وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية

كلية العلوم

قسم الكيمياء

طيف الأشعة السينية

X-RAY SPECTRUM

بحث تقدمت به الطالبة (نورس علاء جليل)

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة

البكالوريوس في علوم الكيمياء

بأشراف الدكتورة

زينب طارق

بسم اللّه الرحمن الرحيم

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ (٧)

وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ

صدق اللّه العظيم

الزلزلة: ٧، ٨

الاهداء

الى التي زرعتني بالحياة بذرة . . . .

وسقتني من دمها قطرة بعد قطرة . . . .

الى التي لا تروق اغصاناها الا بماء حنانها وبركات دعائها . . . .

الى امي الغالية . . . .

الى من قوم اخلاقي بعد ان خلقني ربي . . . .

الى من ارشدني الى العلم فأنار لي دربي . . . .

الى من ترعرت الروح بأفضاله ولا نطمح الى برضاه . . . .

الى ابي العزيز . . . .

الى سندي وعدتي الى عوني يوم شدتي الى قرة عيني . . . .

الى أخوتي . . . .

الى كل قلب خفق لي حباً ووفاء . . . .

الى اساتذتي الافاضل وكل من ساهم في تعليمي . . . .

اهدي ثمرة جهودي وأرجوا قبولها . . . .

شكر وتقدير

اللهم لك الحمد حمداً كثيراً لا يعد ولا يحصى ، اللهم لك الشكر على ما أسبغت به علي من نعمك الغزيرة ، احمدك الهي وأشكرك عدد ما تتنفس الكائنات على ما يسرت لي من اعداد هذا البحث.

كما اتوجه بجزيل الشكر والامتنان الى اساتذتي (الدكتورة زينب طارق) التي لم تتوانى لحظة في تقديم يد العون والمساعدة والإرشاد لإخراج هذا البحث على اتم وجه منذ ان كان عنواناً الى الانتهاء منه .

كما اتوجه بالشكر الجزيل الى جميع اساتذتي على ما بذلوه من جهد طوال السنوات الدراسية ووقوفهم بجانبي لحظة بلحظة طيلة ايام دراستي في هذه السنوات .

الفهرست

الموضوع	رقم الصفحة
الاية القرآنية	أ
الاهداء	ب
شكر وتقدير	ج
المقدمة	١
الخصائص الرئيسية للاشعة السينية	٣
تداخل الاشعة السينية مع جسم الانسان	٥
جهاز انتاج الاشعة السينية	٦
المطياف	١٢
تلخيص فعل الاشعة السينية	١٤
طيف الاشعة السينية للبلورات	١٥
التطبيقات العلمية للاشعة السينية	١٦
انطمة التحليل بالاشعة السينية	١٧
علم البلورات والاشعة السينية	١٨
حيود الاشعة السينية في السوائل والمواد الصلبة الغير متبلورة	١٩
المصادر	٢١

طيف الأشعة السينية

X-ray Spectrum

مقدمة:

الأشعة السينية X-ray هي نطاق من الطيف الكهرومغناطيسي electromagnetic radiation وتقع بين أشعة جاما Gamma rays العالية الطاقة ، والأشعة فوق البنفسجية ultraviolet rays الأقل في الطاقة . وبالتالي فهي أشعة غير مرئية ، لأن طاقة فوتوناتها أكبر من طاقة الاشعة المرئية بكثير مما يعني أن ترددها كبير وطولها الموجي قصير.

والأشعة السينية ذات أطوال موجات في نطاق 10^{-8} cm ولذلك يعبر عن طول الموجة في نطاق الأشعة السينية بوحدات الأنجستروم Angstrom (A^o)

وتنتج الأشعة السينية ، عندما يسقط الشعاع الكهرومغناطيسي على المادة ، فتمتص جزيئات المادة الأشعة السينية ، مما يؤدي الى حدوث انتقالات أليكترونية بين مستويات الطاقة electronic transitions في الذرات المكونة لجزيئات المادة ، كالتي تحدث عند امتصاص الأشعة فوق البنفسجية أو المرئية. ولكن هنا تكون الطاقة أعلى بكثير - مع ملاحظة وجود تغيرات تذبذبية ودورانية أيضا في جزيئات المادة. والمعروف أن الالكترونات تشغل مستويات طاقية أو مدارات مختلفة حول النواة في الذرة .

1s

2s, 2p

3s, 3p, 3d

4s, 4p, 4d, 4f

5s, 5p, 5d, 5f

6s, 6p, 6d, 6f

7s, 7p, 7d, 7f

ولكي ينتقل الأليكترون من المسار 1s الى المسار 2s ، فانه يحتاج الى قدر من الطاقة ، يتوفر في الأشعة السينية ، فتمتص الذرة أشعة X-ray ، فيتوفر قدر من الطاقة يساوي الفرق بين طاقة المسار 1s وطاقة المسار 2s فينتقل الأليكترون جراء هذه الاثارة.

$$\Delta E = E_{1s} - E_{2s} \quad , \quad \text{X-rays}$$

وعندما ينتقل ألكترون من مستوى طاقة عالى إلى مستوى طاقة منخفض ينطلق فوتون يحمل طاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين ΔE .

وتعتمد طاقة الفوتون المنبعث على الفرق بين مستويات الطاقة في الذرة ، ومن الممكن أن تكون طاقة الفوتون الناتج في مدى الأشعة المرئية ، فينتج ضوء مرئي . كما يمكن ان تكون طاقة الفوتون المنبعث في المدى الغير المرئي، فينتج أشعة غير مرئية. والخلاصة أن ما يحدد طاقة الفوتون المنبعث من الذرة هو الانتقال الألكتروني بين مستويات الطاقة.

وعندما يصطدم الفوتون المنبعث بذرة أخرى ، فإن تلك الذرة تمتص طاقة الفوتون من خلال أحد ألكتروناتها لينتقل الألكترون من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة أعلى ، أي يحدث له اثارة excitation لأنه امتص طاقة اضافية ، ولكي يمتص الإلكترون طاقة الفوتون يجب أن تكون طاقة الفوتون هذه تساوي فرق مستويات الطاقة التي سينتقل لها الإلكترون كما ذكرنا أي تكون كافية لنقله الى المستوى الطاقي الأعلى المتاح له ، وذلك يعود إلى طبيعة الذرة وبنية الذرة ، واذا اختل هذا الشرط فلن يحدث امتصاص الفوتون من قبل الذرة.

ويمكن تلخيص مراحل انبعاث الفوتون الضوئي من الذرة (شكل ١٠-١) على النحو التالي:-

١. اصطدام أليكترون معجل مع الذرة يعمل على اثارتها.
٢. ينتقل الأليكترون من مستوى طاقة منخفض الى مستوى طاقة أعلى.
٣. يعود الأليكترون الى مستوى الطاقة المنخفض وتنطلق فوتونات ضوئية.

الخصائص الرئيسيه للأشعه السينية :

١- اشعه غير مرئيه كهرومغناطيسيه .
٢- نستطيع اختراق المواد المعدنيه والخلايا الحيه .
٣- تخترق المواد السميكه وحسب شدة الطول الموجي للأشعه السينيه.
٤- تسير بخطوط مستقيمه .
٥- تؤثر كيمياويا على المستحلبات التصويريه ولذلك تستخدم افلام التصوير في الكشف عن باطن الاجسام وعيوب المعادن بعد تعرضها للأشعة السينيه .
٦- تؤين الغازات التي تمر خلالها لا تتأثر بالمجالات الكهربائيه والمغناطيسيه .

٧- تسير بسرعة مقدارها (٣*١٠ مرفوعه للقوه ١٠) سم / ثا .

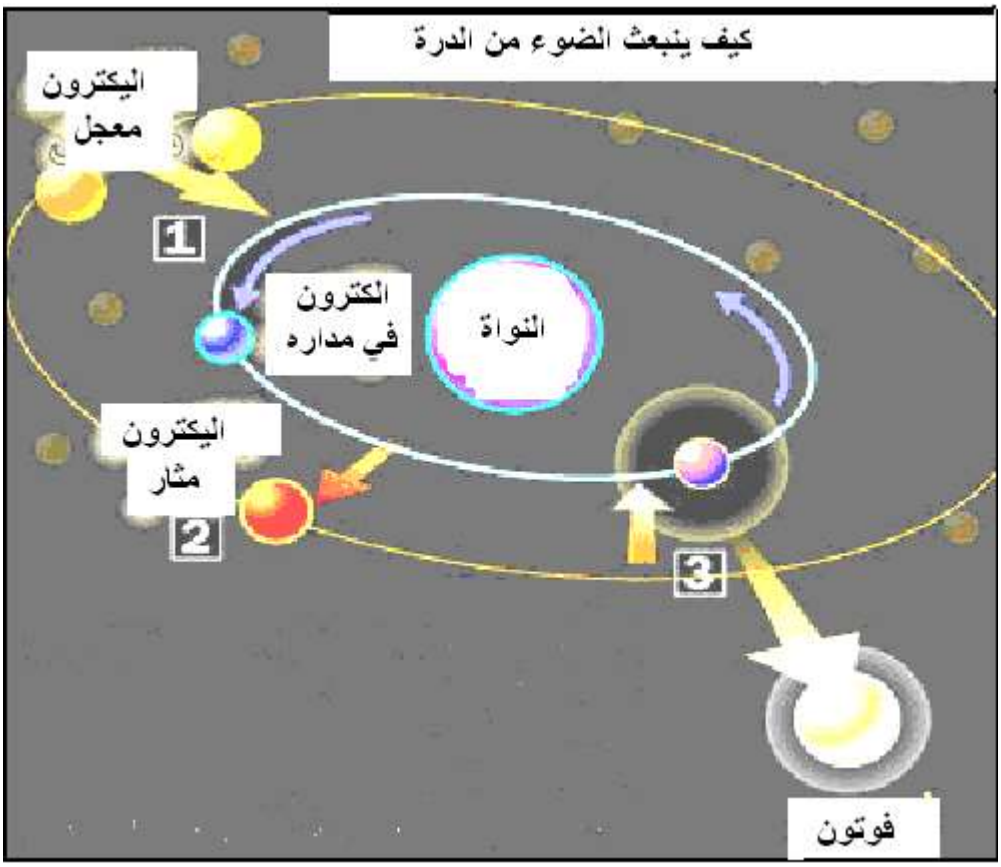
٨- تحرر فوتو الكترون (الكترونات ضوئيه) عند سقوطها على عنصر .

٩- لا تنحرف الاشعه السينيه بواسطة العدسات او الموشور على الرغم من امكانية حيودها عند مرورها خلال فتحه صغيره .

١٠- تتولد الاشعة السينية عند اصطدام الاشعه الكاثوديه في امبوب التفريغ بأي جسم صلب وتكون العناصر الثقيله مثل البلاتين اكثر كفائه من العناصر الخفيفه مثل الالمنيوم .

١١- تؤثر الاشعة السينيه على تلف الخلايا الحيه .

١٢- تعتبر الاشعه السينيه جزء من الامواج الكهرومغناطيسيه وتحدد اطوالها الموجيه من (١٠ مرفوعه للقوه -٩ الى ١٠ مرفوعه للقوه -١١) متر .



شكل (١): كيف ينبعث الفوتون من الذرة

تداخل الأشعة السينية مع جسم الانسان:

تتعامل الأشعة الكهرومغناطيسية سواء كانت أشعة مرئية ، أو غير مرئية ، مع جسم الانسان الذي يتكون من بلايين الذرات بنفس الطريقة السابقه .

أشعة الراديو مثلا التي تحيط بنا لا تمتلك الطاقة الكافية لتنقل أليكترونات الذرات من مستوى طاقة معين إلى مستوى طاقة أعلى ، لذلك فهذه الأشعة تعبر أجسامنا دون أن يمتص الجسم فوتونات أشعة الراديو ، أما الأشعة السينية فان فوتوناتها ذات طاقة عالية تمكنها من أن تعبر كل الأشياء في طريقها ولكن بطريقة مختلفة عن أشعة الراديو حيث تستطيع الأشعة السينية أن تمنح ألكترونات الذرات الطاقة الكافية مما قد

يمكن تلك الطاقة من تحرير الألكترونات من الذرة تماما كما يحدث في ذرات العناصر الخفيفة (عددها الذري قليل) حيث يستغل جزء من طاقة فوتون الأشعة السينية في تحرير الألكترون من الذرة والجزء المتبقي يكسب الألكترون طاقة حركة ليغادر الذرة. ولكن في ذرات العناصر الثقيلة (لها عدد ذري كبير) فإنها تمتص طاقة الأشعة السينية لوجود مستويات طاقة تتوافق مع طاقة فوتون الأشعة السينية.

نستنتج مما سبق أن العناصر الخفيفة ذات الذرات الصغيرة لاتمتص الأشعة السينية ، بينما العناصر الثقيلة ذات الذرات الكبيرة تمتص الأشعة السينية.

وبالنسبة لجسم الانسان فان الخلايا المكونة للجلد في أجسامنا تتكون من ذرات صغيرة ، وبالتالي لا تمتص الأشعة السينية . بينما ذرات الكالسيوم المكونة للعظام هي ذرات كبيرة وتمتص فوتونات الأشعة السينية ولذلك نجد أن العظام تمتص هذه الأشعة وتتأثر بها.

على أي حال لعبت الأشعة السينية دورا كبيرا في تطور علم الطب ، كما لعبت أيضا دورا كبيرا كذلك في مجال ميكانيكا الكم ، وعلم البلورات ، وعلم الفلك ، وفي مجال التطبيقات الصناعية. حيث تستخدم كماسحات للكشف عن العيوب في المنتجات الصناعية ، بالاضافة الى أنها تعتبر أحد أهم المعدات المستخدمة في المطارات للكشف عن الأجسام المشبوهة.

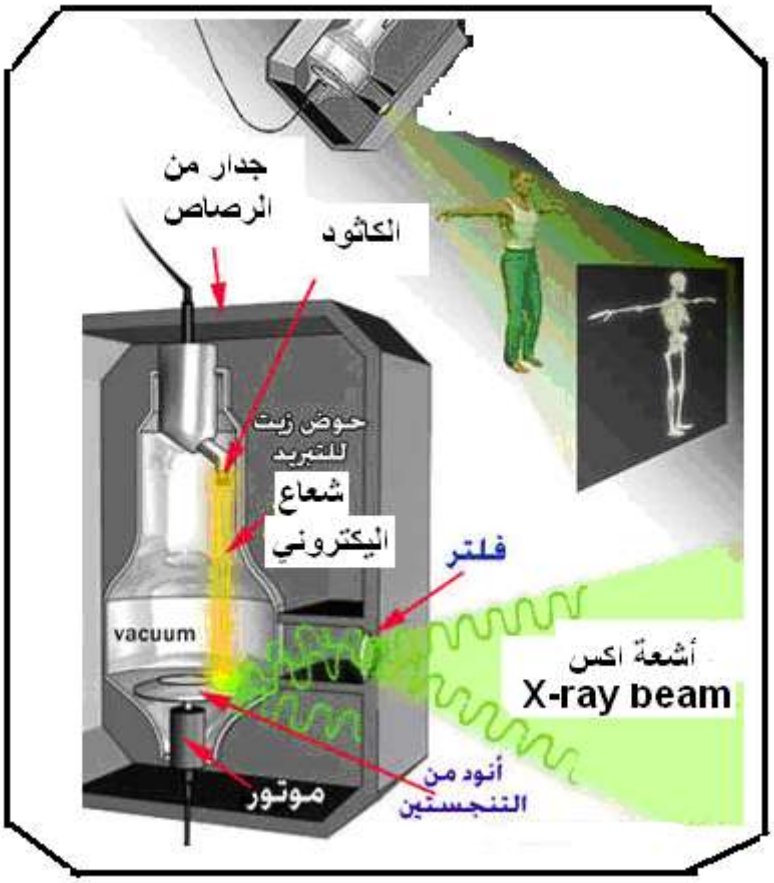
جهاز انتاج الأشعة السينية X-ray production

يتكون جهاز انتاج الأشعة السينية من الكترود electrode والذي يعتبر قلب جهاز انتاج الأشعة السينية. ويتكون الأليكترود من كاثود cathode ، وأنود anode داخل أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء .

وأما الكاثود فيتكون من فتيلة تسخين متصلة بتيار كهربائي ، وعندما يمر التيار الكهربي خلال الفتيلة ترتفع درجة حرارتها تدريجياً إلى أن تصل الى درجة الحرارة التي تمكن إلكترونات تلك الفتيلة من الانبعاث من سطحها ، فتنبعث الأليكترونات من سطح الكاثود، وتنطلق نحو الأنود.

وأما الأنود فهو عبارة عن قرص من التنجستين tungsten مشحون بشحنة موجبة تعمل على جذب الألكترونات المنبعثة من الكاثود.

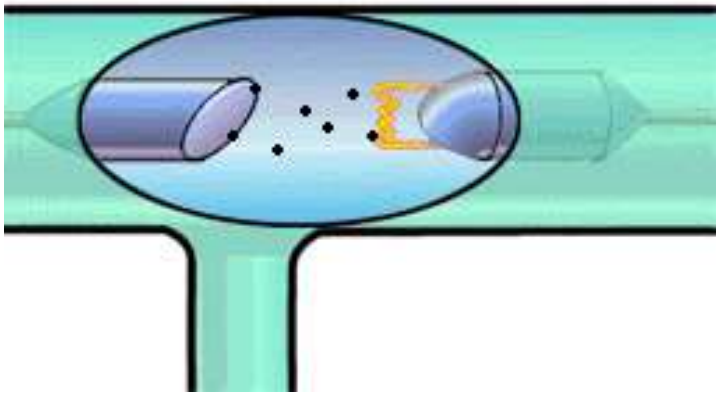
تطبيق فرق الجهد العالي بين الكاثود والأنود ، يساعد على تعجيل الإلكترونات لتنطلق بقوة في اتحاه الأنود ، وعندما تصطدم الألكترونات بذرات التنجستن - التي تشكل مادة الأنود - في المدارات الداخلية القريبة من نواة الذرة والتي تكون طاقتها كبيرة يقوم ألكترون في مدار أعلى بملأ الفراغ الناتج مما يسبب انطلاق فوتون يحمل طاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين ، ولأن ΔE هنا تكون كبيرة ، فإن الفوتون الناتج يكون فوتون الأشعة السينية.



شكل (٢): جهاز انتاج الأشعة السينية

ويمكن أن نحصل على فوتونات الأشعة السينية بطريقة أخرى بدون أن تصطدم الإلكترونات الحرة بالذرة ، فعندما تقترب إلكترونات حرة معجلة بالقرب من نواة الأنود فإنها تنجذب لها بفعل قوة كولوم الكهربية، لأن النواة موجبة الشحنة والإلكترونات سالبة فتنحرف الإلكترونات عن مسارها مما يؤدي إلى تغيير في طاقة حركتها وتنطلق فوتونات الأشعة السينية والتي تحمل فرق الطاقة قبل الانحراف بجوار النواة وبعد الانحراف. وتعرف هذه الطريقة بظاهرة الفرملة breaking action أي فرملة الألكترونات عند مرورها بجوار أنوية العناصر الثقيلة التي تشكل مادة الأنود.

نستنتج مما سبق أن الذرة هي المسؤولة عن انتاج الأشعة السينية ولكن يختلف الأمر عنه في حالة الأشعة المرئية حيث إنه يتم إثارة إلكترونات المدارات الداخلية للعنصر المنتج للأشعة السينية بينما في الأشعة المرئية يتم اثارة الكترونات المدارات الخارجية. ويوضح شكل (٣) أنبوبة انتاج الأشعة السينية.



شكل (٣) أنبوبة انتاج الأشعة السينية

ويجب أن نلاحظ أن التصادم الحادث بين الإلكترونات المعجلة ومادة الأنود لتوليد الأشعة السينية تعمل على توليد الكثير من الحرارة. لذلك يستخدم موتور ليعمل على لف قرص الأنود لنضمن تعرض مناطق مختلفة من مادة الأنود لشعاع الإلكترونات في كل مرة، مما يحميه من الإنصهار بفعل الاصطدام المستمر والحرارة الناتجة.

تستخدم حواجز من الرصاص لمنع الأشعة السينية من الخروج والانبعاث في كافة الاتجاهات. ويتم تحديد منفذ الأشعة السينية عبر نافذة تفتح في الحواجز وقبل خروجها تمر عبر عدة مرشحات قبل أن تسقط على جسم المريض المراد تصويره.

تثبت كاميرا لتسجيل فوتونات الأشعة السينية التي عبرت خلال جسم المريض وتستخدم مع تلك الكاميرات أفلام خاصة حساسة للأشعة السينية تستخدم نفس التكنولوجيا المستخدمة في الأفلام العادية المستخدمة في التصوير بالكاميرات العادية الحساسة للضوء المرئي.

يتم الاحتفاظ بالصورة في صورة نيجاتيف ويتم فحص الصورة تحت ضوء أبيض فتظهر المناطق التي امتصت الأشعة السينية مثل العظام والمواد الصلبة تظهر في الصورة بيضاء بينما المناطق التي لم تمتص الأشعة السينية مثل الجلد والعضلات والأوعية الدموية تظهر في الصورة معتمة.

عند النظر الى صورة الأشعة السينية لجسم المريض نرى صورة العظام والفقرات العظمية العنقية والقطنية كما يمكن تصوير الصدر لفحص حالة الرئتين ولكن لايظهر بواسطة الأشعة السينية أية آثار للأوعية الدموية أو الكلى أو المعدة أو الأمعاء وغيرها ، ولكي نحصل على صورة بالأشعة السينية لتلك الأعضاء بغرض تشخيص مرض ما فإن أخصائي الأشعة السينية يحقن جسم المريض بمادة تباين contrast media أو مانطلق عليه صبغة مثل مادة الباريوم barium ويطلق هنا على التصوير بعد اعطاء الصبغة اسم التصوير الفلوروسكوبي fluoroscopy

وتتكون مادة التباين هذه من سائل يمتص الأشعة السينية بكفاءة أعلى من الأنسجة المحيطة به فعند حقن المريض بمادة الباريوم السائل في الوريد تصبح الأوعية الدموية قادرة على امتصاص الأشعة السينية مما ينتج عنه صورة للأوعية الدموية على فيلم الأشعة السينية.

يعتبر الفلوروسكوبي من التقنيات التي تستخدم الأشعة السينية لتصوير تدفق مادة التباين (الباريوم) خلال الجسم عبر فترات زمنية محددة فيتم حقن المريض بمادة التباين ومن ثم يتم تعريض المريض لجرعات من الأشعة السينية على فترات زمنية متقطعة لرصد تدفق المادة وانسيابها خلال جسم المريض ، والصورة على

شاشة فوسفورية تظهر مراحل انسياب مادة التباين خلال الجسم والطبيب يقرر الصورة التي يريد التقاطها عند فترات زمنية محددة للتشخيص فيما بعد.

على الرغم من الفوائد العديدة التي وفرتها الأشعة السينية في مساعدة الطبيب على تشخيص المرض واكتشاف كسور العظام دون الحاجة الى عمليات جراحية إلا أن الأشعة السينية خطيرة ولها أضرار بالغة اذا لم نحسن التعامل معها.

عند استخدام الأشعة السينية قديما تعرض المريض والطبيب لجرعة زائدة من الأشعة التي سببت أعراض مرضية مثل التي تسببها العناصر المشعة على الجلد ، والسبب في ذلك يعود إلى أن الأشعة السينية هي في حد ذاتها أشعة متأينة ionization radiation فعندما يصطدم الضوء العادي بالذرة فلا يحدث تغيير يذكر على الذرة ولكن عندما تصطدم الأشعة السينية بالذرة فإنها تعمل على تحرير الكترونات الذرة وتحولها إلى أيون موجب وتقوم الالكترونات المتحررة بتحويل المزيد من الذرات المجاورة إلى أيونات بالتصادم معها.

الأيونات أجسام مشحونه كهربائياً وليست متعادلة مثل الذرات مما يسبب تفاعلات كيميائية غير طبيعية داخل الخلايا الحية ومن الممكن أيضا أن يحدث خلل في سلاسل الحمض النووي الديوكسي رايبورز DNA

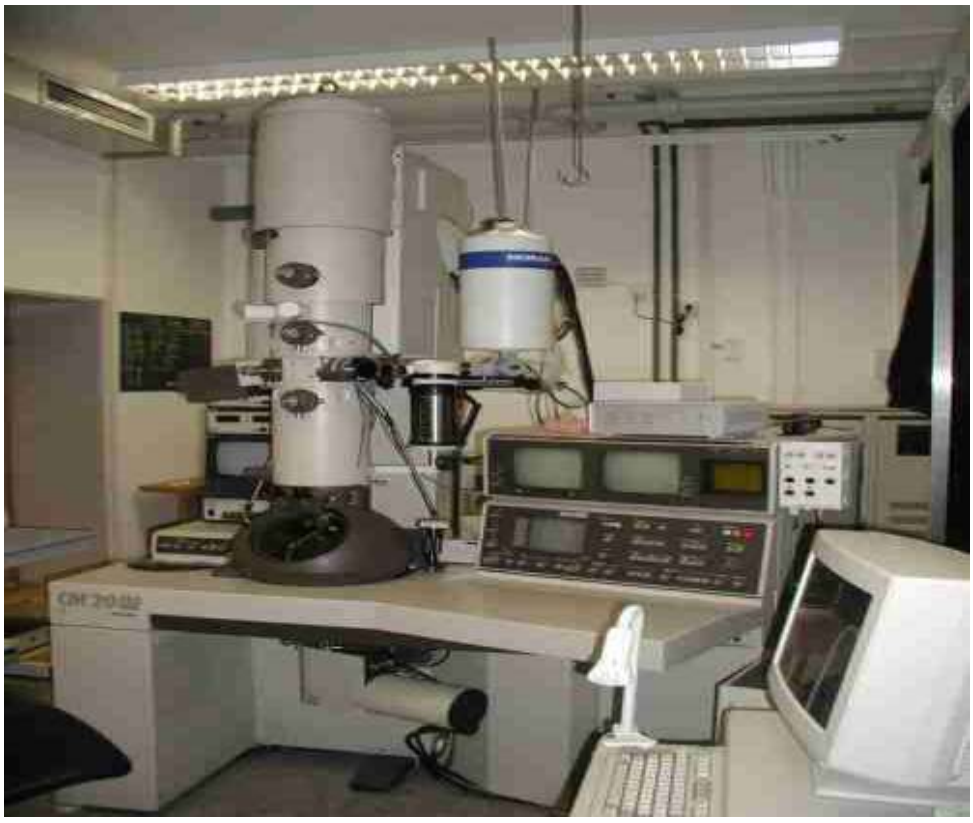
وحدوث خلل في الحمض النووي DNA قد يسبب موت لتلك الخلية مما يسبب الكثير من الأمراض الغير متوقعة أو أن تتحول الخلية الحية اذا لم تمت إلى خلايا سرطانية تنتشر في جسم الانسان .

المطياف

X-ray emission spectrometer

يستخدم مطياف الأشعة السينية في معرفة العناصر المكونة للمواد والروابط الكيماوية بين الذرات ، وذلك عن طريق اثارة المواد بطيف الأشعة السينية (شكل٤).

كان العالم السويدي كارل مان جورج - الذي حصل على جائزة نوبل عام ١٩٢٤ - أحد الرواد في تطوير طيف انبعاث أو وميض الأشعة السينية ، حيث قام بقياس الأطوال الموجية للأشعة السينية للعديد من العناصر بدقة فائقة وذلك باستخدام أليكترونات عالية الطاقة كمصدر لاثارة العناصر.

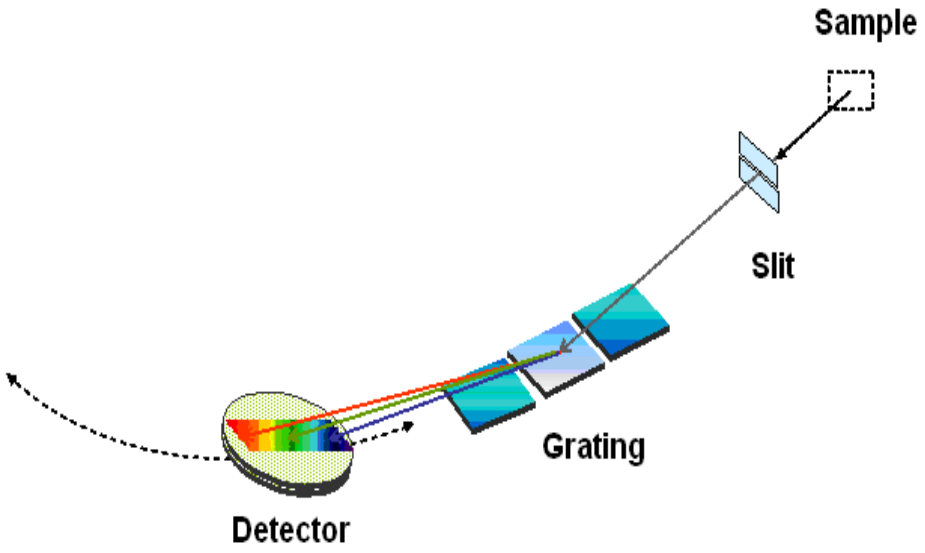


شكل (٤): مطياف الأشعة السينية

وعند مرور الأشعة السينية على المادة المراد تحليلها ، فان طاقة الأشعة المنبعثة تكون أقل بالمقارنة بطاقة الأشعة الساقطة على العينة ، وهذا الفقد في الطاقة للأشعة المنبعثة من العينة تستخدم في حدوث اثارة داخلية للنظام الذري (شكل ١٠-٥).

ويوجد قدر كاف من الطاقة في منطقة الأشعة السينية لاحداث تغيرات في حالة الأليكترونات مثل انتقال الأليكترونات بين المدارات على العكس من المنطقة البصرية والتي يرجع فقد طاقتها الى حدوث تغيرات دورانية أو اهتزازية للجزيء.

فعلى سبيل المثال في منطقة الأشعة السينية الناعمة جدا ultra soft X-ray region (أقل من 1keV) فان اثارة مجال بلوري يسبب فقد أكبر في الطاقة.



شكل (٥): رسم تخطيطي لمطياف انبعاث الأشعة السينية

عندما تقابل طاقة الاشعة السينية طاقة ربط الألكترونات القريبة من النواة يحدث حالة من التشتت تسمى photon-in-photon-out process ، وهذه الحالة من التشت تزداد بشكل متأرجح ومتسع. وهذا النوع من طيف انبعاث الأشعة السينية يعرف بتشتت الأشعة السينية الغير مرنة المتأرجحة resonant inelastic X-ray scattering (RIXS).

بسبب الاتساع والفصل بين الطاقات المدارية للأليكترونات القريبة من النواة في الذرات فانه من الممكن اختيار ذرة معينة بحيث تكون بسيطة في عدد مداراتها حتى يسهل تتبعها.

ويمكن تلخيص فعل الأشعة السينية فيما يلي:

عندما تتداخل الأشعة السينية بتردد كافي أو طاقة كافية مع المادة ، فان أليكترونات الأغلفة الداخلية في الذرة inner shell electrons يحدث لها اثارة.

تقفذ أليكترونات الأغلفة الداخلية المثارة الى المسارات الخارجية الخالية من الأليكترونات outer empty orbitals ، أو قد تفقد تماما من الذرة مسببة تأين الذرة.

عندما تعود الأليكترومات المثارة الى الحالة المستقرة ، فانها تفقد طاقة تخرج في صورة اشعاع emitted as radiation ، أو وميض fluorescence ، أو أن هذه الطاقة تزيل الأليكترونات الأخرى الضعيفة الارتباط من الذرة less bound electrons ويطلق على هذا الفعل Auger effect

هذه الطاقة الممتصة أو المنبعثة تكون مميزة لكل ذرة ، وحدوث اختلافات صغيرة في التردد أو الطاقة يكون مميزا للرابطة الكيميائية chemical bonding بين الذرات.

باستخدام جهاز مناسب فان هذه الخصائص لترددات الأشعة السينية يمكن قياسها. وعلى ذلك فان مطياف امتصاص وانبعاث الأشعة السينية يمكن استخدامه في الكيمياء لمعرفة التركيب العنصري للمواد المختلفة elemental composition وكذلك الروابط الكيميائية chemical bonding

طيف الأشعة السينية للبلورات X-ray crystallography

طيف الأشعة السينية للبلورات يعتمد على عملية تشتت لأشعة اكس ، حيث أن المواد البلورية تبعثر scatter الأشعة السينية بزوايا محددة defined angles ، واذا علمنا طول موجة الشعاع الساقط على البلورة يمكننا حساب المسافة بين مستويات الذرة atoms planes داخل البلورة ، وشدة تبعثر الأشعة السينية scattered intensity تعطي معلومات عن الأوضاع الذرية atomic positions وتسمح لنا بحساب ترتيب الذرات داخل التركيب البللوري للمادة .

يوجد العديد من التصميمات لتحليل طيف الشعة السينية في منطقة الأشعة السينية الناعمة جدا .

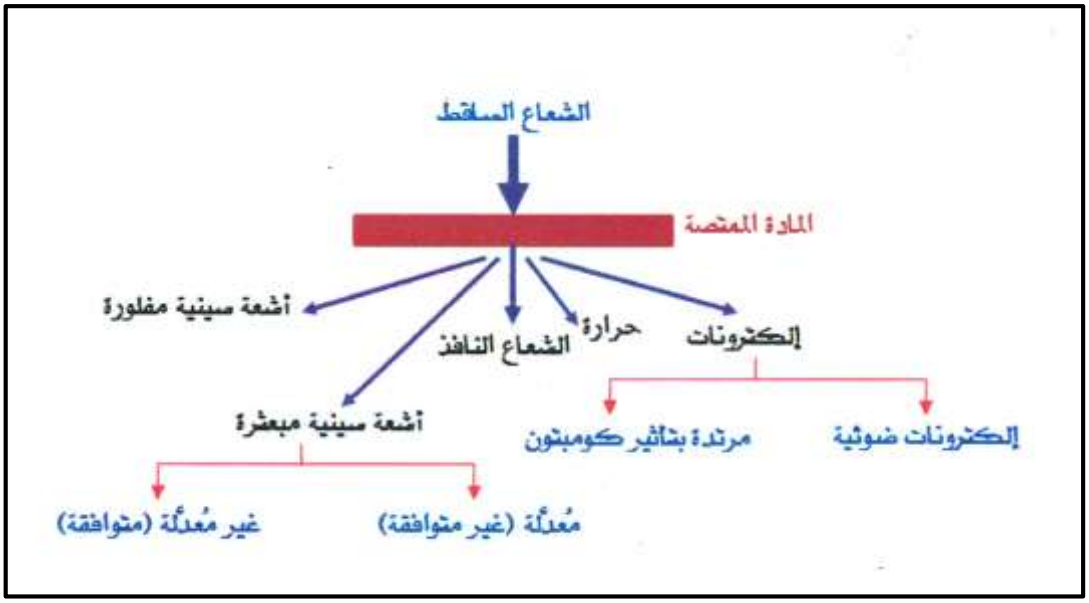
الأشعة السينية الصادرة عن العينة يجب أن تمر من خلال فتحة دخول الى المرايا وموحدات الموجات ، لبعثرة تلك الأشعة على حسب أطوالها الموجية وفي النهاية تصل الى الكشاف. والطيف الصادر بأطواله الموجية المختلفة يمكن تسجيله بطريقة تلقائية ، باستخدام كشاف حساس ، مثل:- شرائح أفلام film plates ، أو صفائح مكبرات ضوئية دقيقة microchannel photomultiplier plate ، أو وصلات دقيقة حساسة للأشعة السينية يطلق عليها (X-ray sensitive CCD chip) .

التطبيقات العلمية للاشعة السينية

يهتم الكثير من الباحثين بالتعرف على التركيب الداخلي لعينات من مواد مختلفة ، وكذلك التوزيع الفراغي للذرات داخل تلك المواد ، ويخصصون جانباً كبيراً من دراسات البحث العلمي في هذا المجال ، وتتعدد الطرق والاجهزة المستخدمة في تحقيق هذا الغرض ، حيث ان بعضاً منها يستخدم في التوصيف الخارجي لمادة ما ، مثل : دراسة حالة السطح باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح SEM ، وميكروسكوب القوة الذرية AFM ، والميكروسكوب الالكتروني النافذ TEM بالاضافة الى دراسة الخصائص العامة للمواد مثل : الخصائص البصرية والحرارية والكهربائية والمغناطيسية والميكانيكية . وأما الدراسات الداخلية لمادة ما فتتضمن توصيف العناصر ، او المركبات الكيميائية الموجودة في العينة ، سواء أكان ذلك على السطح او في العمق باستخدام المسبار الالكتروني الدقيق EMA ، والتحليل الطيفي لكتل الايون الثانوي SIMS ، وحيود الاشعة السينية XRF، وطاقة الاشعة السينية المشتتة في EDX ، والتحليل الطيفي للالكترون الضوئي المنبعث بالاشعة السينية XRPS .

وتستخدم الاشعة السينية كأداة مساعدة من ادوات البحث العلمي في كثير من المجالات العلمية : كالفيزياء والكيمياء و علوم الاحياء ، والزراعة ، والطب ، والصيدلة وغيرها .

وتعتمد اساليب التحليل علي طريقة تفاعل الاشعة السينية مع مادة ما ، وبما ان الوحدات الاساسية لمادة ما هي الذرات ، فأنها تتكون من نواة في المركز محطة بأغلفة من الالكترونات مرتبة ترتيباً فراغياً في مدارات (مستويات للطاقة) . وتتفاعل الاشعة السينية في اساها مع الالكترونات لا مع انوية الذرات ، ويوضح الشكل رقم (٦) الطرق المختلفة لتفاعل الاشعة السينية مع المادة .



شكل رقم (٦) التأثيرات المختلفة الناتجة عن مرور الاشعة السينية عبر المادة

انظمة التحليل بالاشعة السينية :

يوجد نوعان رئيسيان لتحليل المواد المختلفة بالاشعة السينية ، وهما :

١- التحليل بحيود الاشعة السينية XRD (X-ray diffraction) : تتبعثر الاشعة السينية اثناء مرورها خلال المواد البلورية ، وعلى اثر ذلك نحصل على " بصمة اصبع " للتركيب الذري البلوري للمادة ، ومن ثم مقارنة العينات المجهولة تحت الدراسة بما هو معروف في مكتبة العينات القياسية. ان التحليل البلوري يعتمد على الطبيعة المزدوجة للاشعة السينية (الخاصية الموجية / الجسيمية) في اكتشاف معلومات حول التركيب الهيكلي للمواد البلورية .

٢- فلورية الاشعة السينية XRF (X- ray Fluorescence) : طريقة تحليلية لتحديد العناصر الكيميائية التي تدخل في تركيب المادة . ان التحليل الطيفي لفلورية الاشعة السينية يعتمد على خصائص الاشعة الثانوية المنبعثة من المواد عند اثارتها بفوتونات الاشعة السينية عالية الطاقة ، ويستخدم في الاساس لتحديد كميات عناصر محددة في مادة العينات المفحوصة .

وبناءاً على فرضية رؤية الاشياء عند سقوط الضوء عليها ، فانه كلما كان طول موجة الضوء اقصر أمكن رؤية اشياء اصغر وادق ولذلك تكون الاطوال الموجية القصيرة للاشعة السينية مفيدة جداً في تصوير التراكيب

الصغيرة التي لايمكن رؤيتها بالضوء المنظور كما هو الحال في الجزيئات المفردة ، لقد سُمي هذا النوع من الابحاث بـ " دراسة التركيب البلوري بالاشعة السينية " .

البلورة او البلورة الصلبة هي مادة صلبة ترتبت ذراتها او جزيئاتها او ايوناتها في نمط تكراري ثلاثي الابعاد . وعلى هذا الاساس تختلف البلورات عن الغازات والسوائل العادية لان الترتيبات الذرية فيهما لا تمتلك المتطلب الضروري للدورية . وتكون بعض المواد الصلبة بلورية ، في حين ان بعضها لا يمتلك اي ترتيب داخلي منتظم للذرات كالزجاج . واما البلورات السائلة فتمثل حالة من المادة ، تمتلك خصائص بين السوائل العادية كالزيت ، والجليسرين وخصائص البلورات الصلبة ، كالالماس وملح الطعام (كلوريد الصوديوم النقي) ، ان الشكل (٧) يوضح التوزيع الفراغي للذرات ضمن البلورات المكونة للمادة ، صوديوم (اخضر) وكلور (رمادي) . ونلاحظ ان ايونات البلورة الواحدة تتكرر بالترتيب الفراغي نفسه ضمن المادة كلها عند نقائها .

علم البلورات والأشعة السينية :

يستخدم حيود الاشعة السينية كأداة : لفحص التركيب الدقيق للمواد المختلفة . وكان اول من اكتشف هذه التقنية الفيزيائي الالماني ماكس فون لاو Max Von Laue ، وذلك في عام ١٩١٢ م . وقد بين ان البلورات تُحيد الاشعة السينية عن مسارها ، ومن ثم فان طريقة الحيود تكشف عن تركيب البلورة . ولكن لماذا يقع هذا الامر من البلورات لا الذرات .والذرات ذات الالكترونات المتعددة تحتوي على بعض الالكترونات المرتبطة بالذرة ارتباطاً كبيراً ، وهي الالكترونات القريبة من النواة ، في حين ان الالكترونات البعيدة يسميها بعضهم الكترونات ضعيفة الارتباط ، او الكترونات شبه حرة . لذلك عندما يصطدم شعاع الاشعة السينية موحد الطاقة بذرة واحدة مفردة ، فأن هذين التفاعلين يحدثان في القوت نفسه ، وهما: بعثرة الاشعة السينية الساقطة ـ وتأثير كومبتون ، ومن ثم تُنتج اشعة متوافقة وأشعة غير متوافقة مع الاشعة الساقطة في كل الاتجاهات .

اذا كانت الذرة جزءاً من مجموعة كبيرة من الذرات مرتبة في الفراغ بطريقة دورية منظمة كما في حالة البلورة ، فعندئذ تحدث ظاهرة اضافية وهي : اعادة تقوية الاشعة المبعثرة (المتوافقة) من كل الذرات في اتجاهات محددة (تداخل بناء) في حين تتلاشى او تلغى في الاتجاهات الاخرى (تداخل هدام) ،

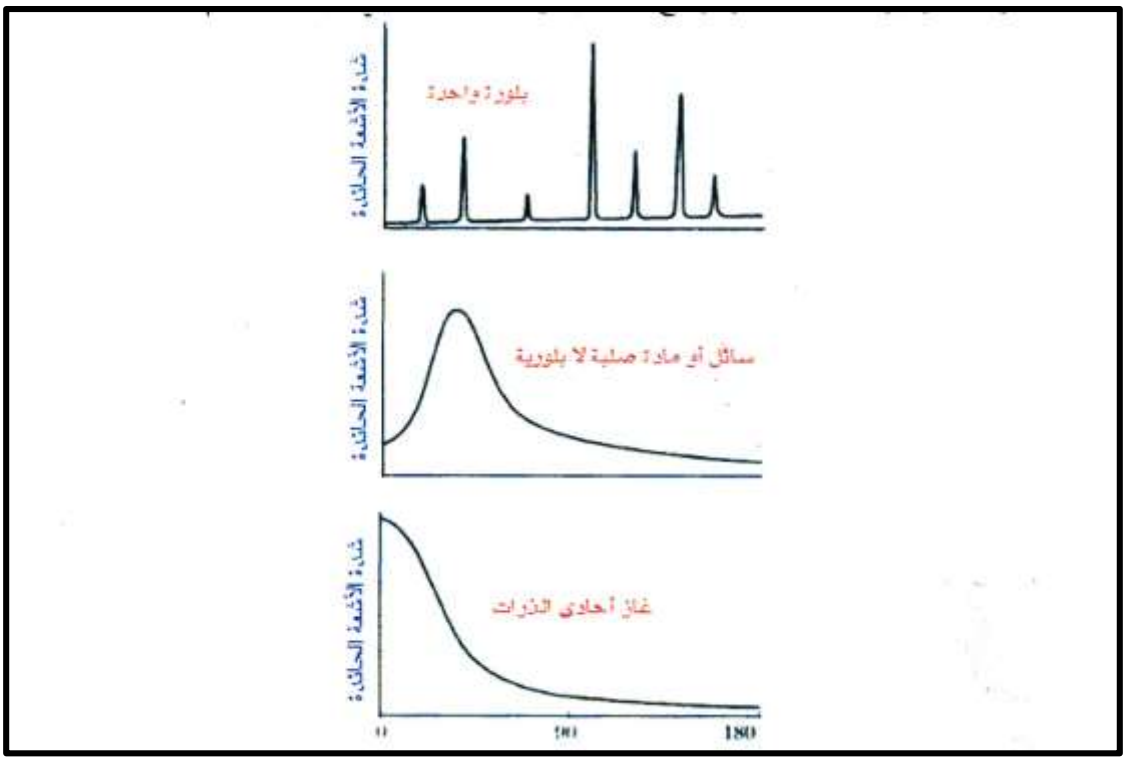
لذلك تبدو الاشعة الساقطة حائدة في اتجاهات محددة على الرغم من ان الحيود يكون في المقام الاول ناتجاً عن اعادة تقوية الاشعة المبعثرة المتوافقة في الطور .

حيث ان البلورات المختلفة ذات خلايا بنائية متباينة ، ومن ثم اختلاف الترتيب الفراغي للذرات ، فمن المتوقع ان يختلف نمط الحيود الناتج عن سقوط الاشعة السينية على تلك البلورات . ويمكن دراسة التركيب البلوري للمواد المختلفة باستخدام انماط حيود قياسية لبلورات معروفة مسبقاُ ، والرجوع الى قاعدة بيانات تتعلق بهذا الامر .

حيود الاشعة السينية في السوائل والمواد الصلبة الغير المتبلورة :

المواد السائلة والصلبة غير المتبلورة ذات ترتيب ذري قصير المدى،وذلك على النقيض من البلورات ذات النسق البلوري المنتظم طويل المدى . ويدل هذا على اخذ الذرات المتجاورة جدا نسقاً معيناً يشبه تقريباً ذلك الذي يميز البلورات ، ولكن هذا الترتيب لا يلبث ، بل يتغير الى شكل اخر اذا ابتعدنا قليلا عن موضع هذا الذرات في المادة.

ويختلف أنموذج حيود الاشعة السينية للسوائل عن غيره في المادة الصلبة البلورية حيث ان المسافات بين الذرات في النسق الفراغي للبلورة تتكرة مرات عديدة ، وبدرجة عالية من الدقة ، ويلحظ ان انعكاسات الاشعة السينية للبلورة تكون على شكل خطوط عديدة حادة وواضحة ، كما هو موضح في الجزء العلوي من الشكل (٧) ، وأما في المواد غير المتبلورة فأن المسافات الموجودة بين الذرات المتباعدة تتغير تغيراً عشوائياً ، ولكن تلك الموجودة بين الذرات المتقاربة تغير بانتظام الى حد ما ، ويكون سبباً في اعطاء هالة ضبابية المعالم على الفيلم الفوتوغرافي ، وتكون هذه اهالة اعرض بكثير من حالة الانعكاسات البلورية ، وذك لان انتشار الذرات انتشاراً واسعا يباعد بين اتجاهات القيم العظمى لشدة الاشعة السينية الحائدة ولا يظهر سوى قمة واحدة او جزء منها كما هو موضح في الجزأين الاوسط والسفلي من الشكل (٧) .



شكل (٧) مقارنة بين حيود الاشعة السينية من مادة صلبة بلورية (اعلى)

غير بلورية (وسط) سائل وغازات احادية الذرات (اسفل)

المصادر :

١- مؤيد اسماعيل ، طاقة الاشعة السينية ، ٢٠٠٨ .

٢- WWW.j4know.com

٣- https://ar.wikipedia.org