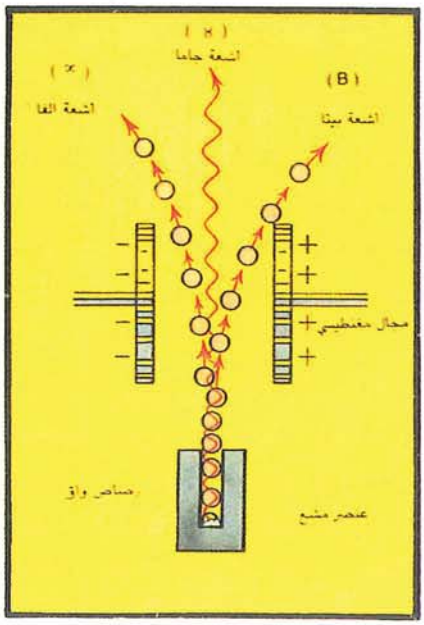
د. إبراهيم بن عبدالرحمن العقيل
جامعة الملك سعود ـــ كلية العلوم

يعود اكتشاف النشاط الإشعاعي الطبيعي إلى عام ١٨٩٦م حينما وجد بيكريل ان المادة التي تحتوي على أملاح اليورانيوم (والذي عرف فيما بعد بأنه عنصر مشع) تؤثر في الألواح الفوتوغرافية على الرغم من وجود الأخيرة في غلاف محكم ، أي ان لها قدرة نفاذ عالية على الاختراق بسبب تلك الأشعة التي تطلقها .

وقبل ذلك التاريخ لم يعرف الإنسان العناصر المشعة ومدى خطورتها عليه ، ثم بدأت الأبحاث والتجارب لمعرفة تلك العناصر المشعة ومصادرها ، فوجد ان بعض العناصر الموجودة في الطبيعة تكون في حالة عدم استقرار ، وليلها إلى حالة الاستقرار فانها تطلق أشعة للوصول إلى تلك الحالة حيث تتحول ذرة العنصر المشع إلى ذرة عنصر مستقر بالإضافة إلى اطلاق الأشعة ، وقد وجد ان هذه الأشعة التي تطلقها تلك الأنوية تنقسم إلى ثلاثة أنواع هي أشعة الفا وأشعة بيتا وأشعة جاما ، (شكل ١) حيث ان أشعة الفا وبيتا هي جسيمات مشحونة ويختلف بعضها عن بعض ، في كون أشعة الفا عبارة عن نوى ذرات الهليوم الموجبة الشحنة بينما أشعة بيتا هي الكترونات سالبة الشحنة ، أما أشعة جاما فهي موجات لا تحمل شحنة وليس لها كتلة سكون .

ونود ان نذكر القارىء هنا ببعض المعلومات التي سبق ان عرفها ، ان كل عنصر له كتلة ذرية تتكون من مجموع كتلة البروتونات وكتلة النيترونات ويعرف عدد البروتونات بالعدد الذري ، وقد تختلف الكتلة الذرية لعنصر واحد نتيجة زيادة عدد النيترونات ، وفي هذه الحال يكون للعنصر عدد من **النظائر** تتساوى في عددها الذري (عدد البروتونات) وتختلف في الكتلة الذرية (عدد البروتونات والنيوترونات) . وتختلف نتائج التفاعل النووي تبعاً لنوع الأشعة المنطلقة فاذا فقدت الذرة جسيمات الفا فانها تعطي عنصراً جديداً يقل عن كتلته الذرية بمقدار اربع وحدات وفي عدده الذري مقدار وحدتين . أما إذا أطلق العنصر أشعة بيتا فانه يعطي عنصراً جديداً عدده الذري يزيد بمقدار واحد نتيجة تحول أحد النيوترونات إلى بروتون واطلاق الكترون . وفي حالة انطلاق أشعة جاما لا يحدث للعنصر أي تغيير ، مما سبق نستطيع ان نقول ان ما يفقده العنصر غير المستقر من بروتونات أو نيترونات أو الكترون يظهر لنا على هيئة اشعاع .

ويوجد في الطبيعة أربعة أنوية أساس مشعة هي : **الثوريوم** ، **واللبتونيم** ، **واليورانيوم** ، **والاكتينيوم** ، حيث يتعرض الإنسان منذ نشأته إلى جرعات اشعاعية صادرة عن هذه الأنوية المشعة أو أنويتها الوليدة ، إلى جانب ما يتعرض له من اشعاعات صناعية ناتجة من الإستخدامات المتزايدة للطاقات النووية في حياتنا من خلال الانفجارات النووية كالتي سببها حادث تشرنوبل بالاتحاد السوفيتي من تلوث منطقة يصل قطرها إلى أكثر من ٣٠ كم مربع بالمواد الانشطارية والأنوية المشعة بما فيها البلوتونيوم ، كما وجدت قطع من الجرافيت المستخدم في المفاعل والوقود الساخن في هذه المنطقة مما جعل عملية ازالة التلوث صعبة للغاية ، فالى جانب ما سببه من تلوث في التربة ـــ ادى إلى التخلص من كميات كبيرة منها بدفن الطبقة السطحية ومحاصرة الأنوية المشعة في التربة لمنع انتشارها ـــ فقد تلوثت الغابات ومياه المجاري وحتى الآن لم يتم ازالة التلوث ، حيث ان المفاعل مازال يطلق رذاذاً تقدر شدته بعدة وحدات اشعاعية في اليوم الواحد.



شكل (١) : الاشعة المنبعثة من عنصر مشع وانواعها

أيضاً يتم التلوث الاشعاعي الصناعي من نواتج المصانع النووية ودورات الوقود والمخلفات الغازية لها ، كذلك فان الغبار الذري يعتبر من أهم الملوثات البيئية سواء عن طريق التنفس من خلال الهواء الملوث أو التعرض لسحابة مشعة عابرة ، أو نتيجة الحروق التي يسببها التصاق الغبار بخلايا الجلد ، أو عن طريق ترسبها على أوراق النباتات والذي بدوره ينتقل إلى الإنسان عبر طريقين : أما مباشرة عن طريق أكله ، أو عن طريق الاستفادة من الحيوانات (اللحوم ـــ الحليب ـــ الدهون . . . الخ) ، وكذلك يتلوث الماء والتربة اشعاعياً عن طريق ذلك الغبار الذي يحمل من مسافات بعيدة وقد لوث ثلثا نواتج الانشطارات للتجارب النووية مياه البحار ، والثلث الآخر لوث التربة ، والتي تعتبر إلى جانب الهواء من أهم طرق وصول التلوث إلى خلايا جسم الإنسان ، حيث ان النباتات تتلوث بالمواد المشعة عن طريق

التربة المزروعة فيها ، وتكون حركة النظير المشع من التربة إلى النبات مماثلة تماما لحركة النظير غير المشع لنفس المادة ، فقد يكون النبات ليس في حاجة إلى مادة ما لنموه إلا انه بالرغم من ذلك تدخل في مكونات النبات ، وذلك مثل : اليود والكوبلت واليورانيوم والراديوم ، ويعتمد امتصاص النبات للمادة المشعة من التربة على عوامل كثيرة أهمها التركيب الكيميائي للمادة المشعة والعوامل الفيزيوكيميائية للتربة واحتياجات النبات لنموه .

ولقد تبين من التجارب العملية ان الامتصاص النسبي للمادة المشعة بوساطة النبات عن طريق التربة هو أكبر ما يكون بالنسبة للاسترانشيوم ، وأقل ما يكون بالنسبة للبلوتونيوم ، كما نجد ان الاسترانشيوم المشع يمتص من قبل خلايا النبات أكثر من الكالسيوم الذي يتشابه معه في الخصائص مما يزيد في تنافس النبات في الحصول على أحدهما من التربة .

ولأن مصادر التلوث بالمواد المشعة أصبحت الآن متعددة ، وخاصة بعد ما حدث من تطور سريع في الاستخدامات للطاقة الذرية بما في ذلك ابحاث الفضاء والطب والصناعة والزراعة والتي تؤثر على العالم أجمع ، اضافة إلى المصادر الطبعية للاشعاعات ، كالأشعة الكونية والاشعاعات الصادرة من التربة حيث تحتوي القشرة الخارجية للكرة الأرضية على كميات من اليورانيوم والثوريوم المشعين ونواتجهما الوليدة .

تعاني الكائنات الحية من ملوثات البيئة

ويختلف تركيز هذه العناصر في التربة باختلاف نوعها حيث يزداد تركيزها في الصخور الجرانيتية في حين يقل في الصخور الرملية . كذلك تحتوي التربة على نسبة ضئيلة من الكلسيوم ـ ٤٨ المشع ، كذلك توجد مصادر طبعية ملوثة للبيئة ، منها : البوتاسيوم ـ ٤٠ المشع ، وهو موجود بنسبة ٠,٠١٪ في البوتاسيوم الطبعي ، وتنبعث من نواته ١٩٠٠ جسيم بيتا في الدقيقة لكل جرام ، وجسم الإنسان بطبيعته يحتوي على اشعاعات ناتجة عن بعض مكوناته ، أيضاً يعد غاز الرادون ـ ٢٢٢ المشع لجسيمات الفا ـ وغاز التورون ـ ٢٢٠ المشع لجسيمات الفا ـ من المصادر الطبعية للتلوث ، وتتصاعد هذه الغازات من القشرة الأرضية ومن المباني نتيجة للتحليل الاشعاعي للراديوم والتوريوم الموجودين فيها ، وتوجد نسبة صغيرة منهما في الهواء الذي نتنفسه فيصلا إلى الرئتين ومنهما إلى الدم .

وكذلك الكربون ـ ١٤ المشع لجسيمات بيتا ، وينتج من التنشيط النيتروني للنتروجين في الهواء ، لذلك فان الكربون ـ ١٤ موجود في الكائنات الحية بما في ذلك الإنسان بنسبة تركيز ثابتة حتى بدأت التفجيرات النووية ، وبذلك زادت نسبة الكربون ـ ١٤ بجسم الإنسان عما كانت عليه، أيضاً يعد الراديوم ـ ٢٢٦ المشع لجسيمات الفا مكوناً غاز الرادون ـ ٢٢٢ المشع لجسيمات الفا أيضاً، وهكذا تتكون السلسلة المشعة للراديوم والتي تنتهي بتكوين الرصاص، ويدخل معظم الراديوم إلى جسم الإنسان عن طريق مياه الشرب والمياه الداخلة في طبخ الطعام، ومنها يصل إلى العظام ويرسب فيها.

أيضاً تعد المصادر الصناعية أهم مصادر التلوث الاشعاعي بالإضافة إلى احتواء التربة في بعض مناطق العالم مواد مشعة صناعية نتيجة للحوادث النووية والغبار الذري الناتج عن انفجار المفاعلات النووية والقنابل النووية ، حيث ينتشر هذا الغبار إلى مسافات بعيدة ثم يتساقط على جميع دول العالم ، والملاحظ ان ٩٠٪ من نواتج الانشطار يتصاعد مع رأس السحابة الذرية الذي يشبه في شكله عش الغراب ، في حين ان ١٠٪ فقط يبقى في ساق السحابة الذرية وتتساقط محلياً في مكان التفجير ، هذا إلى جانب نواتج التنشيط الاشعاعي بالنيترونات

المنبعثة من القنبلة وقت التفجير بالنسبة للتربة ومكوناتها القريبة من منطقة التفجير .

ومن المتوقع ان يبلغ التلوث الاشعاعي الناتج عن عنصر السيزيوم ـ ١٣٧ في عام ١٩٩٠م ١٤ ضعفاً للتلوث الذي كان موجوداً عام ١٩٨٠م ، كما يطلق الاسترانشيوم ـ ٩٠ عام ١٩٩٠م ضعف الكمية التي كان يطلقها عام ١٩٨٠م . وتلك الزيادة ناتجة عن الاستخدامات المتزايدة لهذين العنصرين في أبحاث الطاقة النووية . ومن ذلك ندرك مدى الخطر الذي يتعرض له الكائن الحي من الاشعاعات سواء أكان حيواناً أم نباتاً ، وتنقل النباتات والحيوانات المواد المشعة للإنسان ، وهذا ليس هو الطريق الوحيد لتعرض الإنسان للأشعة ، فهو بجانب ذلك قد يتعرض لها مباشرة ، وتحدث هذه الاشعاعات تلفاً للأنسجة البشرية ، ويعتمد مدى هذا التلف على عوامل كثيرة منها : نوع الاشعاع ، ونوع عضو الجسم المتعرض ، وكمية الجرعة التي يتعرض لها ، وقد استخدمت عدة وحدات لقياس الضرر الذي يلحق بالإنسان عندما تمتص أنسجته هذه الأشعة . ومن أحدث تلك الوحدات وحدة السيفرت ، أو وحدة قياس الجرعة المكافئة ، وتستخدم وحدة السيفرت للدلالة على الأثر المعادل للإصابة حيث ان ١ سيفرت يعادل امتصاص ما مقداره ١ جول من الطاقة لكل كيلو جرام في النسيج البشري من الأشعة السينية أو ما يكافئها من الاشعاعات الأخرى ، حيث يتعرض الإنسان إلى ما يعادل ١,٢٥ ميلي سفرت من الأشعة الناتجة من المصادر الطبعية ، و١,١ ميلي سفرت من المصادر الصناعية ، وهنا تجب الاشارة إلى ان حدود الجرعة المكافئة للجسم ككل في السنة هي ٥٠ ميلي سفرت .

ويتم تأثير الأشعة على خلايا الجسم الحي من خلال أربع مراحل :

ـ المرحلة الفيزيائية الابتدائية : وهي تستغرق زمناً قدره 10^{-6} من الثانية لتؤثر طاقة الاشعاع على مكونات الخلية فتأين الماء إلى ايون الهيدرونيم وينطلق الالكترون .

ـ المرحلة الفيزيوكيميائية : وهي تستغرق أيضاً نفس الوقت السابق لتتفاعل نواتج المرحلة السابقة مع الماء ، وتنتج بما يعرف بالجذور الحرة مثل : OH° ، H° .

ـ المرحلة الكيميائية : وتستغرق عدة ثوان ، وفيها تتفاعل نواتج المرحلة السابقة مع الجزيئات العضوية وتكسر الجينات .

ـ المرحلة الحيوية : وتستغرق عدة دقائق ، وتؤدي التفاعلات في هذه المرحلة إلى موت الخلية أو منعها من الانقسام ، أو تحدث تغيرات دائمة في الخلية تنتقل وراثياً فيما بعد .

وتختلف تأثيرات الأشعة على جسم الإنسان تبعاً لكمية الاشعاعات التي تعرض لها وفترة التعرض ، واذا كان التعرض طفيفاً فان الاضرار التي تحدثها الأشعة بالخلية تكون ضعيفة ويمكن تعويضها ، أما إذا كانت كمية الضرر كبيرة ففي هذه الحالة لا يمكن للخلية ان تعوض خسارتها ، وتنقسم الآثار الحيوية للاشعاعات في الكائنات الحية إلى قسمين رئيسين هما:

الآثار الذاتية : وهي الآثار التي تظهر اعراضها في نفس الكائن الذي تعرض للاشعاعات . **والآثار الوراثية** : وهي التي تظهر أعراضها في الأجيال القادمة نتيجة لتأثر الأعضاء التناسلية . وبالنسبة للآثار الذاتية فهناك آثار مبكرة تظهر بعد ساعات أو أيام من التعرض للاشعاعات ، وهي : تلف خلايا النخاع العظمى وتلف الخلايا العصبية والمعوية واصابة الجلد بالإحمرار وظهور قرح ، أما الآثار المتأخرة فهي عادة ما تكون الاصابة بالسرطان وعتمة عدسة العين وانخفاض متوسط العمر وتشوه المواليد .

وينبغي الادراك بان التعرض للاشعاعات قد لا يتم بطريقة مباشرة ولكن عن طريق استنشاق الهواء المحمل بالعناصر المشعة ومنه ينتقل للخلايا عن طريق الدم أو بلع المواد التي تحتوي على مواد مشعة مع الطعام والتي تصل إلى التربة عن طريق الأمطار ، ومن ثم تمتص هذه المياه الملوثة والتربة الملوثة من قبل النباتات ، وهذه النباتات يتغذى عليها الحيوان الذي نشرب لبنه ونأكل لحمه ، فتصل المواد المشعة لخلايا الإنسان عن طريق الغذاء من خلال الدورة الدموية التي تحمل الغذاء للخلايا ، لذلك فان مصادر تعرض الإنسان للاشعاع تتم عن :

١ ـ التنفس المباشر للهواء .

٢ ـ الهضم الذي يتم عن طريق الفم .

٣ ـ عن طريق الجروح في الجلد .

٤ ـ التعرض المباشر .

وبزيادة تطور برامج الطاقة النووية وتقنيتها أصبح أحتمال تعرض الإنسان للاشعة في ازدياد ، اذ ارتفع حجم المخلفات المشعة من ٥ ملايين جالون في عام ١٩٦٥م إلى ٣٠٠ مليون جالون في عام ١٩٨٠م ، ويتوقع ان تصبح في عام ٢٠٠٠ أكثر من ٣٠٠٠ مليون جالون ، وهذه الزيادة المخيفة في المخلفات نتيجة للزيادة في استخدام الطاقة النووية في تولد الكهرباء ، ولهذا الأمر وغيره من أسباب **تأسست اللجنة الدولية للوقاية من الاشعاع** وهي الهيئة الدولية المسؤولة عن وضع الحدود القصوى من الجرعات الاشعاعية التي يسمح بالتعرض لها ، واصدار التوصيات الخاصة بهذه الحدود ، وحيث ان التعرض للاشعاع يحدث عنه تلف حيوي مهما كان المستوى المتعرض له ومهما كانت القوانين الموضوعة للحماية ، لذلك أوصى بتحديد الجرعات الاشعاعية إلى الحد الذي يتوافق مع فائدة المجتمع والأفراد من أستعمال الأشعة .

وينبغي معرفة ان كل زيادة في الجرعة الاشعاعية يقابلها زيادة في الخطر ، وان توضح حدود الجرعة عند مستوى لا يزيد عن مستوى الخطر فيها عن أي مهنة آمنة

لذلك ينبغي ان يكون خطر الحدود الاشعاعية أقل بكثير من أي خطر يتقبله المجتمع في مقابل الفوائد التكنولوجية للمجتمع .

وبناء على هذه المبادىء السالفة ينبغي اتباع التعليمات التالية عند التعامل مع المواد المشعة ونفاياتها :

١ ــ لا يسمح بالعمل إلا إذا كان ذا فائدة .

٢ ــ يجب ان يبقى التعرض للاشعاع والمواد المشعة عند أقل حد يمكن الحصول عليه .

٣ ــ حدود التعرض للاشعاع يجب ان لا تزيد عن الحدود الموصى بها حسب الظروف المعينة كما سوف يبين فيما بعد .

ومن توصيات هذه اللجنة بشأن فترات التعرض للعاملين في المجال الاشعاعي (والذي اعتقد انه ينطبق على العاملين وغير العاملين في هذا المجال) :

١ ــ يجب ألا تزيد ساعات العمل في المختبرات أو الأماكن التي تحتوي على الاشعاعات أو المصادر المشعة عن سبع ساعات في اليوم .

٢ ــ يجب ألا تزيد أيام العمل عن خمسة أيام في الأسبوع .

٣ ــ يجب ألا تقل الاجازة عن شهر في السنة .

٤ ــ يجب قضاء أيام العطلات بعيداً عن تلك المختبرات أو أماكن العمل .

وتبين الاحصائيات التالية الحدود التي سمحت اللجنة الدولية بالتعرض لها :

تقدر حدود الجرعة المكافئة في السنة للجسم بشكل عام بـ ٥٠ ميلي سيفرت ، وذلك للعمال الذين يعملون في مجال الطاقة النووية ، بينما تقدر للجمهور بـ ٥ ميلي سيفرت ، واحد ميلي سيفرت لعامة الجمهور في عدم وجود أحوال طارئة أي في الظروف الاعتيادية .

ومما سبق يمكن استنتاج الأهمية الواجب أخذها في الاعتبار في اجراءات الوقاية اللازم توفيرها لتقليل اخطار التلوث بالمواد المشعة سواء بالنسبة للعاملين بالاشعاع بصفة خاصة أو بالنسبة للجمهور بصفة عامة ، ويمكن تلخيص أساليب الوقاية من الاشعاعات وذلك بتقويم حالة التلوث مقدماً وابعادها ومدى تأثيرها الضار سواء بالنسبة للجمهور أو الممتلكات .

كذلك الاجراءات الواقية والمسح الاشعاعي اللازم للأفراد والممتلكات الملوثة لمواجهة الحادثة أو التلوث والاجراءات اللازم اتخاذها بعد الحادثة بالنسبة للعلاج الطويل للأفراد الملوثين أو إزالة التلوث تمهيداً لاستئناف الحياة في هذا المكان من عدمه .

والتقويم بالنسبة لحوادث التلوث بالمواد المشعة الناتجة عن الاستخدامات السلبية للطاقة الذرية يلزم اجراء التجارب المبدئية والحسابات النظرية التي تهدف إلى تقدير كمية ونوع المواد المشعة الملوثة في حالة الحادثة ، وهذا اجراء طبعي لجميع المنشآت النووية ، إذ يلزم الحصول على تصريح بالعمل فيها وتشغيلها بمجرد موافقة رجال الوقاية على التقرير المقدم من ناحية التقويم الاشعاعي في حالة الحادثة كما يضمن عدم تعرض أي من العاملين بالاشعاع بجرعة اشعاعية تزيد عن جرعة الطوارىء بصفة عامة ، وبذلك يمكن تحديد أنسب الوسائل لمواجهة الحادثة .

أما بالنسبة لتجارب التفجيرات النووية واستخدامات الأسلحة النووية يلزم معرفة قوة السلاح النووي بوحدة الطن المكافىء لقوة التفجيرات ت . ن . ت . ومكان التفجير سواء على الأرض أم في الهواء أم في المياه . . . الخ . والظروف الجوية وقت التفجير حتى يمكن تقدير الضرر بسرعة بهدف الاخلاء المبكر أو الوقاية السريعه لتقليل الضرر الاشعاعي .

ومن الاجراءات اللازمة لمواجهة حالة التلوث الاشعاعي بمجرد الانذار بحالة تلوث بالمواد المشعة بوساطة أجهزة الانذار الواجب تشغيلها باستمرار يتبع التالي :

١ ــ يعطى جميع العاملين والافراد المحتمل تلوثهم داخلياً بالمواد المشعة علاجاً واقياً لترسيب المواد المشعة الذائبة التي يحتمل دخولها إلى أجسامهم لمنع امتصاصها وذلك مثل كبريتات الباريوم لترسيب الاسترانشيوم ـ ٨٩ ، الاسترانشيوم ـ ٩٠ ، ولتقليل امتصاص المعدة لهذه المواد المشعة برفع الرقم الهيدروجيني لها عن طريق اعطاء مضادات الحموضة مثل : هيدروكسيد الامونيوم ، ولتنشيط عمليات افراز البول باعطاء كلوريد الامونيوم ، ولتقليل احتمال التقاط المواد المشعة بوساطة اعضاء الجسم التي لها قابلية لامتصاصها ، وذلك باعطاء مثيلاتها غير المشعة مثل تناول يوديد البوتاسيوم في حالة اليود المشع الممتص بوساطة الغدد الدرقية ، وتناول اقراص الكالسيوم في حالة احتمال امتصاص العظام للاسترانشيوم ــ ٨٩ ، الاسترانشيوم ــ ٩٠ .

٢ ــ يرتدي العاملون والافراد كمامة على الوجه وأثواب بلاستيك غير مسامية مجهزة بوسائل تهوية خاصة ان لزم الأمر ، ويعلقون أقلام الوقاية وأقلام قياس الجرعة .

٣ ــ تجرى عملية الاخلاء السريعة والواجب تخطيطها مقدماً لضمان سرعة البعد عن منطقة التلوث ، ويكون ذلك على ضوء معلومات الارصاد الجوية لضمان عدم الاخلاء في اتجاه سريان التلوث بالمواد المشعة وانما في اتجاه معاكس لها .

وهنا لابد من استخدام أجهزة لقياس هذه الاشعاعات لحماية العاملين وتسمى هذه الاجهزة بكواشف الاشعاعات ، وتستخدم لقياس شدة الأشعة وتحديد نوعها وطاقتها ، ومن هذه الأجهزة تلك الأجهزة الكبيرة والتي تستخدم في قياس التلوثات الاشعاعية على نطاق كبير ، مثل : مطياف