جزيئات المادة

حركة الجزيئات سبب للعمليات الحرارية

للدكتور محمد محمود غالى

— فى مشاهداتنا اليومية دليل على التقسيم الجزيئى للمادة — حركة «الهابوش» حول المصباح — كيف اتضحت النظرية السينيتيكية فى القرن الماضى — قوانين الضغط والحجم والحرارة تجد تفسيرها فى الحركة الداخلية لجزيئات المادة — الحرارة عامل أساسى فى حركة الجزيئات — الحرارة هى الحركة ذاتها

عند ما تُطالع مقالاً فى صحيفة أو تقرأ موضوعاً فى كتاب فيحدثك الكاتب فى هذا أو ذاك عن الجزىء Molecule وعن الذرة Atome فإنك تنظر لهذه الموضوعات كأنها فروض علمية أكثر من نظرك إليها كمسائل عملية وحقائق ثابتة يعترف بها العلم التجريبى . ولكنك إذا أنعمت النظر فيما يعرض لك فى حياتك اليومية من أحداث فإنك لمست فى حاجة إلى اللجوء إلى تجارب العلماء الدقيقة لإثبات الفكرة الذرية ، بل إن شيئاً من الملاحظة والتأمل حقيق بأن يُثبت لك بأدلة محسوسة أن المادة مكونة من جزيئات متناهية فى الصغر تمثل فى الواقع وسطاً منفصلة أجزاؤه وحالته غير مستمرة

موضوع يعجب له القارئ كيف يتسنى له أن يدرك النظرية الذرية من التأمل فى بعض المظاهر التى يصادفها ؟ وكيف تحمل هذه بين طياتها أكبر الأدلة على ثبوت بعض القضايا العلمية الدقيقة ؟ لذلك نسرد للقارئ طرفاً منها

من العادات الشرقية أن نطلب فى بيوتنا من الخادم كوباً من الماء البارد، ونطلب منه فى الوقت ذاته أن يضيف إليه نقطة أو بضع نقط من ماء الورد ، ليكون للماء ونحن نشربه عبير نرتاح إليه . شىء من التأمل يدفعنا إلى فهم فكرة الجزيئات ، إذ نعرف ونحن نتجرع ما فى الكوب من شراب أن هذه النقطة من ماء الورد التى يعد حجمها ضئيلاً بالنسبة إلى حجم ما فى الكوب من ماء ، انتشرت قبل تذوقنا إياه فى كل أنحائه ، ولم يستأثر جزء من مياه الكوب بها دون الجزء الآخر

هذه الظاهرة من امتزاج نوعين من السائل : الماء النقى المتدفق من الثلجة، وماء الورد المحفوظ فى الزجاجة ، لا يمكن أن تحدث إلا على حساب انتشار جزيئات صغيرة من ماء الورد بين جزيئات الماء الصافى ، لأنه على صغر حجم نقطة الورد أصبحت موجودة فى كل مكان بين جزيئات الماء

خاطر آخر : ليس ثمة ما يمنع أن نصب ما فى الكوب فى حوض كبير مملوء بالماء ، إننا عندئذ نشعر بعبير الورد فى كل أجزائه ولو بدرجة طفيفة ، هذه القطرة الأولى امتزجت فى الحوض

وصديق هذا هو الإنسان الوحيد فيمن أعرفهم الذى وضع الجواب الصحيح لتصوير «كامل الخلى» فى هذا الموقف الشاذ ، إذ قرر أن الرجل من غير شك له عقلية فيلسوف ولكن من نوع لا يعيش فى هذا الجيل !

* * *

هذا هو «كامل الخلى» الذى كسب من فنه آلاف الجنيهات ومات معدماً إلا عن تركة من الألحان يتناهبها جيل جديد من الملحنين كل بمجهودهم أنهم يجيدون نقل ألحان «كامل الخلى» وأغانيه من رواياته القديمة إلى مقطوعات جديدة ، ثم هى بعد ذلك ألحان وأغان يكتسب بها ناقلوها ومغنوها أقواتهم ويجمعون ثرواتهم ، وأصحاب التركة من أولاد «كامل الخلى» فى عزلة عن الناس وعن الوجود

محمد يوسف وهبى

١٢ ٠ ٧٧

الـكبير الذى نعرف فيه أثرها بسيرها والذى بات مسرحاً للجزيئات العديدة للنقطة من الورد ، تكمن هذه الجزيئات تارة وتنتقل أخرى فى أرجائه المترامية

ولو أن هذه النقط كانت من الحبر بدل ماء الورد لحدث ثمّ تعديل طفيف فى لون المـاء داخل هذا الحوض لا شك يعم كل أجزائه التى تميل عندئذ إلى الزرقة بانتشار الجسيمات الصلبة الصغيرة للحبر فى كل أرجاء الحوض الفسيح

كذلك نرى نوعين من الزجاج الملون ، كلاهما أحمر اللون ولـكنهما يختلفان فى درجة الاحمرار ، هذا الاختلاف الشديد فى ألوان الزجاج أو أقمشة الملابس هو نتيجة لاختلاف نسبة جسيمات المادة الملونة بالنسـبة للمادة المراد تلوينها

كذلك من السهل معرفة مخلوط من البروم والـكلوروفورم من رائحة الأخير ، وإذا كان العلماء يستطيعون بعد ما سردناه من أمثلة أن يميزوا نسبة الأكسيجين والأزوت فى الهواء بكل تفاصيلهما بدراسة أطيافهما ، ابتداء من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق البنفسجية ، فإن لهم فى هـذا طريقة فى التحليل الطيفى ليست من عمل الرجل العادى ، ومع ذلك فهم يصلون إلى النتيجة ذاتها التى تتلخص فى أن الأكسيجين والأزوت مادتان مركبة كل منهما من جزئيات كماء الثلجة وماء الورد ، بحيث إذا اعتبرنا قدراً كبيراً من الهواء الذى نستنشقه نجد فيه دائماً هذين المخلوطين بنسبة معينة هى التى يعرفها العلماء من التحليل الطيفى ، كما أن الورد أو الحبر امتزجا مع المـاء بنسبة معينة ، هى التى تميزها حاسة الشم أو النظر التى تقوم فى هذه العملية بما تقوم به الأجهزة الدقيقة فى تجارب العلماء المتقدمة

* * *

ومع ذلك فإنه من غير المعقول أن مادتين مستقلتين تندمجان أو تختلطان أو يتداخل بعضها فى البعض إلا إذا فرضنا وجود جزيئات صغيرة لـكل منهما وأن هذه الجزيئات تتحرك فتنتشر بعضها بجوار البعض

فى مشاهداتنا اليومية عند مايقرع الجرس فى إحدى المدارس يخرج طلبة جميع الفرق إلى فناء المدرسة ، ويختلط جميعهم بحيث يصح فى كل لحظة أن ترى طالباً من فرقة معينة محاطاً بطلبة من جميع السنين الأخرى ، بحيث أن فى كل بقعة من فناء المدرسة يوجد طلبة من جميع الفرق تتحدث وتجرى وتلعب ، كل منهم مستقل بذاتيته ، ولا يمنع هـذا أن دقة أخرى من الجرس وانفاذ كان نتيجة التدريب والتهذيب ، يجعلان هذه الشخصيات المستقلة والجزيئات المبعثرة تتجمع مرة أخرى فى صفوف منتظمة بحيث نرى بعد مرور فترة من الوقت هذه الأفراد تدخل فصولها كل على مقعده الذى كان عليه منذ أمد قصير

كذلك لا بد من أن هناك عملية طبيعية تجعلنا نفصل مرة أخرى ماء الورد من الماء وجسيمات الحبر من ماء الحوض ونزيل عن الأقمشة ألوانها ونفصل الـكلوروفورم من البروم ، كما أن ثمة عملية أخرى تفصل الأكسيجين من الأزوت بحيث تصبح جزيئات الأكسيجين بمفردها منفصلة فى وعاء معين وجزيئات الأزوت فى آخر ، كما يجتمع طلبة فرقة معينة فى ردهة معينة وطلبة الفرقة الأخرى فى الردهة المجاورة

إنما سردت للقارئ ما تقدم ليدرك أن فى مشاهداته اليومية وعملياته العادية يجد منطقاً للفكرة الذرية ، بحيث أن فكرة الجزىء ووحدته هى فى الواقع نتيجة فعلية أكثر من أن تكون عملاً من قبيل الفروض

على أننا سنرى فيما تتابعه أن هذا الجزىء مكون مما يسمونه الذرات ، وقد كان للـكيمياء الدور الأكبر فى معرفتها . وسنرى أن كل ما نعرفه فى الكون محصور فى عناصر مختلفة لا يزيد عددها عن ٩٢ عنصراً ، وأنها تبدأ من الهيدروجين أخف هذه العناصر وتنتهى بالإرانيوم أثقلها ، وأن الاختلاف بينها راجع إلى التركيب الذرى . وسنرى بعد ذلك أن العلماء توصلوا إلى حسر الستار عن حقيقة هذه الذرات ، وأنهم استطاعوا أن يضغطوها تارة (أعمال كوتون Cotton) ويهدموها تارة أخرى (أعمال رذرفورد وموريس دى بروى وجوليو وفرمى وأخيراً رايش) ، وأنهم فى ذلك أعلنوا على المادة حرباً ضروساً لا تعرف مداها ، ولا نعرف إلى أى حد يبلغ أثرها ، وهم فى ذلك كمن أعلن علينا حرباً شعواء مدمرة عبثت بنا نتيجة لطمع الطامعين ، حرباً جالبة للأسى وقعت فى أثنائها قنبلة تطايرت شظاياها فى فناء المدرسة السابقة ، فدكّتها دكاً ومزقت الأطفال فتطايرت أشلاؤهم ظلماً وعدواناً ، واختلط

الأمر وهم الذعر والخراب ، فلا جرس يعيد القوم إلى فصولهم ولا شخص واحد منهم نستطيع التعرف عليه . هذا التهدم المدرسي شبيه بالتهدم الذري الحادث في ذرات الجزيئات وهو يشغل بال العلماء اليوم ، وسيكون موضوع أحاديث لنا في الرسالة لخطورته وأهميته. ولئن كان التهدم في مثال المدرسة نتيجة الجبروت، دليلاً على الفناء، فهو في جزيئات المادة وذراتها انتصار للعلم ومفخرة للعلماء ، حتى أن فريقاً منهم يفكر جدياً فيما قد يكمن وراء هذا التهدم Désintégration من أسباب تمكننا من تسخير المادة تسخيراً يختلف عن تسخيرنا لها اليوم واستخدامها بطرق تختلف عن كل ما ذهبنا إليه

ونعود للجزيء الشخصية الكاملة التي تحوي قطرة واحدة من ماء الورد ملايين الملايين منه فنقول إن جزيئات الورد هذه وتلك التي هي من الماء مستقلة في ذاتها استقلالاً تاماً وإن ما يظهر لنا من أن مزيج الماء والورد أو البروم والكلوروفورم أو الأكسيجين والأزوت مندمجة جزيئاته في الآخر هو مظهر لفعل حواسنا التي لها قوة محدودة في تمييز الأشياء ، وإن وجود ماء الورد في كل نقطة من الحوض الكبير أول دليل على تركيبه الحبيبي وأنه مكون من جزيئات عديدة هي التي انتشرت بين جزيئات الماء الصافي في أرجاء الحوض كما ينتشر الطلبة في أرجاء المدرسة

* * *

هذه الأمثلة ومثال المرونة في الأجسام الذي قدمناه في مقالنا السابق ترجّح الفكرة الذرية للمادة ، ولكن لا تقيم عليها الدليل القاطع ، وهكذا وبالرغم من كل ما ذكرناه ظل العلماء في حاجة قصوى إلى حجة أخرى تكون مُستقاة من مصدر آخر .

إن نجاحاً كبيراً أحرزته العلوم الطبيعية للفكرة الذرية الحديثة أتى عن طريق ظاهرة أخرى . فقد تكونت بجوار الظواهر التي ذكرناها مجموعة أخرى من الظواهر تفسر الذرية وتقتضيها ؛ وهذه المجموعة تتجلى في الظواهر الخاصة بالتغيرات الحرارية ، وبذلك قدمت ظاهرة الحرارة في الأجسام حجة جديدة لم يفكر فيها الذريون الأقدمون ، وعلى أكتاف التقدم الحراري بالطريقة التي تمت في القرن الماضي وضع الطبيعيون للذرية أساسها الحقيقي

ولكي نفسر العلاقة بين الحرارة والذرية ، نذكر للقارئ الفكرة الأساسية لهذه العلاقة : وهي أن الجسيمات المادية سلبة كانت أم سائلة أم غازية في حالة هياج دائم وحركة مستمرة ، وأن ثمة علاقة بين هذه الحركة وما نسميه حرارة الجسم . فكلما كانت حرارة الجسم مرتفعة كانت جسيماته أكثر حركة ونشاطاً . هذه النظرية التي كانت من أكبر الانتصارات العلمية للقرن الماضي يسمونها « النظرية السينيتيكية » Theorie Cinétique صفة من الحركة ، وهي تقرر أنه في حالة الغازات تتحرك جزيئاتها حرة حركة غير منتظمة في جميع الجهات ، وفي حالة السوائل تتحرك الجسيمات حرة أيضاً في جميع الجهات ، ولكنها لا تترك ، وفي حالة الأجسام الصلبة تتذبذب هذه الجزيئات في مكانها دون أن تنتقل فيه .

* * *

مثال نقدمه للقارئ ليفهم النظرية السنيتيكية : في القاهرة بجوار النيل والحدائق والمياه يكثر في فترة معينة من السنة نوع من البعوض الصغير يطلقون عليه « الهاموش » يغدو جرآ طليقاً في الفضاء، وتتصادم هذه الكائنات الصغيرة المتحركة في كل اتجاه مع كل ما تقابله ، وطالما تضايق الانسان لدنوها من الوجه أو العين، وهي على هذا النحو تشبه جزيئات الغازات في حركتها الدائمة غير المنتظمة .

على أن هذه الحرية المطلقة تصبح محدودة إذا وجدت هذه الكائنات قريباً من طريقها الأعمى نور مصباح ؛ فهي في هذه الحالة تتجمع بالمئات والألوف تدور حول المصباح وترتطم به .

هذه الاجتماعات الليلية تختلف عن الاجتماعات الاختيارية التي تحدث لنا نحن معاشر الإنسان عند ما نتوجه للاجتماع في قاعة للمحاضرات أو ناد أو حفلة ؛ فإن هذه المخلوقات الصغيرة لا تذهب مختارة إلى حيث يسطع الضوء القوي ، ويتألق المصباح ، بل إن ثم « تأثيرات فوتوكيميائية » Effets Photo-chemiques وإفرازات معقدة تحدث داخل أجسامها نتيجة للضوء، تأثيرات تجد تفسيرها اليوم في الكيمياء الطبيعية . هذه التغيرات الكيميائية الطبيعية التي سببها الضوء تحرك عضلاتها حركة إجبارية وتوجه هذه المخلوقات التعسة أرادت هي أم لم ترد نحو مصدر الإضاءة . هذه الألوف من الكائنات

تدور وتعلو وتهبط ويصطدم بعضها ببعض وبالمصباح ويستمر هذا فترة طويلة ، وهى فى هذا تمثل عندى جزيئات السائل التى تتحرك بداخله فى جميع الاتجاهات كما يصطدم بعضها ببعض ، وكما أن هذه المخلوقات عاجزة عن أن تترك المصباح ، كذلك جزئيات السائل داخل الكوب عاجزة عن أن تتركها ، وليس خروج أحد هذه المخلوقات بعيداً عن منبع الضوء إلا حادثاً نادراً يحدث تحت تأثير عوامل خارجية مثل هبوب الهواء شديداً فى اتجاه معين بحيث يكون سبباً لبقائها حية فترة أخرى من الزمن ، وهى فى نجاتها من المصباح ، بعامل الهواء ، تشبه الذرات المائية التى تخرج من السائل تحت عامل التبخر

وتمر الساعات ويطول الليل ويتكرر اصطدامها بالمصباح الساخن وتفقد نشاطها فى المقاومة فيلتصق الكثير من هذه الكائنات بالمصباح الكهربائى أو السقف الحامل له ، وتقترب ساعتها الأخيرة فترى طبقة كثيفة مكونة من آلاف الآلاف قبل موتها متلاصقة فى مكانها تتذبذب يميناً ويساراً قبل أن تفقد كل أمل فى أى حركة وقبل أن تصبح فى عداد الأموات . هذه المخلوقات المتلاصقة المتمايلة طوراً إلى اليمين وتارة إلى اليسار تشبه عندى جزيئات الأجسام الصلبة التى لا تستطيع أن تنتقل فى مكانها ولكنها تستطيع أن تتذبذب فيه

وهكذا فى هذه المخلوقات التى نطلق عليها « الهابوش » نرى صورة صادقة لما يحدث فى المادة على أشكالها الثلاثة المعروفة الصلبة والسائلة والغازية

* * *

هذه الحركة الداخلية بين جزيئات المادة الواحدة ومعرفتنا إياها كانت انتصاراً للنظرية السينيتيكية ، وقد نشأ عن ذلك فى بادئ الأمر أن وجد العلماء تفسيراً لضغط السائل أو الغاز على جدران الأوعية التى تحتويها ، ذلك أن تصادم جزىء واحد لا يُحدث أثراً واضحاً أو ضغطاً محسوساً ، ولكن العدد الكبير من المصادمات الفردية الحادثة فى الثانية الواحدة يسبب ضغطاً موزعاً بالتساوى وناتجاً من مجموع الضغوط الفردية

على أن تحديد مقدرتنا بالإحساس هى التى تجعلنا بدل أن نشعر بمصادمات عديدة منفردة نشعر بضغط موزع توزيعاً منتظماً . هذه المقدرة المحدودة فى الإحساس هى التى تجعلنا نُحطى طبيعة وعمل هذه المجموعات للجزيئات فنشعر فى العادة بضغط منتظم لجسم متصل

هذه المصادمات الفردية التى تسبب الضغط تفسر رأساً القانون الأساسى الذى يربط الضغط بالحجم فى الغازات والذى تعلمناه جميعاً فى المدارس وهو القانون القائل : إنه عند ما نقلل حجم غاز إلى النصف مثلاً فإن ضغطه يزيد بمقدار الضعف . والواقع أنه عندما نضغط الغاز إلى نصف حجمه الأصلى فإنه لا يكون لجزيئاته فراغاً لحركتها سوى نصف المقدار الأول ، وعلى ذلك فإنها تضرب فى الثانية الواحدة السطح الجانبى للاناء الحامل للغاز ضعف عدد المرات الأولى قبل تقليل حجمه . هذا التضعيف فى عدد المصادمات يسبب نفس الزيادة فى الضغط ، وهى ظاهرة يمكن قياسها بطريقة مباشرة

على أن النظرية السينيتيكية للغازات تأخذ فى محل الاعتبار أيضاً العامل الحرارى ، وبهذا انتهى العلماء إلى قانون أعم من القانون السابق ، بحيث إذا رفعنا درجة الحرارة لغاز معين فإن سرعة جزيئاته تزيد، ويزيد بهذا الأثر الذى تحدثه هذه المصادمات وينتج عن ذلك زيادة فى الضغط ، فزيادة الضغط بتسخين الغاز مع حفظ حجمه ثابتاً تنشأ عن زيادة القوة الحادثة من كل مصادمة فردية

هذه الفكرة وغيرها أمكن وضعها فى الوضع الرياضى حتى أصبحت النظرية السينيتيكية لا تفسر الظاهر المختلفة بشكل نوعى فحسب . بل أصبحت تفسر كل التغيرات الكمية الحادثة فى كل هذه الظواهر . وهكذا انتصرت النظرية السينيتيكية وأخذت مكاناً ممتازاً فى العلوم الطبيعية ، حتى أننا لا نعرف اليوم طبيعياً يطعنها أو يضعها بشكل جدى محل الشك

ولم تقف الدراسة الكمية عند الحد الذى ذكرناه من تفسير قوانين الحجم والضغط والحرارة بل إن سباق الجزيئات الذى لا نظام له والذى يتبع خطوطاً منكسرة ، هى نتيجة لتصادمها المستمر، أمكن دراسته من الناحية الكمية دراسة أدت إلى حساب عددى للاحتكاك الداخلى للسوائل والغازات الذى يُعد العقبة فى هذه الحركة بالتصادم المستمر

على أن سرعة هذه الجزيئات كبيرة لدرجة عظيمة فهى فى درجة