أرقام تتحدث

طريقة تعداد الذرات

للدكتور محمد محمود غالى

من « أحس » المصري إلى « بيران » الفرنسي — الجسيمات التي استخدمها « بيران » في تجاربه — كيف تتوزع هذه الجسيمات الدائمة الحركة — يختلف الجو الذي ابتدعه « بيران » من الجو الذي نعيش فيه

لقد تنفس العالم الكبير « بيران » في القرن العشرين بعد الميلاد الهواء ذاته الذي تنفسه « أحس » في القرن العشرين قبل الميلاد أو ما يقرب من ذلك العهد ، ومع ذلك استطاع الأول بتجارب علمية دقيقة ، وعمليات رياضية عالية ، أن يعرف عدد ما في حجم مُعيَّن من الهواء من ذرات ؛ بينما وقفت معارف الثاني عند حد معرفة القواعد الحسابية الأربعة : الجمع والطرح والضرب والقسمة[1] ، ومعرفة الكسور[2] والتقسيم التناسبي وحساب المتواليات ، ولم يكن يجهل معادلات الدرجة الأولى[3] .

والذين يراجعون معنا الآن أعمال « بيران » يدركون كيف اهتدى إلى إحصاء الذرات الدقيقة ، دون أن يكون في حاجة إلى رؤيتها ، وكيف خلص من هذا إلى معرفة قدر الألكترون ، أصغر ما في الكهرباء وأحد المكونات الهامة في الوجود ، دون التجاء إلى استخدام عمليات كهربائية ، وهو بتعيينه قدر الذرة وقدر الألكترون أقام في نفس الوقت الدليل على وجودهما ، فقطع بذلك مرحلة من أهم مراحل العلم ، تتخلص في كلمات هامة ومحدودة : ذلك أن التجزؤ المادي وعدم الاتصال في أجزاء المادة Discontinuité حقيقة موجودة .

والذين يستعيدون معنا أعمال «أحس» ، ويتلمسون ذلك في كتابه الذي ترجمه «إلسنلوهر[1]» Elsenlohr إلى الألمانية من الأصل المخطوط على أوراق البردي المحفوظة في المتحف البريطاني[2] يعلمون أنه كان يعرف أن يقوم بحساب أبعاد فاكهة مستديرة أو تحديد مساحة قطعة من الأرض ، وأنه كان يعرف قدر الخبز لحجم معين من الدقيق ، بل يعرف قدر الطعام الذي يزدرده الأوز وتلتهمه العجول

* * *

أما « أحس » فقد صاغ الفكر في نسق يتسق وما كان يحتاج إليه معاصروه ، فلمس ببراعة حاجات هذا العهد ، وعرف كيف يعالج ما يعرض له من مسائل بتفكير إنساني منسق ، وبمجهوده ومجهود من تقدموه ارتقى الإنسان وصار يتوارث المعرفة جيلاً عن جيل ، واحتفظت الإنسانية بطابع من التقدم عهداً إثر عهد ، ونمت المعارف فوصلت إلينا سليمة قوية — أما « بيران » فقد وجد ميراثاً علمياً سليماً كانت أعمال « أحس » ، والأغريق من بعده من أهم ما مهد لهذا الميراث العظيم ، فلا يستضعف أحد ما ذكرنا من حساب « أحس » لما تزدرده الأوز وتلتهمه العجول ، وغير ذلك مما كان شغله الشاغل عند ما نذكر مشاغل إنسان اليوم جلية فيما قام به « بيران » من تعداد للذرات ومعرفة لأقدارها ، فمنذ ظني أن ما عرفه الأول يصل إلى النصف من كل ما ورثناه من علوم ، وأننا لسنا إلا على أبواب مرحلة جديدة في تاريخ الفكر البشري

* * *

ولندع الآن حديثاً أرجو أن يكون قد بعث في النفس صورة من الماضي البعيد في شيء من التأمل لنعود لبيران فنذكر عمله الإنشائي ونرى معاً ماذا أفاد من المسائل الرئيسية الثلاث الخاصة بالغازات التي ذكرناها في المقال السابق : المسألة الأولى أن ثمة

(١) مما هو معروف أن معرفة « أحس » للضرب والقسمة تختلف عن معرفتنا لها اليوم

(٢) لم نعثر فيما لدينا من مراجع على مقدرة معرفة « أحس » للكسور وقد ذكر صديقنا الأستاذ سيد عبد المنعم أن ذلك وارد في كتاب « كبار علماء الرياضة » الذي ألفه « تيرنبول » The Great mathematicians by Turnball »

(٣) من المسائل الجديرة بالبحث دراسة الأصل في فكرة الجبر واستخدام الرموز في حل الموضوعات الرياضية ، فإنه من المألوف أن ينسب إلى علماء العرب فكرة الجبر والمقابلة ، ولكن في كتاب « أحس » ما يجعلنا نمعن النظر في جواز نسبة هذا العلم إلى العلماء المصريين وفي عهد سابق للاغريق والعرب

(١) الكتاب مطبوع في « ليبزج » سنة ١٨٧٧ واسمه بالألمانية
Ein Mathematisches, Handbuch der Alten AEgypten.

(٢) يرجع تاريخ هذا الكتاب المصري الذي له أكبر قيمة تاريخية والذي يصح أن تعنى دار الكتب أو مراقبة الثقافة بترجمته للغة العربية إلى عهد يتراوح بين ١٧٠٠ ، ٢٠٠٠ سنة قبل المسيح

علاقة تربط الضغط والحجم والحرارة للغاز ، بحيث أن حاصل ضرب اثنين من هذه المتغيرات يساوى المتغير الثالث مضروباً فى عدد ثابت ؛ والثانية أن فى الحجم الواحد يوجد فى الضغط الواحد والحرارة الواحدة العدد ذاته من الذرات الغازية مهما اختلف نوع الغاز ؛ والثالثة هو تَغيُّر الضغط فى عامود غازى وفق متوالية هندسية

ولقد ذكرنا أنه قد أدت هذه المسائل الثلاث إلى استنباط علاقة أوردناها فى مقالنا السابق[1] علاقة نعرف منها النسبة الواقعة بين ضغطين فى غاز فى موضعين تفصلهما مسافة رأسية ، إذا عرفنا الوزن الجزيئى[2] للغاز والعجلة الأرضية وثابت الغازات والحرارة المطلقة ، ولقد ذكرنا أن النسبة الواقعة بين ضغطين فى الغاز فى موضعين مختلفين هى النسبة بين عدد الجزيئات فى هذين الموضعين ، بحيث إذا عرفنا الضغط أو عدد الجزيئات عند مكان معين أمكننا أن نعرف الضغط أو عدد الجزيئات عند مكان يرتفع عنه مسافة معينة ، وقد ذكرنا فرض « أفوجادرو » القائل بأن هذا العدد للجزيئات الموجود فى الوزن الجزيئى — أى الموجود فى الحجم الواحد لجميع الغازات هو عدد ثابت لا يتغير — يسميه العلماء عدد « أفوجادرو » ، ومن المناسب أن نورد هنا للقارئ فكرة عن هذا العدد الكبير ، فهو يبلغ حوالى ٦٨ × ١٠^٢٢ من الجزيئات[3] ، وهو العدد الموجود فى ٣٢ جراماً من الأوكسيجين مثلاً أو ٢٢٫٤ لتراً منه ، أو من أى غاز آخر ، وهو العدد الذى حاول « بيران » بعمله الإنشائى أن يعرفه ، فيعرف منه قدر الذرة وقدر الألكترون .

وطبيعى أنه لا يجوز أن يخطر ببال هذا العالم أو غيره أن يحاول بطريقة مباشرة أن يحصل على أحد هذه الجزيئات أو إحدى هذه الذرات ليتمكن من قياس وزنها أو قطرها أو كثافتها فهى متناهية فى الصغر إن قورنت بكل ما نستطيع أن نتناوله على حدة من الأجسام ، ويكفى القارئ أن يعلم أنها من الضآلة بحيث يمكن أن تندمج فى جسمنا بالنسبة ذاتها التى يندمج فيها هذا الجسم فى الشمس ، أو بالنسبة التى تندمج فيها حشرة صغيرة فى جسم الأرض ، ولكن « بيران » عمد إلى المشور على هذا النوع من التوزيع الغازى فى وسط آخر غير الغازات ذات الجزيئات أو الجسيمات الصغيرة ، وسط يستطيع أن نقيس ونزن فيه الجسيمات ونعرف خصائصها بوسائلنا العادية ومقدرتنا المعهودة ، فعمد إلى الحصول على كرات صغيرة من أنواع مختلفة من الأصماغ Gomme Gutte et le mastic ، يبلغ قطر الواحدة منها فى معظم تجاربه كسراً ضئيلاً من الميكرون (الميكرون $\frac{1}{1000}$ من المليمتر) وقد ترك « بيران » هذه الكرات فى عمود من السائل . ومما يلاحظ أن هذه الكرات الصغيرة ، عند ما تدخل السائل ، تقع فى حرب شعواء بين الجاذبية الأرضية التى تدفع بهذه الجسيمات نحو الأرض وبين الحركة البراونية التى سبق أن أشرنا إليها فى مقالاتنا ، وهى الحركة الناتجة من حركة جزيئات السائل ذاته والتى تدفع بها فى كل جهة ، بحيث أنه بعد فترة معينة يحدث نوع من الاتزان بين كل هذه العوامل ، تتوزع بعدها هذه الجسيمات فى السائل أى بين جزيئات السائل توزيعاً خاصاً ، بحيث تكون كثيفة العدد فى أسفله قليلة كلما ارتفعنا فيه

ومما يجدر بالملاحظة أن هذه الحالة من التوزيع لا تفترق عن حالة توزيع الجزيئات الغازية فى عمود غازى أو فى الجو مثلاً ، وهو التوزيع الذى تحدثنا عنه سابقاً ، فهذه الأجسام كلها صُغِّرت أو كُبِّرت واقعة تحت تأثير عاملين : العامل الأول اجتذاب الأرض إياها والعامل الثانى حركة الجزيئات نفسها أى الحركة البراونية ، وليس ثمة فارق بين الحالتين حالة الجزيئات الغازية وحالة الجسيمات الكولويدية سوى أنه فى هذه الحالة الأخيرة يوجد تفاوت فى درجة التوزيع بالنسبة للارتفاع يرجع إلى التفاوت الذى بين وزن هذه ووزن الجزيئات الغازية ، فمثلاً يكفى أن ترتفع فى سائل يحوى كرات من التى قطرها كسر من الميكرون (وهى الكرات التى صاغها « بيران ») حوالى $\frac{1}{30}$ من المليمتر حتى ينقص عدد الجسيمات فى الحجم الواحد إلى نصف عددها الأول حين يجب أن ترتفع فى عامود من الغاز مثل

(١) يجد القارئ العلاقة فى هامش الصفحة ١٥١ من مقال « أرقام تتحدث » — الرسالة — العدد ٢٤٢ — ٢٢ يناير ١٩٤٠

(٢) الوزن الجزيئى بالجرام Molecule Gramme ، وليس وزن الجزئ بالجرام كما ذكر خطأ بالمقال السابق ، لجسم معين هو كتلة ذلك الجسم الذى هو فى حالته الغازية يحوى الحجم ذاته الذى يوجد فى ٣٢ جراما من الأوكسجين ، ونكرر القول أن كل الأوزان الجزئية بالجرامات للغازات المختلفة تحوى هذا الحجم الذى قدره ٢٢٫٤ لترا الذى يحوى هو أيضا العدد ذاته من الذرات وهو عدد « أفوجادرو » الذى أومأنا إليه

(٣) معنى ذلك أن فى ٢٢٫٤ لتراً من الغاز يوجد حوالى ٦٨ × ١٠^٢٢ من الجزيئات

الأوكسيجين حوالى خمسة كيلو مترات ليتقلص عدد الجزيئات فى الحجم الواحد إلى هذه النسبة ، وهذا يحملنا على التفكير فى أن وزن أحد هذه الجسيمات التى استخدمها بيران يصح أن يكون حوالى مائة مليون مرة قدر وزن الجزىء من الأوكسيجين

والواقع أنه كان من الميسور أن يصل الباحثون إلى علاقة تربط نسبة عدد جسيمات ميكروسكوبية متروكة فى سائل تتوزع فيه مع عدد « أفوجادرو » السابق الذكر ، وهى علاقة يمكن استنتاجها من العلاقة أو المعادلة التى سبق أن نوّهنا عنها فى الغازات التى ذكرناها فى مقالنا السابق ، وهذه العلاقة الثانية التى نذكرها فى هامش هذه الصحفة [1] هى علاقة تجد فى أحد طرفيها النسبة بين عدد الجسيمات الميكروسكوبية أى الكولويدية الحائرة فى السائل فى موضعين مختلفين ، وتجد فى الطرف الثانى عدة متغيرات وثوابت ، أهم ما فى هذه الثوابت عدد « أفوجادرو » الذى ذكرناه والذى هو محل بحثنا

ولعل القارىء يرى أن وزن هذه الحبيبات أو حجمها الذى فى استطاعتنا الوصول إليه هو الوسلة للأوزان الذرية التى يعتبر الوصول إلى وزنها بالذات خارجاً عن طوقنا

ولاريب فى أنه يعوزنا كتاب كامل لنشرح للقارىء المقبات الكبرى التى ذللها « بيران » وتلاميذه للقيام بهذه التجارب التى استخدموا فيها جسيمات قطرها $\frac{1}{2}$ من الميكرون وجسيمات أخرى يختلف قطرها عن هذه . وثمة صعوبات فى صوغ هذه الجسيمات بطرق مختلفة ومواد مختلفة ، ونتفادى الاستقصاء فى وصف الوسائل المختلفة التى عمد إليها هذا العالم فى قياس هذه الجسيمات ، وسائل تمت إلى التطبيق الهيدروديناميكى طوراً وإلى الطرق الطبيعية تارة أخرى ، وهى الوسائل العديدة التى صدرت عنها أطروحات جامعية عديدة طالعنا بعضها وناقشنا البعض الآخر [2]

ترى هل وجد « بيران » بعد ذلك المجهود وبدراسة هذه الجسيمات الحائرة أبدا ذلك التوزيع اللوغاريتمى الموجود فى الغازات ؟ وهل استطاع أن يعثر من دراسة هذا التوزيع فيما اختاره من جسيمات على عدد « أفوجادرو » ذاته الذى كان يتوقعه والذى كانت تدل عليه عمليات أخرى تختلف فى طريقها وجوهرها عن موضوع « جان بيران » Jean Perrin الحالى ؟ هذا ما ندل عليه القارىء فى مقال قادم حيث يقف على ما استنبطه بيران من ملاحظة مستمرة لهذا الجو الجديد الذى ابتدعه وصنعه لنفسه ، هذا الجو الجديد ذو الجزيئات الكبيرة يختلف جد الاختلاف عن الجو الذى نعيش فيه ، ففيه تمثل أهرام الجيزة مثلاً مقداراً أقل من الواحد على ألف من المليمتر

وسيرى القارىء كيف أوصلنا عمل « بيران » المضنى إلى شىء جدى فى الوجود وكيف طلع علينا هذا العالم بأسطورة خالدة من قصص الكون وكيف اقتنع كثيره أن المادة وسط منفصل غير متصل وأنها مكونة من ذرات تحمل فى طياتها ألكتروناتها الأبدية وكيف وثق أن للذرة قدراً وللألكترون قدراً لا يتجزأ وأن هذه وحدات فى الكون تُعد من خصائصه كما تعد الأصابع العشر من خصائص الإنسان .

(يتبع)

محمد محمود غالى
دكتوراه الدولة فى العلوم الطبيعية من السوربون
ليسانس العلوم التعليمية . ليسانس العلوم الحرة . دبلوم المهندسخانة

(١) إذا رمزنا بالحرف ن لعدد « أفوجادرو » ، ى لوزن الجسيم فان الوزن الجزئى بالجرام هو ن ى ، وإذا رمزنا بالحرف د لسجلة الأرض ، هـ لكثافة الجسيم ، هَ لكثافة السائل فان وزن الجسيم داخل السائل يصبح $\frac{ى هـ د}{هـ}$ بدلا من ى د ، بحيث أن ارتفاعا فى السائل قدره ب يتغير فيه عدد الجسيمات من عَ إلى ع ونتى العلاقة الآتية :

$$\log \frac{عَ}{ع} = \frac{ن}{ك ح} ى \left(1 - \frac{هَ}{هـ}\right) د ب$$ حيث ك ثابت الغازات ، ح الحرارة المطلقة وهذه العلاقة يمكن أن نكتبها فى صورة لوغاريتمية كالآتى ٣و٢ لو $\frac{عَ}{ع} = \frac{ن ى}{ك ح} \left(1 - \frac{هَ}{هـ}\right) د ب$

(٢) يمكن للمختصين أن يراجعوا مناقشتنا لأطروحة مسيو رو Roux فى كتابنا حركة الكرات فى السوائل mouvement des Sphères dans les liquides الطابع جوتييه فيلار Gauthiers Villars بباريس سنة ١٩٣٥