الفصل الرابع

نتائج وتطبيقات

لقد ترتب على كون الذرة عالما شمسيا أشياء غاية فى الأهمية والغرابة فما دامت ذرات جميع العناصر تشترك فى هيكل التكوين العام ، ومادامت لبنات البناء فى الذرات واحدة ــ وهى البروتون والالكترون والنيوترون ــ فمن الطبيعى أن يجرى التفكير فى اعادة تشكيل بناء ذرات العناصر الرخيصة ، وخاصة المتوفرة بكثرة فى الطبيعة ، لتصبح عناصر أخرى أهم وأثمن .

وما دامت المادة والطاقة صورتان لشىء واحد ، وأنه يمكن تحويل قدر ضئيل من المادة الى طاقة هائلة ، فان الكيمياء النووية تفتح بذلك آفاقا واسعة للحصول على طاقة وفيرة رخيصة ، وهو الحلم الذى ظل يداعب خيال البشرية منذ أمد طويل .

وفى هذا الفصل نعرض لمحات سريعة لبعض التطبيقات العملية التى ترتبت على النظرية الذرية التى تقرر أن الذرة عالم شمسى وذلك فى مجالات رئيسية ثلاثة هى : الارتقاء بالعناصر ، والطاقة الذرية ، ثم استخدامات الذرة فى خدمة الانسان .

وسوف نكتفى بكتابة المعادلات النووية فى أبسط صورها حتى لا نسبب ازعاجا لبعض القراء الذين لا يهمهم الدخول فى تفصيلاتها ، والتى سوف يجدها من يهمه الأمر فى الملحق الخاص بذلك فى نهاية هذا الكتاب.

* *

الارتقاء بالعنـاصر

حاول العلماء السير فى هذا السبيل باستخدام وسائل تتلخص فى ضرب نواة العنصر بالبروتون أو النيوترون أو بتعريضه لاشعاعات ألفا أو بيتا وكذلك باستخدام طرق أخرى مماثلة .

وتبدأ عملية الضرب بعد اعطاء الجسيم الضارب طاقة حركة مناسبة تقدر بالالكترون فولت (١) .

وقد وجـد فى بعض الحالات ان الضرب بالجسيم البطىء ـ مثـل النيترون البطىء ـ قد يكون أكثر فاعلية فى عملية التحول النووى من الضرب بالجسيمات السريعة . وتتم عملية الابطاء بامرار هذه النيوترونات فى ستائر من الماء الثقيل أو البرافين .

*

ولقد ظهرت أول نتيجة ناجحة لمحاولات تحـويل العناصر عام ١٩١٩ عندما نجح رذرفورد فى الحصول على أول تحول نووى صناعى ، وذلك بتحويل ذرات النتروجين الى ذرات أوكسجين بعد قذفها بجسيمات ألفا . وذرة الاوكسجين المتكونة هى نظير نادر للاوكسجين الطبيعى عدده الكتلى ١٧ وقد اسفرت هذه العملية عن تحرير بروتون :

نتروجين + ألفا ← أوكسجين + بروتون .. ... (١)

وهناك تفاعل نووى هام حدث عام ١٩٣٢ على يد شادويك وجوليو وزوجته ايرين كيرى أدى الى اكتشاف النيترون .

---

(١) يعرف الالكترون فولت بأنه طاقة الحركة التى يكتسبها جسيم ذى شحنة كهربية أولية ـ مثل الالكترون ـ اذا تعرض لفرق جهد كهربى قدره واحد فولت . وبالمثل يكون المليون الكترون فولت هو طاقة الحركة التى يكتسبها هذا الجسيم عندما يتعرض لفرق جهد كهربى قدره مليون فولت .

فقد تحول عنصر البريليوم الى عنصر الكربون بعد قذفه بجسيم الفا مع تحرير نيوترون :

بريليوم + الفا ← كربون + نيوترون ... ... (٢)

لقد شغل كيمياءو العرب القدامى أنفسهم زمنا طويلا بمحاولات الحصول على الذهب من معادن أخرى ، واختاروا الزئبق لهذه العملية فصاروا يوقدون عليه فى النار ليالى وأياما طويلة . والحق ان اختيارهم هذا فيه قدر كبير من التوفيق ، ذلك ان الزئبق يأتى فى الجدول الدورى للعناصر الذى لم يكن معروفا لديهم آنذاك ـ بعد الذهب مباشرة . ومع ان تجاربهم فى هذا السبيل لم تحقق نجاحا يذكر ، الا انها جديرة بالتسجيل اذ تمكن علماء اليوم فعلا من تحويل نظير الزئبق ١٩٨ الى ذهب ، بعدقذفه نيوترونات سريعة فتحول الى نظير آخر هو الزئبق ١٩٧ ثم تحول هذا الأخير الى ذهب مصحوبا بانطلاق جسيمات بيتا الموجبة أى البوزيترونات.

زئبق ١٩٨ + نيوترون ← زئبق ١٩٧ + ٢ بيوترون . (٣)

زئبق ١٩٧ ← ذهب ١٩٧ + بوزيترون ... (٤)

*

ولما كانت المواد المشعة اشعاعا طبيعيا لا تتوفر الا بكميات محدودة فقد اعتبر انتاج المواد المشعة صناعيا من أهم التطبيقات فى الطبيعة النووية.

ويعتبر الفوسفور المشع من أهم المواد المشعة صناعيا ويتم انتاجه بقذف ثانى كبريتيد الكربون بالنيوترونات فينتج الفسفور المشع الذى يبلغ نصف عمره ١٤٫٥ يوما وهى فترة طويلة نسبيا تسمح بالاستفادة منه ،

ثم لا تلبث ذراته ان تشع الكتروفات وتتحول ثانية الى ذرات الكبريت الأصلى :

كبريت + نيوترون ← فوسفور مشع + بروتون ... (٥)

فوسفور مشع ← كبريت + الكترون ... (٦)

ثم كان الشيء المثير حقا وهو تخليق عناصر فى المعمل لم يعثر عليها فى الطبيعة حيث تم الحصول على العنصرين أرقام ٩٥، ٩٩ فى الجدول الدورى وهما الامركيوم والكوريوم وذلك من اليورانيوم كالآتى :

بورانيوم ٢٣٨ + ألفا ← بلوتونيوم ٢٤١ + نيوترون ... (٧)

بلوتونيوم ٢٤١ ← أمركيوم + الكترون ... (٨)

وبهذا حصلنا على عنصر الامركيوم .

بلوتونيوم ٣٢٩ + ألفا ← كريوم + نيوترون ... (٩)

وبهذا حصلنا على عنصر الكوريوم .

* *

الطاقة الذرية

الانفلاق النووى والقنبلة الذرية :

رأينا فى التحولات النووية السابقة أن العنصر يمكنه أن يتحول الى عنصر آخر اذا تعرضت نواته للضرب بالنيوترون أو البروتون أو أشعة ألفا . ولكن عندما تعرضت نوى بعض العناصر الثقيلة للضرب فانها تنفلق وينتج عن ذلك تحول هذا العنصر الواحد الى عنصرين أو ثلاثة مع تحرير طاقة . ذلك أن القذيفة الضاربة سببت خروج جسيمات أخرى من نواة العنصر المضروب لها القدرة على الضرب ، وهذه بدورها تفعل نفس الشيء حتى يتهدم العنصر المضروب نتيجة لهذا التفاعل المتسلسل .

فقد اكتشف العالم الألمانى أوتوهان ومساعده شتراسمان عام ١٩٣٨ انه بقذوف نواة اليورانيوم ٢٣٥ بنيوترون فانها قد انفلقت الى جزئين وتنتج عن ذلك تكوين عنصرين آخرين هما السترونشيوم والزينون ، والأهم من ذلك انبعاث نيوترونات نشطة تسمح باجراء تفاعل متسلسل .

ويلاحظ ان اليورانيوم ٢٣٥ المستخدم فى هذه العملية هو نظير لليورانيوم الطبيعى ٢٣٨ ويتواجد فيه بنسبة ضئيلة تبلغ $٧/١٠٠٠$ ويستخلص منه بطرق صعبة وتكاليف باهظة :

بورانيوم ٢٣٥ + نيوترون ← سترونشيوم + زئبق + ٢ نيوترون ... (١٠)

ثم كان قذف البلوتونيوم بنيوترون بطىء ، فتحطمت ذراته وحدث تفاعل متسلسل حول هذا العنصر الى ثلاث عناصر أخرى مع حدوث نقص فى مجموع كتل ناتج التفاعل تحول الى طاقة حسب معادلة أينشتين :

بلوتونيوم + نيوترون ← باريوم + كريبتون + هيليوم + ٣ نيوترون + طاقة ... (١١)

وتحسب قيمة هذه الطاقة بمعرفة الفرق بين كتلة المادة الداخلة فى التفاعل والخارجة منه ــ وهى أقل ــ حسب معادلة أينشتين السابقة ..

ولا تخرج القنبلة الذرية عن كونها تفاعلا متسلسلا من هذا النوع يصاحبه انطلاق طاقة مروعة فى فترة زمنية قصيرة جدا .

*

الاندماج النووى والقنبلة الهيدروجينية :

أصبح معروفا ان الطاقة الهائلة التى تشعها النجوم ــ وشمسنا نجم منها ــ تنتج عن التفاعلات النووية التى تحدث فى جوفها . ولقد ظل مصدر

تلك الطاقة الاشعاعية لغزا لزمن طويل . ذلك ان شمسنا قد سطعت على الأرض بنفس الشدة تقريبا لمدة لا تقل عن ٢٠٠٠ مليون سنة ، ومع ذلك فانها لم تستنفذ كل طاقتها خلال ذلك الزمن السحيق .

ولقد جاء حل هذا اللغز فى أبحاث عدد من العلماء منهم العالم الالمانى بيته ، الذى نشر فى عام ١٩٣٨ بحثا لحساب الطاقة المنتجة فى الشمس ، وبين ان ذلك يحدث من جراء سلسلة من التفاعلات النووية التى تجرى فى قلب الشمس ، هذا الذى تبلغ درجة حرارته نحو ٢٠ مليون درجة مئوية .

*

وتقع هذه التفاعلات فى ست مراحل (١) ، تبدأ بتحول الكربون ١٢ العادى الى تروجين ١٣ الذى يتحول بعد أربع عمليات الى نيتروجين ١٥ ــ ثم تنتهى بتحــول هذا الأخير الى الكربون العــادى الذى بدأت به بالاضافة الى انتاج الهيليوم وطاقات الاشعاع . والخلاصة أن الايدروجين يتحول الى هليوم بالاحتراق النووى فى أجواف النجوم ، فتنطلق من هذه العملية الطاقات الهائلة التى تشعها الشمس والنجوم باستمرار .

*

واذا كان انفلاق ذرات العناصر الثقيلة ــ كاليورانيوم ــ قد انتج طاقة هائلة مع تخلق ذرات لعنصرين أو أكثر ، فماذا يكون الحال عندما تجمع ذرات العناصر الخفيفة لتندمج معا وتكون ذرات عناصر أثقل ؟

لقد أثبتت الدراسات والتجارب أن اندماج أربع ذرات هيدروجين ــ وهو العنصر رقم ١ فى قائمة ترتيب العناصر وفق أعدادها الذرية ــ ينتج عنه الهيليوم وهو العنصر رقم ٢ التالى له ، بالاضافة الى انطلاق طاقــة هائلة :

---

(١) تبين ذلك مجموعة المعادلات رقم (١٢) فى الملحق رقم (٢) بنهاية الكتاب .

٤ أيدروجين ← هيليوم + ٢ بوزيترون + اشعاع جاما ... ... (١٣)

وبحساب كتل المادة الداخلة فى التفاعل والخارجة منه يتبين وجود نقص فى الكتلة يتحول الى طاقة .

وكقاعدة فان الطاقة الناتجة من اندماع نوى العناصر الخفيفة ، تكون أكبر بكثير من تلك التى تنتج عن انفلاق نوى العناصر الثقيلة .

*

ان هذا هو الأساس الذى تقوم عليه صناعة القنابل الهيدروجينية وما فوقها ، لكن عملية اجبار ذرات الادروجين على الاندماج ليست بالأمر اليسير ، اذ يلزم لذلك طاقة هائلة . وهذه يمكن الحصول عليها من تفجير قنبلة ذرية حيث تبلغ درجة حرارة قلب الانفجار أكثر من مليون درجةمئوية وهى حرارة كافية لاشعال القنبلة الهيدروجينية .

واذا ما احيطت القنبلة الهيدروجينية باليورانيوم ٢٣٨ العادى ، والذى كان لاينفجر فى القنبلة الذرية ، فان الحرارةالعالية جدا للقنبلة الهيدروجينية تجعل هذا اليورانيوم الرخيص قابلا للتفاعل المتسلسل والانفجار فنحصل بذلك على القنبلة فوق الهيدروجينية .

*

ولو استعرضنا صورا من مختلف الطاقات التدميرية ، مقدرة بالطن من المواد شديدة الانفجار (الترينيترولين) ويرمز لها ت.ن.ت. ــ لوجدنا أن :

جميع المتفجرات التى انفجرت فى الحرب العالمية الثانية

= ٥ مليون طن ت.ن.ت

القنبلة الذرية الأولى على اليابان فى أغسطس ١٩٤٥
= ٢٠ ألف طن ت.ن.ت

قنبلة هيدروجينية (التجربة الامريكيـة ١٩٥٤)
= ١٥ مليون طن ت.ن.ت

قنبلة فوق هيدروجينية = ٥٠٠ مليون طن ت.ن.ت

*

ولكن : هل الطاقة الذرية ليست الا تدميرا ؟

كلا .. انها مثل اى طاقة فى متناول يد الانسان ، يستطيع ان يوجهها لخيره وخير الآخرين ، كما يستطيع ان يوجها لتدمير نفسه ، وقـد يدمر الآخرين .

بل ان الانسان ليستطيع بمعتقداته وسلوكه ــ بعيدا عن الذرةوطاقاتها ــ ان يضمن لنفسه مكانا فى الجحيم ، حيث يجد ما هو أفظع من القنابل الذرية والهيدروجينية ــ وذلك عندما يصر على التمرد على منهج خالقه ..

ان للطاقـة الذرية استخدامات كثيرة فى خدمـة الانسان وخاصة فى الأغراض السلمية .

* *

استخدام الذرة فى الأغراض السلمية

المفاعلات الذرية :

يعتبر المفاعل الذرى بوتقة هندسية ضخمة ، تجرى فيها التفاعـلات النووية المتسلسلة فتنتج طاقة كبيرة يمكن السيطرة عليها ، كمـا تستخدم المفاعلات فى انتاج النظائر المشعة ، وفى انتاج أنواع جديدة من الوقـود الذرى .

ومن حسن الحظ ، انه من الممكن احداث التفاعل المتسلسل فى اليورانيوم الطبيعى الذى هو عبارة عن مخلوط من اليورانيوم ٢٣٨ الوفير ونظيره اليورانيوم ٢٣٥ النادر .

وتوضع قطع اليورانيوم فى مادة مهدئة ، تبطىء من سرعة النيوترونات ويستخدم لذلك الماء الثقيل أو الجرافيت النقى .

وبعد أن يبدأ التفاعل المتسلسل تستقر درجة حرارة المفاعل عند حد معين يتوقف على حجمه وتصميمه الهندسى .

كما يمكن ادخال قضبان من مواد خاصة ــ مثل الكاديوم ــ من الخارج الى جوف هذا القرن الذرى ، فتعمل كمهدىء اضافى يسمح بالسيطرة على التفاعل وبالتالى يتحكم فى طاقته الحرارية .

ويمكن الاستفادة بالحرارة المتولدة ، فى توليد البخار من تيار ماء ، والذى يستخدم بعد ذلك فى تشغيل توربينة ، تدير مولدات كهربية .

كذلك يستخدم المفاعل فى تحويل اليورانيوم الطبيعى الى البلوتونيوم الذى يستخدم فى أعمال التفجير والأغراض الحربية .

ومن أهم استخدامات المفاعل لخدمة الانسان هو الاستفادة منه فى انتاج المواد المشعة صناعيا .

هذا ــ وقد بنى أول مفاعل ذرى فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٤٢ .

*

النظائر المشعة صناعيا :

لقد تطورت وسائل الحصول على النظائر المشعة ، الأمر الذى مكن من انتاج أنواع كثيرة منها بلغت أكثر من ١٠٠٠ نظير ، وفتح بذلك المجال واسعا لاستخدامها فى الصناعة والزراعة والطب والكيمياء والفيزياء فهى

تستخدم فى التعرف على العمليات الحيوية التى تجرى فى الانسان والحيوان والنبات ، وفى مقاومة الآفات وزيادة المحاصيل الزراعية ، وتحسين جودة الانتاج الصناعى ومراقبته ، وتشخيص الأمراض فى الجسم البشرى وخاصة الأورام الخبيثة وعلاجها .

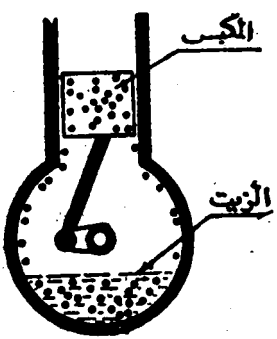
كذلك تستخدم النظائر المشعة فى تحديد أعمار التكوينات الجيولوجية وآثار الحضارات القديمة ، والشهب والنيازك القادمة من الفضاء .

وهناك الكثير من استخدامات المواد المشعة ، مما لا يتسع المجال لحصره هنا ونكتفى باعطاء فكرة مبسطة عن طرق استخدام بعض هذه المواد

*

فمثلا : يتناول الكائن الحى الكربون ١٢ الطبيعى ، كما يتناول بجانبه قدرا ضئيلا من نظيره الكربون المشع ١٤ ــ حتى اذا مات هذا الكائن فانه يتوقف عن تناول هذا العنصر بنوعيه ، ولا يلبث الكربون المشع ١٤ الموجود فى بقايا جسم الميت ان تتحلل ذراته . ولما كانت فترة نصف عمره معروفة ــ اذ تبلغ حوالى ٥٦٠٠ سنة ــ فانه يمكن تحديد العمر الذى انقضى على موت هذا الكائن عن طريق قياس مقدار الكربون ١٤ المشع المتبقى فى أجزاء معينة من جسمه .

ويمكن استخدام النظائر المشعة فى تحديد افضل انواع الزيوت التى تستخدم فى المحركات ويتم ذلك بجعل المكبس مشعا ــ بتعرضه لمصدر اشعاعات ــ ثم اعادة تركيبه فى المحرك فعندما يدور المحرك ويتحرك المكبس جيئة وذهابا فان بعضا من الصلب يتآكل وتختلط جزيئاته بالزيت الذى يصير مشعا نوعا ما .



استخدام النظائر المشعة فى اختبار جودة زيت المحرك

وللمفاضلة بين نوع من الزيت وآخر ، يقاس مقدار الاشعاع فى الزيت الذى اكتسبه من الجزيئات المتآكلة ، فكلما كان الزيت مشعا دل ذلك على زيادة التآكل وبالتالى قلة جودة الزيت المستخدم .

*

كذلك تستخدم النظائر المشعة فى تحديد أى الأجزاء من الكائن الحى يستقر فيها عنصر معين مثل الفوسفور ، وذلك بخلطه فى الطعام أو حقنه فى الجسم ثم قياس شدته وقد أصبح مؤكدا ان الفوسفور يستقر أساسا فى العظام وفى الكبد ثم الاسنان . ولما كانت كرات الدم الحمراء تتكون فى نخاع العظام فمن الواضح أن يكون الفوسفور ذا أثر فى تكوينها ، وبالتالى يمكن استخدامه فى تشخيص بعض الأمراض وعلاجها .

كذلك يستخدم اليود المشع فى التشخيص والعلاج اذ يتعاطاه المريض وعندئذ يختزن مع اليود العادى فى الغدة الدرقية التى يستقر فيها ، ويقاس سرعة تراكم اليود وكمية المخزون منه فى هذه الغدة يمكن تحديد حالتها الصحية

* *

وبعد :

هذا قليل من كثير مما يقال فى التطبيقات العملية للنظرية الذرية التى قامت على أساس أن : الذرة عالم شمسى ..

انه لقول رائع نطق به أهل الحقيقة فى الاسلام فى القرون الوسطى ..

ثم صدقه العلم والعلماء فى القرن العشرين ..

* * *