بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم التكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

أثر تغير الجهد والتيار على شدة إستضاءة الأشعة السينية

Effect of Voltage and Current Change on X-rays Intensity

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء العامة

إعداد الطالب :

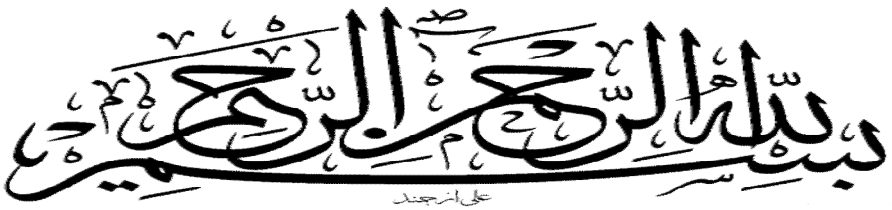
محمد عوض الكريم يوسف بلال

إشراف :

برفيسور : مبارك درار عبد الله

مـايـو 2015 م

الآيـــة



قُلْ إِنَّ رَبِّي يَبْسُطُ الرِّزْقَ لِمَن يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ وَيَقْدِرُ لَهُ وَمَا أَنفَقْتُم مِّن شَيْءٍ فَهُوَ يُخْلِفُهُ وَهُوَ خَيْرُ الرَّازِقِينَ

صدق الله العظيم

سورة سبأ : 39

الإهداء

إلى من أحمل أسمه ،، إلى من علمني النضال دوماً أحس خطاي تمضي خلفك

أيها الرائع في زمن تاهت فيه مراكب الروعة ،،،

أبي الحبيب ...

إلى الزهرة التي كلما تناثرت قطرات نداها شاع بريقها في قلبي يا زهرة أعطت للحياة معنى وللبسمة إشراقاً ،،، وقفت كلماتي عاجزة عن إعطائك حقك ،، وليكن صمتي إحتراماً أبلغ من كل الكلمات ،،،

أمي الحبيبة ...

إلى رفقاء درب قل ما يجود الزمان بمثلهم ... ها هي الكلمات تبحر وتحدثني وتخبرني بأني مهما كتبت فلن تكتمل الصورة إلا بهم .. أحبكم حباً لو مر على أرض قاحلة لتفجرت ينابيع المحبة ،،،

أخواني و أخواتي ...

إلى وطن العزة والإباء لك عزي وإفتخاري ،،،

إلى من يفتحون في صحرائنا نوافذ الربيع ، إليكم مني أسمى غايات الأماني ،،،

إلى من أعتز وأفتخر بإنتمائي إليهم ،،،

أهلي وعشيرتي ...

إلى الطيور التي تحلق معي في بحر العلم معاً نشكل ذلك الألق الناجح لنرى ثمرة جهدنا ،،،

رفقاء ورفيقات دربي ...

الشكر والتقدير

الشكر أولاً وأخيراً إلى الله رب العالمين غافر الذنب قابل التوب

لنطرز معاً من خيوط الشمس اللامعة حروف شكر ومن ماء الذهب كلمات

عرفان لمن يستحق في حياة كل منا ،،،

عفواً اليكم يتوقف القلم عن الرسم على الورق خجلاً من أن يخطو بضع حروف لا تفيكم حقكم كاملاً عذراً فإن مفرداتي تعجز عن قول ما أجيش به اليكم .. لكم ودي ولا أقول شكري لأنكم فوق كل الشكر

أسرة جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ،،،

وإلي كلية الدراسات العليا

كلية العلوم

قسم الفيزياء

هم يستحقون أوسمة شكر وعرفان بأن معادنهم لم تصدأ ولم تفقد وهجها

إلى من صبرت لأنجح وكانت خير معين طيلة مسيرتي حتى تم إتمام هذا العمل

بروفيسر : مبارك درار عبد الله ،،،

إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه فأظهر بسماحته تواضع العلماء وبرحابته سماحة العارفين،،،

لو كان المرء يهدى قدر طاقته لكان مقداركم أسمى من الدنيا وما فيها ،،،

مـلـخص الـبـحث :-

هذا البحث مخصص لدراسة خواص أشعة اكس المتعلقة بتأثير تغير الجهد والتيار مع شدة الاستضاءة حيث أن هنالك تناسب طردي بين تغير الجهد وشدة الاستضاءة وكذلك بين تغير التيار وشدة الاستضاءة نتيجة لزيادة ونقصان طاقة الفوتونات مع زيادة ونقصان الجهد والتيار مع تغير زاوية سقوط الفوتونات .

حيث تم تغير الجهد من 0kv إلي 34kv والتيار في 0mA إلي 1mA ووجد أن جهد التعجيل هو 22 kv وطاقة الفوتون $35.2 \times 10^{-16} J$ ان الرسم البياني يتسق مع النتائج التجريبية .

Abstract

This research is dedicated to the study of the properties of the x-ray on the impact of changing the voltage and current meters with intensity luminosity where there is a direct propotion between the voltage change and the severity of current and the severity of luminosity result of the increase and decrease energy photons with veadh and decrease the voltage and current with the changing angle of the fall of photons.

where the voltage change of 0kv to 34 kv The power of 0 mA to 1 mA and found that the operating voltage is 22 kv and energy photon$35.2 \times 10^{-16} J$ is that the graph is consistent with experimental reaults.

فهرست الموضوعات

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الآية	أ
	الإهداء	ب
	الشكر والتقدير	ج
	ملخص البحث	د
	Abstract	و
	فهرست الموضوعات	ح
الباب الأول : المقدمة		
(1-1)	اكتشاف الأشعة السينية	1
(1-2)	استخدامات الأشعة السينية	1
(1-3)	مشكلة البحث	2
(1-4)	الغرض من البحث	2
(1-5)	محتوي البحث	2
الباب الثاني : إشعاع الأشعة السينية		
(2-1)	مقدمة	3
(2-2)	الخصائص الفيزيائية للأشعة السينية	3
(2-3)	أنواع الأشعة السينية	4
(2-4)	انتاج الأشعة السينية	6
(2-5)	تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية المؤينة مع المادة	7
(2-6)	قياس شدة الأشعة السينية	16
(2-7)	قياس شدة الأشعة السينية بعداد جايجر	21

الباب الثالث : تغيير شدة الإستضاءة بتغيير الجهد والتيار في جهاز أشعة اكس		
(3-1)	مقدمة	24
(3-2)	الأجهزة والمعدات	24
(3-3)	طريقة القراءة	24
(3-4)	الجداول	25
(3-5)	مناقشة النتائج	33
(3-6)	الخاتمة والتوصيات	34
	المصادر والمراجع	35

الباب الأول

المقدمة

(1-1) اكتشاف الأشعة السينية: -

اكتشفت الأشعة السينية عام 1895م من قبل العالم رونتجن بالصدفة عندما كان يدرس كهربائية الغازات والتوصيل الكهربائي للإلكترونات داخل أنابيب مفرغة جزئيا من الهواء عندما سلط فولطية عالية بين طرفي الأنوب لاحظ ضوء باهت نتيجة لتأين جزيئات الهواء المتبقية بواسطة الإلكترونات السريعة وعند تسليط فولطية عالية لاحظ حدوث تألقا علي غطاء أناء قرب الأنبوب الذي يحوي علي أملاح الباريوم ، ودرس سبب هذا التألق وتوصل إلي أنه لا يعود إلي الإلكترونات المنبعثة من الكاثود لأنها لا تخترق زجاج الأنبوب وليس من الضوء الناتج عن عملية التفريغ لأن الأنبوبة مغلقة بقطعة سميكة من الورق الأسود ، لذلك استنتج بأن هذه الأشعة غير معروفة تولدت نتيجة لتسليط جهد عالي بين الكاثود والأنود لها قابلية علي اختراق الزجاج وتوهج بعض المواد .

أعاد رونتجن تجربته هذه أكثر من مرة وفي كل مرة كان يغير موقع إناء الباريوم ويلاحظ التألق الذي يزداد توهجا كلما قرب الإناء من موقع الأنبوب ، حول رونتجن اهتمامه من موضوع الغازات إلي دراسة هذا الضوء المجهول الأصل لديه ودعاه بالأشعة المجهولة (السينية) أو أشعة إكس .

أعاد رونتجن تجاربه فوجد لهذه الأشعة القدرة علي إختراق الورق والطبقات الخفيفة من المعادن وأهم من ذلك كله وجد أن أنسجة جسم الإنسان شفافة جدا لهذه الأشعة عدة مواد نلاحظ أن شدة الفلورة تختلف باختلاف نوع المادة وكانت دهشة كبيرة عندما لاحظ صورة عظام يد زوجته علي الشاشة بعد اختراق هذه الأشعة ليد زوجته وهذه تعتبر بداية التشخيص بالأشعة السينية ومن ثم انتشر التشخيص بالأشعة السينية في مجال الفحص الطبي في العالم كله[1].

(2-1) استخدامات الأشعة السينية : -

تستخدم الأشعة السينية في نطاق واسع في التصوير داخل الأجسام مثل التصوير الإشعاعي الطبي وآمن المطارات كما أنها مفيده في تحديد التركيب البلوري للمواد واستخدمت أيضا في علاج الأورام الخبيثة

ومنع انتشارها إلي جانب استخدامها في الصناعة لكشف الفتحات الصغيرة والشقوق في القوالب المعدنية والأخشاب المستعملة في صناعة الزوارق .

(3-1) مشكلة البحث :-

لا توجد دراسة وافية توضح علاقة جهد وتيار الجهاز بجودة الصورة .

(4-1) الغرض من البحث :-

دراسة تغير شدة أشعة اكس مع الجهد والتيار لمعرفة كيفية ضبط الجهاز للحصول علي جودة أعلي من الصورة .

(5-1) محتوي البحث :-

يحتوي البحث علي ثلاثة أبواب ، الباب الأول هو مقدمة البحث والباب الثاني يتحدث عن أشعة اكس والباب الثالث يختص بالجانب العملي والمساهمة المتعلقة بعلاقة شدة التيار مع شدة أشعة اكس وكذلك الجهد .

الباب الثاني

إشعاع الأشعة السينية

(1-2) مقدمة :-

الأشعة السينية (X-ray) هي موجات كهرومغنطيسية تشبه موجات الضوء ليس لها شحنة لذا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية الاعتيادية ، يمكن الحصول عليها عند قذف هدف ما بالكترونات مسرعة بتعجيل عالي يحدث داخل أنبوبة الأشعة السينية [5] .

(2-2) الخصائص الفيزيائية للأشعة السينية :-

تتميز الأشعة السينية (أشعة X) بطول موجي قصير جدا أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي طولها الموجي يتراوح من 0.01 نانوميتر إلي 10 نانوميتر وترددها في نطاق$3x10^{6}$ هيرتز إلي$3x10^{19}$ هيرتز وطاقتها في نطاق 100 إلكترون فولت إلي 100 كيلو إلكترون فولت ، يرجع كثير من الخصائص المهمة للأشعة السينية إلي قصر طولها الموجي وكبر طاقتها ويمكن مقارنة سلوك الأشعة السينية بسلوك الضوء المرئي فعلي سبيل المثال :-

تخترق الأشعة السينية المواد بعمق أكثر من اختراق الضوء العادي لها بسبب ارتفاع طاقتها عن طاقة الضوء وتنساب بخط مستقيم وبسرعة مساوية لسرعة الضوء حيث نجد أن الأشعة السينية لا يمكن عكسها بسهولة أو بواسطة مرآة كما يحدث للضوء لأن طاقتها العالية تجعلها تخترق المرآة بدلا من إنعكاسها علي السطح ولا تنكسر أي لا تنحني عندما تنتقل من مادة إلي مادة أخرى كما يفعل الضوء عندما ينتقل من الهواء إلي الزجاج فالضوء ينكسر بواسطة العدسات بسبب تفاعل موجات الضوء مع الإلكترونات الموجودة في ذراتها ولكن للأشعة السينية طولا موجيا قصيرا بحيث أنها تمر من خلال المواد دون أن تتفاعل مع الإلكترونات الموجودة فيها تتمتع الأشعة السينية كالضوء بازدواجية الطبيعة بحيث أنها تبدو في بعض الميادين كالموجة (الحيود مثلا) وفي بعضها الآخر كمجموعة حبيبات طاقة قادرة علي تحرير الكترون أو أكثر في بعض الأجسام محدثة بذلك تيارا كهربيا .

عندما تسقط الأشعة السينية علي مادة فإن المادة تمتصها عند اصطدامها بالإلكترونات الموجودة فيها وعدد الإلكترونات في ذرة مادة ما يساوي عددها الذري لذا فإن المواد التي

يكون عددها الذري كبير تمتص الأشعة السينية بدرجة أكبر فالرصاص مثلا له عدد ذري 82 يمتص الأشعة السينية بدرجة أكبر من مواد أخرى .

(3-2) أنواع الأشعة السينية :-

تعتبر الأشعة السينية ظاهرة كهروضوئية عكسية لأن الأشعة السينية تتولد نتيجة لتحول طاقة الإلكترون المعجلة المنبعثة من الكاثود في جهاز انتاج الأشعة السينية والساقطة علي الهدف المثبت علي الانود إلي فوتونات الأشعة السينية وتكون هذه الأشعة علي نوعين :-

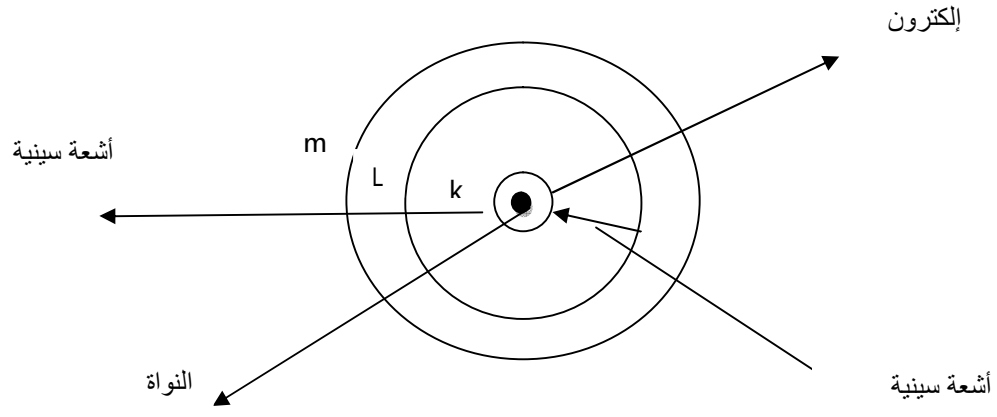
1/ الأشعة السينية المميزة (ذات الطيف الخطي الحاد) :-

عند سقوط الإلكترونات السريعة علي ذرات الهدف فإن هذه الإلكترونات تقتلع أحد الإلكترونات الداخلية للهدف وقد يغادر الذرة نهائيا فتحدث حالة التأين أو قد يرتفع إلي مدار أكثر طاقة وتحدث حالة التهيج وفي كلتا الحالتين تكون الذرة متهيجة فتحاول العودة إلي وضع الاستقرار عندما يهبط أحد إلكترونات المدارات العليا (ذات الطاقة العالية) ليملئ الفراغ الذي تولد في المدارات الداخلية ونتيجة لفرق الطاقة بين المدار العلوي والمدار الداخلي تنبعث الطاقة بشكل فوتونات للأشعة السينية وهذه الأشعة صفة مميزة لذرات الهدف بحيث أن :

$$hf = E_2 - E_1 \qquad (1.3.2)$$

$E_2 \equiv$ طاقة الفوتونات في المدار $f \equiv$ تردد الفوتونات المنبعثة

$E_1 \equiv$ الأعلي طاقة الفوتونات في المدار الأدني $h \equiv$ ثابت بلانك



شكل (2-1) الأشعة السينية المميزة

2/ الأشعة السينية ذات الطيف المستمر :-

ينتج هذا الطيف عن تفاعل الإلكترونات المعجلة مع ذات الهدف أو عند مرور الإلكترونات السريعة في مجال نوي ذرات الهدف فإن المجال الكهربائي لذرات الهدف أو المجال الموجب للنواة يؤثر بقوة علي الإلكترونات السريعة فتنحرف عن اتجاهها الأصلي وتتباطأ ونتيجة لهذا التباطئ فإن الإلكترونات تفقد جزءا من طاقتها ويظهر في شكل فوتونات للأشعة السينية تبدأ من الصفر إلي طاقة الإلكترونات الساقطة وتزداد شدة السينية المستمرة بزيادة العدد الذري لمادة الهدف وتسمي هذه الأشعة أحيانا بأشعة التوقف أو الكبح Bremsstrahlung ويستفاد من هذا النوع من الأشعة السينية في التشخيص الطبي والعلاج [1] .

هذا النوع من العمليات يسمي الفرملة تحدد هذه العملية إذا مر إلكترون خلال الذرة بجوار النواة بسرعة (V_1) ثم يخرج تاركا الذرة بسرعة (V_2) فإن طاقة الفوتونات الناتجة من الأشعة السينية المنبعثة هي :

$$hf = \frac{1}{2}m\left(V_2 - V_1\right) \qquad (2\text{-}3\text{-}2)$$

وإذا توقف الإلكترون تماما داخل النواة فإن الأشعة السينية المنبعثة سوف يكون لها أقصى تردد (f_{max})

$$hf_{max} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$qv = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (3\text{-}3\text{-}2)$$

$$hf_{max} = qv = \frac{hc}{\lambda_{min}} \qquad (4\text{-}3\text{-}2)$$

حيث (v) تمثل جهد تعجيل الإلكترونات تؤخذ بالكيلو فولت

$$hf_{max} = qv = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

وبالتعويض عن القيم (q , c , h) يتم الحصول علي

$$\lambda_{min} = \frac{12.4}{v} A^0$$

المعادلة (2-3-5) توضح أن طول موجة الأشعة السينية يتناسب عكسيا مع فرق الجهد بين الأنود والكاثود حيث أن زيادة قيمة فرق الجهد يجعل قيمة الطول الموجي للطيف المستمر تتناقص ولا تعتمد علي نوعية مادة الهدف .

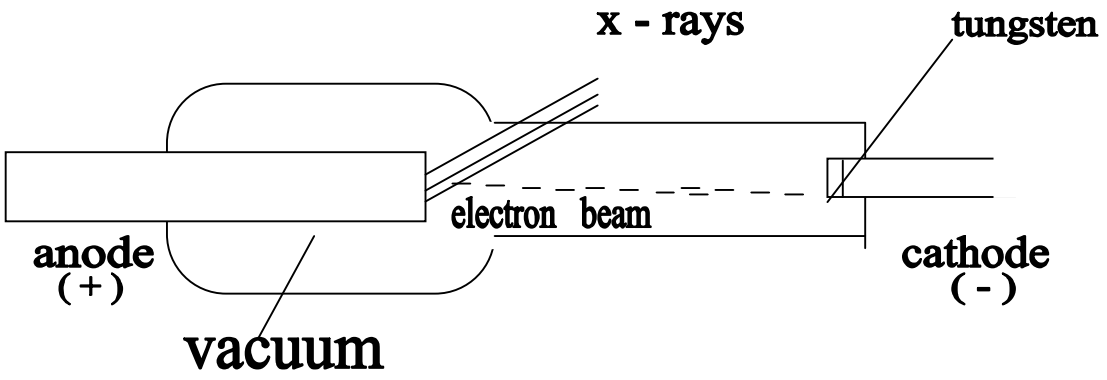
(2-4) انتاج الأشعة السينية :-

يتكون جهاز إنتاج الأشعة السينية من كاثود cathode وانود anode داخل انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء .

يتكون الكاثود cathode من فتيلة تسخين مثل الموجودة في المصباح الكهربي ، عندما يمر التيار الكهربي خلال الفتيلة ترتفع درجة حرارتها تدريجيا إلي أن تصل درجة حرارتها إلي درجة الحرارة التي تمكن إلكترونات الفتيلة من الإنبعاث من سطحها .

أن الأنود anode عبارة عن قرص من التنجستين مشحون بشحنة موجبة تعمل علي جذب الإلكترونات المحررة من الكاثود ويطبق فرق جهد عالي بين الكاثود والآنود ، عندما تصطدم الإلكترونات بذرة مادة الأنود (التنجستين) فإن هذه الإلكترونات تعمل علي الإصطدام بإلكترونات ذرات التنجستين في المدارات الداخلية القريبة من النواة والتي تكون طاقتها كبيرة يقوم إلكترون في مدار أعلي بسد الفراغ الذي حدث مما حدث إنطلاق لفوتون يحمل فرق الطاقة بين المستويين وهو فوتون أشعة أكس المميز .

يمكن أن نحصل علي فوتونات أشعة اكس بطريقة أخرى وهي بدون أن تصطدم الإلكترونات الحرة بالذرة وذلك عندما تقترب إلكترونات حرة معجلة بالقرب من نواة الانود فإنها تنجذب لها بفعل قوة كولوم الكهربية لأن النواة موجبة الشحنة والإلكترونات سالبة الشحنة فتنحرف الإلكترونات عن مسارها مما يؤدي إلي تغيير في طاقة حركتها وتنطلق فوتونات أشعة اكس تحمل فرق الطاقة قبل الإنحراف وبعده وتسمي هذه الظاهرة باشعة الكبح ذات الطيف المستمر .



شكل (2-2) جهاز إنتاج الأشعة السينية

نعود إلي أشعة x ذات الطيف المستمر فيمكن فهم آلية إنتاجها علي ضوء النظرية للتعجيل أو التسارع الحادث للإلكترون نتيجة لتغير سرعته وتباطؤه عند اصطدامه بالذرة كما يمكن تفسير هذا التولد علي ضوء نظرية الفوتون حيث يؤدي توقف إلكترون يسير بسرعة v فجأة لتحول طاقة حركته لطاقة في هيئة كمة الفوتون وحسب قانون حفظ الطاقة فإن طاقة حركة الإلكترون = طاقة الفوتون

$$hf = k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (1\text{-}4\text{-}2)$$

حيث تمثل m كتلة الإلكترون بينما تمثل k طاقة الحركة ولآن الإلكترون يكتسب طاقة حركة بفعل الشغل المبذول في جهد البطارية v فإن

$$ev = k \qquad (2\text{-}4\text{-}2)$$

حيث تمثل e شحنة الإلكترون وبما أن طول الموجة λ له علاقة بسرعة فوتون أشعة x وهي c عبر المعادلة :

$$f\lambda = c \qquad (3\text{-}4\text{-}2)$$

$$\frac{hc}{\lambda} = k = ev = hf \qquad (4-4-2)$$

(5-2) تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية المؤينة مع المادة :-

الأشعة الكهرومغناطيسية المؤينة يقصد بها الأشعة السينية وأشعة جاما (مع ملاحظة أن الضوء المرئي وموجات المزياع بالرغم من كونها أشعة كهرومغنطيسية فإنها لا تعد أشعة مؤينة وذلك لعدم قدرتها علي تأين المادة) يحمل فوتون الأشعة السينية طاقة عالية تساوي hf حيث h هو ثابت بلانك f هو ترددها أي ذبذبتها في الثانية ووحدتها (هيرتز) كما أن كمية حركة الفوتون أو زخمة فيساوي :-

$$p = \frac{h}{\lambda} \qquad (1\text{-}5\text{-}2)$$

حيث $\lambda \equiv$ طول موجة الإشعاع

الأشعة السينية ليس لها شحنة ولكنها موجات كهرومغنطيسية عبارة عن مجالين متعامدين مجال كهربي وآخر مغنطيسي وهما متلازمان ويتحركان في الفراغ بارتباط وثيق بسرعة الضوء حسب المعادلة (3-4-2)

بسبب قصر موجات الأشعة السينية فإن لها القدرة علي اختراق المواد كما أن هنالك أربعة احتمالات عندما يسقط فوتون من أشعة سينية علي ذرات المادة علي النحو التالي :-

1) قد يكتسب إلكترونات ذرة ما طاقة تكفي لإخراجه منها كليا وبالتالي تصبح الذرة متأينة وهذا ما يعرف بالتأثير الكهروضوئي photoelectric effect وفي هذه الحالة يفقد الفوتون كل طاقته .
2) قد يفقد الفوتون بعض طاقته عند اصطدامه بإلكترون إحدى الذرات فيندفع الإلكترون مكتسبا طاقة حركية بينما تقل طاقة الفوتون بعد اصطدامه ليأخذ مسارا أخر وتسمي هذه الحالة بظاهرة أو تأثير كومبتون (Compton effect) .
3) إذا زادت طاقة الفوتون أكثر أقترب من نواة الذرة فيمر في مجالها الكهرومغنطيسي القوى مما يسبب اختفاء الفوتون تماما وظهور إلكترون بدلا منه ، أحداهما سالب وهو الإلكترون والآخر موجب الشحنة ويعرف بالبوزترون ولا تحدث هذه الحالة ما لم تكن طاقة الفوتون مساوية لمجموع كتلتي الإلكترون والبوزترون معا علي الأقل أي (0.51+0.51) = 1.02 ميجا الكترون فولت وهذه الظاهرة تسمي بظاهرة الإنتاج الزوجي (pair production) .
4) إذا زادت طاقة الفوتون أكثر فأكثر يتمكن الفوتون في هذه الحالة من دخول نواة الذرة وإخراج ما تيسر من مكوناتها أو شطرها إلي إجراء ولكن هذه الظاهرة قد تحدث عندما تكون طاقة الفوتون أكثر

من 7 ميجا إلكترون فولت في معظم الأحيان وهذا ما يعرف بالتفاعل الرنيني العملاق وسنوضح هذه الاحتمالات بشي من التفصيل .

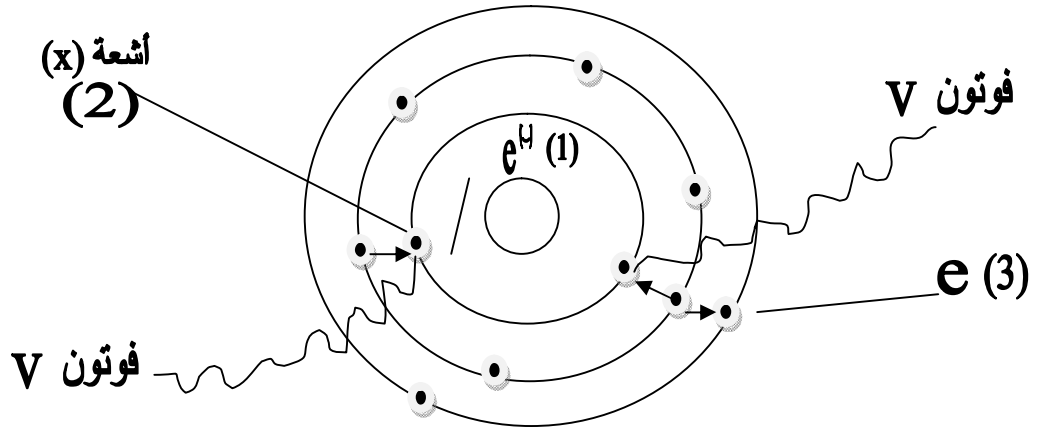
التأثير الكهروضوئي :- عندما تكون طاقة الفوتون منخفضة أي في حدود عشرات الكيلو إلكترون فولت من الممكن أن يتفاعل الفوتون مع ذرات المادة ويكون التفاعل عندئذ بالتصادم المباشر بين الفوتون وإلكترونات الذرات فيفقد الفوتون كل طاقته ويكتسب طاقة حركية (T) مقدارها

- $$T = hf - E_n \qquad (2\text{-}5\text{-}2)$$

حيث أن طاقة الفوتون hf وطاقة ربط الإلكترون بذرته هي E_n

$$E_n = 13.6\ x\ \frac{z^2}{n^2} \qquad (3\text{-}5\text{-}2)$$

كما يتراوح مقدار E_n بين 10 إلي عدة آلاف من الإلكترون فولت وبالتالي لايتم تفاعل التأثير الكهروضوئي إلا إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من طاقة ربط الإلكترون بالذرة ، أثناء تفاعل التأثير الكهروضوئي يصطدم الفوتون بأحد إلكترونات الذرة فيمتص كل الطاقة مما يجعله يخرج عن مداره وسرعان ما ينزل إلكترون من مدار أعلي ليأخذ مكانة ، فرق الطاقة بين هذين المدارين يظهر عادة علي شكل أشعة سينية مميزة كذرة العنصر هذا الانتقال الإلكتروني لا ينتج دائما أشعة سينية بل أحيانا ما تنتقل تلك الطاقة مباشرة إلي أحد الإلكترونات المدارية الخارجية للذرة حيث يخرج هو الآخر عن مداره وهذا ما يسمي بالتأثير الأوجي الذي يلي التأثير الكهروضوئي .



شكل (2-3) تفاعل التأثير الكهروضوئي

من الشكل (2-3) (1) إلكترون فوتوضوئي ، (2) أشعة سينية ، (3) إلكترون أوجي وعلي العموم فإن التأثير الكهروضوئي يزداد مقطعه بازدياد العدد الذري للمادة بينما يقل مع ازدياد طاقة الفوتون ، الإلكترونات الخارجية نتيجة التأثير الكهروضوئي فيكون اتجاهها عادة عموديا علي اتجاه الفوتون الساقط وإذا زادت طاقة الفوتون يكون خروج الإلكترونات في الاتجاه الأمامي أكثر احتمالا وذلك لأن توزيع الإلكترونات الناتجة من التأثير الكهروضوئي يتحدد بالعلاقة التالية :

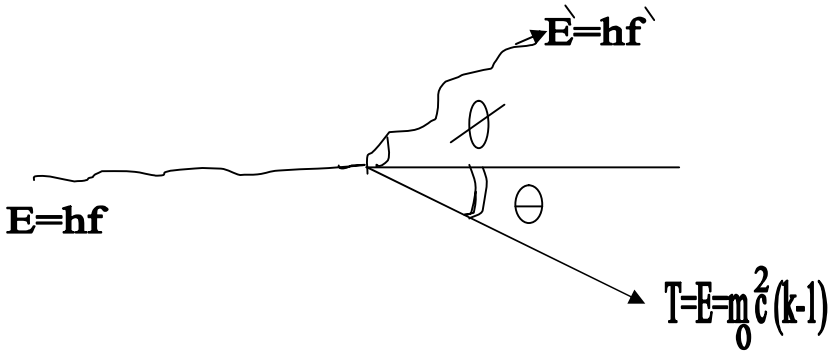
$$\frac{dN}{d\Omega} = \frac{sin^2\theta}{(1-Bcos\theta)} \qquad (4\text{-}5\text{-}2)$$

حيث أن Ω هي الزاوية المجسمة وأن $\frac{dN}{d\Omega}$ هو عدد الإلكترونات الخارجة من التفاعل في الزاوية المجسمة $d\Omega$، أما الزاوية θ فهي الزاوية المحصورة بين اتجاه الفوتون الأصلي واتجاه الإلكترون الناتج من التأثير الكهروضوئي ، B هي نسبة $\frac{v}{c}$

سرعة الإلكترون الفوتوضوئي إلي سرعة الضوء في حالة صفر= B فإن $\frac{dN}{d\Omega} = sine^2\theta$ ويكون اتجاه الإلكترون عموديا علي اتجاه الفوتون وإذا زادت طاقة الإلكترون يكون توزيع الإلكترونات إلي الأمام [4].

تأثير كومبتون :-

عندما تزداد طاقة الفوتون يكون تأثير كومبتون هو التفاعل الذي يلي التأثير الكهروضوئي مباشرة حيث يصطدم الفوتون بإلكترون (إما أن يكون الإلكترون حرا أو مرتبط بذرته في أحد مداراتها) حيث يكتسب الإلكترون طاقة حركية بينما يفقد الفوتون بعض طاقته وبالتالي يكون ناتج تأثير كومبتون هو إلكترون مكتسبا طاقة وفوتون خاسر بعض طاقته .



شكل (2-4) تفاعل تأثير كومبتون

تحليل ظاهرة كومبتون رياضيا :-

نظرا لأن طاقة الفوتون كبيرة جدا بالنسبة إلى طاقة ربط الإلكترون بذرته فيظهر الإلكترون أمام الفوتون وكأنه في حالة سكون (أي طاقته = صفر وكذلك كمية تحركه) فتأثير كومبتون ما هو إلا عملية اصطدام فوتون بإلكترون وبالتالي يكون من الممكن أن نطبق قانوني حفظ الطاقة وحفظ كمية التحرك كما يلي :

1/ قبل التصادم :-

$$E = h\hat{f} \qquad (6\text{-}5\text{-}2)$$

$$\frac{h\hat{f}}{c} = \frac{h}{\hat{\lambda}} \qquad (7\text{-}5\text{-}2)$$

طاقة الإلكترون ≅ سرعة الإلكترون ≅صفر ، كمية تحرك الإلكترون ≅صفر .

2/بعد التصادم :-

$$h\hat{f} \qquad (8\text{-}5\text{-}2)$$

$$\frac{h\hat{f}}{c} = \frac{h}{\hat{\lambda}} \qquad (9\text{-}5\text{-}2)$$

وعندما يكون اتجاه تحركه زاوية مقدارها ∅مع اتجاه الفوتون الأصلي كما هو مبين في الشكل (2-4) نجد أن :

$$m_0c^2(k-1) \qquad (10\text{-}5\text{-}2)$$

$$m_0vk \qquad (11\text{-}5\text{-}2)$$

وعندما يكون اتجاه تحركه زاوية مقدارها θمع اتجاه الفوتون الأصلي كما هو مبين في الشكل (2-4) نجد أن :

m_0 تمثل كتلة الإلكترون في حالة سكونه ، v تمثل سرعة الإلكترون حيث

$$K = \frac{1}{\sqrt{1-(v)^2}} \qquad (12\text{-}5\text{-}2)$$

وبتطبيق قانون حفظ الطاقة أي أن مجموع الطاقات قبل التصادم يساوي مجموع الطاقات بعد التصادم نجد أن :

$$0 = hf = h\hat{f} = m_0c^2(K-1) \qquad (13\text{-}5\text{-}2)$$

أما معادلة كمية التحرك في الاتجاه الأفقي فهي :

$$0 = \frac{hf}{c} = \frac{hf}{c}cos\phi + m_0 vK\, cos\theta \qquad (14\text{-}5\text{-}2)$$

وأيضا كمية التحرك في الاتجاه العمودي فهي :

$$0 = \frac{hf}{c}sin\phi - m_0 v\, K\, sin\theta \qquad (15\text{-}5\text{-}2)$$

ومن المعادلات السابقة يمكن الحصول علي النتائج التالية :

$$\acute{\lambda} - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - cos\phi) \qquad (16\text{-}5\text{-}2)$$

$$T = hf\ \frac{\alpha(1-cos\phi)}{1+\alpha(cos\phi)} \qquad (17\text{-}5\text{-}2)$$

$$cos\phi = (1-\alpha)\tan\frac{\phi}{2} \qquad (18\text{-}5\text{-}2)$$

$$\frac{E}{E} = \frac{hf}{hf} = \frac{1}{1+\alpha(1-cos\phi)} \qquad (19\text{-}5\text{-}2)$$

حيث أن :

$$\alpha = \frac{hf}{m_0 c^2} \qquad (20\text{-}5\text{-}2)$$

وبمعاينة الشكل (2-4) والمعادلات السابقة يتضح ما يلي :

1) من المعادلة (2-5-16) يلاحظ أن التغير في طول الموجة $(\Delta\lambda)$ وبالتالي التغير في طاقة الفوتون لا يعتمد علي طاقة الفوتون الأصلية بل يعتمد علي زاوية تشتت الفوتون .
2) من المعادلة (2-5-17) إذا كانت Ø تساوي صفر فإن طاقة الإلكترون T تساوي صفر ، وإذا كانتØ تساوي 180 فإن طاقة الإلكترون $T=\frac{(hf)2\alpha}{1+2\alpha}$ وبالتالي تكون طاقة الإلكترون أكبر ما يمكن عندما ترتد أشعة اكس إلي الخلف أي أن (Ø= 180) ، أما بالنسبة للتشتت الأمامي أي أن Ø = 0 فتكون طاقة الإلكترون مساوية للصفر أي لا يكسب طاقة أي أن الفوتون أخطأ الهدف ولم يصطدم بإلكترون.
3) المعادلة (2-5-18) تبين العلاقة بين زاوية التشتت للإلكترون θوزاوية تشتت الفوتونØ ، فإذا كانت طاقة الفوتون صغيرة أي أن∝ صغيرة فإن$\theta = \frac{\pi}{2} - \propto$ وبالتالي إذا تغيرت الزاويةØ من صفر إلي π فإن الزاوية θ تتغير من $\frac{\pi}{2}$ إلي الصفر وذلك يعني أن الإلكترون لن يتشتت في الجزء الخلفي

ومن ناحية أخرى إذا كانت ∝ كبيرة أي أن ازدياد طاقة الفوتون فيكون احتمال تشتت الإلكترون في الاتجاه الأمامي كبيرا .

4) أما المعادلة (2-5-19) فتبين النسبة بين طاقة الفوتون بعد وقبل تشتتها أي $\frac{E}{E}$ فإذا كانت زاوية تشتت الفوتون Ø =180 أي 1 =$cos\theta$ التشتت إلي الخلف فإن $\frac{E}{E} = \frac{1}{1+2\alpha}$ وبالتالي تكون طاقة الفوتون بعد التشتت أقل ما يمكن وفي هذه الحالة عند زيادة طاقة الفوتون E أي زيادة قيمة ∝ فإن المعادلة تقرب إلي :

$$\frac{\acute{E}}{E} \approx \frac{1}{2\alpha}$$

$$\acute{E} = \frac{E}{2\alpha} = E\frac{mc}{2E} = \frac{mc}{2} = \frac{0.511}{2} = 0.225mev$$

وهذا يعني أن أقل طاقة لأشعة X بعد تشتتها هي0.225 mev وبالتالي في تأثر كومبتون يكون من المستحيل امتصاص طاقة الفوتون كليا بل تبقي أشعة متشتتة دائما .

ومن ناحية أخرى إذا كانت طاقة الفوتون صغيرة جدا أي أن ∝ تؤول إلي الصفر تصبح المعادلة

$$\frac{E}{E} \approx 1 \quad (2\text{-}5\text{-}20)$$

وفي هذه الحالة لا تتغير طاقة اشعة X وتكون طاقتها بعد التشتت نفس طاقتها الأصلية وهذه الظاهرة تعرف بتشتت تومسون ، ومن المعلومات الأساسية أيضا معرفة عدد الإلكترونات الناتجة من تأثر كومبستون وطاقتها والذي يمكن تحديده من معرفة المقطع العرضي التفاضلي لعدد الإلكترونات الذي يتشتت أي أن :

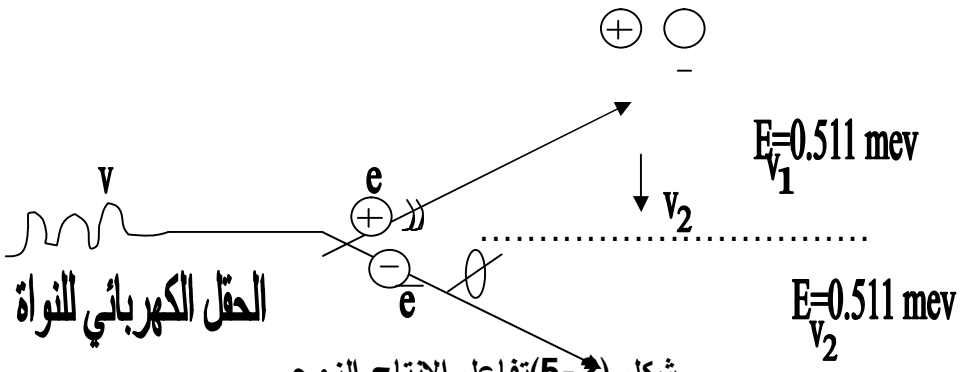
$$\frac{\delta\sigma_e(T)}{\delta T} \quad (2\text{-}5\text{-}21)$$

وعلاقته بطاقة الفوتون علي النحو التالي :

$$\frac{\delta\sigma_e(T)}{\delta T} = \frac{\pi e^4}{m_o c^2}\left(\frac{1}{\alpha hf}\right)\left\{1 + cos^2\phi + \frac{\alpha^2(1-cos\phi)^2}{1+\alpha(1-cos\phi)}\right\} \quad (2\text{-}5\text{-}22)$$

إنتاج الزوج: عندما تزداد أشعة x مقتربة من النواة وفي ظل مجالها الكهربائي يكون التأثير الذي يلي تأثير كومبتون هو تأثير إنتاج الزوج وفيه يندثر الفوتون تماما ويتحول إلي جسمين : إلكترون وبوزترون (إلكترون موجب) فكتلتها متساوية وشحنتها مختلفة .

ونظرا لأن الطاقة المكافئة لكل من الإلكترون والبوزترون هي0.51 م. إف فلا يحدث الإنتاج الزوجي إلا إذا كانت طاقة الفوتون تساوي 2×0.51 = 1.02 م. إف أو أكثر وفي هذه الحالة ينطلق الإلكترون والبوزترون بطاقة حركية تساوي الفرق بين طاقة الفوتون مطروحا منها 1.02 م. إف وسرعان ما يفقدان هذه الطاقة في الوسط مسببان تأينا له وعندما يلتقي البوزترون في نهاية مطافه بإلكترون يندمجان معا ويفنيان ويتحولان إلي فوتونين متعاكسين في الاتجاه وعلي استقامة واحده وطاقة كل فوتون تساوي 0.51 م أف كما هو مبين في الشكل الأتي :-



شكل (2-5)تفاعل الإنتاج الزوجي

ومن شروط الإنتاج الزوجي أن يتم ذلك في وجود حقل كهربائي (نتيجة نواة ذرة أو إلكترون) ويظهر ذلك في معادلة ديراك للطاقة علي النحو التالي :

الطاقة الكلية لجسيم ذي طاقة عالية مع وجود التأثير النسبي هي :

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4 \qquad (23\text{-}5\text{-}2)$$

ويأخذ الجزر التربيعي للطرفين وجد ديراك حقلين للطاقة أحداهما سالب والآخر موجب

$$E = \pm\sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4} \qquad (24\text{-}5\text{-}2)$$

وبالتالي تنبأ ديراك بوجود البوزترون حيث أن :

P_+ ≡كمية تحرك البوزترون

P_- ≡كمية تحرك الإلكترون

E_+ ≡طاقة البوزترون = $[(m_0 c^2)^2 + P_+^2 c^2]^{1/2}$

E_- ≡طاقة الإلكترون = $[(m_0 c^2)^2 + P_-^2 c^2]^{1/2}$

وبتطبيق قانون حفظ الطاقة نجد أن طاقة الفوتون الأصلية (hf) تساوي مجموع طاقتي البوزترون والإلكترون أي أن :

$$hf = [(m_0c^2)^2 + p_\pm^2 c^2]^{\frac{1}{2}} + [(m_0c^2)^2 + p_\pm^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (25\text{-}5\text{-}2)$$

وبتربيع الطرفين نجد أن :

$$h^2 f^2 = p_\pm^2 c^2 + p_\pm^2 c^2 + 2(m_0c^2)^2 + 2[(m_0^2c^4 + p_\pm^2 c^2)(m_0^2c^4 + p_\pm^2 c^2)]^{\frac{1}{2}} \qquad (26\text{-}5\text{-}2)$$

ومن ناحية أخرى نطبق قانون حفظ كمية التحرك كما يلي :

$$\frac{hf}{c} = p_+ cos\theta + p_- cos\emptyset \qquad (27\text{-}5\text{-}2)$$

حيث أن الزاوية θ هي الزاوية بين اتجاه الفوتون الأصلي وانحراف البوزترون وأيضا الزاوية $\emptyset$ هي الزاوية بين الفوتون وانحراف الإلكترون ومن المعادلة (27-5-2) يتضح أن :

$$\frac{hf}{c} \leq p_+ + p_- \qquad (28\text{-}5\text{-}2)$$

وبتربيع الطرفين :

$$h^2 f^2 \leq p_\pm^2 c^2 + p_\pm^2 c^2 + 2p_+ p_- c^2 \qquad (29\text{-}5\text{-}2)$$

وبمقارنة هذه المعادلة مع المعادلة (26-5-2) نلاحظ أن :

$$2(m_0c^2)^2 + 2[(m_0^2c^4 + p_\pm^2 c^2)(m_0^2c^2 + p_\pm^2 c^2)]^{\frac{1}{2}} \leq 2p_+ p_- c^2 \qquad (30\text{-}5\text{-}2)$$

أي أن معادلة كمية التحرك لا يمكن تحقيقها لأن جميع الحدود السابقة موجبة إلا إذا كان التفاعل قريبا من جسيم مشحون أو نواة الذرة أو الإلكترون وفي حالة تفاعل الإلكترونات يسمي التفاعل الثلاثي (Triplet)

حيث يكون الناتج بوزيترون واحد أو إلكترونين وعتبة هذا التفاعل تساوي ($4m_oc^2$) أي ضعف عتبة الإنتاج الزوجي [3].

(2-6) قياس شدة الأشعة السينية :-

يمكن تحديد حزمة معينة من الأشعة السينية بعاملين اثنين :

- الأولي كمي وهو شدة الحزمة .
- الثاني نوعي ويتعلق بالتوزيع الطيفي لشدة الأشعة أي الطاقة .

والشدة هي كمية الطاقة التي يحملها إشعاع معين بالثانية ومن خلال وحدة قياس مساحة موجودة في مسطح عمودي علي مسار الأشعة المستقيم وقد يصعب في بعض الحالات قياس هذه الشدة مباشرة لذا يعمد العلماء كما هو العادة في كثير من القياسات قياسها بشكل غير مباشر أي قياس نتائج اختراق الأشعة السينية للمادة وتأثيرات الأشعة السينية كثيرة وعلي سبيل المثال بعض طرق القياس للأشعة السينية المتعلقة ببعض هذه التأثيرات الأكثر استعمالا الطريقة الحرارية وطريقة التأين ، سوف نتحدث بشي من التفصيل عن التأين .

التأين :- عندما تخترق الأشعة السينية غازا معينا ، تتحرر من بعض جزيئاته كهربيات (photon – electrons) محملة بطاقة حركية كبيرة مما يجعل امتصاص الجزيئات لها من جديد صعبا ، واختراق هذه الإلكترونات للغاز يؤدي إلي تحطيم بعض الجزيئات وقسمتها إلي ايونات موجبة وسالبة والطاقة اللازمة لتحطيم الجزئي تؤخذ من الطاقة الحركية للكهيرب مما يؤدي إلي خفض قيمة هذه الأخيرة وبالتالي إلي إمكانية إعادة امتصاص الكهيرب من قبل أحد الأيونات المتواجدة في الغاز وإذا وضعنا في طرفي الأنبوب الذي يحوي هذا الغاز قطبين موصلين بجهاز توتر عال انجذبت الأيونات السالبة نحو القطب الموجب (المصعد) والأيونات الموجبة نحو المهبط وهذا يعادل مرور تيار كهربائي في الأنبوب يمكن قياس شدته ومن الضروري أن تكون فولتية التوتر العالي مرتفعة وكافية لجذب كل الأيونات التي توجدها الأشعة السينية في الغاز[2].

ومن الضروري أيضا أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول الأشعة السينية إلي معادن القطبين إذ أن وصول حزمة من الأشعة إلي معدن القطب سيحرر كهربيات لها طاقة حركية قد تساهم بدورها في تأين الغاز مما يدخل بعض الخطأ في القياسات .

ومنذ اكتشاف قدرة الأشعة السينية علي تأين الغاز بدأ العلماء بصنع عدادات للقياس ذات أشكال مختلفة ، وقد توصلوا إلي صنع أنابيب مملوءة بالغاز مزودة بمهبط ومصعد ، المهبط اسطواني الشكل والمصعد عبارة عن شريط معدني موجود في محور الأسطوانة وحسب فولتية التوتر المسلط علي القطبين يمكن الحصول علي ثلاثة أنواع :

أ. أنبوب تأيين وهو عداد يعمل تحت فولتية خفيفة (أقل من 200 فولت) .

ب. عداد نسبي وهو عداد يعمل تحت توتر متوسط الفولتية (أقل من 1000 فولت) .

ت. عداد جايجر (Geiger) ويعمل بفولتية عالية .

أن وحدة قياس الأشعة السينية تسمي رونتغن (Roentgen) ويحدد كما يلي :

الرونتغن يساوي كمية الأشعة السينية (أو أشعة جاما) التي تحرر من0,001293 غرام هواء كمية كهرباء موجبة معادلة لوحدة كهرسكونية (U.E.S) ومثلها من الكهرباء السالبة .

قياس طول الموجة :-

من المعلوم أن الطاقة المشحونة في الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك بذبذبة الأشعة:

$$E = hN \qquad (1\text{-}6\text{-}2)$$

ولكن الذبذبة N تساوي حاصل قسمة سرعة الضوء بطول موجة الأشعة .

$$N = \frac{c}{\lambda} \qquad (2\text{-}6\text{-}2)$$

إذا أردنا ربط الطاقة بطول الموجد نجد أن :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \qquad (3\text{-}6\text{-}2)$$

عندما تخترق أشعة سينية مادة معينة يحدث عدد من التفاعلات المعقدة من بين هذه التفاعلات يمكن ذكر :

أ. امتصاص المادة للأشعة السينية .

ب. انتشار الأشعة السينية أو تشتتها .

ت. الحيود وهو حالة خاصة من الانتشار .

وتعود هذه التفاعلات في أكثر الأحيان إلي قصر طول الموجة السينية وهذا بفعل نتيجتين أساسيتين :

أ. طول الموجة يصبح قريبا جدا من المسافة بين ذرتين متجاورتين في المادة وهذا ما يجعل قدرة اختراق المادة أكبر .

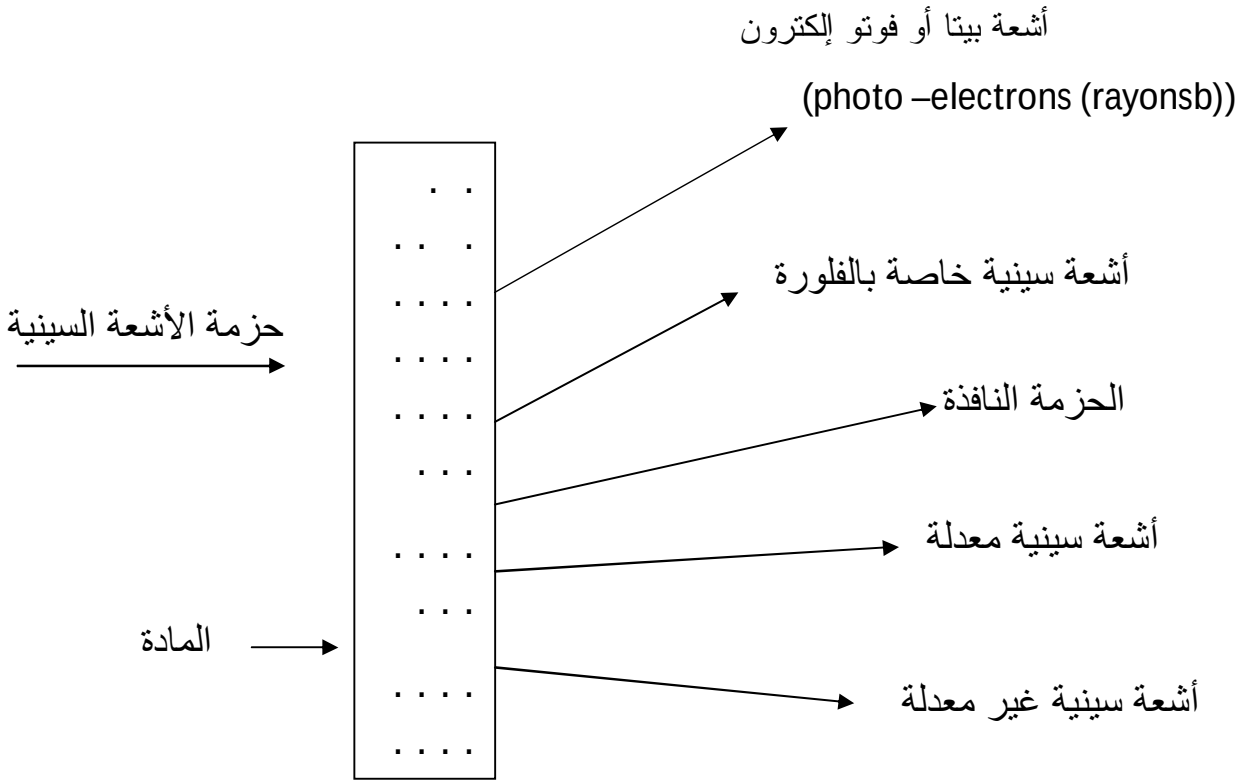
ب. مقدار الذبذبة يصبح مرتفعا وكذلك كمية الطاقة المشحونة في الفوتون وارتفاع كمية الطاقة يسمح للفوتون باختراق الذرة والوصول إلي كهيربات الطبقات الداخلية من أجل التفاعل معها .

وسنتطرق إلي بعض دراسة الظواهر الفيزيائية التي تحدث بعد امتصاص المادة للأشعة السينية

1/ الامتصاص :

إن امتصاص المادة للأشعة السينية يأخذ أهمية قصوى في الفيزياء التطبيقية واختلاف الامتصاص بين نقطة وأخرى في مادة غير متجانسة وذات ثقل نوعي غير ثابت هو أساس مبدأ التصوير بالأشعة السينية في الطب والصناعة ولقد استطاعت علوم الأشعة السينية أن

تتطور بفضل قياسات الامتصاص التي تعطي معلومات هامة عن التركيب الذري للمواد عندما تخترق الأشعة السينية المادة تحدث عدة تفاعلات كما في الشكل التالي :



شكل (2-6-1) تفاعلات الأشعة السينية مع المادة

2/ حيود الأشعة السينية :-

لقد كان الاكتشاف الأول لحيود الأشعة السينية بواسطة البلورات الأثر المهم في حقلين :

أ. علوم الأشعة السينية ساهمت بالبرهان علي الطبقة الموجية للأشعة السينية .

ب. علم البلورات برهن الحيود بواسطة البلورات علي وجود تناسق في البلورات لم يكن بالإمكان اثباته من قبل .

ويتم حيود الأشعة السينية عند انعكاسها علي مسطحات شبكية تحتوي علي عدد من الذرات المكونة للبلورات ويحدث الانعكاس حسب نظرية براغ وحسب قوانين الانعكاس العادية والفرق بين مزايا المسطحة وهذه المسطحات يمكن في أن هذه الأخيرة شبه شفافة ، مما يعني أن جزء من حزمة الأشعة السينية ينعكس والباقي يكمل طريقة لينعكس علي مسطحات أخرى وبالتقاء الشعاعات المنعكسة تحدث

ظاهرة التداخل المعروفة والتي اثبتت في تجربة لاو عام 1912م أن طبيعة الأشعة السينية هي نفس طبيعة الضوء العادي مع فارق طول الموجة وظاهرة التداخل تعني وجود نقاط أو أماكن شدة الضوء فيها كبيرة وأماكن أخرى تكون شدة الضوء فيها ضئيلة أو معدومة في حال استعمال أشعة سينية أحادية الطول الموجي .

ولقد برهن براغ في قانونه المعروف أن الأماكن الشديدة الضوء يمكن تحديد اتجاهها بزاوية حيث :

$$2d\ sin\theta = n\lambda \qquad (4\text{-}6\text{-}2)$$

d ≡ المسافة بين مسطحين متوازيين من المسطحات البلورة

λ ≡ طول الموجة

n ≡ عدد صحيح

حيث أن الانعكاس هو صورة مبسطة لحقيقة التفاعل بين البلور والأشعة السينية المسلطة ولكن تبقي النتائج العملية بالنسبة للتطبيقات صحيحة إذا أن طول موجة الأشعة المحيدة مساو لطول موجة الأشعة المسلطة ومن هنا تجدر الإشارة بالقول أن الحيود هو حالة خاصة من حالات الانتشار أو التشتت .

يعتمد قياس شدة الأشعة السينية علي سقوط شدة مقدارها (I)علي مادة سمكها (x) كما يعتمد علي مقدار الشدة (T) والتي تنفذ من خلال تلك المادة مما يجعلها ترتبط بالمعادلة :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \qquad (5\text{-}6\text{-}2)$$

حيث (μ) تمثل معامل الامتصاص : لكل مادة معامل امتصاص (μ) تتغير قيمته حسب الطاقة التي تسقط بها الأشعة حيث أن طبيعة التفاعل مع الوسط تختلف تبعا

لطاقة الأشعة لذلك فإن معامل الامتصاص يمثل دالة لطبيعة الجسم وطاقة الفوتونات الساقطة عليه ولقد لوحظ أن امتصاص الأشعة السينية يزداد مع زيادة العدد الذري للعنصر والذي يرتبط بكثافته (P) لذلك يمكن صياغة المعادلة (5-6-2)

$$I = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho}\rho x} \qquad (6\text{-}6\text{-}2)$$

حيث p يمثل معامل امتصاص الكتلة وهي خاصة بالمادة تمثل جزء من الطاقة يكتسبها جرام واحد للمادة من الإشعاع الساقط والذي مقطعه الوحدة

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \qquad cm^2/g$$

أما (P_x) فهي تمثل سمك المادة مضروبا في كثافتها وتعبر عن كثافة مساحة المادة كالأتي :

$$t = px \qquad g/cm^2$$

$$I = I_0 e^{-\mu_m t} \qquad (7\text{-}6\text{-}2)$$

[2]

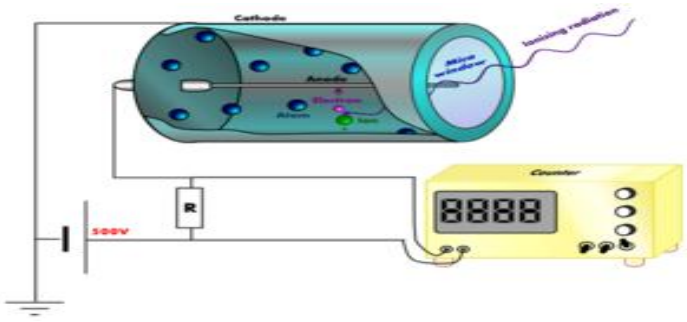
(7-2) قياس شدة الأشعة السينية بعداد جايجر :-

عندما تزداد الفولتية بين الكاثود والآنود وتصل إلي منطقة جايجر – مللر الذي يتكون من اسطوانة مملوءة بغاز الأرجون المطفي تحت ضغط 40 ضغط جوي أما الآنود فيكون بشكل سلك من التنجستين والكاثود هو الأسطوانة الخارجية ويصنع عادة من الحديد المقاوم للصدأ أو الألمونيوم ويطلي من الداخل بالكربون ليصبح موصلا للكهرباء لقد استعيض عن الاقطاب الكهربائية المتوازية بحجرة اسطوانة الشكل لأنها أكثر كفاءة للقياس .

القطب الكهربائي الموجب عبارة عن سلك رفيع يمر عبر مركز الأسطوانة والقطب الكهربائي السالب هو جدار الأسطوانة ويملأ بغاز خامل وتغلق نهائتي الأنبوب ، تطبق الفولتية المستمرة عن طريق بطارية أو عن طريق مجهز فولتية يتصل بمقاومة خارجية .

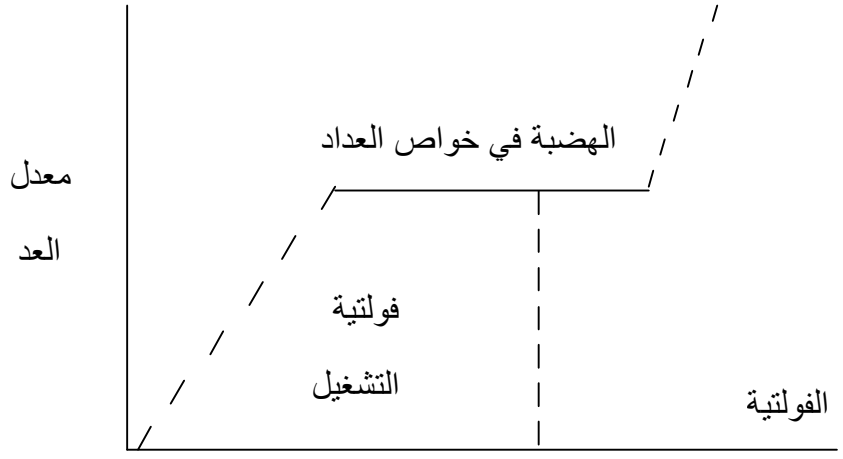
عند دخول الأشعة السينية داخل الكاشف تنتج أزواج ايونية في الغاز ثم تتجه الأيونات الموجبة إلي الجدار الخارجي للأسطوانة والإلكترونات تتجه إلي السلك المركزي ، الإلكترونات تمر خلال المقاومة مكونة تيار كهربي وحسب قانون أوم تتولد فولتية بين طرفي المقاومة هذه الفولتية تضخم بمضخم الفولتية يتضمن الكاشف مقياس (rate meter) لقياس نبضات الفولتية لوحدة الزمن أو عداد (scalar) الذي يحسب عدد نبضات الفولتية المتولدة في فترة زمنية معينة بعد امتصاص الإشعاع في الغاز تحصل ظاهرة انهيار الإلكترونات وتكون نبضات الفولتية المتولدة بهذا الكاشف كبيرة نسبيا حيث أن الغاز يعمل كمضخم للشحنات الكهربائية المتولدة .

يستخدم الكاشف للكشف عن الأشعة السينية وأشعة جاما وجسيمات الفا وبيتا في هذا العداد لا تعتمد الشحنة المتجمعة علي طاقة الإشعاع الساقط وإنما علي التفاعل المؤين .



شكل (2-7-1) عداد جايجر

أن خواص الاشتغال لعداد جاجر موضحة في الخط لمقدار معدل كدالة الفولتية المسلطة علي العداد في الشكل (2-7-2) اللاحق حيث يلاحظ أن معدل العد يزيد بصورة سريعة بزيادة الفولتية ثم بعد ذلك يبقي معدل العد ثابتا بزيادة الفولتية وتسمي هذه المنطقة بالسهل أو الهضبة وتسمي أقل فولتية تبدأ بها النبضات بالتسجيل باسم فولتية البداية وعندما تزداد الفولتية بصورة كبيرة فإن منطقة السهل تنتهي بسبب التفريغ المستمر الذي يحصل في العداد وتكون فولتية العداد عند منتصف السهل ، الخط البياني لعداد جايجر يوضح وجود حالة الإشباع التي عندها يبقي معدل العد ثابتا بالرغم من زيادة الفولتية وتسمي هذه المنطقة بالهضبة ومنتصف الهضبة يمثل فولتية التشغيل للكاشف والتي تبين بأن معدل العد لا يتأثر بتذبذب فولتية التشغيل للكاشف



شكل (2-7-2) تعيين فولتية التشغيل لعداد جايجر

يمتاز عداد جايجر بأنه يكشف عن الإشعاع فقط ولكنه لا يفرق بين الأنواع المختلفة للإشعاع، التضاعف الغازي في العداد يولد نبضة ذات سعة منتظمة وكبيرة مما لا يستدعي تعقيدا في عدد الأزواج الآيونية المتكونة من الإشعاع الابتدائي ، يستمر الانهيار في غاز العداد حتى يتولد عدد من الأزواج الأيونية داخل العداد التي يكون مقدارها 10^9 إلكترون تتكون هذه الإلكترونات بسرعة وتنتهي حالما تصل هذه الإلكترونات إلي تلك الآنود للعداد .

الباب الثالث

تغيير شدة الإستضاءة بتغيير الجهد والتيار في جهاز أشعة اكس

(1-3) مقدمة :

تم إجراء تجربة علي جهاز الأشعة السينية الموجود في معمل السنة الرابعة في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا في شهر فبراير من العام2015م حيث تم إجراء تغيير الجهد والتيار وملاحظة تأثيرها علي شدة الاستضاءة في جهاز الأشعة السينية .

(2-3) الأجهزة المعدات :-

جهاز الأشعة السينية ، عداد له نافذة لإشعاعات α،β، الأشعة السينية ، جهاز حاسوب .

(3-3) طريقة القراءة :-

في الحالة الأولي بعد تثبيت التيار عند 1mA قمنا بتغيير الجهد كالأتي :-

18، 20،22،24،26،28،30،32،34 . كيلو فولت وفي كل مرة مع تغيير الجهد كانت هنالك قراءة لشدة الاستضاءة ، ومن ثم قمنا بانقاص الجهد كالأتي

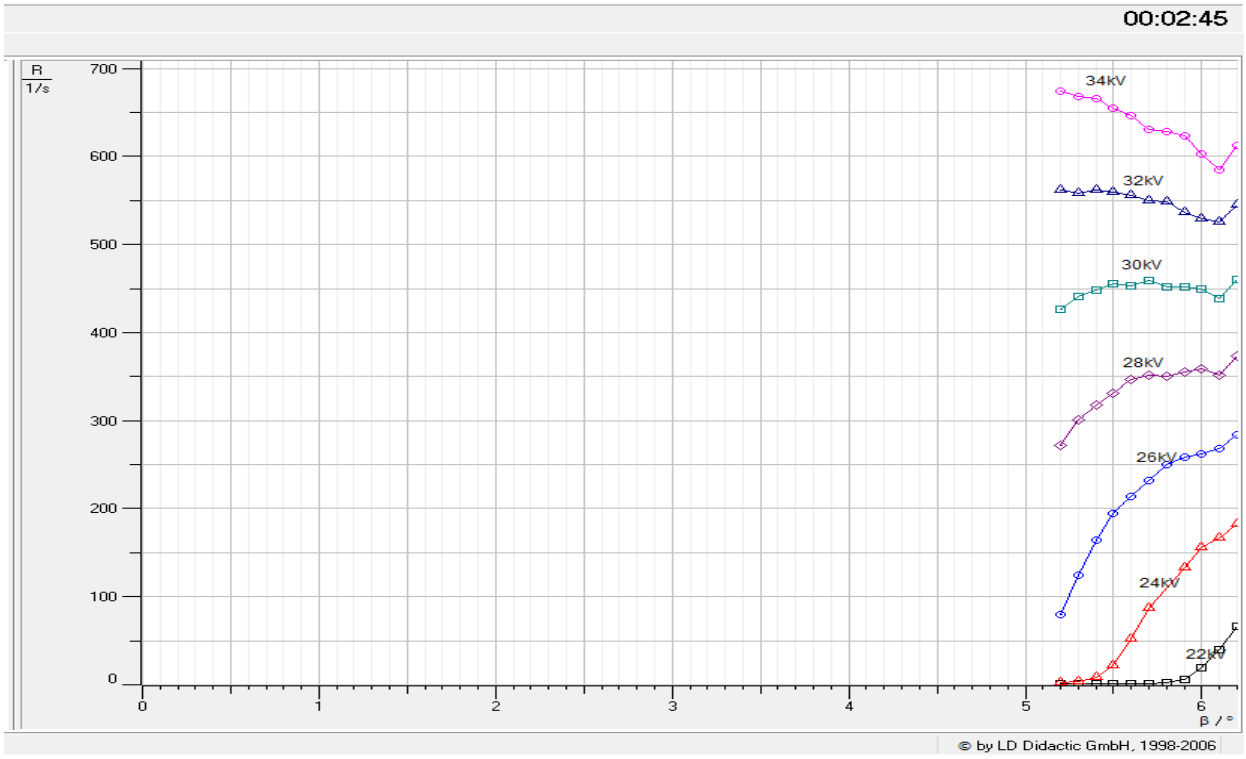
34، 30،26،22،18،14،10،5،0 كيلو فولت والتيار ثابت عند 1mA وفي كل مرة مع تغيير الجهد كانت هنالك قراءة لشدة الاستضاءة ومن ثم قمنا بانقاص التيار كالأتي 1mA 0.9 ، 0.6 ، 0.3 0mA ومن ثم قمنا بزيادة التيار كالاتي 0 ، 0.2 ، 0.4 ، 0.6 ، 1 mA مع العلم بأن الجهد ثابت وهو 30kv .

(3-4)الجداول :

جدول (3-1)يبين علاقة زيادة الجهد وشدة الاستضاءة عند ثبوت التيار في 1mA

Bragg | Planck | Transmission | Moseley

β / °	R_0 / 1/s	R_1 / 1/s	R_2 / 1/s	R_3 / 1/s	R_4 / 1/s	R_5 / 1/s	R_6 / 1/s
5.2	1.1	2.4	80.1	272.3	426.6	561.7	674.4
5.3	1.4	3.0	124.8	300.4	441.1	558.1	667.9
5.4	1.4	8.1	164.4	317.6	448.8	562.2	666.3
5.5	1.1	21.6	195.2	330.6	456.1	559.0	654.8
5.6	1.3	51.8	213.8	346.4	453.3	555.5	646.8
5.7	1.4	87.4	231.6	351.1	459.1	549.4	630.3
5.8	2.6		250.7	350.1	452.0	548.5	628.4
5.9	5.5	133.1	259.1	355.6	451.4	536.7	623.5
6.0	19.8	156.3	262.0	358.8	449.1	529.5	602.7
6.1	40.1	166.8	268.1	352.1	438.4	525.8	584.9
6.2	65.9	182.3	284.6	373.6	460.8	545.1	612.6

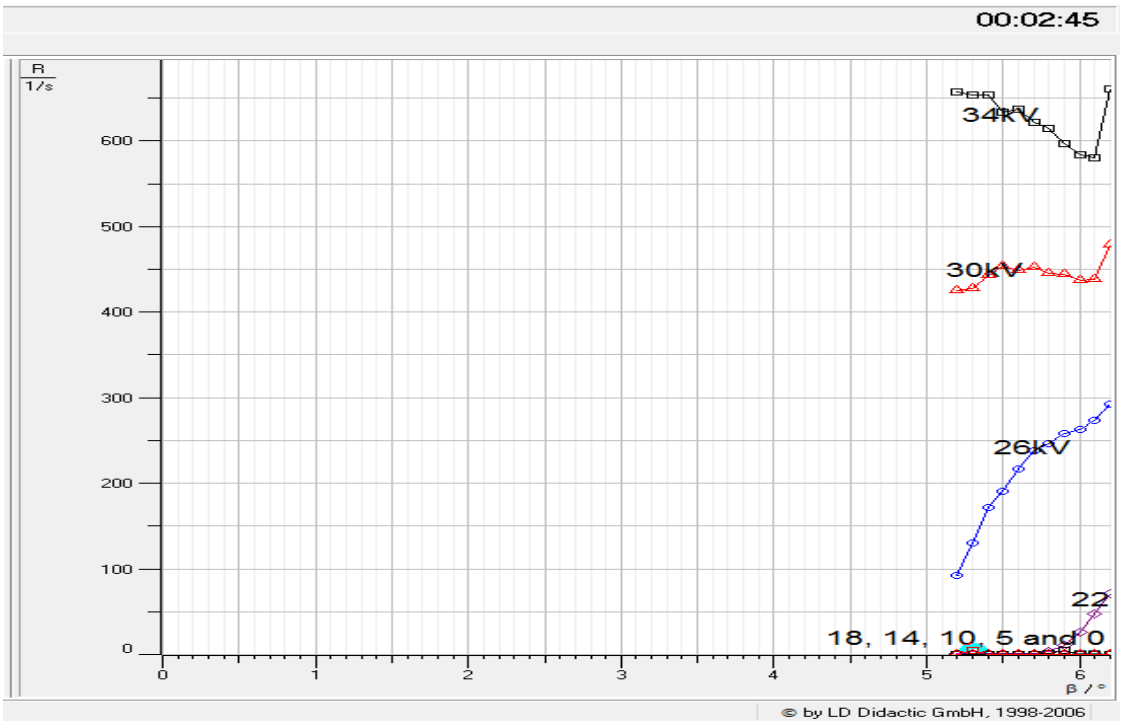


شكل (3-1) يوضح العلاقة بين زيادة الجهد وشدة الاستضاءة عند ثبوت التيار في 1mA

جدول (2-3) يبين علاقة تقليل الجهد وشدة الاستضاءة عند ثبوت التيار في 1mA

Bragg | Planck | Transmission | Moseley

β / °	R_0 / 1/s	R_1 / 1/s	R_2 / 1/s	R_3 / 1/s	R_4 / 1/s	R_5 / 1/s	R_6 / 1/s	R_7 / 1/s	R_8 / 1/s	R_9 / 1/s
5.2	657.5	425.2	92.9	1.6	0.5	0.1	0.6	0.1	0.1	0.10
5.3	653.4	427.3	130.7	1.1	0.4	0.3	0.1	0.5	5.2	0.30
5.4	653.1	442.4	171.7	1.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.20
5.5	633.7	453.4	191.2	1.6	0.6	0.2	0.3	0.1	0.2	0.10
5.6	637.1	449.4	216.7	1.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.25
5.7	621.5	452.6	238.1	1.4	0.4	0.3	0.1	0.3	0.3	0.05
5.8	614.8	445.4	246.3	4.0	0.5	0.3	0.3	0.1	0.6	0.20
5.9	596.9	444.4	257.6	10.1	0.3	0.5	0.2	0.3	5.2	0.10
6.0	584.1	436.9	262.9	26.1	0.7	0.3	0.2	0.3	0.1	0.45
6.1	580.2	438.6	273.6	46.9	0.8	0.1	0.2	0.0	0.1	0.15
6.2	660.9	478.6	292.9	70.8	0.6	0.3	0.3	0.1	0.3	0.30

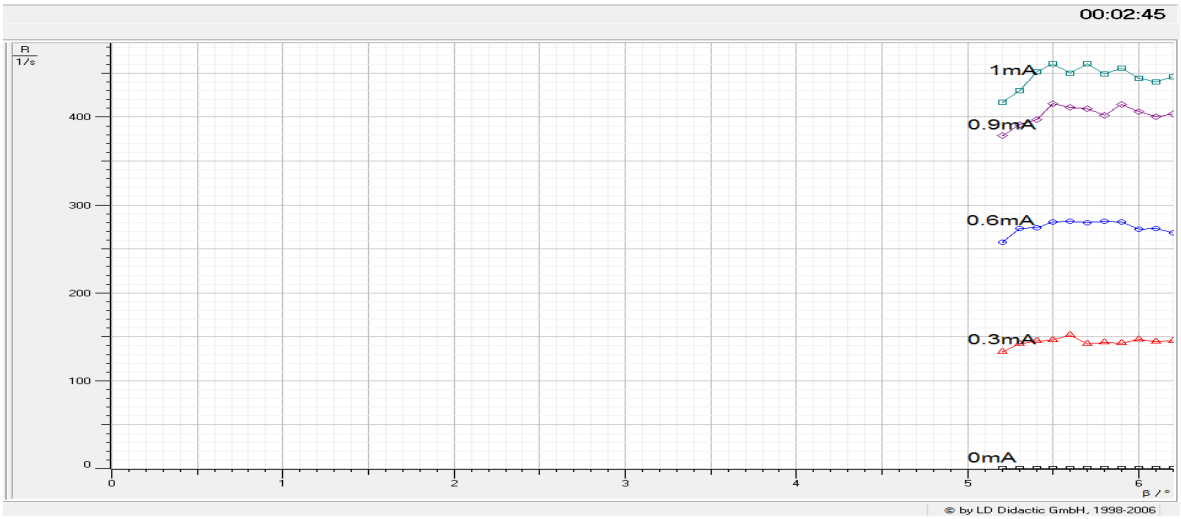


شكل (2-3) يبين علاقة تقليل الجهد وشدة الاستضاءة عند ثبوت التيار في 1mA

جدول (3-3) يبين علاقة زيادة التيار وشدة الاستضاءة عند ثبوت الجهد في 30kv

Bragg | Planck | Transmission | Moseley

β / °	R_0 / 1/s	R_1 / 1/s	R_2 / 1/s	R_3 / 1/s	R_4 / 1/s
5.2	0.1	132.8	257.8	379.0	416.7
5.3	0.2	141.6	273.2	391.2	430.4
5.4	0.4	145.4	274.5	397.2	451.6
5.5	0.1	146.3	281.1	415.0	460.7
5.6	0.1	151.7	281.5	410.8	449.7
5.7	0.1	142.1	280.0	409.2	460.5
5.8	0.3	143.5	281.9	402.3	449.4
5.9	0.1	142.6	280.9	414.5	455.4
6.0	0.4	147.1	272.2	406.3	444.1
6.1	0.1	144.8	272.9	400.0	440.4
6.2	0.4	145.1	268.3	403.8	445.8

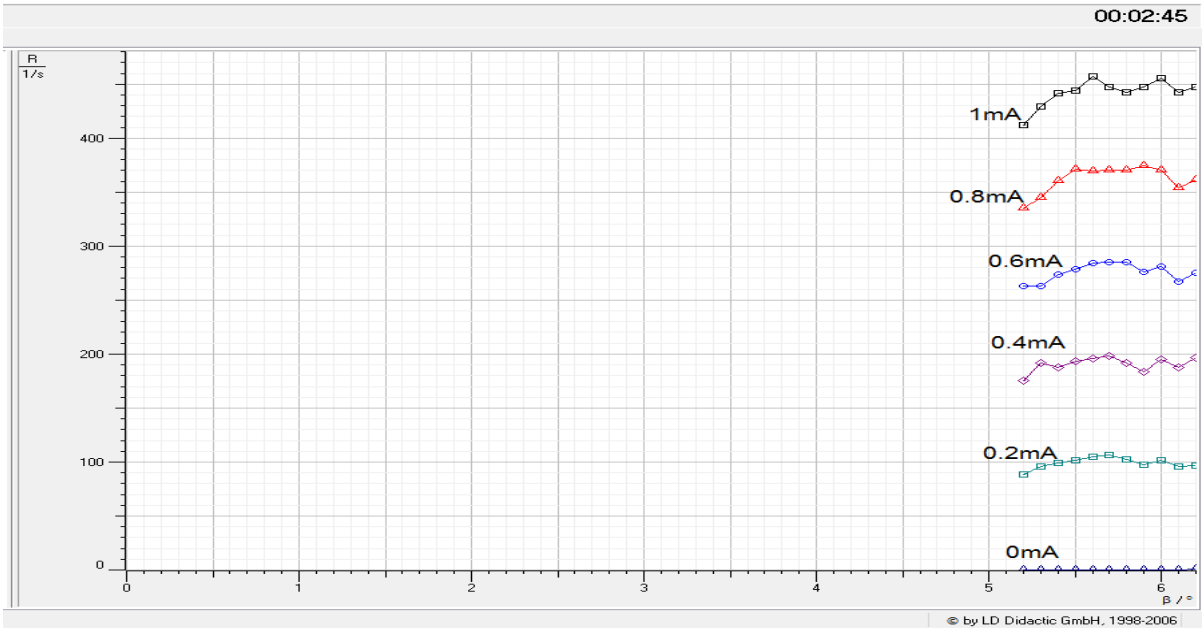


شكل (3-3) يبين علاقة زيادة التيار وشدة الإستضاءة وثبوت الجهد في 30 kv

جدول (3-4) يبين علاقة إنقاص التيار وشدة الاستضاءة عند ثبوت الجهد في 30kv

Bragg | Planck | Transmission | Moseley

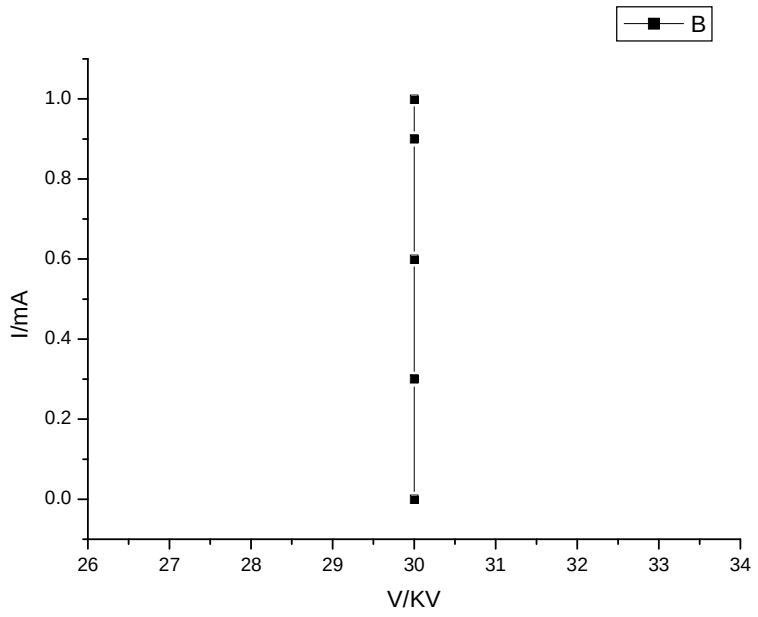
β / °	R_0 / 1/s	R_1 / 1/s	R_2 / 1/s	R_3 / 1/s	R_4 / 1/s	R_5 / 1/s
5.2	412.0	335.0	262.9	175.1	88.9	0.3
5.3	429.7	345.3	262.9	192.0	96.0	0.3
5.4	441.3	360.9	273.6	187.5	99.1	0.1
5.5	444.2	371.1	278.3	193.7	101.7	0.3
5.6	457.3	369.1	284.2	195.9	105.2	0.1
5.7	447.1	370.3	285.0	198.3	106.9	0.1
5.8	442.2	370.2	284.8	191.4	102.3	0.0
5.9	447.4	374.4	275.9	183.1	97.7	0.1
6.0	455.7	370.1	280.9	194.6	101.3	0.1
6.1	442.1	354.3	267.0	187.7	95.9	0.4
6.2	447.7	361.0	275.5	196.7	96.5	0.5



شكل (3-4) يبين علاقة إنقاص التيار وشدة الإستضاءة عند ثبوت الجهد في 30kv

جدول رقم (3-5) يوضح زيادة التيار وتثبيت الجهد

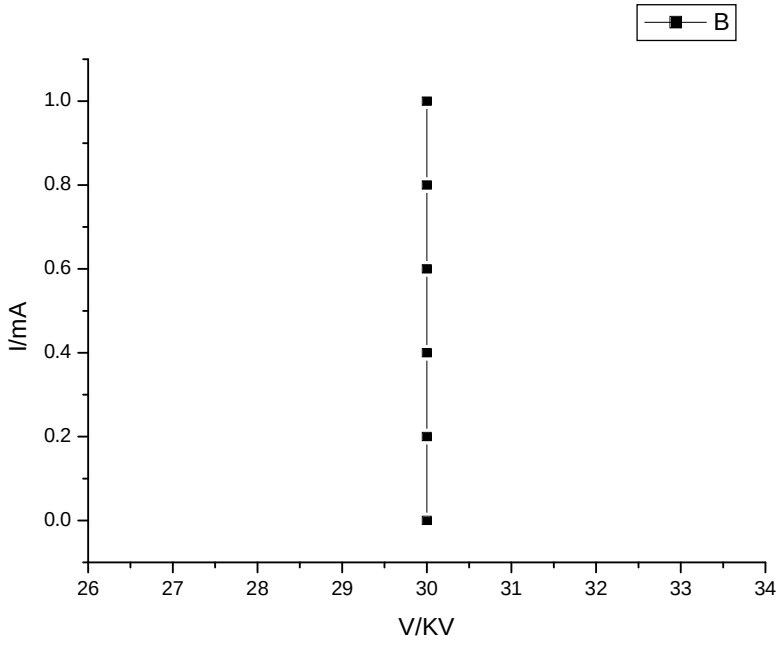
I/mA	V/KV	A
0	30	0.1
0.3	30	132.8
0.6	30	257.8
0.9	30	379.0
1	30	416.7



شكل رقم (3-5) يوضح زيادة التيار وتثبيت الجهد

جدول رقم (3-6) يوضح تقليل التيار وتثبيت الجهد:

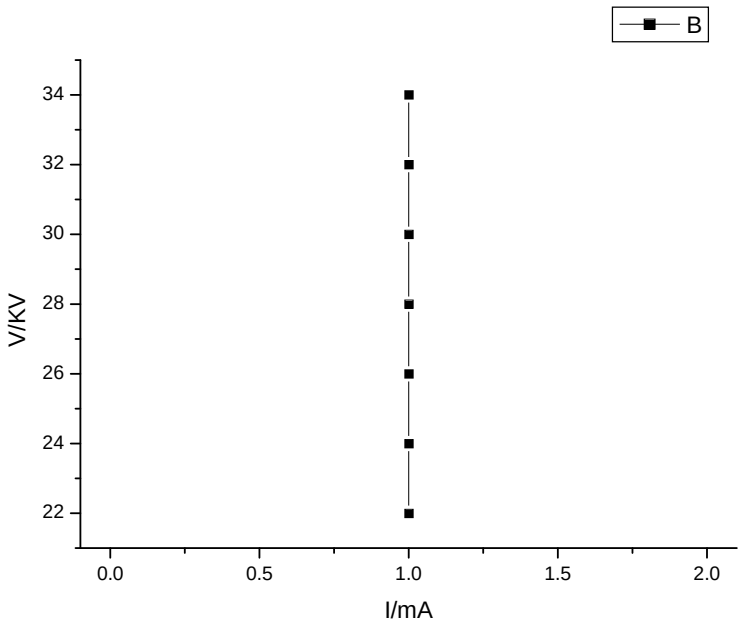
I/mA	V/KV	A
1	30	412
0.8	30	335
0.6	30	262.9
0.4	30	175.1
0.2	30	88.9
0	30	0.3
0	30	0.1



شكل رقم (3-6) يوضح تقليل التيار وتثبيت الجهد

جدول رقم (3-7) زيادة الجهد وتثبيت التيار:

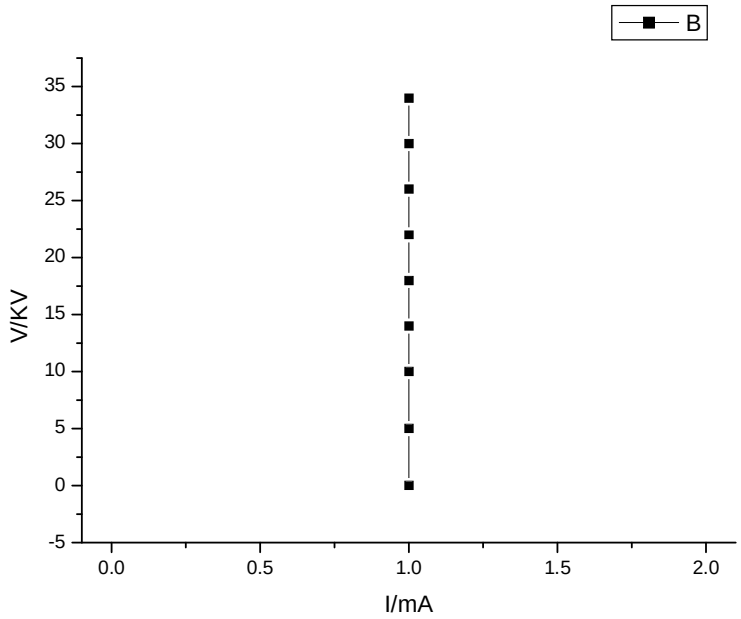
V/KV	I/mA	A
22	1	1.1
24	1	2.4
26	1	80.1
28	1	272.3
30	1	426.6
32	1	561.7
34	1	674.4



شكل رقم (3-7) زيادة الجهد وتثبيت التيار

جدول رقم (3-8) تقليل الجهد وتثبيت التيار:

V/KV	I/mA	A
34	1	357.5
30	1	425.2
26	1	92.9
22	1	1.6
18	1	0.5
14	1	0.1
10	1	0.6
5	1	0.1
0	1	0.1



شكل رقم (3-8) تقليل الجهد وتثبيت التيار

(5-3) مناقشة النتائج :-

في الحالة الأولي عند تثبيت التيار في 1mA وزيادة الجهد تدريجيا من 18، 20 لم تكن هنالك قراءة لشدة الاستضاءة لكن عند 22 ، 24، 26، 28، 30 ، 32 ،34 كانت هنالك قراءة لشدة الاستضاءة للأشعة السينية كما يبين جدول (3-1) أن هنالك علاقة طردية حيث كلما زدنا الجهد زادت شدة الاستضاءة وعند انقاص الجهد في 34، 30،28،26،24،22 تنقص شدة الاستضاءة إلي أن تختفي عند 20kv كما هو في جدول (3-2) .

في الحالة الثانية عند تثبيت الجهد في 30kv وزيادة التيار 0، 0.2،0.4،0.6 ،1mA كانت هنالك قراءة ابتداء من 0.2 وازداد بصورة طردية مع زيادة التيار كما هو موضح في جدول (3-3) .

وعند انقاص التيار من 1mA، 0.9 ، 0.6 ،0.3 كان هنالك نقصان في شدة الاستضاءة كما هو موضح في جدول (3-4) أي أن هنالك علاقة طردية بين شدة التيار وشدة الاستضاءة .

(6-3) الخاتمة والتوصيات :

عند إجراء التشخيص ينبغي الأخذ في الإعتبار أن كلآ من الجهد وشدة التيار تؤثر على شدة الإستضاءة . مما يستوجب ضبط جهد وتيار الأشعة السينية بحيث يحدث أقل أضرار صحية .

المصادر والمراجع :-

[1] عذاب طاهر الكناني (2009)م، الفيزياء النووية والطبية ، دار الفجر للنشر والتوزيع القاهرة .

[2] محمود نصر(1979)م ، الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها ، بيروت .

[3] أحمد الناغي ، نبيل يس البكري (2005)م، الفيزياء النووية ، دار الفكر العربي القاهرة .

[4] محمد عبد الرحمن آل الشيخ ، أحمد نصر ، محمد عبد الفتاح عبيد (2002)م، هندسة الإشعاع النووي ، النشر العلمي للمطابع ، جامعة الملك سعود ، الرياض.

[5] مطاوع الأشهب(1991)م ، الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث ، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر ، دمشق .