------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 18، العدد 1، ص87-98، 2007 -----

أيجاد منحني المعايرة لجهاز مقياس الكثافات الضوئية (الدنسيتوميتر) في حالتي التحميض للفلم الشعاعي باستخدام المصدر ^{241}Am وأجراء مقارنة مع النتائج النظرية

قصي خطاب عمر الدليمي

كلية العلوم

قسم الفيزياء

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2006/5/29 ، تاريخ القبول 2006/12/11)

الملخص

يهدف البحث إلى إيجاد منحني المعايرة لجهاز المعايرة الدنسيتوميتر الذي يقيس الكثافات الضوئية، من اجل الخطأ المصاحب لقياسات الجهاز بسبب انخفاض كفاءته لقدمه. المعايرة أجريت للجهاز عندما تم تحميض الفلم يدويا وأوتوماتيكيا. وأجريت المقارنة مع النتائج النظرية.

Establishment of Calibration Curve for Optical Density Measurement Devices for the Two Methods of Development of X-Ray Film by ^{241}Am and Comparison with Theoretical Results

Qusay KH. Al-Dulamey

Department of Physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

The aim of this study is to find calibration curve for the densitometer that measures the optical density, because of the error associated with the instrument measurements due to the reduction of efficiency because of the instrument ageing. The calibration is done for the instrument when the film is processed manually and automatically. A comparison with the theoretical results is made.

المقدمة

فلم الأشعة السينية هوعبارة عن حبيبات صغيرة من بروميد الفضة (AgBr) بهيئة مستحلب متناثرة ضمن طبقة جلاتينية على احد أو وجهي الفلم، 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.

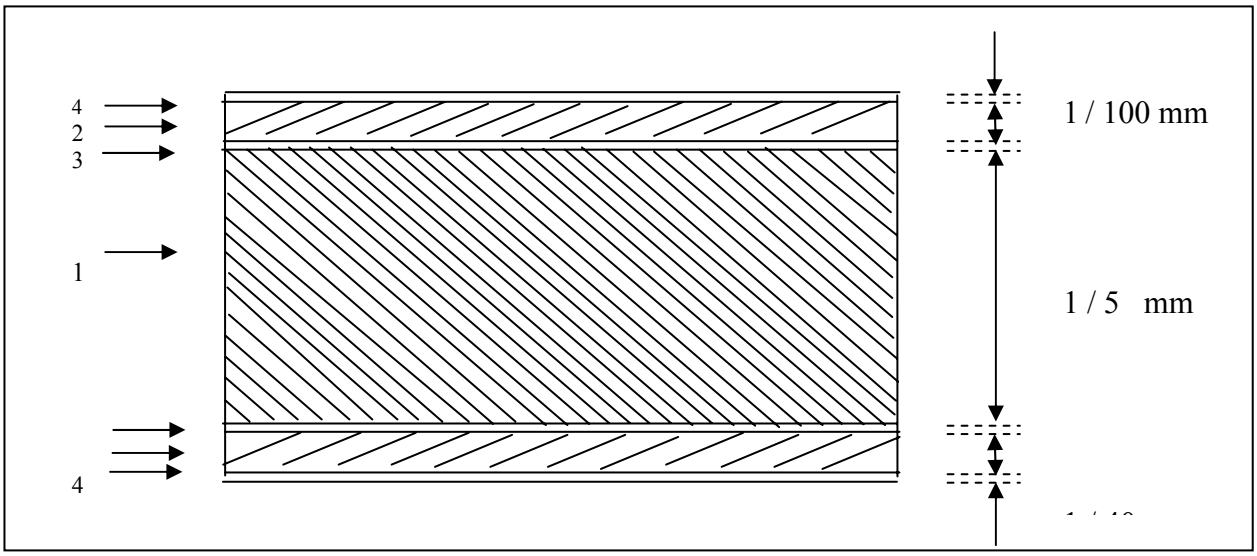
وتمتاز هذه الأفلام بحساسيتها العالية حيث تتوزع بلورات بروميد الفضة بشكل متساو على كافة أجزاء قاعدة الفلم السليلوزية لغرض الحصول على حساسية متساوية في كافة أجزاء الفلم الذي يوضع داخل الفم لغرض التصوير فضلا عن احتواءها على بعض الشوائب وبنسب ضئيلة جدا اذ من الصعب الحصول على نقاوة تامة لأية مادة وهذه الشوائب 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 Healh, 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)، إن سبب استخدام الفلم ألشعاعي المستخدم في طب الأسنان في هذه الدراسة هو لإيجاد العلاقة بين الكثافة الضوئية للفلم ألشعاعي مع مقدار التعرض عند تغير المعاملة الكيميائية سواء كانت يدوية أو أوتوماتيكية وبالتالي مقارنة هذه العلاقة مع القيم النظرية في حساب الجرعة الإشعاعية لنفس الظروف.

الجانب العملي والحسابات

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 (Double Side Emulsion Film) ويحمض بمحاول تحميض بدرجة حرارة 26.5 ^{o}C وزمن تحميض وتثبيت 45 min أما الغسل (2 – 5) min (Pasma 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 السليلوز (Cellulose) أو من مادة البولستر (Polyester) مضافا إليه صبغة ذات لون ازرق كما موضح في الشكل (1).



الشكل 1 : يمثل رسم تخطيطي لمقطع عرضي لفلم شعاعي من نوع ثنائي الطلاء.
(Meredith and Massy, 1977)

الطبقة (1) من الشكل (1) تمثل قاعدة الفلم (The Film Base) وفائدتها إنها تعمل كأساس لغرض وضع المستحلب (Emulsion) المكون من مادة جلاتينية. الطبقة (2) تسمى بطبقة المستحلب وتحتوي على بلورات من مادة حساسة للإشعاع معلقة داخل الجلاتين وغالبا ما تستعمل بلورات بروميد الفضة (Silver Bromide) لهدا الغرض. أما الطبقة (3) فهي تمثل طبقة ثانوية لتثبيت ولصق مادة المستحلب على قاعدة الفلم. والطبقة الأخيرة (4) فهي طبقة لحماية جانبي الفلم من الصدمات الخارجية. إن سمك كل من هذه الطبقات مثبتة على الشكل (1) ومجموعها يساوي (0.29 mm) (Meredith and Massy, 1977).

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 الضلال المستترة التي تكونت في المواضع المعرضة للإشعاع.

المرحلة الثانية: هي مرحلة التثبيت (Fixing) حيث يتم إزالة بلورات بروميـد الفـضة الغيـر متـأثرة بالإشعاع وفصلها عن طبقة المستحلب حيث تترك مكانا خاليا وشفافا يعبر عن عدم التعرض للإشعاع في هذه المناطق. ان الصورة الشعاعية التي تظهر على الفلم تعتبر سـالبة وذلـك لان الأجـزاء المعرضـة 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 كبيـرة باستخدام جهاز معاملة الفلم الأوتوماتيكي (Processor Automatic).

طريقة العمل

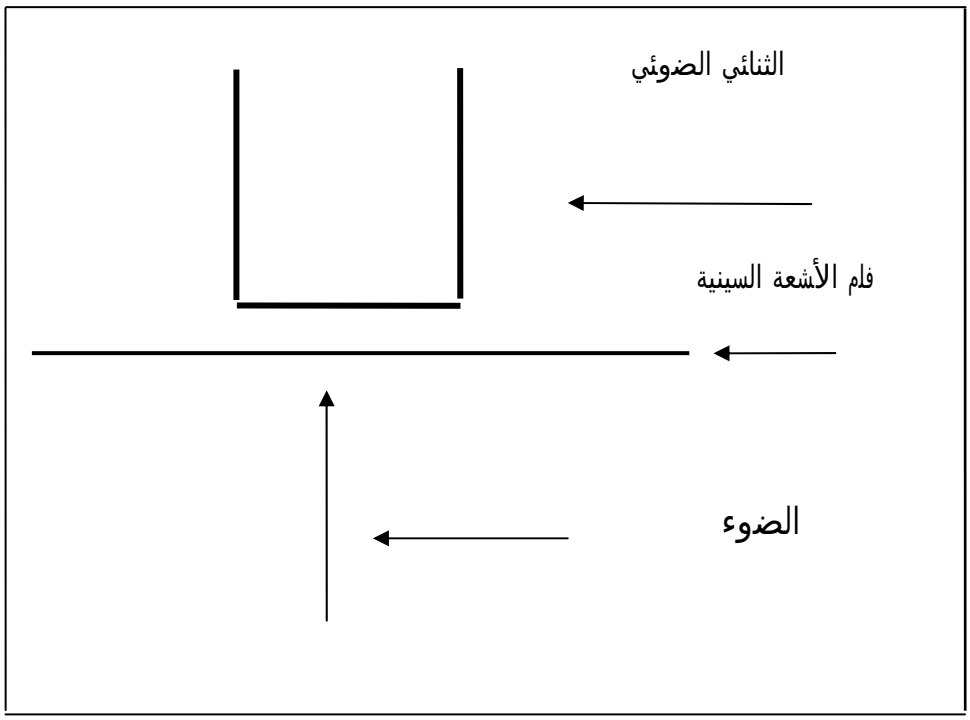
لقياس الكثافة الضوئية على الفلم الشعاعي، يستخدم جهاز مقياس الكثافات الضوئية او الدنسيتوميتر (Densitometer). الجهاز المستخدم من نوع DT 1105، وهو يستخدم لتمييز الكثافة الضوئية لفلم الأشعة من بقعة إلى أخرى أو من فلم إلى آخر. ويتضمن هذا الجهاز وحدتين: وحدة القاعدة نوع 305، ووحدة المقياس الضوئي نوع 205. إن شدة الضوء المارة خلال فلم الأشعة يتم قياسها بواسطة الثنائي الضوئي (Photodiode). إن وظيفة الثنائي الضوئي هو تحويل الضوء إلى نبضات كهربائية (إشارات) ليتم تكبيرها بواسطة المكبر (Amplifier)، وتحويلها إلى الشاشة الرقمية Digital Panel Meter (D.P.M) بشكل أعداد تعبر عن الكثافة الضوئية. الكثافة الضوئية لنقطة على الفلم الشعاعي يعبر عنها بالمعادلة الآتية:

$$D = \mathrm{Log}_{10} \frac{I_o}{I_t} \qquad (1)$$

حيث إن I_o تمثل شدة الضوء المرئي الساقط على مساحة صغيرة من الفلم وتمثل (I_t) شدة الضوء الذي يمر خلال تلك المساحة الصغيرة والكثافة الضوئية لفلم الأشعة عند نقطة على الفلم تمثل مقياساً لدرجة الاسوداد عند تلك النقطة.

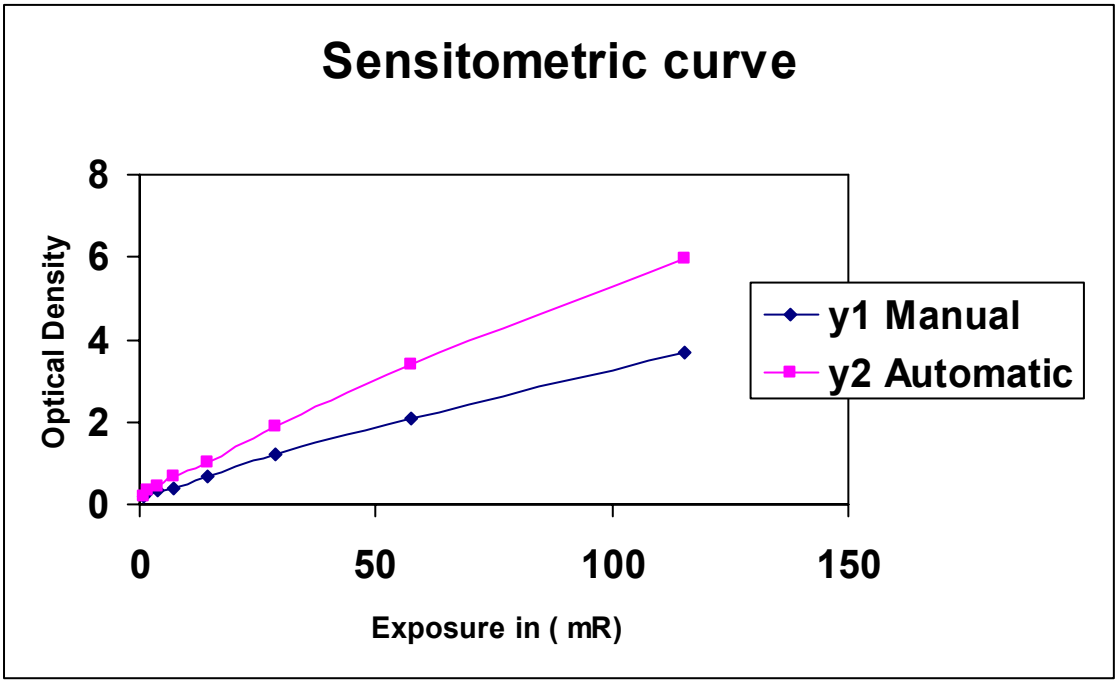
في هذا البحث تم استخدام مصدر مشع من نوع ^{241}Am حيث تنبعث منه اشعة كاما بطاقة 59.5 keV. تم أولا قياس الكثافة الضوئية للأشعة الخلفية الطبيعية للفلم الشعاعي حيث كان مقدارها (0.089) حيث تم طرحها من جميع قراءات الكثافة الضوئية للفلم الشعاعي. تم تثبيت عدة أفلام شعاعية على مسافة ثابتة من المصدر المشع بمقدار (3 cm) وبأزمان مختلفة، بعد ذلك أجريت المعاملة الكيميائية يدويا لغرض أظهار درجة الأسوداد التي تمثل الكثافة الضوئية للفلم الشعاعي والتي قيست من خلال جهاز الدنسيتوميتر كما موضح في الشكل رقم (2).

.



الشكل 2 : رسم تخطيطي للدنسيتوميتر.

بعد إجراء المعاملة الكيميائية لحالتي التحميض للفلم الشعاعي يدويا وأوتوماتيكيا لنفس الظروف ومن ثم إجراء القياس لدرجة الاسوداد بواسطة مقياس الكثافات الضوئية حيث يتم بعد ذلك الرجوع إلى العلاقة بين الكثافة الضوئية ومقدار التعرض بوحدة mR للفلم الشعاعي حسب الشركة المصنعة للأفلام الشعاعية كوداك الموضحة في شكل رقم (3) ومن ثم حساب ما تقابله من جرعة شعاعية (Kodak, 2002).



الشكل 3 : العلاقة بين الكثافة الضوئية للأفلام الشعاعية ومقدار التعرض بوحدة mR لخطوط المعايرة العالمية المعتمدة.

الحسابات الخاصة بمعدل التعرض $\dot{X}(R/h)$

يمكن حساب مقدار التعرض للجرعة الإشعاعية نظريا كما يأتي:

ان العلاقة بين معدل التعرض $\dot{X}(R/h)$ ، وفعالية المصدر المشع (A)، والمسافة بين المصدر المشع والعداد (d) وثابت التعرض (Γ) هي(الأحمد، 1993):

$$\dot{\chi}(R/h) = \Gamma \frac{A}{d^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث إن:

A يقاس بوحدة الكيوري (Ci)، d تقاس بـ (m)، Γ تقاس بـ $\frac{m^2 R}{hCi}$

اما ثابت التعرض فيمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$\Gamma = 193.8\sum_{i=1}^{n} fiEi\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

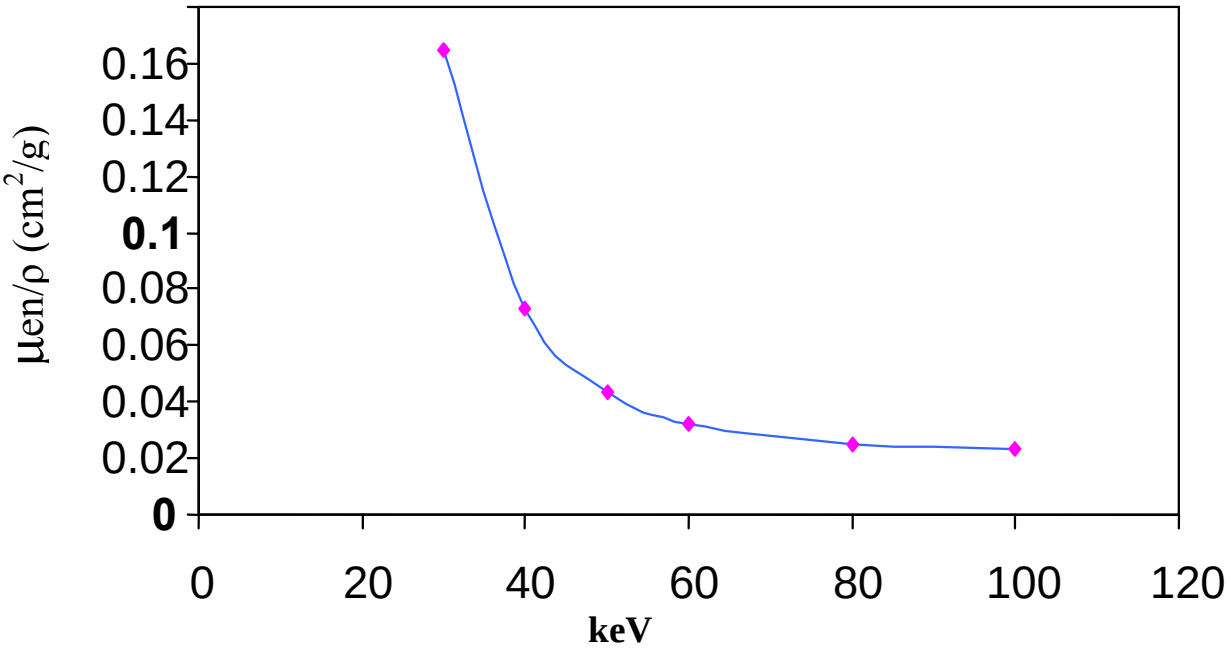
حيث إن:

fi تمثل نسبة عدد الفوتونات التي تحمل طاقة Ei إلى عدد الفوتونات الكلي ويتم الحصول عليها من الجداول حسب (عطية وآخرون، 1990).

Ei تمثل طاقة الفوتون (MeV)

$\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)$ معامل الامتصاص الطاقي الكتلي (m^2/kg) ويتم الحصول عليها من الجداول (الأحمد، 1993) بوحدة (cm^2/g).

ان قيمة معامل الامتصاص الطاقي الكتلي لأشعة كاما المنبعثة من المصدر المشع Am^{241} في حالة الوسط هواء هي ($325x10^{-5}$ m^2/kg) حيث تم الحصول عليها من خلال رسم العلاقة بين معامل الامتصاص الطاقي الكتلي مع طاقة اشعة كاما كما موضح في شكل (4).



الشكل 4 : تغير معامل الامتصاص الطاقي الكتلي للهواء مع الطاقة.

لإيجاد ثابت التعرض (Γ) لاشعة كاما ذات الطاقة 59.5 keV والمنبعث من المصدر المشع ^{241}Am، نجد نسبة الانحلال fi من الجداول (عطية وجماعته، 1990) ونلاحظ بان الفاعلية الإشعاعية للمصدر تساوي 50×10^{-6} Ci وبالتعويض في المعادلة (3) نحصل على:

$$\Gamma = 193.8\times0.3582\times0.0595\text{MeV}\times325\times10^{-5}\,\text{m}^2/\text{kg}$$

$$\Gamma = 0.013\frac{Rm^2}{Ci...h}$$

وبالتعويض عن (Γ) في المعادلة (2) نجد مقدار معدل التعرض $\dot{X}(R/h)$ والذي يساوي (0.7 mR/h) عند مسافة (3 cm) يبعد فيها الفلم الشعاعي عن المصدر المشع Am^{241}.

تم حساب مقدار التعرض $\dot{X}(R/h)$ ولازمان مختلفة كما موضح في الجدول (1).

إن الأخطاء المرتبطة بتقدير قيمة الجرعة بوحدة (mR) وحسابها عند الموقع (3 cm) يعزى إلى خطأ في قياس الكثافة الضوئية لأحد الأفلام المستخدمة مثلاً والخطأ في قراءة الكثافة الضوئية لفلم الأشعة الخلفية وحسب المصدر سكوايرز (Squires, 1968) الذي يحوي جدولاً للعلاقات بين الأخطاء. إن الخطأ في قياس أي كثافة ضوئية بالدنسيتوميتر يساوي 0.01 ±، إذن يصبح الخطأ في الكثافة الضوئية النهائية كما يأتي:

$$(\Delta D_f)^2 = (\Delta D_1)^2+(\Delta D_2)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث أن:

ΔD_f يمثل الخطأ في الكثافة الضوئية النهائية لفلم معين.

ΔD_1 الخطأ في الكثافة الضوئية لنفس الفلم.

ΔD_2 الخطأ في الكثافة الضوئية لفلم الأشعة الخلفية.

وبالتعويض عن ΔD_1 و ΔD_2 بالقيمة 0.01 ± في المعادلة (4) ينتج:

$$(\Delta D_f)^2 = (0.01)^2+(0.01)^2$$
$$\therefore \Delta D_f = \pm0.014$$

حيث ان (0.014 ±) تمثل الخطا في الكثافة الضوئية النهائية ومن ثم نحسب الخطا النسبي في الكثافة الضوئية حسب العلاقة الاتية:

$$\frac{\Delta O.D}{O.D}\times100\%.....(5)$$

على سبيل المثال الخطأ النسبي للكثافة الضوئية (0.26) كما في الجدول (1) يمكن حسابه حسب المعادلة (5)، كالاتي:

$$\frac{\pm 0.014\text{O.D}}{0.26O.D}\times 100\% = \pm 5.3\%$$

إن هذا الخطأ في الكثافة الضوئية النهائية يؤدي إلى خطأ في تقدير التعرض (mR) باستخدام منحني الخواص في الشكل (2) مقداره ضعف الخطأ في الكثافة الضوئية ويساوي (±0.028 mR) ومن ثم تم حساب الخطا النسبي الذي يرتبط مع كل قيمة من قيم التعرض في الجدول (1) حسب العلاقة الآتية:

$$\frac{\Delta mR}{mR}\times 100\%.....(6)$$

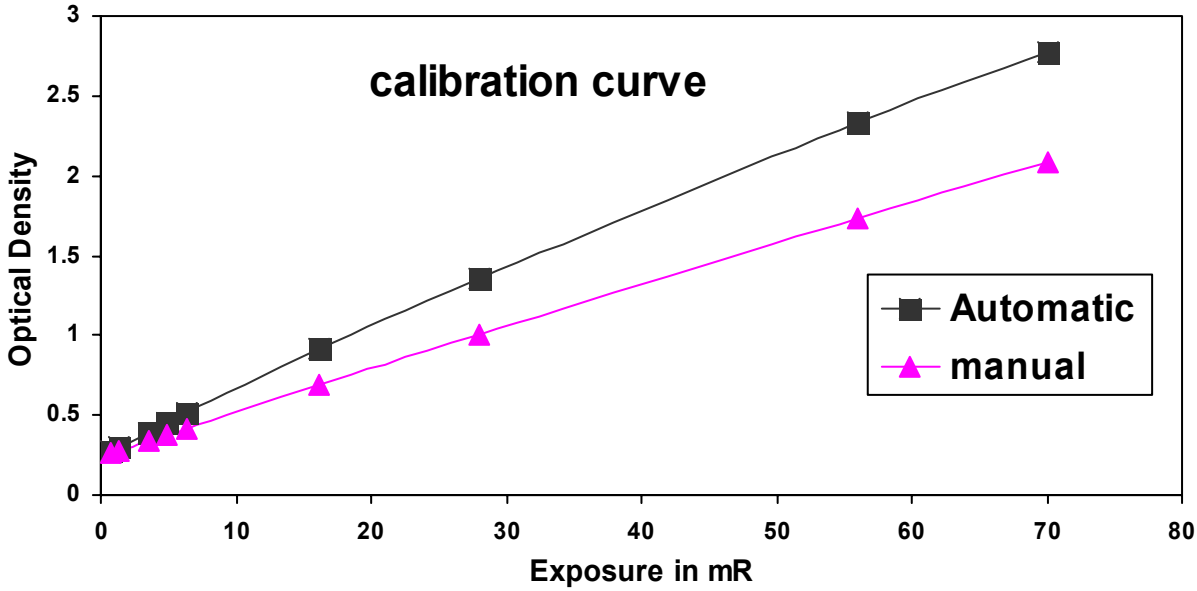
على سبيل المثال فان الخطا النسبي للجرعة (0.61 mR) حسب المعادلة (6) كما في الجدول (1) هو:

$$\frac{\pm 0.028mR}{0.61mR}\times 100\% = \pm 4.5\%$$

الجدول 1 : قياسات للكثافة الضوئية لحالتي التحميض مع مقدار التعرض بوحدة (mR).

Film No.	Time Exposure rate /hr	O.D manual $\pm\frac{\Delta O.D}{O.D}\times 100\% = \pm\%$	Exposure rate mR manual $\pm\frac{\Delta mR}{mR}\times 100\% = \pm\%$	O,D Auto. $\pm\frac{\Delta O.D}{O.D}\times 100\% = \pm\%$	Exposure rate mR Auto. $\pm\frac{\Delta mR}{mR}\times 100\% = \pm\%$	Exposure rate mR Theoretical	Error ratio % Exposure rate dose manual	Error ratio % Exposure rate dose Auto.
1	1	0.26±5.3	0.62±4.5	0..27±5.1	0.61±4.5	0.7	11.5	12.9
2	2	0.28± 5	1.2±2.3	0.30±4.6	1.17±2.3	1.4	14.3	16.5
3	5	0.34±4.1	2.97±0.9	0.39±3.5	2.88±0.9	3.5	15.2	17.8
4	7	0.38±3.6	4.16±0.6	0.45±3.1	3.99±0.7	4.9	15.22	18.6
5	9	0.42±3.3	5.34±0.5	0.51±2.7	5.07±0.5	6.3	15.3	19.6
6	23	0.69±2.0	13.5±0.2	0.92 ±1.5	12.69±0.2	16.1	16.2	21.2
7	40	1.00±1.4	22.5±0.12	1.36± 1.0	20.7±0.13	28	19.7	26.1
8	80	1.73±0.8	44±0.06	2.34±0.59	38.72±0.07	56	21.5	29.9
9	100	2.08±0.6	54.5±0.05	2.78±0.5	45.87±0.05	70	22.2	33

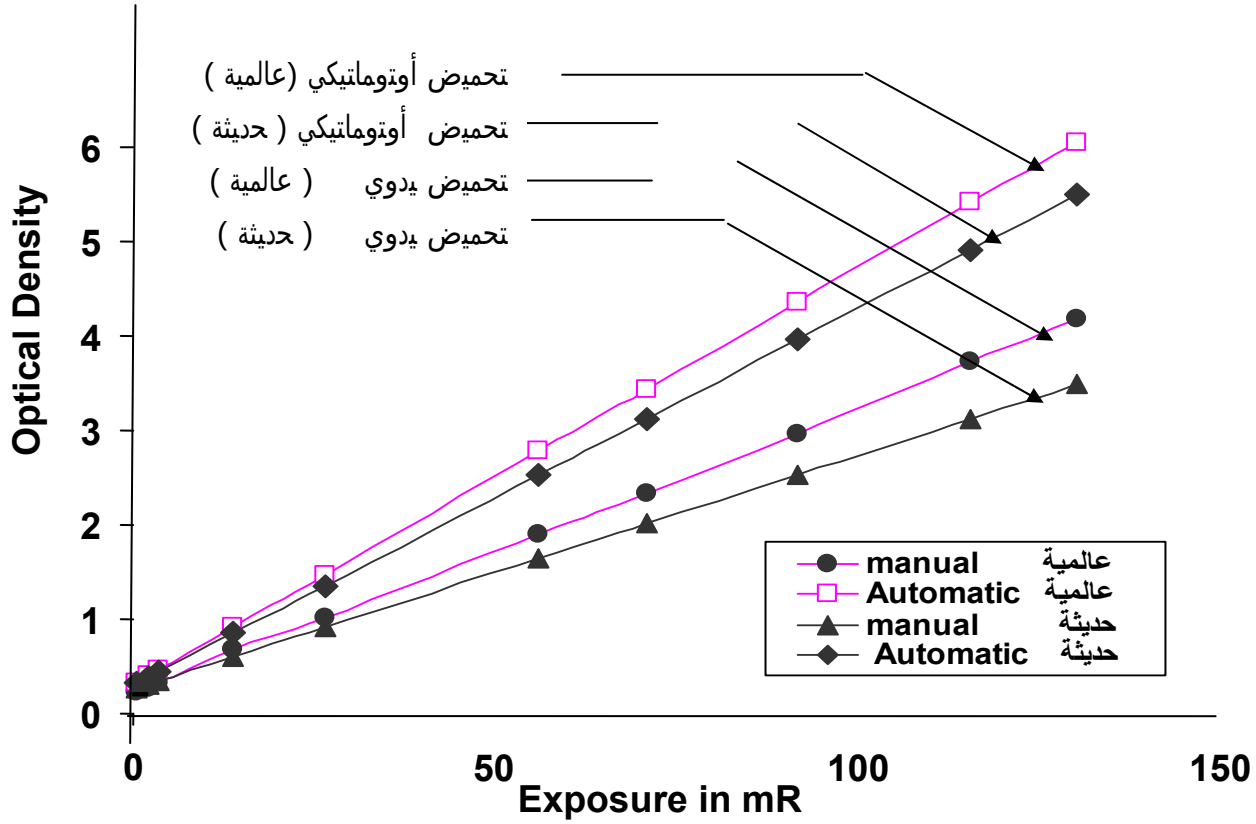
من الجدول رقم (1) يمكن رسم العلاقة بين الكثافة الضوئية ومقدار التعرض للفلم اشعاعي بوحدة mR (العمود السابع في الجدول اعلاه) في الحالتين (يدويا واتوماتيكيا) لايجاد خطوط المعايرة الحديثة كما موضح في الشكل (5).



الشكل 5 : منحني المعايرة لحالتي التحميض لجهاز الدنسيتوميتر.

المنافشة

عند رسم العلاقة بين الكثافة الضوئية و مقدار التعرض لخطوط المعايرة العالمية والحديثة لحالتي التحميض اعتمادا على جدول (1) كما موضح في شكل (6)



الشكل 6 : علاقة مقدار التعرض بوحدة mR مع الكثافة الضوئية لفلم الأشعة السينية في حالتي التحميض (يدويا واوتوماتيكيا) عمليا ونظريا.

نلاحظ ان النسبة المئوية للفرق بين خطوط المعايرة العالمية والحديثة وللحالتين (الاوتوماتيكي واليدوي) تزداد مع زيادة التعرض بشكل طردي، اما حساسية الفلم (ميل الخطوط المستقيمة) الحالية فهي اقل من العالمية وربما يعود السبب الى قلة كفاءة جهاز الدنسبتوميتر والمعاملة الكيميائية وكذلك انه عند المسافة (3 cm) فان تطبيق قانون التربيع العكسي غير دقيق حسب المعادلة رقم (2)، وبذلك يفضل دائما ايجاد خطوط المعايرة بعد كل فترة زمنية ولكل تقنية خاصة بالمعاملة الكيميائية والقياسات.

تم اجراء استقراء للجرع الإشعاعية ما بعد (70 mR) حسب معادلة المنحني لحالتي التحميض للقياسات الحديثة لأجل اجراء مقارنة مع القياسات العالمية. إن اختلاف قراءة الفلم الشعاعي في حالتي التحميض عمليا كما المبين في الشكلين (5) و(6) يعود إلى عدم إمكانية التحكم بزمن التحميض لإظهار درجة الاسوداد للفلم الشعاعي مما يؤثر على حساسية الفلم للجرعة الإشعاعية الان جميع الظروف المتبقية من حجم المحلول ودرجة حرارة كانت ثابتة (Kodak, 2002).

ان تعرض الفلم الشعاعي الى ظروف خزن غير ملائمة مع التعرض للظروف الخارجية لفترة طويلة من الزمن كأشعة الشمس قد يؤثر على حساسية الفلم الا ان في هذا البحث تثبيت استخدام واقيات خاصة بفلم الاشعة السينية لحمايته من الظروف الخارجية.

ان اهمية استخدام المصدر المشع ^{241}Am في هذه الدراسة تعتمد على كون طاقته قريبة من طاقة فوتونات الاشعة السينية المتولدة من انابيب التفريغ المستخدمه في الاجهزة الطبية والتي تعمل بفرق جهد مقداره 50 kV (Kodak, 2002).

ان قراءات الجرعة الإشعاعية لحالتي التحميض اليدوي والاوتوماتيكي كانت قريبة الى حد ما من القيم النظرية خصوصا عند التعرض للجرعة الواطئة وتزداد نسبة الخطا كلما زاد زمن التعرض للجرعة المستلمة حيث يبدو ذلك واضحا في حالتي التحميض.

إن وضع الفلم الإشعاعي على مسافة (3 cm) كان الهدف منه هو الحصول على اكبر جرعة إشعاعية وذلك لان اقل جرعة اشعاعية يتحسس لها الفلم هي (6700 nSv/h) (Qusay, 2004) وبالتالي تكون جميع قياسات الفلم الشعاعي ضمن منحني الحساسية أو منحني الخواص للفلم ضمن منطقة التعرض الصحيح .

الاستنتاجات

من خلال النتائج المستحصلة يمكن ان نستنتج بأنه يجب مراعاة إجراء عملية معايرة خلال فترات زمنية منتظمة لجهاز مقياس الكثافات الضوئية (الدنسيتوميتر) لبيان كفاءته وذلك لأجل الحصول على اقل نسبة للأخطاء الناتجة من تشغيله.

المصادر العربية

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

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

عطية، علي عبد الله، شذى سلمان الدركزلي، مازن صاموئيل الياس، 1990. الفيزياء التجريبية. مطابع التعليم العالي، بغداد.

المصادر الأجنبية

Blanton, T.N., 2003. X-ray Film as Atwo – Dimensional Detector for X-ray Diffraction Analysis, Eastman Kodak Company, Imaging Materials and Media Researchand Development Rochester, New.

Kodak Dental Film-Data Sheet, 2002.Germany.

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

Meredith, W.J. and Massy, J.B., 1977. Fundamental Physics of Radiographic. John Wright, Bristal.

Pasma, 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 Healh, 2005. Film –Screen Combinations in Veterinary Radiography ,Germany.

Al-Dulayme, Q.KH. and Omer, 2004. X-ray Radiation Hazard from TV and Video Display Terminals, M.Sc. Thesis, University of Mosul

Squires, 1968. Practical Physics – Mc Grow –HA Publishing Company Ltd Table 4.1