الحماية من الإشعاع الذري

د . محمد إبراهيم الجار الله

اكتشف العالم الألماني رونتجن - بقدرة الله - الأشعة السينية عام ١٨٩٥م . والتقط بها أول صورة اوضحت عظام يد زوجته . ولم يمض على هذا الإكتشاف المهم أشهر قليلة حتى استخدمت هذه الأشعة في التشخيص الطبي مثل الكشف عن كسور العظام وتحديد مواضع الشظايا في أجساد المصابين بها ، فكانت تلك هي بداية صناعة أنابيب الأشعة السينية التي لم تكن وقتئذ مصنعة بدقة كافية .

بدأت تظهر على العاملين في صناعة تلك الأنابيب وفي مستخدميها آثاراً ضارة للأشعة السينية مثل احمرار الجلد والحروق الإشعاعية . وفي عام ١٩٠٢م ظهرت أورام سرطانية في أيدي صانعي وعارضي أنابيب الأشعة السينية نتيجة لتعرضهم للأشعة. وفي ذلك الوقت لم يكن ممكنا وضع حدود للتعرض الإشعاعي لأجل الحماية منه نظرا لعدم الإلمام الكافي بأضرار الأشعة وعدم وجود أجهزة لقياس مقدار التعرض الحاصل لتحديد الجرع الإشعاعية التي تسبب مثل هذه التأثيرات الحادة .

وبقدرة الله أيضا اكتشف العالم الفرنسي بيكرل في سنة ١٨٩٦م النشاط الإشعاعي الطبعي لعنصر اليورانيوم . وقد أكملت العالمة البولندية ماريا وزوجها بيير كوري البحث في النشاط الإشعاعي الطبعي للعناصر الأخرى فاكتشفا ثلاثة عناصر نشطة إشعاعيا أهمها عنصر الراديوم الذي استخدم في باديء الأمر في علاج الأورام السرطانية. وبعدها توالت اكتشافات العناصر الطبعية المشعة الأخرى . ومن المعلوم الآن أن هناك أكثر من أربعين نظيرا طبعيا مشعا . ومن الجدير بالذكر أن السيدة كوري قد هلكت مع ابنتها إيرين بسبب إصابتهما بسرطان الدم (الليوكيميا) الذي يحدث نتيجة استقرار الراديوم المشع في العظام التي تعد أحد المراكز النشطة في صنع خلايا الدم البيضاء بجسم الإنسان ، وذلك من بين مسببات أخرى لهذا المرض .

الحماية من الإشعاع

لم يكن هناك جهد جماعي منظم لوضع معايير للحماية الإشعاعية في الفترة الأولى من استخدام الأشعة السينية والعناصر المشعة بالرغم من الإهتمامات المؤقتة بالحماية من الإشعاع، وفي عام ١٩١٣م أصدرت الجمعية الإشعاعية الألمانية أول توصيات عامة للحماية من الإشعاع ثم أعقبتها انكلترا عام ١٩١٥م وتبعتهما دول أخرى .

وفي أثناء الحرب العالمية الأولى (١٩١٤ - ١٩١٨م) ازداد استعمال الأشعة السينية كثيرا لتلبية احتياجات الجيوش . وكان يستخدم في ذلك الحين الوحدات الإحيائية (البيولوجية) كجرعة احمرار الجلد في تقدير التعرض الإشعاعي ، وبعدها بدأ التحول إلى استخدام الوحدات الفيزيائية المتمثلة في قياسات تأين الهواء بالإشعاع . ولايزال يصنع إلى الآن الكثير من كواشف الإشعاع ومقاييسه على أساس تأين الغاز .

وفي عام ١٩٢٨م تم تأسيس اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) التي قامت بإصدار توصياتها لوضع مواصفات العمل في هذا المجال . واستمرت هذه اللجنة إلى يومنا هذا في تطوير التعليمات والتوصيات الخاصة بكل ما يتعلق بالإشعاع مع غيرها من الهيئات الدولية والوطنية، مثل الهيئة الدولية لوحدات الإشعاع وقياسه (ICRU) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، كما قامت منظمة الأمم المتحدة بإنشاء اللجنة العلمية لتأثير الإشعاع الذري (UNSCEAR) ومنظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO). ولقد لقي الإشعاع وتأثيراته وطرق الوقاية منه من الدراسة والإهتمام اهتماما كبيرا ومضطردا .

أهداف الحماية من الإشعاع

تهدف الحماية من الإشعاع إلى حماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة

للإشعاع، الجسدية منها والوراثية مع السماح للإستخدامات المفيدة للإشعاع والمواد المشعة بالإستمرار .

وتتضمن أساليب الحماية من الإشعاع نوعين مميزين من أنواع التعرض هما التعرض في حالة الحوادث الإشعاعية أو الطواريء والتعرض المهني الذي يمكن الحد منه بوساطة السيطرة على مصادر الإشعاع وتطبيق نظام تحديد الجرع .

ولبرنامج الحماية من الإشعاع ثلاثة أهداف رئيسة هي :-

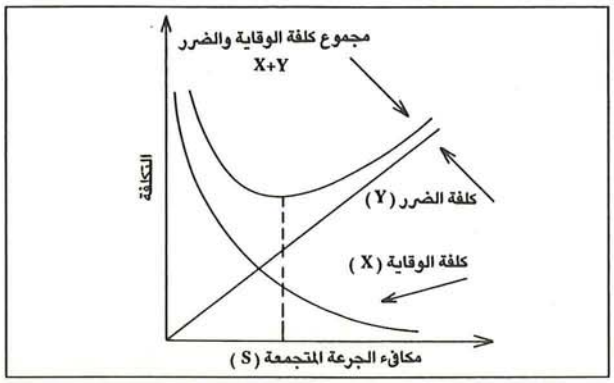
١ - التأكد من أن أي عمل يتضمن التعرض إلى الإشعاع يجب أن يكون مبررا .

٢ - منع حدوث التأثيرات الحتمية العتبية (Deterministic Effects) وهي التأثيرات التي تتولد في الشخص المتعرض للإشعاع عندما تصل الجرعة الإشعاعية حدا معينا يطلق عليه اسم العتبة. ومن هذه التأثيرات إحمرار الجلد والحروق الإشعاعية والمرض الإشعاعي وفقد المناعة الناتج عن استنزاف كريات الدم البيضاء ...الخ.

٣ - تخفيض حدوث التأثيرات غير العتبية (Stochastic Effects) وهى التأثيرات التي لا يوجد لها حد آمن من التعرض الإشعاعي، بمعنى إنه يمكن لأصغر جرعة إشعاعية من الناحية النظرية أن تحدث هذه التأثيرات التي قد تكون جسدية مثل مرض السرطان أو وراثية مثل التشوهات التي تظهر في الذرية نتيجة لتلف حاملات الوراثة (المورثات) داخل الخلايا التناسلية، لهذا لايمكن اعتبار أي تعرض للإشعاع مهما قل بأنه آمن إلا أن خطورته تتفاوت من شخص إلى آخر ، ويزداد احتمال ظهور تلك التأثيرات مع ازدياد جرعة الإشعاع .

تحديد الجرعات الإشعاعية

إن معظم القرارات التي يتم اتخاذها حول الفعاليات التي يتم القيام بها تستند إلى الموازنة بين التكلفة والمنفعة ، فإذا رجحت كفة المنفعة فالفعالية تستحق الإنجاز وإلا فلا تستحق ، بالإضافة إلى أن الفعالية يجب أن تتم بصورة يحصل فيها الفرد والمجتمع على أقصى فائدة ممكنة . ولتحقيق هذه الأهداف قامت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية عام ١٩٧٧م بإصدار توصياتها بوضع نظام لتحديد الجرعات الإشعاعية للإنسان .



● شكل (١) الوصول بالوقاية من الإشعاع إلى الحالة المثلى .

يتضمن منع التأثيرات الحتمية وضع حدود لمكافيء الجرعة الإشعاعية وهو مقياس للتأثير الإحيائي للإشعاع ، ووحدته الحديثة سيفرت . ويجب تحديد التعرض الإشعاعي بعد تجاوز حدود مكافيء الجرعة، أما الحد من التأثيرات غير العتبية فيتم بالمحافظة على التعرض الإشعاعي إلى أقل ما يمكن مع الأخذ في الحسبان العوامل الإقتصادية والإجتماعية حسب ظروف كل مجتمع .

تشتمل الجوانب الرئيسة لنظام تحديد الجرع على ما يلي :-

١ - التبرير : يجب ألا يتم القيام بأي عمل في حقول الإشعاع أو تتم إجازته من قبل السلطات المختصة ما لم يؤد إلى تحقيق منفعة إيجابية، وذلك لمنع التعرض غير الضروري إلى الإشعاع .

يمكن تبرير العمل المتضمن التعرض للإشعاع بدراسة مزاياه ومساوئه للتأكد من أن الضرر الكلي الذي ينتج عن العمل المقترح يكون أقل بصورة ملموسة من الفوائد المتوخاة ، ومن الممكن استخدام تحليل التكلفة والفائدة لغرض الوصول إلى قرار بإجازة أو عدم إجازة العمل أو المشروع الذي يؤدي إلى التعرض إلى الإشعاع .

فإذا افترضنا أن الفائدة الصافية (B) والفائدة الكلية (V) و كلفة الإنتاج(P) وكلفة الحصول على مستوى مختار من الوقاية (X) وكلفة الضرر الناتج عن التشغيل أو الإنتاج أو الإستخدام والتخلص من الإنتاج (Y) .

فإنه يمكن وضع معادلة الفائدة والتكلفة بالصيغة التالية :-

$$B = V - (P + X + Y)$$

إن حساب وتقدير الحدود الواردة في المعادلة أعلاه لغرض التقدير المطلق اللازم لتبرير العمل ليس بالأمر السهل ، ولهذا يلجأ أحيانا إلى التقدير النسبي الذي يتم بالمقارنة مع مبررات المشاريع البديلة ، حيث أن هذا الإجراء أسهل ، وتبقى الفائدة الإجمالية كما هي .

٢ - الحالة المثلى للحماية الإشعاعية : إن جميع حالات التعرض للإشعاع في أي مجتمع يجب خفضها إلى أقل قدر ممكن ، ولمعرفة ما إذا كان خفض التعرض الإشعاعي قد تم بصورة معقولة أم لا فإنه من الضروري الأخذ في الحسبان الموازنة بين زيادة الفائدة من هذا الخفض وزيادة التكاليف . ولزيادة الفائدة الصافية إلى أقصى قدر ممكن يؤخذ تفاضل معادلة التكلفة و الفائدة بالنسبة لمتغير غير معتمد يعرف بالجرع المكافئة المتجمعة .

تعد الحماية من الإشعاع مثالية عندما يكون مجموع تكاليف الوقاية (X) وتكاليف الضرر من الإشعاع (Y) وأقل ما يمكن، شكل (١). ويساعد في عملية التقويم المستند إلى معادلة التفاضل المشار إليها وضع قيمة نقدية للجرعة المتجمعة.

وللصعوبة البالغة في تقدير هذه القيمة النقدية من الناحية العملية فقد نُشرَت عدة تقديرات في هذا الخصوص، وهي مفيدة لأجل اتخاذ القرارات بالرغم مما عليها من تحفظات .

ويمكن القول بناءا على ما سبق ذكره أنه عند تصميم مصادر الإشعاع ووضع الخطط الخاصة باستعمالها وتشغيل المصدر أو المنشأة ينبغي أن يجري ذلك بطريقة تؤدي إلى أن يكون التعرض للإشعاع ضمن حدود المعقول مع الأخذ في الحسبان العوامل الإقتصادية والإجتماعية للمجتمع .

٣ ـ تحديد الجرع : إن مكافيء الجرع الإشعاعية للأفراد يجب ألا يتجاوز حدودا موصى بها من قبل اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية . فقد وضعت اللجنة حدوداً للتعرض الإشعاعي المهني وأخرى لتعرض أفراد الجمهور ينبغي عدم تجاوزها إلا في حالات خاصة ، وذلك لتجنب ظهور التأثيرات الحتمية العتبية على المتعرضين ولتقليل ظهور التأثيرات غير العتبية إلى الحد المعقول . وتقل الحدود الخاصة بأفراد الجمهور عشرين مرة عن حدود العاملين الذين يتعرضون له بحكم عملهم ويعوضون لقاء ذلك ، ولهم الحرية في البحث عن عمل آخر إذا لم يرتضوا ذلك . أما أفراد الجمهور فهم لا يتعرضون للإشعاع بمحض اختيارهم ، كما أن فيهم مجموعات أكثر تأثرا بالإشعاع من غيرها وهم الأطفال والأجنة .

وقد تم إجراء تخفيض ملموس على حدود الجرع الإشعاعية عبر السنين ، وكان آخر هذه التخفيضات سنة ١٤١١هـ (١٩٩٠م) حيث أوصت به اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية بعد ظهور أدلة جديدة تفيد أن تأثيرات الإشعاع الضارة هي أكبر مما كان مقدرا لها سابقا . وقد تم وضع حدود لمستويات التلوث بالإشعاع كما وضع لكل مستوى من التلوث نظام يحكمه.

تطبيق الحماية الإشعاعية

هناك عدة مستويات لتطبيق الحماية من الإشعاع يمثل أولها السلطة المختصة التي تقوم بوضع الضوابط اللازمة لوقاية العاملين في حقول الإشعاع وعموم الجمهور، وهي بذلك تصدر الأنظمة والتعليمات وتشرف على تنفيذها ، كما تمنح التراخيص لإقامة المشاريع والمنشآت المستخدمة للإشعاع حيث يحدث التعرض. ويُلزِم منح الترخيص صاحب المصدر أو المصادر المشعة التقيد بالأنظمة والتعليمات الخاصة بالوقاية من الإشعاع الصادرة من السلطة المختصة. وهناك بعض الفعاليات ومصادر التعرض معفاة من الترخيص بموجب النظام وذلك لكونها لا تشكل خطرا ملموسا على الصحة يستحق وضع ضوابط للسيطرة عليها . وعلى إدارة المنشأة الحاصلة على الترخيص تطبيق برنامج للحماية من الإشعاع يعتمد على سعة العمل ونوعية التعرض ، ويتراوح العاملون بالبرنامج ما بين شخص متخصص مسؤول عن أعمال الحماية من الإشعاع في المنشآت الصغيرة إلى مجموعة كبيرة من العاملين في المفاعلات النووية المنتجة للطاقة الكهربائية وغيرها .

ومن المهام الملقاة على عاتق إدارة المنشأة ما يلي :ـ

(أ) دراسة التصاميم لغرض التأكد من أنها ملائمة لغرض تطبيق برنامج ناجح للحماية من الإشعاع .

(ب) مراجعة الأمور التشغيلية المتعلقة ببرنامج الحماية من الإشعاع بصورة دورية للإستفادة من الخبرة المكتسبة ولتطبيق ما يستجد .

(جـ) تعريف العاملين بقواعد الحماية من الإشعاع وتدريبهم تدريبا كافيا وبصفة متجددة .

(د) توفير الأجهزة اللازمة لغرض مراقبة الإشعاع والتعرض الإشعاعي .

(هـ) توفير الفحوصات الطبية الدورية للعاملين حسب طبيعة العمل .

(و) التأكد من صلاحية العاملين لديها للعمل الموكل إليهم .

(ز) وضع خطط للطوارىء.

الطوارىء الإشعاعية ومعالجتها

يمكن تعريف الطارىء الإشعاعي بأنه أية حالة تؤدي إلى خطر إشعاعي غير اعتيادي أو غير متوقع، وهذا التعريف يعطي احتمالات الإراقة لمحلول مشع يشتمل على عدة ميجا بيكرل في معامل البحث وحتى حادث رئيس في مفاعل نووي للطاقة حيث قد تنطلق عدة ملايين من الميجا بيكرل أو قد يزيد من نواتج الإنشطار كما حدث في حادث مفاعل تشرنوبل سنة ١٩٨٦م. والأسباب الرئيسة التي قد تؤدي إلى طارىء إشعاعي هي :ـ

١ ـ فقدان الحواجز الواقية، حيث يؤدي ذلك إلى مستويات عالية من الإشعاع .

٢ ـ فقدان الوعاء الحاوي، حيث يؤدي إلى انطلاق المواد المشعة .

٣ ـ عدم التحكم في الكتلة الحرجة، أي التولد السريع لمصدر مشع كبير مع مستويات عالية من الإشعاع .

تحدث الطواريء الإشعاعية عادة نتيجة لأسباب تقليدية ، مثل خلل ميكانيكي أو حريق أو فيضان أو حادث نقل أو عوامل بشرية أو غيرها . وتختلف الطواريء الإشعاعية التي يمكن حدوثها ، فإراقة محلول مشع في مختبر ما تعد مصدر إزعاج أكثر من أن تشكل خطرا، بل من الأنسب أن يشار إليها بالحوادث الموضعية، أما الحالات الخطيرة التي تستوجب إخلاء بعض المناطق ولكن ليس لها أثر خارج المنشأة التي تحدث فيها فتسمى غالبا بالطواريء الموقعية. أما إذا كان الحادث يشكل خطرا على عموم المواطنين خارج المنشأة فيعرف أحيانا بالطارىء العمومي .

وأيا كانت الحالة فمن المهم جدا أن يكون قد بُحِثَ احتمال حدوثها مسبقا ووُضِعت إجراءات معالجتها . ومن الأمور