المقتطف

الجزء الثالث من المجلد الثامن والثمانين

١ مارس سنة ١٩٣٦ — ٧ ذي الحجة سنة ١٣٥٤

العلم يجاري الطبيعة

في توليد عناصر مشعة

تباري الراديوم

الراديوم اشهر عنصر في طائفة من المواد الكيائية تعرف بالعناصر المشعة ، وصفتها التي تتميز بها عن سائر العناصر ، هي اطلاقها انواعاً من الاشعة ، اطلاقاً ذاتيًّا ناجماً عن انحلال ذرّاتها . وقد ثبت بالتجربة والامتحان ، ان بعض الاشعاعات التي تنطلق منها ، وبوجه خاص ما يعرف بأشعة غمًّا ، لهُ تأثير مفيد في معالجة السرطان

الاّ ان هذه العناصر المشعّة نادرة في الطبيعة ، ولذلك نجدها غالية الثمن ، حتى ان الغرام الواحد من عنصر الراديوم ، يزيد ثمنهُ الآن على عشرة آلاف جنيه ، وقد كان قبل عقدين من السنين يبلغ ثلاثين الفاً او نحو ذلك . ولذلك يصحّ القول ، بأن الكشف الحديث ، عن تحويل بعض العناصر غير المشعّة ، الى مواد مشعّة ، تقدُّم عظيم الشأن في علم الطبيعة ، وقد يكون ، بل لا يبعد ان يكون ، فتحة جليلة اخرى ، من فتحات العلم النظري لعلوم الطب العملية

هذا الكشف الجديد ، الذي اثبت ان الانسان يستطيع ان يحوّل بعض العناصر غير المشعة الى عناصر مشعة بأساليب صناعية ، نتيجة النشاط العجيب ، الذي بدا في علم الطبيعة التجريبيّ ،

ودار حول نواة الذرّة ، في الغالب ، في السنوات الخمس الاخيرة . فقد اذيعت الانباء الاولى عن هذا الكشف في ١٥ يناير سنة ١٩٣٤ في رسالة للسيدة ايرين كوري جوليو (كريمة مدام كوري مكتشفة الراديوم) وزوجها الاستاذ جوليو ، وقد نالا جائزة نوبل الكيائية عن سنة ١٩٣٥ جزاء لهما على هذا الكشف العظيم

ومنذ ما اذاع هذان العالمان نتائج مباحثهما الاولى في هذا الموضوع ، أكبّت عليه طائفة كبيرة من البحّاث في مختلف البلدان ، فتوسعت فيه ، وايدت بتجاربها الحقائق التي كشفها الباحثان المتقدمان . وفي مقدمة الذين تناولوا هذا البحث ، واضافوا اليه ، اللورد رذرفورد واعوانه في جامعة كمبردج ، والاستاذ انريكو فرمي في جامعة روما ، والاستاذ ارنست لورنس في جامعة كاليفورنيا الاميركية وغيرهم . ولكي يسهل على القارىء قدر قيمة هذه المكتشفات الحديثة حق قدرها ، لا بدّ لنا من تلخيص ما كان يعرف عن تركيب الذرة في العشرين السنة الاخيرة ونحوها

فالذرة كانت في بدء هذه الحقبة ، وفي خلالها ، تحسب مؤلفةً من جزء مركزي كثيف ثقيل الوزن يعرف بالنواة ، تحيط به ، وحدة او اكثر من الكهربائية السالبة تعرف باسم الكهارب (الالكترونات) . فالنواة تحمل شحنة كهربائية موجبة او اكثر تعدّل بها فعل الشحنات السالبة التي تحيط بها ، وكذلك تصح الذرة متعادلة الكهربائية او محايدة

وكانت العناصر المختلفة ، تختلف بحسب هذا الرأي ، في عدد الكهارب التي حول نوى الذرّات . واطلق على عدد الكهارب حول النواة اسم «العدد الذري» . واسندت خواص العنصر الكيائية الى عدد الكهارب ، . ورتبت العناصر من اخفها الايدروجين ، الى اثقلها الاورانيوم ، وفقاً لتسلسل الارقام من واحد الى اثنين وتسعين (١ — ٩٢) وكان رقم كل عنصر يدل على عدد الكهارب التي حول النواة في ذرته . فالذرّة الثقيلة هي التي نجدها في العناصر المشعة كالاورانيوم (٩٢) ولكنها عناصر نادرة على كل حال . حالة ان العناصر التي كان لها اكبر شأن في بحث الذرّة وتركيب نواتها كانت من العناصر الخفيفة الوزن ، لسبب سنبينهُ

والى القارىء جدولاً بالعناصر الستة عشر الاولى وامام كلّ منها رقم يدل على عدد الكهارب التي تحيط بنواتها اي على عددها الذري

ايدروجين	١	فلور	٩
هليوم	٢	نيون	١٠
ليثيوم	٣	صوديوم	١١
بريليوم	٤	مغنيزيوم	١٢
بورون	٥	الومنيوم	١٣
كربون	٦	سليكون	١٤
نتروجين	٧	فصفور	١٥
اكسجين	٨	كبريت	١٦

يتضح للقارىء الملم الماماً بسيطاً بتركيب الاشياء التي تحيط به ، ان هذه العناصر كثيرة الوجود ، في الهواء الذي نتنفس والماء الذي نشرب والخشب الذي نصنع منهُ كراسينا ومكاتبنا والورق الذي نكتب عليهِ ونطبع صحفنا وكتبنا والحجر الذي نبني منهُ بيوتنا

وهكذا تبيَّن للعلماء ان بين الكهارب التي حول نواة الذرة ، وخواص العنصر الكيائية ، صلة وثيقة . الاَّ ان ذرّات العنصر الواحد قد تختلف وزناً او كتلة . فكيف يفسَّر ذلك ؟

ان كتل الذرّات في عنصر واحد قلَّما تختلف اختلافاً كبيراً ، بل ان اختلافها على كل حال لا يؤثر تأثيراً عظيماً ، في تصرّفها الكيائي . ولذلك لا يهمُّ الكياوي ، من الوجهة العملية ان يميِّز بين الذرات المختلفة وزناً في عنصر واحد ، لان الاختلاف غير كبير ، ولانهُ لا يؤثر كثيراً في الخواص الكيائية

الاَّ ان الاختلاف في الكتلة ، في ذرّات عنصر واحد ، يعني اختلافاً في بناء النواة . ولذلك يمكن أن نحسب النظائر المختلفة موادَّ مختلفة لا مادّة واحدة (النظائر ترجمة لفظ Isotopes وبهِ يراد طائفة من ذرّات عنصر ما تختلف كتلةً عن طائفة اخرى من ذرّات العنصر نفسهِ) ولعلَّ أشهر مثالٍ على ان اختلاف الكتلة يؤثر تأثيراً ظاهراً في تصرف الذرّة وخواصها الكيائية عنصر الايدروجين . فمعظم ذرّات الايدروجين كتلتها ١ ولكن هناك ذرّات ايدروجين كتلتها ٢ وهي نادرة . اي ان ذرّة من نظير الايدروجين النادر تزن ضعفي ذرّة من الايدروجين المألوف . ولما تناول العلماء دراسة هذا النظير ، تبيَّن لهم انَّ لهُ خواصَّ كيائية تختلف عن خواص الايدروجين المألوف . لذلك اطلقوا عليهِ اسماً خاصًّا بهِ فدعاهُ علماء اميركا « دوتيريوم »

Dentrium ودعاهُ علماء انكلترا « ديلوجين » Diplogen . وقد كان مكتشف هذا النظير الاستاذ هارولد يوري ، احد علماء جامعة كولومبيا الاميركي ، فنال جائزة نوبل الكيائية عن سنة ١٩٣٤ وكان لاكتشافه ، مقام خطير ، في المباحث الكيائية ، وفي المباحث الطبيعية كذلك الخاصة بطبيعة نواة الذرّة

كان معظم التقدم في طبيعة الذرّات ، محصوراً حتى مطلع سنة ١٩٣١ في دراسة الكهارب حول النواة ، بل ان البحث في هذه الكهارب ، حال دون اي تقدُّم يذكر في فهم طبيعة النواة وتركيبها . ولما كانت المسائل المتعلقة ببناء الذرة معتدة كلَّ التعقيد ، فقد كان من حسن الطالع ، إمكان قسمتها الى قسمين ، احدهما يدور حول طبيعة الكهارب ، والآخر حول طبيعة النواة . ومع ان العلماء جمعوا حقائق كثيرة عن طبيعة النواة ، في خلال السنين التي تلت الكشف عن الراديوم ، الاَّ اننا نستطيع ان نقول ، ان البحث الحديث في دراستها ، بدأ حقيقة سنة ١٩٢٨ . ففي تلك السنة وحواليها ، حاولت جماعتان من علماء اميركا تطبيق قواعد الميكانيكيات الموجية على ذرّات العناصر الثقيلة لتفسير انحلالها وانطلاق دقائق الفا منها وهذه الدقائق كما يعلم القارىء نوى ذرّات الهليوم . وكانت الجماعة الاولى مؤلفةً من الاستاذ غرني والاستاذ كوندون Condon — وعنهُ تنقل هذا المقال وقد نشرهُ في مجلة الفيزيك اميركا عدد يناير سنة ١٩٣٦ — في جامعة برنستن . وكان على رأس الجماعة الثانية الاستاذ جامو G. Gamow الذي قام ببحثهِ مستقلاً عن الجماعة الاولى . فقد اثبت هؤلاء الباحثون ، انهُ اسهل على الدقائق الصغيرة ، ان تخترق نوى الذرّات مما كان يظنُّ

وكان للنجاح الذي اصابته هذه المباحث النظرية في تفسير بعض ظاهرات الاشعاع الطبيعي فائدة كبيرة ، لانها بيَّنت ان إحداث تغير في تركيب النوى باطلاق دقائق مكهربة عالية الضغط الكهربائي عليها ، ايسر مما كان يظنُّ . فقد كان الرأي حتى ظهور هذه المباحث ، ان الدقائق التي تطلق من نوى الذرات ، يجب ان تطلق عليها بطاقة عدة ملايين من الفولطات ، فاثبتت هذه المباحث ، ان اطلاقها بطاقة أقلُّ من ذلك كثيراً ، كافٍ لاحداث التغير المنتظر في بناء النوى

وشرع العلماء بعد ذلك في برنامج واسع النطاق ، آيته اطلاق دقائق مكهربة بكهربائية عالية الضغط على نوى العناصر وقد ظلت هذه الطريقةُ الوسيلةَ المقدَّمة على غيرها في دراسة النواة . وعمادها

استحداث تيار من الايونات ، من الايدروجين او الدوتيريوم مثلاً . والايونات هي ذرّات وقد فقدت كهرباً أو اكثر من كهاربها التي تحيط بالنواة . فتصبح الذرّة بعد انفصال كهرب او اكثر عنها ، وهي مكهربة كهربائية موجبة . فاذا أُطلقت هذه الايونات في مجال كهربائي عالي التنخط ، جذبتها القوى الكهربائية السابقة جذباً عنيفاً ، فتكتسب سرعة عظيمة اي تكتسب زخماً Momentum وطاقة Energy وكذلك يتحول تيار الايونات ، الى تيار من الدقائق المكهربة العظيمة الطاقة ، فتوجه الى لوح ، من المادة التي تُرام دراستها

فاذا يحدث حينئذ ؟

من المعروف عند علماء الطبيعة ، ان قطر النواة ، لا يزيد $\frac{1}{10000}$ جزء من قطر الذرة . ولما كانت الذرات التي تتألف منها مادة اللوح الذي توجه اليه الايونات صغيرة جداً ، فمن البحث أن يحاول الباحث ان يوجه تيار ايوناته الى ذرة بعينها ، دع عنك نواةً بعينها . وعليه فمن الواضح ان طائفة كبيرة من مقذوفات هذا التيار تصطدم بمادة اللوح ، وتخترقها من دون ان تقرب قرباً كبيراً من احدى نوى الذرات . هذه المقذوفات تختلط عند اختراقها لمادة اللوح ، بكهارب الذرات — وكهربائيتها سالبة كما تعلم — فتبطل كهربائية الكهارب كهربائية المقذوفات الموجبة ، فتفقد المقذوفات زخمها وطاقتها وتستقرّ . وكذلك تستقر معظم هذه المقذوفات من دون ان تمس احدى نوى الذرّات في اللوح الذي وجّهت اليه او تقرب منها

على انهُ من حظ بعض الايونات ، او هذه المقذوفات المكهربة ان يكون توجيهها الى النوى اسدَّ وأحكم ، فتقترب منها ، ولكنها في اقترابها تجد قوة تبعدها عن النواة ، وهي قوة التدافع بين دقيقتين مكهربتين كهربة واحدة . فالايون كما بيّنا موجب الكهربائية وكذلك نواة الذرة ، فاذا قرب عند اقتراب الاول الى الثانية ، هو ميل الى التدافع . فيحرّف مسار المقذوفة حول النواة . فبعد ان تكون المقذوفة سائرة بزخم عظيم في خط مستقيم تنحرف وتسير في خطّ منحنٍ . الاّ ان هذا الانحراف يقل كثيراً ، بازدياد طاقة المقذوفات وسرعتها اي انه كلما زادت الطاقة الكهربائية التي تقذف المقذوفات ، يقل انحرافها بفعل الدفع الكهربائي . ثم ان الانحراف الناشىء عن الدفع الكهربائي ، اقل في العناصر التي ارقامها الذرية صغيرة منهُ في العناصر التي ارقامها الذرية كبيرة . وهذه الحقيقة تفسر لنا ، ما عجبنا له عند القراءة عن هذه

الباحث ، وهو ان البحث يكاد يكون محصوراً ، او هو حقيقة محصور في البيوم والبريليوم والبورون والالومنيوم وغيرها من العناصر التي أرقامها الذرية صغيرة (راجع الجدول في هذا المقال)

بعد التغلب على جميع هذه العوائق ، تصل بضع مقذوفات من ملايين المقذوفات الى النواة وتصدمها. اما ما يكون من أثر هذا الاصطدام فهو موضوع البحث . والمقدر ، ان مقذوفة واحدة من عشر ملايين مقذوفة ، او مائة مليون مقذوفة ، تصيب نواة واحدة ، اي ان احتمال اصابة الهدف تختلف من (١ : ٠٠٠٠٠٠٠٠ر١٠) الى (١ : ٠٠٠ ٠٠٠ر١٠٠)

وتختلف الاساليب المستعملة في توليد الطاقة الكهربائية العظيمة لاطلاق المقذوفات باختلاف المعاهد . ففي بعضها تستعمل تيارات كهربائية عالية الضغط من رتبة مليون فولط او اكثر ، فتمكن العلماء من الحصول على مقذوفات سريعة عظيمة الطاقة يستطيعون توجيهها الى نوى الذرات ، على نحو ما كان اللورد رذرفورد يوجه دقائق الفا المنطلقة من الراديوم من نحو عشرين سنة . اي ان رذرفورد كان يعتمد على مقذوفات تنطلق من تلقاء نفسها من العناصر المشعة وأما علماء اليوم فيصنعون قذائفهم غير معتمدين على الطبيعة

ومن هذه الاساليب اسلوب بارع ابتدعهُ الاستاذ لورنس احد علماء جامعة كاليفورنيا فانهُ اخذ تيارات من نوى الايدروجين الثقيل، واطلقها في حقل كهربائي ، بطاقة عشرة آلاف فولط فقط ، ولكنهُ استنبط طريقة لاسراعها accelerate في هذا الحقل ، حتى اذا بلغت منتهى الاسراع الممكن كانت طاقتها من رتبة مليوني فولط مع ان الطاقة الاساسية التي دفعها كان ضغطها عشرة آلاف فولط فقط. فاذا صارت طاقتها مليوني فولط وجهت الى لوح من الالومنيوم او الصوديوم او اي مادة يراد البحث فيها

هذا هو ملخص الطريقة بوجه عامّ فما هي النتائج ؟

اسفرت التجارب في خلال السنوات الاربع الاخيرة ، عن تحويل العناصر باحداث تغير في تركيب نواها ، في طائفة من معامل البحث العلمي في اوربا واميركا . ويصحب هذا التحوُّل في معظم الاحيان ، انطلاق مقادير كبيرة من الطاقة بتحوُّل المادة الى طاقة الحركة . وهذا التحوُّل من المادة الى الطاقة هو ما تنبَّأ به اينشتين سنة ١٩٠٥ ولكن ليس ثمة امل ما الآن ، في استعمال هذا الفعل الطبيعي مصدراً لتوليد الطاقة من المادة . فمع ان كلَّ مقذوفة تصدم النواة ، تولِّد طاقة

عظيمة ، بالقياس الى طاقة حركتها ، ولكن اذا قيست هذه الطاقة المولّدة بمجموع الطاقة التي تنفق في اطلاق جميع المقذوفات التي لا تصيب نواة على الاطلاق ، وجدنا اننا من الخاسرين . يضاف الى هذا اننا الآن لا نستطيع ان نلجم الطاقة الناشئة عن اصطدام المقذوفة بالنواة ، لنستعملها في ما يفيد

الاّ ان بعض التحوّل في نوى الذرّات يتمّ بطريقة اي ان الذرّات التي تصطدم بالمقذوفات تبقى تشعّ الطاقة اشعاعاً بصيغة اي انها تتصرف كأنها ذرّة عنصر مشعّ كالراديوم مثلاً . واول مثال اكتشف من هذا القبيل اكتشفته مدام ايرين كوري جوليو ، كريمة مدام كوري ، وزوجها الاستاذ جوليو . فانهما اطلقا المقذوفات على عدّة عناصر ، منها عنصر الالومنيوم . وكانت مقذوفتهما نوى عنصر الهليوم منطلقة بطاقة عظيمة ، فأصبح الالومنيوم بذلك عنصراً مشعّاً . نعم إن التجارب السابقة كانت قد اثبتت ان اطلاق مقذوفات من هذا القبيل على الالومنيوم تفضي الى اشعاعات مختلفة تطلق من الالومنيوم . ولكن الظاهرة الجديدة التي اكتشفها جوليو وزوجته كانت ان الاشعاع استمرّ بضع دقائق بعد وقف اطلاق المقذوفات . فتبيّن لدى البحث ان الالومنيوم كان يطلق كهارب موجبة (بوزيترونات) . والبوزيترونات تشبه الكهارب المألوفة ، الاّ ان شحنتها الكهربائية موجبة بدلاً من ان تكون سالبة

فلما فحص الهليوم المشع بأساليب البحث الكيماوي والطبيعي المعروفة ظهر ان ما حدث للالومنيوم كان كما يلي : انهُ عند اطلاق نواة الهليوم على الالومنيوم ، تصيب احدى نوى الهليوم المنطلقة نواة الالومنيوم فتندمج الواحدة في الاخرى ، ويطلق منها على اثر الاندماج نوترون . والنترونات كما لا يخفى على قراء المقتطف هي دقائق ليس لها شحنة كهربائية وكتلتها مثل كتلة نواة الايدروجين اي (١) وقد اكتشفها الاستاذ شدويك الانكليزي سنة ١٩٣٢ . اذاً عند ما تصطدم نواة الهليوم بنواة الالومنيوم تضاف شحنة نواة الهليوم الى شحنة نواة الالومنيوم فيصبح عدد الشحنات على نواة الالومنيوم ١٥ اي يتحوّل الالومنيوم الى فصفور . وعدد الشحنات الموجبة على النواة في ذرّة للفصفور ١٥ كما ترى في الجدول . ثم عند بحث هذه الذرّة الجديدة من الفصفور يثبت انهُ فصفور لا عهد للعلم به من قبل واذن فهي ذرّة غير مستقرّة لذلك تميل الى الانحلال في بضع دقائق بعد تكوينها ، فتطلق بوزيتروناً والبوزيترون شحنة موجبة واحدة من

الكهربائية فتبقى نواة الذرّة الجديدة وشحنتها ١٤ وهي شحنة نواة السلكون. هذه النواة مستقرّة وعندها يقف كل تحوُّل. فالالومنيوم تحوَّل باطلاق هذه المقذوفات عليه الى فصفور غير مستقرّ فالى سلكون

هذا مثال من امثلة عديدة تناولها البحث بعد ما اكتشف الاستاذ جوليو وزوجتهُ هذه الظاهرة

وقد استعمل بعض الباحثين نوى الايدروجين المألوف والايدروجين الثقيل (الدوتيريوم) ومن العناصر التي اطلقت عليها نوى الدوتيريوم عنصر الصوديوم. وزعيم هذه التجربة الاستاذ لورنس الاميركي بجامعة كاليفورنيا

فاذا يحدث في هذه الحالة؟ تجتذب نواة ذرّة الصوديوم نواة الدوتيريوم التي تصيبها، فتندمج الاثنتان، وينطلق بروتون اي نواة ذرّة الايدروجين المألوف. اي ان دقيقة وزنها نصف وزن نواة الدوتيريوم تنطلق على اثر الاندماج ويبقى النصف الآخر في نواة الصوديوم. فيزيد وزن نواة الصوديوم واحداً عما كان. ولكن شحنتهُ الكهربائية تبقى على ما هي اي انهُ يبقى صوديوماً. هذه النوى من الصوديوم التي يحدث لها ما تقدم مشعّة وتبقى تشعُّ مدة اطول من مدة اشعاع الالومنيوم الذي اطلقت عليه نوى الطيوم. ويمتاز الصوديوم المشعّ على الالومنيوم المشعّ في انهُ يطلق اشعة غمّا وهي عظيمة الطاقة من قبيل الاشعة السينية. ولا يخفى ان لاشعة غمّا فعلاً في معالجة بعض انواع السرطانية، ولذلك اتجهت الانظار في جامعة الاستاذ لورنس الى امكان استعمال هذه الاشعة المنطلقة من الصوديوم المشع في علاج السرطان بدلاً من الراديوم او جنباً الى جنب معهُ

ويعلم القراء ان الراديوم يفقد نصف فعله بعد انقضاء ١٦٠٠ سنة عليه ولكن الصوديوم المشع الذي اصبح مشعّاً بفعل الانسان، يفقد نصف فعله في ١٥ ساعة وثلاثة ارباعه في ٣٠ ساعة وسبعة اثمانه في ٤٥ ساعة وهكذا. لذلك لما رحل الاستاذ لورنس من كاليفورنيا الى شرق الولايات المتحدة الاميركية، ليحاضر، في هذا الصنف من المواد المشعة، تمكن زملاؤهُ في كاليفورنيا من اعداد صوديوم مشعّ وارساله إليه بالطيارة فعرضه على جمهور العلماء الذي استمعوا لهُ