أرقام تتحدث

صدى عمل جان بيران

للدكتور محمد محمود غالى

عود إلى قصة الذرات — يتعلق قدر الحقائق بالفروض والخطأ التجريبى — على م استند بيران فى أعماله — قوانين الحرارة والضغط — عدد أفوجادرو — ملاحظة لابلاس .

يعود بنا البحث إلى قصة الذرات[1] وأسطورة الألكترونات فهمتنا مع القارئ أن نتابع استعراض هذه الحلقة من حلقات المعرفة واستجلاء الخطير من مراحلها . وليس فى طوقنا أن نهمل عمل جان بيران[2] Jean Perrin فى هذا الشأن ، أو نتغاضى عن الدور الحاسم الذى قام به هو ومن حوله من باحثين فى التعرف على الذرة والتقرب من الألكترون .

وقد تناولنا أعمال مليكان R. A. Millikan وشرحنا أثره التجريبى فى ثلاث مقالات : الأولى «أندروزمليكان والألكترون» والثانية والثالثة « أرقام تتحدث » وهو العنوان ذاته الذى آثرنا اختياره اليوم لذلك العمل التجريبى المجيد الذى قام به بيران وتلاميذه ، فقد تحدثت الأرقام لهم كما تحدثت لمليكان ، وكان على بيران أن ينقل هذا الحديث إلى الناس ، فنقله شائقاً عذباً للعلماء والباحثين فى المعهد ذاته الذى نشر فيه مليكان أبحاثه فى سنة ١٩٠٧ وما تبعها من سنين ، هذه التجارب وما أدت إليه من نتائج ظلت منذ ذلك الوقت محل تقدير الباحثين وأعضاء المجامع العلمية ، وقد ظهر هذا التقدير فى صورة جلية عندما قرر المجمع السويدى منح بيران جائزة نوبل للطبيعة فى سنة ١٩٢٩

* * *

لأن يصل أحد الأفراد من طريق معينة إلى إثبات حقيقة فى الوجود ، وأن يكون فيما اختطه من طريق تجريبى ما يقوم دليلاً على ما ذهب إليه — أمر له قيمته . ولكن يظل قدر هذه الحقيقة مرتبطاً بعدد الفروض[1] التى اتخذها الفرد مبدئياً للوصول إلى غايته ، ويظل مبلغ النتائج التى وصل إليها من الحقيقة مرتبطاً كذلك بقدر الخطأ المحتمل فى العناصر المختلفة فى طريقه التجريبى ، ويظل الأمر عند العلماء الذين يحكمون على درجة قرب النتائج من الحقيقة مرتبطاً بهاتين المسألتين : الأولى صحة الفروض ، والثانية مبلغ الخطأ التجريبى . وعلى قدر ما يوجهه الباحثون من نقد جدى فى كل هذا ، تدخل التجربة ونتائجها بين الحقائق العلمية التى تأخذ مكانها بين ما يُسجل فى الميراث العلمى المتداول على كر العصور .

أما أن يكون بعد ذلك للتجارب ذاتها أثر فى التقدم واقتراب من حقائق الوجود ومعرفة لقوانين الكون ، فهذا أمر آخر يرفع التجربة إلى مصاف الموضوعات الكبرى التى تتصل اتصالاً وثيقاً بحلقة المعرفة ، ويرفع الفردَ المجهول إلى مصاف العلماء الذين يعرفهم التاريخ ، وتدخل النتائج بين أرقى أنواع الملكية لمجموعة الإنسان المفكر الذى يعمل على تقدمه على ممر الأجيال

(١) فى اصطلاحات المجمع الفتوى الحديثة تسمية الأتوم ذريرة وجمعها ذريرات ، ولا نرى سببا لاستعمال التصغير لكلمة ذرة التى تؤدى معناها دون اللجوء إلى تصغيرها فهل لذلك من سبب ؟

(٢) جان بيران من علماء فرنسا المعدودين ويشغل منذ زمن طويل أحد الكراسى العديدة فى السوربون المخصصة لعلم الطبيعة ، وهو من أعضاء المجمع العلمى الفرنسى ، ويقوم بتدريس إحدى مواد الطبيعة الكيميائية Chimie Physique ، ولعمله فى السوربون شهرة كبيرة ، وبخاصة بعد أن كشف بيران وتلاميذه عدد « أفوجادرو » وشحنة الألكترون بطريقة خاصة تعد من أرقى ما أضافه الباحثون فى العلم التجريبى ، وقد نال جائزة نوبل ، وقد ظن أن نجله موريس بيران الذى يشتغل معه الآن فى هذه المسائل من المرشحين لهذه الجائزة أيضا ، تشهد بذلك نشراته القيمة فى محاضر المجمع العلمى الفرنسى .

(١) هب جدلا أن أحد الباحثين اعتبر أحد القوانين التى استندت فى طبيعتها الى مسائل رياضية مثل قانون ستوكس[2] Sir G. Stokes صحيحا ، واحتاج الباحث إلى هذا القانون فى إحدى مراحله التجريبية فلجأ إلى إدخاله فى عمله ، فان صحة النتائج التى يصل إليها ترتبط بصحة القانون الذى أجازه فى عمله والذى يعتبر فى هذه التجربة بين الفروض ، وعلى قدر صحة القانون فى التطبيق العملى وفى الناحية المعينة التى تدخل فى عمل هذا الباحث تكون النتائج صحيحة

ولقد كان عمل بيران وأتباعه من الأعمال التجريبية الكبرى التي ارتفعت فى تاريخ العلوم إلى مثل هذه الذروة ، وكان بيران من الباحثين الذين وضعهم التاريخ بين العلماء البارزين

* * *

إنما يُستدل على هذا من أعماله التي فرغنا من مراجعتها بالأمس ، سواء ما نشر منها بالمجمع العلمى الفرنسى أو ما ظهر منها فى مؤلفاته[1] ، ولم يعتورنى ملل عند مطالعة هذه الأعمال مرة أخرى ؛ فقد كنت طالعتها منذ سنين ، وكنت أطالعها فى شوق ورغبة هذه المرة . والواقع أنه عند ما انتهيت من هذه المطالعة الأخيرة وقعت فى نوع من الحيرة فيما أقدمه للقارئ منها لأن العمل متسع وجليل ، بل ويلزم لاستيعابه مقدمات علمية لأنه مرتبط باكتشافات أخرى سابقة بعضها معروف للقارئ وبعضها قد يكون غير معروف

وهى اكتشافات عاونت جان بيران ليقوم بعمله الجليل الذى توصل فيه كما قدمنا فى مقالات سابقة بطريقة مختلفة ولكنها وثيقة ، إلى قياس قدر الذرة وبالتالى إلى استنتاج قدر الألكترون. هذه الاكتشافات السابقة لأعمال بيران التى تكون الحلقة الأولى فيما وصل إليه من معرفة نتعرض لها فى هذه الأسطر ونلخصها فى ثلاث خطوات رئيسية : الأولى خاصة بقوانين بويل وجاى ليساك للغازات ، والثانية خاصة بما يسمونه فرض أفوجادرو ، والثالثة دراسة « لابلاس » لتوزيع الضغط فى طبقات الجو

ونعود بذاكرة القارئ إلى الخطوة الأولى ، فنعود إلى قوانين يعرفها كل من جلس على مقعد فى المدرسة ، أولها قانون بويل Boyle سنة ١٦٦٠ وماريوت Mariotte سنة ١٦٧٥ الخاص بالغازات الذى يتلخص فى أن كثافة[2] الغاز تتناسب مع ضغطه[3] وثانيها قانون جاى ليساك Gay Lussac الذى بين بصورة جلية فى سنة ١٨١٠ أنه فى الضغط الثابت تتناسب كثافة الغاز مع حرارته[1] بطريقة لا تتعلق بطبيعة الغاز فى ذاته

ويتلخص القانون أن حاصل حجم الغاز فى الضغط يساوى ثابتاً يسمى ثابت الغازات مضروباً فى الحرارة المطلقة

إنما نريد ألا يعزب عن ذهن القارئ أن الغازات هى مجموعة لجزيئات حرة ، وبهذا يعتبر أن الكثافة تمثل فى الواقع عدد الجزيئات ، بمعنى أن ازدياد الكثافة فى غاز معين تحت تأثير الضغط هو اقتراب جزيئاته بعضها من بعض أى هو زيادة فى عدد ما هو موجود منها فى الحجم الواحد

أما عن الخطوة الثانية فهى خاصة بما يسمونه فرض أفوجادرو وهو الفرض الشهير الذى فرضه العالم الكبير أفوجادرو Avogadro عند دراسته لقانون جاى ليساك الموما إليه ، فقد نبّه العلماء فى سنة ١٨١١ إلى حقيقة جديدة ، ظلت منذ ذلك العهد من أعجب ما دخل على الميراث العلمى . ذلك أن الأحجام المتساوية من الغازات المختلفة تحوى ، مهما اختلف نوعها ، عدداً واحداً من الجزيئات ، ما دامت هذه الغازات واقعة تحت ضغط واحد وحرارة واحدة

إنما نود أن ينعم القارئ النظر قليلاً فى هذه النتيجة التى أرسلها أفوجادرو للعالم أجمع والتى تُعد فى نظرى كلما تأملت فيها من أروع ما وصل إليه الإنسان الباحث المفكر ، ففيها نوع من الاتفاق الجدى بين عناصر الوجود المختلفة التى شاءت ألا توجد إلا على صورة واضحة هى أبسط الصور

وكأنى بهذه العوالم المختلفة شكلا ووزناً وكثافة وطبيعة لا تستطيع أن توجد فى المكان الواحد ذى الحجم والضغط والحرارة الواحدة إلا بعدد واحد لا يتغير ، عدد يمتد فى سر وجوده إلى طبيعة الكون الذى فيه نحيا ونموت

إنما نقوه بمبلغ الجمال فيما وصل إليه أفوجادرو ، ونقف ملياً إزاء هذا العدد العجيب الذى كان له أثر على ظاهر فى أعمال بيران التى استأنفها بعد نحو مائة عام من ملاحظة أفوجادرو السابقة. وسيرى القارئ أن بيران قد عيّن هذا العدد بالذات من طريق يبتعد كل البعد عن قصة الغازات ؛ وكان من تعيين هذا العدد أن عرف قدر الذرة بل قدر الألكترون . وكان ذلك بطريقة تجريبية أهم ما يُقال فيها أنها لم تستند فى جوهرها إلى

(١) تذكر الذين يريدون أن يعرفوا أعمال بيران الخاصة بالذرة والألكترون أن يراجعوا كتابه المعروف « الذرات » Les atomes بأريز سنة ١٩٣٠ الطابع فليكس الكان Felix Alcan

(٢) أى كتلة وحدة الحجوم

(٣) يعتبر قانون بويل قانونا قريبا من الحقيقة ولكنه لا يمثلها تمثيلا صحيحا. وتدل التجارب على أنه مضبوط لأقرب $\frac{1}{100}$ عندما لا يتجاوز الضغط فى الغاز عشرة ضغوط جوية تقريبا ، بحيث أنه كلما كان ضغط الغاز ضئيلا كان القانون أقرب للتطبيق ، ويصبح أقرب ما يكون من الواقع عندما تقترب كثافة الغاز من الصفر ، لذلك يلجأ الباحث إلى تطبيق قوانين أخرى مثل قانون « فان در فالس » Wan der Waals أو غيره عندما يحتاج الأمر إلى ذلك

(١) هذا قانون تقريبى أيضا وتنطبق عليه الملاحظة (٣)

الاعتبارات النظرية التى قد تقبل الخطأ بل انما استندت إلى أعمال تجريبية تصل بنا فى معرفة هذه الأقدار إلى درجة اليقين

أما الخطوة الثالثة الخاصة بدراسة قام بها « لابلاس » لمعرفة الكيفية التى يختلف بها الضغط الجوى كلما صعدنا بعيداً عن الأرض . كلنا يعرف أنه كلما ارتفعنا إلى أعلى قلّ الضغط الجوى بحيث أن عاموداً رأسياً من الهواء يختلف الضغط فيه من نقطة إلى أخرى طوال هذا العامود . وقد توصل لابلاس إلى معرفة القانون الذى يتغير بمقتضاه هذا الضغط ، وكان ذلك من طريق رياضية بسيطة يستطيع كل مبتدئ اليوم فى العلوم الرياضية أن يقوم بما قام به « لابلاس » من حساب رياضى بسيط ، وهذا القانون هو معادلة[1] تجد فى أحد طرفيها الضغط الجوى عند مكان معين ، وتجد فى الطرف الثانى الضغط عند مكان يرتفع عن المكان الأول وكتلة الغاز والارتفاع الواقع بين المكانين كما تجد الحرارة المطلقة للغاز وثابت الغازات الذى أسلفنا ذكره والذى كان نتيجة لقوانين بويل وجاى ليساك . ويمثل قانون لابلاس فى الواقع توزيعاً رياضياً خاصاً[2] ومن نتائجه مثلاً أن الضغط الجوى ينقص إلى النصف عند ما يرتفع الإنسان حوالى ٦ كيلو متر وذلك فى الحرارة العادية. ولو أن الهواء كله من الأكسيجين لحدث هذا النقص عند ما يرتفع الإنسان حوالى نصف الكيلو متر

* * *

هذه هى المسائل الكبرى الثلاث التى استند إليها «جان بيران» ليصل إلى غرضه العلمى عندما استطاع كما سنذكر للقارئ فيما بعد أن يعين قدر الذرة وأن يتحقق من قدر وحقيقة الألكترون .

إنما أود أن أجتزىء فى هذا المقال بهذا القدر فى إيراد المقدمات التى كانت لازمة لمعرفة حقائق هذه الأسطورة الذرية ، على ألا يفوتنا أن نأتى على عمل بيران الإيجابى فى المقال القادم .

وإن من العجاب أن يصل بيران إلى معرفة عدد «أفوجادرو» بالذات فيعرف عدد ما فى حجم معين من غاز من الذرات الموجودة فيه

هذا العدد الذى يُجاوز كل خيال استطاع بيران ، وباللجوء إلى طريق تجريبى جديد ، وإلى المسائل الأساسية الثلاث التى ذكرناها ، أن يصل إلى معرفته ، وأن يصل إلى ذلك من طريق لم يستعن فيه بالغازات للوصول إلى معرفة أهم ما نعرفه لها اليوم من خواص

وسيرى القارئ كيف عاونت الحقائق السابقة بيران للوصول إلى مسألة من أعظم ما نعرفه اليوم فى العلوم ، وكيف استطاع بيران من دراسة معينة قام بها البرت أينشتاين خاصة بالحركة البراونية أن يوسع دائرة بحثه وأن يهتدى لا إلى معرفة عدد أفوجادرو فحسب بل إلى التحقق من نتائج ذرية وألكترونية أخرى غاية فى الأهمية

ولو أن هذا العالم الذى ما زال رغم تقدم السن يقوم بأعمال البحث ، لم يقم طوال حياته إلا بهذا التعيين لكفى أن يرتفع إلى سجل العلماء المجددين الذين قاموا للانسان بأجل الخدمات .

(يتبع)

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

(١) للذين يهتمون بالعلوم الرياضية والطبيعية : لو فرضنا فى غاز معين أن ض ضغط الغاز عند مكان معين و ض ضغطه عند مكان يزيد ارتفاعه عن الأول بمقدار ب وأن و وزن الجزىء بالجرام molecule Gramme لهذا الغاز و د العجلة الأرضية و ك ثابت الغازات و ح الحرارة المطلقة فان العلاقة التى توصل إليها لابلاس هى أن :

$$ض' = ض \left(١ - \frac{و\,د\,ب}{ك\,ح} \right)$$

(٢) من السهل أن يدرك الرياضيون من هذا القانون أن الهواء يتوزع فى الواقع وفق متوالية هندسية أى يتوزع توزيعا لوغاريتميا