بعيداً عن نواة الذرة

كنت أومن بطفرة الفيزياء أو علم الطبيعة كما جرى اسمه خطأً على الألسن فى مصر ، وكانت رياضيات ماكسويل الإنجليزى وتجارب هرتز الألمانى وعمل برانلى الفرنسى وتطبيقات ماركونى الإيطالى فى الوصول إلى تحقيق اللاسلكى مما يثير العجب ، ولكن الناس تنسى ويذهب منها العجب ، وتعتاد الأشياء فلا تفكر فى أصولها ولا تتأمل فى عظمتها .

فأنت عند ما تتوجه للتاجر لتشترى جهازاً للراديو تنظر لجمال الصندوق ورونقه ، وتسأل عن نوع الخشب ومتانته ، وتهتم بعدد ما بداخل الصندوق من صمامات أشبه بالمصابيح ، ولكنك لا تحاول أن تعرف كيف يمكنك بهذه الصمامات أن تستمع لمذيع فى أى جزء من هذه الأرض الفسيحة دون أن يكون بينك وبينه أسلاك أو طريق مادى من صنعك .

هذه الصمامات التى صنعت بيد الإنسان كما تصنع عرائس الحلوى فى الموالد أو ساعات التوقيت على الحوائط أو أية صناعة انحطت أو علت ، هذه الصمامات ليس المهم صناعتها بقدر ما يهمنا طريق البحث للوصول إلى الفكرة فيها ، إلى أى حد تعثّر أمامها الإنسان وإلى أى مدى نجح فيها الإنسان . ويتلخص الحادث فى نهايته أنه بحفنة من الرمل (أى الزجاج) وقليل من المعدن أو قل إنه بقطعة صغيرة من الأرض التى نعيش عليها يصنع هذا الصمام الذى يتيح لنا سماع صوت الإنسان مهما بعد عنا ؛ وفى فترة صغيرة من الزمن ، كلنا يعلم اليوم أن الإذاعة التى نسمعها فى بغداد من القاهرة تصل فى واحد على مائتين من الثانية ، باعتبار أن المسافة بينهما على الخط المستقيم ألف وخمسمائة كيلومتر .

دع الراديو وتأمل معى ما هو أعظم وأعجب ، تذهب إلى التاجر من جديد لتشترى صندوقاً آخر تسمع منه هذه المرة المذيع أو المحاضر ، وتراه رأى العين ، ونستمتع برؤية من حوله فى الحفل أو القاعة ، هذا ما أحدثه « التلفزيون » .

ولقد رأيته لأول مرة سنة ١٩٣٣ فى السراى الكبرى بباريس فشاهدت على لوحته العمال فى أحد المصانع التى تبعد عن باريس بضعة كيلومترات .

كذلك تذهب إلى مكتب رئيسى للأنباء ، فترى كيف تُنقَل الصور اللاسلكى من نيويورك إلى لندن أو إلى القاهرة ، وذلك بواسطة البيلانوجرام Bélinogramme من اسم بيلان مكتشفه ، وقد أحدثك فى فرصة أخرى عن جهازه فى شىء من الإفاضة والإسهاب .

* * *

هذه مسائل أرجو أن تُجيل النظر فيها وتتأملها . وقد أردت بذكرها أن أردك إلى شىء من اليقين فأصور لك من مشاهداتك قوة العلوم الفيزيائية . فبينما تسير العلوم كلها بخطوات وئيدة متّزنة تخطو الفيزياء خطوات واسعة سريعة ، تفاجئنا خلالها بوثبات عالية ، نأمل أن ترقى بالمدنية إلى حد فوق التصور ، وألا تُستَغَل لتدمير هذه المدنية وإهلاك الجنس البشرى .

أرانى قد أطلت مقدمتى ، ولكنى أحرص أن تكون مؤمناً بهذه العلوم ، عندئذ أستطيع اصطحابك إلى حيث المعرفة الحقة وإلى حيث الفلسفة مستقاة لا من منطق أرسطو فحسب بل من منطق المادة وما نستخلصه فيها من ظواهر وأحداث . وسأعود بك مسرعاً إلى المادة التى تتكوّن منها والتى أتكونُ منها ، المادة التى تُكوِّنُ الورق الذى أكتب عليه والمجلة التى تطالعها . أريد منك إذاً إيماناً بقوة الفيزياء ؛ ففى نظامها اعْطِيتَ هذه الصناديق الساحرة فخاطبت من خاطبت ورأيت من رأيت . وإنى لأحدثك اليوم عما فى المادة من كيان ونظام ، وسأبتعد فى الذرة بعيداً عن النواة فأحدثك عما حولها من عوالم يقف عندها العقل حائراً ويسبح فيها الخيال متأملاً .

* * *

إنما نريد أن ننظر إلى المادة مكونة من عناصر مختلفة ، كل عنصر مكون من ذرات متشابهة . وقد ذكرنا فى مقال سابق أنه لم يمكن تحويل ذرة عنصر إلى ذرة عنصر آخر بغير الوسائل الفيزيائية المكتشفة حديثاً ، كذلك ذكرنا أن الذرة مكونة من مجموعتين من الجسيمات :

المجموعة الأولى — تلك الجسيمات المتجمعة فى الوسط والتى نطلق عليها اسم النواة ويتركز فيها الجزء الأكبر من كتلة الذرة .

والمجموعة الثانية — تلك الجسيمات التى تدور حول النواة فى مدارات بعيدة عنها ، جسيمات أقل فى الكتلة وتسمى كهارب أى الكترونات .

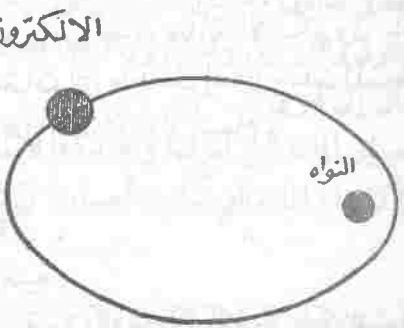
والذرة بهذا مجموعة شمسية تتوسطها شمس تدور حولها سيارات .

على أننا نرجو أن يستقر فى ذهن القارئ تلك الضآلة البالغة التى عليها الذرة بأكملها والتى عليها نواتها الوسطى أو التى عليها هذه الألكترونات الحائرة حولها. ولنفرض أننا منحنا عيوناً ترى هذه الذرات ، ووضعنا أمامنا ذرة واحدة من غاز الهيدروجين وأخرى من الليثيوم ، فإننا نرى فى الأولى شمساً وسطى يطلقون عليها بروتوناً ، ونرى كوكباً كالأرض يدور حولها بسرعة كبيرة كما يدور حول نفسه ، وبينهما فضاء كالفضاء الذى يفصلنا عن الشمس ، بحيث لا يبلغ قطر هذه الشمس داخل الذرة إلا واحداً على مائة ألف من قطر ذلك الفضاء .

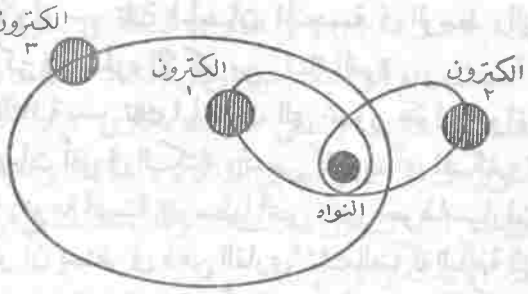
كذلك إذا نظرنا إلى ذرة الليثيوم وجدناها مجموعة شمسية أخرى لها شمسها الوسطى ويدور حولها ثلاثة ألكترونات فى مدارات مختلفة .

على أننا نعرف أن كتلة الذرة واقعة كلها تقريباً فى هذه الشمس رغم صغرها بالنسبة للفضاء الشاسع حولها وبالنسبة للسيارات التى تدور فى هذا الفضاء . وتبلغ كتلة النواة فى الهيدروجين كتلة الألكترون الدائر حوالى ألفى مرة .

ولكى تُدرك مبلغ النواة من الصِّغر أذكر أنه إذا كان لا بد لنا من أن نضع عشرة ملايين ذرة الواحدة بجوار الأخرى لكى نبلغ ملليمتراً واحداً فى الطول ، كما ذكرنا فى مقالنا السابق ، فإنه يجب أن نضع من النواة عشرة ملايين



نموذج ذرة الهيدروجين



نموذج ذرة الليثيوم

مضروبة فى مائة ألف أى عشرة ملايين المليون الواحدة بجوار الأخرى لكى نبلغ ملليمتراً واحداً فى الطول .

ونحن نُفرد بحثنا هذا لدورة الألكترون حول النواة ، ولماذا افترض العلماء هذه الدورة ؟ وهل لنا أدلة من البحث التجريبى على صحتها ؟

***

نعود إذاً إلى الألكترون الحائر الدائر . وإنى أعيد إلى ذهن القارئ صورة لضآلته ودقة كتلته ، فهذا المنظار الذى يعلو أعيننا يحوى كلٌ واحد على ألف من المليجرام من المادة المكونة للزجاج فيه أو لأطاره ملايين الملايين من هذه الألكترونات ، بل إن هذه النقطة التى تعلو أى كلمة فيما تقرأ الآن تحوى من حبر الطباعة على ملايين الملايين من ذرات المواد المكونة لهذا الحبر وأضعاف ذلك العدد العديد من الألكترونات ، وهى تدور الآن وأنت تطالع هذا المقال ، وستظل تدور وتدور .

ونستطيع أن نتصور من جديد ضآلة الألكترون بأن نتصور كرة من الصلب قطرها ٨ ملليمترات أى ما يعدل إحدى حبات المسبحة وكذلك الكرة الأرضية ، ونضع فى محل المقارنة ثلاثة أجسام :

(١) الألكترون .

(٢) هذه الكرة .

(٣) الكرة الأرضية :

فإننا نجد أن النسبة بين كتلة الألكترون وكتلة هذه الكرة الصغيرة كالنسبة بين هذه الكرة والكرة الأرضية التى نعيش عليها ، بمعنى أنه يجب

أن نذهب حداً فى الصِّغر من حبة الحرز لكى نصل إلى الألكترون بقدر ما نذهب فى الصغر من الأرض لكى نصل إلى هذه الحبة الصغيرة.

ولا يظنَّن القارئ أن المسألة تقريبية أو أننا أخطأنا الحساب، فكل الذين يدرسون العلوم الطبيعية يعرفون جيداً كيف يزنون الأرض بل كيف يحددون كثافتها (١).

نريد أن نقف إذاً بالفكر قليلاً نتأمل هذا الوضع الذى يتجاوز كل خيال، ولا نجمل فيما نكتب اليوم الأعمال التجريبية الخاصة بهذا الكائن الحائر، ولكنى أكتفى بأن أشير إلى أن أحد العلماء « اندروز مليكان » الأمريكى قد تمكن من فصل جسيم كان يحوى فيما يحوى ألكترونا زائداً أى يحوى شحنة سالبة واحدة، واستطاع مليكان بين كفتى مكثفه أن يصعد بهذا الجسيم وينخفض به، بل استطاع أن يقفه فى الحيز الذى كان يحركه فيه وأن يرقبه بواسطة الألترامكروسكوب (٢) كما يرقب الرائى ليلا أحد الكواكب.

ولقد أضحت عملية مليكان بدعة يواجه بها الأساتذة الطلاب عند بدء تحضيرهم للرسائل العلمية؛ فقد حدث لى ذلك عند ما طلب منى كوتون Cotton أن أعيد تجربة «مليكان» قبل أن أبدأ دراسة حركة الكرات الصغيرة فى السوائل، وكان ذلك مصادفة فى ذات الغرفة التاريخية التى حدد فيها جان بيران شحنة الألكترون

* * *

رُبَّ سائل يسأل مالنا وللألكترون، هذا الكائن الضئيل؟ ولماذا نخصه بهذه العناية؟ مع أن جدول مكونات الكون يحوى جسيمات أخرى هى بدورها غاية فى الضآلة وتختلف خواصها عن خواص هذا المخلوق الحائر فالذين يدرسون الذرة أو الذين طالعوا مقالنا السابق يعرفون وجود البروتون والنيترون والنيتريتو والبوزيتون والفوتون والميزترون. إنما أردنا أن نخص الألكترون بالذكر لننبه الأذهان إلى أمرين:

الأمر الأول — إن المادة التى نعرفها واعتدناها، المادة التى نشيد بها مدننا وكلياتنا ونطبع بها كتبنا، المادة التى تكون أجسامنا فى الحياة بل تكون أجسادنا

---

(١) اذكر للذين يهتمون بذلك أن كثافة الأرض ٥٫٢٤.

(٢) إنك فى الليل لا ترى النجوم والكواكب بذاتها إنما تلاحظ مواضعها.

فى الرمس بعد المماث ، هذه المادة مكونة من بعض المكونات السابقة ومن هذه الألكترونات ، أى إنها مرتبطة بعلاقة كبرى مع الكهرباء التى تُنير مصابيحنا ليلاً وتُدير مصانعنا نهاراً .

الأمر الثانى — إن الضوء ، وهو من أهم الظواهر لنا فى الكون إذ به نرى أنفسنا ونرى الأشياء ، هو بدوره أمواج كهرومغناطيسية . وسنرى أن لانبعاثه علاقة بهذا الألكترون الحائر الدوار .

ومن هنا نفهم للألكترون أهميته ؛ إذ بالله ماذا يبقى من هذه الدنيا لولا المادة التى هى الكهرباء ، ولولا الضوء الذى مرجعه المادة ؟ وسنرى فى الحال هل لفت الألكترون نظر العلماء ؟ ، وماذا أفادوا حين فطنوا إليه .

لقد استرعى الألكترون انتباههم ، فشغل به الألوف من العلماء وطلاب البحث العلمى . وبقدر تقدم العلم التجريبى باحثاً عنه بقدر ما كان تقدم العلم النظرى ، وكثيراً ما حدث أن غذى أحدهما الآخر ، بحيث إنه يمكننا أن نعتبر أن معارفنا عن الألكترون هى نتيجة لتعاون وثيق بين إبداع العلم التجريبى وقوة العلم النظرى .

* * *

تُرى هل وضع الفيزيائيون نماذج يستوعبون بها حركة الألكترون حول النواة فى الذرة ؟ وهل اتفقت بعض نتائج العلم التجريبى وهذه النماذج ؟ بمعنى أنه هل باتت معروفة لدينا مواضع الألكترون الحائر فى المكان وفى الزمان ؟ وما الذى ينتج من أوضاعه المختلفة من ظواهر كونية ؟ هل تحققت هذه المعرفة أم ما زال هذا كله فى باب الحدس والتخمين ؟ هذا ما نتناوله بالبحث والاستقصاء .

لعل أول خطوة فى هذا السبيل هى للعالم الإنجليزى « رذرفورد » الذى نظر إلى الذرة عالماً شمسياً وجسيمات منفصلة بين بعضها وبعض قوى للجذب تتعادل مع القوى الصادرة عن المركز الخاصة بحركة جسيماتها الدورية ، وتشبه هذه القوى تلك القوى الموجودة بين الشمس والسيارات التى تدور حولها . فهذه السيارات لا تندفع إلى الشمس ولا تهرب منها . ولا يختلف نموذج رذرفورد فى الذرة عن النموذج الشمسى إلا أن طبيعة القوى المؤثرة فى الذرة كهربائية فى

حين أن طبيعة القوى المؤثرة فى الكواكب هى الجاذبية النيوتونية المعروفة (١) .

إن الفيزيائيين النظريين اليوم مجربون حتى فى نظرياتهم ، فهم يبدءون بفروض ولكنهم ينتظرون أن تحقق التجارب هذه الفروض .

ولنبحث مليًا هل احتفظ فيزيائيو هذا العصر بنموذج رذرفورد الشمسى ؟ ولنتأمل المغزى الفيزيائى للضوء المنبعث من مصباح أو من قطعة من ملح الطعام وضعناها فى اللهب ، ونتأمل الحوادث الواقعة فى الذرات المكونة لهذا الملح .

لكى تستطيع الذرات المادية أن تبعث ضياءها يجب علينا أن نُهيِّجها فنضع قطعة الملح على لهب مصباح « بنزن » مثلاً ، فتأخذ هذه القطعة من الملح لوناً أصفر تراه العين ونراه فى المطياف spectroscope ، وهو جهاز خاص بتحليل الضوء . إن هذا اللون الأصفر هو فى الواقع رسالة منبعثة من الحدود الخارجية لذرة ملح الطعام ذاتها . كذلك إذا أدخلنا أثراً لغاز الهيدروجين فى غلاف زجاجى مفرغ من الهواء وأحدثنا بين طرفى الأنبوبة تفريغاً كهربائياً تحت ضغط كهربائى عال ، فإن الغاز يتلون داخل الأنبوبة ويبعث إلى العين ألواناً مُعيَّنة كتلك الألوان التى نراها ليلا من أنابيب النِّيون الوهاجة ذات اللون الأحمر البديع والمستخدمة ليلا فى الإعلانات وعلى دور السينما . هذه الألوان بدورها رسالة عظيمة أتت من الحدود الخارجية لهيكل الذرة .

وترانا مضطرين أن نشير بلمحة سريعة للتحليل الطيفىّ فنقول : لكى نحلل الضوء المنبعث من أى منبع نستخدم ما يُسمى بالمطياف ، ويتركب من منشور زجاجى وثلاث أنابيب رئيسية موضوعة أمام المنشور ، إحداهن تستخدم لأدخال الضوء اسراد تحليله وتسمى بمُجَمِّع الضوء . والثانية تستخدم فى رؤيته بعد مرور تحليله فى المنشور وتسمى المنظار « التلسكوب » . والثالثة تستخدم للقياس إذ بها مسطرة مدرجة تدريجاً دقيقاً ، وهى تضاء من الخارج ، كما توضع بطريقة تنعكس فى التلسكوب فسنستطيع تقدير مواضع الألوان أو الخطوط الطيفية المختلفة ، هذه المواضع تحدد لنا ما نسميه أطوال أمواج

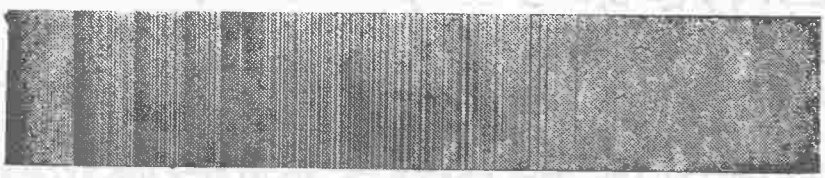
---

(١) للعالم الكبير البرت أينشتاين A. Einstein اعتبارات جديدة عن الجاذبية لا مجال لذكرها الآن .

هذه الألوان ، بحيث إذا ضيقنا فتحة الأنبوبة التى يدخل منها الضوء ظهر الطيف على شكل خطوط منفصلة الواحد منها عن الأخرى .

ولقد اتضح أن لكل مادة خطوطاً معينة تتميزبها ، وهذه الخطوط الطيفية [1] رسائل هامة من داخل الذرة فللهيدروجين خط واضح فى الأحمر واثنان فى الأزرق وآخران فى البنفسجى . وللبوتاسيوم خطان فى الأحمر وآخر فى البنفسجى . وللصوديوم خط واضح فى الأصفر يتبين فى التحليل الدقيق أنه خطان متجاوران .

ولقد تقدمت هذه الناحية من العلم لدرجة أصبح فيها التحليل الطيفى طريقة دقيقة للتعرف على وجود العنصر الكيميائى فى المادة الموضوعة تحت الفحص مهما صَغُر المقدار منها ، بمعنى أنه إذا أخفقت الوسائل الكيميائية فى التعرف على وجود أثر قليل جدًّا من عنصر معين فإن التحليل الطيفى يجزم بوجود هذا الأثر إذا ظهرت الخطوط الطيفية المميزة لعنصره ، بمعنى أن التحليل الطيفى أضحى وسيلة أدق من الوسائل الكيميائية .



طيف القوس الكهربائى للفحم
من كتاب الفيزياء لمؤلفه سبرنجر (Springer) المجلد ٢١ برلين

وفى الصورة نرى مثالا من التحليل الطيفى لقوس الفحم الكهربائى المستخدم فى الفانوس الذى يطلق عليه الفانوس السحرى ؛ فانه بتحليل الضوء الواقع من الشرارة الحادثة من اقتراب طرفى الفحم عند مرور التيار الكهربائى نحصل على هذه الخطوط الطيفية .

---

(١) إننا لا ندخل فى تفاصيل خطوط الامتصاص وغيرها من الخطوط الطيفية .

***

لقد ألمعنا بشيء عن الخطوط الطيفية . ولنبحث الآن علاقة هذه الخطوط بالذرة ذلك العالم الشمسى الصغير الذى تحدثنا عنه . ويفترض لذلك العالم الكبير « لورنتز » حركة ذهاب وإياب للألكترون داخل الذرة لاحركة دورية حول النواة . ويقرر الفيزيائيون اليوم أن مثل هذه الحركة فى الذهاب والمجيء تُسبب انبعاثاً لموجات كهرومغناطيسية هى الموجات الضوئية ، وذلك بمقتضى نظريات معروفة لمكسويل بحيث إن عدد الذبذبات لهذه الموجات هو عدد ذبذبات الألكترون داخل الذرة ، ومن هذا يمكن أن نستنتج طول الموجة لخط طيفى معين .

ولقد أدى حساب لورنتز إلى نتائج مرضية . من هذه النتائج أنه أمكن تفسير تكرار بعض الخطوط الطيفية بالطريقة التى يتكرر بها الصوت . إننا نعرف أنه إذا تعرض جسم لذبذبة ميكانيكية نحصل على تردد معين ، كما نحصل على ما نسميه توافقا يعادل ضعف أو ثلاثة أو أربعة أضعاف عدد الذبذبات الأصلية ، وهكذا أمكن للورنتز تفسير تكرار خطوط الطيف . ومع ما صادفه نموذج لورنتز من النجاح فقد لقى نموذجه صعوبة فى تفسير بعض الخطوط الطيفية . وعلى أية حال فهو لا يتفق مع نموذج رذرفورد السابق الذكر حيث للألكترونات حركة دورية لاحركة بندولية . وهكذا فسر نموذج لورنتز الانبعاث الضوئى دون أن يفسر الخطوط الطيفية . فهل من سبيل لهجر نموذج لورنتز والاحتفاظ بنموذج رذرفورد على شرط أن يفسر لنا الانبعاث الضوئى ؟

أو يكون للإنبعاث الضوئى ارتباط بفقدان الطاقة للألكترون فى حركته الدورية ؟ إننا نعلم أن مثل هذا الفقدان لا يمكن أن يتأتى إلا على حساب تغيير فى طول الحيز الذى يقطعه الألكترون . ولو أن هذا حدث لزاد عدد دورات الألكترون حول النواة .

من منا لا يعرف اليوم أن فترة الدورة الكاملة للكواكب فى مجموعتنا الشمسية قصيرة للكواكب القريبة من الشمس طويلة للكواكب البعيدة عنها ، بحيث إن عطارد وهو أقرب الكواكب إلى الشمس يتم دورته فى ٨٨ يوماً ، على حين تتم الأرض دورتها فى سنة . أما بليتون وهو أبعد هؤلاء الأطفال التسعة فإنه لا يتم دورته حول الأم وهى الشمس إلا فى ٢٤٨ عاماً .

وعلى هـذا الأساس لو أردنا أن نحتفظ بنموذج رذرفورد من أن الألكترون يدور حول النواة ونفسِّر فى الوقت ذاته الانبعاث الضوئى فإننا نواجه صعوبة كبيرة هى تعديل فى فترة الدورة ، وبالتالى زيادة فى تردد الضوء أى تغيير فى طول الموجة ، وذلك بحالة مستمرة ، وهو ما ليس حادثاً . من هنـا نشأت صعوبة كبيرة فى تفسير الانبعاث والإشعاع الضوئى مع التمسك بنموذج رذرفورد الذى يميل إلى التمسك به فريق كبير من العلماء المعاصرين .

وسنشرح فى مقال قادم الـكيفية التى تغلب العلمـاء فيها على هذه الصعوبات فنأتى على ذكر الأعمال الخالدة التى قام بها عالمٍ معاصر هو نايلز بوهر . عند ذلك يعلم القـارىء أن للأكترون الحائر وثبات فى عالم الذرة ، وثبات لم تحدث على الأقل لعالمنا الأرضى .

محمد محمود غالى