الفصل الرابع

النشاط الاشعاعي الطبيعي

٤ – ١ النشاط الإشعاعي الطبيعي:

عندما كان بيكرل يجري بعض التجارب على بعض املاح اليورانيوم عـــام ١٨٩٦ لاحظ فلورة هذه الاملاح عند تعرضها لاشعة الشمس فاعتقد ان هذه الفلورة ناتجـــة عن انبعاث الاشعة السينية والتي اكتشفها رونتكن في تلك الفترة عام ١٨٩٥. لكـــن التجارب قادته 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 خاصـــة بالعنصر وليس لها علاقة بالحالة الفيزياوية او الكيميائية وان هذه المواد تبعت بشكل تلقائي اشعاعات مستمرة تعتمد على نوع العنصر وسميت هذه العناصر بالعناصـــر المشعة.

(شكل ١٠ –١) السيدة كيوري مكتشفة النشاط الاشعاعي

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 وعلـــى مدى فترات زمنية طويلة. وتعتبر الخلفية الاشعاعية كمستوى مرجعي للمقارنة بـــين مصادر الاشعاع المؤين التي يتعرض لها الانسان من المصادر الطبيعية.

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

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

من اهم المصتادر المشعة الطبيعية:

٤- ٢ الاشعة الكونية (Cosmic ray):

تنشأ هذه الاشعة من اماكن بعيدة في الفضاء الخارجي وينطلق بعضها من الشمس اثناء التوهج الشمسي ومن المجرات الخارجية. ويمثل التعرض لهذه الاشعة حوالي ربع ما يتعرض له الانسان من الاشعاع 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 ١١سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغلاف الغازي للأرض .

وتتكون الاشعة الكونية من قسمين رئيسيين هما:

الاول الاشعة الكونية الاولية والثاني الاشعة الكونية الثانوية.

وتتكون الاشعة الكونية الاولية من بروتونات ذات طاقة عالية جدا تبلغ حوالي ٢٠٠ MeV وتمثل ٨٧% من الاشعة الكونية و١١% من جسيمات الفا وحوالي ١% من بعض نوى الذرات ذات العدد الذري ما بين ٤ و ٢٦ وحوالي ١% والالكترونات

ذات الطاقة العالية جداً لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الاختراق . 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 لأخر وتكون الاشعة الكونية الاولية حوالي ٢٠% من مجموع الاشعة الكونية عند مستوى سطح البحر وخط العرض الجيومغناطيسي ٥٠° وتزداد نسبة الاشعة الكونية بالارتفاع عن سطح الارض وتكون سائدة على ارتفاع ٥٠كم فاكثر.شكل(١٠ – ٢ أ).

اما الاشعة الكونية الثانوية فهي الاشعة الناتجة عن تفاعل الاشعة الكونية الاولية او تصادمها بمكونات الغلاف الجوي وتتكون من مكونات خفيفة مثل الالكترونات والميزونات والفوتونات ومكونات ثقيلة مثل النيترونات والبروتونات تكون هذه المركبة سائدة على ارتفاع معين من سطح الارض يبلغ ٢٠ كم.

٤ - -٣ العناصر المشعة طبيعيا:

تنتشر العناصر المشعة طبيعيا انتشارا واسعا في قشرة الارض مسببة جرعة اشعاعية قد تكون اقل او اكثر من الجرعة الاشعاعية الناتجة من الاشعة الكونية، وهذه الاشعة على نوعين:

شكل (١٠ -٢ أ) 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 الكاربون ١٤ (عمر النصف ٥٥٧ سنة) والذي يتكون من عملية تفاعل نيتروجين الهواء الجوي من نيوترونات الاشـــعة الكونيـــة. يؤثر C^{14} بجرعة اشعاعية خارجية ضئيلة جدا ولكن جرعته الاكبر تكون عند تكونه داخل جسم الانسان: $_7N^{14} + n^o \rightarrow {}_1H^1 + {}_6C^{14}$

اما العنصر المشع الآخر فهو التريتيوم هو نظير مشـــع للهيـــدروجين وعمرنصـــفه ١.٢×١٠^{٩} سنة يتولد نتيجة لتفاعل بروتونات الاشعة الكونية من نيتروجين الهـــواء في الطبقات العليا:

$$_{7}N^{14} + {}_{1}P^{1} \rightarrow {}_{1}H^{3} + {}_{7}N^{12}$$

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 عمرهـــا 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 يساوي٤.٥×١٠^{٩} سنة ويتحلل بشكل طبيعي حتـــى 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 أربعة 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 اليورانيوم٢٣٤ ذي الوفرة ٠.٠٠٥٨ %. أما اليورانيوم٢٣٥ فوفرتـــه تساوي ٠.٧١%، ووفرة اليورانيوم٢٣٠ فهي قليلة جدا . تحوي الصخور البركانيـــة الحامضية على اليورانيوم بتركيز يصل إلى ٣ (ppm) اجزاء بالمليون، بينما تصل تراكيز اليورانيوم في بعض الصخور الفوسفاتية الى ١٢٠ جزءاً فـــي المليـــون. و إضافة إلى ذلك يختلف تركيز اليورانيوم من صخر فوسفاتي إلى آخر، تبعاً لمكـــان وجوده على الكرة الأرضية، إذ يصل الى١٠٠ جزءاً بالمليون في صخور عكاشات في العراق و اقل من ٦٠ جزءاً في المليون في تونس. ينتج من الاستعمال المستمر للأسمدة الفوسفاتية في الزراعة الى تزايد تركيز اليورانيوم في التربة و في الميـــاه الجوفية وعندما لايصفى حامض الفسفوريك من اليورانيوم ، وعند تصفية الحامض تتولد كميات كبيرة من مادة الفوسفوجبسم والذي يحتوي على

الجدول (٤ –١) عناصر سلسلة انحلال اليورانيوم٢٣٨

النظير	رمزه	عمر نصفه	الإشعاع الصادر عنه	طاقة الإشعاع (ميغا إلكترون فولت)
اليورانيوم٢٣٨	^{238}U	٤.٥ X ١٠ ^{٩} سنة	ألفا	٤.٢٠،٤.١٥
الثوريوم٢٣٤	^{234}Th	٢٤ يوم	بيتا كاما	٠.١٩٢،٠.١٠٠ ٠.٠٩
البروتكتينيوم٢٣٤	^{234}Pa	١.٢ دقيقة	بيتا	٢.٢٧،١.٥٣،١.٢٥
اليورانيوم٢٣٤	^{234}U	٢.٥ X ١٠ ^{٥} سنة	ألفا	٤.٧٧،٤.٧٢
الثوريوم٢٣٠	^{230}Th	٨ X ١٠ ^{٤} سنة	ألفا	٤.٦٨، ٤.٦١، ٤.٥١
الراديوم٢٢٦	^{226}Ra	١٦٢٢ سنة	ألفا كاما	٤.٧٨، ٤.٦١، ٤.٥١ ٠.١٨٦
الرادون٢٢٢	^{222}Rn	٣.٨ يوم	ألفا	٥.٤٨
البولونيوم٢١٨	^{218}Po	٣.٠٥ دقيقة	ألفا	٦.٠
الرصاص٢١٤	^{214}Pb	٢٦.٨ دقيقة	بيتا كاما	٠.٧٢ ٠.٣٥٣ ،٠.٢٩٥
البزموث٢١٤	^{214}Bi	١٩.٧ دقيقة	بيتا	٣.٢٦، ١.٥، ١.٠٠
البولونيوم٢١٤	^{214}Po	١.٦ X ١٠ $^{-٤}$ ثانية	ألفا	٧.٦٨
الرصاص٢١٠	^{210}Pb	٢٢ سنة	بيتا كاما	٠.٠١٥ ،٠.٠٦١ ٠.٠٦٥
البزموث٢١٠	^{210}Bi	٥.٠ يوم	بيتا	١.١٧
البولونيوم٢١٠	^{210}Po	١٣٨ يوم	ألفا	٥.٣
الرصاص٢٠٦	^{206}Pb	مستقر	–	–

جدول (٤- ٢) عناصر سلسلة تفكك الثوريوم٢٣٢

النظير	رمزه	عمر نصفه	الإشعاع الصادر عنه	طاقة الإشعاع (ميغا إلكترون فولت)
الثوريوم٢٣٢	^{232}Th	١.٤ X ١٠ ^{١٠} سنة	ألفا غاما	٤.٠١، ٣.٩٥ ٠.٠٥٥
الراديوم٢٢٨	^{228}Ra	٦.٧ سنة	بيتا	٠.٠٥٥
الاكتينيوم ٢٢٨	^{228}Ac	٦.١٣ سنة	بيتا	٢.١٨، ١.٨٥، ١.٧٢،١.١١
الثوريوم٢٢٨	^{228}Th	١.٩ سنة	ألفا	٥.٤٢، ٥.٣٤
الراديوم٢٢٤	^{224}Ra	٣.٦ يوم	ألفا	٥.٦٨، ٥.٤، ٥.١٩
الرادون٢٢٠	^{220}Rn	٥٥ ثانية	ألفا	٦.٢٨
البولونيوم ٢١٦	^{216}Po	٠.١٦ ثانية	ألفا	٦.٧٧
الرصاص ٢١٢	^{212}Pb	١٠.٦ ساعة	بيتا غاما	٠.٣٣، ٠.٥٧ ٠.١٧٨، ٠.٢٣٨، ٠.٣٠٠
البزموث ٢١٢	^{212}Bi	٦٠.٥	بيتا	٢.٢٣
البولونيوم ٢١٢	^{212}Po	٣.٠٤ X ١٠ $^{-٧}$ ثانية	ألفا	٨.٧٨
التاليوم٢٠٨	^{208}Tl	٣.١ دقيقة	بيتا غاما	١.٨٠ ٢.٦١
الرصاص٢٠٨	^{208}Pb	مستقر	–	–

تراكيز عالية نسبيا من اليورانيوم ويسبب مشكلة بيئية نتيجة تراكمة في مصانع الاسمدة الفوسفاتية ويعتبر ملوثات مشع ذات نشاط اشعاعي واطئ واجريت بحوث كثيرة للتخلص من هذة النفايات منها استعمالة في الطبقات السطحية لرصف الطرق او اضافتة الى الاراضي الزراعية بنسب معينة لتحسين نفوذيتها. ينتقل اليورانيوم أيضا من المياه و النباتات إلى جسم الإنسان.

ب-سلسلة الثوريوم ٢٣٢:

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

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

تتميز أكاسيد الثوريوم بقلة ذوبانها في الماء،لذلك لاتنتقل الى النبات والثمار بكثرة و لهذا فإن وجودة في الأجسام الحية قليل جداً. و يعود وجود بعض التراكيز القليلة من الثوريوم في الثمار أحياناً نتيجة لامدصاصة على سطح الثمار. كما ينتقل الثوريوم إلى الإنسان بالعوالق الهوائية عن طريق الجهاز التنفسي و لا يوجد الثوريوم إلاّ بتراكيز منخفضة جداً في المياه بالمقارنة بتراكيز اليورانيوم.

ج-سلسلة الاكتينيوم:

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 فانه لم يعد لهذه السلسلة تأثير محسوس.

د-سلسلة النبتونيوم:

وتبدأ هذه السلسلة بالنيتونيوم (عمر النصف ٢.٢×١٠^٦ سنة) وتنتهي بالرصاص ونظرا لأن نصف العمر لها قليل مقارنة بعمر الارض، لذلك فان ما يتبقى من النبتونيوم كمية لا يمكن قياسها ويرمز لها بالرمز(4n+1).ولم يبقى من عناصر هذة السلسلة الا البزموث ٢٠٩ .

عدد كبير من عناصر هذه السلاسل يدخل في تركيب الصخور والمواد الاولية المستخدمة في البناء. لذلك يتعرض سكان البنايات المنشأ من الكونكريت والحجر الى جرع 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 الرئتين الى جرع ناتجة من جسيمات الفا المنبعثة عنه.

ينشأ غاز الرادون (عمر نصفه ٣.٨ يوم) عن انحلال الراديوم٢٢٦، 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 الرادون٢٢٠) فيها. و لهذا فإن تركيز الرادون في الهواء الجوي يتبع تركيز اليورانيوم و الثوريوم في التربة و الصخور.

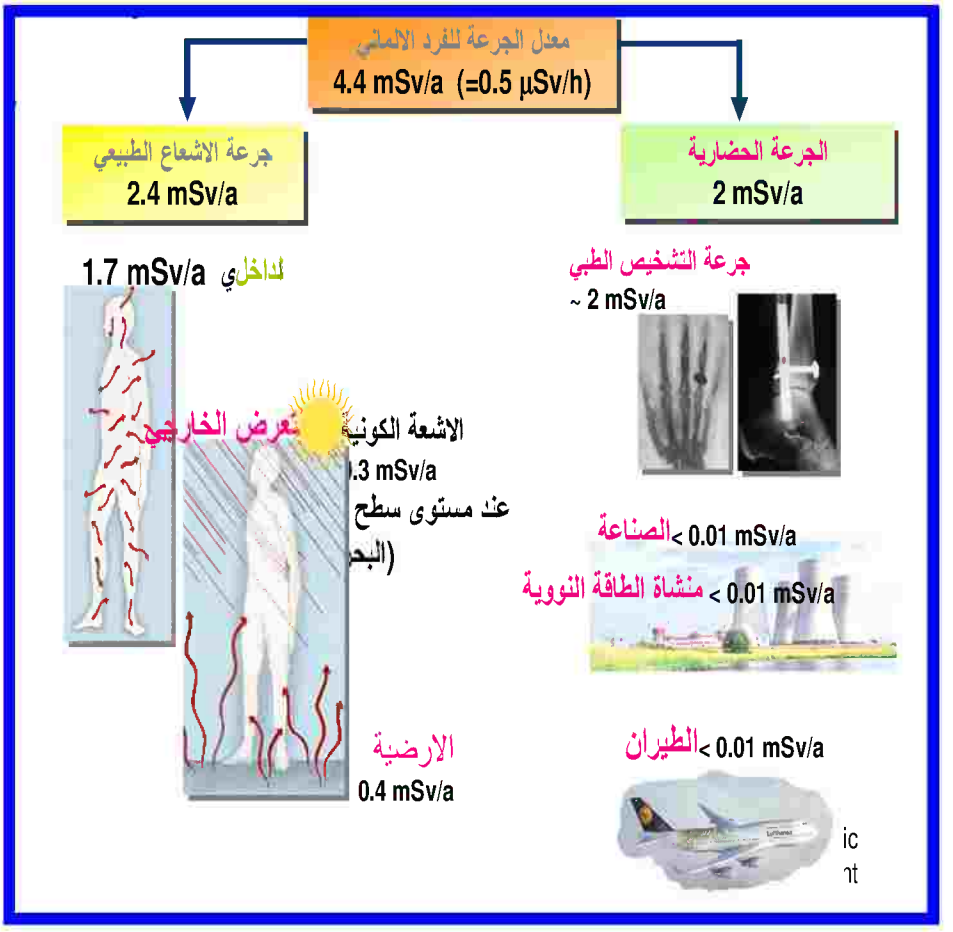
يعد غاز الرادون مع وليداته الناجمة عن تحلله مصدراً إشعاعياً مهماً يتعرض له الجسم البشري داخليا بعملية التنفس. ينطلق الرادون المشع مع وليداته إلى الهواء ويتعلق فيه مكوّنة معلقات صغيرة تسمى بالعناقيد، و ترتبط هذه العناقيد بعد ذلك بالمعلقات الهوائية خلال زمن يقع بين ١ و ١٠٠ ثانية مكوّنة المعلقات المشعة 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، مؤدية، من جرّاء استنشاقها، إلى جرعة إشعاعية تزيد ١٠٠ مرة على ما يسببه إشعاع الرادون وحده.

و من 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 كانـــت أم جوفية، و تبعاً لمحتواها من الأملاح المعدنية، و لطبيعة الحوض المائي.

شكل(٤– ٢ ب). الجرع الاشعاعية الناتجة عن المصـــادر الطبيعيـــة والطبيـــة والصناعية التي يتعرض لها الفرد الالماني



يبلغ تركيز الرادون في المياه السطحية كالبحيرات من ٠ إلى ١٨٥ (ملّي 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، وبكميات 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 ثَم إسقاطها في الهواء.

ويوضح الشكل (٤ – ٢ ب) الجرع الاشعاعية الناتجة عن المصادر الطبيعية والطبية والصناعية التي يتعرض لها الفرد الالماني وهي اعلى من الجرع التي يتعرض لها الانسان الخليجي وذل الفرد الالماني يتعرض من منشات الطاقة النووية و من العناصر المشعة ذات الاصل البدائي التي يكون تركيزها كبيرا في المياة وفي المساكن لزيدة تركيز الرادون