جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

الاشعاعات النووية

مشروع مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل
وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء
تقدم به الطالب

حمزه راضي جابر

باشراف

أ. م. نجلاء محمد هادي

2023 مـ **1444 هـ**

بســـــم اللـــه الرحمـــن الرحيـــم

((أَمَّنْ هُوَ قَانِتٌ آنَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُو رَحْمَةَ رَبِّهِۗ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ))

((صدق الله العلي العظيم))

سورة الزمر الآية (9)

الاهداء

الى .....

بقية الله و نور الهدى امام الخلق وبحر الندى الامام المهدي (عج)

الى الرجل الطاهر الكريم ..... الذي صنع طفولتي بيدية الكريمتين

....بعد الله سبحانه وتعالى... الى ابي رحمه الله.

الى من زينة حياتي بضياء البدر , من علمتني الصبر والاجتهاد

الغالية امي الحبيبة

الى من علموني حروفا من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسمى

وأجلى عبارات العلم (أساتذتنا الكرام)

تكاتفنا يدًا بيدٌ ونحن نقطف ثمرة هذا العمل

الشكر والتقدير

نحمد الله عز وجل الذي وفقنا في اتمام هذا البحث العلمي ، والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة فالحمد لله حمدا كثيرا

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير الى أساتذة كلية التربية للعلوم

الصرفة قسم الفيزياء بكل ما قدموه لنا وساندونا به حتى وصلنا الى هذه المرحلة

ويسرني أن أقدم شكري وأمتناني لمن ساهم معي في إعداد هذا البحث المتواضع الدكتورة نجلاء محمد

كما أتقدم بجزيل الشكر الى اعضاء لجنة المناقشة

وشكرا لكل من ذكرني بالدعاء

الفهرس

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الآية	ب
	الإهداء	ت
	الشكر والتقدير	ث
	الفهرس	ج-ح
الفصل الأول		
1-1	المقدمة	2
2-1	الاشعاع المؤين	2
3-1	الفرق بين الاشعاع المؤين وغير المؤين	2
4-1	الذرات والاشعاع	3
5-1	النشاط الاشعاعي والاشعاع	4
6-1	انواع الاشعاع	5
7-1	مصادر الاشعاع	5
8-1	كمية التعرض الاشعاعي التي يتلقاها الفرد من المصادر المختلفة	6
9-1	تطبيقات الاشعاع	6
10-1	تأثير الاشعاع على الصحة	7
11-1	الوقاية الاشعاعية	7
الفصل الثاني		
1-2	المقدمة	10
2-2	تفاعل الجسيمات الثقيلة المشحونة مع المادة	10
3-2	تفاعل جسيمات الفا مع المادة	11
4-2	تفاعل الجسيمات المشحونة الخفيفة مع المادة	11
5-2	تفاعل الالكترونات السريعة مع المادة	12
1-5-2	فقدان الطاقة بالتصادم	12
2-5-2	فقدان الطاقة بالاشعاع	13
3-5-2	امتصاص الالكترونات في المادة	13

6-2	تفاعل جسيمات بيتا مع المادة	14
7-2	النظائر	15
8-2	مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة	16
9-2	مدى جسيمات الفا	16
10-2	مدى الالكترونات السريعة	17
11-2	مدى جسيمات بيتا	19
12-2	قدرة الايقاف	19
الفصل الثالث		
1-3	اشعة الفا	22
2-3	اشعة بيتا	22
3-3	اشعة كاما	24
	المصادر والمراجع	26

الفصل الاول

الاشعاع المؤين

1-1 المقدمة

يطلق اسم الإشعاعات المؤينة على جميع الإشعاعات النووية كالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا، والإشعاعات الكهرومغناطيسية (الأشعة السينية وأشعة جاما) الصادرة عن الذرة أو النواة، والنيوترونات وغيرها. فالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا (الإلكترونات والبوزترونات) تقوم بتأيين المادة مباشرة عند المرور فيها. أم بالنسبة لإشعاعات جاما والأشعة السينية، فتنتقل طاقتها أولا إلى إلكترونات المادة عن طريق العمليات الثلاثة المعروفة أو بعضها، ثم تقوم هذه الإلكترونات الثانوية بالتأيين وبالتالي تنتمي هذه الإشعاعات إلى المؤينة وإن كان التأيين يتم بطريقة غير مباشرة. وبالنسبة للنيوترونات فتنتقل طاقتها إلى المادة إما عن طريق التشتت المرن أو غير المرن على نوى ذرات المادة أو عن طريق امتصاص النيوترونات (خاصة الحرارية). وحيث أن جميع أجسام الكائنات الحية تحتوي على نسبة عالية جدا من الهيدروجين فإن طاقة النيوترونات تنتقل إلى نوى الهيدروجين (البروتونات)، ثم تقوم هذه الأخيرة بعملية التأين في الجسم. أما النيوترونات التي تمتص في نوى ذرات الجسم فتؤدي بدورها إلى تكوين نوى جديدة وانطلاق إشعاعات جاما التي تؤدي بدورها لتأيين ذرات أو جزيئات الجسم. بذلك تنتمي النيوترونات للأجسام المؤينة، وإن كان التأيين يتم بطريقة غير مباشرة. وسواء كانت الإشعاعات المؤينة صادرة عن مصدر خارجي عن التلوث الداخلي للجسم (internal contamination) بالمواد المشعة فإنها تؤدي إلى تأثيرات بيولوجية في جسم الكائن الحي يمكن أن تظهر فيما بعد على شكل أعراض إكلينيكية (clinical symptoms). وتعتمد خطورة هذه الأعراض والفترة الزمنية اللازمة لظهورها على كمية الإشعاعات الممتصة وعلى معدل امتصاصها. وتنقسم التأثيرات البيولوجية للإشعاعات في الكائنات الحية إلى نوعين. الأول يعرف بالتأثيرات الذاتية (somatic) وهي التأثيرات الناتجة في جسم نفس الكائن الحي الذي تعرض للإشعاعات. والثانوي يعرف بالتأثيرات الوراثية وهي التأثيرات الناتجة في ذرية الكائن (أبنائه أو أحفاده) نتيجة للتلف الإشعاعي للأعضاء التناسلية للشخص المتعرض. [32].

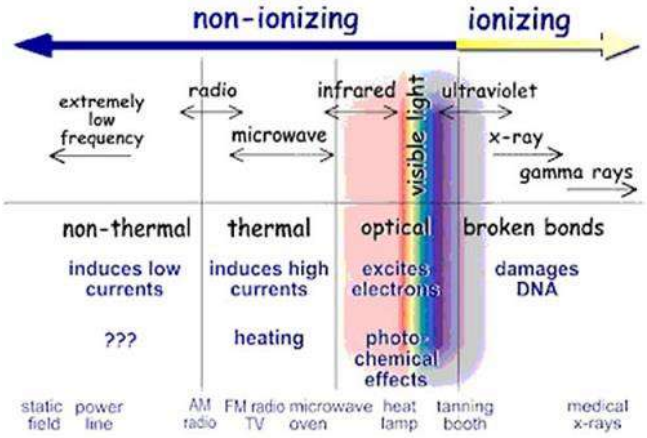
2-1 الإشعاع المؤيَّن؟

الإشعاع المؤيَّن عبارة عن طاقة يمكن أن تكون على شكل ذرات غير مستقرة أو يمكن انتاجها عبر الأجهزة، ويعبُر الإشعاع من مصدره في شكل موجات طاقة أو جزيئات نشطة. [32].

3-1 الفرق بين الإشعاع المؤيَّن والإشعاع غير المؤين؟

"الإشعاع غير المؤيَّن" هو إشعاع يحمل طاقة كافية لتحريك الذرات في الجزيء أو يتسبب في اهتزازها، ولكن ليس بقدر يكفي لإزالة الإلكترونات. من أمثلة هذا النوع من الإشعاع الضوء المرئي والموجات الكهرومغنطيسية الصغيرة. [33].

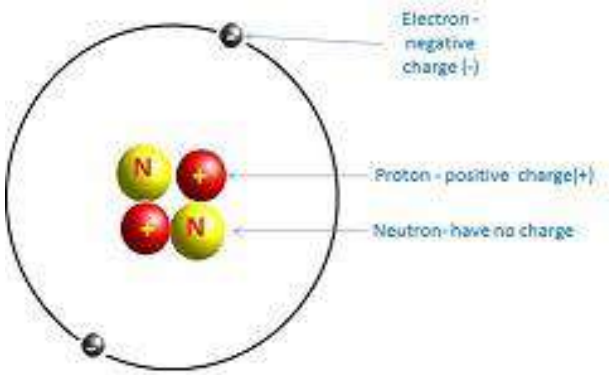
أما الإشعاع المؤيَّن، فهو إشعاع يحمل طاقة كافية لإزالة الإلكترونات الملتصقة بإحكام من الذرات، مُكَوّنة بذلك الأيونات. من أمثلة الإشعاع المؤيَّن الأشعة السينية وأشعة جاما. ويبيّن الشكل التالي أنواع الإشعاع المؤيَّن وغير المؤيَّن في الطيف الكهرومغناطيسي. [33].



الشكل(1-1): أنواع الإشعاع في الطيف الكهرومغناطيسي،[33].

4-1 الذرات والإشعاع

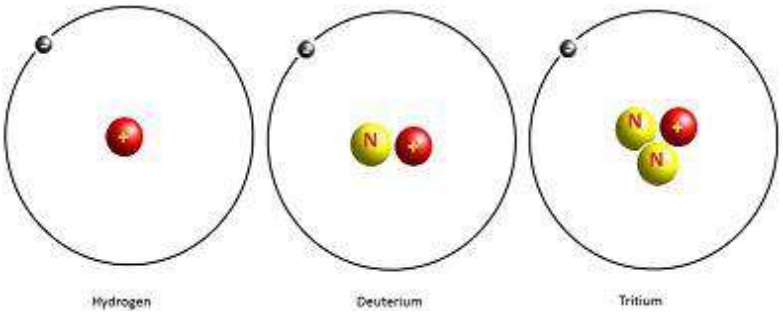
تتألف جميع المواد من ذرات. وتتركز كل كتلة الذرة تقريباً في النواة، التي تتألف من بروتونات ذات شحنة كهربية موجبة ونيوترونات متعادلة الشحنة الكهربائية. وتدور حول النواة جزيئات ذات شحنة كهربائية سالبة، تسمى الإلكترونات. يوضح الشكل 2 مثالاً على تركيب ذرة الهيليوم. للذرات عدد متساو من البروتونات والإلكترونات وشحنتها الكهربائية متعادلة. ويشكل إجمالي عدد البروتونات والنيوترونات كتلة الذرة، والتي تسمى عدد الكتلة. [34].



الشكل(1-2): ذرة الهيليوم[34].

بما أن عدد البروتونات مميز في كل عنصر، فإن العنصر وعدد الكتلة يحددان كل نويدة. تتشكل النظائر المشعة للعنصر بواسطة نويدات العنصر (أي ذرات تحمل نفس عدد بروتونات) وأعداد مختلفة من النيوترونات. ربما تكون هناك نظائر مشعة متعددة للعنصر. فالهيدروجين، على

سبيل المثال، يحتوي على ثلاثة نظائر مشعة: الهيدروجين -1 (الهيدروجين الشائع)، الهيدروجين-2 (الديتوريوم)، الهيدروجين-3 (تريتيوم)، حسب ما موضح في الشكل 3.



الشكل (1-3): نظائر الهيدروجين[34].

5-1 النشاط الإشعاعي والإشعاع

على الرغم من أن كثيراً من النويدات مستقرة، فإن معظمها ليس مستقراً. يتم تحديد الاستقرار بشكل رئيسي من خلال التوازن بين عدد النيوترونات وعدد النيوترونات التي تتألف منها النواة. [34].

النواة غير المستقرة، التي يكون عدد النيوترونات والبروتونات فيها غير متوازن، تكون ذات طاقة زائدة وستتحول تلقائياً إلى شكل أكثر استقراراً بصورة عشوائية من خلال إطلاق الإشعاع. تطلق النوى المختلفة هذه الطاقة كجزيئات مختلفة، أي جزئيات ألفا أو بيتا والفوتونات وأشعة جاما والأشعة السينية. [34].

يطلق على عملية التحول التلقائي للنوى بالتحلل الإشعاعي. ويطلق على النويدة غير المستقرة، التي تتحلل وتطلق إشعاعاً، النويدة المشعة. يتم تحديد كافة النويدات المشعة بشكل منفرد من خلال نوع الإشعاع الذي تطلقه وطاقة الإشعاع الخاصة بها وعمرها النصفي. يتم التعبير عن النشاط – الذي يُستخدم لقياس كمية النويدات المشعة الموجودة – بعدد عمليات التحلل خلال الثانية. [34].

ويتم في الغالب تحديد النشاط في عمليات التحلل خلال الثانية باستخدام وحدة القياس الدولية بيكريل (Bq)، نسبة إلى هنري بيكريل، وهو أول عالِم اكتشف النشاط الإشعاعي: ويساوي البكريل الواحد حالة تحلل واحدة في الثانية. ويحدد نشاط نويدة معيّنة العمر النصفي للنويدة المشعة. والعمر النصفي هو الزمن الذي يحتاجه العنصر المشع لكي يتحلل إلى نصف قيمته الأولية من خلال عملية التحلل الإشعاعي. ويتراوح العمر النصفي للنويدات المشعة من كسور صغيرة من الثانية إلى ملايين السنوات. [34].

6-1 أنواع الإشعاع

يحتوي الإشعاع المؤيَّن الصادر من المواد المشعة وأجهزة توليد الإشعاع على جزيئات بيتا وفوتونات جاما وفوتونات الأشعة السينية والنيوترونات[32].

- تتألف أشعة ألفا من جزيئات موجبة الشحنة يتألف كل منها من بروتونين ونيوترونين تطلقهما نويدات مشعة لعناصر ثقيلة كاليورانيوم والراديوم والرادون والبلوتونيوم. تنتقل أشعة ألفا إلى مسافة سنتميترات فقط في الهواء ويمكن إيقافها بقطعة من الورق، ولا يمكنها اختراق الجلد. في حال امتصاص الجسم لمادة تطلق أشعة ألفا، فإنها ستطلق كل طاقتها إلى خلايا الجسم المحيطة. لذلك، فإن المواد الباعثة لأشعة ألفا تكون ضارة بالإنسان إذا تم استنشاقها أو ابتلاعها أو دخولها إلى الجسم عبر الجروح المفتوحة[32].

- تتألف أشعة بيتا من إلكترونات تنبعث من نواة الذرة، وهي أصغر من جزيئات ألفا ولديها قدرة على نفاذ أكثر عمقاً. يمكن لأشعة بيتا النشطة اختراق البشرة والنفاذ إلى الطبقة التي يتم فيها انتاج الخلايا الجلدية الجديدة. يمكن إيقاف أشعة بيتا باستخدام قطعة حديد أو زجاج أو قطعة ملابس عادية. وفي حال بقاء باعثات أشعة بيتا ذات الطاقة العالية على الجلد لفترة طويلة من الوقت، فإنها من المحتمل أن تتسبب في إلحاق إصابات على الجلد مثل الحروق الإشعاعية[32]

- أشعة جاما عبارة عن موجات طاقة كهرومغناطيسية وهي تنتشر في الهواء ولديها قدرة كبيرة على الاختراق. وتُعتبر المواد ذات الكثافة العالية، مثل الرصاص والخرسانة، من الحواجب الجيدة لأشعة جاما. [32].

الأشعة السينية عبارة عن فوتونات ذات طاقة عالية (كأشعة جاما) يتم انتاجها اصطناعيا من خلال إبطاء شعاع الإلكترون. لدى الأشعة السينية قوة اختراق، وفي حال عدم وجود وقاية (تدريع) باستخدام مواد ذات كثافة عالية يمكن للأشعة السينية إطلاق طاقة هائلة للأعضاء الداخلية. [32].

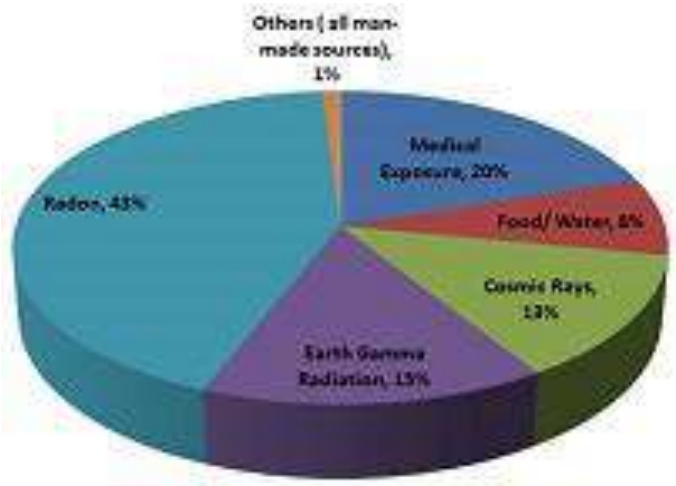
إشعاع النيوترون يتألف من نيوترونات ولا يعتبر في حد ذاته إشعاعاً مؤيَّناً. ولكن في حال اصطدام النيوترون بنواة الذرة، يمكن أن تنشط أو أن تتسبب في إطلاق أشعة جاما أو جزيئات مشحونة، وبالتالي ترفع مستوى الإشعاع المؤيَّن بصورة غير مباشرة. لدى النيوترونات قدرة أكبر على النفاذ مقارنة بأشعة جاما، ويمكن إيقافها فقط باستخدام حواجز سميكة مثل الخرسانة أو المياه أو البرافين. [32].

7-1 مصادر الإشعاع

النشاط الإشعاعي جزء من عالمنا. إذ يدخل الإشعاع المؤيَّن حياتنا بطرق شتى، حيث ينتج من عمليات طبيعية مثل اضمحلال اليورانيوم والثوريوم في الأرض، كما ينتج من عمليات اصطناعية مثل استخدام الأشعة السينية في مجال الطب. لذا، يمكن تصنيف الإشعاع كإشعاع طبيعي واصطناعي حسب منشأه. [34].

8-1 كمية التعرض الإشعاعي التي يتلقاها الفرد من المصادر المختلفة؟

يتعرض الإنسان إلى مصادر الإشعاع الطبيعي وأحيانا إلى المصادر الاصطناعية للإشعاع المؤين، مثل الأشعة السينية في الاستخدامات الطبية. تقوم المنظمات الوطنية والدولية بقياس كمية الإشعاع الذي يتعرض له الشخص العادي كل سنة من المصادر الطبيعية والاصطناعية. ويوضح الشكل (1-4) ، الذي نشرته منظمة الصحة العالمية WHO، رسماً بيانياً للمصادر وتوزيع متوسط التعرض الإشعاعي على سكان العالم. وحسب ما موضح في الشكل، فإن الرادون وإشعاع جاما الأرضي والإشعاعات الكونية والطعام والمياه (أي المواد المشعة الطبيعية المنشأ) تشكِّل نسبة 79% من إجمالي متوسط التعرض للإشعاع. وتشكِّل الاستخدامات الطبية نسبة 20%، في ما يشكل التعرض للإشعاع المؤيَّن من كافة المصادر الناتجة عن أنشطة الإنسان الأخرى نسبة 1%.[34].



الشكل (1-4): مصادر وتوزيع متوسط التعرض الإشعاعي على سكان العالم[34].

9-1 تطبيقات الإشعاع

يستخدم الإشعاع في مختلف أنواع الأنشطة الطبية والتجارية والصناعية. ففي التطبيقات الطبية يتم استخدام الإشعاع في التصوير وقياس وظائف الأيض وعلاج السرطان. وتتضمن الاستخدامات الصناعية التصوير الإشعاعي لأغراض فحص اللحام والأنابيب والمواد المصنَّعة الأخرى ومقاييس الكثافة لمراقبة عمليات التصنيع ومقاييس مستوى السوائل لقياس التدفق وفي أنظمة التحليل لقياس المكونات. اما التطبيقات التجارية فتشتمل على أجهزة التعقيم لقتل البكتيريا ومُسبِّبات الأمراض، ومقاييس كثافة التربة لإنشاء الطرق السريعة، ومحطات الطاقة النووية لتوليد الطاقة الكهربائية وكواشف الدخان. [33].

يُضاف إلى ما سبق، فإن المواد المشعة الطبيعية المنشأ قد ترتبط بعمليات معالجة مواد التعدين، بما في ذلك صناعة مخصِّبات الفوسفات وإنتاج واستخدام صلصال الكاولين وإنتاج واستخدام الوقود الأحفوري. [33].

10-1 تأثير الإشعاع على الصحة

تقوم لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بتأثير الإشعاع الذري واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع بدراسة دقيقة وتقييم دوري لآثار الإشعاع المؤيَّن على الصحة. ويتم خلال عمليات التقييم الدورية النظر في كيفية قياس الإشعاع المؤيَّن وتقييم ما هو معروف عن الآثار الصحية المصاحبة. [35].

نتيجة لهذه الدراسات، خصوصاً تلك المتعلقة بالناجين من القنبلة الذرية اليابانية، أصبح معروفاً أن التعرض لمستويات معتدلة من الإشعاع يزيد من مخاطر الإصابة بالسرطان في مرحلة لاحقة من الحياة. وتزداد المخاطر بازدياد كمية الإشعاع الداخلة إلى الجسم (الجرعة) – إلا أنها تكون ضئيلة وقد تصل إلى الصفر – في الجرعات المنخفضة. ولهذا السبب، أوردت لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري UNSCEAR في تقاريرها أنه ليس من الممكن تأكيد ما إذا كان الأفراد الذين يتعرضون للإشعاع على المدى الطويل أكثر تأثراً من اولئك الذين يتعرضون لمستويات الجرعة الأساسية المحددة عالمياً[35].

على الرغم من أن التجارب التي اجريت في هذا الجانب اقتصرت على حيوانات، فإن ازدياد الآثار الوراثية وسط السكان لا يمكن أن يُعزى، حتى الآن، إلى التعرض للإشعاع. ويكمن واحد من أسباب ذلك في التذبذب العالي في الحالات التلقائية لهذه الآثار[35].

ومن المحتمل أن تؤدي الجرعات العالية من الإشعاع، مثل الجرعات الناتجة عن الحوادث المتعلقة بمصادر الإشعاع، إلى إعتام عدسة العين (الماء الأبيض) بفعل الإشعاع، والحرق الإشعاعي، وأمراض إشعاعية خطيرة. أما حالات الوفاة، فتحدث عند تلقّي جرعات عالية للغاية. [35].

11-1 الوقاية الإشعاعية

المناهج المتبعة في الوقاية من الإشعاع المؤيَّن متوافقة في جميع أنحاء العالم. إذ تقوم الجهات الوطنية والدولية بالرقابة على الأنشطة المتعلقة بالإشعاع المؤيَّن لإبقاء التعرض للإشعاع عند أدنى حد معقول (As Low As Reasonably Achievable)، وهو ما يُعرف اختصاراً بالحروف الإنجليزية ALARA. هناك ثلاثة مبادئ للوقاية الإشعاعية توصي بها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع: التبرير، والتحسين الأمثل للوقاية، وقيد الجرعة[32].

يتطلب التبرير أن يكون لأي نشاط مقترح قد يتسبب في حالات تعرض للأفراد فوائد كافية للمجتمع والأشخاص وذلك لتبرير أي مخاطر ناتجة عن التعرض للإشعاع. ويقوم هذا المفهوم على أساس أن أي حالة تعرض للإشعاع، مهما كان ضئيلاً، تحمل نسبة محددة من المخاطر تتناسب مع مستوى التعرض. [32].

أما المفهوم الثاني، أي التحسين الأمثل للوقاية، فهو يتعلق بإبقاء التعرض عند أدنى حد معقول ALARA. ويتطلب التحسين الأمثل للوقاية أن يتم تقليل حالات التعرض للإشعاع الناتجة من

الممارسات إلى أقل مستوى ممكن، مع الأخذ في الاعتبار تكلفة عملية التقليل من حالات التعرض أو الجرعات. عملية التحسين الأمثل وإبقاء التعرض عند أدنى حد معقول، أو ALARA، هي عملية مطلوبة من جميع الجهات التي تصدر تراخيص، بما في ذلك "الهيئة الاتحادية للرقابة النووية".[32].

المفهوم الثالث، أي قيد الجرعة، يستلزم وضع حد أعلى للجرعة التي يمكن أن يتلقاها أي فرد من الجمهور أو أي عامل في حالات التعرض (بخلاف حالات التعرض الطبي). [32].

الفصل الثاني

تفاعل الجسيمات مع المادة

1-2 المقدمة

تتفاعل الاشعاعات بأنواعها مع المادة بأليات مختلفة ترتبط بطبيعة الاشعاع وطاقته وطبيعة المادة المتعرضة وقد تسبب تغيرات في الخواص الكيميائية وكذلك الخواص الفيزيائية الناتجة عن التأثيرات المباشرة او غير المباشرة للإشعاع

تصنف هذه الاشعاعات بنوعها الجسيمية والكهرومغناطيسية بحسب طبيعة تفاعلها مع المادة الى مؤينة وغير مؤينة حيث تشمل الاشعة المؤينة على الجسيمات المشحونة الخفيفة منها والثقيلة وبعض الاشعة الكهرومغناطيسية والنيوترونات [1].

2-2 تفاعل الجسيمات الثقيلة المشحونة مع المادة :

يتم التفاعل بين الجسيمات الثقيلة المشحونة (مثل جسيمات الفا , الديوترونات ,البروتونات وغيرها) مع المادة من خلال قوة كولوم بين الشحنة الموجبة على الجسيمات والشحنة السالبة الموجودة في الالكترونات المدارية في ذرات المادة . وقد يحدث أن تصطدم الجسيمات الثقيلة المشحونة بإنوية الذرات إلا أن مثل هذا التصادم نادر الحدوث وبالتالي فإن أجهزة رصد هذه الجسيمات مصممة على انها تقيس تفاعل هذه الجسيمات مع الالكترونات المدارية نظرا لأنه الاكثر حدوثا . [17]

عند دخول الجسيمات الثقيلة المشحونة الى ذرات المادة يحدث أنها تؤثر بقوة كولوم الجاذبة على الالكترونات في هذه الذرات ونتيجة هذا التفاعل تعتمد على قوة التصادم فقد تكون هذه القوة الى الحد الذي يسبب تحرك الالكترون من مدارة الى المدار الاعلى (لاكتسابه طاقة اعلى من طاقة مدارة الموجود فيه لحظة التصادم) فتحدث اثارة للذرات أو تكون القوة كبيرة بدرجة تكفي لإخراج الالكترون في اي من الحالتين (الاثارة أو التأين) تكون على حساب طاقة الجسم الثقيل المشحون المصادم وينتج عن ذلك فقد طاقة وتقليل سرعته والمسافة التي سيصل إليها داخل المادة . وتقدر كمية الطاقة التي يفقدها اي جسم ثقيل مشحون في كل مرة تصادم مع الالكترونات بحوالي جزء من خمسمائة جزء من طاقته الاولية تنتقل الى الالكترون وهذا يدل على أن هذه الجسيمات قادرة على احداث عدد كبير من الاصطدامات أثناء مرورها في اي مادة . وفي اي لحظة منذ دخول الجسم الثقيل المشحون الى المادة يتفاعل مع العديد من الالكترونات ويفقد طاقته تدريجيا حتى يقف في النهاية . وعلية نجد ان لكل جسيم ثقيل مشحون مدى معين في كل مادة يدخل اليه وبعدة يقف تماما . والمدى هو اكبر مسافة يمكن ان يدخل اليها الجسيم داخل المادة [5,4]

ومما هو جدير بالذكر أن نواتج التصادم اما ان تكون ذرات مثارة او زوج من الايونات التي هي عبارة عن الالكترون (الايون السالب) المنطلق من الذرة بعد تصادمها بالجسيم الثقيل المشحون والذرة الباقية بعد خروج الالكترون منها (الايون الموجب) . [5]

ازواج الايونات لها ميل طبيعي لإعادة الارتباط فيما بينها وتكوين الذرات العادية مرة اخرى، وعليه صممة اجهزة الرصد الاشعاعي لقياس هذه الازواج من الايونات وفي بعض الاحيان نجد أن الالكترون المنطلق بعد اصطدام الجسيم الثقيل المشحون بالذرة قد اكتسب كمية كبيرة من الطاقة تكون كافيه لان يحدث هو تأين في ذرات اخرى مجاورة له ويسبب إطلاق

الالكترونات. هذه الالكترونات ذات الطاقة العالية قد تسمى اشعة دلتا وهي وسيلة ثانويه يفقد بها الجسيم المصادم جزء من طاقته بالاضافة الى الوسيلة الاساسية التي بها تخرج أزواج الايونات. ومن المهم أن نذكر مدى أشعة دلتا دائما أقل بكثير من مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة. ويمكن قياس العدد الكلي (n) للأزواج الالكترونية _ الايونية الناتجة عن كل من التأين الابتدائي والثانوي، وذلك باستخدام الطرق التجريبية المختلفة [5]

بمعرفة كل من طاقة الجسيمات المشحونة الساقطة وعدد الازواج (E) فأنه يمكن حساب القيمة المتوسطة (W) للطاقة الازمه لتكوين زوج الكتروني _ ايوني واحد من العلاقة التالية

W=E/n.....(1-1)

لقد وجد ان قيمة w اللازمة لتكوين زوج واحد تعتمد اعتماداً واضحاً على نوع المادة ولكنها لا تعتمد على طاقة الجسيمات الساقطة أو على طبيعة هذه الجسيمات. كما ان قيمة (W) تكون صغيرة جداً فهي تساوي 35 الكترون فولت بالنسبة للهواء في الظروف المعيارية من الضغط ودرجة الحرارة. وهذا يعني أن الجسيمات الساقطة تتعرض لعدد كبير للغاية من التصادمات قبل ان تتوقف. وعند فقد هذه الكمية من الطاقة في كل تصادم فأن الجسيمات الساقطة لا تغير اتجاه مسارها، وهذا هو السبب في ان اثر الجسيمات المشحونة الثقيلة في المادة يكون عبارة عن خط مستقيم. كذلك يلاحظ ان طول الاثر للجسيمات المشحونة الثقيلة يعتمد على طاقة هذه الجسيمات ونوعها ونوع المادة. وبالنسبة للنوع نفسه من الجسيمات والمادة تكون اطول اثار الجسيمات المشحونة الثقيلة واحدة تقريباً طالما كانت طاقتها واحدة [5]

3-2 تفاعل جسيمات ألفا مع المادة

عندما تحصل عملية التأين فينشأ ما يسمى بالزوج الايوني (ايون موجب وايون سالب)، ان كل 34 الكترون فولت من طاقة الفت يستهلك في تكوين زوج ايوني واحد في الهواء ويتوقف مقدار هذه الطاقة على مقدار جهد التأين الاول للمادة التي تمر من خلالها جسيمات الفا. ان عدد الازواج الأيونية المتكونة في وحدة الطول من مسار الفا يطلق عليه بالتأين النوعي وتزداد قيمته كلما تباطئت الجسيمة في مسارها ليتوفر الوقت الكافي لتفاعلها مع ذرات المادة وتزداد احتمالية تفاعلها ، ان الالكترونات التي تنبعث نتيجة التأين تسمى الالكترونات الثانوية او اشعة دلتا ان اعلى طاقه للالكترونات الثانوية تساوي 2.7 kev في حين تتراوح طاقة جسيمات الفا ما بين (4_9 Mev). [4,5]

4-2 تفاعل الجسيمات المشحونة الخفيفة مع المادة

عندما تكون طاقة الالكترون (أو البوزترونات) قليلة تفقد هذه الالكترونات طاقتها بعد إثارة وتأين ذرات المادة. ومن ثم تنتقل الطاقة من هذه الجسيمات إلى المادة بنفس أسلوب انتقال الطاقة من الجسيمات الثقيلة. ولكن نظراً لصغر كتلته الالكترون تكون سرعته عادة عالية للغاية بالمقارنة بسرعة الجسيم الثقيل ذي الطاقة نفسها. وهذا يعني أن زمن تواجد الالكترون بالقرب من ذرة معينه من ذرات المادة قصيرة للغاية مما يؤدي الى انخفاض احتمالية حدوث التأين. لذا

فإن مدى الالكترونات في المادة يكون كبيراً بالمقارنة بمدى الجسيمات المشحونة الثقيلة، حيث يصل مدى الالكترونات بطاقة 1 إلكترون فولت في الهواء عدة أمتار [4-6]

5-2 تفاعل الإلكترونات السريعة مع المادة

عندما تكون طاقة الالكترون الساقطة (اقل من 1/2 ميغا الكترون فولت) تفقد هذه الالكترونات طاقتها عن طريق اثارة الالكترون المدارية لذرات المادة او تأين هذه الذرات بنفس اسلوب انتقال الطاقة من الجسيم الثقيل الى المادة. [4]

وإذا كان من المعروف أن للجسيم الثقيل المشحون بطاقة محددة طريق مستقيم يسلكه في مادة معينه حتى يتوقف فإن الالكترونات السريعة ذات نفس الطاقة لها عدة طرق متموجة ومختلفة تسلكها داخل نفس المادة، وهذا الانحرافات المختلفة والتي تلاحظ في مسارات الالكترونات السريعة داخل نفس المادة، ترجع أساساً الى أن هذه الالكترونات المصادمة لها نفس كتلة الالكترونات المدارية الموجودة في ذرات المادة التي ستصطدم بها. وبالتالي نتوقع ان تفقد الإلكترونات المصادمة جزء كبير من طاقتها في تصادم واحد. هذا بالإضافة الى ان تفاعل الإلكترونات مع أنوية ذرات المادة (ذات الشحنة الموجبة) والذي قد يحدث احياناً يسبب تغير حاد في مسار الإلكترونات. [6,4]

هناك اختلاف هام جداً بين تفاعل الجسيمات الثقيلة المشحونة مع المادة وتفاعل الإلكترونات السريعة مع المادة وهو أن فقد الطاقة في حالة الجسيمات الثقيلة المشحونة يكون بالتفاعلات التي تتم بقوى كولوم (المصادمات اللامرنة بين الجسيم والالكترونات المدارية) وهذا يحدث في حالة تفاعل الإلكترونات السريعة ولكن يحدث معه ايضاً فقد في طاقة الإلكترونات السريعة بتفاعلات إشعاعية ينتج عنها انطلاق أشعة كهرومغناطيسية أشعة الانكسار من أي موقع على طول مسار الإلكترونات السريعة في المادة. [4]

ولكن هذا الفقد الاشعاعي للطاقة يكون بنسبة قليلة إذا ما قورن بالفقد في اثارة الذرات أو التأين ولت يحدث الفقد الإشعاعي لطاقة الإلكترونات كبيرة بدرجة لا تسمح لها بالتواجد بالقرب من ذرات المادة لفترة تسمح بأحداث التأين أو الاثارة فيؤدي تعرض هذا الإلكترون للمجال الكه بائي للنواة و الإلكترونات المدارية الى إطلاق اشعة الانكسار. [4,1]

1-5-2 فقدان الطاقة بالتصادم

عندما تكون طاقة الإلكترونات أو البوزيترونات صغيرة تفقد هذه الإلكترونات طاقتها في إثارة أو تأين ذرات المادة. ونظراً لصغر كتلة الإلكترون تكون سرعته عالية نسبياً لسرعة جسيمات ألفا التي لها نفس الطاقة. وهذا يؤدي إلى انخفاض احتمال التأين لأن زمن تواجد الإلكترون بالقرب من الذرة صغير جداً. [4]

2-5-2 فقدان الطاقة بالإشعاع

عند تصادم الإلكترون السريع مع نويات و الكترونات المادة يتعرض الالكترون الساقط للمجال الكهربائي لشحنة النواة او الإلكترونات المدارية فيؤدي ذلك الى انبعاث إشعاعات كهرومغناطيسية تعرف باسم إشعاعات الانكباح تؤدي إلى فقد الالكترون لجزء من طاقته ولا يحدث هذا الفقد للطاقة على نواة الذرة فحسب وانما يحدث كذلك على الإلكترونات المدارية للذرة، وطيف اشعاعات الانكباح طيف مستمر وهي تصاخب تفكك بيتا كما تصدر عن جميع أنابيب الأشعة السينية عند فقد الإلكترون لطاقتها على مادة المصعد (الانود). [4]

ولحساب الطاقة التي يفقدها الكترون في شكل اشعاع انكباح على وحدة الطول من المسار داخل المادة تستخدم العلاقة التالية:.....

معادلة(2-2) $$(-\frac{dE}{dx})_{rad} = [\frac{4Z(Z+1)e^4NE}{137m_0^2c^2}](\ln 183Z^{-1/2} + 0.125) \ \cdots\cdots\cdots$$

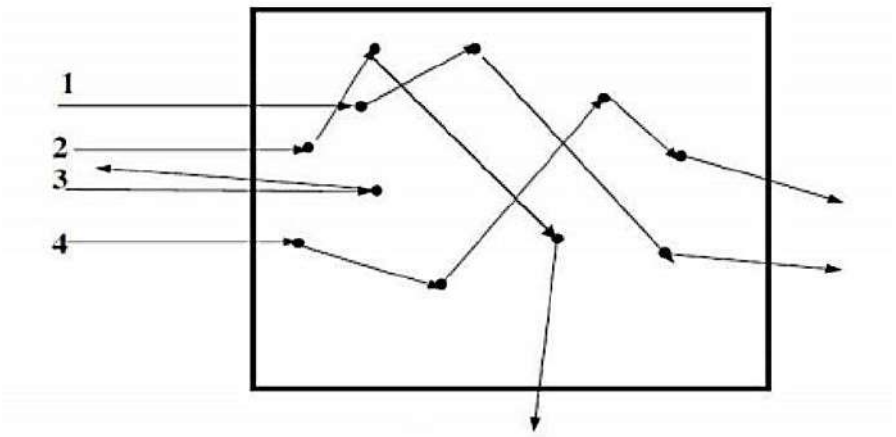
وهذه العلاقة التي تمثل قدرة الايقاف عن طريق الاشعاع صالحه مادامت طاقة الإلكترون أي ($E>>mc^2$)

اما اذا كانت طاقة الإلكترونات صغيرة فإنه يمكن اهمال فقد الطاقة عن طريق الشعاع. وهكذا فإن قدرة الايقاف الكلية بالنسبة للإلكترونات هي : [4]

معادله..... (2-3) $$(-\frac{dE}{dx})_{tot} = (-\frac{dE}{dx})_{inel} + (-\frac{dE}{dx})_{rad} \ \cdots\cdots\cdots$$

2-5-3 امتصاص الإلكترونات في المادة

لاحضنا ان سلوك الإلكترون عندما تسقط على المادة يختلف اختلاف كبير عن سلوك الجسيمات الثقيلة، وتتمثل بعض نواحي هذا الاختلاف في ان اثر الإلكترون في المادة لا يكون على شكل خط مستقيم كما هو الحال بالنسبة للجسيمات الثقيلة ولكن يكون في صورة كالمبينة بالشكل (2-1)، بالإضافة الى ذلك فإن طول اثر الإلكترون يختلف كلياً عن مداه (فالمدى عبارة عن المسافة المستقيمة التي يقطعها الجسيم في اتجاه سقوطه حتى يتوقف). لذا فإن مفهوم المدى بالنسبة لاكترون معين غير وارد. [4]



تتميز الإلكترونات بقدره عالية على اختراق المادة مقارنه بالجسيمات الثقيلة. وعند سقوط حزمه من الإلكترونات ذات طاقه واحده على ماده تسمى بالمادة الماصة، واذا كان سمك هذه المادة غير كافي لامتصاص هذه الإلكترونات فإن الإلكترونات تخرج من الجانب الاخر للمادة بطاقات مختلفة اختلافاً كبيراً، اي ان التبعثر الناتج في طاقة الإلكترونات يكون كبيراً للغاية بمقارنته بنظيره في حالة الجسيمات الثقيلة. وعموماً يزداد التبعثر بزيادة سمك المادة الممتصة، بالإضافة إلى ذلك يمكن ان تكون زاوية التشتت الناتجة عن التصادم كبيرة بحيث يرتد الالكترون الى الخلف (الالكترون رقم 3 في الشكل (2-1)) وتعرف هذه الظاهرة بالتشتت الارتدادي أو التشتت للخلف، ويمكن أن يؤدي هذا التشتت الارتدادي الى زيادة الشدة الاشعاعية المقاسة لمصادر بيتا عن الشدة الفعلية، وذلك عند وجود أجسام سميكة بالقرب من المصدر، لذا يجب تقدير قيمة التشتت الارتدادي بعنايه عند تحديد القيمة الحقيقية لشدة المصدر. [4- 5]

6-2 تفاعل جسيمات بيتا مع المادة

اشعة بينا عبارة عن حزم الكترونية عالية الطاقة وتتفاعل مع المادة خلال تفاعلها مع الإلكترونات المدارية للذرة وكذلك تفاعلها مع المجال الكهربائي للنواة. تنتج اشعة بيتا الازواج الايونية وكذلك تحدث للمادة اثاره والفرق الجوهري بين تفاعل الفا وبيتا مع المادة هو ان اختراق بيتا للمادة اكبر من احتراق الفا لها وذلك لسرعتها الالية لذلك يمكنها اختراق المدارات الذرية والوصول الى المجال الكهربائي للنواة وانتاج الاشعة السينية وان التأين النوعي الذي تحدثه بيتا اقل من التأين النوعي الذي تحدثه الفا، وان اهم العمليات التي قد تحصل عند امتصاص جسيمات بيتا هي : [18]

1- التأين (انتاج الازواج الايونية) : تنتج هذه الحالة ايون موجب والكرتون . كما في معادلة (2-4)

$$Na + \beta_{E_1} \xrightarrow{ionization} Na^{+} + e + \beta_{E_2} \quad \text{.....}$$

2- الاثارة : تنتج هذه الحالة ذره متهيجه غير مستقرة. كما في معادلة(2-5)

$$Na + \beta_{E_1} \xrightarrow{excitation} Na^{*} + \beta_{E_2} \quad \text{.....}$$

3- ظاهرة الكبح أو الابطاء : تنتج اشعه سينيه ذات طيف مستمر تسمى اشعة التباطؤ . كما في معادلة(2-6)

$$Na + \beta_{E_1} \xrightarrow{bremsstrahlung} Na + \beta_{E_2} + X - Ray \quad \text{.....}$$

4- ظاهرة فناء البوزترون : حيث تستخدم بيتا الموجبة (البوزترون) التي تصطدم بالكترون مداري مما يؤدي الى تحولهما الى على شكل أشعة كاما بشكل إشعاعين باتجاهين متعاكسين ومتساويين وطاقة كل منهما 0.511 Mev . كما في معادلة(2-7)

$$Na + \beta^{+} \xrightarrow{positron....annihilation} Na^{+} + 2\gamma$$

7-2 النظائر

النظائر هي ذرات أحد العناصر التي تتميز بتطابقها من الناحية الكيميائية ، ولكن تختلف في كتلتها، أي أن لديها نفس عدد البروتونات داخل نواتها وعدد مختلف من النترونات . [9,2]

وبسبب وجود وفرة طبيعية من النظائر التي تكون المياة والملوثات عامة. مثل نظائر الهيدروجين والأكسجين والكربون والنتروجين ، والتي تشير الى مصادر المياة واتجاه تحركها تحت سطح الأرض ، فإن بالإمكان استخدام تلك النظائر كمؤشرات لكل ذلك على الرغم من وجود العديد من النظائر لكل عناصر الأنظمة الهيدروجيولوجية ، إلا أن القليل منها فقط يمثل أهمية عملية . والنظائر البيئية هي تلك النظائر المتواجدة طبيعياً للعناصر الموجودة بوفره في بيئتنا مثل الكربون ، الهيدروجين ، الأكسجين ، النتروجين والكبريت وهذه هي العناصر الرئيسية للأنظمة الهيدرولوجية والجيولوجيا والبيولوجية. [9]

تستخدم النظائر الثابتة لهذه العناصر في تتبع دورة كل من الماء والكربون والمغذيات. هذه العناصر جميعها من العناصر الخفيفة ومن ثم كان الفرق في الكتلة بين العنصر ونظيره كبير نسبياً ، مما مكن من تتبع التجزئة الحادثة بين العنصر ونظيره نتيجة وقوعها تحت تأثير تفاعلات كيميائية وفيزيائية وبيوجيوكيميائية . [9,2]

يبين الجدول التالي بعض العناصر المختارة الموجودة في الطبيعة منها العناصر الخفيفة والنسبة المئوية للنظائر الثابتة المختلفة لكل منها . [2,1]

العناصر	أنواع النظائر الثابتة ونسبتها المئوية في المخلوط الطبيعي	نسبة النيوترونات الى البروتونات في النظائر
^{1}H الهيدروجين	%99.985(^{1}H) %0.015(^{2}H)	1.0:0
^{2}He هيليوم	%0.0001(^{3}He) %99.9999(^{4}He)	1.0 : 0.5
^{6}C كربون	%89.9(^{12}C) %10.1(^{13}C)	1.17 : 1.0
^{8}O اكسجين	%99.762(^{16}O) %0.038(^{17}O) %0.20(^{18}O)	1.25: 1.1: 1.0

تنقسم النظائر إلى نوعين يعرف النوع الأول بالنظائر المستقرة بينما يعرف النوع الثاني بالنظائر غير المستقرة أو المشعة ، ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي 300 في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن 1500 نظير مشع حتى الأن ، وهنالك 21 عنصراً متواجد طبيعياً في صوره نقية اي بدون اي نظير ، وتنقسم النظائر المشعة إلى نظائر طبيعية موجودة في الطبيعة وأخرى صناعية تمكن الإنسان من إنتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة.[2,1]

يتم إنتاج النظائر المشعة المختلفة عن طريق تعريض(تشعيع) النظائر المستقرة لسيل من الجسيمات النووية كالنيوترونات أو الديوترونات أو جسيمات ألفا وغيرها . وتستخدم لهذا الغرض المفاعلات النووية أو مولدات النيوترونات كمصدر النيوترونات في حين تستخدم المعجلات النووية كمصدر للجسيمات المشحونه كالبروتونات والديوترونات وجسيمات ألفا و غيرها.[2,1]

8-2 مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة

المقصود بكلمة المدى هو مدى نفاذ الجسيمات الثقيلة المشحونة أو هو عبارة عن المسافة المستقيمة التي يقطعها الجسيم في المادة إلى أن يتوقف تماماً ، ولقد وجد أنه بزيادة سمك المادة التي تدخل إليها الجسيمات الثقيلة المشحونة يقل المدى. هذا وقد يستخدم قياس للمدى يسمى المدى المتوسط وهو السمك من المادة الذي يسمح بمرور نصف عدد الجسيمات المنطلقة من مصدر معين ومن المعروف أن مدى الجسيمات المشحونة ذات طاقة معينة في مادة معينة يكون محدد بدقة ويختلف باختلاف المادة أو طاقة الجسيم .[4]

ومن جهة أخرى فإن الوقت المطلوب لإيقاف أي جسيم مشحون تعد اختراق ماده ما يمكن استنتاجه بمعرفة مدى هذا الجسيم في هذه المادة وسرعة اختراقه لها. وبصفة عامه فإن الجسيمات المشحونة تفقد طاقتها بمعدل كبير جداً قبيل نهاية مداها في المادة، وبصفة عامة يجدر الذكر أن مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة صغير حيث لا يزيد عن 3.5 سنتيمتر في الهواء لجسيمات ألفا ذات طاقة تساوي خمسة مليون إلكترون فولت وعلية يمكن القول أن قدرة هذه الجسيمات على الاختراق تعتبر صغيره نسبياً ولا تحتاج إلى حواجز سميكة لإيقافها والوقاية منه .[4]

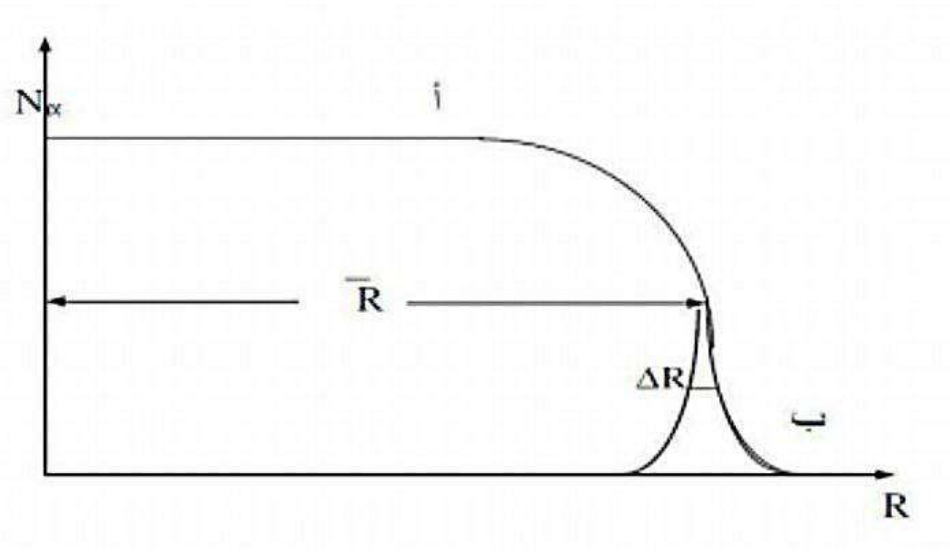
9-2 مدى جسيمات ألفا

باعتبار أن جسيمات ألفا هي ذرات هليوم متأينة وتحمل شحنتين موجبتين فإنها تفقد جزءًا صغيراً من طاقتها في كل اصطدام مع إلكترون ، كما أنها لا تنحرف بعد الاصطدام لثقلها النسبي ، وبذلك تكون مساراتها في خطوط مستقيمة في المادة.[5]

ونظراً إلى أن كل جسيمات ألفا الصادرة عن نفس النظير المشع لها نفس الطاقة باعتبار أنها جميعها تنطلق بعد أن تتغلب على نفس حاجز الطاقة حول النواة وباعتبار أن جسيمات ألفا تحتاج إلى عدد كبير من الاصطدامات لكي تفقد كل طاقتها الابتدائية التي تبلغ حوالي عدة

ملايين إلكترون فولت حتى تصل إلى حالة السكون فإن مدى جميع جسيمات ألفا آلتي لها نفس الطاقة الابتدائية يكون متساويا في حدود ضيقة . [5]

وعند قياس مدى جسيمات ألفا في الهواء (وذلك بقياس عدد جسيمات ألفا آلتي تسجل عند مسافات مختلفة من مصدر هذه الجسيمات شريطة أن تكون جسيمات ألفا الخارجة من المصدر في شكل حزمة ضيقة ومتوازية) تكون الصورة المبينة في الشكل (1-3) بالمنحني (أ) وبتفاضل هذا المنحني ينتج منحني جديد (ب) يعرف باسم المنحني التفاضلي للتبعثر وهو يوضح طبيعة التبعثر في المدى . ويسمى المقدار(R) المبين بالشكل بالمدى المتوسط ويعتبر نصف العرض (ΔR) للمنحني ب [4]



أن تحديد مدى الجسيمات بشكل دقيق لا يخلو من الصعوبة بسبب وجود فروق احصائية في مقدار الطاقة المفقودة في وحدة طول المسار(dE/dx) [10]

ويعرف المدى بدلالة قدرة الإيقاف كالاتي . [10]

$$R = \int_{E}^{0} dx = \int_{E}^{0} \frac{dE}{dE} dx = \int_{0}^{E} \frac{1}{dE/dx} dE = \int_{0}^{E} \frac{d}{S.N} \dots\dots\dots$$ معادلة (2-8)

10-2 مدى الالكترونات السريعة

أن اصطلاح المدى الالكتروني السريع يكون اقل تعبيراً ومعنى منه في حالة الجسيمات الثقيلة المشحونة (الذي سبق أن تعرضنا له) وذلك لأن طول الممر الذي تسلكه الالكترونات السريعة يكون أكبر بكثير من المسافة التي قد تنفذ إليها الجسيمات الثقيلة في أي مادة . ولكن

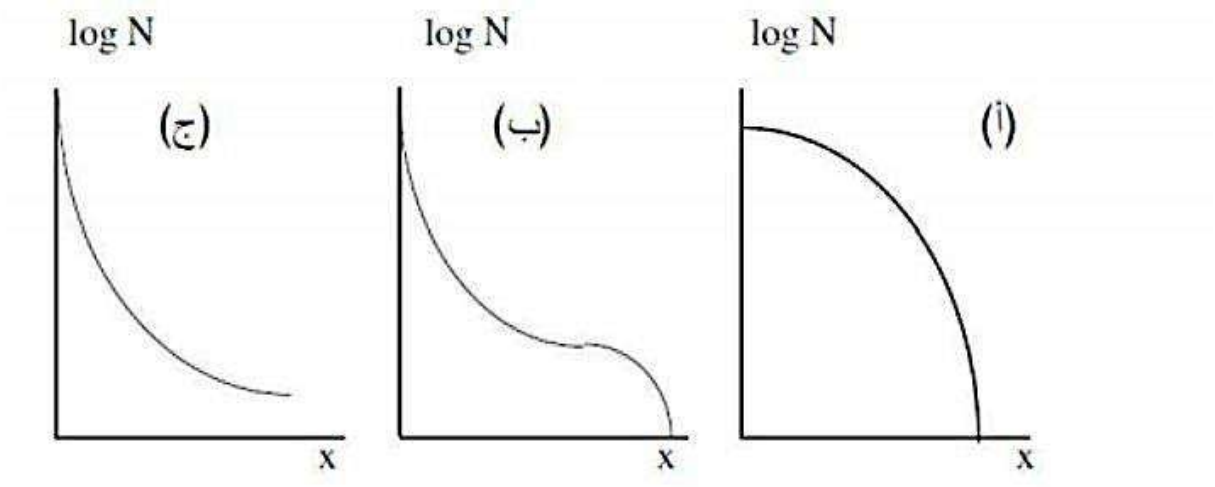
يمكن حساب مدى الالكترونات التي تمر من هذا السمك ومنها يمكن حساب السمك الذي لن يمر منه أي إلكترون فيكون هذا هو المدى. [4]

وفي حالة مقارنة مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة و الالكترونات السريعة التي لها نفس كمية الطاقة فإننا نجد أن الفقد النوعي للطاقة يكون منخفض جداً في الالكترونات السريعة. [3,4]

لذا نتوقع أن مدى الالكترونات السريعة في مادة معينه يزيد مئات المرات عن مدى الجسيمات الثقيلة المشحونة في نفس المادة . وفي هذا الصدد نجد أن مدى الالكترونات يبلغ ملي مترين لكل واحد مليون إلكترون فولت طاقة في المواد ذات الكثافة المنخفضة ويبلغ واحد ملي متر لكل واحد مليون إلكترون فولت طاقة في المواد ذات الكثافة المتوسطة وفي الهواء نجد أن مدى الالكترونات ذات الطاقة واحد إلكترون فولت أكثر من عدة أمتار [7,4]

1-10-2 تحديد مدى الالكترونات من منحني الامتصاص :

أن مفهوم المدى لإلكترون معين غير وارد ، أما بالنسبة لعدد كبير من الالكترونات فإنه يمكن تحديد المدى تجريبيا ولهذا الغرض يجب قياس عدد الجسيمات N كدالة من سمك المادة الممتصة X . ولتنفيذ ذلك يتم تثبيت كل من مصدر جسيمات بيتا والكاشف على مسافة مناسبة وتوضع بينهما الواح من المادة المعينة ذات كثافة مختلفة ويتم قياس معدل العد عند كل سمك . ويزداد السمك حتى يصبح معدل العد مساويا للصفر ثم ترسم العلاقة بين كل من X, N على ورق نصف لوغارتمي ويعرف المنحني الناتج بمنحني الامتصاص . ويبين الشكل (2-3) ثلاث منحنيات امتصاص لثلاث من مصادر بيتا مختلفة . الاول (أ) يمثل منحني الامتصاص لمصدر بيتا نقي يصدر طيفا واحداً من جسيمات بيتا والثاني (ب) يمثل منحني الامتصاص لمصدر بيتا مركب اي يصدر عدة أطياف من جسيمات بيتا ، الثالث (ج) فهو يمثل منحني الامتصاص لمصدر بيتا يصدر في الوقت نفسه إشعاعات كاما.



أ-منحنى امتصاص لمصدر بيتا نقي ، ب- منحنى امتصاص لمصدر بيتا مركب

ج- منحنى الامتصاص لمصدر بيتا يصدر في الوقت نفسه اشعاعات جاما

التي تمثل في هذا المقياس خطاً مستقيماً وعموماً يعتمد شكل منحني الامتصاص المحدد تجريبيا على الوضع الهندسي للكاشف وعلى نوع مصدر مصدر بيتا . ولكن هذه العوامل لا تؤثر كثيراً على المدى الذي يمكن تحديده تجريبيا من نقطة تلاقي المنحني بالمحور اي عندما يصبح عدد الجسيمات مساويا للصفر . وعموماً يصعب تحديد هذه النقطة لسببين :

السبب الأول وجود خلفية إشعاعية من جسيمات بيتا من مصدرها الأشعة الكونية أو اي مصادر أخرى بعيدة . والسبب الثاني وجود نسبة من إشعاعات جاما صادرة من المصدر نفسة (المنحني ج) أو في شكل خلفية إشعاعية. وتضيف الخلفية الإشعاعية ذيلا إلى منحني الامتصاص كالمبين في شكل (ج) لذا فإنه يجب أن تطرح قيمة الأشعة الخلفية الإشعاعية من جميع القراءات حتى يسهل ايجاد نقطة النهاية للمنحني [8,4] .

11-2 مدى جسيمات بيتا

مدى جسيمات بيتا يعبر عنه بالغرام /سم ² من المادة الماصة ويمكن تحويل المدى إلى سمك المادة الماصة إذا كانت كثافة الماص معروفة (جم سم -³) وهناك عدد من المعادلات التجريبية التي تحدد المدى (R) كما يلي :

اذا كانت : $0.8Mev < E$, $R=0.542$ ← , $E=^{-0.133}$

واذا كانت : $0.15<E<0.8Mev$, $R=0.407$ ← , $E=^{1.38}$

حيث R هي مدى جسيمات بيتا بالغرام /سم ² ، E هي الطاقة العظمى بالمليون إلكترون فولت [3,1]

12-2 قدرة الإيقاف

أن قدرة ايقاف المادة والناتج من مرور الجسيمات المشحونة من خلال تعد موضوعا مهما ليس فقط في مجال الفيزياء وانما يشمل مساحات واسعة من العلوم فلها تطبيقات طبية وصناعية كاستخدام الإشعاع لقتل الأورام وكذلك استخدامها في الفضاء والصناعة ومنها الأجهزة الإلكترونية و غيرها من الاستخدامات المهمة . وان قدرة الإيقاف تعرف على أنها مقدار الطاقة التي يفقدها الجسيم في كل وحدة طول من مسارة خلال الوسط الموقف لذلك فإن عملية فقدان الطاقة للجسيم المشحون المار خلال مادة الهدف يجب أن تكون بدقة عالية من خلال القياس العملي المباشر أو من خلال الحساب النظري ودراسة خاصية مادة الهدف وكيفية استجابتها للتفاعل مع الجسيمات المشحونة [27] لذلك فإن الجسيمة المشحونة عندما تنتقل خلال المادة فإن تفاعلها مع ذرات الهدف ناتج عن قوة الكتر ومغناطيسية بين الجسيمات المشحونة وذلك التفاعل يقسم إلى قسمين : تصادمات مرنة مع كل الذرات وتصادمات غير مرنة مع إلكترونات مادة الهدف ولما كانت السحاب الالكترونية في الذرة تحتل حيزاً اكبر من نوى الذرات لذا فإن فقدان الطاقة الناتج عن التصادمات غير المرنة من المتوقع أن يكون أكبر من فقدان الطاقة المرن [20].

توصلت الدراسات المبكرة لفقدان طاقة الجسيمات المشحونة للمادة إلى الصيغة العامة لقدرة الإيقاف [21] .

معادله (2-9).....

$$-\frac{dE}{dx}=\frac{4\pi e^4 NZ_2}{m_e v^2}Z_1^{\ 2}L.....$$

إذ N كثافة الهدف ، Z2 العدد الذري للهدف ، me كتلة الالكترون و v و Z1 هي سرعة وشحنة القذيفة على التوالي و L يدعى (عدد الإيقاف) سواء كان الميكانيك الكلاسيكي أو الكمي مطبقا .

أن قدرة الإيقاف الالكترونية يمكن أن تعرف على أنها عملية فقدان الطاقة للجسيمات و الأيونات المشحونة خلال وحدة المسار وأن عملية حسابها اعتمدت على عوامل أساسية للجسيم الساقط ومادة الهدف من خلال السرعة (v) والشحنة (z1e) والكتلة (M) بالنسبة للجسيم الساقط وكذلك على صفة ذلك الهدف (أي مادة الهدف) فلذلك تختلف عملية فقدان الطاقة من خلال طبيعية ونوع الجسيم الساقط [22].

حيث تم الاعتماد على أهم النظريات التي درست قدرة الإيقاف الالكترونية ومنها النظرية الكلاسيكية ل Bohr التي درست فقدان طاقة الجسيمات الحركية بصور تدريجية إلى جزيئات الوسط وعبر تصادمات عديدة التي تتم عن طريقها فقدان الطاقة ومنها التصادمات غير المرنة التي تحدث عند الطاقات العالية للجسم حيث يحصل التصادم بين الأيونات الثقيلة الساقطة والكترونات ذرات الوسط المادي وكذلك التصادمات المرنة التي تحصل عند الطاقات الواطئة للجسيم حيث يحصل تصادم بين الأيونات الثقيلة ونوى الذرات الذي يكون مهمل [29] وبما أن التصادمات غير المرنة لها الدور الفعال في دراسة عملية فقدان قدرة الإيقاف الالكترونية (التصادم الالكتروني) والتي يمكن كتابتها بالشكل الآتي :- [28]

معادله (2-10)

$$S=\frac{4\pi Z_1^2 Z_2 e^4}{mv^2}\ln\frac{Cmv^3}{Z_1 e^2 w}.....$$

إذ أنه من خلال المعادلة المذكورة أعلاه يتم حساب قدرة الإيقاف الالكترونية

الفصل الثالث

اضرار الاشعاع

1-3 – اشعة الفا

مكونات أشعة ألفا تمثّل أشعة ألفا جزيئات مركبة تتكون من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات المرتبطين معاً بقوة، لتكوين نواة ذرة الهيليوم، حيث تنبعث هذه الجزيئات من نواة ذرات العناصر الثقيلة مثل اليورانيوم والثوريوم وتسمى هذه العملية بتحلّل ألفا (بالإنجليزية: alpha decay)، وتعد جزيئات ألفا بطيئة الحركة نسبياً تبعا لثقل وزنها حيث تصل سرعتها من 5 إلى 7 بالمئة من سرعة الضوء، أي ما يعادل 20 ألف كيلومتر في الثانية.[17]

1-1-3 أضرار أشعة ألفا

يعتمد مقدار الضرر الذي تسببه أشعة ألفا للإنسان على كيفية تعرضه لهذه الإشعاعات، فإذا كان التعرض خارجياً فإن أشعة ألفا لا تمتلك الطاقة الكافية لاختراق الجلد البشري، ويعود ذلك إلى ثقل الجسيمات المكونة لهذه الموجات، حيث تفقد طاقتها بمجرد خروجها من العنصر المشع، وبذلك لا يتم النظر إليها على أنها مصدر خطر إذا كانت خارج جسم الإنسان، أما إذا تم استنشاق بواعث ألفا أو ابتلاعها أو دخولها إلى الجسم من خلال جرح ما، فإنها تكون مؤذية جداً وتؤدي إلى تلف الأنسجة الحية الحساسة داخل الجسم، فعند مرور جسيمات ألفا في المادة تُحدِث تأيناً لذراتها وتطلق كل طاقتها في خلايا قليلة، وهذا يؤدي إلى الضرر الشديد للخلايا والحمض النووي DNA مع مرور الوقت.[1]

2-1-3 طرق الوقاية من أشعة ألفا

عند التعامل مع العناصر المشعة مثل بواعث ألفا، يجب اتباع إجراءات وقواعد وقائية للحد من المضاعفات الصحية الناتجة عن استخدامها، وتتلخص هذه الإجراءات في ثلاثة مبادئ رئيسية، وهي كما يأتي:[2] الوقت: كلما انخفض زمن التعرض للإشعاعات الضارة، أصبح الجسم أقل تعرضاً لخطر الأشعة. المسافة: كلما زادت المسافة بين المصدر المشع وجسم الإنسان تقل كمية الأشعة حسب قانون التربيع العكسي، فعند مضاعفة المسافة عن مصادر الإشعاع يقل التأثير الإشعاعي إلى الربع. الحائل أو الدرع:تستخدم حواجز تحجب الأشعة الضارة وتمتصها، ويستخدم السمك المناسب لخفض كمية الأشعة خلفها، مثل قبعات وقفازات خاصة، ونظارات الرصاص.

2-3 أشعة بيتا

أشعة بيتا (بالإنجليزية: beta rays) أو جسيمات بيتا (بالإنجليزية: beta particles)، يرمز لها بالحرف اليوناني (β)، وهي عبارة عن إلكترونات (بالإنجليزية: electrons) ذات طاقة عالية، وسرعة مرتفعة، يرمز لها بالرمز (β-).[5] ومنها ما هو بوزيترونات (بالإنجليزية: positrons) يتم إخراجها من النواة بواسطة بعض الأنوية المشعة (بالإنجليزية: radionuclides)، وذلك أثناء حدوث الانحلال الإشعاعي لجسيمات بيتا، ويرمز لها بالرمز (β+)، وعادة يحدث تحلل جسيمات بيتا في النوى التي تحتوي على عدد كبير جداً من النيوترونات لتحقيق استقرار الذرة.[5]

1-2-3 مكتشف أشعة بيتا

كان العالم إرنست رذرفورد (بالإنجليزية: Ernest Rutherford) والذي نال جائزة نوبل عام 1908م، هو أول من قام بتسمية تحلل بيتا بهذا الاسم عام 1899، وذلك عندما لاحظ أن النشاط الإشعاعي لم يكن ظاهرة بسيطة وعادية، فأطلق على الأشعة الأقل اختراقاً اسم أشعة ألفا والأشعة الأكثر اختراقاً بأشعة بيتا.[18]

2-2-3 مصادر أشعة بيتا

تنتج أشعة بيتا، إما بطريقة طبيعية، وإما بفعل تدخل الإنسان كما يلي: الإشعاع الطبيعي لجزيئات بيتا تنتج أشعة بيتا بشكل طبيعي نتيجة سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعية لبعض العناصر مثل اليورانيوم (بالإنجليزية: Uranium U) والثوريوم (بالإنجليزية: Thorium T) والأكتينيوم (بالإنجليزية: Actinium Ac).[5] وتتواجد أيضاً جزيئات بيتا بشكل شائع في المنتجات المشعة للانشطارات النووية مثل نظير السترونتيوم المشع 90 أو السترونشيوم (بالإنجليزية: Strontium 90 Sr)، ونظير السيزيوم 137 (بالإنجليزية: Caesium 137 Cs) والتريتيوم (بالإنجليزية: Tritium T).[5]

3-2-3 الإشعاع الصناعي لجزيئات بيتا

من أحد الطرق لإنتاج إشعاعات بيتا مخبرياً، استخدام فلز السترونتيوم 90 الذي يتميز بسرعته العالية على التحلل، وإنتاج جسيمات بيتا، ويتم إطلاق كميات كبيرة منه في المفاعلات النووية، خاصة عند القيام باختبارات على الأسلحة النووية الحديثة المصنعة[6]

4-2-3 فوائد أشعة بيتا

يمكن الاستفادة من اضمحلال جزيئات بيتا في المجالات الحياتية كما يأتي: يستخدم إشعاع بيتا في عمليات التتبع، وفي رصد سماكة المواد، مثل الورق والبلاستيك والألمنيوم، فكلما كانت المادة أكثر سمكًا، كانت قدرتها على امتصاص الإشعاعات أكبر.[1] يستخدم الأطباء أشعة بيتا في التصوير الطبي بواسطة جهاز التصوير المقطعي بالإشعاع البوزتروني.[2] يمكن استخدام أشعة بيتا لعلاج سرطان العين والعظام. تُشير بعض الأدلة إلى أن أشعة بيتا من الممكن أن تستخدم في علاج السرطان أيضًا.[17]

5-2-3 أضرار أشعة بيتا

ينجم عن التعرض لأشعة بيتا عدة أضرار، يذكر منها:[4] أشعة بيتا قادرة على اختراق الجلد وحرقِه. هناك خطورة عالية على صحة الإنسان عند استنشاق أو ابتلاع أو وصول أشعة بيتا إلى مجرى الدم من خلال الجروح.

3-3 أشعة جاما

أشعة جاما (بالإنجليزية: Gamma rays) هي من أنواع الإشعاعات المتأينة،[4]وتعرّف على أنّها حزمة من الطاقة الكهرومغناطيسيّة، أو الفوتونات المنبعثة من النويدات المشعّة، والناتجة من ظاهرة الاضمحلال الإشعاعيّ، وتعتبر أشعّة جاما الأكثر نشاطاً في الطيف الكهرومغناطيسيّ،[5] وتعدّ أشعة جاما سلاح ذي حدّين، حيث لها استخدامات واسعة إذا ما تمّ استخدامها وفق معايير وشروط معيّنة، كاستخدامها في المجالات الطبيّة، وحفظ الأغذيّة، وقد تصبح ضارّة وشديدة الخطورة في ظروف معيّنة.[6]

3-3-1 أشعّة جاما والسرطان

لقد خلص العلم إلى أنّ أشعّة جاما تعتبر من المواد المسرطنة للإنسان، حيث تشير الدراسات إلى أنّه إذا ما تعرّض الإنسان إلى جرعات عالية من الإشعاع فإنّه يكون عرضةً لخطر الإصابة بالسرطان، وقد وردت أدلّة عدّة تؤيّد هذه النتيجة، مثل الدراسات التي أجريت على الناجين من القنبلة الذريّة في ناجازاكي وهيروشيما، وكذلك الأشخاص الذين تعرّضوا للإشعاعات في حادثة تشيرنوبل النوويّة، والمرضى الذين تمّ علاجهم باستخدام هذه الأشعة، بالإضافة للأشخاص المعرّضين لهذه الأشعّة بحكم عملهم، مثل العمّال الذين يعملون في مناجم اليورانيوم. تزيد نسبة الإصابة عند الأطفال الذين تعرّضوا للإشعاع عمن هم أكبر سنّاً، بينما انخفضت النسبة في الأجنّة التي في الأرحام، ومن السرطانات التي قد يسبّبها التعرّض للإشعاع: سرطان الدم (اللوكيميا)، وسرطان الغدّة الدرقيّة، وسرطان المثانة، وسرطان الرئة، وسرطان المريء، وسرطان الكبد، وغيرها، ومن الجدير بالذكر أنّ السرطان الناجم عن التعرّض للإشعاع يحتاج لسنوات حتى يظهر.[18]

3-3-2 أضرار أشعّة جاما على الكائنات الحيّة

تعتمد شدّة الآثار التي تتسبّب بها أشعّة جاما على مجموعة من العوامل الفيزيائيّة، مثل: جرعة الإشعاع، ووقت التعرّض، بالإضافة إلى بعض العوامل البيولوجيّة، مثل: أنواع الكائنات الحيّة، والعمر، والجنس، كما تعتمد على الآليات التي يعتمد عليها الكائن الحي في حماية نفسه من هذه الإشعاعات، وآليات إصلاح الخلل الناجم عن التعرّض للإشعاعات، وتكمن الأضرار التي تنتج من التعرّض لهذا النوع من الإشعاعات في حدوث خلل في جينات الكائنات الحيّة، والبروتينات والخلايا الحيّة، والأعضاء الحيويّة، وبالتالي تؤثّر على السكّان والمجتمعات ككلّ، كما تؤثّر على الشبكات الغذائيّة، وتؤدّي إلى حدوث أضرار في نموّ الكائنات الحيّة وتكاثرها، مما يؤدّي إلى خلل في بنية وعمل النظم البيئيّة.[1]

3-3-3 أضرار أشعّة جاما على الإنسان

تشكّل أشعّة جاما خطراً حقيقيّاً يهدّد جسم الإنسان بأكمله، حيث تعدّ من الإشعاعات التي تمتلك قوّة اختراق كبيرة، فيمكنها أن تخترق الموادّ التي لا تخترقها الأنواع الأخرى من الإشعاعات، مثل: الجلد والملابس، وقد يتطلّب إيقافها حاجزًا من الرصاص أو الخرسانة، وبالتالي فإنّ أشعّة جاما قادرة على اختراق جسم الإنسان بأكمله، لتسبّب أثناء مرورها تأيّناً يؤدّي إلى حدوث تلف فوريّ في أنسجة الجسم وحمضه النوويّ،[2] وقد يؤدّي التعرّض لمستويات عالية جداً من إشعاعات جاما إلى أضرار صحيّة جسيمة، مثل: حروق الجلد، ومتلازمة الإشعاع الحادّ، وأمراض القلب والأوعية الدمويّة، والسرطان.[17]

المصادر

[1] محمود بركات فؤاد بركات (2010) "الكيمياء النووية والاشعاعية في خدمة البشرية " دار الفكر العربي، القاهرة ، مصر.

[2] عبد الرحمن محمد عبدالله المفقاع العريفي (1993)" تحضير واستخدام بعض اكاسيد المعادن في فصل بعض النظائر المشعة " جامعة الملك سعود، كلية العلوم – قسم الكيمياء، السعودية.

[3] محمود قاسم الفخار وآخرون (2006) " الفيزياء النووية والاشعاعية " ليبيا – بنغازي جامعة عمر المختار.

[4] أحمد محمد السريع ، محمد فاروق (2007) " الفيزياء الاشعاعية " جامعة الملك سعود السعودية

[5] محمد صفوت اليوفي (2010) " فيزياء الطب النووي " دار النشر للجامعات ، القاهرة

[6]عذاب طاهر الكناني (2008) " الفيزياء الاشعاعية" دار الفجر (ط1) بغداد العراق.)

[7]محمد عبدالرحمن آل الشيخ واخرون (2004)"هندسة الاشعاع النووي" ط1 المكتبة الوطنية جامعة الملك سعود ، الرياض ، السعودية.

[8] محمود حامدعطية واخرون (2005) " المخاطر الاشعاعية بين البيئة والتشريعات القانونية " القاهرة ، دار الفكر العربي للنشر

[9] زينب سعد واخرون (2008)" استخدام التقنيات النووية والذرية في التحليل العناصري النظائري "، الهيئة العربية للطاقة الذرية ، تونس.

[10] دروزدوف ونيكولين (1973) " الخصائص الكهربية للموصلات والعوازل" دار مير للطباعة والنشر ، موسكو.

[11]Track Detector PM-355 For Alpha Particles and The Effect of The Heating Al- Jobouri, M. 2004,"Energy Resolution Power of The Plastic Nuclear Treatment", M.Sc. Thesis, Unversity Of Tikret.

[12]AL- Obiady ,N.J. 2001," Kintetic, Free Electron Gas and Harmonic Oscillator Theories Of Particle Stopping In Medium", M.Sc. Thesis, AL - Mustansiryah University.

Ahmed,S. 2007,"physics and Engineering of Radiation", Queen,s University, Kingston, [13] .Ontario

Annunziata, M .2003, "Nuclear Radiation,Its Interaction With ."and Radioisotope Decay [14]Matter

[15] "Al- Qysi, M. (1986), "Radio Chemistry

[16]Petola,J. 2003,"Stopping Power for Ions and Clusters In Crystalline Solids", University of Halsinki, Report Series In Physics,HU-P-D108

[17]Knoll, F.G., (1979) "Radiation Detection and Measurement", (John Wiley and Sons, New York

[18]Department of Physics University of cape town Dr.Steve Peterson (2015)"Radiation "Interaction & Detection

[19] Hussein A. Shnawa, Nadum A. Abdulah and Faise J. Mohamad (2011 Thermal Properties of Low Density Polyethylene with Oyster Shell Composite": DSC Study, World Applied Sciences Journal 14 (11): 1730-1733 .

[20]Alexandru Lossoof Slow Protons and Antiprotons in Matter, M.Sc. Thesis, Instituse of C., (2002), Experimental Investigations of The Energy Physics and Astronomy, University of Aarhus, 1-8.

[21]Kadhum,R. A. (2008)," Damping Effect of Stopping Power for the Heavy Ions at Fast and .Low Velocities" 213-221

[22]Al- Da,amy, S.A. Electronic Stopping for Clusters Ions", M.Sc. Thesis,Al- Mustansiryah (2008). "Quantum and Classical Treatment of University

[23] Moussa, D. S. Damache, S. Ouichaoui, (2010)" Effects of the projectile electronic structure on Bethe-Bloch stopping parameters for Ag", Nucl. Ins and Methods in Phy .Res. B 268 PP. 1754-175821.

[24] .Turner,s ,J.(1995)," Atoms, Radiation and Radiation Protection" 1-9

[25]Kadhum,R. A. 2005,"Impact - Parameter Dependent of Electronic Stopping Power", Al-Mustansiyah University

[26]Aziz,S.A. 2000,"Chemical Effect on Bethe - Bloch Stopping Formula M.Sc. Thesis, Al-Mustansiriyah University

[27]Tufan, M.C. And By Using Thomas - Fermi - Weizacker Density Frunctional, Acta Physica Gumus, H. (2008),Stopping Power Calculation o Compoundsf Polonic A,Vol.114, No.4,PP.703-710

[28]Kadhum ,R. A. (2008)," Damping Effect of Stopping Power for the Heavy Ions at Fast and Low Velocities" 213-221

[29]Armin.L. and Alejandro.S. (2009)," Stopping power of antiprotons in H, H2, and He .targets",Inst Phys, D-10117

[30]James F. Ziegler1, M. D. Ziegler2 and J. P. Biersack, (2010)" The Stopping and Range of Ions in Matter" Phys Dept,MD,21402,Zigler SRIM.org.8- Saba Abed Al-Zahra@

[31]Abuirqeba, W. N. J. (2011), "Studying of Electronic Stopping power For Heavy Charged Particles",B. SC. Physics, University of Kufa.

[32]-Matsumura, Y., Ananthaswamy, H. N. (2004). Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin. Toxicology and applied pharmacology, 195(3), 298-308

[33]Rai G., Kumar A., Mahobiya P. (2018) Effect of radiation on thyroid. gland of Wistar rat.Int J Biol res; 18(1):217-222

[34] Schwartz, E. (1988). Connective tissue alterations in the skin of ultraviolet irradiated .hairless mice. Journal of investigative dermatology, 91(2), 158-161

[35] Shirazi, A., Mihandoost, E., Ghobadi, G., Mohseni, M., & GhaziKhansari, M. (2013). Evaluation of radio-protective effect of melatonin on whole body irradiation induced liver tissue damage. Cell Journal (Yakhteh), 14(4), 292

.