

## **الفصل الرابع**

### **النشاط الإشعاعي الطبيعي**

## ٤ - ١ النشاط الإشعاعي الطبيعي:

عندما كان بيكرل يجري بعض التجارب على بعض املاح اليورانيوم عام ١٨٩٦ لاحظ فلورة هذه الاملاح عند تعرضها لاشعة الشمس فاعتقد ان هذه الفلورة ناتجة عن انبعاث الاشعة السينية والتي اكتشفها رونتكين في تلك الفترة عام ١٨٩٥. لكن التجارب قادتته الى ان هذه الظاهرة ليس سببها ضوء الشمس حيث ان الفلورة يمكن رؤيتها في الظلام وتعتمد على تركيز اليورانيوم في النماذج وفي عام ١٨٩٨ وضح بير كيوري ومدام كوري (شكل ١٠ - ١) بأن هذه الاشعاعات ظاهرة ذرية خاصة بالعنصر وليس لها علاقة بالحالة الفيزيائية او الكيميائية وان هذه المواد تبعث بشكل تلقائي اشعاعات مستمرة تعتمد على نوع العنصر وسميت هذه العناصر بالعناصر المشعة.

(شكل ١٠ - ١) السيدة كيوري مكتشفة النشاط الإشعاعي



## مصادر الاشعاع الطبيعي:

الاشعاع الذي يحيط بيئة الانسان بشكل طبيعي ومستمر يسمى بالخلفية الاشعاعية لأن هذا الاشعاع يشمل سكان العالم كافة وان التعرض يحدث بمعدل ثابت نسبيا وعلى مدى فترات زمنية طويلة. وتعتبر الخلفية الاشعاعية كمستوى مرجعي للمقارنة بين مصادر الاشعاع المؤين التي يتعرض لها الانسان من المصادر الطبيعية.

لا يعرف لحد الآن تأثير الإشعاع الناتج عن المصادر الطبيعية اي تأثير الخلفية الإشعاعية ففهم من الباحثين يعتبر ان الخلفية الإشعاعية ذات فائدة كبيرة للانسان حيث ان (٢-١٠%) من الطفرات الوراثية المفيدة في النبات والحيوان والتي سببت تطورا للانسان ناتجة عن الخلفية الإشعاعية.

والدليل على ذلك ان الخلفية الإشعاعية في بعض مناطق العالم كبيرة مثل كيرلا في الهند ومع ذلك فأن اكثر المعمرين في العالم في هذه المنطقة. وفي الأرجنتين حيث ان الخلفية الإشعاعية لبعض المناطق كبيرة جدا وبالرغم من ذلك تقام في هذه المناطق المصحات لأمراض كثيرة. وقسم آخر من الباحثين يعتبر بأن سبب زيادة السرطان في العالم ناتج من الخلفية الإشعاعية ولا توجد ادلة مؤكدة على صحة رأي اي من الفريقين.

من اهم المصادر المشعة الطبيعية:

#### ٤-٢ الأشعة الكونية (Cosmic ray):

تنشأ هذه الأشعة من اماكن بعيدة في الفضاء الخارجي وينطلق بعضها من الشمس اثناء التوهج الشمسي ومن المجرات الخارجية. ويمثل التعرض لهذه الأشعة حوالي ربع ما يتعرض له الانسان من الإشعاع الطبيعي المصدر الرئيسي لهذه الأشعة ناتج عن الحوادث النجمية في الفضاء الكوني البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل ١١ سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغلاف الغازي للأرض .

وتتكون الأشعة الكونية من قسمين رئيسيين هما:

الاول الأشعة الكونية الاولية والثاني الأشعة الكونية الثانوية.

وتتكون الأشعة الكونية الاولية من بروتونات ذات طاقة عالية جدا تبلغ حوالي ٢٠٠ MeV وتمثل ٨٧% من الأشعة الكونية و ١١% من جسيمات الفا و حوالي ١% من بعض نوى الذرات ذات العدد الذري ما بين ٤ و ٢٦ و حوالي ١% والالكترونات

ذات الطاقة العالية جداً لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الاحتراق . كما أنها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوي مولدة بذلك إلكترونات سريعة وأشعة جاما ونيوترونات وميزونات . ولا يستطيع أحد تجنب الأشعة الكونية ولكن شدتها على سطح الأرض تتباين من مكان لآخر وتكون الأشعة الكونية الأولية حوالي ٢٠% من مجموع الأشعة الكونية عند مستوى سطح البحر وخط العرض الجيومغناطيسي ٥٠° وتزداد نسبة الأشعة الكونية بالارتفاع عن سطح الأرض وتكون سائدة على ارتفاع ٥٠ كم فاكثرت (شكل ١٠ - ٢ أ).

أما الأشعة الكونية الثانوية فهي الأشعة الناتجة عن تفاعل الأشعة الكونية الأولية أو تصادمها بمكونات الغلاف الجوي وتتكون من مكونات خفيفة مثل الإلكترونات والميزونات والفوتونات ومكونات ثقيلة مثل النيوترونات والبروتونات تكون هذه المركبة سائدة على ارتفاع معين من سطح الأرض يبلغ ٢٠ كم.

#### ٤ - ٣ العناصر المشعة طبيعياً:

تنتشر العناصر المشعة طبيعياً انتشاراً واسعاً في قشرة الأرض مسببة جرعة إشعاعية قد تكون أقل أو أكثر من الجرعة الإشعاعية الناتجة من الأشعة الكونية، وهذه الأشعة على نوعين:

## شكل (١٠- ٢) شدة الاشعة الكونية كدالة للارتفاع عن سطح الارض

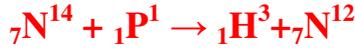


### أ- العناصر المشعة ذات الاصل الكوني:

وهي العناصر التي تتولد في الجو نتيجة للتفاعل النووي بين مركبات الاشعة الكونية ونوى وذرات العناصر المستقرة مثل الكربون ١٤ (عمر النصف ٥٥٧ سنة) والذي يتكون من عملية تفاعل نيتروجين الهواء الجوي من نيوترونات الاشعة الكونية. يؤثر  $C^{14}$  بجرعة اشعاعية خارجية ضئيلة جدا ولكن جرعته الاكبر تكون عند تكونه



اما العنصر المشع الآخر فهو التريتيوم هو نظير مشع للهيدروجين وعمر نصفه  $1.2 \times 10^6$  سنة يتولد نتيجة لتفاعل بروتونات الاشعة الكونية من نيتروجين الهواء في الطبقات العليا:



وقد ازدادت نسبة التريتيوم في الطبيعة خلال تجارب تفجيرات الاسلحة النووية فوق سطح الارض.

### ب- العناصر المشعة ذات الاصل البدائي:

تنتشر المواد المشعة الطبيعية انتشارا واسعا في القشرة الارضية ونظرا لنصف عمرها الطويل فانها تكونت مع تكون الارض وهذه المواد تتكون من اربعة سلاسل هي:

#### أ-سلسلة اليورانيوم - ٢٣٨:

يتواجد اليورانيوم - ٢٣٨ ونواتج انحلاله في الطبيعة بشكل مختلف من مكان لآخر وعمر النصف لليورانيوم ٢٣٨ يساوي  $4.5 \times 10^9$  سنة ويتحلل بشكل طبيعي حتى يصل الى عنصر الرصاص المستقر ويرمز لهذه السلسلة بالرمز  $(4n+2)$  حيث ان  $n$  يتراوح بين ٥١-٥٩. الجدول (٤ - ١).

يتكون اليورانيوم في الطبيعة من اربعة نظائر مشعة أعدادها الكتلية ٢٣٠ و ٢٣٤ و ٢٣٥ و ٢٣٨. وتكون وفرة اليورانيوم ٢٣٨ في الطبيعة ٩٩.٢٩% و هو في توازن إشعاعي مع اليورانيوم ٢٣٤ ذي الوفرة ٠.٠٠٥٨%. أما اليورانيوم ٢٣٥ فوفرتة تساوي ٠.٧١%، ووفرة اليورانيوم ٢٣٠ فهي قليلة جدا. تحوي الصخور البركانية الحامضية على اليورانيوم بتركيز يصل إلى ٣ (ppm) اجزاء بالمليون، بينما تصل تراكيز اليورانيوم في بعض الصخور الفوسفاتية الى ١٢٠ جزءا في المليون. و إضافة إلى ذلك يختلف تركيز اليورانيوم من صخر فوسفاتي إلى آخر، تبعاً لمكان وجوده على الكرة الأرضية، إذ يصل الى ١٠٠ جزءا بالمليون في صخور عكاشات في العراق و اقل من ٦٠ جزءا في المليون في تونس. ينتج من الاستعمال المستمر للأسمدة الفوسفاتية في الزراعة الى تزايد تركيز اليورانيوم في التربة و في المياه الجوفية وعندما لا يصفى حامض الفسفوريك من اليورانيوم ، وعند تصفية الحامض تتولد كميات كبيرة من مادة الفوسفوجبسم والذي يحتوي على

الجدول ( ٤ - ١ ) عناصر سلسلة انحلال اليورانيوم ٢٣٨

النظير	رمزه	عمر نصفه	الإشعاع الصادر عنه	طاقة الإشعاع (ميغا إلكترون فولت)
اليورانيوم ٢٣٨	$^{238}\text{U}$	$٤.٥ \times ١٠^9$ سنة	ألفا	٤.٢٠، ٤.١٥
الثوريوم ٢٣٤	$^{234}\text{Th}$	٢٤ يوم	بيتا كاما	٠.١٩٢، ٠.١٠٠ ٠.٠٠٩
البروتكتينيوم ٢٣٤	$^{234}\text{Pa}$	١.٢ دقيقة	بيتا	٢.٢٧، ١.٥٣، ١.٢٥
اليورانيوم ٢٣٤	$^{234}\text{U}$	$٢.٥ \times ١٠^٥$ سنة	ألفا	٤.٧٧، ٤.٧٢
الثوريوم ٢٣٠	$^{230}\text{Th}$	$٨ \times ١٠^٤$ سنة	ألفا	٤.٥١، ٤.٦١، ٤.٦٨
الراديوم ٢٢٦	$^{226}\text{Ra}$	١٦٢٢ سنة	ألفا كاما	٤.٥١، ٤.٦١، ٤.٧٨ ٠.١٨٦
الرادون ٢٢٢	$^{222}\text{Rn}$	٣.٨ يوم	ألفا	٥.٤٨
البولونيوم ٢١٨	$^{218}\text{Po}$	٣.٠٥ دقيقة	ألفا	٦.٠
الرصاص ٢١٤	$^{214}\text{Pb}$	٢٦.٨ دقيقة	بيتا كاما	٠.٧٢ ٠.٣٥٣، ٠.٢٩٥
البزموت ٢١٤	$^{214}\text{Bi}$	١٩.٧ دقيقة	بيتا	١.٠٠، ١.٥، ٣.٢٦
البولونيوم ٢١٤	$^{214}\text{Po}$	$١.٦ \times ١٠^{-٤}$ ثانية	ألفا	٧.٦٨
الرصاص ٢١٠	$^{210}\text{Pb}$	٢٢ سنة	بيتا كاما	٠.٠٦١، ٠.٠١٥ ٠.٠٦٥
البزموت ٢١٠	$^{210}\text{Bi}$	٥.٠ يوم	بيتا	١.١٧
البولونيوم ٢١٠	$^{210}\text{Po}$	١٣٨ يوم	ألفا	٥.٣
الرصاص ٢٠٦	$^{206}\text{Pb}$	مستقر	-	-

جدول (٤ - ٢) عناصر سلسلة تفكك الثوريوم ٢٣٢

النظير	رمزه	عمر نصفه	الإشعاع الصادر عنه	طاقة الإشعاع (ميغا إلكترون فولت)
الثوريوم ٢٣٢	$^{232}\text{Th}$	$1.4 \times 10^{10}$ سنة	ألفا غاما	٣.٩٥، ٤.٠١ ٠.٠٥٥
الراديوم ٢٢٨	$^{228}\text{Ra}$	٦.٧ سنة	بيتا	٠.٠٥٥
الاكتينيوم ٢٢٨	$^{228}\text{Ac}$	٦.١٣ سنة	بيتا	١.٨٥، ٢.١٨ ١.٧٢، ١.١١
الثوريوم ٢٢٨	$^{228}\text{Th}$	١.٩ سنة	ألفا	٥.٣٤، ٥.٤٢
الراديوم ٢٢٤	$^{224}\text{Ra}$	٣.٦ يوم	ألفا	٥.١٩، ٥.٤، ٥.٦٨
الرادون ٢٢٠	$^{220}\text{Rn}$	٥٥ ثانية	ألفا	٦.٢٨
البولونيوم ٢١٦	$^{216}\text{Po}$	٠.١٦ ثانية	ألفا	٦.٧٧
الرصاص ٢١٢	$^{212}\text{Pb}$	١٠.٦ ساعة	بيتا غاما	٠.٥٧، ٠.٣٣ ٠.٣٠٠، ٠.٢٣٨، ٠.١٧٨
البزموت ٢١٢	$^{212}\text{Bi}$	٦٠.٥	بيتا	٢.٢٣
البولونيوم ٢١٢	$^{212}\text{Po}$	$3.04 \times 10^{-7}$ ثانية	ألفا	٨.٧٨
التاليوم ٢٠٨	$^{208}\text{Tl}$	٣.١ دقيقة	بيتا غاما	١.٨٠ ٢.٦١
الرصاص ٢٠٨	$^{208}\text{Pb}$	مستقر	-	-

تراكيز عالية نسبياً من اليورانيوم ويسبب مشكلة بيئية نتيجة تراكمه في مصانع الاسمدة الفوسفاتية ويعتبر ملوثات مشع ذات نشاط إشعاعي واطىء وأجريت بحوث كثيرة للتخلص من هذه النفايات منها استعمالها في الطبقات السطحية لرصف الطرق أو إضافة إلى الأراضي الزراعية بنسب معينة لتحسين نفوذيتها. ينتقل اليورانيوم أيضاً من المياه والنباتات إلى جسم الإنسان.

### ب- سلسلة الثوريوم ٢٣٢:

والثوريوم أكثر انتشاراً من اليورانيوم في الطبيعة وعند انحلال هذه السلسلة يتكون الرصاص المستقر ويرمز لها بالرمز  $4n$  حيث أن  $n$  عدد صحيح يتراوح بين ٥٢-٥٨. يوجد الثوريوم في

القشرة الأرضية في شكل أكسيد، وله عدة نظائر مشعة هي: الثوريوم ٢٣٠، الثوريوم ٢٢٨، الثوريوم ٢٢٧، الثوريوم ٢٣٤، والثوريوم ٢٣٢. يتراوح تركيز الثوريوم في الصخور البركانية كالجرانيت بين ٨.١ و ٣٣ جزءاً في المليون. وتقدر نسبة الثوريوم إلى اليورانيوم بنحو ٣.٥ إلى ٤ أمثال، في معظم أنواع الصخور وخاصة البركانية منها. جدول (٤-٢)

تتميز أكاسيد الثوريوم بقلة ذوبانها في الماء، لذلك لا تنتقل إلى النبات والثمار بكثرة وهذا فإن وجوده في الأجسام الحية قليل جداً. ويعود وجود بعض التراكيز القليلة من الثوريوم في الثمار أحياناً نتيجة لادمصاصه على سطح الثمار. كما ينتقل الثوريوم إلى الإنسان بالعوالق الهوائية عن طريق الجهاز التنفسي ولا يوجد الثوريوم إلا بتراكيز منخفضة جداً في المياه بالمقارنة بتراكيز اليورانيوم.

### ج- سلسلة الأكتينيوم:

تبدأ هذه السلسلة باليورانيوم ٢٣٥ وينتهي بالرصاص المستقر ويرمز لهذه السلسلة بالرمز  $(4n+3)$  وتمثل  $n$  عدد صحيح بين ١٠-٥٨ ولأن عمر النصف لها قليل فإنه لم يعد لهذه السلسلة تأثير محسوس.

## د-سلسلة النبتونيوم:

وتبدأ هذه السلسلة بالنبتونيوم (عمر النصف  $2.2 \times 10^6$  سنة) وتنتهي بالرصاص ونظرا لأن نصف العمر لها قليل مقارنة بعمر الأرض، لذلك فإن ما يتبقى من النبتونيوم كمية لا يمكن قياسها ويرمز لها بالرمز  $(4n+1)$ . ولم يبق من عناصر هذه السلسلة الا البزموت ٢٠٩ .

عدد كبير من عناصر هذه السلاسل يدخل في تركيب الصخور والمواد الأولية المستخدمة في البناء. لذلك يتعرض سكان البنايات المنشأ من الكونكريت والحجر الى جرعة اضافية خارجية تزيد من التعرض.

ومن اهم نواتج اضمحلال سلسلة اليورانيوم ٢٣٨ هو الراديوم ٢٢٦ وقد لا يكون في حالة اتزان مع اليورانيوم ٢٣٨ في الطبقة السطحية من القشرة الارضية والذي ينحل الى عنصر الرادون ٢٢٢ والذي ينبعث من الصخور او التربة التي تحتوي على اليورانيوم ويدخل الى جسم الانسان عن طريق الاستنشاق حيث يصل الى الرئتين ويتحلل فيها ليستقر في القصبات الهوائية معرضا للرئتين الى جرعة ناتجة من جسيمات الفا المنبعثة عنه.

ينشأ غاز الرادون (عمر نصفه ٣.٨ يوم) عن انحلال الراديوم ٢٢٦، إذ ينطلق من مكامن وجود هذا الأخير في الأرض، و في مواد البناء إلى المحيط الخارجي، و لعل المصدر الرئيسي للرادون في القشرة الأرضية ناجم عن وجود سلسلة اليورانيوم و سلسلة الثوريوم (نظير الرادون ٢٢٠) فيها. و لهذا فإن تركيز الرادون في الهواء الجوي يتبع تركيز اليورانيوم و الثوريوم في التربة و الصخور.

يعد غاز الرادون مع وليداته الناجمة عن تحلله مصدراً إشعاعياً مهماً يتعرض له الجسم البشري داخليا بعملية التنفس. ينطلق الرادون المشع مع وليداته إلى الهواء ويتعلق فيه مكونة معلقات صغيرة تسمى بالعناقيد، و ترتبط هذه العناقيد بعد ذلك بالمعلقات الهوائية خلال زمن يقع بين ١ و ١٠٠ ثانية مكونة المعلقات المشعة للرادون و الثورون. و بسبب خمول غاز الرادون فإنه لا يساهم كثيرا في الجرعة الإشعاعية، غير أن منتجات تفككه ذات عمر النصف القصير تترسب في الرئة

والقصبات و تصدر جسيمات ألفا، مؤذية، من جراء استنشاقها، إلى جرعة إشعاعية تزيد ١٠٠ مرة على ما يسببه إشعاع الرادون وحده.

ومن المعروف أن تركيز غاز الرادون في المنازل ذات التهوية الرديئة والمبني من الاسمنت او الحجر أعلى منه في الهواء الطلق و في الأبنية الجيدة التهوية، ينحل غاز الرادون في الماء و يتغير تركيزه تبعاً لمصدر المياه، سطحية كانت أم جوفية، و تبعاً لمحتواها من الأملاح المعدنية، و لطبيعة الحوض المائي.

شكل (٤ - ٢ ب). الجرعة الإشعاعية الناتجة عن المصادر الطبيعية والطبية والصناعية التي يتعرض لها الفرد الألماني



يبلغ تركيز الرادون في المياه السطحية كالبحيرات من ٠ إلى ١٨٥ (ملي بكرل لكل لتر)، و من ١٨٥ إلى ٣٧٠٣ mBq/L في الجداول و الآبار. أما في الينابيع فيصل إلى ٣٧ Bq/L هذا و يمكن أن تصل التراكيز إلى أعلى من هذه القيم في المياه الجوفية ، نتيجة تراكم غاز الرادون في مياه الشرب بكميات مختلفة، وكميات محسوسة في المياه ذات المصدر الجوفي. وتكون كميته في المياه السطحية منخفضة، لتطايره بسرعة من المياه بفعل الحركة و لهذا يجري التخلص من الرادون في المياه بتقليبها أو رفعها إلى أبراج عالية، و من ثم إسقاطها في الهواء.

ويوضح الشكل ( ٤ - ٢ ب) الجرعة الإشعاعية الناتجة عن المصادر الطبيعية والطبية والصناعية التي يتعرض لها الفرد الألماني وهي أعلى من الجرعة التي يتعرض لها الإنسان الخليجي وذل الفرد الألماني يتعرض من منشآت الطاقة النووية و من العناصر المشعة ذات الاصل البدائي التي يكون تركيزها كبيرا في المياه وفي المساكن لزيادة تركيز الرادون