الفصل السابع

الإشعاع الذري في التطبيقات الحياتية

٧ - ١ الإشعاع الذري في الزراعة :

٧ – ١ – ١ تحسين البذور

٧ – ١ – ٢ مكافحة الحشرات

٧ – ١ – ٣ حفظ الأغذية

٧ - ٢ الإشعاع الذري في الصناعة :

٧ – ٢ – ١ متابعة العمليات باستخدام النظائر المشعة

٧ – ٢ – ٢ الأجهزة ذات النظائر المشعة

٧ – ٢ – ٣ التصوير الإشعاعي

٧ – ٢ – ٤ الإشعاع الذري والتصنيع

٧ - ٣ الإشعاع الذري في البحث العلمي :

٧ – ٣ – ١ الإشعاع الذري في البحوث العلمية الأساسية

٧ – ٣ – ٢ الإشعاع الذري في البحوث العلمية التطبيقية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السابع

الإشعاع الذري في التطبيقات الحياتية

عندما يفكر الناس في الطاقة الذرية غالباً ما يتبادر إلى أذهانهم القنابل أو المفاعلات الذرية، وقلائل هم الذين يدركون أن ثمة استخدامات أخرى للطاقة الذرية في حياتنا اليومية لا يمكن الاستغناء عنها، فهي تستعمل في تحسين المحاصيل الزراعية، وفي حفظ الأغذية، وفي تحديد مصادر المياه الجوفية، وفي تصوير خطوط الأنابيب بالأشعة، وفي عمليات التحكم الصناعية، وفي دراسة تلوث البيئة وفي البحوث العلمية، هذا بالإضافة إلى استخداماتها الطبية التي تحدثنا عنها في الفصل السادس، وسيكون حديثنا في هذا الفصل عن استخدام الإشعاع الذري في كل من الزراعة والصناعة والبحث العلمي.

٧ – ١ الإشعاع الذري في الزراعة :

تساعد النظائر المشعة والإشعاع في حل الكثير من المشاكل الزراعية وتطوير الكثير من القضايا من مثل (٢٥، ٢٤):

١ – تحديد الشروط اللازمة لرفع كفاءة استخدام كل من الأسمدة والماء وتثبيت النيتروجين في التربة.

٢ – إنتاج أصناف من المحاصيل الزراعية تمتاز بإنتاجية عالية، وتقاوم الأمراض والظروف البيئية.

٣ – مكافحة الحشرات أو الحد منها باستخدام الحشرات العقيمة جنسيًّا أو التي غُيرت حاملات الوراثة فيها باستخدام الإشعاع.

٤ – تحسين إنتاج وتغذية الحيوانات وتحسين صحتها باستخدام الفحوصات الإشعاعية لجهاز المناعة والتقانات المتعلقة به بالإضافة إلى النظائر التتبعية .

٥ – تقليل الخسارة في المحاصيل أثناء التخزين بإيقاف التبرعم والتلوث وذلك باستخدام المعالجة الإشعاعية .

٦ – تقليل الأمراض التي تلوث الغذاء طبيعيًّا وإطالة عمر صلاحيته باستخدام الإشعاع .

٧ – دراسة طرق تقليل التلوث من المبيدات الحشرية والمواد الكيميائية المستخدمة في الزراعة .

إن البقليات التي تثبت النيتروجين يمكن أن تعطي بروتينات عالية لاستهلاك كل من الإنسان والحيوان، وتزيد النيتروجين في التربة . والنظائر المشعة يمكن أن تستخدم لمعرفة كمية النيتروجين التي يستطيع النبات تثبيتها وكيفية تحسين ذلك، والتقانة النووية من الأدوات المثالية للتمييز بين النيتروجين المأخوذ من الجو وذلك الذي من التربة أو من السماد المستخدم .

كذلك فإن الماء من العوامل المهمة التي تحدد وتقيد إنتاج المحاصيل في العديد من الأماكن في العالم، وخصوصاً في منطقة صحراوية مثل المملكة العربية السعودية وباقي دول الخليج العربي، كما أنه ضروري للصناعة ولاستيطان الإنسان، من هنا كان ترشيد استخدام الماء في الزراعة يتطلب مراقبة مستمرة لنسبة رطوبة التربة، ويعد مقياس الرطوبة النيوتروني من الأجهزة المثالية لهذا الغرض، ويساعد على الاستغلال الأمثل لمصادر المياه المحدودة .

كما يمكن استعمال النظائر المشعة في دراسات كل من المياه السطحية وتحت السطحية من مثل قياس جريان الجداول والأنهار، وتحديد اتجاه حركة المياه تحت السطحية، وتسرب الماء من البحيرات والخزانات والأقنية، وفي معرفة حركة المياه في كل من البحيرات والخزانات، وغير ذلك بطرق سهلة وسريعة .

٧ – ١ – ١ تحسين البذور :

إن من المنطق أن يعمد الإنسان إلى تحسين محاصيله الزراعية كمًّا ونوعاً. ويحدث للنبات ولغيره من الأحياء طفرات آنية يفضل بعضها بعضاً في عدد من الصفات، ويمكن زيادة معدل الطفرات في النبات بالمعالجة الإشعاعية وبذلك يمكن اختيار أفضل تلك الطفرات صفات، وبالتالي يمكن إعداد البذور التي تنتج أفضل المحاصيل.

وفي الخمسين سنة الماضية أجريت عشرات الآلاف من التجارب التي استعمل فيها التشعيع بقصد إحداث طفرات في البذور تكسبها صفات مرغوبة لتحسين الإنتاج، ويستخدم لهذا الغرض الأشعة السينية أو أشعة جاما أو النيوترونات السريعة بالإضافة إلى العوامل الكيميائية، إلا أن طريقة التشعيع أعطت أعلى عدد من الطفرات المحسنة. ويقدر عدد أنواع الغلال الزراعية المنتجة بالطفرات المحدثة بما يزيد على ١٥٠٠ نوع حتى الآن مما يوفر الأموال الطائلة من الدخل سنويًّا للمزارعين (٢٥).

ومن أهم الصفات المرغوبة التي يمكن الحصول عليها بالتشعيع هي تحسين مقاومة النبات للأمراض وللطقس ولدرجة ملوحة المياه والتربة، وتحسين صفات البذور، وتغيير مدة النضج، وزيادة إنتاجية المحاصيل وغير ذلك.

ومن أمثلة النجاح في استحداث طفرات نباتية ذات مردود اقتصادي كبير النجاح الباهر الذي حققته باكستان سنة ١٩٨٣م في إحداث طفرة في بذور القطن أدت إلى تضاعف إنتاج ذلك المحصول في الباكستان، فبلغ عام ١٩٨٨ – ١٩٨٩م ما يزيد على ١٦٠٠ مليون دولار. وهناك ما يزيد على أربعين دولة في العالم تستخدم ما يزيد على ١٥٠٠ سلالة من الطفرات المحدثة في الغلال، وتسعين بالمائة من هذه الطفرات محدثة بالتشعيع، في حين أن ١٠٪ فقط منها محدثة بالطرق الكيميائية.

والجدول (٧ ـ ١) يبين بعض أنواع النباتات التي أحدثت فيها طفرات وراثية ذات مردود اقتصادي جيد والبلدان المستخدمة لتلك الطفرات .

٧ ـ ١ ـ ٢ مكافحة الحشرات:

جدول (٧ ـ ١) غلال نباتات أحدثت فيها طفرات وراثية ذات مردود اقتصادي جيد والبلدان المستغلة لها[٢٥].

الغلة	البلد المستغلة
شعير	ألمانيا، إنجلترا، تشيكوسلوفاكيا
فول وفاصوليا	أمريكا
ذرة	الهند
قطن	باكستان، الصين
الليمون الهندي (Grapefruit)	أمريكا
بازلاء	بولندا
قمح	كندا
أرز	أمريكا، باكستان، ساحل العاج، تايلند، أندونيسيا، الصين
سمسم	كوريا، الهند
قصب السكر	الهند
لمانة (Sunflower)	الاتحاد السوفيتي (سابقًا)، إيطاليا، فرنسا، ألمانيا، هنغاريا

تقوم بعض الحشرات بدور مهم في دعم التوازن البيئي، في حين يقوم البعض الآخر بإتلاف عدد من المحاصيل الزراعية المهمة، كما تقوم بعض الحشرات كالبعوض وذباب تسي تسي بنقل عدد من الأمراض المعدية[٢٤].

وتقدر خسارة العالم السنوية من المحاصيل الزراعية بسبب الحشرات بحوالي ١٠٪ من المحصول العام، وهذا يعادل محصول موسم كامل في أحد البلدان الكبرى كأمريكا أو الاتحاد السوفيتي[٢٤].

كذلك فإن استخدام المبيدات الكيميائية في الحد من الحشرات أدى في بعض الأحيان إلى تلوث البيئة وتسمم المحاصيل، و إلى اكتساب بعض الحشرات مقاومة لتلك المبيدات مما زاد في استخدامها، وأدى إلى بروز الحاجة لتقنية أخرى للحد من الحشرات. ومن التقنيات المقترحة لذلك استخدام الحشرات العقيمة. وتقضي هذه الطريقة بإنتاج الحشرات بأعداد كبيرة في حضانات خاصة، ثم تعقم جنسيًّا باستخدام أشعة جاما ثم تطلق بأعداد كبيرة في المنطقة المصابة، وعند تزاوجها مع مثيلاتها من الحشرات الموجودة أصلاً في المنطقة فإنها لا تعطي نسلاً.

وفي بعض الأحيان تخفض أعداد الحشرات المراد استئصالها من المنطقة المصابة بطريقة من الطرق التقليدية قبل إطلاق الحشرات العقيمة، وبهذا يمكن جعل نسبة الحشرات العقيمة إلى الحشرات الأصلية ـ غير العقيمة ـ عالية فيقل احتمال تزاوج حشرتين غير عقيمتين مما يؤدي إلى استئصال تلك الحشرات من المنطقة المعالجة بعد فترات متعاقبة من استعمال هذه الطريقة.

ومن الأمثلة المعروفة في ذلك المجال ذباب الفاكهة، وهو من الحشرات التي تهاجم معظم أنواع الفاكهة، وهي أنواع مختلفة، يقوم كل منها بإتلاف نوع أو أكثر من الفاكهة، كما تُمنَع الدول المصابة من تصدير فاكهتها إلى خارج حدودها، وقد أمكن استئصال ذباب فاكهة البحر المتوسط من المكسيك وذباب البطيخ من أوكناوى باستخدام تقنية الحشرات العقيمة، كما استؤصلت بنفس الطريقة عدة أنواع من ذباب الفاكهة في أمريكا.

وذباب تسي تسي يسبب مرض (Nagana) في الأنعام، ومرض النوم في الإنسان. وقد أدت هذه الحشرات إلى منع السكنى والتطوير في مناطق واسعة من أفريقيا. وقد أمكن استئصال أحد أصناف هذا الذباب من أحد أجزاء نيجيريا، وثلاثة أصناف أخرى في بوركينا فاسو باستخدام تقنية الحشرات العقيمة.

يبين الجدول (٧ ــ ٢) الحشرات والقــوارض التي استخـدمت معهــا تقنيـة الحشرات العقيمة في الماضي والحاضر في عدد من البلدان .

جدول(٧ ـ ٢) بعض الحشرات التي عولجت بتقنية الحشرات العقيمة[٢٥].

الحشـــــرات	الاستخدام الماضي	الاستخدام الحالي
الذباب الحافر (النغص)	كوراكو، أمريكا، المكسيك، بويرتو ريكو	غواتيمالا، جزر البليار، ليبيا.
ذبابة المتوسط	إيطاليا(ت)، بيرو (ت)، المكسيك	غواتيمالا
ذباب البطيخ	اليابان (ت)، هاواي (ت)، هولندا (ت)	اليابان
ذباب البصل	هولندا (ت)	هولندا
ذباب الفاكهة المكسيكي	أمريكا، المكسيك (ت)	أمريكا، المكسيك
ذبابة فاكهة الكرز	سويسرا (ت)	
أنواع أخرى من ذباب الفاكهة		عدة دول (ت)
ذباب تسي تسي	تنزانيا (ت)، نيجريا (ت)	نجيريا
ذباب تسي تسي ٤ أصناف	بوركينافاسو	

(ت) تعني تجريبي

٧ ـ ١ ـ ٣ حفظ الأغذية:

تقدر نسبة خسـارة المواد الغذائية بسبب الفساد الذي تلحقـه بها الميكروبات والآفات بحـوالي ٢٥٪ إلى ٣٠٪[٢٤]. ومعظم هـذه الخسارة تحدث في البلـدان النامية حيث الحاجة الأكبر لهذه المواد، وهذه المشكلة ليست وليدة الساعة، بل ترجع إلى آلاف السنين، وربما منذ زمن آدم عليه السـلام. وقد طورت طرق عدة لحفظ الأغذية منذ زمن بعيد، ومن أوائل هذه الطرق التي استخدمت التجفيف بالشمس، والتمليح، والتدخين، والتعليب، والتجميد، والتسخين، وإضافة

المواد الكيماوية[٢٦]. وآخر هذه الطرق التشعيع حيث يعرض الغذاء لجرعة محددة من الإشعاع الذري.

ومع أن هذه الطريقة حديثة نسبيًا إلا أنها درست بشكل مستفيض لمدة تزيد على ٤٠ عاماً. وأثبت البحث أنه ليس هناك آثار ضارة من استهلاك المواد الغذائية المعالجة بالإشعاع كما تذكر الوكالة الدولية للطاقة الذرية[٢٥]. وتزيد الوكالة على ذلك فتقول «لقد ثبت أن طريقة حفظ الأغذية بالتشعيع تفضل الطرق البديلة كثيراً في العديد من الأغذية وتعدها أكبر تطبيقات الإشعاع فائدة للإنسان.

ومن المشاكل التي تعترض استخدام تقنية حفظ الأغذية بالتشعيع أن بعض الناس يتخوفون من استهلاك الغذاء المعالج بالإشعاع، وبعضهم يخلط بين التلوث الإشعاعي ومعالجة المواد الغذائية بالإشعاع. والحقيقة أن أشعة جاما هي التي تستخدم في معالجة المواد الغذائية، وهي من الموجات الكهرومغناطيسية التي لا تلوث المواد أيًّا كانت، لأنها طاقة موجية، مع أن لها القدرة على إحداث بعض التغيير في التركيب الكيميائي للمواد الغذائية وغيرها [وهذا ما يتخوف منه بعض العلماء حذراً أن تكون له آثار بعيدة غير معروفة]، أما التلوث الإشعاعي للمواد الغذائية وغيرها فيحدث نتيجة اختلاط المادة المشعة بغيرها من المواد فتلوثها كما حدث في حادث مفاعل تشرنوبل حيث انتشرت المادة المشعة من قلب المفاعل الذري إلى المحيط الخارجي، فلوثت الهواء والماء والنبات والحيوان والإنسان والتربة. والمشكلة الثانية أن بعض المواد الغذائية يتغير طعمها عندما تتعرض لجرع عالية من الإشعاع مما يحد من استخدام تلك التقنية بقدر ملحوظ.

جدول (٧ - ٣) أمثلة المواد الغذائية المصرح بمعالجتها بالإشعاع في بعض الأقطار (٢٠، ٢٥)

الدولة	المواد الغذائية المصرحة
الأرجنتين	البهارات، السبيناغ
الدنمارك، فنلندا	البهارات
فرنسا	البهارات، الخضراوات الموسمية، الدجاج بدون عظم
الهند	البهارات، البصل
اليابان	البطاطس
أمريكا	البهارات
الاتحاد السوفيتي (سابقاً)	البطاطس، البصل، الحبوب، الفواكه، الخضراوات الطازجة والمجففة، اللحم ومنتجاته، الدجاج بدون عظم.

ومع هذا، فهناك ثلاثة وثلاثون دولة لديها تجهيزات تشعيع تجارية لمعالجة المنتجات الغذائية، منها أربع وعشرون دولة تستخدم هذه التجهيزات فعلاً في معالجة المواد الغذائية ومركباتها على نطاق تجاري، كما أن هناك سبعاً وثلاثين حكومة سمحت باستهلاك نوع أو أكثر من المواد الغذائية المعالجة بالإشعاع[٢٠]. والجدول (٧ - ٣) يبين بعض تلك الأقطار والمواد الغذائية المصرح بمعالجتها تجاريًّا بالإشعاع، وهناك ثلاثة تطبيقات مختلفة لمعالجة المواد الغذائية بالإشعاع وهي:

١ - إمكانية إطالة عمر التخزين لمنتجات نباتية كالبطاطا والبصل إذا أمكن منعها من التبرعم.

٢ - إمكانية تخزين كل من الحبوب والطحين والفواكه الطازجة والمجففة لمدد طويلة دون أن تتعرض للغزو من قبل الحشرات، ويمكن قتل الحشرات أو - على الأقل - إعقامها جنسيًّا لمنعها من التكاثر بمعالجة تلك المواد بالإشعاع قبل تخزينها.

٣ - يمكن خزن اللحم والدواجن والأسماك والمواد الأخرى الشديدة القابلية للتعفن ـ بلا حدود، وكذلك بدون تبريد إذا ما عقم عفن البكتريا والخمائر التي تلوثها طبيعيًّا، وتتم الطريقة بتعبئة الطعام في أوان بلاستيكية، ومن ثمَّ تعرض إلى جرعة كبيرة من الإشعاع وحينئذ يمكن حفظ الغذاء لمدة غير محدودة زمنيًّا دون الحاجة إلى التبريد.

٧ - ٢ الإشعاع الذري في الصناعة :

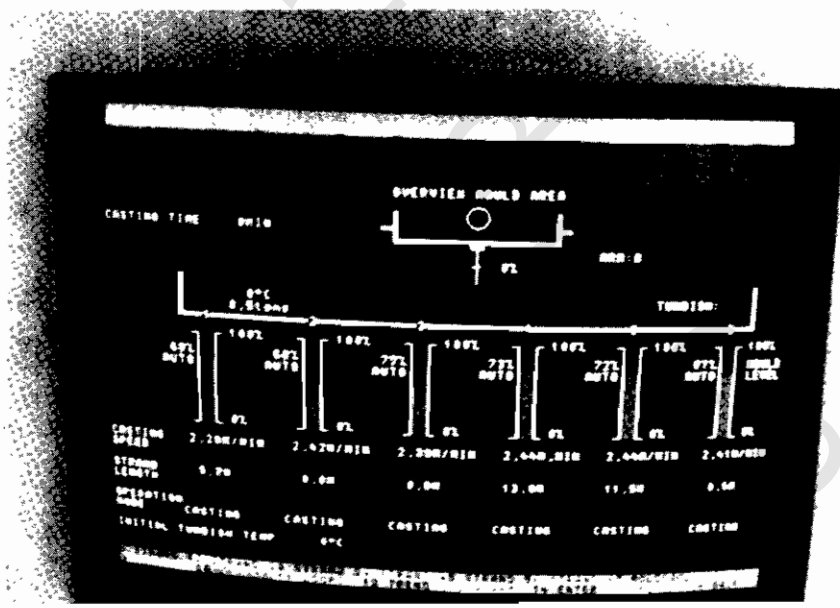
هناك العديد من التطبيقات المفيدة للإشعاع والنظائر المشعة في الصناعة، فهي تستخدم اليوم في كل الصناعات تقريباً، فالنظائر التتبعية تستعمل على نطاق واسع في مراقبة العمليات مثل التهوية والمزج والجريان والتسرب، وهناك العديد من الأجهزة التي تستخدم الإشعاع في قياس سمك وكثافة وأطوال المنتجات خلال عمليات التصنيع، كما تستخدم النظائر المشعة كمصادر للطاقة كما في المنابع الضوئية المستخدمة في بعض الساعات، وكذلك البطاريات الذرية. وتستخدم كذلك في أجهزة الكشف عن الدخان في المصانع والمحال التجارية والمساكن، ويستخدم الإشعاع في تحسين خصائص الكثير من المواد بمجرد تعريضها له.

٧ - ٢ - ١ متابعة العمليات باستخدام النظائر المشعة :

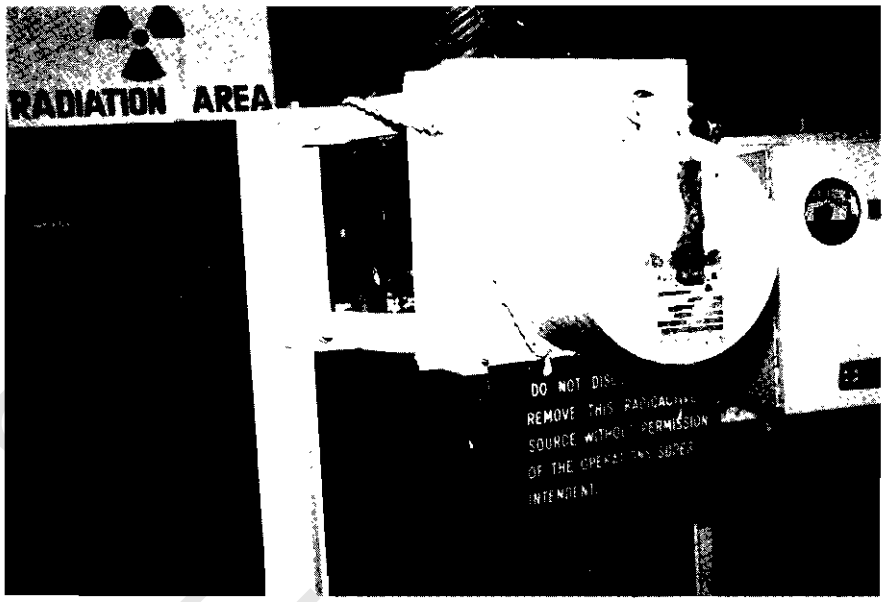
تعتمد هذه الطريقة على إضافة كميات صغيرة من النظائر المشعة إلى المواد الخاضعة لعملية ما، أو قذف تلك المواد بالإشعاع لتصبح مشعة في ذاتها، ثم يُتتبع سير إشعاع هذه النظائر عن بعد بواسطة الأجهزة المناسبة.

وهناك شريحة عريضة من الصناعات المختلفة التي تستخدم تقنية النظائر التتبعية. ومن هذه صناعات الورق، والحديد، والنفط، والغاز الطبيعي، والفحم الحجري، والبتروكيماويات، والإسمنت والزجاج، ومواد البناء، ومعالجة الخامات وغيرها[٢٥].

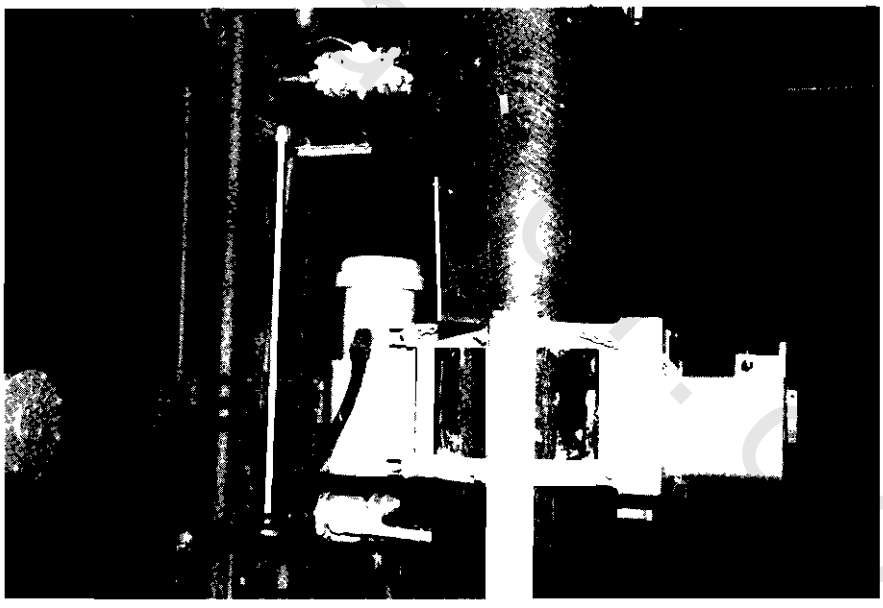
لوحة (٧ - ١) الحديد المنصهر يصب في الأنابيب المخصصة لنقله، ويوجد على جانبي كل أنبوب مصدر مشع وكاشف إشعاعي [غير واضح في الصورة] يقيس معدل جريان الحديد المنصهر ويرسل قراءته إلى غرفة التحكم للتأكد بعدم انسداد الأنبوب خلال جريان الحديد المنصهر. (مع الشكر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).



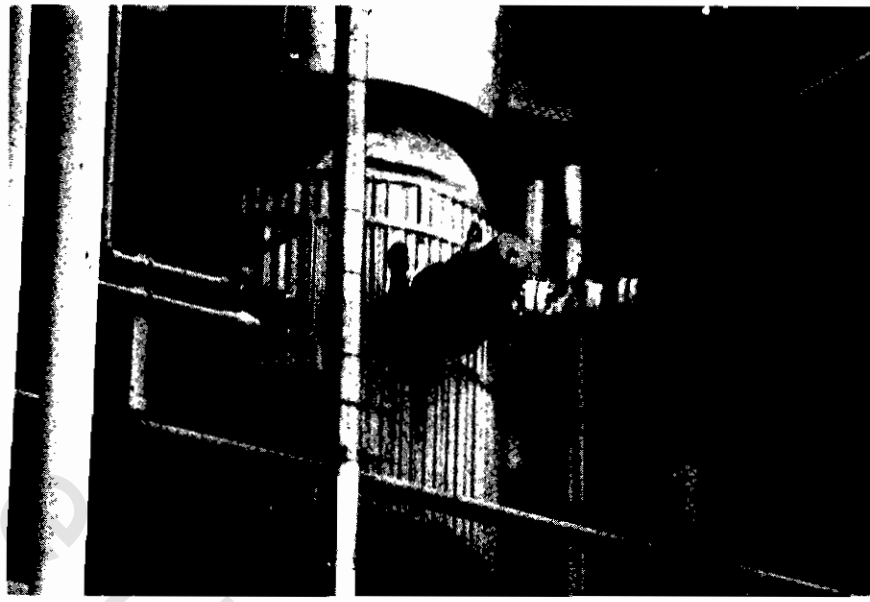
لوحة (٧ - ٢) قراءات معدل جريان الحديد المنصهر كما تبدو على شاشة الحاسوب. (مع الشكر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).



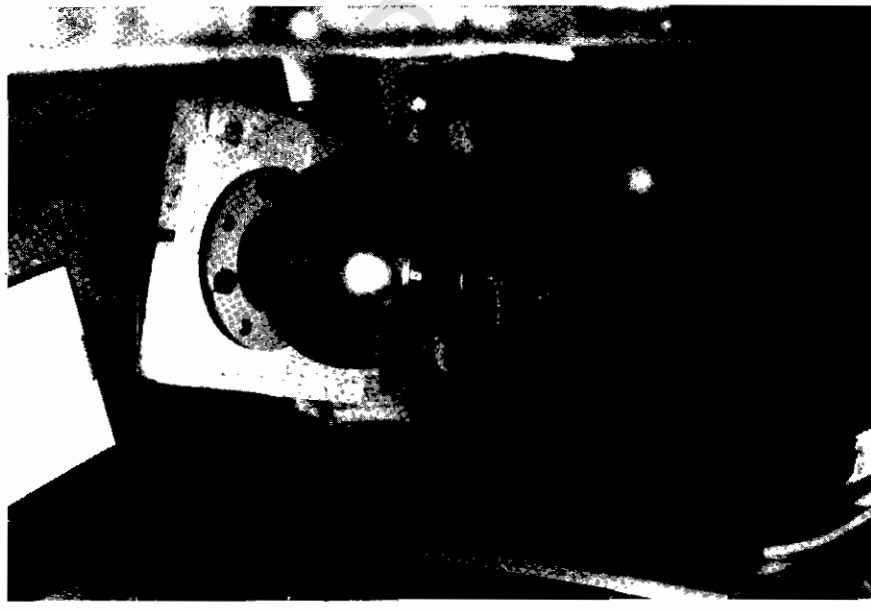
لوحة (٧ – ٣)مصدر مشع بحاويته مثبت خارج أنبـوبة تحمل سائل حمضيًّا في مصنع لشركة صدف. (مع الشكر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).



لوحة (٧ – ٤) المصدر المشع والكاشف الإشعاعي في الجهة المقابلة، والذي يقوم بقياس كثافة السائل المار بالأنبـوب، ويعطي إشارات لتعـديل هذه الكثـافة آليًّـا عن طريق إضـافة الماء. (مع الشكـر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).



لوحة (٧ – ٥) مصدر مشع في حاويته يستخدم في قياس المستوى في خزان للمواد الكيماوية السائلة في مصنع شركة بتروكيميا بالجبيل ويقوم الكاشف الإشعاعي (الذي لا تظهره الصورة كونه مثبتاً في الجهة المقابلة) بقياس المستوى وإعطاء إشارات بذلك إلى غرفة التحكم بالمصنع. (مع الشكر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).



لوحة (٧ – ٦) بعض المصادر المشعة في حاويتها بمصنع حديد بالجبيل. (مع الشكر لمصانع سابك الجبيل، السعودية، وللمصور عبد الله بشراوي).

فالإشعاع يستخدم في مراقبة بعض العمليات لمعرفة معدل الجريان وسرعته، وعمليات مزج كل من السوائل والغازات والمواد الصلبة لمتابعة عملية المزج ومعرفة مدتها، وكيفية الحصول على المزج الأمثل.

ولقد تمت زيارة بعض مصانع الجبيل للتعرف ـ عن قرب ـ على تطبيقات التقانة النووية فيها، ولأخذ بعض الصور لها للاستشهاد بها في هذا الكتاب، فوجد أن استخدامها هناك واسع جدًّا، ففي مصنع حديد مثلا تستخدم النظائر المشعة في قياس معدل جريان الحديد المنصهر ـ بأنواعه: الخام، والمختزل، والصلب ـ في الأنابيب. أما في شركة كيميا فتستخدم النظائر المشعة في قياس مستوى المواد في الخزانات، وفي ايستشعار تصلب المادة في المفاعل. وفي شركة صدف يستخدم العديد من النظائر المشعة في مجالات مختلفة، فهي تستخدم في مصنع الملح لقياس تركيزه في الماء، وفي قياس معدل الجريان في الأنابيب، وفي قياس الكثافة والوزن خلال الإنتاج، كما تستخدم في قياس نسبة المعادن في المعدات التي تصل المصنع للتأكد من جودتها، وفي مصنع الصودا الكاوية تستخدم النظائر المشعة لقياس درجة الحموضة والتحكم الآلي فيها. أما في مصنع البيوتين في شركة بتروكيميا فتستخدم النظائر المشعة في قياس مستوى المواد في الخزانات.

وأيضًا تستعمل النظائر المشعة في مجالات الصيانة للكشف عن تسرب الغازات والسوائل، وفي البحث عن مواطن العطل، وفي دراسة ظاهرة التآكل أو البلى [كما في تآكل المكائن وغيرها من المعدات]، وفي دراسات التزليق [تخفيف الاحتكاك]. ولقد أمكن توفير الكثير من المال والوقت ـ على سبيل المثال ـ في دراسة تآكل أجزاء المكائن وذلك بقذفها بالنيوترونات لتصبح مشعة بذاتها ومن

ثم معرفة ما يتآكل من سطوحها عن طريق قياس شدة النشاط الإشعاعي في الزيوت المستخدمة فيها .

وعمومًا يمكن القول إن تقنية النظائر المشعة تستخدمة اليوم في مختلف الصناعات ، وفي مجالات متنوعة ، لرفع كفاءة العمليات ، ولتوفير كل من الوقت والجهد والمواد الأولية ، ولتقليل الزمن الضائع في إصلاح عطل المعدات ، وللتمكين من تطوير العمل .

٧ ـ ٢ ـ ٢ الأجهزة ذات النظائر المشعة:

تستعمل مقاييس الثخانة والكثافة ، والمستوى والأطوال ذات النظائر المشعة في صناعة كل من الورق والبلاستيك والمعادن ، حيث يتم فحص هذه المواد عن بعد باستخدام الإشعاع دون أن يكون هناك تماس معها . وهذه من ميزات الطريقة وخصوصًا عند ارتفاع درجة حرارة المواد أو الضغط الذي عليها ، أو عند وجود مواد تسبب التآكل .

يستخدم مقياس الرطوبة النيوتروني في إنتاج كل من الزجاج والخرسانة ، وذلك لقياس نسب الرطوبة في الرمل ، كما طور مصدر للنيوترونات للكشف عن المتفجرات ولو كانت صغيرة ، وذلك بقياس الأشعة المنبعثة من ذرات النيتروجين عند أسرها للنيوترونات ، بسبب وجود النيتروجين في جميع المتفجرات ، ومن المزمع استخدام هذا الجهاز في فحص حقائب المسافرين في المطارات .

إنَّ الأجهزة الحديثة للكشف عن الدخان [والمستخدمة على نطاق واسع في المصانع والمحلات والمكاتب والفنادق والمساكن] مبنية أساسًا على الإشعاع

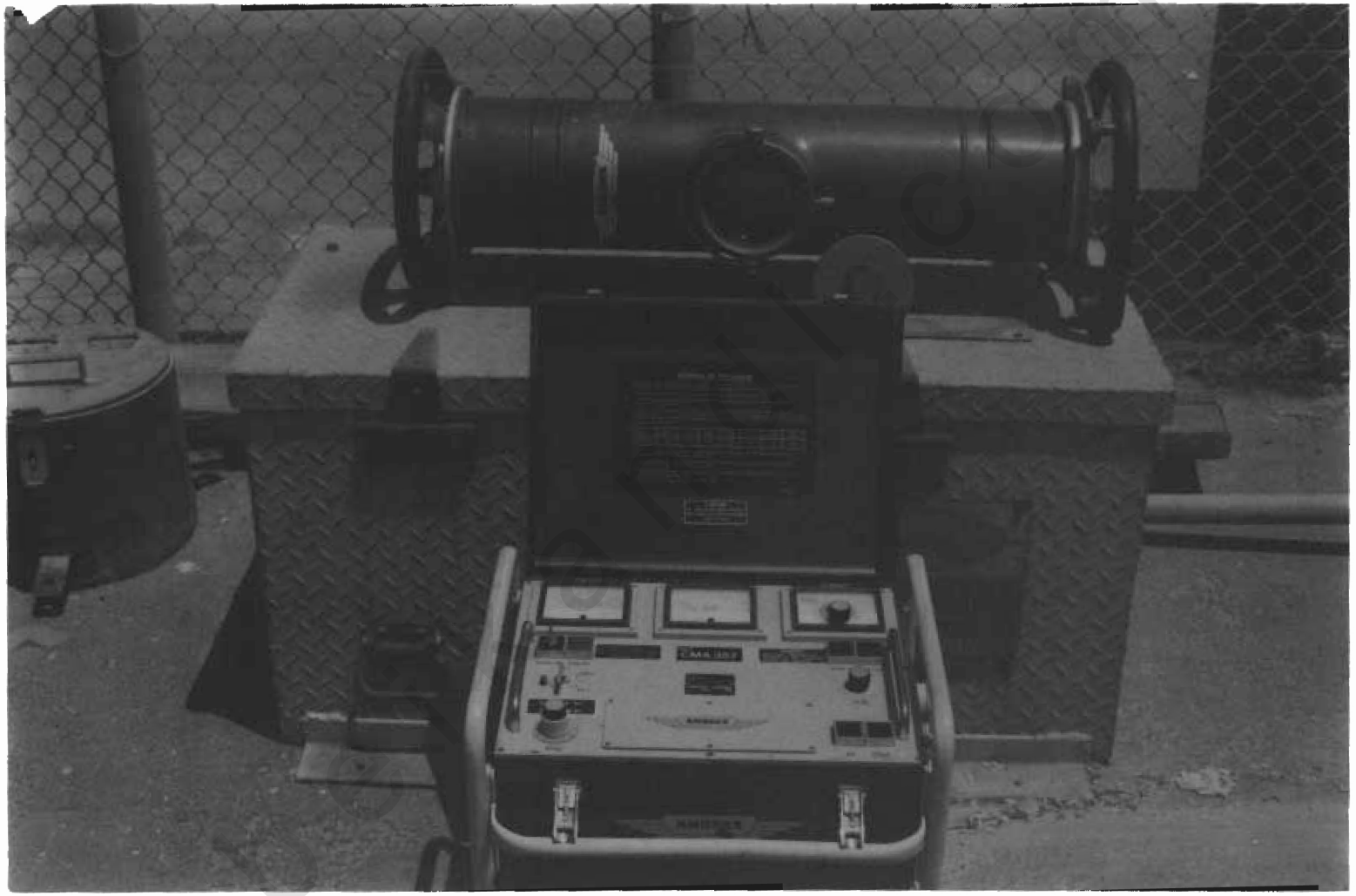
المنبعث من نظير مشع صغير مثل الثوريوم، حيث تولد جسيمات ألفا المنبعثة من هذا المصدر تيارًا كهربيًا مستمرًا في حجرة تأين صغيرة، فتمسك ذرات الدخان عند وجودها بالإلكترونات المتولدة في حجرة التأين نتيجة جسيمات ألفا مما يقلل التيار الكهربي وهذا التغير في التيار هو الذي يقدح إنذار وجود الدخان. وتمتاز هذه الأجهزة بحساسيتها العالية فهي تستطيع الكشف عن كميات صغيرة جدًا من الدخان، وقد بدأ حديثًا استخدام غاز «الكربتون ـ ٨٥» المشع في هذه الأجهزة لكونه غازًا يزول بسرعة في حالة تلف الجهاز، ولا يضر بالصحة.

والمينا في بعض أنواع من الساعات مضيئة، ومصدر هذه الإضاءة كمية ضئيلة من نظير مشع «كالراديوم ـ ٢٢٦» الذي يخلط مع مادة وميضية، وقد استبدل هذا المصدر الطبيعي المشع بمصادر مصنعة مثل التريتيوم حيث تقل المخاطر الإشعاعية إلى الصفر تقريبًا. كما تستخدم مثل هذه المصادر في أجهزة الملاحة وفي إشارات مخارج النجاة من الحريق، وفي قاعات الاجتماعات.

وتستعمل مصادر مشعة أكثر شدة بكثير لصنع بطاريات ذرية تدوم طويلاً، حيث أمكن الحصول على بطاريات ذات قدرات فائقة [تزيد على مئات الواطات]، وتعمل على مدى سنين عديدة دون الحاجة لأية صيانة، وجدت لها تطبيقات كثيرة فهي تركب مثلاً في الأقمار الصناعية، وتقوم محطات الإرصاد الجوية في المناطق النائية ببث المعلومات التي تجمعها آخذة الطاقة اللازمة لعملها من تلك البطاريات الذرية، وكذلك تستخدم بطاريات خفيفة الوزن [٣٠ ـ ١٠٠ غرام] من هذا النوع في تغذية منظم نبضات القلب الذي يزرع في الجسم وليبقى مدى الحياة في جسم المريض.

ولقد كان للتطور الذي حدث في أجهزة قياس الإشعاع الأثر الأكبر في اتساع

لوحة (٧ - ٧) جهاز لفحص اللحام لأنبوبة من الحديد بالتصوير الإشعاعي وذلك باستخدام مصدر مشع لجاما وفيلم.
وهذه من الفحوصات غير المتلفة. (مع الشكر لشركة أرامكو السعودية).



لوحة (٧ – ٨) جهاز أشعـة سينية يستخدم في الفحوصات غير المتلفة بـالتصوير السيني .
(مع الشكر لشركة أرامكو السعودية) .

نطاق استخدام الإشعاع في الصناعة، وفي غيرها من المجالات. ومن مزايا هذه التقنية[٢٥]:

١ - إمكانية إجراء القياس دون تماس مباشر مع المادة المقيسة، لأن الإشعاع له القدرة على اختراق المواد.

٢ - إمكانية إجراء القياس أثناء التشغيل وحركة المواد كما أن القياس غير متلف للمواد.

٣ - ثبات مصادر الأشعة، وعدم الحاجة إلا إلى القليل من الصيانة.

٤ - انخفاض نسبة كلفة أجهزة الإشعاع مقارنة بفوائد استخدامها.

٧ - ٢ - ٣ التصوير الإشعاعي:

إنَّ طريقة التصوير بالأشعة السينية أو أشعة جاما من الطرق المستخدمة بشكل رتيب في الفحوصات غير المتلفة مثل فحص كل من اللحام والسبائك والمكائن المركبة من مثل محركات الطائرات. وتمتاز المصادر المشعة المستخدمة في التصوير بعدم حاجتها لمصدر كهربائي، كما أن صغر حجمها يمكن من استخدامها في الأجزاء أو المكائن التي لا يمكن فحصها باستخدام أنابيب الأشعة السينية. ومن التطورات الحديثة في هذا المجال استخدام آلات تصوير تستطيع عمل صورة مباشرة بالأشعة السينية، أو أشعة جاما دون الحاجة إلى استخدام الفيلم الفوتوغرافي، ويستخدم الحاسب الآلي لتكوين الصورة المتكاملة. وميزة هذه الطريقة أنها تعطي الصورة بشكل مباشر دون الحاجة إلى المعالجة الكيماوية.

إن التصوير بالأشعة السينية أو أشعة جاما يعتمد على امتصاص هذه الأشعة. فكلما كانت المادة أكثر كثافة وسمكاً، كانت أكثر امتصاصاً للأشعة،

أما التصوير النيوتروني فيعتمد على مبدأ مختلف، فالنيوترونات تتفاعل مع نوى الذرات وتتفاوت درجة تفاعلها [سواءً بالإسر أو بالاستطارة المرنة أو غير المرنة] من عنصر لآخر، فبعض هذه العناصر تتفاعل مع النيوترونات البطيئة بشدة مما يمكن الكشف عنها بسهولة، بواسطة التصوير بالنيوترونات البطيئة حيث يمكن الحصول على مصادر النيوترونات للتصوير من المفاعلات الذرية ومن المسرعات، ومن مصادر النيوترونات المغلقة مثل نظائر «الكالفورنيوم ـ ٢٥٢» و «الأمريسيوم ـ ٢٤١/ بريليوم ـ ٩»، ومن التطبيقات المعتادة للتصوير بالنيوترونات فحص وقود المفاعلات الذرية، وفحص التآكل في أجزاء الطائرات.

إن وجود النظائر المشعة في العينات تمكن من معرفة توزيعها بأخذ صورة «جاما» لها بتقنية إشعاعية تدعى «التصوير الإشعاعي الذاتي» وتستعمل بكثرة في أبحاث الكائنات الحية [البيولوجية] وفي دراسة المعادن.

٧ – ٢ – ٤ الإشعاع الذري والتصنيع [٢٥]:

تستطيع الأشعة تحريض بعض التفاعلات الكيميائية، فيمكن مثلاً استعمالها في صناعة البلاستيك أو في تطعيم مواد أخرى بالبلاستيك في تصنيع بعض البوليمرات المتصالبة الروابط بشكل يمكنها من التقلص بالتسخين، وهي خاصية مرغوبة في بعض أغراض التغليف. ويستعمل التشعيع بحزم إلكترونية في معالجة السطوح في صناعة كل من الخشب والورق على نطاق واسع.

ويزداد معدل إنتاج الأسلاك والخطوط السلكية [الكابلات] ذات العازل المصنوع من مادة كلوريد الفنيل المتعددة (Polyvinylchlaride) المتصالب الروابط بتأثير الإشعاع، يوماً بعد يوم، ولهذا النوع من العوازل مقاومة كبيرة لكل من الحرارة والكيماويات والكهرباء، ولهذا يمكن تقليل سمكه، وهذه الأسلاك

تستخدم حاليًا في صناعة العربات، وفي الاتصالات، وفي صناعة ريادة الفضاء، وفي أجهزة المنزل الكهربائية. وهناك تطبيقات أخرى للإشعاع في صناعات أخرى مثل المطاط حيث يستخدم في فلكنة (Volcanization) صفائح المطاط المستخدمة في صنع عجلات السيارات، والمقصود بفلكنة المطاط هو ربط سلاسله الكيماوية بعضها ببعض.

لقد ابتدئ في بعض المدن استخدام الإشعاع بدلاً من الطرق الكيميائية [كاستخدام الكلور] في معالجة فضلات الإنسان (مياه المجاري) ثم استخدام الفضلات المعالجة بالإشعاع سماداً للزراعة، وفي تطور حديث وجد أن بالإمكان استخدام الإشعاع في معالجة غازات احتراق الوقود التقليدي للتقليل من تلوث البيئة.

إن اطلاق أكاسيد كل من النيتروجين والكبريت (NO_x و SO_2) إلى الجو من محطات الطاقة ومن المنشآت الصناعية المستخدمة للفحم الحجري أو النفط يعد أحد أهم مصادر تلوث البيئة وحدوث ظاهرة المدفأة النباتية والأمطار الحمضية وغيرها [انظر مبحث (٥ ـ ٤)]، وتعالج غازات نواتج الاحتراق تلك باستخدام حزمة إلكترونية تزيل بكفاءة أكاسيد كل من النيتروجين والكبريت في مرحلة واحدة محولة هذه الغازات السامة إلى نواتج ذات قيمة تجارية كأسمدة تستخدم في تحسين التربة الزراعية. وهذه هي الطريقة البديلة للطريقة الحالية في معالجة الغاز كيميائيًا لتحويله إلى نواتج غير ذات فائدة تجارية، بل وتشكل عبئاً في التخلص منها كفضلات.

٧ – ٣ الإشعاع الذري والبحث العلمي:

يمكن تقسيم البحوث العلمية إلى قسمين رئيسين هما : البحوث العلمية الأساسية، والبحوث العلمية التطبيقية، والأولى تهدف إلى التعرف على سنن الله في هذا الكون الفسيح من أصغر شيء وهي الذرات وحتى أكبر شيء وهي

المجرات. وليس بالضرورة أن يكون لهذه البحوث تطبيقات مرئية تهدف إليها، ولكنَّ التعرف على السنن الكونية غالباً ما يفتح الباب على مصراعيه لتطبيقات عملية لم تكن في الحسبان. أما البحوث التطبيقية فهي التي تهدف إلى حل بعض المشاكل التقنية أو تطوير تقنيات جديدة لأغراض محددة، وسنتحدث في هذا الباب عن هذين القسمين بإيجاز كما يلي :

٧ – ٣ – ١ الإشعاع الذري والبحوث العلمية الأساسية :

لقد كان للإشعاع والنظائر المشعة دور مهم في الاكتشافات العلمية الحديثة، وفي تقدم العلم. ومن الإنصاف القول إن التطورات الحديثة في علم الوراثة لم تكن لتبلغ ما بلغته لولا استعمال النظائر المشعة على نطاق واسع [٢٤].

يمكن تصنيع النظائر المشعة في مركبات كيميائية وبهذا تصبح مُرقَّمة أو مُعلَّمة، وعن طريق هذه النظائر المشعة يمكن متابعة التفاعلات ومعرفة ما يحدث للمركبات من تحلل أو تسرب للنواتج مثلاً، وهذه المعلومات ذات فائدة كبيرة في البحوث المتعلقة بالكائنات الحية [البيولوجية] وفي غيرها، فلقد أسهمت علوم الأحياء الإشعاعية في تطوير علم الوراثة، وقد كان للنظائر التتبعية دور في إثبات صحة نموذج واتسون كرك حول تركيب الـ (DNA) وهي المادة الحاملة للصفات الوراثية، كما تستخدم النظائر المشعة في الدراسات المعقدة المتعلقة بعمل المخ [٢٤].

لقد استحدث مجالان جديدان في علم الكيمياء بعد اكتشاف الإشعاع والنشاط الإشعاعي وهما مجال **الكيمياء الإشعاعية**؛ وهو العلم الذي يعالج تطبيقات النظائر المشعة في الكيمياء، ومجال **كيمياء التشعيع**؛ وهو العلم الذي يدرس آثار الإشعاع العالي الطاقة في المادة [٢٤].

ويستخدم الإشعاع على نطاق واسع في علم الفيزياء وخصوصاً في مجالي

الفيزياء النووية والفيزياء الذرية، ففي الفيزياء النووية يستخدم الإشعاع في التعرف على ماهية المادة وذلك بالبحث عن المركبات الأساسية غير القابلة للانقسام، والتي تتركب منها المادة، فبعد اكتشاف الذرة ومكوناتها من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات استطاع العلماء ـ بعد تطويرهم للمسرعات النووية ذات الطاقة العالية ـ تفكيك البروتونات والنيوترونات، وتمكنوا من اكتشاف جسيمات نووية جديدة. اكتشفوا منها إلى الآن حوالي ٣٠٠ نوع. ولا يزال العلماء يجدون كل عام عدة جسيمات جديدة أخرى (٢٧).

أما في مجال الفيزياء الذرية فلا تزال البحوث جارية منذ زمن في التعرف على تركيب الإلكترونات حول نوى الذرات المختلفة للعناصر والمركبات، وذلك باستخدام الإشعاع، ولهذه البحوث تطبيقات علمية وعملية كثيرة.

ويمكن القول إن الإشعاع قد دخل جميع المجالات العلمية تقريباً، وهو يعد من الأدوات العلمية التي لا غنى عنها في مجال البحث.

٧ – ٣ – ٢ الإشعاع الذري والبحوث التطبيقية :

إن الحديث عن البحوث التطبيقية للإشعاع متداخل مع استخدامات الإشعاع في المجالات الطبية والزراعية والصناعية المختلفة والتي تحدثنا عنها فيما سبق، لهذا سوف نركز الحديث هنا في مجالي البيئة وعلوم الأرض وهما من المجالات التي لم يسبق التعرض لها في هذا الكتاب من قبل.

وتلوث البيئة من أحد أهم مشاكل القرن العشرين التي لم تعد تشغل بال العلماء فحسب، بل أصبحت هاجس العامة في الكثير من البلدان المتقدمة صناعيًّا، وتكون لها أحزاب خاصة بها. وتحتاج هذه المشكلة إلى معالجة جذرية قبل أن يستفحل أمرها ويتسع الخرق، ولا بد في ذلك من تعرف ثلاثة أمور متعلقة بالمشكلة (٢٥):

- المقادير الدقيقة للتلوث وأماكن حدوثها .

- أسباب التلوث هل هي مباشرة أو غير مباشرة .

- المعالجة المناسبة لتجنب التلوث دون إحداث تأثيرات غير مرغوب فيها .

ويستطيع الإشعاع الإجابة عن السؤالين الأولين على الأقل في الكثير من الأحيان، فإمكانية الكشف عن الآثار القليلة من النظائر المشعة، واقتفاء مسارها يجعلها أدوات مثالية لتتبع التلوث في كل من الهواء والماء والتربة، وقد تحدثنا في باب الإشعاع والتصنيع عن إحدى الطرق التجريبية الناجحة في معالجة التلوث الناتج عن إحراق الوقود التقليدي في محطات الطاقة الكهربائية وتحويلها إلى مواد ذات فائدة اقتصادية .

يستخدم الإشعاع على نطاق واسع في مجال علوم الأرض في دراسة فيزيائية وكيميائية الغلاف الصخري للأرض . وفي الطبيعة تسعة عشر عنصراً لها خمسة وأربعون نظيراً مشعًّا، وهذه النظائر المشعة طبيعيًّا موجودة في الخامات المعدنية وفي صخور القشرة الأرضية، و يمكن استخدامها في تقدير العمر المطلق للصخور وللأرض، وفي معرفة مواصفات الخامات . ومن هذه العناصر اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم، وتستخدم تقنية قياس الإشعاع للنظائر الطبيعية المشعة بشكل رتيب في تقدير كميات الخامات المعدنية .

وتستخدم بعض النظائر المشعة طبيعيًّا في تقدير أعمار العينات، فمثلاً يتكون النظير المشع «الكربون ــ ١٤» باستمرار في الجو من جراء تفاعل النيوترونات في الأشعة الكونية مع نيتروجين طبقات الجو العليا حسب المعادلة التالية :

$$^{14}N + n \text{ ----------> } ^{14}C + p$$

وهذا الكربون المشع ــ والذي عمر نصفه ٥٧٣٠ سنة - يصل إلى طبقات الجو السفلى، وتأخذه النباتات الحية على شكل ثاني أوكسيد الكربون في عملية

التمثيل الضوئي . وبعد موت النبات يتوقف أخذ العنصر ويبدأ «الكربون - ١٤» في التحلل ولهذا كلما امتد الزمن بالنبات الميت كلما قلت إشعاعية النظير المشع «الكربون ١٤» فيه، ومن هذا يمكن قياس الفترة الزمنية التي انقضت على موت النبات التي تتراوح بين ألف وأربعة آلاف سنة . وهذه الطريقة تستخدم بشكل واسع في تقدير أعمار التربة، والترسبات البحرية، وأصداف الحيوانات، والأشجار والمواقع الأثرية، والعظام، والأقمشة [٢٥]، وهذه المعلومات لا تقدر بثمن بالنسبة لكل من علماء الأرض، وعلماء الآثار على حد سواء، وفي تجارة التحفيات واللوحات والآثار الفنية .