

بعيداً عن نواة الذرة

كنت أومن بطفرة الفيزياء أو علم الطبيعة كما جرى اسمه خطأً على الألسن في مصر ، وكانت رياضيات ماكسويل الإنجليزي وتجارب هرتز الألماني وعمل برانلي الفرنسي وتطبيقات ماركوني الإيطالي في الوصول إلى تحقيق اللاسلكي مما يثير العجب ، ولكن الناس تنسى ويذهب منها العجب ، وتعتاد الأشياء فلا تفكر في أصولها ولا تتأمل في عظمتها .

فأنت عندما تتوجه للتاجر لتشتري "جهازاً للراديو تنظر لجمال الصندوق وروثقه ، وتسال 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 في أى جزء من هذه الأرض الفسيحة دون أن يكون بينك وبينه أسلاك أو طريق مادي من صنعك .

هذه الصمامات التي صنعت بيد الإنسان كما تصنع عرائس الحلوى في 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 تعثر أمامها الإنسان وإلى أى مدى نجح فيها الإنسان . ويتلخص الحادث في نهايته أنه بحفنة من الرمل (أى الزجاج) وقليل من المعدن أو قل إنه بقطعة صغيرة من الأرض التي نعيش عليها يصنع هذا الصمام الذي يتيح لنا سماع صوت الإنسان مهما بعد عنا ؛ وفي فترة صغيرة من الزمن ، كنا نعلم اليوم أن الإذاعة التي نسمعها في بغداد من القاهرة تصل في واحد على مائتين من الثانية ، باعتبار أن المسافة بينهما على الخط المستقيم ألف وخمسمائة كيلومتر .

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

ولقد رأيته لأول مرة سنة ١٩٣٣ في السراى الكبرى بباريس فشاهدت على لوحته العمال في أحد المصانع التي تبعد عن باريس بضعة كيلومترات .
كذلك تذهب إلى مكتب رئيسي للأبناء ، فترى كيف تُنقل الصور الالاسلكى من نيويورك إلى لندن أو إلى القاهرة ، وذلك بواسطة البيلانوجرام Bélinogramme من اسم بيلان مكنشفه ، وقد أحدثك في فرصة أخرى عن جهازه في شيء من الإفاضة والإسهاب .

* * *

هذه مسائل أرجو أن تُجيب النظر فيها وتأملها . وقد أردت بذكرها أن أردك إلى شيء من اليقين فأصور لك من مشاهداتك قوة العلوم الفيزيائية .
فبينما تسير العلوم كلها بخطوات وئيدة مستترنة بخطو الفيزياء خطوات واسعة سريعة ، تفاجئنا خلالها بوثبات عالية ، نأمل أن ترقى بالمدينة إلى حد فوق التصور ، وألا تُستغفل لتدمير هذه المدينة وإهلاك الجنس البشرى .
أرائى 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 التي تتكوّن منها والتي أتكون منها ، المادة التي تُكوّن الورق الذي أكتب عليه والمجلة التي تظالهما . أريد منك إذاً إيماناً بقوة الفيزياء ، وفي نظامها اعطيت هذه الصناديق الساحرة مخاطبت 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 يزيد 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 في الوسط والتي نطلق عليها اسم النواة ويتركز فيها الجزء الأكبر من كتلة الذرة .
 والمجموعة الثانية — تلك الجسيمات التي تدور حول النواة في مدارات بعيدة عنها ، جسيمات أقل في الكتلة وتسمى كهارب أى الكترولونات .
 والذرة بهذا مجموعة شمسية تتوسطها شمس تدور حولها سيارات . كل خيال ، على أننا نرجو أن يستقر في ذهن القارئ تلك الضالة البالغة التي عليها الذرة بأكملها والتي عليها نواتها الوسطى أو التي عليها هذه الألكترولونات الحائرة حولها . ولنفرض أننا منحناء عيوناً ترى هذه الذرات ، ووضعنا أمامنا ذرة واحدة من غاز الهيدروجين وأخرى من الليثيوم ، فإننا نرى في الأولى شمساً وسطى يطلقون عليها بروتوناً ، ونرى كوكباً كالأرض يدور حولها بسرعة كبيرة كما يدور حول نفسه ، وبينهما فضاء كالفضاء الذي يقطننا 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 شمستها الوسطى ويدور حولها ثلاثة ألكترولونات في مدارات مختلفة .

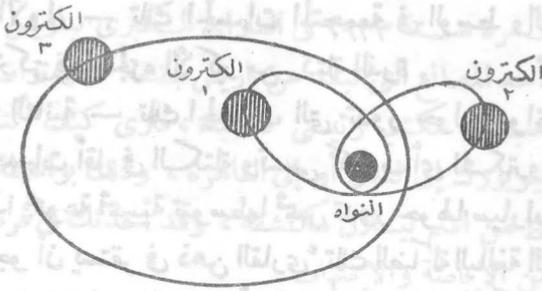
على أننا نعرف أن كتلة الذرة واقعة كلها تقريباً في هذه الشمس رغم صغرها بالنسبة للفضاء الشاسع حولها وبالنسبة للسيارات التي تدور في هذا الفضاء . وتبلغ كتلة النواة في الهيدروجين كتلة الألكترولون الدائر حوالى ألفي مرة . ولكي تدرك مبلغ النواة من الصغر أذكر أنه إذا كان لا بد لنا من أن نضع عشرة ملايين ذرة الواحدة بمجوار الأخرى لكي نبليغ مليمترًا واحدًا في الطول ، كما ذكرنا في مقالنا السابق ، فإنه يجب أن نضع من النواة عشرة ملايين

الألكترولون



نموذج ذرة الهيدروجين

بعيداً عن نواة الذرة



نموذج ذرة الليثيوم

مضروبة في مائة ألف أى عشرة ملايين المليون الواحدة بجوار الأخرى لكي تبلغ مليمترًا واحدًا في الطول . ونحن نُفردُ بحثنا هذا للدورة الألكترون حول النواة ، ولماذا افترض العلماء هذه الدورة ؟ وهل لنا أدلة من البحث التجريبي على صحتها ؟

نعود إذاً إلى الألكترون الحائر الدائر . وإني أعيد إلى ذهن القارئ صورة لضآلته ودقة كتلته ، فهذا المنظار الذى يعلو أعيننا يحوى كل واحد على ألف من المبيجرام من المادة المكونة للزجاج فيه أو لأطاره ملايين الملايين من هذه الألكترونات ، بل إن هذه النقطة التى تعلق 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 مليمترات أى ما يعادل 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 في الصغر من حبة الحرز لكي نصل إلى الألكترون بقدر ما نذهب في الصغر من الأرض لكي نصل إلى هذه الحبة الصغيرة . ولا يظن القارى أن المسألة تقريبية أو أننا خطأنا الحساب ، فكل الذين يدرسون العلوم الطبيعية يعرفون جيداً كيف يزنون الأرض بل كيف يحددون كثافتها (١) . زيد أن نقف إذاً بالفكر قليلاً نتأمل هذا الوضع الذى يتجاوز كل خيال ، ولا نجمل فيما نكتب اليوم الأعمال التجريبية الخاصة بهذا الكائن الحائر ، ولكنى أكتفي بأن أشير إلى أن أحد العلماء « اندروز ميليكان » الأمريكى قد تمكن من فصل جسيم كان يحوى فيما يحوى ألكترونات زائداً أى يحوى شحنة سالبة واحدة ، واستطاع ميليكان بين كفتى مكثفه أن يصعد بهذا الجسيم وينخفض به ، بل استطاع أن يقفه فى الحيز الذى كان يحركه فيه وأن يرقبه بواسطة الأثراميكروسكوب (٢) كما يرقب الرأى ليلاً أحد الكواكب .

ولقد أضحت عملية ميليكان بدعة يواجهها الأساتذة الطلاب عند بدء تحضيرهم للرسائل العلمية ؛ فقد حدث لى ذلك عند ما طلب منى كوتون Cotton أن أعيد تجربة « ميليكان » 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 والنيوترون والنيترينو والبوزيتون والفيوتون والميزترون . إنما أردنا أن نخص الألكترون بالذكر لئنبه الأذهان إلى أمرين :

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

(١) أذكر للذين يهتمون بذلك أن كثافة الأرض ٥.٢٤ .

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

في الرمس بعد المباشرة ، هذه المادة مكونة من بعض المكونات السابقة ومن هذه الألكترونات ، أى إنها مرتبطة بعلاقة كبرى مع الكهرباء التى تُنتج مصابيحنا ليلاً وُدير مصانعنا نهراً .

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 الأوف من العلماء وطلاب البحث العلمى . وبقدر تقدم العلم التجريبي باحثاً عنه بقدر ما كان تقدم العلم النظرى ، وكثيراً ما حدث أن غدى أحدهما الآخر ، بحيث إنه يمكننا أن نعتبر أن معارفنا عن الألكترون هى نتيجة لتعاون وثيق بين إبداع العلم التجريبي وقوة العلم النظرى .



ترى هل وضع الفيزيائيون نماذج يستوعبون بها حركة الألكترون حول النواة فى الذرة ؟ وهل اتفقت بعض نتائج العلم التجريبي 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 تتناوله 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 في الكواكب هي الجاذبية النيوتونية المعروفة (١) .
إن الفيزيائيين النظريين اليوم مجربون حتى في نظرياتهم ، فهم يبدؤون بفروض
ولكنهم ينتظرون أن تحقق التجارب هذه الفروض .

ولنبعث ملياً هل احتفظ فيزيائيو هذا العصر بنموذج رذرفورد الشمسي ؟
ولنتأمل المغزي الفيزيائي للضوء المنبعث من مصباح أو من قطعة من ملح
الطعام وضعناها في اللهب ، وتأمل الحوادث الواقعة في الذرات المكونة
لهذا الملح .

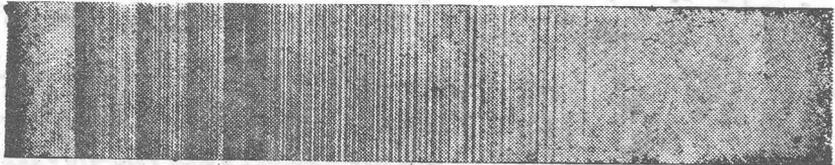
لكي تستطيع الذرات المادية أن تبعث ضياءها يجب علينا أن نهيئ جها
فنضع قطعة الملح على لهب مصباح « بترن » مثلاً ، فتأخذ هذه القطعة من الملح
لوناً أصفر تراه العين وزاه في المطيف spectroscope ، وهو جهاز خاص
بتحليل الضوء . إن هذا اللون الأصفر هو في الواقع رسالة منبعثة من الحدود
الخارجية لذرة ملح الطعام ذاتها . كذلك إذا أدخلنا أثراً لغاز الهيدروجين في
غلاف زجاجي مفرغ من الهواء وأحدثنا بين طرفي الأنبوبة تقيفاً كهربائياً تحت
ضغط كهربائي عال ، فإن الغاز يتلون داخل الأنبوبة ويبعث إلى العين ألواناً مُعَيَّنَةً
كتلك الألوان التي نراها ليلاً من أنابيب النيون الوهاجة ذات اللون الأحمر
البيدع والمستخدم ليلاً في الإعلانات وعلى دور السينما . هذه الألوان بدورها
رسالة عظيمة أتت من الحدود الخارجية لهيكل الذرة .

وترانا مضطربين أن نشير بلحمة سريعة للتحليل الطيفي فنقول : لكي نحلل
الضوء المنبعث من أي منبع نستخدم ما يُسمى بالمطيف ، ويتركب من منشور
زجاجي وثلاث أنابيب رئيسية موضوعة أمام المنشور ، إحداهن تستخدم
لأدخال الضوء المراد تحليله وتسمى بمُجمِّع الضوء . والثانية تستخدم في
رؤيته بعد مرور تحليله في المنشور وتسمى المنظار « التلسكوب » . والثالثة
تستخدم للقياس إذ بها مسطرة مدرجة تدريجاً دقيقاً ، وهي تضاء من الخارج ،
كما توضع بطريقة تنعكس في 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 لاجمال
لذكرها الآن .

هذه الألوان ، بحيث إذا ضيقنا فتحة الأنبوبة التي يدخل منها الضوء ظهر الطيف على شكل خطوط منفصلة الواحد منها عن الأخرى .
ولقد اتضح أن لكل مادة خطوطاً معينة تتميز بها ، وهذه الخطوط الطيفية (١)
رسائل هامة من داخل الذرة فللميدروجين خط واضح في الأحمر واثنان في الأزرق وآخران في البنفسجي . وللبوتاسيوم خطان في الأحمر وآخر في البنفسجي . وللصوديوم خط واضح في الأصفر يتبين في التحليل الدقيق أنه خطان متجاوران .

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



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

وفي الصورة نرى مثالا من التحليل الطيفي لقوس الفحم الكهربائي المستخدم في الفانوس الذي يطلق عليه الفانوس السحري ؛ فإنه بتحليل الضوء الواقع من الحرارة الحادثة من اقتراب طرفي الفحم عند مرور التيار الكهربائي نحصل على هذه الخطوط الطيفية .

(١) إتالا ندخل في تفاصيل خطوط الامتصاص وغيرها من الخطوط الطيفية .

**

لقد ألمنا بشيء عن الخطوط الطيفية . ولنبحث الآن علاقة هذه الخطوط بالذرة ذلك العالم الشمسي الصغير الذي تحدثنا عنه . ويفترض لذلك العالم الكبير « لورنتز » حركة ذهاب وإياب للألكترون داخل الذرة لاحتكاك دورية حول النواة . ويقرر الفيزيائيون اليوم أن مثل هذه الحركة في الذهاب والمجيء تسبب انبعاثاً لموجات كهرومغناطيسية هي الموجات الضوئية ، وذلك بمقتضى نظريات معروفة لمكسويل بحيث إن عدد الذبذبات لهذه الموجات هو عدد ذبذبات الإلكترون داخل الذرة ، ومن هذا يمكن أن نستنتج طول الموجة لخط طيفي معين . ولقد أدى حساب لورنتز إلى نتائج مرضية . من هذه النتائج أنه أمكن تفسير تكرار بعض الخطوط الطيفية بالطريقة التي يتكرر بها الصوت . إننا نعرف أنه إذا تعرض جسم لذبذبة ميكانيكية نحصل على تردد معين ، كما نحصل على ما نسميه توافقاً 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 لقي نموذجاً صعباً في تفسير بعض الخطوط الطيفية . وعلى أية حال فهو لا يتفق مع نموذج رذرفورد السابق الذكر حيث للألكترونات حركة دورية لاحتكاك بندولية . وهكذا فسر نموذج لورنتز الانبعاث الضوئي دون أن يفسر الخطوط الطيفية . فهل من سبيل لهجر نموذج لورنتز والاحتفاظ بنموذج رذرفورد على شرط أن يفسر لنا الانبعاث الضوئي ؟

أو يكون للانبعاث الضوئي ارتباط بفقدان الطاقة للألكترون في حركته الدورية ؟ إننا نعلم أن مثل هذا الفقدان لا يمكن أن يتأتى إلا على حساب تغيير في طول الحيز الذي يقطعه الإلكترون . ولو أن هذا حدث ل زاد عدد دورات الإلكترون حول النواة .

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

وعلى هذا الأساس لو أردنا أن نحتفظ بنموذج رذرفورد من أن الألكترون يدور حول النواة وتفسر في الوقت ذاته الانبعاث الضوئي فإننا نواجه صعوبة كبيرة هي تعديل في فترة الدورة ، وبالتالي زيادة في تردد الضوء أي تغيير في طول الموجة ، وذلك بحالة مستمرة ، وهو ما ليس حادثاً . من هنا نشأت صعوبة كبيرة في تفسير الانبعاث والإشعاع الضوئي مع التمسك بنموذج رذرفورد الذي يميل إلى التمسك به فريق كبير من العلماء المعاصرين .
وسنشرح في مقال قادم الكيفية التي تغلب العلماء فيها على هذه الصعوبات فنأتي على ذكر الأعمال الخالدة التي قام بها عالم معاصر هو نايلز بوهر . عند ذلك يعلم القارئ أن للألكترون الحائر وثبات في عالم الذرة ، وثبات لم تحدث على الأقل لعالمنا الأرضي .

محمد محمود غمالي