المقتطف

الجزء الثالث من المجلد السادس والتسعين

١ مارس سنة ١٩٤٠ — ٢٢ محرم سنة ١٣٥٩

اسرار الذرة (١)

الادلة كثيرة على ان قوام الذرة نطاقٌ سديميٌّ من الكهيربات (الالكترونات electrons وقد جاريتا مجمع لغوي الاول للغة العربية في استعمال الكهيرب بدلاً من الكهرب والالكترونات رغبةً في توحيد المصطلحات العلمية) تدور بسرعة عظيمة حول نواة كثيفة موجبة الشحنة الكهربية. ويقول العلامة لورنس الاميركي احد حائزي جائزة نوبل الطبيعية ان ثقتنا بصحة هذا القول تجاري ثقتنا بصحة القول بأن السيارات تدور حول الشمس

عدد الكهيربات وترتيبها حول النواة يبيّنان الخواص الكيميائية والطبيعية التي تتصف بها الذرة. ولكن الشأن الاول في تركيب الذرة هو شأن النواة. والنواة قوامها مجموعة محشوكة من النوترونات والبروتونات — وهي اللبنات التي تبني بها الطبيعة نوى العناصر — ووزن البروتون يفوق وزن الكهيرب نحو ١٨٤٠ ضعفاً. فلذلك نجد ٩٩٫٩٩ من وزن الذرة مستقرًّا في النواة. ولما كانت الكتلة مظهراً من مظاهر الطاقة فالنواة مقر طاقة الذرة علاوة على مقر كتلتها

أما البروتونات فموجبة الشحنة الكهربية. وعددها في النواة يعدل عدد الكهيربات حول النواة، لأن الذرة متعادلة الكهربية وشحنة كل بروتون تعدّل كهيرباً وهو شحنة سالبة

ولما كان عدد الكهيربات بين الخواص الكيميائية والطبيعية التي تتصف بها الذرة فالشحنة

---

(١) المقتطف: كتبنا هذا المقال على أثر سماع محاضرة الاستاذ حبيب اسكندر في (استحالة العناصر) ألقاها في جماعة مدرسي العلوم برئاسة الاستاذ أمين براهيم كبير مفتشي الكيمياء بوزارة المعارف

التي تحملها النواة بعين موقع تلك الذرة في الجدول الدوري . أما عدد النوترونات في النواة فيلوح ان لا شأن لهُ في كيمياء الذرة . ولكن النوترونات — وكل نوترون بروتون وكهرب قريب أحدهما من الآخر — لها شأن من حيث قلتها وكثرتها في نقص وزن الذرة او زيادته . ومن هنا نفهم ظاهرة النظائر العنصرية — isotopes — اي وجود ذرات عنصر معين تختلف وزناً ذريًّا ولكنها لا تختلف في خواصها الكيميائية والطبيعية . وتفسير ذلك انه اذا نقصت ذرة عنصر معين نوتروناً واحداً نقص وزنها ولكن شحنة النواة تبقى على ما هي وعدد الكهربات يبقى على ما هو فلا تختلف الخواص وان اختلف الوزن

إن ذرة عنصر الايدروجين تحتوي على نواة توامها بروتون واحد والنطاق الكهربي خارج النواة يحتوي على كهرب واحد ، وهذه النواة أبسط نوى الذرات تركيباً . وتليها نواة الدوتيريوم (او الديتوجين وفقاً للنسبة الانكليزية) وهو الاسم الذي يطلق على الايدروجين الثقيل . وتعرف هذه النواة باسم د . ترون (او دبلون وفقاً للنسبة الانكليزية) وتوامها نوترون وبروتون وكهرب واحد . ولما كان الجو الكهربي في نواة الايدروجين يحتوي على كهرب واحد والجو الكهربي في نواة الدوتيريوم يحتوي كذلك على كهرب واحد فخواص الدوتيريوم الكيميائية والطبيعية هي خواص الايدروجين ، ولكن وزن الدوتيريوم ضعفا وزن الايدروجين لان نواتهُ تحتوي على بروتون (وزنهُ واحد) ونوترون (وزنهُ واحد كذلك) ومن هناك سمي هذا الصنف الخاص من الايدروجين بالايدروجين الثقيل

وهناك صنف ثالث (او نظير ثالث) من الايدروجين يعرف باسم تريتيريوم ووزن نواته ٣ ويلي ذلك نواة ذرة الهليوم ، وقوام نواتها نوترونان وبروتونان . أما النوترونان فجسمان صغيران كلٌّ منهما متعادل الشحنة الكهربية ، وأما البروتونان فلكل منهما شحنة موجبة واذن لا بدَّ من ان يكون في الجو الكهربي خارج النواة كهربان يعدِّلان فعل شحنتي البروتونين . ووجود الكهربين خارج النواة يجعل خواص هذه الذرة الكيميائية والطبيعية مختلفة عن خواص الايدروجين الذي لا تحتوي ذرتهُ في جوها الكهربي الاَّ على كهرب واحد

وقد أثبت البحث الحديث ان طائفة كبيرة من العناصر لها نظائر أي ذرَّات تختلف وزناً وتتشابهُ في خواصها . وهذا معناه ان عدد النوترونات في نوى ذرَّات عنصر ما مختلف ، حالة ان شحنة النوى الموجبة في ذلك العنصر وعدد الكهربات حولها واحد . وفي عدد حديث من مجلة « ملخص العلم » ان نظائر الفضة عشرة

أثقل العناصر المعروفة هو عنصر الاورانيوم Uranium وقوام نواته ٩٢ بروتوناً و ١٤٦ نوتروناً . ووجود ٩٢ نوتروناً في النواة يقتضي وجود ٩٢ كهرباً خارجها في الجوّ الكهربيّ

الذي يحيط بها . ولكن عدد النوترونات قد يختلف . فاذا بلغ ١٣٧ نوروناً حصلنا على أثقل نظائر الأورانيوم إذ يبلغ وزنهُ الذري ٢٣٩ (بدلاً من ٢٣٨ وهو الوزن الذري المعتاد) ولكنهُ يبقى أورانيوماً على كل حال لان شحنة نواته الموجبة (وهي ٩٢) وعدد كهيرباته لم يتغير

ولكن العلم يبقي التدقيق في القياس والوزن . فاذا قلنا ان وزن نواة نظير ما يعدل «تقريباً» مجموع اوزان النوترونات والبروتونات الداخلة في تركيبها فربما العلم عن هذا القول التقريبي . والواقع ان مجموع اوزان النوترونات والبروتونات يزيد شيئاً يسيراً جداً عن وزن النواة الفعلي . فأين ذهب الفرق ؟ والرأي ان حشك هذه الاجسام في حيز دقيق جداً أفضى الى خسارة جانب يسير جداً من مجموع كتلتها . ولهذه الخسارة شأن عظيم في علم الذرة الحديث[1]

ولا يخفى أن النوترونات والبروتونات اجسام دقيقة صلبة كروية . ولا يعلم علماء الذرة عن بناء النواة اكثر من ان قوامها نوترونات وبروتونات محتشدة معاً في حيز ضيق ومتماسكة على نحو ما تتماسك جزيئات الماء في قطرة منهُ

فاذا عرفنا ذلك عرفنا ان تحويل العناصر بعضها الى بعض مسألة بسيطة من الناحية النظرية. ذلك بأن عدد البروتونات في النواة يعيّن عدد الكهيربات في الجوّ الكهيربي الذي يحيط بها وعدد الكهيربات يعين خواص الذرة الكيميائية والطبيعية اي انهُ يعين موقعها في الجدول الدوري . فتحويل عنصر الى آخر يقتضي تغيير عدد البروتونات في النواة

وأدرك رذرفورد ان هذا التغيير يقتضي اطلاق قذائف قوية الزخم على النواة الذرية بغية تهشيمها لانهُ أدرك ان الطاقة التي تمسك جسيمات النواة معاً طاقة عظيمة . وان النواة يحيط بها سورٌ كهربائي كثيف . وأثبت بتجاربهِ ان جسيمات الفا المنطلقة من الراديوم هي في الواقع نوى ذرات الهليوم تتصلح من حيث كتلتها وسرعتها لاستعمالها قذائف توجّه الى نوى ذرّات العناصر بغية تهشيمها

وأتمّ رذرفورد تجاربه الاولى في تحويل العناصر قبل نهاية الحرب العالمية الماضية ففاز بنتائج تبعث على الرضى ولكن مهامه في خلال الحرب حالت دون المضي في هذا البحث قبل سنة ١٩١٩ فعاد الى مسل البحث في تلك السنة وأثبت اثباتاً لا يدانيه الريب ان النتروجين يتحول الى اكسجين . ذلك بأنهُ وجّه جسيمات الفا المنبعثة من مادة مشعة الى غاز النتروجين فلاحظ ان نتيجة الاصطدام بين هذه الجسيمات ونوى ذرات النتروجين هي انطلاق بروتونات سريعة من النتروجين

فأفضى ذلك به الى الاستنتاج المنطقي مما تقدم وهو ان بعض جسيمات ألفا اخترقت غاز

(١) الرأي ان هذا الفرق في الكتلة يتحول طاقة تربط أجزاء النواة بعضها ببعض

التروجين فاصطدمت في خلال اختراقها الغاز بنوى بعض الذرات وكانت قوة الاصطدام عظيمة فقذفت من النواة أحد بروتوناتها ، ولم يكن النوترون معروفاً حينئذٍ . فلما ثبت وجوده ظهر ان من نتائج اصطدامات من هذا القبيل اقذاف بروتونات ونوترونات وفقاً للمناصراتي تجرَّب بها التجارب ولقذائف المتسلة

الا ان تجارب رذرفورد وجهت انظار الى وجوب الفوز بقذائف متنوِّعة تنطلق بطاقة عظيمة حتى تستطيع النفوذ من خلال السور الكهربائي الذي يحيط بالنواة . ولذلك عنيت معاهد البحث الطبيعي بالبحث عن أساليب تمكنها من اسراع انطلاق القذائف لأجل البحث في قوام النواة

والنوترونات على ما تقدم متعادلة الشحنة الكهربية فهي تستطيع أن تخترق السور الكهربي حول النواة بغير ان تنحرف بفعل الجذب او الدفع الكهربيين ، والغالب ان النوترون اذا أصاب نواة فانهُ يلصق بها ويشاطر أجزاءها ما فيها من طاقة . فيحدث عندئذٍ أن ينقذف الى الخارج نوترون او اكثر من النوترونات الداخلة في تركيب النواة فتتحول تلك النواة الى نواة نظير او أكثر . واذا قذف من النواة بروتون تحولت الذرَّة الى ذرَّة عنصر آخر لان عدد البروتونات (وبالتالي عدد الكهربات) يعين الخواص الكيميائية والطبيعية وموقع العنصر في الجدول الدوري

***

ولكن العناية بالنوترونات وتياراتها لم تقتصر على علماء الذرة بل امتدتهم الى علماء الاحياء . واهتمام علماء الاحياء بها جاءهم من ناحية امتصاص المادة لهذه الجسيمات . فالمادة الحية الكثيرة الايدروجين في تركيبها كالانسجة الحية أشد امتصاصاً للنوترونات من المواد الكثيفة كالحديد والرصاص . فاذا استعملت جهاز « الفلوروسكوب » ووجهت الى الجسم تياراً من النوترونات بدت لك العظام وهي أكثر شفوفاً من اللحم

ثم ان النوترون يحدث تأيناً (ionization) من نوع خاص يختلف عن التأين الذي تحدثهُ الاشعة البيتية . فالاشعة البيتية تصيب الذرات فتقذف منها كهربات سريعة فتبقى الذرَّة ايوناً موجباً . ولكن النوترونات تخترق الطاق الكهربي الى النواة فتقذف منها بعض اجزائها فتحوِّلها ايوناً سالب الشحنة . فلما تبيَّن علماء الاحياء هذه الفروق في خواص النوترون والاشعة البيتية بدأوا يسألون عن يختلفان كذلك في ما لهما من تأثير في النسج الحية . فأجريت تجارب متعددة في « مخبر الاشعاع » بمعهد باركلي بكاليفورنيا فأسفرت عن ان تأثيرهما في الانسجة الحية يختلف

أجرى التجربة الاولى الدكتور جون لورنس احد اساتذة الطب بجامعة يايل فوجَّه

تياراً من الوترونات مصدرها من الجهاز الرحوي (سيكلوترون) الى الخردلين فوجد ان هذا التيار يميت اي ان الخردلين التي وجّه اليها ماتت بعد تعرضها له بضع دقائق

وتلاه بعض آخرين كبركل Birkin وايبرسولد Ebersold فدرسا بالتجربة تأثير الوترونات في منع نمو البزور والأمراض أو تأخيره فوجدا ان تيارات الوترونات تعيق نمو أفراخ القمح خمسة اضعاف ما تعيقها الاشعة السينية . وان الاولى أشدّ فتكاً بيض ذباب الفاكهة (الدروسوفيلا) من الثانية بمقدار ١ر٢ وعلى ذلك فقد أثبتت هذه التجارب ان تأثير الوترونات في النسج الحية يختلف عن تأثير الاشعة السينية . فأثارت هذه النتائج موضوع تأثير تيارات الوترونات في النواحي السرطانية وما كان شبيهاً بها وهل الوترونات اشدّ تأثيراً فيها من الاشعة السينية ؟

فابتكر لورنس وإيبرسولد سلسلة من التجارب أجروها على نموّ سرطاني في جسم فأر وعلى نموّ سرطاني في قدمي فوجدوا ان الوترونات تفوق الأشعة السينية ٥ر٢ الضعف في الفتك بنسيج النمو السرطاني ، وتحولوا بعد ذلك الى مقابلة تأثير الوترونات بتأثير الأشعة السينية في الفتك بالسرطان فوجدوا تأثير الأولى يفوق تأثير الثانية ٣٫٨ اضعف . فدلّت هذه التجارب على انهُ اذا كانت قوة الأشعة من النوعين غير قاتلة فتيارات الوترونات أشد تأثيراً من الأشعة السينية وفي هذا إشارة الى احتمال استعمال الوترونات في العلاج

في سنة ١٩٣٢ كشفت إيرين كوري جوليو (وهي كريمة مدام كوري) وزوجها الاستاذ فردريك كوري جوليو انهُ اذا صدمت جسيمات ألفا الى عنصر البور (...) انطلقت منهُ نوترونات وبوزيترونات — وهذه الاخيرة هي الكهيربات الموجبة الشحنة التي كشفها أندرسن في تلك السنة — فخلصا الى القول بأنهُ اذا قذف البور بجسيمات ألفا حدث أحد أمرين . فإما ان يقذف بروتون على نحو ما بيّن رذرفورد . وإما ان يقذف منهُ نوترون وبوزيترون

وبعد ذلك بمدة أشهر لاحظ الاستاذ كوري جوليو وزوجهُ ان انطلاق البوزيترونات من البور يستمرُّ بعد قذفه بجسيمات ألفا عليه ، وبذلك كشفا نوعاً جديداً من النشاط الاشعاعي (radioactivity) نشأ من اطلاق جسيمات ألفا على البور فهو يختلف عن النشاط الاشعاعي الذاتي في الراديوم في انهُ مستحدث بفعل فاعل فأطلق عليه اسم « النشاط الاشعاعي المستحدث » أو « الاصطناعي » artificial radio-activity

هذا الكشف أثبت أن انطلاق النوترون والبوزيترون من البور لا يحدث في وقت واحد . وان النوترون ينطلق أولاً فيترك وراءه نواة شحنتها الموجبة ٧ (وإذن فهي نواة نتروجين) ووزنها ١٣ وهو أقل من وزن النتروجين المألوف وإذن فهي نواة نظير نتروجين . وكانت هذه الذرة غير مستقرة التركيب . ثم تطلق هذه النواة بوزيترونا من تلقاء نفسها ولذلك يغدو

هذا الضرب من التزوجين مشعًا . فاطلقا عليه اسم التزوجين المشع radiothorium . بعد انطلاق البوزيترون يتحول التزوجين المشع الى كربون عادي (وهو احد نظائر الكربون ورقم 6).

في هذه التجارب الاولى استحدث النشاط الاشعاعي في عنصرين آخرين هما الفوسفور والسليكون وبعد ذلك زاد عدد العناصر المشعة اشعاعاً مستحدثاً او صناعيًا زيادة كبيرة . ومع ان ظاهرة النشاط الاشعاعي المستحدث لم تكشف الا من ست سنوات تقريباً فقد بلغ عدد العناصر ونظائرها التي استحدث فيها النشاط الاشعاعي نحو مائتين . أ . طرق استحداث النشاط الاشعاعي فيها متعددة . منها اطلاق جسيمات الفا عليها . ومنها اطلاق البروتونات او النوترونات او الدوترونات . والاخير اي اطلاق الدوترونات من الجهاز الرعوي (cyclotron) كان أفضلها في استحداث النشاط الاشعاعي في عناصر أو نظائر غير مشعة بالطبيعة

ولا يخفى ان النظائر المشعة تشبه العناصر نفسها من ناحية خواصها الكيميائية والطبيعية والحيوية (البيولوجية) لأن العناصر التي ينطلق منها نوترونات تختلف وزناً ولكن عدد البروتونات في النواة وعدد الكهربات حولها يبقيان بلا تغيير فتبقى الخواص الكيميائية والطبيعية بلا تغيير

وفي استطاعة الباحثين الآن ان يتبينوا لبعض العناصر المشعة اشعاعاً مستحدثاً من اثر في الجسم بعد مدة تذكر وهذا مبدأ اسلوب جديد يمكن الكيميائي والبيولوجي من تتبع تأثير ذرات بعض العناصر في ما تدخل فيه في الجسم من تفاعلات كيميائية وحيوية . للدلالة على هذا الاسلوب نسوق الى القارىء ما قاله الدكتور هملتون عندما تتبع سير الصوديوم المشع اشعاعاً مستحدثاً في الجسم . حوّل اولاً حفنة من الملح العادي الى ملح مشع بتوجيه تيار من الدوترونات اليها ثم حلها في الماء . الا ان اطلاق الدوترونات على الملح ولّد صوديوماً مشعاً وكلوريناً مشعًا (لأن الملح العادي هو كلوريد الصوديوم) ولكن الكلورين المشع قصير العمر . فترك الدكتور هملتون محلوله نصف يوم قبل استعماله حتى فقد اكثر الكلورين المشع قدرته على الاشعاع فبقي المحلول محلول ملح ولكن الصوديوم الذي فيه كان يحتوي على ذرات قليلة نسبيًا من الصوديوم المشع وبعد ذلك شرب احدهم هذا المحلول وهو واضع يده على عدّاد جيجر Geiger فلم تنقض دقيقتان حتى بدأ العدّاد ينبّئ عن وجود اشعاعات في اصابع الامه وهذا يعني انهُ في خلال الدقيقتين امتصّ الدم قدراً كافياً من جزيئات الملح المحتوية على صوديوم مشع فجرى في تياره حتى بلغ الانامل . وظلّ النشاط الاشعاعي في الانامل يزيد حتى بلغ اقصاهُ بعد ثلاث ساعات . ثبت من هذه التجربة ان انتشار جزيئات الملح في الجسم انتشاراً متساوياً يحدث بعد انقضاء ثلاث ساعات على شرب المحلول المالح .