حدود جديدة بعد الذرة

هذا بحث في ميادين جديدة في التفكير العلمي وفي وسائل للبحث العلمي انكشفت بعد بحوث الذرة .

يتلقى الكيميائي الناشيء درسه الأول من قانون بقاء الكتلة Law of Conservation of Mass وترتسم في ذهنه حدود يفكر ويعمل مطمئناً في نطاقها ، فكل تفاعل كيميائي يبحث فيه وكل عمل صناعي يديره لا يتخطى تلك الحدود ، فهو يجري على قاعدة أن « المادة لا تفنى » سواء أكان الأمر إحراق قطعة من الفحم الحجري وتحولها الى ثاني أكسيد الكاربون أم كان الأمر مسألة من المسائل الستوكيومترية المعقدة .

وقد أسفرت بحوث الذرة عن ثبوت فناء المادة بتحولها الى طاقة ، تبعاً لمعادلة وضعت قبل خمسين سنة ، وأثبتت بالقياس العملي قبل بضع سنوات .

كانت عُدَّةُ الكيميائي مجموعةً من العناصر الكيميائية تنتظم فيما يعرف بالجدول الدوري Periodic Table لا وجود لغيرها في هذه الكرة الأرضية ، أو في غيرها في الكون . أما اليوم فإن عناصر جديدة تستحدث ويزداد عددها يوماً بعد يوم ، فكان عنصر التكنيتيوم (١٩٣٧) ، ثم عنصر الأستاتين (١٩٤٠) ، ثم عنصر الفرنسيوم وعنصر النبتونيوم (١٩٣٩) ، ثم عنصر البلوتونيوم ، ثم عنصر الأميريكيوم (١٩٤٤) ، ثم عنصر الكيوريوم (١٩٤٤) ، ثم عنصر البركيليوم (١٩٤٩) ، ثم عنصر الكاليفورنيوم (١٩٥٠) .

كانت الوحدة الدنيا للمادة الذرةَ ، فكان الكيميائي إذا وصل الى الذرة في بحثه وفي حسابه وفي التحليل وفي الصناعة انتهى الى حجر الأساس في صرح المركب الكيميائي الذي يبحث فيه . فاذا عرف خصائص الذرة الطبيعية والكيميائية ، وعرف وزن الذرة لم يلتفت إلى

(١) محاضرة القيت في دار المجمع في ٢٠/٥/١٩٥٦ .

ما سواها في السير في عمله .

وقد أصبحت الذرة اليوم للكيميائي كما أصبحت للفيزيائي من قبله منظمةً كبيرةً ، تتكون من دقائق أولية ، بلغ عدد أصنافها في مرحلة من مراحل البحث خمسَ عشرةَ دقيقة ، منها البروتون والألكترون والنيوترون والميزون . وهي منظمة كهربائية تدور فيها الألكترونات حول نواة في الوسط . وبين النواة والألكترونات مسافات شاسعة بالنسبة الى حجم النواة وحجم الألكترون ، فهي إذن منظمة فارغة فراغاً كبيراً . وإذا أخضعت المادة لضغط عظيم يكفي في التغلب على مقاومة الألكترون فانعدمت المسافة بين الألكترون والنواة ، وبين الذرة والذرة وتحولت الكتلة الى مادة نووية فقط ، أضحى حجم سكان الكرة الأرضية بضعة سنتيمترات مكعبة .

إن بعض هذه الدقائق الأولية تكوّن نواة الذرة وهي البروتون والنيوترون ، وبعضها وحدات أساسية للكهرباء وللمادة وهي الالكترون والبوزيترون ، وبعضها وسط وهي الميزونات ، وبعضها عديم الكتلة كالفوتون ، وبعضها يفترض وجوده بالدليل النظري حسب .

وهكذا يقف الكيميائي وأمامَهُ حقول اختصاص جديدة ومهام جديدة فهناك :

(١) الكيمياء النووية Nuclear Chemistry وهي تتناول التفاعلات النووية وخواص الأنواع النووية المنتوجة .

(٢) الكيمياء الاشعاعية Radiation Chemistry وهي تتناول النتائج الكيميائية لفعل الإشعاع النووي في المواد من معادن ولدائن ومخففات ومبردات وغيرها .

(٣) كيمياء المقتفيات Tracer Chemistry وهي تتناول حقل الدراسات الكيميائية باستخدام المقتفيات ودراسة المقتفيات النقية في حالة التركيز الخفيض .

وهناك كيمياء العناصر الثقيلة وهي خامات في البحوث والصناعات الذرية ، كاليورانيوم والبولونيوم والثوريوم والبروتاكتينيوم وغيرها . وعلى الكيميائي اليوم أن يكتب المعادلة

النووية التي يتحول بموجبها عنصر الى عنصر آخر ، كما كان يكتب بالأمس المعادلة الكيميائية . غير أن عدته في المعادلة النووية دقائقُ أوليةٌ كالتي أسلفنا يخسرها أو يربحها العنصر فينحل أو يتكون إلى عنصر آخر أقلَّ أو أكثرَ منه وزناً ذرياً أو أكثر أو أقل منه عدداً ذرياً . وقد كانت عُدةُ الكيميائي بالامس مركبات كيميائية يفاعل بعضها بعضاً وينتج مركبات جديدة .

هذه آفاق انكشفت بعد بحوث الذرة ، وألقت على عاتق الكيميائي مهام جديدة ، وفتحت أمامه مجالات جديدة في العمل . على أن بحوث الذرة التي أوضحنا آنفاً ما جاءت به من جديد بالنسبة للكيميائي قد جاءت بحدود جديدة في التفكير العلمي بالنسبة للمشتغلين بالعلوم عامة وللمتتبعين فيها على وجه أعم ، وهي حدود تخطى عندها التفكيرُ العلمي المنطقَ وقبل بالفرضيات والنظريات العلمية التي لا تستند الى المنطق .

إن الباحث في حقل الظاهرة الطبيعية الأساسية يعمل في ميدان يختلف عن ميادين البحث العلمي المألوفة ، فهو عالم وجب فيه قبول النقائض . ويجتاز فيه الباحث حدود الفكر القائم على التجربة البشرية وعلى المفاهيم (Concepts) التي ترسمها تلك التجربة وتستمد منها مقاييس التعليل . كل ذلك لأن الطبيعة أعمق غوراً ، ولأن ما يبدو نقائضَ لامناص من قبوله .

ولنأخذ مثلاً بسيطاً من موضوع الضوء . لقد كانت النظرية السائدة في طبيعة الضوء طوال مئة عام أن الضوء ينتقل في موج غير متقطع . ولما جاءت نظرية الكم في أوائل هذا القرن ، ظهرت أدلة علمية اضافة الى ذلك على أن الضوء ينتقل في دقائقَ متقطعة عرفت بالكموم والفوتونات ، وأتضح أن لابد من قبول هذا التناقض لتعليل طبيعة الضوء . ثم ظهرت دلائل علمية تشير الى أن دقائق المادة نفسها — المادة التي يتكون منها كل شيء — أن تلك الدقائقَ كدقيقة الألكترون مثلاً لها خصائص موجيّة ، بالرغم من أنها دقائقُ متقطعة ، فظهر التناقض مرة أخرى .

لقد تقدم العالم الدانماركي نيلز بور بمبدأ في قبول النقائض هو مبدأ التتميم Principle of Complimentarity وهـذا المبدأ قائم على إقرار أن الفكرة المستمدة من التجربة لا تكفي

لتحليل الظاهرة الطبيعية الأساسية . والصور التي يستخدمها الإنسان أداة في التفكير ، تتكون لديه ، وتتسع من مجالات تجاربه ، وهي لا تمتد الى أكثر من ذلك . وفي عالم الظاهرة الطبيعية الأساسية ما هو بعيد عن تلك المجالات ، أو خارج عن نطاقها ، لذا كانت الصور المستمدة من التجارب قاصرة كأداة في بيان تلك الظواهر . وما يبدو متناقضاً ، يبدو كذلك بالنسبة لتفكيرنا ومنطقنا ، إلا أنه في حقل الظاهرة الطبيعية الأساسية يكون تتميماً لا تناقضاً ، ويكون التحليل الواحد متمماً للآخر لا متناقضاً له .

وينتقل التفكير العلمي في هذا الميدان بقبول التناقض وترك المنطق جانباً إلى الرياضيات المعقدة يتخذها أداة للتحليل والتبيان بالرغم من أن تلك الرياضيات لا تتم على أي مفهوم أو بيان مادي فيزيكي متوافق Consistent Physical Account . وكان للنظرية النسبية شأن كبير في ذلك . وهكذا ينتهي التفكير العلمي الى حدود يجتازها الى ميادين لم تكن مألوفة من قبل .

ومن الحدود الجديدة التي أوصلتنا اليها بحوث الذرة والفنون التي نشأت عليها ما يتناول الوراثة . فالفنون الذرية تتقدم بسرعة ، ويتسع استخدام التفاعل النووي والتفاعل النووي الحراري في شؤون كثيرة . والتفاعلان النووي والنووي الحراري معجوبان بالاشعاع . وبن أهم مشكلات الإشعاع فعلُه الوراثي .

إن الاشعاع المؤين كدقائق ألفا ودقائق بيتا وأشعة كاما وأشعة اكس والنيوترونات ، تترك جميعها آثاراً متشابهة في الحجيرات الحية . وتفاعلات الحجيرة والمركبات التي تتكون منها وكذلك انتظامُ الحجيرات في العضو ، تتوقف جميعها على توازن كهربائي دقيق ناشيء بن الشحنات الكهربائية التي تربط الذرات في الجُزَيْء . والإشعاع اذا أصاب الجسم ، أخل بذلك التوازن الكهربائي ، وحوّل الجزيئات الى كسور حاملة شحنات كهربائيـــة تعوف بالآيونات . ويعرف الاشعاع اذا ترك أثراً كهذا بالإشعاع المؤين . واذا عادت الكسور فاتحدت

بعد زوال الإشعاع ، فان أتحادها يكون على غير نظام ، فتصاب الحجيرة بضرر . واذا كانت الحجيرات مما له علاقة بالوراثة ، فان التغير الحاصل فى جيناتها يؤدي الى تغير وراثي .

يعتقد الكثيرون أن البحث العلمي قاصر عن تعيين وتحديد النتائج الوراثية المحتملة للإشعاع ، ذلك لأن الاثر الوراثي البعيد يتصل بعصور وأحقاب طويلة ، وأن النتيجة الوراثية في الظروف الطبيعية للتطور البيولوجي تبدو على مر تلك العصور والأحقاب .

إن تطور الأحياء يجري الى حد كبير فى طفرات وراثية تهذبها وتبقي على المفيد منها عصور من تنازع البقاء وبقاء الأصلح .

والطفرات التي تقع في الأحوال الطبيعية ومن غير إشعاع ، تقدر بطفرة واحدة فى المليون . والطفرة الصالحة تقدر بواحد من المئة من الطفرات . ويعمل الإشعاع ذو الطاقة العالية على زيادة الطفرات الوراثية .

على أن الاشعاع ليس بشيء جديد . فالأحياء على سطح الكرة الأرضية تعيش تحت رذاذ دائم من الإشعاع الكوني ينزل على الأرض من الشمس والأجرام السماوية . والأحياء تتعرض بالاضافة الى ذلك في حالات نادرة لإشعاع من مصادر طبيعية تحتوي على مواد مشعة . ان كمية الاشعاع الكوني تتفاوت تبعاً لعوامل كثيرة ، منها الارتفاع والموقع الجغرافي .

ففي سطح البحر يلحق بجسم الإنسان طوال حياته ثلاثة رونجنات من الإشعاع المؤين . وقد قدر مجموع مايتحمله الجسم من الإشعاع على أساس ما يتوافر من معلومات فى الوقت الحاضر — قدر بثلاثة أعشار الرونجن في الأسبوع ، ويساوي ذلك أربعمئة رونجن فى خمس وعشرين سنة .

إن الاشعاع الطبيعي سواء أكان كونياً أم كان من مصادر طبيعية يؤدي الى حدوث بعض طفرات وراثية . على أن ارتفاعاً في المستوى الإشعاعي للمحيط يقع نتيجة التفاعلات النووية والتفاعلات النووية الحرارية يجلب معه احتمال زيادة الطفرة الوراثية ، ولا سيما اذا استمر المستوى مرتفعاً زمناً طويلاً .

إن مدى زيادة الطفرة الوراثية بأرتفاع المستوى الإشعاعي للمحيط ومدى أرتفاع المستوى

الإشعاعي من جراء التفاعلات النووية والحرارية النووية الجارية في الوقت الحاضر في مختلف الميادين أو التي تجري في المستقبل في حقول أستخدام الطاقة النووية في الصناعة أو البحوث النووية أو الحروب — أن مدى ارتفاع المستوى الإشعاعي هذا ومدى ارتفاع الطفرة الوراثية تلك أمران لا يمكن تعيينها مما نشر حتى الآن في هذا الموضوع .

كذلك لا يمكن تقدير الأثر الذي تتركه زيادة الطفرة الوراثية وخاصة في الحيوانات العليا ومنها الانسان . فتهذيب تلك الطفرات بعامل تنازع البقاء وبقاء الأصلح لا تمكن مشاهدته في تجارب على الحيوانات ذوات الأعمار الطويلة .

ومن طريف ما أسفرت عنه بحوث الذرة طرائق بسيطة لتثبيت عمر الأرض ولتعيين عمر المواد العضوية الميتة . وقد أستخدمت الطريقة الأخيرة في تعيين عمر اللقى الاثرية اذا أشتملت اللقى على مواد نباتية أو حيوانية . أن وجود اليورانيوم المشع والثوريوم المشع يعطينا بعض الأدلة على الأزمنة التي مرت منذ تكون هذين العنصرين ، وربما العناصر كلها ، وتكون الأرض نفسها .

اذا انحلت ذرة من اليورانيوم ذي الوزن الذري (٢٣٨) فإن مراحل الانحلال تنتج ثماني دقائق من دقائق ألفا في حوالي مليون سنة . ودقائق ألفا لا تبتعد كثيراً عن النشأ اذا كانت المادة التي تكونت فيها كثيفةً بل تبقى محتبسةً فيها . وكل دقيقة من دقائق ألفا تكتسب ألكترونين من محيطها بأكسدة أية مادة فيه ، فتتحول الى غاز الهيليوم . واذا كان الصخر الذي يتم فيه هذا التحول مانعاً لتسرب الهيليوم ، وكانت كمية الهيليوم المتكونة صغيرة لقلة اليورانيوم في الصخر بقي الهيليوم بكامله في الصخر خلال الأعصر الجيولوجية ، فأمكن تعيين نسبة ما تحول من اليورانيوم منذ تكون الصخر ، وتعيين عمر الأرض من نسبة اليورانيوم الى الهيليوم في الصخر . ولدينا طرق حساسة جداً لتعيين الهيليوم واليورانيوم في

الصخور وفي الشهب ، يمكن بواسطتها تعيين النسب حتى اذا كانت أقلّ من واحد في المليون . وقد وجد بالطريقة هذه أن عمر الأرض يزيد قليلاً على ألفي مليون سنة .

ويتعين عمر الأرض بطريقة أخرى من نسبة اليورانيوم الى الراديوم جي ، وهو الرصاص (٢٠٦) . وأنه الناتج الأخير لانحلال اليورانيوم وهو متماكن (آيزوتوب) ثابت . كذلك يتعين عمر الأرض من نسبة الثوريوم الى الثوريوم دي وهو الرصاص (٢٠٨) . وأنه الناتج الأخير لانحلال الثوريوم وهو متماكن (آيزوتوب) ثابت . ومن المفروض أن طريقة الرصاص هـــذه تفضل على طريقة الهيليوم التي سبق ذكرها . فغاز الهيليوم يتسرب من الصخر ، ولا يتسرب الرصاص ، على أن الرصاص يتعرض للذوبان . ويمكن معرفة ما اذا كان الصخر يحتوي على الرصاص المعتاد غير الرصاصين المتماكنين اللذين سبق ذكرهما عن طريق التحليل السبيكتروغرافي الكتلوي . ومع ذلك فإن تعيين عمر الأرض بهذه الطريقة يعطي نتائج متفاوتة يصل بعضها الى حوالي ثلاثة آلاف مليون سنة .

وفي طريقة ثالثة لتعيين عمر الأرض تحسب نسبة رصاص اليورانيوم ، وهو الرصاص (٢٠٦) الى رصاص الاكتينيوم وهو الرصاص (٢٠٧) . وهذه الطريقة أبعد عن الخطأ من الطريقتين الأوليين ، وهي أحسن الطرق لتعيين عمر الأرض . وقد تبين من استخدامها في حالتين إحداها تناولت معدن المونازايت ، والأخرى معدن اليورانينايت ، وعمر كل منها ألفا مليون سنة . إن تحديد عمر الأرض بألفي مليون سنة بالطرق الكيميائية البينة آنفاً ، يطابق عمرَ الكون محسوباً بطريقة القياس الطيفي للضوء المنبعث من الأجرام السماوية Red-shift Phenomenon .

لقد استخدم الإشعاع الطفيف المنبعث من الكاربون في الأجسام النباتية والحيوانية في تعيين عمر اللقى الآثارية إذا اشتملت على موادّ نباتية أو حيوانية . ففي الأجسام الحية كاربون مشع هو كاربون ١٤ تمتصه الأجسام من الهواء . ويحتوي الهواء على نسبة طفيفة ولكنها ثابتة من هذا

الكاربون . وبالرغم من أن هذا الكاربون المشع يتحلل بنصف حياة قدرها خمسة آلاف وستمئة سنة ، فان نسبته فى الهواء تبقى ثابتة ، مما يدل على أنه يتولد باستمرار . والمرجح أنه يتولد من تأثير الأشعة الكونية فى آزوت الهواء إذ يتحول الآزوت ١٤ الى كاربون ١٤ . وإذا فقد الجسم النباتي أو الحيواني الحياةَ توقف أمتصاصه للكاربون المشع ، وأخذ ما به منه من غير أن تتجدد كميته . وهكذا يمكن تحويل الفرق بين الكاربون المشع في اللقى الآثارية وبين الكاربون المشع فى الأجسام الحية المشابهة الى سنين استناداً الى نصف حياة الكاربون المشع ، وبذلك يتعين عمر اللقى الآثارية .

نعود الى بحث الوسائل والقوى الجديدة التي أسفرت عنها بحوث الذرة وتطبيقاتها .

كانت الحرارة تقاس بآلاف الدرجات في الشؤون العلمية والفنية ـ فى البحث ، فى التحليل ، فى الصناعة ، وفى مجالات التطبيق الأخرى . وكان أقصى ما تبلغه بضعةَ آلاف درجة . وقد بلغت الآن بضعةَ ملايين درجة ، وأصبحت فى نطاق حرارة الشمس والنجوم أو أعلى منها . ودرجة الحرارة هى سبب التفاعل فى التفاعلات النووية الحرارية لما تولده من عنف الاصطدام بين النوىّ مما يؤدي الى أنضمامها . وتزداد الحرارة بأزدياد كفاية الانفجار الذري وبالأ نفجار تحت البحر . وقد أستخدمت حرارة أنفجار اليورانيوم والبلوتونيوم فى قنبلة لها لضم الأيدروجين فى القنبلة الايدروجينية والوصول الى مستويات أعلى من الحرارة . وغداً تستخدم هذه المستويات الجديدة من الحرارة لضم الايدروجين والليثيوم والوصول الى مستويات أعلى كثيراً ، فتظهر أحتمالات جديدة .

والسرعة بلغت اليوم سرعة الضوء ، فالدقائق الأولية تندفع فى أجهزة خاصة بسرعة الضوء ، ثم تتخاذل الزيادة في السرعة إذا زيدت القوة الدافعة ، وتبدأ كتلة الدقيقة بالأزدياد بدلا من سرعتها ، ويكون أثر القوة الجديدة زيادةً أكبرَ فأكبر فى الكتلة ، وزيادةً أصغرَ فأصغر في السرعة .

نرى إذن أن بحوث الدقائق الأساسية للكون Fundamental Particles تسفر عن نتائج بعيدة المدى . ويجتاز التفكير العلمي حدود المنطق والتجربة البشرية الى ميدان الرياضيات المعقدة . والعناصر التي تكون منها الكون يكوّن منها عناصرُ جديدة . والحرارة التي كانت بالأمس لا تتعدى بضعة آلاف من الدرجات تصل اليوم بضعة ملايين ، والسرعة تبلغ اليوم سرعة الضوء ، تندفع بها الدقائق الأولية .

هذه البحوث وكذلك الحقائق والنظريات الجديدة في ميادين العلم الأخرى ، قد وضعت بيد الانسان مقاليد ما كانت بيده من قبل ، وهو اليوم يمسك بزمام قوىً وبوسائل لا تقاس بما سبقها . لا شك أن هذا قيل عند كل مرحلة حاسمة من مراحل التقدم العلمي عندما كشف العلم قوىً ما كانت مسخرة من قبل . على أن الأمر عند هذه المرحلة يتعدى حدود المقارنة المعتادة .

هذه الأرقام الجديدة ، هذه الوسائل والأجهزة الجديدة ، هذه الحدود الجديدة ، وهذا التفكير العلمي الجديد — ما يفعل بها الانسان ؟

سيث نعمان