نظرية الكوانتم QUANTUM

بقلم الاستاذ محمد محمد السيد
مدرس العلوم بمدرسة طنطا الثانوية

بتجربة بسيطة وضع (نيوتن) فى سنة ١٦٧٢ أساس علم جديد يعرف الآن بعلم الطيف ؛ فقد أمرّ الضوء الأبيض خلال منشور زجاجى فتحلل إلى ألوان متعددة تنتهى من جانب باللون البنفسجى ، ومن جانب آخر باللون الأحمر ؛ وأبان بهذه التجربة البسيطة أن الضوء الأبيض إن هو إلا خليط من عدة أضواء مختلفة الألوان تختلف عن بعضها فى الزاوية التى تنكسر بها ؛ أو بعبارة أدق تختلف فى معامل الانكسار ، وتكوّن مانسميه بالطيف.

وفى أواخر القرن الثامن عشر أبان (وليم هرمشل) الفلكى الانجليزى الكبير أن الطيف ليس مقصوراً على المنطقة المرئية، بل يمتد تحت الأحمر فى أشعة غير مرئية يدل (الترمومتر) على وجودها ، وكشف غيره أن المنطقة فوق البنفسجية زاخرة أيضاً بأشعة غير مرئية ؛ وبذلك حقق الباحثون امتداد الطيف على جانبى الجزء المرئى إلى مسافات طويلة .

وفى أوائل القرن التاسع عشر أضاف أحد الألمان المدعو (جوزيف فرنهوفر) — وكان يشتغل عاملا فى إحدى محال صنع العدسات الزجاجية — زيادات هامة فى معلوماتنا عن الطيف ؛ إذ كشف فيه خطوطاً سوداء مظلمة ، وذلك بواسطة فحصه بمنظار دقيق ، وأمكنه أن يعد سبعمائة منها فى الطيف ، وعمل خريطة أبان فيها بدقة كبيرة موضع ثلثمائة خط أساسى من هذه الخطوط.

وتتابعت الاكتشافات ، وأمكن — بصنع آلات دقيقة لتحليل الضوء، والحصول على طيف واضح — أن يحصى الباحثون عدة آلاف من هذه الخطوط تسمى الآن (خطوط فرنهوفر) نسبة لأول من كشفها فى طيف الشمس ، ثم صار كل خط من هذه الخطوط علماً على عنصر من العناصر التى يمر فيها الضوء قبل أن يتحلل بواسطة المنشور ؛ إذ صار من المعلوم أن هذه الخطوط المظلمة السوداء هى مكان أمواج ضوئية امتصتها العناصر التى اعترضت سير الأشعة .

وقد صار الآن درس هذه الخطوط وكل مايتعلق بها أساس علم جديد يذكب فطاحل العلماء على الاشتغال به والتخصص فيه ، وصار فى الإمكان بواسطة طيف أى مادة أن تنبىء

من أى العناصر تتكون ، وأى الغازات تعترض ضوءها؛ وا كتشفت بواسطة (السبكترومتر)ـ وهى الآلة التى بواسطتها يحلل الضوء ـ عناصر جديدة ، وكان من نخر العلم أن يكتشف عنصر (الهليوم) فى جو الشمس ، قبل أن يكشف فى جو الكرة الأرضية ، وذلك بواسطة فحص الطيف الشمسى .

***

فى أواسط القرن التاسع عشر كانت النظرية الموجية للضوء هى المقبولة لدى الأوساط العلمية فى تفسير انتشار الضوء إذ نجحت فى تفسير ظاهرة التداخل المشهورة ، وكان المعروف أن سرعة الضوء ـ فى وسط فرضه العلماء وسموه (الأثير) ـ لاتختلف باختلاف لون الضوء ، ولكن تختلف طول الموجة ؛ فموجة الضوء الأحمر أطول من موجة الضوء الأزرق ، وهذه أطول من البنفسجى ؛ وبواسطة النظرية الموجية،وبمبدأ قرره أستاذ نمسوى يدعى (جوهان كريستيان دوبلر) ـ يشير فيه إلى العلاقة بين حركة الجسم الذى يصدر الأمواج ، وبين طول الموجة ، ويستوى فى ذلك الضوء والصوت فكلاهما ينتقل فى صورة تموجات ـ صار فى الإمكان الاعتماد على الطيف لكشف الحركة النسبية بين الأرض والأجرام السماوية المضيئة ، فحسب العلماء السرعة النسبية بيننا وبين النجوم الثابتة ، وبمقدار كم من الأميال تبتعد أو تقترب منا كل ثانية ؛ وبواسطة هذا المبدأ والطيف أمكن إثبات دوران الشمس حول نفسها ، وإيجاد سرعة هذا الدوران ، وأمكن أيضاً كشف أن كثيراً من النجوم مزدوجة بينا هى لاترى فى (التلسكوب) إلا مفردة .

ولم يقتصر استعمال (السبكترومتر) على حل كثير من المعضلات القديمة ، بل كان واسطة لكشف ظواهر جديدة لم تكن معلومة ، دعت العلماء إلى البحث عن تحليل جديد ؛ ففى أواخر القرن التاسع عشر كان المعروف أن طيف الأجسام المعروفة بالأجسام السوداء يختلف عما كان يتوقعه العالمون نظرياً ، فقد كان العلم يتنبأ بأن طيف مثل هذه الأجسام يحتوى على أمواج من كل الأطوال ، ولكن التجارب العملية أثبتت خطأ هذا الزعم .

كذلك كان من المعلوم ـ حسب النظريات الديناميكية ـ أن إشعاع المواد للطاقة ـ سواء أكان الإشعاع حرارياً أو ضوئياً ـ لابد أن يسبب انكماشات فى مسارات (الالكترونات) تدريجياً حول نُوَيَّاتها ، وبذلك كان متوقعاً أن تكتشف فى طيف كل عنصر إشعاعات ذات أمواج من كل الأطوال بدل إشعاعات ذات ترددات معلومة محدودة غير متغيرة كما نجد فعلا فى طيف كثير من العناصر .

وفى الطيف المستمر للأجسام الصلبة المتوهجة نجد الطاقة أيضاً ليست موزعة بالتساوى فى جميع أجزاء الطيف ، بل توجد مناطق أمواجها محدودة الطول، والطاقة فيها نهاية كبرى .

مثل هذه الصعوبات كانت تحتاج لتعليل ، وقد تقدم الأستاذ (ماكس بلانك) من برلين ، بنظرية جريئة نجح فى جعلها أساساً لتفسير كل هذه الصعوبات ؛ وتتلخص فى أن أمواج الضوء أو الحرارة أو غيرها من صور الإشعاع ليست متواصلة مستمرة كما يتبادر للذهن ، بل هى متقطعة ؛ فالجسم المضيء مثلا يشع قطاراً من الأمواج ثم ينتظر ويشع غيره ثم ينتظر وهكذا ، فالاشعاع الضوئى متقطع محبب ، والضوء الذى نراه كالجسم الصلب ـ مثلا ـ مكون من أجزاء صغيرة تفصلها فواصل ؛ ففى الجسم الصلب : الذرات متباعدة رغم مايبدو لنا من تواصلها ، وفى الضوء: الوحدات الصغيرة يسمى كل منها (كوانتم) تنطلق كالقذائف من الذرة المهتاجة فى الجسم المنير ، واحدة تلو الأخرى .

هل (كوانتم) الضوء الأحمر يشبه تماماً (كوانتم) الضوء البنفسجى؟ يجيب (بلانك) عن هذا السؤال بأنهما يختلفان ؛ فالكوانتم الأول يحمل مقداراً من الطاقة أقل مما فى (الكوانتم) الثانى ، ولكن (بلانك) يقرر لنا مبدأ عالمياً جديداً ، فهو ينبهنا إلى أننا لو ضربنا مقدار مافى الكوانتم الأول من الطاقة فى طول الموجة التى يحملها ، لكان حاصل الضرب يساوى حاصل ضرب طاقة (الكوانتم) الثانى فى طول موجته .

ولما كان طول موجة الضوء تتناسب مع مدة ذبذبته ، فان قانون (بلانك) يمكن أن يوضع فى الصورة :

$$\text{ط} \times \text{ة} = \text{هـ}$$

أى مقدار طاقة الكوانتم × مدة الذبذبة = مقدار ثابت (هـ) .

وهذا المقدار الثابت (هـ) صغير جداً ، فهو بالتقريب كسر بسطه ٦ ومقامه واحد متبوع من جهة اليمين بسبعة وعشرين صفراً ، ولكن رغم هذا التناهى فى الصغر يخبرنا (السير جينز) الفلكى الانجليزى الكبير عن أهميته « بأنه يجب اعتبار هذا المقدار الثابت (هـ) مسئولا عن جعل العالم نشيطاً حياً رغم صغره ، فلو كان هذا المقدار صفراً ، لتحولت كل الطاقة الموجودة فى العالم إلى إشعاع ، واختفت فى جزء من ألف مليون جزء من الثانية ، فتلاذرة (الايدروجين) العادية ـ نظراً لاشعاعها المستمر للطاقة ـ تبدأ فى الانكماش بمعدل متر واحد فى الثانية ، فلا يمضى عليها جزء ضئيل جداً من الزمن حتى يندمج (الألكترون والبروتون) معاً ، وتتلاشى الذرة تاركة مكانها ومضة من الاشعاع »[1] .

إن نظرية (الكوانتم) لا تجيز أن يشع أى جسم إلا عدداً كاملا من (الكوانتات) ، فالكوانتم كالذرة لا يتجزأ ، وما يقال عن الاشعاع يقال عن الامتصاص ، فالأجسام التى تمتص الأشعة ،

(١) عن كتاب A History of Physics by F. C. Cajori

لا تمتص إلا كوانتات كاملة لا كسوراً ؛ ولكي نرى جسماً مضيئاً ؛ يجب أن تصدم أعيننا (كوانتات) كاملة من الضوء حتى تؤثر فيها التأثير الذي يحدث الابصار .

وقد نجحت فروض (بلانك) نجاحاً كبيراً في تفسير كثير من الأماجي التي كانت تواجه العلماء في الضوء والحرارة ، ولكن عدم قابلية الكوانتم للتجزؤ أثارت من الجانب الآخر صعوبات جديدة إذ لاحت كأنها تتعارض مع النظرية الموجية للضوء .

ولكي يوضح لنا (السير أرثر أدنجتون) العالم الانكليزي الكبير بعض هذه الصعوبات يضرب لنا مثلا بأمواج الضوء الخارجة من النجم المعروف بـ (الشعرى) ؛ فهذه الأمواج مكونة من كميات من الطاقة تنتشر ـ كما تقول النظرية الموجية ـ في دوائر تتسع باستمرار في كل الجهات ، وبعد سنين تصل الأمواج إلى الأرض ، فاذا صدمت عين إنسان بعد سيرها نحو الخمسين مليون ميل رأى الإنسان النجم .

فاذا اعتبرنا (كوانتم) الضوء الخارج من إحدى ذرات النجم ينتشر ويتوزع على صدور الأمواج ، فلن يصيب منه كل سنتمتر مربع من هذا الصدر ـ بعد سير هذه الملايين الكثيرة من الأميال ـ إلا كسر صغير جداً جداً من الكوانتم ، ومع ذلك فنظرية (بلانك) تقرر أن كوانتات كاملة العدد لا كسور منها هي التي تؤثر في العين ، فهل ـ كما يتساءل (أدنجتون) ـ « هل صدر الموجة عند ما يجد عين إنسان يرسل إشارة إلى الجزء الخلفي من الموجة قائلا : (تعالوا تتجمع لندخل ونحدث تأثيراً ، فقد وجدنا عين إنسان)؟» .

إن النظرية الموجية التي تستدعي انتشار الطاقة أكثر فأكثر كلما بعدت الأمواج عن الجسم المضيء : تستلزم أن يتجزأ الكوانتم أكثر فأكثر كلما بعد عن مصدر الضوء ، وهو ما يتنافى مع الغرض الأساسي في نظرية (بلانك) .

وهناك مشاهدة أخرى تلوح فيها نفس الصعوبة ، فمن المعلوم أن الضوء إذا سقط على طبقة معدنية من الصوديوم أو البوتاسيوم سبب تأثيره على السطح تطاير الالكترونات من الطبقة المعدنية بسرعة كبيرة ، وقد حققت التجارب وجود صلة بين سرعة الالكترونات المتطايرة وعددها وبين لون الضوء الساقط ، وإذا كان مصدر الضوء قريباً من السطح المعدني كان عدد الالكترونات المتطايرة كبيراً . أما إذا كان مصدر الضوء بعيداً ، فالالكترونات تتطاير ، ولكن عدد المتطاير منها في هذه الحال أقل منه في الحال السابقة .

إن النظرية الموجية للضوء توجب أن تكون الطاقة موزعة على صدر الموجة بالتساوي ، ولكن الظاهرة السابقة ترينا أن هناك مواضع في صدر الموجة تتجمع فيها الطاقة ، وبذا تؤثر في الالكترونات التي تصدمها ، وتسبب تطايرها ، وهذا هو السر في تطاير

ألكترون من هنا وآخر من هناك ، ومعنى هذا أن كم الطاقة لايتجزأ كما تباعد عن المصدر الذى يشعه ، بل ينتقل كمية واحدة لاتنقسم حتى يصدم ذرة من ذرات السطح المعدنى ويطيح منها ألكتروناً .

هنا يدخل العلم فروض الاحتمالات ، فيقول : إن الأمواج لا تحمل فى صدورها كميات من الطاقة موزعة بالتساوى ؛ وإلا لكان تصادم هذا السطح مع طبقة الصوديوم يخرج ألكترونات من كل المنطقة التى تمسها الموجة ؛ أو لا يخرج شيئا ما ، بل تحمل فى صدورها احتمالات متساوية بوجود الطاقة ، فبدل أن نقول : إن كل نقطة على صدر الموجة تحمل جزءا من مليون من الكوانتم ، يجب أن نقول : إن كل مركز على هذا الصدر ، احتمال وجود كوانتم من الطاقة فيه هو جزء من مليون ، أو إن احتمال إطاحته ألكتروناً بالتصادم مع السطح المعدنى هو جزء من مليون ؛ فمن كل مليون ذرة على سطح الطبقة الملامسة توجد واحدة هى التى يتطاير ألكترونها ، أما الباقى فلا يتأثر بشىء .

هل يمكن للعلم أن يحدد الذرة التى سيفير ألكترونها ؟ الجواب عن ذلك أنه لايوجد فى الوقت الحاضر لدى العلماء ما يبعثهم على القطع بأن هذا ألكترون أوذاك هو الذى سيتطاير ، ولكن لديهم ما يمكنهم من تحديد « احتمال » ذلك بوجه عام ، ويظهر أن أملهم فى كشف العوامل التى تتحكم فى ذلك تقريباً منعدم .

هناك مراكز ممتازة على صدر الموجة ، هى التى توجد فيها (كوانتات) الطاقة ، كل (كوانتم) منها كامل غير مجزأ ؛ وهذه المراكز ذات الحظ الأوفر ، تحديدها خارج الآن — وربما إلى الأبد — عن نطاق العلم البشرى .

ولقد ساهم (أينشتين) وغيره من أئمة العلم فى التقدم بنظرية الكوانتم لتفسير كثير من الغوامض ، واستند عليها (بوهر الدانيمركى) منذ نحو خمسة عشر عاماً فى تأسيس نظريته المشهورة فى تركيب الذرة ، واستعملت النظرية النسبية جنباً إلى جنب مع آراء (بوهر) فى تفسير بعض معضلات الطيف ؛ وها نحن أولاء نرى من تمار التقدم فى هذه السبيل « الميكانيكا الموجية » التى بنى أسسها (دى بروجلى) الفرنسى ، و (شرودنجر) الألمانى ، وغيرهما ، و « مبدأ اللاتحديد » الذى يعتقد (أدنجتون) أن له أهمية النظرية النسبية ، والذى يكشف للانسان عن جهله بما حوله عارياً أمامه ، ويدعو (أدنجتون) ليقول : « إن كل زيادة فى علمنا بالطبيعة فى ناحية من نواحيها تزيد فى نفس الوقت من جهلنا بناحية أخرى ، فمن الصعب أن نفرغ بئر الحقيقة بدلو مثقوب غير صالح » [1] . ؟

محمد محمد السيد

[1] The Nature of the Physical world by A S Eddington.