الفصل السابع

العثور على حجر الفلاسفة لنظائر

بذل الكيماويون الأقدمون الذين وضعوا حجر الأساس للعلم الحديث طاقتهم للعثور على حجر الفلاسفة الذى كانوا يعتبرونه مادة سحرية تحول المعادن إلى ذهب ، ولكنهم لم يعثروا عليه قط .

أما العلماء العصريون فلم يسيروا على نهجهم، وكانوا واقعيين، فعثروا على حجر الفلاسفة . إنه المفاعل النووى الذى يحول العناصر . وبطبيعة الحال لا تستعمل المفاعلات لصنع الذهب ، ولكنها تستعمل بانتظام لتغيير الذرات من نوع لآخر بل ولعمل ذرات جديدة أصلاً — أى عناصر لم تكن معروفة من قبل .

ويحدث هذا التحويل عن طريق إجراء عملية الانقسام فعندما يتفتت وقود ذرى يبعث حرارة يمكن الاستفادة منها فى استخراج القوى التى تستعمل فى كل الأغراض ، كما أنها تبعث النيوترونات التى تسبب التحويل . ولكونها غير مشحونة كهربائياً ، فإنها لا تطردها المركبات الأخرى الذرية المشحونة . وهى تخترق الذرات والنوى الذرية بسهولة ، وكثيراً ما تصل إلى نواة الذرة وتبقى هناك ، وعندئذ تتحول الذرة إلى نوع جديد وهو ما يسمى بالتحويل .

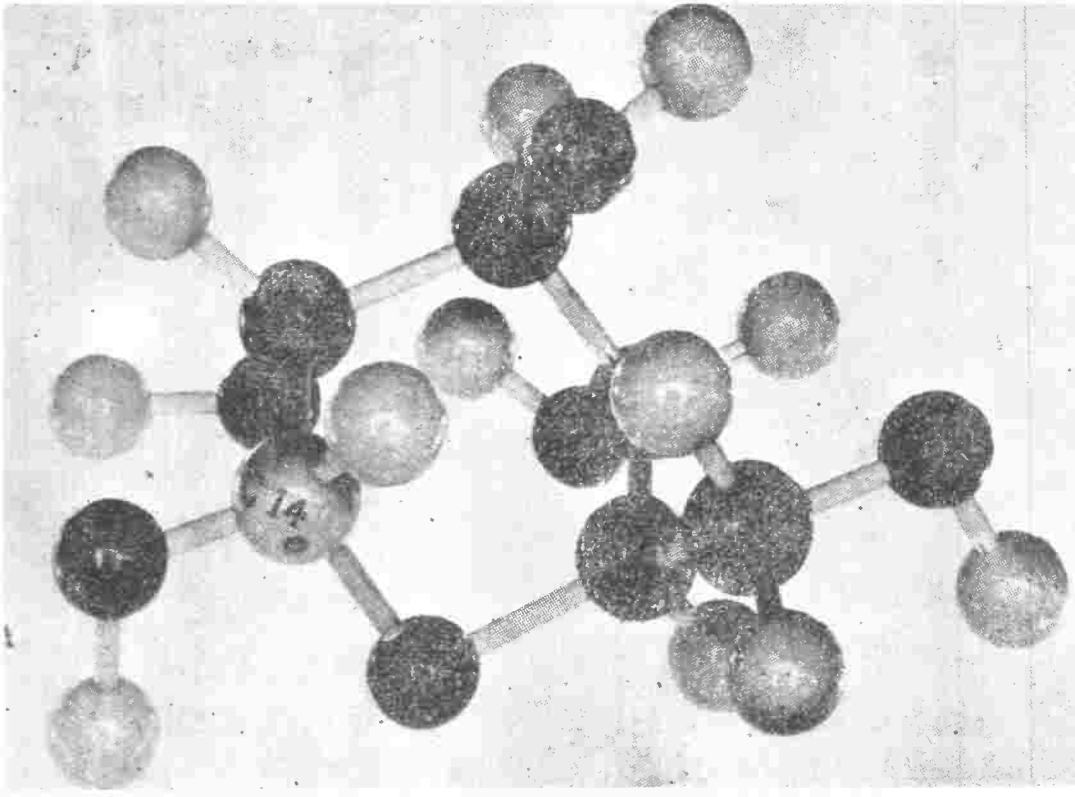
وعندما يدخل فى نواة الذرة نيوترون واحد أو اثنان لا تتحول الذرة إلى عنصر مختلف ، ولكنها تتحول إلى نظير مختلف من نفس العنصر الذى

كانت عليه . فالكوبلت ٦٠ ذو الفوائد الكثيرة يصنع بإضافة نيوترون واحد إلى نواة الكوبلت العادى ٥٩ . والإثنان من عنصر واحد طبيعياً وكيماوياً . ولكن الكوبلت ٦٠ يتميز بنيوترون زائد وبأنه مشع. والسبب فى أن كلاً من كوبلت ٥٩ وكوبلت ٦٠ من نفس العنصر ، هو أن العناصر لا تتحدد بعدد النيوترونات ، وإنما بعدد البروتورنات التى توجد بنوى ذراتها .

ولتحويل عنصر إلى عنصر آخر مختلف يجب تغيير عدد البروتونات ، والنيوترون يمكنه القيام بذلك بطريق غير مباشر . فعندما تمتص ذرة ما النيوترون لتصبح نظيراً مختلفاً ، فإنها تصبح أيضاً مشعة . وفى بعض الأحيان يكون معدل فقد الإشعاع سريعاً لدرجة أنها تفقد أو تأخذ بروتوناً فتكون عنصراً جديداً .

وهذا هو ما يحدث بالضبط فى حالة يو ٢٣٨ ، وهو النظير القريب لليورانيوم ، وهو غير قابل للانقسام . وعندما يوضع فى مفاعل ، فإنه يأخذ نيوتروناً ، ليصبح يو ٢٣٩ ، وهو نظير آخر من اليورانيوم . أما يو ٢٣٩ فهو نظير لا يعمر إلا لوقت قصير ؛ إذ يتحلل نصفه فى ٢٣ دقيقة . وهو يخرج إلكتروناً واحداً ويفقد نيوتروناً ويأخذ بروتوناً فى نواته ليصبح نبتونيوم ٢٣٩ (وهو عنصر صناعى غير معروف فى الطبيعة) . والنبتونيوم يتحلل بسرعة أيضاً إذ يتحلل نصفه فى ٢,٣ يوماً . وهو أيضاً يطرد إلكتروناً ويفقد نيوتروناً ويأخذ بروتوناً فى نواته ليصبح بلوتونيوم ٢٣٩ (وهو عنصر صناعى أيضاً) . ويتحلل البلوتونيوم ببطء شديد ، ولذا ، فإن النيوترون يحول اليورانيوم بطريق غير مباشر إلى بلوتونيوم .

وهذا يبين كيف تتحول العناصر داخل المفاعل . وفى حالة البلوتونيوم



(صورة رقم ١٧)

جزىء بالبطاقة ـ تمكن الكيماويون من وضع « بطاقة » على المركبات، وذلك باستبدال بعض ذراتها العادية بذرات مشعة وبهذا يمكنهم اقتفاء آثار ومن ثم حركة هذه الجزئيات المشعة (ذات البطاقة) من خلال العمليات الكيماوية ، والصورة تبين نموذج لجزىء من سكر الجليكوز يحتوى على نظير مشع هو الكربون ك ١٤ .

نجد أن العملية قد أنتجت عنصراً جديداً تماماً . وهو فى الوقت نفسه ذو فائدة كبيرة، لأن البلوتونيوم وقود ذرى قابل للانقسام: ويمكن صنع مئات من المواد المفيدة الأخرى بنفس الطريقة . وأعظم فائدة للمفاعل هى فى إمكانية صنع ذرات صناعية مشعة تقوم مقام حجر الفلاسفة .

وترجع الفائدة الكبيرة للنظائر المشعة لسببين :

فهى نظائر توائم للذرات العادية من نفس العنصر ومماثلة لها فى كل شىء سوى شىء هام ، وهى القدرة الإشعاعية . وعلى سبيل المثال ، فإن النظير المشع للكربون وهو كربون ١٤ لا يمكن تمييزه عن الكربون العادى ١٢ ، كيماوياً أو طبيعياً . فهو يشبه الكربون العادى فى كل صفاته . وكذلك الحال فى كل النظائر المشعة لكل العناصر الأخرى .

وهناك اختلاف فى الوزن بين نظائر العنصر بسبب اختلاف النيوترونات، وكذلك اختلاف بسيط فى ميزات أخرى كمدى السرعة التى يحدث فيها التفاعل الكيماوى . وكل هذه الفروق لا يمكن اكتشافها إلا بأدق الطرق ، مما لا يؤثر فى التجارب العادية . غير أنها تعتبر أساس الطرق التى بوساطتها تفصل النظائر من نفس العنصر عن بعضها .

أما السبب الثانى فى فائدة النظائر المشعة فهو فى قدرتها الإشعاعية ، وتلك أهم ميزاتها ، وتبعث النظائر بصفة مستمرة أجزاء ذرية من السهل اكتشافها . وعندما تتعرض هذه الأجزاء لفيلم فوتوغرافى تحدث علامة كما تحدث الكهرباء . وتسجل هذه الأجزاء بوساطة أجهزة كهربائية كعدادات جيجر والإلكتروسكوبات .

ويرجع الفضل فى سهولة معرفة الإشعاعات إلى هاتين الخاصتين

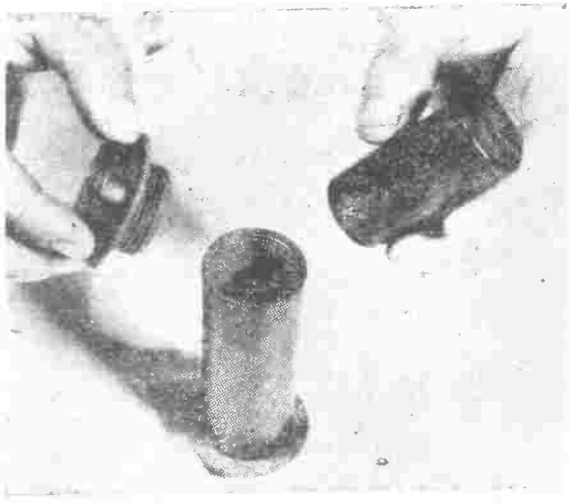
ولتشابهها بالعناصر العادية ، ولهذا يمكن أن تعتبر النظائر المشعة أحسن أداة كشافة . فبوساطتها يمكن تتبع سير أى مادة خلال الآلاف من الأميال ، وخلال أعماق المياه ، وخلال جميع أنواع التفاعل المعقدة .

ولنفرض أننا نريد معرفة ما يحدث لذرات الكربون فى السكر بعد تناوله فى الطعام ، وبعد كم من الوقت ترك المعدة ، ومتى وصل إلى الدورة الدموية ، وفى أى جزء من الجسم خرجت من الدم ؟ ومن الممكن حينئذ تحضير السكر ، بحيث تكون بعض ذراته من الكربون مشعة . وفى داخل الجسم يتبع الكربون المشع الكربون العادى ومن إشعاعه يمكن أن نعرف مصير الكربون العادى .

والإشعاعات لها قدرة فائقة على الاختراق . وطرق تبيانها أدق ملايين المرات من الطرق الأخرى . وليس من العسير تحديد نظير مخفف لدرجة كبيرة جداً تصل إلى ذرة واحدة مشعة لكل ١٠ مليون ذرة غير مشعة . وحتى فى الدرجات الأقل تركيزاً والتى تصل إلى واحد فى ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ليس من المستحيل اكتشافها . ويمكن معرفة وجود أوقية واحدة من السكر المشع إذا ما مزجت مع ١٠٠ مليون طن من السكر العادى .

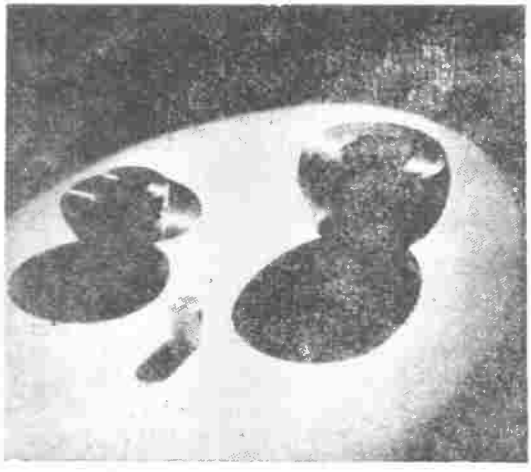
وقد صنعت النظائر المشعة واستعملت قبل العصر الذرى . وكانت تصنع (وما زالت) بمحطم ذرى ، مثل السيكلوترون . ولكن المحطم الذرى لا يمكنه أن يصنع إلا بعض أنواع من النظائر . ولا يمكنه عمل العديد منها فى وقت واحد . وهى عملية باهظة التكاليف لدرجة أن العلماء اقتصروا على إجرائها للبحوث فقط .

وحتى اكتشاف المفاعل النووى الذى يحول العناصر بسهولة



(صورة رقم ١٩)

لصنع مواد كيماوية مشعة من أجل استخدامها فى التجارب الكشافة توضع اسطوانه تحتوى على المادة فى حامل من الفيبر وترسل فى أنبوبة إلى الفرن الذرى بوساطة ضغط الهواء وحين عودتها تكون المادة قد أصبحت مشعة .



(صورة رقم ٢٠)

هذه الكابسولة من البلاتينام والايريديوم تحتوى على راديوم يزن $\frac{1}{2}$ من الأوقية ـ وتستخدم كمقياس عيارى لقياس الإشعاعات ـ وعند استخدامها توضع الكابسولة داخل كرة من البريليوم .

وبتكاليف زهيدة ، لم تكن النظائر متوفرة لاستعمالها فى الأغراض الكثيرة المستعملة حالياً .

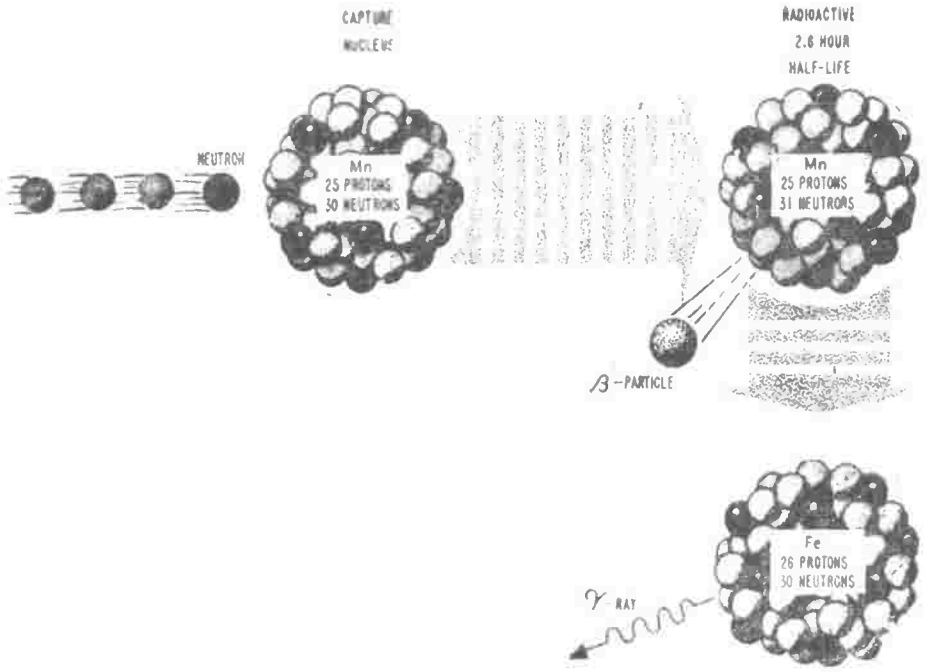
ويمكن صنع النظائر المشعة فى أى نوع من المفاعلات النووية . وكل ما تحتاجه هو فجوات تسمح بدخول المادة إلى قلب المفاعل وماكينات خاصة لإدخال المواد وإخراجها منه . ومعظم المفاعلات الكبيرة المصممة لإنتاج القوى الكهربائية لم تعدّ بهذه الكيفية . فالفجوات وإدخال المواد الغريبة إلى قلب المفاعل تتدخل فى عملية تشغيل القوى العالية . وتصنع النظائر فى مفاعلات مصممة لإجراء البحوث كمفاعلات معامل أوك ريدج ، وأرجون ، وبروكهافن .

وهاهى طريقة صنع « حجر الفلاسفة » : توضع المادة المراد إشعاعها فى علبة ثم تدفع إلى المفاعل وتترك إلى أن يتم تحويلها . ثم تؤخذ إلى وعاء معدنى ثقيل لوقاية العمال من الإشعاع . ويجرى كل ذلك بمنتهى العناية . وتقاس الإشعاعات باستمرار لمعرفة معدلها ، ويتم تناول المادة الساخنة بوساطة أدوات ذات مقابض طويلة أو بأجهزة تحكم دقيقة .

وأحياناً ، لا يجرى هذا العمل بالسرعة الكافية فكثيراً ما تنفتت نظائر مشعة ثمينة فى وقت قصير وتتحول إلى عناصر مختلفة تماماً فى بضع ساعات وربما دقائق .

فالنظير من الكربون « ك » مدة نصف عمره حوالى ٢٠ دقيقة ، بينما تطول مدة نصف عمر كربون « ١٤ » حوالى ٥٠٠٠ سنة .

ويمكن استعمال النظائر القصيرة العمر بإخراجها من المفاعل بطرق خاصة ثم نقلها للمعمل بسرعه فائقة . ويوجد ببعض المفاعلات أنابيب من



(صورة رقم ٢١)

السيمياء الحديثة — تحويل العناصر أصبحت عملية روتينية داخل الفرن الذرى وهذا الشكل يبين كيفية تحويل المنجنيز إلى حديد ، فإذا ما أمسكت ذرة منجنيز بنيوترون من التفاعل الذرى تحولت إلى نظير آخر من المنجنيز هو « من ٥٦ » Mn 56 ، وهو نظير مشع يتحلل بسرعة فتخرج منه دقيقة بيتا Beta particle أو الكترون وفى نفس الوقت تكتسب بروتوناً وتفقد نيوتروناً فتتحول إلى حديد وهو الحديد المشع Fe 56 الذى تنبعث من أشعة جاما ولكنه يحتفظ بخاصته الإشعاعية لمدة طويلة — وبعملية مشابهة لهذه يتحول اليورانيوم إلى العنصر الصناعى بلوتونيوم .

الغاز المضغوط ، وتدفع هذه الأنابيب المادة إلى المفاعل لتعريضها للإشعاع ثم إعادتها لاستعمالها مباشرة فى التجارب .

ويجب استعمال النظائر التى تحتفظ بقوتها لبضع ساعات فقط فى المعامل التى تلحق بالمفاعل . ولهذا تطلب المستشفيات الكبيرة فى الجامعات مفاعلات صغيرة لاستعمالها فى مقارها .

والنظائر التى تعيش طويلاً وتحتفظ بنشاطها لعدة أيام أو أكثر ، هى التى تستعمل الآن بكثرة . وترسل بالبريد أو القطار إلى المعامل والمدارس والشركات فى جميع أنحاء العالم ، وعليها العلامة المميزة ذات اللون البرتقالى . وسنقص عليك فى الفصول الأربعة التالية بعض عجائب هذه النظائر والأغراض المفيدة التى تستعمل من أجلها .