٢ ـ نظرية الكوانتم THE QUANTUM THEORY

بقلم الاستاذ محمد محمد السيد
مدرس العلوم بمدرسة طنطا الثانوية الأميرية

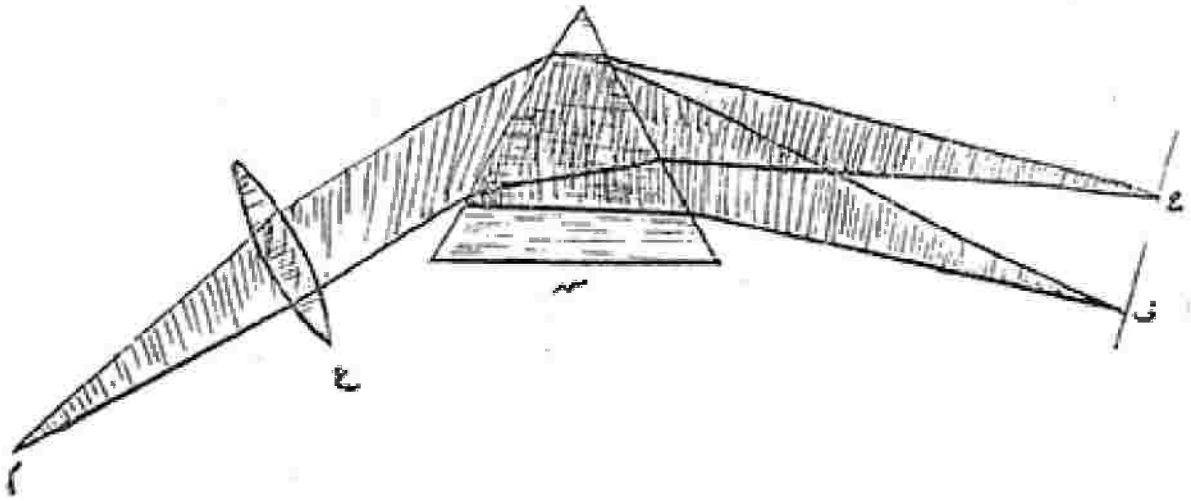
نموذج (بوهر) للذرة ـ الميكانيكا الموجية ـ نموذج (شرودنجر) للذرة ـ مبدأ اللاتحديد

يحكون فى قصص الأطفال الخرافية أن قاطع طريق اعترض أحد السحرة فسلبه كل الكنز الذى كان قد استخرجه من خبأ تحت الأرض ، ولم يبق مع الساحر إلا قارورة إعتد مما يتكحلون به ، فطلب منه اللص أن يكحل له إحدى عينيه ففعل ، وإذا بنصف العالم يتكشف أمامه واضحاً من أثر هذا الكحل الغريب ، ولكنه لم يقنع وأراد رؤية النصف الثانى ، فطلب من الساحر أن يكحل له العين الثانية ففعل ؛ وإذا باللص يصبح أعمى ، ويفقد كل شىء ، بعد أن كان قد حصل على كل شىء .

هذا هو الطمع فى المال الذى يتسبب فى فقد المال ، والعلم يعانى ما يقرب من ذلك ـ مع الفارق طبعاً ـ فالعلماء ما زال حب الاستطلاع يحفزهم لتحليل المادة : ماهى ؟ ومم تتكون ؟ وفى وقت ما ظنوا أنهم عثروا على سرها عندما علمتهم التجارب والمشاهدات ، أن بها الكترونات وبروتونات . . . الخ ، ولكن حدث ما أقنعهم أن هذه ليست الحقيقة الكاملة . فزادوا التنقيب والبحث ؛ وإذا بالصورة الواضحة التى كانت فى خيالهم للمادة وتركيبها تضطرب ، ويسودها غموض وإبهام ، ويكاد بحثهم ينتهى إلى أن هذه المادة ، لا يمكن لنموذج مادى أن يمثل تركيبها ، والمعادلات الرياضية هى التى تقربها إلى فهمنا ، إن كان هناك امل فى أن نفهمها .

عرضنا فى العدد السابق لنظرية الكوانتم ، وأبنا كيف ألقت ظلا من الشك على النظرية الموجية للضوء ، فأسندت له فوق خواص الأمواج التى نعرفها عنه ، خواص الجسيمات المادية كما كان يقول (نيوتن) قديماً ، فالضوء هو شىء يمكن تشبيهه بالموجات فى كونه ينتشر فى مدى أوسع فأوسع ، وبذا يمكننا تفسير ظاهرة التداخل والانكسار والحيود ، وله أيضا خواص الجسيمات او الدقائق ، وهذا يفسر لنا الظاهرة الكهربائية الضوئية ، فكأن الضوء يجمع بين صفات الموجات والجسيمات المادية ، فهل الأجسام المادية هى الأخرى تجمع إلى خواصها خواص الموجات ؟ ؟ .

يجيب العالم بنعم ، ويعزز قوله بالتجارب ، فالالكترونات ـ وهى أصغر ما نعرفه من



شكل تمثيلى لتوضيح تحلل الضوء

م ثقب يمر منه الضوء إلى عدسة تجمعه ع ، ويمر فى حزمة من الأشعة المتوازية إلى منشور من حيث يتحلل إلى الألوان المكونة له على ستارة تستقبله حـ ف، حيث حـ موضع الضوء الأحمر وف موضع البنفسجى، وتتوزع الأضواء الأخرى بينها حسب معامل انكسار كل منها.

الأجسام تنعكس وتنكسر وتحدث هدب تداخل كالأمواج تماماً ، وبالأقيسة الدقيقة أمكن استنتاج أن الأمواج التى تصحب الالكترونات يجب أن يكون طول كل منها أصغر مليون مرة من طول موجة الضوء المرئى .

فى أوائل القرن الحالى كان النموذج الذى يتصوره العلماء للذرة هو صورة مصغرة للمجموعة الشمسية (نواة يدور حولها ألكترون أو أكثر) ، ولكن النموذج كان يحتاج لتعديل جوهرى ، فلو أن الالكترون يدور حقاً حول النواة كما تخيل ، لكان من الضرورى (حسب القوانين الكهرطيسية) أن يشع طاقة باستمرار ، ويقترب تدريجياً من النواة حتى يجذبها ، ويندمج بها ويتلاشيان فى ومضة من الاشعاع ، وليس هذا مايحدث فى ذرات العناصر المألوفة .

وفوق ذلك ، فقد كانت هناك الخطوط الطيفية ، لكل عنصر فائمة تحتاج لتفسير ؛ صحيح كانت هناك معادلات رياضية تقدم بها كثير من العلماء تعطينا أطوال الموجات لخطوط مجاميع معينة ، ولكن هذه المعادلات نصها كانت تحتاج لتدليل يسندها ، وروابط تجمع بينها .

فى سنة ١٩١٣ تقدم (بوهر) العالم الطبيعى الدانمركى بنظريته فى تركيب الذرة على أساس نظرية الكوانتم ، قرر فيها أن الالكترون لايدور حول نواته إلا فى مسارات محدودة معينة ، هى المسارات المسموح له بالدوران فيها ، وهو دائما موجود فى إحدى هذه المسارات ولا يوجد فى غيرها .

ويتم إشعاع الطاقة بقفز الكترون من مسار لآخر أوطأ منه فى الطاقة وأقرب للنواة ، والطاقة التى تشع هى كوانتم كامل ، أو مضاعفات صحيحة من الكوانتم ، وتختلف كميتها حسب المسارين المتنقل الالكترون بينهما ، وبذا لانجد فى الطاقة المشعة من الذرة كسراً من الكوانتم .

وامتصاص الذرة للطاقة يتم بطريقة مشابهة ، فالالكترون إذا تلقى قدراً كافياً من الطاقة تنقل من مسار كوكبى إلى آخر اعلى منه وأبعد عن النواة ، أى بعكس الاشعاع ، ولا تمتص الذرة من الطاقة إلا الكمية الكافية لتنقل الالكترون قفزاً بين مسارين من الموجة المسارات المسموح بها .

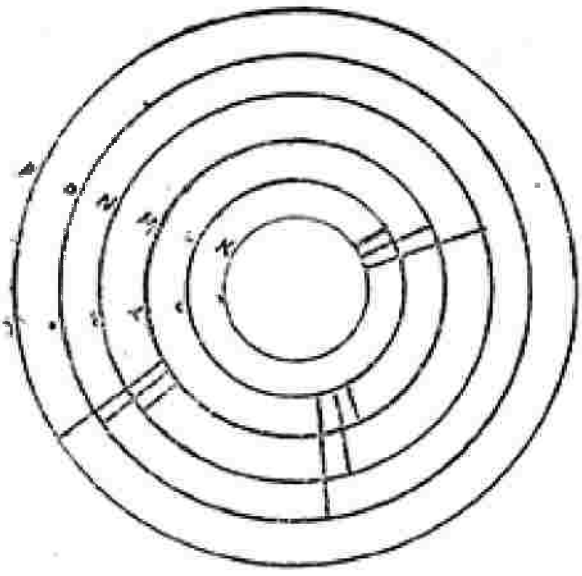
نجحت نظرية (بوهر) فى تفسير مجاميع خطوط طيف عنصر الايدروجين ، وأعطت طول لكل خط منها بدقة .

ولكن رغم النجاح الذى أصابته فى تفسير معضلات الطيف ، كان العلماء قلقين من جهة هذا المنحى الجديد ، ففى النظرية ما يخالف المألوف من النظريات الكلاسيكية ، فهنا مفروض

أن الالكترون فى مساره حول نواته لا يشع طاقة بينما تستعمل القوانين الكلاسيكية نفسها فى حساب تردد الموجة فى الطاقة المشعة أثناء قفز الالكترون من مسار إلى آخر.

هـذا الخلط بين القوانين الكلاسيكية، وبين نظرية الكوانتم وفروض بوهر، هو الذى دعا السير ويليم براج لأن يقول منهكما «لكأنه يلوح أننا نؤمن بالنظريات الكلاسيكية أيام الاثنين والأربعاء والجمع، وبنظرية الكوانتم أيام الثلاثاء، والخميس، والسبت»، فنحن حقاً نستعمل كلا منهما متى راق لنا، ولتفسير ما نلاحظه رغم ما بينهما من تناقض.

ولكن ذلك لم يمنع أن يتجه نشاط كثير من البحاث إلى تلك الناحية، وقد نجحوا فى تفسير كثير من غوامض الطيف على أساس فروض بوهر. وفى سنة ١٩١٨ تقدم بوهر نفسه بمحاولة للتوفيق بين نظرية الكوانتم والقوانين الكلاسيكية، وأبان أن القوانين المذكورة هى النهاية التى تتقارب إليها قوانين الكوانتم كلما كانت المسارات الكوكبية أعلى وأعلى.



شكل تمثيلى لنموذج (بوهر) لذرة الايدروجين، مرسومة فيه الست مسارات الأولى الممكنة يدور الالكترون فى واحدة منها حول النواة، ويتنقل من مسار لآخر كما ينتقل الطير بين الأغصان، ويكون انتقال الالكترون أو قفزه عند إشعاع أو امتصاص طاقة، فاذا قفز من المسار الأول [١ أو K] إلى غيره تكونت الخطوط الطيفية لمجموعة (ليمان)، فاذا قفز من المسار الثانى [٢ أو L] إلى غيره من المسارات الأعلى تكونت مجموعة (بالمر)، وإذا قفز من المسار الثالث [٣ أو M] تكونت مجموعة (باشن) فى الطيف، وموضح بالشكل ثلاث خطوط فقط من كل مجموعة.

ولقد كانت محاولة التوفيق بين القوانين الكلاسيكية والكوانتم أساس فرع من الميكانيكا جديد عرف باسم الميكانيكا الكوانتمية، وفى سنة ١٩٢٥ تقدم هيزنبورج بنظرية جديدة فى ميكانيكية الكوانتم، يستند فيها على ما نشهده ونلاحظه فقط أى على الطاقة التى تشعها

الذرة أو تمتصها ، فليس لنا حق فى فرض مسارات بوهر الكوكبية ، فهى خارجة عن مدى أبصارنا وملاحظاتنا .

كل ما نعرفه عن الذرة يصل لنا فى حال تهيجها عند امتصاص أو إشعاع الطاقة ، ونظرية هيزنبورج الرياضية مؤسسة على الكميات المشاهدة المقاسة فقط ، وقد تطورت النظرية على أيدى بحاث آخرين ، وأمكن الوصول إلى تفسير التأثيرات المشاهدة على طيف الايدروجين فى المجالات الكهربائية والمغناطيسية .

حدث كل هذا النجاح بدون تعديل كبير فى أفكارنا القديمة عن الذرة ، ولكن محاولة جديدة بدأها (دى بروجلى الفرنسى) فتحت مجالا أوسع أمام علم الطبيعة ، وأقيمت أسس ميكانيكا جديدة تعرف بالميكانيكا الموجية ، وتقدمت كثيراً على يد (شرودنجر السويسرى) وغيره ، وهى تفسر الظواهر الجديدة التى كشفت عن الخواص التموجية للاجسام المادية .

صورة الذرة كما يتخيلها (شرودنجر) على أساس هذه الخواص ، صورة مبهمة غامضة ، فعلينا لتصور الذرة المادية أن نتصور أمواجا تتذبذب فى وسط تحت الاثير (يجب أن يخالف الاثير الذى نحتاج له لتفسير انتقال الضوء) ، وتردد هذه الأمواج - أى عدد ذبذباتها فى الثانية - أكثر من مليون مرة من تردد الضوء المرئى ، فهى أسرع من أن تكشفها الاذنا .

والتموجات الفردية خارجة عن نطاق ملاحظتنا ، وما نلاحظه فعلا هو تأثيرها متجمعة ، فالأمواج بتجمعها تتعاون فى خلق مساحة مضطربة هى التى نسميها باسم دقيقة مادية ، أو بصفة أخص (ألكترون) .

فى هذه النظرية ليس هناك ما يمنع من وجود أمواج ذات ترددات مختلفة فى وقت واحد فى (تحت الأثير) ، فاذا وجد مجموعتان من هذه الأمواج ، اختلاف التردد بينهما كبير ، كانت (الضربات) الحادثة سريعة لانحس لها وجوداً ، ولكنا نشعر (بالضربات) الحادثة إذا كان الاختلاف فى الترددين صغيراً ، إذ تصير بطيئة بطئاً كافياً للتأثير فى أجهزتنا ، وتتمثل لنا فى صورة ضوء .

وليست (الضربات) نفسها هى الضوء الذى نشهده ، بل هى فى وسط (تحت الأثير) تقابل أمواج الضوء فى مشاهداتنا الحسية ، فهى المصدر المهتز الذى يرسل بطريقة مبهمة الأمواج الضوئية فى أثيرنا المعتاد .

صورة الجسم المادى إذاً كما يبرزها لنا (شرودنجر) مبهمة ، وقد ازدادت إبهاما فى السنوات الخمس الأخيرة بالمبدأ الذى أضافه (هيزنبورج) سنة ١٩٢٧ ، والذى يطلق عليه (أدنجتون) اسم (مبدأ اللاتحديد) ، فنه نرى أن لعلمنا بالأجسام الدقيقة حدوداً لايمكن

تخطيها ، فاذا أردنا تحديد موضع وسرعة جسيم صغير فى لحظة ما ، يمكننا أن نحدد أحدهما بدقة معقولة ، وكلما ازدادت دقتنا فى تحديد قلت الدقة فى تحديد الثانى .

لنفرض أن فى إمكاننا ـ بتكرسكوب قوى ـ أن نحدد موضع الكترون بدقة كبيرة (وهو غير متيسر عملياً) ، فلكى نراه لابد من إضاءته ؛ ولكن الضوء عند صدمه له يغير من حركته بمقدار لايمكن نظرياً التنبؤ به ، فكأننا لن نتمكن من رؤية الالكترون وحساب سرعته فى نفس الوقت بدقة .

فاذا تخيرنا ضوءاً أطول موجة ، حتى تكون الطاقة التى تصدم الالكترون قليلة ، وليكون أثره فى تغيير سرعة الالكترون ضئيلا ، كان ذلك أدعى لإبهام الصورة التى يعكسها الضوء ، فلا يبين الالكترون بوضوح ، ويصير موضعه أقل تحديداً .

وقد احتل مبدأ اللاتحديد ـ فى أدبيات علم الطبيعة فى السنوات الخمس الأخيرة ـ مكاناً امتاز به عن كثير من الاكتشافات ، وليس ذلك بغريب ، فلقد كان إيمان العلماء بقدرة الطريقة العلمية فى كشف كل مجهول إيماناً غير محدود ، ولكن العلم نفسه أبان أن مدى قدرته على تمزيق حجب المجهول محدودة ؛ أو هى على الأقل محدودة فى مجال الطبيعة الذرية ، فاذا كان فى إمكان العلم أن يفخر بقدرته على تحديد المسافة بين الأرض والشمس لدرجة كبيرة من الدقة ، فليست الحال كذلك داخل الذرة ، ثم هو إن قرب من الاصابة مرة ، فلا بد أن يدفع ثمن ذلك فى خطأ جديد مرة ثانية .

ويعطى بعض العلماء لمبدأ اللاتحديد والأفكار الأخيرة فى الميكانيكا الموجية ، أهمية كبيرة ، فيترجمه السير (جيمس جينز) الفلكى الانجليزى الشهير بأنه يعبره عن كره الطبيعة للدقة والتحديد أكثر من كرهها لأى شىء آخر » ؛ ويعطى له (أدنجتون) أهمية النظرية النسبية ، ولهذا رأينا الجدل يقوم بين العلماء حول « الحتمية » وهل بقى ما يدعو إلى أن نعتبر العالم المادى يسير تبع قوانين ميكانيكية دقيقة «محتمة» لاينحرف عنها قيد أنملة ، تتحكم فى الالكترونات والبروتونات كما تتحكم فى الكواكب والشموس ؟

نحاول أن نستعرض بسرعة تطور النظريات الطبيعية فى تركيب الذرة ، فترى الصورة القديمة تمثلها لنا مكونة من ذرات كروية الشكل ، ثم تتحور الصورة فتصير الذرات مركبة هى الاخرى من دقائق أصغر فهى الكترونات ونوى كروية الشكل يفصل بينها فراغ شاسع ؛ ثم يقيد (بوهر) الالكترونات حول نويها بمسارات محدودة معينة لاتتحرك فى غيرها ، وأخيراً يلقى الغموض ظله على هذه الصورة المحدودة ، فما صار يحق لنا أن نتكلم عن الالكترونات أو البروتونات ككرات ، وكذلك الحدود صارت عديمة المعنى إذا أسندت إلى الكترون الأبعاد الذرية .

وأخيراً صارت الجسيمات المادية لها خواص التموجات كالضوء ؛ وصارت التموجات الضوئية لها خواص الجسيمات، والفضل فى كل ذلك التعقيد راجع للعالم الطبيعى ! فقد ظل يبحث وينقب ويجرد هذا الشيء الذى اصطلحنا على تسميته «مادة» من صفة الاستمرار والتواصل، فأخرجه لنا مهلهلا كالشبكة لا يزيد ما فيه من المادة الحقيقية على قطرة دقيقة فى حوض واسع من الفراغ ، وكذلك هذا الجزء التافه الضئيل لم يرتح العالم إلى إبقائه ، فما زال وراءه يتتبعه بسبكترسكوبه ومعادلاته حتى كشف له عن صفات التموجات ، ولا ندرى أأبقى فيه بعد ذلك مايستحق أن يسمى مادة أم لا ؟ .

ورغم ذلك فالعلم مازال هو هو فى روحه وتطلعه للحقيقة ، وإذا كانت أبحاثه فى طوره الحالى تحاول إثارة أركان شديدة الظلمة يكتنفها إبهام وغموض ، فانما على ضوئه تزداد قدرة على تفسير ما نشهد من ظواهر الطبيعة ، وليس ذنب العلم أن المادة تتسلل من بين أصابعنا على سنا ضوئه ، وتختفى رويداً رويداً فى عالم لا يمكننا تتبعها فيه ، إذ ربما كنا نقترب شيئاً فشيئاً من ذلك الحاجز الذى يستحيل على إدراكنا المحدود أن يتخطاه ، أو يكشف ماوراءه .

محمد محمد السيد

المعـــــرض الاول

لفن التصوير الشمسى

ستقيم جمعية محبى الفنون الجميلة المشمولة بالرعاية العاليـة الملكية، من ١٥ الى ٣١ يناير سـنة ١٩٣٣ معرضاً عاماً لفن التصوير الشمسى يشترك فيه المحترفون والهواة ، وقد تحدد يوم ٣١ ديسمبر الحالى آخر ميعاد لقبول المعروضات .

وستقدم الجمعية دبلومات للعارضين جميعاً ، كما أنها خصصت تسع مداليات لتمنحها للثلاثة الفائزين الاول من الهواة فقط، فى كل قسم من هذا الفن .

وتطلب الاستمارات المعدة لذلك من مركز الجمعية بشارع نوبار باشا رقم ٤ يومياً من الساعة ٨ صباحاً الى الظهر ومن الساعة ٣ الى ٦ مساء ما عدا أيام الآحاد .