# المقتطف

الجزء الخامس من المجلد الخامس والتسعين

١ ديسمبر سنة ١٩٣٩ — ٢٠ شوال سنة ١٣٥٨


# اكتشاف السنة

## في تركيب الذرة وعملها

## هل الانشطار الذري اهمُّ من الحرب ؟

روى الدكتور كارل كمبتن مدير معهد ماسشوستس التكنولوجي انهُ عُهد اليه في خلال الحرب العالمية الماضية بأن يعرض على خبراء الانكليز والاميركيين جهازاً كان الفرنسيون قد اخترعوهُ لتبين مواقع الغواصات . وكان ارنست رذرفورد — اكبر علماء الذرة في هذا العصر وقد توفي في ١٩٣٧ — احد خبراء الانكليز . فعند ما حان ميعاد الاجتماع تلقى الخبير الانكليزي الآخر — الاستاذ بلكت — بطاقة من رذرفورد يعتذر فيها عن تأخره بوجوب بقائه في معمله قليلاً لانجاز تجارب كان قد بدأها وان هناك ما يحملهُ على الظن انهُ يمكن من شطر نواة الايدروجين بها . قال : واذا صحَّ ذلك فهذا اهمُّ من الحرب . ولكنهُ وهو العالم الحذر طلب الا يذاع تباً هذه التجارب حتى تأيد نتائجها . وقد كان حذرهُ في محلّهِ لان ما اتركهُ رذرفورد في تلك التجارب لم يكن شطر نواة الايدروجين بل قذف البروتونات من ذرات التروجين والالومنيوم وغيرها من العناصر الخفيفة فكان بذلك اول من ادرك الطريقة لتحويل العناصر بعضها الى بعض

وقد ذهب رذرفورد الى لقاء ربهِ سنة ١٩٣٧ وشطر نواة ذرَّة من الذرَّات لم يتم . ونحن اولاء في اهوال حرب عالمية اخرى ، ولكن ابناء مباحث العلماء لا ينقطع سيلها ، وبينها بأ

شطر ذرّة ليست ذرة الايدروجين اخف العناصر ولكنها ذرّة الاورانيوم اثقلها. فاذا صحّ ما يُبنى على هذا الانشطار من الآراء، فهذا النبأ على قول رذرفورد فيه « اهم من الحرب »

— ١ —

في اواخر يناير الماضي (٢٦ يناير ١٩٣٩) عقد في مدينة وشنطن عاصمة الولايات المتحدة الاميركية مؤتمر وشنطن الخامس للطبيعة النظرية. وفي جلسة الافتتاح اعلن العلامتان نيلز بور الدنماركي، واريكو فرمي الايطالي، أنباء تجارب استوقفت الانظار واسترعت اهتمام العلماء المؤتمرين. وملخص هذه الانباء ان عالماً المانيًّا يدعى اوتو هان Hahn كان قد فاز قبل بضعة اسابيع بنتائج غريبة في خلال قيامه بتجارب طبيعية عادية. ذلك بأنهُ اشترك مع زميله شتراسمان Strassmann في اطلاق النوترونات على ذرات عنصر الاورانيوم جرياً على طريقة اريكو فرمي Fermi الايطالي ثم كشف المخلّفات الناشئة عن اصطدام النوترونات بالذرات

ولو انهما وجدا راديوماً في هذه المخلفات لما دهشا لأن الراديوم قريب الصلة بالاورانيوم من حيث الوزن والشحنة الكهربائية وهو احد جيرانه في الجدول الكيميائي الدوري، فتحويل الاورانيوم الى عنصر آخر باطلاق القذائف عليه ليس مستغرباً وتحوُّل بعض ذرات الاورانيوم الى ذرات راديوم ليس مما يبعث على الدهش

ولكن الشيء المستغرب بل العجيب في نتائج هذه التجارب ان هان وشتراسمان وجدا في مخلفات الاصطدام آثار عنصر الباريوم، وهو بعيد عن الاورانيوم في الجدول الدوري ووزنه الذري نصف وزن الاورانيوم الذري تقريباً، فاذا صح هذا — والكواشف الكيميائية والطيفية أثبتت ان الباريوم موجود في المخلفات — فمعناه ان قذائف النوترونات لم تفصل في انطلاقها شظايا صغيرة من نواة الاورانيوم بل معناه انها تمكنت من قلق الذرة فلقتين في صدمة عنيفة

فكان وقع هذا النبأ في اذهان العلماء المؤتمرين، كوقع صيحة «الذهب» في اسماع الباحثين عنهُ. وما اقبل المؤتمر على الانفضاض حتى جاءت انباء المختبرات تترى مؤيدة للنتائج التي وصل اليها هان وشتراسمان. ذلك ان الدكتور فرش Frisch والباحثة لز مينتر Lise Meitner أثبتا في بحث اجرياه في مختبرها بكوبنهاغن عاصمة الدنمارك قبل عشرة ايام صحة ما قاله هان وشتراسمان. وكان اريكو فرمي قد اجرى تجربة من هذا القبيل في جامعة كولومبيا قبل التئام المؤتمر بيوم واحد. وفي اليوم الثامن والعشرين من شهر يناير — اي يوم انفضاض المؤتمر — جاءت الانباء من معهد كرنيجي بوشنطن وجامعة جونز هبكنز وجامعة كاليفورنيا وكانت جميعها مؤيدة لانباء برلين

فأطلق في الحال وصف «الانشطار الذري» على هذه الظاهرة الجديدة في علم الطبيعة الذرية، وقامت دراستها بعناية فريق كبير من كبار علماء الطبيعة كانوا قبل ذلك منهمكين بدراسة

الميزوترون او الكهرب الثقيل وهو من مكتشفات سنة ١٩٣٧ — ١٩٣٨

كانت الشكلة الاولى التي واجهها هؤلاء العلماء في بحثهم الجديد سعيهم الى تبين الطريقة التي يحدث بها هذا الانشطار. وكان الدكتور فرش وزميله ليز ميتنر أسبق الباحثين الى وضع صورة واضحة لهذه الطريقة. قالا: ان نواة الذرة في عرف الطبيعة الحديثة مجموعة من البروتونات والنوترونات محشوكة معاً في حيز ضيق. وعدد البروتونات الحرة في النواة يعين قدر الشحنة الموجبة عليها والخواص الكيميائية للذرة. ولكن النوترونات وحدات وزن ولا تحمل شحنة كهربائية لانها متعادلة الكهربائية. اما نواة ذرة الايدروجين فأبسط نوى الذرات تركيباً وتوامها بروتون واحد. فاذا ارتقيت سلم النوى الذرية وجدت في نواة كل عنصر عدداً متفاوتاً من البروتونات والنوترونات. فاذا بلغت الاورانيوم وهو في رأس السلم وجدت قوام ذرته اثنين وتسعين بروتوناً ومائة وستة واربعين نوتروناً ومجموعها ٢٣٨ وهو وزن الاورانيوم الذري. ولكن الاورانيوم له نظائر isotopes ومن نظائره نظيران وزن احدهما الذري ٢٣٤ ووزن الآخر ٢٣٥ ورغبة في الاختصار عند الكلام على الاورانيوم ونظائره يكتب الاورانيوم في الرسائل العلمية كما يلي: — فالرقم الأعلى يدل على الوزن الذري والرقم الاسفل على عدد البروتونات — اورانيوم $\frac{٢٣٨}{٩٢}$ او $\frac{٢٣٥}{٩٢}$ او $\frac{٢٣٤}{٩٢}$

ومن الحقائق المعروفة في علم الطبيعة الحديثة ان جميع العناصر التي تفوق الزئبق وزناً — وهي التاليوم والرصاص والبزموت والبولونيوم والرادون والراديوم والاكتينيوم والثوريوم والبروتاكتينيوم والاورانيوم — لها نظائر مشعة. ونوى هذه النظائر معقدة التركيب غير مستقرة. فتطلق النواة عادة دقيقة من دقائقها بغية الاستقرار فيكون ذلك اشعاعاً

ولعل خير مثل يضرب لتوضيح هذه الحالة هو تشبيه النواة بقطرة من الماء قوامها جزيئات كثيرة من الماء، فاذا حدث لاحد هذه الجزيئات التي على سطح القطرة ما جعل طاقته اعظم من طاقة الجزيئات الأخرى فانه ينفصل عن القطرة متبخراً. ولكن اذا حدث للقطرة حادث على جانب من العنف فان القطرة نفسها تنشطر قطرتين

وهذا في رأي فرش وميتنر عين ما يحدث لنواة ذرة الاورانيوم، عندما يحدث له حادث عنيف كاصطدامه بنوترون مقذوف عليه، اي ان النواة تنشطر شطرين يكادان يكونان متساويين

ولكن الشطرين غير مستقري التركيب، ولا يلبثان حتى ينحلا فتتولد نوى ذرات أخرى. والواقع ان انشطار الاورانيوم على الطريقة المتقدمة يعقبه سلسلة من التحولات، وهذا يقتضي أن تظهر في مخلفات قذف النوترونات على ذرات الاورانيوم عناصر شتى. وفعلاً تمكن الباحثون من وجود الباريوم والاتيمون والتلوريوم واليود والزينون والسيزيوم والتنالوم في طائفة منها والبرومين

والكربتون والروبيديوم والسترنتيوم والإتريوم في طائفة اخرى ومن المحتمل ان تكون هناك قوى عناصر اخرى لم تحقق بعد

وتفسير هذا التحوُّل سهل لا يمت بصلة الى حقائق الطبيعة الحديثة . فعدد النوترونات في كل من الشعرين الاولين كبير بالقياس الى عدد البروتونات فيه . ولذلك لا بدَّ لكل منهما ان يتخلص من احد نوتروناته لكي يستقرَّ تركيبهُ . فيحدث احد امرين اما ان يقذف نوتروناً الى الخارج فينقص وزنهُ وحدة كاملة ولكن لا تتغير خواصه . واما ان تحلَّ وحدة النترون فيتحول في داخله الى بروتون حرّ ويقذف كهيربه الى الخارج . وفي الحالة الثانية لا يتغير وزن النواة (لأن وزنها في عدد ما فيها من البروتونات) ولكن تزيد شحنتها الموجبة وحدة كاملة باطلاق الكهيرب (وهو وحدة الشحنة السالبة) فتتغير بذلك طبيعة النواة الكيميائية اي تصبح نواة عنصر آخر . وقد دلت التجارب ، على أن هذين الفعلين يقعان في خلال التحول

ولا يعلم حتى الآن ما هما المادتان الاصليتان الناجتان عن الانشطار . فاذا كان عنصر الباريوم احدهما — ونواتهُ فيها ٥٦ بروتوناً — فالعنصر الآخر يجب ان يكون عنصراً في نواته ٣٦ بروتوناً (لأن مجموع بروتونات نواة الاورانيوم ٩٢ بروتوناً) وهذا العنصر هو احد نظائر عنصر الكربتون

واذا اتجه الباريوم الى الاستقرار باطلاق كهيرب (راجع الطريقة الثانية من طرائق التحول) فانهُ يتحول نظيراً من نظائر اللنثانوم ، وهذا قد يتحول بدوره الى عنصر السيريوم باطلاق كهيرب . والكربتون (او نظيره) ينحل كذلك بالطريقة نفسها الى روبيديوم فسترنتيوم ومن المحتمل ان يتحول الى اتريوم فزركونيوم

واذا كانت نتيجة الانشطار الاول عنصري السترونتيوم والزينون بدلاً من الباريوم والكربتون حدثت كذلك سلسلة من التحولات من سترنتيوم الى اتريوم الى زركونيوم ومن زينون الى سيزيوم الى باريوم الى لنثانوم الى سيريوم

***

انهُ لأسهل على العلماء في كشف في العلم النظري من قبيل هذا الكشف ، ان يتبينوا ما لهُ من الشأن النظري قبل ان يتبينوا وجوه النفع العملي . وكشف « الانشطار الذري » أتاح لعلماء الطبيعة الحديثة فرصة نادرة للبحث في طبيعة قوام الذرة وقلب صفحة جديدة في دراسة القوة التي تربط اجزاء النواة بعضها ببعض

ثم انهُ فسر تفسيراً معقولاً ظاهرة غريبة ما فتىء العلماء محيرين في امرها منذ كشفت في سنة ١٩٣٤ . ذلك ان فرمي الايطالي تبين في تلك السنة عند ما اطلق النوترونات على الاورانيوم ، ان الكهيربات تنطلق من الاورانيوم نتيجة لهذا . فذهب ظنهُ حينئذٍ الى

ان نواة الاورانيوم تلتقط النوترون فتستبقي بروتونه وتطلق كهيربه ، وبذلك يزداد وزن ذرة الاورانيوم وحدة كاملة ، فظن انهُ تمكن بذلك من توليد عنصر جديد ، وزنه الذري ٩٣ مع ان الاورانيوم — ووزنهُ الذري ٩٢ — كان بحسب جدول مندليف الدولي لجدول موزلي للاعداد الذرية ، آخر العناصر وأثقلها . ثم لاحظ فرمي ان نواة هذا العنصر الجديد تطلق كهيرباً آخر فذهب ظنه كذلك الى ان ذلك يولّد عنصراً جديداً آخر وزنهُ الذري ٩٤ فأطلق على هذه العناصر التي تفوق الاورانيوم وزناً ذريًّا وصف « العناصر التي وراء الاورانيوم Transuranic » وتبعهُ آخرون في هذا الطريق ، فوجدوا عناصر أخرى وزنها الذري ٩٥ و ٩٦ و ٩٧ الخ

وقد ظلت هذه الظاهرة سرًّا مغلقاً محيّراً لا لباب العلماء الى ان تمّ الكشف العظيم الخاص بانشطار الاورانيوم على يدي هان . والواقع أن هان نفسه صرّح قبل كشفه انهُ وجد في المخلفات الناتجة من اطلاق النوترونات على الاورانيوم عناصر « ترانس اورانية » لها خواص الباريوم واللنثانوم وغيرها . فزاد ذلك التصريح الحالة غموضاً والعلماء حيرة

فلما اذيع نبأ كشف « الانشطار الذرّي » وثبت ان الشطرين اللذين ينشآن عنهُ يتحوّلان أدرك العلماء حالاً أن هذه الكهيربات التي شاهد فرمي انطلاقها من الاورانيوم لا تنطلق منهُ فعلاً ولكن من مخلّفات انشطاره فحلّ بذلك لغز العناصر التي وراء الاورانيوم ( الترانس اورانية )

— ٢ —

هذا يسير من ناحية ما لهذا الكشف من قيمة نظرية . وقد يكون من المتعذر الآن وزن ما له من قيمة عملية . ولكنا نستطيع ان نتصوّر القدر العظيم من الطاقة التي تنطلق عندما تنشطر ذرة الاورانيوم . وقد قيست طاقة انطلاق الشطرين فثبت انهما متحركان كأن قوة قدرها ٢٠٠ مليون كيرب فولط تدفعهما . وهذه قوة أعظم من كل قوة مماثلة في ظاهرات عالم الذرّات اذا استثنينا الاشعة الكونية

ولا يخفى ان وزن نواة الذرّة — مهما تكن الذرّة ما خلا ذرّة الايدروجين — لا يساوي تماماً مجموع اوزان الجسيمات التي تدخل في تركيبها . والرأي ان جانباً يسيراً جدًّا من مجموع اوزانها يتحول طاقة تربط هذه الجسيمات بعضها ببعض في نطاق النواة ولولاه لتناثرت وتباعدت

وهذا الفرق بين وزن النواة ومجموع اوزان الجسيمات يوصف بعبارة « نقص الكتلة » mass defect ولما كانت نواة ذرّة الاورانيوم أعقد تركيباً من نوى سائر الذرّات ، فالطاقة التي تحتاج اليها لتربط بين بروتوناتها ( ٩٢ ) ونوتروناتها ( ١٤٦ ) يجب ان تكون كبيرة بالقياس الى الطاقة التي تحتاج اليها نواة الهليوم او البيثيوم مثلاً . واذن فنقص الكتلة الذي رافد هذه الطاقة يجب ان يكون كبيراً كذلك

وقد دلَّ البحث الذي قام به الاستاذ فردريك جوليو الفرنسي ومعاونوه ان النوترونات التي اطلقت عن الاورانيوم كانت ذات طاقة ضعيفة ولكنهُ وجد انهُ عند ما يقع الانشطار في ذرَّة الاورانيوم تنبعث نوترونات منطلقة من الذرَّة بسرعة وطاقة عظيمتين ومغزى هذا القول ان العلماء توصلوا الى طريقة يستطيعون ان يطلقوا بها الطاقة المختفية في نواة الذرة

ذلك ان مدام كوري جوليو — كريمة بيير وماري كوري — كانت قد مهدت السبيل بمباحثها لاكتشاف هان. ثم اقبلت هي وزوجها وزميلها الاستاذ ساقتش على بحث هذه النوترونات الثانوية التي تنطلق من العناصر المتولدة من انشطار الاورانيوم الاول ، وجاراهم فريق من العلماء في جامعة كولومبيا ومعهد كارنيجي وجامعة كمبردج ، فوجدوا ان هذه النوترونات المنطلقة من هذه العناصر قوية الزخم تحدث انشطاراً في ما تصيبه من نوى ذرات الاورانيوم ومن مخلفات الانشطار الثاني تتولد نوترونات اخرى اقوى زخماً من الاولى والثانية ، وهذا فعل لامراية له ولا يحدُّ منهُ الاَّ مقدار كتلة الاورانيوم المعرضة لفعل النوترونات الاولى المقذوفة من سيكلوترون لورنس [1] . فاذا اتيح للعلماء كتلة كبيرة من الاورانيوم فمن المحتمل ان يسفر هذا الفعل عن توالد طاقة عظيمة متى كثر عدد الذرات المنشطرة في تلك الكتلة . وقد اجمعت الصحف العلمية التي اطلعنا عليها على ان العلماء القائمين بهذه المباحث يتوجسون خيفة من انطلاق طاقة عظيمة بين ايديهم وهم لا يدرون كيف السيطرة عليها

ولكن يجب ألاَّ يذهب بنا الظن الى الاعتقاد ان استعمال الطاقة الذرية غدا وشيكاً . ذلك ان الطاقة المتولدة من انشطار نواة الاورانيوم يسيرة جداً بالقياس الى ما نحتاج اليه لأغراض الحياة اليومية وان كان عظيماً جداً بالقياس الى كتلة النواة نفسها . والباحث يحتاج الى احداث ٢٥ الف بليون انشطار في الثانية لكي يولد قوة حصان واحد . وجل ما تستطيعه معامل البحث الطبيعي إحداث بضع مئات من حوادث الانشطار في نوى الاورانيوم في الثانية . فاذا اقتفت اساليب شطر نوى الاورانيوم وما كان من قبيله من العناصر ، فاستعمال الطاقة الذرية يغدو في نطاق المستطاع . واما يجب ان نذكر ان هذا الاتقان ليس بالامر السهل . فشطر نوى الاورانيوم باطلاق النوترونات عليها اشبه ما يكون الآن بمن يحاول ان ينقل رماد البحار من مكانها بنقلها حبةً حبةً ، او كمن يطلق رشاشاً على مئات من الحرز مثبتة في لوحة كبيرة والمسافة بين كل خرزة وأخرى عشرات الامتار [2]

---

(١) سائر جائزة نوبل الطبيعية سنة ١٩٣٩

(٢) يرجع محرر المقتطف قراءه أن يطالعوا هذا المقال مقروناً بمقال « الطاقة من المادة » مقتطف نوفمبر ١٩٣٩ صفحة ٤٢٧ — ٤٣٩ وما نشر بعده في مقتطف ابريل ومايو ١٩٣٩ عن هذا الموضوع وكان في مستهله