الذرة والنظائر

للدكتور حسن الحموى

بدأ تاريخ النظرية الذرية حوالى سنة ٣٧٥ قبل الميلاد . وقد قرر الفيلسوف الإغريقى ديموكريتس (Democritus) أن أية قطعة من المادة تتكون من عدد كبير جداً من الجسيمات المتناهية فى الصغر ، كما يتكون البناء من أحجار مفردة . وتتجمع هذه الجسيمات بنظم متغايرة وفى أوضاع مختلفة فتكون جميع الأجسام المادية المعروفة فى الكون . وتمثل هذه الجسيمات الأساسية آخر خطوة يمكن تصورها فى عملية تقسيم المادة ، ولذلك أطلق عليها اسم « الذرات غير القابلة للانقسام » ، فهى أجسام صغيرة جداً يستحيل تقسيمها إلى أصغر منها .

ومضت عدة قرون قبل أن تنحو دراسة المادة نحواً عملياً ، وجاهد الكيميائيون فى القرون الوسطى عبثاً للوصول إلى طريقة لعمل الذهب صناعياً بعد أن أضلتهم التعليمات الفلسفية القديمة عن وحدة المادة . ولما أخفقت جهود مئات الكيميائيين خلال هذه القرون فى الحصول على الذهب والفضة ، نشأ الاعتقاد ، فى نهاية القرن السابع عشر ، بأن هذه المعادن وكذلك كثير من المواد الأخرى هى عناصر أولية فى حد ذاتها ، وأن نظرية وحدة المادة هى نظرية خاطئة ، وكانت للنتائج السلبية التى منى بها كيميائيو العصور الوسطى آثار بارزة ، إذ أصبحت استحالة عملية تحوّل العناصر من المبادىء العلمية الأساسية فى كيمياء القرنين الثامن عشر والتاسع عشر ، وتصور العلماء ذرات العناصر المختلفة كجسيمات أساسية لا يمكن تقسيمها ، متفقين فى ذلك تماماً مع المعنى الإغريقى لكلمة ذرة Atom .

لكن حدث فى بداية القرن الماضى فقط ، بفضل الكيميائى الإنجليزى جون دالتون (John Dalton) أن أصبح وجود الذرات من الأسس الراسخة التى لا يتطرق إليها أى شك فى علوم المادة .

■ الدكتور حسن الحموى : إخصائى أول مراقبة البحوث العامة بوزارة الزراعة .

ومنذ اتخاذ النظرية الذرية أساساً لعلم تكوين المادة اعتبرت الذرة هى الحاملة للصفات المميزة للعناصر المختلفة ، وللوقوف على السبب الذى من أجله تكون للذرات المختلفة صفات مختلفة ، يجب التخلى عن الفكرة القديمة الخاصة بعدم انقسام الذرة ، فإذا تخيلنا الذرة كبناء مكوّن من جسيمات صغيرة ، أمكننا تعليل الصفات المعروفة لذرات العناصر المختلفة بأنها نتيجة لاختلاف البناء الداخلى لهذه الذرات .

بناء الذرة

الذرة مكونة من جسيمات صغيرة تدور وتلف حول قلب الذرة أو نواتها ، وهذه الجسيمات الصغيرة المتحركة تسمى كهارب أو إلكترونات Electrones بينما يطلق على قلب الذرة النواة Nucleous . والكهارب هى أصغر الوحدات المكونة للكهرباء ، وتعرف باسم الشحنة Charge ، وحجم أحجار البناء المكونة للذرة صغير جداً إذا قورن بحجم الذرة نفسها ، فنواة الذرة أصغر من حجم الذرة بنحو مائة ألف مرة ، والكهرب أو الإلكترون يصغر عن هذه النواة ألف مرة تقريباً .

ونواة الذرة تحتوى على شحنة أو أكثر من شحنات كهربائية مخالفة لشحنة الكهرب ، ولقد ميز العالم فرانكلين هذا الاختلاف فى الشحنات فذكر أن الإلكترون سالب الشحنة ، وأن النواة موجبة الشحنة .

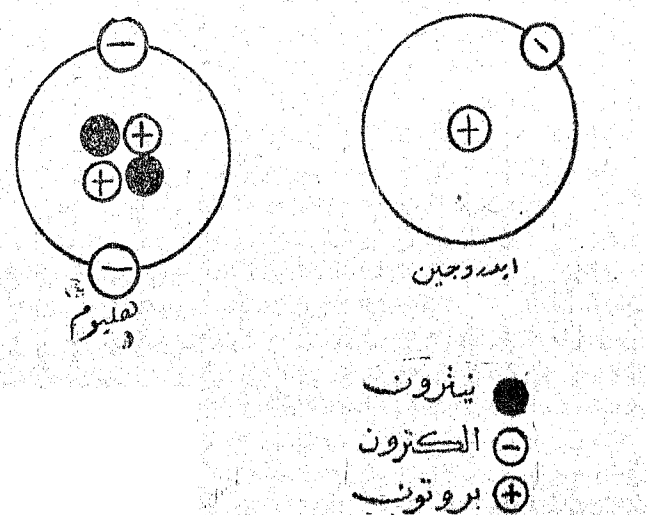
والكهارب السالبة تتنافر بعضها مع بعض لتشابه شحناتها ، بينما تنجذب إلى مركز النواة لاختلاف الشحنات . والكهارب لا تنجذب إلى النواة حتى تلتصق بها وتتوقف عن الدوران حولها ، لأن الكهارب تدور بسرعة عالية ، وهذه السرعة تدفع الكهارب إلى الخارج بعيداً عن نواة الذرة بقوة تعادل قوة الجذب للنواة ، وبذلك تدور الكهارب فى مستويات ثابتة Shells ، ولا تتزحزح عنها إلا بمؤثرات خارجية ذات طاقة أكبر .

والنموذج المعروف للذرة هو نواة تحتوى على بروتونات مشحونة شحنة موجبة ، ونيترونات عديمة الشحنة تربط بينها قوى كبيرة ، وتشغل حيزاً صغيراً جداً فى وسط الذرة ، وتدور حولها بسرعة كبيرة ، وعلى مسافات كبيرة

منها الكهارب ذات الشحنة السالبة ، أى أن الذرة فى مجموعها ليست إلا مجموعة شمسية مصغرة ، تمثل النواة فيها الشمس ، والكهارب هى الكواكب التى تدور حولها .

ويتركز وزن الذرة فى نواتهـــا ، لأن وزن أحجار البناء (البروتونات والنيترونات) يفوق كثيراً وزن الكهارب (الإلكترونات) التى تسبح خارج النواة ، فوزن البروتون يساوى تقريبا وزن النيترون ، ويعادل نحو ١٨٤٠ مرة من وزن الإلكترون . والذرة فى حالتها الطبيعية تكون متعادلة كهربياً ، لأن البروتونات داخل نواة الذرة تحمل شحنات موجبة تساوى عدد الإلكترونات التى تدور حولها ، وبذلك تتعادل الشحنات .

وتتحدد صفات الذرة بعدد ما تحتويه من بروتونات ونيترونات ، فعدد البروتونات مثلا يحدد اسم العنصر والعدد الذرى له ، أما وزن الذرة فيتحدد بمجموع عدد البروتونات والنيترونات . ولقد أمكن ترتيب العناصر ترتيباً تصاعدياً يقوم على أساس الرقم الذرى ، أى على أساس ما فى نواة ذرة كل عنصر من بروتونات فى جدول يعرف باسم الجدول الدورى للعناصر . ويبتدىء هذا الجدول بالأيدروجين ورقمه الذرى ١ ، وفى نواته بروتون واحد ، ويليه الهيليوم ورقمه الذرى ٢ ، وفى نواته بروتونان (شكل ١) ، ويليه الليثيوم ورقمه الذرى ٣



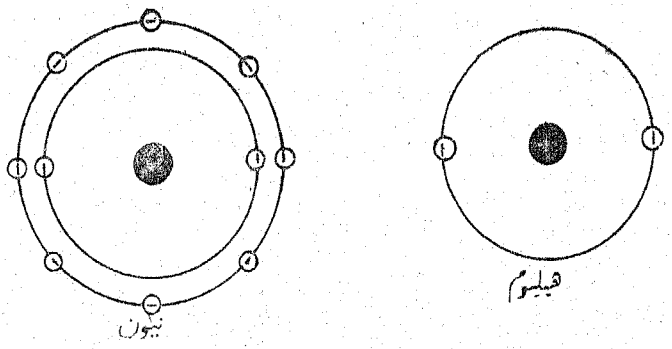
شكل (١)

وفى نواته ثلاثة بروتونات ، وينتهى الجدول باليورانيوم ورقمه الذرى ٩٢ ، وفى نواته اثنان وتسعون بروتوناً .

أما الإلكترونات فإنها مرتبة بنظام خاص على هيئة طبقات أو قشور Shells أو مدارات متعاقبة Orbits . وتوجد هذه المدارات على أبعاد كبيرة ثابتة من نواة الذرة ، وكل مدار من هذه المدارات يحمل عدداً معيناً ثابتاً من الإلكترونات ، وعلى ذلك فإنه كلما زاد عدد البروتونات بنواة الذرة زاد عدد الإلكترونات بنفس النسبة (ليتحقق التعادل الكهربى) Electrically neutral ، ومعنى ذلك زيادة عدد المدارات التى تدور فيها الإلكترونات ، فالأيدروجين ، وتشتمل نواته على بروتون واحد ، يدور حوله إلكترون واحد فى مدار واحد ، أما الرصاص ، وتشتمل نواته على ٨٢ بروتونا ، فيدور حول نواته ٨٢ إلكترونا موزعة بترتيب خاص على ٦ مدارات .

وذرة اليورانيوم التى تشتمل على ٩٢ بروتونا بها ٩٢ إلكترونا موزعة هى الأخرى بنظام خاص على ٧ مدارات ، ويرمز لهذه المدارات بحروف خاصة لتسمية كل مدار حسب درجة قربه من نواة الذرة ، فأقرب مدار لنواة الذرة يرمزله بالحرف K ، والذى يليه يرمز له بالحرف L ، والذى يليه يرمز له بالحرف M ، والذى يليه بالحرف N ، والذى يليه بالحرف O ، والذى يليه بالحرف P ، والذى يليه بالحرف Q . ومعنى هذا أن المدار Q هو أبعد المدارات عن نواة الذرة ، والمدار K هو أقربها . ويتسع كل مدار لعدد معين ثابت من الإلكترونات لايمكنه أن يتحمل أكثر منه ، فالمدار Q لا يتحمل أكثر من إلكترونين فقط ، ولكنه قد يشتمل على إلكترون واحد كما هى الحالة فى عنصر الأيدروجين ، والمدار L لا يتحمل أكثر من ٨ إلكترونات ، والمدار M لا يتحمل أكثر من ١٨ إلكتروناً ، والمدار N لا يتحمل أكثر من ٣٢ إلكترونا ، إلا أن الإلكترونات فى المدار الواحد قد تتوزع على مدارات فرعية ، فمثلا المدار L وسعته ثمانية إلكترونات يشتمل على مدارين فرعيين : الأول سعته إلكترونان ، والثانى سعته ٦ إلكترونات ، وكذلك المدار M يشتمل على ثلاثة مدارات فرعية ، أما المدار N فيشتمل على أربعة

مدارات فرعية ، والمدار O يشتمل على خمسة مدارات فرعية ، الأول سعته إلكترونان ، والثانى سعته ستة إلكترونات ، والثالث سعته عشرة إلكترونات ، والرابع سعته ١٤ إلكتروناً ، والخامس سعته ١٨ إلكتروناً . وعندما يمتلىء المدار الخارجى لذرة ما بالعدد الإقصى من الإلكترونات فإن الذرة تصبح خاملة كيماويا ، وتتوقف الخواص الكيماوية للعنصر على درجة تشبع المدار الخارجى بالإلكترونات ، فمثلا فى حالة الغازات السامية Noble gases مثل الهيليوم والأرجون والنيون والكريبتون وغيرها تمتاز ذراتها بتشبع مداراتها الأصلية والفرعية بالإلكترونات (شكل٢) أما فى حالة عنصر الأيدروجين فإنه يشتمل على



شكل (٢)

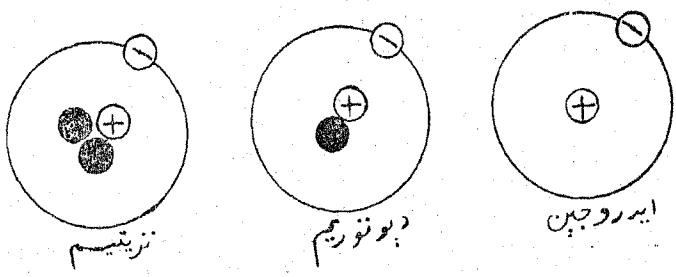
إلكترون واحد فى المدار K ، وحيث إن طاقة هذا المدار إلكترونان اثنان ، فإن هناك مجالا خالياً لإلكترون آخر ، لذلك كانت ذرة الأيدروجين سريعة الميل للاتحاد بالعناصر الأخرى ، بعكس الحالة فى الغازات السامية التى تعتبر خاملة Inert لاتتفاعل مع غيرها لعدم وجود أماكن خالية فى مداراتها الخارجية لإلكترونات أخرى خارجية .

ماهية النظير

قد تعرف عدة أنواع لعنصر واحد ذات أوزان ذرية مختلفة ، ومعنى ذلك أن عدد النيترونات (وليست البروتونات) فى نواة ذرة العنصر الواحد قد تختلف ، بمعنى أن يكون لهذه الأنواع المختلفة من العنصر رقم ذرى واحد (أى نفس عدد البروتونات) وأن الاختلاف ينصب فقط على عدد ما تحويه

نواة الذرة من نيترونات متعادلة الشحنة ، وتسمى هذه الأنواع المختلفة للعنصر الواحد بالنظائر .

فالأيدروجين العادى يحتوى على بروتون واحـــد فى نواته ولا يحتوى على نيترونات ، ولكن أحياناً تحتوى نواة الأيدروجين على نيترون بجانب البروتون ، وعليه يكون وزن هذا النظير نحو ضعف وزن الأيدروجين العادى ، وكذلك يعرف نظير ثالث للأيدروجين تحتوى نواته على نيترونين بجانب البروتون ، وعلى ذلك فإن نظائر الأيدروجين المذكورة تتحد فى رقمها الذرى وهو واحد ، بينما تختلف فقط فى أوزانها ، وتعرف هذه النظائر الثلاثة للأيدروجين بالأسماء : « أيدروجين — ديوتوريم — تريتيم » (شكل ٣) .



نظائر الأيدروجين

شكل (٣)

والنظير معناه المماثل أو الشبيه ، ولما كانت صفات العناصر وتفاعلاتها الكيميائية تتوقف على عدد الإلكترونات التى يدورها تتحدد بعدد البروتونات داخل نواة الذرة ، فنظائر العنصر الواحد تتساوى فى عدد الإلكترونات (نفس العدد الذرى) ولكنها تختلف فيما بينها من ناحية الوزن الذرى فقط (عدد البروتونات + النيترونات) لاختلاف عدد النيترونات الداخلة فى تركيب نواة كل نظير .

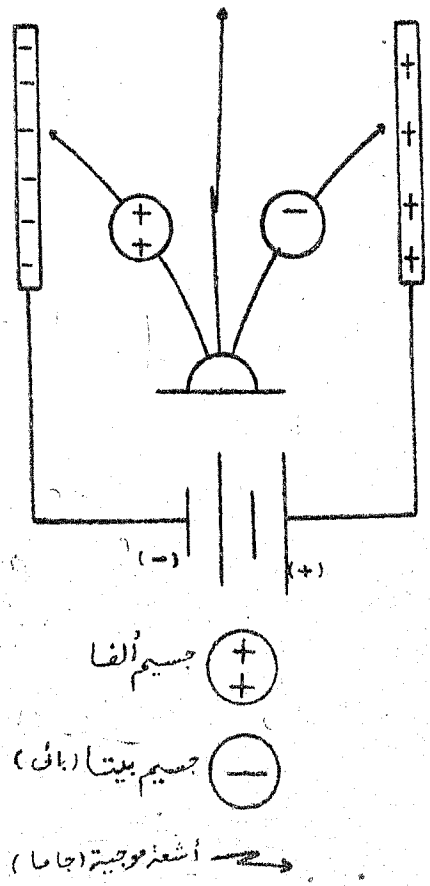
والنظير المشع لا يختلف عن النظير الثابت إلا بتوافر خاصية انبعاث طاقة منه إما على هيئة جسيمات نووية صغيرة وسريعة ، وإما على هيئة إشعاعات موجية كأشعة جاما ، وهذه الإشعاعات والجسيمات النووية تكهرب الوسط الذى تمر فيه

كالهواء والماء والأنسجة الحيوانية والنباتية وتسمى هذه العملية بعملية التأين ، كما تسمى هذه الإشعاعات بالإشعاعات المؤينة Ionizing radiation .

وتنشأ الإشعاعات الذرية عن اضطراب النواة بسبب اختلال نسبة مافيهـــا من نيترونات إلى بروتونات عن حدّ معين لازم لاستقرارها ، فإن إدخال نيترونات أو بروتونات أو قذائف أخرى إلى داخل النواة يحدث اختلالا فى نسبة النترونات عن الحد اللازم للاستقرار ، وعندئذ تحاول النواة أن تصل إلى حالة الاستقرار، بأن تصدر نوعا أو أكثر من الإشعاع. والإشعاعات النووية المؤينة المعروفة هى الجسيمات الألفية والجسيمات البائية والإشعاعات الجامية . ويتكون الجسيم الألفى من نواة الهيليوم ، بمعنى أن شحنته موجبة ، فى حين أن الجسيم البائى ليس إلا إلكترونا سريعا ذا شحنة سالبة مساوية لنصف شحنة نواة الهيليوم ، أما الأشعة الجامية فإنها طاقة منبعثة فى صورة أشعة موجية ليست لها شحنة (شكل ٤) .

والنظائر ذات النشاط الإشعاعى إما أن تكون طبيعية ، أى أنها موجودة فى الطبيعة ، مثل اليورانيوم والراديوم والثوريوم ، أوصناعية يمكن تحضيرها وصناعتها باستخدام الأفران الذرية Reactors أو المعجلات الذرية Accelerators كالفسفور ٣٢ .

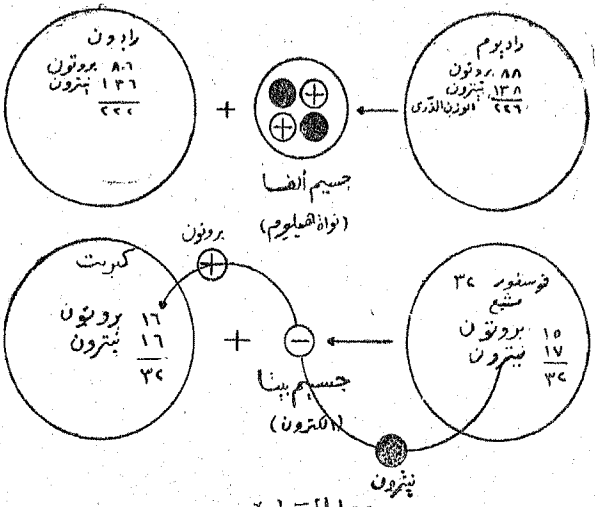
وذرة العنصر المشع تتحطم من تلقاء ذاتها ، فتفقد بعض أجزاء نواتها ، إما فى صورة إشعاعات « ألفا » أو « بيتا » وتتحول بذلك إلى ذرة جديدة تختلف فى خواصها الطبيعية والكيماوية عن الأولى ، وينتج عن ذلك مرور العنصر فى أطوار عنصرية مختلفة تدريجياً حتى يتحول فى النهاية إلى عنصر ثابت مستقر ، فإذا انبعث من العنصر دقيقه ألفا (أى نواة ذرة هيليوم تحتوى على بروتونين ونيترونين) فإن العنصر يتحول إلى العنصر الذى يسبقه بمكانين فى الجدول الدورى للعناصر ، فمثلا يتحول الراديوم ورقمه الذرى ٨٨ إلى رادون ورقمه الذرى ٨٦ ، أما إذا انبعث من العنصر دقيقه بيتا فإن العنصر يتحول إلى العنصر الذى يليه مباشرة فى الجدول الدورى للعناصر ، أى إلى عنصر يزيد رقمه الذرى بمقدار وحدة واحدة مع ثبات الوزن الذرى فى هذه الحالة . وتعود هذه الحالة الأخيرة إلى أن النيترون الدخيل المسبب لزيادة وزن النظير وعدم استقراره يتحلل إلى إلكترون سالب الشحنة ينطلق فى صورة دقيقه بيتا ويخلف وراءه



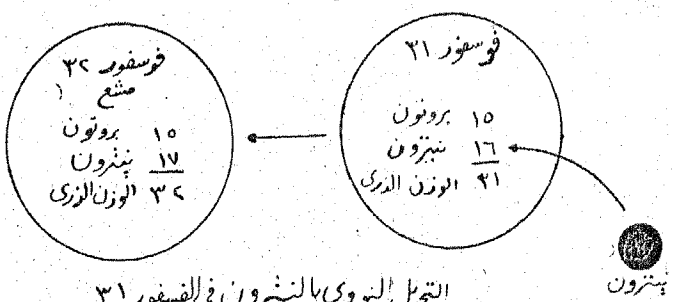
شكل (٤)

بروتوناً موجب الشحنة يؤدى إلى زيادة العدد الذرى دون إحداث أى تغيير فى الوزن الذرى ، لأن وزن البروتون تقريباً يساوى وزن النيترون لضآلة وزن الإلكترون (شكل ٥) و (شكل ٦) .

وتنطلق الإشعاعات الذرية وفق معدلات منتظمة ، وبنسبة ثابتة ، بحيث يمكن حساب كميتها والتنبؤ بتناقص مقدارها ، ويطلق على الزمن اللازم انقضاؤه ليصل النشاط الإشعاعى للمادة إلى النصف ، بنصف العمر للنظير المشع ، ويختلف نصف العمر أو نصف الحياة باختلاف النظائر المشعة ، فقد يكون جزءاً من ثانية فى حالة بعض العناصر العديمة الاستقرار ، وقد يصل إلى آلاف السنين فى حالة العناصر البطيئة الإشعاع .



شكل (٥)



شكل (٦)

ونظراً لما تمتاز به النظائر المشعة من إمكان تحسس وإدراك وجودها فى أى نسيج أو مادة عن طريق الإشعاعات المنطلقة منها ، فقد دخلت النظائر المشعة ميدان البحث العلمى كأداة فعالة تفوق فى درجة دقتها وكفايتها التجريبية غيرها من الأدوات الحديثة الأخرى .

ويمكن القول بأن استخدام النظائر المشعة فى ميدان البحث العلمى عامة والبحث الزراعى خاصة ، قد فتح أمامنا آفاقاً علمية جديدة يستحيل الوصول إليها بالأدوات الطبيعية والكيماوية الحديثة الأخرى ، ولقد ساهمت النظائر المشعة مساهمة فعالة فى حل الكثير من المشكلات الزراعية سواء فى ذلك المتعلق منها بالأرض والنبات والحيوان .