جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية التربية/ قسم الفيزياء

دراسة تأثير الإشعاعات النووية على جسم الإنسان واهم الخدمات الأساسية الواجب توفرها للوقاية منها

بحث مقدم الى قسم الفيزياء / كلية التربية ، للحصول على شهادة البكالوريوس في الفيزياء

اعداد الباحثان
نور رحيم سويد
شريف عبدالله كردي

تحت إشراف
أ.م.د. عبد الحسين عباس خضير

١٤٣٨هـ
٢٠١٧م

بسم الله الرحمن الرحيم

وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا

صدق الله العلي العظيم

سورة طه : ١١٤

شكر وتقدير

بدأنا بأكثر من يد وقاسينا أكثر من هم وعانينا الكثير من الصعوبات وها نحن اليوم والحمد لله نطوي سهر الليالي وتعب الأيام وخلاصة مشوارنا بين دفتي هذا العمل المتواضع

أتقدم بخالص شكري وامتناني إلى عمادة كلية التربية / رئاسة قسم الفيزياء في جامعة القادسية لإتاحتهم الفرصة لي لإكمال البحث ، كما أتقدم بخالص الامتنان إلى أساتذتي الكرام

وبالأخص الأستاذ الفاضل ((**أ .م .د .عبد الحسين عباس خضير**))

للمساعدة السديدة والملاحظات الدقيقة التي لولاها لما اكتمل البحث . . . .

كما اشكر زملائي وزميلاتي للأيام الجميلة التي قضيناها معا

الى كل من ساعدني في معلومة أو نصيحة

لكم مني كل الحب والتقدير

الإهداء

الى ... معلمي الاول الذي غرس في داخلي بذرة الخير والعمل
اتمنى ان اكون قد بررته كما امرني ربي عز وجل

والدي العزيز (اطال الله في عمره)

الى... خصها الله تعالى بجنته.. رمز العطاء.. الحنونة الصابرة والمجاهدة
التي لولاها لما وصلت الى ما انا عليه

والدتي العزيزة (اطال الله في عمرها)

الى ... سندي وذخري ومن اشدد بهم ازري ...

اخوتي واخواتي

الى ... من يطمئن لهم قلبي .. وتستأنس بهم نفسي

اصدقائي الاعزاء

الى .... كل من علمني حرفاً او وجه لي نصحاً فارشدني الى طريق الصواب

اليهم جميعاً اهدي ثمرة جهدي المتواضع هذا

الموضوعات	رقم الصفحة
الفصل الأول: خصائص الإشعاعات المؤينة	١-١٧
(١-١) مفاهيم نووية	١
(١-١-١) الذرة و النواة The atom and the nucleus	١

(١-١-٢) الإلكترون The electron	١
(١-١-٣) البروتون The proton	١
(١-١-٤) النيترون Neutron	١
(١-١-٥) العدد الكتلي The mass number	٢
(١-١-٦)العدد الذري The atomic number	٢
(١-١-٧) النظائر The isotopes	٣
(١ -١-٨) طاقة الترابط للنواة Nuclear binding energy	٣
(١-٢) النشاط الإشعاعي Radioactivity	٤
(١-٣) تفكك ألفا – □ decay	٤
(١-٤) النواة ألام The parent nucleus	٤
(١-٥) النواة الوليدة The daughter nucleus	٥
(١-٦) طاقة جسيمات ألفا	٥
(١-٧) جسيمات ألفا – Particles	٥
(١-٨) تفكك بيتا – □ decay	٥
(١-٩) جسيمات بيتا – β partials	٨
(١-١٠) إشعاعات جاما Gamma radiation	٨
(١-١١) النيوترونات ومصادرها	١٠
(١-١٢) قانون التفكك الإشعاعي The radioactive decay law	١١
(١-١٢-١) ثابت التفكك الإشعاعي The decay constant	١١
(١-١٣) الشدة الإشعاعية أو النشاط الإشعاعي The activity	١٢
(١-١٣-١) عمر النصف (العمر النصفي) Half – Life (T1/2)	١٢
(١-١٣-٢) ثابت التفكك وعمر النصف البيولوجي و الفعال	١٣
(١-١٣-٣) عمر النصف الفعال Te وثابت التفكك الفعال e□	١٣
(١-١٣-٤) وحدات قياس الشدة الإشعاعية (النشاط الإشعاعي)	١٤
(١-١٣-٥) تفاعل الإشعاعات مع المادة	١٥
(١-١٣-٥-١) انتقال الطاقة من الجسيمات المشحونة الثقيلة للمادة	١٥
(١-١٣-٥-٢) مدى الجسيمات الثقيلة في المادة The range	١٦

(١-١٣-٥-٣) تفاعل الجسيمات الخفيفة المشحونه مع المادة :	١٦
الفصل الثاني : أثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسان	١٨-٢٧
(٢-١) تأثيرات الأشعة النووية	١٩
(٢-٢) أهم مخاطر الإشعاعات النووية:	١٩
(٢-٣) التأثيرات البيولوجية للإشعاع: التأثيرات البيولوجية للإشعاعات المؤينة	٢٢
الفصل الثالث :الخدمات الأساسية الواجب توفرها للوقاية من الإشعاعات المؤينة	٢٨
(٣-١) وحدة قياس الجرعات الإشعاعية المكافئة للأفراد	٢٨
(٣-٢) فحص ومتابعة نتائج الجرعات الإشعاعية	٢٩
(٣-٣) وحدة قياس واختبار التلوث الإشعاعي :	٢٩
(٣-٤) وحدة معايرة أجهزة الفحص الإشعاعي	٢٩
(٣-٤) وحدة المسح وقياس التلوث الإشعاعي	٢٩
(٣-٥) وحدة الكشف عن التلوث البيئي الإشعاعي في الجو داخل الحرم الجامعي	٣٠
(٣-٦) وحدة الكشف عن تلوث الأغذية :	٣٠
(٣-٧) الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان	٣١
(٣-٨) الخدمات التي تقدم	٣١
(٣-٩) تعليمات عامة للعاملين على أجهزة الأشعة السينية	٣٢
الاستنتاجات	٣٣
التوصيات	٣٤
المصادر	٣٥-٣٦

الفصل الأول

خصائص الإشعاعات المؤينة

(١-١) مفاهيم نووية

(١-١-١) الذرة و النواة The atom and the nucleus

يتكون العنصر من وحدات متشابهة ومتناهية في الصغر تسمى ذرات . وتختلف العناصر باختلاف ذراتها . وتتركب ذرة العنصر من جسم مركزي صغير الحجم يعرف بالنواة nucleus ، ويدور حولها عدد من الالكترونات وتتمركز كتلة

الذرة في النواة الصغيرة التي يبلغ نصف قطرها حوالي ١٠-١٣ سم في حين يصل نصف قطر الذرة إلى حوالي ١٠-٨ سم ، وتتركب النواة بدورها من نوعين من الجسيمات المتناهية الصغر تعرف بالبروتونات والنيترونات ، ويطلق على كليهما اسم النيوكلونات [١].

(١-١-٢) الإلكترون The electron

عبارة عن جسيم صغير جدا تبلغ كتلته وهو ساكن ٩,١١×١٠-٢٨ جم ويحمل شحنة كهربائية سالبة مقدارها ١,٦×١٠-١٩ كولوم .

(١-١-٣) البروتون The proton

جسيم صغير تبلغ كتلة السكون له ١,٦٧٥×١٠-٢٤ جم ، أي انه اكبر من الإلكترون بحوالي ١٨٣٩ مرة ويحمل شحنة كهربائية مساوية تماما لشحنة الإلكترون ولكنها موجبة .

(١-١-٤) النيترون Neutron

عبارة عن جسيم متعادل الشحنة (أي لا يحمل شحنة كهربائية) وكتلة السكون له مساوية تقريبا لكتلة البروتون ، وغالبا ما يعتبر النيوترون الحر (أي خارج النواة) يعيش في المتوسط ١٥,٢ دقيقة ثم يتفكك تلقائيا إلى بروتون و إلكترون.

والذرة متعادلة كهربائيا حيث إن عدد البروتونات الموجبة في النواة يساوي عدد الالكترونات السالبة التي تدور حولها ، مختلفة حول النواة ويتسع كل مدار لعدد معين من الالكترونات فيتسع اقرب مدار Orbitsوتدور الالكترونات في مدارات لثمانية الكترونات ، L) لإلكترونين ، في حين يتسع المدار الثاني المعروف بالمدار Kللنواة (ويعرف بالمدار أو القشرة لاثنين وثلاثين إلكترونا ، وهكذا. N لثمانية عشر إلكترونا والرابع والمعروف بالمدار Mوالثالث والمعروف بالمدار ورغم ان المادة (خاصة الصلبة) تبدو مصمتة إلا أنها في الحقيقة ، تعتبر فراغا ، ولكن قدرة العين البشرية (وأجهزة التكبير البصرية الحديثة) غير قادرة على تميز هذا الفراغ ، ولفهم هذه الحقيقة سنفترض ، جدلا ، وجود جهاز قادر على تكبير الذرة عشرة ملايين مرة عندئذ سوف يبدو قطر النواة التي تحمل كل كتلة الذرة تقريبا في حدود ١ سم تقريبا أي في حجم حبة العنب) الذي يتسع لإلكترونين فقط على بعد عشرات الكيلو Kالمتوسطة المستديرة في حين يكون اقرب مدار للنواة (المدار مترات من النواة وبذلك تشبه الذرة في تركيبها المجموعة الشمسية ، حيث تحتل الشمس مركز المجموعة ، وتدور الكواكب التسع التابعة لها في مدارات يبلغ نصف قطر أصغرها وهو (مدار عطارد) ٥٨ مليون كم تقريبا . بهذا الأسلوب من التشبيه يمكن فهم الذرة كفراغ حقيقي[١].

(١-١-٥) العدد الكتلي The mass number

العدد الكتلي الذرة هو عبارة عن مجموع عددي البروتونات والنيوترونات في النواة ويبين هذا العدد كتلة لذرة التقريبية ، وهو عبارة عن عدد صحيح ويرمز له بالحرف A.

(١-١-٦)العدد الذري The atomic number

ويرمز لذرات العناصر عادة بالحرف الأول Z هو عبارة عن عدد البروتونات في الذرة المعينة ، ويرمز له بالرمز من اسمها اللاتيني (أو حرفين أحيانا الأول كبير والثاني صغير) ثم يكتب العدد الذري في الجانب الأيسر الأسفل و العدد الكتلي في الجانب الأيسر الأعلى أي انه يرمز على سبيل المثال لذرة الهيدروجين بالرمز $^{1}_{1}H$ أما حيث أن عددها الذري = ١ وعددها الكتلي =٤ إذ تتكون نواة الهليوم (جسيم ألفا) من $^{4}_{2}He$ ذرة الهيلوم فيرمز لها بالرمز حيث إن عددها الذري =٢ والكتلي ٢٣٨ إذ تحتوي نواة $^{238}_{92}U$ برتونين و نيوترونين . كذلك يرمز لذرة اليورانيوم بالرمز اليورانيوم على ٩٢ بروتونا و ١٤٦ نيوترونا.

(١-١-٧) النظائر The isotopes

تحتوى نواة العنصر الواحد على نفس العدد من البروتونات إلا أنها يمكن أن تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات ويعني هذا إن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي ويقال في هذه الحالة إن للعنصر الواحد عدة نظائر فمثلا للهيدروجين ثلاثة نظائر هي:

١- هيدروجين $^{1}_{1}H$ وتتكون نواته من برتون واحد ولاتحتوي على نيوترونات (A=1 , Z=1) و يدور حول النواة إلكترون واحد
٢- ديتيرويوم $^{2}_{1}H$ وتتكون نواته من بروتون و نيوترون (A=2 , Z=1) ويدور حول النواة إليكترون واحد
٣- تريتيوم $^{3}_{1}H$ وتتكون نواته من بروتون واحد ونيترونين (A=3 , Z=1) ويدور حول النواة إليكترون واحد

وعموما ، يوجد لكل عنصر عدد من النظائر قد تصل أحياناً إلى أكثر من خمسين نظيرا للعنصر الواحد . وتكون نوى بعض هذه النظائر مستقرة ولا تتفكك في حين تكون نوى النظائر الأخرى قابلة للتفكك وبذلك تكون هذه النوى الأخيرة نشطة إشعاعيا Radioactive وتصدر إشعاعات في شكل جسيمات ألفا أو بيتا أو إشعاعات جاما ويوجد العنصر في الطبيعة في شكل خليط من بعض نظائره وهناك نظائر لا توجد عموما في الطبيعة وإنما يمكن إنتاجها صناعيا باستخدام المفاعلات أو المعجلات النووية[١] .

يمكن فصل النظائر بالطرق وتجدر الإشارة إلى إن نظائر العنصر الواحد تتحد في جميع خواصها الكيميائية لذا فأنه لا الكيميائية، حيث إن العدد الذري للعنصر هو الذي يحدد خواصه الكيميائية وإنما يتم فصله بطرق أخرى.

(١ -١-٨) طاقة الترابط للنواة Nuclear binding energy

تحتوي نواة الذرة على عدد معين من البروتونات الموجبة الشحنة وتتولد بين هذه البروتونات قوى تنافر كهروساكنة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين البروتونات ولما كانت المسافات بين البروتونات في النواة صغيرة للغاية فأنه من المتوقع

أن تكون قوى التنافر كبيرة للغاية بحيث يجب أن تتفكك النواة بسرعة وحيث أن النواة لا تتفكك إلى مكوناتها من البروتونات فأن هذا يعني أن هناك قوى أخرى جاذبة أقوى من قوة التنافر المذكورة وهذه القوى الجاذبة هي ما يعرف بالقوى النووية وهي تؤثر بين البروتونات و النيوترونات طالما كانت هذه الجسيمات على مسافة صغيرة من بعضها (اقل من ٢×١٠$^{-١٣}$ سم) وقد ثبت ان القوى النووية بين البروتونات و النيوترونات أو البروتونات متكافئة من الناحية النووية (وليس من ناحية الشحنة Nucleon . يمكن اعتبار كل من البروتون و النيوترون بمثابة جسيم واحد يطلق عليهما اسم نيوكلون)

(١-٢) النشاط الإشعاعي Radioactivity

تتميز العديد من النظائر سواء الطبيعية أو الصناعية (أي المجهزة باستخدام المعجلات أو المفاعلات النووية) بخاصية تعرف بأسم النشاط الإشعاعي و النشاط الإشعاعي عبارة عن تفكك (اضمحلال) نواة النظير تلقائيا إلى نواة اصغر (أو نواة ذات القيمة اقل للطاقة) مع إصدار جسيمات نووية مثل جسيمات ألفا أو بيتا (أو إشعاعات جاما) وتعرف النظائر التي تمييزا لها عن تلك النظائر المستقرة Radioactive Isotopes يحدث لها هذا التفكك بالنظائر المشعة Isotopes التي لا تتعرض للتفكيك وتحدث عملية التفكك في النظائر المشعة سواء كانت في الصورة نقية أو تدخل ضمن Stable مركبات كيميائية أو احيائية ولا تعتمد عملية التفكك على أي من الظروف الطبيعية مثل الحرارة أو حالة النظير أو غيرها [٢].

(١-٣) تفكك ألفا α– decay

تتميز نوى العناصر الثقيلة (الأثقل من الرصاص) وبعض نوى العناصر الأرضية النادرة بانخفاض قيمة طاقة الترابط للنيوكلون لذا فأن هذه النوى غير مستقرة عموما وتتفكك إلى نوى اخف وأكثر استقرارا وينتج عن ذلك إصدار جسيمات ألفا أو (Th) إلى نواة الثوريوم ٢٣٤ (Uبيتا مع إصدار إشعاعات گاما في العديد من الحالات فمثلا تتفكك نواة اليورانيوم ٢٣٨ (الأخف ، وينطلق نتيجة لذلك جسيم ألفا الذي هو عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وتتمثل عملية التفكك هذه بالمعادلة التالية :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + \alpha$$

) إلى نواة الرصاص ٢١٤ مع إصدار جسيم ألفا: Poكذلك ، تتفكك نواة البولونيوم ٢١٨ (

$$^{218}_{84}Po \longrightarrow {}^{214}_{82}Pb + \alpha$$

(١-٤) النواة ألام The parent nucleus

هي النواة الأصلية النشطة إشعاعياً التي تتفكك مثل نواة اليورانيوم ٢٣٨ أو البولونيوم ٢١٨ في المثالين السابقين.

(١-٥) النواة الوليدة The daughter nucleus

هي النواة الناتجة عن التفكك مثل نواتا الثوريوم ٢٣٤ و الرصاص ٢١٤ في المثالين السابقين ولحدوث تفكك ألفا لنظير معين أي يجب أن M وجسيم ألفا M_d اكبر من مجموع كتليتي كل من النواة الوليدةMpيجب أن تكون كتلة نواة هذا النظير ألام يتحقق الشرط :

$$M_p - (M_d + M_\alpha) > 0$$

ويلاحظ إن هذا الشرط يتحقق بالنسبة للعديد من النظائر الأثقل من الرصاص . لذا يلاحظ إن معظم النظائر الأثقل من الرصاص نشطة إشعاعياً بالنسبة لإصدار جسيمات ألفا.

(١-٦) طاقة جسيمات ألفا

تكون طاقة جسيمات ألفا الصادرة عن نفس النظير متساوية ومساوية تقريبا للمقدار :

$$(M_p - (M_d + M_\alpha) C^2$$

لذلك تعتبر جسيمات ألفا بصمة من بصمات النظير ، فبقياس طاقة جسيمات ألفا يمكن تحديد هوية النظير المشع لها.

(١-٧) جسيمات ألفا - Particles α

هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم ٤ المكونة من برتونين ونيترونين وهي بذلك عبارة عن جسيمات مشحونة موجبة الشحنة تبلغ شحنتها ضعف شحنة البروتون لذا فانه يمكن التحكم في مسارها باستخدام مجالات كهربائية أو مغناطيسية كما يمكن تعجيلها (إلى قيم عالية الطاقة وتنتمي هذه الجسيمات إلى مجموعة الجسيمات النووية أي تسريعها) باستخدام المعجلات النووية المشحونة الثقيلة.

(١-٨) تفكك بيتا - decay β

N/Z) كي تكون نواة نظير معين مستقرة يجب أن تكون النسبة بين عدد النيوترونات وعدد البروتونات في هذه النواة أي (وتتراوح هذه النسبة بين ١ للنظائر الخفيفة وتزداد حتى تصل إلى حوالي ١,٦ بالنسبة للنظائر الثقيلة . فمثلا نسبة معينة = ١ = ٦/٦ N/Z) مستقرة حيث أن نسبة النيوترونات إلى البروتونات هي $^{12}_{6}C$ يلاحظ إن نواة نظير الكربون ١٢ ( ) فهي نواة غير مستقرة حيث أن هذه النسبة تصبح $^{14}_{6}C$ وتعتبر هذه النواة من النوى الخفيفة . اما نواة نظير الكربون ١٤ (فإذا كانت = ٦/٨ = ١,٣٣ كذلك يلاحظ أن نواة نظير السيزيوم – ١٣٣ مستقرة لان النسبة تكون ٥٥/٨٢=١,٤٩ N/Z وعدد البروتونات للنظير المعين واقعة على منحني الاستقرار كان النظير مستقرا بالنسبة لتفكك النسبة بين عدد النيوترونات بيتا بأنواعه الثلاث هي :

أ- التفكك الالكتروني (تفكك بيتا السالب) The electron decay

إذا ازدادت نسبة النيوترونات إلى البروتونات عن قيمة المحددة من منحني الاستقرار بالنسبة للنظير ذي العدد الكتلي المعين فان هذا يعني إن النواة تحاول أن تصل إلى حالة الاستقرار وذلك عن طريق تحول نيوترون (أو أكثر) داخل النواة إلى بروتون ونتيجة لتحول النيوترون المتعادل إلى بروتون موجب الشحنة ينطلق إلكترون سالب الشحنة خارجا من النواة يطلق عليه اسم جسم بيتا سالب .

أي إن عملية التفكك $\bar{\nu}$ وقد ثبت انه أثناء عملية التحول هذه ينطلق جسيم آخر من النواة يعرف بالنيوترينو المضاد الالكتروني هي عبارة عن تحول نيوترون داخل النواة الى بروتون وانطلاق الكترون (جسيم بيتا) ونيوترينو مضاد ويمثل هذا التفكك بالمعادلة

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{-}e + \bar{\nu}$$

ويحدث هذا النوع من التفكك في عدة مئات من النظائر غير المستقرة (المشعة) :

إذ تتكون نواة عنصر جديد نتيجة لزيادة عدد البروتونات في النواة الوليدة بمقدار بروتون واحد فمثلا عند تفكك نواة الكربون ١٤ تتكون نواة عنصر جديد هو النتروجين ١٤ نتيجة تحول احد النيوترونات في النواة إلى بروتون وينطلق كل من جسيم بيتا و النيوترينو المضاد خارجين من النواة ويمثل هذا التفكك بالمعادلة التالية :

$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + e + \bar{\nu}$$

وكذلك يعتبر الكوبالت ٦٠ من النظائر المشعة لجسيمات بيتا مع تحوله إلى النيكل ٦٠

طبقاً للمعادلة التالية :

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{-}e + \bar{\nu}$$

ويتفكك السيزيوم ١٣٧ إلى الباريوم مع انطلاق جسيمات بيتا السالبة طبقا للمعادلة:

$$^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{-}e + \bar{\nu}$$

ب- التفكك البوزتروني (تفكك بيتا الموجب) The positron decay

إذا قلت نسبة النيوترونات إلى البروتونات عن تلك النسبة المحددة من منحني الاستقرار للنظير ذي العدد الكتلي المعين ، تعيد النواة استقرارها عن طريق تحول احد البروتونات فيها إلى نيوترون وينطلق نتيجة لهذا التحول جسيم يعرف بأسم البوزترون وجسيم آخر يعرف بالنيوترينو فعملية التفكك البوزتروني هي عملية تحول احد بروتونات النواة إلى نيوترون نتيجة لهذا التحول) ويمثل هذا التفكك بالمعادلة التالية: ν وانطلاق بوزترون (جسيم بيتا الموجب ونيوترينو

$$^{1}_{1}P \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{+}e + \nu$$

توجد عدة مئات من النظائر التي يحدث فيها هذا النوع من التفكك حيث يقل العدد الذري للنواة الوليدة بمقدار واحد أي يتكون نظير عنصر جديد ومن أمثلة هذا النوع من التفكك تفكك الصوديوم ٢٢ الذي يتفكك إلى نيون ٢٢ مصدرا البوزيترون و النيوترينو .

$$^{22}_{11}Na \longrightarrow Ne + ^{22}_{10}e + ^{+}_{v}$$

ج- الآسر الالكتروني The electronic capture

عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات قليلة يمكن ان تحول النواة بأسلوب آخر حيث تأسر النواة الأم احد الالكترونات الذرية من المدارات القريبة منها ثم يتحد هذا الإلكترون مع احد بروتونات النواة فيتحول هذا البروتون إلى نيوترون دون انطلاق أي من جسيمات بيتا خارج النواة ولكن ينطلق النيوترينو . ويمثل الأسر الالكتروني بالمعادلة التالية :

$$^{1}_{1}P + {}^{-}e \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}_{v}$$

وتجدر الإشارة إلى إن النوى القابلة للتفكك البوزتروني يمكن أن يحدث لها اسر الكتروني .

جسيمات بيتا (١-٩) - partials β

تنقسم جسيمات بيتا إلى نوعين : هما جسيمات بيتا السالبة (الالكترونات) وجسيمات بيتا الموجبة (البوزترونات) و البوزوترون هو عبارة عن جسيم مساو في كتلته للإلكترون ولكن شحنتة موجبة ولما كانت هذه الجسيمات مشحونة فانه يكمن التحكم في مسارها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطيسية كما يمكن تعجيلها إلى طاقات عالية وتنتمي جسيمات بيتا إلى فئة الجسيمات المشحونة الخفيفة .

النيوترينو - The neutrino

هو عبارة عن جسيم ذي كتلة سكون مساوية للصفر تقريبا ولا يحمل أي شحنة.

ـ طاقة جسيمات بيتا

إن الشرط الأساسي لحدوث أي نوع من أنواع تفكك بيتا هو ان تكون كتلتة النواة الام اكبر من مجموع كتل النواة الوليدة وجسيم بيتا ، ويكون الفرق بين كتلة النواة الام و مجموع الكتل الناتجة هو عبارة عن الطاقة التي ينطلق بها كل من جسيم بيتا

و النيوترينو (او النيوترينو المضاد) بطريقة عشوائية لذلك فان طاقة جسيمات بيتا الصادرة عن نفس النظير تتخذ قيما مختلفة تبدا من الصفر ولكنها لا تتجاوز قيمة الطاقة الكلية الناتجة عن التفكيك بذلك فأن قياس طاقة جسيمات بيتا لا يدل عن هوية المصدر الذي يصدرها .

(١٠-١) إشعاعات جاما Gamma radiation

ويعني هذا إن Excited states في اغلب الأحيان تكون النوى الوليدة الناتجة عن تفكك ألفا أو تفكك بيتا في حالة مثارة طاقة النواة تكون أعلى من طاقتها في الحالة المستقرة (الأرضية) ولا تستطيع النواة أن تعيش في هذه الحالة المثارة طويلا ولكنها سرعان ما تنتقل إلى حالة اقل إثارة أو إلى الحالة الأرضية وتتخلص من الطاقة الزائدة عن طريق إصدار إشعاعات كهرومغناطيسية تعرف بأسم إشعاعات جاما كذلك يمكن إثارة النوى المستقرة بطرق مختلفة كالتفاعلات النووية مثلا حيث تعود هذه النوى المثارة من جديد إلى حالتها الأرضية بعد إصدارها للطاقة الزائدة في شكل إشعاعات جاما.

وإشعاعات جاما عبارة عن فوتونات (موجات كهرومغناطيسية) كالفوتونات الضوئية ولكن ترددها عال جدا (أي إنها ذات طاقة عالية جدا) بالمقارنة بالإشعاعات الضوئية . ولما كانت هذه الإشعاعات ليست أجساماً مادية ولا تحمل أي شحنة كهربائية فانه لايمكن التحكم في مسارها أو تعجيلها باستخدام المجالات الكهربائية او المغناطيسية ويوجد العديد من مصادر إشعاعات جاما فمثلا يعتبر كل من الكوبالت ٦٠ و السيزيوم ١٣٧ من مصادر إشعاعات جاما حيث تتفكك هذه النظائر أولا عن طريق تفكك بيتا السالب فتتكون نظائر النيكل ٦٠ و الباريوم ١٣٧ بالترتيب في حالات مثارة مما ينتج عنه إصدار إشعاعات جاما عند تحول هذه النظائر الأخيرة من الحالة المثارة إلى الحالة الأرضية إذ يتحول نظير الكوبالت ٦٠ إلى نظير النيكل ٦٠ في حالة مثارة بطاقة إثارة مقدارها ٢,٥٠٥ ميغا إليكترون فولت . و تنتقل نواة النيكل ٦٠ من هذه الحالة المثارة إلى حالة اقل إثارة ذات طاقة الإثارة الأقل وهي ١,٣٣٢ ميغا ليكترون فولت.

فينبعث نتيجة لذلك إشعاع جاما حاملا فرق الطاقة بين الحالتين ، أي حاملا طاقة مقدارها ٢,٥٠٥- ١,٣٣٢ =١,١٧٣ ميغا إليكترون فولت .

ثم تنتقل نواة النيكل من هذه الحالة المثارة الأخيرة الى الحالة المستقرة (الأرضية) فينطلق فوتون جاما آخر حاملا فرق الطاقة بين الحالتين أي ١,٣٣٢- صفر = ١,٣٣٢ ميغا إليكترون فولت . وبصفة عامة تكون طاقة الفوتون المنطلق $E\gamma$ نتيجة انتقال النواة من حالة مثارة بطاقة E_i إلى حالة اقل إثارة E_f هي :

$$E\gamma = E_i - E_f \qquad (1)$$

وهناك نظائر مشعة تطلق فوتونات جاما مباشرة ، دون حدوث تفكك الفا او بيتا . و من هذه النظائر نظير التكنيشيوم ٩٩ م (^{99m}Tc) حيث ينتج هذا النظير عن تفكك المولبيدنيوم ٩٩ من خلال تفكك بيتا ويتكون التكنيشيوم ٩٩م في حالة مثارة الا انها شبه مستقرة حيث يبلغ العمر النصفي لهذه الحالة ٦ ساعات وبالتالي يعتبر نظير التكنيشيوم ٩٩م نظيرا مشعا لفوتونات جاما ولهذا النظير استخدامات متعددة وواسعة في تشخيص العديد من الأمراض وانسداد وضيق الشرايين والجلطات وغيرها من خلال حقنه في المريض وتتبع سريان النظير في الأوعية الدموية و الأعضاء المختلفة للمريض

- فوتونات جاما

تجدر الإشارة إلى إن كل نظير مشع يصدر فوتوناته بطاقة واحدة أو بقيم محددة للطاقة فكما تبين في المثالين السابقين يصدر السيزيوم ١٣٧ فوتونات جاما بطاقة واحدة مقدارها ٠,٦٦٢ م ا ف في حين يصدر الكوبالت ٦٠ فوتونات جاما بطاقتين محددتين هما ١,١٧٣ ، ١,٣٣٢م ا ف و بالتالي فانه بقياس طاقة او طاقات الفوتونات المنبعثة من نظير معين يسهل تحديد هوية هذا النظير مباشرة وبالتالي يقال إن إشعاعات جاما عن النظير ما هي بمثابة بصمة لهذا النظير

(١-١١) النيوترونات ومصادرها

النيوترونات هي كما عرفنا سابقا جسيمات متعادلة الشحنة الكهربائية لذا فهي لا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية وعموما فانه لا يوجد في الطبيعة أي نظائر مشعة للنيوترونات ولكنه يمكن إنتاج نظير اصطناعي يستخدم كمصدر للنيوترونات وهو النظير الكاليفورونيوم ٢٥٢ الذي يصدر الميكروجرام الواحد منه حولي ٢ مليون نيوترون في الثانية . وتتراوح طاقة النيوترونات المنطلقة من هذا النظير بين حوالي ٠,١ ، ٧ م ا ف وتوجد عدة مصادر أخرى للنيوترونات أهمها :

١. مصدر الراديوم المشع – بريليوم Ra-Be Source

وهو عبارة عن خليط من كل من نظير الراديوم ٢٢٦ و البريليوم ٠٩ فالراديوم نشط إشعاعياً ويصدر جسيمات ألفا وعند تصادم جسيم ألفا مع نواة البريليوم ٩ يحدث تفاعل نووي ينتج عنه تكون النواة الكربون وينطلق نيوترون طبقا للتفاعل التالي :

$$\alpha + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

وعند خلط جرام واحد من الراديوم مع عدة غرامات من البريليوم يمكن الحصول على مصدر نيوترونات يعطي حوالي $١٠^{٧}$ نيوترون في الثانية وتتراوح طاقة النيوترونات المنطلقة منه بين حوالي ١-١٠ م ا ف الا ان هذا النوع من المصادر النيوترونية لم يعد متداولا نظرا لان الراديوم ٢٢٦ يصدر من خلال نويداته الوليدة مثل الرصاص ٢١٤ والبولونيوم 214 كميات كبيرة من إشعاعات جاما وقد حل محل هذا المصدر الاميريشيوم ٢٤١– بريليوم ٩ .

٢. مصدر الاميريشيوم – بريليوم Am – 241 – Be- 9

يحضر هذا المصدر بطحن كمية محددة من نظير الاميريشيوم ٢٤١ مع عدد محدود من الجرامات من البريليوم ٩ المسحوق حيث يصدر الاميريشيوم جسيمات ألفا التي تتفاعل مع نوى البريليوم فتصدر النيوترونات بنفس المعادلة السابقة ، ويتميز الاميريشيوم ٢٤١ و الراديوم ٢٢٦ بأنه لا يصدر سوى كمية ضئيلة من إشعاعات جاما وبطاقة صغيرة هي ٥٩,٥ ك ا ف ف . ويعطي هذا المصدر نفس المدى من ١ حتى حوالي ١٠ م ا ف .

٣. مصدر النيوترونات الفوتوني The photoneutron Source

يستخدم هذا النوع من المصادر النيوترونية احد مصادر إشعاعات جاما بدلا من مصدر جسيمات ألفا وعند سقوط فوتون جاما على النواة البريلوم ينتج عن ذلك تكون جسيمين من جسيمات ألفا وانطلاق نيوترون طبقا للمعادلة:

$$\gamma + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow 2\ {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

ولكي يحدث التفاعل يجب أن لا تقل طاقة فوتون جاما عن ١,٦٧ ميغا إلكترون فولت لذا فانه يمكن استخدام مصدر الصوديوم ٢٤ الذي يصدر إشعاعات جاما بطاقة مقدارها ٢,٧٦ ميغا إلكترون فولت وبوضع الصوديوم ٢٤ مع البريليوم ٩ يمكن الحصول على مصدر نيوتروني يتميز عن المصادر السابقة بان الطاقة النيوترونات تتخذ قيمة واحدة بدلا من طيف الطاقة المستمر من المصادر السابقة [٢].

(١-١٢) قانون التفكك الإشعاعي The radioactive decay law

يعتبر التفكك الإشعاعي مع إصدار جسيم ألفا أو بيتا أو فوتون جاما عملية إحصائية بحتة ويرجع السبب في ذلك الى انه لايمكن معرفة الوقت الذي تتفكك فيه النواة معينة فعند وجود نواة واحده غير مستقرة فانه يمكن ان تتفكك هذه النواة في الحال أو خلال ثانية أو بعد ساعة أو يوم أوعدة ملايين من السنين ولكن عند وجود عدد كبير جدا من نوى النظير النشطة فأنه يمكن معرفة عدد النوى التي تخضع للتفكك وعلاقة هذا العدد مع الزمن فعند وجود عدد معين من النوى النشطة وليكن N_o في لحظة معينة من الزمن فانه يمكن تحديد عدد النوى المتبقية N دون تفكك خلال زمن مقداره t وذلك من العلاقة التالية :

$$N = N_o\, e^{-\lambda t} \qquad (2)$$

ويعرف هذا القانون بأسم القانون الاسي للتفكك الإشعاعي

(١-١٢-١) ثابت التفكك الإشعاعي The decay constant

في العلاقة (١) باسم ثابت التفكك الإشعاعي وهو عبارة عن احتمال تفكك نواة واحدة معينة في الثانية λ يعرف معامل الواحدة ووحدة قياس هذا المعامل هي مقلوب الثانية أي (١/ثانية) حيث انها تعبر عن تفكك النواة في الثانية.

(١-١٣) الشدة الإشعاعية أو النشاط الإشعاعي The activity

في معظم الأحيان يكون المطلوب هو معرفة عدد النوى التي تتفكك في الثانية الواحدة وليس عدد النوى الباقية دون تفكك) ويسمى عدد النوى التي تتفكك في الثانية الواحدة من عينة مشعة بأسم الشدة الإشعاعية للعينة أو 2والمحددة بالعلاقة (

وبمرور الوقت تتناقص الشدة الإشعاعية A_o النشاط الإشعاعي للعينة ويرمز للشدة الإشعاعية في لحظة إعداد العينة بالرمز A للعينة تبعا للمعادلة

$$A = A_o e^{-\lambda t} \qquad (3)$$

عدد N_o وتحسب الشدة الإشعاعية (النشاط الإشعاعي) للعينة من واقع عدد الذرات المشعة الموجودة من هذه العينة فأذا كان λ هو ثابت التفكك لهذا النظير (أي احتمال ان تتفكك نواة ذرة الذرات المشعة الموجودة في العينة في لحظة معينة وكان N_o واحدة من هذا النظير في الثانية) يكون احتمال تفكك العدد (أو A_o من الذرات في الثانية الواحدة هو النشاط الإشعاعي الشدة الإشعاعية للعينة) أي عدد التفككات التي تحدث في العينة في الثانية الواحدة أي ان:

$$A_o = N_o \lambda \qquad (4)$$

(١-١٣-١) عمر النصف (العمر النصفي) Half – Life ($T_{1/2}$)

للنظير المعين هو عبارة عن الفترة الزمنية التي تنخفض خلالها الشدة الإشعاعية للعينة المجهزة من هذا $T_{1/2}$ عمر النصف النظير إلى النصف وبمعنى آخر فان عمر النصف هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد النوى الموجودة في العينة ويرتبط عمر λ لهذا النظير بالعلاقة: النصف بثابت التفكك

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda \qquad (5)$$

(يجب الانتباه إلى 4) لاستخدامها في حساب النشاط الإشعاعي للعينة بالعلاقة (5 من العلاقة (λ وعند حساب قيمة $T_{1/2}$ بالثانية ، وذلك لان النشاط الإشعاعي يحسب دائما منسوبا للثانية ويختلف العمر ضرورة أن يتم التعبير عن عمر النصف النصفي باختلاف النظير المشع فهناك نظائر لا يتعدى عمرها النصفي جزء من الميكروثانية وأخرى يزيد عمرها النصفي أن العمر النصفي لكل نظير مشع هو مقدار ثابت لا يغير إطلاقا ويعتبر بصمة من بصمات هذا النظير . عن $١٠^{١٠}$ سنة إلا ولإيضاح معنى العمر النصفي نفرض أن لدينا مصدرا من الكوبالت ٦٠ الذي يبلغ عمره النصفي ٥,٢٧ سنة ونفرض إن الشدة الإشعاعية للمصدر عند تجهيزه كانت ١٠ كوري بعد مرور فترة زمنية مقدارها ٥,٢٧ سنة تنقص الشدة الإشعاعية لهذا المصدر إلى النصف أي تصبح ٥ كوري وبعد مرور ٥,٢٧ سنة أخرى تتناقص شدته إلى النصف مرة أخرى وتصبح ٢,٥ كوري ثم بعد مرور ٥,٢٧ سنة أخرى تتناقص مرة أخرى وتصبح ١,٢٥ كوري وهكذا[١].

(١-١٣-٢) ثابت التفكك وعمر النصف البيولوجي و الفعال

في بعض الأحيان تدخل النويدات المشعة داخل الإنسان من خلال عدد من المسالك مثل ابتلاع الطعام و الشراب الملوث بالنويدات المشعة او استنشاق الهواء الملوث او بسبب حقن النويدات المشعة في الأوردة لتشخيص مرض المريض في عمليات الطب النووي او لعلاجه او حتى من خلال الخدوش الموجودة في الجلد الذي يتلوث بالنويدات المشعة .

يعرف هذا النوع من التعرض بالتعرض الداخلي للإشعاع وقد يكون أكثر خطورة من التعرض الخارجي (عندما تكون المادة المشعة موجودة خارج الجسم) ويرجع السبب في ذلك إلى إن الجسيمات ألفا الخارجية تمتص في طبقة رقيقة من الهواء أو في طبقة الجلد الميت على أسوأ تقدير .

اما عند إدخال بواعث ألفا وبيتا للجسيم (أي دخولها قوياً) تودع هذه الجسيمات طاقتها بكاملها في منطقة ضيقة حول نقطة الانبعاث (خاصية جسيمات ألفا) [٥].

λ_e وثابت التفكك الفعال T_e (١-١٣-٣) عمر النصف الفعال

عند إدخال مادة مشعة في الجسم فانه نشاطها الإشعاعي يتناقص بوسيلتين هما التفكك الفيزيائي و الإخراج البيولوجي وثابت التفكك الفعال T_e هو عبارة عن الفترة الزمنية اللازمة لانخفاض النشاط الإشعاعي داخل الجسم بفعل كل من التفكك الفيزيائي بعمر النصفي الفعال بذات العلاقة λ_e و الإخراج الاحيائي ويرتبط التفكك الفعال

$$\lambda_e = 0.693/T_e \qquad (6)$$

أي أن : λ_p وثابت التفكك الفيزيائي λ_b هو حاصل جمع كل من ثابت التفكك البيلوجي λ_e وثابت التفكك الفعال

$$\lambda_e = \lambda_p + \lambda_b \qquad (7)$$

و بالتعويض عن هذه الثوابت يتبين ان

$$0.693 / T_e = (0.693 / T_b) + (0.693 / T_p)$$

(للتيسير) و العمر النصفي الفعال الذي سيرمز له λ وبأستخدام العلاقة بين ثابت التفكك الفعال الذي سيرمز له بالرمز يتخذ قانون التفكك الإشعاعي الصيغة التالية:T اختصارا بالحرف

$$A = A_o\, e^{-(0.693t / T)} \qquad (8)$$

(١-١٣-٤) وحدات قياس الشدة الإشعاعية (النشاط الإشعاعي)

كانت الوحدة الأساسية لقياس الشدة الإشعاعية للعينة هي الكوري Curie (Ci) وأجزاؤه وهي الميلي كوري (mCi) والميكروكوري μCi و الكوري وحدة كبيرة حيث أن العينة التي تبلغ شدتها ١ كوري هي تلك العينة التي يحدث فيها 3.7×10^{10} تفكك في الثانية في الجيل الأول من تفككها إذا كانت العملية من النوع الذي يتميز بالتفكك المتتابع ويبين ذلك الجدول التالي [٥]:.

١ كوري	$=3.7 \times 10^{10}$	تفكك بالثانية أو بكرل

١ ميللي كوري	$=3.7 \times 10^{7}$	تفكك بالثانية أو بكرل
١ ميكروكوري	$=3.7 \times 10^{4}$	تفكك بالثانية أو بكرل

وتستخدم الآن الوحدة المعيارية الدولية لقياس الشدة الإشعاعية في النظام المعياري الدولي وهذه الوحدة هي البكرل و البكرل الواحد عبارة عن تفكك وحدة واحدة في الثانية ونظرا لصغر هذه الوحدة تستخدم في كثير من الأحيان bequerel مضاعفاتها وهي الكيلو بكرل والميغا بكرل و الغيغا بكرل وهي:

١ كيلو بكرل = $١٠^{٣}$ بكرل

١ ميغا بكرل = $١٠^{٦}$ بكرل

١ غيغا بكرل = $١٠^{٩}$ بكرل

(١-١٣-٥) تفاعل الإشعاعات مع المادة

ليس المقصود من هذا الفصل التعرف على التفاعلات النووية التي يمكن أن تحدثها الإشعاعات في المادة ولكن المقصود هو التعرف على قدرة هذه الإشعاعات على النفاذ خلال المادة او قدرة المادة على امتصاص أو إيقاف النوع المعين من هذه الإشعاعات

ومن هذا المنطلق تنقسم الإشعاعات المؤينة إلى أربعة أنواع هي :

١. الجسيمات المشحونة الثقيلة : وتشمل جسيمات ألفا والديوترونات و البروتونات وغيرها من الايونات.
٢. الجسيمات المشحونة الخفيفة : وهي جسيمات بيتا (الالكترونات و البوزوترونات) وما شابهها.
٣. الإشعاعات الكهرومغناطيسية : وهي إشعاعات جاما والأشعة السنية
٤. النيوترونات.

(١-١٣-٥-١) انتقال الطاقة من الجسيمات المشحونة الثقيلة للمادة

عند سقوط الجسيمات المشحونة الثقيلة على المادة تنتقل طاقة هذه الجسيمات إلى المادة بالتدريج ويحدث هذا الانتقال نتيجة التصادمات بين الجسيمات الساقطة و الالكترونات المدارية لذرات المادة ففي كل تصادم ينتقل جزء من طاقة الجسيم الساقط إلى احد الالكترونات .

فإذا كانت الطاقة المنتقلة صغيرة تنتج عن ذلك انتقال الإلكترون من مداره إلى مدار ذي الطاقة أعلى ويقال إن الذرة أصبحت مثارة أما إذا كانت الطاقة المنتقلة كبيرة فان الإلكترون ينطلق تاركا الذرة مما يؤدي إلى تأينها أي تكون ذرة ينقصها إلكترون

وتعرف بالايون ويرحل الإلكترون بعيدا عن ذرته الأم وهكذا تفقد الجسيمات الثقيلة طاقتها عن طريق إثارة أو تأين ذرات المادة فعند دخول جسيم ألفا مثلا إلى المادة تتناقص طاقته و بالتالي تقل سرعته بالتدريج وقبل أن يتوقف جسيم ألفا يتبادل الالكترونات مع المادة فيتحول إلى ذرة هيليوم متعادلة ونتيجة لتأين المادة يتكون عدد من الأزواج الاليكترونية – الأيونية ، ويمكن حساب عدد هذه الأزواج عند معرفة طاقة الجسيمات الساقطة ومتوسط الطاقة اللازمة لتكوين زوج اليكتروني – ايوني واحد .

وتعتمد قيمة الطاقة المتوسطة اللازمة لتكوين الزوج على نوع المادة ولكنها لا تعتمد على طاقة الجسيمات وهي تساوي حوالي ٣٣ إلكترون فولت بالنسبة للهواء في الظروف العادية أي عند الضغط الجوي المعياري وعند درجة حرارة الغرفة وهذا يعني إن الجسيمات الساقطة تتعرض لعدد كبير جدا من التصادمات قبل ان تتوقف فمثلا عند سقوط جسيم ألفا بطاقة مقدارها ٥ ميغا إليكترون فولت فانه يتعرض لعدد من التصادمات اللا مرنة يزيد على:

٥٠٠٠٠٠٠ ÷ ٣٣=١٥٠٠٠٠ تصادم .

وينتج عن هذه التصادمات تكوين عدد من الأزواج الاليكترونية الأيونية مقداره ١٥٠٠٠٠ زوج . وإذا كانت طاقة جسيمات ألفا ضعف هذه القيمة زاد عدد الأزواج إلى الضعف كذلك .

وبمعنى آخر فان عدد الأزواج المتكونة يتناسب مع طاقة الجسيمات الساقطة عند التوقف هذه الجسيمات داخل المادة .

(١-١٣-٥-٢) مدى الجسيمات الثقيلة في المادة The range

مدى الجسيم في المادة هو عبارة عن المسافة المستقيمة التي يقطعها الجسيم في المادة إلى أن يتوقف تماما . ويعتمد مدى الجسيمات الثقيلة في أي مادة على نوع المادة وعلى طاقة هذه الجسيمات ويقل المدى كلما زادت كثافة المادة ، ويزيد كلما زادت طاقة الجسيمات وعموما فان مدى الجسيمات الثقيلة صغير حيث تبلغ مدى جسيمات الفا بطاقة ٥ ميغا إلكترون فولت في الهواء حوالي ٣,٥ – ٤ سم في حين لا يزيد مدى هذه الجسيمات في النسيج البشري على حوالي ٤٠ ميرون أي اقل من سماكة طبقة الجلد السطحية الميتة أي ان قدرة الجسيمات الثقيلة على الاختراق تعتبر صغيرة لذا فان هذه الجسيمات لا تحتاج إلى حواجز سميكة للوقاية منها[١].

(١-١٣-٥-٣) تفاعل الجسيمات الخفيفة المشحونه مع المادة :

تنتمي جسيمات بيتا إلى فئة الجسيمات المشحونة وتقل كتلة جسيمات بيتا عن كتلة جسيم ألفا بحوالي ٧٣٦٠ مرة لذلك تكون سرعة جسيمات بيتا أعلى من سرعة جسيمات ألفا بالطاقة نفسها بحوالي ٨٦ مرة لهذا السبب تقترب سرعة جسيمات بيتا بطاقة حولي ١ م ا ف من سرعة الضوء التي تبلغ ٣×١٠^{٨} م/ثا .

عند السرعات القريبة من سرعة الضوء ونظرا لصغر كتلة جسيم بيتا فانه نتيجة قوى كولوم المتولدة بين هذه الجسيمات وبين الالكترونات المدارية والنوى تحدث لجسيمات بيتا فرملة (أي انكباح أو تسارع سالب) ويؤدي ذلك التسارع

السالب إلى تولد موجة كهرومغناطيسية تعرف بأشعة الانكباح (أو الأشعة السينية) لذلك فانه عند مرور جسيمات بيتا في المادة فأنها تنقل طاقتها إلى ذرات هذه المادة من خلال عملية التأين و الإثارة جنبا إلى جنب مع عملية إنتاج أشعة الانكباح وتعتمد نسبة الطاقة التي تفقدها جسيمات بيتا على التأين و الإثارة وتلك التي تفقدها على إصدار أشعة الانكباح على كل من Eطاقة هذه الجسيمات وعلى العدد الذري .Z للمادة التي تتفاعل معها هذه الجسيمات

الكبيرة للمادة المتفاعلة Z) وعند الأعداد الذرية MeV لجسيمات بيتا (أكثر من عدة Eفعند الطاقات العالية تكون الآلية السائدة للتفاعل بين جسيمات بيتا والمادة هي إصدار أشعة الانكباح اما عند الطاقات المنخفضة لهذه الجسيمات (عدة عشرات أو مئات الكيلو إلكترون فولت)

وعند الأعداد الذرية القليلة للمادة المتفاعلة تكون الآلية الرئيسية للتفاعل هي التأين و الإثارة وعند الطاقات المتوسطة) و الأعداد الذرية لمتوسطة تسهم كل من الآليتين بنسب متقاربة في انتقال الطاقة من الجسيمات للمادة . MeV 1(≈

ومن الخصائص الأخرى التي تميز تفاعل جسيمات بيتا عن تفاعل جسيمات ألفا مع المادة إن مسارها منكسر نظرا لخف جسيم بيتا بخلاف مسارات جسيمات ألفا التي تكون دائما خطا مستقيما.

إن السرعة الكبيرة لجسيمات بيتا تجعل زمن التفاعل الذي يتحدد كزمن وجود هذا الجسيم بالقرب من إلكترون مداري زمنا صغيرا جدا بحيث تكون زمن التفاعل محدودا للغاية لهذا السبب فان مدى جسيمات بيتا اكبر بكثير من مدى جسيمات ألفا حيث يتراوح هذا المدى عند طاقة تبلغ حوالي (١ م ا ف) في الهواء عند الظروف المعياري للضغط ودرجة الحرارة بين ٤-٥ متر في حين يبلغ مدى هذه الجسيمات في الماء أو جسم الإنسان حوالي ٦-٨ مم وفي الألمنيوم حوالي ٢-٣ مم ، وقد تبين انه عند سقوط حزمة متوازية من هذه الجسيمات على مادة ما فانه يتناقص عدد هذه الجسيمات كما تتناقص طاقتها كلما زاد عمق تغلغلها داخل المادة وذلك بخلاف جسيمات ألفا التي تتناقص طاقتها دون عددها ويعود السبب في ذلك إلى :

أ- طيف جسيمات بيتا مستمر ، بحيث أن الجسيمات منخفضة الطاقة تفقد طاقتها خلال طبقة رقيقة من المادة في حين تستطيع الجسيمات عالية الطاقة أن تخترق لمسافات ابعد .

ب- انحراف نسبة كبيرة من جسيمات بيتا عن اتجاهها الأصلي بسبب تساوي كتل الجسيمات المتفاعلة [١].

الفصل الثاني

أثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسان

حتى في المراكز الصحية الصغيرة وكلنا يعرف مدى انتشرت مؤخراً استخدامات الأجهزة الإشعاعية وأصبحنا نجدها على جسم الإنسان خطورة انبعاث الإشعاع من تلك الأجهزة.

العالم الفيزيائي الألماني رونتجن الذي أطلق عليها اسم لم يعرف الإنسان الأشعة النووية إلا عام ١٨٩٥ ميلادي على يد لكونها ذات طبيعة مجهولة له في ذلك الوقت. الآن وبعد أكثر من ١٠٠ عام من هذا (أشعة أكس (الأشعة السينية) وأمكنهم التوصل إلى معلومات هائلة الاكتشاف الهائل يمكن القول إن علماء الفيزياء النووية أصبحوا على معرفة ضخمة

وتأثيرها على الكائنات الحية وعلى الجوامد. إن استخدامات الأشعة ودقيقة حول هذه الأشعة من حيث أنواعها وماهيتها فلا يكاد يخلو الطبي يمكن تقسيمه إلى قسمين رئيسيين هما : الأولى في مجال تشخيص الأمراض والعلل النووية في المجال وأبسط هذه الأجهزة الجهاز الذي يستخدم أي مستشفى أو منشأة صحية مهما كان حجمها من جهاز للأشعة التشخيصية والثاني في مجال العلاج هذا الاستخدام غالباً لا يوجد إلا في أماكن متخصصة [٢]. ,لتحديد الكسور أو أمراض الرئة والقلب

ولتقدير التأثير الإحيائى على الإنسان يقتضي حساب الجرع الإشعاعية التي تنشأ من المواد المشعة، ومسالك انتشارها وعوامل تخفيفها في البيئة ، عن طريق الظواهر الطبيعية كالرياح، ومعدل سقوط الأمطار، وطبيعة التربة، والتضاريس، ونسبة التبخر ودرجات الحرارة. وتعد معرفة كيفية تأثير عوامل التربة والنبات والظروف البيئية على انتقال النويدات المشعة أمراً أساسيا للتقليل من مخاطرها على الإنسان، ويمكن إيضاح انتقال النويدات المشعة من التربة إلى النبات من خلال معامل الانتقال، والذي يمثل النسبة بين تركيز النويدات المشعة في النبات إلى تركيزها في التربة، إذ أن العناصر المشعة المختلفة في البيئة تتصرف بطريقة تشبه مثيلاتها من العناصر غير المشعة فتصل السلسلة الغذائية اليومية اعتمادا على الخواص الكيميائية والفيزيائية لهذه العناصر، ثم دخول الجسم وإحداث أضرارا بيولوجية في الأنسجة والأعضاء المستهدفة.

(٢-١) تأثيرات الأشعة النووية

نوعاً واحداً وإنما أنواع عدة مثل الفوتونات والإلكترونات وأشعة بيتا وأشعة ألفا نوع الإشعاع فليست الإشعاعات النووية ١. .والنيوترونات وكل منها له تأثيرات معروفة ومحددة

.الكمية زادت احتمالية الآثار المتوقعة كمية الإشعاع فكلما زادت ٢.

.الأثر المتوقع ٣. مدة التعرض فكلما زادت مدة التعرض زاد

.المسافة زادت الآثار المتوقعة ٤.المسافة بين مصدرالإشعاع وبين الشخص المتعرض فكلما قلت

.البالغين العمر فتعرض الأطفال والمراهقين أخطر من تعرض ٥.

(٢-٢) أهم مخاطر الإشعاعات النووية:

لجرعات عالية من الأشعة النووية قد يسبب زيادة حيث أصبح معروفاً أن التعرض **حدوث أنواع معينة من السرطان** : ١. .الحاد وسرطان الغدة الدرقية وسرطان الثدي في حالات السرطان مثل سرطان الدم

تأثيرات خطيرة هذه لدى الأجنة فتعرض المرأة الحامل للأشعة النووية قد يعرض الجنين إلى **الخلقية : حدوث التشوهات** ٢. الجرعة فإذا كان التعرض في الأسبوع الأول للحمل فإن هذا التأثيرات تعتمد على مرحلة الحمل التي تم فيها التعرض وعلى للجنين وأخيراً فإن التعرض خلال الأسابيع الستة التالية فإن ذلك قد يؤدي إلى تشوهات خلقية يؤدي إلى موت الجنين أما تشوهات خلقية للجنين. وهنا ينبغي التأكيد على الأهمية التعرض للإشعاع في الشهرين الأخيرين للحمل لم يثبت أنه يسبب أي للمرأة الحامل وعلى كل امرأة حامل أن تبلغ الفريق الطبي بشكل مباشر عن وجود أي القصوى لتوقي التعرض للإشعاع الموجات فوق الصوتية أو احتمال ولو كان ضعيفاً لوجود حمل قبل تعريضها لأي نوع من الأشعة مع ملاحظة أن فحص بأمان لفحص المرأة الحامل الرنين المغناطيسي ليس فيه أي تعرض للإشعاع لذا يستخدمان.

حسب الجرعة[٧، ٨]. الخصيتين المباشر للأشعة قد يحدث العقم والذي إما أن يكون مؤقتاً أو دائم ٣. **العقم:** عند تعرض كالجسيمات المشحونة (البروتونات وجسيمات ألفا وبيتا يطلق اسم الإشعاعات المؤينة على جميع الإشعاعات النووية بتأيين الوسط الذي الكهرومغناطيسية (الأشعة السينية وأشعة جاما) والنيوترونات وغيرها لأنها تقوم والإلكترونات) والإشعاعات . بالآثار الصحية تمر فيه مما يؤدي إلى تغيير في تركيب ذلك الوسط وهو ما نعبر عنه

. وذلك بسب شحنتها الكهربية التي تحملها فالجسيمات المشحونة تقوم بتأيين الوسط مباشرة عند المرور فيه

إلكترونات الوسط الذي تمر فيه عن طريق أحد التفاعلات التي تم التعرف أما إشعاعات جاما فتنتقل طاقتها إلى . تفاعلات جاما مع المادة عليها في موضوع

التشتت المرن واللامرن أو عن طريق امتصاص النيوترونات أما النيوترونات فتنتقل طاقتها إلى الوسط إما عن طريق جميع أجسام الكائنات الحية تحتوي على نسب عالية من الهيدروجين فإن طاقة النيوترونات وخاصة الحرارية . وحيث أن . تنتقل إلى أنوية الهيدروجين (البروتونات) ثم تقوم هذه الأخيرة بعملية التأيين

: لكل نظير مشع وجهان : الأول خصائصه الكيميائية بغض النظر عن كونه **السمية الإشعاعية والسمية الكيميائية** ٤. لكل نظير مشع سمية إشعاعية مشعا أم غير مشع والثاني خصائصه الإشعاعية . إذا علم ذلك فإنه من المتوقع أن تكون تأثيرات على الصحة خاصة على الدماغ والجهاز العصبي بغض النظر وأخرى كيميائية . فالرصاص مادة سامة كيميائيا وله بيتا قد ولكن الرصاص ٢١٠ بالإضافة إلى سميته الكيميائية له سمية إشعاعية حيث يطلق إشعاعات عن هل هو مشع أم لا تؤدي إلى سرطانات في العضو الذي يتركز فيه.

كيميائية الإشعاعية أكثر أهمية من الكيميائية ولكن ليس دائما ، فمثلا اليورانيوم ٢٣٨ له سمية في العموم تكون السمية وسمية إشعاعية وتكون مصاحبة للهيئة غير تؤثر على الكليتين وبالتالي تؤدي إلى فشلها وتكون مصاحبة للهيئة المذابة ، يؤدي إلى إصابتهما بالسرطان المذابة وتكون الرئتين هما العضو الحرج وقد [٦، ٩].

الخلية هي : تتكون جميع أعضاء الكائنات الحية من وحدات دقيقة تعرف بالخلية، وأهم مكونات **تركيب الخلية الحية** ٥.

النواة والسائل المحيط بها والمعروف باسم السايتوبلازم وجدار الخلية ويعتبر السيتوبلازم بمثابة المصنع للخلية في حين تحتوي يصله إلى طاقة اللازمة لقيام الخلية بوظيفتها وتكاثرها . فالسايتوبلازم يقوم بتحويل الغذاء الذي النواة على جميع المعلومات تعقيدا وهي التي تحتاجها الخلية لعمليات التجديد وجزيئات صغيرة . وتتحول هذه الجزيئات فيما بعد إلى جزئيات أكثر الكر وموسومات والتي تعتبر تراكيب سلسلية طويلة من الجينات وتحتوي خلية الإنسان والانقسام . أما النواة فتحتوي على بروتينية وتحمل جميع حوالي ٤٦ كروموسوما . وتتكون الجينات من حامض ديوكسي ريبو نيوكليك ومن جزيئات على تقوم الخلايا بالتكاثر للمحافظة على النوع وتعويض ما يموت . المعلومات التي تحمل الصفات والمهام التي تقوم بها الخلية ويحدث . متطلبات النمو . ويتراوح عمر الخلية بين عدة ساعات وعدة سنوات وذلك حسب نوع الخلية منها وكذلك لتلبية التكاثر الجنسي . ويحدث التكاثر اللاجنسي في التكاثر عادة بطريقتين الأولى التكاثر اللآجنسي أو الجسدي والأخرى هي الكروموسومات طوليا ثم تنقسم الخلية الأصلية إلى خليتين متشابهتين تماما للخلية خلايا الجسم العادية حيث يتضاعف عدد التكاثر الجنسي وهي الحيوان الأصلية . أما التكاثر الجنسي فهو نوع خاص يحدث بين نوع من الخلايا تعرف باسم خلايا الحيوان المنوي مع البويضة يتحدان وتتجمع كروموسوماتهما مكونين المنوي في الذكر والبويضة في الأنثى . فعند تلاقي . تحتوي على الجينات (المواد المورثة) من كلا الوالدين وتتكون بذلك البويضة المخصبة بذلك خلية جديدة

٦. تفاعل الإشعاعات مع الخلية: عند سقوط الإشعاعات المؤينة على الخلية فإنها تؤدي إلى تأين بعض مكوناتها وخصوصا تغيرات كيميائية تؤدي بدورها الماء الذي يمثل الجزء الأكبر في أي خلية حية . ويؤدي تأين جزيئات الماء إلى حدوث جزيئات تظهر نتائج هذه التغيرات في الإنسان في شكل أعراض إكلينيكية إلى إحداث تغيرات في تركيب وظيفة الخلية . ويمكن أن الإشعاعات المؤينة إلى وهكذا تؤدي . إعتام عدسة العين أو في الإصابة بالسرطان على المدى البعيد كالمرض الإشعاعي أو يلي [١٠] إتلاف الخلية من خلال عدة مراحل معقدة ومختلفة نوجزها فيما :

:- المرحلة الفيزيائية وفيها تنتقل الطاقة من النوع المعين من وهي تتم خلال زمن قصير جدا (حوالي ١٠ -١٦ ثانية) الإشعاعات إلى جزيئات الماء والخلية

المرحلة - كيميائية الفيزيو: وتتم خلال زمن قصير (حوالي ١٠ -٦ ثانية) بعد حدوث التأين ويحدث خلالها تفاعل مركبات جديدة. فعلى سبيل المثال يمكن أن يتحلل أيون الأيونات الموجبة والسالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن ذلك متعادل مكونا أما الإلكترون فيمكن أن يتحد مع جزئ ماء OH وهيدروكسيد +H هيدروجين موجبا الماء الموجب مكونا أيون بذلك أيون ماء سالبا.

. معروفة بنشاطها الكيميائي الشديد إن جميع نواتج هذه التفاعلات هي مركبات

المرحلة الكيميائية : وتستغرق هذه المرحلة - عدة ثوان ويتم خلالها تفاعل نواتج المرحلة السابقة وهي الهيدروجين فمثلا يمكن أن . الجزيئات العضوية الأخرى في الخلية مما يؤدي إلى تكسيرها وإحداث التغيرات عليها والهيدروكسيد مع

تراكيبها السلسلية الطويلة وإحداث بعض التغيرات في تتفاعل هذه النواتج مع الكرموسومات فتتحد معها أو تؤدي إلى تكسير الجينات.

آثار ويتراوح زمن هذه المرحلة بين عدة دقائق وعشرات السنين . وتبدأ في هذه المرحلة ظهور – **المرحلة البيولوجية:** **:**التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية . وبعض هذه الآثار تتضمن الآتي

١. موت الخلية

٢. منع أو تأخر انقسامها أو زيادة معدل انقسامها .

٣. حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا إلى الخلايا الوليدة .

المؤينة (٢-٣) التأثيرات البيولوجية للإشعاع: التأثيرات البيولوجية للإشعاعات

يمكن تقسيم التأثيرات البيولوجية للإشعاع حسب كمية الجرعة الممتصة إلى نوعين من التأثيرات: الأولى وتسمى التأثيرات المبكرة وهي التي تنتج نتيجة استلام جرعات عالية من الإشعاعات كافية لإحداث تأثيرات بعد وقت قصير من التعرض . والثانية : هي التأثيرات المتأخرة والتي تنتج عن جرعات منخفضة ومستمرة من الإشعاع .

أ. التأثيرات المبكرة

التأثيرات المبكرة هي تلك التي تظهر أعراضها خلال فترة تتراوح بين عدة ساعات وعدة أسابيع من وقت التعرض . وترجع هذه التأثيرات إلى استنزاف جزء كبير من خلايا بعض أعضاء الجسم لجرعة كبيرة من الإشعاعات خلال زمن قصير لوظائفه وإذا كان موت هذه الخلايا أو بسبب منع أو تأخر انقسامها . الأمر الذي يؤدي إلى فقد العضو أو بسبب النسيج وعموما تنتج . الحي يكون الموت هو النتيجة الحتمية لهذا الكائن النسيج أو العضو من الأجزاء الحيوية لاستمرار حياة الكائن تزداد حدة الإصابة بزيادة المبكرة أو الحادة كما يسميها البعض عندما تتجاوز الجرعة قيمة معينة (عتبة) حيث التأثيرات الحتمية لإشعاعات جاما والإلكترونات [١١]. الجرعة ويبين الجدول التالي قيم العتبات لبعض التأثيرات

الجدول (٢-١)

الجرعة الممتصة في كامل الجسم (جراي)	التأثير	زمن الوفاة بعد التعرض
٣-٥	تلف النخاع العظمي	٣٠-٦٠ يوم
٥-١٥	الجهاز الهضمي والرئتين تلف	١٠-٢٠ يوم

أكثر من ١٥	تلف الجهاز العصبي	أيام ١–٥

النخاع العظمي أو الخلايا العصبية كما يبينه الجدول (٢-١) فإن معظم أمراض التأثيرات المبكرة تؤدي إلى تلف خلايا تبعا للجرعة الممتصة وأهم هذه التأثيرات هي (gastrointestinal) أو الخلايا المعوية (Neuromuscular) :

١. المرض الإشعاعي

الإشعاعات المؤينة بالمرض الإشعاعي. وأهم أعراضه شعور يصاب الشخص الذي يتعرض لجرعة عالية من وتبدأ أعراض هذا المرض في الظهور بعد ساعات قليلة من التعرض للإشعاعات . وقد تقصر . الشخص بالقيء والغثيان الجرعة الممتصة خلال فترة مدة ظهور الأعراض أو تطول وذلك حسب قيمة الجرعة الممتصة من الإشعاعات . فإذا كانت . يمكن أن تظهر الأعراض خلال ساعات قليلة زمنية قصيرة (عدة ساعات مثلا) في حدود جراي واحد فإنه عدد كبير من الخلايا المبطنة للجدار المعوي وهو ما يؤدي إلى الإحساس بالقيء تنتج أعراض المرض الإشعاعي عن تلف فإذا كانت الجرعة في حدود ٢ - ٤ جراي . والغثيان . يزداد احتمال الوفاة المبكرة بهذا المرض كلما زادت الجرعة الممتصة . بين أسبوعين وشهر فإنه يمكن أن تحدث الوفاة خلال فترة تتراوح المميتة والجرعات غير المميتة. ولكن يمكن القول إنه إذا وتجدر الإشارة إلى أنه لا توجد قيمة فاصلة بين الجرعات جراي جراي فإن احتمال الوفاة المبكرة يكون صغيرا . أما إذا زادت الجرعة عن حوالي ٨ 1 ,5 كانت الجرعة أقل من حوالي فإن احتمال الوفاة المبكرة يكون كبيراً.[٧،١٢]

إلى حوالي ٣ – ٥ أيام . (Survival time) على ١٠ جراي فينخفض زمن بقاء الإنسان أما بالنسبة للجرعات التي تزيد هذه المنطقة إلى استنزاف هذا الزمن في هذه الحدود نفسها حتى جرعات عالية جدا. وتؤدي الجرعات الإشعاعية في ويبقى فتهاجمه البكتريا بوحشية . لذا تعرف هذه المنطقة من وحشي لخلايا الجدار المبطن للأمعاء حيث يحدث فيه تلف شامل وعموما يتناقص زمن البقاء على قيد (gastrointestinal death) عن الالتهابات المعوية الجرعات بمنطقة الوفاة الناتجة . الحياة بزيادة قيمة الجرعة الفعالة الممتصة

٢. تلف الجهاز المركزي العصبي (CNS) :

المنطقة ولكن من النتائج التجريبية على الحيوانات ثبت أن الجرعات لا توجد بيانات كافية عن الإنسان في هذه هذه المنطقة تؤدي إلى ظهور أعراض تدل على حدوث بعض التلف في الجهاز العصبي المركزي . لذا تسمى شديدة الارتفاع الوفاة لا تتم في الحال حتى بالنسبة للحيوانات ومع ذلك فقد ثبت أن . (CNS)من الجرعات بمنطقة الجهاز العصبي المركزي . التي تعرضت لما يزيد على ٥٠٠ جراي [١٣]

٣. الاريثيما Erythema :

(erythema) بمجرد التعرض للجرعات فوق الخطرة . ويعرف هذا التأثير باسم الاريثيما وهناك تأثير آخر يظهر الجسم خصوصا بالنسبة وهو عبارة عن احمرار الجلد . والجلد معرض للتعرض للإشعاعات أكثر من أي نسيج آخر في قدرتها على الاختراق صغيرة) . لذا فإن التعرض لجرعة للإشعاعات السينية ذوات الطاقة المنخفضة وللإلكترونات (لأن السينية ذات الطاقة المنخفضة يؤدي إلى الاريثيما. وعند زيادة الجرعة يمكن أن تظهر مقدارها حوالي ٢ جراي من الأشعة أعراض أخرى كالحروق والتقيحات وغيرها .

الإشعاعية الناتجة عن محطات الطاقة النووية أو عن وسائل التطبيقات الصناعية وتجدر الإشارة إلى أن المستويات الإشعاعية الخطرة . ولكن يمكن الطبية للإشعاعات التي يتعرض لها العاملون تكون عادة أقل بكثير من تلك المستويات أو نتيجة دخول صالة مفاعل مثلا بينما تكون إحدى قنواته مفتوحة وغير (الحصول على الجرعة الخطرة نتيجة وقوع حادث نووي يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات ضارة ولكن على المدى البعيد وهذا ما يعرف ذلك كثيرا). و أثناء عمليات التشغيل العادي المتأخرة بالتأثيرات .

ب- التأثيرات البيولوجية للإشعاع: التأثيرات المتأخرة

النواة شبكة متراصة من الخيوط الصبغية الدقيقة التي تكون ودورها في نقل الصفات الوراثية تحوي الكروموسومات ١. وتسمى هذه الخيوط الدقيقة ، كل خيطين متماثلين في الشكل والطول يرتبطان معا في نقطة واحدة على هيئة ٢٣ زوجا من النووي الديوكسي رايبوزي ويعرف اختصارا الخيوط بالكروموسومات . ويتكون كل خيط صبغي من مادة كيميائية هي الحمض ويحوي كل خيط على حبات مركبة من الحمض النووي تسمى المورثات التي . وشكله يشبه السلم الحلزونيDNA بـ شكل العين وهكذا ، كما الوراثية ، وأن كل مورثٌ يحدد صفة واحدة فمثلا هناك مورِّث يحدد لون الشعر وآخر تحمل الصفات ووظائفها . وقد يشترك عدد من المورثات في تحديد صفة واحدة تحدد هذه المورثات المعلومات الأساسية لعمل الخلية ودورها الأولى : الصفات الوراثية والمعلومات الأساسية لكل خلية وهذه مهمة في حالتين من التكاثر . إذا الكروموسومات تحوي والثانية في تكاثر الخلايا وانقسامها لبناء الأنسجة التكاثر الجنسي الناتج من اتحاد خلية ذكرية وأخرى أنثوية لتكوين الجنين ، الأنثوية ففي الحالة الأولى تندمج الخلية الذكرية مع الخلية. ويسمى بالتكاثر الجسدي ومكونات الكائن الحي أثناء نموه والأنثوية بخيط واحد من كل زوج من الكروموسومات لتكوين اللقحة (الخلية الأولى للجنين) وتساهم كلا من الخلية الذكرية فإن أما في التكاثر الجسدي . الكروموسومات تحمل الصفات الوراثية لكل من الأب والأم ليكونا نتيجة اتحادهما ٢٣ زوج من الضعف ليذهب نصف العدد إلى خلية الخلية الواحدة تنقسم إلى خليتين متماثلتين ويتطلب ذلك انقسام الكروموسومات إلى والنصف الثاني إلى الخلية الأخرى .

الموجودة في الحالين (في الخلية التناسلية أو الجسدية) قد يحدث تغير سريع في المعلومات الوراثية وفي كلا المعلومات التي تحدد وظيفة الخلية ويسمى ذلك بالطفرة الصبغيات نتيجة لعوامل خارجية وبالتالي تتغير الصفات الوراثية أو تحول الخلية إلى خلية سرطانية أو يحدث تغيرات غير مرغوبة في الجنين. الوراثية وقد يؤدي هذا إلى[١٤].

٢. الإصابة بالسرطان:

نسبيا أن فنيي الأشعة أو المرضى الذين تم علاجهم أو تشخيص أمراضهم بجرعات إشعاعات عالية أصبح الآن معلوماً ولقد أدت الدراسات الحديثة . معرضون للإصابة ببعض أنواع السرطان أكثر من غيرهم ممن لم يتعرض للإشعاعات القنابل الذرية أو المرضى الذين تم علاجهم بالإشعاعات النووية أو للمجموعات البشرية التي تعرضت للإشعاعات الناتجة عن . اليورانيوم إلى تأكيد قدرة الإشعاعات على تكوين السرطان عمال مناجم

أنه ناتج عن تضاعف (تكاثر) الخلايا في العضو المعين بمعدل فوق المعدل الطبيعي . ويعتقد البعض والسرطان هو عبارة الطبيعي . وتحمل الخلايا الوليدة الصفة عن تلف جهاز التحكم في الخلية مما يؤدي إلى انقسامها بمعدل أسرع من المعدل . مما يؤدي إلى تكوين نسيج سرطاني يضر بالأنسجة العادية في العضو المعين نفسها فتنقسم بدورها بالمعدل السريع نفسه

للغاية نظرا لعدم إمكانية فصل وتقدير زمن احتمال الإصابة بالسرطان بسبب التعرض للإشعاعات عملية معقدة ذلك فإن الجرعات الصغيرة التي يحصل عليها العاملون تتراوح بين السرطان الناتج عن الإشعاعات عن مثيله الناتج ذاتيا مع يستغرق في التعرض للإشعاعات . فبالنسبة لسرطان الدم (اللوكيميا) تفيد الدراسات أن المرض ٥ ، ٣٠ سنة من وقت أوضحت الدراسات تأخر ظهور السرطان لمدة المتوسط حوالي ٥ سنوات من التعرض . أما بالنسبة للسرطانات الجامدة فقد ونظرا للصعوبات المختلفة المتعلقة بمدى الإصابة وزمن ظهورها فقد أتفق . تصل إلى حوالي ٢٠ – ٣٠ سنة وربما أكثر احتمالا بالإصابة وجهة نظر الوقاية الإشعاعية على أن أي جرعة من الإشعاعات – مهما قلت – تحمل معها عالميا من للمستويات الإشعاعية العالية . فقد تم عمل دراسات إحصائية بهذا المرض ولقد أمكن تقدير احتمال الإصابة بالمرض بالنسبة اليورانيوم . البشرية التي تتعرض لجرعات عالية من الإشعاعات كالأطباء وفنيي الأشعة وعمال مناجم دقيقة على المجموعات التفجيرين النوويين على كل من هيروشيما وناجازاكي عام ولكن الدراسة الأكثر دقة هي تلك الدراسة التي أجريت على ضحايا للجرعات بين الجرعة الإشعاعية وبين نسبة الإصابة وذلك عند الجرعات العالية . أما بالنسبة ١٩٤٥م . فقد تم دراسة العلاقة منحنى الإصابة بالسرطانات مع زيادة الجرعة المنخفضة فلا توجد بيانات إحصائية كافية عن الإنسان . يوضح الشكل التالي احتمال الإصابة بالسرطان عند جرعة سنوية مقدارها ١٠ مللي سيفرت هو حوالي ستة والزمن . وبناء على ذلك فإنه إذا كان شخص 1000 شخص فإنه عند جرعة مقدارها ١٠٠ مللي سيفرت يصبح احتمال الإصابة هو ستة من كل 10000 من كل [١٥] .

للإشعاعات قد أوضحت أن معامل الخطورة إن الإحصائيات الحديثة على بعض المجموعات البشرية التي تعرضت يعتقد حتى نهاية الثمانينات من القرن العشرين . وقد أعطت النماذج المختلفة بالنسبة للإصابة بالسرطان أعلى بكثير مما كان الآن٥,٥ – ٧ × مختلفة للخطورة تراوحت بين ٤,٥ و ١٢ حالة سرطانية لكل ١٠٠ فرد سيفرت . لذلك يستخدم معاملات . ١٠-٢ كمعامل متوسط للخطورة لكل ١٠٠ فرد سيفرت

٣. عتامة عدسة العين Cataract :

باسم المتأخرة الناتجة عن الإشعاعات هو تكوين عتامة في عدسة العين وهو المرض المعروف ومن بين التأثيرات التي يحدث بعدها هذا المرض هي حوالي وتجدر الإشارة إلى أنه توجد قيمة معينة للجرعة المكافئة . (cataract) الكتراكت تتعرض لها العين طول حياتها عن هذه القيمة حتى لا تتعرض لهذا ١٥٠ مللي سيفرت . لذا يجب ألا تزيد الجرعة التي . المرض

: ٤. انخفاض متوسط العمر

قليلا بالتعرض فهناك بعض الحقائق (من التجارب على الحيوانات) التي تؤكد أن متوسط العمر ينخفض بالإضافة إلى ذلك البشرية التي تعرضت لجرعات عالية أن جرعة للإشعاعات . ولقد أظهرت الإحصائيات التي تم إجراؤها على المجموعات . عمر الإنسان بما لا يزيد عن سنة واحدة فعالة مقدارها سيفرت واحد تؤدي إلى قصر

:الوراثية للإشعاعات ٥. التأثيرات

الخلايا التناسلية . ويؤدي هذا التلف إلى مجموعة تغيرات – تعرف باسم تنتج التأثيرات الوراثية للإشعاعات عن تلف التكاثر يحدث نتيجة إخصاب في المادة الوراثية للخلية . وقد سبقت الإشارة إلى أن (genetic mutations) الوراثية التغيرات البويضة المخصبة على مجموعة متكاملة من المواد الوراثية وبالتالي تحصل(sperm)بالحيوان المنوي (ovum) البويضة وقد وجد . بواقع مجموعة من كل والد (genes) يحصل الطفل على مجموعتين متتامتين من الجينات من كلا الوالدين.وبذلك والجينات الغالبة هو التي تحدد الصفات الوراثية أن أحد العينات يكون هو الغالب (أو السائد) في حين يكون الآخر منحسرا الشخصية[٧].

الفصل الثالث

الخدمات الأساسية الواجب توفرها للوقاية من الإشعاعات المؤينة

نظراً ، لتعدد الاستخدامات السلمية للإشعاعات الذرية في المجالات المهنية المتشعبة ، ونظرا لخطورة الإشعاعات الذرية ، والنووية ، فانه يتطلب جهات علمية وفنية على مستوى عالي من الكفاءة البشرية ، وكذلك مختبرات تتوفر بها أجهزة حديثة ، ومتطورة في مجال الكشف عن تلك التعرضات الإشعاعية ، ومخاطرها ، ووضع الأسس ، والتعليمات ، والشروط عند العمل على الأجهزة المصدرة للإشعاع ، ووضع اللوائح ، والقوانين المناسبة لكل مستوى من التعرضات.

ونظراً لأهمية ، وخطورة الإشعاعات ، فقد بادرت البلدان المتقدمة من خلال علمائها المتخصصين في هذا المجال بإنشاء مراكز خاصة للوقاية من الإشعاعات ، حتى يتسنى لها إعداد ومتابعة التنظيمات ، والتشريعات ، وكذلك الجرعات الإشعاعية لمنسوبيها ، للقطاع الخارجي (الأهلي والحكومي) [٤].

وقد أعدت لذلك وحدات داخلية لكل وحدة ما يناسبها من مهام . أهم هذه الوحدات :

(٣-١) وحدة قياس الجرعات الإشعاعية المكافئة للأفراد

تقدم وحدة قياس الجرعات المكافئة عملها من خلال مختبر الفيزياء الإشعاعية (مختبر قياس الجرعات الإشعاعية باستخدام ظاهرة الوميض الحراري) ، ويحتوي هذا المختبر على أجهزة عدة نذكر منها [١٦،٤].

- جهاز – TLD 4500 – هارشو
- جهاز – TLD 4000 – هارشو
- جهاز – TLD 2080 – هارشو
- وكذلك الفرن الحراري – PTW - TLDO

(٣-٢) يتم فحص ومتابعة نتائج الجرعات الإشعاعية ، ومقارنتها بالحدود الدولية ، والتي نصت عليها التنظيمات ، والتشريعات الصادرة من مراكز متخصصة للعلوم والتقنية .

: (٣-٣) وحدة قياس واختبار التلوث الإشعاعي

تقدم وحدة اختبار التلوث الإشعاعي عملها من خلال مختبرها ، والذي يحتوي على

أجهزة اختبار المسح والتلوث الإشعاعي[١٧] :

1. Deluxe wipe test counters
2. Contamination monitor CM6
3. Bicron surveyor 50 tm

- مصدر عياري سيزيوم ١٣٧
- مصدر عياري سترانشيوم ٩٠
- مصدر عياري كوبلت ٦٠

يتم فحص نتائج عينات اختبار التلوث باستخدام المصادر العيارية

(٣-٤) وحدة معايرة أجهزة الفحص الإشعاعي

تقدم وحدة المعايرة خدماتها من خلال مختبر المعايرة والذي يحتوي على :

- جهاز التشعيع – Irradiator ٢٠٠٠
- مصدر عياري كوبلت ٦٠
- مصدر عياري سترانشيوم ٩٠

- مصدر عياري سيزيوم – ١٣٧

ويقوم عمل الوحدة على حساب الجرعات الإشعاعية من المصدر المشع على مسافات مختلفة

(٣-٤) وحدة المسح وقياس التلوث الإشعاعي

تقدم وحدة المسح الإشعاعي خدماتها من خلال مختبر أجهزة المسح ، وقياس التلوث الإشعاعي ، والذي يحتوي على العديد من أجهزة القياسات الإشعاعية بكوا شف إشعاعية مختلفة وذلك بعمل قياسات حول أجهزة الأشعة السينية ، وكذلك المصادر المشعة (المفتوحة والمغلقة) وأيضا الكشف عن التلوث الإشعاعي بأقسام الطب النووي (العلاجي والتشخيصي) ونذكر بعض أجهزة الكشف الإشعاعي [١٨]:

- أجهزة الكشف عن مصادر أشعة كاما .
- أجهزة الكشف عن مصادر جسيمات بيتا .
- أجهزة الكشف عن مصادر ومولدات النيوترونات .
- أجهزة الكشف عن غاز الرادون
- أجهزة الكشف عن التسرب الإشعاعي للأجهزة السينية ودرجة تبطين جدران غرف الأشعة بالرصاص .
- أجهزة الكشف عن الأشعة الصادرة من شاشة التلفاز والشاشات المضيئة .

الجامعي (٣-٥) وحدة الكشف عن التلوث البيئي الإشعاعي في الجو داخل الحرم

تقدم وحدة التلوث البيئي نشاطها من خلال مختبر قياس التلوث الإشعاعي ، والذي يعتمد في نشاطه على الأجهزة :

- Radiation Monitoring system LB 1026
- LB 150 D X - B – AEROSOL Monitor

تتبع في خطوات عملها مقارنة نتائج تسجيل المستويات الإشعاعية بالهواء الجوي ، مع قياس الخلفية الإشعاعية في جو خال من التلوث .

(٣-٦) وحدة الكشف عن تلوث الأغذية :

تقدم وحدة الكشف عن تلوث الأغذية خدماتها من خلال مختبرها ، والذي يحتوي على :

- جهاز LB – 200 Becquerel - Monitor
- كاشف يوديد الصوديوم ونظام : Exploranium (Radiation detection systems)

مصادر إشعاعية صناعية :		
١	مشاهدة التلفاز الملون لمدة ٣ ساعات	٠,٠٦
٢	عدد ٢ صورة أشعة سينية للصدر	٠,١٦
٣	عدد ٢ صورة أشعة سينية للمعدة	٤,٨٨
٤	عدد ٢ صورة أشعة سينية للأسنان	٠,٠٨
٥	عدد ٢ صورة أشعة سينية للجمجمة	٠,٤٤

(٣-٧) الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان

- ينصح بعدم مشاهدة التلفاز على مسافة اقل من ٣ م .
- الحد الأقصى المسموح به للتعرض لعموم الجمهور هو ١,٠ مللي سيفرت/سنة.
- الحد الأقصى المسموح به لتعرض العاملين بالأشعة هو ٢٠,٠ مللي سيفرت/سنة
- المريض لا يدخل تحت الحد السنوي الأقصى لأن تعرضه من مبدأ النفع والضرر الواقع عليه [١٢] .

(٣-٨) الخدمات التي تقدم

١. قياس الجرعات الإشعاعية للأفراد العاملين في مجال الإشعاع (البحثي والطبي والصناعي) .

٢. إجراء المسح والتسرب واختبار التلوث الإشعاعي لاماكن العمل بالمصادر المشعة (المفتوحة والمغلقة) .

٣. إجراء معايرة وفحص أجهزة الوقاية الإشعاعية .

٤. تقديم الاستشارات الفنية في مجال الإشعاعات المؤينة بكل صورها .

٥. تقديم دورات تدريبية للعاملين في مجال الإشعاع (متخصصين وغير متخصصين) .

تحديد عمر الآثار (التأريخ) للمناطق الأثرية

(٣-٩) تعليمات عامة للعاملين على أجهزة الأشعة السينية

١. يفضل أن تكون أجهزة الأشعة السينية في الدور الأرضي .

٢. يجب تبطين جدران غرف الأشعة بالسمك اللازم من الرصاص .

٣. يجب الوقوف خلف الحاجز المخصص أثناء التصوير .

٤. تجنب توجيه الحزمة الإشعاعية لحجرات مجاورة مأهولة .

٥. احرص على عدم تعدد تعرض المريض للأشعة السينية حتى لا تعرضه لجرعات إشعاعية لا يمكن تلافيها .

٦. يمنع وجود أي فرد أثناء التشغيل إلا عند الضرورة القصوى على أن يتم ارتداء الملابس الواقية .

٧. يجب التأكد من عدم وجود تسرب إشعاعي خلف الحاجز للمشغل أو خارج الغرفة .

٨. يجب على جميع العاملين حمل وسائل قياس الجرعة الإشعاعية .

٩. تعتبر غرف أجهزة الأشعة السينية من المناطق المحظورة ويوضع عليها علامة التحذير

١٠.الحرص على عمل مسح إشعاعي حول غرف الأجهزة مرة كل ستة شهور .

١١.الحرص على الالتزام بأسس وقواعد الوقاية الإشعاعية مع الأشعة السينية يجب عمل سجلات للجرعات الإشعاعية للعاملين .

١٢[19].الحرص على إجراء الفحص الطبي للعاملين مرة كل ستة شهور على الأقل وحفظ النتائج [

الاستنتاجات

١. دراسة مسالك التعرض للاشعاع والطريقة المباشرة لاستلام الاشعاع .

٢. إن تحديد النسبة المئوية للتلوث الاشعاعي البيئي قد يفيدنا في رصد حالات التلوث في المنطقة قيد الدراسة .

٣. السمية الإشعاعية أكثر أهمية من الكيميائية ولكن ليس دائما.

٤. دراسة التأثيرات البايلوجية للإشعاع المؤين من خلال دراسة تفاعل ذلك الاشعاع مع الخلية الحية.

التوصيات

١- تحديد درجة التلوث الإشعاعي البيئي بدراسات سنوية دورية لرصد أي حالة تلوث محتملة .

٢- اجراء دراسة على مستوى القطر وتطبيق نموذج احيائي تكاملي لمعرفة مستوى التلوث الإشعاعي البيئي . واثر ذلك على حياة الانسان.

٣- عمل خارطة رادونية متكاملة على مستوى القطر .

٤- متابعة الحالة التغذوية للفرد العراقي ونشر الوعي الغذائي وعلاقته بالتلوث الاشعاعي.

٥- يفضل استخدام او بناء منظومات متطورة وحديثة للقيام بالدراسات التجريبية لمعرفة الأطياف النووية وتحليلات تلك الاطياف ودراستها بصورة تفصيلية .

٦- استخدام منظومة المطياف الذري لايجاد تركيز العناصر المعدنية المستقرة ذات التراكيز الواطئة وفي نماذج بيئية مختلفة .

٧- بالامكان استخدام تقنية (Thermo Luminescence Detector) (TLD) لتخمين الجرع الإشعاعية الناتجة عن اليورانيوم في العينات البيئية .

٨- لابد من بناء وحدة قياس الجرعات الإشعاعية المكافئة للأفراد.كذلك بناء وحدة قياس واختبار التلوث الإشعاعي و وحدة معايرة أجهزة الفحص الإشعاعي و وحدة الكشف عن تلوث الأغذية وبتقنية حديثة ومتابعة نتائج الجرعات الإشعاعية ، ومقارنتها بالحدود الدولية ، والتي نصت عليها التنظيمات ، والتشريعات الصادرة من مراكز متخصصة للعلوم والتقنية.