جمهوريه العراق

وزاره التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

الاشعة السينية وخصائصها

بحث مقدم

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة.. قسم الفيزياء

كجزء من اكمال متطلبات نيل شهادة البكلوريوس في الفيزياء

تقدم به محمد رحيم عبد الرضا

أشراف / م.دلال حسن

1444هـ **2023م**

أهداء

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار.. إلى من علمني العطاء بدون انتظار.إلى من أحمل أسمه بكل افتخار..... والدي العزيز

إلى ملاكي في الحياة.. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني.. إلى بسمتي في

الحياة وسر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى

الحبايب... أمي الحبيبة

إلى من هم اقرب أليّ من روحي... إلى من شاركوني حضن الأم وبهم استمد

عزتي واصراري إخوتي وأخواتي

إلى الشموع التي احترقت من أجل أن تنير لنا الطريق، إلى من شجعني ووقف بجانبي

حتى نهاية الطريق... أساتذتي تقديرا ووفاء.

شكر وتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد

إلى وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة .....إلى جميع أساتذتنا الأفاضل

الباحث : محمد دحيم

فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ ۗ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ

مِن قَبْلِ أَن يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ ۖ وَقُل رَّبِّ

زِدْنِي عِلْمًا

طه114

الفهرست

الفصل الاول ٦

الاشعاع..... ٧
1.1 النشاط الإشعاعي و الإشعاع ٧
1.2 أنواع الإشعاع ٩
1.3اثار الاشعاع ١١
1.4 فسيولوجية الإنسان و كيفية دخول المواد المشعة ١٤
1.5أنواع الأضرار الصحية الناتجة من التعرض الإشعاعي ١٥
1.6 العوامل التي تزيد من احتمالية حدوث أثر ناتج من التعرض لجرعات منخفضة..... **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
1.7 العوامل التي تحدد تأثير الأشعة على الجسم..... **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

الفصل الثاني..... ٢٥

2.1الاشعة السينية وخصائصها ٢٥
2.1 اكتشاف الاشعة السينية ٢٥
2.2 استخداماتها ٢٦
2.3 ما هية الاشعة السينية..... ٢٧
2.4 انواع الاشعة السينية..... ٣١
2.5 طرق إنتاج الأشعة السينية وقياسها ٣٣
2.5.1.المحولات ٣٥
2.5.2 مولدات فان دي غراف ٣٦
2.6 خطورة الأشعة السينية ٤٠
2.7 الوقاية من الاشعة السينية ٤١

المصادر 27

المقدمة....

•ألاشعة السينية X-RAY هي نطاق من الطيف الكهرومغناطيسي RADIATION ELECTROMAGNETICوتقع بين أشعة جاما GAMMA RAYS العالية الطاقة ، واألشعة فوق البنفسجية ULTRAVIOLET RAYS االقل في الطاقة . وبالتالي فهي أشعة غير مرئية ، ألن طاقة فوتوناتها أكبر من طاقة االشعة المرئية بكثير مما يعني أن ترددها كبير وطولها الموجي قصير. واألشعة السينية ذات أطوال موجات في نطاق ٨-١٠ CM ولذلك يعبر عنطول الموجة في نطاق ألاشعة السينية بوحدات ألانجستروم (ANGSTROM) A وتنتج ألاشعة السينية ، عندما يسقط الشعاع الكهرومغناطيسي على المادة ، فتمتص جزيئات المادة ألاشعة السينية ، مما يؤدي الى حدوث انتقاالت إليكترونيه بين مستويات الطاقة TRANSITIONS ELECTRONIC في الذرات المكونة لجزيئات المادة ، كالتي تحدث عند امتصاص ألاشعة فوق البنفسجية أو المرئية. ولكن هنا تكون الطاقة أعلى بكثير – مع مالحظة وجود تغيرات تذبذبية ودورانية أيضا في جزيئات المادة. والمعروف أن االلكترونات تشغل مستويات طاقية أو مدارات مختلفة حول النواة في الذرة

الفصل الاول

الاشعاع

1.1 النشاط الإشعاعي و الإشعاع : النشاط الإشعاعي هو ظاهرة تنتج عن عدم استقرار نويدات بعض الذرات و يتمثل في الانبعاث التلقائي للإشعاعات نتيجة للتحويلات أو الانتقالات النووية ، وقد تكون الإشعاعات مثل جسيمات آلفا و بيتا أو البروتونات أو النيوترونات أو انوية اصغر كما في حالة الانشطار النووي أو موجات كهربية ومغناطيسية فائقة القصر مثل أشعة جاما ، ويقصد أيضا بالإشعاع انبعاث و انتشار الطاقة خلال الفضاء أو الوسط المادي و ينقسم الإشعاع إلى نوعين[1] :

1- الإشعاع الجسمي و فيه تنتقل الطاقة بواسطة الجسيمات السيارة .

2- **الإشعاع الكهرومغناطيسى** وهو شكل لانتقال الطاقة يرتبط بتردد هذا الإشعاع و شدته على المستويات الذرية فالإنسان يعيش في بحر الأشعة فكل شئ حوله ينبعث منه إشعاعات و تنبعث الأشعة المؤينة في الطبيعة من الصخور و التربة و الأشجار حتى بعض المواد داخل جسم الإنسان فيتعرض الإنسان في حياته اليومية للأشعة الكونية من الفضاء الخارجي و من الشمس ،كما تجد المصادر الإشعاعية الصناعية مجالا كبيرا في الاستخدام في حياة الإنسان اليومية .ويعتبر النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية لبعض ذرات العناصر غير المستقرة و تنطلق في هذه العملية الطاقة الداخلية الفائضة في صورة إشعاعات . وفى محاولة معرفة الصفات الخاصة بالمواد المشعة سنتعرف على بعض الأساسيات عن تركيب الذرة .[2]

١.الذرة

المادة في ابسط صورها توجد في صورة ذرات و تعتبر الذرة وحدة أساسية للمادة و تتركب من نواة محاطة بعدد من الإلكترونات و يعتبر الإلكترون جسيما صغيرا جدا وكتلته صغيرة جدا و يحمل شحنة سالبة و تعتبر الإلكترونات هي الأجزاء المسؤولة عن النشاط الكيميائي

للمـادة علـى سـبيل المثـال الاحـتراق و الـذوبان و تـدور الإلكترونـات حـول النـواة مثلما تدور الكواكب حول الشمس[٣]

٢.النواة

تعتـبر النـواة ذات كثافـة عاليـة و يوجـد عليهـا شـحنات وجبـ ة و تمثـ ل خـ واص النـ واة في مكوناهتـا مـن البروتونـات والنيترونـات وكـل بروتـون يحمـل شـحنة موجبـة بينمـا لاتحمـل النيترونـات أي شـحنات (متعادلـة كهربيـا) و تتحـدد الخصـائص الإشـعاعية لأي ذرة بعـدد البروتونـات والنيوترونـات داخـل نـواة الـذرة ونـادرا مـا تلعـب الإلكترونـات الموجـودة في الـذرة جـزءا مـن الخصـائص الإشـعاعية للـذره وطريقة التمييز بين ذرة و أخرى هي أن تحدد عـدد البروتونـات في كـل نـواه و يعتـبر عـدد البروتونـات محـددا ويطلـق عليـه العـدد الـذرى و يرمـز لـه بـالرمز Z وعلـى سـبيل المثـال فـان ذرة تحتوى فقط علـى بروتـون واحـد يكـون عـددها الـذرى ١ و ذرة أخـرى تحتـوى علـى ثمانيـة بروتونـات يكـون عـددها الـذرى ٨ وهكذا.[٧]

٣.العناصر

إن الذرات التي لها نفس العدد الذرى تتجمع مع بعضها و تسمى عناصر و يتعرف على العناصـر بأسمائهـا علـى سـبيل المثـال فـأن العنصـر الـذي يحتـوى علـى عدد الذرات عددها ٨ هو الأكسجين و هناك عدد من العناصر المعروفة في الطبيعة يصل عددها إلى ١٠٣ عنصر

٤.النظائر

تحتوى ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات إلا قد تحتوى على أعداد مختلفة من النيترونات و يعنى هذا أن العـدد الـذرى للعنصـر الواحـد لا يتغير في حين يتغير العدد الكتلى تبعا لعدد النيترونات و يقال في هذه الحالة أن العنصر الواحد له عدة نظائر . وعمومـا يمكـن أن يوجـد العنصـر في الطبيعـة في شـكل خلـيط مـن بعـض نظـائره أمـا بعضـها الآخـر فـلا يوجـد في الطبيعـة و إنمـا يمكـن إنتاجـه صـناعيا باسـتخدام المفاعلات أو المعجلات النووية .[٩]

٥.الإشعاع واضمحلال المواد المشعة

يطلق على العناصر أو المواد التي تحتوى على نويدات غير مستقرة و لها خاصية الاضمحلال و المواد المشعة هي المواد التي تنبعث منها أشعة مؤبنة . فترة نصف العمر هي الفترة الزمنية اللازمة لتصل كمية المواد المشعة إلى نصف كميتها الأصلية و ذلك عن طريق الاضمحلال الإشعاعي و فترة العمر تتغير طبقا لنوعية المواد المشعة فبعض هذه العناصر المشعة لها فترة نصف عمر عبارة عن جزء من الثانية و البعض الآخر من المواد المشعة تكون فترة نصف العمر آلاف السنوات .

٦.الخلفية الإشعاعية الطبيعية و المصنعة

- الخلفية الإشعاعية الطبيعية[١]

الأشعة المؤبنة الكونية هي عامل بيئي هام يتعرض له الإنسان دائما و تتكون هذه الأشعة المؤبنة الطبيعية من أجزاء مختلفة و من مصادر مختلفة و جزء من هذا الإشعاع يتولد في الفضاء الخارجي للكون و **بالتالي** يخترق منطقة الغلاف الجوى و يصل إلى سطح الكرة الأرضية و هي ما تسمى بالأشعة الكونية ، وجزء آخر من الأشعة المؤبنة يرفع قيمة الخلفية الإشعاعية بتولده على سطح الأرض من خلال اضمحلال المواد المشعة التي تتواجد على سطح الأرض و تسمى الأشعة الأرضية و هذه المواد المشعة تدخل جسم الإنسان طبقا للدورة الغذائية و تسمى الأشعة الداخلية وتتغير الأشعة الطبيعية من مكان إلى آخر و قيمة الأشعة الكونية تزداد بزيادة الارتفاع إلى أعلى و الأشعة الأرضية كما سبق ذكره تعتمد على مكان وجودها وقيمة ما يوجد من مواد[١٠]

مشعة داخل الأرض . وعموما فان الجرعة المكافئة للإنسان لا يجب أن تزيد عن قيمة تتراوح من ٣٧.٠ - ٢ مبللي سيفرت و على هذا فيجب أن تحدد كل بلد قيمة الجرعة المكافئة طبقا للخلفية الإشعاعية الطبيعية و طبيعة العمل بالمنشآت النووية التابعة لها

- النشاط الإشعاعي التصنيعي

طبقا للتطور التكنولوجي الكبير في مجالات نووية كثيرة فقد استخدمت المواد المشعة و المصادر المشعة و مصادر أشعة اكس في مجالات كثيرة و بالتالي فان الإنسان فيجب أن يتعرض لهذه الأشعة المؤبنة إلا بقيم محددة .

1.2 أنواع الإشعاع

و تنقسم الإشعاعات إلى قسمين رئيسيين الإشعاعات غير المؤينة و المؤينة :

1- الإشعاعات الغير مؤينة : مثل أشعة الميكروويف التي تستخدم في الطهي و الأمواج التي تنطلق من[٤] الإرسال الإذاعي و التلفزيوني و الأشعة الفوق بنفسجية تحت الحمراء و اجملالات المغناطيسية و الكهربية .

2- أما الأشعة المؤبنة : فتتمثل في تلك الأنواع المرتبطة بالصناعة النووية و لكن بجانب ذلك توجد مصادر أخرى عديدة لهذه الأشعة مثل :

- جسيمات آلفا .

- جسيمات بيتا .

- أشعة جاما .

- الأشعة السينية (أشعة اكس) .

- النيوترونات .

و تعتبر هذه الإشعاعات ضارة و يختلف كل منها في لطريقة التي يتفاعل بها مع الأنسجة الحية

جسيمات آلفا : مشعات آلفا عبارة عن نواة ذرة الهليوم وتخرج مشعات آلفا من الذرات المشعة أثناء اضمحلال نويدات الذرات الثقيلة و تقل قوهتا وطاقتها باختراقها للمواد و مدى اختراق مشعات آلفا يقل عن ١٠ سم و تعتبر جسيمات آلفا ذات قدرة نفاذية ضعيفة و يمكن إيقافها بوضع شريحة رفيعة من الورق في مسار الجسيمات ولا تخترق الطبقة السطحية للجلد و على الجانب الآخر فأن جميع العناصر التي تشع جسيمات آلفا لها سمومية عالية و شديدة و لاتمثل هذه الجسيمات خطورة نتيجة التعرض الخارجي و لكن تتمثل خطورهتا عن طريق الاستنشاق أو البلع أي التعرض الداخلي[٩]

جسيمات بيتا : هي عبارة عن إلكترونات سريعة و يعتمد مدى اختراق جسيمات بيتا على الطاقة المحملة عليه ويمكن لجسيمات بيتا أن تخترق جلد الإنسان نظرا لصغر كتلتها وكبر طاقتها كما أن لها قدرة ضعيفة على الاختراق ولكنها ذات نفاذية اكبر من جسيمات آلفا و يمكن إيقاف مسارها باستخدام شريحة رفيعة من معدن أو طعة من البلاستيك أو الملابس و تتمثل خطورة جسيمات بيتا في قدرهتا على اختراق الأنسجة الحية نتيجة لطاقتها العالية لذلك فهي تعتبر كمصدر للتعرض لخارجي و يمكن أن تسبب حروقا للجلد و تختلف شدة الإصابة هبا على درجات متفاوتة على حسب طاقتها[١١] .

أشعة جاما و الأشعة السينية (أشعة اكس) : أشعة جاما عبارة عن موجات كهر ومغناطيسية لها طول موجة قصير جدا و تردد عالي جدا و لها مقدرة اختراق عالية جدا خلال المواد الثقيلة و الأشعة السينية (أشعة اكس) هي أيضا أشعة كهر ومغناطيسية مثل أشعة جاما لها طول موجة قصير و تردد عالي و تختلف قوة وطاقة الأشعة السينية باختلاف مصدر انطلاقها فهي ليست جسيمات و لكن أمواجا شبيهة بأمواج الضوء ولها قابلية كبيرة جدا على اختراق المواد و تتولد عندما تصطدم إلكترونات لها طاقة عالية و بسريعة كبيرة بمادة صلبة و نتيجة هذا التصادم تثار ذرات مادة الهدف و تظهر هذه الاستثارة على شكل أشعة سينية و يتكون طيف الأشعة السينية من خطوط طيفية مميزة تعتمد على نوع مادة الهدف ويمكن إقلال طاقات هذه الأشعة باستخدام مواد لها عدد ذرى عالي أو اسماك مختلفة كبيرة و يستخدم الرصاص و الصلب و الأسمنت والباريت المسلح و الحديد المسلح بالأسمنت كحواجز وقائية للحماية من هذه الإشعاعات و مع ةأن العلماء يضعون فروقا بين أشعة جاما والأشعة السينية فان هذه الفروق تتمثل في أن أشعة جاما اكثر طاقة و بالتالي اكثر نفاذية وعند استخدام الماء أو الهواء أو الألومنيوم كحواجز وقائية فتقل كمية الإشعاع بحد ضئيل جدا و يجب أن نعين كمية الإشعاع لتحديد السمك المناسب و المادة المناسبة[١٢]

النيوترونات : سلك النيوترونات سلوكا مشاهبا لأشعة جاما حيث أن النيوترونات لها قابلية للاختراق و لذلك تستخدم المواد ذو العدد الذرى الصغير مثل الماء و البولي ايثيلين و الأسمنت المسلح و الحديد و الرصاص كحواجز وقائية هامة في مثل هذا الشأن[١٣]

جسيمات البوزيترون (بيتا الموجبة) : و هي عبارة عن إلكترونات سريعة محملة بشحنة موجبة و من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية فتسلك البوزيترونات مسلك جسيمات بيتا تماما .

النيترونات : النيترونات هي عبارة عن جسيمات متعادلة الشحنة و لها وز ن يعادل تقريبا وزن ذرة الهيدروجين و النيترونات لها خاصية اختراق المواد و أيضا جلد الإنسان.

1.3اثار الاشعاع : يمكن أن يسبب التعرض للإشعاع بجرعات عالية آثار تظهر من الناحية السريرية لدى الأشخاص المعرضين للإشعاعات بعد وقت قصير من التعرض مثل الغثيان أو احمرار الجلد ، أو في الحالات الشديدة أعراض حادة وتسمى هذه الآثار " أثار قطعية "لانها تحدث بصورة حتمية إذا تجاوزت الجرعة المستوى الحدي كن أن يحدث الإشعاع أيضا آثار جسدية مثل الأورام الخبيثة التي تظهر بعد فترة كمون ويمكن كشفها في اجملموعات السكانية بالطرق الوبائية ويفترض أن يحدث هذا على مدى النطاق الكامل للجرعات دون وجود

مستوى حدي ، وقد تبين إحصائيا وجود آثار وراثية تعزى إلى التعرض للإشعاع في ثدييات أخرى ويفترض ا تحدث أيضا في الإنسان وتسمى هذه الآثار التي يمكن كشفها بالطرق الوبائية وهي الأورام الخبيثة و الآثار الوراثية " آثار عشوائية " بسبب اعتمادها علي المصادفة . وتحدث الآثار القطعية بسبب عمليات مختلفة أهمها موت الخلايا وتأخير انقسامها نتيجة تعرضها لمستويات عالية من الإشعاع و إذا كان الإشعاع مركز بقدر كاف فقد يضعف وظيفة النسيج المتعرض وتزداد شدة الأثر المؤكد لدى الفرد المتعرض كلما تجاوزت الجرعة المستوى الحدي لحدوث هذا الأثر ، وقد تظهر الآثار العشوائية إذا حدث تحور في[٩] الخلية المشعة دون أن تقتل ، وقدتتطور الخلايا المتحورة بعد عملية طويلة إلى سرطان و مع تضاؤل الجرعات فان آليات الجسم الخاصة بالتحديد والدفاع تجعل هذه النتيجة غير محتملة إلى حد كبير غير أنه لا يوجد ما يدل علي أن هناك حدا للجرعة لا يمكن للسرطان أن يحدث دونه ويزداد احتمال الإصابة بالسرطان كلما زادت الجرعات ، لكن شدة أي سرطان ناشئ من التشعيع لا تتوقف علي الجرعة وإذا كانت الخلية التي أتلفها التعرض للإشعاع خلية جرثومية وظيفتها نقل الشفرة الوراثية الذرية فانه يمكن تصور ظهور آثار وراثية متنوعة في ذرية الشخص الذي تعرض للإشعاع وعلي الأرجح أن تتناسب الآثار العشوائية مع الجرعة المتلقاه وذلك بدون مستوى حدي للجرعة . بالإضافة إلى الآثار الصحية المذكورة أعلاه يمكن حدوث آثار صحية في الرضع بسبب تعرض الأجنة للإشعاع ، وتشمل هذه الآثار زيادة احتمال الإصابة [١٠] بسرطان الدم وكذلكالإصابة بالتخلف العقلي الشديد والتشوهات الخلقية إذا تجاوز التعرض القيم الحدية للجرعات في فترات معينة من الحمل ، ونظرا لأنه[٦]

يفترض وجود احتمال ضعيف لحدوث الآثار العشوائية ـ تى عند أقل الجرعات فان هذه المعايير تشتمل نطاق الجرعات بأكمله وذلك بدف تقييد أي ضرر إشعاعي يمكن أن يسببه . و تعدد جوانب مفهوم الضرر الإشعاعي يجعل من غير المستوصب اختيار أي كمية واحدة لتمثله لذلك تقوم هذه المعايير على مفهوم الضرر كما جاء في توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات ICRP و الذي يتضمن بالنسبة للآثار العشوائية الكميات التالية :

- احتمال حدوث سرطان مميت يعزى إلى التعرض للإشعاعات

- الاحتمال المرجح للإصابة بالسرطان غير مميت .[١٢]

- الاحتمال المرجح لحدوث آثار وراثية شديدة وطول الفترة المفقودة من العمر إذا حدث الضرر .

و من ذلك نجد أن التأثير النهائي للتعرض الإشعاعي يعتمد على استجابة الخلايا المكونة للنظام النسيجي لكل عضو متعرض للأثر الإشعاعي ويؤدى هذا الأثر إلي إصابات خلوية معقدة ومتعددة

الدرجات سواء لحدوث التدمير البيوكيميائى الجزئي في الخلية أو تدمير جزيئات ذات أهمية خاصة مثل الأحماض النووية RNA – DNAأو فقد القدرة على التكاثر للخلايا المنقسمة أو التأثير على الكفاءة الوظيفية للخلية أو النهاية الوظيفية للخلية . هذا و يعتمد التدمير البيولوجي للخلية على جرعة ومعدل جرعة الإشعاع فكلما زادت الجرعة أو معدلها زاد التدمير للخلية و تؤدى الجرعات القاتلة إلي القضاء على الخلية ، وكلما زاد عدد الخلايا المعرضة لهذه الجرعات القاتلة في الأنسجة المختلفة وبالتالي الأعضاء المختلفة زاد الأثر الباثولوجي على الكائن . و تعتمد نماذج الأمراض الناشئة عن هذا الفشل الخلوي أو تعرض الخلية لجرعات قاتلة على العوامل المختلفة التي تؤثر على استجابة الخلية تجاه الإشعاع والاستجابة الخلوية للتعرض الإشعاعي . هذا و تحدد ميكانيكية الاستجابة العضوية[١١] للجرعات العالية طبقا لنظام التكاثر الخلوي للعضو المتأثر إذا ما كان له نظام تجديد خلوي سريع أو بطئ وكذلك تحدد طبقا للاستجابة الإشعاعية له ، ويحدث القضاء النهائي على الخلية في العضو بعد التعرض الإشعاعي الحاد لجرعات كبيرة من الإشعاع و تؤدى إلي ما يعرف بأعراض الإشعاع الحاد المحددة بجرعة إشعاعية معينة ، وتعتمد نوعية هذه الأعراض على قيمة الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الجسم و العضو المتأثر وحجم الجسم المتعرض ، وهذا يؤدى لتعرض الجسم لجرعات اقل من القاتلة أو صغيرة إلي حدوث نماذج مرضية حادة . و مع هذا فمن المحتمل حدوث تدمير لمكونات الخلية أو للجزيئات المسؤولة عن التمثل الطاقى أو فقد الأنزيمات الخلوية أو آثار على التركيبالخلوي الوراثي و ميكانيكية التدمير الخلوي له طبيعة مزمنة و متأخرة الحدوث و تتميز هذه التأثيرات بفترة تأخير من وقت التعرض كما قد تحدث بعد تعرض متكرر لجرعات من الإشعاع و تخضع هذه التأثيرات لقانون الاحتمال . و بناء على ما سبق من اعتبارات أولية فأن التأثيرات الإشعاعية على الإنسان يمكن تصنيفها إلي نوعين من التأثيرات اعتمادا على معيار التصنيف المستخدم .[٧]

التصنيف الأول

يستخدم قيمة الجرعة الإشعاعية و حجم الجسم المتأثر و تقسم إلي :

1- تأثيرات نتيجة لتعرض حاد و تظهر خلال أيام أو أسابيع بعد التعرض الحاد لجرعة إشعاعية عالية و يتعرض فيها الجسم كله أو حجم كبير من الجسم أو عضو له أهمية خاصة .[١٥]

2- تأثيرات ذات طبيعة متأخرة و التي تظهر بعد فترة تأخير لمدة عدة سنوات بعد التعرض لإشعاع منخفض المستوى .

التصنيف الثاني

يستخدم الحد الأدنى للجرعة و هو الأحدث و ألا دق حيث يعتمد على مبدأ الحد الأدنى للجرعة التي تسبب استجابة مؤثرة و هذا يعنى وجود أو عدم وجود حد معين من الجرعة الإشعاعية لحدوث تأثير و يطلق على التأثير الإشعاعي الناتج عن حد أدني من الجرعة الإشعاعية .[١٦]

1.4 فسيولوجية الإنسان و كيفية دخول المواد المشعة : إن معرفة فسيولوجية الإنسان (وظائف أعضاء جسم الإنسان و أجهزته المختلفة) ضرورية لفهم طرق و صول المواد المشعة لأعضاء الجسم و تو زيعها داخله و عموما يتكون جسم الإنسان من عدة أعضاء و أجهزة يقوم كل منها بوظيفة معينة. تفاعل الاشعاعات مع الخلية : ند سقوط الإشعاعات المؤينة علي الخلية فأا تؤدى إلي تأين بعض مكوناهتا و خصوصا جزيئات الماء الذي يمثل الجزء الأكبر في أي خلية حية و يؤدى تأين جزيئات الماء إلي حدوث تغيرات كيميائية تؤدى بدورها إلي إحداث تغيرات في تركيب ووظيفة الخلية ويمكن أن تظهر نتائج هذه التغير ات في الإنسان في شكل أعراض إكلينيكية كالمرض الإشعاعي Sickness Radiation أو إعتام عدسة العين Cataract أو في الإصابة بالسرطان علي المدى الطويل . وهكذا تؤدى الإشعاعات المؤينة إلي إتلاف Damage الخلية من خلال عدة مراحل مختلفة و معقدة .[١٧]

١-المرحلة الفيزيائية و هي تتم خلال زمن قصير جدا ١٠– ١٦ثانية و فيها تنقل الطاقة من الإشعاعات إلي جزيئات الماء بالخلية و التأين .

٢-المرحلة الفزيوكيميائية و هي تتم خلال زمن قصير ١٠-٦ ثانية بعد حدوث التأين و يحدث خلالها تفاعل الأيونات الموجبة و السالبة مع جزيئات الماء فينتج

عدة مركبات جديدة .

٣-المرحلة الكيميائية .

٤-المرحلة البيولوجية .

المرحلة البيولوجية : يتراوح زمن هذه المرحلة بين عدة دقائق و عدة عشرات السنوات و تبداء في هذه المرحلة ظهور آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت للخلية و بعض هذه الآثار هي : -

١-موت الخلية .

٢-منع أو تأخر انقسام الخلية أو زيادة معدل انقسامها .

٣-حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا إلي الخلايا الوليدة .

وهكذا فأن الأثر الإشعاعي علي الإنسان و الكائنات الحية الأخرى ناتجة عن إتلاف الخلايا .

تطور الإصابة إلي مستوى الخلايا و الأنسجة و الأعضاء

التغيرات التي تحدث للجزيئات الكيمائية تشكل الأساس الذي يترتب عليه تطور و ظهور الآثار الإشعاعية في الخلايا و الأنسجة و يتوقف حجم ونوعية و شدة هذه الآثار على عوامل كثيرة تخص النظام البيولوجي المتعرض للإشعاع و تخص أيضا النظام الفيزيائي للأشعة الساقطة بكل جوانبه وجميع الأساسيات في هذا الشأن تقع تحت أسس البيولوجيا الطبية الإشعاعية التي تدرس بالتفصيل تطور الإصابة من تغيرات في الجزيئات الكيمائية إلي آثار تشكل خللا في الخلايا و الأنسجة و الأعضاء الذي لا ينعكس على الجسم كله و جميع مراحل تطور الإصابة مرتبط بعوامل كيمائية و فسيولوجية ووظيفة ومناعية كثيرة ومرتبطة بالأجهزة الكلية المسيطرة على كافة النظم البيولوجية في الجسم و على رأس العوامل المسيطرة علي تطوير الإصابة الإشعاعية و ظهورها هو مقدار الجرعة الإشعاعية الذي تعرض لها الجسم و حجم الحيز المتعرض من الجسم[١٨]

1.5أنواع الأضرار الصحية الناتجة من التعرض الإشعاعي : تنقسم الآثار المرضية الناتجة من التعرض الإشعاعي إلى خمس أنواع رئيسية هي: -

الآثار الوراثية ، تشوهات في الجنين ، الطفرات في الجينات ، الآثار الحادة التحديدية ، الآثار المتأخرة الاحتمالية و يتضمن ذلك الآثار الناتجة عن التعرض الإشعاعي الداخلي و فيما يلي ملخص لأهم الخواص لكل نوع على حدة .[١٩]

١.الآثار الوراثية

وهذه الآثار هي التي تنتقل إلي الأبناء من الأباء الذين حدث فيهم أثر إشعاعي في خلايا المناسل وقد تظهر هذه الآثار الوراثية في الجيل الأول أو في الأجيال التالية و قد تظهر في الصفات الخارجية للفرد أو قد تكون كامنة و تعتبر هذه الآثار متأخرة تخضع لقانون الاحتمال و معظمها آثار ذات صفات متنحية وتفيد الدراسات أن هذه الآثار نادرة الحدوث في الإنسان حتى ألان و لكنها درست في حيوانات التجارب .

٢.تشوهات الجنين

وهذه الآثار الناتجة عن التعرض الإشعاعي للجنين أثناء فترة التكوين و النمو داخل رحم ألام و يتوقف درجة و نوعية الأثر الناتج على مقدار الجرعة الإشعاعية وضا على الفترة الزمنية لعمر الجنين و هتـ تم

جميـ ع الـ دوائر العلميـة هبذا الشـأن و التوصـيات الدوليـة تمنـع التعـرض الإشـعاعي لمنطقـة الـبطن والحـوض للمـرأة الحامـل خلال التسعة اشهر للحمل و حتى الولادة و تعتبر المدة طوال فترة الحمل مرحلة يكون فيها الجنبن ذات حساسية و استجابة عالية للأثر الإشعاعي نظـرا لمعـدلات الانقسام العالية للخلايا و عمليات التميز و التحول وباقي العمليات المعقدة الدقيقة جدا التي تتم أثناء تكوين الجنـين و تعتـبر جميـع أنسـجة الجنـين ذات حساسـية عالية للضرر الإشعاعي وخاصـة أنسجة الجهاز العصبي و الهيكل العظمى و العضلات في مرحلة تكـوين الأعضـاء في الجنـين وأنسـجة خلايـا نخـاع العظـم وغيرهـا في مرحلة نمو الجنين .[٢٠]

٣.الآثار على الجينات

وهذه الآثار تنتج من التعرض الإشعاعي للمادة الجنينية (الأحماض النوويـة) وخاصـة المـادة المكونـة للمشـط الـوراثي الـتي تمثـل الشـفرة الوراثيـة ، وتسـمى هـذه الآثـار في المشط الوراثي طفرات إشعاعية وتعرف الطفرة با تغير ثابت في الصفات الكيمائية و الفيزيائية و الوظيفية و التركيبية للأحماض النووية. وتنقسم هذه الآثار إلي طفرات في الجينات واصـابات في تركيـب المشـط الـوراثي وخطـورة هـذه الطفـرات قـد تشـكل [٢١]أسـاس لتطـور غـير سـليم للخليـة الـتي يحـدث فيها هذه الطفرات ،وهذه العلاقة علاقة احتمالية عشوائية ومن بين هذه الطفرات ما هو مميت للخلية ومنها مـا يعطـى إشـارات غـير صـحيحة نتيجـة الشـفرة الخطـأ الناتجة من وجود الطفرة .[٢٢]

٤.الآثار الحادة التحديدية الغير عشوائية : هذه الآثار تحدث عادة بعد التعرض لجرعة إشعاعية عالية نسبيا تبدأ بعتبة للجرعة في حـدود ٢-٥,١ جـراى للجسم كلـه أو حجـم كبـير للجسـم ، وهـذا التعـرض يحدث من جراء ظروف غير عادية مثل الحوادث الإشعاعية أو النووية مختلفة الحجم ،واحتمـال حـدوث مثـل هـذه الآثـار الحـادة صـفر عنـد الجرعـات المنخفضـة الـتي تكـون دون الجرعـة العتبـة بكثـير ومـن خـواص هـذه الآثـار مصـحوبة بنسـبة كبـيرة لوفـاة الخلايـا المتجـددة أو بتغـيرات فسـيولوجية ووظيفـة في الخلايـا الثابتـة ، وكـل نسيج من أنسجة هذه الخلايا المختلفة يحتاج إلى جرعة إشعاعية معينة لحدوث الأثـر الإشـعاعي الحـاد في هـذا النسـيج و عنـد التعـرض الإشـعاعي لكامـل الجسـم أو الحجـم الأكـبر مـن الجسـم (الجـذع و الصـدر و الـرأس) لجرعـة عاليـة (الجرعـة العتبـة و اكثـر) ، تبـدأ ظهـور أعـراض مرضـية تتفـق مـع جهـاز الجسـم الأكثـر إصـابة بالجرعة وتتفق أيضا مع مقدار الجرعة وهناك ثمانية مظاهر مرضية مطابقة لأجهزة الجسم وهي : -

١ .الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا نخاع العظام .[٢٣]

٢ .الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز الهضمي .

٣ .الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة القلب و الأوعية الدموية .

٤ .الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز التنفسي .

٥ .الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز العصبي المركزي .

وجميع هذه الحالات يصحبها حروق إشعاعية في الجلد و هبوط شديد في وظيفة جهاز المناعة و بعض حالات الاضطراب النفسي و ظهور أي من هذه الحالات المرضية يتوقف على صفة الخلايا المكونة لأنسجة الجهاز (خلايا متجددة مثل خلايا نخاع العظم و خلايا الجهاز الهضمي) . أوخلايا ثابتة مثل خلايا القلب و الجهاز التنفسي و الجهاز العصبي و يتوقف أيضا علي مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة ففي حالة أنسجة الخلايا المتجددة تكون الجرعة العتبة اللازمة من ٢-٥ جراى و في حالة أنسجة الخلايا الثابتة تكون الجرعة العتبة اللازمة من ٧-١٠ جراى و تقدر الجرعة الإشعاعية المميتة للإنسان حوالي ٥-٧ جراى لكامل الجسم .[٢٥]

٥.الآثار المتأخرة الاحتمالية العشوائية (الاستوكاستيكية)

هذه الآثار تظهر متأخرة بعد التعرض الإشعاعي لجرعة منخفضة بدرجات معينة من الاحتمالية و ظهور هذه الآثار غير مرتبط بحد أدنى للجرعة واحتمالية الظهور موجود مع أي جرعة إشعاعية من مصدر إشعاعي من صنع أو تدخل الإنسان . وهذه الآثار لها فترة كمون لكي تظهر من ١٠-٢٥ سنة و قد دلت الدراسات أن الحدث المسبب لهذه الآثار هو إصابة ابتدائية في جزئي كيمائي ذات أهمية خاصة في الخلية مثل الأحماض النووية أو الجزيئات المكونة للجهاز الجدارى للخلية و هذه الإصابة تتطور مع الوقت حتى تظهر في هيئة وضع مرضى معين وهناك الكثير من العوامل الغير معروفة و الاستفسارات حول تطور مثل هذه الحالة و لهذه الأسباب سميت هذه الآثار احتمالية وعشوائية . ومن أهم أمثلة هذه الآثار المتأخرة الاحتمالية هو التحول السرطاني للخلايا و الأنسجة و الشيخوخة المبكرة و عتامة عدسة العين و النقص في الخصوبة وتعتبر جميع مراحل تطور هذه الآثار ناتجة عن عمليات بيولوجية عشوائية احتمالية لاتحديدية إطلاقا لحدوثها و قد وضعت الهيئات الدولية علاقة أساسية تربط بين الجرعة الإشعاعية المنخفضة و بين احتمال حدوث أثر إشعاعي متأخر .[٢٥]

٦.التأثيرات اللاعشوائية الحادة

تظهر هذه التأثيرات اللاعشوائية في حالات التعرض لطاقة عالية من الإشعاع المؤين خلال وقت قصير أو متوسط في أي عضو أو نسيج و قد تصل الجرعة إلى ٢ جراى أو اكثر و غالبا ما يكون ذلك في أعقاب حادثة إشعاعية أو خطاء بشرى جسيم . الأعضاء و الأنسجة التي تتعرض لهذه التأثيرات هي نخاع العظام – الرئة – الغدة الدرقية تتأثر تأثيرا رئيسيا ، و يمكن تعرض أعضاء أو أنسجة أخرى مثل الجهاز الهضمي اقل تأثيرا أي غير مميتة وكل هذا يتوقف على عتبة التعرض dose Threshold ، وقد ثبت من الناحية البيولوجية أن الجرعة اللازمة لإحداث اثر معين تختلف عندما يغطى بصورة مجزأة أو موزعة على الزمن ويعتمد تأثير تجزئة الجرعة على النسيج المتأثر من المهم تعيين الفترات الزمنية التي يحسب لها مجموع الجرعات من اجل تقدير التأثيرات اللاعشوائية ويرجح أن تسبب الجرعات الموزعة على الزمن معدل حدوث اقل للتأثيرات اللاعشوائية . من أمثلة التعرض الحاد :[٢٧]

٧.**تعرض الجسم :** كله بعد التشعع الحاد للجسم كله ترتبط التوقعات الانذارية بشكل مباشر بالجرعة التي تلقاها جهاز تكوين الدم أي نخاع العظام وهو أحد اكثر أجهزة الجسم حساسية وهو مصدر معظم الخلايا الدوارة مثل الخلايا الليمفاوية المحببات و الكريات الحمراء و الصفائح الدموية . في خلال أربع ساعات من التشعيع ينخفض عدد الخلايا الليمفاوية و عدد الخلايا الأخرى في بضعة أيام و ذلك للتعرض لجرعة تتراوح من ٣-٥ جراى وعند تعرض الجسم لجرعة ٢ جراى مرة واحدة خلال فترة قصيرة يبدأ خطر الموت ، و تكون الأعراض السريرية شديدة دائما و تزداد مع زيادة الجرعة وتظهر هذه الأعراض وهي شدة و تواتر الاضطرابات الدموية في خلال أسبوع إلى أسبوع ونصف و تتميز بانخفاض عدد الخلايا الليمفاوية و المحببات والصفائح ، وتصل عدد الخلايا الليمفية بسرعة إلى حد أدنى و يكون التعرض اشد خطورة كلما كان ميل هذا الانخفاض اشد حدة[٢٦]

٨.**تعرض الرئتين :** لرئة هي اكثر أعضاء الصدر حساسية و بالرغم من احتياطاهتا الوظيفية الكبيرة فأن أنسجتها لا تتوفر فيها سوى احتمالات ضعيفة للتجدد بعد فقد كمية كبيرة من الخلايا أثر الجرعة للضرر غير المميت تزيد من ٥ جراى و الجرعة المميتة تبلغ ١٠ جراى ، ويظهر التهاب الرئة المتسبب عن الإشعاع بعد التعرض ببضعة أسابيع أو اشهر و موت الخلايا و التقشر الخلوي و إفراز الفبرين في الحجيرات الهوائية و تلف في الشعيرات والأوردة الدموية الدقيقة وأثره الرئيسي غير المميت الذي يظهر هو التليف الرئوي الناشئ من تلف الشعيرات الدموية الدقيقة ، و يتأثر تكون الآفات بشدة بمدة التشعيع و سرعته وحجم العضو الذي تعرض للإشعاع ويقدر أن خطر الوفاة نتيجة تعرض الرئتين ابتداء من جرعة تقدر بنحو ١٥ جراى يتلقاها العضو بأكمله .

٩.**التأثيرات العشوائية المتاخرة**

ربما تكون التأثيرات العشوائية جسيمة أو وراثية فاحتمالية ظهور التأثيرات العشوائية قد تظهر متأخرا و قد يمتد إلى عشرات السنين و ليست لها عتبة محددة للتعرض ممكن حدوثها أو عدم حدوثها أي أن فرصة التأثيرات احتمالية . الجرعات المنخفضة لا ينتج عنها تأثيرات ملحوظة خلال فترات قصيرة و لكن على مر الوقت يلاحظ أن هذه التأثيرات ترتبط بالتغيرات التي تحدث في تركيب DNA لنوايا الخلايا (DNAهي أحماض أمينية تحمل الصفات الوراثية) ، و يوجد احتمالية أن جرعة إشعاعية عالية أو حتى جرعة إشعاعية ضعيفة جدا تستطيع أن تضر الخلية و تحول الخلية الطبيعية بتغير DNA إلى خلية سرطانية ، و التأثيرات العشوائية ليس لها عتبة محددة للتعرض و يمكن أن تكون عدة وحدات من ملليسيفرت لمكافئ الجرعة الفاعلة .[٢٧]

١٠. التأثيرات البيلوجية :

١.تأثير الأشعة على الجلد :

يعتبر الجلد أول الأنسجة و أكثرها شيوعا لتأثير الإشعاع حيث يكون الجلد هو الممر المباشر لمرور الأشعة الخارجية و يعتبر مجرد احمر ار الجلد عند تعرضه للإشعاع مؤشرا لجرعة الإشعاع المعرض لها الجلد و لا يعتبر مقياسا للجرعة الإشعاعية .[١٥]

٢.الأثر النسبي البيولوجي

يختلف التأثير البيولوجي الناتج في جسم الإنسان عن نفس الجرعة الممتصة باختلاف نوع الإشعاعات .فمثلا التأثير البيولوجي الناتج عن جرعة مقدارها ١ جراى من النيوترونات السريعة اكبر من التأثير الناتج عن نفس الجرعة من الإشعاعات السينية بمقدار عشر مرات لذا يعرف التأثير البيولوجي النسبي (E B R) انه النسبة بين قيمة الجرعة الممتصة من إشعاعات جاما عند طاقة معينة إلى قيمة الجرعة الممتصة من النوع[١٩]

الآخر من الإشعاعات بحيث يكون التأثير البيولوجي الناتج عنهما واحد و يختلف الأثر البيولوجي النسبي لأي نوع من الإشعاعات باختلاف طاقة هذه الإشعاعات و كذلك باختلاف العضو البشرى .

العوامل التي تساعد في تأثير الأشعة على الجلد : يختلف تأثير الأشعة على الجلد طبقا للعوامل التالية :

١ -الجرعة الممتصة من الجلد و هذه تعتمد على نوع الإشعاع الخارجي المستخدم " أشعة سطحية – متوسطة – عميقة – فوق العميقة " .

٢ -حساسية الجلد للإشعاع و هذه تعتمد على : -

- لون الجلد المعرض فالجلد الأبيض اكثر تأثرا بالإشعاع عن الجلد الأسود .

- مكان التعرض حيث يكون تأثير الإشعاع اشد في الأماكن التالية :

المناطق من الجلد الرطبة أو المعرضة للاحتكاك مثل الإبط – منطقة الأعضاء التناسلية .

ا لجلد المغطى مباشرة للعظام و الغضاريف مثل الأنف و الأذن و مقدمة الساق .

المناطق ذات التدفق المحدود من الدم مثل ظهر كف اليد و القدم و الجزء الأوسط من الظهر .[٢٦]

٣ -زمن التعرض كلما زاد زمن التعرض للإشعاع كلما كان التأثير البيولوجي اشد و العكس صحيح .

٤ -حجم الجزء من الجلد المعرض كلما زادت المساحة من الجلد المعرضة للإشعاع و كانت الجرعة الإشعاعية الممتصة عالية و كان زمن التعرض لمدة طويلة كان التأثير البيولوجي اكثر و اشد .

٥ -العمر السني للشخص المعرض حيث يتلا حظ أن الجلد المعرض للإشعاع لصغار السن اقل تأثيرا و اكثر سرعة في الشفاء من آثار التعرض الإشعاعي عنه بكبار السن و يرجع ذلك إلي حيوية الجلد المعرض و كثرة تدفق الدم .

٦ -الحالة الصحية للجلد المعرض فكلما زادت حيوية الجلد المعرض للإشعاع و كانت نسبة الدم عالية و خلاياه تحتوى على نسبة عالية من الأكسجين كلما كان التأثير البيولوجي للإشعاع اقل كذلك فأن الجلد المصاب بفقر الدم أو الذي لا يتدفق إليه الدم بكميات مناسبة لأي أسباب مرضية تكون نسبة الأكسجين بخلاياه محدودة فيكون معرضا لتغيرات بيولوجية عند تعرضه للإشعاع .

٣.تأثير الإشعاع على

- الجهاز الهضمي (تجويف الفم – الحلقوم – الغدد اللعابية – الغدد المخاطية – المريء - المعدة – الأمعاء الدقيقة – الأمعاء الغليظة و الشرج).

- الجهاز البولي (الكليتين – المثانة) .

- تأثير الإشعاع على العين (الرموش – الجفون – الغدة الدمعية – القناة الأنفية الدمعية و الكيس الدمعي – قرنية العين – عدسة العين – الشبكية).

- تأثير الإشعاع على العظام .

- تأثير الإشعاع على المخ و الأعصاب .

- تأثير الإشعاع على الرئتين .

الأشعة المؤينة المنبعثة من النظير المشع الذي تم تركيزه في النسيج أو العضو المصاب سوف تعمل على تدمير الخلايا السرطانية و نجاحهذه الطريقة يعتمد على مدى كفاءة الامتصاص الانتقائي للنظير المشع داخل النسيج أو العضو المصاب و كذلك كمية الجرعة الإشعاعية التي تمتص بواسطة تلك الخلايا واستجابة الخلايا السرطانية للتعرض الإشعاعي . أثير الإشعاع على الأغشية المخاطية التأثير الحاد للإشعاع على الأغشية المخاطية بتكون قشرة رطبة تتحول تدريجيا إلى قرحة سطحية يغطيها غشاء ابيض اللون ناتج عن ترسبات متجلطة من السائل المصلى الذي تفرزه القرحة و تختلف الأعراض الناتجة عن هذا التأثير الحاد باختلاف العضو المعرض للإشعاع حيث تجد أن [٢٧]

- تأثير الأشعة على الفم يؤدى إلى جفاف الفم و فقدان حاسة التذوق .

- تأثير الأشعة على البلعوم يؤدى إلى جفاف الحلق و بحة في الصوت و صعوبة في البلع .

- تأثير الأشعة على المعدة و الأمعاء يؤدى إلى تقلصات و آلام حادة بالبطن و حدوث إسهال .

- تأثير الأشعة على الشرج يؤدى إلى آلام شديدة وتعنيه .

- تأثير الأشعة على المثانة يؤدى إلى صعوبة في التبول و آلام .

التأثير المزمن ينتج عن عدم العناية بعلاج التأثيرات الحادة للأغشية المخاطية تؤدى إلى الأعراض التالية :

- التليف المزمن للقرح الناتجة عن التعرض الإشعاعي ينتهي بإحداث ضيق بالقنوات المصابة مثل ضيق بالأمعاء أو بمجرى البول.

- تحدث التصاقات و انسداد بالقنوات التي تصاب بتقرحات و تليف مزمن مثل انسداد القناة الدمعية .

- قد تتحول القرح المزمنة إلى قرحة سرطانية .

تأثير الأشعة على الدم و مكوناته و الأنسجة المنتجة للدم تأثير الأشعة على الأنسجة المنتجة للدم عند تعرض الجسم كله للإشعاع تحدث تغيرات في الدم و مكوناته نتيجة لحدوث تدمير أو خلل في الأمعاء والأنسجة المنتجة للدم و ينتج عن حدوث التغيرات في الدم و مكوناته حدوث تغيرات في أنسجة الجسم المختلفة.[٢٨]

- تأثير الأشعة على النخاع العظمى عند تعرض الجسم كله لجرعة إشعاعية مقدارها ٤٥٠ راد وتسمى الجرعة المميتة تحدث التغيرات التالية في خلال

نصف ساعة من التعرض :

- توقف الانقسام بخلايا النخاع العظمى .

- زيادة عدد كرات الدم الحمراء الكاملة النمو و نقص في عدد كرات الدم الحمراء التي تحتوى على نويدات و الغير كاملة النمو بسائل الدم .

- زيادة واضحة في عدد خلايا الدم الحمراء الضامرة بالنخاع العظمى .

- نقص في عدد الخلايا المحببة بدرجة بسيطة .

- صبح النخاع العظمى ممتلئا بمادة جيلاتينية تحل محل الخلايا التي أصاهبا التدمير .

- خلال ٢٤ ساعة من التعرض يصل عدد كرات الدم الحمراء التي تحتوى على نويدات و غير كاملة النمو إلى اقل معدل للانخفاض .[٢٢]

- في خلال ١٠-١٤ يوم من التعرض يعود النخاع العظمى في تكوين الخلايا من جديد و يبدأ تكون الخلايا الحمراء ثم يبدأ النخاع العظمى تدريجيا في تكوين الخلايا المحببة و بعد انقضاء ٤١ يوم يعود النخاع العظمى إلى وضعه الطبيعي .

- عند تعرض العظام لجرعات إشعاعية موضعية يعود النخاع العظمى إلى طبيعته بدرجة أسرع من تعرض جميع عظام الجسم للإشعاع .

- الجرعات الإشعاعية الموضعية العالية تؤدى إلى تحطيم النخاع العظمى فمثلا بالنسبة لعظام القفص الصدري تصل إلى ٣٠٠٠ راد و في حالة عدم عودة نخاع العظم إلى طبيعته في خلال شهر من التعرض يحل محل خلايا النخاع العظمى ترسبات دهنية و قد تصل إلى تحول سرطاني .

٤.تأثير الإشعاع على الغدد الليمفاوية

تختلف خلايا نسيج الغدد الليمفاوية بدرجة ملحوظة في حساسيتها للإشعاع فيتوقف نشاط الغدد و عملها تدريجيا عند التعرض لجرعات إشعاعية تصل إلى ٣٠٠٠ راد و يتغير تركيبها و لكن يستمر سريان السائل الليمفاوي . خلال ثلاثة أسابيع من التعرض الإشعاعي يبدأ تكوين الخلايا الليمفاوية في منطقة القشرة المحيطة و بعد مرور ٤ شهور تعود القوة إلى طبيعتها و في حالة التعرض لجرعات من الإشعاع يكون تحطم و تغير الخلايا محدود و العودة إلى طبيعتها سريع .

٥.تأثير الإشعاع على الطحال

عند تعرضه لجرعة إشعاعية ينتج تدمير لخلايا الطحال و ينكمش بدرجة ملحوظة و كذلك التأثير نشاط الطحال من حيث تخزين خلايا الدم الحمراء ومعدل تدفق وعملية إنتاج الخلايا الحمراء و تخزين مادة الحديد و إنتاج المضادات السمية .

٦.تأثير الإشعاع على مكونات الدم

يعتمد تأثير الإشعاع على مكونات الدم على العوامل الثلاث الآتية :

- مدى تأثير الأشعة على الأنسجة المنتجة لخلايا الدم و مدى حساسية تلك الخلايا للإشعاع .

- مدى حركة الانقسام و النمو لخلايا المكونة للدم .

- عمر الخلايا السابحة في سائل الدم .

٧.تأثير الإشعاع على خلايا الدم البيضاء

خلايا الدم البيضاء السابحة في سائل الدم يصل معدلها الطبيعي إلى ٤٠٠٠ خلية / مم مكعب من سائل الدم و يعتمد تأثرها بالإشعاع على جرعة التعرض و نوع الخلايا المعرضة فعند تعرض الجسم كله للإشعاع لجرعة إشعاعية غير مميتة يحدث هبوط فوري و لكن وقتي لخلايا الدم البيضاء ثم يحدث ارتفاع في عدد خلايا الدم البيضاء خلال ساعات قليلة من التعرض ثم يعود للهبوط بشدة خلال اليوم الثاني من التعرض و يجب التأكيد على أن ليست جميع خلايا الدم البيضاء تتأثر بمعدل واحد للإشعاع . أما خلايا الدم الحمراء تعتبر كرات الدم الحمراء مثلها مثل باقي مكونات الدم السابحة في سائل الدم من الخلايا التي تقاوم التدمير المباشر للإشعاع العمر السني لها ١٢٠ يوم و معدل تغير الخلايا اليومي ٨٣ % ،و عند تعرض الجسم لجرعات إشعاعية من المستخدمة في العلاج يكون هبوط كرات الدم الحمراء بطئ و الجرعات الإشعاعية الأعلى من الجرعات المستخدمة في العلاج الإشعاعي تزيد من القدرة على نفاذ جدار الأوعية الدموية فتسمح بذلك من خروج كرات الدم الحمراء إلى خارج سائل الدم و التي تتحطم خارج الوعاء الدموي .[٢٦]

١,٦ العوامل التي تزيد من احتمالية حدوث أثر ناتج من التعرض لجرعات منخفضة

١- زيادة التعرض للفرد من الجرعات المنخفضة .

٢- زيادة عدد الناس المتعرضين لجرعة منخفضة و في هذا الخصوص فأن أهمية الجرعة الإشعاعية الجماعية أكبر من أهمية الجرعة الإشعاعية للفرد حيث أن الجرعة الإشعاعية الجماعية هي المؤشر الحقيقي لحقيقة المخاطر من التعرض الإشعاعي للجماعة .

-هذه المفاهيم تبين أغراض الوقاية الإشعاعية و الأمان النووي و هو الإقلال من التعرض الإشعاعي ما أمكن بالتالي انخفاض الجرعة للفرد والجماعة

١.٧ العوامل التي تحدد تأثير الأشعة على الجسم

١ - **كمية الأشعة :** كلما زادت كمية الأشعة التي يتعرض لها الجسم كلما زاد تأثيرها البيولوجي الذي يؤدى إلى ظهور تغيرات و أعراض فسيولوجية في الجسم البشرى المعرض .

٢ - **مساحة الجزء المتعرض من الجسم للأشعة :** كلما زادت المساحة المعرضة من الجسم الحي للإشعاع كلما زادت شدة التأثير الضار الناشئ عن التعرض ويبلغ الخطر أقصى مداه إذا ما تعرض الجسم كله للإشعاع و يسمى تعرض الجسم كله للإشعاع التعرض الحاد .

٣- **مدة التعرض :** كلما قلت مدة التعرض للجسم كلما قل التأثير البيولوجي الضار و العكس صحيح .

٤ -**معدل التعرض :** كلما زادت الفترة الزمنية بين تعرض الجسم للجرعات الإشعاعية كلما قل التأثير البيولوجي لأنسجة الجسم المعرض و يرجع ذلك إلى قدرة الأنسجة الحية الذائبة على إعادة التكوين و الإصلاح .

٥-**عمر الجسم المعرض :** و يعبر عن ذلك بشدة حساسية الأجسام في السن المبكرة للإشعاع عنها في السن المتقدمة لذلك فأن التغيرات البيولوجية الناتجة عن التعرض الإشعاعي في السن الجنيني تكون اكثر وضوحا عنها في سن البلوغ أو ما بعد البلوغ و هذا يعنى أن الأجنة و الأطفال تكون اكثر حساسية للإشعاع عن البالغين .

٦-**موضع التعرض : تختلف** شدة حساسية الأنسجة الإشعاع وفقا لطبيعة تكوينها و معدل انقسام خلاياها فنجد أن عدسة العين و النخاع العظمى و الغدد التناسلية اكثر حساسية للإشعاع .

الفصل الثاني

الاشعة السينية وخصائصها

٢.١ اكتشاف الاشعة السينية

في الثامن من شهر تشرين الثاني (نوفمبر) ١٨٩٥ كان رونتغن أستاذ الفيزياء في جامعة فورزبرغ يصل إلى وشيعة التحريض قطبين معدنيين موجودين في زجاجة أفرغ الهواء منها. وكان من الممكن أن تجري هذه التجربة

في أي مختبر آخر لأن فيزيائيي تلك الأيام كانوا شديدي الاهتمام بدراسة انتقال الكهرباء تحت توتر مرتفع وفي زجاجات سحب القسم الأكبر من هوائها. ففي عام ١٧٨٥ استطاع مورغان الحصول على فراغ شبه تام بحيث أصبح انتقال الكهرباء في الوعاء الزجاجي شبه مستحيل: من الممكن أن يكون قد حصل يومها على أشعة سينية دون أن يدري ذلك . في ١٨٩٥ استطاع بلوكر كما استطاع هيتورف في ١٨٦٩ البرهان على أن انتقال الكهرباء داخل زجاجة شبه مفرغة (أي في الغاز تحت ضغط منخفض جداً) يقترن بظهور أشعة "مهبطية" يصدرها القطب السالب أو المهبط. هذه الأشعة تنساب بخط مستقيم. ولقد برهن وليم كروكس . عام ١٨٧٩ ،بعد تجارب دامت ست سنوات، أن هذه الأشعة تنحرف تحت تأثير حقل كهربائي أو حقل مغناطيسي مما يدل على أنها مؤلفة من حبيبات مشحونة كهربائياً، دعيت فيما بعد بالكهيربات . هذا ما كان عليه حال العلم عندما قام رونتغن بتجربته التاريخية التي كان يسعى من ورائها إلى دراسة هذه الأشعة المهبطية ومعرفة طبيعتها. ولما كان مهتماً بالفلورة التي تحدثها هذه "الأشعة" عند التقائها بالجدران الزجاجية للأنبوبة فقد غطى الأنبوبة بالورق الأسود . وفي الغرفة، غرفة المخبر، التي أصبحت مظلمة استطاعت عينا رونتغن، بشيء من الدهشة، رؤية لوحة معدنية معينة موجودة على مسافة غير بعيدة من أنبوبة كروكس وقد أصبحت شديدة اللّمعان. وهذا ما حدا به للإستنتاج، وعن حق، بأن الأنبوبة تبعث إشعاعاً غير مرئي اخترق الأوراق السوداء وأحدث الفلورة في اللوحة المعدنية . وبعد ستة أسابيع من الدراسة المعمقة، أعلن الفيزيائي غير المعروف كثيراً حتى ذلك الوقت، رونتغن، خلال شهر كانون الأول (ديسمبر) من العام نفسه وفي الجمعية الفيزيائية والطبية في مدينة فورزبرغ أنه اكتشف إشعاعاً جديداً يمتاز بقدرة على اختراق الأجسام ويتيح الحصول على صور من خلالها.

وقد سماها بالأشعة السينية x- rays نظراً لأن حرف x يعني عادة المجهول في المعادلات الجبرية، والأشعة مجهولة الطبيعة ولذا سماها أشعة إكس . وفي أقل من شهر أصبحت الأشعة السينية معروفة وعمد الكثيرون من العاملين في هذا الحقل إلى الحصول عليها لدراستها وتفسير ظاهرة توليدها . ولكن اكتشاف رونتغن لم يقابل دائماً بالاقتناع التام بل تعرض لكثير من الانتقادات والاحتجاجات النابعة في أكثر الأحيان عن حسد أو عن موقف سياسي من الفيزيائي رونتغن. فالبعض قال بأن الإكتشاف، وإن كان قد حصل فعلاً، فهو ثمرة الصدفة ولا يمكن بأي حال الدفاع عنه. وهكذا فإن عالماً مشهوراً مثل لنارد لم يلبث بعد أن كان مقتنعاً تمام الاقتناع بالاكتشاف أن انقلب على رونتغن وبدأ بمهاجمته ومهاجمة اكتشافه للأشعة السينية بقسوة وحدة وذلك، كما هو ثابت تاريخياً، بعد أن ألّبه هتلر ودفعه إلى اتخاذ هذا الموقف. لم يكن هذا الاكتشاف أرفع وأجدى أعمال رونتغن العلمية فقط وإنما كان ثمرة قرنين من البحث العلمي قام خلالهما العديد من العلماء بالعديد من التجارب التي ساهمت في بناء القواعد الصحيحة لعلمنا الحاضر . ولقد تطورت في ميادين مختلفة، وبشكل مستقل، تقنيات ونظريات جديدة : تقنية الفراغ شبه التام، الكهرباء، الموجات الكهرمغناطيسية، الضوء، البصريات، الفلورة، التصوير وغيرها من الظواهر الفيزيائية والكيميائية. كل هذه الاكتشافات قادت وجعلت من الممكن اكتشاف الأشعة السينية بالطريقة التي وصفنا

آنفا . وتجدر الملاحظة إلى أنه خلال الاجتماع التاريخي الذي عقدته الجمعية الفيزيائية والطبية في فورزبورغ والذي عرض خلاله رونتغن اكتشافه وأظهر لفلورة على اللوحة المعدنية التي بحوزته، نوه المكتشف بأن الأشعة السينية قادرة على اختراق الأجسام، كما فعلت باختراقها الورقة السوداء المحيطة بالأنبوبة قبل الوصول للوحة المعدنية. وهذا ما جعل العالم الطبيب فان كوليكر يطلب تصوير يده بالأشعة الجديدة فكان له ما أراد أثناء عقد الاجتماع. وقد تم تظهير الصورة بسرعة واستطاع الحضور مشاهدة النتيجة المذهلة إذ ظهرت عظام اليد فقط. وهكذا تمت أول عملية تصوير بالأشعة السينية والاكتشاف ما يزال في يومه الأول. ويستطيع القارئ تصور السرعة المذهلة التي سارت عليها الأمور فيما بعد وكيف تم تطور استعمال هذه العين الخارقة التي تستطيع اختراق جسم الإنسان وتصوير داخله . وهكذا أمام روعة النتيجة التي حصل عليها، وقف فان كوليكر، في القاعة وطالب، بكثير من الحماس، بأن تسمى هذه الأشعة بعد ذلك اليوم بأشعة رونتغن وهذا ما هو معتمد في بعض البلدان كألمانيا مثلاً. ولكن اسم أشعة إكس (الأشعة السينية) هو الإسم الأكثر استعمالاً وبشكل خاص في المؤلفات الفرنسية والأنغلوسكسونية

٢.٢ استخداماتها

- 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. من أهم ما يميزها هو قلة أضرارها الجانبية
- . أيضاً يستخدم الأطباء هذه الأشعة في علاج الأورام السرطانية والقضاء عليها. فالأشعة السينية تميت الخلايا السرطانية وتقضي عليها، أما خلايا الجسم السليمة فهي تستعيد حيويتها بعد فترة قليلة وتعود سليمة معافاة.
- استخدمت الأشعة السينية أيضاً في الصناعة لكشف الهنات والشقوق في القوالب المعدنية والأخشاب المستعملة في صناعة الزوارق، 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 سِماكة المواد الصلبة ومسح القطع الصناعية بحثاً عن عيوب التي لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة بواسطة هذه الأشعة .
- في مجال الأمن تستخدم الأشعة السينية في مراقبة حقائب المسافرين في المطارات بحثاً عن أسلحة أو قنابل

- في علم دراسة الأجسام الصلبة إذ انه باستخدام حيود الأشعة السينية اتضح وجود تناظر معين في بعض أنواع الجوامد (البلورات) وكانت تلك بداية انطلاقة جبارة في دراسة خصائص الجوامد والتركيب البلوري، ومعرفة التركيب الذري للعناصر.
- في مجال الفن استخدمت للتعرف على أساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة، وذلك لأن الألوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على كثير من المركبات المعدنية التي تمتص الأشعة السينية، وأما الألوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الأشعة السينية بنسبة أقل.

٢.٣ماهية الاشعة السينية

إستطاع الإنسان منذ القدم أن يثبت بأن الضوء ينساب بخط مستقيم داخل مكان معين وينعكس على المرآة حسب قوانين ثابتة وينكسر إذا ما انتقل من جسم إلى جسم، حسب قوانين ثابتة أيضاً. وقد ساعد اكتشاف هذه القوانين على إرساء قواعد علم مهم، ألا وهو علم البصريات الهندسية الذي ساهم مساهمة فعالة في دفع عجلة التقدم العلمي والتقني للإنسان، فتمت بفضله منذ قرون، صناعة العدسات والمرايا والميكروسكوب وأجهزة رصد النجوم..إلخ. وبقيت هذه القوانين وهذه الصناعة حتى اليوم؛ مما يعني أن ملاحظات الإنسان الآنفة الذكر تشكل تقريباً حسن الدقة للحقيقة المطلقة .

ولم يطرح الفيزيائيون السؤال الكبير عن طبيعة هذا الضوء إلاّ بعد أن بدأت بعض الملاحظات الجديدة تتناقض مع القوانين المذكورة أعلاه. فلما تبين للباحثين أن الضوء إذا مرعبر فتحة صغيرة ينتشر عند خروجه منها وكأن الفتح هي مصدر الضوء عرفوا أن قانون الانسياب بخط مستقيم هو قانون قد يكون صحيحاً وكافياً في بعض الميادين والتجارب ولكنه بالتأكيد قاصر عن تفسير كل الظواهر . وبعد دراسة معمقة لكل خصائص الضوء، اضطر الباحثون للتعلق بفرضية جديدة تقضي بأن الضوء هو عبارة عن موجة تنساب في المكان دون أن يكون بالإمكان تحديدها بنقطة وأن طول هذه الموجة (أو ذبذبتها) يحدد لون الضوء. ولقد حال توزع الموجة في المكان وانتشارها دون حصر الطاقة بنقطة معينة مما جعل تفسير الظاهرة الضوكهربائية صعباً . إذا أرسلنا ضوءاً إلى مادة صلبة فمن الممكن، في بعض الحالات، أن يحرر الضوء كهيرباً من الجسم الصلب. وهذا يعني أن الضوء حمل معه طاقة كافية لسلخ الكهيرب عن الذرة. ومن الضروري أن تكون هذه الطاقة محصورة في مكان صغير (هو حجم الكهيرب)، وهذا ما يتناقض مع الطبيعة الموجية للضوء .وحدت هذه الظاهرة الفيزيائيين على طرح فرضية جديدة تقضي بأن الطاقة لا تنساب مع الضوء بشكل مستمر وغير متقطع وبأن الضوء مؤلف من حبيبات ضوء، يسمى واحدها فوتون ،تحمل الطاقة. وفي وسع هذه الفرضية تفسير ظاهرة الضوكهربائية، ولكنها لا تستطيع

تفسير ظواهر أخرى كالحيود وتعجز عن تفسير ظاهرة Comptonأو ظاهرة الضوكهربائية. وهذا يعني أن الفرضيتين هما وجهان لحقيقة واحدة وأنه يحسن استعمال هذا الوجه أو الآخر حسب ميدان العمل. وهذا ما حدا الفيزيائي الفرنسي دوبرويل للقول : "الموجات والجسيمات متصلة إتصالاً وثيقاً في الطبيعة وعلى الأقل في حالة الضوء" . للضوء إذن طبيعة موجبة وموجته كهرمغناطيسية يمكن تمييزها بطول الموجة λ أو بذبذبتها. تجدر الملاحظة إلى أن طول الموجة يساوي حاصل قسمة سرعة الضوء C بالذبذبة N :

$$\lambda = \frac{C}{N}$$

إن الجسم المضيء الذي يرسل ضوءاً ما ذا ذبذبة معينة يستطيع أن يمتص ضوءاً له نفس الذبذبة. وهذا ما دفع الفيزيائي بلانك Planck للقول بأن الطاقة المنبعثة مع الضوء أو الممتصة لا يمكن أن تتغير إلاّ بكميات متقطعة. وأصغر كمية طاقة أو حبيبة طاقة تساوي حاصل ضرب ذبذبة الموجة بثابت دائم ثابت بلانك .

$$E = hN$$

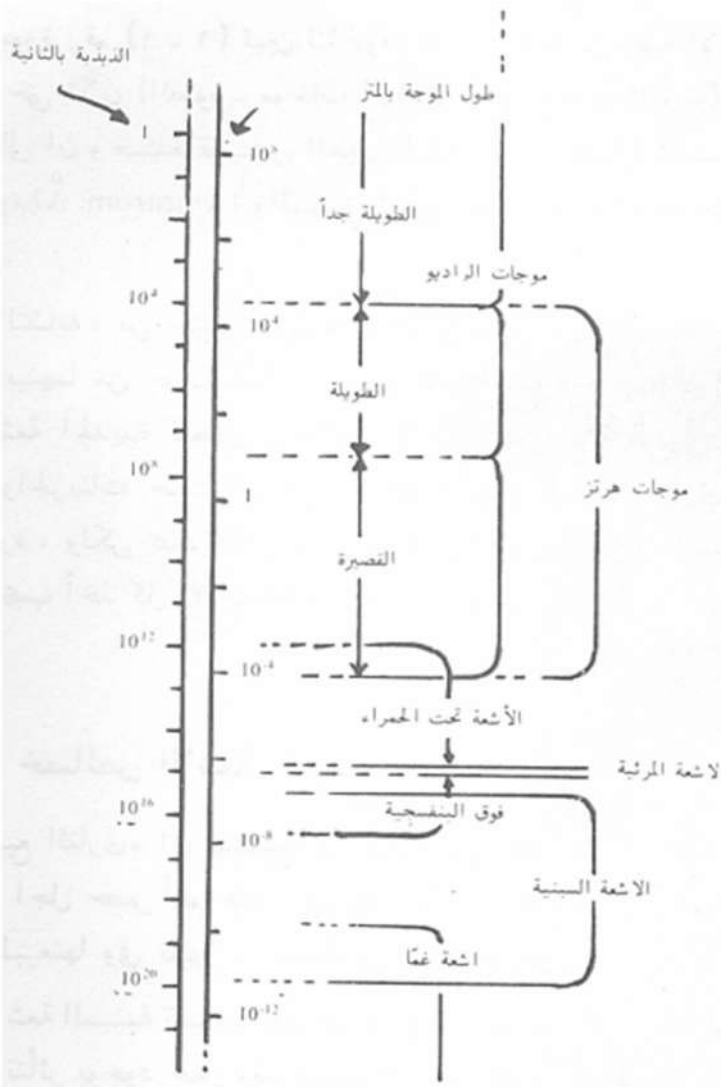
وللأشعة السينية نفس طبيعة الضوء. أي أنها موجة كهرمغناطيسية تختلف عن موجة الضوء المرئي بطول الموجة فقط، إذ أن ذبذبة أي أشعة سينية أعلى من ذبذبة الضوء المرئي، وبالتالي فإن الطاقة التي تحملها أكبر من تلك التي يحملها أي ضوء مرئي. وتجدر الملاحظة إلى أن كل ما قيل حول ازدواجية طبيعة الضوء (موجبة وجسيمية) يبقى صحيحاً في ميدان الأشعة السينية . إن كل قوانين البصريات الهندسية والبصريات الفيزيائية تسري على الأشعة السينية مع بعض المميزات الخاصة والمتعلقة بتعامل الأشعة السينية مع المادة نظراً لقصر طول الموجة "وضخامة" كمية الطاقة التي يحملها الفوتون السيني نسبياً : فطول الموجة السينية يوازي تقريباً قطر الذرة من ناحية والمسافات بين الذرات المتواجدة في المادة الصلبة، من ناحية ثانية. والطاقة التي تحملها حبيبة س موازية للطاقة اللازمة لاستخراج كهيرب من الطبقات الداخلية في الذرة، بينما الطاقة التي تحملها حبيبة الضوء العادي (الفوتون) توازي الطاقة اللازمة لفصل كهيرب من الطبقات الخارجية .

وتجدر الملاحظة إلى أن مسار الأشعة السينية لا ينكسر عملياً عند مروره من مادة إلى مادة أخرى، كما هو الحال بالنسبة للضوء المرئي. وهذا يعني أنه لا يمكن صناعة عدسات خاصة بالأشعة السينية .

وبالرغم من الكثير من الصعوبات فقد استطاع العلماء صناعة مرايا عاكسة للأشعة السينية. وقد استخدمت هذه المرايا في ميادين عديدة خاصة في الميادين التي تحتاج لحصر كمية كبيرة من الضوء السيني في مساحة متناهية الصغر.

ن طول موجة الأشعة السينية أقصر بكثير من طول موجة أي اشعة مرئية. وسنرى، عند الحديث عن كيفية الحصول على الأشعة السينية، أن طول موجة الأشعة السينية يختلف حسب طبيعة معدن المهبط . والصورة رقم (١ ـ ١) تبين لنا موقع هذه الأشعة من بقية الإشعاعات المعروفة حتى الآن (الضوء ـ موجات الراديو ـ الإشعاعات الذرية).

وتجدر الإشارة إلى أن وحدة قياس الطول المستعملة في هذا الميدان هي الأنغستروم والتي تساوي جزءاً من مئة مليون من السنتيمتر . إن التشابه، من حيث الطبيعة، بين الضوء وبين الأشعة السينية، والفارق بينهما من حيث طول الموجة، طرحا بسرعة إمكانية استعمال هذه الأشعة الجديدة لفحص ودراسة الأجسام المتناهية الصغر وخاصة الذرات والجزيئات حيث أن طول موجة الأشعة السينية يوازي تقريباً قطر الذرة، ولكن عند الشروع بدراسة تركيب الأجسام الصلبة بهذه الطريقة يجب أخذ كل الاحتياطات اللازمة لتفسير نتائج التجارب تفسيراً صحيحاً .



الموجات الكهرمغناطيسية

صورة رقم ١ ـ ١

٢.٤ 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 ـ 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 :

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

٢ ـ 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 ولّده .

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) .

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 . λm وطول وطول الموجة هذا لا يتعلق مطلقاً بنوع العنصر المادي المكون للمصعد ((Anodeوإنما يتعلق بقيمة التوتر الكهربائي المسلّط على أنبوبة الأشعة السينية. وأول من طبق قانون علاقة λ_m بالتوتر الكهربائي هما العالمان ديان (Duane)وهونت (Hunt)وكان ذلك في سنة ١٩١٤

وكمثال على ذلك وبواسطة توتر كهربائي يساوي ٣٠٠ ٠٠٠ 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 آنفاً والتي أسميناها . λmوهذه 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 لتغي • ر 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

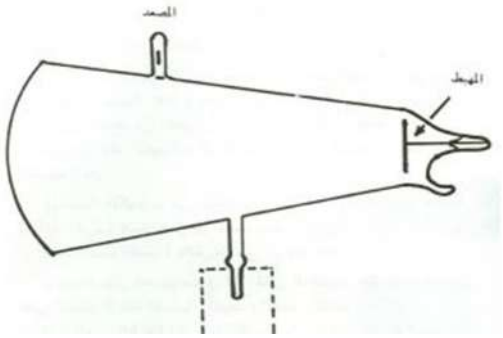
ويمكن جمع هذه الحزم في مجموعات يطلق عليها اسم K, L, M, N, O…

والمجموعة K هي التي تحوي الأشعة ذات الموجة الأقصر، أي الأكثر قدرة على اختراق المادة . كيف يتم إصدار هذه الأشعة ؟

٢.٥ طرق إنتاج الأشعة السينية وقياسها

١.إطلاق الكهيربات

لنعد قليلاً إلى الوراء، إلى تجربة رونتغن التي حصل خلالها على الأشعة السينية. لقد كان يدرس ظاهرة الفلورة التي تحدثها الأشعة المهبطية وكانت الأنبوبة المستعملة فارغة جزئياً من الهواء بحيث أصبح الضغط داخلها منخفضاً جداً (أنظر الصورة١) إذن من الممكن الحصول على أشعة سينية بواسطة أنبوب الأشعة المهبطية وبالتالي من الممكن إصدار حزمة كهيربات داخل الأنبوب. ولكن كيف يتم ذلك ؟



أنبوب الأشعة المهبطية

عندما قلّت كثافة الغاز داخل الأنبوب تباعدت الجزيئات عن بعضها وتأينت أي انقسمت إلى أيونات موجبة وإلى كهيربات بفعل وجود حقل كهربائي بين قطبي أنبوب الأشعة المهبطية . وعند انجذاب الأيونات الموجبة نحو المهبط تنجذب الكهيربات بقوة نحوالمصعد لتنتج الأشعة السينية بالطريقة التي شرحنا آنفاً . إن إصدار حزمة الكهيربات داخل الأنبوب يتم إذن عند تأيين الغاز المتبقي في الأنبوب بعد إفراغه جزئياً . ولكن هناك طريقة أخرى لإصدار حزمة الكهيربات داخل أنبوب الأشعة السينية. وهذه الطريقة ترتكز على ظاهرة معروفة باسم ظاهرة إديسون

ويمكن إيجاز الظاهرة كما يلي :

من المعروف أن الذرات والكهيربات الحرة في المعادن دائمة الحركة وأن حركتها تزداد سرعة وبعداً عن مواضع الإتزان بارتفاع درجة الحرارة. وبازدياد هذه الحركة ترتفع قيمة الطاقة الحركية للكهيرب، مما يدفعه، في بعض الأحيان، للخروج من مادة الجسم الحار. ولكن بمجرد خروج الكهيرب من الجسم، يصبح هذا الأخير مشحوناً بالكهرباء الموجبة مما يؤدي إلى جذب الكهيرب مجدداً إليه إلاّ إذا كانت الطاقة الحركية كبيرة نسبياً . منذ حوالي ستين عاماً استعمل كولدج نتائج هذه الظاهرة في مؤسسة جنرال إلكتريك (Company electric General (حيث صنع أنبوباً للأشعة السينية سمي، منذ ذلك الوقت، باسمه . لقد تم سحب الهواء من أنبوب كولدج بشكل شبه تام بحيث أصبح من الصعب إشعال الكهرباء بين قطبي الأنبوب بواسطة تحويل الغاز النادر المتبقي في

الأنبوب إلى أيونات . ماذا يحدث إذن في أنبوب كولدج ؟

وضع كولدج في الأنبوب شريطاً يخترقه تيار كهربائي فيتحول قسم من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تحت تأثير ظاهرة جول مما يرفع درجة حرارة الشريط حتى ألفي درجة تقريباً. وعندها تندفع بعض الكهيربات إلى خارج الشريط .

ولكننا نعلم بوجود قطبين في الأنبوب : المهبط والمصعد مما يعني وجود حقل كهربائي بينهما. فإذا تم وضع الشريط الحار المشار إليه أعلاه بالقرب من المهبط أصبح من المحتم أن يساعد هذا الأخير (المهبط أي القطب السالب) على دفع الكهيربات نحو المصعد (الموجب) ومنها من العودة إلى الشريط الحار . وبابتعاد الكهيرب عن المهبط وتوجهه نحو المصعد، تزداد سرعته وطاقته

الحركية بحيث يصل إلى المصعد ويساهم بابتعاث أشعة سينية (عامة أو خاصة بمعدن المصعد) بالطريقة التي شرحنا آنفاً . يتبين مما سبق بأنه يتوجب في كل الحالين السابقين، خلق توتر عال بين

قطبي أنبوب الأشعة السينية : المهبط والمصعد. فكلّما ارتفعت قيمة هذا التوتر ارتفعت الطاقة الحركية للكهيرب وازدادت إمكانية اختراقه لإحدى ذرات المصعد ووصوله إلى كهيربات الطبقات الداخلية (مثلا (Kوبالتالي ابتعاث أشعة سينية قصيرة طول الموجة .

٢. آلات التوتر العالي

لقد أشرنا سابقاً إلى ضرورة وجود مهبط مشحون بشكل دائم بالكهرباء السالبة، ومصعد مشحون أيضاً بالكهرباء الموجبة. فمن غير الممكن إذن استعمال التيار المتردد حيث تتغير طبيعة قطبي الأنبوب مرات عديدة بالثانية (٥٠ مرة أو ٦٠ مرة في الثانية) . من ناحية أخرى يجب الحصول على توتر عال لا يمكن الحصول عليه بوصل قطبي الأنبوبة إلى بطارية أو عدد معقول من البطاريات، لذا فكر مستعملو الأشعة السينية في المرحلة التي تلت اكتشافها، في استعمال آلة أو وشيعة التحريض مع التيار المستمر بعد تزويدها بجهاز لقطع الكهرباء ووصلها مرات

عديدة . ولكن في أيامنا هذه وبعد تطور الكهرباء والإلكترونيات أصبح استعمال التيار المتردد أكثر سهولة وأهمية من استعمال التيار المستمر . وقد أوجد الباحثون لكل مشكلة حلا مناسباً وبشكل خاص فأوجدوا أجهزة عديدة كل

١.٢.٥.المحولات

المحول جهاز يستعمل لتغيير فولطية التيار الكهربائي المتردد. ليس فيه أجزاء متحركة ويتكون في أبسط أشكاله من ملفين من الأسلاك، أولي وثانوي منعزلين عن بعضهما البعض. فالتيار المتردد في الملف الأولي يحدث بالتحريض (أو الحث) تياراً في الملف الثانوي. وعدد لفات الشريط الكهربائي في الملف الثانوي أكبر من عددها في الملف الأولي. وكلّما زادت لفات الملف الثانوي

بالنسبة لعدد اللفات في الأولي، زادت قيمة فولطية التيار الممكن الحصول عليه من الملف الثانوي . إن أكثر الأجهزة المستعملة حالياً بشكل واسع (الطب، الصناعة وبعض ميادين البحث العلمي) تتشابه فيما بينها من ناحية مبدأ التصميم، وتختلف في بعض التفاصيل العائدة لميدان التطبيقات والاستعمال. وهي تتألف عادة من :

محول مغمور عادة بالزيت (من أجل العزل الكهربائي الجيد) يعمل لتحويل تيار ذي ذبذبة تساوي ٥٠ أو ٦٠ سيكل بالثانية. وفولطية (توتر) تساوي ١١٠ أو ٢٢٠ فولط إلى فولطية عالية قد تزيد في بعض الحالات عن ٤٠٠ كيلوفولط .

ـ محول ثان لتزويد الشريط المعد لإرسال الكهيربات عند اشتداد حرارته، بتيار لا تتعدى قوته ٥ أمبير تحت توتر قيمته حوالي ١٢ (١٢ (voltsفولط

ـ جهاز لتثبيت قيمة فولطية وشدة التيار .

ـ جهاز لتقويم التيار المتردد (مقوم) أي جعله يمر باتجاه واحد حتى لا تتغير طبيعة المهبط أو المصعد الكهربائية بحيث يصبح التيار المتردد المقوم () Redresséوكأنه تيار شبه مستمر . وق دأدخلت بعض التحسينات مع مرور السنين ولكن المبدأ يبقى نفسه. فقد تم اكتشاف غاز ((SF6ذي قدرة كبيرة على العزل الكهربائي فحل مكان الزيت الذي يغمر المحول ذا الفولطية العالية، مما جعل جهاز الأشعة السينية أخف وزناً. وهذا الغاز ((SF6أثقل من الهواء (١.٥ مرة أكثر) مما يعني إمكانية وضعه في المحول فيطرد الهواء ويحل مكانه بسهولة . وتجدر الملاحظة بأن الملف الأولي معزول عن الملف الثانوي والملفان ملفوفان حول نواة مركزية لها في أكثر أجهزة

الأشعة السينية، شكل دائري . لا يمكن لأنبوب الأشعة السينية العمل بتيار متردد وذلك للأسباب

التي ذكرنا سابقاً. لذا يتوجب الحصول على تيار مستمر يسير الدائرة الكهربائية في اتجاه واحد مما يحتم إضافة مقوم يسمح، كما قلنا أعلاه، بمرور التيار الكهربائي باتجاه واحد ويمنعه من المرور بالاتجاه المعاكس فيتيح بذلك الحصول على تيار شبه مستمر طيلة الوقت أو نصف الوقت حسب المقوم المستعمل. وعندما نقول نصف الوقت نعني الوقت الذي يمضي قبل أن يعود التيار المتردد بنفس الاتجاه ونفس الشدة .

هناك عدة أنواع من المقومات إلاّ أنه يمكن حصرها في مجموعتين اثنتين:

ـ لمقوم الميكانيكي، وهو يسمح بمرور التيار باتجاه واحد طوال الوقت لا نصفه فحسب. أهم خصائص المقوم الميكانيكي متانته وأهم عيوبه تنحصر في الأصوات التي يحدثها وفي التأثيرات السلبية التي يخلقها على الدائرة الكهربائية بمجملها .

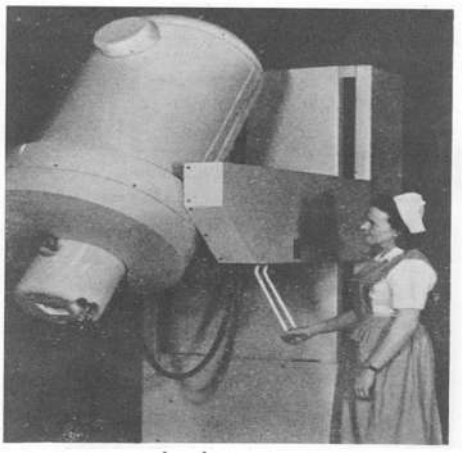
ـ المقوم الإلكتروني الذي يستخدم فيه، كما يدل اسمه، بعض تقنيات الإلكترونيك. يقوم التيار بحيث يمر باتجاه واحد خلال نصف الوقت .ولقد أتاح التقدم العلمي الحصول على ما هو قادر على إعطاء تيار باتجاه واحد طوال الوقت ويمكن إعطاء دارة غراتز كمثل على المقوم الإلكتروني

٢.٥.٢ مولدات فان دي غراف

يعتمد هذا المولد على مبدأ كهرسكوني (كهراكدي) اعتقد العلماء لفترة طويلة بأن أهميته تنحصر ببعض التجارب المخبرية التي تجري أمام طلاب الثانويات والجامعات. ويمكن التدليل على هذا المبدأ بالملاحظة التي لاحظها أكثر الناس . فعند الخروج من الحمام وبعد تجفيف الشعر النظيف جيداً، يسمع البعض، عند تمشيط الشعر بعض الأصوات الصغيرة تصدر عن المشط. وهذه الأصوات تصدر عن شرارات كهربائية صغيرة في المشط. وبكلام آخر بأن احتكاك المشط بالشعر يساهم في انتزاع بعض الكهيربات من الشعر (أو من المشط) وهكذا فإن احتكاك جسمين غير معدنيين ببعضهما يساهم في كهربتهما كليهما . ولقد استعمل فان دوغراف هذه الظاهرة لبناء مولده المعروف حالياً باسمه. والمولدات الحالية المبنية على هذا المبدأ تستطيع إعطاء تيار كهربائي ذي فولطية مرتفعة

جداً تصل إلى أكثر من عشرة ملايين فولط. وهذه المولدات لا تستعمل فقط لتوليد الأشعة السينية وإنما تستعمل في ميداني الفيزياء الذرية والفيزياء النووية على السواء ·

ونرى في الصورة ادناهمولد أشعة سينية يستعمل في المستشفيات وزنه حوالي الطن. وسبب صغر حجمه هو استعمال النتروجين (N2)المضغوط من أجل العزل الكهربائي .



مولّد أشعة سينية

وتجدر الإشارة إلى وجود آلات أخرى للتوتر العالي مبنية على مبادئ مختلفة عا ذكرنا سابقاً. فهناك مثلاً البتاترون (Betatron)الذي يعطي ٣٤٠ مليون فولط. وهناك السنكروترون (Synchrotron)السنكروسيكلوترون (synchrocyclotron)الذي يعطي في بعض الأحيان أكثر من مليار فولط . لن ندخل في تفاصيل عمل هذين النوعين من مولدات التوتر العالي. فبإمكان القارئ مراجعة الكتب المتخصصة (فيزياء الأشعة السينية، أو الفيزياء الذرية) من أجل المزيد من الإيضاح في هذه المواضيع .

٣.انبوب الأشعة السينية

يتبين مما سبق أن الفرق بين مختلف أنابيب الأشعة السينية ينتج عن اختلاف طرق إصدار الكهيربات داخل الأنبوب. ويمكن حصر أنواع الأنابيب السينية بنوعين :

١ ـ الأنابيب التي تحتوي على غاز يصار إلى تأيينه بواسطة التوتر العالي المقوم .

٢ ـ الأنابيب الإلكترونية وهي تستخدم مصدراً حاراً للإلكترونات، أيشريطاً يخترقه تيار كهربائي فترتفع درجة حرارته بسبب ظاهرة جول . ففي السنوات العشرين التي تلت اكتشاف الأشعة السينية تم استخدامها في ميدان الطب. وكان الأنبوب المحتوي على غاز هو الوحيد المستعمل. وكان هذا

الأنبوب مزوداً بجهاز يسمح بإدخال الغاز إليه. فاستعمال الأنبوب المتواصل يؤدي إلى نقصان في كمية الغاز وبالتالي إلى خفض ضغطه مما يستدعي استعمال توتر ذي فولطية أعلى من أجل تأيين الغاز . وقد رأينا أنه كلّما زادت فولطية التوتر قصرت موجة الأشعة السينية. فللمحافظة على نوع معين من الأشعة السينية يتوجب المحافظة على ضغط شبه ثابت داخل الأنبوب . ومع تقدم التقنية، وبعد إنتاج أول أنبوب إلكتروني أهمل الأنبوب الذي يحتوي على غاز لأسباب عديدة لن نحاول حصرها هنا. ولكن أهم هذه الأسباب ينحصر في محاولة تغيير شدة الطيف السيني دون تغيير فولطية التوتر، وبالتالي دون تغيير أطوال موجة الطيف السيني المنتج . وقد ظهرت في بعض الميادين (كالطب وعلم البيولوجيا) ضرورة إيجاد أشعة سينية ذات طول موجة متناهية القصر مما حتّم إيجاد أنواع جديدة من أنابيب الأشعة السينية تعمل تحت توتر ذي فولطية مرتفعة جداً . إن ارتفاع الطاقة المستعملة في أجهزة الأشعة السينية وفي أنبوب الأشعة السينية، ووصول حزمة كبيرة من الإلكترونات (ذات طاقة حركية كبيرة) إلى المصعد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة معدن هذا الأخير. ومن أجل الحؤول دون وصول إلى حالة الذوبان يصار عادة إلى تبريده بماء يجري في أنابيب خاصة مثبتة داخله . وتبقى الطريقة التي تقضي بوضع الأنبوب كاملاً في الزيت الوسيلة الفضلى، إذ أنها، إضافة إلى تبريده، تساهم في الحفاظ عليه من الصدمات الخارجية . وتجدر الإشارة إلى وجود أنواع كثيرة من الأنابيب تختلف بعضها عن بعض، إضافة إلى ما سبق، بشكل المصعد أو بإمكان تغييره بين تجربة وأخرى. كما تختلف بدرجة الحرارة التي يمكن أن يتحملها الشريط الحار المجاور للمهبط والمعد لإطلاق الكهيربات .

٤.قياس شدة الأشعة السينية

يمكن تحديد حزمة معينة من الأشعة السينية بعاملين اثنين :

ـ الأول كمي وهو شدة الحزمة .

ـ والثاني نوعي ويتعلق بالتوزيع الطيفي لشدة الأشعة أي للطاقة. والشدة هي كمية الطاقة التي يحملها إشعاع معين بالثانية ومن خلال وحدة قياس مساحة موجودة في مسطح عامودي على مسار الأشعة المستقيم. وسنحدد وحدة القياس فيما بعد . وقد يصعب في بعض الحالات قياس هذه الشدة مباشرة، لذا يعمد العلماء، كما هو العادة في أكثر القياسات، لقياسها بشكل غير مباشرة، أي بقياس نتائج اختراق الأشعة السينية للمادة. وهكذا وبعد ربط شدة الحزمة بالتأثيرات الفيزيائية، الكيميائية أو البيولوجية يصار إلى تحديد طرق القياس . وتأثيرات الأشعة السينية كثيرة كما سنرى فيما بعد. ونكتفي هنا بعرض بعض طرق قياس الأشعة السينية المتعلقة ببعض هذه التأثيرات الأكثر استعمالاً .

١. الطريقة الحرارية عندما تصطدم حزمة أشعة سينية بقطعة معدنية ذات أبعاد تسمح امتصاص الحزمة بشكل شبه كلي (٩٧ %فما فوق) تتحول الطاقة الممتصة إلى طاقة حرارية. وهذا يعني أن كل الإشعاعات الثانوية

والكهيربات التي تحررها الأشعة السينية من المعدن، يمتصها الجسم المعدني من جديد. وتكون النتيجة ارتفاع حرارة المعدن . هذا المبدأ استعمل بدقة في الكثير من القياسات المتعلقة بالأشعة السينية، نذكر منها :

- قياس كمية الطاقة (الشدة) الموجودة في حزمة الأشعة السينية .
- قياس توزيع الطاقة في طيف الأشعة السينية .
- قياس تغير شدة الحزمة مع تغير فولطية التوتر المسلط على أنبوب الأشعة السينية .
- قياس علاقة الطاقة التي يطلقها أنبوب الأشعة السينية بالطاقة الكهربائية التي تعطى له .
- قياس علاقة الطاقة بطول الموجة وبالتأيين الذي تحدثه حزمة الأشعة السينية في غاز أو جسم معين .
- قياس علاقة شدة الأشعة السينية والتأثيرات الفوتوغرافية التي تحدثها على لوحات التصوير

والأجهزة التي تستعمل عادة في هذا المجال تتألف من قسمين متساويين : قسم يسخن بواسطة الأشعة السينية والثاني بواسطة الكهرباء. ويتم وضع القسمين بشكل متلاصق بحيث يسهل مقابلة درجتي حرارتيهما. وتتعدد الطرق التي يمكن بها الوصول إلى درجة الحرارة نفسها في كلا القسمين، مما يسمح بالقول بأن كمية الطاقة التي تنقلها الأشعة السينية بالثانية تساوي كمية الطاقة الكهربائية التي يحصل عليها القسم الثاني في الثانية . ويتم قياس الطاقة الكهربائية بواسطة أجهزة خارجية تسمح بقياس فولطية التيار وشدته بشكل دقيق . وطرق القياس الحرارية، تعتمد إذن على قياس مقادير صغيرة مما يستوجب أخذ احتياطات كبيرة عند العمل. وبالتالي فإن هذه الطريقة لا تستعمل في التجارب العادية .

وتجدر الإشارة إلى أن التقدم التقني وإيجاد مواد تتغير مقاومتها بشكل كبير عند أي تغير طفيف لحرارتها مثلا (Thermistor)ساهم مساهمة فعالة في قياس تغير حرارة المعدن بشكل دقيق جداً .

٢.التأين

عندما تخترق الأشعة السينية غازاً معيناً، تحرر من بعض جزيئاته كهيربات (محملة بطاقة حركية كبيرة مما يجعل امتصاص الجزيئات لها من جديد صعباً. واختراق هذه الإلكترونات للغاز يؤدي إلى تحطيم بعض الجزيئات وقسمتها إلى أيونات سالبة وأخرى موجبة والطاقة اللازمة لتحطيم الجزيء تؤخذ من الطاقة الحركية للكهيرب مما يؤدي إلى خفض قيمة هذه الأخيرة وبالتالي إلى إمكانية إعادة امتصاص الكهيرب من قبل أحد الأيونات المتواجدة في الغاز . وإذا وضعنا في طرفي الأنبوب الذي يحوي هذا الغاز، قطبين موصولين بجهاز توتر عال انجذبت الأيونات السالبة نحو القطب الموجب (المصعد) والأيونات الموجبة نحو المهبط. وهذا ما يعادل مرور تيار كهربائي في الأنبوب يمكن قياس شدته بالوسائل المعروفة . ومن الضروري أن تكون فولطية التوتر العالي مرتفعة

وكافية لجذب كل الأيونات التي توجدها الأشعة السينية في الغاز . ومن الضروري أيضاً أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول الأشعة السينية إلى معادن القطبين إذ أن وصول حزمة من الأشعة السينية إلى معدن القطب سيحرر كهيربات لها طاقة حركية قد تساهم بدورها بتأيين الغاز مما دخل بعض الخطأ في القياسات .ومنذ اكتشاف قدرة الأشعة السينية على تأيين الغاز بدأ العلماء بصنع عدادات للقياس ذات أشكال مختلفة. وقد توصلوا إلى صنع أنابيب مملوءة بالغاز، مزودة بمهبط ومصعد. المهبط اسطواني الشكل والمصعد عبارة عن شريط معدني موجود في محور الاسطوانة. وحسب فولطية التوتر المسلط على القطبين يمكن الحصول على أنواع ثلاثة :

أ ـ أنبوب تأيين وهو عداد يعمل تحت فولطية خفيفة (أقل من ٢٠٠ فولط).

ب ـ عداد نسبي وهو عداد يعمل تحت توتر متوسط الفولطية (أقل من ألف فولط) .

ج ـ عداد جايجر ويعمل بفولطية عالية

وتجدر الإشارة إلى أن كمية الكهرباء التي تنجذب نحو المهبط (أو المصعد) تساوي، في العداد الأول، تلك التي حررت خلال عملية التأيين بالأشعة السينية. أما في العداد النسبي فهي تساوي أكثر بكثير (عشرة آلاف مرة أكثر في بعض العددات) من كهرباء الأيونات بسبب وجود تأيين ثانوي. وعداد جايجر يعطي حتى عشرة مليارات مرة أكثر من الكهرباء المحررة في عملية التأيين الأولية . ولن ندخل هنا في شرح عملية مضاعفة شدة الكهرباء المقيسة، خارج العداد. ويمكن للقارئ، مراجعة الكتب المتخصصة في قياسات الأشعة للتزود بإيضاحات وافية. ولكن تجدر الإشارة إلى أنه كلّما زادت كمية الكهرباء التي تنجذب داخل العداد إلى المهبط والمصعد، زادت شدة التيار الكهربائي وقلّت بالتالي نسبة الخطأ في القياس . فإذا كانت كمية الكهرباء هذه تساوي مثلاً مليون مرة كمية الكهرباء المحررة بالأشعة السينية كان الخطأ المرتكب في قياس شدة الأشعة السينية يساوي جزءاً من مليون من قيمة الخطأ المرتكب في قياس شدة التيار الكهربائي. ومن هنا تأتي أهمية العداد النسبي وعداد جايجر

٢.٦ خطورة الأشعة 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. 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.

٢.٧ 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 ٥,٠ 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 . وسنعود إلى معالجة هذه الأمور في فصل لاحق عند بحث التأثيرات البيولوجية للأشعة السينية .

المصادر

[1] محمود منهل البردان" الأشعة السينية"

[2] مهدي حسن الكليتي "معلومات عامة عن الأشعة التشخيصية واستخداماتها في المجال الطبي"

[3] علاء الحلبي "الطبيعة الاشعاعية للمادة "

[4] أ.د محمد فاروق احمد "الاشعة من حولنا "

[5] " 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

[6] د.صالح محمد متولي "الاشعة السينية الفوائد والمخاطر"

[7] محمود منهل البردان "الأشعة السينية"

8-Malicka J., Gryczynski Fang,I. J. Kusba J. and Joseph R. Lakowicz, "Analytical Biochemistry", Vol. 315 P.160 (2003)،

9-Peterson O.G. and Snavely B. B. "Bull. Am. Phys. Soc Vol.13, P.395 (1968)

10-I. B Berlman, "Energy Transfer Prameters of Aromatic Compounds", Academic Press, New york.

11-B.B. Snavely: Organic Molecular Photophysics, ed. by J.B. Birks, Vol.1, John Wiley & Sons, 1973, p.239.

12-B.H. Soffer, B.B. McFarland: Appl. Phys. Lett. 10, 266 (1967)

13-O.G. Peterson, B.B. Snavely: Appl. Phys. Lett. 12, 238 (1968)

14-مهدي صالح عيدان" دراسة طيفية لصبغات الليزر (popop-C102) "الجامعة التكنولوجية ١٩٩٣.

15-صباح ابراهيم ويس البرواري"دراسة طيفية لصبغات ليزرية وخليطهما(الفلورسين –صوديوم،الرودامين 6G،الرودامين B)"الجامعة التكنولوجية ١٩٩٧.

16-G. Filippidis et al. ,"Real time random laser properties of Rhodamine-doped di-ureasil hybrids " , Appl.Opt.,Vol.38, No.28, (1999).

17-احسان علي الفهداوي"دراسة أطياف التألق الطيفي لرودامينBو6Gفي اوساط مختلفة 2002.

18-G.S.S. Saini et al.," Spectroscopic studies of rhodamine 6G dispersed in polymethyl cyanoacrylate " Spectro chimica Acta Part A 61 , 653–658, (2005).

19-YuYang et al.,"Energy transfer mechanism between laser dyes doped in ORMOSILs "chemical physics letters 402(2005) 389-394.

20-Raida Jbur Hamood Al-Hamadani ," Spectroscopy Study and Manfacturing of An Active Polymeric Laser Medium ", A Thesis, University of Baghdad , College of Science for Women, (2006).

21-عدي محسن نايف ، " دراسة طيفية لنقلِ الطاقة والعمليات المتنافسة في أصباغ الليزر (كومارين ٥٢٢ و رودامين ١٠١) "، مجلة الهندسة و التكنولوجيا، المجلد ٢٦، العدد، ٥(٢٠٠٨).

22-رافد عباس علي ، " قياس أطياف الامتصاص والفلورة لصبغة الكومارين في مذيب التلوين" ، مجلة جامعة ذي قار، العدد ١، المجلد ٥ ،٢٠٠٩.

23-Naheda Hamood Abd Garaah , " Study Absorption Spectra and Fluorescence Of Some Organic Dyes In Dye Laser " , A Thesis , University of Babylon , College of Science , (2011).

24-غزلان سرحان احمد الدليمي ، " تحضير أغشية رقيقة من صبغة ليزرية ومطعمة بالبوليمر وقياس سمكها " ، مجلة إبن الهيثم للعلوم الصرفة و التطبيقية ، ، العدد ٢ ، المجلد ٢٥، (٢٠١٢) .

25-Qusay Raghib Ali, " Photobleaching Spectroscopic Studies and lifetime Measurements of Fluorescent Organic Dyes", A thesis, University of Baghdad , College of Science , (2013).

26-Worood Jaber Abed Al-Zahra , " A Study of Optical Properties of Acridine Dye and Alumina Nanoparticles Doped in PMMA Polyme", A thesis , University of Babylon , College of Science for Women , (2015).

27-Sara Jawad Shoja" Study of Spectroscopic and optical Properties for phenolphthalein dye as a laser active medium" University of Babylon, College of Science for Women, (2016).