------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 18، العدد 1، ص77-86، 2007 -----

استخدام فلم الأشعة السينية وعداد كايكر لقياس الكثافة للموادالصلبة

أياد جياد جرجيس قصي خطاب عمر الدليمي

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2006/9/12 ، تاريخ القبول 2006/12/18)

الملخص

يهدف البحث إلى إيجاد طريقة بسيطة وعملية لقياس كثافة المواد الصلبة باستخدام فلم الأشعة السينية وعداد كايكر ككاشف للأشعة السينية وأشعة كاما لما يملكه من مواصفات إن الاختلاف بين القيم العملية والنظرية لكثافة المواد يعود إلى عدم نقاوة المادة الماصة للأشعة فضلا عن نسبة الخطأ في القياس.

Using X-Ray Radiation Film and Geiger Counter For Measurement the Density of the Solid Materials

Ayad J. Jarjes Qusay KH. Al-dulamey

Department of Physics
College of Science
Mosul University

ABSTRACT

The aim of This research is to find a simple method for measurement the materials density by using X-ray radiation film and Geiger counter as detector for x-ray and gamma –ray radiation because it has a good specification. The different between our results due to actual results for the density of some materials depend on the absorption of impure the materials for radiation and also the error ratio measurements .

المقدمة

إن أهمية هذه الدراسة تظهر في استخدام اكثر من تقنية ككواشف للأشعة المؤينة ففلم الأشعة السينية هوعبارة عن حبيبات صغيرة من بروميد الفضة (AgBr) بهيئة مستحلب متناثرة ضمن طبقة جلاتينية على وجهي الفلم أو أحداهما، عند سقوط الفوتونات أو الجسيمات المشحونة على الفلم فإنها تنتج أزواجا أيونية ضمن الحبيبات أو إلى الجوار منها وبذلك فإنها تحول ايونات الفضة Ag^+ إلى ذرات متعادلة مشكلة بذلك ظلا كامنا يساعد في عملية تظهير الفلم بالمعاملة الكيميائية لأنه خلال عملية التظهير

يتم تحويل كل ايونات الفضة إلى ذرات متعادلة بوساطة المظهر (Developer) سواء أكانت قد تعرضت للإشعاع ام لا ولكن تلك الحبيبات التي تحوي ظلا كامنا سوف تظهر بشكل أسرع فإذا تم وقف عملية التظهير عند هذا الحد فان النقاط المعتمة في الفلم ستكون هي تلك الناتجة عن تأثير الإشعاعات.

وتمتاز هذه الأفلام بحساسيتها العالية حيث تتوزع بلورات بروميد الفضة بشكل متساو على كافة أجزاء قاعدة الفلم السليلوزية لغرض الحصول على حساسية متساوية في كافة أجزاء الفلم الذي يوضع داخل الفم لغرض التصوير فضلا عن احتواءها على بعض الشوائب وبنسب ضئيلة جدا اذ من الصعب الحصول على نقاوة تامةلاية مادة وهذه الشوائب هي أملاح الفضة الأخرى. إن وجود هذه الشوائب وبنسب متفاوتة إضافة إلى وجود البلورات الأصلية بأشكال هندسية عديدة وبإحجام مختلفة يخلق إمكانية الحصول على أفلام ذات درجات مختلفة من الخواص يستفاد منها حسب الحاجة وحسب الاستعمال. يستخدم فلم الأشعة السينية في مجالات عديدة منها مجالات التشخيص في طب الأسنان كما تم اعتباره كمراقب للأشعة السينية المستخدمة في الأجهزة الطبية (Meredith and Massy, 1977) كما استخدم من قبل العاملين في مجال المفاعلات النووية كباج وذلك لغرض حساب الجرعة المتراكمة أثناء العمل (الأحمد، 1993) وذلك لما يحتويه من مواصفات ومميزات مهمة كونه رخيص الثمن ومتوفر ولا يحتاج عند استخدامه إلى طاقة كهربائية ويستطيع قياس الأشعة عند أكثر من نقطة في ظروف ثابتة الأ أن قراءات الفلم لاتتم إلا من خلال منحني الخواص أو الحساسية. تم استخدام فلم الأشعة السينية في كثير من البحوث ككاشف للأشعة السينية حيث قام بلانتون (Blanton, 2003) باستخدام الفلم ككاشف ذات بعدين للأشعة السينية (XRD)X-Ray Diffraction) واستخدام من قبل الدليمي (Al-Dulayme, 2004) ككاشف للأشعة السينية المنبعثة من التلفزيون الملون وأجهزة العرض (الحاسبات) فضلا عن استخدامه لتعيين مقدار الجرعة الشعاعية المستخدمة في طب الأسنان على الفك البشري والوجه حسب (الزبيدي، 2005). استخدم فلم الأشعة السينية حسب (Queensland Government and Queensland Health, 2005) ككاشف للأشعة فوق البنفسجية ذات الطاقات العالية (UVC) والأشعة السينية ذات الطاقات الواطئة أما في حالات التشخيص العامة لأعضاء الجسم باستخدام الفلم يتم استخدام لوحات التكثيف لزيادة الكثافة الضوئية على الفلم حتى يكون مقدار التعرض للجرعة الإشعاعية اقل مايمكن وذلك في ديسمبر (Kodak, 2005). استخدم العداد الوميضي من قبل (عيسى، 2005) لحساب كثافة المادة الصلبة ولنفس المواد المستخدمة في البحث، إذ أن نسبة الخطأ لأتزيد عن 4.6 % عن القيم النظرية.

إن الهدف من البحث هو استخدام فلم الأشعة السينية المستخدم في طب الأسنان وعداد كايكر ككواشف لحساب كثافة المادة الصلبة.

الجانب العملي

الفلم المستخدم (مواصفاته):

إن الكاشف المستخدم في هذا البحث هو الفلم الشعاعي الذي هو من صنع شركة كوداك (Kodak Dental X-ray Film) يصنف إلى نوع (E class speed) توضع داخل الفم وهي أفلام ذات قياس (3.1cm×4.1cm) ويحتوي كل فلم على طبقتي مستحلب تعرف بـ (Double side emulsion film) ويحمض بمحلول تحميض بدرجة حرارة 26.5 ^{o}C وزمن تحميض وتثبيت 45 min أما الغسل (2 – 5 min) (Plasma et al., 1998) وحسب دليل شركة كوداك المصنعة للفلم (Kodak, 2002) يتكون اللوح أو الفلم الفوتوغرافي المستعمل لإغراض التصوير الشعاعي بواسطة الأشعة السينية من صفيحة رقيقة من مادة شفافة إما من مادة السيليلوز (Cellulose) أو من مادة البولستر (Polyester) مضافا إليه صبغة ذات لون ازرق.

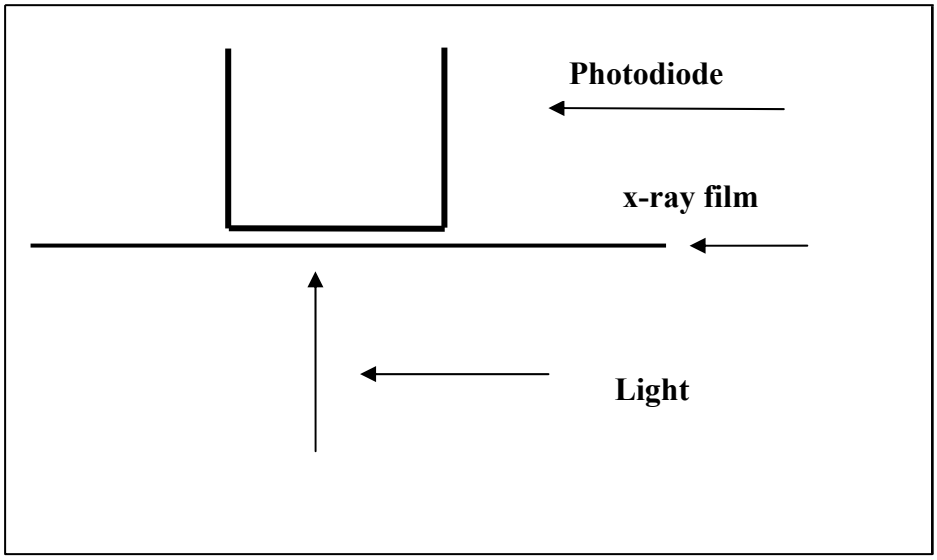
إن بلورات بروميد الفضة يجب أن تتوزع بشكل متساو داخل طبقتي المستحلب لغرض الحصول على حساسية متساوية في كافة أجزاء الفلم. كما إن الفلم الفوتوغرافي يمكن أن يكون وحيد الطلاء أي انه يحتوي على طبقة مستحلب واحدة. أو ثنائي الطلاء أي يحتوي على طبقتين للمستحلب على جانبي الفلم. فعند تعريض الفلم لحزمة إشعاعية فان بلورات بروميد الفضة المتأثرة بالإشعاع تتحول كيميائيا مكونة ظلال مستترة (Latent image) لايمكن أن تظهر قبل إجراء بعض العمليات الكيميائية على الفلم. إن مراحل إظهار الصورة الشعاعية على الفلم تتلخص بمرحلتين:

المر حلة الأولى: هي عملية التحميض (Developing)، في هذه العملية يتم إظهار الظلال المستترة التي تكونت في المواضع المعرضة للإشعاع.

المرحلة الثانية: هي مرحلة التثبيت (Fixing) حيث يتم إزالة بلورات بروميد الفضة الغير متأثرة بالإشعاع وفصلها عن طبقة المستحلب حيث تترك مكانا خاليا وشفافا يعبر عن عدم التعرض للإشعاع في هذه المناطق. ان الصورة الإشعاعية التي تظهر على الفلم تعتبر سالبة وذلك لان الأجزاء المعرضة للإشعاع تظهر داكنة (سوداء) في حين الأجزاء الغير معرضة للإشعاع تظهر شفافة.

ومن الجدير بالذكر أن الزمن الكلي لإظهار الصورة على الفلم الشعاعي تم اختصاره بدرجة كبيرة باستخدام جهاز معاملة الفلم الأوتوماتيكي (Processor automatic).

لقياس الكثافة الضوئية على الفلم الشعاعي المستخدم في طب الأسنان، يستخدم جهاز لقياس الكثافة الضوئية أو الدنسيتوميتر (Densitometer)، الجهاز المستخدم من نوع DT 1105 وهو يستخدم لتمييز الكثافات الضوئية لفلم الأشعة من بقعة إلى أخرى أو من فلم إلى أخر. ويتضمن هذا الجهاز وحدتين وحدة القاعدة نوع 305، ووحدة المقياس الضوئي 205. الشكل (1) يوضح رسما تخطيطيا للدنسيتوميتر.



الشكل 1: رسم تخطيطي لدنسيتوميتر نوع DT 1105.

ان شدة الضوء المار خلال فلم الأشعة السينية يتم قياسها بواسطة الثنائي الضوئي (Photodiode)، إن وظيفة الثنائي الضوئي هو استخدام الضوء للحصول على نبضات كهربائية (إشارات) يتم تشكيلها بواسطة المكبر (Amplifier)، وتحويلها إلى الشاشة الرقمية Digital panel meter (D.P.M) بشكل إعداد تعبر عن الكثافة الضوئية لنقطة على الفلم يعبر عنها بالمعادلة آلاتية (Kodak, 2002):

$$D = \log (I_o / I) \qquad (1)$$

حيث إن I_o تمثل شدة الضوء المرئي الساقط على مساحة صغيرة من الفلم وتمثل I شدة الضوء الذي يمر خلال تلك المساحة الصغيرة حيث أن الكثافة الضوئية لفلم الأشعة عند أية نقطة على الفلم تمثل مقياسا لدرجة الاسوداد عند تلك النقطة .تم استخدام الفلم الشعاعي ككاشف للأشعة ذات المستوى الواطيء من الطاقة.

تم في هذا البحث إجراء العديد من المحاولات لحساب كثافة بعض المواد بالاعتماد على الكثافة الضوئية لفلم الأشعة الناجمة عن التعرض للأشعة المنبعثة من المصدر CS-137على مسافة وزمن ثابتين.

عداد كايكر

تستخدم عدادات كايكر على نطاق واسع في أجهزة قياس الإشعاعات ذات الشدة الواطئة، اذ ان هذه العدادات وتلك تعمل بالبطارية حيث تستطيع هذه العدادات إن تبلغ حساسية جيدة على الرغم من صغر حجمها وذلك بفضل معامل التضاعف الأيوني الكبير الذي تملكه كما إن سعة النبضة الكهربائية التي يعطيها العداد كبير ويصل بضع فولتات ولذلك فإنها ليست بحاجة إلى كثير من التضخيم (الأحمد، 1993)، ومن أهم المساوئ لهذه العدادات هو طول وقت التحليل (Resolving time) والذي

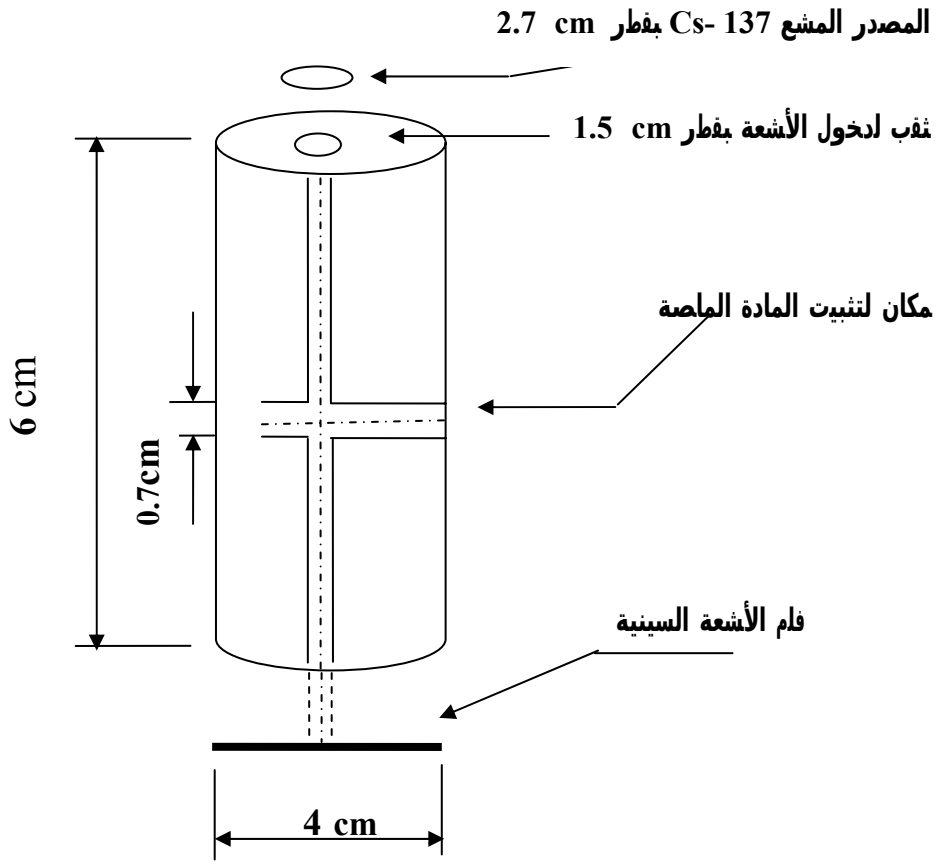
يحد كثيرا من إمكانية استخدام القياس في المجالات الإشعاعية ذات الكثافة العالية لان استخدامه في مثل هذه الحالة يؤدي إلى حصول إشباع في القراءة التي يسجلها العداد أو قد يحصل تراجع في القراءة ويمكن في المجالات الإشعاعية ان يؤشر العداد على الصفر دون أن يسجل أية قراءة.

إن مقياس الجرعة الإشعاعية المستخدم في البحث يستطيع قياس الشدة الواطئة حيث أن نسبة الخطأ في القياس (±0.0125) واقل جرعة إشعاعية يستطيع التحسس لها ($0.5\mu Sv/h$) (Bushberg, 2004). من أهم أنواع أجهزة القياس التي تستخدم عداد كايكر –ميللر والتي يمكن تقسيمها إلى مجموعتين أثنين تضم الأولى تلك الأجهزة التي يركب منها العداد مع جهاز القياس ويكونان وحدة واحدة إما المجموعة الثانية فتضم أجهزة القياس التي يتم فيها وصل العداد إلى وحدة القياس بواسطة سلك أو قضيب وهنالك أجهزة تحوي كلتا الصفتين السابقتين (الأحمد، 1993).

التجارب والحسابات

من اجل إيجاد الكثافة الضوئية (D) الموضحة في المعادلة (1) تم استخدام مصدر مشع يعطي أشعة كاما بطاقة 662keV حيث أن الطيف العائد لهذا المصدر له قيمة واحدة فقط، ويعود انبعاث أشعة كاما من المصدر CS-137 إلى التحول الداخلي للنواة بسبب زيادة الطاقة فيها عما هي عليه في حالة الاستقرار ولأجل تخلص هذه النواة من الطاقة المكتسبة لذا فإنها تعمل على انبعاث الزيادة في الطاقة على شكل أشعة كاما (خليل، 1994).

تم استخدام حجرة من مادة الرصاص لتقليل الأشعة الخلفية الطبيعية. يوجد في أعلى الحجرة ثقب صغير بالقرب من المصدر CS-137، أما من الوسط فقد تم عمل مكان لدخول المادة الماصة للأشعة بحيث تتوسط المسافة بين الفلم الشعاعي الذي يكون أسفل الحجرة والمصدر CS-137 في أعلى الحجرة كما موضح في الشكل (2).



الشكل 2 : مخطط يوضح منظومة العمل.

يكون المصدر المشع CS-137 له شكل قرص دائري قطره (2.7 cm) يوضع في أعلى الحجرة كما في شكل (2) أما قطر الحجرة حوالي (1.5 cm) حيث أن هذا القطر هو اصغر من قطر المصدر المشع. أما الكاشف المستخدم فهو الفلم الشعاعي المعتمد في طب الأسنان والذي يتميز بحساسيته العالية للأشعة، حيث نلاحظ اسوداد الفلم الشعاعي بعد كل عملية قياس بسبب التعرض لأشعة كاما المنبعثة من المصدر المشع، وتمثل درجة الاسوداد على فلم الأشعة السينية والتي يتم الحصول عليها بعد إجراء المعاملة الكيميائية بواسطة محاليل لإظهار الكثافة الضوئية والتي تم قراءتها بواسطة جهاز مقياس الكثافات الضوئية (Optical Densitometer) والتي تظهر على شكل رقم على الشاشة الرقمية تعبر عن مقدار الكثافة الضوئية كما موضح في شكل رقم (1).

يتم حساب الكثافة للمواد بعد حساب الكثافة الضوئية للفلم الشعاعي وذلك حسب العلاقة المعبرة عن التوهين الآسي الحقيقي لمرور حزمة ضيقة من الأشعة (قمصان، 1995) كما في معادلة رقم (2).

$$I = I_o \; e^{-(\mu/\rho)\,\rho x} \qquad (2)$$

حيث أن I_o الشدة الابتدائية عند سمك (x=0)، I الشدة بعد مرور لمسافة (x)، μ/ρ معامل الامتصاص الكتلي بوحدات (cm^2/g) حيث تمثل ρ كثافة الجسم الماص المقاسة بوحدة (g/cm^3). بعد تطبيق معادلة رقم (2) تم تسجيل النتائج كما موضح في الجدول (1).

الجدول 1: يوضح قيم كثافة بعض المواد مع الكثافة المحسوبة باستخدام فلم الأشعة.

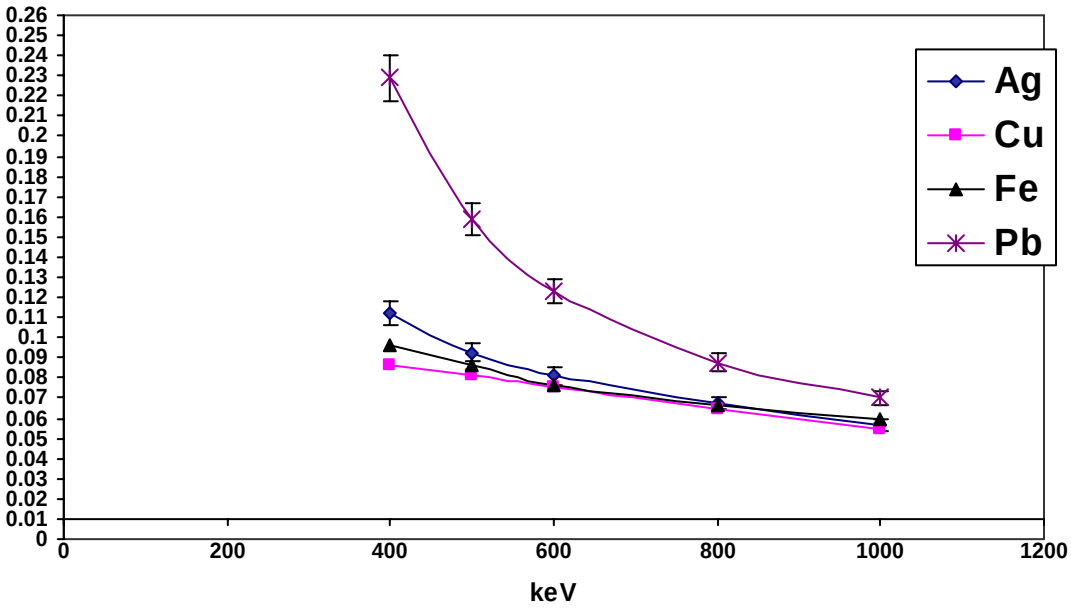
المواد	العدد الذري	ρ (g/cm^3)	μ (cm^{-1})	μ/ρ (cm^2/g)	السمك X(cm)	الكثافة الضوئية O.D	I_o / I	I/ I_o	الكثافة المحسوبة
Fe	26	7.87	0.574	0.0730	0.15	1.11	12.882	0.077	233.4
Pb	82	11.34	1.236	0.109	0.12	0.85	7.079	0.141	149.63
Ag	47	10.5	0.789	0.076	0.09	1.1	12.589	0.079	370.29
Cu	29	8.92	0.642	0.072	0.15	0.99	9.775	0.1023	211.1

تم حساب الكثافة الضوئية للفلم الشعاعي بشكل تراكمي لفترة طويلة من الزمن لمدة (15) ساعة وعلى مسافة ثابتة لأكثر من عشرين قراءة لكل مادة من المواد أعلاه حيث تم طرح جميع القراءات للكثافة الضوئية من الكثافة الضوئية للأشعة الخلفية الطبيعية، تم إعادة جميع القياسات السابقة للكثافة وبنفس الظروف باستخدام عداد كايكر كما في الجدول (2).

الجدول 2: قيم كثافة بعض المواد مع الكثافة المحسوبة ونسبة الخطأ باستخدام عداد كايكر.

المواد	العدد الذري	ρ (g/cm^3)	μ (cm^{-1})	μ/ρ (cm^2/g)	السمك X(cm)	I_o	I	الكثافة المحسوبة	نسبة الخطأ %
Fe	26	7.87	0.574	0.0730	0.15	1105	1005	8.6	9.2
Pb	82	11.34	1.236	0.109	0.12	1105	948	11.71	3.3
Ag	47	10.5	0.789	0.076	0.09	1105	1033	9.85	6.2
Cu	29	8.92	0.642	0.072	0.15	1105	1006	8.69	2.6

فضلاعن حسابنا لمعامل الامتصاص الكتلي(μ/ρ) بوحدة (cm^2/g)عند الطاقة 662 keV لكل مادة من الشكل رقم (3) اعتمادا على معادلة كل منحني وتعويضها في معادلة رقم (2) لحساب كثافة كل مادة ومقارنتها مع الكثافة الحقيقية لها.



الشكل 3 : يوضح علاقة معامل الامتصاص الكتلي مع الطاقة.

تم أجراء مقارنة مع نفس العناصر أو المواد المستخدمة في البحوث السابقة ولنفس الظروف كما في الجدول (3).

الجدول 3 : مقارنة نتائج القياسات للبحث الحالي مع البحوث السابقة لنفس المواد.

Researcher	Detector	Error ratio %
(عيسى، 2005)	Scintillation counter	4.6
(Our work, 2006)	x-ray radiation film	Very high
	Geiger counter	9.2

المناقشة

من الشكل (3) الذي يمثل العلاقة بين معامل الامتصاص الكتلي (μ/ρ) مع الطاقة بوحدة (keV) نجد أن معامل الامتصاص الكتلي يعتمد على الطاقة وعلى نوع المادة من حيث عددها الذري حيث أن المادة ذات العدد الذري الأكبر هي التي تكون أكثر قدرة على توهين أشعة كاما وهذا يتفق مع المصدر (قمصان، 1995).

أن جميع قياسات هذه الدراسة كانت على مسافة (8.7 cm) بين الفلم أو عداد كايكر والمصدر المشع لان الفعالية الإشعاعية للمصدر المشع واطئة إلى حد ما لذا تحتاج إلى مسافة قريبة وزمن كبير للحصول على الجرعة المناسبة التي تتناسب مع حساسية الفلم الشعاعي والتي يكون الحد الأدنى لها بحدود ($\mu Sv/h$) وحسب (Al-Dulayme, 2004) اقل جرعة مكافئة تحسس بها فلم الأشعة السينية هي بحدود (*6700 nSv/h*).

من الجدولين (1) و (2) نلاحظ أن قراءات فلم الأشعة السينية بعيدة إلى حد كبير عن قراءات عداد كايكر، حيث إن أعلى نسبة للخطأ للقياسات باستخدام عداد كايكر كانت بحدود (% 9.2)، فضلا عن كون عداد كايكر المستخدم في البحث من النوع الذي يتحسس بالجرعات ذات المستوى الواطئ إذ أن اقل جرعة شعاعيه يمكن أن يتحسس بها هي بحدود ($0.5\mu Sv/h$) (Bushberg, 2004).

من الجدول (3) نلاحظ أن قراءات البحث الحالي خصوصا عداد كايكر قريبة إلى حد ما من قراءات البحوث السابقة لنفس الظروف إذا علمنا أن كلاً من البحوث السابقة المستخدم فيها العداد أوالميضي والبحث الحالي المستخدم فيه مقياس الجرعة الإشعاعية (عداد كايكر) لهم القابلية على التحسس بالشدة ذات المستوى الواطئ، أما فلم الأشعة السينية فكانت نسبة الخطأ فيها عالية مقارنة مع عداد كايكر والبحوث السابقة ،إذ تشكل من (13-35) مرة بقدر القياسات النظرية.

الاستنتاجات

إن قياس كثافة المواد الصلبة اعتمادا على الكثافة الضوئية لفلم الأشعة السينية ونسبة خطا عالية هو دليل على أن هذه التقنية غير دقيقة في التطبيق لما تحتويه من مساوئ التي تتمثل بالخطأ الحاصل من المعاملة الكيميائية كثبوت زمن التحميض، حجم المحلول، درجة حرارة المحلول، طريقة الخزن للفلم فضلا عن الخطأ الحاصل لجهاز الدنسيتوميتر رغم قابليتها على التحسس بالأشعة ذات الطاقة الواطئة لذا يفضل عند استخدام هذه التقنية إجراء معايرة دورية لجهاز الدنسيتوميتر لقدمه من ثم إجراء القياسات، وبالاتجاه الأخر يمكن استخدام عداد كايكر لحساب الكثافة للمواد الصلبة لكفاءته في إجراء القياسات مقارنة مع الفلم.

المصادر العربية

الأحمد، خالد عبيد، 1993. مقدمة في الفيزياء الصحية. دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل. ص 243-245.

الزبيدي، إيناس غازي، 2005. توزيع الجرع الإشعاعية على مناطق الجسم المختلفة المصاحبة لعملية التصوير الشعاعي للفك البشري. رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية العلوم. ص30-36.

خليل، منيب عادل، 1994. الفيزياء النووية. جامعة الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر. ص237-243

عيسى، عاصم احمد، 2005. قياس كثافة المواد الصلبة باستخدام أشعة كاما. مجلة علوم الرافدين، عدد خاص (الفيزياء) رقم المجلد 16، العدد 1، ص 67-64.

قمصان، محمد نايف، 1995. الدروع الوقائية للحماية من الإشعاع. وقائع الدورة التدريبية حول إعداد برامج البيئة، الهيئة العربية للطاقة الذرية، ص 155-157.

المصادر الاجنبية

Al-Dulamey, Q.KH., Omer, 2004. X-ray Radiation Hazard from TV and VDT Video Display Terminals M. Sc. thesis, University of Mosul. page18,25,52,53.

Blanton, T.N., 2003. X-ray Film as a Two – Dimensional Detector for X-ray Diffraction Analysis, Eastman Kodak Company, Imaging Materials and Media Research and Development Rochester, New. pp.1-3.

Bushberg, M.E., 2004. Radiation Detection, Medical Imaging, Lecture 3: Monday, Sept. 27, pp.1-2.

Kodak Dental Film-Data sheet, 2002. Catalog page 4, Germany.

Kodak, 2005. Using Intensifying Screen in Autoradiography to Improve Your Results, Scientific Insights, page 2,4, Germany.

Meredith, W.J. and Massey, J.B., 1977. Fundamental Physics of Radiographic. John Wright, page 5, Bristol.

Plasma, K.L., Kroonwijk, M., Visser, A.G. and Heijmen, BJ.M, 1998. Accurate Potal Dose. Measurement with A Fluoroscopic Electronic Portal Imaging Device (EPD) for Open and Wedged Beams and Dynamic Multileaf Collimation, Phys. Med. Biol., Vol. 43, pp.2047-2080.

Queensland Government and Queensland Health, 2005. Film –Screen Combinations in Veterinary Radiography, page1-5, Germany.

Storm , E. and Israel, H.I., 1970. Nuclear Data Tables, A7, 580, 588, 599, 624 p.