وزارة التربية والتعليم العالي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

دراسة تأثير الاشعة السينية على جسم الانسان

بحث مقدم إلى قسم الفيزياء-كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة بابل استكمالاً لمتطلبات درجة البكالوريوس.

أعداد
مصطفى قاسم عيسى

بأشراف
أ.م. ايمان حمود عبد الله

دَعْوَاهُمْ فِيهَا سُبْحَانَكَ اللَّهُمَّ
وَتَحِيَّتُهُمْ فِيهَا سَلَامٌ
وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

شكر و تقدير

قال تعالى (وَمَنْ يَشكُرْ فَإِنَّمَا يَشكر لنفْسِهِ) { لقمان : ١٢}

وقال رسوله الكريم ﷺ : من لم يشكر الناس ، لم يشكر الله عز وجل

نحمد الله تعالى حمداً كثيراً طيباً مباركاً ملئ السموات والأرض على ما أكرمنا به من إتمام هذه الدراسة و نرجو أن تنال رضاه ثم نتوجه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى مشرفتنا **أ.م.ايمان حمود عبدالله** حفظها الله و أَطال في عمرها التي كان لها الدور الفعال لتكرمها في توجيهنا و أرشادنا و التي لم تبخل علينا بنصائحها القيمة لأكمال هذا البحث متمنيين لها دوام التوفيق و التقدم و نتقدم بخالص الشكر و التقدير إلى جميع أساتذتنا في قسم علوم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل لجهودهم و سعيهم في تمهيدنا لنحمل أقدس رسالة في الحياة و لنكون في هذا المستوى متمنيين لهم التوفيق و النجاح الدائم ثم أَشد الشكر و أَعظم الأمتنان إلى من علمتنا الحرف الأول و أَفنت زهرة شبابها في تربيتنا إلى تلك الصابرة المجاهدة التي كانت أَول الداعمين لنا في مسيرتنا الدراسية إلى القلب المعطاء والداتنا العزيزات حفظهن الله و أَطال في أَعمارهن و أحر الشكر و التقدير إلى من ساندنا مادياً و معنوياً إلى من شجعنا على المثابرة و الأصرار لأكمال هذه المسيرة إلى من وضع ثقته فينا و منحنا كل ما يملك إلى صاحب السيرة العطرة و الفكر المستنير إلى من نسير على خطاهم أَبائنا العظماء و نقدم خالص الشكر و التقدير إلى من بذلوا جهدهم في مساعدتنا إلى من يفرحهم نجاحنا و يحزنهم فشلنا إلى الداعمين لنا إلى من كان لهم بالغ الأثر في تجاوز الكثير من العقبات و الصعاب أَخواننا و أَخواتنا حفظهم الله لنا و أَطال في أعمارهم ثم نقدم خالص الشكر و التقدير إلى من شاركنا مسيرتنا الدراسية أَصدقائنا و زملائنا متمنيين لهم دوام التوفيق و النجاح

و ختاماً، نتمنى أَن يعود هذا البحث بالفائدة على تطور العلم

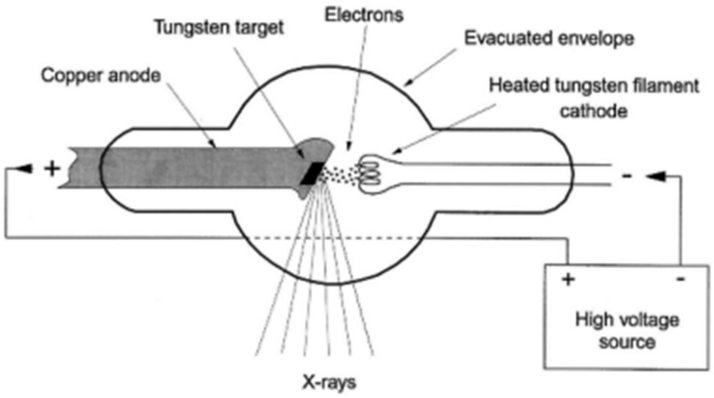
مصطفى قاسم عيسى

Chapter One

مقدمة عامة

١.١. الأشعة السينية أو أشعة إكس X − r

هي أشعة كهرومغناطيسية ذات طول موجي يتراوح بين ١٠ بيكومتر حتى ١٠ نانومتر ، والتي تعادل الترددات ما بين ٣٠ بيتا هرتز حتى ٣٠ إكساهرتز (٣٠ × ١٠١٥ Hz – ٣٠ × ١٠١٨ Hz) ، وأما الطاقة فتتراوح ما بين ١٢٤ إلكترونفولت حتى ١٢٤ كيلو إلكترونفولت. تستخدم الأشعة السينية بشكل واسع في التصوير الشعاعي وفي العديد من المجالات التقنية والعلمية. اكتشفها العالم الألماني وليام رونتجن عام ١٨٩٥ في جامعة فورتسبورغ، ونال عنها جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٠١. [١]



الشكل (١.١)

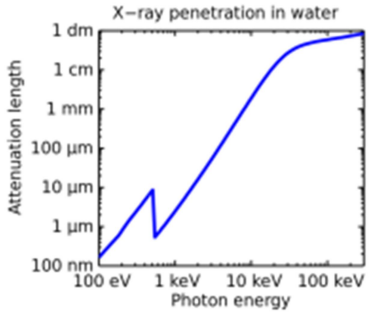
٢.١. اكتشاف الاشعة السينية X-ray detection

مثال على أنبوب كروكس ، وهو نوع من أنابيب التفريغ التي تنبعث منها الأشعة السينية قبل اكتشافها في عام ١٨٩٥ ، كانت الأشعة السينية مجرد نوع من الإشعاع غير المعروف المنبعث من أنابيب التفريغ التجريبية. وقد لاحظها العلماء الذين يبحثون عن أشعة الكاثود التي تنتجها هذه الأنابيب ، وهي حزم الكترونية نشطة لوحظت لأول مرة في عام ١٨٦٩. لا شك أن العديد من أنابيب كروكس المبكرة اخترعت حوالي عام (١٨٧٥) كانت تشع أشعة سينية، لأن الباحثين الأوائل لاحظوا التأثيرات التي يمكن عزوها لهم ، على النحو المفصل أدناه. خلقت أنابيب كروكس إلكترونات حرة عن طريق تأين الهواء المتبقي في الأنبوب بجهد تيار مستمر عالي يتراوح بين بضعة كيلو فولت و ١٠٠ كيلوفولت. أدى هذا الجهد إلى تسريع الإلكترونات القادمة

من الكاثود إلى سرعة عالية بما يكفي لتكوين أشعة سينية عندما اصطدمت بالقطب الموجب أو الجدار الزجاجي للأنبوب [٢] كان ويليام مورغان أول مجرب يعتقد أنه أنتج الأشعة السينية (عن غير قصد). في عام ١٧٨٥ ، قدم ورقة إلى الجمعية الملكية في لندن يصف فيها آثار مرور التيارات الكهربائية عبر أنبوب زجاجي مفرغ جزئيًا ، مما ينتج عنه توهج ناتج عن الأشعة السينية. تم استكشاف هذا العمل من قبل همفري ديفي ومساعده مايكل فاراداي [٣]. عندما ابتكر أستاذ الفيزياء في جامعة ستانفورد فرناندو سانفورد التصوير الكهربائي" ، قام أيضا عن غير قصد بتوليد واكتشاف الأشعة السينية. من عام ١٨٨٦ إلى عام ١٨٨٨ ، درس في مختبر هيرمان فون هيلمهولتز في برلين ، حيث أصبح على دراية بأشعة الكاثود المتولدة في الأنابيب المفرغة عندما تم تطبيق جهد عبر أقطاب كهربائية منفصلة ، كما درس سابقا هاينريش هيرتز وفيليب لينارد نشرت رسالته المؤرخة ٦ يناير ١٨٩٣ التي وصف اكتشافه بأنه تصوير كهربائي" إلى مجلة Physical Review على النحو الواجب ، وظهرت مقالة بعنوان بدون عدسة أو ضوء ، صور ملتقطة بصفيحة وكائن في الظلام في سان فرانسيسكو إكزامينر [٤].

٣.١. التفاعل مع المادة Interaction with matter

يُظهر طول التوهين للأشعة السينية في الماء حافة امتصاص الأكسجين عند ٥٤٠ فولتا ، واعتماد الطاقة - ٣ على امتصاص الضوء ، بالإضافة إلى الاستقرار عند طاقات الفوتون الأعلى بسبب تشتت كومبتون طول التوهين أطول بحوالي أربع مرات من حيث الحجم للأشعة السينية الصلبة النصف الأيمن مقارنة بالأشعة السينية اللينة (النصف الأيسر) تتفاعل الأشعة السينية مع المادة بثلاث طرق رئيسية ، من خلال الامتصاص الضوئي ، وتشتت كومبتون ، وتشتت رايلي تعتمد قوة هذه التفاعلات على طاقة الأشعة السينية والتركيب الأولي للمادة ، ولكن ليس كثيرًا على الخواص الكيميائية ، نظرًا لأن طاقة فوتون الأشعة السينية أعلى بكثير من طاقات الارتباط الكيميائي. يعد الامتصاص الضوئي أو الامتصاص الكهروضوئي آلية التفاعل السائدة في نظام الأشعة السينية الناعمة ولطاقات الأشعة السينية السفلية القاسية. في الطاقات الأعلى ، يسود تشتت كومبتون [٥]



الشكل (١.٢)

يوضح اختراق الاشعة السينية في الماء وطاقة الفوتون

٤.١. مصادر الأشعة السينية X-ray sources

للأشعة السينية العديد من المصادر ومنها الآتي. [٦]

١. الأجسام الكونية التي تنبعث منها إشعاعات ذات طول موجي، فنظرًا لأن الغلاف الجوي للأرض يمتص الأشعة بكفاءة عالية، يجب حمل تلسكوبات وأجهزة الكشف بواسطة المركبات الفضائية.

٢. بحلول أواخر القرن العشرين أدى التقدم في الأجهزة والتلسكوبات وتقنيات المراقبة المحسنة إلى اكتشاف عدد متزايد من مصادر الأشعة، تم اكتشاف الآلاف من هذه الأشياء في جميع أنحاء الكون.

٣. كانت الشمس أول جرم سماوي مصمم لإطلاق الأشعة السينية، قامت عدادات الإشعاع المحمولة بالصواريخ بقياس انبعاثات الأشعة السينية من الهالة؛ حيث تعد الشمس مصدرًا ضعيفًا للأشعة السينية، وهي بارزة لأنها قريبة جدا من الأرض.

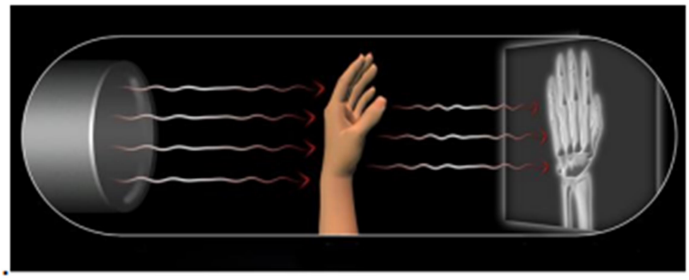
٤. تم تحقيق الاكتشاف للأشعة السينية من النجوم العادية الأخرى البعيدة عن الشمس وعن بعد ٣٠ عاما عن طريق قمر صناعي يدور في المدار، والمعروف باسم مرصد أينشتاين.

٥ اكتشف أكثر من ١٥٠ نجما عاديًا بامكانه إصدار الأشعة السينية الصادرة عن هلالهم، فتغطي النجوم المرصودة النطاق الكامل تقريبا لأنواع النجوم والتسلسل الرئيسي، والعمالقة الحمراء، والأقزام البيضاء.

٦. هناك عدة أنواع من ثنائيات الأشعة السينية في النجم النابض للأشعة السينية، يتم توجيه الغاز إلى أقطاب نجم نيوتروني وينطلق الإشعاع على شكل نبضات في فترات منتظمة جدا

٥.١. عمل وانتاج الأشعة السينية X-ray work and production

يتم إنتاجها عندما تصطدم الإلكترونات عالية السرعة باللوحات المعدنية، مما يعطي الطاقة مثل الأشعة السينية والتي تمتصها الصفيحة المعدنية. [٧]



الشكل (١.٣)

يوضح انتقال الاشعة السينية في الهواء واختراقه الجلد وإنتاج صورة لعظام اليد

ينتقل شعاع الأشعة السينية عبر الهواء ويتلامس مع أنسجة الجسم، وينتج صورة على فيلم معدني. الأنسجة الرخوة مثل الأعضاء والجلد، لا تستطيع امتصاص الأشعة عالية الطاقة، والشعاع يمر من خلالها المواد الكثيفة داخل أجسامنا، مثل العظام، تمتص الإشعاع.

مثل الكاميرا، يتطور فيلم X-Ray اعتمادًا على المناطق التي تعرضت للأشعة السينية تظهر المناطق البيضاء الأنسجة الأكثر كثافة، مثل العظام التي امتصت الأشعة السينية بينما تمثل المناطق السوداء في الأشعة السينية المناطق التي مرت فيها الأشعة السينية عبر الأنسجة الرخوة. [٧]

٦.١. خصائص الأشعة السينية X-ray properties

خصائص X-Rays مذكورة أدناه:

١. لديهم طول موجي أقصر من الطيف الكهرومغناطيسي.

٢. يتطلب جهدًا عاليا لإنتاج الأشعة السينية.
٣. يتم استخدامها لالتقاط عيوب الهيكل العظمي البشري.
٤. ينتقل في خط مستقيم ولا يحملون معهم شحنة كهربائية.
٥. إنهم قادرون على الانتقال في الفراغ

الشكل (١.٤)

استخدام الاشعة السينية في توضيح العيوب الكسور في العظام

١.٦.١.الخصائص الفيزيائية Physical properties

هناك الكثير من الخواص الفيزيائية. [٨] منها:

٢. الأشعة السينية هي إشعاعات كهرومغناطيسية يتراوح طولها الموجي بين A (١٠-٠.٠١)
٣. في Free Space ، يسافرون في خط مستقيم.
٤. السرعة - ١،٨٦٠٠٠ ميل / ثانية (نفس سرعة الضوء المرئي)
٥. لا يمكن تركيز الأشعة السينية على نقطة واحدة
٦. هم غير مرئيين للعين.
٧. لا يمكن سماعها
٨. لا يمكن أن تصهر
٩. لا يمكن أن تنعكس أو تنكسر أو تنحرف بواسطة المجال المغناطيسي أو الكهربائي.
١٠. تظهر خصائص التداخل والانحراف والانكسار المشابهة للضوء المرئى
١١. ينتجون مجالا كهربائيًا بزوايا قائمة لمسار انتشارهم
١٢. ينتجون مجالا مغناطيسيا بزوايا قائمة على المجال الكهربائي ومسار الانتشار.

١٣. لا تتطلب أي وسيط للتكاثر

١٤. الاختراق يمكن للأشعة السينية اختراق السوائل والمواد الصلبة والغازات. تعتمد درجة الاختراق على الجودة والشدة والطول الموجي لشعاع Xyray.

١٥. الامتصاص: تمتص المادة الأشعة السينية، ويعتمد الامتصاص على التركيب التشريحي للمادة والطول الموجي الحزمة الأشعة السينية.

١٦. القدرة المؤينة تتفاعل الأشعة السينية مع المواد التي تخترقها وتسبب التأين

١٧. الإسفار : عندما تسقط الأشعة السينية على مواد معينة ، ينبعث الضوء المرئي يسمى التألق.

١٨. تمتلك الأشعة السينية خاصية التوهين والامتصاص والتشتت

١٩. تظهر أيضا تأثير التسخين

٢.٦.١. الخواص الكيميائية Chemical properties

من الخواص الكيميائية ما يأتي [٩]:

١. تسبب الأشعة السينية تغييرات في اللون للعديد من المواد أو حلولها ، على سبيل المثال: يتم تبييض الميثيلين الأزرق

٢. تحدث الأشعة السينية تغييرات كيميائية في المحلول لأن الأشعة السينية تنتج أيونات OH جذرية عالية النشاط في الماء ، والتي تتفاعل مع المواد المذابة.

٣. تتسبب الأشعة السينية في تدمير قوى التخمر للإنزيمات

٧.١. أنواع الأشعة السينية Types of X-rays

تتعرف العلوم الطبية على أنواع مختلفة من الأشعة السينية. يتم إعطاء بعض الأنواع المهمة من الأشعة السينية في النقاط أدناه [١٠].

١. التصوير المقطعي القياسي
٢. أشعة سينية على الكلى والحالب والمثانة
٣. الأشعة السينية للأسنان والعظام.

٤. تصوير الصدر بالأشعة السينية
٥. الأشعة السينية للرئتين
٦. تصوير البطن بالأشعة السينية

٨.١. استخدم الأشعة السينية Use X-rays

منذ اكتشاف الأشعة السينية، يتم استخدامها في مختلف المجالات ولأغراض مختلفة. فيما يلي بعض الاستخدامات الرئيسية للأشعة السينية [١١].

١. علم الطب
٢. حماية
٣. الفلك
٤. صناعة
٥. ترميم

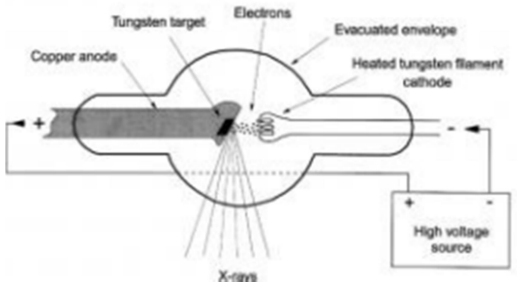
٩.١. انتاج الاشعة السينية X-ray production

في عام ١٨٩٥م اكتشف العالم الألماني رونتجن Roentgen الأشعة السينية إثر إجرائه لبعض التجارب على أشعة المهبط، حيث لفت انتباهه توهج ضوئي يبعد عدة أقدام عن أنبوبة أشعة المهبط التي كانت محاطة تماماً بورق مقوى أسود منبعثة عن ورقة مطلية ببلاتين سيانايد الباريوم وبإيقاف وتشغيل جهازه تأكد أن ظاهرة Fluorescence التي شاهدها مرتبطة بأنبوبة أشعة المهبط.

١.٩.١. أنبوب الأشعة السينية X-Ray Tube

يتكون أنبوب الأشعة السينية من حاوية من الزجاج تحت تفريغ عالي في أحد طرفيها يوجد المهبط Cathode بينما يوجد المصعد Anode في الطرف الآخر، حيث المهبط يمثل القطب السالب Negative Electrode والمصعد يمثل القطب الموجب .Positive Electrode ويتكون المهبط من فتيلة من مادة التنجستن Tungsten والتي تقوم بدورها بإصدار

الإلكترونات، وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الانبعاث الأيوني الحراري . Thermionic Emission الشكل التالي هو عبارة عن رسم توضيحي لأنبوب الأشعة السينية:



الشكل (١.٥)

يوضح أنبوب الاشعة السينية ومكوناته

١.١.٩.١. المصعد The Anode

هو عبارة عن قضيب من النحاس مصنوع من التنجستن. عندما يطبق فرق جهد عالي بين المصعد والمهبط فان الإلكترونات المتولدة سوف تتسارع متجهة نحو المصعد فتتولد الاشعة السينية نتيجة الانحراف المفاجئ في مسار هذه الإلكترونات. إن اختيار التنجستن كمادة هدف في إنتاج الأشعة السينية كان بسبب ارتفاع العدد الذري ٢ العدد الذري للتنجستن = ٧٤ ودرجة انصهاره = ٣٣٧٠

يعتبر التخلص من حرارة الهدف من المتطلبات المهمة في تصميم المصعد. وقد تم التخلص من حرارة مادة الهدف عن طريق التوصيل الحراري عبر قضيب المصعد المصنوع من النحاس إلى خارج الانبوب حيث يتم تبريدها فيما بعد باستخدام الزيت، الماء أو الهواء. وهناك نوع من المصاعد الذي يتحرك حركة دائرية سريعة وذلك لتوزيع الحرارة المتولدة على أكبر مساحة ممكنة من مادة الهدف. هذه الحرارة فيما بعد تبعث إلى مخزن من الزيت محيط بالأنبوب [١٠].

بعضاً من المصاعد الثابتة تكون محاطة بنحاس وتنجستن آخران واللذان يعملان كواق من الإلكترونات الضالة التي هي عبارة عن الكترونات ثانوية تم إنتاجها في مادة الهدف عندما سقطت عليها الإلكترونات الرئيسية. بينما يمتص النحاس الإلكترونات الثانوية، فقناع التنجستن المحيط سوف يمتص الأشعة السينية غير المرغوب فيها والناشئة من النحاس.

ومن المتطلبات المهمة في تصميم المصعد هي أبعاد مساحة مادة الهدف التي يتم انبعاث الأشعة السينية منها، هذه المساحة، التي تسمى النقطة البؤرية Focal Spot لابد أن تكون أصغر ما يمكن وذلك في حالة أنابيب الأشعة السينية المستخدمة للتشخيص، مع العلم أن المساحات الصغيرة تولد حرارة أكبر لكل وحدة مساحة من الهدف وعلى هذا فإنها تحد من كمية التيار وكمية التعرض . Exposure في أنابيب الأشعة السينية المستخدمة، تكون زوايا الهدف صغيرة تتراوح بين ١٧° و ٦° وذلك للحصول على نقاط بؤرية ظاهرة تتراوح من

٠.١٠.١٠ X إلى ٢ × ٢ mm^2

وحيث أن الأشعة السينية يتم إنتاجها على أعماق مختلفة من الهدف، فإنها سوف تعاني من كميات مختلفة من التخفيف داخل الهدف نفسة وسوف يكون هناك تخفيفاً أكبر للأشعة السينية القادمة من أعماق الهدف وتخفيفاً أقل للأشعة السينية القادمة من سطح الهدف. وتبعاً لذلك فإن شدة الأشعة السينية تتناقص من المهبط في اتجاه المصعد هذا التغيير عبر شعاع الأشعة السينية يسمى بتأثير الميلان Heel Effect هذا التأثير يكون أكبر وضوحاً في أنابيب الأشعة السينية المستخدمة في التشخيص وذلك بسبب انخفاض طاقاتها إضافة إلى الميلان البسيط للمصعد هذه المشكلة يمكن التغلب عليها باستخدام فلتر معوض Compensating Filter ليعطي تخفيفاً تفاضلياً عبر الشعاع والتحسين انتظام الشعاع. صممت أنابيب الأشعة السينية التشخيصية من أجل إنتاج صورة لجزء من جسم المريض محددة وواضحة الظلال والحدود. ومن أجل أن تكون الصورة واضحة ومحددة فإن الأشعة السينية المستخدمة يجب أن تكون قادمة من مصدر نقطي Point Source وتكون الفترة الزمنية للتعرض الإشعاعي للمريض قليلة لضمان ثبات المريض أثناء الجرعة الإشعاعية.

١.٩.١.٢. المهبط The Cathode

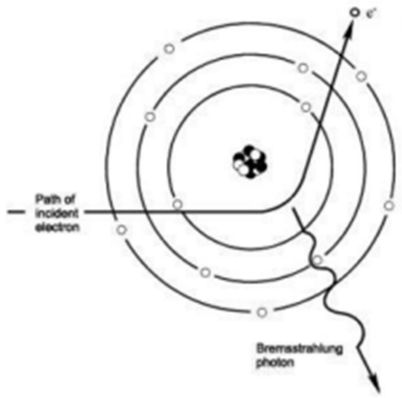
يتكون المهبط في أنبوبة الأشعة السينية من سلك فتيل Wire Filament ، ودائرة تيار الفتيل، وكأس لتركيز الإلكترونات مشحون بشحنة سالبة . Negatively Charge Focusing Cup دور هذا الكأس هو تركيز الإلكترونات في اتجاه المصعد حتى تصطدم بالهدف عند نقطة محددة وهي النقطة البؤرية مادة الفتيل مصنوعة من التنجستن وذلك لارتفاع درجة تحملها للحرارة العالية.

Physics of X-Ray Production 2.9.1

فيزياء إنتاج الأشعة السينية هناك طريقتان لإنتاج الأشعة السينية أحدهما تنتج ما يسمى أشعة - الكبح Bremsstrahlung x-ray والأخرى تنتج Characteristic x-ray أشعة - المميزة

1.2.9.1 أشعة الكبح Bremsstrahlung x-ray:

عملية إنتاج أشعة الكبح تتم عندما يتفاعل الكترون ذو سرعة عالية مع النواة. عندما يمر الإلكترون بالقرب من النواة فإنه سوف ينحرف عن مساره الأصلي وذلك بفعل القوى الكولومية Coulomb Forces التجاذبية فيفقد طاقته على هيئة Bremsstrahlung x-ray ، وهي ظاهرة تنبأت بها نظرية ماكسويل العامة للأشعة الكهرومغناطيسية. طبقاً لهذه النظرية تنتشر الطاقة خلال الفراغ بواسطة المجال الكهرومغناطيسي. فعندما يقترب الإلكترون، ومعه مجاله الكهرومغناطيسي المصاحب له، من مجال النواة فإنه سوف يعاني انحرافاً وتسارعاً سلبياً مفاجئين نتيجة لهذا، فإن جزءاً أو جميع طاقته سوف تنحل عنه وتنتشر في الفراغ على صورة أشعة كهرومغناطيسية عملية إنتاج هذه الأشعة موضحة بالشكل التالي [١٠]:



الشكل (١.٦)

انحراف الالكترون ذو السرعة العالية عن مساره الأصلي بعد وصوله قرب النواة

وحيث أن الإلكترون ربما يتفاعل مع المادة مرة واحدة أو أكثر لإنتاج أشعة Bremsstrahlung x-ray والتفاعل الواحد ربما يؤدي إلى فقد جزئي أو كلي لطاقة الإلكترون، وعلى هذا فإن الفوتون الناتج سيمتلك طاقة قد تصل إلى الطاقة الأصلية للإلكترون الساقط. كذلك الحال بالنسبة لاتجاه انبعاث أشعة Bremsstrahlung x-ray فإنه يعتمد على طلقة الإلكترونات الساقطة فعند طاقات الإلكترونات الاقل من ١٠٠ Kev سيكون اتجاه انبعاث الأشعة السينية متساو تقريباً في جميع الاتجاهات. وبزيادة الطاقة الحركية للإلكترونات فسيكون اتجاه انبعاث الأشعة السينية نحو الأمام. فعلى هذا، فإن النوع النافذ من الأهداف يستخدم في حالة الأشعة السينية ذات الطاقات العالية جداً المسرعات الخطية التي تصطدم فيها الإلكترونات من جهة وتنتج الأشعة السينية من الجهة الأخرى. فقد الطاقة لكل ذرة بواسطة الإلكترونات يعتمد على مربع العدد الذري Z^2 لذا فإن احتمالية إنتاج أشعة Bremsstrahlung x-ray تختلف على حسب Z^2 لمادة الهدف وكفاءة إنتاج الأشعة السينية تعتمد على العدد الذري Z مرفوع للقوى الأولى وفرق الجهد المسلط على الأنبوب. [١١]

١٠.١. انواع الاشعاع

١.١٠.١. إشعاع مؤين ionizing radiation

الإشعاعات المؤينة للوسط الذي تمر فيه، هي إشعاعات ذات طاقة عالية تعمل على تأيين الوسط الذي تمر فيه بسبب اصطدام الشعاع بذرات الوسط مما يؤدي إلى طرد بعض إلكترونات الذرات وتكون الأيونات في الوسط من هذه الأشعة الجسيمات الأولية مثل الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات وأشعة ألفا التي هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم. كما توجد بين الأشعة مثل الأشعة السينية وأشعة غاما تتسبب في تأين الوسط الذي تمر (ev) الكهرومغناطيسية أنواع تتميز بطاقة عالية، فوق عدة فيه مثل الغازات والسوائل والمواد الصلبة، وأجسام الكائنات الحية. ولهذا فالإشعاعات المؤينة ضارة بالصحة إذا تعدت كميتها حدودا معينة. وهذا يحتم عدم الإسراف في الكشف الطبي بالأشعة السينية. [١٢]

الشكل (١.٧)

شكل يوضح تأثيرات الإشعاعات المؤينة على الوسط الذي تمر فيه

١.١.١٠.١. مصادر الإشعاع المؤين Sources of ionizing radiation

تشمل الأشعة المؤينة أشعة غاما والأشعة السينية حيث تبلغ طاقة الأشعة السينية عدة مئات إلكترون فولت، وأشعة غاما أقوى من ذلك بكثير، وهي تبدأ بصفة عامة فوق ٥٠٠ ألف إلكترون فولت، وأشد شعاع منها تم تسجيله من خلال دراسة الأشعة الكونية تبلغ طاقته ١٠١٥ إلكترون فولت، وبالإضافة إلى تلك الأشعة التي هي أشعة كهرومغناطيسية بحته، هناك الجسيمات الأولية ذات الشحنة الكهربية مثل الإلكترون والبروتون وأشعة ألفا وباقي الجسيمات الأولية ذات الشحنة. أما النيوترون المتعادل كهربائيا فهو لا يستطيع بذاته على تأيين الوسط الذي يمر فيه، وإنما يؤين الوسط بطريقة غير مباشرة، فعند مروره في الوسط يصتدم أحيانا بأحد ذرات الوسط فينتج عن ذلك انطلاق أحد البروتونات أو جسيم من أشعة ألفا والذي يؤين بدوره الوسط الذي يمر فيه [١٣].

١. يعطي العاملون في مجالات الفيزياء النووية والأشعة والمفاعلات النووية عناية خاصة للوقاية من الإشعاع في محيط عملهم حيث أن تلك الأشعة ضارة للكائنات الحية، وذلك حتى لا تصاب صحتهم بأضرار.
٢. علينا أن نتذكر مئات الآلاف من البشر الذين راحوا ضحية إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما وناغازاكي أثناء الحرب العالمية الثانية على اليابان. بالإضافة إلى مئات

الآلاف أخرى من عانت صحتهم ولا يزال منهم من يعاني تلك الأضرار حتى يومنا هذا بعد مرور أكثر من ٦٠ سنة على تلك الأحداث.

٣. يهتم المشرع في جميع البلاد المتقدمة بوضع اللائحات والقوانين لتنظيم العمل بالمواد المشعة والأجهزة المصدرة للإشعاع لوقاية العاملين والمواطنين من أخطار سوء استخدام تلك الأدوات. وتقوم وكالة الطاقة الذرية الدولية ومقرها ب فيينا بالنمسا بمساعدة الدول في إطار تحديد اللوائح. [١٤]

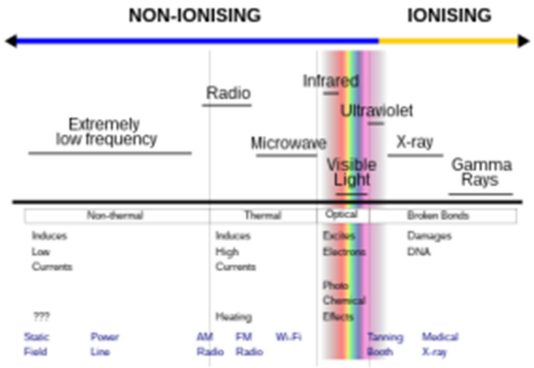
٤. أمثلة على مصادر الإشعاعات المؤينة

١. اندماج نووي
٢. معدات الأشعة السينية
٣. فيزياء الطاقة العالية من التجارب
٤. أشعة كونية
٥. انشطار نووي

٢.١٠.١. الاشعاع غير المؤين Non-ionizing radiation

يشير الإشعاع إلى أي نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي لا يحمل طاقة كافية لكل كم طاقة الفوتون لتأين الذرات أو الجزيئات - أي لإزالة الإلكترون تماما من الذرة أو الجزيء. بدلاً من إنتاج أيونات مشحونة عند المرور عبر المادة ، فإن الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين لديه طاقة كافية للإثارة فقط حركة الإلكترون إلى حالة طاقة أعلى). الإشعاع غير المؤين لا يمثل مخاطر صحية كبيرة. في المقابل ، الإشعاع المؤين له تردد أعلى وطول موجي أقصر من الإشعاع غير المؤين ، ويمكن أن يشكل خطراً صحياً جسيماً: التعرض له يمكن أن يسبب الحروق ، ومرض الإشعاع ، وأنواع عديدة من السرطان ، وأضرار جينية. يتطلب استخدام الإشعاع المؤين تدابير حماية إشعاعية متقنة ، وهي بشكل عام غير مطلوبة مع الإشعاع غير المؤين المنطقة التي يعتبر فيها الإشعاع "مؤينا" غير محددة جيدًا ، لأن الجزيئات والذرات المختلفة تتأين عند طاقات مختلفة اقترحت التعريفات المعتادة أن الإشعاع الذي يحتوي على طاقات جسيمية أو فوتونية أقل من ١٠ إلكترون فولت (ev) يعتبر غير مؤين عتبة أخرى مقترحة هي ٣٣ إلكترون فولت ، وهي الطاقة اللازمة لتأين جزيئات الماء. يتكون ضوء الشمس الذي يصل إلى الأرض إلى حد كبير من الإشعاع غير المؤين ، حيث يتم تصفية الأشعة فوق البنفسجية البعيدة بواسطة الغازات الموجودة في الغلاف الجوي ، وخاصة الأكسجين. تسبب

الأشعة فوق البنفسجية المتبقية من الشمس تلفا جزيئيا (على سبيل المثال ، حروق الشمس بوسائل إنتاج الجذور الحرة والكيميائية الضوئية. [١٥]



الشكل (١.٨)

أنواع مختلفة من الإشعاع الكهرومغناطيسي

١.٢.١٠.١. آليات التفاعل مع المادة Mechanisms of interaction with matter

الأشعة فوق البنفسجية القريبة، والضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء، والميكروويف، وموجات الراديو، وتردد الراديو منخفض التردد الموجة الطويلة كلها أمثلة على الإشعاع غير المؤين على النقيض من ذلك، فإن الأشعة فوق البنفسجية البعيدة، والأشعة السينية، وأشعة جاما، وجميع إشعاعات الجسيمات من الاضمحلال الإشعاعي مؤينة. قد يؤدي الإشعاع الكهرومغناطيسي المرئي والقريب من فوق البنفسجي إلى تفاعلات كيميائية ضوئية، أو تسريع تفاعلات جذرية، مثل الشيخوخة الكيميائية الضوئية للورنيش أو تكسير مركبات النكهة في البيرة لإنتاج نكهة lightstruck بالقرب من الأشعة فوق البنفسجية، على الرغم من أنها غير مؤينة تقنيا، قد تستمر في إثارة وتسبب تفاعلات كيميائية ضوئية في بعض الجزيئات. يحدث هذا لأنه في طاقات الفوتون فوق البنفسجي، قد تصبح الجزيئات متحمسة إلكترونيًا أو يتم ترقيتها إلى شكل الجذور الحرة، حتى بدون حدوث التأين. [١٦]

يعتمد حدوث التأين على طاقة الجسيمات أو الأمواج الفردية، وليس على عددها. لن يتسبب الفيضان الشديد للجسيمات أو الموجات في حدوث تأين إذا كانت هذه الجسيمات أو الموجات لا تحمل طاقة كافية لتكون مؤينة، إلا إذا رفعت درجة حرارة الجسم إلى درجة عالية بما يكفي لتأين أجزاء صغيرة من الذرات أو الجزيئات من خلال عملية التأين الحراري. في مثل هذه الحالات، حتى الإشعاع غير المؤين قادر على التسبب في تأين حراري إذا رسب ما يكفي من الحرارة لرفع درجات الحرارة إلى طاقات التأين تحدث هذه التفاعلات عند طاقات أعلى بكثير من تلك التي تحدث مع الإشعاع المؤين، والذي يتطلب تأين جسيم واحد فقط المثال المألوف للتأين الحراري هو تأين اللهب للنار الشائعة، وتفاعلات اللون البني في الأطعمة الشائعة الناتجة عن الأشعة تحت الحمراء، أثناء الطهي من نوع الشوي. [١٧]

طاقة جسيمات الإشعاع غير المؤين منخفضة، وبدلاً من إنتاج أيونات مشحونة عند المرور عبر المادة، فإن الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين لديه طاقة كافية فقط لتغيير تكوينات التكافؤ الدوراني أو الاهتزازي أو الإلكتروني للجزيئات والذرات. ينتج عن هذا تأثيرات حرارية تمت دراسة التأثيرات غير الحرارية المحتملة للأشكال غير المؤينة من الإشعاع على الأنسجة الحية إلا مؤخرًا. يدور الكثير من النقاش الحالي حول المستويات المنخفضة نسبيًا من التعرض لإشعاع التردد والمحطات القاعدية التي تنتج تأثيرات غير حرارية". اقترحت بعض التجارب أنه قد تكون اللاسلكي من الهواتف المحمولة هناك تأثيرات بيولوجية على مستويات التعرض غير الحراري، لكن الأدلة على إنتاج المخاطر الصحية متناقضة وغير مثبتة. يقر المجتمع العلمي والهيئات الدولية بالحاجة إلى مزيد من البحث لتحسين فهمنا في بعض المجالات. وفي الوقت نفسه، فإن الإجماع هو أنه لا يوجد دليل علمي ثابت ومقنع على الآثار الصحية الضارة الناجمة عن إشعاع الترددات اللاسلكية في قوى منخفضة بدرجة كافية بحيث لا تنتج أي آثار صحية حرارية [١٨]

٢.٢.١٠.١. أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين

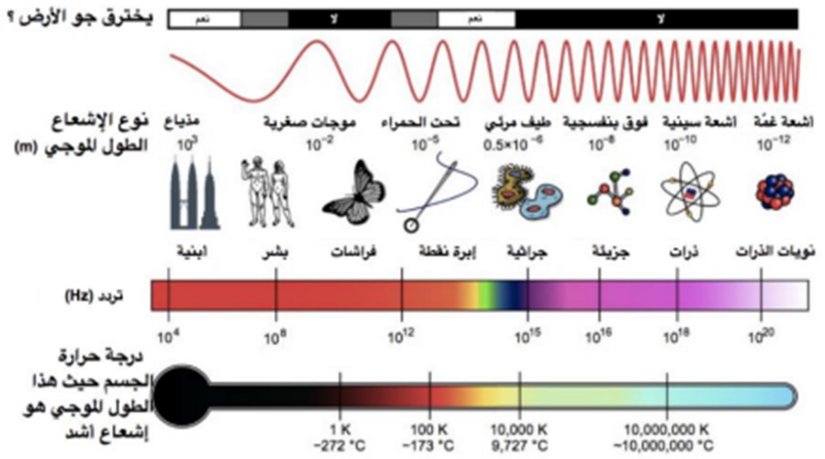
١. بالقرب من الأشعة فوق البنفسجية
٢. ضوء مرئي
٣. الأشعة تحت الحمراء
٤. الميكروويف

٥. موجات الراديو
٦. تردد منخفض جدا (VLF)
٧. تردد منخفض للغاية (ELF).
٨. الإشعاع الحراري [١٩].

١١.١. الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum

مصطلح عام يشمل جميع الترددات الممكنة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. ويُعرف الطيف الكهرومغناطيسي ايضاً يسمى عادة بالطيف فقط بخطوط الأشعة الصادرة من جسم أسود عند درجة حرارة معينة لكل خط طول موجة معينة وتردد معين. لكل عنصر كيميائي طيف يميزه، أي له مجموعة خطوط متسلسلة تميزه عن غيره، ويسمى هذا الطيف (طيف انبعاث). يتغير طيف الأشعة المنبعثة من جسم بتغير درجة حرارة الجسم، ويختار اللون الأسود بالذات لأنه مثالي» في امتصاص الأشعة ومثالي أيضا في إصدار الأشعة. يكون طيف العناصر عادة في نطاق الضوء المرئي. [٢٠]

يمتد الطيف الكهرومغناطيسي من الترددات المنخفضة مثل الترددات المستخدمة في الراديو، عبر الترددات المتوسطة مثل ترددات أشعة الضوء المرئي، إلى الترددات العالية مثل أشعة إكس، وينتهي بأشعة غاما. ويعتبر أن حد أقصر طول موجي هو طول بلانك، وأكبر طول موجي ممكن هو حجم الكون كله. (شاهد) علم الفضاء الطبيعي). [٢١]



الشكل (١.٩)

من اليسار إلى اليمين تقصر طول الموجة (متر) أشعة الراديو، موجات صغرية (ميكروويف)، أشعة تحت الحمراء، الضوء المرئي، أشعة فوق البنفسجية، الأشعة السينية، أشعة غاما. تردد الموجات الكهرومغناطيسية (هيرتز) يزداد تباعا من اليسار إلى اليمين. (قارن درجة الحرارة).

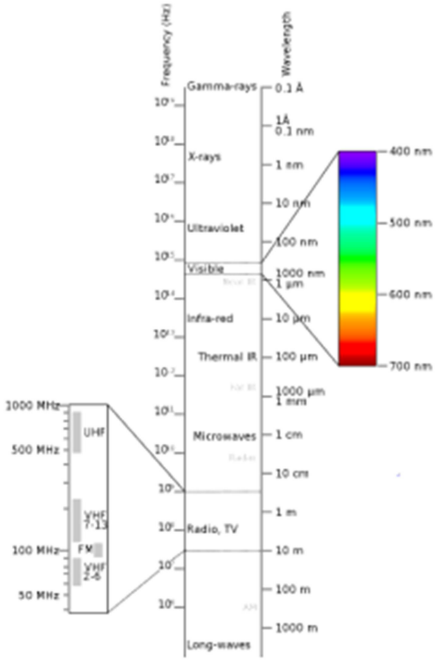
١.١١.١. نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum bands

نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي؛ يلاحظ أن الطيف المرئي يشكل جزءا صغيرا من الطيف الكهرومغناطيسي. (أطوال الموجات معطاة بالنانومتر(nm). [٢٢]

الطيف عبارة عن المجموعة الكاملة للأمواج الكهرومغناطيسية. ونهتم عادة في البحث العلمي بأطياف العناصر حيث يتميز كل عنصر بطيف مميز له مثل بصمة الإصبع عند الأشخاص، ويظهر في هيئة خطوط ضوئية متوازية متجاورة ذات ألوان مختلفة مميزة. وأطياف العناصر تقع بصفة أساسية في نطاق الضوء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي - بين الضوء الأحمر وله طول موجة نحو ٧٠٠ نانومتر والضوء البنفسجي وله طول موجة ٤٠٠ نانومتر (انظر الشكل أسفله). [٢٣]

ويتكون الطيف الكهرومغناطيسي من موجات ذات أطوال موجة مختلفة

١. موجات راديوية طول موجة بين ٥ و ٠ و ١ متر
٢. موجات صغرية طول موجة نحو ١ سنتيمتر
٣. أشعة تحت الحمراء طول موجة نحو ٩٠٠ نانومتر
٤. الطيف المرئي أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، بنفسجي أطوال موجات بين ٤٠٠ - ٧٠٠ نانومتر
٥. أشعة فوق البنفسجية طول موجة نحو ١٠٠ نانومتر
٦. أشعة السينية طول موجة نحو ١ نانومتر
٧. أشعة غاما طول موجة نحو ١ و ٠ أنجستروم وأقصر



الشكل (١.١٠)

نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي معطاة بالنانومتر أطوال الموجات (nm)؛ يلاحظ أن الطيف المرئي يشكل جزءا صغيرا من الطيف الكهرومغناطيسي

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من مجموعات من الموجات لها نفس الخصائص إلا أنها تختلف في أطوالها الموجية وفي ترددتها. كما في الشكل : [٢٤]

١- المجموعات اللاسلكية (الراديوية).
٢- الأشعة تحت الحمراء.
٣- موجات الطيف المرئي.
٤- موجات الأشعة فوق البنفسجية.
٥- موجات الأشعة السينية.
٦- موجات أشعة غاما.

١٢.١. انواع الانابيب المنتجة للأشعة السينية Types of tubes producing X-rays

بالإضافة إلى التصنيف الرئيسي لأنابيب الأشعة السينية بحسب مصعدها إذا كان ثابتاً أو دواراً فإن هناك عدة تصنيفات تندرج تحتا الأنابيب المولدة للأشعة تبعاً إما لتصميمها الداخلي أو لتحملها الحراري أو لطاقة الأشعة المولدة من خلالها للتصوير [٢٥].

١.١٢.١. أنابيب التصوير الشعاعي للثدي Mammography tubes

للتمكن من الرؤية العظمى للأنسجة الرخوة للثدي فإنه من الضروري أن يكون هناك وضوح كبير للصورة مع تباين واضح (Clear Contrast) لذلك فإن الأنبوب يجب أن ينتج حزمة أشعة X بطاقة منخفضة مع تركيز دقيق وبزمن تعرض قصير وجرعة للمريض منخفضة قدر الإمكان

٢.١٢.١. مصاعد أنابيب أشعة X ذات العمل الشاق (Heavy Duty)

مصعد أنبوب أشعة X ذو العمل اشاق له سعة تخزين حراري كبيرة جداً. تتم زيادة التحميل بزيادة قطر قرص الهدف لتكبير طول مسار الهدف كما يصنع القرص من عدد من المواد المختلفة لتشكيل ما يسمى قرص مركب. ويتم اختيار المواد تبعاً لخصائصها الفيزيائية، التنغستين والرينيوم كمادة لموجه الهدف، المولبيديوم مع كمية قليلة من التيتانيوم والزركونيوم كقسم مركزي والغرافيت كصفيحة خلفية.

٣.١٢.١. أنابيب أشعة X ثنائية الزوايا Bi-angle X-ray tubes

مثل هذه الأنابيب يكون وجه الهدف لها مشطوف الحافة لتأمين زاويتين مختلفتين، توجه إلكترونات المهبط من أحد الفتيلين إلى زاوية والإلكترونات من الفتيل الآخر إلى الزاوية الأخرى. من محاسن هذا الأنبوب أنه يؤمن الخيار بتحميل عالي مع مقاس البقعة المحرقية متوسط أو تحميل أقل مع بقعة محرقيه فعالة أصغر. من المفروض أن تتوضع الفتائل الواحدة فوق الأخرى بحيث إن البقعتين المحرقتين لن تتوضعا بنفس المكان داخل الأنبوب.

٤.١٢.١. أنابيب التصوير الشعاعي المجسم Holographic tubes

يعتمد مبدأ التصوير الشعاعي المجسم عن طريق تحريك محور الإشعاع الأنبوب عادي. وأنبوب الأشعة هو ثنائي الفتيل أحدهما يتوضع جانب الآخر وحزمة الإلكترونات من كل قسم موجهة إلى منطقة هدف مختلفة بحيث أن حزمة أشعة X المتولدة من أحد أقسام الفتيل ينتج صورة من جهة معينة والقسم الآخر ينتج صورة من جهة أخرى، عندما نرى هاتين الصورتين عبر زجاج ثلاثي الأبعاد فإنه يمكن رؤية منظر مجسم للعضو تحت التصوير.

١.١٢.٥. أنابيب التصوير الطبقي المحوري Computed tomography tubes

يتطلب أنبوب التصوير الطبقي المحوري زمن تعريض أطول من ذلك المستخدم لأغراض التصوير الشعاعي العامة.

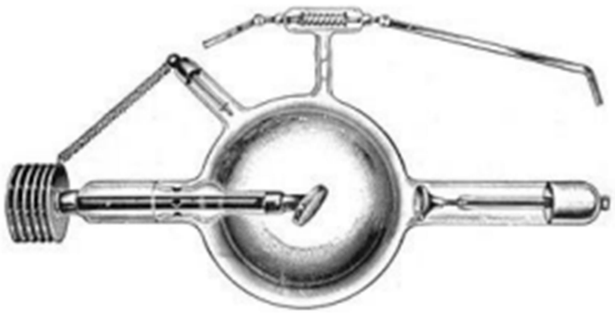
١.١٣. أنبوب الأشعة السينية X-ray tube

عبارة عن نوع خاص من الأنابيب أو الصمامات المفرغة التي تحول الطاقة الكهربائية الداخلة إلى أشعة سينية. تطورت أنابيب الأشعة السينية من أنبوب كروكس التجريبي، والذي جرى فيه اكتشاف الأشعة السينية أواخر القرن التاسع عشر بواسطة فيلهلم كونراد رونتغن. أدى تطوّر إنتاج أنابيب الأشعة السينية إلى جعل مصادر هذه الأشعة متوفرة من أجل الاستخدام في التصوير الشعاعي والتصوير المقطعي المحوسب بالإضافة إلى التطبيقات العملية كالكشف عن الأمتعة بالأشعة في المطارات، والتطبيقات العلمية كالاستخدام في دراسة البلورات بالأشعة السينية. أدى الطلب المتزايد على أنظمة التصوير المقطعي المحوسب عالية الأداء وتصوير الأوعية إلى تطوير أنابيب الأشعة السينية الطبية عالية الأداء.

١.١٣.١. أنبوب كروكس (أنبوب الكاثود البارد)Crocs Tube

تعمل أنابيب كروكس الإلكترونات اللازمة لتكوين الأشعة السينية عن طريق تأين الهواء المتبقي في الأنبوب، بدلاً من الشعيرات الساخنة، لذلك تخلو جزئيا ولكن لم يتم تفريغها بالكامل. وهي تتألف من لمبة زجاجية بضغط جوي يبلغ حوالي ٦-١٠ إلى ٥x١٠- ٨(٠.١ إلى ٠.٠٠٥ باسكال). تحوي لوحة كاثود من الألومنيوم في أحد طرفي الأنبوب، وهدف أنود بلاتيني في

الطرف الآخر. سطح الأنود مائلا بزاوية بحيث تشع الأشعة السينية عبر جانب الأنبوب الكاثود مقعر بحيث ركزت الإلكترونات على بقعة صغيرة ١ مم على الأنود، تقترب من مصدر نقطة للأشعة السينية، مما أدى إلى إنتاج صور أكثر وضوحًا. يحتوي الأنبوب على قطب كهربائي ثالث، وهو مضاد للكاثود متصل بالقطب الموجب. لقد حسنت إخراج الأشعة السينية، لكن الطريقة التي حققت بها ذلك غير مفهومة. استخدم الترتيب الأكثر شيوعًا صفيحة نحاسية مضادة للكاثود تشبه في بناء الكاثود بما يتماشى مع الأنود بحيث يكون الأنود بين الكاثود والكاثود المضاد للتشغيل، تم تطبيق جهد تيار مستمر من بضعة كيلوفولت إلى ما يصل إلى ١٠٠ كيلو فولت بين الأنودات والكاثود، والتي يتم إنشاؤها عادة بواسطة ملف تعريفي، أو للأنابيب الأكبر ، آلة كهروستاتيكية. كانت أنابيب كروكس غير موثوقة. بمرور الوقت، تمتص جدران الأنبوب الهواء المتبقي، مما يقلل الضغط. أدى هذا إلى زيادة الجهد عبر الأنبوب، مما أدى إلى توليد أشعة سينية «أصعب»، حتى توقف الأنبوب عن العمل في النهاية لمنع ذلك، تم استخدام أجهزة المنقي» (انظر الصورة). يحتوي أنبوب صغير متصل بجانب الأنبوب الرئيسي على غلاف ميكا أو مادة كيميائية تطلق كمية صغيرة من الغاز عند تسخينها، وتستعيد الضغط الصحيح. يتحول لون الغلاف الزجاجي للأنبوب إلى اللون الأسود أثناء الاستخدام بسبب تأثير الأشعة السينية على هيكله [26].

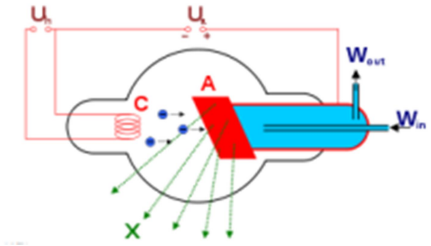


الشكل (١.١١)

جهاز المنقي يحتوي أنبوب صغير متصل بجانب الأنبوب الرئيسي على غلاف ميكا أو مادة كيميائية تطلق كمية صغيرة من الغاز عند تسخينها، وتستعيد الضغط الصحيح.

١.١٣.٢. أنبوب كوليدج أنبوب الكاثود الساخن Coolidge tube hot cathode tube

في أنبوب كوليدج، تنتج الإلكترونات عن طريق التأثير الحراري من خيوط تنجستن يتم تسخينها بواسطة تيار كهربائي. الفتيل هو من قطب الكاثود. يكون جهد الجهد العالي بين الكاثود والأنود، وبالتالي تتسارع الإلكترونات، ثم تصطدم بالقطب الموجب. يوجد تصميمان أنابيب النافذة الطرفية وأنابيب النوافذ الجانبية. عادة ما يكون لأنابيب النافذة الطرفية «هدف إرسال» وهو رفيع بما يكفي للسماح للأشعة السينية بالمرور عبر الهدف تنبعث الأشعة السينية في نفس اتجاه حركة الإلكترونات. في أحد الأنواع الشائعة من أنبوب النافذة النهائية، يكون الفتيل حول الأنود («حلقي» أو على شكل حلقة، والإلكترونات لها مسار منحني نصف حلقي). ما يميز أنابيب النوافذ الجانبية هو استخدام عدسة الكتروستاتيكية لتركيز الحزمة على بقعة صغيرة جدًا على الأنود. تم تصميم الأنود خصيصا لتبديد الحرارة والتأكل الناتج عن هذا الوابل المركز المكثف من الإلكترونات. يميل الأنود بزاوية دقيقة من ١ إلى ٢٠ درجة بعيدًا عن العمودي على تيار الإلكترون للسماح بهروب بعض فوتونات الأشعة السينية التي تنبعث بشكل عمودي على اتجاه تيار الإلكترون. يصنع الأنود عادة من التنجستن أو الموليبدينوم. يحتوي الأنبوب على نافذة مصممة للهروب من فوتونات الأشعة السينية المتولدة. تتراوح طاقة أنبوب Coolidge عادةً من ٠.١ إلى ١٨ كيلو واط. [٢٧]

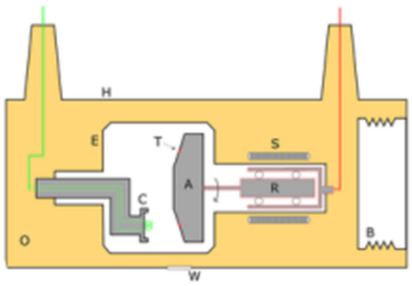


الشكل (١.١٢)

يوضح أنبوب أنبوب كوليدج

١.١٣.٣. أنبوب الأنود الدوار Rotary Anode Tube

يتم توليد قدر كبير من الحرارة في المنطقة البؤرية (المنطقة التي تضرب فيها شعاع الإلكترونات القادمة من الكاثود للأنود الثابت. بدلاً من ذلك، يتيح القطب الموجب الدوار الشعاع الإلكترون اكتساح مساحة أكبر من القطب الموجب، وبالتالي استرداد ميزة كثافة أعلى للإشعاع المنبعث، إلى جانب تقليل الضرر الذي يلحق بالقطب الموجب مقارنة بحالته الثابتة. يمكن أن تصل درجة حرارة البقعة البؤرية إلى ٢٥٠٠ درجة مئوية (٤٥٣٠ درجة فهرنهايت أثناء التعرض، ويمكن أن تصل مجموعة القطب الموجب إلى ١٠٠٠ درجة مئوية (١,٨٣٠) درجة فهرنهايت بعد سلسلة من التعرضات الكبيرة. الأنودات النموذجية هي هدف كل من التنجستن والرينيوم على قلب الموليبدينوم، مدعوم بالجرافيت. يجعل الرينيوم التنجستن أكثر مرونة ومقاومة للتآكل من تأثير حزم الإلكترون الموليبدينوم يوصل الحرارة من الهدف يوفر الجرافيت تخزينا حراريا للأنود، ويقلل من الكتلة الدوارة للأنود. [٢٨]



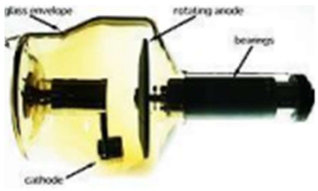
الشكل (١.١٣)

يوضح أنبوب الأنود الدوار

4.13.1. أنبوب الاشعة السينية (التركيز الدقيق)

تحتاج بعض فحوصات الأشعة السينية (على سبيل المثال، الاختبار غير المدمر والتصوير المجهري ثلاثي الأبعاد إلى صور عالية الدقة للغاية، وبالتالي تتطلب أنابيب الأشعة السينية التي يمكن أن تولد أحجاما بؤرية صغيرة جدا، وعادة ما يكون قطرها أقل من ٥٠ ميكرومتر. تسمى هذه الأنابيب أنابيب الأشعة السينية ذات التركيز الدقيق. هناك نوعان أساسيان من أنابيب الأشعة السينية ذات التركيز الدقيق أنابيب الأنود الصلب وأنابيب الأنود النفاث المعدني. إن أنابيب الأشعة السينية ذات التركيز الدقيق المصمت من الأنود تشبه إلى حد بعيد أنبوب كوليدج، ولكن مع التمييز المهم، فقد تم الحرص على أن تكون قادرة على تركيز شعاع الإلكترون في بقعة صغيرة جدا على الأنود. تعمل العديد من مصادر الأشعة السينية ذات الضبط البؤري الدقيق مع نقاط تركيز في النطاق من ٥ إلى ٢٠ ميكرومتر، ولكن في الحالات القصوى، قد يتم إنتاج بقع

أصغر من ١ ميكرومتر. العيب الرئيسي لأنابيب الأشعة السينية ذات التركيز الدقيق المصمت هو الطاقة المنخفضة جدا التي تعمل بها من أجل تجنب ذوبان الأنود، يجب أن تكون كثافة قدرة الحزمة الإلكترونية أقل من القيمة القصوى. هذه القيمة في مكان ما في النطاق ٠.٤-٠.٨ واط / ميكرومتر اعتمادًا على مادة الأنود. هذا يعني أن مصدر التركيز الدقيق المصغر للأنود الصلب مع تركيز شعاع إلكتروني ١٠ ميكرومتر يمكن أن يعمل بقوة في النطاق ٤-٨ واط [٢٩]



الشكل (١.١٤)

يمثل أنبوب الاشعة السينية (التركيز الدقيق)

Chapter Two

الاشعة السينيةX-ray

١.٢. التفاعل مع المادة Interaction with matter

تتفاعل الأشعة السينية مع المادة بثلاث طرق رئيسية، من خلال الامتصاص الضوئي، وتشتت كومبتون، وتشتت رايلي. تعتمد قوة هذه التفاعلات على طاقة الأشعة السينية والتركيب الأولي للمادة، ولكن ليس كثيرًا على الخواص الكيميائية، نظرًا لأن طاقة فوتون الأشعة السينية أعلى بكثير من طاقات الارتباط الكيميائي. يعد الامتصاص الضوئي أو الامتصاص الكهروضوئي آلية التفاعل السائدة في نظام الأشعة السينية الناعمة ولطاقات الأشعة السينية السفلية القاسية. في الطاقات الأعلى، يسود تشتت كومبتون.

١.١.٢. امتصاص كهروضوئي Photoelectric absorption

يتناسب احتمال الامتصاص الكهروضوئي لكل وحدة كتلة تقريبًا مع $Z3/E3$ ، حيث Z هو العدد الذري و E هي طاقة الفوتون الساقط. هذه القاعدة غير صالحة بالقرب من طاقات ربط الإلكترون الداخلية حيث توجد تغييرات مفاجئة في احتمالية التفاعل، تسمى حواف الامتصاص. ومع ذلك [30]، فإن الاتجاه العام المعاملات الامتصاص العالية وبالتالي أعماق الاختراق القصيرة ينقل الفوتون الممتص ضوئيا كل طاقته إلى الإلكترون الذي يتفاعل معه، وبالتالي يؤين الذرة التي يرتبط بها الإلكترون وينتج إلكترونا ضوئيا من المحتمل أن يؤين المزيد من الذرات في مساره. سوف يملأ الإلكترون الخارجي موقع الإلكترون الشاغر وينتج إما أشعة سينية مميزة أو إلكترون أوجيه يمكن استخدام هذه التأثيرات للكشف عن العناصر من خلال التحليل الطيفي بالأشعة السينية أو التحليل الطيفي الإلكتروني لأوجير.

٢.١.٢. نثر كومبتون Compton Prose

تشتت كومبتون هو التفاعل السائد بين الأشعة السينية والأنسجة الرخوة في التصوير الطبي. نثر كومبتون هو تشتت غير مرن لفوتون الأشعة السينية بواسطة إلكترون غلاف خارجي. يتم نقل جزء من طاقة الفوتون إلى إلكترون التشتت، وبالتالي تأين الذرة وزيادة الطول الموجي للأشعة السينية. يمكن للفوتون المبعثر أن يسير في أي اتجاه، ولكن من المرجح أن يكون الاتجاه مشابها للاتجاه الأصلي ، خاصة بالنسبة للأشعة السينية عالية الطاقة. تم وصف احتمالية زوايا التشتت

المختلفة بواسطة صيغة Klein-Nishina . يمكن الحصول على الطاقة المنقولة مباشرة من زاوية التشتت من الحفاظ على الطاقة والزخم. [31]

٣.١.٢. تشتت رايلي Riley's dispersion

نثر رايلي هو آلية الانتثار المرنة السائدة في نظام الأشعة السينية. يؤدي الانتشار الأمامي غير المرن إلى ظهور معامل الانكسا ، والذي يكون أقل بقليل من ١. [٣٢] بالنسبة للأشعة السينية.

٢.٢. وحدات قياس التعرض للاشعاع

تعرف وحدة التعرض للأشعة بالروتنجن (R) وهو تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية المؤدي إلى تحرر شحنة كهربائية واحدة بالوحدات الالكتروستاتيكية لكل سنتمتر مكعب واحد من الهواء في الأحوال القياسية لدرجة الحرارة والضغط الجوي. [33]

$$R = 2.58 * 10 * Coulomb/Kg\ of\ air$$

1.2.2 الجرعة الممتصة Absorbed Dose

هي معدل الطاقة المفقودة من قبل الأشعة لوحدة الكتلة:

$$D = \frac{E}{m}$$

حيث D تمثل الجرعة الممتصة

E معدل الطاقة المفقودة

m الكتلة

ان الوحدات القديمة للجرعة الممتصة هي (rad) والتي تمثل الأحرف الأولى للكلمات Radiation Absorbed Dose

$$١rad = 0.01\ J/Kg$$

أما الوحدات العالمية للجرعة الممتصة هي Gy (Gray)

$$1Gy = 1\,J/Kg \qquad 1Gy = 100\,rad$$

Gy: كمية الإشعاع الممتصة من جسم مادة حية أو جماد

٢.٢.٢. الجرعة المكافئة Equivalent dose

وحداتها القديمة (rem) وتمثل الأحرف الأولى من (Roentgen Equivalent Man) إن اختلاف اسلوب تفاعل الأشعة النووية مع المواد الحية يؤدي إلى تأثير حيوي (بايولوجي) مختلف.

لذلك اعتمدت الجرعة المكافئة والجرعة المكافئة هو حاصل ضرب الجرعة Dose (D) في عدد يمثل الأهمية البايولوجية النسبية أو التأثير النسبي للإشعاع الذي يسمى عامل النوعية (Q1) والذي تختلف تأثيراته على الجسم البشري باختلاف نوع الأشعاع وطاقته فمثلا بيتا الموجبة أكثر تأثيرا من بيتا السالبة بسبب ان البوزترون عندما يتفاعل مع الكترون ينتج اشعة كاما [34]

$$Dose\ Equivalent: DE\ (rem) = D\ (rad) * Q$$

نوع الإشعاع	Q (عامل النوعية)
جسيمات بيتا السالبة	1
أشعة كاما	1
بروتونا	10
جسيمات ألفا	20
نيوترونات سريعة	10

استبدلت الوحدات القديمة للجرعة المكافئة (rem) بالوحدات العالمية الجديدة Sivert (Sv)

$$Sivert = 100\,rem\ 1$$

يتعرض الإنسان سنويا إلى ٢.١ ميليسيفرت من الطبيعة، وإذا تعرض جسم الإنسان إلى ٢٥٠ ميلي سيفرت أو ٠.٢٥ سيفرت لفترة زمنية قصيرة يمكن أن يصاب بالأمراض التي تسببها الإشعاعات. [35]

٣.٢.٢. المبادئ الأساسية للتعامل مع المواد المشعة:

إن مبدأ Low Reasonably Achievable (ALARA) يعني تقليل التعرض للأشعة النووية إلى اقل ما يمكن، ويطبق هذا المبدأ في استعمال وخزن وتدريع المواد المشعة، وهناك ثلاثة قواعد لهذا المبدأ Shielding: (TDS-Time - Distance)

١. تقليل زمن التعرض (Time) إلى اقل ما يمكن معامل الزمن يمكن استغلاله بتقصير مدة التعرض.
٢. الابتعاد عن المصدر المشع أكثر ما يمكن Distance (قانون التربيع العكسي يوفر هبوطاً في جرع التعرض مع زيادة المسافة)
٣. استخدام التدريع الملائم (Shielding).

يعد التدريع قاعدة مهمة في مبدأ (ALARA) حيث يضمن (عند استخدام المادة المشعة او خزنها) تقليل التعرض إلى أدنى قيمة ممكنة والمحافظة على العاملين او عموم الناس من تأثيراته المضرة. وان اختيار المادة الملائمة للتدريع (نوعاً وسمكاً) يعتمد على نوع الإشعاع وطاقته ، فجسيمات ألفا وبسبب مداها القصير نسبياً يمكن خزنها في حاويات من مواد ذات سمك مناسب وقليلة العدد الذري . تتميز المواد المشعة لجسيمات ألفا بعدم وجود غلاف خارجي للمادة (لمنع حدوث الامتصاص في الغلاف) لذلك يجب الحذر عند استخدام المواد المشعة لألفا وعدم نقلها باليد أو لمسها ويفضل استخدام الملاقط والكفوف.[36]

أما المواد المشعة لبيتا (B) وبسبب تفاعلها مع المواد وإنتاجها لأشعة الكبح فأن تغليف المواد المشعة لبيتا يجب أن يكون أولا بمواد صغيرة العدد الذري مثل الألمنيوم وذلك لتقليل أشعة الكبح ثم بمواد ثقيلة مثل الرصاص لامتصاص أشعة الكبح. تستخدم عادة العلاقات التجريبية لمدى الفا وبيتا في المواد المختلفة لغرض حساب السمك الملائم للتغليف إلا أن مشكلة التدريع تظهر في التعامل مع الأشعة الكهرومغناطيسية والنيوترونات حيث لا يوجد لهما مدى محدد يمكن اعتماده

سمكاً لمادة التدريع وان تغير شدتها داخل المواد يتبع العلاقة { le = ١ - } حيث (س) هو معامل الامتصاص الخطي و (x) هو سمك المادة ، لذلك يتحتم ان يكون سمك التدريع محسوباً اعتماداً على السمك الملائم المؤدي إلى هبوط الجرعة بسبب الإشعاع إلى حد يقل عن الجرعة القصوى المسموح بها في تعليمات الوقاية من الإشعاع.[37]

٣.٢. إنتاج الأشعة السينية

يتم تكوين وصنع أشعة أكس داخل أنبوبة الأشعة x-ray tube.

1.3.2 مكونات أنبوبة الأشعة

1. أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء Vaccum Glass

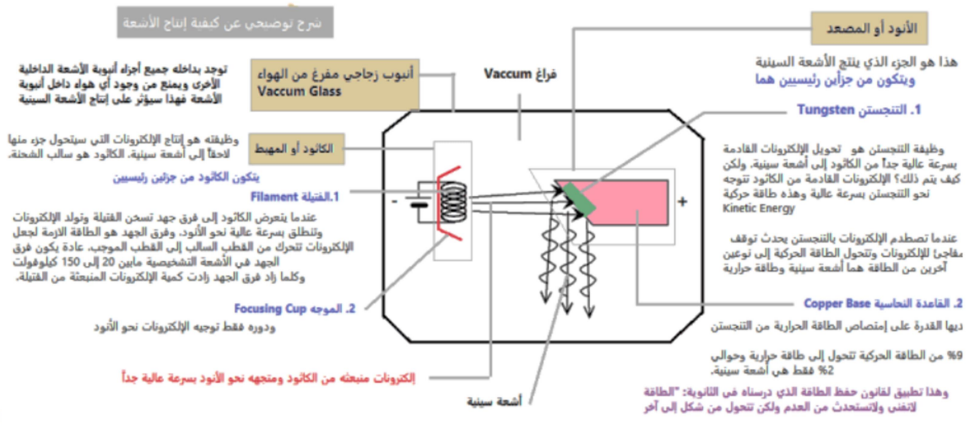
توجد بداخله جميع أجزاء أنبوبة الأشعة الداخلية الأخرى ويمنع من وجود أي هواء داخل أنبوبة الأشعة فهذا سيؤثر على إنتاج الأشعة السينية. [38]

٢. المهبط أو الكاثود Cathode

وظيفته هو إنتاج الإلكترونات التي سيتحول جزء منها لاحقاً إلى أشعة سينية الكاثود هو سالب الشحنة. يتكون الكاثود من جزئين رئيسيين: الأول هو الفتيلة filament عندما يتعرض الكاثود إلى فرق جهد تسخن الفتيلة وتولد الإلكترونات وتنطلق بسرعة عالية نحو الأنود. وفرق الجهد هو الطاقة الازمة لجعل الإلكترونات تتحرك من القطب السالب إلى القطب الموجب. عادة يكون فرق الجهد في الأشعة التشخيصية ما بين ٢٠ إلى ١٥٠ كيلو فولت kv. وكلما زاد فرق الجهد زادت كمية الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة الجزء الثاني هو الموجه focusing cup ودوره فقط توجيه الإلكترونات نحو الأنود.

3. المصعد أو الأنود Anode

هذا هو الجزء الذي ينتج الأشعة السينية. وهو يتكون من مادة التنجستن Tungsten. تصطدم الإلكترونات القادمة من الكاثود بمعدن التنجستن في الأنود مما يولد الأشعة السينية. الأنود هو موجب الشحنة. ويتكون الأنود من جزأين الأول كما ذكرنا سابقاً هو التنجستن. وظيفة التنجستن هو تحويل الإلكترونات القادمة بسرعة عالية جداً من الكاثود إلى أشعة سينية. ولكن كيف يتم ذلك؟ الإلكترونات القادمة من الكاثود تتوجه نحو التنجستن بسرعة عالية وهذه طاقة حركية Kinetic Energy. عندما تصطدم بالتنجستن يحدث توقف مفاجئ للإلكترونات وتتحول الطاقة الحركية إلى نوعين آخرين من الطاقة هما أشعة سينية وطاقة حرارية. تقريباً ٢% من الطاقة الحركية تتحول إلى أشعة سينية و ٩٨% تتحول لطاقة حرارية. وهذا تطبيق لقانون حفظ الطاقة الذي درسناه في الثانوية: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن تتحول من شكل إلى آخر". الجزء الثاني من أجزاء الأنود هو القاعدة النحاسية Copper Base ولديه القدرة على امتصاص الطاقة الحرارية من التنجستن. [٣٩]



الشكل (٢.١)

٢.٣.٢. عوامل التعرض :Factors Exposure

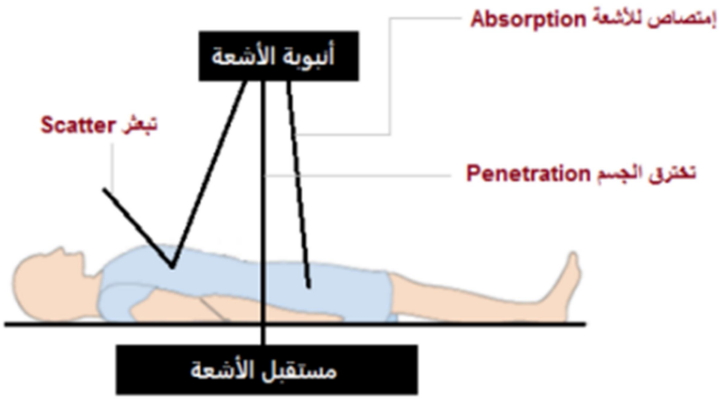
هي العوامل التي يمكن من خلالها التحكم بالأشعة الخارجة من أنبوبة الأشعة وهي ثلاث عوامل:

١. الكيلو فولت KV: هو فرق الجهد بين الكاثود والأنود خلال إنتاج الأشعة. وهو يتحكم بطاقة الأشعة السينية فكلما زاد الكيلو فولت زادت طاقة الأشعة. وكلما زادت طاقة الأشعة السينية زادت قدرتها على اختراق الأجسام. [٤٠]
٢. الميلي أمبير :mA كلما زاد الميلي أمبير زادت الإلكترونات المنبعثة من الكاثود إلى الأنود مما يؤدي إلى زيادة كمية الأشعة السينية.
٣. مدة إنتاج الأشعة: فكلما زادت مدة إنتاج الأشعة زادت معها كمية الأشعة وهي تقاس بالثانية.

2.2.2. التفاعل مع جسم الإنسان

Interaction of X-Ray with Matter

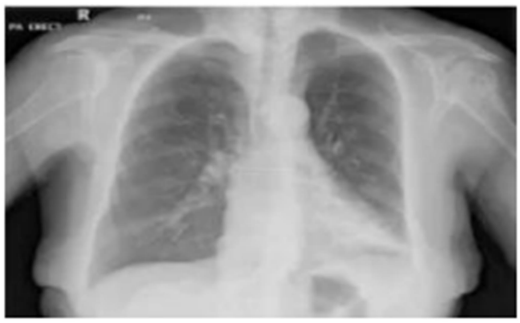
١. بعض من الأشعة السينية تخترق المريض نحو مستقبل الأشعة Penetration .
٢. بعض من الأشعة السينية تمتص في جسم المريض Absorption .
٣. بعض من الأشعة السينية يتبعثرScatter .



الشكل (٢.٢)

٤.٣.٢. كيف يتم تكوين صورة الأشعة

١. صورة الأشعة هي عبارة عن لونين أبيض وأسود مع تدرج الرمادي بينهما.
٢. كما ذكرنا سابقاً أنه من خواص الأشعة السينية أن تجعل الصورة سوداء. فكلما زاد وصول الأشعة لمستقبل الأشعة زاد السواد في الصورة.
٣. أنسجة جسم الإنسان ذات الكتلة أو العدد الذري القليل تسمح بمرور أكثر للأشعة مما يجعلها تظهر في صورة الأشعة سوداء أو غامقة.
٤. أنسجة جسم الإنسان ذات الكتلة أو العدد الذري الكبير تسمح بمرور كمية قليلة من الأشعة ولذلك فهي تظهر بيضاء أو فاتحة اللون في الصورة. على سبيل المثال العظام تظهر بيضاء في صورة الأشعة لأن كتلتها عالية فهي تمتص الأشعة أو تبعثرها والقليل من الأشعة يصل لمستقبل الأشعة.



الشكل (٢.٣)

الفصل الثالث

١.٣. المخاطر الاشعة السينية

مع التجريب الواسع النطاق للأشعة السينية بعد اكتشافها في عام ١٨٩٥ من قبل العلماء والأطباء والمخترعين، ظهرت العديد من القصص عن الحروق وتساقط الشعر والأسوأ من ذلك في المجلات التقنية في ذلك الوقت في فبراير ١٨٩٦، أبلغ البروفيسور جون دانيال والدكتور ويليام لوفلاند دودلي من جامعة فاندربيلت عن تساقط الشعر بعد أن خضع الدكتور دادلي للأشعة السينية.

تم إحضار طفل أصيب برصاصة في رأسه إلى مختبر فاندربيلت في عام ١٨٩٦ قبل محاولة العثور على الرصاصة، تمت محاولة إجراء تجربة، كان دودلي بتكريسه المميز للعلم [٤١] تطوع. أفاد دانييل أنه بعد ٢١ يوما من التقاط صورة لجمجمة دودلي مع وقت تعرض لمدة ساعة واحدة، لاحظ بقعة صلعاء بقطر ٥ سم (٢ بوصة) على جزء من رأسه بالقرب من أنبوب الأشعة السينية: "

تم تثبيت حامل اللوحة مع الصفائح باتجاه جانب الجمجمة ووضع عملة معدنية بين الجمجمة والرأس. تم تثبيت الأنبوب في الجانب الآخر على مسافة نصف بوصة [١.٣ سم] من الشعر. [٤٢]

في أغسطس ١٨٩٦، د. عانى هوكس، خريج كلية كولومبيا، لديه حروق شديدة في اليد والصدر من عرض الأشعة السينية. تم الإبلاغ عنه في مراجعة كهربائية وأدى إلى العديد من التقارير الأخرى عن المشاكل المرتبطة بالأشعة السينية التي يتم إرسالها إلى المنشور.

كما أبلغ العديد من المجربين، بما في ذلك إليهو طومسون في مختبر إديسون، وويليام ج. مورثون، ونيكولا تيسلا عن حروق. قام إليهو طومسون بتعريض إصبعه بشكل متعمد لأنبوب الأشعة السينية على مدار فترة من الوقت وعانى من الألم والتورم والتقرح.

تم إلقاء اللوم في بعض الأحيان على آثار أخرى للضرر بما في ذلك الأشعة فوق البنفسجية و (وفقًا لـ Tesla) الأوزون.

ادعى العديد من الأطباء أنه لا توجد آثار من التعرض للأشعة السينية على الإطلاق.

في ٣ أغسطس ١٩٠٥، في سان فرانسيسكو، كاليفورنيا، توفيت إليزابيث فليشمان، رائدة الأشعة السينية الأمريكية، من مضاعفات نتيجة عملها بالأشعة السينية.

طور Hall Edwards سرطانًا (يُطلق عليه لاحقا التهاب الجلد بالأشعة السينية) متقدمًا بدرجة كافية بحلول عام ١٩٠٤ ليجعله يكتب أوراقا ويلقي خطابات عامة حول مخاطر الأشعة السينية.

تم بتر ذراعه اليسرى من الكوع في عام ١٩٠٨ وأربعة أصابع على ذراعه اليمنى بعد ذلك بوقت قصير، ولم يتبق سوى إبهام. توفي بمرض السرطان عام ١٩٢٦ بيده اليسرى محفوظة في جامعة برمنجهام. [٤٣]

٢.٣. المخاطر كما هو الحال في العديد من جوانب الطب، هناك مخاطر مرتبطة باستخدام التصوير بالأشعة السينية، والذي يستخدم الإشعاع المؤين لتوليد صور للجسم. الإشعاع المؤين هو شكل من أشكال الإشعاع يحتوي على طاقة كافية لإحداث ضرر محتمل للحمض النووي. تشمل مخاطر التعرض للإشعاع المؤين ما يلي: [٤٤]

زيادة طفيفة في احتمالية إصابة الشخص المعرض للأشعة السينية بالسرطان في وقت لاحق من الحياة. (تتوفر معلومات عامة للمرضى ومقدمي الرعاية الصحية حول اكتشاف السرطان وعلاجه من المعهد الوطني للسرطان).

تأثيرات الأنسجة مثل إعتام عدسة العين، واحمرار الجلد، وتساقط الشعر، والتي تحدث عند مستويات عالية نسبيًا من التعرض للإشعاع وهي نادرة في العديد من أنواع فحوصات التصوير. على سبيل المثال، لا ينبغي أن يؤدي الاستخدام النموذجي لماسحة التصوير المقطعي المحوسب أو معدات التصوير الشعاعي التقليدية إلى تأثيرات الأنسجة، ولكن قد تكون الجرعة التي يتعرض لها الجلد من بعض إجراءات التنظير التداخلية الطويلة والمعقدة، في بعض الحالات، عالية بما يكفي لإحداث مثل هذه التأثيرات.

من المخاطر الأخرى للتصوير بالأشعة السينية التفاعلات المحتملة المرتبطة بعامل التباين المحقون عن طريق الوريد، أو "الصبغة"، والتي تستخدم أحيانًا لتحسين التصور.

خطر الإصابة بالسرطان من التعرض للإشعاع بالتصوير الطبي ضئيل بشكل عام، ويعتمد على:

١- جرعة الإشعاع - يزيد خطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة كلما زادت الجرعة وكلما زادت فحوصات الأشعة السينية التي يخضع لها المريض.

٢- عمر المريض - يكون خطر الإصابة بالسرطان على مدى الحياة أكبر بالنسبة للمريض الذي يتلقى أشعة سينية في سن أصغر منه بالنسبة لمن يستقبلها في سن أكبر.
٣- جنس المريض - النساء أكثر عرضة للإصابة بالسرطان المرتبط بالإشعاع على مدى الحياة مقارنة بالرجال بعد تلقي نفس التعرض في نفس الأعمار.
٤- منطقة الجسم - بعض الأعضاء أكثر حساسية للإشعاع من غيرها.

أحد تقارير مثل هذه التحليلات هو المخاطر الصحية من التعرض إلى المستويات المنخفضة من الإشعاع المؤين BEIR 2 VII Phase إخلاء مسؤولية الرابط الخارجي لجنة تقييم المخاطر الصحية من التعرض إلى المستويات المنخفضة من الإشعاع المؤين، المجلس القومي للبحوث). في حين أن أفراد أو حالات محددة قد لا تتناسب مع مثل هذه التعميمات، إلا أنها لا تزال مفيدة في تطوير نهج شامل للسلامة الإشعاعية للتصوير الطبي من خلال تحديد الفئات السكانية المعرضة للخطر أو الإجراءات عالية الخطورة. [٤٥]

نظرًا لأن مخاطر الإشعاع تعتمد على التعرض للإشعاع ، فإن الوعي بالتعرضات الإشعاعية النموذجية التي تنطوي عليها اختبارات التصوير المختلفة مفيد للتواصل بين الطبيب والمريض (للمقارنة بين جرعات الإشعاع المرتبطة بإجراءات التصوير المختلفة ، انظر: الجرعات الفعالة في الأشعة والطب النووي التشخيصي: كتالوج إخلاء مسؤولية الرابط الخارجي)

أكد المجتمع الطبي على تقليل جرعة الإشعاع في التصوير المقطعي المحوسب بسبب جرعة الإشعاع المرتفعة نسبيا الفحوصات التصوير المقطعي المحوسب (مقارنة بالتصوير الشعاعي وزيادة استخدامها ، كما ورد في تقرير المجلس الوطني للحماية من الإشعاع والقياسات (NCRP) رقم ١٦٠ نظرًا لأن تأثيرات الأنسجة نادرة جدا للاستخدام النموذجي للعديد من أجهزة التصوير بالأشعة السينية (بما في ذلك التصوير المقطعي المحوسب ، فإن مصدر القلق الأساسي لخطر الإشعاع لمعظم دراسات التصوير هو السرطان ؛ ومع ذلك ، فإن فترات التعرض الطويلة اللازمة لاختبارات التنظير التداخلي المعقدة وما ينتج عنها من جرعات عالية من الجلد قد تؤدي إلى تأثيرات الأنسجة ، حتى عندما يتم استخدام الجهاز بشكل مناسب. [٤٦]

٣.٣. التعرض الإشعاعي

يتعرض الإنسان للأشعة المؤينة وغير المؤينة في الحياة اليومية بقصد أو بغير قصد. وتتعدد مظاهر التعرض الإشعاعي من حيث كيفية التعرض وعلاقة المتعرض بمصدر الأشعة، وكثافة التعرض ومدته [٤٧].

كيفية التعرض يوجد نوعان من التعرض الإشعاعي خارجي وداخلي، ففي التعرض الخارجي، يكون مصدر الأشعة خارج الجسم، مثل: التعرض للأشعة السينية، أو الخلفية الإشعاعية البيئية، وأما في التعرض الداخلي فيكون مصدر الأشعة داخل الجسم، وهذا. لا يحدث إلا مع مصادر الأشعة النووية، مثل: النظائر المشعة لأشعة جاما. علاقة المتعرض بمصدر الأشعة قد يكون التعرض لفترات زمنية قصيرة لأسباب محددة كما في حالة الفحص بالأشعة أو العلاج الإشعاعي، حيث يستفيد المتعرض من الأشعة، أو يكون التعرض لفترات طويلة كما يحدث للمتعاملين مع مصادر الأشعة في كل المجالات سواء أكانت طبية أم صناعية أم علمية بحثية أم غيرها، ويسمى النوع الأول من التعرض التعرض الطبي»، في حين أن النوع الثاني يسمى «التعرض المهني».

كثافة التعرض: قد تكون كثافة أو شدة الأشعة التي يتعرض لها الأفراد قليلة أثناء فترة التعرض، كما يحدث أثناء تعامل المختصين مع مصادر الأشعة، وهي تعمل في ظروف تشغيل عادية مع تطبيق قواعد السلامة بقدر الإمكان، ويلحظ في مثل هذه الحالات أن الجرعة المكتسبة (الجرعة الإشعاعية الناتجة عن التعرض تكون في الحدود المقبولة المتعارف عليها دوليا.

وأما إذا كانت ظروف التشغيل غير عادية كما في حالة الحوادث الإشعاعية فيتلقى المتعرض كمية كبيرة من طاقة الأشعة في فترة زمنية قصيرة قد تستمر دقائق أو حتى ساعات معدل التعرض عالي جدا) ؛ ولذلك يسمى بـ «التعرض الحاد»، وتكون الجرعة المكتسبة في مثل هذه الحالات أعلى بكثير من الحدود المقبولة دوليا.

يُشكل متوسط الجرعة الإشعاعية من الأشعة السينية المستخدمة في المجال الطبي أكثر من النصف مقارنة بالمصادر الصناعية. فما الأضرار التي يمكن أن تنتج عن هذا الاستعمال الموسع. وهل مجرد استعمال الأشعة السينية يسبب أذى مهما صغرت الجرعة المكتسبة.

لاستنتاج الإجابة على هذين السؤالين ينبغي أولاً: التعرف على كيفية تفاعل الأشعة مع مكونات جسم الإنسان. ويختلف شكل جسم الإنسان وحجمه من شخص إلى آخر، ويشترك الجميع في تكون أجسامهم من مجموعة أجهزة هي الجهاز الهضمي، والجهاز التنفسي والجهاز الدوري... إلخ، حيث يضم كل جهاز عضوا أو أكثر، ويتكون العضو من أنسجة، وتتكون الأنسجة من الوحدات البنائية للكائن الحي وهي الخلايا الحية التي تتكون من نواة يحيط بها سيتوبلازم ومكونات أخري داخل غشاء الخلية وتحتوي نواة الخلية الحية على الكروموسومات ذات الأهمية الوراثية. وتتكون الكروموسومات من الحمض النووي DNA ، وهو جزيء كبير يتكون من آلاف الوحدات الصغرى التي تسمى القواعد

وتتكون القواعد من روابط كيميائية بين جزيئات صغيرة، وتمثل هذه الجزيئات ذرات مرتبطة ببعضها بعضا، إذا الجسم البشري يتمثل بمجموعة هائلة من الذرات المترابطة بطرق مختلفة وطبقا لأحدث الدراسات فإن جسم الإنسان البالغ الذي يزن ٧٠ كجم يحتوي حوالي ٦,٧x١٠ ذرة، تنتمي إلى ٦٠ عنصرًا كيميائيا. متوسط نسب تلك العناصر في كتلة الجسم، هي: ٦٥% أكسجين، و ١٨% كربون و ١٠% هيدروجين، و ٣% نيتروجين، و ١,٤% كالسيوم، و١,١% فسفور، و ٠,٢٥% بوتاسيوم ، و ٠,٢٥% كبريت، و ٠,١٥% صوديوم، و ٠,١٥% كلور، و ٧% عناصر نادرة باقي العناصر) [48].

وأما التركيب الجزيئي لكتلة الجسم ٨٠% ماء، و ١٥% بروتين، و ٢% دهون، و كربوهيدرات، و الحمض النووي DNA ، وأنواع أخرى من الجزيئات. ومن ثم فإن تفاعل الأشعة مع الجسم يعني تفاعل الأشعة مع ذرات الجسم وجزيئاته.

٤.٣. تفاعل الأشعة السينية مع المادة

تمتلك الأشعة السينية طاقة كامنة تتفاوت في القيمة تبعاً لمصدرها. وهذه الطاقة قد تنتقل إلى المادة التي تتفاعل معها. ويحدث التفاعل إما على هيئة امتصاص (انتقال الطاقة من فوتون الأشعة السينية إلى المادة الماصة ، أو تَبَعثُر (تشتت) . وعملية التبعثر هي العملية الأساسية المسئولة عن انحراف الأشعة عن مسارها الأصلي، ولكن كل العمليات أشكال عدة تعتمد على بعضها بعضا تحدث تأثيرات صحية مهمة قصيرة أو طويلة المدى، وذلك عند تعرض جسم الإنسان إلى الأشعة المؤينة عامة ومنها السينية، سواء أكانت الأشعة المميزة أو المستمرة [49].

٥.٣. أضرار الغشاء الخلوي المستحثة بالإشعاع

يعمل الغشاء البيولوجي كوسيط نوعي عالي الكفاءة بين الخلية أو العضيات الموجودة بها) والبيئة المحيطة. التغييرات التي تحدث في البروتينات التي تشكل جزءا من هيكل الغشاء يمكن أن تسبب تغيرات في نفاذيته للجزيئات المختلفة؛ مما يترتب عليه الكثير من المخاطر. فمثلاً: في حالة الخلايا العصبية، تؤثر هذه التغيرات على قدرة الخلية في توصيل النبضات الكهربائية. وأما في حالة lysosomes عضيات بالخلية تحتوي إنزيمات الهضم الجسيمات وتحليل الخلية بعد موتها ، فيمكن أن يؤدي الإطلاق الغير منظم للإنزيمات التقويضية catabolic enzymes في الخلية إلى نتائج كارثية. وقد أقترح أن الإشعاع المؤين يلعب دورًا في إتلاف غشاء البلازما، والذي قد يكون عاملاً مهماً في موت الخلايا (الموت اثناء الطور البيني interphase)[50]. death

Abstract

الـخلاصة

تستخدم تقنيات الكشف بالأشعة السينية أيضا للكشف عن العناصر الخطرة أو المحظورة عند فحص الطرود أو الحاويات أو المركبات. يعتمد نوع المادة التي يكتشفها كاشف الأشعة السينية على الطاقة التي يرسلها الجهاز أجهزة الكشف بالأشعة السينية قادرة على اكتشاف الأدوية والمواد المعدنية والمتفجرات وبعض المواد الغذائية. مثال على ذلك هو كاشف الأشعة السينية المحمول المستخدم في غرفة البريد لفحص العبوات بحثًا عن المتفجرات أو العناصر الخطرة الأخرى. يمكن لوحدات الأشعة السينية القياسية مسح الكائنات فقط ، ولكن ليس الأشخاص ، بسبب كمية الإشعاع الناتجة. ومع ذلك ، يتم اختبار وحدات الأشعة السينية منخفضة الجرعة في العديد من المطارات. تستخدم هذه الآلات ذات الجرعات المنخفضة تقنية التشتت الخلفي ، والتي تتيح الاستخدام الأمن لاكتشاف الأشعة السينية على البشر. سيعرض هذا النوع من الكاشفات جسم الإنسان تحت الملابس ويتطلب مسحًا أماميًا وخلفيًا لتقييم الفرد بشكل صحيح. هناك بعض المخاوف عند استخدام تقنية الأشعة السينية كطريقة للكشف الأول هو التعب الذي يعاني منه المشغلون عند النظر إلى شاشة الأشعة السينية لفترات طويلة من الزمن. يمكن التخفيف من ذلك عن طريق تدوير النوبات بشكل روتيني بناءً على فترات من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة بين المشغلين هناك مسألة أخرى مهمة للمشغلين وهي تفسير التقييم أثناء تحليل الصور. يمكن للأفراد ارتكاب

الأخطاء وغالبا ما يخطئون في تشخيص العناصر أو التغاضي عن الأشياء الخطرة. يمكن تقليل الأخطاء من خلال التدريب المناسب للموظفين واستخدام التدابير التصحيحية.

References

1. "الأشعة السينية". مديرية الرسالة العلمية. ناسا. مؤرشف من الأصل في ٢٠٢١-٤-١٤.

2 .Filer A (2009). "History, Development, And Impact Of Computed Imaging In Neurological Diagnosis And Neurosurgery: Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging, And DTI". Precedent Of Nature. Doi: 10.1038/Npre.2009.3267.5.

3 .Morgan W (1785-02-24). "Electrical Experiments Carried Out In Order To Ascertain The NonConductive Strength Of An Ideal Vacuum Cleaner, &C". Philosophical Transactions Of The Royal Society. Royal Society Of London. 75: 272-278. Doi: 10.1098/Rstl.1785.0014.

4 .Anderson, JJ (January 1945). "William Morgan And The X-Rays". Transactions Of The College Of Actuaries. 17: 219-221. Doi: 10.1017/S0071368600003001.

5 .Wyman. (Spring 2005). Fernando Sanford And The Discovery Of X-Rays. “Imprint,” From Associates Of The Stanford University Libraries: 5-15

6. X-Ray Source", Britannica, Retrieved 29-1-2022. Edited.

7. Brian Krans. X-Ray. Retrieved On The 12th Of December, 2020, From:

8. Oral Radiology – Principles & Interpretation (6th Edition) By While And Pharoah

9. Essential Of Oral And Maxillofacial Radiology By Freny R. Karjodkar

10. Radiation And Radiotherapy Book - Dr. Samir Netou

11. Radiation Book Using Multitasking X-Rays 2

12. Information on ionizing radiation at l.academicdirect.org". l.academicdirect.org. Archived from the original on 10-25-2020.

13. Information on ionizing radiation at datos.bne.es. datos.bne.es. 2018

14. Information about ionizing radiation at psh.techlib.cz. psh.techlib.cz 2020

15 .Information on non-ionizing radiation at britannica.com. britannica.com. Archived from the original on September 11, 2015.

16 .Information about non-ionizing radiation at d-nb.info. d-nb.info. Archived from the original on October 31.٢٠٢٠ ،

17 .Information on non-ionizing radiation at thes.bncf.firenze.sbn.it. thes.bncf.firenze.sbn.it. Archived from the original on October 31, 2020

18 .Information about non-ionizing radiation, its types, book 2016

19. Non-ionizing radiation - types and electromagnetic radiation book new edition 2021

20. Herschel Discovers Infrared Light. Cool Cosmos Classroom activities. Archived from the original on February 25, 2012. Viewed on 03-04-2013. He directed sunlight through a glass prism to create a spectrum

21 .He found that the temperatures of the colors increased from the violet to the red part of the spectrum. 2 p 22-9

22 .Herschel decided to measure the temperature just beyond the red of the spectrum in a region where no sunlight was visible. To his surprise, he found that this region had the highest temperature of all.

23 .What is Light? Archived December 5, 2013, on the Wayback Machine. University of California (Davis) lecture slides

24 .Mehta, Akul. "Introduction to the Electromagnetic Spectrum and Spectroscopy". Pharmaxchange.info .Archived from the original on January 20, 2018. View it on 2011-11-08.

25 .X-Ray Imaging Types, The New Update Article, The National Company 2002

26 .Pickering ،Martin. "An Informal History Of X-Ray Protection". Sci.Electronics.Repair FAQ. 2010

27 .Diagram Of Continuum And Characteristic Lines محفوظة نسخة February 23, 2008،

28" .X-Ray Tube Heating And Cooling". Sprawls.Org. 20-2.-2222 بتاريخ عليه اطلع .٢.-.٢-٢٢٢..

29 .Perry Sprawls, Ph.D. X-Ray Tube Heating And Cooling, From The Web-Based Edition Of The Physical Principles Of Medical Imaging, 2nd Ed.

30 .Bushberg, Jerrold T.; Seibert, J. Anthony; Leidholdt, Edwin M.; Boone, John M. (2002). The Essential Physics Of Medical Imaging. Lippincott Williams & Wilkins. P 31 .Bushberg, Jerrold T.; Seibert, J. Anthony; Leidholdt, Edwin M.; Boone, John M. (2002). The Essential Physics Of Medical Imaging. Lippincott Williams & Wilkins. P. 38

32 .Attwood, David (1999). "3". Soft X-Rays And Extreme Ultraviolet Radiation. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-65214-8. Archived From The Original On 2012-11-11. Retrieved 2012-11-04,

33.https://www.profstelmark.com/Registry_Review/RADIOBIOLOGY.ppt%20:%20Radiobiology,%2015/ 03/2014.

34 .M. T. Burrows, et. al., The Chemical and Biological Changes Induced - Equivalent dose - by X-rays in Body Tissues, Radiology, Vol. 11, Nov. (1928) pages 370

35 .Chemical elements listed by ionization energy, 15/03/2014.I.ppt: Interaction of Radiation with Matter ،

15/03/2014.

36 .http://epswww.unm.edu/xrd/xrdclass/02-Rad-Safety.pdf: The Interaction of X-rays with Matter and Radiation Safety (2012), Shielding

37 .The Interaction of X-rays with Matter and Radiation Safety (2018), Shielding

38. X-ray production - (2009). Glass Vaccum.

39 .X-ray production - (2016). Glass tube anode or anode A

40 .X-rays: Exposure Factors, Physics Book 9 - 20 p

41 .E. L. Alpen, Radiation Biophysics, 2nd Edition, Chapter 16: Radiation Exposure from Natural Background and Other Sources, Chapter 4: Interaction of Radiation with Matter, Elsevier Inc(١٩٩٨) .

42 .M. Kaneko, Contribution of high natural background radiation area studies to an evolved system of radiological protection, International Congress Series, Vol. 1276 (2005) pages 162–165.

43 .J. H Hendry, et. al., Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks?, J. Radiol. Prot., Vol. 29 (2009) pages A29–A42

44.

http://www.upei.ca/~phys221/mbrookshaw/Ionising_Radiation/%20ionising_radiation.html%20:%20Ionizing%20Radiation,%2015/03/2014.

45 .
http://en.wikipedia.org/wiki/Composition_of_the_human_body%20:%20Composition%20of%20the%20human%20body,%2015/03/2014.

46 .F. H. Attix, Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Chapter 7: Gamma- and XRay Interactions in Matter, WILEY-VCH Verlag.(٢٠٠٤) ،

47 .E. B. Douple, et.al., Long-term Radiation-Related Health Effects in a Unique Human Population :Lessons Learned from the Atomic Bomb Survivors of Hiroshima and Nagasaki, Disaster Med Public Health Preparedness, Vol. 5, Mar. (2011) pages S122 - S133.

48 .L. T. Dauer, et. al., Review and evaluation of updated research on the health effects associated with lowdose ionizing radiation, Radiat Prot Dosimetry, Vol. 140, Jul. (2010) pages 103 - 136.

49 .http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/ionization-energy.%20htm%20:%20Chemical%20elements%20listed%20by%20ionization%20energy,%2015/03/2-014.

50 .M. T. Burrows, et. al., The Chemical and Biological Changes Induced by X-rays in Body Tissues ،Radiology, Vol. 11, Nov. (1928) pages 370 – 378