

المقطف

مجلة علمية زراعية

الجزء الأول من المجلد الرابع والثمانين

١٥ رمضان سنة ١٣٥٢

١ يناير سنة ١٩٣٤

تحويل العناصر

مباحث العلماء تحقق احلام الاقدمين

ولكنها تختلف في مرماها

استهوت فكرة تحويل العناصر ألباب الكيماويين الاقدمين . فراحوا يبحثون عن حجر القلاصفة الذي يمكنهم من تحويل العناصر بعضها الى بعض ، ومن تحويل سخيها الى ذهب ، ولا يزال الموضوع يمتزعي عناية الباحثين في اقطار الارض . بل ان طائفة من العلماء في معامل الجامعات والشركات الصناعية ، مكثون على البحث في هذا الموضوع ، ولا عناية لهم الا به . ونحن اذا نظرنا الى مباحث الكيماويين الأقدمين ، يعيون علماء اليوم وما يلقونه من المضاعب التي تعترضهم وتقطع عليهم سبيل تحقيق الفرض الذي يعنون اليه ، فهنا ان الخيبة كانت بلا ريبه صعبا اسلافهم . ولكن الاقبال على هذا البحث عسراً بعد عصر يرجع في الغالب الى كتابات ارسطوطاليس التي كان لها تأثير عظيم في العصور المتوسطة واتجاهات ابحاثها الفكرية . فالمادة كانت في نظر ارسطوطاليس مؤلفة من مادة اولية او اساسية ، تختلط بالعناصر الاربعة : التراب والهواء والنار والماء . والمواد تختلف بعضها عن بعض بمقدار ما تحتوي عليه من هذه العناصر الاربعة . فاذا اخذت بهذا الرأي ، فن الأمور التي لا تحتاج الى دليل ، اسكان تحويل المادة الواحدة الى اخرى ، اذا كشفت الطريقة التي تمكن الباحث من تغيير مقدار ما في المادة الواحدة من احد العناصر الداخلة في بنائها . وكان طبيعياً ان تنبع الافكار الى تحويل العناصر المعدنية السخيفة الى ذهب . وقام رجال في عصور مختلفة ادعوا انهم نقلوا الى سر تحويل النحاس او الرصاص او غيرها من المعادن الى ذهب . وكان الكيماويون القدماء ، معتمداً بعض الحكام في ايام الضيق ، لكي يسدوا العجز في

بيوت الماز بصير الذهب من المعادن السخيفة . وكانوا ينشجون أحياناً في صنع معدن له رواء الذهب ولكنه ليس ذهباً ، فلم تسر تجاربهم إلا عن خفض قيمة النقد الذهبي ، بصنع من مادة ليست ذهباً على الاملاق

وبعد ما اثبتت المباحث التحريضية فساد القول بإمكان تحويل المعادن السخيفة الى ذهب ، ظن الناس يعتقدون في صحة هذا الامكان ، حتى ليستطيع شطار الخادعين ، في هذا العصر العلمي ، ان يدعوا عتورهم على طريقة لتحويل العناصر الى ذهب ، فيقولوا الشركات لهذا الغرض ، ويبتزوا الاموال من جيوب عباد الله الامنين

التحويل ممكن ا

اثبتت مباحث علماء الكيمياء في القرن التاسع عشر ان المادة تظهر في نحو ثمانين عنصراً متميزاً احدها عن الآخر ، والذرات التي منها تتركب العناصر ، لا يمكن تحويلها او ابادتها ، بقرة من القوى الطبيعية المعروفة ، كالحرارة والضغط . وعلى ذلك ظهر ان فكرة تحويل العناصر متعذرة ، الا اذا وفق الباحثون الى وسائل اقوى فعلاً في الذرات من الحرارة والضغط . وثبت في الوقت نفسه ، من دراسة الجدول الدوري الذي وضعه مندليف العالم الروسي ، ان لا بدءاً من وجود شيء بين العناصر المختلفة في بنائها . فلما اكتشف السرجوزف طنسن الالكترتون (الكهرب) سنة ١٨٩٧ تأيد هذا الرأي . واسفرت المباحث في الالكترتون عن انه يحمل شحنة كهربائية سالبة ، وان كتلته جزءاً من ١٨٤٠ جزءاً من كتلة ذرة الايدروجين وهو اخف العناصر . ثم ان احد هذه الالكترتونات او اكثر من واحد ، يمكن ان يزال من مداره حول نواة الذرة ، بفعل الاشعة التي وراه البنفسجي أو الاشعة السينية ، فتصبح الذرة بعد ذلك موجبة الكهربائية بدلاً من ان تكون متعادتها ، وتختلف خواصها عن خواص الذرة المتعادلة . والتحول في الخواص ، يكون وقتياً ، لان الكهرباء لا يلبث ان يعود الى مداره السوي حول النواة ، وتعود الذرة متعادلة الكهربائية ، وخواصها على ما كانت عليه

وفي الفترة بين زوال الكهرباء من مداره حول النواة ، ويعودته اليه ، تحولت الذرة من شيء الى شيء آخر . ولكن الأدلة المعتمدة بين العلماء حينئذ ، كانت تشير الى تعذر احداث تحول دائم في بناء الذرة وخواصها ، بإزالة بعض كهاريها او اضافة كهاري اليها . وكل تغير من هذا القبيل لا بدءاً ان يكون وقتياً

ولكن بكرل الفرنسي اكتشف فعل الاشعاع سنة ١٨٩٦ واقل رذرفورد وصدي البريطانيان على درس هذه الظاهرة فأثبتتا سنة ١٩٠٣ ان الاشعاع مظهر من مظاهر عدم الاستقرار في بناء الذرة . ففي العناصر المشعة ، تنفجر الذرة على حين فجأة ، وينطلق منها اما دقيقة ضخمة (الضخامة نسبية طبعاً) تعرف بدقيقة اثنا ، او دقيقة صغيرة سريعة تدعى دقيقة بيتا . هي والالكترتون سواء . فيفسر

هذا الانهجار والانطلاق عن ان الباقي من الذرة يختلف في خواصه الطبيعية والكيميائية عنه قبل انهجاره والانطلاق ما انطلق منه

فلما طال البحث في هذا الموضوع ، تبين ان عنصرى الاورانيوم والثوريوم ، يتحولان بالانهجار والانطلاق الى عناصر اخرى مشعة ، منها الزاديوم المشهور ، وهذا بدوره يتحول بعد ان ينقضي زمن طويل الى اشعاعه الى نوع خاص من الرصاص . وفي التجارب التي قام بها رذرفورد وبريزي وصدي ، تبين ان دقائق النفا المنطلقة من الزاديوم في حالة اشعاعه ، انما هي ذرات عنصر الهليوم ، ولكنها تحمل شحنة كهربائية بدلاً من ان تكون متعادلة . فلما قيست قوة انطلاق دقائق النفا وبينا من ذرات العناصر المشعة تبين انها طاقة عظيمة جداً ، تفوق مليون ضعف ، الطاقة المتولدة من اتحاد الترات في مادة مفرقة

على ان تحويل العناصر المشعة ، يتم من تلقاء نفسه ، ولا سيطرة للعالم عليه بالتقوى الطبيعية التي يملكها ، فهو لا يستطيع ، بالضغط العظيم او الحرارة العالية او البرد الشديد ان يسرخ انطلاق الدقائق من الترات او يبطئها . والعناصر المشعة قليلة اذا قيس عددها ، بعدد كل العناصر المعروفة ، ومعظم العناصر مستقرة ولا يحدث فيه قمل الاشعاع ، واذا فالعناصر بوجه عام - ما عدا العناصر المشعة - لا يمكن تحويلها بعضها الى بعض في احوال عادية

بناء الذرة

وعليه وجب على المهتمين بتحويل العناصر ان ينتظروا قليلاً ، حتى يتسع نطاق معرفة الباحثين ببناء الذرة نفسها لعل هذه المعرفة ، تمهد السبيل ، الى استنباط وسيلة جديدة يمكنهم من تغيير هذا البناء . والمسلم به الآء ، ان ذرات العناصر كلها ، مبنية بناءً كهربائياً . ففي وسط الذرة نواة صغيرة ولكن كتلتها كبيرة - بل ان معظم كتلة الذرة في كتلة النواة - وتحمل شحنة كهربائية موجبة مختلف ، باختلاف العناصر . ن واحد الى ٩٢ . وعلى مسافة من النواة توجد الكهارب موزعة على طريقة لم يقرها البحث بعد - كانت في البدء تحسب كالسيارات حول الشمس في ذرة بور الذنكري - ولكنها تتحرك حركة رجوية سريعة . وعدد الكهارب حول النواة مساو لعدد الشحنة الموجبة على النواة . فالذرة التي على نواتها شحنة موجبة رقم ٥ لها خمس كهارب في جوارها . وقطر النواة ، لا يزيد في الغالب عن جزء من ١٠٠٠٠٠ جزء من قطر الذرة نفسها ، ولكن معظم كتلة الذرة مقيم في النواة ، وللنواة سيطرة على عدد الكهارب في الذرة ، وعلى حركتها كذلك . ولما كانت خواص الذرة الطبيعية والكيميائية مرهونة بعدد الشحنات ايكهربائية الموجبة على نواتها ، فمن الممكن ان تختلف اوزان الذرات من عنصر واحد من دون ان يختلف عدد شحناتها الموجبة على النواة واذاً فقد نجد عنصراً له نوعان او اكثر من الذرات . وكل نوع وزنه يختلف عن وزن النوع الآخر ، ولكن الشحنة الكهربائية في الاثنين واحدة . ذرات الليثيوم - ولهذا العنصر مقام خاص

في درس تحويل العناصر - نوعان او نظيران (كذات نظير العربية وصمها الدكتور صروف لتقابل كلمة ايسوتروب) احدهما وزن ذراته ٦ والاخر وزن ذراته ٧ والثاني اكثر من الاول . وذرات عنصر من العناصر هي في الغالب خليط من ذرات ذراته α وسوف نجد ان نظيري الليثيوم يختلفان في مقدرة العداة على تحويلهما بالمعنى الكيماوي . فاحدهما يسهل تحويله ، والاخر يتعذر تحويله او يحتاج الى طريقة تختلف عن طريقة تحويل صوره .

هذا ما يعرف عن بناء الذرات بوجه عام . ويرجع الفضل في معرفتنا عن انتظام الكهارب وحركتها ، وطريقة اشعاع الأشعة السينية منها ، الى مباحث بور Bohr والحاده . ولكن ما نعرفه عن بناء النواة لا يزال يسيراً . فحين نعرف مقدار الشحنة الكهربائية على النواة . ولكننا نحيل انتظام الدقائق فيها . كنا الى عهد قريب نظن ان نواة الذرة مركبة من نوعين من الدقائق انكهربائية - الكهارب وهي سالبة الكهربائية والبروتونات وهي موجبتها . ثم ثبت ان دقائق النوا - وهي نوى ذرات الهليوم ، ووزن الدقيقة منها ٤ اذا قوبلت بوزن البروتون ١ - لها شأن خطير في بناء النواة . وفي السنة الماضية اكتشف النيوترون - وهو دقيقة وزنها كوزن البروتون اي ١ وشحنتها الكهربائية متعادلة . وفي مطلع السبع الماضي اكتشف الهوزيترون - والمظنون أنه يقابل الكهرب - اي أنه كهرب ولكن شحنته مرجحة بدلاً من ان تكون سالبة . وعليه يصح ان نحسب نواة ذرة من ذرات العناصر الثقيلة مبنية من انواع مختلفة من الدقائق : شحنة بعضها موجبة كدقائق النوا والبروتون والهوزيترون ، وشحنة البعض الآخر متعادلة كالنيوترون ، وكلها مرتبطة بعضها ببعض بقوى عظيمة جداً في حينه ضيق ، فينشأ من ارتباطها بنوا مستقر

قراءتف الطبيعة

ان مشكلة تحويل عنصر الى آخر : كما برأها علماء العصر الحديث تقتضي احداث تغيير في الشحنة التي على نواة الذرة . وهذا مستطاع نظرياً ، بزيادة دقيقة ذات شحنة كهربائية ، كدقيقة النوا او بروتون الى النواة ، او بطرح احدى دقائقها . وانما يجب ان نذكر ، ان بناء النواة مستقر ، وان دقائقها مرتبطة بعضها ببعض ، بقوى عظيمة . فلكي نحطم نواة من النوى ، يظهر في يادى الامر ان لا بد من ان نعمل الى قوى عظيمة العاقبة . ومن الطرق التي يمكن استعمالها ، اخلاق مقذوفات صغيرة عظيمة السرعة على نواة الذرة . فدقائق النوا التي تتعلق من تلقاء ذاتها من ذرة الراديوم في حالة الاشعاع ، من اسرع المقذوفات التي يستطيع انعام الطبيعي استعمالها ، ومن اعظمها طاقة . لذلك قيل انه اذا اطلق تيار من ذرات النوا على مادة من المراد ، فيحتمل ان تصيب احداها ، نواة ذرة من القرات ، او ان تصير على قرب عظيم منها . وفي الحالين لا بد من ان تؤثر في القوى التي تربط بين دقائق النواة ، فتفقد النواة استقرار بنائها وتنقسم الى نواتين

لذلك عمد اللورد رذرفورد سنة ١٩١٩ الى استحقان هذا الرأي بالتجربة ، لانه يأتي بديل صمي على

ان تحويل بعض العناصر مستطاع باطلاق دقائق الناعى نوى الذرات . وكانت تجاربه بسيطة اذ اخذ مركباً من مركبات الراديوم واستعمله مصدراً لمقوياته — دقائق الناعى — ومن المعروف انه اذا اصطدمت دقائق الفا بوح عليه ساقور الونك ، ظهر اثر الاصطدام في لمعات من الضوء تمكن رؤيتها في غرفة مظلمة . فقال رذرفورد : اذا اعتمادنا على هذه الطريقة في اكتشاف اثر دقائق الناعى فلعلنا نعر على شيء جديد . اخذ مركب الراديوم وسدد دقائق الناعى المنطلقة منه الى غاز الاكسجين فلم ير اثاراً ما . فلما ابدل الاكسجين بالنروجين ، رأى لمعات خاصة ، على مسافة لا نستطيع ، دقائق الناعى الوصول اليها . ثم ثبت ان سبب هذه « اللمعات » روتونات ، لا بد ان تكون قد انطلقت من نوى ذرات النروجين عند اصطدامها بدقائق الناعى المنطلقة من الراديوم . واذاً فذرة النروجين قد تحولت بالطلاق بروتون او اكثر منها . وهذه التجربة كانت اول دليل علمي ، اقامه الانسان ، على ان التحويل يمكن برسائل ابتدعها الفهن البشري

ولم يعرف اولاً كيف تم هذا التحويل . ولكن مباحث بلاكت Blackett الجديدة بينت انه لا بد ان تكون احدي دقائق الناعى قد اخترقت نواة ذرة من ذرات النروجين ، فاحدث وحدها اضطراباً في بنوا النواة المستقر ، فطر د بروتون من النواة بسرعة عظيمة . وهو البروتون الذي دلت اللمعات على وجوده

فلننظر الآن في هذا الامر من ناحية الارقام . اننا نعلم ان كتلة النواة في ذرة النروجين ١٤ وان شحنتها الكهربائية ٧ . فاذا اصطدمت بها دقيقة الناعى ، واخرقتها واستقرت فيها ، اضيف وزنها — وهو ٤ — الى وزن النواة فيصبح ١٨ ، واضيفت شحنتها المرجبة — وهي ٢ — الى شحنة النواة فتصبح ٩ ولكن النواة اذ ذلك تفقد بروتوناً واحداً وزنه ١ وشحنتها الكهربائية ١ كذلك فيصبح وزن النواة بعد اضافة دقيقة الناعى وطرح بروتون واحد ، ١٧ وتصبح شحنتها ٨ . ولكن شحنة نواة ذرة الاكسجين ٨ واذن فالتفاعل الناشئ عن اصطدام ذرة النروجين بدقيقة الناعى ، وما تلاه تحول ذرة النروجين الى ذرة اكسجين

وقد يقال ان وزن نواة ذرة الاكسجين ١٦ وليس ١٧ فكيف ذلك . فنقول ان للاكسجين نظيراً isotope وزن ذرته ١٧ وهذا على ما بيننا واقع في الطبيعة

ثم تبين من تجارب الدكتور شك Chadwick احد علماء جامعة كبريدج ، ان اثني عشر عنصراً على الاقل من العناصر الخفيفة يمكن تحويلها باطلاق دقائق الناعى عليها . والراجح ان طريقة التحويل فيها شبيهة بما يعيب النروجين في حالة تحويله . اي ان دقيقة الناعى تندمج في نواة الذرة ، ثم ينطلق من النواة بروتون واحد ، فيزيد وزن الذرة ٣ (الفرق بين وزن الدقيقة وهو ٤ ووزن البروتون المنطلق وهو ١) ويزيد شحنتها الكهربائية ١ . وهذه التجارب تثبت ان الباحث اذا اجاد التجربة استطاع ان يحول ذرة عنصر من العناصر الاثني عشر ، الى ذرة عنصر آخر ، اعلى منه في جدول العناصر

ويجب ان نذنب في هذا المقام المتحولات من عنصر ما الى عنصر آخر يسير جداً ، بل هو اقل من ان يمكن اكتشافه بالكواشف الكيمائية . رويلا ابتداء طرق عجيبة في دفعها لاحياء الذرات انقلبت المتحولة ، كما اتضح للباحثين ، ان يتبين نجاحهم في تجاربهم . ولما كانت نوى الذرات دقيقة كل الدقة ، فاحتمال اصابتها بالمقدومات المطلقة ضئيل جداً . ففي تجربة التروجين يبلغ الاحتمال ١ الى ١٠٠٠٠٠ اي ان دقيقة واحدة من مائة الف دقيقة مطلقة على غاز التروجين يحصل ان تصيب نواة احدى الذرات . وهذا الاحتمال يتل في العناصر الاخرى . ويستحيل على الباحث ان يوجه مقدوماته الى نوى الذرات ، ولذلك فهو يلقب على مقدار من الغاز ، فيفتق ان تصيب احدى نوى ذراته في الفينة بعد الفينة .

ولكن بعض العناصر ، كالسيوم والكربون والاكسجين لم نمن لقدائف دقائق الفا اي ان اطلاق دقائق الفا عليها ، لم يؤثر في نوى ذراتها فلم تتحول ، كما تحولت بعض ذرات انتروجين ويختلف عنصر البريليوم عن هذه الطائفة وتلك . فان قدفه بدقائق الفا لم يطلق منه بروتونات كما هي الحالة في التروجين وغيره ، ولا هو ظل جامداً لا يتأثر بها كالاكسجين ، بل انطلق منه نوع من الاشعاع النووي النعوز ، لاحظته العالم الالماني Bothe اولاً ثم درسته مدام كوري جوايو (وهي ابنة مدام كوري) وتبينت فيه خواص عجيبة . وتلاها الدكتور شريك الانكليزي ، فثبت ان هذا الاشعاع انما هو تيار من دقائق لم تعهد من قبل دعاها « نيوترونات » Neutrons وهي تماثل البروتونات في ان وزن النيوترون كوزن البروتون ١ ولكن النيوترون متعادل الكهربائياً حالة ان البروتون مرجها واثماً فتحوّل عنصر البريليوم بختلف عن تحويل التروجين فذرة البريليوم تلتقط دقيقة الفا وتطلق نيوتروناً وبذلك يتحول البريليوم الى كربون .

هذه « النيوترونات » المطلقة من نوى البريليوم ، فدائف عجيبة ، يمكن استعمالها باطلاتها على نوى ذرات اخرى فتحوّلها وهي اصغر حجماً ، وتعادل كهربائيتها فتحرق ذرات المادة من دون ان تفقد شيئاً كثيراً من طاقتها . ولا تنم على نفسها ، الا اذا اصطدمت بنواة ذرة من الذرات . فقد اثبت فذر Becquerel ان اطلاق النيوترونات على الاكسجين يحوله ، بقذف دقائق النما من نوى ذراته . وهذه الحقيقة لها شأن خاص لان اطلاق دقائق الفا على الاكسجين لم تؤثر فيه على الاطلاق

قوائم العلماء

لقد طالنا حتى الآن تحويل العناصر باطلاق قدائف عليها ، متبمنة من تلقاء نفسها من التحلل العناصر المشعة كالاديوم . ولكن ما لبث الباحثون ان ادركوا ، ان توسيع نطاق معرفتهم ببناء الذرة وتحويل العناصر ، يقتضي قدائف اخرى منوعة . وكان معروفاً ان اطلاق تيار كهربائي في غاز لطيف ، يخرج منه مقدومات منوعة من ذرات وجزيئات سريعة الانطلاق . فاذا تسرعت هذه الذرات المطلقة بأمرها في فراغ معرض لعمل الجذب الكهربائي ، فقد تصبح سرعتها كافية

لاطلاقها على نوى الذرات بغية تحطيمها . فاذا اطلق مثلاً تيار كهربائي في قاذر الايدروجين في احوال معينة ، اقتذف تيار من ائتصار الصغيرة السريعة ، لا يقذف مثلها مائة الف غرام من الراديوم ، في الوقت نفسه . ثم ظن انه اذا استعملت تيارات كهربائية عالية الضغط — من رتبة مليون فولط — تمكن العلماء من الحصول على مقذوفات سريعة يستطيعون استعمالها ، كما استعملوا دقائق ائتد من قبل . وبعد سنين من المحاولة والاشجان ، تمكن كوكروفت وولتن في جامعة كمبريدج ، من اطلاق بروتونات ، مولدة توليداً صناعياً ، بالطريقة التي ذكرناها ، على ذرات عنصر الليثيوم ، فقذفت هذه الذرات ، دقائق ائتاسها ، اي ان نوى ذرات عنصر الليثيوم حطمت لازل مرة في تدرج العنصر على ما نعلم ، بواسطة قذائف صنعها الانسان .

وقد اتمجت الآن الطريقة التي يحدث بها هذا التحطيم . فن ألوف البروتونات المتعلقة على ذرات الراديوم يصطدم بروتون بنواة ذرة من اللترات . اما وزن البروتون فواحد . واما وزن نواة ذرة الليثيوم فخمسة . فاذا اصطدم البروتون بالنواة ، لا تلبث النواة ان تفصل الى قسمين كل منهما دقيقة الفـ وهي ذرة الهليوم — وزنها ٤ ومجموع وزنيها ٨ اي مجموع وزن نواة الليثيوم (وهو ٧) ووزن البروتون (وهو ١) . وبعد ما ينجح كوكروفت وولتن في تحويل الليثيوم الى هليوم ، عمدا الى اطلاق مقذوفاتها على عنصرى البور Boron والفلور Fluorize فوجدوا ان اطلاقها يسفر عنه اقتذف دقائق الفـ من ذرات هذين العنصرين . اي ان ذرات هذين العنصرين تتحوّل بوجه عام كما تحوّل ذرات عنصر الليثيوم . والظاهر ان لطلاق دقائق الفـ على العناصر يحوّلها الى عناصر اعلى منها في جدول العناصر ، فالنتروجين يتحوّل الى اكسجين واما اطلاق البروتونات فيحوّلها الى عناصر اقل منها في جدول العناصر ، فالليثيوم يتحوّل الى هليوم .

وثمة نوع ثالث من المقذوفات يستعمل في تحويل العناصر . هي بروتونات الايدروجين الثقيل . ولا يخفى على من قرأ مقالتنا في مقتطف اكتوبر ١٩٣٣ في « الايدروجين الثقيل » ، ان لعنصر الايدروجين نظيراً ، يشبهه في خواصه الكيميائية ، ولكن ذرته اثقل من ذرة الايدروجين العادي ، وان الماء المصنوع من هذا الايدروجين اكدف من ماء الايدروجين العادي بنحو ١٠ او ١١ في المائة ، ويختلف عنه في درجة غليانه وتجمده . وقد عمد الاستاذ لورنس الاميركي الى اطلاق بروتونات الايدروجين الثقيل (ووزن البروتون منها ٢ بدلاً من ١ وهو وزن بروتون الايدروجين العادي) ثم زاد سرعة انطلاقها بطريقة خاصة استنبطها ، فوجدنا افضل في تحطيم الذرات من البروتونات العادية ولعل القارىء يسأل دهشاً بعد هذا البيان لوائي ، عن غرض العلماء في درس تحويل العناصر هل يريدون ان يصنعوا الذهب والبلاتين من النحاس والرصاص والفضة ؟ فنقول لا انهم يبحثون عن اسرار الكون وصلة بناء الذرة بتركيب الشموس وضيائها وحرارتها ، وصلة ذلك بالأشعة الكونية ، وهل في هذه المعرفة اي تعليل لنسبة الموجود من العناصر في القشرة الأرضية . هذه المسائل المويجة تفنّن لبهم ، وانفقوا الى بعض الغازها آمن من الذهب وأعلى من البلاتين !!