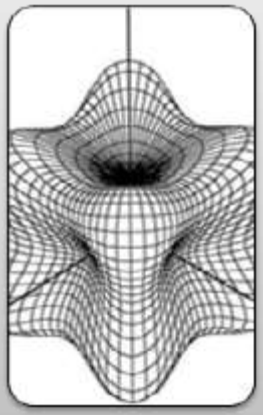
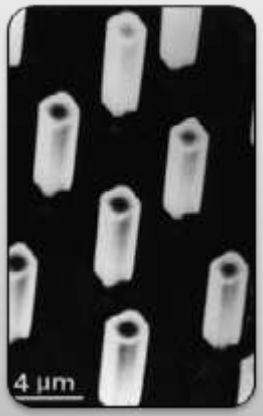
3



TEST BY X-RAY



الفحص بواسطة أشعة أكس

1

مقدمة تأريخية

ولهلم كنراد

عرفت الأشعة السينية لأول مرة عام **1859** من قبل العالم الألماني رونتجن، حيث كان العالم الفيزيائي الألماني ((ولهلم كنرا فون رنتجن))، قد بلغ الخمسين من عمره، عندما أثار اهتمامه بعض الأشعة المعروفة بالكاتودية، لأنها كانت تنشأ على مستوى الإلكترود السلبي أو الكاثود، في أنبوب ((كروكس)).

وأنبوب كروكس مصباح أفرغ من الهواء، وزود بإلكترودين اثنين متصلين بقطبي مولدة كهربائية. كانت تلك الأشعة (المؤلفة من حزم من الإلكترونات، كما سيعرف ذلك في ما بعد، تظهر للعيان، ببعض الظواهر الضوئية داخل المصباح.

كان قد لوحظ كذلك، أن بعض اللوحات الفوتوغرافية (الخاصة بالتصوير الشمسي) القريبة من الأنبوب تتغشى؛ كما لوحظ أنَّ شاشةً مطلية بجسم متفلور، كانت تضيء وتشع. والحال أنه كان يبدو ثابتاً، أنَّ الأشعة الكاتودية ما كانت تفلت من المصباح فماذا يحدث إذاً؟

وبدأ مئات العلماء في جميع بلاد العالم في إعادة تجربة رونتجن ودراسة هذه الأشعة الجديدة والظواهر المتصلة بها.

ومن هذه الظواهر، ظهور بقعة مضاءة بلون باهت أصفر مخضر على جدران الانبوبة التي استعملها رونتجن لأول مرة في المكان الذي تخرج منه هذه الأشعة الفاحصة النفاذة.

ولم يستطع رونتجن نفسه ولا أي عالم غيره تفسير سبب حدوث هذا التوهج الذي ظن أنه السبب في اسوداد اللوح الفوتوغرافي.

بتاريخ 8 تشرين الثاني 1895، وهو تاريخ يذكر، لاحظ ((رُنتجن)) ظاهرةً فريدة من نوعها. كان قد ألبس الأنبوب قبعةً من كرتون أسود صفيق، لا يخترقه النور؛ فإذا بالشاشة المتفلورة تضيء وتلتمع بوضوح، بالرغم من ذاك الاحتياط ... ثبت إذ ذاك، بما لا يحتمل الشك، أن إشعاعاً مجهولاً ينبعث من الأنبوب، فيعجز الكرتون الأسود عن حبسه. أثار هذا الأمر فضول ((رُنتجن)) إلى أبعد حد، فطلب أن يُقام سريره وأن يؤتى بالطعام في مختبره الذي لن يبرحه طوال أسابيع محمومة.

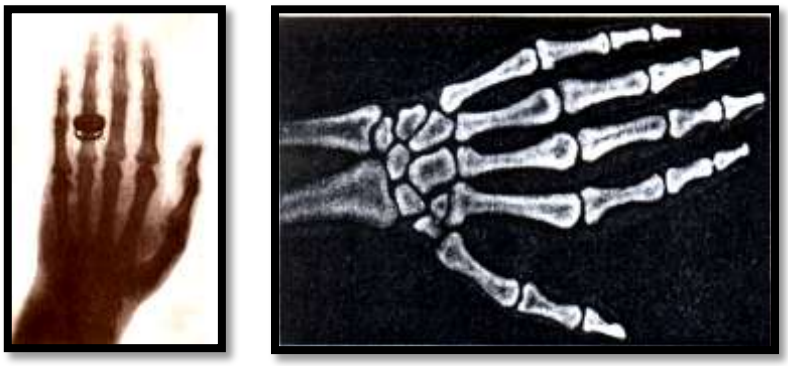
وتراكمت الاختبارات، وأيقن ((رُنتجن)) يقيناً مطلقاً، أن سبب تلك الظواهر الملحوظة يكمن في نوع جديد من الإشعاعات، يتولد من اصطدام الأشعة الكاتودية بحاجز، أي بالالكترود السلبي. فرمز إلى هذه الأشعة الغريبة بحرف (س)، فعرفت بالأشعة المجهولة، السينية.

اتفق له يوماً، أن رفع ذراعه بين الأنبوبة والشاشة، فصعق بمشاهدة عظام يده: وكانت تلك الظاهرة أول فحص بالأشعة السينية. وضع إذ ذاك محلَّ الشاشة المتفلورة لوحة حساسة، فحصل على صور في غابة الغرابة، وإذا هي أول صورة إشعاعية سينية. ولقد أثارت هذه الصوة ضجة كبيرة في العالم: كانت أولاها تُظهر يد السيدة (رُنتجن) هيكلية مجردة من اللحم. ولم تكن صورة البركار أو الأوزان المعدنية، المرتسمة بوضوح عبر جدران إحدى العلب، أقل إثارة للدهشة والذهول.

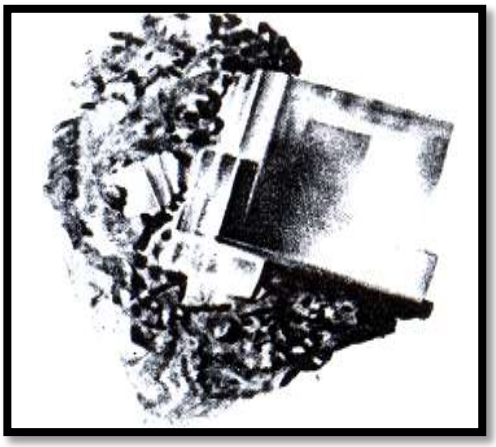
وسرعان ما أدرك العلماء الإمكانات المدهشة العجيبة التو توفرها الأشعة السينية للتشخيص الطبي: فطالما أن الجسم شفاف إزاءها، فقد بات بالإمكان تحديد موقع أي جسة غريب فيه، كما بات بالإمكان تمييز تفاصل الكسر كلها، عبر ظلمات الأنسجة. وإنطلاقاً مما لوحظ من تأثير الأشعة السينية على الخلايا الحية، فكر الأطباء، منذ عام 1896، باستعمالها مباشرة في علاج المرضى؛ فكان مطلع عهد المعالجة بالأشعة السينية، وانفتحت أمام الطب آفاق واسعة شاسعة.

سيكشف العلم أن الأشعة السينية من نوع الأشعة الضوئية؛ إلا أنها أقصر منها طول الموجة، مما يوفر لها القدرة على التغلغل عبر الأجسام الصفيقة. وسيكون لاكتشاف هذه الأشعة نتائج لا حصر لها، على علم الفيزياء. فهي تلعب، في دراسة تكوين البلوريات، دوراً أساسياً خطيراً. ناهيك عن أن المعدنين يستعملونها باستمرار، لفحص العينات التي يحللونها.

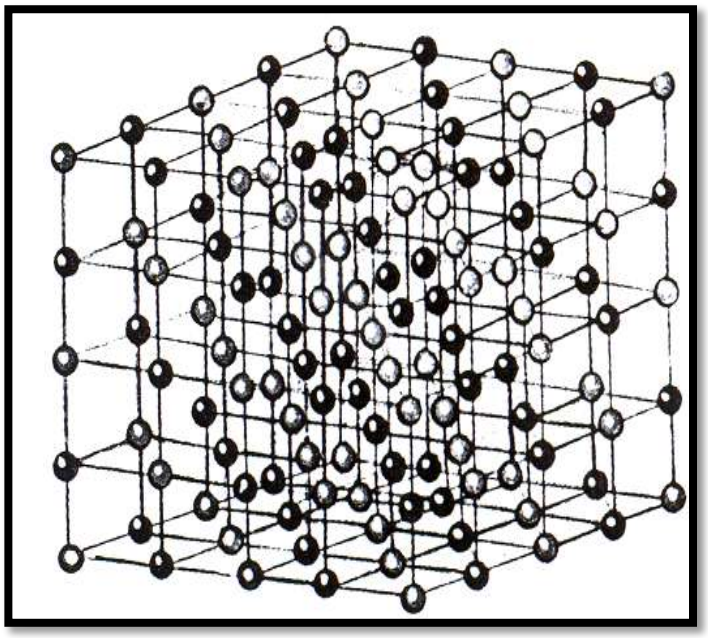
ويمضي البحث العلمي قدماً ... فيجد ((هنري بيكريل)) نفسه، فيما كان يحاول التحري عن تلك الأشعة، أمام ظاهرة النشاط الإشعاعي، فإذا هو على عتبة عالم جديد، هو عالم الذرة والطاقة النووية ...



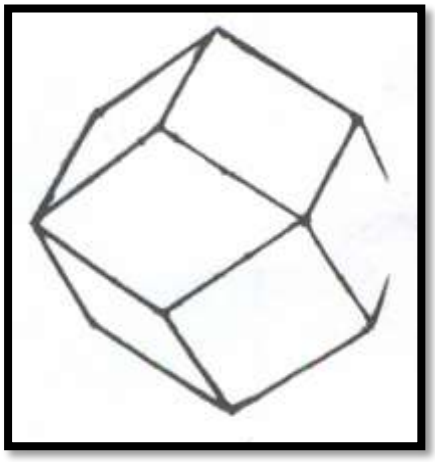
شكل (1) يوضح صورة أشعة ليد بدون خاتم وأخرى بخاتم.



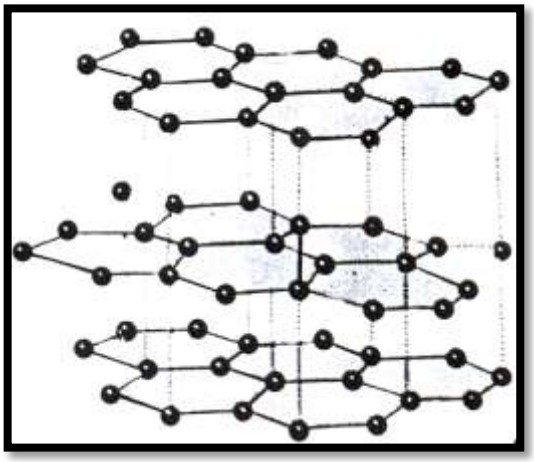
شكل (2) يوضح بلورة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم).



شكل (3) يوضح البنية البلورية لملح الطعام NaCl كما تظهر بواسطة الأشعة السينية لآليء حمراء هي أيونات الصوديوم؛ ولآلئ سوداء هي أيونات الكلور .



A

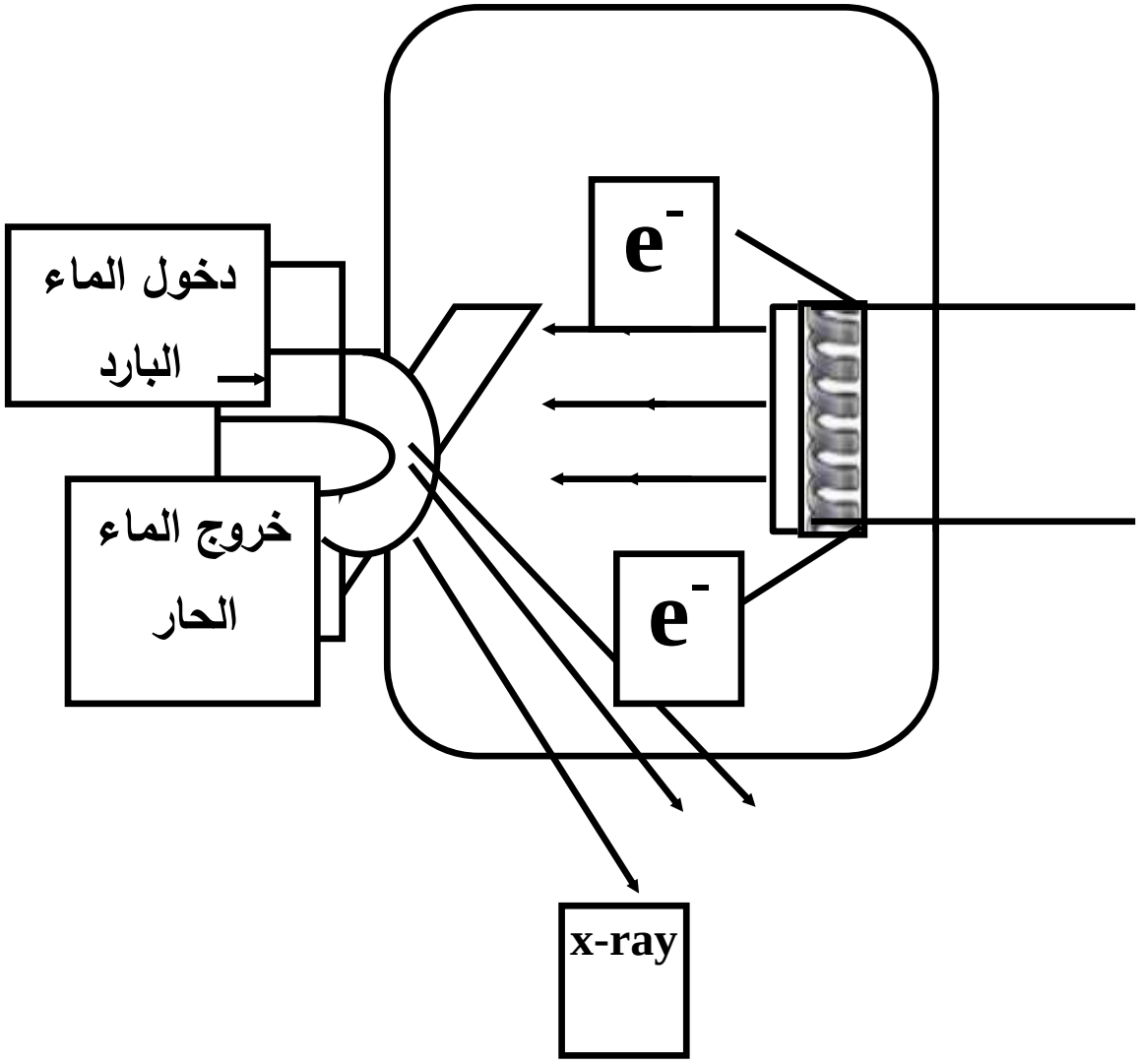


B

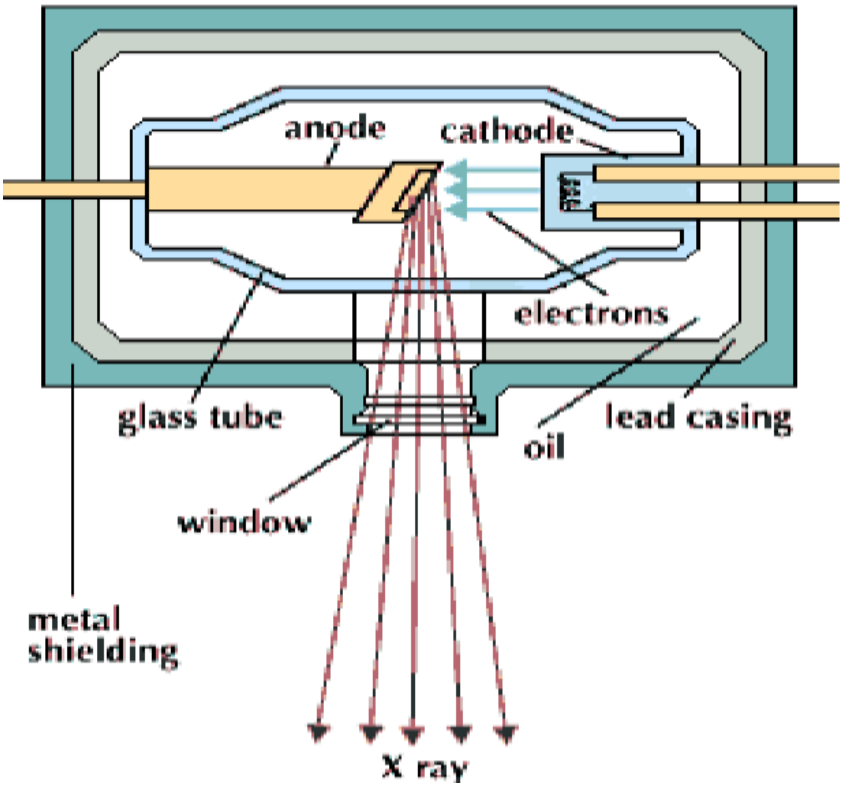
شكل (4) يوضح A بلورة كرافيت، تظهر فيها ذرات الفحم في أشكال مسدسات تنتظم طبقاتٍ طبقات كما في B .

وهكذا استمر استعمال الأشعة السينية على ألواح حساسة دون فهم ماهية الإشعاع المستعمل حتى عام **1912** م حيث تم التحقق أن هذه الأشعة غير مرئية وقد تم اكتشاف ظاهرة الحيود للأشعة السينية قبل عام **1912** بقليل حيث نجحوا كل من **[Haga]** و**[Wind]** بإرسال حزمة من الأشعة السينية خلال فتحة ضيقة جداً محصلاً على ظاهرة الحيود **"Diffraction effect"**. غير أن الحيود كان ضعيفاً بحيث أن النتائج لم تقبل وكذلك من صفات الأشعة ذات طول موجي قصير جداً مما جدى بالعالم الألماني (لاوي) عام **1912** من أن هذه الأشعة يمكن أن تحيد من البلورات لكون المسافات البينية لها مقارنة بطول الأشعة **X-ray** ونجح بذلك حيث تم التعرف على التركيب البلوري الدقيق للمواد بواسطة هذه الأشعة. وتعتبر الأشعة السينية جزء من الطيف الكهرومغناطيسي

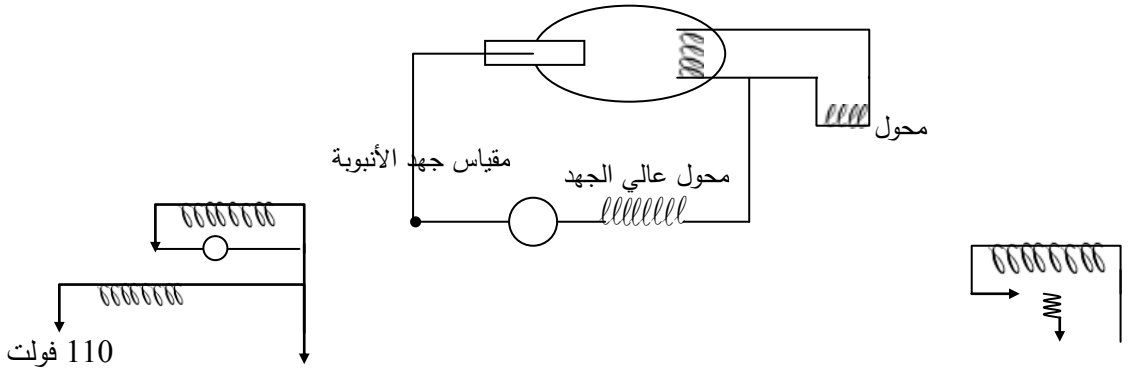
الأشعة الكونية		→ 0.005A°
$\gamma - \text{rays}$	→	→ 0.01A°
0.005A°		
x-rays	0.01	→ 5A°
ultra-violet		→ 3500A°
visible	3500	→ 7500A°
infrared		→ $4*10^6$A°
7500		
الموجـــــــــــة اللاســـــــــــلكية		→ 10 km
$4*10^6$A°		
التيارات الكهربائية في الصناعة 10 km		→ 10000 km



شكل (5) يوضح مخطط لتوليد X-ray.



-A-



-B-

شكل (6) يوضح مخطط تصميمي لجهاز توليد x-ray.

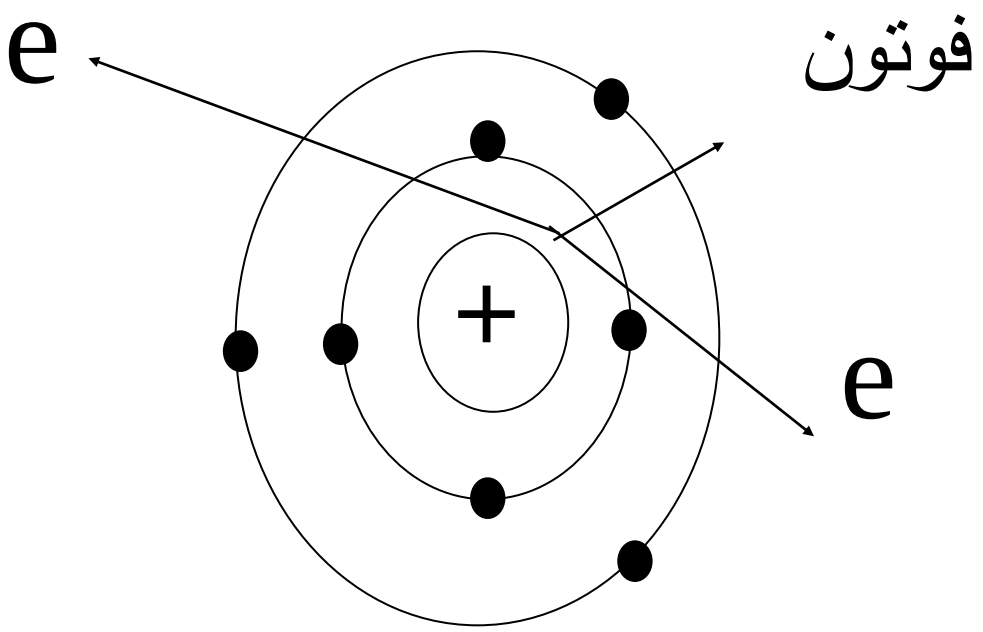
2

توليد الأشعة السينية

عند قذف الأنود (من مادة نحاسية) بالإلكترونات المعجلة والمنبعثة من الكاثود، سوف يصطدم إلكترون الساقط بإلكترونات مادة الانود فينطلق سريعاً فتولد الأشعة السينية، وهنالك ثلاثة احتمالات لإنتاج x-rays:

■ **الاحتمال الأول : -**

عند وصول الإلكترون الهدف أي عند اصطدام الإلكترون بالمادة فإن الإلكترون قد يصطدم بأي إلكترون وقد يصل إلى النواة ولكن لا يصدمها بفعل المجالات النووية ولكن يتأثر بمجالها الكهربائي ويخترق إلكترون ونقصان طاقتها الحركية وهذا النقصان في الطاقة الحركية يظهر بشكل فوتون الأشعة السينية منبعث تحسب طاقته من العلاقة $E_{ph} = E_{in} - E_{ext}$ وتزداد طاقة الفوتون كلما كان عدد إلكترون أكثر تقارباً من النواة وبمرور هذا الإلكترون بالقرب من ذرة أخرى من ذرات الهدف يتكرر ما حدث له في النواة الأولى. وتقل طاقة الفوتونات المتولدة تبعاً وعليه يكون لها مدى واسع من الذرات المتدرجة غير المنفصلة ويسمى هذا الطيف بالطيف المستمر أو المتصل.

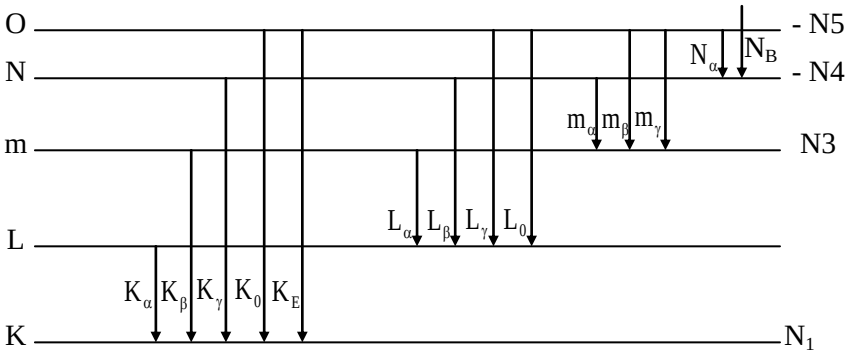


■ **الاحتمال الثاني :-**

عند تعجيل إلكترون من الكاثود إلى الأنود سيصاحبه مجال مغناطيسي وعند تصادم هذا الإلكترون فجأة فأن الطاقة المغناطيسية المصاحبة له ستتبدد على هيئة إشعاع فوتون ونظراً لأن الإلكترون توقفه ليس مشابه للاختراق لعدد من الذرات سيكون مجموع الفوتونات المنبعثة من المجال المغناطيسي والنقص في الطاقة الحركية يكون في مدى واسع من الترددات المتدرجة.

■ **الاحتمال الثالث :-**

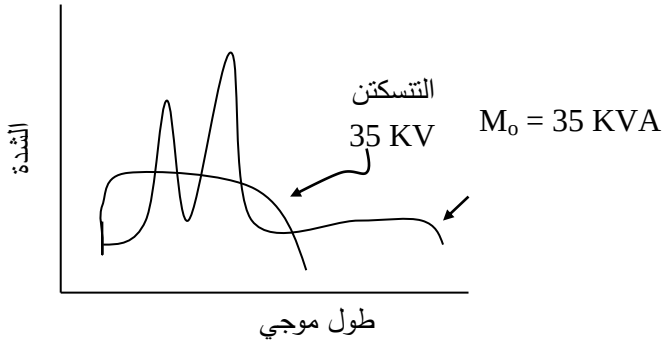
عند اصطدام إلكترون معجل بإلكترون من ذرة مادة الهدف سيكسبه معظم طاقته الحركية وينخلع هذا الإلكترون من الذرة وتصبح الذرة متهيجة ولكن ستفوق من المدار الذي يليه عندما يسقط إلكترون من المدار الأعلى إلى المدار الأسفل ويكون مختلف مع مستوي الطاقة فأنه سيبعث معظم طاقته بهيئة كم فوتونات وتكون طاقة الفوتون مساوية للفرق بين طاقتي المستويين الذين حدثت بينها القفزة الإلكترونية. ويكون الطيف كما في أدناه.



يعني الشكل ←
إذا بعث X-RAY طاقة مقدارها K_α يعني أن كل الطاقات التي قبله من $(N_B - L_\alpha)$ بعث أيضاً وهكذا الحال بالنسبة إلى أي متسلسلة من هذه الطاقات.

شكل (7) يمثل احتمالية توليد x-ray.

ويكون شكل الطيف **X-RAY** الكلي كما في الشكل التالي.



شكل (8) يمثل الطيف المميز والمستمر.

الإلكترون عندما يكتسب تعجيلاً في مجال كهربائي بتعرضه لجهد قدره فولت عندما يصطدم بالقرص الصلب مولداً الأشعة الكاثودية. وتكون الطاقة الحركية للإلكترون لحظة الاصطدام أو الطاقة للأشعة المتولدة من الاصطدام تتناسب مع مربع سرعة إلكترون حسب المعادلة:

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 = eV$$

$$e = 1.6022 * 10^{-19} C$$

V = الفولتية المسلطة على أنبوبة الأشعة الكاثودية، υ^2 = مربع سرعة الإلكترون المعجل.

حيث نرى أن التيار الإلكتروني المنبعث من الفتيل الحراري الساخن هو دالة لحرارة هذا الفتيل أي أنه كلما زادت درجة حرارة الفتيل كلما زاد انبعاث إلكترونات وبالعكس وفائدة الأنبوب أو الكأس المحيط بالكاثود هو يعمل على تركيز (**foeusing**) إلكترونات عند نقطة على القرص أو الهدف يكون فيه فرق جهد عالي بين الكاثود والأنود (الهدف) وتعطي كفاءة الحصول على الأشعة السينية من التيار إلكتروني بالمعادلة:

$$E = 1.4 * 10^{-7} ZV$$

حيث **E** = النسبة المئوية للكفاءة.

Z = الرقم الذري للمادة المعدنية (الهدف).

V = فرق الجهد بين الكاثود والأنود.

فمثلاً تكون كفاءة الحصول على الأشعة السينية منخفضة إذا كان هناك فرق جهد منخفض فإذا كان الجهد (**300**) كيلوفولت يكون **[3%]** من طاقة إلكترونات قد تحول إلى أشعة (**x**)، أما باقي الطاقة المفقودة فتكون على شكل حرارة تسخن الانود (الهدف النحاسي) في الأنبوبة، لذا لابد من تبريد الهدف باستمرار أما بواسطة الماء أو الزيت أو مروحة.

ويتم في التصوير الإشعاعي أن يكون منبع التصوير "الأشعة السينية" عبارة عن نقطة ويتم ذلك بواسطة التحكم في الفتيل الحراري ولكأس المركز للإلكترونات ولكن هذا يعقد مشكلة التبريد لأن الحرارة سترتفع. ويكون التيار المستخدم في الفتيل الحراري يتعرض جهد (**6 – 15**) فولت وتيار مستمر (**D.C**) (**3 – 5**) أمبير.

3

الطيف المستمر

يحدث نتيجة فرملة إلكترونات المعجلة التي تصطدم بالهدف حيث ينجم عن عملية الاستبطاء انبعاث طاقة عالية مناسبة مع الطاقة الحركية للإلكترونات الساقط المعجل ولا يحدث أن تستبطأ جميع الإلكترونات بالطريقة نفسه فبعضه يتوقف دفعة واحدة عند أول تصادم حيث يفقد طاقته بالكامل، بينما يخترق البعض الآخر عن مساره نتيجة الارتطام بذرات الهدف، ويفقد نسبة من طاقته على مراحل متعاقبة تنتهي باستنفاذ هذه الطاقة الحركية، وينتج عن جميع تلك الإلكترونات المتوقفة بالتصادم فوتونات ذات طاقة عظمى "أشعة **x**" متفاوتة الطول الموجي.

4

الطيف المميز

إن سبب وجود هذا الطيف يكمن في ذرات الهدف نفسه، وحتى يمكن تفهم هذه الظاهرة بالرجوع إلى حقيقة تكوين الذرة، فهي تتألف من الذرة المركزية يحيط بها إلكترون في مدارات خاصة مثل **(O, N, m, L, k)**.

فإذا ما كان أحد الإلكترونات التي تصطدم بالهدف يحمل قدراً كافياً من طاقة الحركة فأنها تنجح في خلع إلكترون من الغلاف **k** مخلفاً الذرة في حالة ذات مستوي طاقة مرتفع، الطاقة اللازمة لجعل مثلاً المولبيديوم في حالة إنارة هو **25 kv** والنحاس **30. kv**. وبعد ينقل في التواحد إلكترونات الخارجية من المدارات **(O, N, M, L, K)** ليملأ الفراغ الناشئ في الغلاف **k** ونتيجة هبوط إلكترون إلى غلاف **k** تنبعث طاقة **(x-ray)** خلال هذه العملية

وبالتالي تعود الذرة إلى حالة استقرار والطاقة المنبعثة **(x-ray)** لها طول موجي محدد للمستوي **k.**

حيث أن هناك علاقة بين تردد الأشعة المنبعثة والعدد الذري للمادة (علاقة موسلي)

$$\sqrt{F} = \alpha_3(z - \alpha_4)$$

حيث α_4, α_3 **constant**

أي أن الطول الموجي يتناقص كلما زاد العدد الذري لمادة الهدف.

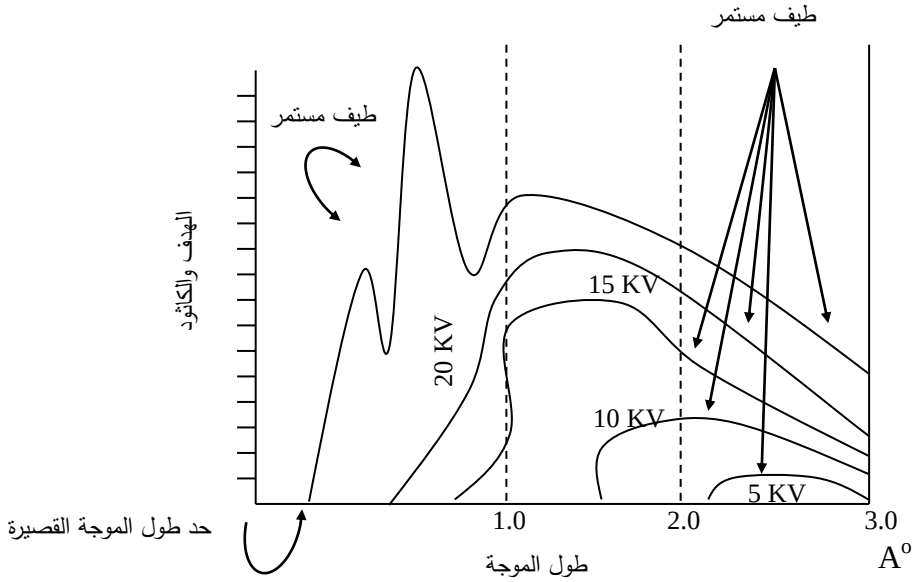
وأن شدة هذا الإشعاع ذو تردد **F** علاقة تحدد فولتية الأنبوبة الكاثودية وجهد الإنارة للمادة.

حيث **A** = الشدة ، α_3 ثابت ، **v** فرق الجهد

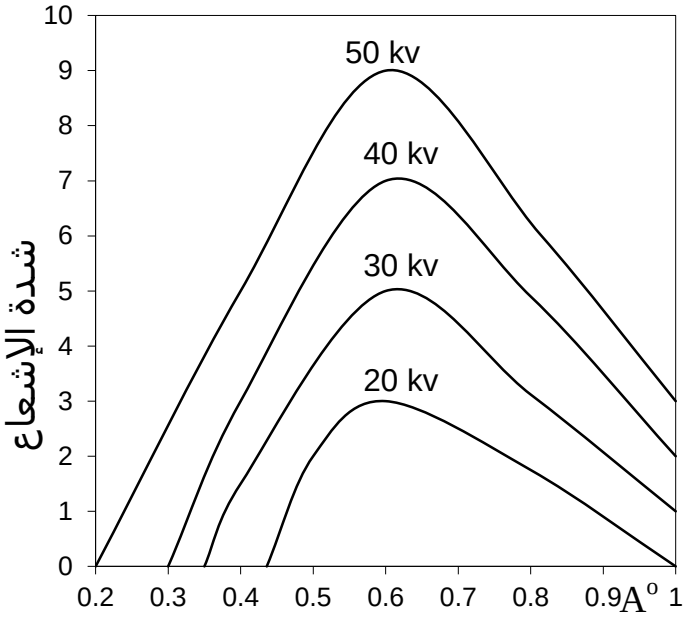
$$A = \alpha_3 I(v - v_0)^n$$

= V_0 ، 1.5 = N

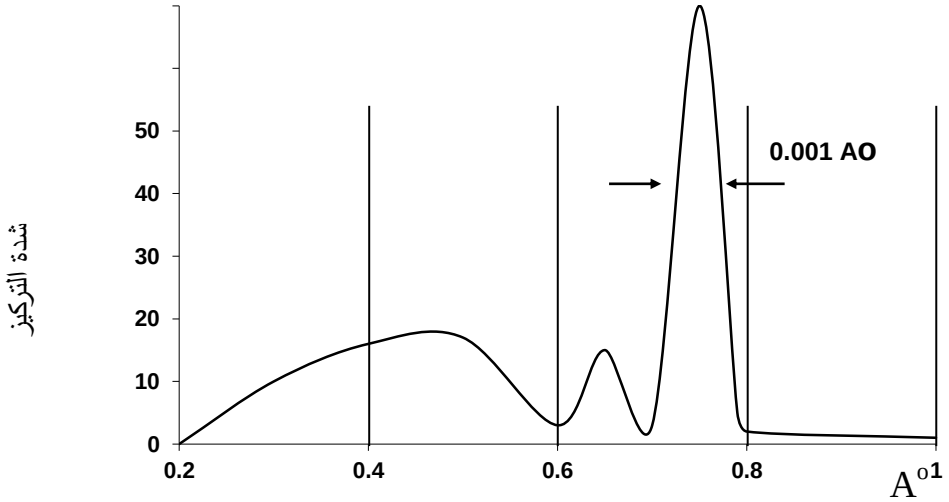
جهد الإثارة للمادة.



شكل (9) يوضح العلاقة بين فرق الجهد وطول الموجة المتولدة لمادة المولبيديوم.



شكل (10) طيف الأشعة الناتج من سطح التنكستن عند فرق جهد مختلف.



شكل (11) يوضح طيف المولبيديوم عند جهد 350 kv .

5

طول موجة الأشعة السينية وجهد الأنبوبة

إن الإلكترون الذي يصل إلى الأنبوبة (الأنود) بعد مروره خلال فرق جهد قدره **(V)** سوف يكسب طاقة حركية قدرها **T = ev** وهي بصيغة الحال أقصى طاقة يمكن للإلكترون أن يكسبها، حيث أن جميع الطاقة تتحول إلى فوتونات نحصل على:

$$h\nu_{max} = T; \nu_{max} = \frac{C}{\lambda_{min}}; h = \frac{C}{\lambda_{min}} = ev$$

$$\lambda_{min} = \frac{hC}{ev} = \frac{1.24 * 10^{-6}\ v.m}{V}$$

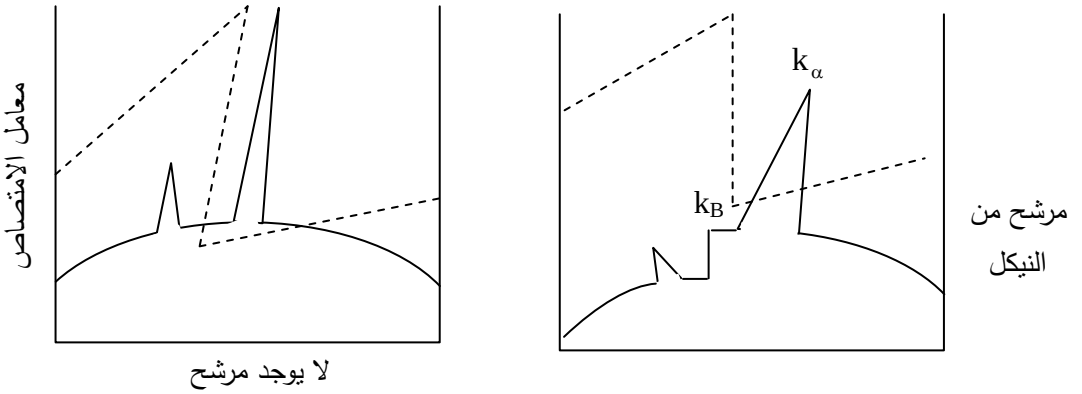
هذه العلاقة نوصل إليه من **[Hunt , Duane]** بأن λ_{min} يتناسب عكسياً مع الفولتية المسلطة بين الكاثود والانود.

6

المرشحات

لو سقطت أشعة سينية طولها الموجي **2.5A°** من هدف النحاس من أحد صفائح النيكل وأن الطول الموجي هذا يتناقص تدريجياً وكلما تناقص الطول الموجي ازداد التردد وتزداد طاقة الفوتون وبالتالي اختراق الأشعة خلال المادة أسهل وعند انخفاض الطول الموجي عن القيمة الحرجة $(1.42A^{o}) = \lambda_k$ مباشرة لنيكل فأن قيمة معامل الامتصاص ترتفع فجأة إلى ثمانية أمثال قيمتها.

وعليه فأن الأشعة الصادرة من أنبوب الأشعة السينية تعمل عند جهد أعلى من V_k لا تشّمل الخط القوي k_α بل تشمل k_B بالإضافة إلى الطيف المستمر وتمكين اختزال الضوء (الخطوط) وغير المرغوبة بالنسبة إلى شدة الخط المرغوب k_α بامرار الحزمة الأشعة خلال مرشح من مادة تضع حافة الامتصاص لها بين طول الموجتين k_α و k_B لفلز الهدف مثل هذه المادة سوف يكون العدد الذري لها أقل عن العدد الذري لفلز الهدف بمقدار واحد.



- A - **- B -**

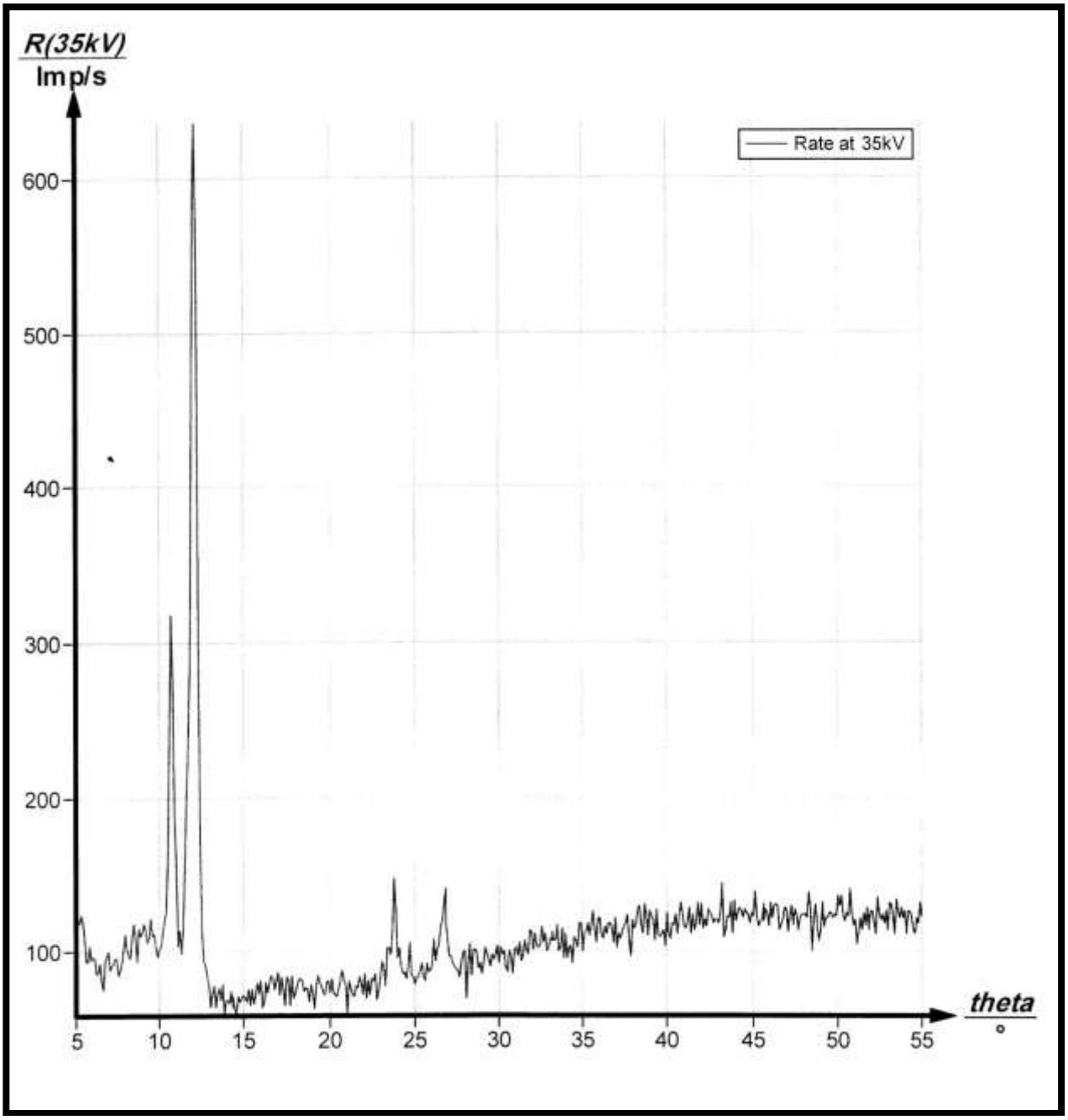
شكل (12) يمثل فلترة x-ray المتولدة من هدف نحاسي بوجود مرشح النيكل.

وكلما ازداد سمك المرشح كلما انخفضت نسبة شدة تركيز **kB** ، k_α في حزمة الأشعة المارة ولكن لا يمكن الحصول على إشعاع أحادي الشكل مهما بلغ سمك المرشح.

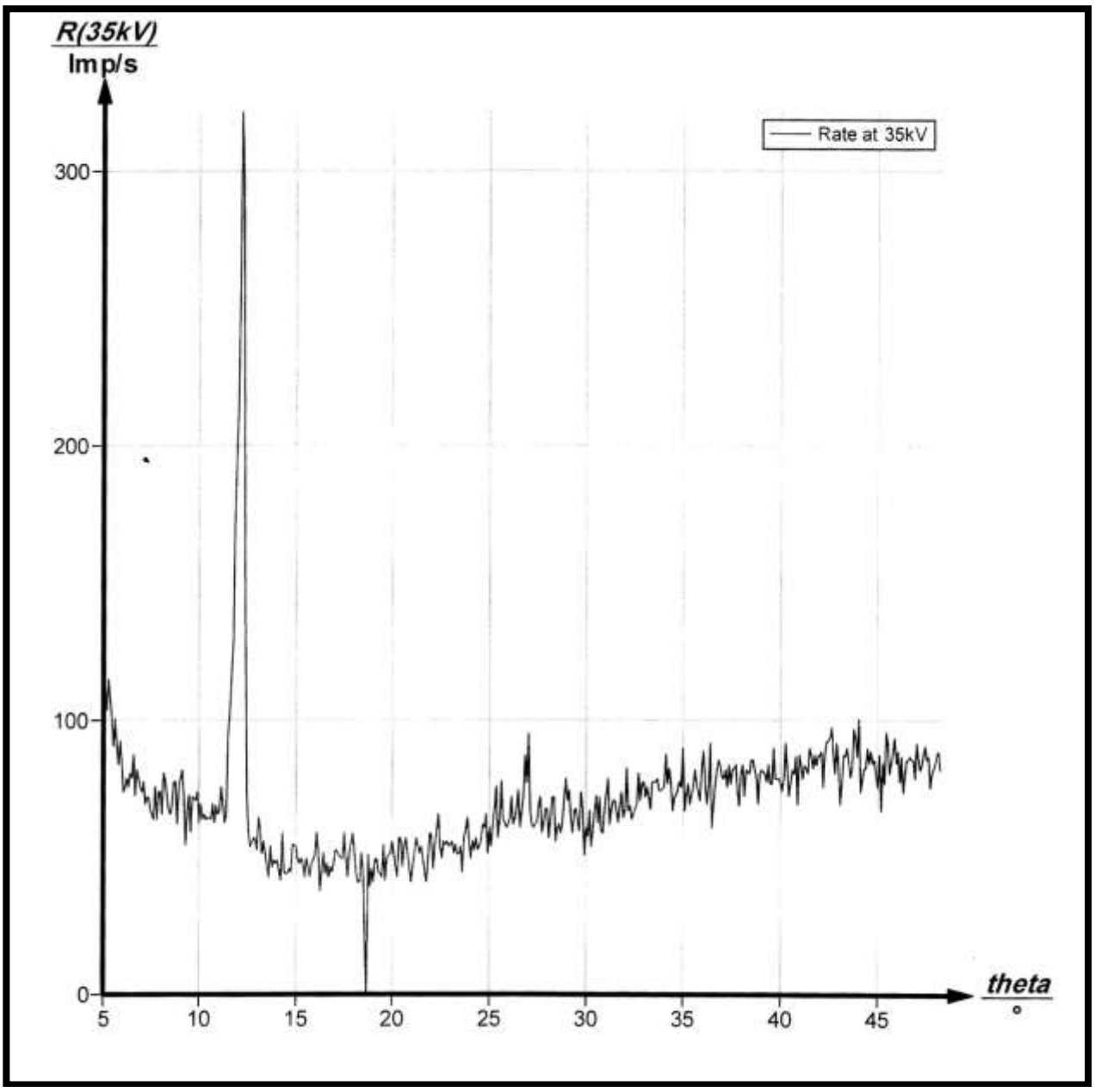
كلياً أن خفض شدة الإشعاع k_α نصف قيمتها الأصلية تؤدي إلى خفض النسبة بين شدة الإشعاع **kB** إلى k_α من حوالي $\frac{1}{9}$ في الأشعة الساقطة إلى $\frac{1}{500}$ في الأشعة النافذة. ويستخدم المرشح على هيئة رقائق، إذا كانت صعوبة استخدام رقائق فلزية فنستخدم أكاسيد الفلز حيث يخلط مسحوق الأوكسيد مع مادة لاصقة مناسبة حيث ينتشر على ورقة ملائمة ويمكن الحصول على الوزن المطلوب من كل فلز بالنسبة لوحدة المساحة.

الهدف	المرشح الفلز	حزمة الأشعة الساقطة k_α /kB	سمك المرشح		$\frac{k_\alpha \text{ النافذة}}{k_\alpha \text{ الساقطة}}$
			µmg /		
مولبيديوم	**زركونيوم**	**5.4**	**70**	**0.0043**	**0.3**
نحاس	**نيكل**	**7.5**	**18**	**0.0008**	**0.42**

كوبلت	حديد	9.4	13	0.0006	0.47
حديد	منغنيز	9	12	0.006	0.47
كروم	فانديوم	8.5	9	0.0006	0.48



شكل (13) حيود الاشعة السينية من بلورة ال KBr بدون فلتر.



شكل (14) حيود الاشعة السينية من بلورة ال KBr بوجود فلتر.

7

مميزات الاشعة السينية X- ray

A. هي أشعة كهرومغناطيسية لا تنحرف في المجالات الكهرومغناطيسية.

B. لها تردد عالي جداً.

C. نفاذة في جميع المواد.

D. معامل انكسارها يضرب **(1)** بانكسارها لا يلاحظ.

E. امتصاصها خلال المادة يعتمد على طاقتها أو جهد أنبوبة التوليد وعلى كثافة الوسط وسمكه.

F. ليست توهج المواد الفسفورية (سيانيد الباريوم والبلاتين) ولذلك **ZnS** وتؤثر على الأفلام الفوتوغرافية وتأين الهواء.

8

الوقاية والسلامة الصناعية(تدابير الأمان)

يتعرض العامل على أجهزة الأشعة السينية إلى خطرين هما الصدمة الكهربائية، أضرار الإشعاع.

A. ويكون خطر الصدمة الكهربائية في أجهزة الضغط العالي ويمكن الخطر عند نهاية المهبط ولذلك يجب أن يكون المهبط تحت مستوي منضدة التشغيل أو داخل صندوق واقي ويجب في التصميم وجود ضمان لفصل الدائرة عن ملامسة العامل لمواضع الضغط العالي.

B. يكون خطر الإشعاع على قدرة **(x-ray)** على اختراق وتدمير الأنسجة الحية وهي القدرة المستفادة لتدمير خلايا السرطان وتكون خطر الإشعاع في الحروق (لتركز في مساحة صغيرة) يسهل امتصاصها في الجسم وينقل الإشعاع الأمراض الوراثية، تكون

الأشعة الناتجة عن الحيوالغة الضرر لكبر الطول الموجي، هناك كمية حرجة السماح له في الجسم فإذا زاد الإشعاع عن الكمية الحرجة فأنه يؤدي إلى انخفاض كريات الدم البيض لذلك يجب إجراء تحليل دوري لعدد كريات الدم.

9

الفحص الهندسي الاتلافي للمواد والعدد

يتم عادة الفحص باستخدام الاشعة السينية:-

وفق ثلاث مبادىء او طرق :-

1. اعتماد مبداء امتصاص الاشعة السينية
2. اعتماد مبداء حيود الاشعة السينية.
3. اعتماد مبدأ التهيج او الفلورة للمادة بواسطة الاشعة السينية.

وفي ما يلي سنعرض هذة الطرق كمبدأ وتطبيق:-

■ 1- اعتماد مبدأ الامتصاص:-

عندما تمر حزمة من الأشعة السينية خلال مادة تصبح شدة الحزمة الخارجة أقل من شدة الحزمة الساقطة على سطح المادة، ويتوقف مقدار النقص في الشدة على مقدار التغير في السمك **(dx)** من المادة وشدة الحزمة الساقطة **I** $-dI = \mu I dx$

حيث μ = معامل الامتصاص وهو ثابت التناسب **(Linear absorption coefficient)**

وعند تكامل المعادلة:

$$-dI = \mu I dx \Rightarrow -x\mu = [\ln I]_{I_0}^{I}$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

حيث I_0 = شدة الحزمة الساقطة.

I = شدة الحزمة الخارجة.

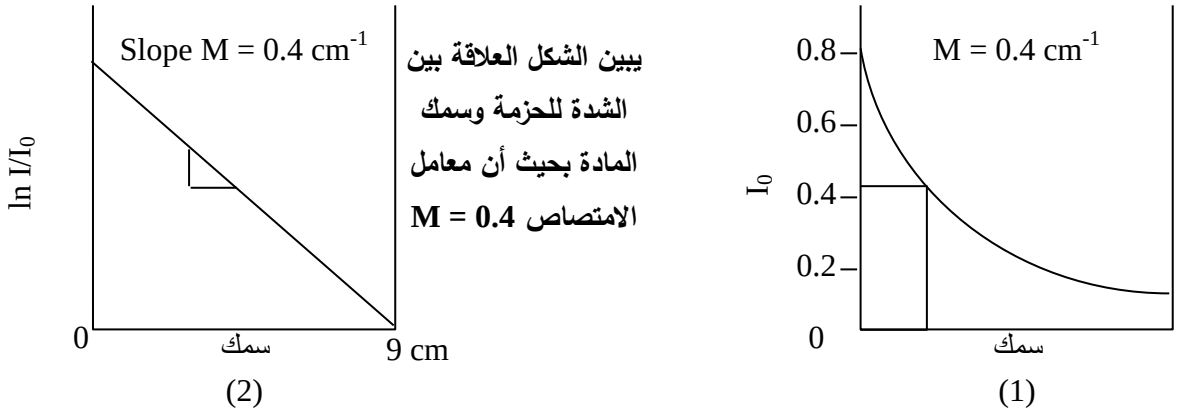
وأن السمك اللازم لتقليل شدة الحزمة الساقطة إلى النصف يسمى بالسمك النصفي $(X_{\frac{1}{2}})$.

$At \quad X = X_{1/2}$ ➡ **$I = ½ I_0$**

نعوض ⬅

$$\frac{1}{2}\cancel{I_0} = \cancel{I_0} e^{-\mu x} \Rightarrow \ln ½ = \mu x$$

وعليه يمكن تحديد معامل امتصاص المادة مباشرة $\mu = \frac{0.693}{x}$ بعد معرفة سمك النصفي للمادة.



شكل (15) يوضح العلاقة بين الشدة للحزمة وسمك المادة بحيث معامل الامتصاص M = 0.4 .

حيث نلاحظ ميل الخط المستقيم في رسم (15 : 2) ميل μ يعني أن الكثافة تقل بكسور متساوية أي أن السمك المعطى للمادة يقلل الكثافة إلى النصف فأن مضاعفة السمك يقلل الشدة إلى الربع.

ويتم امتصاص الأشعة من قبل ذرات المادة بـ :

A. ***تأثير كومبن (ويسمى التشتت Scatter) :-*** وفيه يفقد الفوتون قسم من طاقته بالتصادم مع إلكترونات الذرة مما يجعلها تتذبذب اصغراراً تتسع طاقة إلى جميع الجهات.

B. ***الامتصاص الحقيقي*** وهو على نوعين :-

a. ***التأثير الكهروضوئي:-*** وفيه يفقد الفوتون كل طاقته محرراً ($\bar{e}$) من الإلكترونات في ذرة من الذرات الأخرى لانتقال المدار الذي أزيح منه إلكتروناً وبالتالي يبعث إشعاع.

b. ***إنتاج زوج إلكترون . بوزترون:***- تتضمن هذه العملية تفاعل الفوتون مع المجال الكهربائي القوي للنواة متحولاً إلى زوج إلكترون بوزترون ولكي ينتج هذا الزوج يجب أن تكون طاقة الفوتون الساقط أكبر من مجموع الطاقة السكونية للزوج المتكون أي أن الذرات تمتص جزءاً من الطاقة ثم تتسع نوعاً جديداً من الأشعة يسمى الإشعاع الفلوروسيني.

ويكون دور التشتت مهماً عن الطاقات الواطئة لأنه لا يوجد شرط محدد هذه الظاهرة، أما التأثير الكهروضوئي لا يحدث إلا أن تكون طاقة الفوتون الساقط أكبر من دالة الشغل للمادة.

أما الفلورة فيجب أن تكون طاقة الفوتون **(1.02 Mev)** أكبر من مجموع الطاقة السكونية للإلكترون البوزوتروني.

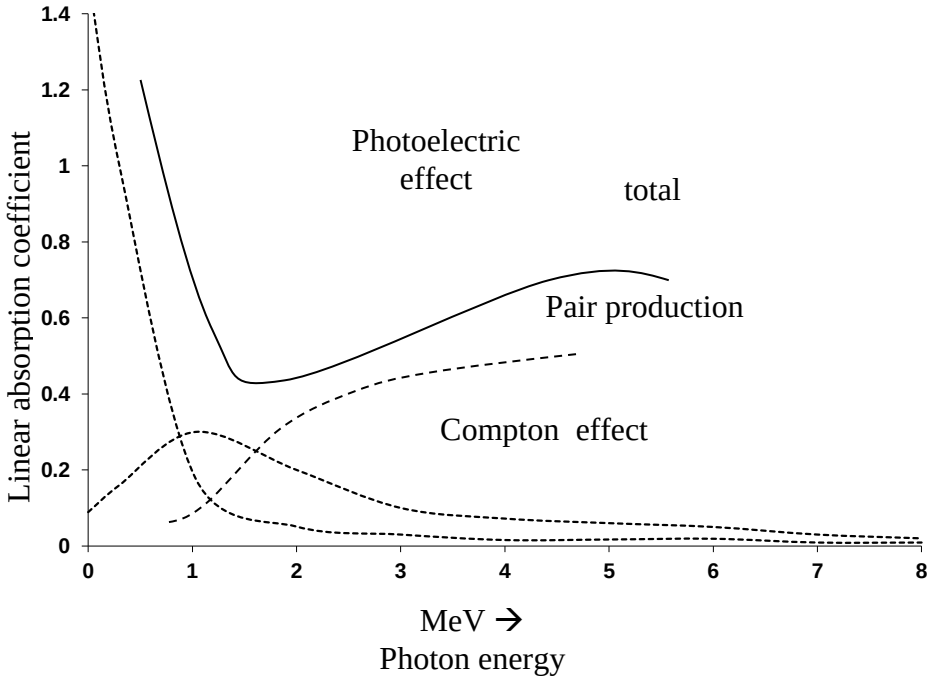
ويتضح ما يلي:

a. إذا كان الامتصاص السائد في الظاهرة الكهروضوئية وهذا ما يحدث في الطاقة الواطئة للفوتون فأن العظام تمتص ما يعادل ستة أضعاف ما تمتصه الأنسجة للجسم.

b. إذا كان الامتصاص بواسطة كومبن هو السائد فأن الغرام الواحد من العظام يمتص نفس القدر في الأنسجة.

c. إذا كان الامتصاص بواسطة النوع الثالث فأن غرام من العظام يمتص ضعف ما تمتصه الأنسجة.

والرسم الموضح التالي يمثل الامتصاص للأنواع الثلاثة.



شكل (16) عمليات امتصاص x-ray .

معامل الامتصاص الخطي كدالة لطاقة الفوتون. ويمكن كتابة معامل الامتصاص الكتلي تبعاً لعمليات الامتصاص وخاصة التشتت والفلورة (المهمة) كما في أدناه :-

$$\mu = \tau + \delta$$

$$\text{أو} \frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\delta}{\rho}$$

δ = معامل التشتت ، τ = التحول الفلوريني.

حيث $\frac{\mu}{\rho}$ يمثل معامل الامتصاص الكتلي: وهي خاصية مميزة للمادة ويمثل جزء الطاقة الذي يزيحه غرام واحد من المادة من حزمة مقطعها وحدة معينة من المساحة. ويتم قياسه لكل المواد كما في الملحق.

ومن الضروري معرفة معامل الامتصاص الكتلي لمادة تتألف من عناصر عدة وبغض النظر عن ماهية هذه المادة كمركب كيمياوي أو مخلوط ميكانيكي أو محلول وكذلك وجودها في حالة صلبة أو سائلة أو غازية فمعامل الامتصاص الكتلي لها يكون هو المتوسط الوزني

لمعاملات امتصاص الكتلة لمكونات المادة فإذا كانت m_1 و m_2 هي الأجزاء الوزنية للمادة (**1 ، 2**) المكونة للمادة $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_1$ ، $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_2$ هي معاملات امتصاص الكتلة المناظرة فأن معامل الامتصاص الوزني للمادة سوف يكون :-

$$\frac{\mu}{\rho} = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_1 + \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_2$$

ويعد اسلوب تغير معامل امتصاص الكتلة مع الطول الموجي مفتاحاً يقود إلى تفسر التفاعلات بين الذرات والأشعة السينية ويتغير معامل الامتصاص الكتلي تبعاً للعدد الذري للمادة والطول الموجي الساقط.

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right) = \alpha_1(\lambda)z^3$$

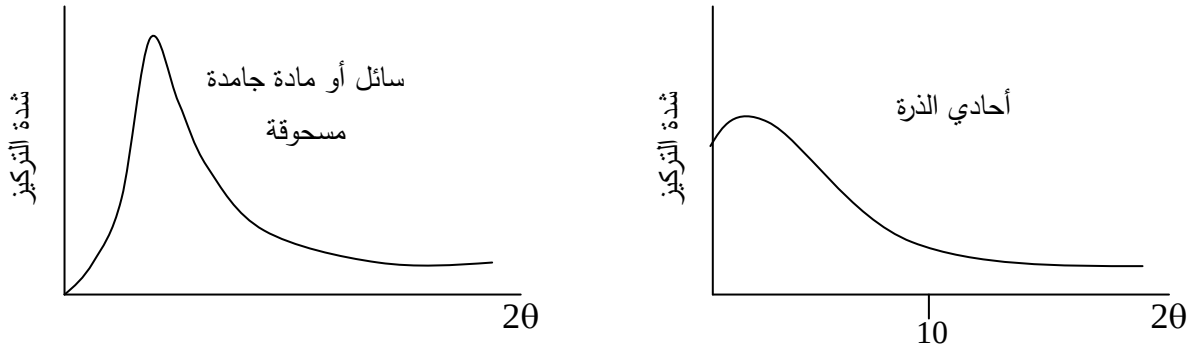
التصوير بالاشعة السينية حسب مبدا الامتصاص :

- مبدأ التصوير وهو **مشابه** تماماً لمبدأ التصوير ***بأشعة كاما*** التي ستوضح في الفصل القادم.

■ 2- اعتماد مبدأ الحيود:

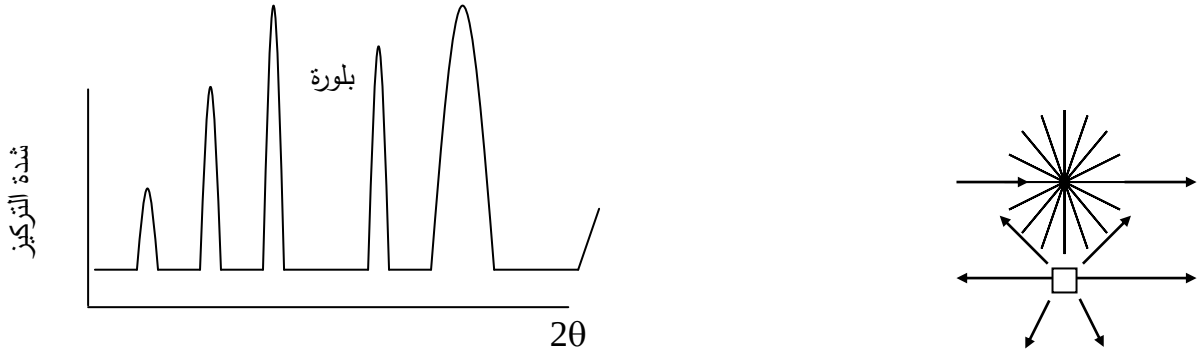
الحيود :- هو نوع من أنواع التشتت حيث أن ذرة مفردة تقوم بتشتيت حزمة ساقطة من الأشعة السينية في جميع الاتجاهات في الفراغ ولكن عدداً ضخماً من الذرات انتظمت في

اصطفاف دوري خام، ويحدث ذلك عادةً لأن الترتيب الذري (الدوري للذرات) تسبب تداخلاً هداماً في جميع الاتجاهات ماعدا الاتجاهات المنبسطة من قانون بداك حيث يحدث تداخل (بناء) في هذه الاتجاهات.



- B -

- A -



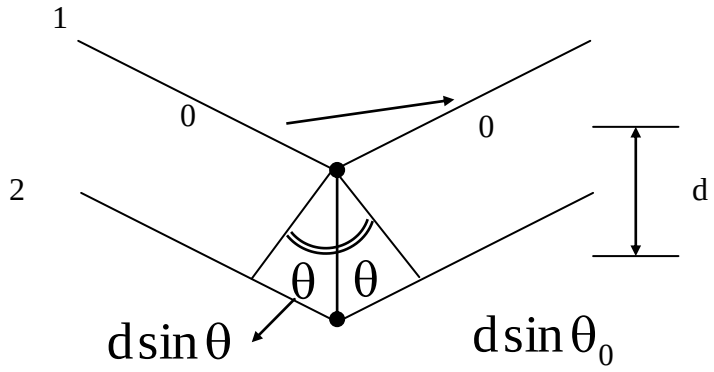
- C-

شكل (17) يمثل امتصاص x-ray من قبل المواد المختلفة الكثافة والتبلور.

قانون براك:

حيود الضوء من شق $n\lambda = d\sin\theta$

$$\sin\theta = \frac{\Delta\lambda}{d} = \frac{n\lambda}{d} \rightarrow n\lambda = d\sin\theta$$



شكل (18) يمثل حيود براك في البلورة .

وعليه يكون شرط براك لحيود **x-ray** ← $n\lambda = 2d\sin\theta$.

ويمكن استخراج قيمة **(d)** المسافة البينية بين المستويات الذرية من الناحية الكيمياوية كما يلي:

$$n = 2\frac{\text{atoms}}{\text{molecule}} * \rho * \frac{1}{M_{NaCl}}$$

M_{NaCl} : الكتلة الجزيئية $= 4.45 \times 10^{28}\ m^{-3}$

$$n = 2 * 2.16 * 10^{3}\frac{kg}{m^{3}} * \frac{1}{9.72 * 10^{-26}\ kg/molcule} = 4.45 * 10^{28} m^{-3}$$

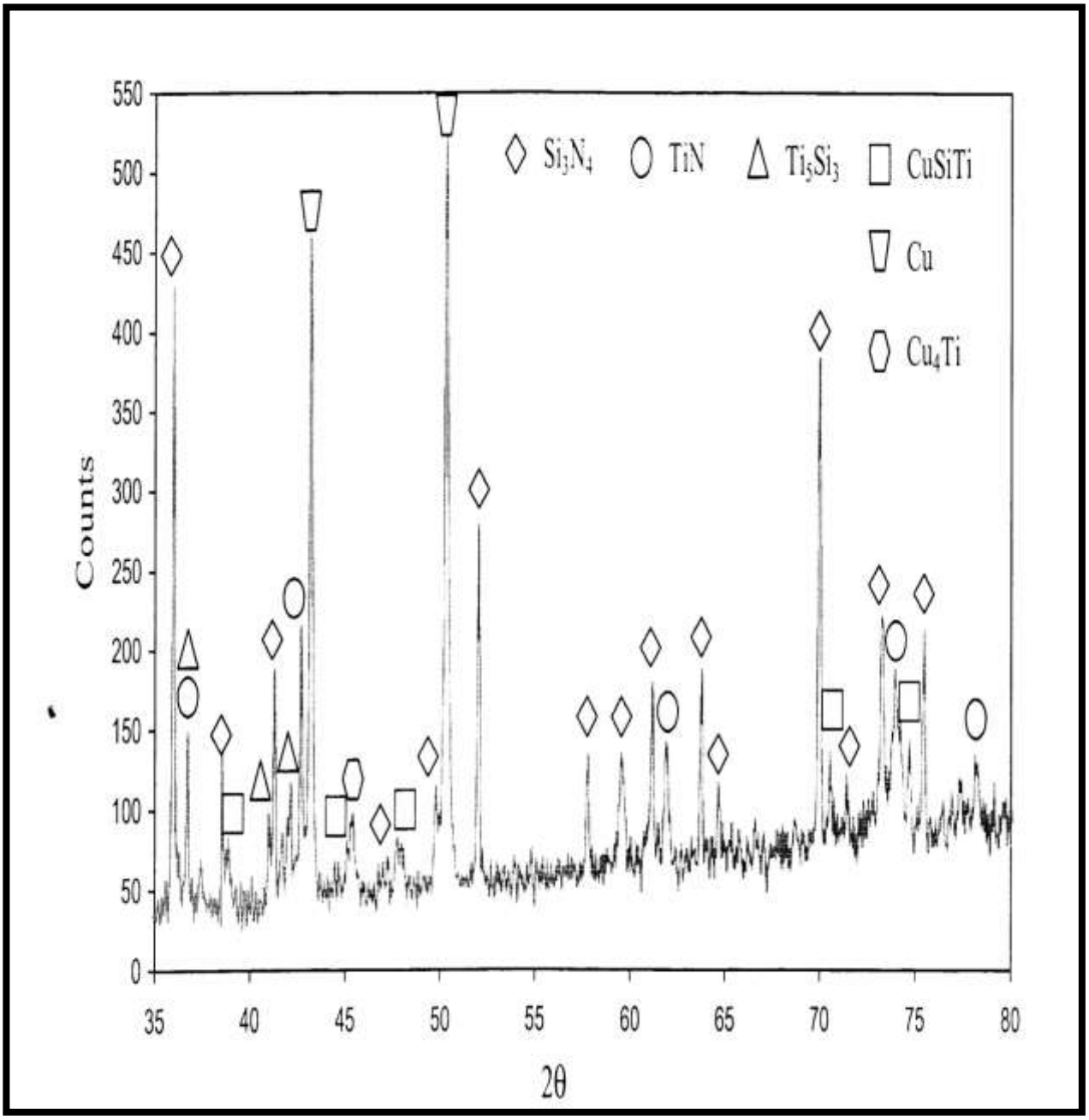
M_{NaCl} = الوزن الجزيئي $\times \frac{1}{\text{عدد افوكادرو}} = 58.5 * \frac{1}{6.02 * 10^{26}} = 9.72 * 10^{26}$ kg/molecule

$d = n^{-3} = [4.45*10^{28}]^{-3} = 2.82*10^{-10}\ m = 2.82\ A^{o}$

■نماذج من نتائج فحص حيود الاشعة السينية:

1.لمسحوق زجاجي:-

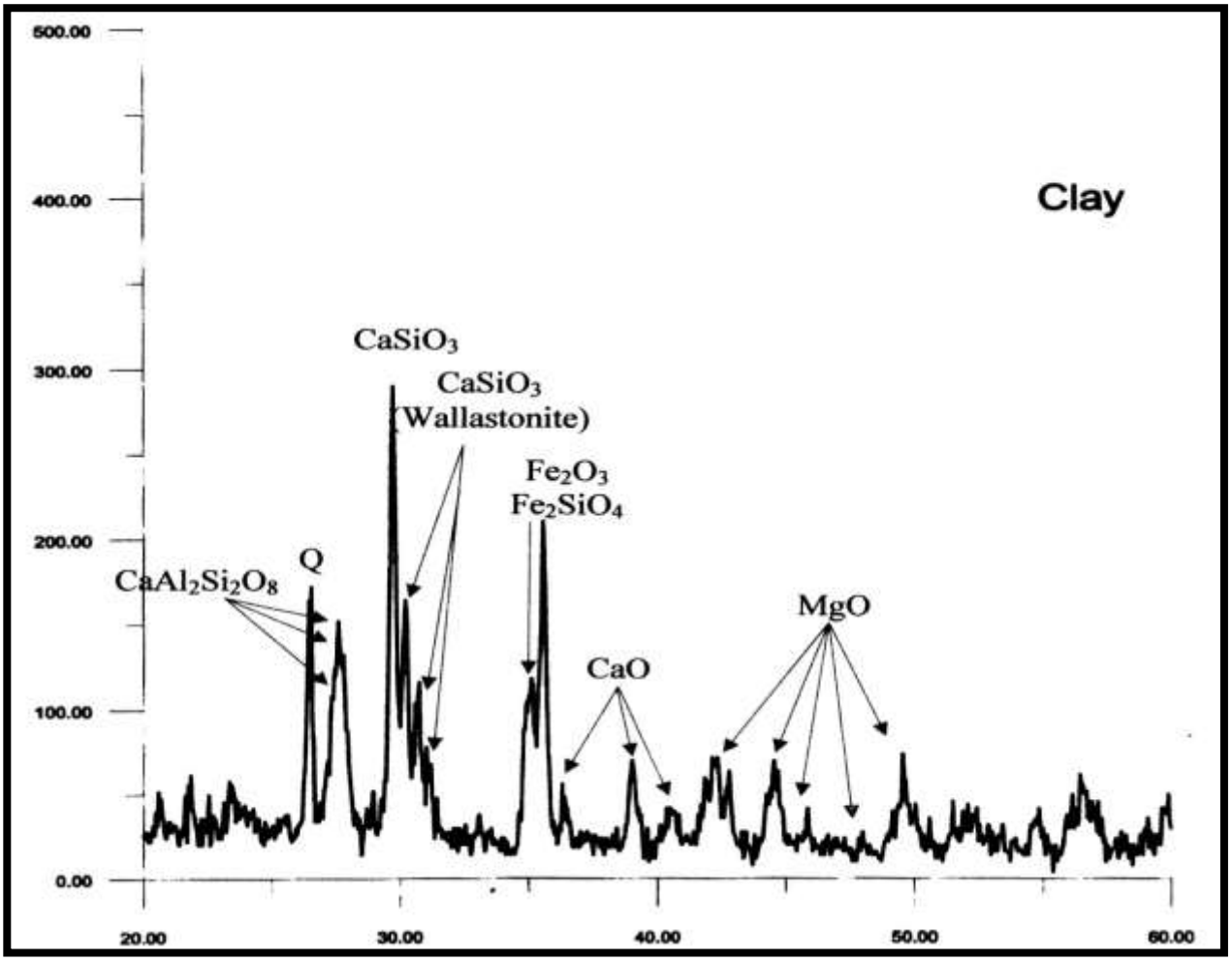
يلاحظ من الشكل التالي ان المادة ليست بلورية وإنما عشوائية التركيب اي عدم الانتضامية في التركيب البلوري.



شكل (19) يبين فحص الاشعة السينية لمواد زجاجية.

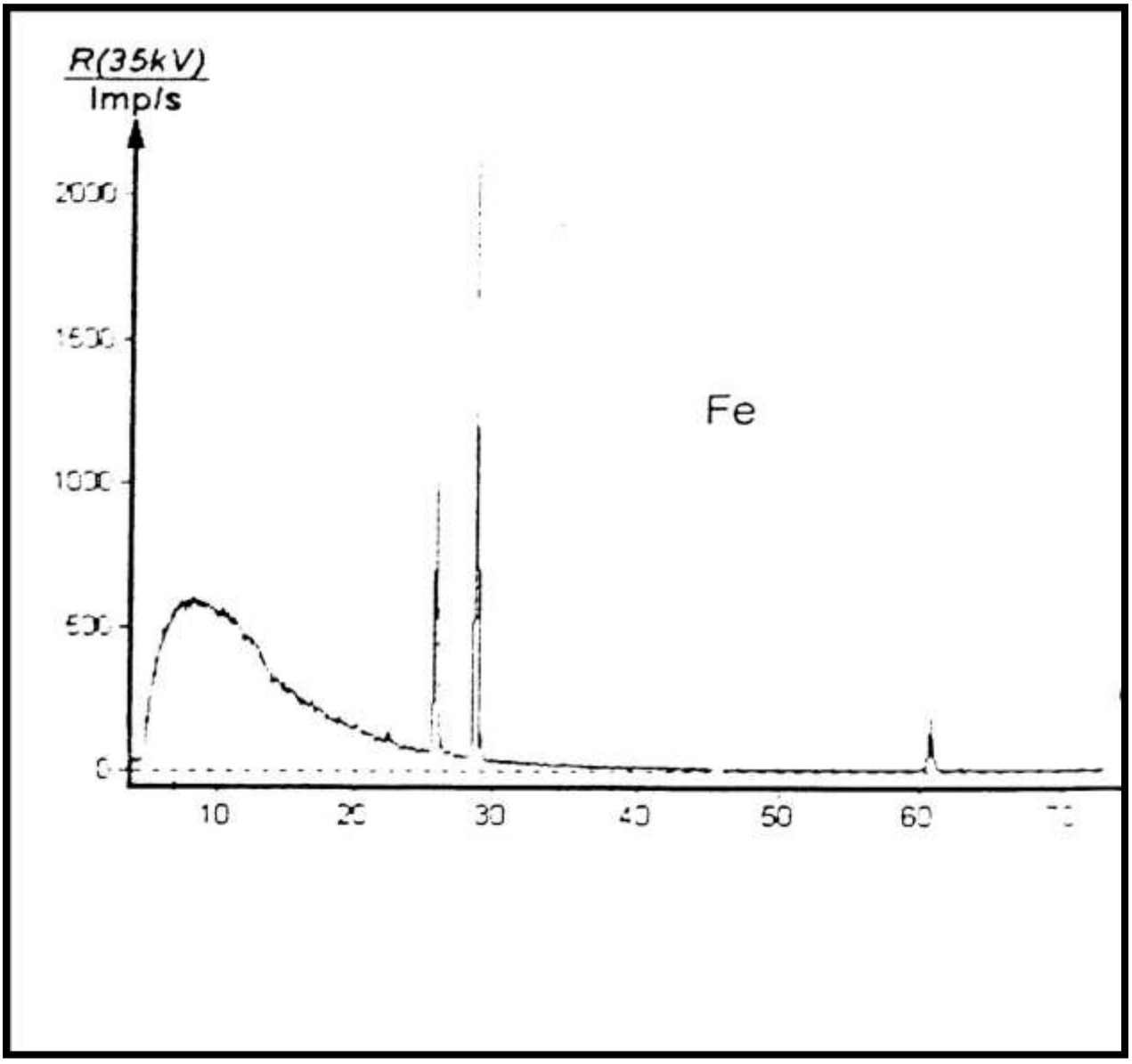
اذاً بواسطة حيود الاشعة يمكن الكشف والتمييز المواد السيراميكية او الزجاجية او المعدنية حيث نلاحظ في الطور الزجاجي اثناء حيود الاشعة السينية لاتوجد قيم لحيود الاشعة اما في المواد السيراميكية فتظهر لدينا قمم كثيرة ومتعددة عند زوايا الحيود ومتقاربة .

2- **مساحيق السيراميك** : تتكون مساحيق السيراميك من اكاسيد متبلورة وبأطوار مختلفة وعليه تكون نتيجة حيود الاشعة السينية بقمم متعدد عند زوايا حيود($2\boldsymbol{\theta}$) متعددة ومتقاربة كما في الشكل التالي.



شكل (20) يبين فحص الاشعة السينية لمواد سيراميكية.

3- المعادن : لكون المعادن مواد متبلورة بأنظمة مختلفة حسب انظمة التبلور البلوري فيكون حيود الاشعة السينية بقمم متعددة عند زوايا حيود متباعدة نسبيا حسب طبيعة المعدن او السبيكة كما في الشكل التالي للحديد .



شكل (21) يبين فحص الاشعة السينية لمادة معدنية مثل الحديد Fe.

■3- اعتماد مبدأ الفلورة (الانارة) .

End chapter 3