الفصل الرابع

الأشعاع الطبيعي والصناعي والجرعة القصوى المسموح بها

المقدمة

من خلال تاريخ الأنسان يبدو من الممكن أن يتعرض ألى الأشعاع من المحيط الذي يعيش فيه ،يأتي هنا الأشعاع الطبيعي من ثلاث مصادر رئيسية هي الأشعة الكونية ،الأشعة من المصادر الأرضية و النشاط الأشعاعي ف ي الجسم.

يكون من الطبيعي معرفة ما اذا كان الأشعاع الطبيعي مؤذيا أم مفيداً على تطور الصنف البشري .بالأضافة الى المصادر الطبيعية للأشعاع فانه تم تحضير عدة مصادرصناعية للأشعة ،تضيف هذه المصادر الصناعية مساه مة مهمة للتعرض الكلي للأشعاع.

الأشعة الكونية

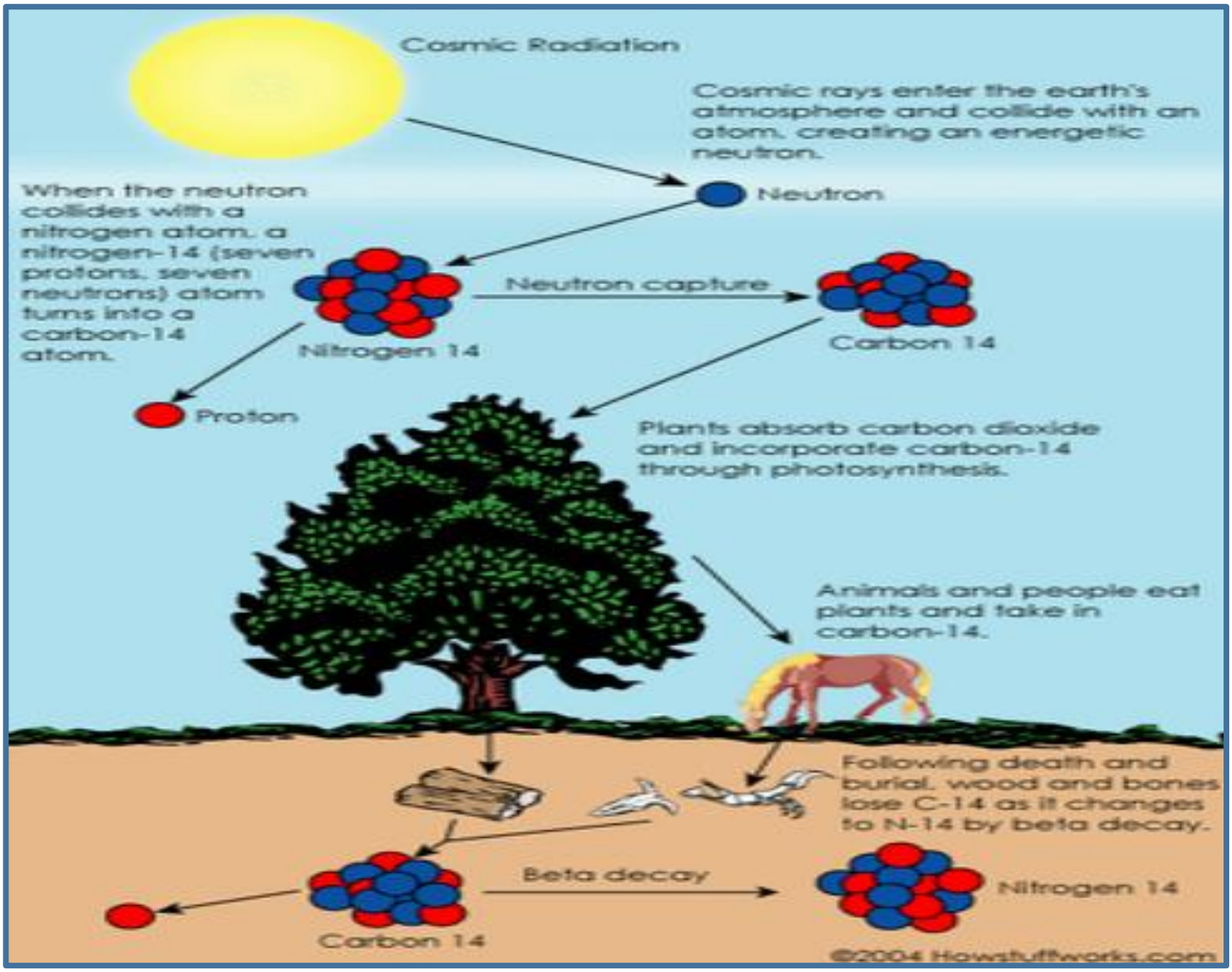
من أهم المـصادرالطبيـعية للأشعاع المؤين هي الأشعة الكونية القادمة من الفضاء الخارجي ألى الأرض حيث تصل ألى الأرض كمية من الأشعاع المؤين قادمة من الفضاء الخارجي و من الشمس.

و عند مـرورهذه الأشعاعات المؤينة عبر الغلاف الجوي للأرض فأنها تعاني عدة أنواع من التفاعلات النووية مع مكوناته فتتغير محتوياتها و تضعف كمياتها ألى أن تـصل ألى الأرض بكميات ضئيلة جداً ليس لها ضرر على الأنسان أوبيئته و لهذا يعتبر الغلاف الجوي واقياً من هذه الأشعاعات .يعني هذا بأن معدل الجرعة الأشعاع ية التي يتعرض لها الأنسان من هذا المصدر من الأشعاع بتغير موقعه على الكرة الأرضية ،فالأشعة الكونية تق ل عند خط الأستواء و تزداد بأتجاه القطبين و عند الأرتفاعات العالية من سطح البحر . فعندما تخترق الأشعة الك ونية الغلاف الجوي تتفاعل النيوترونات الكونية مع غاز النيتروجين-14 طبقاً للمعادلة :

$$ {}_{0}^{1}n + {}_{7}^{14}N \rightarrow {}_{6}^{14}C + {}_{1}^{1}P $$

و بهذا ينتشر الكاربون -14 المشع ذو العمر النصفي (5730) سنة المتكون في الغلاف الجوي فوق طبقات التربوسفير Troposphereو الستراتوسفير Stratosphere بأمتصاص ذرات النيتروجين و النيوترون الحراري ، حتى يصل ألى سطح الأرض بفعل الأمطار فيدخل في تركيب المواد الحية الموجودة على سطح الأرض . وبنفس الطريقة تتكون تراكيز قليلة للنويات المشعة،مثل التريتيومH^3عمره النصفي($3.08*10^5$)سنة و الكالسيوم Ca^{41} (عمره النصفي$1.18*10^5$) سنة في طبقات الجو الواطئة بتفاعلات الأشعة الكونية،و لكنها تكون أقل أهمية من الكاربون -14

الشكل4-1 يبين تكون الكاربون -14 و دورته في الطبيعة .



الشكل 4-1 دورة الكاربون -14 في الطبيعة

سؤال: كم يبلغ عمر قطعة من الخشب الذي يحتوي على الكاربون -14 بنسبة 9% فقط أكبر من متوسط محتوى الكاربون -14 من خشب حديث ؟علما بأن العمر النصفي C^{14} هو بحدود 5730؟

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1\backslash 2}}$$

$$N = 0.09\ N_0$$

$$0.09\ N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$0.09 = e^{\frac{0.693\ t}{5730}}$$

so

$$t = \frac{5730}{-0.693} \times (-2.41) = 1.99 \times 10^{4}\ year$$

أذن عمر قطعة الخشب حوالي 20000 سنة

الأشعاع من المصادر الأرضية

تحتوي الصخور و تربة التوابع الأرضية على كميات قليلة من العناصر المشعة مثل اليورانيوم وا لثوريوم ونواتجهما.وعمر النصف لهذه العناصر يقدر بملايين السنيين و عند الأضمحلال فأنها تنتج مواد مشعة أصغر عمرا منها .و مما يزيد الأمر سوءاً أن هذه المواد الصخرية و الرملية لا يمكن الأستغناء عنها خصوصاً في البناء . يتغير تركيز هذه العناصر المشعة بالأعتماد على نوع و تركيب الصخور . يكون التركيز في الصخور الرملية وفي الحجر الجيري أقل مما في الكرانيت .لذا فأن معدل الجرعة من هذه المصادر تعتمد على الموقع الجغرافي .

هناك نظائرمشعة أخرى طويلة العمر مثل الكالسيوم Ca48 (عمره النصفي أكبر من $7*10^8$ سنة) و الفناديومV^{51}(عمره النصفي $14*10^4$سنة)

لا تساهم بأهمية بالغة في في الجرعة البشرية لأنها تحدث في الطبيعة بتراكيز قليلة جداً ،

تأتي اشعة كاما من متسلسلتي اليورانيوم U^{238}و الثوريوم Th^{234}و كذلك من البوتاسيوم K^{40}

المصادر الصناعية للأشعاع

أن دراسة تعرض الأنسان للأشعة السينية و الراديوم تعطي محاولة لتثبيت درجة الخطر من التعرض الحاد والمزمن للأشعاع .

تشمل المـصادر الصناعية للأشعاع : الطـب الأشعاعي التشخيصي ،الطـب الأشعاعي العلاجي ،ا لغبار النووي (المتساقطات) من فحص وتفجير السلاح النووي ،التعرض المهني.

a) الطب الأشعاعي التشخيصي

بالدرجة الأولى التشخيص بالأشعة السينية ،تكون أغلب المناطق الحرجة للجسم هي نخاع العظم.يـ كون نخاع العظم موقع التكوين الأبتدائي لخلايا الدم و من ثم تشعيع هذه المنطقة يؤدي ألى توليد الـ لوكيميا (نزف الدم).

b) الطب الأشعاعي العلاجي

في أغلب الأحيان يكون معدل الجرعة للأشخاص من الطب الاشعاعي العلاجي أقل بكثير من الطب الأشعاعي التشخيصي ،بالرغم من أستخدام تعرض كبير جداً في العلاج بسبب أن عدد قليل من الناس يتم شمولهم بهذا التعرض و كمية التعرض محسوبة بدقة و كذلك زمن التعرض .

c) الغبار النووي (المتساقطات) من فحص و تفجير السلاح النووي

أن النويات ذات الأهمية العالية للمتساقطات النشطة من فحصالأسلحة النووية تكون مشابهة ألى تـ لك الفضلات المشعة الناشئة من محطات القدرة النووية .النويات المهمة هي **السترونتيوم -90** Sr^{90} (عمره النصفي 28.8 سنة) و **السيزيوم -137** Cs^{137} (عمره النصفي 29.9 سنة)، يتمركز السترونتيوم في الهيكل العظمي بينما السيزيوم يتوزع بأنتظام في الجسم .

بعض النويات التي تتولد خلال فحص الأسلحة النووية يتم قذفها الى التربوسفيرTroposphere من 40000 الى 60000 قدم فوق سطح الأرض و يتم حملها حول الأرض لأوقات طويلة .تصل تدريجيا ألى الأرض خلال بضعة سنوات ،و بالتالي تكون سبباً في زيادة الجرعة ألى سكان الأر ض.

التعرض المهني

يساهم هذا التعرض بجرعة صغيرة جداً خصوصاً بعد وضع ضوابط و معايير لمثل هذه التعرضا ت .مثال ذلك العاملين في مجال الأشعاع النووي (مفاعلات نووية ،طب نووي،و أستخدامات صنا عية).الجدول (2-4) يبين الجرعة المستلمة من قبل الأشخاص من المصادر المتداولة للأشعاع الـ صناعي.

الجدول (2-4) يبين الجرعة المستلمة من قبل الأشخاص من المصادر المتداولة للأشعاع الصناعي

المصدر	الجرعة (ملي سيفرت/سنة)
الطب الأشعاعي التشخيصي	0.14
الطب الأشعاعي العلاجي	0.05
استعمال النظائر في الطب	0.002
الغبار النووي (المتساقطات) من فحص و تفجير السلاح النووي	0.15
التعرض المهني	0.005

الجرعة القصوى المسموح بها

أن الجرعة القصوى المسموح بها للشخص هي الجرعة المتراكمة (المتجمعة) خلال فترة طويلة م ن الزمن الناتجة من الجمع الجبري لجرع التعرض المفرد للشعاع طيلة فترة التعرض .

حدود الجرعة

أولاً: حدود الجرعة في تعرض الجمهور

يراعي أن لا تتجاوز الجرعات المتوسطة التي تتلقاها المجموعة الحرجة الناجمة عن كافة الممار سات أي من الحدود التالية :

1) جرعة فعالة قدرها واحد ملي سيفرت في السنة
2) يسمح في ظروف خاصة ب جرعة فعالةحتى 5 ملي سيفرت بشرط ان لا يتجاوز متوسط الجرعة الفعالة عبر خمس سنوات متعاقبة واحد ملي سيفرت في السنة .
3) جرعة مكافئة تتلقاها عدسة العين قدرها 15 ملي سيفرت في السنة .
4) جرعة مكافئة تتلقاها البشرة أو الأطراف قدرها 50 ملي سيفرت في السنة .

يقيد التعرض للأشخاص الذين يقومون بزيارة المرضى أو مساعدتهم طوعاً و ليس من خلال عمل هم أو وظيفتهم بالحدود التالية :

1) 5 ملي سيفرت خلال فترة التشخيص لأي مريض أو خلال علاجه .
2) واحد ملي سيفرت أو أقل بالنسبة للزوار من الأطفال .

ثانياً : حدود الجرعة في التعرض المهني(العامل)

يقيد التعرض المهني للعاملين بالحدود التالية:

1) جرعة فعالة قدرها 20 ملي سيفرت في السنة .

2) يـسمح في ظروف خاصة بجرعة فعالة حتى 50 ملي سيفرت في سنة واحدة على ان لا يـتجـاوز متوسط الجرعة الفعالة عبر خمس سنوات متعاقبة 20 ملي سيفرت في السنة.
3) جرعة مكافئة تتلقاها عدسة العين قدرها 150 ملي سيفرت في السنة.
4) جرعة مكافئة تتلقاها البشرة أو الأطراف قدرها 500 ملي سيفرت في السنة.

بالنسبة للذين تتراوح أعمارهم بين السادسة عشرة و الثامنة عشرة و قد يتعرضون للأشعاع من خلال التدريب أو الدراسة ، فيجب تقييد تعرضهم المهني بحيث لا يتجاوز الحدود التالية:

1) جرعة فعالة قدرها 6 ملي سيفرت في السنة
2) جرعة مكافئة تتلقاها عدسة العين قدرها 50 ملي سيفرت في السنة
3) جرعة مكافئة تتلقاها البشرة أو الأطراف قدرها 150 ملي سيفرت في السنة.

تقسم المناطق القابلة للتعرض الأشعاعي ألى :

A. المناطق الخاضعة للرقابة

يـقصد بالمناطق الخاضعة للرقابة هي كافة المـناطق المشـغولة بشكل دائم أو متـقطع لأغـراض أنشطة الممارسة الأشعاعية المرخصة و يلتزم المخول بأتخاذ الأجراءات والتدابير التالية للسيطرة على أستخدام تلك المناطق للأغراض المطلوبة و بما يؤمن سلامة العاملين.

1) تخطيط المناطق الخاضعة للرقابة بالوسائل المادية و أستخدام الصباغ الصفراء في التخطيط على أن لا يقل عرض الخطوط عن 10 سم.
2) تقييـد الدخولى ألى المناطق الخاضعة للرقابة بواسطة أجراءات ادارية مثل أسـتخدام تصاريح العمل و الحواجز المادية بما في ذلك الأقفال أو الأقفال المترابطة و تتناسب درجة التقييد مع حجم التعرضات المتوقعة و أحتمالها.
3) تجهيز منافذ الخروج و الدخول ألى المناطق الخاضعة للرقابة بوسـائل تمنـع تلوث الملابس و أعضاء الجسم المكشوفة
4) وضع تدابيـر خاصة بوقايـة و أمان العاملين بما في ذلك قواعد و أجراءات محـلية تتناسب و المناطق الخاضعة للرقابة.

5) وضع علامة تحذير كتلك التي أوصت بها المنظمة الدولية للمعايير (ISO) و أي تعليمات ملا ئمة عند نقاط الدخول و المواقع الأخرى المناسبة داخل المنطقة الخاضعة للرقابة .

6) أجراء أستعراض دوري للظروف بغرض تحديد أي ضرورة تقتضي أتخاذ تدابير وقائية و تر تيبات للأمان و أدخال تغيرات على حدود المناطق الخاضعة للمراقبة.

المنطقة الخاضعة للرقابة :الجرعة الأشعاعية يجب أن تكون أكبرمن 6 ملي سيفرت / سنوياً.

B. المناطق الخاضعة للأشراف :

يقصد بالمناطق الخاضعة للأشراف أية منطقة لم تعين بالفعل بوصفها منطقة خاضعة للرقابة و لك ن ظروف التعرض المهني فيها بحاجة ألى أن تظل قيد الأستعراض حتى و أن لم تقتضي الحاجة عادة أتخاذ تدابير محددة للوقاية و وضع أحكام للأمان و عليه يقوم المخولون لهم في المناطق الخ اضعة للأشراف بما يلي :

1) رسم حدود المناطق الخاضعة للأشراف بأستخدام وسائل ملائمة.

2) وضع علامات معتمدة عند نقاط الدخول الملائمة المؤدية الى المناطق الخاضعة للأشراف.

3) القيام بالأستعراض الدوري للظروف بفرض تحديد ما قد تقتضيه الضرورة من أحياء تدابير ال وقاية و المان بما في ذلك حدود المناطق الخاضعة للأشراف .

منطقة الأشراف:الجرعة الأشعاعية يجب أن تكون أقل من 6 ملي سيفرت/سنوياً.

مخاطر الأشعاع الخارجي

تتم السيطرة على خطورة الأشعاع الخارجي بتطبيق ثلاث قواعد مهمة هي :الزمن ،المسافة ،الحا جز الوقائي.

الزمن : أن الجرعة المتراكمة للشخص العامل في منطقة تحتوي على معدل جرعة أشعاعية معينة تتناسب طردياً مع افترة الزمنية التي يقضيها في تلك المنطقة التي تحتوي مواد مشعة .تتم السيطر ة على مقدار الجرعة المستلمة من قبله بتحديد الفترة الزمنية التي يقضيها العامل في المنطقة ،بتطب يق العلاقة التالية :

الجرعة =معدل الجرعة X الزمن

مثال : يتم السماح لعامل مصنف للعمل في منطقة أشعاعية بالتعرض لجرعة مقدارها 200 ملي ر يم .كم ساعة يستطيع قضائها في منطقة أشعاعية متوسط معدل الجرعة فيها 50 ملي ريم/ساعة.

الجرعة = معدل الجرعة X الزمن

t X 50 =200

الزمن= 4 ساعة

ينبغي قضاء وقت محدد في المنطقة الأشعاعية المراد العمل فيها و أذا تطلب زيادة الجرعة ا لمسموح بها . يجب أستخدام وسائل أخرى لتقليل معدل الجرعة .

تكون الطرق الصحيحة هي زيادة المسافة بين الشخص ومصدر الأشعاع أو أستخدام حاجز وقائي بين الشخص و مصدر الأشعاع .

المسافة :أذا أعتبرنا بأن هناك مصدر نقطي للأشعاع يشع بالتساوي في جميع الأتجاهات و كما مع رف في الفصل الثاني بأن التدفق (الفيض)عند المسافة r من المصدر النقطي يتناسب عكسياً مع م ربع المسافة r .وبما أن جرعة الأشعاع تعتمد مباشرة على التدفق،نستنتج بأن معدل الجرعة الأشع اعية يخضع لقانون التربيع العكسي .كما ينبغي ملاحظة أن هذه الحقيقة مقيدة فقط للمصدر النقطي و الكاشف النقطي وئاهمال أمتصص الوسط للأشعاع بين المصدر و الكاشف ،يمكن كتابة قانون ا لتربيع العكسي كما يلي :

$$D \propto \frac{1}{r^2}$$

$$or$$

$$D = \frac{\kappa}{r^2}$$

$$Dr^2 = K$$

$$D_1 r_1^2 = D_2 r_2^2$$

حيثK ثابت للمصدر المعين

D_1 :هي معدل الجرعة الأشعاعية على مسافة r_1 من المصدر D_2 هي معدل الجرعة الأشعاعية ع لى مسافة r_2 من المصدر نفسه.

مثال : معدل الجرعة على بعد 2 متر من مصدر كاما معين مقداره 0.5 ملي سيفرت /ساعة . على أي مسافة يكون معدل الجرعة مقدارها 0.02 ملي سيفرت /ساعة؟

$$D_1 r_1^2 = D_2 r_2^2$$

$$0.5 \times 2^2 = 0.02 \times r_2^2$$

$$r_2 == 10 \ m$$

أن مضاعفة المسافة من المصدر تقلل معدل الجرعة الى ربع قيمتها الأصلية و بمضاعفة المسافة ثلاث مرات يقلل معدل الجرعة ألى تسع و هكذا.

معادلة لحساب معدل الجرعة من مصدر باعث لأشعة كاما

أن التعبير الرياضي لحساب معدل الجرعة التقريبية من مصدر يبعث أشعة كاما ذو نشاط أشعاعي (كوري ci) ،يبعث فوتونات بطاقة كلية E مليون ألكترون فولت لكل أنحلال يكتب بالتعبير التالي :

$$D = 0.5 \times \frac{CE}{r^2} rem / h$$

حيث الـ C تمثل النشاط الأشعاعي للمصدر بالكوري.

و E تمثل طاقة كاما الكلية لكل أنحلال بالمليون ألكترون فولت

و r تمثل المسافة من المصدر بالأمتار.

وبالتناوب أذا كانت C بالملي كوري فأن D بالملي ريم .

مثال:أحسب معدلالجرعة التقريبية على مسافة 3 أمتار من مصدر الكوبلت -60 اذا كان نشاطه الأ شعاعي 180 ملي كوري .أذا علمت أن مصدر الكوبلت -60 يبعث أشعتي كاما لكل أنحلال ذات طاقتين 1.33 و 1.17 مليون الكترون فولت .

$$D = 0.5 \times \frac{CE}{r^2}$$

$$C = 180 \quad mCi$$

$$E = (1.33 + 1.17) = 2.5 \; MeV$$

$$D = \frac{0.5 \times 180 \times 2.5}{3^2} = 25$$

ملي ريم/ساعة

مثال :أحسب نشاط مصدر الصوديوم -22الذي يشع بمعدل جرعة مقدارها 3 ريم /ساعة على بعد متر واحد .الصوديوم-22 يبعث فوتون واحد ذي طاقة 1.28 مليون ألكترون فولت لكل أنحلال .

(الجواب:4.7 كوري)