الذرة وبناؤها الكهربائى

THE ELECTRICAL STRUCTURE OF THE ATOM

للدكتور إسماعيل أحمد أدهم

يكاد يكون اتجاه علم الطبيعيات الحديثة فى مبحث الذرة أن اللبنات الأساسية التى تبنى منها الذرة موجية ، وذلك من بعد ما نجح العالم الفرنسى « لويس دى بروجلى » Louis De Broglie ـ والأستاذ « هيزنبرج » Heisenberg ـ فى وضع مبادئ الميكانيكا الموجية . فنحن نعلم أن نظرية « نيلز بوهر » Niels Bohr مع نظرية المقدار القديمة The Old Quantum thèory كانت تستحكم فى الأذهان حينما تقدم للملأ « لويس دى بروجلى » عام ١٩٢٣ م مقرراً أن الألكترونات وهى دقائق كهربائية مادية ذات شحنة سالبة تحمل ما يتبين فيه نبض موجى ، وأن أشعة « إكس x » تظهر فى شكل من القوة خاص بالذرة غير أن ملاحظة « لويس دى بروجلى » لم تحظ بتأييد أحد غير العلامة « شرودنجر Erwin Schrodinger ولكن حدث أن نجح الأستاذ « دافسن » Davisson وزميله « جرمر » Germer فى إثبات أن الألكترون وهو دقيقة مادية يخضع لقوانين التفرق الموجى . فنحن نعلم أن مرور موجة ضوئية فى ثقب دقيق يتمخض عما يعرف باشتباك الأمواج وتفرقها ـ إذ بدلاً من أن تسير الموجات الضوئية فى خطوط مستقيمة فإن أجزاءها تشتبك . ومثل هذا يحدث إذا مرت فى معدن متبلور أو صفائح فلزية حيث تقوم دقائق المعدن أو الفلز مقام الحائل فى الضوء المرئى . وقد نجح هذان العالمان فى إسرار ألكترونات من خلال صفائح فلزية من الذهب ومعادن متبلورة ، فكانت النتيجة التى انتهيا إليها أن الألكترون يتصرف تصرف الأمواج ، إذ تشتبك أجزاؤه وتتداخل . ومن ذلك الحين احتلت الميكانيكيات الموجية مكانها اللائق فى عالم الفكر العلمى الحديث

وقد استند « لويس دى بروجلى » إلى ظاهرة تصرف الألكترون كموج وقرر أنه عبارة عن موجة كهربائية تجمعت فى حيز صغير ، ورغم أن فرضيته كانت توافق النتائج التجريبية التى انتهى إليها الأستاذة « دافسن » و « جرمر » و « طمسن الصغير » M. G. p. Thomson فإن مبدأ « عدم التثبت » uncertainty الذى كشف عنه « هيزنبرج » كان يقف عقبة دون قبول هذا الرأى

فنحن نعلم من نظرية المقدار القديمة أن إطلاق المادة لفوتونات الطاقة يكون كاملاً وكذلك امتصاصها لها ، وأن عملية امتصاص الفوتونات وإطلاقها تسير متقطعة غير متصلة ، وذلك يرجع إلى أن نظرية « ماكس بلانك » Max Planck قامت تستمد كل قوتها من التحولات الدورية periodic فى الاهتزازات التى تعين خط شعاع الموجة ، معتبرة هذه التحولات غير مستمرة بل هى وثبات متماثلة متساوية المسافة الفاصلة بينها ، كما أن الزمن الفاصل متساو ، فتكون بناء على ذلك هذه التحولات الدورية راجعة لوحدات ثابتة لا تنقسم اصطلح على تسميتها بثابت بلانك أو H = h فى الرمز الرياضى . فإذا أخذنا موضع النظر الحقيقة التى قررها « جيمس كلارك ماكسويل » James Clearck Maxwell من أن الأمواج أياً كانت تنتشر فى دوائر باستمرار فى كل الجهات ، فكأن موجة ضوئية تصدر من أحد السدم تصل إلى الأرض بعد سنين من صدورها ، ورؤيتها تحمل فى « علم المقدار على أن مقداراً Quantum أصاب العين ، مع أن المقدار المنطلق من إحدى ذرات السديم يجب أن تتوزع طاقتها على سدر قوس موجتها ، حتى أن السنتيمتر من سطح الأرض الواقع فى دائرة شمول الموجة لا يصيبه إلا جزء صغير جداً من المقدار وهذا يستلزم انقسامها وهى لا تنقسم ، وهذا خلف contradiction

ولقد افترض « هيزنبرج » لحل هذا الإشكال أن الأمواج لا تحمل كميات من الطاقة متساوية فى صدرها ، إنما تحمل احتمالات متساوية بوجود الطاقة ، متجمعة فى إحدى النقط الواقعة على صدر الموجة . والمذكرة التى قدمها « هيزنبرج » فى هذا الشأن خريف عام ١٩٢٥م تنطوى على هذا المبدأ الذى يستتر وراءه حقيقة من أهم حقائق الكون الخفية

وقد نجح العلماء من بعد « هيزنبرج » فى إثبات هذه الحقيقة وقد كنت أنا من أوائل هذا النفر ، فقد بينت تجاربنا بمعامل البحث الطبيعى فى موسكو أننا لو أسقطنا حزمة من أمواج الحرارة على طبقة معدنية من المغناسيوم ، فبطبيعة الأمر سيتطاير عدد

من الكهارب ، وعن طريق قياس سرعة سقوط أمواج الحرارة وعدد الكهارب المتطايرة وعرض الموجة ، أمكننا حساب مسئلة تركز الطاقة فى نقط معينة من صدر الموجة أو توزعها ، وكانت نتيجة هذه التجارب أن الطاقة فى أمواج الحرارة متجمعة فى أجزاء على صدر الموجة ، وبذا تؤثر فى الكهارب التى تصدمها

وإذاً يمكننا أن نتفهم رأى « لويس دى بروجلى » ، وأن نفترض مع الأستاذ « أروين شرودنجر » أن الكهربائية فى الذرة ليست مركزة فى نقط معينة من الذرة ، هى الكهارب ، إنما هى موزعة على السواء فى محيط كرة الذرة . وتفسير هذا التوزيع يشكل أهم مسألة فى الطبيعيات الحديثة

§ ٢ : —

لقد كان أثر نظرية المقدار فى تفكيرنا العلمى عن بناء الذرة كبيراً ، إذ لم نعد نعتبر سير الألكترون فى فلكه حول النواة مستمراً بل متوثباً ، ويكون بذلك شكل الذرة الخارجى متعدد الأضلاع نظراً لأن الألكترون يرسم حدود الذرة وثباً فى سيره من حول النواة ، وهكذا نقترب من التصوير الذى وضعه للذرة « جلبرت نيوتون لوس » G. V. Lewes عام ١٩١٦ ، والتى اعتبرت أساساً لبناء الذرة المستقر

وهذا التفكير وضع حداً لذرة « بوهر » وخصوصاً أنه كان يرى المسارعة فى الذرة ، مسارعة الألكترون ترجع لقوانين النشاط الكهربائى — Electrodynamic — الكلاسيكية ، بينما إشعاعات الذرة للفوتونات ترجع لقاعدة « ثابتة بلانك » فى « علم المقدار » . ومن المعلوم لنا عن طريق التجربة أن المسارعة من جهة وإطلاق الذرة للفوتونات من جهة أخرى يمكن أن يخضع لقوانين النشاط الكهربائى الكلاسيكية ، ولكن ... ذلك إذا بلغت عدد المقادير ـ ثوابت بلانك ـ اللانهائية أو قاربتها

هـذا إلى أنه من المتعذر على الباحث فى الدقائق الذرية Sub - Atomic أن يعين مكان دقيقة ذرية وسرعتها فى آن واحد ، فإذا عرف المكان تعذر على الباحث تعيين السرعة ، وإذا عرف السرعة تعذر عليه تعيين المكان ، وقد كان تأثير هذا المبدأ — مبدأ عدم التثبت — كبيراً فإنه هدم ثقة العلماء بالجبرية determinism فى علم الطبيعة غير أنه من المهم أن نلاحظ أن عدم التثبت كان ينعكس فى المقادير الكبيرة إلى نوع من التثبت والحقيقة.

وهذه الحقيقة بجانب أوليات حسابات الاحتمال مهدت السبيل للعلامة « أورين شرودنجر » أن يضع نظرية جديدة فى « علم المقدار » تضافر معه على تحقيقها « ماكس بورن » Max Born و « جوردان » Jordan و « ديراك » Dirac وفى هذه النظرية الجديدة لم يعتبر « شرودنجر الإلكترون دقيقة مادية ركزت فيها الشحنة الكهربائية ، إنما اعتبرها شحنة كهربائية موزعة على ذلك الإلكترون على السواء ، والتوزيع هنا معناه احتمالى محض ، وقد اختلفت وجهات النظر فى تفسير الاحتمال ، فهو عند شرودنجر ليس فى ساحة فراغية إنما هو فى ساحة رياضية صرفة ، بينما هو عند جوردان وماكس بورن مقياس لا لكم واحد أو عدد من الكميات وإنما هو مظهر من قياس عدد لا متناهٍ من الكميات المكنة المنتظمة ؛ أما « ديراك » فيرى التوزيع رمزاً symbol ولكن بدون أى إمكان لتفسير عددى إذ يأخذ بالوجهة التى تربط سرعة الإلكترون بمقدار طاقة حركتها

إن فكرة الاحتمال التى دخلت ساحة الطبيعيات الحديثة نبتت من الحقيقة التجريبية فى أنه إذا بلغ عدد المقادير أعنى ثوابت بلانك اللانهائية أو قاربها ، فإن مسارعة الإلكترون وإطلاق الذرة للفوتونات يخضعان لقوانين النشاط الكهربائى الكلاسيكية ، ومن المعلوم من حسابات الاحتمال أن اتساع الدائرة التى تخضع للاحتمال يؤدى إلى تكييفات حتمية أو شبه حتمية ، وذلك راجع إلى أنه فى حالة اتساع الدائرة تتساوى نسبة مجىء الحادثات واطرادها فى تتابعها . وبيان هذا :

لو افترضنا أن معنا قطعة من النقد ، فهذه القطعة لها وجهان بطبيعتها ، واحتمال مجىء أحد هذه الوجهين معادل لاحتمال مجىء الوجه الآخر . فالحالات المكنة أعنى المحتملة هنا هى :

١ ، ٢ ز ٢ ، ١

ويكون احتمال هاتين الحالتين بنسبة بعضهما لبعض :

ح١ ، ح٢ = ١ — ح١ ،

باعتبار أن الوضع ١ ، ٢ = ح١ والوضع ٢ر١ = ح٢ فإذا تكررت هذه الأوضاع ن من المرات ، فالحالات المكنة ثابتة فى التعاقب ويكون وجه احتمال مجىء الوضع ح١ راجحاً للعادلة

[ح١ — ح٢] ن

التى تحدد من إمكان الوضع الأول

وهنا التفاضل بين ح١ — ح٢ أصغر من الواحد ، فإذا كان

مقدار م بالغاً الحد الأعظم فإن إمكان الوضعين يقترب من التعادل حتى يساويه فى اللانهائية

واستناداً إلى هذه الفكرة الرياضية المحضة أمكن تفسير غامض انطلاق الفوتونات وتغيير الذرة لموازنتها الكهربائية ، فنحن نعرف أن كهربا ينطلق من الذرة إذا بلغ عدد المقادير اللانهائية وذلك فى صورة متجانسة مع المبادئ الكلاسيكية ، وانطلاق كهرب أو تغييره لفلكه يحدث اختلالاً فى موازنة الذرة ويحدث فى بناء الذرة رد فعل ينجم عنه موازنة جديدة ، لا تأتى إلا بإطلاق مقادير من الطاقات تعرف بالفوتونات . وإطلاق الذرة لهذه الفوتونات يرجع لحلها حالة طفس جديدة تقوم على عدد لانهائى من المقادير . وهذه اللانهائية فى عدد المقادير هى التى تعطى الاطراد فى انطلاق الفوتونات بالنسبة لتغيير الشحنات الكهربائية موازنتها فى الذرة ، لأنه فى الوضع اللانهائى يتساوى كل الحالات الممكنة واطراد انطلاق الفوتونات فى تتابعها

ونفس النظر الاحتمالى فسر مفهوم مبدء عدم التثبت لأن هذا المبدأ فى أبسط صوره لم يخرج عن استحالة تعيين دقيقة ذريرة فى مكانها وسرعتها فى آن واحد ، فإذا أمكن تعيين السرعة استحال تعيين المكان ، وإذا أمكن تعيين المكان استحال تعيين السرعة. ولكن هذه الاستحالة وعدم التثبت سرعان ما ينعكسان — كما قلنا فى المقادير الكبيرة — ولبيان هذا نقول :

إن قطعة النقد المؤلفة من وجهين : وجه عليه رسم الملك ، ووجه آخر عليه القيمة ؛ ولنرمز إلى الوجه الأول بالرمز (ع ١) ، وللوجه الثانى بالرمز (ع ٢) ؛ فإن إمكان تعيين أحد الوجهين متعادل واحتمال مجيئه متساو بحكم الطبيعة ، فإذا رمينا قطعة النقد عدداً من المرات ، فمن المحتمل فى هذه المرات أن يأتى كل وجه فى دورة واحدة ، كما أنه لا يستبعد أن يأتى أحد الوجهين عدداً من المرات ، ولا يظهر الوجه الآخر إلا مرة واحدة ...

ولكن هذا التخالف سرعان ما يتناقص مقداره ويأخذ فى الاقتراب من الصفر إذا رمينا قطعة النقد ٥٠٠ ألف مرة ، لأنه فى هذه المرات الكثيرة يعطى اتساع المدى تساوياً لتتابع واطراد الأوجه الممكنة — التى هى وجهان هنا — فيأتى معنا الوجه الذى يحمل رسم الملك ٢٥٠ ألف مرة ، وكذلك الوجه الآخر

ونفس هذا يحدث معنا فى ساحة «علم الذرة» وعلم «المقدار»

ولشرح هذا نقول :

إن المشاهد فى عالم الذرة أن النتيجة التى يخلص بها الباحث من تعيين أوضاع لبنائها غير حتمية ، لأن النتيجة التى يخلص بها الراصد والباحث فى زمن ووضع معين يخرج بغيرها باحث آخر فى غير الوقت والوضع ولو جرت التجربة فى عين الشرائط التى جرت وفقاً لهذه التجربة الأولى . ولو أجريت التجارب عدداً من المرات فعلى عدد هذه المرات تكون النتائج معنا ، غير أن هذا العدد إذا بلغ حداً كبيراً فسنجد أن النتائج الجزئية تعطى وجهاً عاما فى احتمال لا نهائى . وهذا الاحتمال يمكن الباحث من من حساب النتيجة التى تأتى معه فى وضع رياضى ولكن يحمل عنصر اللزوم والحتم فى طياته

وهذا نفس ما يحدث معنا إذا رمينا قطعة النقد مرات فإن النتائج تتباين فى كل رمية ، ولكن هنالك فى اتساع المدى تساوياً فى تتابع واطراد هذه النتائج

هذه الأوليات تفسر لنا أوجه تفسير « التوزيع » عند كل من (شرودنجر) و (جوردان) و (ماكس بورن) و (ديراك) من وجهتيه الطبيعية والرياضية

§ ٣ : —

لقد انتهى « ديراك » بمباحثه النظرية فى تفسير التوزيع ، إلى أن هذا التوزيع زمر ولكن بدون أى إمكان لتفسير عددى أخذاً بالوجهة السلبية من المعادلة الأساسية لنظرية الكوانتا الجديدة ، أعنى الوجهة التى تربط سرعة الألكترون بمقدار طاقة حركته ، وكان نتيجة ذلك أن انتهى إلى أن هنالك ضربين من الكهارب موجبة وسالبة الشحنة الكهربائية ؛ والكهارب ذات الشحن السالبة من الكهربائية هى الألكترونات ، أما الموجبة فهى وراء تناول تجاربنا ، فكأنها والخلاء سيان

وامتحان نظرية « ديراك » من الوجهتين الرياضية والفيزيقية عن طريق دراسة تدفق الإشعاع المادى واستناداً إلى معادلتى كلاين Klein و « نشينا » Niskina ينتهى بالباحث ، كما انتهى بنا ، إلى حقيقة فوزيقية مهمة : هى أن الطاقة السالبة ، والطاقة الموجبة التى ترتبط بدقيقة الكهربية متساوية ، وأن الاختلاف فى دلالة الإشارة الجبرية على نوع الشحنة ، وهذا يؤدى حتماً إلى افتراض كهرب موجب الشحنة الكهربائية يقابل الألكترون السالب الشحنة الكهربائية . وهذا التنقيح فى نظرية « ديراك » يجعلنا ننجح حيث فشل غيرنا ، مثل أوبنهمير Oppenheimer ، ومن الحتم أن نقول إن « لويس دى بروجلى » يوافقنا على هذا التعديل

وقد كشفت المباحث الفيزيقية الأخيرة عن وجود دقيقة