أشعة كاما، معامل التوهين (الخطي والكتلي)، مواد البناء، كاشف أيوديد الصوديوم، الدروع.

Studying the Linear and the Mass Attenuation Coefficient of Gamma Rays for Certain Building Materials used in Iraq

Isra' a M. Hassan **Laith A. Najim**
Department of Physics/ College of Sciences/ University of Mosul

ABSTRACT

In this research, the photons of gamma rays emitted from radioactive sources (^{133}Ba, ^{137}Cs,^{60}Co) at energies (81, 356, 662, 1173, 1332) keV respectively have been used to examine the linear and the mass attenuation coefficient of different construction materials using gamma spectrometer UCS-20 which is connected with sodium Iodide activated thallium detector (NaI(Tl)) to express the decrease in the intensity of these photons when they pass through the targeted material by scintillation detector reading. According to the results obtained, it becomes possible to measure the two types of attenuation coefficients, the linear and the mass, as these coefficients are of great importance in studying the impact of these rays on the material and the accounts of the radiation dose in order to achieve the level of security against exposure to radiation and to prevent the dangers resulting from that exposure by designing suitable shields. The chemical composition of the material under discussion has also been studied using the technique of X-rays fluorescence (XRF) by (XRF) device and the results were put in the program (XCOM) to compare the values of attenuation coefficients. Results have shown that (Granite) is one of the best building materials to be used in shielding against gamma rays, whereas the (Thermostone) showed less ability to attenuation because of its too low density and the little concentration of elements of high atomic number of this Material.

Keywords: Gamma Rays, Attenuation Coefficient (Linear and Mass), Building Materials, Sodium Iodide Detector, Radiation Shielding.

المقدمة

من المتعارف عليه أن كل منفعة يمكن أن تعود على الإنسان من جراء استخدام الأشعة المؤينة أو التعرض لها تقام على ضوء الضرر الذي ينتج عنها مما تدفع بالجنس البشري إلى اتخاذ موقف سلبي من جميع التطبيقات النووية وحتى السلمية منها اذ يتعرض كل ما هو موجود على سطح الأرض لتأثير الإشعاعات المؤينة، كالأشعة الكونية والمواد المشعة الموجودة في باطن الأرض أو المصادر الصناعية المستخدمة للإغراض الطبية وغيرها إلا أنه يستطيع بدراسة مكثفة لنتائج التجارب النووية أن يقال من هذه الإضرار بحيث تتساوى مع الإضرار الناتجة عن أية عملية تكنولوجية أو صناعية أخرى .فهناك العديد من الطرق للسيطرة على التعرض الخارجي للإشعاع وتقليله للحد الأدنى ولاسيما طريقة الأغلفة أو الدروع الواقية لكونها تؤدي فعلا إلى مستويات عملية أمينة، وعلى الرغم من وجود مواد مختلفة تستخدم للتدريع ضد أشعة كاما ألا أن الرصاص يأتي في المقدمة بما يملكه من قوة حجز عالية تساعد على تقليل سماكة الدروع المصنعة منه، ولكن بسبب اتساع المساحات المطلوب حمايتها وخاصة عند تصميم الدروع الواقية من أشعة كاما في المستشفيات والعيادات والمنشآت النووية فأن استخدام الرصاص يصبح مكلفاً ولذلك يتم استخدام الخرسانة ومواد البناء الأخرى في زيادة سمك الجدران الواقية (الأحمد، 1993).

لذلك توالت البحوث والدراسات لتصميم الدروع الواقية من أشعة كاما بما تملكه من قدرة اختراق عالية وذلك بمعرفة معاملا ت التوهين لكل مادة وبيان قابليتها على حجب هذه الأشعة إذ تم حساب معامل التوهين لأشعة كاما بطاقات keV (295.2, 351.9, 583.1, 609.3, 911.1, 1460.8) في بعض مواد البناء المستخدمة في الأردن كالسيراميك والمرمر والكرانيت و الطابوق و الكونكريت وحجر الكلس من قبل الباحثان (Awadallah and Imran, 2007). ووجدوا ان من بين العينات المختارة الكرانيت هو أفضل درع واقي من الإشعاع بمعامل توهين خطي ($29.2 \pm 0.9\ m^{-1}$) عند طاقة (295.2keV) لأشعة كاما.

كما قام الباحثون (Mortazavi *et al*., 2010) باستعمال عينات مختلفة من الكونكريت بعد معاملتها بمعادن عالية الكثافة (colemanite and galena) كدرع من الفوتونات عالية الطاقة باستخدام حزمة من أشعة كاما المنبعثة من ^{60}Co وتم في هذا البحث إنتاج دروع فعالة واقتصادية من أشعة كاما في غرف الأشعة الذرية عالية الطاقة ومصانع القدرة النووية. كما درس كل من (Cevik *et al*., 2010) الإشعاع الطبيعي ومعامل التوهين الكتلي لـ 107 عينة مرمر مختلفة ووجدوا ان القيم العملية تتفق مع القيم النظرية. وقام الباحثون (Akkurt *et al*., 2010) بدراسة معامل التوهين الخطي لعينات من الكونكريت المحتوية على الزيوليت بتراكيز مختلفة (0%, 10%, 30%, 50%) اذ لوحظ أن معامل التوهين الخطي يتناقص مع زيادة تركيز الزيوليت، واستنتجوا أن الزيوليت هو غير ملائم لاستعماله كدرع واقي من الإشعاع. كما تمت مقارنة الدرع المصنوع من (Amethyst ore) مع الدرع المصنوع من الكونكريت من قبل الباحثين (korkt *et al*., 2011) وتبين ان درع (Amethyst ore) اكثر امتصاصية لأشعة كاما من الكونكريت عند نفس طاقة أشعة كاما. كما قام الباحثون (Damla *et al*., 2012) بدراسة معاملات توهين أشعة كاما عملياً و نظرياً في عدد المواد مثل الرمل، الاسمنت، الطابوق، القرميد، وغيرها من مواد البناء المستعملة في تركيا، عند مدى طاقة أشعة كاما keV (81-1332) وتبين أن الاسمنت هو أفضل درع واقي من الإشعاع بمعامل توهين كتلي ($0.252cm^2/g$) عند طاقة الفوتونات keV (81).

اما البحث الحالي فيهدف إلى دراسة معاملات التوهين الخطية والكتلية لأشعة كاما عملياً باستخدام مطيافية أشعة كاما (UCS-20) وحسابياً ببرنامج (XCOM) (Berger and Hubbell, 1987) لبعض مواد البناء شائعة الاستعمال كالكرانيت، المرمر، البورسلين، الاسمنت، الكونكريت، الثرمستون، الجبس، الطابوق، P.V.C، ومقارنتها بالرصاص لما له من قدرة حجب عالية لهذا النوع من الأشعة كما يهدف لدراسة التركيب الكيميائي للمواد بتقنية (XRF)، والحصول على منحنيات معاملات التوهين الخطية والكتلية مع الطاقة وعلاقة هذه المعاملات مع الكثافة.

الجزء النظري

عند سقوط حزمة متوازية من أشعة كاما على المادة الممتصة يخرج الفوتون الذي يتفاعل مع احد ذرات المادة بأي من العمليات الثلاث من الحزمة وذلك بسبب امتصاص طاقته بالكامل وفنائه (خلال عمليتي التأثير الكهروضوئي او إنتاج الزوج) أو بسبب تشتته أو انحرافه عن مساره (تأثير كومبتون). لذلك تكتب معادلة التوهين :

$I=I_0\exp(-\mu x)$ ....(1)

I_0: شدة الأشعة الساقطة على المادة.

I: شدة الأشعة التي اخترقت سمكا من المادة قدره x ولا تشمل أية إشعاعات ثانوية قد تنتج بسبب التفاعل داخل هذا السمك (محمد وغالب، 2008). اذا كانت ($I < I_0$) فأن الحزمة عانت تناقصا أسياً مقداره (μ) في شدتها مع طول المسافة، وعليه فأن (μ) يمكن أن يحسب من العلاقة (1) لتكون بالشكل الآتي:

$\mu= \ln A/x$ ....(2)

A : تمثل (I_0/ I) (Profio, 1979).

أما إذا لم يكن هناك ترتيب هندسي جيد فعند سقوط أشعة كاما على درع بسمك معين فأن المصدر يصدر اشعاعاته في جميع الاتجاهات .

$I=I_0 B \exp(-\mu x)$ ...... (3)

B: عامل التراكم

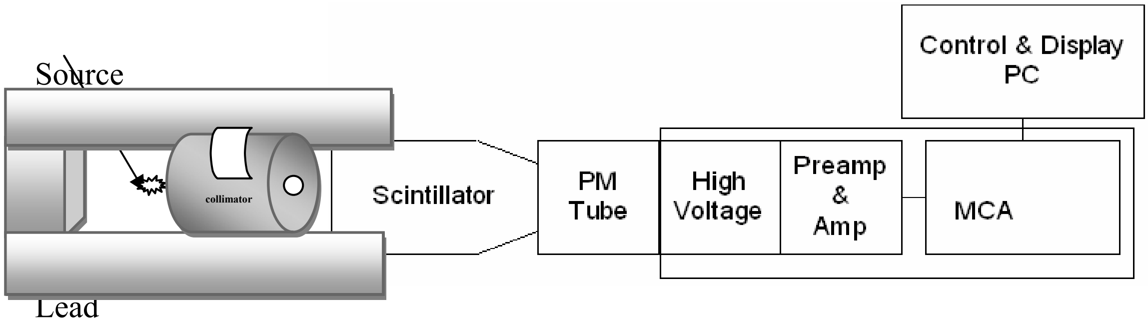
فللتخلص من عامل التراكم ولتحقيق قانون التوهين الاسي في المعادلة (1) يجب أن تستعمل حزمة ضيقة من أشعة كاما باستعمال المسدد، ويرتبط معامل التوهين الخطي (μ) بعدد الذرات الموجودة في $1cm^3$ (n) من المادة الممتصة وبالمقطع العرضي الكلي $\sigma_{(E)}$ لتفاعل الفوتونات مع المادة.

$\mu_{(E)} = n\, \sigma_{(E)}$ .... (4)

أي أن معامل التوهين الخطي عبارة عن حاصل ضرب عدد الذرات (n) في $1cm^3$ من المادة في المقطع العرضي الكلي للتفاعل $\sigma_{(E)}$ عند طاقة فوتون معينة E.

الجزء العملي

استخدمت مصادر أشعة كاما (^{133}Ba , ^{137}Cs ,^{60}Co) ومنظومة قياس أشعة كاما (UCS-20) المرتبطة مع الكاشف ألوميضي NaI(Tl) والموضحة في الشكل (1) تتكون هذه المنظومة من مضخم ابتدائي ومضخم رئيسي ومجهز للفولتية ومحلل متعدد القنوات وترتبط هذه المنظومة بجهاز حاسوب لغرض تشغيلها وقراءة قياساتها وتحليل النتائج. تم الحصول على حزمة ضيقة من أشعة كاما وذلك باستخدام مسدد من الرصاص اسطواني الشكل ارتفاعه 7 cm وقطره 5 cm ويحتوي على فتحة قطرها 3.5 mm تمر من خلالها الأشعة القادمة من المصدر المشع.



الشكل1: مخطط المنظومة الالكترونية الخاصة لقياسات التوهين

النتائج والمنافشة

أجريت قياسات معاملات التوهين الخطية والكتلية عملياً باستخدام منظومة أشعة كاما (UCS-20) والجـداول (1)، (2) توضح نتائج هذه المعاملات ونلاحظ عند قيمة طاقة الفوتونات (662keV) أن أعلى واقل معامل توهين خطي لمواد البناء قيد الدراسة كان للكرانيـت($0.218\pm0.0088cm^{-1}$) والثرمـستون ($0.041\pm0.015cm^{-1}$) واللـذان يملكـان أعلـى وأوطـأ كثافـة ($2.69g/cm^3$) و($0.42g/cm^3$) أما معامل التوهين الكتلي فلا يتأثر بالكثافة، كما تم حساب معاملات التـوهين باسـتخدام برنـامج (XCOM) كما مبينة في الجداول (3) و(4) نلاحظ عند مقارنة القيم العملية والقيم المحسوبة ببرنامج (XCOM) وجود توافق بين هذه القيم وبالأخص عند الطاقات العالية. كما يبين الجدول (5) نتائج التحليل الكيميائي للمواد باسـتخدام تقنيـة (XRF)، فالمواد ذات العدد الذري الأكبر هي الأكثر كفاءة في توهين أشعة كاما وهذا يتفق مع (قمصان، 1995). اذ تبـين مـن خـلال الدراسة الحالية ان معاملات التوهين تعتمد على كثافة المادة وعلى العدد الذري لعناصرها لذلك يفضل الرصاص في التـدريع ضد أشعة كاما لكثافته العالية وعدده الذري الكبير.

الجدول 1: نتائج معاملات التوهين الخطية (($\mu(cm^{-1}$ لطاقات مختلفة من أشعة كاما عمليا

ت	العينات	81 (keV)	356 (keV)	662 (keV)	1173 (keV)	1332 (keV)
1	كرانيت تركي ابيض	0.387±0.013	0.253±0.017	0.218±0.0088	0.130±0.011	0.125±0.020
2	مرمر تركي اسود	0.427±0.0092	0.233±0.0078	0.196±0.0070	0.127±0.015	0.121 ±0.018
3	كونكريت	0.476±0.011	0.190±0.0057	0.166±0.0081	0.103±0.0057	0.109±0.0099
4	سيراميك ايطالي ازرق	0.294±0.0064	0.199±0.0042	0.169±0.0065	0.115±0.012	0.112±0.014
5	بورسلين صيني	0.388±0.0049	0.210±0.0042	0.175±0.0064	0.116±0.021	0.115±0.020
6	ثرمستون تركي	0.098±0.00071	0.044±0.012	0.041±0.015	0.023±0.0031	0.020±0.010
7	طابوق عراقي	0.469±0.013	0.210±0.0049	0.159±0.0050	0.102±0.011	0.100±0.0060
8	جبس عراقي	0.217±0.0085	0.095±0.0042	0.075±0.0042	0.054±0.0079	0.051±0.010
9	PVC تركي	0.327±0.0049	0.147±0.0064	0.110±0.0035	0.078±0.0065	0.071±0.013
10	رصاص	0.537±0.057	1.077±0.046	1.04±0.079	0.729±0.057	0.695±0.095

الجدول 2: نتائج معاملات التوهين الكتلية ($\mu/\rho(cm^2/g)$) المحسوبة عمليا

ت	العينات	81 (keV)	356 (keV)	662 (keV)	1173 (keV)	1332 (keV)
1	كرانيت تركي ابيض	0.143±0.0048	0.094±0.0063	0.081±0.0032	0.048±0.0043	0.044±0.0074
2	مرمر تركي اسود	0.168±0.0034	0.089±0.0031	0.077±0.0028	0.050±0.0061	0.047±0.0071
3	كونكريت	0.223±0.0053	0.089±0.0027	0.077±0.0038	0.048±0.0027	0.051±0.0046
4	سيراميك ايطالي ازرق	0.124±0.0027	0.083±0.0018	0.071±0.0027	0.048±0.0050	0.047±0.0061
5	بور سلين صيني	0.163±0.0030	0.088±0.0042	0.073±0.0027	0.048±0.0091	0.048±0.0085
6	ثرمستون تركي	0.233±0.0168	0.108±0.028	0.097±0.037	0.054±0.0074	0.047±0.025
7	طابوق عراقي	0.238±0.0068	0.108±0.0025	0.080±0.0025	0.051±0.0059	0.050±0.0030
8	جبس عراقي	0.230±0.0090	0.101±0.0045	0.079±0.0037	0.057±0.0084	0.054±0.011
9	Pvc تركي صلد	0.236±0.0036	0.106±0.0046	0.079±0.0025	0.056±0.0047	0.051±0.0095
10	رصاص	0.095±0.0051	0.095±0.0041	0.091±0.0070	0.064±0.0050	0.061±0.0084

الجدول 3: نتائج معامل التوهين الخطي ($\mu(cm^{-1}$)) المحسوبة ببرنامج XCOM

ت	العينات	السمك (سم)	81 (keV)	356 (keV)	662 (keV)	1173 (keV)	1332 (keV)
1	كرانيت تركي ابيض	1.862	0.661	0.266	0.203	0.154	0.145
2	مرمر ايطالي رمادي	1.750	1.15	0.256	0.194	0.145	0.138
3	كونكريت	1.83	0.607	0.215	0.163	0.124	0.116
4	سيراميك ايطالي ازرق	0.914	2.74	0.260	0.175	0.132	0.123
5	بور سلين صيني	0.894	0.537	0.238	0.180	0.138	0.128
6	ثرمستون تركي	2	0.099	0.042	0.032	0.024	0.023
7	طابوق عراقي	1.983	0.484	0.197	0.149	0.112	0.106
8	جبس عراقي	1.914	0.240	0.094	0.071	0.054	0.051
9	pvcتركي	2	0.356	0.135	0.102	0.077	0.073
10	رصاص	2	26.51	3.25	1.24	0.691	0.634

الجدول 4: نتائج معاملات التوهين الكتلية ($\mu/\rho(cm^2/g$) المحسوبة ببرنامج XCOM.

ت	العينات	الكثافة (g/cm^3)	81 (keV)	356 (keV)	662 (keV)	1173 (keV)	1332 (keV)
1	كرانيت تركي ابيض	2.69	0.246	0.099	0.075	0.057	0.053
2	مرمر تركي اسود	2.53	0.253	0.100	0.0764	0.058	0.054
3	كونكريت	2.13	0.285	0.101	0.0766	0.0584	0.0547
4	سيراميك ايطالي ازرق	2.37	1.16	0.110	0.0745	0.055	0.052
5	بور سلين صيني	2.38	0.226	0.100	0.076	0.058	0.054
6	ثرمستون تركي	0.42	0.236	0.100	0.076	0.058	0.054
7	طابوق عراقي	1.97	0.248	0.100	0.076	0.057	0.054
8	جبس عراقي	0.94	0.256	0.100	0.0766	0.0581	0.0545
9	PVCتركي صلد	1.38	0.258	0.098	0.074	0.056	0.053
10	رصاص	11.33	2.34	0.287	0.110	0.061	0.056

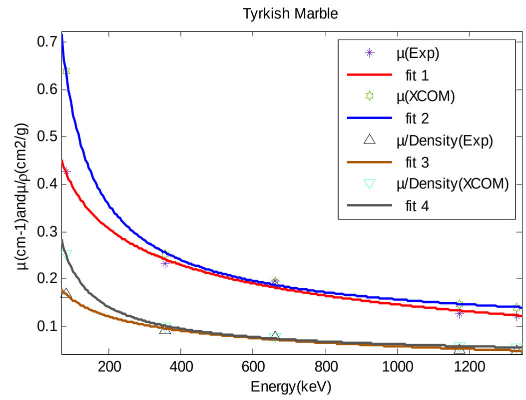
الجدول 5: التركيب الكيميائي بالنسب المئوية للمواد قيد الدراسة

(٪)Mo	(٪)Nb	Zr (٪)	Zn (٪)	Cu (٪)	(٪)Co	(٪)Fe	Mn (٪)	(٪)Cr	(٪)V	(٪)Ti	(٪)Si	CaO (٪)	(٪)A l	Mg (٪)	
_	_	_	_	_	_	0.755	_	_	_	0.6189	_	43.22	55.41	_	ل
_	_	_	_	_	_	0.516	_	_	_	_	35.44	43.19	20.73	0.0965	
_	_	_	_	_	0.555	3.327	0.0111	0.0296	_	0.3812	25.24	62.99	7.47	_	
19.1	_	_	11	0.13	4.66	_	_	4.2	_	_	_	_	_	_	
0.120			_	_	_	0.712	0.0060	_	_	0.6525	48.51	39.58	10.51	_	
_	_	_	_	_	0.3829	2.091	_	_	_	0.3829	48.90	41.08	7.129	_	
_	_	_	_	_	1.26	8.55	_	0.14	0.03	1.1	69.1	_	16.9	2.84	
_	_	0.211	_	_	_	0.635	_	_	_	1.235	32.63	41.19	24.17	_	
_	_	_	0.68	_	_	_	_	_	_	24.8	31.1	_	43.4	_	

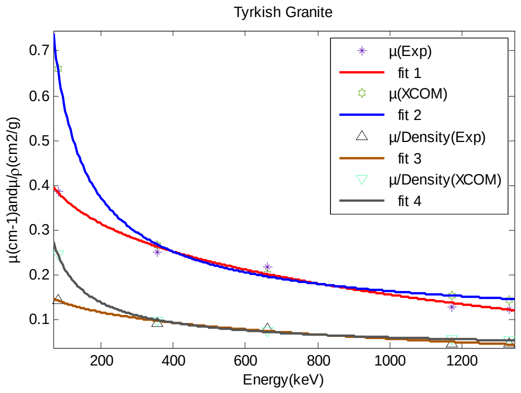
كما تم الحصول على مقارنة لمنحنيات معاملات التوهين الخطية والكتلية المحسوبة عمليا و المحسوبة ببرنامج (XCOM) مع طاقة فوتونات أشعة كاما حيث استنتجت علاقة موائمة اسية كما مبينة في المعادلة الاتية:

$$y = a \times X^{b} + c \quad ....(5)$$

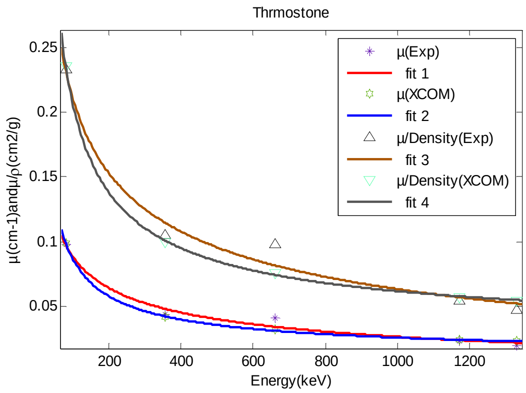
حيث قيمة (R^2) لكل عملية مواءمة تتذبذب حول (0.9995).



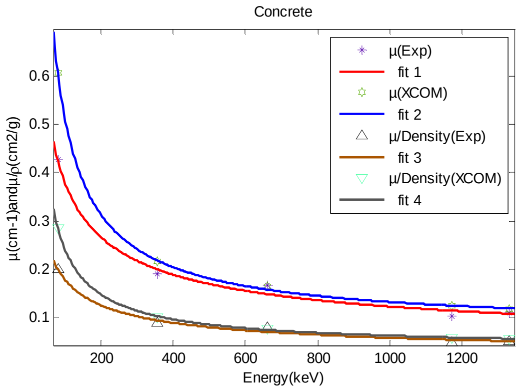
(أ)



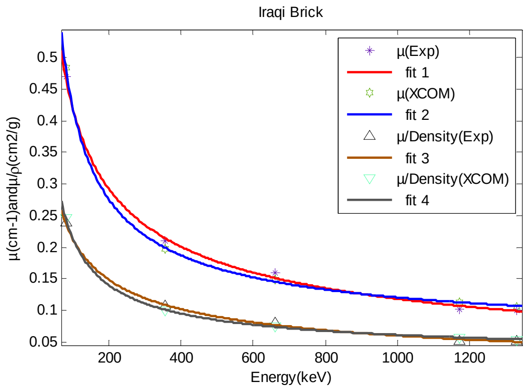
(ب)



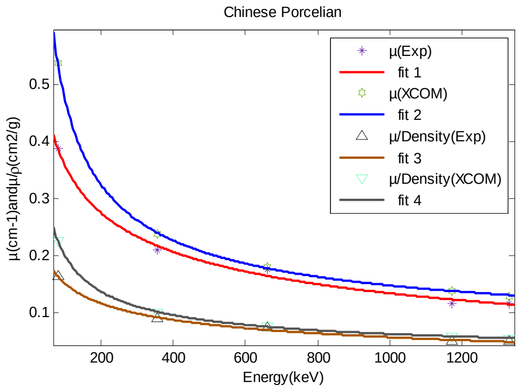
(ج)



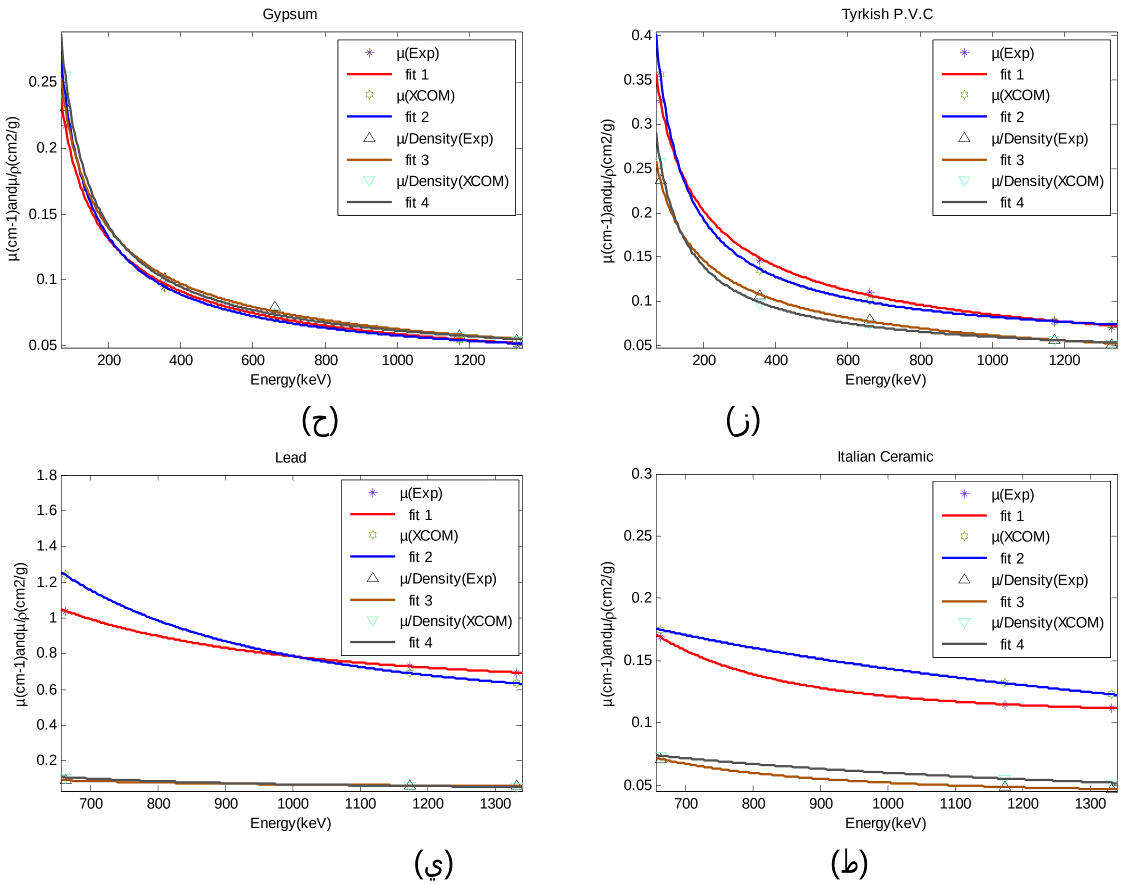
(د)



(هـ)



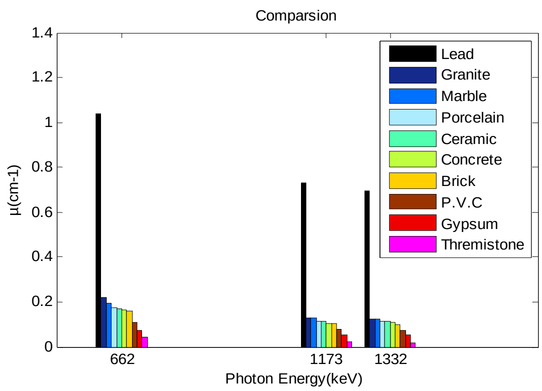
(و)



الشكل 2: منحنيات العلاقة بين معاملات التوهين الخطية والكتلية مع طاقة الفوتون.

نلاحظ من المنحنيات في الشكل (2) ان معاملات التوهين الخطية والكتلية تتناقص مع زيادة طاقة الفوتونات الساقطة اذ تعتمد معاملات التوهين للتأثير الكهروضوئي (μ_{ph}) و تأثير كومبتون (μ_c) وتأثير إنتاج الزوج (μ_p) اعتمادا كبيرا على طاقة الفوتونات الساقطة ففي طاقة الفوتونات المنخفضة يشكل التأثير الكهروضوئي الوسيلة الرئيسة حيث يكون معامل التوهين الخطي لتأثير كومبتن اقل من معامل التوهين الخطي للتأثير الكهروضوئي وعند زيادة الطاقة ينخفض معامل التوهين للتأثير الكهروضوئي انخفاضا سريعا بصورة تكاد تكون اسية، في حين يكون انخفاض معامل التوهين الخطي لتأثير كومبتن بطيئا، أما إنتاج الزوج فلا يحدث إطلاقا إلا إذا كانت الطاقة أعلى من (1.022MeV) (احمد، 1989) لوحظ بوجود توافق بين نتائج العملي ونتائج البرنامج العالمي (XCOM) ولاسيما عند الطاقات العالية اما الفرق الملحوظ عند الطاقات الواطئة للعينات ماعدا (الثرمستون، الطابوق العراقي، الجبس، الـ P.V.C التركي) لان الظاهرة الكهروضوئية لا تحدث وحدها وإنما يصاحبها تشتت كومبتون وهو عبارة عن تصادم فوتونات أشعة كاما والإلكترونات الحرة في بلورة الكاشف وفيها تعطي كاما بعض من طاقتها إلى الإلكترونات، وتعتمد قيمة هذه الطاقة المعطاة على زاوية التصادم (مايرهوف، 1982) فعندما تكون طاقة الفوتونات صغيرة يكون احتمال الانبعاث الكهروضوئي اكبر ما يكون في اتجاه عمودي على اتجاه السقوط وبزيادة طاقة الفوتونات يزداد احتمال انطلاق الالكترونات مكونا زاوية اقل من (90^0) بالنسبة لاتجاه السقوط وعند الطاقات العالية يكون انطلاق الالكترونات اقرب ما يكون في اتجاه قريب لاتجاه السقوط لكن لا يتجه الإلكترون الكهروضوئي إطلاقا باتجاه سقوط الفوتون بسبب قانون بقاء الزخم (احمد، 1989) اي أن الفوتونات تنحرف عن مسارها الهندسي في الطاقات الواطئة التي تتفق مع نتائج الباحث (Medhet, 2009) والباحث (Pleitt, 2012) والباحث (Dickson, 2013) كما لوحظ عدم التوافق في الطاقات الواطئة من قبل الباحث (Crewson, 2013)، أما العينات التي أظهرت توافقاً جيداً لمعامل التوهين الخطي في الطاقات

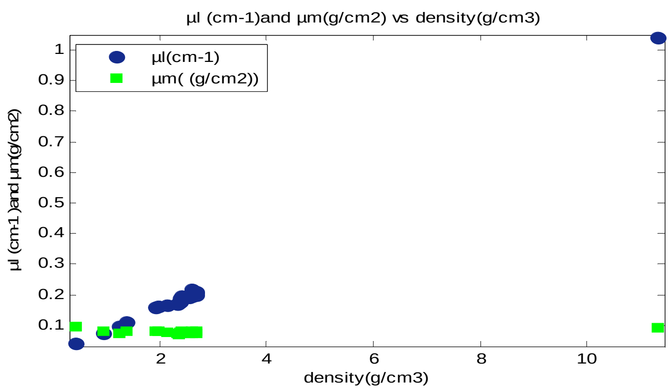
المنخفضة فتعود الى كثافتها المنخفضة حيث تقل الاستطارة داخل المادة نفسها (Ferreinta *et al.*,2010)، كما توجد عدة عوامل قد تؤدي الى عدم دقة النتائج المستحصلة في القياسات الإشعاعية ومن هذه العوامل طبيعة وشكل المصدر المشع حيث يوثر الامتصاص الداخلي لنسبة الإشعاعات المنبعثة من المصدر في ذات هذا المصدر ولاسيما في الطاقات المنخفضة ويؤدي الوسط المادي الموجود بين المصدر والكاشف دورا ملموسا في دقة النتائج التجريبية فعادة ما يكون هذا الوسط هو الهواء الذي يتميز بكثافة منخفضة إلا انه يؤثر في دقة الحسابات بالنسبة للطاقات الواطئة وهناك تأثيرات في الكاشف المستخدم حيث انه يجب أن تخترق الفوتونات جدار الكاشف حتى تسجل فيه ويمكن ان تتفاعل الفوتونات الساقطة مع نافذة الكاشف فتمتص او تتشتت على مادة هذه النافذة بخاصة للفوتونات المنخفضة الطاقة. وسوف تؤدي هذه التفاعلات الى خفض الكميات المقيسة من هذه الفوتونات عن المقدار الحقيقي لها (احمد، 2007). كما تم مقارنة معاملات التوهين للمواد قيد الدراسة مع الرصاص كما مبينة في الشكل (3).



الشكل 3: مقارنة معامل التوهين الخطي للمواد قيد الدراسة مع الرصاص عند الطاقات keV (662,1173,1332).

يبين الشكل (3) ان من بين المواد قيد الدراسة ان الكرانيت من افضل مواد البناء لاستخدامها في التدريع يليه المرمر بينما يظهر الثرمستون اقل معامل توهين خطي مقارنة بالرصاص لذلك لا يفضل في التدريع ضد اشعة كاما.

كذلك تم الحصول على العلاقة بين معاملات التوهين الخطية والكتلية مع الكثافـة للمـواد قيـد الدراسـة ومقارنتهـا بالرصاص الذي يمتلك كثافة (($\rho = 11.33(g/cm^3)$) عند طاقة الفوتونات (662)keV والمبينة في الشكل (4).



الشكل 4: علاقة معامل التوهين الخطي (μ_l) والكتلي (μ_m) مع الكثافة.

نلاحظ من الشكل (4) ان معامل التوهين الخطي يزداد خطيا مع الكثافة بينما لا يتأثر معامل التوهين الكتلي بالكثافة. إن النتائج التي تم التوصل اليها لمعاملات التوهين المحسوبة عمليا تتفق مع نتائج البحوث والدراسات التي سبق ذكرها وتبين الجداول (6) و(7) التقارب مع نتائج البحوث التي تم الحصول عليها.

الجدول 6: مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة لمعامل التوهين الخطي عند طاقة 662keV ولعدد من المواد

الدراسة الحالية ($\mu(cm^{-1})$)	المراجع العلمية للدراسات السابقة	الدراسات السابقة ($\mu(cm^{-1})$)	نوع العينة
0.110±0.0035	Alallak and Sarhan, 2012	0.1125	PVC
1.04±0.079	الاحمد، 1993	1.08	Lead
0.196±0.0070	Basyigit ,2005	0.187	Marble (BUB)
0.218±0.0088	Mavi, 2012	0.234	Cappa Bonita

الجدول 7: مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة لمعامل التوهين الكتلي عند طاقة 662keV ولعدد من المواد

الدراسة الحالية ($\mu/\rho(cm^2/g)$)	المراجع العلمية للدراسات السابقة	الدراسات السابقة ($\mu/\rho(cm^2/g)$)	نوع العينة
0.079±0.0037	Medhat, 2009	0.065±0.0030	Gypsum
0.077±0.0038	Stankovic *et al.*, 2010	0.079	Concrete
0.080±0.0025	Medhat, 2009	0.071±0.0027	Brick

الاستنتاجات

في هذا البحث تم التوصل من خلال قياسات معاملات التوهين الخطية والكتلية ان هذه المعاملات تقل مع زيادة طاقة الفوتونات الساقطة، كذلك أظهرت القياسات **ان** معاملات التوهين الخطية تتناسب خطيا مع الكثافة بينما لاتتأثر معاملات التوهين الكتلية، كذلك تم الاستنتاج ان يمكن استعمال الكرانيت والمرمر كدروع واقية من اشعة كاما لما تمتلكه من معاملات توهين عالية.

المصادر العربية

الأحمد، خالد عبيد (1993). "مقدمة في الفيزياء الصحية". دار الكتب للطباعة والنشر جامعة الموصل، ص 8.

احمد، محمد فاروق؛ سريع، احمد محمد (1989). " أسس الفيزياء الإشعاعية". (إصدار جامعة الملك سعود بالرياض). تم التحميل من ملتقى الفيزيائيين العرب www. phys4arab. net ، 66-78.

احمد، محمد فاروق؛ سريع، احمد محمد (2007). "مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها". اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات، جامعة الملك سعود. المملكة العربية السعودية، 50-58.

قمصان، محمد نايف (1995). الدروع الوقائية للحماية من الإشعاع. وقائع الدورة التدريبية حول اعداد برامج الرقابة البيئية، الهيئة العربية للطاقة الذرية، 15.

مايرهوف، (1982). " مبادئ الفيزياء النووية". ترجمة عاصم عبد الكريم عزوز، قسم البحث والتطوير، المنشأة العامة لكبريت المشراق.

محمد، فريد مجيد؛ غالب، عبد الهادي مردان (2008). قياس وحساب معامل التوهين الخطي والكتلي للأشعة السينية لمادة الخشب، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، **13**(1)، 118-128.

المصادر الأجنبية

Awadallah, M.I.; Imran, M.M. (2007). Radioactive Contents in construction materials used in jordanian building. *Dirasat, Pure Sciences,* **34**(1), 98-112.

Akkurt, I.; Akyild, I.H.; Mavi, B.; Kilincarslan, S.; Basyigit, C. (2010). Radiation shielding of concrete containing zeolite. *Radiation Measurements*, **45**, 827-830.

Alallak, N.A.; Sarhan, S.S. (2012). Factors affecting gamma ray transmission. *Jordan J. Physics* , **5** (2), 77-88.

Basyigit, C.; Akkurt, I.; Skilincarslan, A. (2005). Investigation of photon attenuation coefficients for marble. *Institute Phys. Publishing*, **25**, 189–192.

Berger, M.J.; Hubbell, J.H. (1987). Photon cross sections on a personal computer. national institute of standards and technology. NBSIR 87– 3597, XCOM, Gaithersburg, MD 20899, USA. http:// physics. nist. gov/ Phys Ref Data /Xcom /Text/ XCOM. html.

Cevik, U.; Damla, N.; Kobya, A.I.; Celik, A.; Kara, A. (2010). Radiation Dose estimation and mass attenuation coefficients of marble. *Annals Nuclear Energy*, **37**, 1705–1711.

Crewson, C. (2013). An experimental re-evaluation of photon mass attenuation coefficients. M.Sc. dissertation University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 22-38.

Damla, B.H.; Celik, A.; Kiris, E.; Cevik, U. (2012). Calculation of radiation attenuation coefficient affective atomic number and electron densities for some building materials. *Radiation Protection Dosimetry*, **150**(4), 541–549.

Dickson, E.D. (2013). Experimental shielding evaluation of the radiation protection provided by residential structures. Ph.D. Thesis, Department of Nuclear Engineering and Radiation Health Physics Oregon State University, Oregon, America, 186-200.

Ferreinta, C.R.E.; Maia, A.F.; Garcia, C.A.B.; Imenes, J. (2010). Total Mass Attenuation Coefficient Evaluation of Materials Commonly used to Simulate Human Tissue. *J. Physics, Conference Series,* **249**.

Korkut, T.; Korku, H.; Abdulhalik, K.B.; Gokhan, B. (2011). A new radiation shielding material: Amethyst ore. *Annals Nuclear Energy,* **38**(1), 56–59.

Mavi, B. (2012). Experimental investigation of gamma-ray attenuation coefficients for granites. *Annals Nuclear Energy*, **44**(1), 22-25.

Medhat, M.E. (2009). Gamma-ray attenuation coefficients of some building materials available in Egypt. *Annals Nuclear Energy*, **36**, 849–852.

Mortazavi, S.M.J.; Mosle-Shirazi, M.A.; Roshan-shomal, P.; Raadpey, N.; Baradaran, M.; Ghahfarokhi (2010). High-performance heavy concrete as a multi-purpose shield. *Radiation Protection Dosimetry,* **142**(2),120-124.

Pleitt, J.J. (2012). Determination of linear attenuation coefficients of comically bonded phosphate ceramics. M.Sc. dissertation of Science in Nuclear Engineering, Missouri University of Science and Technology, Missouri, America, 17-22.

Profio, A.E. (1979). " Radiation Shielding and Dosimeter". John Wiley and Sons, Inc, New York.

Stankovica, S.J.; Ilica, R.D.; Jankovicb, K.; Bojovicb, D.; Loncarc, B. (2010). Gamma radiation absorption characteristics of concrete with components of different type materials. *Acta Physica Polonica* ***A***, **117**(5), 812-816.