المذاهب الحديثة في بناء المادة

للمستر فندرسن

استاذ الطبيعة في الجامعة الاميركية بالقاهرة

بشعور يختلط فيهِ الاقدام بالاحجام اقف اليوم امامكم لبسط بعض نواحي هذا الموضوع . فانا مقتنع كلَّ الاقتناع بانهُ بحثٌ فتَّان ، وانما يقعدني ، عجزي عن الاحاطة بنواحيهِ في اربعين دقيقة ، يقعدني ، سعة نطاق البحث والعجز عن تفسير الاَّ جانب ضيّق منهُ . ثم اني لا اعرف مدى معرفة السامعين بالطبيعة والرياضة ، فليعذرني بعضكم اذا اطلت الوقوف قليلاً ببعض النواحي ، لتفسير امور يعرفونها

لما اشرف القرن التاسع عشر على ختامهِ ، كان علم الطبيعة علماً كاملا تقريباً . كان العلماء قد استخرجوا بعض الاحكام العامة الخطيرة ، في اثناء ذلك القرن او قبلهُ ، اشهرها « ثبات الكتلة أو الجرم » و« حفظ الطاقة » و« ناموس الجاذبية » و« نظرية الضوء الكهرمغنطيسية » و« ناموس حفظ المادة » . فلم يبق حينئذٍ الاَّ التدقيق في القياس والوزن للحصول على ادق ما يمكن الحصول عليهِ من درجات « الحرارة النوعية » و« عامل التمدد » . ولكن لم يكد القرن التاسع عشر يشرف على ختامهِ حتى اخذت تدبُّ اليهِ عوامل التحوُّل . وقد انقضت الآن ستٌّ وثلاثون سنة ، مذ بدت طلائع هذا التحوُّل ، اجيبت في اثنائها مسائل كثيرة غامضة ، ووجهت مسائل اخرى . واقتن ما حدث في هذه الحقبة يدور حول بناء المادة . وفي الوقت الذي عيّن لي لا استطيع الاَّ الاشارة الى اعظم الحوادث التي وقعت . فالاستاذ ملكن يذكر ٢١ حادثاً خطيراً في هذه الناحية تمت بين (١٨٩٦ — ١٩٢٦) ولكن بعض الحوادث التي وقعت بعد ١٩٢٦ لا تقلُّ في خطورتها عن اخطر ما ذكرهُ ميلكن . وعليهِ فسوف أدير الحديث حول سبع مسائل هي مصدر حيرةٍ لبعض الناس ، وصعوبة لاولئك الذين يحاولون التعمق في درسها

والمسائل التي سوف نعرض لها على عجل هي : (١) — نظرية الكوانتم لپلانك (٢) — الترابط بين الكتلة والطاقة (٣) — تحويل العناصر والمادة (٤) — بناء الذرة بحسب رذرفورد وبور (٥) — الميكانيكيات الموجية لشرويدنغر (٦) — مبدأ هيزنبرج في « عدم التثبّت » وعلاقته « بالسبب والمسبّب » أو « بالعلّة والمعلول » (٧) — الناموس الثاني في علم « الترموديناميكس » ومستقبل الكون وبوجهٍ خاص الارض

في سنة ١٨٩٥ كشف رنتجن عن اشعة اكس (الاشعة السينية) وهي ضوء لا يرى بالعين يخترق المواد الكثيفة. وفي سنة ١٨٩٦ اكتشف بكرل فعل الاشعاع الذي فسّر بعدئذٍ بانهُ ناشئ عن انحلال المادة انحلالاً ذاتيًّا — اي من دون تسليط اي عامل خارجي عليها. ومن غريب ما يذكر في هذا الصدد ان فعل الاشعاع لا يمكن إسراعهُ ولا إبطاؤهُ في معمل البحث الطبيعي بوسيلة من الوسائل. فلا اتى درجات الحرارة التي يمكن الحصول عليها من الضوء الكهربائي في القوسي، ولا ادنى درجات البرد في الهواء السائل ولا درجات الضغط العظيم أو الفراغ الشديد، لها اي اثر ظاهر في سرعة انحلال الراديوم مثلاً. ومع ذلك فنحن نعلم ان هذا لا يصدق قط على الافعال الكيميائية العادية

كان الباحثون قد عرفوا اشعة المهبط (السالبة) والاشعة الموجبة. ولكن طمسن (J. J.) قال في سنة ١٨٩٧ ان اشعة المهبط مؤلفة من دقائق تحمل كل دقيقة منها شحنة كهربائية سالبة. فهذه الاشعة تنحرف بفعل مجال كهرمغنطيسي (ويعرف هذا بفعل زيمن) ثم حسبت النسبة بين شحنة الذرة وكتلتها. ثم اثبت لورنتز (العالم الهولندي) ان الدقائق المتموجة التي تقتضيها نظرية مكسول الكهرمغنطيسية (التي نشرت سنة ١٨٦٤) تتصرف تصرفاً يقتضي النسبة التي اثبتها طمسن لدقائقه (اي نسبة الشحنة الى الكتلة) ثم اطلق لورنتز على دقائق طمسن الاسم الذي اقترحهُ «ستوني» Stoney وهو «الالكترون»

فلما انبلج فجر القرن العشرين كان علم الطبيعة على طريق الانقلاب والحوادث تسير سراعاً آخذ بعضها برقاب بعض. ففي سنة ١٨٩٨ اكتشفت مدام كوري الراديوم ثم تلا ذلك اكتشاف العناصر المشعة من الاورانيوم الى الرصاص. هذا هو فاتحة العصر الجديد في علم الطبيعة

بعوزك ونظرية الكوانتم

لم تكتشف ظاهرات طبيعية جديدة فقط، وانما شرع بعضهم يعلّلها تعليلاً فيهِ خروج على مبادىء الطبيعة المستقرة. وابعثها على العجب، وامعنها في الثورة على القديم، تعليلات ماكس بلانك التي نشرها سنة ١٩٠٠ اذ قال ان اشعاع طاقة الحرارة ليس عملاً متصلاً، ولكنهُ يحدث حدوثاً متقطعاً. فالطاقة التي تحتوي عليها موجة من الضوء تعادل تعدد اهتزازاتها مضروباً في مقدار دقيق محدود يرمز اليهِ بحرف (h) وهذا المقدار على دقتهِ ثابت لا يتغير. فحيث تجد اشعاعاً فقوتهُ من اضعاف هذا المقدار (h). ان وحدة القوة العادية هي «وط». والمصابيح الكهربائية العادية تستعمل الطاقة بمتوسط ٤٠ وطًّا. و«الوط» ١٠ ملايين «ارغ» في الثانية. و«الارغ» هو وحدة «العمل» أو «الطاقة» وهو قدر صغير جدًّا لذلك لا يستعمل الاّ «الجول» في الشؤون الصناعية وهو عشرة ملايين «ارغ». ولكن «الارغ» على دقتهِ صغير جدًّا اذا قوبل بمقدار بلانك (h). انهُ كقطرة

ماء ازاء مقدار كبير من الماء . تصوّروا الماء المتصرّف من خزان اسوان في فصل الفيضان فانهُ يبلغ نحو ٧٧٠٠ طن من الماء في الثانية. فاذا حسبنا ان هذا المقدار من الماء مضى يتصرّف من الخزان ثانية فاخرى مدة ١٥٣٣٢٠٠٠٠٠٠٠ — وهو نحو نصف الزمان الذي انقضى على الارض منذ تكوّنت سيّاراً مستقلاً — فلا ريب في ان مقداراً كبيراً جدًّا يتصرف منهُ . ان نسبة قطرة واحدة من هذا المقدار الى كلّ قطراته هي كنسبة مقدار بلانك الى « الارغ » . ومع ذلك فكل مصباح من هذه المصابيح الكهربائية ينفق الف مليون « ارغ » في الثانية

فمقدار بلانك وحدة « عمل » دقيقة ولذلك دعاه « Quantum » ومعناهُ اصلاً مقدار

فلما قال بلانك بانفصال الطبيعة قلق الفلاسفة، وتحيّر علماء الطبيعة في صحة قولهِ ومايسفر عنهُ من المفارقات، وظلوا كذلك حتى جاء بور النابغة الدنركي سنة ١٩١٣ وفسّر الضوء، وبناء الذرات، بمقتضى نظرية بلانك . وسوف نعود الى هذا ، اذ نتكلم عن « بناء الذرة بحسب رذرفورد وبور »

الكتلة والطاقة

يتعذر ان نذكر اينشتين من دون ان نطيل المكث معهُ . وانما اريد ان اوجّه عنايتكم الى نقطة واحدة جلَتها « نظرية النسبية » — وهي العلاقة بين سرعة الضوء وسرعة جسم متحرّك وكتلة ذلك الجسم وطوله . فلا ريب في ان كتلة الاجسام التي تستطاع رؤيتها بالعين او بالمكرسكوب ثابتة وكذلك مقاييس اي جسم جامد فهي ثابتة اذا كان الجسم بمعزل عن قوى مشوّهة. ثم ان اينشتين اثبت ضرورة حسبان سرعة الضوء سرعة ثابتة لاعلاقة لها بالمشاهد، او بحركة المشاهد والمشاهَد. ثم انهُ علّل التقلّص الحادث في الاجسام المتحركة ، الذي قال بهِ لورنتز وفتزجرالد[1]

ومن الواضح انهُ اذا كان سرعة الاجسام نحو $\frac{1}{100}$ من سرعة الضوء، فالتعديلات التي ادخلها اينشتين لايمكن ان تدرك بآلة او بحسّ ، ولا اثر لها في الحسابات العملية . ولكن اذا كان جسم من الاجسام يسير بسرعة تعدل $\frac{9}{10}$ سرعة الضوء او تسعة اعشارها فتعديلات اينشتين كبيرة الاثر

ويؤخذ من معادلات اينشتين انهُ اذا كان جسم من الاجسام سائراً بسرعة الضوء فانهُ يتقلص الى ان يصبح طوله صفراً وكتلتهُ لا حدّ لها (اي ان كتلتهُ تزيد بزيادة سرعتهِ وطولهُ ينقص وفقاً لهذه الزيادة) فاذا سار الجسم بسرعة تزيد على سرعة الضوء اصبح طولهُ كمية سالبة (اي اقل من صفر) وكتلتهُ اقلّ من اللانهاية (infinity) وكلاهما مما لا يتصوّرهُ العقل فينتج من ذلك انهُ يتعذر على اي جسم ان يسير بسرعة معادلة لسرعة الضوء او تفوقها

(١) يقول هذان العالمان ان طول جسم متحرك ينقص وان نقصه يعدل طوله وهو مستقر مضروباً بجذر المالي $\left(1 - \frac{\text{مربع سرعته}}{\text{مربع سرعة الضوء}}\right)$ وان كتلة جسم متحرك تعدل كتلته وهو مستقر مقسومة على الجذر المالي $\left(1 - \frac{\text{مربع سرعته}}{\text{مربع سرعة الضوء}}\right)$

ولكن هل ثمة اجسام تسير بسرعة تضاهي سرعة الضوء؟ نعم. فاشعة المهبط والالكترونات تسير بسرعات تضاهي سرعة النور الثابتة. فان اشعة المهبط اذا مرت في حقل كهربائي انحرفت عن سيرها المستقيم انحرافاً يختلف باختلاف كتلتها وسرعتها. وكتلتها تزداد بازدياد سرعتها وبازدياد كتلتيهما يقل انحرافها بالجذب الكهربائي. على ان انحرافها يختلف كذلك باختلاف شحنتها الكهربائية. وقد قاس طمسن انحراف هذه الاشعة فوجد ما اثبت صحة رأي ايشتين في التقلص الذي قال به لورنتز وفتزجرالد

ان طاقة الحركة في دقيقة متحركة تعدل ½ كتلتها مضروبة في مربع سرعتها. فبدأ «حفظ الطاقة» لا يمكن ان يكون له كيان مستقل بعد التطور الحديث، بل هو متصل بثبات الكتلة. وافعال الاشعاع تبين ان المادة ليست مستقرة على حال واحدة وان ذراتها تتفتت وتتحطم وتتحول الى طاقة — والراديوم اشهر الامثلة على ذلك — ففي هذا العصر زال من علم الطبيعة القول «بحفظ المادة» واعيد القول «بثبات الكتلة» في شكل جديد وتحدد معنى «حفظ الطاقة»

تحول المادة

في القرن التاسع عشر، اقتنع علماء الكيمياء والطبيعة بان ما تصوره اصحاب الكيمياء القديمة، من تحويل عنصر الى آخر، فعل مستحيل. فلما اكتشف الراديوم، وانحلال ذراته وتحولها بعد تماد اشعاعها الى رصاص، دبت الحياة في ذلك التصور القديم. والواقع ان الحلم باستخراج الذهب من الزئبق لم يتم. اما العلماء الذين يبحثون عن الحقيقة اكثر من بحثهم عن الذهب، فقد كشفوا عن حقائق كثيرة ذات بال. فانه على اثر مباحث رذرفورد وموزلي وبور، صنع مثال لبناء «الذرة». ولا يتسع المقام هنا الا لبعض نواحيه. فرذرفورد تصور الذرة مبنية من نواة صغيرة ثقيلة فيها تستقر الكهربائية الايجابية، وتحيط بها دقائق من الكهربائية السالبة. ثم جاء بور وجعل هذه الدقائق السالبة في افلاك حول النواة (لنا عود الى هذا الموضوع) وتلاه موزلي فأبدع وهو لا يزال في ميعة الشباب، ناموس الاعداد الذرية وبحسبها رتب العناصر من الايدروجين الى الاورانيوم ترتيباً مشابهاً لترتيبها في جدول مندليف الدوري، وانما جعل لها ارقاماً، كل رقم يمثل عنصراً — فالايدروجين (١) والاورانيوم (٩٢) — وكل رقم يمثل كذلك عدد الشحنات الموجبة في النواة الفائضة عن الشحنات السالبة. كما يمثل عدد الالكترونات حول النواة في ذرة كل عنصر واليك المثل:

	الايدروجين	الهليوم	الكروم	الزئبق
الوزن الذري	١	٤	٥٢	٢٠٠
العدد الذري	١	٢	٢٤	٨٠
البروتونات في النواة	١	٤	٥٢	٢٠٠
الشحنات الموجبة الفائضة في النواة	١	٢	٢٤	٨٠
الالكترونات في النواة	٠	٢	٢٨	١٢٠
الالكترونات حول النواة	١	٢	٢٤	٨٠

اذ لا يخفى ان نواة الذرة مؤلفة من عدد من الالكترونات وعدد من البروتونات. ولكن عدد البروتونات اكبر فشحنة النواة اذاً موجبة فتمدلها الالكترونات السالبة التي خارج النواة

وقد أثبت رذرفورد ان أشعة الفا ما هي الاّ ذرّات هليوم مكهربة (او هي ايونات هليوم) وايون الهليوم هو ذرة هليوم فقدت الكترونيها اللذين حول نواتها ، فظلت نواة فيها اربعة بروتونات والكترونان واذاً فشحنتها الكهربائية «موجبة مزدوجة». فاذا اطلقت ذرة دقيقة من دقائق الفا ، فهذه الدقيقة يجب ان تكون قد انبعثت من النواة لان النواة هي المكان الوحيد في الذرة الذي فيه كهربائية موجبة. ويجب ان تلبعث من النواة اضعف مما كانت فيه. وهكذا تتحول الذرة من ذرة عنصر معين الى ذرة عنصر آخر. كذلك اذا انبعثت اشعة بيتا من ذرة ما تحولت تلك الذرة، لانه ثبت بالتجربة ان دقائق بيتا لا يمكن ان تنبعث الاّ من النواة وذلك بترك النواة وفيها شحنة موجبة زائدة. وبوجه عام اذا انطلقت دقيقة الفا من ذرة عنصر كان الوزن الذرّي للعنصر الجديد اقلّ (٤) من العنصر الذي نشأ منهُ وكان عددهُ الذرّي اقلّ (٢) من الاول . واذا انطلقت دقيقة بيتا كان الوزن الذري للعنصر الجديد مساوياً للعنصر الذي نشأ منهُ وأما عددهُ الذرّي فيزيد (١) عن الاول. فتحوّل الزئبق الى ذهب مستحيل واما تحوّل الذهب الى زئبق فممكن — نظريًّا على الاقل

والراديوم يتحوّل فعلاً الى رصاص. فاذا كان اصل الراديوم من الثوريوم (عددهُ الذرّي ٩٠) انحلّ الى رصاص له وزن ذرّي معين . واذا كان اصله من الاكتينيوم (٩١) انحل الى رصاص كذلك ولكن الوزن الذرّي لهذا الرصاص يختلف عن الوزن الذرّي للرصاص الاول . واذا كان اصله من الاورانيوم (٩٢) انحلّ الى رصاص من صنف ثالث ذي وزن ذرّي يختلف عن الاثنين السابقين . ولكنها كلها رصاص وتحتوي على ٨٢ شحنة ايجابية في نواتها . واما عدد البروتونات في الذرّة الواحدة من الرصاص الاول ١٢٤ وفي الثاني ١٢٦ وفي الثالث ١٢٨ ، اي ان الاوزان الذرية في الاصناف الثلاثة مختلفة ولكن الخواص الكيائية واحدة . هذه الاصناف المختلفة من الرصاص تعرف بالنظائر (Isotópes وكلة ايسوتوب مؤلفة من لفظين يونانيين معناهما مكان واحد) فهي على اختلاف اوزانها الذرية تشغل محلا واحداً في جدول العناصر

والاستاذ استن الانكليزي هو ابو « النظائر » . وقد أبان ان فرض بروت ، الذي مضى عليه اكثر من مائة سنة ، جدير بالعناية والاحترام . فبروت يقول بأن الاوزان الذرية في كل العناصر يجب ان تكون اعداداً صحيحة . وهذا يصح على كثير من العناصر، ولا يمكن تعليله بالاتفاق او الارجحية . وانما يعلله استن بأن طائفة من ذرات الكلور التي وزنها الذري ٣٥ تكون في الاحوال العادية مختلطة بطائفة من ذرات الكلور ايضاً التي وزنها الذري ٣٦ فيخرج وزن الكلور الذرّي ٣٥ر٤٦ ولما كان علماء الكيمياء يتناولون عدداً كبيراً من جزيئات الكلور وذراته في اثناء التجارب التي يجرونها لتحديد الوزن الذري ، فالوزن الذري يخرج دائماً ٣٥ر٤٦

[له بقية]