قياس وحساب معامل التوهين الخطي والكتلي للأشعة السينية لمادة الخشب

فريد مجيد محمد و عبد الهادي مردان غالب

قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة تكريت، تكريت، جمهورية العراق

الملخص:

أجريت قياسات التوهين للأشعة السينية لمديات الفولتية (15, 20, 25, 30, 35)KV لمادة الخشب وباستخدام وحدة الأشعة السينية(X-ray unit) مع أنبوبتي توليد الأشعة السينية(النحاس والمولبدنيوم) (Tube Cu, Tube Mo) ومنظومة كاشف كايكر – مولر (G-M detector).

تم الحصول عل معامل التوهين الخطي (μ_L) لمديات الفولتية المذكورة آنفا من خلال المعادلات الخطية لناتج عملية التمثيل البياني بين لوغاريتم الامتصاصية وسمك النموذج X(cm) وأيضا تم الحصول على معاملات التوهين الكتلي (μ_m) لنفس مديات الفولتية من خلال العلاقة البيانية بين لوغاريتم الامتصاصية والسمك المكافيء للنماذج ($X_m(gm/cm^2)$ حيث أن ميل العلاقة البيانية يمثل معامل التوهين سواء كان خطياً أو كتلياً.

تم استنتاج العلاقة الطردية بين لوغاريتم الامتصاصية للأشعة السينية مع السمك والسمك المكافئ للخشب والعلاقة العكسية بين معاملات التوهين الخطية والكتلية للخشب مع فولتية توليد الأشعة السينية.

المقدمة:

لقد دأب الباحثون منذ فترة طويلة على قياس وحساب توهين الأشعة السينية وباستخدام طاقات ومواد مختلفة لما لها من استخدامات وتطبيقات في مجالات مختلفة حيث تم قياس معامل الامتصاص الكتلي للأشعة السينية لكل من (Ag, Cu, Al, Mg, Be) باستخدام أطوال موجية تتراوح ما بين A°(17-7) من قبل Cook وآخرين [1]، حسابات التوهين للأشعة السينية ذات الطاقة MeV (32-4) لمواد موصلة كالحديد والفضة ومواد عازلة كالكونكريت الثقيل والاعتيادي كتدريع للأشعة من قبل Maruyama وآخرين [٢] ، أيضاً أجريت حسابات لمعامل التوهين والامتصاص الكتلي للعناصر (H, C, N, O, Ar) فضلاً عن خلائط مختلفة أخرى باستخدام أشعة سينية لمدى من الطاقات (0.1 Kev –20 Mev)، (Hubbell) [٣].

تم حساب معامل التوهين الكتلي لفوتونات أشعتي أكس وكاما تمتد طاقتها من (10 Kev) الى (100 Mev) وذلك لـ (69) عنصراً ونسيجاً مختلفاً، (White & Fitzgerald) [٤].

ستخدمت صخور (Basalt, Granite) والطين بوصفها مواد تدريع للأشعة السينية الضعيفة (Soft X-Ray) تتراوح فولتيات تشغيل أنبوبتها من (15 Kv-25 Kv)، ولحزمة ضيقة مسدودة من هذه الأشعة فقد وجدوا أن معامل إمتصاص الأشعة (μ) يزداد مع تناقص الحجم الحبيبي $(\frac{\mu}{\rho})$ كما يزداد مع ازدياد ضغط الامتصاص الكتلي والحجم الحبيبي هي علاقة خطية وان ميل المستقيم ثابت لكل النماذج باستثناء القياس عند فولتيات التشغيل KV (17.5-15) كما وجدوا أن سمك النصف يزداد خطياً مع زيادة الحجم الحبيبي وان ميل هذه العلاقة ثابت لكل النماذج ، (Gameel) وآخرين [٥] ،(Hubbell) وآخرين،[6] قاموا بدراسة لمقاطع الفوتونات العرضية ومعامل التوهين الكتلي للعناصر ذات الأعداد الذرية(Z=1-100) لطاقات أشعة سينية ضمن المدى (1Mev-100Gev)،أيضاً(Hubbell) [7] قام بإجراء حسابات لقيم معاملات التوهين ومعاملات امتصاص الطاقة الكتلية لطاقات الفوتونات تتراوح (1 Kev –20 Mev) وذلك لأربعين عنصراً أعدادها الذرية من الهيدروجين (Z = 1) وحتى اليورانيوم (Z =92) بالإضافة إلى خمس وأربعين مركباً وخليطا، مقاطع الفوتونات العرضية للعناصر آلاتية (Pt ،Ph , U Fe, Ni, Sn, Ta, Au,) تم قياسها باستخدام جهاز أشعة سينية ذات طاقة Kev(40 -1)، (Del Brande)[٨] ، معاملات التوهين للأشعة السينية للمقاطع العرضية للعناصر من (Z =1- 92) ولمدى من الطاقات(100 Kev –100 Mev) ، (Saloman) وآخرين،[٩] ، نفس الدراسة ولنفس العناصر ولكن باستخدام مدى الطاقة 30- ev 10) (Kevمن قبل (Gullikson) وآخرين،[١٠].

وجد توافق جيد بين القيم المحسوبة نظرياً والمقاسة للتوهين الكلتي لعنصر الهليوم (He) ضمن مدى الطاقة Kev(10– 5)،(Azuma) [١١].

قياسات لمعاملات التوهين الكتلي لعناصر الكربون وألمنيوم والحديد والقصدير لمدى طاقة 50 Kev من قبل Fysik [١٢].

قياسات أخرى لمعاملات التوهين للأشعة السينية لبعض المحاليل المائية مثل (C_{43} H_{47} N_2 NaO_6 S_2) بنسبة 0.5% و(Chitosan Glycated) بنسبة 1% وخليط من محلولين بنفس النسبة وكذلك أيجاد معاملات التوهين لـ(H_2O) باستخدام الفولتيات KV(30 , 26 , 22) ، (Xu) وآخرون، [١٣].

دراسة التوهين للأشعة السينية وأشعة كاما في أوساط مختلفة شملت (الهواء، الماء، الخشب، الكونكريت والنحاس) بطاقات مختلفة للأشعة السينية وأشعة كاما ضمن المدى (Cesareo) (5Kev –1 Mev) وآخرون [14] ، دراسة نظرية أجريت لإيجاد معامل التوهين الكتلي للعناصر(Z =1- 92) باستخدام الفولتية (120 KV) ،(Vincent) وأخرون [15] ، معاملات التوهين لعنصرالالمنيوم والسليكون باستخدام طاقة تتراوح Kev (5.6 5.4 5.2, 5) على التوالي تم قياسها من قبل (Tran) وآخرين [16] .

تمت دراسة معامل التوهين للأشعة السينية للحديد ولمدى فولتية Kev (240 –120) من قبل (Dorobantu)[١٧] ، قياسات أجريت لمعاملات التوهين الخطي والكتلي للألمنيوم والفضة باستخدام طاقة (80 KeV) (David) [18] .

الدراسة الحالية تهدف الى قياس معاملات التوهين الخطية والكتلية لمادة الخشب لما له من أهمية بالغة فيُعد وسطاً هيكلياً مكافئاً للدراسات الجارية في الماء وفي المواد البايولوجية فالخشب مواده مشابهة للأنسجة في جسم الإنسان حيث من الصعوبة إجراء دراسات لقياس الجرع الاشعاعية باستخدام أنسجة حية لذلك تجري دراسات تطبيقية بأستخدام مواد مشابهة ومكافئة للأنسجة.

الجزء النظري:

أ- التوهين:

في أثناء مرور حزمة فوتونات الأشعة السينية خلال وسط معترض (مادة موهنة) فأن كل فوتون في هذه الحزمة سيكون أمامه، أما أن لا يتفاعل على الإطلاق مع مادة الوسط أو بتفاعل بوساطة تفاعلات الامتصاص والاستطارة [١٩].

إنَّ الحزمة نتيجة إزالة الفوتونات المتفاعلة منها ستعاني توهيناً Attenuation [٢٠]. وتوهين الحزمة قد يكون بشكل توهين لشدتها (intensity Attenuation) و (أو) توهين لطاقتها (Energy Attenuation)، إذْ إنَّها (الشدة أو الطاقة) تتناقص مع طول المسار التي تقطعه خلال هذا الوسط [٢١].

فعند مرور حزمة فوتونية شدتها (I)خلال وسط معترض فأنه توجد احتمالية لكل فوتون بأنْ يتفاعل ويزال من الحزمة بينما يقطع مسافة مقدارها (ΔX) ضمن هذا الوسط وعليه فأن الأحتمالية لإزالة الفوتون من الحزمة لكل وحدة مسار يمكن تمثيلها بالعلاقة الآتية:-

$$\mu = \underset{\Delta x \to 0}{\text{Limit}} \frac{P}{\Delta X} \quad \text{---------- (1)}$$

إذْ إنَّ (μ) يمثل خاصية المادة للتفاعل الجاري، وهو بشكل عام يعتمد على ما يلي [٢٢].

١- طاقة الفوتون الساقط.

٢- نوع التفاعل الذي يخضع له الفوتون.

٣- تركيب وكثافة الوسط المعترض.

و(p) يمثل الاحتمالية ويعطي في المعادلة الآتية:-

$$P = \frac{(nAdx)\sigma}{A} = n\sigma dx \quad \text{-------(2)}$$

وعند تعويض قيمة (P) في المعادلة (1)، نجد أن احتمالية التفاعل لكل وحدة طول المسار(μ) تتناسب مع الكثافة الذرية.

$$\mu = \sigma n \quad \text{--------(3)}$$

إذْ إنَّ (σ) يمثل المقطع العرضي الكلي لإزالة الفوتون من الحزمة بتفاعلات الامتصاص (التأثير الكهروضوئي، إنتاج الزوج) والاستطارة (تأثير كومبتن) فإنَّ [٢٣].

$$\sigma = \sigma_{ph} + Z\sigma_c + \sigma_{p.p}\,(cm^2/atom) \quad \text{----(4)}$$

وبشكل عام، فعند سقوط حزمة فوتونية أحادية الطاقة بشدة (I_0)على وسط معترض كثافته الذرية (n) وسمكه (dx)، فإنَّ التناقص في الشدة (dI) عن قيمة الشدة الابتدائية (I_0) نتيجة تفاعل الفوتونات وامتصاصها في الوسط واستطارتها منه، هو:-

$$-dI = In\sigma dx$$

$$[-dI = I\mu dx] \text{ ------(5)}$$

وبإجراء التكامل لهذه المعادلة نحصل على شدة الحزمة الفوتونية النافذة من الوسط المعترض (بنفس طاقتها الابتدائية) دون أن تتفاعل (حيث$I_0 > I$) [٢٤].

إذْ نلاحظ من المعادلة (6) أن الحزمة النافذة قد عانت تناقصاً أسياً في شدتها مع طول المسافة (X) التي قطعتها في الوسط مقداره (μ) [٢٥].

وأن المقدار [exp(-μx)]. يمثل احتمالية قطع الفوتون مسافة (x) داخل الوسط الموهن دون تفاعل وأنه قد يتفاعل فقط بعد أن يعبر المسافة (x) مباشرة [٢٦].

$$I = I_o \exp(-\mu x) \text{ ----------(6)}$$

ب - دالة التوهين Attenuation Function

دالة التوهين تتعين بنوع الإشعاع الساقط والوسط الموهن Attenuation وهي تمثل العلاقة الرياضية أو نمط التوهين الذي تخضع له الجسيمة الساقطة (فوتون، جسيمة مشحونة أو غير مشحونة) وتوجد ثلاثة دوال توهين تغطي معظم الحالات [٢١] وهي :-

١- التوهين التفاضلي (Differential Attenuation)

يحدث في الأوساط الرقيقة جداً (Very thin mediums) والتي يكون سمكها (dx) إذا إنَّ أحتمالية تفاعل الفوتون في هذا الوسط وامتصاصه تكون ضئيلة جداً (Md x<<1) وعليه فدالة التوهين ستكون بالشكل:-

$$I = I_o (1 - \mu dx) \text{ -------(7)}$$

٢- التوهين الكاوسي (Gaussian Attenuation)

يستخدم في وصف توهين الجسيمات المشحونة في المادة ويخضع هذا النوع من التوهين لدالة كاوس الإحصائية Gaussian Distribution.

٣- التوهين الأسي (Exponential Attenuation)

وهذا النوع من التوهين يتصف بما يلي:-

- طاقة الفوتونات تبقى ثابتة قبل وبعد النفاذ من الوسط الموهن.
- شدة الحزمة تتناقص أسياً على طول مسار الفوتونات الساقطة في الوسط الموهن.
- كل فوتون في الحزمة يتم حذفه من الحزمة يتفاعل منفرد مع ذرات الوسط الموهن.

جـ - معاملات التوهين (Attenuation Coefficients)

التوهين الأسي فأن كمية التوهين الحاصلة في الشعاع الساقط عند اختراقه مادة الهدف تعتمد على المقطع العرضي للتفاعل وشدة الشعاع الساقط وبما أن (μ) تمثل أحتمالية إزالة الفوتون من الحزمة لكل وحدة مسار خلال تفاعله مع ذرات الوسط الموهن نتيجة التفاعلات الامتصاص والاستطارة [٢٧].

إذْ إنّ معامل التوهين الكلي (μ) يمثل مجموع معاملات الامتصاص الجزئي لكل من (تأثير كومبتن – التأثير الكهروضوئي وإنتاج الأزواج) كما في المعادلة التالية [٢٨].

$$\mu = \mu_{ph} + \mu_c + \mu_{p.p} \quad \text{-----(8)}$$

(μ_{ph}) – يمثل احتمالية إزالة الفوتون وامتصاصه في الوسط الموهن نتيجة التأثير الكهروضوئي ويعطى من خلال العلاقة الآتية :-

$$\mu_{ph} = n.\sigma_a \quad --8-a)$$

إذْ إنَّ (σ_a) المقطع العرضي للأثر الكهروضوئي. (μ_c) تمثل احتمالية استطارة كومبتن الكلية وتتضمن (احتمالية الاستطارة ($\mu_{c.s}$) واحتمالية الامتصاص ($\mu_{c.a}$) وتعطى بالعلاقة:-

$$\mu c = \mu_{c.s} + \mu_{c.a} = nZ\sigma_c \quad --(8-b)$$

إذ أن (σ_c) المقطع العرضي لتأثير كومبتن ويمثل المقطع العرضي للاستطارة والامتصاص،(n) تمثل عدد الذرات الموجودة في ($1cm^3$) من المادة الممتصة (Z) ، وهو عدد الذري للمادة المعينة .

و($\mu_{p.p}$) احتمالية إزالة الفوتون وامتصاصه نتيجة إنتاج الزوج (Pair Production) ويحسب رياضياً من خلال العلاقة الآتية:-

$$\mu_{p.p} = n\sigma_{p.p} \quad ----------(8-c)$$

بينما من الممكن حساب المقطع العرضي لإنتاج الأزواج($\mu_{p.p}$) بطريقة عددية لبعض المواد بالمعادلة الآتية:-

$$\sigma_{p.p} = 5.93\, Z^{2}\, x10^{-28}(m^2) \quad ---(8-d)$$

ويتضح من العلاقة السابقة أن المقطع العرضي لإنتاج الأزواج يتناسب مع مربع الذري (z) للمادة الماصة وهذا ما يؤكد أفضلية العناصر الثقيلة في عمل الحواجز الواقية من إشعاعات السينية وتبعاً لما تقدَّمَ فإنَّ معامل التوهين (μ) يشمل بصورة عامة تفاعلات الامتصاص والاستطارة أي يكون على الشكل الآتي [٢٣].

$$\mu = \mu_a + \mu_s \quad ----------(9)$$

(μ_a) معامل التوهين الناتج عن الامتصاص ، (μ_s) معامل التوهين الناتج عن الاستطارة ، ومن معادلة التوهين الأسي (6) نجد أن معامل التوهين (μ) يمكن تمثيله بوحدتين هما :-

١- عند قياس سمك المادة (x) أو طول المسار التي تقطعه الفوتونات بودات الطول (cm) فإنَّ معامل التوهين المحسوب سيكون بوحدات(cm^{-1}) ويدعى معامل التوهين الخطي الكلي (μ) (Total Linear attenuation Coefficient). ومعامل التوهين الخطي الكلي يعتمد على طاقة الفوتون الساقط ، العدد الذري (z) لمادة الوسط الموهن وعلى كثافة الوسط (ρ) [٢٩].

٢- أما عندما يكون سمك الوسط الموهن (x) بوحدات الكلتة لوحدة المساحة (gm/cm^2) فإنَّ معامل التوهين الناتج من المعادلة (2-15) سيكون بوحدات (cm^2/gm) ويدعى معامل التوهين الكتلي الكلي (μ_m) (Total mass Attenuation Coefficient) وعلاقته بمعامل التوهين الخطي هي:-

$$\mu_m = \frac{\mu_L}{\rho} = \frac{1}{\rho x}\ln\left(\frac{I_o}{I}\right) --(10)$$

(ρ) كثافة الوسط المعترض ، يعتمد معامل التوهين الكتلي على طاقة الفوتون والعدد الذري للوسط المعترض (z) [31,30].

نلاحظ من المعادلة (8) ومن ثم المعادلات (8-a) و(8-b) و(8-c) أنَّ معامل التوهين الكلي (سواءاً كان خطياً أو كتلياً) يعتمد على المقطع العرضي لكل التفاعل يسهم في المقدار التوهين وكذلك فإنَّ معاملات التوهين سنتيمتر اعتماداً على ما سبق بما يلي [24].

1- معامل التوهين للأثر الكهروضوئي (μ_{ph}) يسود في طاقات الفوتون ولمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة.

٢- معامل التوهين تأثير كومبتن (μ_c) يسود في طاقات الفوتون المتوسطة، ولمواد ذات الأعداد الذرية القليلة.

3- معامل التوهين إنتاج الأزواج ($\mu_{p.p}$) يسود من طاقات الفوتون العالية، ولمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة.

أما فيما يخص معامل التوهين الكتلي ($\mu_{m.c}$) للمخاليط والمركبات فيعْطَى بحسب العلاقة الآتية [3,7] .

$$\mu_{m.c} = \sum_i w_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i \quad ----(11)$$

إذْ إنَّ (w_i) تمثل النسبة الوزنية للعنصر الى المركب، $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)$ معامل التوهين الكتلي لكل عنصر من عناصر المركب أو المخلوط على حدة.

٣- الجزء العملي:

تم استخدام جهاز أشعة سينية (35 KV) وكاشف للأشعة من نوع عداد كايكر موللر وحاسوب من نوع P4 ونوعين من الأنابيب المولدة للأشعة السينية (Cu, Mo) وتم إجراء القياسات الخاصة بالتوهين للأشعة السينية في عينات الخشب.

أ - الأجهزة المستخدمة:-

أولاً:- جهاز وحدة الأشعة السينية (٣٥ كيلوفولت) X-Ray Unit, 35KV تم تجهيزه من قبل شركة PHYWEتتكون الوحدة من الأجزاء التالية:-

1- **مساحة التجربة** **Experimenting area**

هي مساحة أو فضاء لوضع معدات أخرى إضافية مثل الجونيوميتر (Goniometer) أو مواد أخرى.

2- لوحة السيطرة **Control Panel**

هي التي يتحكم من خلالها على جميع القيم التي يتم تغذيتها الوحدة كالتيار، الفولتية، الزوايا والزمن (Input) وكذلك القيم الخارجة (Output) لكل القيم المتوفرة المقاسة وأيضا عمل الجونيوميتر.

3- نافذة المشاهدة **Observation Window**

لملاحظة عمل أنبوبة الأشعة السينية من خلالها.

4- العارض الرقمي **Digital displays**

يعرض اثنان من القياسات وبأربعة أرقام ضوئية 4-digtal LED

5- الجزء الخاص بإدخال الأنبوبة **Tube-insert compartment**

6- الشاشة المتفلورة **Flourescent Screen**

7- صندوق الملاحق **The accessory box**

معدات إضافية يمكن وضعها فيه لتكون متوفرة تحت الطلب.

8- قفل الباب **Door-Lock**

وفيه يتم التحكم بغلق الباب الزجاجي المطعم بالرصاص.

ثانياً: الجونيوميتر **Goniometer**

للجونيوميتر محركين متدرجين يعملان بصورة منفصلة كلياً واحد عن الآخر. فاحدهما يتم تثبيت حامل العينة عليه والآخر لحامل العداد وعادة عداد كايكر – موللر وهذان المحركان يدوران بشكل منفصل أو مزدوج وبعلاقة زاوية بين العينة والعداد.

ثالثاً:– مسدد المصدر Source Collimater

يقوم بتسديد الأشعة المنبعثة من الأنبوبة والساقطة بصورة عمودية على النموذج. والمسدد يكون على شكل اسطوانة دائرية ذات قطر (2 cm) وطول (3 cm).

رابعاً:– مسدد الكاشف Detector Collimater

يقوم هذا المسدد بتوجيه الأشعة النافذة من النموذج ويسقطها بشكل عمودي على العداد (G-M Counter) ولا يسمح للأشعة المستطارة من النموذج (Sample) بالوصول الى العداد.

خامساً:– أنبوبة الأشعة السينية The X-Ray tube

يسخن الكاثود بواسطة فتيلة مجاورة يمر خلالها تيار كهربائي فيعطي الكاثود سيلاً ً وافراً من الالكترونات عن طريق الانبعاث الحراري يوضح فرق جهد عالٍ بين الكاثود والهدف المعدني (الأنود) إذْ يسمى بجهد الأنود (V_A~35KV) وهذا الجهد يعمل على تعجيل الالكترونات الواردة من الكاثود للسقوط على الأنود (الهدف) والذي يشكل سطحه زاوية مع حزمة الكترونات وبذلك فإنَّ الأشعة السينية المنبعثة من الأنود (الهدف) ستخرج من الجهاز عن طريق فتحة دائرية من جانب الأنبوبة.

وأن الأنبوبة مفرغة من الهواء لكي يسمح للالكترونات بالوصول الى الهدف دون عرقلة [٣٢].

وتم استخدام نوعين من الأنابيب في هذا البحث.

أ – أنبوبة النحاس CU X-Ray tube

ب:– أنبوبة الموليدنيوم MO X-Ray tube

سادساً:– أنبوبة عداد كايكر – موللر G -M Counter

العداد المستخدم بشكل أنبوبة معدنية مفرغة من الهواء تحتوي على أحد الغازات الحاملة تحت ضغط واطيء وتحوي الأنبوبة في داخلها على الأنود ويكون بشكل سلك في وسطها ويحيط به الكاثود بشكل أسطواني.

هذه الأنبوبة لها القابلية على التحسس بالإشعاع فتسليط الجهد الكهربائي المناسب يتم التحسس بوجود الإشعاع وذلك بالاعتماد على التأين الذي يحدثه الإشعاع في الغاز داخل الأنبوبة فتتجمع الأيونات السالبة على الأنود والايونات الموجبة على الكاثود [٣٣].

أن عدادات كايكر – موللر تستخدم على نطاق واسع في أجهزة قياس حساسية جيدة على الرغم من صغر حجمها وذلك بفضل التضاعف الأيوني الكبير الذي تملكه فضلاً عن أنّ حجم النبضة الكهربائية التي يعطيها العداد كبير ويصل الى بضعة فولتيات ولذلك فأنها ليست بحاجة لكثير من التضخيم [١٩].

ب– نماذج الخشب: – تم تهيئة نماذج من خشب الليمون بأسماك مختلفة وبقطر (1.54 cm) وصقلت العينات صقلاً جيداً يوضح عينات الخشب.

تم حساب الكثافة الظاهرية الجافة لكل عينة حسب سمكها باستخدام العلاقة (1- 3).

$$\rho_{sample} = \left(\frac{m_s}{v_t}\right)_{sample} = \frac{m_s}{r^2.X} \text{----------(12)}$$

حيث أن:– **X**: يمثل سمك العينة بوحدات السنتمتر للخشب.

r : نصف قطر العينة الأسطوانية الشكل بالسنتمتر.

m_s : كتلة العينة.

V_t : حجم العينة .

m_s تم قياسها باستخدام ميزان حساس (حساسية تصل الى (0.1mg) نوع Sartorius BL2105 .

V_t حجم العينات تم قياسها باعتبارها عينات اسطوانية الشكل. في الجدول (1) تم إدراج جميع هذه القياسات وقد جففت عينات الخشب الرطب باستخدام فرن كهربائي وبدرجة حرارة 65c° ولمدة 48 ساعة للتخلص من اكبر قدر ممكن من المحتوى الرطوبي (Moisture Content).

ونظراً لتغير السمك العينات الخشب فأن الكثافة الظاهرية في العلاقة (12) تتغير تبعاً لتغير السمك.

جدول (1): يوضح سمك العينات X(cm) وكتل العينات(m_s) والكثافة الظاهرية(ρb) لعينات خشب ليمون بعد تجفيفه بدرجة حرارة 65c° ولمدة 48 ساعة .

السمك X(cm)	1.025	1.686	2.297	2.69	3.39
الكتلةm_s(gm)	1.1704	1.7898	2.4285	2.9735	3.6813
الكثافة الظاهرية ρ_b (gm/cm^3)	0.613	0.570	0.567	0.593	0.583
السمك المكافيءX_m (gm/cm^2)	0.628	0.961	1.302	1.595	1.9763

جـ – مصادر الخطأ Error Sources

في أثناء القيام بإجراء القياسات تتولد أخطاء تجريبية تؤثر على دقة النتائج ومصادر هذه الأخطاء هي:–

١– الأخطاء الناتجة عن التذبذب الإحصائي [٣٤]. ولتقليل هذه الأخطاء يتم زيادة زمن العد أو زيادة عدد القراءات للفترة المحددة.

٢– الأخطاء الناتجة عن عدم التجانس في السمك على سطح النموذج نفسه [٣٥].

ولتقليل هذه الأخطاء يتم إعادة القياسات أكثر من مرة وتحريك النموذج في كل مرة لتعريض جميع المناطق للإشعاع.

د – الإحصاء Statistics

أولاً – الانحراف المعياري Standard Deviation

تعد عملية انحلال نؤيده منفردة وما يصاحبها من إطلاق الجسيمات أو إشعاعات نووية عملية عشوائية بحتة، لقوانين الإحصاء الرياض[٢٨]، لذا فإنَّ التراوح الإحصائي بسبب لإدامة في القياسات النووية بحيث تنحرف قيم العد في وحدة الزمن عن قيم معدلات العد عند الزمن نفسه [٣٦].

يعكس قياس التراوح الإحصائي(σx) ولعدد محدد من القياسات (N) بالعلاقة الآتية [٢٨].

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\overline{X} - Xi)^2}{N-1}} \text{---(13)}$$

إذا إنَّ $\overline{X}$ الوسط الحسابي لعدد (N) من القياسات المنفردة.

ثانياً:- الضبط Precision

تمثل مدى التوافق بين القراءات المنفردة المأخوذة في الظروف نفسها Relative Standard Deviation (R.S.D) ويعطها بالعلاقة الآتية [٣٧].

$$R.S.D = \left[\frac{\sigma(X)}{\overline{X}}\right]\times 100\,\% \text{----------(14)}$$

$\overline{X}$:- الوسط الحسابي (معدل القراءات).

σ_x :- الانحراف المعياري (التراوح الإحصائي) .

هـ - قياسات التوهين Attenuation measurements

لقياس وحساب قيم معاملي التوهين الخطي والكتلي(μ_L , μ_m) لنماذج الخشب فتم إتباع الخطوات الآتية :-

1- تثبت أنبوبة النحاس للأشعة السينية (Cu x-ray tube) في المكان المخصص لها في المنظومة.

2- تعيين زمن القياس اللازم في التجربة.

3- تثبت زاوية الكاشف على الصفر بواسطة جهاز الجونيوميتر (Goniometer) .

4- تثبت قيمة الفولتية للحد الذي يراد به قياس معاملي التوهين الخطي والكتلي للنماذج.

5- قياس شدة الأشعة السينية الساقطة المباشرة وعند عدم وجود العينات وتمثل(I_o).

6- قياس شدة الأشعة النافذة بوجود العينات وتمثل (I).

7- حساب قيم الانحراف المعياري لمحاولات القياس لكل من (I) الشدة النافذة و(I_o) الشدة الساقطة وباستخدام المعادلة (13) لتكون (σ او I^o σ) على التوالي لكل عينة من عينات الخشب.

8- الخطوات السابقة تكرر لأنبوبة المولبدنيوم (Mo x-ray tube).

9- والشكل (١) يمثل الأجهزة المستخدمة وطريقة الربط.

الشكل (١): يوضح الأجهزة المستخدمة وطريقة الربط

٤- النتائج - الحسابات و المناقشة:

أ - تحديد كل من معاملي التوهين الخطي (μ_L) والكتلي (μ_M)

من خلال قياس معدلات العد (I_o,I) لكل نماذج الخشب . أمكن حساب لوغاريتم الامتصاصية لأشعة السينية لكل نموذج، إن العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية وسمك النموذج هي علاقة خطية بحسب المعادلة (6) عندما تصبح على الشكل:-

$$\mu = \frac{\ln(I_\circ / I)}{X} \text{---(15)}$$

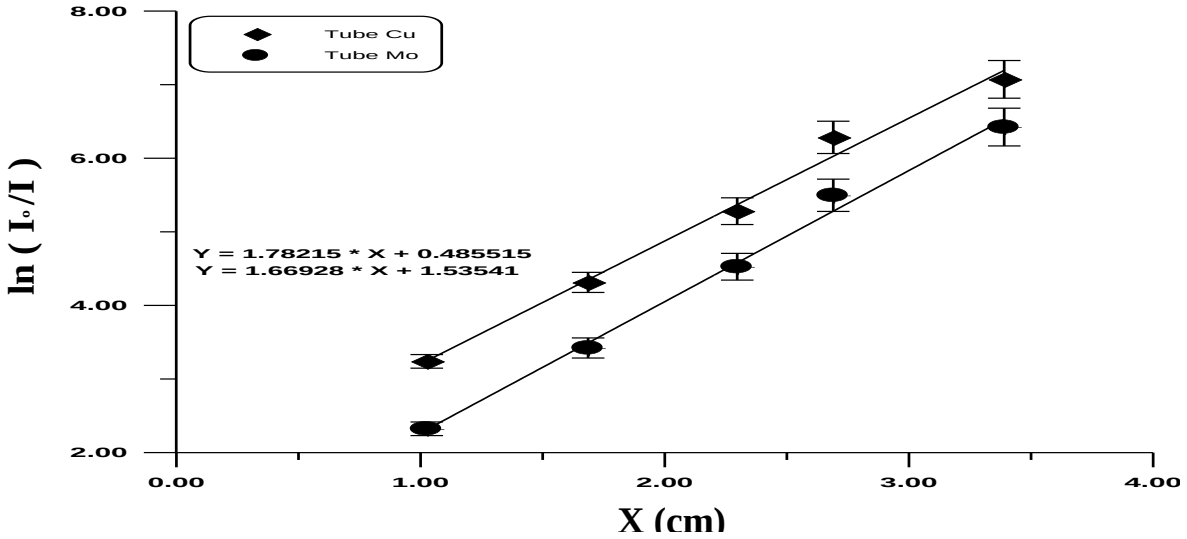
$(I_\circ / I)$: نسبة الامتصاصية

إذْ إنَّ (μ) يمثل معامل التوهين فعندما يكون سمك النموذج بوحدات الطول(X(cm فإنَّنا نحصل معامل التوهين الخطي وعندما يكون سمك النموذج بوحدات الكتلة لوحدة المساحة ($X_m(gm/cm^2$ فأننا سنحصل على معامل التوهين الكتلي وسوف تخضع المعادلة (4-1) لعملية التمثيل البياني من خلال العلاقة بين قيمة لوغاريتم الامتصاصية لأشعة السينية مع سمك النموذج X(cm) أو $X_m(gm/cm^2)$ للخشب في مدى الفولتية (15 -35 KV) سنحصل على قيم معامل التوهين الخطي ومعامل التوهين الكتلي من خلال المعادلات الخطية لناتج عملية التمثيل البياني، إذ توضح الأشكال المرقمة بالأرقام الزوجية (2) الى (10) العلاقة الخطية لقيم لوغاريتم الامتصاصية لأشعة السينية وسمك النموذج، إذ تزداد قيم لوغاريتم الامتصاصية بزيادة سمك النموذج X(cm)، وأن ميل الخط المستقيم من خلال المعادلات الخطية يمثل قيمة معامل الامتصاص الخطي للأشعة السينية باستخدام أنبوبتين(Tube Mo, Tube Cu) لعينات الخشب.

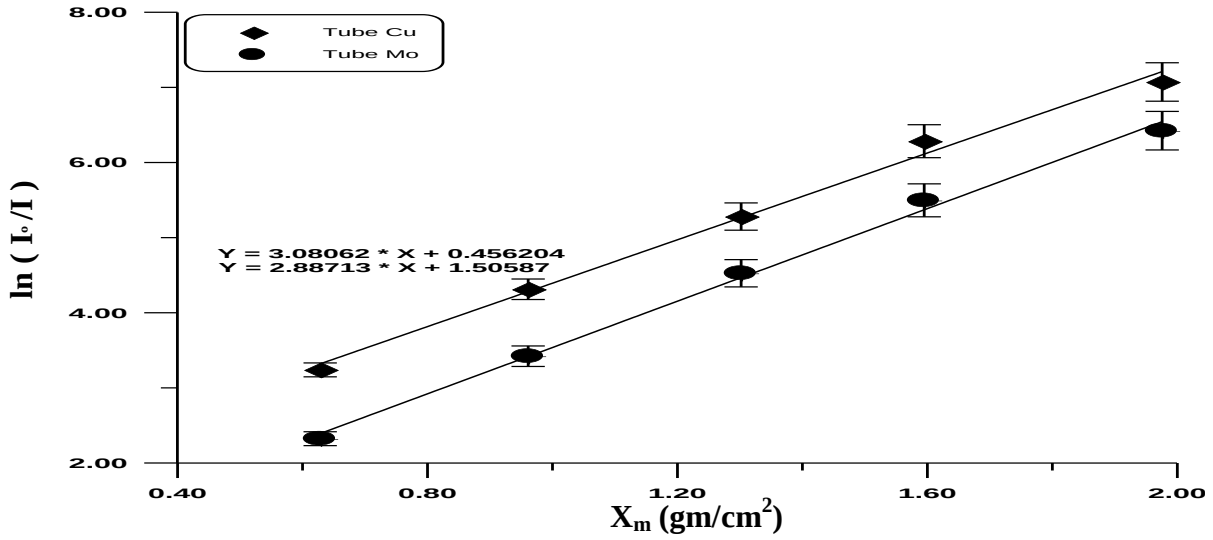
أما الأشكال المرقمة بالأرقام الفردية (3) الى (11) فتوضح العلاقة الخطية بين لوغاريتم الامتصاصية مع السمك المكافيء ($X_m(gm/cm^2$) وأن ميل الخط المستقيم من خلال المعادلات الخطية يمثل قيم معامل الامتصاص الكتلي للأشعة السينية لعينات (الألمنيوم، الخارصين والخشب) باستخدام أنبوبتين(Tube Mo, Tube Cu).

في الشكل (12) تم رسم العلاقة البيانية بين معاملات التوهين الخطية وفولتيات توليد الأشعة السينية بأستخدام أنبوبتي الأشعة (Tube Mo, Tube Cu) لعينات الخشب .

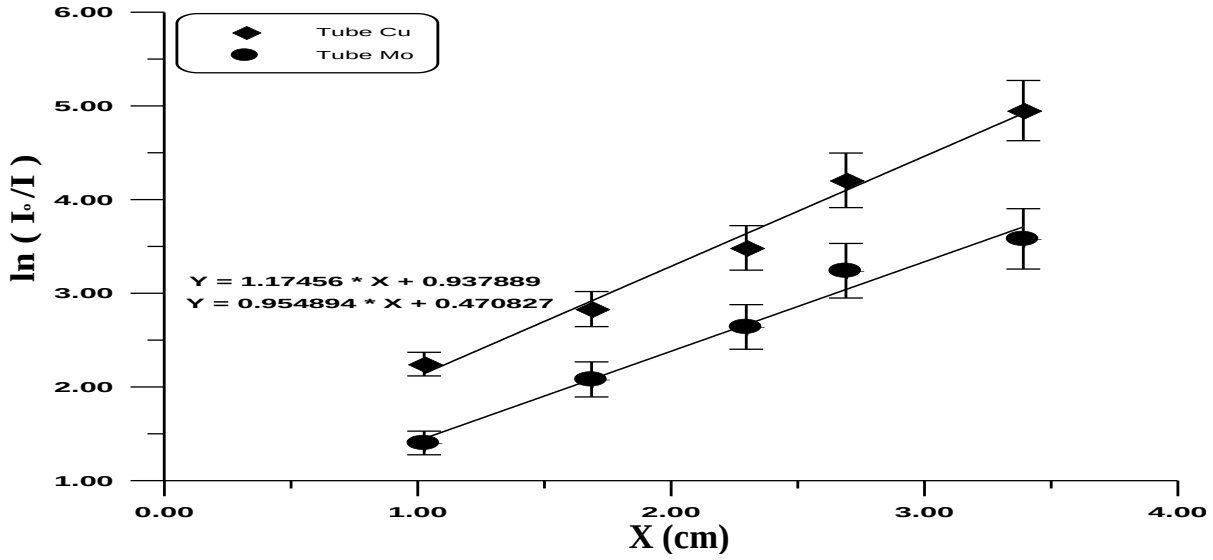
وفي الشكل(13) تم رسم العلاقة البيانية بين معاملات التوهين الكتلية وفولتيات توليد الأشعة السينية بأستخدام أنبوبتي الأشعة (Tube Mo, Tube Cu)لعينات الخشب.



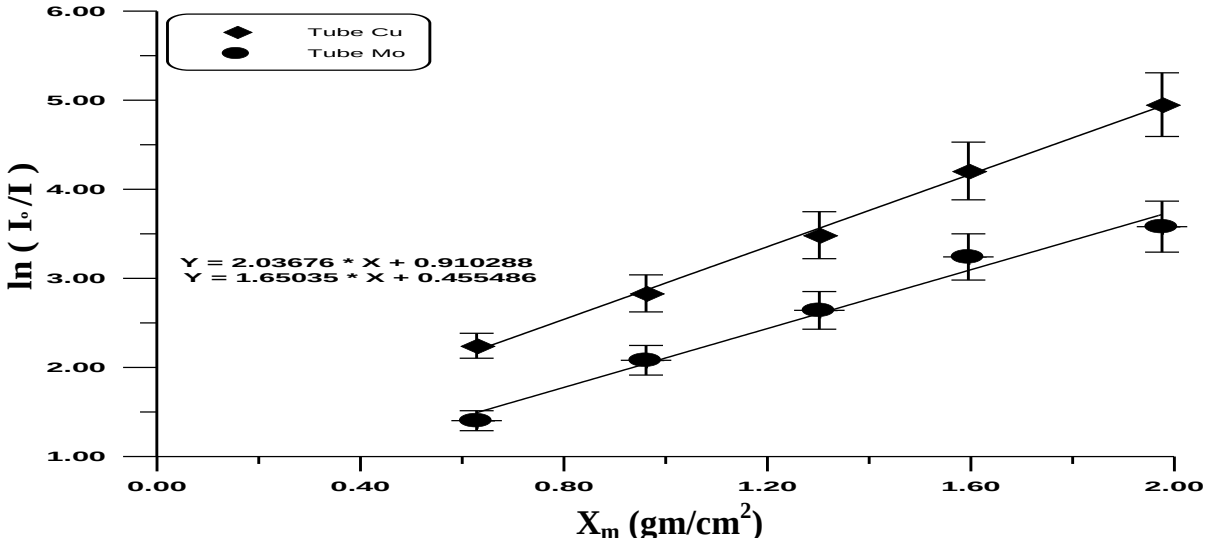
الشكل (2): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(15 KV) والسمك لعينات الخشب.



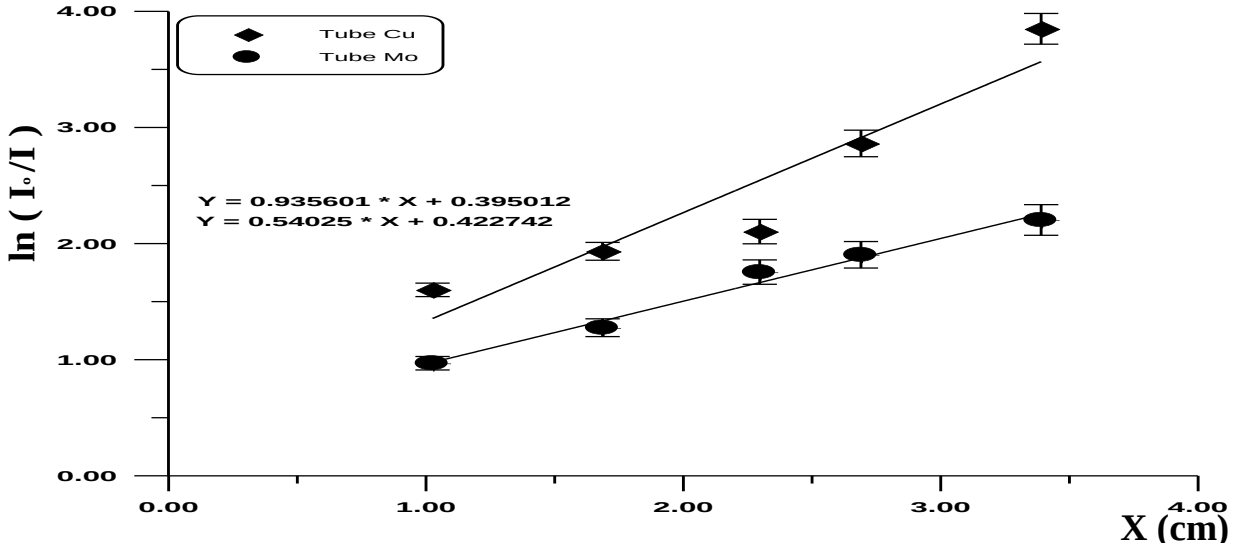
الشكل (3): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(15 KV) والسمك المكافيء لعينات الخشب.



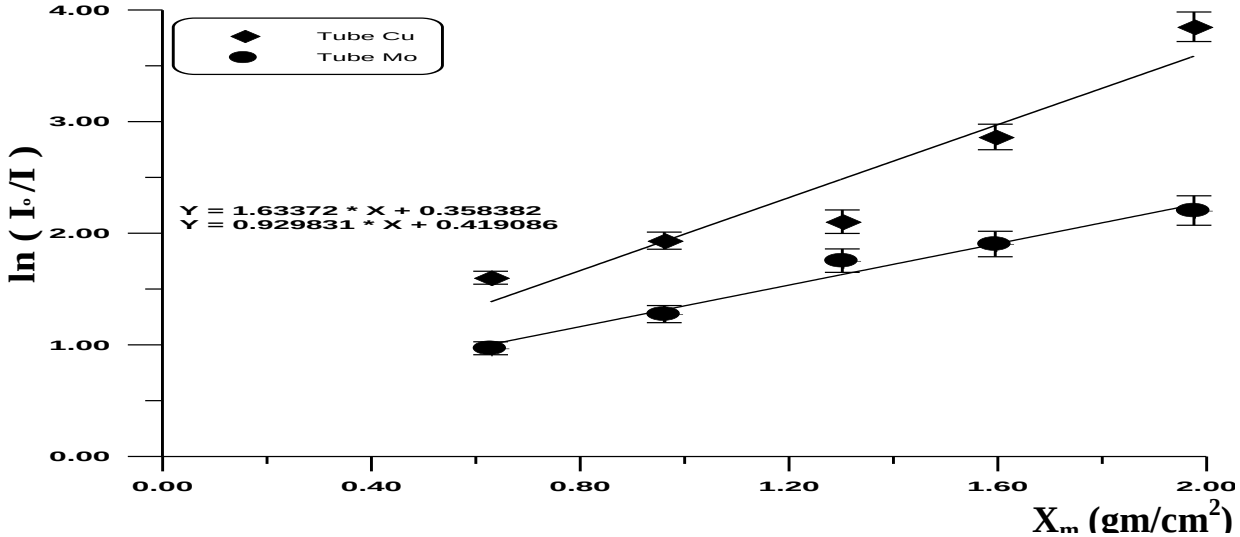
الشكل (4): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(20KV) والسمك لعينات الخشب.



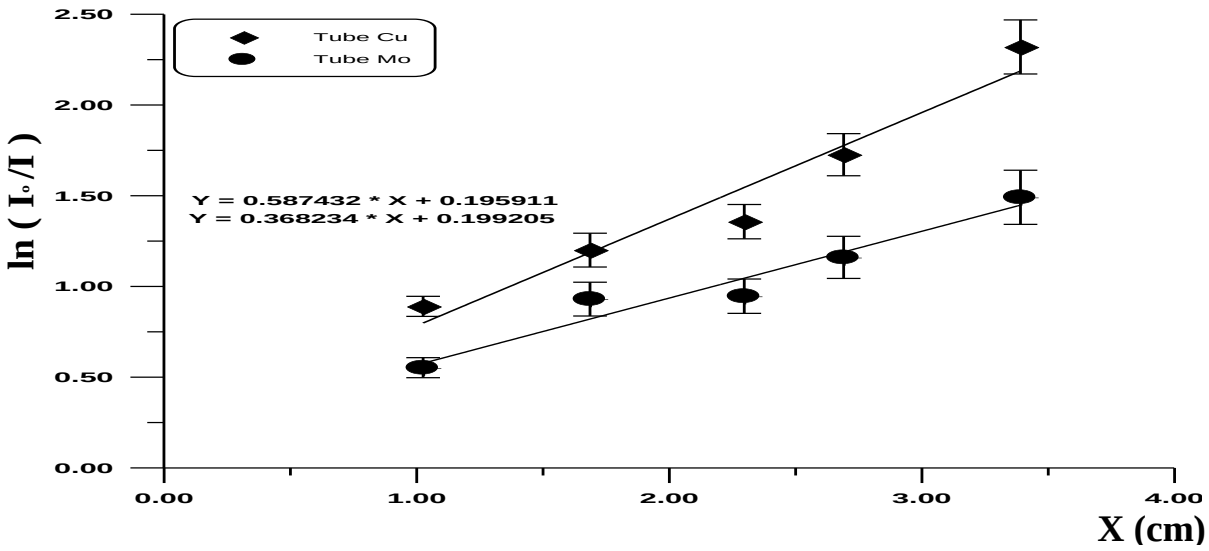
الشكل (5): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(20 KV) والسمك المكافيء لعينات الخشب.



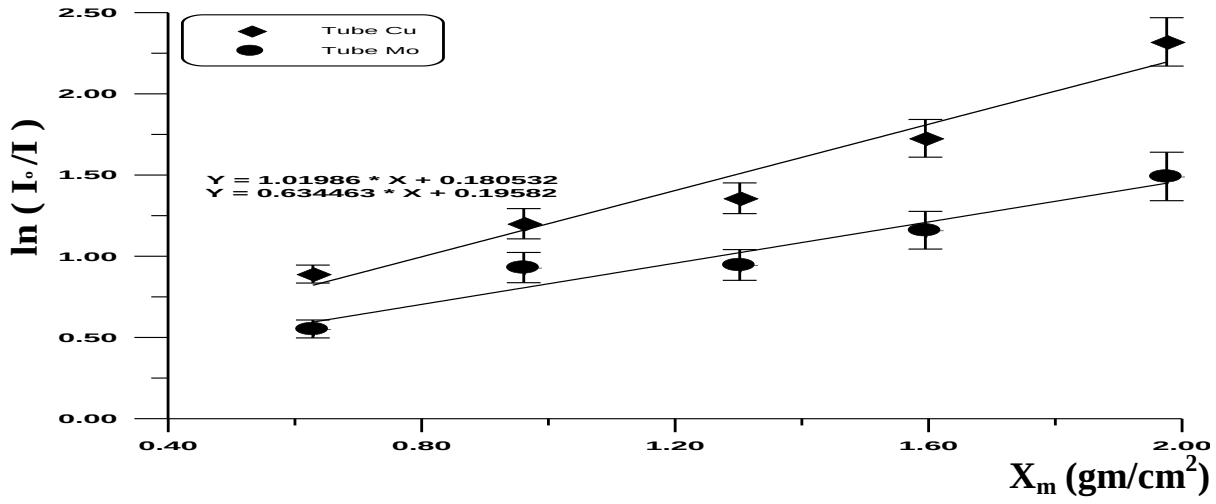
الشكل (6): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(25 KV) والسمك لعينات الخشب.



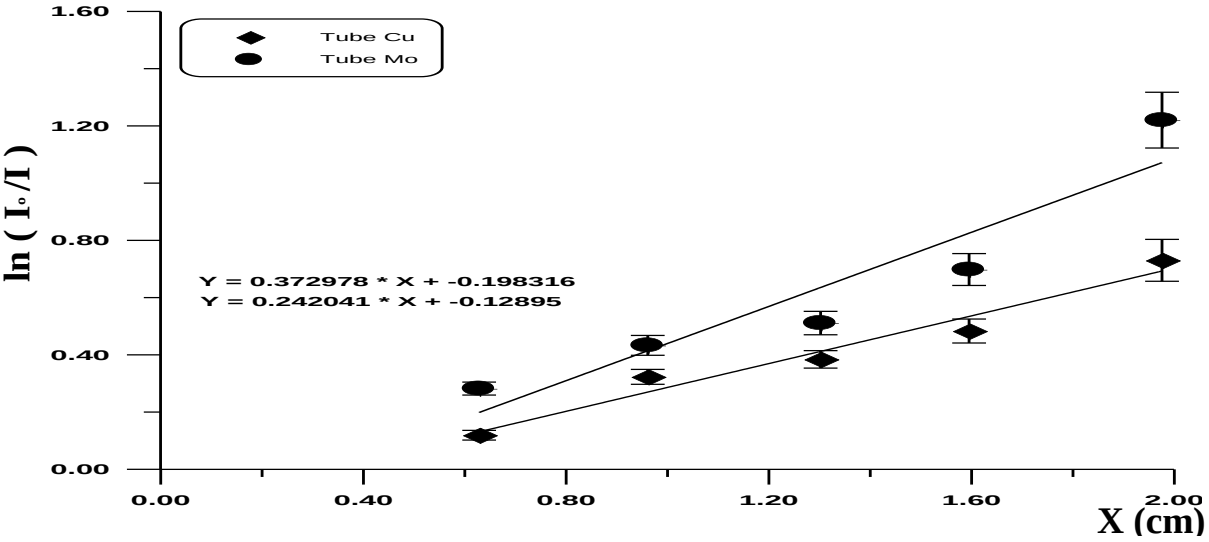
الشكل (7): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(25 KV) والسمك المكافيء لعينات الخشب.



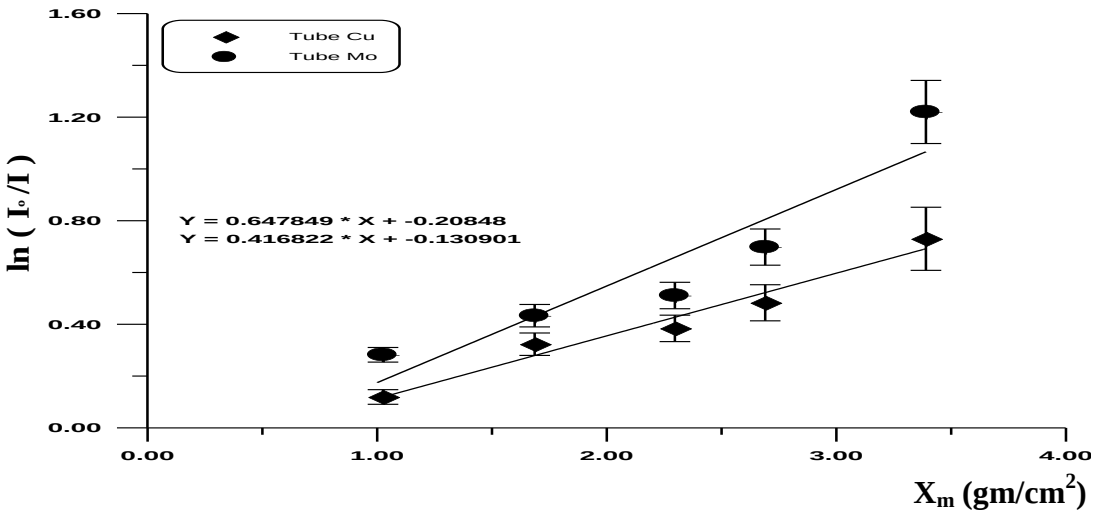
الشكل (8): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(30 KV) والسمك لعينات الخشب.



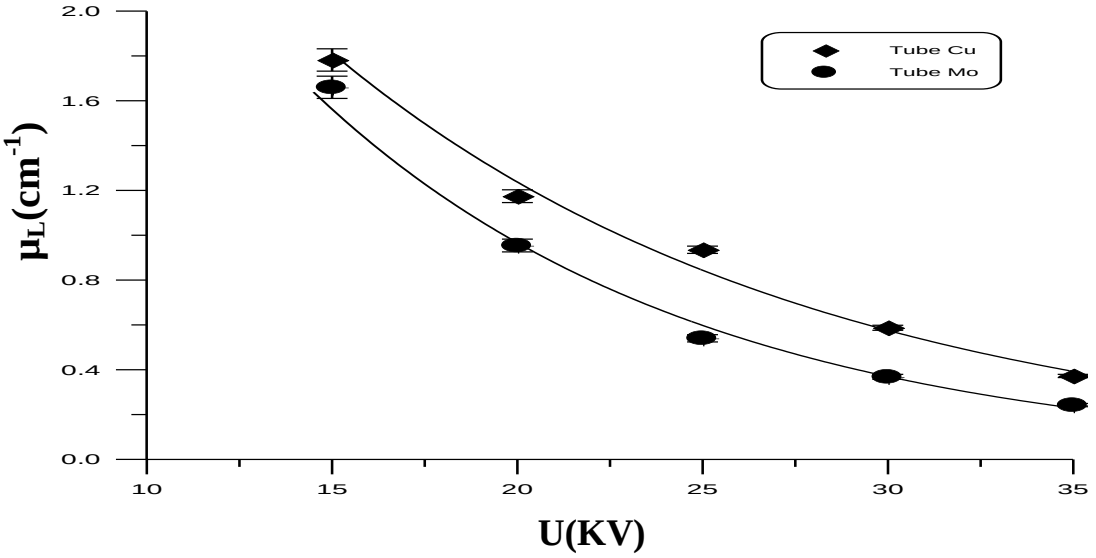
الشكل (9): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(30 KV) والسمك المكافيء لعينات الخشب.



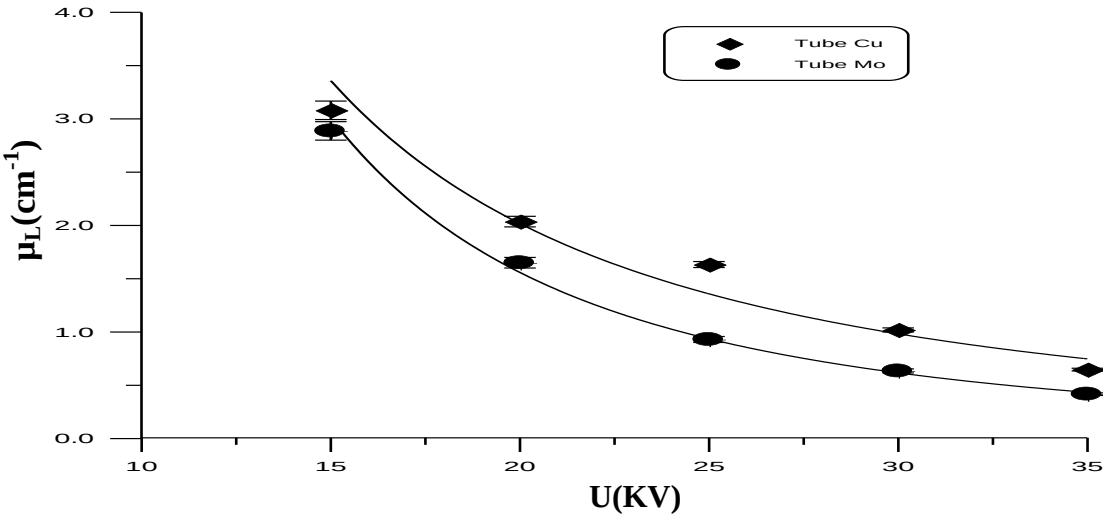
الشكل (10): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(35 KV) والسمك لعينات الخشب.



الشكل (11): يوضح العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لأشعة أكس بفولتية(35 KV) والسمك المكافيء لعينات الخشب.



الشكل (12): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الخطي لعينات الخشب مع فولتية توليد الأشعة السينية باستخدام (Tube Mo, Tube Cu).



الشكل (13): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الكتلي لعينات الخشب مع فولتية توليد الأشعة السينية باستخدام (Tube Mo, Tube Cu).

ب – الحسابات

أ – حساب معامل التوهين الخطي الكلي (μ_L) Total Linear Attenuation Coefficient Calculation

من خلال قياس معدلات العد (I_o, I) لكل العينات، فقد أمكن حساب معامل التوهين الخطي الكلي (μ_L) لأشعة السينية ذات الفولتية المستخدمة في هذه العينات وذلك من المعادلة (6) إذْ تصبح بالشكل:-

$$I / I_o = \exp(-\mu_L X) \quad -----(16)$$

وعليه فإنَّ قيمة (μ_L) يمكن أن تحسب من المعادلة (16) لتكون بالشكل التالي:-

$$\mu_L = -\frac{\ln R}{X}(cm^{-1}) \quad -----(17)$$

إذْ إنَّ (X) سمك العينات بوحدات (cm).

$I / I_o = \text{Transmission}$ نسبة النفاذ (R)

وبما إن عملية العد لوحدة الزمن هي عملية إحصائية تختلف من قيمة لأخرى في ظروف القياس نفسها ، وان كل قيمة من قيم (I_o, I) تنحرف عن قيم معدلاتها بمقدار ، فإنَّ نسبة النفاذ(R) سوف تخضع بدورها الى التروح الإحصائي وتمتلك انحرافاً معيارياً لكل قيمة من قيمها عن المعدل بمقدار(σ_R) ، حيث (σ_R) يحسب من العلاقة الآتية:- [38,37]

$$\sigma_R = \left(\frac{N_0^2.\sigma_N^2 + N^2.\sigma_{N0}^2}{N_0^4} \right)^{\frac{1}{2}} \quad ----(18)$$

وعليه فإنَّ قيمة (μ_L) في المعادلة (4-1) سوف تخضع أيضاً للتراوح الإحصائي وتمتلك انحرافا معيارياً عن قيمة المعدل مقداره ($\sigma_{\mu L}$) يمكن حسابه رياضياً من خلال:- [39, 38]

$$\sigma_{\mu_L} = \left| \frac{\sigma\mu_L}{\sigma R} \right| \sigma_R \quad -----(19)$$

ومن معادلات (17) ،(18) فأن :-

$$\sigma_{\mu_L} = \frac{\sigma_R}{X.R}(\text{cm}^{-1}) \quad ---(20)$$

والجدول(٢) يوضح جميع هذه القيم.

حساب معامل التوهين الكتلي الكلي (μ_m) Total Mass attenuation Coefficient Calculation

أمكن حساب معامل التوهين الكتلي الكلي لكل العينات من المعادلة (10). حيث (μ_L) لهذه العينات تم حسابه بوساطة المعادلة (17) وكثافة الخشب تم حسابه من المعادلة (3-1).

وبما إنَّ **(μ_m)** يعتمد على (μ_L) ، فإنَّ (μ_m) تبعاً لذلك سوف يمتلك انحرافاً معيارياً(σ_{μ_m}) عن قيم المعدل يحسب من خلال المعادلة :- [٣٨]

$$\sigma_{\mu_m} = \frac{\sigma_{\mu_L}}{\rho_{\text{sample}}}(\text{cm}^2/\text{gm}) \quad --(21)$$

جـ – المناقشة

١– في الجدول (3) تم المقارنة بين قيم النتائج العملية الحالية لمعامل التوهين الكتلي للأشعة السينية في العينات الخشب باستخدام أنبوبتين (Tube Mo, Tube Cu) ويتضح من النتائج للبحث الحالي أن قيم معامل التوهين الكتلي بأستخدام أنبوبة (Tube Cu) تكون أكثر من معامل التوهين الكتلي عند استخدام (Tube Mo)، وهذا يعود الى أن الخطوط الطيفية المنبعثة من عنصر النحاس تنتمي الى متسلسلة (K) وتقع ضمن منطقة الموجة القصيرة أما بالنسبة لعنصر المولبدنيوم فينتمي الى متسلسلة (L) وتقع ضمن منطقة موجتها أطول نسبياً.

٢– في الجدول (4)، أظهرت النتائج العملية لقيم معاملات التوهين الكتلي للأشعة السينية في عينات الخشب باستخدام أنبوبتين (Tube Mo, Tube Cu) توافقاً جيداً مع النتائج المحسوبة نظرياً باستخدام المعادلة (11).

الجدول (2): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الخطي والتراوح الإحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الأشعة السينية في عينات الخشب.

U(KV)	Tube Cu		Tube Mo	
	$(\mu_L \mp \sigma_{\mu_L})\exp$ (cm^{-1})	نسبة الخطأ%	$(\mu_L \mp \sigma_{\mu_L})\exp$ (cm^{-1})	نسبة الخطأ%
١٥	1.782.5 ± 0.595	16.142	1.66928 ± 0.6159	6.818
٢٠	1.17456 ± 0.418	20.417	0.954894 ± 0.395	9.55
٢٥	0.935601± 0.294	20.841	0.54025 ± 0.2267	14.493
30	0.587432 ± 0.216	15.377	0.368234 ± 0.1538	13.996
35	0.372978 ± 0.098	21.256	0.242041± 0.1405	18.666

الجدول (3): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الكتلي والتراوح الإحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الأشعة السينية في عينات الخشب.

U(KV)	Tube Cu		Tube Mo	
	$(\mu_m \mp \sigma_{\mu_m})\exp$ (cm^2/gm)	نسبة الخطأ%	$(\mu_m \mp \sigma_{\mu_m})\exp$ (cm^2/gm)	نسبة الخطأ%
15	3.08062 ± 1.016	14.26	2.88713 ± 1.52	4.63
20	2.03676 ± 0.714	14.66	1.65035 ± 0.674	7.85
25	1.63372 ± 0.502	17.70	0.929831 ± 0.387	16.55
30	1.01986 ± 0.369	12.48	0.634463 ± 0.262	13.28
35	0.6478 ± 0.167	22.75	0.416822 ± 0.240	18.33

الجدول (4): يوضح مقارنة بين قيم النتائج النظرية مع قيم النتائج العملية لمعامل التوهين الكتلي لعينات الخشب باستخدام أنبوبتين (Tube Mo, Tube Cu).

U (KV)	PRESENT WORK (Theor.)		PRESENT WORK (Exp.)	
	Tube Cu	Tube Mo	Tube Cu	Tube Mo
	$\mu_m(cm^2/gm)$	$\mu_m(cm^2/gm)$	$\mu_m(cm^2/gm)$	$\mu_m(cm^2/gm)$
15	3.08978	2.89571	3.08062	2.88713
20	2.04281	1.65525	2.03676	1.65035
25	1.63858	0.93259	1.63372	0.92983
30	1.02289	0.63635	1.01986	0.63446
35	0.6497	0.418062	0.6478	0.416822

المصادر:

1) Cook, B.A. and Stewardson, E.A. Br.H.Apple Phys.15.1315-1319(1964).
2) maruyama ,T.Kumamoto , Y.Kato,Y.Hashizume ,T. and moriyuki,Y " Health Physics Socity " , Health Phy - 20(3):277-284 ,March (1971).
3) Hubbell ,J.H., Radiat. Res.,70(1977) 58.
4) White ,D.R.,Fitzgerald , M.,Health Phys.,33(1977) 73.
5) Gameel , Y.H., Belal, A.,and El-Kamel,A,H . Ind.J.Pure Appl.Phys., it (1978) 62.
6) Hubbell, J.H., Gimm, H.A., Φ verb Φ, I.J. Phys. Chem. Ref., 9(1980) 1023.
7) Hubbell,J.H.J.Apple .Radiat.Isot .,33(1982)1269 .
8) Del Grande , N.K., Proc.SP:E 691(X-Ray Imaging II) , 2-10 (1986).
9) Saloman,E.B. , Hubbell , J .H. and Scoied , J.H .,At .Data Nud . Data Tables 38, 1-197 (1988).
10) Gullikson ,E.M,Henke ,B.L, and Davis,J.C .,At . Data Nud-Data Tables 54.181(1993).
11)Azuma ,Y, Berry, H.G., Gemmell ,D.S, Suleiman , J., westerlind , m.,Sellin,I.A., Woicik ,J.C., and KirKl and ,J,P.,Phys,Rev. A51,447-453(1995).
12) http:// 130.237.33.129/KLab/Lab Pek/Lab 0-14.
13) Xu,F.,.Liuwu, H., , Jiang, H., Nordquist ,R.E. , Chen ,W.R. ,Medical Phsics ,Vol .26,No.7,(1999).
14)Cesareo,R.,Brunetti, A.,Borlino,C.C.,Masscaren has , S., Estfano Quarta,A.C., Colosso,P.Q.,NDt.net- 5(2000) PP .(1-7).
15) Vincent, S.S.,"99.9% attenuation of 120Kv X-Rays by Elemental materials" (2002) GRC 130 ,PP.(1-5).
16) Tran , C.Q., Barnea ,Z.,de, Jnge ,M., Dhal ,B.B., paterson, D., Cookson, D.J. , Chantler, C.T. , X-Ray Specto Scopy 32(2003) 69-74.
17) Drobantu ,V., Physics Department , "Politehica" university , Timisoora, Romania , NDT.net. Dec(2004) .Vol .12 No.12.
18) David, J.G." Ratiation Safty officer " university of Ontario Institute of Technology ,(2004).
19) (1982) عزوز، عاصم عبد الكريم "ترجمة " مبادىء في الفيزياء النووية مطبعة جامعة الموصل،
20) حمزة ، خضر عبدالعباس والخطيب ،غسان هاشم(١٩٨٩)" الطاقة الذرية واستخداماتها"، الطبعة الثانية منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية.
21) Tait ,W, H., , " Radiation Detection ", Butter worths , U.K (1980).
22) Chilton ,A.B . Shultis ,J.K., Faw , R.E., " Principles Radiation Shieding " , Prentice-Hall ,Inc ., New Jersey ,(1984) .
23) Leo, W.R., "Techniques for nuclear and particle physics Experiments ", Springer – Verlag, Berlin (1987).
24) Marmier , P .Sheldon , E., " Physics of Nudei and Particles " , vol.1 ,Acadimic Press - London, (1969).
25) - Lovell, S., "An Introduction to Radiation dosimetry ", Cambridge university press (1979).
26) Profio., A.E., " Radiation Shielding and Dosimetry " , John wiley & Sons , Inc,(1979).
27) الكناني، عذاب طاهر واسعد محمد الخفاجي "الكشف عن الإشعاعات النووية"دار الحكمة للطباعة والنشر والتوزيع ، بغداد(١٩٨٦) .
28) البهي، أمين زكي قمصان محمد ناصف وفوزي عصفور ، استخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها، الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة المصرية (١٩٩٥).
29) حسن، سعدي جعفر وسعد سلمان كمون " مبادىء الفيزياء النووية " مطبعة دار الشؤون الثقافية العامة (١٩٨٩) .
30) "Encyclopedia of polymer Scince and Engineering " ,Vol .4, John Wiley & sons .Inc ,(1986).
31) - Cember , H., " Intrduction to Health Physics " ,Pergamon press Inc , (1969).
32) -htt:// www.phywe.com
33) William JP, "Nudear Radiation Detection". United State of America .Me Grow – hill (1965).
34) Poprscu,C., Patrascu ,S.,Kluger ,A., university of Western Hungary ,H9400 Sopron ,P.O.BOX(132) , wood NDT .NDT net (2000).
35) Reddy ,A.C. , Janardhan , S., murthy , C.R, Nageswara Rao, A.S.,J. Radiat .Phys. & Chem ., 56(1999) 521.
36) عبد الله، علي عطية ،االدركزلي ، شذى سلمان ومازن مانوئيل الياس "الفيزياء النووية التجريبية " مطبعة التعليم العالي (١٩٩٠).
37) Tsoulfanidis ,N " Measurment and Detection of Radiation " , Hem . Public carporation ,(1983) .
٣٨) Konll,G.F.," Ratiation Detection and measurement ",John wiley & Sons , Inc,(1979).
٣٩) Conner , A.L. , Atwater, H.F., Plassman, E.H., MC. Crary, J.H., Phys .Rev. A, (3) (1970) 539.

Measurement And Calculation Of The Linear And Mass Attenuation Coefficient Of X-Ray For Some Materials

Farid Majid Mohammed and Abdul –Hadi Merdan Galib

Department of Physics, College Of Education, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Abstract:

The attenuation measurements of X-Rays for the voltage range of (15-35) KV for the Wood were done by using X-Ray unit with two X-ray tubes (Cu-tube and Mo-tube) and G-M counter.

The linear attenuation coefficients (μ_L) were concluded for the voltage range mentioned above through the linear equations of the Yeild of graphic representation operation between the logarithmic absorption and the sample thickness X(cm) , The mass attenuation coefficient μ_m were also concluded through the graphic relation between the logarithmic absorption and the equivalence thickness of the samples $X_m(gm/cm^2)$ such that the slope of the graphic relation represents the attenuation coefficient either linear or mass .

The linear relation between the logarithmic absorption of X-rays with the thickness and equivalent thickness sample were concluded. Inverse relation between the linear and mass attenuation coefficients with X-ray voltage were also concluded of samples.