النشاط الإشعاعي وتكوين العناصر

الدكتورة نهى سالم
الأستاذة المساعدة للكيمياء

إن موضوع النشاط الإشعاعي وتكوين العناصر موضوع العصر الحديث. فكل يوم نرى المقالات العديدة الشيقة في الصحف تنبئنا عن الإشعاع والذرة ثم الأشعة الكونية والأقمار الصناعية والإشعاع بوجه عام وتكوين الكون.

وكل منا يستسلم للفكر ويسبح به الخيال في نظام هذا الكون العجيب وتكوينه العظيم ثم يفكر كيف ابتدأ هذا الكون حياته وإلى أي مصير هو سائر؟ لهذا كله رأيت أن أكتب فكرة موجزة عن النشاط الإشعاعي وتكوين العناصر ثم أنتقل بعد ذلك عن كيف وجد هذا الكون وكيف نتوقع نهايته.

اكتشف العلامة هنري بكريل Henry Bequerl سنة ١٨٩٦ أول مادة مشعة، ولكن قبل هذه السنة بقليل كان روتجن Roentgen قد اكتشف أنه بتصادم أشعة المهبط بجدار أنبوبة مفرغة منها تشع نوعاً آخر من الأشعة تعرف باسم أشعة المجهول X. Rays وإذا وقعت هذه الأشعة على لوح من كبريتيد الخارصين أو بلاتينوسيانور الباريوم أعطت ضوءاً متفسفراً. — أي ظاهراً بغير وضوح — وإذا سقطت هذه الأشعة على جسم الإنسان فإنها تنفذ منه ولكن جزءاً من هذه الأشعة يمتص بمرورها بالعظام. وتتوقف قدرة هذه الأشعة على اختراق الأجسام على مقدار طاقة الالكترونات التي انطلقت من الإشعاع فمثلاً أشعة أكس الناتجة من مليون فولت الكتروني أكثر اختراقاً للأجسام من ألف فولت الكتروني.

ويتوقف الإشعاع أيضا على نوع فلز Target الذى تقع عليه هذه الالكترونات من أشعة المهبط .

وتتكون أشعة أكس من موجات كهرمغناطيسية مثل الضوء غير أن لها القدرة على اختراق الأجسام وتأين الهواء عند المرور به . وقد وجد أنه بتعريض المواد لأشعة أكس أمكن معرفة مكوناتها . وقد درس العلامة بكريل مادة مركبة من كبريتات البوتاسيوم واليورانيوم بواسطة أشعة أكس فوجد أن هذا الملح له خاصة إعطاء نوع من الإشعاع الذى يؤثر على لوح فوتوغرافى مغطى . وأن مقدار هذه الأشعة يتناسب طرديا مع كمية اليورانيوم الموجود بالملح . وعلى هذا اعتقد العلامة بكريل أن هذا وليد وجود عنصر اليورانيوم . وفعلا بعد استخلاصه وجد أنه هو السبب فى ظاهرة الإشعاع . ثم توالت الاكتشافات ووجد أن عنصر الثوريوم ومركباته لها نفس الخاصية ، ثم اكتشفت مدام كورى وزوجها عنصر البولونيوم (وقد سمته بولنيوم اعتزازاً بوطنها بولندا) والراديوم بعد دراسة علمية منظمة للمواد المشعة ، وقد أمكنها أن تستخلص كلوريد الراديوم وقوة إشعاعه ثلاثة ملايين مرة قوة إشعاع أكسيد اليورانيوم .

إن من أهم خواص المواد المشعة أن الإشعاع المنبعث منها إذا مر بأى غاز أصبح هذا الغاز موصلا للكهرباء وقد فسر تومسون Thomson ورذرفود Ruthrford هذه الظاهرة بأن هذه الأشعة تقسم هذه الغازات إلى حوامل موجبة وسالبة للكهرباء أى أيونات . وقد أثبت ولسون Wilson وجود هذه الأيونات بتجربة بسيطة وهى أن للأيون خاصية تكثيف بخار الماء حوله كنواة .

وقد نجح ولسون أيضا فى تصوير خط مسار الشعاع فى الهواء . كما أن الأشعة المنبعثة من العناصر المشعة تؤثر على لوح فوتوغرافى محفوظ ، وقد استعملت هذه الطريقة فى قياس مقدار إشعاع العناصر المختلفة . وهذا حسب الوقت الذى يأخذه كل عنصر فى التأثير على اللوح الفوتوغرافى .

وقد وجد أن العناصر المشعة ينبعث منها ثلاثة أنواع من الإشعاعات كل منها خواص معينة . وهذه الإشعاعات هي جسيمات ألفا Alpha وبيتا Beta وإشعاع جاما Gama . وجسيمات ألفا تتكون من دقائق موجبة الشحنة تسير بسرعة عظيمة جداً حسب الذرة المشعة منها وأسرعها ينبعث من عنصر الثوريوم حيث تبلغ سرعته ١٣٨٠٠ ميل دقيقة وأبطأها هي التي تنبعث من عنصر اليورانيوم وتبلغ سرعتها ٨٨٠٠ ميل دقيقة .

وهذه الجسيمات بعد ما تترك الجسم المشع تسير بسرعة تعادل ٧ ٪ من سرعة الضوء . ولها القدرة على اختراق بعض الأجسام وإذا مرت بوسط غازي فإنه يتأين وهذا ينزع الكتروناته عن الذرة ، وأخيراً تتحول إلى ذرة هليوم . أي أن جسيمات ألفا موجبة الشحنة . ومن هذا نستنتج أن الذرة التي تفقد جسم ألفا تفقد من كل جسيم من هذه وزن ذرة الهليوم . أما عن جسيمات بيتا فإن وزنها ضئيل جداً وشحنتها سالبة وتسير بسرعة بين $\frac{1}{2}$ ، $\frac{9}{10}$ سرعة الضوء (سرعة الضوء 3×10^{10} سم ثانية) وقوتها على اختراق الأجسام أقل بكثير من جسيمات ألفا وتختلف سرعتها فكلما زادت السرعة كانت قدرتها على اختراق الأجسام أكثر وفي الحقيقة أن جسيمات بيتا هي الكترونات تتحرك بسرعة عظيمة جداً . أما إشعاع جاما فهي تشبه الأشعة المجهولة . فهي أمواج ضوئية طول موجتها صغير جداً يتراوح بين 1×10^{-8} ، 1×10^{-10} سم وإذا فقدت مادة مشعة جزيء ألفا وجزيئين بيتا فإنا نحصل على مادة عددها الذري يساوي العدد الذري للمادة الأصلية ولا تختلف في الخواص الكيميائية والطبيعية له غير أنه يختلف في الوزن الذري بمقدار ٤ وحدات عن العنصر الأصلي بالوزن . هاتان المادتان تسميان النظير Isotopes أما إذا فقدت المادة المشعة جزيء بيتا فيعني ذلك أن المادة الناتجة تختلف في الخواص الكيميائية عن المادة الأولى ولو أنها تتفق معها في الوزن الذري ويسمى هذا النوع أيضاً النظائر Isobars . ويمكن فصل هذه المواد المتشابهة عن بعضها بطرق طبيعية تعتمد على سرعة الانتشار لكل منها .

والمواد المشعه تنقسم إلى ثلاث متسلسلات :

١ — متسلسلة يورانيوم التى منها الراديوم .

٢ — « الاكتنيوم

٣ — « الثوريوم

وقد لوحظ أن لعناصر المشعة تقتصر على الذرات الثقيلة التى عددها الذرى فوق ٨٣ .

ويحدث مثلا عندما يبدأ عنصر اليورانيوم فى الإشعاع أن يتحول إلى يو$_{١}$ الذى يكون وزنه الذرى ٢٣٤ وعدده الذرى ٩٠ ، ويفقد العنصر المتحول جزءى ألفا . وقد وجد أيو$_{١}$ نظير لعنصر الثوريوم ثم إذا فقد يو$_{١}$ جزىء بيتا فانه يتحول إلى يو$_{٢}$ ويكون وزنه الذرى ٢٣٤ وعدده ٩١ والأخير نظير لعنصر البروتكتينيوم ويحدث أن يستمر الاشعاع إلى أن يصل إلى الراديوم ج Radium G ذى العدد الذرى ٨٢ وهو نظير لعنصر الرصاص ووزنه الذرى ٢٠٦ .

وبعض هذه التحولات من عنصر إلى آخر تتم بسرعة وبعضها يكون بطيئا والحرارة لا دخل لها فى إتمام التحولات ، وكل عنصر مشع له مدة حياة وهى المدة اللازمة لتحول أو استهلاك نصف كمية العنصر وتعرف بنصف العمر Half Life Period .

والمجموعة الثانية للإشعاع مجموعة الثوريوم وهى تبدأ بالثوريوم ووزنه الذرى ٢٣٢ ومدة نصف عمره ١٫٣٩ × ١٠^{١٠} من السنوات ويتحول أخيراً إلى نظير لرصاص ووزنه الذرى ٢٠٨ ، وقد وجد أن معظم نظائر الثوريوم تشبه النظائر المتكونه من اليورانيوم .

ويجب أن نأخذ فى حسابنا أن الإشعاع الذرى يحدث تغييراً شاملا فى نواة الذرة وأن هذا التغيير يتسبب عنه انطلاق حـــرارة مقدارها ١٠^{٦} سعر للجزىء الواحد .

وقبل أن نخوض فى موضوعنا علينا أن نلقى نظرة سطحية عن محتويات الذرة — ففى سنة ١٩٢٠ وجد رذرفورد أنه بتصويب جسيمات ألفا المنبعثة من العناصر المشعة على لوح رقيق من أى معدن فإن معظمها يمر خلال هذا اللوح وقليل منها ينحرف ، وعلى هذا فرض العالم رذرفورد أن ذرة العناصر لا بد أن تكون كالكرة ولها نواة تشغل جزءا صغيرا جدا من حجمها وبهذه النواة شحن موجبة أو بروتونات وربما جسيمات بدون شحنة أخرى وحول هذه النواة تتحرك الكترونات ذات شحن سالبة . وأن عدد هذه الشحنات يساوى تماما الشحنات الموجبة الموجودة بالنواة ولكننا نعلم أن الشحنات الموجبة تجذب إلى السالبة وعلى هذا تلتصق مع بعضها وتتلاشى المادة وهذا مالا يطابق الواقع مما أدى إلى أن بوهر Bohr يعدل هذه النظرية ، ويقترح تحرك الالكترونات فى مدارات وأن عدد هذه المدارات يختلف باختلاف العناصر وأقصى عدد لها سبعة وان كل الكترون يتحرك فى مدار خاص به ولا يفقد أى طاقة إلا إذا انتقل من مدار إلى آخر وفى هذه الحالة يفقد طاقة تساوى $E=E_2-E_1=h\nu$ حيث h هو ثابت بلانك Planck constant $=٦٫٦ \times ١٠^{-٢٧}$ إرج ثانية هى التذبذبات ومقدار الطاقة يتوقف على مكان الالكترون فى المدار .

ويحدث هذا التغير إذا عرضت الذرة لأى انفعال ذرى Exitment .

ولقد ظن فى بادىء الأمر أن البروتون هو نواة ذرة الايدروجين وأن العناصر الأخرى هى مركبة من هذه البروتونات فمثلا نواة ذرة الهليوم تتكون من أربعة بروتونات أى تساوى أربعة أضعاف ذرة الايدروجين أى على هذا الأساس يكون الوزن الذرى لجميع العناصر أضعاف ذرة الايدروجين دائما ولكن ثبت عكس ذلك فقد وجد أنه عندما تتحطم الذرة تحتوى علاوة على الكترونات أو بروتونات جسيمات أخرى بدون شحنة تعرف بالنيوترون Neutron وتوجد فى داخل النواة ووزنها يساوى تقريبا وزن البروتون ، ويبعث من النواة أحيانا جسيم آخر يكون موجبا أو سالبا

أو بدون شحنة ووزنه بين ٢٠٠ ، ١٠٠٠ مرة وزن الالكترون ويعرف بالميزون Meson أو نيوتريتو Neutretto إذا كان بدون شحنة .

وتخرج من النواة أيضاً عندما تتحطم جسيمات تعرف بالبوزيترون وهي موجبة الشحنة ووزنها يساوى وزن الالكترون .

ومن هذا يتبين أن الذرة تتألف من ثلاثة جسيمات رئيسية واسمها البروتون والنيوترون والالكترون ، ومن هذه الجسيمات تتألف كل المواد الموجودة فى العالم ويختلف عنصر عن آخر باختلاف عدد هذه الجسيمات وبترتيبها الخاص .

ومنذ عرف الإنسان هذا وهو يحاول معرفة كيف تتماسك وكيف يتم الربط بين هذه الجسيمات بعضها ببعض وقد علل ارتباطها ببعضها أنها ترتبط بقوة تعرف بالطاقة الضامة .

ومن ذلك كله يتبين أن الأجسام المشعة عندما تشع تنقص فى الوزن لأنها تشع جسيمات لها وزن معلوم ينفصل عنها فإذا أخذنا رطلا من اليورانيوم فإنه يعطى رصاصا زنته ٨٦٥٣ر٠ هليوم ١٣٤٥ر٠ وإشعاع ٠٠٠٢ر٠ ورغم أن الرصاص والهليوم يحتويان على العدد الحاوى لرطل اليورانيوم من الالكترونات والبروتونات ولكنا نجد أن وزنهما يقل عن وزن اليورانيوم بما يعادل ـــــ وهذا النقص هو ما فقد على شكل إشعاع أو طاقة وهو يساوى على أساس نظرية أينشتاين ٦ر٢ × ١٠^١١ سعراً فإذا علمنا أن الشمس دائما فى حالة إشعاع أى أن وزنها ينقص يوميا عما كان عليه بمقدار ما يعادل ٣٦٠٠٠٠٠٠ مليون طن ، وذلك لما فقدته بالاشعاع فى مدة الأربع والعشرين ساعة الماضية .

وهذه الإشعاعات المختلفة تسير فى الفضاء الكونى الذى لا نهاية له وهو يرجعنا إلى قوانين الحرارة الديناميكية لا يمكن أن نفسر حدوث جميع الظواهر التى نراها فى الكون ، فالطاقة الكيميائية التى بالغذاء هى التى تحفظنا

أحياء . والطاقة الحرارية هي التي تسير السفن والقطارات والطائرات . والطاقة الميكانيكية هي سبب دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس ليتغير الليل والنهار وتتغير فصول السنة من خريف إلى شتاء إلى ربيع وصيف .

والقانون الأول في الحرارة الديناميكية هو قانون عدم فناء الطاقة أي أن كمية الطاقة ثابتة دائماً ولكنها تتحول من شكل إلى آخر . وقد يظن أن يظل هذا الكون إلى مالا نهاية ولكننا نعلم أنه يمكن تحويل كمية من الطاقة الميكانيكية بأكملها إلى طاقة حرارية . ولكن لا يمكن بأي حال من الأحوال تحويل كل ما لدينا من طاقة حرارية إلى طاقة ميكانيكية وهذا ما يفسره القانون الثاني للديناميكا حيث أن الطاقة تسير تلقائياً من الوضع العالي إلى الأقل وعكس ذلك غير صحيح . ومن هذا يتبين أنه لا يمكن لهذا الكون أن يظل إلى مالا نهاية لأن الطاقة التي به تتحول من الوضع العالي إلى المنخفض الذي لا حياة فيه ، وعلى هذا فلا بد من مجيء الوقت الذي فيه يكون قد تحول آخر ارج من الطاقة من الوضع العالي إلى الوضع المنخفض ، وهنا تقف هذه الحياة ويسكن الكون ، فالطاقة مازالت هناك ولكنها فقط في أقل أوضاعها ولا يمكن أن تتحول إلى الوضع العالي .

حساب عمر الأرض : —

ويمكن بالحساب معرفة عمر الأرض من بدء الخليقة بواسطة تحليل صخور المواد المشعة المعروفة نصف العمر ، فمثلا يتحلل جرام من اليورانيوم الذي عدده الذري ٢٣٨ ونصف عمره ٤٫٥ × ١٠^٩ سنة إلى مقدار ٥ر — جرام من اليورانيوم ذي العدد الذري ٢٣٨ ، ٢٣٦ر٤ وجرام من الرصاص وعدده الذري ٢٠٦ر ٠٦٧٤ وجرام من الهليوم ذي العدد الذري ٤ . ويمكن تمثيل هذا التفاعل النووي بالآتي :

٢٣٨ يو ← ٢٠٦ رصاص + ٨ هليوم .

وقد وجد أن نسبة غاز الهليوم إلى صخور اليورانيوم أقل من $\frac{٠٦٧٤}{١٠٠٠}$ ،

وهذا يبين أن عمر الأرض أقل من ٤٫٥ × ١٠^٩ سنة .

وقد وجد أن صخور اليورانيوم موجودة من قديم الزمن وعمرها مساو ٢٫٨ × ١٠^٩ سنة .

وقد تتساءل عن بداية هذا الكون وكيف ابتدأ حياته ؟

أثبت العلماء وجود أشعة تملأ الفضاء لها قوة عظيمة جداً على إختراق الأجسام . وبإرسالها مناطيد إلى الطبقات الجوية العليا وجد أن هذه الأشعة تزيد بزيادة الارتفاع وسميت هذه الأشعة بالأشعة الكونية Cosmic Rays وقد ظن بادىء الأمر أن مصدرها الشمس ولكن لوحظ أنها لاتختلف قوتها فى الليل عنها فى النهار وبهذا ثبت أن الشمس ليست مصدراً لها وتمتاز الأشعة الكونية بأقصر موجة وأكبر تذبذب ومقدار هذا الإشعاع عظيم جداً .

وقد اعتقد أنها ناشئة من تفاعل البروتون مع ذرات المادة وأن هذه الجسيمات لها خاصية إمكان تحطيم نواة ما ونتيجة لهذا تتكون جسيمات البوزيترون Position الذى يشبه وزنه وزن الالكترون مع اختلاف الشحنة . وقد ظن أيضاً أن هذه الأشعة الواقعة على البلازما هى المتسببة عن نظرية التطور الحديثة . فقد يظن مثلا أن القرود تحولت إلى رجال بواسطة الأشعة الكونية .

ومقدار هذا الإشعاع عظيم جداً خاصة فى الأماكن المرتفعة . وقد وجد مليكان أنها تحطم ما يعادل ١٫٤ ذرة فى كل سم^٣ من الهواء فى كل ثانية ، ولا بد أنها تحطم ملايين الذرات من أجسامنا فى كل ثانية ولهذه الأشعة القدرة على اختراق رصاص سمكه ١٦ قدما ومن ذلك يتضح قوة هذه الأشعة وقد أمكن حساب طول موجتها فقدرت ١٫٣ × ١٠^-١٣ ، ونعلم أيضاً أن قطر الالكترون يساوى قطر النواة الخفيفة على وجه التقريب وأنه إذا وضع ٢٥ × ١٠^٧ ذرات بجانب بعضها فى سطر شغلت كل هذه الذرات بوصة واحدة أى أن قطر الالكترون يساوى ٢ × ١٠^-١٣ سم وبهذا تكون الأشعة الكونية يمكنها تحطيم ما يعادل الالكترون من النظرية الكمية quantum Theory فان مقدار الكم quonta من هذه الأشعة له طاقة تعادل

١٥٠٠٠ر — برج ويمكن أن تتحول طاقة الكم أو الفوتونات Photon أو أشعة جاما إلى الكترونات تتوقف على كمية هذه الطاقة فإذا كانت صغيرة نتج ما يسمى بالالكترون الفوتونى Photoelectron وإذا زادت الطاقة نتج الكترون كومتون Compton Electron نتيجة تفاعل هذه الطاقة مع الالكترونات المختلفة . أما إذا زادت الطاقة زيادة كبيرة فإنها تتمكن من خلق زوج من الالكترونات أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة .

ونحن نعلم أيضا أن وزن أيون الايدروجين أو ذرة الايدروجين يساوى تقريباً ١٫٦٦ × ١٠^-٢٤ جرام ووزن الإلكترون يساوى ٩٫١٠٣٥ × ١٠^-٢٨ من الجرامات .

فإذا تصورنا طاقة إشعاعية طول موجتها أقل من ١٫٢٣ × ١٠^-١٣ موجودة بالفضاء فان هذه الطاقة ذات التذبذبات العالية جداً لها القدرة على أن تخلق كونا مماثلا هذا الكون تماما لأن هذه الاشعة لها القدرة على تكوين الكترونات وبروتونات وهذه الجسيمات هى التى تكون ذرات العناصر المختلفة ولكن عجز العلماء عن معرفة كيفية ربط هذه الجسيمات مع بعضها ووجودها فى شكل عناصر ومواد مختلفة بالطبيعة .

وهنا يقف العلم حائراً ، فالخالق القوى وحده هو القادر على ربط هذه الجسيمات لتكوين هذا الكون كما هو .