الذرة وبناؤها

الكهربائي

The Electrical Structure of the Atom

للدكتور اسماعيل احمد ادهم

— ١ —

يكاد يكون اتجاه علم الطبيعيات الحديثة في ابحاث الذرة ان اللبنات الاساسية التي تبنى منها الذرة موجية ، وذلك من بعد ما نهج العالم الفرنسي « لويس دي بروي » Louis de Broglie والاستاذ « هيزنبرج » Heisenberg في وضع مبادىء الميكانيكا الموجية . فنحن نعلم ان نظرية « نيلز بوهر » Niels Bohr مع نظرية المقدار القديمة The Old Quantum Theory — كانت تتحكم في الاذهان حينما تقدم للملأ « لويس دي بروي » عام ١٩٢٣ م مقرراً ان الالكترونات وهي دقائق كهربائية مادية ذات شحنة سالبة تحمل ما يتبين فيه نظاماً موجياً ، وأن أشعة « اكس » X تظهر في شكل من الطاقة خاص بالذرة . غير ان ملاحظة « لويس دي بروي » لم تحظ بتأييد أحد غير اللامعة « شرودنجر » Erwin Schrodinger — ولكن حدث ان نهج الاستاذ « دافسن » Davisson — وزميله « جرمر » Germer — في اثبات ان الكهرب « الالكترون » وهو دقيقة مادية ، يخضع لقوانين التفرق الموجي . نحن نعلم ان مرور موجة ضوئية في ثقب دقيق يسفر عما يعرف باشتباك الامواج وتفرقها — إذ بدلاً من ان تسير الموجات الضوئية في خطوط مستقيمة فان اجزائها تشتبك — ومثل هذا يحدث اذا مرت في معدن متبلور او صفائح فلزية حيث تقوم دقائق المعدن او الفلز مقام الحائل دون الضوء المرئي . وقد نهج هذان العالمان في إمرار الكترونات من خلال صفائح فلزية من الذهب ومعادن متبلورة فكانت النتيجة التي انتهيا اليها ان الالكترون يتصرف تصرف الامواج ، اذ تشتبك اجزاؤه وتتداخل . ومن ذلك الحين احتلت الميكانيكيات الموجية مكانها اللائق في عالم الفكر العلمي الحديث

وقد استند « لويس دي بروي » الى ظاهرة تصرف الالكترون كموج وقرر انه عبارة عن موجة كهربائية تجمعت في حيز صغير ، ورغم ان فرضه كان يوافق النتائج التجريبية التي انتهى

أيها الاساتذة «دافسن» و«جرمر» و«طمسن الصغير» G. P. Thomson فان مبدأ «عدم الثبت» — uncertainty — الذي كشف عنهُ «هيزنبرج» كان يقف عقبة دون قبول هذا الرأي

فنحن نعلم من نظرية المقدار القديمة ان اطلاق المادة لفوتونات الطاقة تكون كاملة وكذلك امتصاصها لها ، وان عملية امتصاص الفوتونات واطلاقها تسير متقطعة غير متصلة ، وذلك يرجع لكون نظرية «ماكس بلانك» Max Planck قامت تستند كل فوتوناتها من التحولات الدورية periodic في الاهتزازات التي تعين خط شعاع الموجة ، مثيرة هذه التحولات ليست مثيرة بل وثبات متماثلة متساوية المسافة الفاصلة بينها ، كما ان الزمن الفاصل متساوٍ ، فتكون بناء على ذلك هذه التحولات الدورية راجعة الى وحدات ثابتة لا تنقسم اصطلح على تسميها بثابت بلانك او H = ه في الرمز الرياضي. فاذا اخذنا موضع النظر الحقيقة التي قررها جيمس كلارك ماكسويل James Clark Maxwell — في ان الامواج أيًّا كانت تسع في دوائر باستمرار في جميع الجهات ، فكأن موجة ضوئية تصدر من احد النجوم تصل الارض بعد سنين من صدورها ورؤيتها يحمل في «علم المقدار» على ان مقداراً Quantum اصاب العين ، مع ان المقدار المنطلق من احدى ذرات النجم يجب ان تتوزع طاقته على صدر قوس موجتي ؛ حتى ان السنتيمتر من سطح الارض الواقع في دائرة شمول الموجة لا يصيبهُ الا جزء صغير جداً من المقدار وهذا يستلزم انقسامها وهي لا تنقسم وهذا خلف او تناقض — contradiction —

ولقد فرض «هيزنبرج» لحل هذا الاشكال ان الامواج لا تحمل اقداراً من الطاقة متساوية في صدرها ، انما تحمل احتمالات متساوية بوجود الطاقة متركزة في إحدى النقط الواقعة على صدر الموجة. والمذكرة التي قدمها «هيزنبرج» في هذا الشأن خريف عام ١٩٢٥م تنطوي على هذا المبدأ الذي تستتر وراءه حقيقة من أهم حقائق الكون الخفية

وقد نجح العلماء من بعد «هيزنبرج» في اثبات هذه الحقيقة ، وقد كنت أنا من أوائل هذا النفر ، فقد بيَّنت تجاربنا بمعامل البحث الطبيي في موسكو اننا لو اسقطنا حزمة من أمواج الحرارة على طبقة معدنية من المنيسيوم ، فبطبيعة الامر سينطاير عدد من الكهارب ، وعن طريق قياس السرعة لسقوط أمواج الحرارة وعدد الكهارب المتطايرة وعرض الموجة ، تمكَّنا من حساب مسئلة تركز الطاقة في نقط معينة من صدر الموجة او توزعها ، وكانت نتيجة هذه التجارب أن الطاقة في أمواج الحرارة متجمعة في أجزاء على صدر الموجة وبذا تؤثر في الكهارب التي تصدمها

وإذا يمكننا أن نفسح رأي «لويس دي بروي» وان نفرض مع الاستاذ «اروين شرودنجر» أن الكهربائية في الذرة ليست مركزة في نقط معينة من الذرة هي الكهيربات انما موزعة على السواء في محيط كرة الذرة . وتفسير هذا التوزيع بشكل أهم مسئلة في الطبيعيات الحديثة

— ٢ —

لقد كان أثر نظرية المقدار في تفكيرنا العلمي عن بناء الذرة كبيراً ، إذ لم نعد نتصور الكهيرب في فلكه حول النواة مستمراً بل متوثباً ، ويكون بذلك شكل الذرة الخارجي متعدد الاضلاع نظراً لأن الكهيرب يرسم حدود الذرة وثباً في سيره من حول النواة ، وكذلك نقترب من التصوير الذي وضعهُ للذرة « جلبرت نيوتون لوس » G. N. Lewis عام ١٩١٦ وهو الذي اعتبر أساساً لبناء الذرة المستقر

وهذا التفكير وضع جدًّا الذرة « بوهر » خصوصاً وانهُ كان يرى المسارعة في الذرة ، مسارعة الكهيرب ترجع الى قوانين النشاط الكهربائي Electrodynamic الكلاسيكية ، بينما اشعاعات الذرة للفوتونات ترجع الى قاعدة « ثابت بلانك » في «علم المقدار»

ومن المعلوم لنا عن طريق التجربة ان المسارعة أي التعجيل من جهة واطلاق الذرة للفوتونات من جهة أخرى يمكن ان يخضعا لقوانين النشاط الكهربائي الكلاسيكية ولكن . . . . ذلك إذا بلغت عدد المقادير — توابت بلانك — اللانهائية أو قاربتها

هذا الى أنهُ من المتعذر على الباحث في الدقائق الذرية Sub-Atomic ان يعيّن مكان دقيقة ذرية وسرعتها في آن واحد ، فاذا عرف المكان تعذر على الباحث تعيين السرعة وإذا عرف السرعة تعذر عليه تعيين المكان ، وقد كان تأثير هذا المبدأ ، مبدأ عدم الثبت ، كبيراً لانهُ هدم ثقة العلماء بالحتمية determinism في علم الطبيعة

غير أن من المهم ان نلاحظ ان هذه الاستحالة أو عدم الثبت كان يتكس في المقادير الكبيرة الى نوع من الثبت والحتمية ، وهذه الحقيقة بجانب أوليات حسابات الاحتمال مهدت السبيل للعلامة « اروين شرودنجر » ان يضع نظرية جديدة في « علم المقدار » تضافر سعيهُ على تحقيقها « ماكس بورن » Max Born و « جوردان » Jordan و « ديراك » Dirac وفي هذه النظرية الجديدة لم يعتبر « شرودنجر » الكهيرب دقيقة مادية ركزت فيها الشحنة الكهربائية . انما اعتبرها شحنة كهربائية موزعة على فلك الالكترون على السواء ، والتوزيع هنا معناه احتمالي محض . وقد اختلفت وجهات النظر في تفسير الاحتمال ، فهو عند « شرودنجر » ليس في ساحة فراغية انما في ساحة رياضية صرفة ، بينما هو عند « جوردان » و« ماكس بورن » قياس لا لكمّ واحد أو عدد من الكيات وانما مظهر من قياس عدد لا متناهٍ من الكيات الممكنة المنتظمة . أما « ديراك » فيرى التوزيع رمزاً symbol ولكن بدون أي امكان لتفسير عددي حيث يأخذ بالوجهة التي تربط سرعة الكهيرب بمقدار طاقة حركته

إن فكرة الاحتمال التي دخلت ساحة الطبيعيات الحديثة نبعت من الحقيقة التجريبية في انهُ

إذا بلغت عدد المقادير أعني توابت بلانك اللانهائية أو قاربتها فان مسارعة الكهرب واطلاق الذرة للفوتونات يخضعان لقوانين النشاط الكهربائي الكلاسيكية. ومن المعلوم من حسابات الاحتمال ان إتساع الدائرة التي تخضع للاحتمال يؤدي الى تكيفات حتمية او في شبه الحتمية، وذلك راجع الى أنهُ في حالة اتساع الدائرة تتساوى نسبة مجيء الحادثات واطرادها في تتابعها. وبيان هذا:

لو افترضنا ان منا قطعة من النقد. فهذه القطعة لها وجهان بطبيعتها، واحتمال مجيء أحد هذين الوجهين معادل لاحتمال مجيء الوجه الآخر، فالحالات الممكنة اعني المحتملة هنا هي:

١، ٢ ؛ ١، ٢

ويكون احتمال معادلة الحالتين بنسبة احداهما الى الاخرى:

$$ح_{١}، ح_{٢} = ١ — ح_{١}$$

باعتبار ان الوضع ١، ٢ = $ح_{١}$ والوضع ٢، ١ = $ح_{٢}$ فاذا تكررت هذه الاوضاع ن من المرات، فالحالات الممكنة ثابتة في التعاقب ويكون وجه احتمال مجيء الوضع $ح_{١}$ راجحاً لمعادلة: $[ح_{١} — ح_{٢}]^{ن}$ التي تحدد من امكان الوضع الاول

وهنا التفاضل بين $ح_{١} — ح_{٢}$ اصغر من الواحد، فاذا كان مقدار ن بالغاً الحد الاعظم فان امكان الوضعين يقترب من التعادل حتى يساويه في اللانهائية

واستناداً الى هذه الفكرة الرياضية المحضة امكن تفسير مخض الطلاق الفوتونات وتغير الذرة لموازنتها الكهربائية. فنحن نعرف في ان كهيرباً ينطلق من الذرة اذا بلغ عدد المقادير اللانهائية وذلك في صورة متجانسة مع المبادىء الكلاسيكية، وانطلاق كهيرب او تغييره لفلكه يحدث اختلالاً في موازنة الذرة، ويحدث في بناء الذرة رد فعل ينجم عنهُ موازنة جديدة لا تأتي الاَّ باطلاق مقادير من الطاقات تعرف بالفوتونات. واطلاق الذرة لهذه الفوتونات يرجع لحلها حالة طقس جديدة تقوم على عدد لا نهائي من المقادير. وهذه اللانهائية في عدد المقادير هي التي تعطي الاطراد في انطلاق الفوتونات بالنسبة لتغير الشحنات الكهربائية موازنتها في الذرة، لانه في الوضع اللانهائي تتساوى جميع الحالات الممكنة واطراد انطلاق الفوتونات في تتابعها

وفي النظر الاحتمالي فسر مفهوم مبدأ عدم الثبت، لان هذا المبدأ في ابسط صوره لم يخرج عن استحالة تعيين دقيقة ذرية في مكانها وسرعتها في آن واحد، فاذا امكن تعيين السرعة استحال تعيين المكان واذا امكن تعيين المكان استحال تعيين السرعة، ولكن هذه الاستحالة وعدم الثبت مرتبطان ما يمكنان كما قلنا في المقادير الكبيرة. ولبيان هذا نقول:

ان قطعة النقد المؤلفة من وجهين، وجه مرسوم عليه رسم الملك ووجه آخر عليه المبلغ ولنرمز الى الوجه الاول بالرمز $ح_{١}$، وللوجه الثاني بالرمز $ح_{٢}$، فان امكان تعيين أحد الوجهين

متعادل واحتمال مجيئه متساوٍ بحكم الطبيعة . فاذا رمينا قطعة النقد عدداً من المرات فمن المحتمل في هذه المرات ان يأتي كل وجه في دورة واحدة كما انهُ لا يستبعد ان يأتي احد الوجهين عدداً من المرات ولا يظهر الوجه الآخر الاَّ مرة واحدة ..... ، ولكن هذا التخالف سرعان ما يتناقص مقداره ويأخذ في الاقتراب من الصفر إذا رمينا قطعة النقد ٥٠٠ ألف مرة . لانهُ في مثل هذه المرات الكثيرة ، يعطي اتساع المدى تساوياً لتتابع الاوجه الممكنة واطرادها وهي وجهان هنا فيأتي معنا الوجه الذي يحمل رسم الملك لـ ٢٥٠ ألف مرة وكذلك الوجه الآخر . ونفس هذا يحدث معنا في ساحة « علم الذرّة » وعلم « المقدار » . ولشرح هذا نقول :

إن المشاهد في عالم الذرة ان النتيجة التي يخلص بها الباحث من تعيين أوضاع لبناتها غير حتمي لانهُ النتيجة التي يخلص بها الراصد والباحث في زمن ووضع معين يخرج بغيره باحث آخر في غير «ذا الوقت والوضع » ولو جرت التجربة في عين الشرائط التي جرت وفقاً لها التجربة الاولى . ولو أجريت التجارب عدداً من المرات فعلى عدد هذه المرات تكون النتائج معنا ، غير أن هذا العدد إذا بلغ حدًّا كبيراً ، فسنجد ان النتائج الجزئية تعطي وجهاً عامًّا في احتمال لا نهائي ، وهذا الاحتمال يمكن الباحث من حساب النتيجة التي تأتي معهُ في وضع رياضي ولكن يحمل عنصر اللزوم والحتم في طياته . وهذا نفس ما يحدث معنا إذا رمينا قطعة النقد مراراً فان النتائج تتباين في كل رمية ولكن هنالك في اتساع المدى تساوٍ في تتابع هذه النتائج واطرادها

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

— ٣ —

لقد انتهى « ديراك » بمباحث النظرية في تفسير التوزيع ، الى أن هذا التوزيع رمز ولكن بدون أي امكان لتفسير عددي أخذاً بالوجهة السليمة من المعادلة الاساسية لنظرية « المقدار » الجديدة . أعني بالوجهة التي تربط سرعة الكهرب بمقدار طاقة حركته ، وكان نتيجة ذلك أن انتهى الى أن هنالك ضربين من الكهربات موجبة وسالبة الشحنة الكهربائية ، والكهربات ذات الشحنة السالبة من الكهربائية هي الالكترونات ، أما الموجبة فهي وراء تناول تجاربنا ، فكأنها والخلاء سيَّان

وامتحان نظرية « ديراك » من الوجهتين الرياضية والفيزيقية عن طريق دراسة تدفق الاشعاع المادي واستناداً الى معادلتي « كلاين » Klein و « نشينا » Nishina تنتهي بالباحث ، كما انتهت بنا ، الى حقيقة فوزيقية مهمة : ان الطاقة السالبة والطاقة الموجبة التي ترتبط بدقيقة الكهرب متساوية وان الاختلاف في دلالة الاشارة الخبرية على نوع الشحنة ، وهذا يؤدي حتماً

الى فرض كهيرب موجب الشحنة الكهربائية يقابل الكهيرب السالب الشحنة الكهربائية . وهذا التقيح في نظرية « ديراك » يتيح لنا التجاح حيث اخفق غيرنا ، مثل أوبنهيمر Oppenheimer ومن المهم أن نقول ان « لويس ده بروي » يوافقنا على هذا التعديل

وقد كشفت المباحث الفيزيقية الاخيرة عن وجود دقيقة مادية ذات شحنة موجبة وتقابل الكهيرب اصطلح على تعريفها بالبوزيترون . وكان زميلنا العالم الروسي « سكوبلزن » Skobelzien اول من انتبه الى هذه الحقيقة اثناء تصويره مسارات الاشعة الكونية Cosmic Rays عن طريق ما تتركه من الاثر في المسار الذي تسلكه وذلك في خريف عام ١٩٢٩

وكانت تجارب الاساتذة « اندرسون » Anderson و« بلاكيت » Blackett « وأوشياليني » Occhialini في الذرة المتهيجة تحت تأثير الاشعة الكونية قد انتهت الى حقيقة تجريبية في ان كتلة هذه الذرات المتهيجة تحت تأثير الاشعة الكونية تعادل كتلتها في حالتها الاولى . وقد تبين خلال هذه التجارب أن هنالك خطوطاً مزدوجة احدهما منحرف لليمين والآخر لليسار ، اعني ان احدهما موجب والثاني سالب ، وتبين من مباحثهم ان الخط الموجب هو صنو الكهيرب نظراً لان الخط السالب هو الالكترون نفسه . وان كتلة الدقيقة الموجبة معادلة لكتلة الدقيقة السالبة ، فكأن « البوزيترون » صنو الالكترون وليس البروتون هو الذي يصنوه

ونحن نعلم من نظرية « نيلز بوهر » العالم الدانمركي ان النواة في الذرة تعادل كتلتها كتلة الذرة وانها مكونة من بروتونات ، غير ان الميكانيكا الموجية ومجاوب « دمبستر » J. Dempster بينت أن البروتون لم يخرج عن كونه موجة كهربائية ولكنها ليست مركزة في قلب الذرة كما ارتأى « دي بروي » وانما موزعة توزيعاً رياضيًّا في كرة الذرة الداخلي

هذه الحقيقة التي تنسجم مع المبادىء النظرية في الفوزيقة الحديثة لها ما يسندها في عالم التجربة ، وقد كان لي عام ١٩٣٣ فكرة في ان كرة الذرة الداخلية متوزعة فيها الشحن الموجبة توزيعاً رياضيًّا ، وان هذه الشحن تتركز في بعض النقط ، وهذه النقط هي الالكترونات الموجبة او « البوزيترونات » بحسب الاصطلاح الحديث

والآن ونحن في مستهل عام ١٩٣٨ يحسن ابناء التجارب العلمية الحديثة ان البروفسور « سكوبلزن » قد نجح في ان يخلص بروتونات من تيار من البوزيترونات تحت ضغط عالٍ ، — فاذا صح هذا — فيكون معنا في الذرة لبنتان اساسيتان — الالكترون والبوزيترون . وهكذا يتحقق معنا الفرض القديم الذي قلت به منذ خمس سنوات في مذكرتي الى معهد الطبيعيات الروسي وهي ان الذرة مكونة من موجتين — ذات شحنة موجبة وذات شحنة سالبة ، وأن هاتين الموجتين في توزيعها الرياضي في عالم الذرة يخلقان لنا ذلك الشيء الذي نصرف اليه اصطلاح « الذرة »