وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

الاشعة السينية

بحث مقدم

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة.. قسم الفيزياء

كجزء من اكمال متطلبات نيل شهادة البكلوريوس في الفيزياء

اعداد الطالبة

زهراء حسن علي

اشراف

م.دلال حسن

١٤٤٥هـ ٢٠٢٤م

بسم اللّه الرحمن الرحيم

(إِن تُبْدُوا الصَّدَقَاتِ فَنِعِمَّا هِيَ ۖ وَإِن تُخْفُوهَا وَتُؤْتُوهَا الْفُقَرَاءَ فَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ ۚ وَيُكَفِّرُ عَنكُم مِّن سَيِّئَاتِكُمْ ۗ.]

صدق اللّه العلي العظيم

[البقرة: ٢٧١]

الاهداء

من قال أنا لها "نالها"

وأنا لها وأن أبت رغماً عنها أتيت بها .

نلتها وعانقت اليوم مجداً عضيماً، وفعلتها بعد أن كانت مستحيلة ،كانت دروباً قاسية ،وطرقاً خسرت بها الكثير ولكني وصلت .

الحمدلله حباً وشكراً وامتناناً، الحمدلله الذي بفضله أدركت أسمى الغايات.

انظر لنفسي ولنجاحي كالذي ينظر إلى معجزاته إلى الحلم الذي طال انتظاره تحقق بفضل الله وأصبح واقعاً افتخر به.

إلى العزيز الذي حملتُ اسمه فخراً يردد إسمي عالياً في عنان السماء حاملاً شرف لقبك وبكل إعتزاز أنا لهذا الرجل إبنة ،الى من كلله الله بالهيبة والوقار (والدي العزيز)

الى من كانت الداعمة الأولى والأبدية ملاكي الطاهر ومن كان وجودها يمدني بالسعي دون ملل إلى التي ظلت دعواتها تضم اسمي دائماً معلمتي الأولى (أمي ومحبوبتي وملهمتي).

اهديك هذا الإنجاز لولاكِ لم يكن ،اهديك مراحلي وانجازاتي كلها فالفضل والثناء لكفاحك لأجلي وعطائك الذي يضمد تعبي .

إلى خيرة ايامي وصفوتها من مُدت لي أياديهم وقت ضعفي وأمنو بقدرتي إلى ضلعي الثابت وامان ايامي (أخواني وأخواتي).

الى الذين يهجهم نجاحي ولكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق

واخيراً الشكر موصول لنفسي على الصبر والعزيمة والإصرار ،التي كانت أصلاً المصاعب .

ها أنا أختم كل مامررت به بفخر ونجاح والحمدلله من قبل ومن بعد راجية من الله أن ينفعني بما علمني وان يعلمني ماأجهل ويجعله حجة لي لا علي

الشكر والعرفان

أود أن أشـــكر الاســـاتذة في كليتي، وبشـــكل خاص(د. دلال حســـن) ، على إرشاداتهم القيمة طوال فترة دراستي، فقد زودتني ملاحظاتهم بالخبرة الصحيحة التي مكنتني من اختيار الاتجاه الصـحيح وإكمال بحثي بنجاح. بالإضـافة إلى ذلك، أود أن أشكر والدتيّ على مشورتها الحكيمة ودعمها الودي. كنتم دائما الدعم الأول بالنسبة لي. وأخيرًا، لم يكن بإمكاني إكمال هذ البحث بدون دعم أصـــدقائي الذين قدموا لي مشورات محفزة ودعماً، بالإضافة إلى إيجاد عوامل وفرص لجعلي سعيدًا وواثقًا من نفسي لإراحة ذهني وفكري خلال إنجاز البحث.

الخلاصة

الأشعة السينية هي شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، تشبه الضوء المرئي. ومع ذلك، على عكس الضوء، تتمتع الأشعة السينية بطاقة أعلى ويمكن أن تمر عبر معظم الأشياء، بما في ذلك الجسم. تستخدم الأشعة السينية الطبية لتوليد صور للأنسجة والهياكل داخل الجسم. إذا مرت الأشعة السينية التي تنتقل عبر الجسم عبر كاشف الأشعة السينية الموجود على الجانب الآخر من المريض، فسيتم تشكيل صورة تمثل "الظلال" التي تشكلها الأجسام الموجودة داخل الجسم.

أحد أنواع أجهزة الكشف عن الأشعة السينية هو الأفلام الفوتوغرافية، ولكن هناك العديد من الأنواع الأخرى من أجهزة الكشف التي تستخدم لإنتاج الصور الرقمية. وتسمى صور الأشعة السينية الناتجة عن هذه العملية بالصور الشعاعية.

المحتويات

الخلاصة ٥

الفصل الاول ٨

مقدمة تاريخية عن الاشعة السينية وخصائصها والية توليدها ٨

١-١المقدمة ٩

١-٢ اكتشاف الاشعة السينية ١٠

١-٣ الية توليد الاشعة السينية ١٣

-الأشعة السينية الانكباحية ١٤

-الأشعة السينية المميزة: ١٥

الفصل الثاني ١٧

انواع وطيف الاشعة السينية ١٧

٢-١ انواع الاشعة السينية ١٨

٢-٢ طيف الاشعة السينية ٢٠

١-طيف مستمر (متصل). ٢١

خصائص الطيف المستمر ٢٢

٢-طيف خطي (مميز). ٢٣

خصائص الطيف الخطي: ٢٤

الفصل الثالث ٢٥

تطبيقات ومخاطر الاشعة السينية والوقاية منها ٢٥

٣-١ تطبيقات الاشعة السينية في الحياة العلمية ٢٥

١. دراسة التركيب البلوري للمواد ٢٦

-قانون براج ٢٦

٣-٢تطبيقات الاشعة السينية في مجال الصناعة ٢٩

٣-٣ تطبيقات الاشعة السينية في المجال الطبي ٢٩

٣-٤تطبيقات الاشعة السينية في المجال العسكري ٣٠

٣-٥خطورة الاشعة السينية ٣١

٣-٦ الوقاية من الاشعة السينية..... ٣٢

المصادر ٣٤

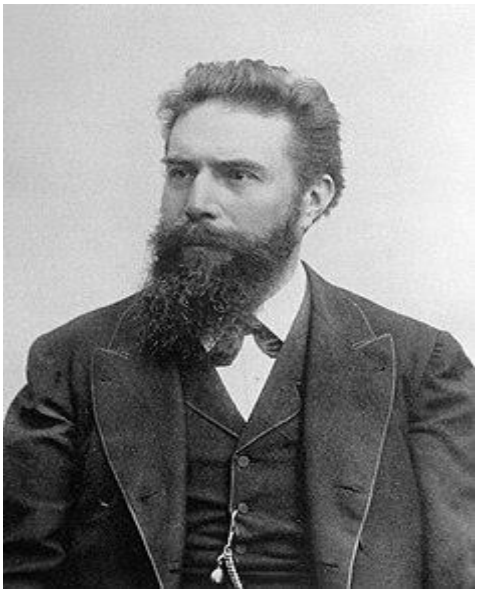
الفصل الاول

مقدمة تاريخية عن الاشعة السينية وخصائصها والية توليدها

١ – ١المقدمة

تزايدت الثروة الإنسانية المستمدة من العلم بشكل متسارع ، وذلك مع تقدم عمر البشرية علي سطح الأرض، وقد بدأت سنوات الازدهار بتراكم الثروة العلمية خلال العقد ١٨٩٥–١٩٠٥ م ، حيث اكتشفت ظواهر وأسست نظريات لم تكن معروفة من قبل، وأسهمت بشكل كبير في تغيير مفاهيمنا حول المادة والطاقة والكون الذي نعيش فيه. يُنسب الفضل باكتشاف الأشعة السينية لعالم الفيزياء الألماني رونتجن عام ١٨٩٥ م (شكل ١)، رغم أنه ليس الأول في ملاحظة تأثيراتها لكن بالتأكيد كان أول من درسها بشكل منهجي وعلمي كما أنه يعتبر من مميزات استخدامها في المجال الطبي، وقد كانت البداية لمجموعة من الخدمات المتزايدة بإستمرار في ميادين شتي وتؤثر معظمها مباشرة في حياة الإنسان نعم إنها الأشعة السينية أيضاً هو من سماها بهذا الاسم أشعة إكس (x–ray)في إشارة إلى غموض هذا النوع من الأشعة، ومازال بعض من العلماء يطلقون اسم أشعة رونتجن على الأشعة السينية[1].

ويجدر الإشارة إلى أن رونتجن نال جائزة نوبل الأولى في الفيزياء عام ١٩٠١م نظير اكتشافه. وقد أحتفل العالم في عام ١٩٩٥ م بالذكري المئوية لاكتشاف الأشعة السينية من قبل العالم الألماني رونتجن، وكان لهذا الاكتشاف أثر كبير علي حياة الإنسان في مختلف النواحي الطبية والصناعية والعلمية و العسكرية. توفي رونتجن عام ١٩٢٣ م بسبب مرض السرطان، البعض قال أنها نتيجة تعرضه للكثير من الإشعاع خلال الأبحاث التي كان يجريها، بينما علماء آخرون يستبعدون ذلك لقصر المدة الزمنية التي كان يجري خلالها أبحاثه. وكان رونتجن مخلص للبحث العلمي بلا أطماع مادية، إذ لم يسجل براءة اختراع على اكتشافه لأنه يرى أن المعرفة ملك لجميع الناس وليس حكراً على شركة تشتري براءة الاختراع [2].



شكل(١) رونتجن مكتشف الاشعة السينية.

١-٢ اكتشاف الاشعة السينية

اكتشف العالم الألماني رونتجن بطريق الصدفة عام ١٨٩٥ م أشعة جديدة ذات قدرة كبيرة على إختراق المواد اطلق عليها اسم الأشعة السينية وتعرف هذة الأشعة في بعض الأحيان باسم أشعة رونتجن نسبة لمكتشفها . ولقد كان لهذا الإكتشاف اهمية عظيمة ودور كبير في تطور العلوم الحديثة. فقد استخدمت هذة وبعد حوالي ثلاثة أشهر من اكتشافها من قبل الجراحين النمساوين في بعض مستشفيات مدينة فيينا وما زالت تستخدم هذة الأشعة في الطب وغيره وبصورة واسعة وقد نال رونتجن على هذا الإكتشاف العظيم أول جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٠١. م.

ولقد استطاع رونتجن ومن خلال تجارب كثيرة على هذة الأشعة تحديد كثير من خصائصها وفشل مع ذلك في تحديد طبيعة هذة الأشعة الجديدة. ولقد توصل رونتجن من خلال تجاربه الي معظم خصائص الأشعة السينية وهي كالتالي:[3]

١. تصدر الأشعة السينية من النقطة التي تصطدم بها الألكترونات السريعة في الجدار الزجاجي لأنبوبة أشعة المهبط وتصدر عامة عندما تتفاعل الالكترونات السريعة مع المواد الصلبة.

٢. يمكن أن تحدث هذة الأشعة تأيناً في الغازات أو فلورة في كثير من المواد التي تسقط عليها.

٣. تسير هذة الأشعة في خطوط مستقيمة وبسرعة مساوية لسرعة الضوء.

٤. ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية وهى بالتالي لا تحمل أية شحنة كهربائية.

٥. تستطيع هذه الأشعة أن تأين الغازات عند مرورها من خلال الأجسام المشحونة.

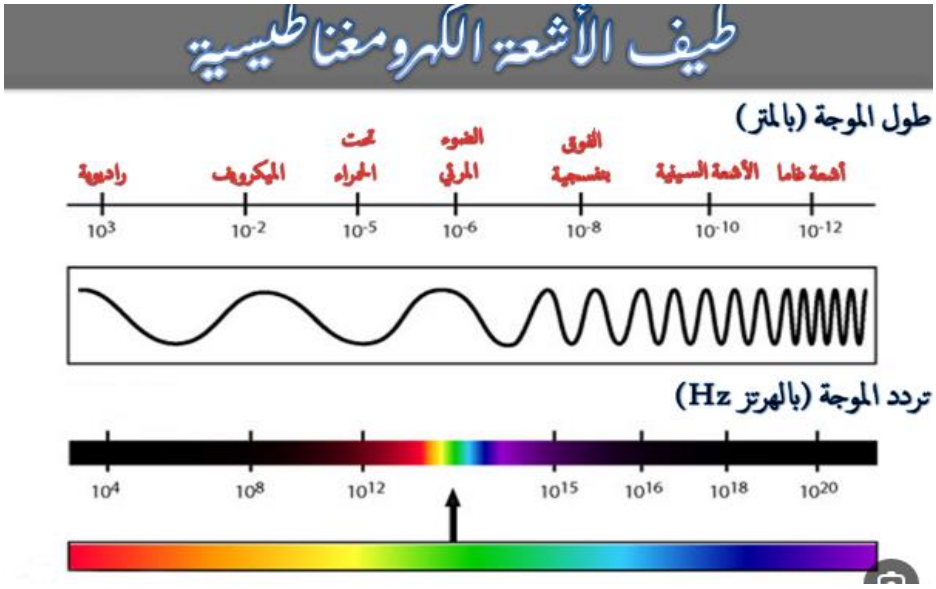
٦. تؤثر علي الألواح الفوتوغرافية الحساسة ولهذا يمكن التصوير بهذه الأشعة.

٧. تمتص هذة الأشعة خلال المواد بدرجات متفاوتة تعتمد علي العدد الذري للمادة وتظهر المواد التي عددها الذري صغير شفافة للأشعة السينية. ولقد تمكن رونتجن ومن خلال هذة الخاصية من الحصول على أول صورة لبعض عظام الجسم (عظام الكف) حيث استخدمت هذة الأشعة وما زالت تستخدم حتى الآن في الطب.

٨. تنتج الأشعة السينية بخواص الضوء العادي من حيث الحيود والاستقطاب ، لكن أطوالها الموجبة قصيرة جداً بالنسبة لأطوال موجية الضوء ونتيجة لذلك فان طاقتها أكبر بكثير من طاقة الضوء المرئي.

ورغم الجهود التي بذلها رونتجن وغيره من العلماء في أوائل هذا القرن الا أن الطبيعة الكهرومغناطيسية للأشعة السينية لم تُعرف إلا بعد عام ١٩١٢م عندما أُجريت أولى تجارب الحيود التي إقترحتها فان لاوا،[4] ثم بينيت التجارب اللاحقة أن الأشعة السينية هي أشعة كهرومغناطيسية لتردد عالي والأطوال الموحية المستعملة عادة تكون محصورة في حدود 0.1الى

10(أنظر الشكل (2) ، وتتراوح طاقة الأشعة السينية مابين 120 Ev و1.2 MeV ويوجد بعض المصادر مثل المعجلات الخطية أو السينكروترونات التي تنتج أشعة سينية ذات طاقة أعلى من ذلك المدى كثيراً . والأشعة السينية لا يمكن استشعارها بواسطة حواس الانسان لا يمكن رؤيتها، أو لمسها أو شمها ، أو تذوقها، أو سماعها كما لا يمكن تغيير مسارها المستقيم في الفراغ بواسطة المجالات الكهربية، أو المغناطيسية المعتادة، ولكن يمكن أن تحيد عن مسارها عند السطح الفاصل بين مادتين مختلفتين، أو عند التصتدم مع جسيمات أولية، مثل الإلكترونات، لذلك يمكن أن تحيد الأشعة عن مسارها إذا سقطت بزاوية علي البلورات[5].



شكل(٢) طيف الكهرومغناطيسي والاشعة السينية.

تتمتع الأشعة السينية كالضوء بازدواجية الطبيعة بحيث أنها تبدو في بعض الميادين كالموجة (الحيود مثلا) وفي بعضها الآخر كمجموعة جسيمات طاقة قادرة على تحرير إلكترون أو أكثر في بعض الأجسام الصلبة محدثة بذلك تيارا كهربائيا .

وتتعين طاقة الأشعة السينية (E) طبقا لطولها الموجي من العلاقة التالية:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E\ (eV) = \frac{1240}{\lambda\ (nm)}$$

حيث

H:ثابت بلانك

C:سرعة الضوء في الفراغ

λ: الطول الموجي للاشعة السينيه

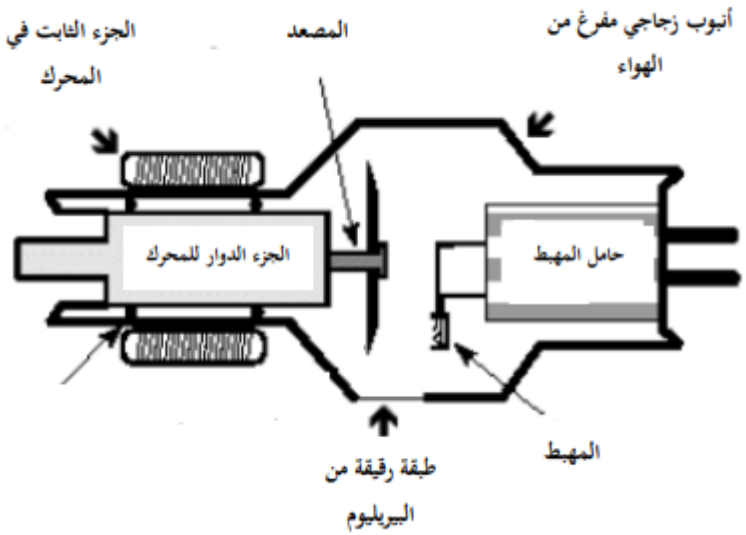
١-٣ الية توليد الاشعة السينية

يتكون جهاز توليد الأشعة السينية بشكل أساسي من أنبوب توليد الأشعة لوحة التحكم الأساسية، مولد الجهد العالي ونظام التبريد. أنابيب الأشعة السينية المستخدمة هي عبارة عن أنبوب زجاجي محكم الإغلاق ومفرغ من الهواء ويوجد فيه فتحة مغلقة بطبقة رقيقة من البيريليوم تسـمح بانبثاق الأشعة السينية (الشكل (٣) يوجد داخل أنبوب الأشعة السينية ما يلي:[6]

١. المهبط : يتم اختياره من مادة ذات درجة انصهار عالية حيث يطبق علية تيار من مرتبة ٣ حتى ٨ أمبير وتوتر حوالي ٢٠ فولط بحيث تصـــل درجة حرارة المهبط إلى مرحلة يمكن معها جعل الالكترونات السطحية للمعدن أقل ارتباطاً بذرتها.

٢. المصـــعد : ويدعى مادة الهدف حيث ينبغي أن يكون ذو عدد ذري عالي، وعادةً ما يستخدم التنغستن في التطبيقات الصناعية وفي مجال الراديولوجي ويستخدم الموليبدينوم أوالروديوم في أجهزة تشخيص الثدي (الماموغرام).

٣. أنابيب التبريد والتي تعمل على تبريد مادة المصعد باستخدام الماء النقي.

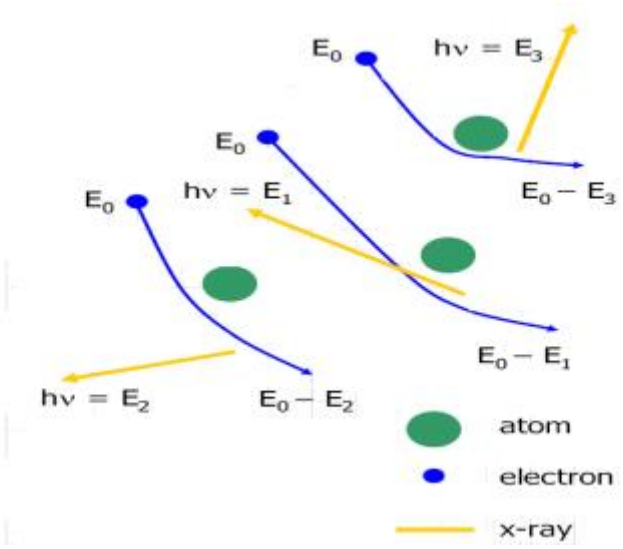


شكل (٣) الاجزاء الاساسية لمولد الاشعة السينية.

تتولد الأشـــعة الســـينية نتيجة تطبيق فرق جهد عالي بين المهبط والمصـــعد بحيث يتمم توجيه وتسريع الالكترونات الصادرة عن المهبط بعد تسخينه بحيث ترتطم بشدة بالمعدن الهدف وتدعى المساحة من مادة الهدف والتي ترتطم بها الالكترونات المسرعة بالبقعة المحرقية Focal Spot . يذكر هنا أن ٩٩% من طاقة الاصـطدام ينتج عنها حرارة ينبغي التخلص منها من خلال نظام التبريد إما بالماء او الزيت، و ١% هو المردود الذي ينتج عنه طيف الأشـــعة الســـينية والذي يتكون من مركبيتين أساسيتين هما **الأشعة السينية الانكباحية والأشعة السينية المميزة[6].**

-الأشعة السينية الانكباحية

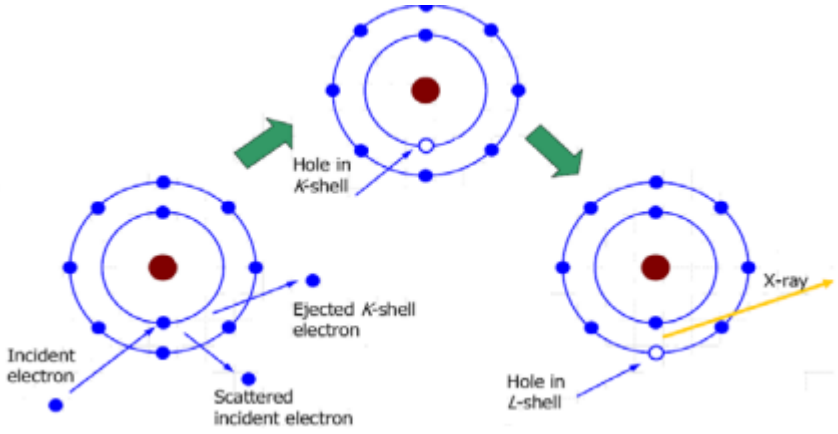
تنتج عن تفاعل كولون بين الالكترونات المسرعة ونواة المادة الهدف، وخلال هذا التفاعل يتم كبح الالكترونات نتيجة وجود الحقل الكهرطيســـي للنواة فتفقد جزءاً من طاقتها على شـــكل فوتونات تشكل في النهاية طيفاً مستمراً نو مجال طاقي يبدأ من الصفر حتى قيمة تعادل طاقة الالكترونات المسرعة ، يبين الشكل (٤) توضيحاً لعملية انبثاق الفوتون الانكباحي.



الشكل (٤) انبثاق الفوتون الانكباحي.

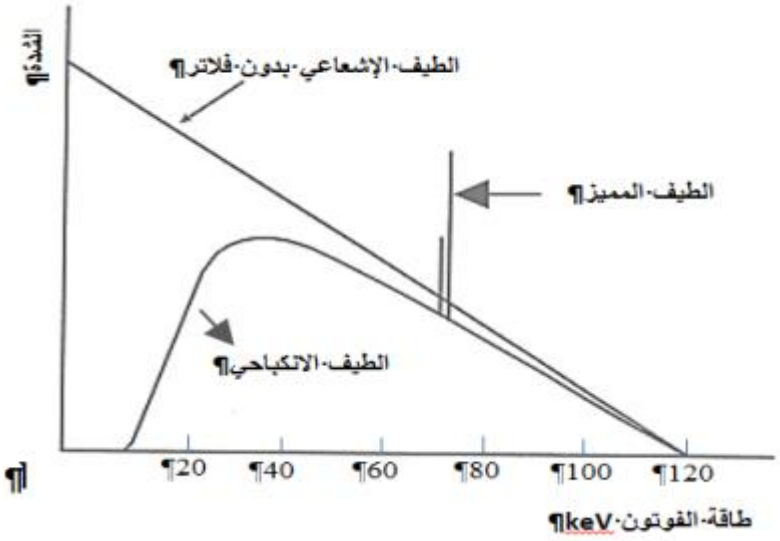
-الأشعة السينية المميزة:

تنتج من التفاعل بين الالكترونات المسـرعة والالكترونات المدارية لذرات المادة الهدف حيث يقوم الإلكترون المســـرع بتأيين الذرة ، وذلك بإعطاء أحد الإلكترونات الذرية الطاقة الكافية لمغادرة الذرة، يتشـــكل فراغ في الطبقة التي يتم نزع الإلكترون منها ، وتقوم الإلكترونات من الطبقات الأعلى بملء هذا الفراغ مصـدرة الخطوط الطيفية المميزة على شـكل سـلاسـل يبين الشـكل (٥) توضيحاً لعملية انبثاق فوتون الأشعة المميزة أو إلكترون أوجر[7].



الشكل (٥) انبثاق فوتون الأشعة المميزة

نستنتج مما سبق أن طيف الأشعة السينية هو طيف مركب من أشعة أنكباحية وأشعة مميزة كما في الشكل (٦) يوضح الطيف الكامل للاشعة السينية.



شكل(٦) الطيف الكامل لاشعة السينية.

الفصل الثاني

انواع وطيف الاشعة السينية

٢-١ انواع الاشعة السينية

هناك نوعان من الأشعة السينية يمكن الحصول عليهما الآن والتفريق بين هذين النوعين يعود، بشكل أساسي، إلى طريقة الحصول على كل منهما :

١- الأشعة السينية "البيضاء" أو الطيف غير المتقطع. وكلمة بيضاء لا تعني هنا اللون الأبيض وإنما تعني احتواء هذا الطيف على أشعة سينية مختلفة الذبذبة وطول الموجة. أي أننا نجد في هذا الطيف كل الموجات الممكن تصورها ضمن حدين أدنى أو أعلى لطول الموجة :**[8]**

$$\lambda_m \leq \lambda \leq \lambda_M$$

٢ - الأشعة السينية الخاصة بكل معدن والمكونة من عدة أضواء كل واحد منها أحادي طول الموجة، تجتمع في عدة مجموعات وطول موجة كل ضوء منها يتعلق، حسب قانون سنراه فيما بعد، بالعدد الذري للعنصر المادي الذي ولده .

يمكن الحصول على "الطيف الأبيض" بإخضاع أنبوبة الأشعة السينية لتوتر منخفض نسبياً. وإذا ما اتخذنا بعض الاحتياطات المبنية على دراسة قيمة التوتر وطبيعة المعدن الموجود في المصعد يمكن الحصول على هذا الطيف الأبيض دون أن يمزج بالأشعة السينية الخاصة بنوع المصعد (أي النوع الثاني من الأشعة السينية)[9] .

ولهذه الأشعة البيضاء خاصة مهمة : فإذا عمدنا إلى إجراء رسم بياني لشدة الضوء بالنسبة لطول الموجة وجدنا أن الشدة تنعدم تحت طول موجة معين أسمياه . am وطول وطول الموجة هذا لا يتعلق مطلقاً بنوع العنصر المادي المكون للمصعد (Anode وإنما يتعلق بقيمة التوتر الكهربائي المسلّط على أنبوبة الأشعة السينية. وأول من طبق قانون علاقة am بالتوتر الكهربائي هما العالمان ديان (Duane) و هونت (Hunt) وكان ذلك في سنة ١٩١٤ وكمثال على ذلك

وبواسطة توتر كهربائي يساوي ٣٠٠ فولت يمكن الحصول على أشعة سينية يساوي الطول الأدنى للموجة فيها خمسة أجزاء من ألف من الانغستروم

$$\lambda = 0{,}005\ \text{Å}$$

والتوتر المشار إليه أعلاه يستعمل للحصول على أشعة سينية تستخدم في معالجة الأقسام الداخلية من جسم الإنسان لأن الأشعة ذات الموجة المتناهية القصر تملك قدرة كبيرة على الاختراق .

وبالرغم من أن الطول الأدنى للموجة السينية لا يتعلق بطبيعة المهبط فإن الشدة الإجمالية للطيف، الممكن الحصول عليها تحت توتر كهربائي ثابت، ترتكز على العدد الذري للعنصر المكون للمصعد.

وتجدر الإشارة إلى أن كيفية انطلاق هذه الأشعة العامة (أو البيضاء) لم تحظ حتى يومنا هذا بتفسير دقيق. ولكن يمكن القول بأن هذا الطيف ينتج عن تغير مسار الكهيربات المنطلقة من المهبط تحت تأثير الحقول المغناطيسية والكهربائية بالقرب من نواة الذرات في المصعد . من المعروف جيداً أن الكهيرب المنطلق من المهبط يكتسب طاقة حركية تساوي حاصل ضرب قيمة التوتر بشحنة الكهيرب الكهربائية. والتوقف الكامل والسريع للكهيرب عند دخوله في مادة المصعد يحول هذه الطاقة الحركية إلى إشعاعات. وكلّما كان التوقف سريعاً كانت ذبذبة الأشعة المنبعثة مرتفعة. والتوقف الكلي للكهيرب عند أول اصطدام بذرة من ذرات المصعد يعطي الأشعة ذات الذبذبة الأكثر ارتفاعاً أو طول الموجة الأقصر وهي الموجة التي ذكرنا أنفاً والتي أسميناها[10] λm . وهذه الأشعة العامة ذات أهمية بالغة. فهي التي استعملت في الماضي لدراسة البلوريات

في فيزياء وكيمياء الأجسام الصلبة بطريقة لاو وهي التي تستعمل في الطب للمعالجة بالأشعة السينية وللتصوير بالأشعة .

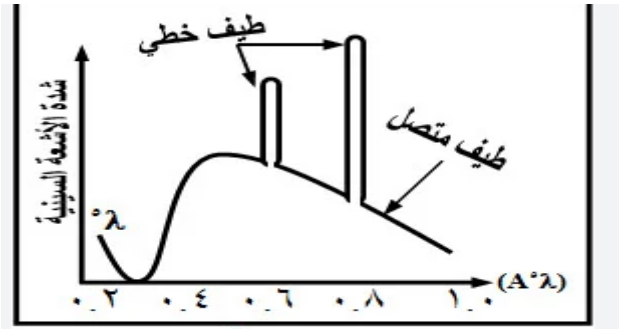
أما النوع الثاني من الأشعة السينية فنحصل عليه، إلى جانب النوع الأول الذي وصفناه أعلاه. ولكن طول الموجة التي نحصل عليها لا يتغير بتغير قيمة التوتر العالي، وذلك لأنه خاص بالعنصر المادي المكون لمعدن المصعد. فإذا أجرينا رسماً بيانياً لتغير الشدة الضوئية بتغير طول الموجة، وجدنا أنه تبرز إلى جانب الطيف الأبيض، حزمات أشعة أحادية اللون شديدة الضوء نسبياً. وهذه الحزم هي التي وصفنا بالأشعة السينية الخاصة بالعنصر المعدني ويمكن جمع هذه الحزم في مجموعات يطلق عليها اسم ..K,L,M,N.O.

٢-٢ طيف الاشعة السينية

عند قياس شدة الاشعة السينية المنبعثة عن هدف كداله لطول موجتها بواسطة مطياف بلوري وُجد بأن طيف الاشعة السينية الناتج يتألف من نوعين هما (شكل ٧)[10]:

- طيف مستمر (متصل).
- طيف خطي (مميز).

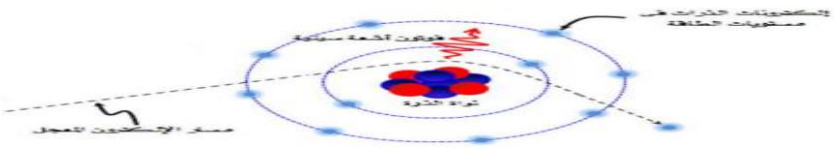
الفرق الرئيسي بين الطيف المستمر وطيف الخطي هو أن الطيف المستمر يحتوي على جميع الأطوال الموجية في نطاق معين بينما يحتوي طيف الخطي على بضعة أطوال موجية فقط.



شكل (٧) طيف الاشعة السينية.

١-طيف مستمر (متصل).

يمكن تفسير الطيف المستمر للأشعة السينية من خلال تفاعل الالكترونات المعجلة مع مادة الهدف (وعلى الخصـــوص نوي مادة (الهدف ويمكن لمجال النواة القوي أن يُحدث تباطؤ في حركة الالكترونات المعجلة مما يؤدي بها الي فقدان جزء من طاقة حركتها أو طاقتها كلها علي صورة أشعة سينية وهو ما يسمى بعملية الفرملة (انظر الشكل (٨) وقد يتناقص تسارع الإلكترون الواحد أكثر من مرة علي طول مســـاره في مادة الهدف. وكل تفاعل من هذا النوع قد ينتج عنه فقدان جزء من طاقة الإلكترون أو كلها. ومن ثم فإن الفوتونات قد تمتلك أي مقدار من الطاقة حتى قيمة عظمى تســاوي الطاقة الأصــلية للالكترون المعجل، أي أن طاقة الأشــعة الســينية الناتجة تكون متصلة ومحصورة في مدى معين ولذلك سميت بالاشعة السينية المستمرة[11].



شكل (٨) طيف الاشعة السينية المستمر.

ويمكن حساب طول موجة أو تردد الأشعة السينية الصادرة في هذة الحالة بمساواة طاقة حركة الالكترون بطاقة الأشعة الصادرة (Emax) حيث يكون

$$E_{max} = h\nu_{max} = eV$$

حيث

h : ثابت بلانك

c: سرعة الضوء في الفراغ

v: فرق الجهد الكهربي

Vmax : أقصى التردد للأشعة السينية

λ: الطول الموجي للاشعة السينية.

$$\nu_{max} = \frac{e}{h} V$$

$$\lambda_{min} = \frac{c}{\nu_{max}} = \frac{c\,h}{eV}$$

$$\lambda\,(m) = \frac{1.24\ x\ 10^{-6}}{V}$$

يلاحظ من الشـــكل (٧) أن توزيع الطيف المســـتمر يبدأ من طول موجي معين وهو أقصـــر الأطوال الموجية لطيف الأشعة السينية Amin ولقد وُجد أن هذة القيمة لا تعتمد على نوع مادة الهدف وإنما تعتمد علي فرق الجهد المستخدم طبقاً للعلاقة السابقة[12].

خصائص الطيف المستمر

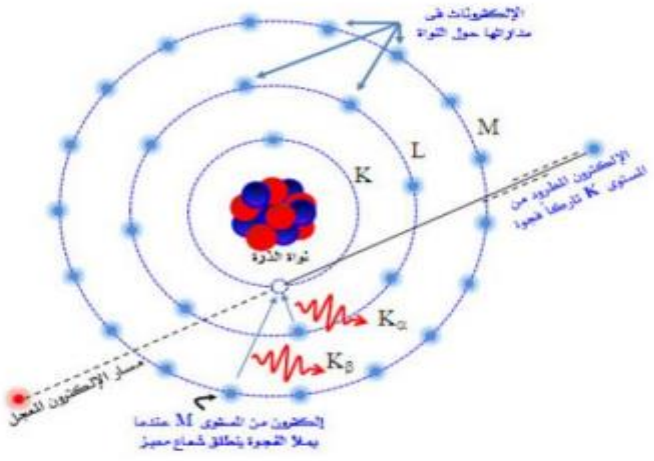
١-أنها لا تميز مادة الهدف لأنها ليست ناتجة عن مستويات الطاقة لذرات الهدف.

٢-تعتمد طاقتها على فرق الجهد الكهربائي المطبق بين الكاثود والأنود (الهدف).

٣-طيفها يكون مســـتمر يحتوي على عدد كبير من الأطوال الموجية المســـتمرة (لأن طاقة هذه الإلكترونات تتناقص مع استمرار تباطؤ حركتها وتسمى هذه الأشعة بأشعة الفرملة.

٢-طيف خطي (مميز).

هناك احتمال آخر للتفاعل وخاصـــة إذا كانت طاقة الإلكترونات الســـاقطة كبيرة جداً وأكبر من طاقة ربط المدارات الداخلية للذرة. ويمكن في هذة الحالة أن يحصـــــل الالكترون الذري من الالكترون الساقط على طاقة كافية لتحرره من ذرة الهدف بانتقال الكترون آخر من مدار خارجي أكثر بعداً عن النواة ليشـــــغل مكان الالكترون المتحرر وينطلق فرق الطاقة بين المدارين على صـورة فوتون أشـعة سـينية. فإذا كان الفراغ في المدار الأول K فإن الالكترون الذي ينتقل ليحل من المدار الأقرب للمدار K أي ينتقل من المدار الثاني – ويسـمى الخط الطيفي الناتج في هذة الحالة ب Ka (أنظر شـــكل (٩) . وتؤدي عملية الانتقال هذة لحدوث فراغ في المدار L وينتقل الالكترون من المدار M ليحل الطيفي في هذة الحالة بالخط La وهكذا يتوالي صـــدور الخطوط الطيفية. أما إذا انتقلت الإلكترونات من المدارات M و N للمدار الأول فتسمى الخطوط الطيفية في هذة الحالة ب Kβ و Kγ على التوالي[13].



شكل(٩) الاشعة السينية المميزه.

خصائص الطيف الخطي:

١-أنها تكون مميزة لمادة الهدف لأن لكل عنصر مستويات طاقة خاصة به .

٢-لا تعتمد طاقتها على فرق الجهد الكهربي بين الكاثود والأنود بل على فرق الطاقة بين مستويات الطاقة لذرات الهدف لأنها ناتجة عن تنقلات الإلكترونات بين مستويات الطاقة للذرات و ليس على طاقة حركة الإلكترون الساقط.

٣-طيفها يكون خطي (أي أنه لا يحتوي على عدد كبير من الأطوال الموجية المتصـــلة وإنما يحتوي على أطوال موجية محددة ومتقطعة).

الفصل الثالث

تطبيقات ومخاطر الاشعة السينية والوقاية منها

٣-١ تطبيقات الاشعة السينية في الحياة العلمية

تطبيقات الأشعة السينية عديدة ومتنوعة، ولكن التطبيق الأكثر شيوعًا من الأشعة السينية المستخدمة هو التصوير الشعاعي بالأشعة السينية. وفضلاً عن الطب، فلتلك الأشعة دورها الهام في الصناعة لدراسة التركيب البلوري للمواد المختلفة وأيضا معرفة سُمك بعض المواد أو كشف ما بها من عيوب. فهي تستخدم في الطيران مثلاً للكشف عن عيوب الأجزاء المهمة في الطائرات قبل استعمالها حتى يؤمن الطيران وتمنع الحوادث التي كان يمكن أن تقع لولا تدارك مثل تلك العيوب. وفيما يلي بعض تلك التطبيقات.

١. دراسة التركيب البلوري للمواد

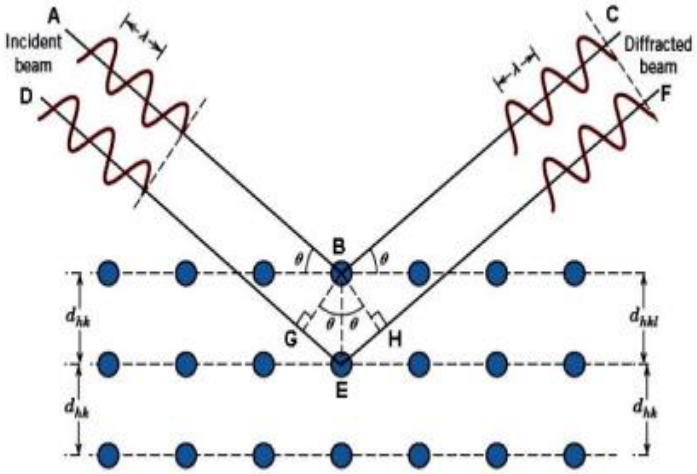
دراسة التركيب البلوري للمواد بإستخدام الأشعة السينية (X-ray crystallography) هي أسلوب لمعرفة ترتيب الذرات داخل البلورات، حيث تضرب الأشعة السينية البلورة فتحيد نحو عدة اتجاهات معينة. ويتنج جهاز حيود الأشعة السينية – بناءاً على زوايا وشدة تلك الأشعة المنحرفة – صورة ثلاثية الأبعاد لكثافة الذرات داخل البلورة. يجب أن تكون الأطوال الموجية للأشعة السينية المستخدمة في المدى من 1,0 إلى 10 أنجستروم لأنه يجب ذي طول موجي مساوي او اقصر من المسافات البينية بين الذرات وفي الحالة الصلبة يكون متوسط المسافة بين ذرتين متجاورتين في حدود ١ أنجستروم (10^{-10}m)[13].

-قانون براج

درس العالم براج العلاقة بين الأشعة السينية الساقطة على بلورة وبين زاوية الحيود وافترض براج ان المستويات المختلفة التي تتكون من ذرات البلورة يمكن ان تعكس الاشعة السينية. وكان العالم براج (Bragg) أول من وضع شروط هندسية يجب أن تتحقق لكي يحدث الحيود في البلورة. لقد أعتبر براج شعاع أحادى اللون (ذو طول موجي وحيد من الأشعة السينية المتوائمة موجات لها

صدر مشترك) يسقط على البلورة، كما هو موضح بالشكل ٨ علاوة على ذلك، أفترض أنه يمكن تمثيل الذرات التي تكون مراكز التشتت الفعلية بمجموعة من المستويات المتوازية يعمل كل منها كمرآة تعكس الأشعة السينية).

ويبين الشكل (١٠) الأشعة السينية الساقطة بزاوية θ على عدد من المستويات الذرية والتي تنفصل عن بعضها بمسافه dhki، وكذلك يبين الاشعة المنعكسة عن تلك المستويات وبنفس زاوية السقوطθ ، اي أن الاشعة الساقطة والاشعة المنعكسة لها نفس الطور (inphase)[14].



شكل(١٠) قانون براج وحيود الاشعة السينية.

نجد من الشكل الاتي:

$$EH = d \sin\theta$$

$$EG = d \sin\theta$$

$$EH + EG = 2d \sin\theta$$

$$n\lambda = 2\, d \sin\theta$$

المعادلة الاخيره تمثل قانون براج

حيث λ الطول الموجي للاشعة السينية و n تمثل رتبة الحيود.

استطاع العالم براج أستخدام هذة المعادلة لتفسير نتائج تجارب الحيود التي اجراها العالم لاوا، ولقد جرت العادة ان يكون التعبير عن مفهوم انعكاس الاشعة السينية مكافئة لمفهوم حيود الاشعة السينية، اي بمعنى اخر يمكن استعمال احدهما محل الاخر. ان انعكاس براج يمكن ان يحدث فقط عندما يكون الطول الموجيλ في المعادلة السابقة أصغر من أو مساوي لضعف المسافة الفاصلة بين مستويين متتاليين في البلوره ،اي ان شرط براج اللازم الانعكاس هو[15]:

$$\lambda \leq d_{hkl}$$

ولهذا السبب لايمكن استخدام الضوء المرئي لدراسة البنية البلورية للمواد.

ترتبط المسافة الفاصلة بين هذه المستويات في النظام المكعبى d_{hkl} مع ثابت الشبيكة a بالعلاقة المعروفة الاتية:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

وبالتالي يمكن تعيين ثابت الشبيكة a بمعلومية المسافة الفاصلة بين المستويات الذرية d و معاملات ميللر (hkl).

٣-٢تطبيقات الاشعة السينية في مجال الصناعة

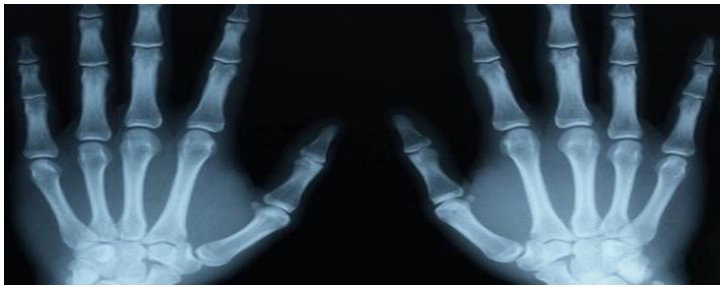
استخدمت الأشعة السينية أيضاً في الصناعة لكشف الهنات والشقوق في القوالب المعدنية، والتي تتطلب عملية فحصها دقة كبيرة لا تكفيها العين المجردة. كما تستخدم في فحص جودة الأخشاب المستخدمة في صناعة السفن والقوارب والزوارق، كما ساعدت دراسة طيف امتصاص هذه الأشعة في المادة على جعل الأشعة السينية طريقة لكشف العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها. وتستعمل في هذه الحالة الأشعة السينية التي تميز كل عنصر من العناصر الكيمياوية. وقد بات من الممكن قياس سماكة المواد الصلبة ومسح القطع الصناعية بحثاً عن عيوب التي لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة بواسطة هذه الأشعة[16].

شكل (١١) **تطبيقات الاشعة السينية في مجال الصناعة**

٣-٣ تطبيقات الاشعة السينية في المجال الطبي

التصوير الشعاعي في الطب للكشف عن الأسنان والعظام وكسورها وتحديد مواقع الأجسام الصلبة مثل الشظايا أو الرصاص في الجسم، وكذلك الكشف عن الأورام في الجسم، بفضل هذه الأشعة أصبح من الممكن رؤية الكسور العظمية بدقة عالية حيث تستطيع هذه الأشعة اختراق الأجسام اللينة مثل الجلد ولكنها لا تستطيع المرور عبر العظام، مما يؤدي لظهور صورة الأخيرة

(شكل ١٢). من أهم ما يميزها هو قلة أضرارها الجانبية. وتساعد الأشعة السينية على رؤية حالة الأسنان والجذور ووضع الفك وتكوين عظام الوجه، كما أن الأشعة السينية تساعد طبيب الأسنان في العثور على مشاكل الأسنان وعلاجها في وقت مبكر من تطورهم لذلك استخدامات الأشعة السينية في مجال الأسنان مهمة للغاية[16].



شكل(١٢) كسر عظم المشط الخامس من اليد بالقرب من المفصل.

٣-٤تطبيقات الاشعة السينية في المجال العسكري

١-الكشف عن الألغام تحت الأرض لعدة أمتار ، وتحديد مواقع المعتدين داخل المباني من دون تعريض الأرواح لمزيد من الأخطار. وهناك تطبيقات مهمة في حالة الكوارث: حيث يتم الكشف عن الأشخاص المدفونين تحت الأنقاض أو في حالة نشوب الحريق.

٢-وايضاً تستخدم الأشعة السينية في المطارات وأماكن التجمعات لفحص الحقائب للتأكد من خلوها من الأسلحة أو المتفجرات أو الأشياء المشبوهة (شكل ١٣).

شكل (١٣)الاشعة السينية في المجال العسكري.

٣-٥خطورة الاشعة السينية

تنتمي الأشعة السينية إلى الإشعاعات المؤينة. أي تسبب في تأين الوسط الذي تمر فيه وذلك بفصل بعض الإلكترونات في الذرات والجزيئات. فيمكنها إحداث تغيرات في الخلايا الحية قد تؤدي إلى المرض بالسرطان. ولذلك تضع الحكومات تعليمات وقوانين تتعلق باستعمال الأشعة السينية سواء في الطب أو في الصناعة، وتراقب اتباع تلك التعليمات وتعاقب المخالفين للتعليمات طبقا للقوانين الموضوعة في هذا الشأن. ولكن تستعمل الأشعة السينية أيضا في مكافحة مرض السرطان بطريقة تركيز الأشعة السينية على الخلايا السرطانية. ويعتبر الحامض النووي حمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين في الكائنات الحية حساس جدا للأشعة السينية، حيث يتزايد إتلافه بتزايد امتصاصه تلك الأشعة[17]. أي أن التعرض إلى جرعة صغيرة من تلك الأشعة مهما كانت صغيرة، يمكن فيها احتمال تحول إحدى الخلايا الحية إلى خلية سرطانية، لأن الإشعاع سيقوم بتأيين الذرات داخل الجسم والذي سيجعلها غير مستقرة، وهذه العملية بالفعل هي اساس الخطورة على المريض حيث ان الذرات الغير مستقرة سوف تبحث عن إلكترونات في البروتينات والحمض النّووي (DNA)حتى تملأ مداراتها وتعيد حالة الاستقرار لنفسها .ولهذا يؤخذ

هذا الاحتمال لحدوث السرطان في الاعتبار عند استخدام الأشعة السينية في التشخيص أو في العلاج.

وبصفة عامة يجب أن لا تتعرض المرأة الحامل للأشعة السينية على البدن، كما يجب الحذر جدا من استخدامها على الأطفال، وهي قد تسبب العقم عند الرجال والنساء إذا تعرضت الأجهزة التناسلية لها.

٣-٦ الوقاية من الاشعة السينية

إن الحماية الجيدة من الأشعة السينية عامل مهم يجب أخذه بعين الاعتبار عند شراء أو تركيب جهاز للأشعة السينية. ومن المستحسن إن لم يكن من الضروري أن يعمد الباحث أو مستعمل الجهاز إلى عدم البقاء طويلاً في القاعة التي يعمل داخلها جهاز الأشعة السينية، لأن اختراق حزمة من الأشعة السينية للهواء يساهم في تأيينه وإحداث تفاعلات ثانوية قد تكون ضئيلة التأثير على جسم الإنسان ولكنها تبقى على الأقل، غير مفيدة له . ومن ناحية ثانية فإن تعرض جسم الإنسان، مدة طويلة نسبياً، للأشعة السينية يؤدي في بعض الأحيان لنقص في عدد الكريات الحمراء والكريات البيضاء وقد يؤدي أيضاً إلى حروق جلدية كانت مميتة ورهيبة النتائج بالنسبة لبعض الباحثين .وعلى العاملين في حقل الأشعة السينية أن يفحصوا باستمرار أجهزة الأشعة السينية بواسطة عداد جايجر أو يضعوا أفلاماً خاصة على أجسامهم طوال النهار لمعرفة ما إذا كان هناك تسرب للأشعة من الجهاز من غير النافذة المعدة له أو لمعرفة ما إذا كان الباحث نفسه قد تعرض للأشعة السينية أثناء عمله . إن الجرعة التي يمكن لجسم الإنسان تحملها دون مضاعفات هي حوالي ٥٠ رونتغن في الأسبوع. أما إذا كانت الأطراف اليدان والرجلان) هي المعرضة فقط فيمكن تحمل ٥,١ رونتغن في الأسبوع. ويبقى أن نشير إلى أن

الباحثين في ميدان صحة الأجهزة التناسلية يعتبرون أن عشر هذه الكمية فقط يمكن تحمله دون مضاعفات . [18].

المصادر

١. . د. صالح . محمد متولي، كتاب الأشعة السينية الفوائد والمخاطر، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية،.٢٠١٥

٢. آرثر سي (٨ نوفمبر ٢٠١٠). "تحتفل رسومات الشعار المبتكرة من Google بمرور ١١٥ عامًا على الأشعة السينية". الحارس. الجارديان الأمريكية.

٣. انتاج الأشعة السينية وخصائصها, دبلوم الدراسات العليا الإقليمي التخصصي في الوقاية الإشعاعية و أمان المنابع المشعة, د. مصطفى حمو ليلا, هيئة الطاقة الذرية السورية, ٢٠٠١

٤. برينر دي جي، هول إي جيه (نوفمبر ٢٠٠٧). "التصوير المقطعي المحوسب – مصدر متزايد للتعرض للإشعاع".

٥. بيرلمان، "معلمات نقل الطاقة للمركبات العطرية"، أكاديمي الصحافة، نيويورك.

٦. د. عذاب طاهر الكناني، كتاب الفيزياء الإشعاعية الأشعة السينية التشخيصية)، دار الفجر للنشر والتوزيع، ٢٠٠٨.

٧. د. فوزي ،حامد د. شريف احمد خيري، أ.د. احمد فؤاد باشا، د. محمد نبيل كتاب: أساسيات العلوم الفيزيائية، دار الفكر العربي، القاهرة، ٢٠٠٤.

٨. د. فوزي غالب عوض، د. خضر محمد عبد الرحمن الشيباني، د. عادل مجذوب علي حسيب، كتاب: مبادئ فيزياء الجوامد جامعة الملك سعود، ١٩٩٢.

٩. د. مصطفي محمد عبد الله ، كتاب حيود الشعة السينية في البنية البلورية، جامعة سبها ليبيا، ٢٠١٦.

١٠. د. يسرى مصطفى د. احمد الغامدي، كتاب فيزياء الحالة الصلبة وتطبيقاتها، جامعة الملك عبد العزيز،.٢٠١٣

١١. روبوتوم كاليفورنيا، ميتشل جي، مورجان هيوز جي (نوفمبر ٢٠١٠). "استراتيجيات الحد من الإشعاع في تصوير الأوعية المقطعية للقلب". الأشعة السريرية. ٦٥ (١١): ٨٥٩-٨٦٧.

١٢. فيزياء علاج الأورام بالإشعاع: دليل للمدرسين والطلاب، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، يوليو/تموز ,٢٠٠٥.

١٣. ماليكا ج.، غريزينسكي فانغ، آي. ج. كوسبا ج. وجوزيف ر. لاكوفيتش، "تحليلي الكيمياء الحيوية، المجلد. ٣١٥ ص ١٦٠ (٢٠٠٣)

١٤. مبادئ الفيزياء النووية, دبلوم الدراسات العليا الإقليمي التخصصي في الوقاية الإشعاعية و أمان المنابع المشعة د. سامي حداد, قسم الفيزياء, هيئة الطاقة الذرية السورية, ٢٠٠١.

١٥. المختصر في الحماية من الإشعاع " الاء الدعيجي /منى الرضى /سمر العنزي/ساره أبوزبيده رؤى الوقداني/عصام محمد/ عبير حامد/زينب رضي نورة العنزي/عبير المطرفي/ أروى يحيى فهد السبيعي/هاجر الشميمري/د.محمدالنافع الطبعة الاولى ٢٠١٩

١٦. المنظمة الدولية للتقييس، X وغاما الإشعاع المرجعي لمعايرة أجهزة قياس الجرعات وأجهزة قياس معدل الجرعة وتحديدها استجابتها كدالة لطاقة الفوتون – الجزء

الأول: خصائص الإشعاع و طرق الإنتاج، ISO 4037-1:1996(E)، جنيف (١٩٩٦).

١٧. وايمان تي (ربيع ٢٠٠٥). "فرناندو سانفورد واكتشاف الأشعة السينية". "بصمة"، من شركاء مكتبات جامعة ستانفورد: ٥-١٥.

١٨. الوكالة الدولية للطاقة الذرية، السلامة الطبية الأساسية من الإشعاع الحزمة الجزء د – الحماية من الإشعاع في الأشعة التشخيصية ,٢٠٠٠.