

قياس معاملي التوهين الخطي والكتلي لمعدني الألمنيوم والخاصين

وحساب معدل الطاقة المنبعثة لأشعة اكس

فريد مجيد محمد¹ و انور احمد محمد السامرائي² و عبد الهادي مردان غالب¹

¹ كلية التربية، جامعة تكريت، تكريت، جمهورية العراق

² كلية التربية - سامراء، جامعة تكريت، تكريت، جمهورية العراق

(استلم ١٩ / ٦ / ٢٠٠٧، قبل ٢٢ / ١٠ / ٢٠٠٧)

المخلص:

تم اجراء القياس لتوهين اشعة اكس وباستخدام انبويتي توليد (النحاس والمولبدنيوم) لعنصري الألمنيوم والخاصين حيث تم الحصول على معاملي التوهين الخطي (μ_L) والكتلي (μ_M) والنتائج من عملية التمثيل البياني بين لوغاريتم الامتصاصية وسمك النموذج بالنسبة لـ (μ_L) ولوغاريتم المتصاصية والسمك المكافئ (X_m) (gm/cm^2) بالنسبة لـ (μ_M) وللنموذجين، فميل العلاقة البيانية يمثل معامل التوهين سواء كان خطياً او كئلياً واعتماداً على نتائج القياس تم صياغة نموذج رياضي لحساب معدل الطاقة المنبعثة من الانبويتين المذكورتين اعلاه وقورنت النتائج المحسوبة مع النتائج العملية بعد معالجتها بطريقة رياضية اعتماداً على البرنامج XCOM والذي يستخدم لحساب معاملات التوهين عند طاقات محددة، حيث اظهرت النتائج توافقاً جيداً .

اولاً: قياس توهين اشعة اكس وحساب معاملات التوهين

1- المقدمة :

وحتى اليورانيوم ($Z=92$) بالإضافة إلى خمس وأربعين مركبا وخليطا ، مقاطع الفوتونات العرضية للعناصر آتية (Fe,Au,Pt,Ph,U,Ni,Sn,Ta) ذات طاقة (1-40)keV من قبل (Del Brande) [8]، معاملات التوهين للأشعة اكس و المقاطع العرضية للعناصر من ($Z=1-100$) ولمدى من الطاقات (keV-100MeV) حسب من قبل (Saloman) وآخرين [9] ، نفس الدراسة ولنفس العناصر ولكن باستخدام مدى الطاقة (10 eV-30 keV) اجريت من قبل (Gullikson) وآخرين [10].

أما (Azuma) [11] فقد وجد توافقاً جيداً بين القيم المحسوبة نظريا والمقاسة للتوهين الكتللي لعنصر الهليوم(He) ضمن مدى الطاقة keV (5-10) ، قياسات لمعاملات التوهين الكتللي لعناصر الكربون والألمنيوم والحديد والقصدير للطاقة keV 50 قام بها Fysik [12]. قياسات أخرى لمعاملات التوهين لأشعة اكس لبعض المحاليل المائية مثل ($C_{43}H_{47}N_2NaO_6S_2$) بنسبة 0.5% و (Glycated Chitosan) بنسبة 1% وخليط من محلولين بنفس النسبة وكذلك إيجاد معاملات التوهين لـ (H_2O) باستخدام الفولتيات kV (22,62,30) أجراها (Xu) وآخرين ، [13].

اجرى (Ceareo) وآخرين [14] دراسة التوهين لأشعة اكس وأشعة كما في أوساط مختلفة شملت (الهواء، الماء، الخشب، الكونكريت والنحاس) بطاقات مختلفة لأشعة اكس وأشعة كما ضمن المدى (5keV-1MeV) بدراسة نظرية أجريت لإيجاد معامل التوهين الكتللي للعناصر ($Z=1-92$) باستخدام الفولتية (120kV) من قبل (Vincent) وآخرين [15]، معاملات التوهين لعنصر الألمنيوم والسليكون باستخدام الطاقات keV (5,5.2,5.4,5.6) على التوالي تم قياسها من قبل (Tran) وآخرين [16]. تمت دراسة معامل توهين أشعة اكس للحديد ولمدى فولتية kV (120-240) من قبل (Doro Bantu) [17]، قياسات أجريت لمعاملات التوهين الخطي والكتلي للألمنيوم والفضة باستخدام طاقة (80 keV) من قبل (David) [18].

2- الجزء النظري

دأب الباحثون منذ فترة طويلة على قياس وحساب توهين أشعة اكس وباستخدام طاقات ومواد مختلفة لما لها من استخدامات وتطبيقات في مجالات مختلفة حيث تم قياس معامل الامتصاص الكتللي لأشعة اكس لكل من (Ag,Cu,Al,Mg,Be) باستخدام أطوال موجية تتراوح ما بين ($7-A^0$) (17) من قبل Cook وآخرين [1]، كذلك حسابات التوهين لأشعة اكس ذات الطاقة MeV (4-32) لمواد موصلة كالحديد والفضة ومواد عازلة كالكربون والكونكريت الثقيل والاعتباري المستعمل كتدريع للأشعة من قبل Maruyama وآخرين [2]، أيضا أجريت حسابات لمعامل التوهين والامتصاص الكتللي للعناصر (H,C,N,O,Ar) فضلا عن خلطات مختلفة أخرى باستخدام أشعة اكس لمدى من الطاقات (0.1 keV- 20 MeV) (Hubbell) [3]. تم حساب معامل التوهين الكتللي لفوتونات أشعني اكس وكما تمت طاقتها من (10 keV) إلى (100MeV) وذلك لـ (69) عنصرا ونسجيا مختلفا من قبل (White & Fitzgerald) [4].

استخدمت صخور (Basalt, Granite) والطين بوصفها مواد تدريع لأشعة اكس الضعيفة (Soft X-Ray) تتراوح فولتيات تشغيل أنبويتها من kV (15-25) ولحزمة ضيقة مسددة من هذه الأشعة فقد وجدوا إن معامل امتصاص الأشعة (μ) يزداد مع تناقص الحجم الحبيبي كما يزداد مع ازدياد قيمة معامل الامتصاص الكتللي ($\frac{\mu}{\rho}$) والحجم الحبيبي وفق علاقة خطية وان ميل المستقيم ثابت لكل النماذج باستثناء القياس عند فولتيات التشغيل kV (15-17.5) كما وجدوا إن سمك النصف يزداد خطيا مع زيادة الحجم الحبيبي وان ميل هذه العلاقة ثابت لكل النماذج (Gamell) وآخرين [5]، (Hubbell) وآخرين [6] قاموا بدراسة لمقاطع الفوتونات العرضية ومعامل التوهين الكتللي للعناصر ذات الأعداد الذرية ($Z=1-100$) لطاقات أشعة اكس ضمن المدى (1MeV-100GeV)، أيضا (Hubbell) [7] قام بأجراء حسابات لقيم معاملات التوهين ومعاملات امتصاص الطاقة الكتللية لطاقات فوتونات تتراوح (1keV - 20 MeV) وذلك لأربعين عنصرا إعددها الذرية تبدأ من الهيدروجين ($Z=1$)

أ - التوهين

أثناء مرور حزمة فوتونات أشعة اكس خلال معترض (مادة موهنة) فإن كل فوتون في هذه الحزمة سيكون أمامه، إما أن لا يتفاعل على الإطلاق مع مادة الوسط أو يتفاعل بوساطة تفاعلات الامتصاص والاستطارة [19]. إن إزالة الفوتونات المتفاعلة من الحزمة سيجعلها تعاني توهيناً Attenuation [20]. وتوهين الحزمة قد يكون بشكل توهين للشدة (intensity attenuation) و(أو) توهين لطاقة (Energy Attenuation)، إذ أنها (الشدة أو الطاقة) تتناقص مع طول المسار الذي تقطعه خلال هذا الوسط [21]. فعند مرور حزمة فوتونية شدتها (I) خلال وسط معترض فتوجد احتمالية لكل فوتون بأن يتفاعل ويزال من الحزمة عندما يقطع مسافة مقدارها (ΔX) ضمن هذا الوسط، وعليه فإن الاحتمالية لإزالة الفوتون من الحزمة لكل وحدة مسار يمكن تمثيلها بالعلاقة الآتية :-

$$\mu = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{P}{\Delta x} \quad (1)$$

إذ إن (μ) يمثل خاصية المادة للتفاعل الجاري، وهو بشكل عام يعتمد على مايلي [22]:

• طاقة الفوتون الساقط.

• نوع التفاعل الذي يخضع له الفوتون .

• تركيب وكثافة الوسط المعترض .

فلو كانت (P) تمثل الاحتمالية عندئذ يمكن حسابها من خلال:

$$P = \frac{(nA dx)\sigma}{A} = n \sigma dx \quad (2)$$

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

$$\mu = \sigma n \quad (3)$$

إذ أن (σ) يمثل المقطع العرضي الكلي لإزالة الفوتون من الحزمة بتفاعلات الامتصاص (التأثير الكهروضوئي، إنتاج الزوج) وللاستطارة (تأثير كومبتن) وعليه فإن [23]:

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

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

$$-dI = I n \sigma dx$$

$$[-dI = I \mu dx] \quad (5)$$

وبأجراء التكامل لهذه المعادلة نحصل على شدة الحزمة الفوتونية النافذة من الوسط المعترض (بنفس طاقتها الابتدائية) دون إن تتفاعل (حيث $I_0 > I$): [24]:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (6)$$

إذ نلاحظ من المعادلة (6) إن الحزمة النافذة قد عانت تناقصاً أسياً في شدتها مع طول المسافة (X) التي قطعها في الوسط مقدار (μ) [25]. إن المقدار [$\exp(-\mu x)$] يمثل احتمالية قطع الفوتون مسافة (x) داخل الوسط الموهن دون تفاعل وأنه قد يتفاعل فقط بعد إن يعبر المسافة (x) مباشرة [26].

ب-دالة التوهين Attenuation Function

دالة التوهين تتعين بنوع الإشعاع الساقط والوسط الموهن وهي تمثل العلاقة الرياضية أو نمط التوهين الذي تخضع له الجسيمة الساقطة (فوتون، جسيمة مشحونة أو غير مشحونة) وتوجد دوال توهين تغطي معظم الحالات [21] وهي :-

1- التوهين التفاضلي: يحدث في الأوساط الرقيقة جداً (very thin mediums) والتي يكون سمكها (dx) إذ أن احتمالية تفاعل الفوتون في هذا الوسط وامتصاصه تكون ضئيلة جداً ($\mu dx \ll 1$) وعليه فدالة التوهين ستكون بالشكل :-

$$I = I_0 (1 - \mu dx) \quad (7)$$

2- التوهين الكاوسي: يستخدم في توهين الجسيمات المشحونة في المادة ويخضع هذا النوع من التوهين لدالة كاوس الإحصائية Gaussian Distribution.

3- التوهين الآسي: وهذا النوع من التوهين يتصف بما يلي :- أ- طاقة الفوتونات تبقى ثابتة قبل وبعد النفاذ من الوسط الموهن.

ب- شدة الحزمة تتناقص أسياً على طول مسار الفوتونات الساقطة في الوسط الموهن.

ج- كل فوتون في الحزمة يتم حذفه من الحزمة بتفاعل منفرد مع ذرات الوسط الموهن.

ج-معاملات التوهين (Attenuation Coefficients):

في حالة التوهين الآسي يمثل (μ) احتمالية إزالة الفوتون من الحزمة لكل وحدة مسار هذه الاحتمالية ناتجة من مجموع معاملات الامتصاص الجزئي لكل من (تأثير كومبتن -التأثير الكهروضوئي وإنتاج الأزواج) [27-28] كما في المعادلة التالية:

$$\mu = \mu_{ph} + \mu_c + \mu_{p,p} \quad (8)$$

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

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

إذ إن (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 إن (σ_c) المقطع العرضي لتأثير كومبتن ويمثل المقطع العرضي للاستطارة والامتصاص، (n) تمثل عدد الذرات الموجودة في (1cm^3) من المادة الممتصة (Z) العدد الذري للمادة المعينة و ($\mu_{p,p}$) احتمالية إزالة الفوتون وامتصاصه نتيجة إنتاج الزوج (Pair Production) ويحسب رياضياً من خلال العلاقة الآتية:-

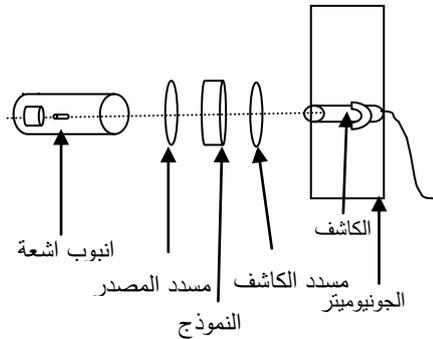
$$\mu_{p,p} = n \sigma_{p,p} \quad (8-c)$$

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

$$\sigma_{p,p} = 5.93Z^2 \times 10^{-28} \text{ (m}^2\text{)} \quad (8-d)$$

اكس (Cu,Mo) وتم إجراء القياسات الخاصة بالتوهين لاشعة اكس في عينات الالمنيوم والخرصين والشكل (1) يمثل مخططاً للاجهزة المستخدمة وطريقة الربط .

أ- الاجهزة المستخدمة :-اولاً:-جهاز وحدة الاشعة اكس(35 كيلو فولت):تم تجهيزه من قبل PHYWE ولمزيد من التفاصيل انظر [32] وسنورد فقط الاجزاء الرئيسية للجهاز ، يتكون الجهاز من الاجزاء التالية :-



الشكل(1): ترتيب المنظومة المستخدمة في القياس

ثانيا : الجونيوميتر **Goniometer**

ثالثاً : مسدد المصدر **Source Collimator**

رابعا : مسدد الكاشف **Detector Collimator**

خامسا : انبوبة الاشعة اكس **The X-Ray tube**

حيث استخدم نوعين من الانابيب في هذا البحث:

1. انبوبة النحاس **CU X-ray tube**

2. انبوبة المولبدنيوم **MO X-Ray tube**

سادسا : انبوبة عداد كايكر -موللر **G-M Counter**

نماذج الالمنيوم والخرصين :

تم تجهيز هذه النماذج من قبل شركة PHYWE الالمانية وهي على شكل اقراص دائرية بقطر (1cm) وبأسماك مختلفة ، وتم حساب السمك المكافئ لكل عينة كما في الجدول (1).

جدول (1): السمك المكافئ لعينات الالمنيوم والخرصين

الخرصين		الالمنيوم	
السمك المكافئ $X_m(\text{gm/cm}^2)$	السمك X(cm)	السمك المكافئ $X_m(\text{gm/cm}^2)$	السمك X(cm)
0.01785	0.0025	0.0054	0.002
0.0357	0.005	0.0108	0.004
0.05355	0.0075	0.0162	0.006
0.0714	0.01	0.0216	0/008
		0.027	0.01

ج-مصادر الخطأ **Error Sources**

عند القيام باجراء القياسات تتولد اخطاء تجريبية تؤثر على دقة النتائج ومصادر هذه الاخطاء هو التذبذب الاحصائي [33]. ولتقليل هذه الاخطاء

يتم زيادة زمن العد او زيادة عدد القراءات للفترة المحددة .

د-الاحصاء **Statistics**

اولا _ الانحراف المعياري **Standard Deviation**

ويتضح من العلاقة السابقة ان المقطع العرضي لإنتاج الأزواج يتناسب مع مربع العدد الذري (Z) للمادة الماصة وهذا ما يؤكد أفضلية العناصر الثقيلة في عمل الحواجز الواقية من إشعة اكس وتبعاً لما تقدم فان معامل التوهين (μ) يشمل بصورة عامة تفاعلات الامتصاص والاستطارة أي يكون على الشكل الآتي [23].

$$\mu = \mu_a + \mu_s \dots \dots \dots (9)$$

(μ_a) معامل التوهين الناتج عن الامتصاص ، (μ_s) معامل التوهين الناتج عن الاستطارة ، ومن معادلة التوهين الآسي (6) نجد ان معامل التوهين (μ) يمكن تمثيله بوحدين هما :-

1- عند قياس سمك المادة (x) أو طول المسار الذي تقطعه الفوتونات بوحدها الطول (cm) فان معامل التوهين المحسوب سيكون بوحدها (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) [29].

2- أما عندما يكون سمك الوسط الموهن (x) بوحدها الكتلة لوحدة المساحة (gm/cm²) فان معامل التوهين الناتج من المعادلة (6) سيكون بوحدها (cm²/gm) ويدعى معامل التوهين الكلي (μ_m) (Total mass Attenuation Coefficient) وعلاقته بمعامل التوهين الخطي هي :

$$\mu_m = \frac{\mu_L}{\rho} = \frac{1}{\rho x} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \dots \dots \dots (10)$$

(ρ) كثافة الوسط المعترض ، يعتمد معامل التوهين الكلي 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) ان معامل التوهين الكلي (سواء اكان خطياً او كئليا) يعتمد على المقطع العرضي لكل تفاعل بما يشكله ذلك التفاعل في مقدار التوهين ومن ذلك يظهر ما يلي [24]: 1- معامل التوهين للآثر الكهروضوئي (μ_{ph}) يسود في طاقات الفوتون ولمواد ذات الاعداد الذرية الكبيرة.

2 - معامل التوهين لتأثير كومبتن (μ_c) يسود في طاقات الفوتونات المتوسطة، ولمواد ذات الاعداد الذرية القليلة.

3- معامل التوهين انتاج الأزواج ($\mu_{p,p}$) يسود في طاقات الفوتون العالية، ولمواد ذات الاعداد الذرية الكبيرة.

اما فيما يخص معامل التوهين الكلي ($\mu_{m,c}$) للمخاليط والمركبات فيحسب من خلال العلاقة الاتية [3,7]:

$$\mu_{m,c} = \sum_i W_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i \dots \dots \dots (11)$$

اذ ان (W_i) تمثل النسبة الوزنية للعنصر الى المركب ، ($\frac{\mu}{\rho}$) معامل التوهين الكلي لكل عنصر من عناصر المركب او المخلوط على حدة.

3- الجزء العملي:

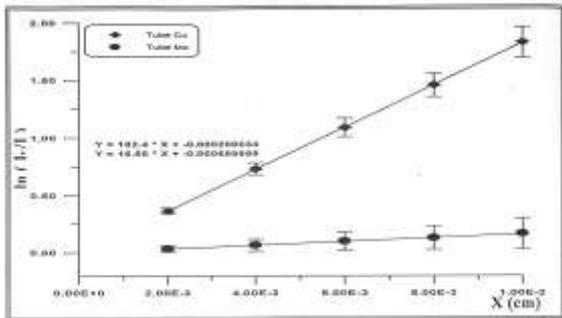
تم استخدام جهاز اشعة اكس (35kV) وكاشف للاشعة من نوع عداد كايكر موللر وحاسوب من نوع P4 ونوعين من الانابيب المولدة لاشعة

نسبة الامتصاصية $\left(\frac{I_0}{I}\right)$:

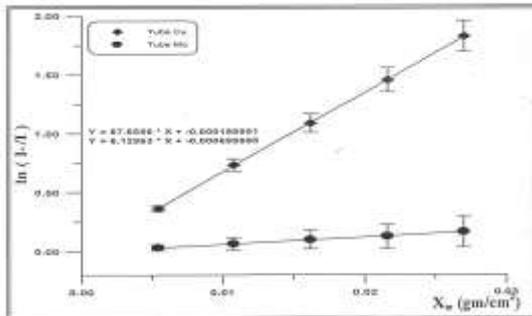
اذ ان (μ) يمثل معامل التوهين فعندما يكون سمك النموذج بوحدات الطول $X(\text{cm})$ فاننا نحصل على معامل التوهين الخطي في حين عندما يكون بوحدات $X_m(\text{gm/cm}^2)$ فاننا نحصل على معامل التوهين الكتلي وسوف تخضع المعادلة (10) لعملية التمثيل البياني من خلال العلاقة بين قيمة لوغاريتم الامتصاصية للاشعة اكس مع سمك النموذج $X(\text{cm})$ او $X_m(\text{gm/cm}^2)$ للالمنيوم و الخارصين في مدى الفولتية (20-35 kV) سنحصل على معامل التوهين الخطي و الكتلي من خلال المعادلات الخطية لنتائج عملية التمثيل البياني ، توضح الاشكال المرقمة بالارقام الزوجية من (2) الى (16) العلاقة الخطية لقيم لوغاريتم الامتصاصية للاشعة اكس وسمك النموذج ، اذ تزداد قيم لوغاريتم الامتصاصية بزيادة السمك للنموذج $X(\text{cm})$ ، وان ميل الخط المستقيم من خلال المعادلات الخطية يمثل قيمة معامل الامتصاص الخطي لاشعة اكس باستخدام انبويتين (Mo tube, Cu tube) لعينات الالمنيوم والخارصين .اما الاشكال المرقمة بالارقام الفردية من (3) الى (17) فتوضح العلاقة الخطية بين لوغاريتم الامتصاصية مع السمك المكافئ $X_m(\text{gm/cm}^2)$ وان ميل الخط المستقيم من خلال المعادلات الخطية يمثل قيم معامل الامتصاص الكتلي للاشعة اكس لعينات الالمنيوم والخارصين باستخدام انبويتين (Mo tube, Cu tube).

في الشكلين (18,19) تم رسم العلاقة البيانية بين معاملات التوهين الخطي والفولطية المستخدمة لتوليد اشعة اكس باستخدام انبويتي اشعة اكس ولنفس العينات.

وفي الشكلين (20,21) تم رسم العلاقة البيانية بين معاملات التوهين الكتلية والفولطية المستخدمة لتوليد اشعة اكس باستخدام انبويتي اشعة اكس ولنفس العينات.



الشكل (2): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (20kV) والسمك لعينات الالمنيوم



الشكل (3): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (20kV) والسمك المكافئ لعينات الالمنيوم

تعد عملية انحلال نوية منفردة وما يصاحبها من اطلاق الجسيمات او اشعاعات نووية عملية عشوائية بحتة ، لذا فان التراوح الاحصائي يسبب لا دقة في القياسات النووية بحيث تتحرف قيم العد في وحدة الزمن عن قيم معادلات العد عند نفس الزمن [33].

يمكن حساب قياس التراوح الاحصائي (σ_x) ولعدد محدد من القياسات (N) بالعلاقة الاتية [28].

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N-1}} \quad \text{.....(12)}$$

اذ ان (\bar{x}) الوسط الحسابي لعدد (N) من القياسات المنفردة .

ثانياً:- الضبط Precision

يمثل مدى التوافق بين القراءات المنفردة المأخوذة في الظروف نفسها Relative Standard Devision (R.S.D) ويعطيهما بالعلاقة الاتية [34]:

$$\text{R.S.D} = \left[\frac{\sigma(\chi)}{\bar{\chi}} \right] \times 100\% \quad \text{.....(13)}$$

$\bar{\chi}$:- الوسط الحسابي (معدل القراءات) .

σ_x :- الانحراف المعياري (التراوح الاحصائي) .

هـ - قياسات التوهين :

لقياس وحساب قيم معاملي التوهين الخطي والكتلي (μ_m, μ_L) لنماذج الالمنيوم والخارصين تم اتباع الخطوات التالية :

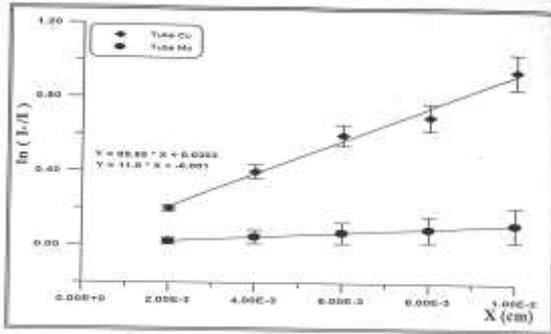
- 1- تثبيت انبوية النحاس لاشعة اكس (Cu-x-ray tube) في المكان المخصص لها في المنظومة .
- 2- تعيين زمن القياس اللازم للتجربة .
- 3- تثبيت زاوية الكاشف على الصفر بوسطة الجونوميتر (Goniometer).
- 4- تثبيت قيمة الفولطية للحد الذي يراد به قياس التوهين الخطي والكتلي .
- 5- قياس شدة الاشعة اكس الساقطة مباشرة وعند عدم وجود العينات وتمثل (I_0) .
- 6- قياس شدة الاشعة النافذة بوجود العينات وتمثل (I) .
- 7- حساب الانحراف المعياري لمحاولات القياس لكل من (I) الشدة النافذة و (I_0) الشدة الساقطة وباستخدام المعادلة (13) لتكون (σ_{I_0}, σ_I) على التوالي لكل من عينات الالمنيوم و الخارصين .
- 8- تكرار الخطوات السابقة لانبوية المولبدنيوم (Mo-x-ray tub).

٤- النتائج والحسابات :

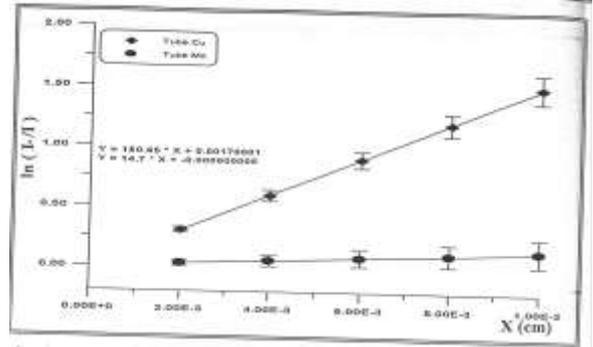
أ- تحديد كل من معامل التوهين الخطي (μ_L) والكتلي (μ_m) :

من خلال قياس معدلات العد (I_0, I) لكل من نماذج الالمنيوم والخارصين امكن حساب لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس لكل نموذج ، ان العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية وسمك النموذج هي علاقة خطية بحسب المعادلة (6) عندما تصبح على شكل :

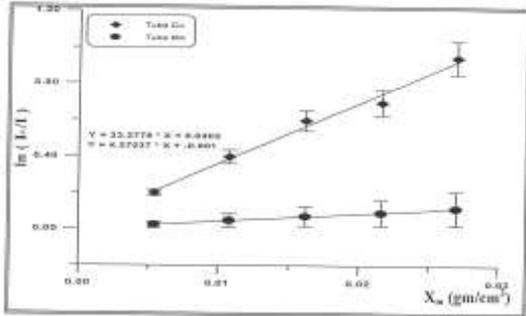
$$\mu = \frac{\ln(I_0 / I)}{X} \quad \text{.....(14)}$$



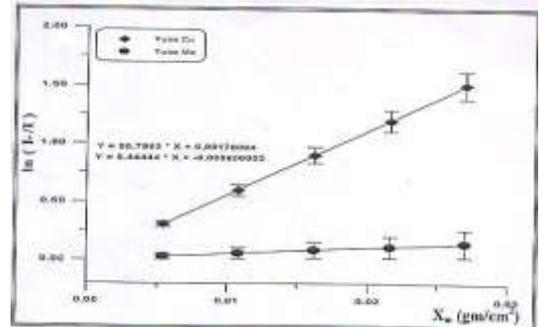
الشكل (8): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (35kV) والسلك لعينات الالمنيوم



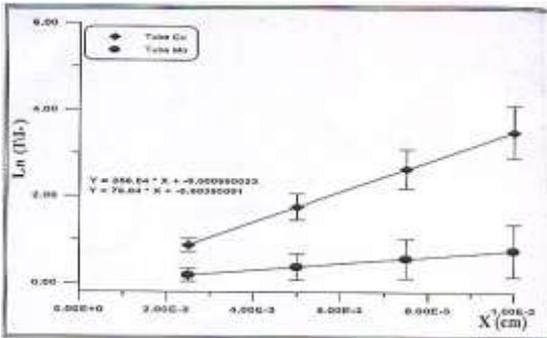
الشكل (4): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (25kV) والسلك لعينات الالمنيوم



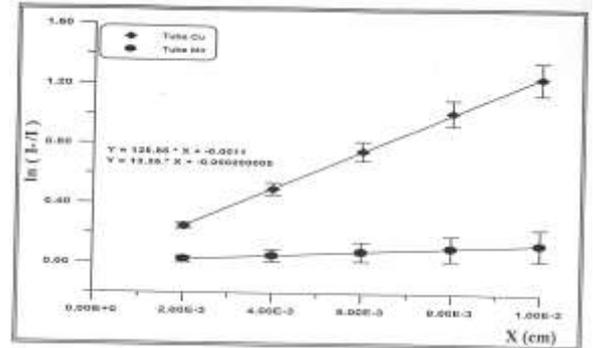
الشكل (9): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (35kV) والسلك المكافئ لعينات الالمنيوم



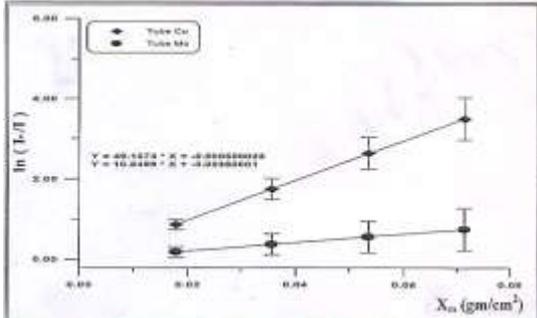
الشكل (5): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (25kV) والسلك المكافئ لعينات الالمنيوم



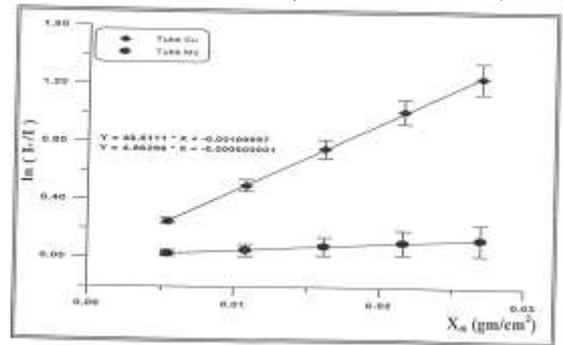
الشكل (10): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (20kV) والسلك لعينات الخارصين



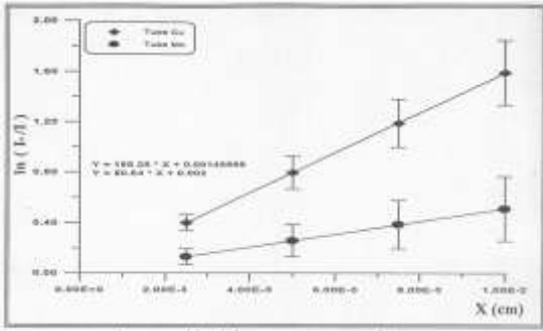
الشكل (6): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (30kV) والسلك لعينات الالمنيوم



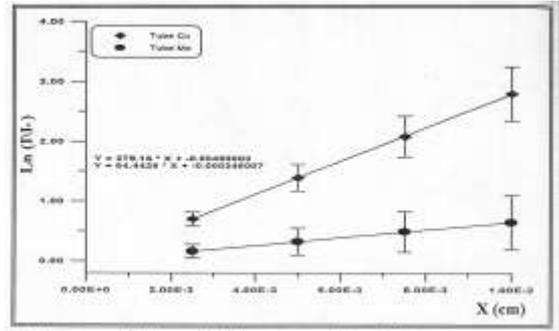
الشكل (11): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (20kV) والسلك المكافئ لعينات الخارصين



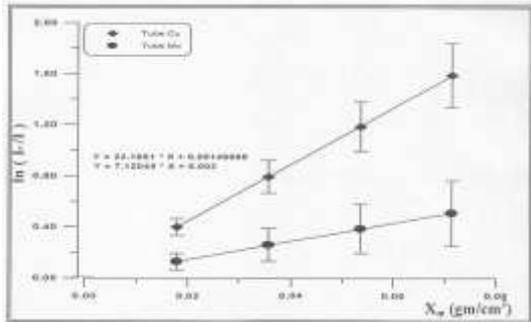
الشكل (7): العلاقة بين لو غاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (30kV) والسلك المكافئ لعينات الالمنيوم



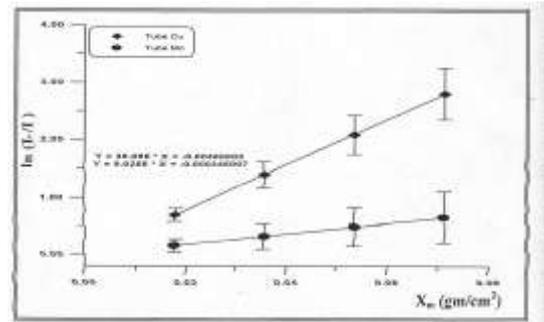
الشكل (16): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (35kV) والسلك لعينات الخارصين



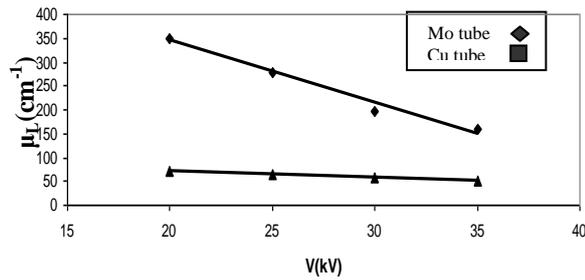
الشكل (12): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (25kV) والسلك لعينات الخارصين



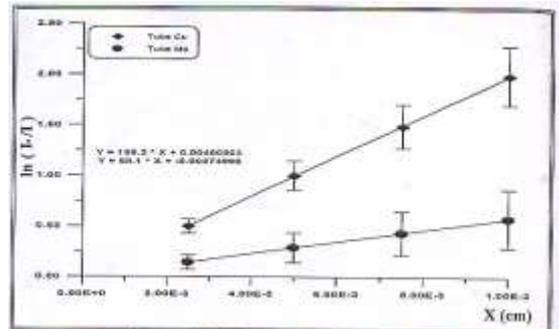
الشكل (17): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (35kV) والسلك المكافئ لعينات الخارصين



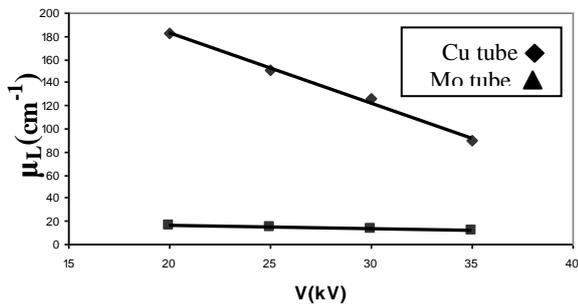
الشكل (13): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (25kV) والسلك المكافئ لعينات الخارصين



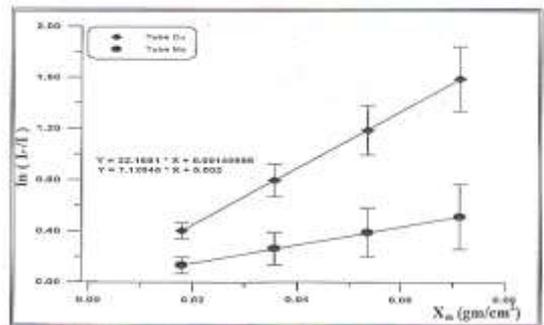
الشكل (18): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الخطي وفولتية توليد اشعة اكس لعينات الالمنيوم



الشكل (14): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (30kV) والسلك لعينات الخارصين



الشكل (19): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الخطي وفولتية توليد اشعة اكس لعينات الخارصين



الشكل (15): العلاقة بين لوغاريتم الامتصاصية لاشعة اكس بفولتية (30kV) والسلك المكافئ لعينات الخارصين

$$\sigma_{\mu_L} = \frac{\sigma_R}{X.R} (cm^{-1}) \dots\dots\dots(19)$$

وفي الجدولين (3,2) تم اعطاء القيم العملية لمعامل التوهين الخطي لعنصري الالمنيوم والخرصين .

الجدول (2): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الخطي والتراوح الاحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الاشعة اكس في عينات الالمنيوم

U (kV)	Cu Tube		Mo Tube	
	($\mu_L \pm \sigma_{\mu_L}$)(cm^{-1})	نسبة الخطأ %	($\mu_L \pm \sigma_{\mu_L}$)(cm^{-1})	نسبة الخطأ %
20	350.84±160.64	0.2917	70.04±39.81	0.482
25	279.16±133.01	0.4096	64.442±33.1	0.472
30	198.2±98.42	0.4572	58.1±29.87	0.669
35	158.28±79.42	0.5094	50.84±26.31	0.363

الجدول (3): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الخطي والتراوح الاحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الاشعة اكس في عينات الخرصين

U (kV)	Cu Tube		Mo Tube	
	($\mu_L \pm \sigma_{\mu_L}$)(cm^{-1})	نسبة الخطأ %	($\mu_L \pm \sigma_{\mu_L}$)(cm^{-1})	نسبة الخطأ %
20	182.4±93.052	0.3708	16.55±8.726	1.523
25	150.65±77.572	1.0130	14.7±7.7659	1.235
30	125.85±65.566	0.788	13.35±7.103	0.7612
35	89.85±47.371	5.5552	11.8±6.239	3.065

حساب معامل التوهين الكتلي الكلي (μ_m) :

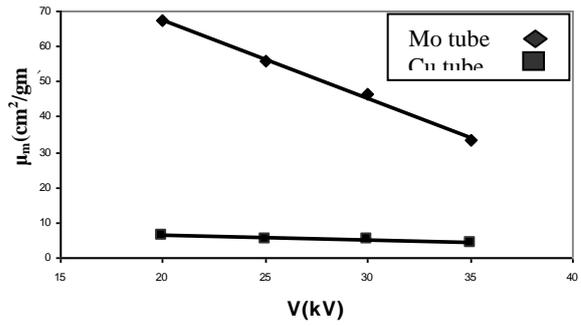
تم حساب معامل التوهين الكتلي للعينات من خلال المعادلة (10) . حيث (μ_L) لهذه العينات تم حسابه بواسطة المعادلة (17) . وبما ان (μ_m) يعتمد على (μ_L) ، لذلك فان (μ_m) يملك انحرافاً معيارياً (σ_{μ_m}) يحسب من خلال المعادلة :

$$\sigma_{\mu_m} = \frac{\sigma_{\mu_L}}{\rho_{sample}} (cm^2 / gm) \dots\dots\dots(20)$$

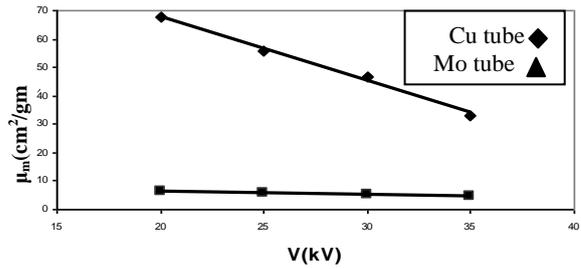
وفي الجدولين (4,5) تم اعطاء القيم العملية لمعامل التوهين الكتلي لعنصري الالمنيوم والخرصين .

الجدول (4): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الكتلي والتراوح الاحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الاشعة اكس في عينات الالمنيوم

U (kV)	Cu Tube		Mo Tube	
	($\mu_m \pm \sigma_{\mu_m}$)(cm^2 / gm)	نسبة الخطأ %	($\mu_L \pm \sigma_{\mu_L}$)(cm^{-1})	نسبة الخطأ %
20	67.5556±34.46	0.405	6.1296±3.23	1.4218
25	55.7963±28.73	0.891	5.4444±2.87	1.249



الشكل (20): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الكتلي وفولتية توليد الاشعة اكس لعينات الالمنيوم



الشكل (21): يوضح العلاقة بين معامل التوهين الكتلي وفولتية توليد الاشعة اكس لعينات الخرصين

ب- الحسابات :

أ- حساب معامل التوهين الخطي :

من خلال قياس معدلات العد (I_0, I) لكل العينات ، تم حساب معامل التوهين الخطي (μ_L) لاشعة اكس من خلال المعادلة (6) عندما تصبح بالشكل :

$$I/I_0 = \exp (- \mu_L X) \dots\dots\dots (15)$$

ومن خلال ذلك فان :

$$\mu_L = \frac{\ln R}{X} (cm^{-1}) \dots\dots\dots (16)$$

حيث X بوحدات (cm)

(R) نسبة النفاذية $I / I_0 = \text{Transmission}$

وبما ان عملية العد لوحدة الزمن هي عملية احصائية تختلف من قيمة لآخرى في ظروف القياس نفسها ، وان كل قيمة من قيم (I_0, I) تحرف عن قيم معدلاتها بمقدار ، لذلك فان سوف تخضع بدورها الى التراوح الاحصائي وتمتلك انحرافاً معيارياً لكل قيمة من قيمها عن المعدل بمقدار (σ_R) ، حيث يحسب (σ_R) من العلاقة التالية [34,35]:

$$\sigma_R = \left(\frac{N_0^2 \cdot \sigma_N^2 + N^2 \cdot \sigma_{N0}^2}{N_0^4} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(17)$$

وعليه فان قيمة (μ_L) في المعادلة (10) سوف تملك انحرافاً معيارياً عن قيمة المعدل مقداره (σ_{μ_L}) يمكن حسابه رياضياً من خلال [36,37] :

$$\sigma_{\mu_L} = \left| \frac{\partial \mu_L}{\partial R} \right| \sigma_R \dots\dots\dots(18)$$

ومن المعادلات (17)، (18) فان :

$$\sigma_{rd}(cm^2 / atom) = 4 \left[\ln \left(2 \frac{E + E_0}{E_0} \right) - \frac{1}{3} \right] K_0 Z^2 \quad (25)$$

٢- النموذج الرياضي :

استخدمت انبوتي Cu و Mo في هذا البحث لتوليد الأشعة اكس ، يتكون طيف اشعة اكس من طيف خطي وطيف مستمر وهذا يعني ان طاقة الاشعاع الواصل تتكون من مجموعة من الطاقات تبدأ من القيمة العظمى للطاقة الحركية للإلكترون (فولتية التعجيل تقريباً) الى الصفر . ولأجل معرفة معدل الطاقة الناتجة من الانبوت تم صياغة نموذج رياضي لهذا الغرض . ومن هنا تبرز أهمية هذا العمل حيث ان من المعلوم ان التعامل مع أي اشعة يعتمد على معرفة نوع هذه الأشعة وطاقاتها وبالتالي معرفة قيم معاملات التوهين حسب طاقتها و تحديد نوع التدرج المناسب لها . اعتمد النموذج على معادلات الميكانيك الكلاسيكي لتفسير تفاعل الإلكترون مع المادة وحساب التغيرات الحاصلة على طاقته الحركية . استخدمت طريقة مونت كارلو ولغة الفيجول بيسك لعمل برنامج يتم من خلاله حساب القيم ولغرض توضيح البرنامج سوف يقسم الى الخطوات التالية:

- ١- المدخلات : وهي العدد الذري ، الوزن الذري والكثافة لمادة الهدف ، فولتية تعجيل الإلكترون و طاقة القشرة K .
- ٢- حساب الطيف الخطي : ان عملية تفاعل الإلكترون هي عملية عشوائية ولأجل معرفة نوع التفاعل الذي سوف يحدث في البداية استخدمت الفرضية التالية : ان احتمالية ظهور الطيف الخطي تزداد بزيادة طاقة تعجيل الإلكترون وبالتالي فان الاحتمالية التفاعل P1 سوف تكون :

$$p1 = 1 - \frac{E_k}{E} \quad (26)$$

E_k طاقة القشرة K.

توضح المعادلة (27) ان قيمة P1 تزداد بزيادة الطاقة اي بمعنى اخر زيادة الاحتمالية لانتاج الطيف الخطي وعند مقارنة هذه الاحتمالية مع أي رقم عشوائي (مثل R1) قيمته (0-1) سوف نحصل على الاستنتاج التالي: عندما يكون R1 اصغر من P1 فان التفاعل سوف يعطي طيفاً خطياً وفيما عدا ذلك سوف يكون طيفاً مستمراً (تفاعل اشعاعي) . في حالة الحصول على طيف خطي يترك البرنامج هذا الإلكترون بعد تسجيله لقيمة طاقة الـ E_k وينتقل الى الكترون اخر .

٣- اما عندما يكون التفاعل اشعاعياً فان البرنامج سوف يعمل على حساب قيمة الطاقة المنبعثة من هذه العملية باستعمال المعادلة (25) بعد ضربها بقيمة طول المسار والذي يحسب من [39] :

$$\lambda = \lambda_a / \Phi \quad (27-a)$$

$$\Phi = \frac{\Phi_a}{E^2 \alpha (\alpha + 1)} \quad (27-b)$$

$$\alpha = \alpha_a / E \quad (27-c)$$

$$\alpha_a = 0.0034 Z^{0.67} \quad (27-d)$$

$$\Phi_a = 5.21 \times 10^{-21} Z^2 4\pi \left(\frac{E + 511}{E + 1022} \right)^2 \quad (27-e)$$

٣٠	46.6111±20.95	0.799	4.96296±2.6	1.1117
٣٥	33.2778±17.54	5.708	4.37037±2.3	3.135

الجدول (5): يوضح القيم العملية لمعامل التوهين الكلي والتراوح الإحصائي ونسبة الخطأ في القياسات لمدى فولتيات توليد الأشعة اكس في عينات الخارصين

U (kV)	Cu Tube		Mo Tube	
	($\mu_L \pm \sigma_{\mu L}$)(cm ² / gm)	نسبة الخطأ %	($\mu_L \pm \sigma_{\mu L}$)(cm ⁻¹)	نسبة الخطأ %
20	49.14373±22.49	1.064	10.6499±5.575	0.478
25	39.093±18.63	1.231	9.0256±4.64	0.471
30	27.7591±13.78	0.437	8.137258±4.18	0.696
35	22.1681±11.123	0.438	7.121045±3.68	0.433

ثانياً : حساب معدل الطاقة المنبعثة للأشعة اكس .

١- الوصف الرياضي لحركة الإلكترون داخل المادة :

يمكن حساب معدل الطاقة الحركية للإلكترون المفقودة عن طريق التفاعل المؤين لكل وحدة مسار من خلال [38]:

$$\left(\frac{dE}{ds} \right)_{ion} = \frac{2\pi e^4}{E} NZ \ln \left(\frac{E\sqrt{2}}{I} \right) \quad (21)$$

حيث : $\left(\frac{dE}{ds} \right)_{ion}$ معدل الطاقة المفقودة لوحدة المسار للتفاعل الايوني .

E الطاقة الحركية للإلكترون ، N عدد الإلكترونات في cm³ من المادة ، Z ، العدد الذري ، e شحنة الإلكترون ، I معدل طاقة التاين لذرات الهدف ويمكن حسابه من [39] :

$$I(keV) = \frac{9.76 + \frac{58.8}{Z^{0.19}}}{1000} \quad Z > 13 \quad (22-a)$$

$$I(keV) = \frac{11.5Z}{1000} \quad Z \leq 13 \quad (22-b)$$

اما مساحة مقطع للتفاعل المؤين فيعطى بـ [2]:

$$\sigma_{ion}(barn / atom) = 2 \frac{z}{\beta^4} \ln \left(\frac{E\sqrt{2}}{I} \right) \quad (23)$$

حيث β : نسبة سرعة الإلكترون الى سرعة الضوء .

كذلك يمكن حساب معدل الطاقة المفقودة بالتفاعل الاشعاعي لوحدة المسار من خلال [38]:

$$\left(\frac{dE}{ds} \right)_{rd} = \frac{16}{3} NZK_0 (E + E_0) \quad (24)$$

حيث : $\left(\frac{dE}{ds} \right)_{rd}$ معدل الطاقة المفقودة لوحدة المسار للتفاعل الاشعاعي .

E_0 ، $K_0 = 5.8 \times 10^{-28} cm^2 / atom$ الطاقة السكونية للإلكترون .

اما مساحة المقطع للتفاعل الاشعاعي فيعطى بـ [38]:

$$P2 = \frac{\sigma_{rd}}{\sigma_{total}} \text{-----}(29)$$

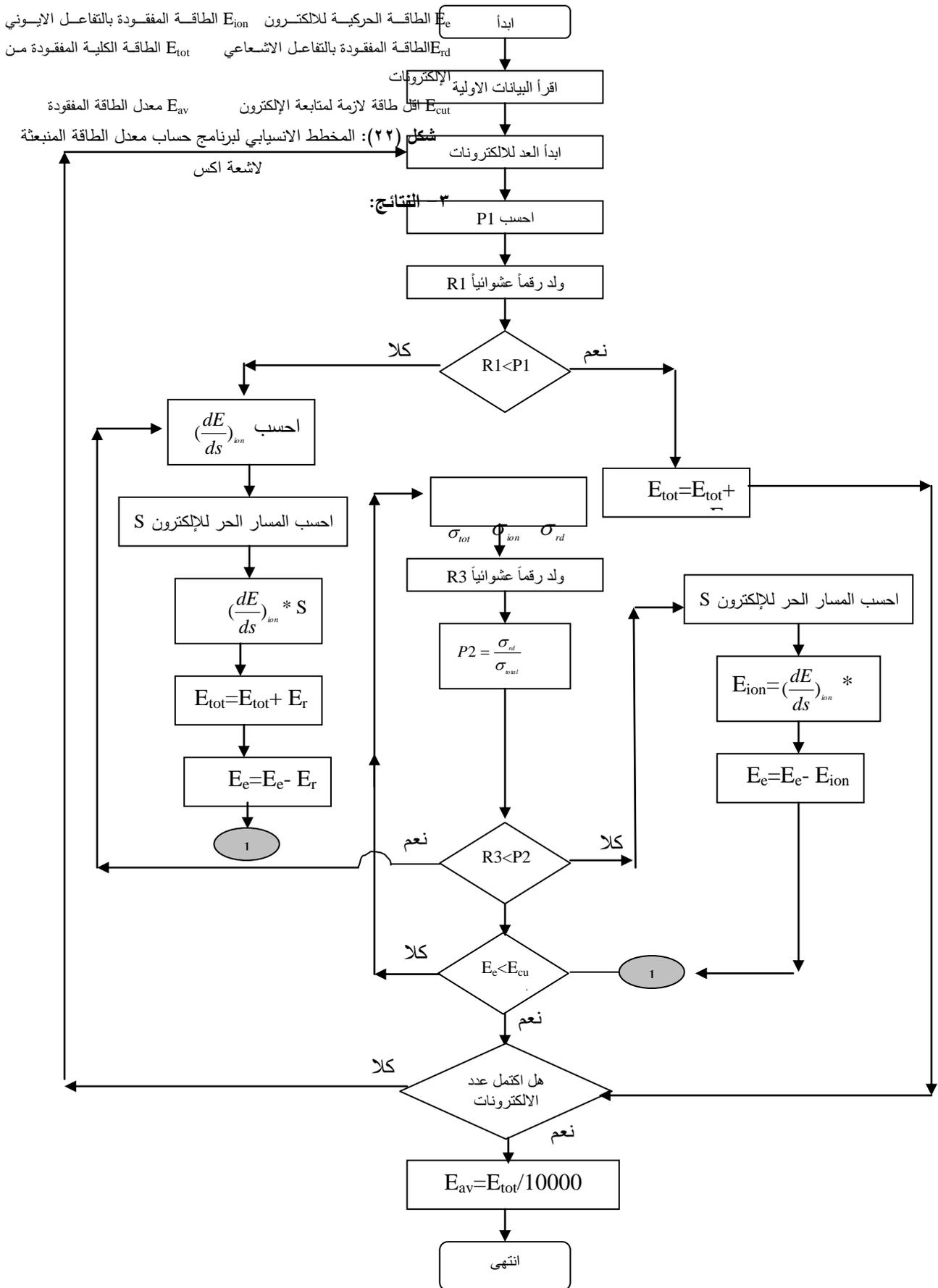
ويولد رقم عشوائي جديد R3 فعندما يكون R3 < P2 يكون التفاعل اشعاعياً [40] وتعاد الخطوات في اعلاه، اما عندما يكون تفاعل تأين، فتحسب الطاقة المفقودة من التأين من خلال ضرب المعادلة (22) بالمعادلة (29) للحصول على قيمة الطاقة المفقودة من الالكترن ويعاد متابعة هذا الالكترن من جديد حتى تصبح طاقته اقل من 0.1keV وهي طاقة القطع في البرنامج، تجمع قيم الطاقات الناتجة للالكترن من التفاعل الاشعاعي وتقسم على عدد التفاعلات الاشعاعية للحصول على معدل الطاقة المنبعثة لهذا الالكترن. وتعاد العملية كما مر سابقاً لالكترونات اخرى. (افترض العدد في هذا البرنامج 10000 الكترن). يوضح الشكل (22) المخطط الانسيابي للبرنامج.

$$\lambda_a = \frac{Aw}{\rho \times 6.0 \times 10^{23}} \times 10^{-2} \text{-----}(27-f)$$

حيث: Aw الوزن الذري للعنصر ، ρ الكثافة .
يمثل λ معدل المسار الحر للالكترن، ولتقريب الحالة من الوضع الحقيقي للتفاعل من خلال كونه عملية عشوائية، استخدمت المعادلة (29) لحساب طول المسار الحر [39]:

$$S = -\lambda \cdot \ln(R2) \text{-----}(28)$$

حيث R2 رقم عشوائي.
بعد حساب قيمة الطاقة المفقودة من الالكترن بالتفاعل الاشعاعي تضاف الى عداد خاص داخل البرنامج وتطرح من الطاقة الاولية للالكترن ثم يعود البرنامج لمتابعة حركة هذا الالكترن مرة اخرى حيث تحسب مساحة مقطع التفاعل التآيني من المعادلة (24) ومساحة مقطع التفاعل الاشعاعي من المعادلة (26) ثم تجمع للحصول على σ_{total} وتحسب P2 من العلاقة التالية :



هذه المعادلات وتقريبها من واقعية التفاعل تختلف من نموذج الى اخر ،
 وهنا تبرز اهمية وجود بيانات

يمكن وصف عملية تفاعل الالكترون مع المادة بعدد كبير من النماذج
 والتي تعتمد بطبيعة الحال على معادلات معروفة ، الا ان عملية ترتيب

المناقشة:

١- تظهر الجداول (٢،٣،٤،٥) قيم النتائج العملية الحالية لمعاملات التوهين لأشعة اكس في عينات الالمنيوم والخاصين باستخدام انبويتين (Tube Mo, Tube Cu) ويوضح من نتائج البحث الحالي ان قيم معاملات التوهين عند استخدام انبوية (Cu) تكون اكبر من معاملات التوهين لنفس المواد عند استخدام انبوية (Mo) وهذا يعود الى ان الخطوط الطيفية المنبعثة من عنصر النحاس (Cu) والتي تنتمي الى القشرة (K) تكون طاقتها اقل من الخطوط الطيفية للمولبدنيوم عند نفس القشرة حيث تكون لعنصر النحاس بحدود (٨،٠٤ keV) في حين تكون للمولبدنيوم (١٧،٤٤ keV)، و ان معامل التوهين يقل بزيادة الطاقة نتيجة لزيادة قابلية الاختراق للفوتون .

٢- اظهرت النتائج الخاصة بحساب معدل الطاقة صحة النموذج المفترض والذي اعتمد على طريقة مونتني كارلو و الميكانيك الكلاسيكي لوصف حركة الالكترون داخل المادة ضمن مدى الطاقة المدروس وبالتالي امكانية استخدام هذا النموذج في حسابات اخرى للالكترونات كأعمال مستقبلية لهذا البحث .

٣- تظهر النتائج المحسوبة ان معدلات الطاقة للمولبدنيوم اعلى منها للنحاس نتيجة لارتفاع طاقة القشرة K للمولبدنيوم عن مثيلتها في النحاس ، ومن هنا يمكن ان نلاحظ ان طيف القشرة K يكون السائد عند فولطية تشغيل مقدارها (30kV) لعنصر المولبدنيوم في حين يكون طيف هذه القشرة هو السائد عند فولطية تشغيل مقدارها (25kV) لعنصر النحاس .

٤- ان نسبة الخطأ التي ظهرت في حسابات النموذج بين القيم العملية والنظرية يمكن تفسيرها نتيجة ل:

أ- نسبة خطأ في القياسات العملية .

ب- نسبة الخطأ في حسابات برنامج XCOM.

ج- الخطأ الناتج من عملية الموازنة لمنحني الطاقة مع معامل التوهين.

د- الخطأ الاحصائي في استخدام طريقة مونتني كارلو وتمثيل الحركة العشوائية .

مرجعية لمعرفة دقة حساب النموذج ولأجل ذلك تم مقارنة النتائج المحسوبة مع قيم معدلات الطاقة المقاسة حيث استخدم برنامج XCOM [41] والذي تم من خلاله حساب معاملات التوهين الكتلتي للالمنيوم والخاصين ضمن مدى الطاقة المقاس ، ثم استخدم برنامج Excel لرسم علاقة تربط الطاقة مع معامل التوهين الكتلتي (الطاقة كدالة لمعامل التوهين) واخذت احسن معادلة موائمة تصف السلوك فكانت كالتالي:

$$E_{av} = 30.805(\mu_m^{-0.3456}) \quad (31) \quad \text{للالمنيوم}$$

$$E_{av} = 34.866(\mu_m^{-0.3626}) \quad (32) \quad \text{للخاصين}$$

و الفائدة من هذه المعادلات هو معرفة الطاقة الواصلة لشريحتي الالمنيوم والخاصين وبالتالي استخدامها بينات مرجعية لمقارنة القيم المحسوبة من النموذج مع هذه القيم .

بعد حساب معدل الطاقات الواصلة من خلال قيم معاملات التوهين المقاسة ونتيجة للاخطاء التجريبية ونسبة الخطأ الموجودة في برنامج XCOM اظهرت القيم تفاوتاً بسيطاً في الطاقة المنبعثة من انبويتي (Cu, Mo) الى شرائح الالمنيوم والخاصين وتم حساب معدل الطاقة لكل انبوب من قيم شريحة الالمنيوم والخاصين فكانت القيم التالية :

جدول (6): قيم معدلات الطاقة النظرية (Theo) والعملية (Exp) المنبعثة من انبوية Cu عند مديات فولطية التشغيل ونسبة الخطأ المؤية

U (kV)	E _{av} (keV) Exp	E _{av} (keV) Theo	P.E%
20	7.8	7.7	1.28
25	8.44	8.6	1.89
30	9.3	9.7	4.3
35	10.25	10.9	6.34

جدول (7): قيم معدلات الطاقة النظرية (Theo) والعملية (Exp) المنبعثة من انبوية Mo عند مديات فولطية التشغيل ونسبة الخطأ المؤية .

U (kV)	E _{av} (keV) Exp	E _{av} (keV) Theo	P.E%
20	15.8	16.3	3.16
25	16.5	17.01	3.09
30	17.09	18.3	7.1

- 22-Chilton , A. B. Shulits, J.K., Faw, R, E "PrinciplesShielding", Prentice- Hall , Inc. , New Jersey , (1984).
- 23- Leo. W.RTechniques for nuclear and particle physics Experiments", Springer-Verlag, Berlin(1987).
- 24-Mammier,P.Sheldon,E., "Physics of Nudei and Particles", vol , 1 , Academic Press-London.(1969).
- 25- Lovell,S., "An Introductio to Radiation dosimetry", Cambridge university press(1979).
- 26- Profio.,A.E"Radiation Shielding and Dosimetry",John wiley & Sons,Inc.(1979).
- ٢٧- "الكشف عن الاشعة النووية"، عذاب طاهر الكفاني، دار الحكمة للطباعة والنشر والتوزيع - بغداد (١٩٨٩).
- ٢٨- "استخدام اجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها"، امين فزكي البيهي، محمد نايف و فوزي عصفور ، الهيئة العربية للطاقة الذرية و هيئة الطاقة المصرية (١٩٩٥).
- ٢٩- "مبادئ الفيزياء النووية"، سعدي جعفر حسن و سعد سلمان كمنونة، دار الشؤون الثقافية العامة (١٩٨٩).
- 30- "Encyclopedia of polymer Seince and Engineering", Vol.4,John Wiley&sons,Inc.(1986).
- 31- Cember,H., " introduction to Health Physics", Pergamon press Inc(1969).
- ٣٢- فريد مجيد وعبد الهادي مردان "قياس وحساب معاملي التوهين الخطي والكتلي لاشعة اكس للخشب" مجلة تكريت للعلوم الصرفة ، المجلد ١٢، العدد ١، (٢٠٠٧).
- 33- Poprscu,C.,Patrascu,S.,Kluger,A.,university of Western Hungary,H9400 Sopron,P.O.Box(132),wood NDT.NDT net(2000).
- 34- "الفيزياء النووية التجريبية" علي عطية عبد الله، شذى سلمان ومازن مانويل، مطبعة التعليم العالي (١٩٩٠).
- 35- Tsoufanidis,N"Measurment and detection of Radiation",Hem . Public carporation , (1983).
- 36- Konll,G.F"Ratiation detection and MeasurmenfJohn wiley & Sons,Inc(1979).
- 37-Conner, A.E .Atwater ,H.F. Plassman ,E.H. ,MC.Crary ,J.H.,Phys Rev.A,(3)(1970)539..
- 38- R.D.Evans; "The Atomic Nucleus "; McGraw HILL New York (1955).
- 39-http://www.dlm-enterprises.com/mc-set
- 40-PhD Thesis, M.s.Macpherson, "Accurate Measurements of the Collision Stopping Power for 5 to 30 MeV Electrons", ,National Research Council,Canada (1998).
- 41- XCOM, National Bureau of Standards Report, NBSIR-87,(1999).
- 1-cook, b.a and stwardson, E.A.Br.H.Apple Phys.15135-1319(1964).
- 2-Maruyama, T.Kumamoto , Y.Hashizume, T.and moriyuki,Y",Health Physics Society", Health Phys-20(3): 2777-285, March(1971).
- 3-Hubbel ,J.H., Radiat.Res,70(1977)58.
- 4-White,D.R.F.,fidzerald,M,HealthPhysc, 33(1977)73.
- 5-Gameel,Y.H,Belal,A.,andEl-amel,A,H.ind.J.Pure Appl.Phys.it(1978)62
- 6-Hubbell,J.H.,Gimm,H.A.,Φver.Φ, I . J . Phys. Chem. Ref . , 9(1980)1023.
- 7- Hubbell,J.H..Japple .Radiate.Isot., 33(1982) 1269
- 8- Del Grande ,N,K.,Proc.SP:E691(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,A., Woicik, J.C., Kirkl and , J.P., Phys.Rev.A51,477-453(1995).
- 12- <http://130.237.33.129/Klab /labpek/ lab 0-14>.
- 13- Xu, F., Liuwu, H., Jiang.H., Nordquist, R.E., Chen,W.R., Medical Phisices , Vol.26,No.7.(1999).
- 14-Ceareo.R.Brunetti,A.,Borlion,C.C.,Masscaren has ,S.,Estlano Quarta, A.C.,Colosso,P.Q.,NDTnet-5(2000)pp.(1-7).
- 15- Vincent,S.S., "99.9%attenuation of 120Kv X-Rays by Elemental materials"(2002)GRC 130 ,P.P.(1-5).
- 16- Tran,C.Q.,Barnea,Z.,de,Jnge,M.,Dhal,B-B.,parterson,D.,Cookson,DJ.,Chantler,C.T.X-Ray Spectro Scopy32(2003)69-74.
- 17- Drobantu,V., Physics Department, "Poliehica "university, timisoora, Romania , NDT, net.Dec(2004),
- 18- David. J.G."Ratiation Safty officer" university of Ontario Institute of Technology,(2004).
- ١٩- "مبادئ في الفيزياء النووية"، ترجمة: عاصم عبد الكريم عزوز ، مطبعة جامعة الموصل
- ٢٠- "الطاقة الذرية واستخداماتها"، خضر عبد العباس الخطيب، غسان هاشم حمزة، الطبعة الثانية - منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية (١٩٨٩).
- 21- Tait,W,H., "Radiation Detection",Butter worths,U.K(1980).

Measurement of linear and mass attenuation coefficients for Aluminum and Zinc and modulation of programs to calculate the emission average energy of X-ray tubes.

Fared Majid Mohammed¹, Anwer Ahmaed Mohammed² and Abdul-Hadi Merdan Galib¹

¹ College of education, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

² College of Education- Sammara, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Abstract :

The attenuation measurments of x-rays by using (Cu,Mo) tubes for Al and Zn meatlts carried out ,the linear and mass attenuation coefficients (μ_L) and (μ_m) respectively were obtain also a programme were designed to calculate the average energy emitted from the above mention tubes , the results were compared with measured data after processing by mathematical method depending on XCOM programme which was used to calculate the attenuation coefficients on descrite energies , the risalts shows a good agreement.