الجهاز الرحوي

السيكلوترون[1]

للاستاذ فيربرذر

نقلها عن مجلة «انديور» وأضاف اليها : خليل السالم

تحقق حلم الكيميائيين الأقدمين بتحويل العناصر عند ما نجح اللورد رذرفرد سنة ١٩١٩ في تحويل بعض ذرات من الازوت (النتروجين) الى ذرات اكسجين بعد أن قذفها بدقائق الفا المنطلقة من الراديوم . وقد ظلت دقائق الفا التي تطلقها العناصر المشعة عفواً ومن تلقاء ذاتها ، المقذوفات الوحيدة في البحوث الذرّية حتى سنة ١٩٣٢ . ففي تلك السنة تسنّى لعالمين كوكرفت Cockroft ووالتن Walton ان يحوّلا العناصر باستعمال الايونات الموجبة المتسارعة تحت ضغط كهربيّ عالٍ[2] ثمّ بدأ استعمال الضغط الكهربي العالي يزداد حتى كان اختراع الجهاز الرحوي ، وهو الاختراع الذي تمّ على يدي الاستاذ لورنس E. O. Laurence ومعاونيه في جامعة كاليفورنيا . ففي الجهاز الرحوي تستحضر مقذوفات ذرية سرعتها عالية جداً ، فتخترق نوى أثقل العناصر وتحدث تحولات ذرية متنوعة

يتكوّن الجهاز الرحوي في الاساس من مغنطيس كهربي كبير ، قطباه مستديران وبينهما غرفة فلزية اسطوانية الشكل مفرغة من الهواء تماماً . وداخل هذه الغرفة قطبان كهربيان ، شكلهما نصف مستدير . وهما معزولان عن الغرفة عزلاً جيداً وبينهما فجوة ضيقة . وخلال هذه الفجوة تتم مسارعة الدقائق المشحونة

يوصل القطبان الى تيار عالي التردد طاقته حوالي (١٠٠٫٠٠٠) فولط وتردده من مرتبة 10^7 دورة (سيكل) في الثانية

وتستمر خلخلة الهواء في الغرفة المعدنية بمفرغات ضخمة . ويسمح في الوقت نفسه للايدروجين أو الايدروجين الثقيل او للهليوم بالدخول الى الغرفة من صمام مستدق ، فتصدم الكهيربات (الالكترونات) المنبعثة من فتيلة تنحني متوهجة جزيئات هذا الغاز ، فتتولّد بعد انعدام البروتونات أو الدوترونات أو نوى الهليوم قرب مركز الغرفة ، فيجذبها القطب

(١) راجع ما نشر عنه في المقتطف يناير ١٩٤١ ص ١٢—١٦ وفي «آفاق العلم الحديث» (٢) الكهربي electronic والكهربي electrical

الذي يتفق أن يكون — في لحظة تحضيرها — سالباً . وحالما تدخل أحد القطبين تتحرر من المجال الكهربي الذي لا يؤثر إلاّ في الفجوة بين القطبين . ولكنها تلف في نصف دائرة بتأثير المجال المغنطيسي

ومن الظواهر التي لها منزلتها الأساسية ان الزمن الذي تستغرقه الدقائق في قطعها نصف الدائرة لا يعتمد على سرعتها الاصلية بل على قوة المجال المغنطيسي وعلى خصائص الدقائق نفسها . فالدقائق السريعة تسلك طريقاً طويلاً ، والبطيئة تسلك طريقاً قصيراً . وبالتوفيق بين التردد الكهربي وقوة المجال المغناطيسي تعود الدقائق الى الفجوة ثانية عندما يبلغ التيار نهايته العظمى في اتجاه مضاد، فتتلقى الدقائق دفعاً آخر قوته (١٠٠،٠٠٠) فولط في المدى الثاني

فتكون دقيقة بعينها مبتدئة من مركز الغرفة قد تحركت في طريق لولبي يتزايد في الاتساع، وتدفع في كل مرة تجتاز الفجوة دفعاً اضافيًا جديداً . وعندما تصل الدقائق آخر حدود القطب تخرج من فتحة في محيطه ، فيحرفها قطب كهربي مساعد على التوّ فتخترق نافذة معدنية ضيقة الى خارج الغرفة . وتعطي الدفعات المتعددة المتتالية تلك الدقائق سرعةً ما كان يمكن الحصول عليها إلاّ بفعل طاقة تقاس بملايين الفولطات ، وهذا دون أن تمس الحاجة الى التغلب على مشاق العزل التي تتضمنها الامكانية الثانية . واذا ما تشابهت الدقائق فان أكبر سرعة يمكن الحصول عليها تعتمد على قوة المجال المغنطيسي وعلى نصف قطر المدى فللحصول على سرعة عالية جدًّا يجب استعمال مغنطيس كهربي كبير جدًّا

من المشكلات المهمة في الفيزياء الذرية ما يمكن حلهُ بمساعدة هذه الايونات السريعة جدًّا . ولكنَّ لذة الكيميائي والبيولوجي الحقيقية كامنة في التحويلات العنصرية التي تتم عند ما تصدم هذه المقذوفات هدفاً من العناصر أو المركبات الكيميائية

نعم إن قوة التنافر بين جسمين مشحونين بالكهربية الموجبة تحول دون أن يصيب عدد كبير من المقذوفات نوى ذرات الهدف . ولكن ما ان يحدث الاصطدام حتى يعقبه تفاعل في النواة وتكون نتيجة التفاعل نواة جديدة ، أي ذرة جديدة

قد تكون هذه الذرة الجديدة ذرة عنصر مختلف عن العنصر الاول او ذرة نظير له . ولنضرب مثلاً فنقول : إن شعاعاً من الدوترونات[1] البالغة طاقتها بضعة ملايين من الفولطات يحوّل نوى ذرات الصوديوم في بلورة من ملح الطعام الى نوى ذرات اخرى لأنهُ بينما تكون الاوزان الذرية (٢٣) نجدها بعد الاصطدام (٢٤) وهذا هو التفاعل : —

(صوديوم ^{23} + دوترون = صوديوم ^{24} + بروتون) ومنها ما يتحول الى نوى مغنيسيوم

(صوديوم ^{23} + دوترون = مغنيزيوم ^{24} + بروتون) وتفر تلك البروتونات وهذه الدوترونات

(١) الدوترون او الدوتيرون اسم لنوى ذرات الايدروجين الثقيل « دوتيريوم »

بعيداً عن الهدف . وفي الوقت نفسه تتحول نوى الكلور (في ملح الطعام) التي وزنها الذري ٣٧ الى نوى اخرى وزنها الذري ٣٨ . ونتائج هذه التفاعلات تكون إما مستقرة كالمغنيسيوم (٢٤) وإما قلقة ومشعة كالصوديوم (٢٤) او الكلور (٣٨) فتتحول ذرات الصوديوم (٢٤) الى ذرات مغنيسيوم ثابتة ، وتتحول ذرات الكلور ٣٨ الى ذرات أرجون ثابتة وفي كل حالة ينطلق كهيرب نتيجة التحول :— (صوديوم^{٢٤} ← مغنيزيوم^{٢٤} + كهيرب)

وهذه الكهيربات المنطلقة تتصف بخواص أشعة بيتا المنبعثة من الراديوم . ويمكن ان تنحل نظائر قلقة اخرى وتنطلق منها البوزيترونات (صوديوم^{٢٢} ← صوديوم^{٢٢} — بوزيترون)

كان العالمان كوري Curie [1] وجوليو Joliot أول من كشف النشاط الاشعاعي الصناعي . وتمّ لهما ذلك باستعمال دقائق ألفا التي تشع عفواً من مصدر طبيعي مشع ، ويمكن الحصول بهذه الطريقة على عدد لا بأس به ، من العناصر المشعة . او باستعمال النوترونات المستحضرة من خليط بين ملح الراديوم ومسحوق بريليوم . ولكن تنوّع محصول الجهاز الرحوي وقوته، اعظم كثيراً من محصول الطريقتين السالفتين

والواقع ان أكبر قدر مستحضر من العناصر المحولة لا يزيد على ميكروجرامات إلاّ ان شدة النشاط الاشعاعي تجعل ذلك القدر سهل الكشف والقياس

وتتصرف هذه العناصر — من الناحية الكيميائية — كنظائرها المستقرة ، فلو خلطنا قدراً قليلاً من الكلور المشع بقدر من الكلور العادي غير المتفاعل لاكتسب الاخير نشاطاً إشعاعيًّا . ويمكن تمييز ذرات الكلور المتحولة عن أمثالها من الذرات المستحضرة من مركبات اخرى وهذا عمل مستحيل التطبيق بالطرق الكيميائية العادية

هناك عدد من العمليات الكيميائية والبيولوجية درست عن هذا الطريق منها : تبادل ذرات الاوجينات بين املاحها المعدنية والعضوية ، وتمثيل الفصفور والحديد في الحيوانات ، وحركة الاملاح المعدنية في النباتات

وتوجد الأجهزة الرحوية في شتّى أقطار العالم ـ منها اثنان في انكلترا ـ وهي تزداد ضخامة لتولد دقائق أسرع . وأكبر الاجهزة الرحوية في العالم اليوم جهاز جامعة كاليفورنيا فاتساع قطبه المغناطيسي خمس اقدام ، ويولد شعاعاً من الدوترونات طاقته (١٦٠٠٠٠٠٠٠) فولط او من دقائق ألفا التي طاقتها (٣٢٠٠٠٠٠٠٠) فولت . ولكن هذا الجهاز لايضاهي الجهاز الجديد الذي يصنعه لورنس ومعاونوه إذ يتوقع ان يولّد دقائق طاقتها (١٠٠٠٠٠٠٠٠٠) فولط وبذلك يفتتح عهداً واسعاً جديداً في عالم النواة

(١) إيرين كوري كريمة كشف الراديوم ، وزوجة الاستاذ جوليو