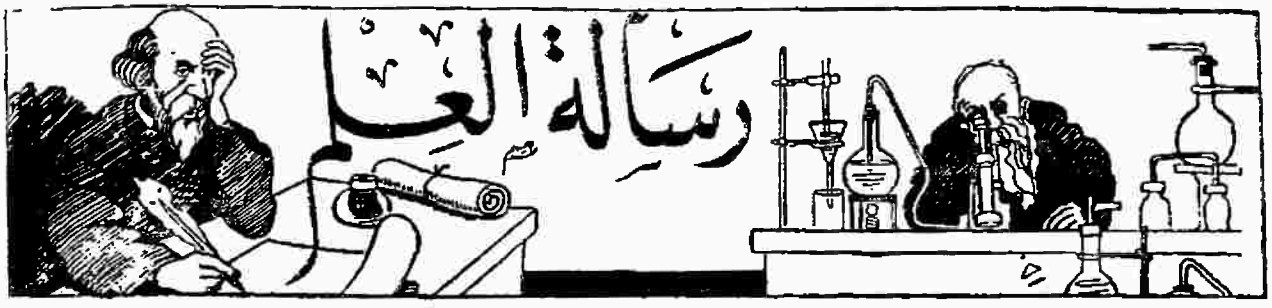

فلسفة ليبنز

ارجاع الحرارة والحركة الى أصل واحد

للدكتور محمد محمود غالى

بقاء الطاقة يجد تفسيراً فى حركة الجزيئات — عمل روبير ماير — المبدأ الثانى فى الترموديناميكا — هذا المبدأ يقرر استحالة الحياة فى مستقبل الزمن — كيف فسر بولتزمان المبدأ المتقدم — أول دعامة فى فكرة الاحتمال والمصادفة .

قدمنا كلمة عن فلسفة جديدة يحاولون بها توحيد الظواهر الطبيعية فى الكون والرجوع بها إلى قليل منها ، وذكرنا أن كل محاولة فى هذا السبيل تُعد تقدماً للانسان يفوق العديد من الاختراعات التى تبهرنا أحياناً ولا يمكن أن نعتبر الكثير منها خطوة حقيقية فى سبيل التقدم ، وذكرنا حالة خاصة باكتشاف ليبنز(Leibniz) من توحيد ظاهرتى الحرارة والحركة والرجوع بهما إلى ظاهرة طبيعية واحدة ، وقد ذكرنا ذلك فى معرض الكلام عن النظرية السينيتيكية للغازات والسوائل التى استعرضناها لنثبت للقارئ فكرة الجزىء ، وشرحنا تجارب كوتون وموتون واكتشافهما للأولترامكروسكوب الذى نرى به رأى العين أثر ما تحدثه جزيئات السائل على الجسيمات الصلبة الكولويدية التى تتصادم مع هذه الجزيئات ، فنرى حركة الجسيمات مضاءة داخل نقطة من الماء كما نرى الطائرات فى الليل تُضيئها أشعة قوية ، وذكرنا أن العلماء[1] توصلوا إلى تفسير هذه الحركة غير المنتظمة والدائمة للجسيمات الصلبة الموجودة داخل السائل، وحسروا الستار عن مشاهدة قديمة للعالم النباتي براون (Brown) الذى شاهد هذه الحركة منذ سنة ١٨٢٧ والتى يُروى أن الطبيعى الإيطالى سبالانزانى (Spallanzani) شاهدها من قبله

ونعود الآن إلى فكرة ليبنز، فللقارئ أن يطالبنا حتى كتابة هذه السطور بأن نقيم الدليل على فلسفته فى إرجاع الحرارة إلى الحركة ، هذه الفلسفة التى تقدمت اكتشاف براون وسبالانزى بأكثر من قرن، وتقدمت أعمال كوتون وموتون وبيران بقرنين

لقد أقامت العلوم الطبيعية على إثبات وحدة الظاهرتين والرجوع بهما إلى أصل واحد، من الأدلة ما لا يقبل اليوم جدلاً . وقد كان أول هذه الأدلة عن طريق أحد المبادئ الأساسية للعلوم وهو المبدأ القائل ببقاء الطاقة وعدم فنائها ، هذا المبدأ يعزز أيضاً النظرية السينيتيكية للحرارة بحيث أصبحت نظرية بقاء الطاقة دليلاً على فكرة ليبنز فضلاً عن إثباتها للنظرية السينيتيكية . ولقد كان ثانى هذه الأدلة تفسير بولتزمان Boltzmann لما يسمونه المبدأ الثانى للترموديناميكا وهو ما سنتكلم عنه فيما يلى ، وهو أيضاً عمل على تحقيق النظرية السينيتيكية

أما القانون القائل ببقاء الطاقة الذى يعممه العلماء الآن فى كثير من الظواهر الطبيعية فقد وجد أساسه فى بادئ الأمر فى الظواهر الميكانيكية حيث كان لروبير ماير Robert Mayer الفضل فى الكشف عن تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية تحولاً حقق وجود علاقة عددية بينهما بحيث تُعَيِّن دائماً كمية من الشغل الميكانيكى كمية من الحرارة تتناسب معها

يذكر كل الذين تخرجوا من كلية الهندسة التجربة المعروفة لتعيين المعادل الميكانيكى للحرارة Mechanical Equivalent of Heat المعروفة بتجربة جول Joule ، ويذكرون أن طاقة ميكانيكية معينة يمكن قياسها بعجلة محمَّلة تدور ، ترفع حرارة مُسَعِّر[1] وتنقل إليه كمية معينة من الحرارة تتناسب مع الطاقة الميكانيكية بحيث يكون بين الطاقتين نسبة ثابتة هى معامل جول المتقدم الذكر

(١) بعد تحميس طويل ظل عدة أعوام فى تفسير الحركة البراونية بين رمزى Ramsay فى سنة ١٨٧٦ المعروف باكتشافه للغازات النادرة فى الهواء أن سبب الحركة مصادمات عديدة تقع على الجسيم الصلب من جزيئات السائل

(١) وعاء صغير من النحاس توضع به كمية من الماء

هذا التحول من طاقة إلى طاقة كان انتصاراً للمبدأ، إذ أصبحت الحرارة مظهراً من مظاهر الشغل الميكانيكي. على أن هذا التحول يجد تفسيره في النظرية السينيتيكية إذا اعتبرنا أن الحرارة هي هذه الكمية من الشغل الموجودة في الحركة غير المنتظمة للجزيئات الداخلية للسائل، أي هي هذه الطاقة الموجودة في بلايين المصادمات الصغيرة، بحيث أن الشغل الميكانيكي هو نتيجة حركة موحدة الاتجاه للجسم، معتبراً وحدة، أي نتيجة حركة جزيئاته متجهة اتجاهاً واحداً

وعلى هذا فتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية هو انتقال من حركة منتظمة إلى أخرى غير منتظمة والعكس صحيح، بحيث أن بقاء الطاقة وعدم فنائها دليل جديد على صحة النظرية السينيتيكية التي يصح أن نطلق عليها النظرية الميكانيكية للحرارة

أما عن الدليل الثاني لفكرة ليبنز من أن الحرارة والحركة أمر واحد فقد أتى عن طريق فكرة استحدثت في العلوم الطبيعية كان لها خطرها وأهميتها وكانت فوزاً جديداً للسينيتيكية، هذه الفكرة خاصة بما يسمونه المبدأ الثاني في الترموديناميكا وهو المبدأ الذي يعين اتجاه Sens الحوادث الطبيعية

كم من حوادث نعتبرها عادية لأننا اعتدناها فلا نسائل أنفسنا عن أسبابها. عند ما تنفصل تفاحة عن شجرة فإنها تقع على الأرض بدل أن ترتفع إلى أعلى، ولقد كان الحادث عند نيوتن رغم بساطته لافتاً النظر وسبباً لأن نرث عنه اليوم مسائل من أعظم ما عرفه الإنسان من تفكير منظم، أجل، مسائل إن تزعزعت أركانها اليوم قليلاً بعبقرية أينشتاين وغيره فما زالت لها مكانتها من الصحة فيما يخص الكثير من ظواهر الكون. وهكذا عند السؤال عن سبب بعض المظاهر الطبيعية تتعين أمامنا معارف لها من الخطر والأهمية مالا يخطر ببال، فماذا يحدث مثلاً عندما تضع يدك على جسم ساخن؟ إن ثمة نتيجة حتمية هي ارتفاع في درجة حرارة اليد وانخفاض في درجة حرارة الجسم الساخن، فهل تساءلت مرة لماذا يحدث هذا؟ إننا نعلم جميعاً أنه عند ما نضع جسماً ساخناً جداً على منضدة فإنه ترتفع حرارة الجزء من المنضدة الملامس لهذا الجسم ويقابل ذلك انخفاض هين في حرارة الجسم الساخن، ونعلم جميعاً أنه لم يحدث بتاتاً أن تفقد المنضدة شيئاً من حرارتها الأصلية لتزيد هذا الجسم الساخن حرارة على حرارته

هذا الموضوع، على بداهته، الذي يتلخص في انتقال الحرارة من جسم ساخن إلى جسم بارد، يعود بنا إلى فكرة أساسية في العلوم الطبيعية، وهي خاصة بتقسيم الظواهر إلى ظواهر عكسية Phénomènes Reversibles، أي ممكن تحولها من حالة إلى حالة كما يمكن العودة من الحالة الثانية إلى الحالة الأولى، وظواهر غير عكسية Phénomènes Irriversibles أي إن قبلت التحول من حالة إلى حالة فهي لا تقبل الرجوع إلى الحالة الأولى

ولزيادة الإيضاح نقول: يحوي الجسم البارد مهما بلغ من البرودة كمية من الحرارة، ومن الجائز أن نزيد في برودته باللجوء إلى وسائل طبيعية مختلفة، بحيث يفقد شيئاً من حرارته، وعليه فليس ما يمنع أن نتصور أن ينقل هذا الجسم البارد جزءاً من حرارته إلى جسم حار، بحيث يرفع الجسم البارد حرارة الجسم الحار على حساب أن يزداد هو في برودته، ولا يتنافى هذا بحال مع مبدأ بقاء الطاقة السالف الذكر؛ ولكن مما يلفت النظر أنه لابد من عملية خاصة وطاقة أخرى جديدة نصرفها ليكون هذا الانتقال جائزاً، فهو ليس أمراً طبيعياً يحدث من تلقاء نفسه. وهكذا لم يحدث أبداً أن فكر إنسان في أن يضع قطعة من الثلج ليرفع بها حرارة فنجان ساخن من الشاي، أو يضع عموداً ساخناً في وعاء به ماء بارد ليزيد في برودة الماء ويرفع حرارة العمود. إن الذهن العادي لا يستسيغ ذلك، وهو يدرك بالبداهة أن عملاً كهذا ضرب من المحال، وهو يعلم بدون حاجة للرجوع إلى المعادلات الرياضية الصعبة أن قطعة الثلج تعمل على تبريد الفنجان الساخن، كما أن العمود الملتهب يعمل على تسخين الماء ويطفأ عادة فيه، بحيث لم يحدث أبداً لصانعي العجلات الذين يلجأون إلى تسخين الأطواق الحديدية قبل وضعها حول أجزاء العجلة الخشبية أنه عند وضع هذه المجموعة في الماء ليتقلص الطوق الحديدي ويشد العجلة، أن برد الماء وازدادت حرارة الطوق، وإنما الشاهد أن يبرد الطوق ويسخن الماء وقد يبلغ الغليان

وهكذا تحتم المشاهدات البسيطة قبل أن تحتم العلوم والمعادلات العويصة أن ثمة نزولاً حتمياً واقعاً من الحرارة العليا إلى الحرارة المنخفضة وأن هذا السير وهذا الاتجاه موجودان في جميع العمليات الحرارية، ولا يتغير ما دمنا لا نلجأ إلى وسيلة خارجية وإلى استعمال طاقة أخرى. ولقد وضح الطبيعيون ذلك بإدخال فكرة يسمونها

« الأنتروبى » Entropie وهى بالتعريف[١] مجموع تكامل كميات الحرارة الصغيرة الحادثة أثناء الانتقال مقسومة على درجة الحرارة المطلقة ، وقرروا أن « الأنتروبى » تزداد دائماً فى كل العمليات الحرارية . وأود ألا يشغل القارىء نفسه بموضوع « الأنتروبى » فهى فى الواقع طريقة رياضية للتعبير عن القانون الثانى للترموديناميكا هذا القانون الحرارى البسيط الذى يلاحظه القارىء فى كل مشاهداته اليومية والذى يحتم انتقال الحرارة من جسم عالى الدرجة إلى جسم خفيضها ، تقرر كمبدأ عام يربط العلوم الحرارية بمعارفنا الطبيعية ، ويقرر أن العمليات الحرارية تتم جميعها فى الكون على طريقة التوزيع المتساوى لكل الكميات الحرارية المستعملة . ولئن كانت الشمس التى هى فى الواقع المصدر البارز فى حياتنا تفقد بالأشعة من وزنها ما يبلغ أربعة آلاف مليون طن فى الثانية الواحدة[٢] فهى فى طريق الفناء كما يعتقد الكثيرون من العلماء أو أنها تزيد حرارتها كما ذكر ذلك حديثاً فى النشرات الأمريكية الأستاذ جاموه أى أنها فى دور النمو ، فإن حوادثها فى كلتا الحالتين تسير وفق المبدأ الثانى للترموديناميكا — هذا المبدأ الذى يعين الاتجاه الحرارى من الدرجات المرتفعة إلى الدرجات المنخفضة ، ثابت لا يتبدل .

إنما يهمنا من هذا المبدأ الثانى أمران : الأمر الأول خاص بفلسفة الوجود والتطور ولا نتعرض أكثر من أن نقول إنه موضوع يدعو التأمل فيه إلى شىء من الأسف ، إذ يدلنا هذا المبدأ الثانى على طريق السير الحرارى فيما يتعلق بالكون الذى يسير وفق هذا المبدأ نحو نهاية محتومة ، نهاية يسميها العلماء الموت الحرارى Mort Thermique ، وتفسير ذلك أنه عندما تتوزع الطاقة الكلية للكون توزيعاً متساوياً تصبح حرارة المادة المكونة لأجزاء الكون المختلفة متساوية . والذين تابعوا مقالاتنا الأولى فى وصف الكون والحيز المتمدد وقلة ما به من مادة ، يفهم أن هذه الحرارة تكون منخفضة بحيث لا تسمح لأى نوع من الحياة بالبقاء ، على الأقل على الصورة التى نفهمها من الحياة والحركة .

والأمر الثانى خاص بعلاقة هذا المبدأ الثانى بالنظرية السينيتيكية ، والواقع أنه لم يكن عسيراً أن يتوصل الطبيعيون إلى هذا المبدأ الثانى الذى يشترك فى مشاهدة نتائجه اليومية الشخص العادى بقدر العالم الطبيعى ، ولكن كان على الطبيعيين أن يجدوا لهذا المبدأ تفسيراً يلتئم مع بقية المعارف الطبيعية ، وقد كان لبولتزمان Boltzmann الفضل فى أن يجد هذا التفسير الخاص بانتقال الحرارة من جسم حار إلى جسم أقل منه حرارة وعدم إمكان العملية العكسية باللجوء إلى النظرية السينيتيكية ، وبذلك وجد بولتزمان مرة أخرى وبطريقة غير مباشرة دليلاً جديداً على فلسفة ليبنز . وها نحن أولاء نسرد فى هذه الأسطر لمحة من تفكير بولتزمان وأثره على النواحى الطبيعية الأخرى :

عند ما نقول إن لهذا الجسم حرارة معينة فإننا نعنى أن لجزيئاته سرعة معينة ، هذه السرعة للجزيئات ليست متساوية فمنها ما هو سريع ومنها ما هو بطىء . إلا أن ثمة متوسطاً عاماً لسرعة جميع الجزيئات تمثل حركتها المتوسطة ، وهذا المتوسط العام يدل على حرارة الجسم ، هذه السرعة المتوسطة تزيد كلما زادت حرارة الجسم

وعند ما يتلاصق جسمان حرارتهما مختلفة فإن جزيئاتهما تتصادم وتختلط — على أن كل أنواع الحوادث جائزة وقوعها فى كل تصادم فردى ، حتى أنه من الجائز أن يصطدم جزىء بطىء مع آخر سريع وينقل إليه سرعته الخاصة به كما يحدث هذا بين كرتين من كرات البلياردو ، ولكن مثل هذا الحادث نادر وأكثر شيوعاً منه مصادمات من نوع آخر تتساوى فيها السرعات على قدر الإمكان بحيث أن التعادل الحرارى يحدث من تعادل سرعات غالبية الجزيئات المختلفة ، وهكذا تكون نتيجة التلاصق نزولاً حتمياً فى حرارة الجسم الحار وارتفاعاً حتمياً فى حرارة الجسم البارد

على أن أعظم ما فى هذا التفسير وهذا القانون الثانى للترموديناميكا أنه يحول هذا الاقتراح السابق إلى قانون إحصائى ، ويتساءل القارىء كيف يصبح قانون أساسه إحصاء مبنى على المصادفة قانوناً طبيعياً ثابتاً ؟ ولكن لم يعد لهذا السؤال محل

(١) تجد فكرة الانتروبى فى كل الكتب الطبيعية مثلا كتاب الطبيعة العامة . تاليف اليفيه الجزء الثانى (١٩٢٢) ص ٥٩ الطابع هرمان ، Physique Générale par Ollivier Tome II (1922) Edit.: Hermann كذلك كتاب بلوخ للنظرية السينيتيكية للغازات فى مجموعة كولان نمرة ٧ ص ٧١ — ص ٨٠

(٢) كنت أصبو إلى أن أدل القارىء على المراجع العلمية الخاصة بهذا النوع من الأبحاث عن الشمس وبراها فى محاضر المجمع العلمى الفرنسى بين سنة ١٩٢٥ ، سنة ١٩٣٥ وتقصر مذكراتى التى فى حوزتى فى الوقت الحاضر عن أن أدله على التاريخ المضبوط ومع ذلك فان حساباً بسيطا يستطيع أن يقوم به القارىء يدله (إذا علم أن وزن الشمس ١٠ ٥٥ جرامات ، وهو ما ذكرنا فى جدول سابق عند ما تكلمنا عن تمدد الكون) على أنه يلزم أن تمر ملايين الملايين من السنين لكى تفقد الشمس نصف وزنها .

بعد أن انتصر منطق المصادفة في معظم فروع العلوم الطبيعية ولا سيما بعد «الكوانتا» وما أدخلته من تعديلات جوهرية على معارفنا، وكما يقول ريشنباخ[1] في محاضراته التي أذاعها في برلين: عند ما ندخل في حجرة فإننا لا نسائل أنفسنا بتاتاً عن الخطورة التي قد تحدث من اجتماع جميع جزيئات الأكسيجين الموجود في الحجرة في ناحية منها واجتماع جزيئات الأزوت في الناحية الأخرى، بل إننا على ثقة دائماً ومهما طال الزمن أن الهواء داخل الحجرة خليط من الأكسيجين والأزوت وأن اختلاطهما نتيجة لمصادمات فردية بين جميع جزيئات الأوكسيجين وجميع جزيئات الأزوت، ولاشك أنها حادثة نادرة جداً لا يجيزها العقل أن يجتمع في ناحية من الحجرة كل الجزيئات المكونة لأسرة الأوكسيجين وفي الجزء الآخر الجزيئات المكونة لأسرة الأزوت، بحيث يصبح جزء هام من الحجرة خانقاً والآخر مساعداً على الاشتعال

ومهما يكن من الأمر فإنه عندما تكون حادثة ما جائزة ولكنها قليلة الاحتمال فإننا لا نأخذها في محل الاعتبار في تسيير حياتنا اليومية — وهكذا نسافر للاصطياف في جبال لبنان المليئة الهواء أو حول بحيرة ليمان في سويسرا المعروفة بمناظرها الخلابة، رغم ما يدل عليه الإحصاء من أنه في مجموع ألوف البواخر المسافرة في العالم يتعرض حتماً بعضها للغرق أو الحريق. وهكذا ترانا على استعداد لتكوين ابني ضابطاً بحرياً، لو وجدت لدينا مدارس بحرية منظمة تدرس العلوم الصحيحة، وذلك لأجعل منه شخصاً نافعاً يعتمد عليه، رغم أن الحوادث سجلت في هذا الشهر ثلاث حوادث تأسف لها الإنسانية، وهي غرق ثلاث غواصات لأمريكا وانجلترا وفرنسا، بحيث أنه يعد ضرباً من السخف أن أمنعه من تعلم البحرية وأسمح له في نفس الوقت بالخروج من المنزل لشراء حاجياته أو للتوجه إلى المدرسة، لأنه في هذا أيضاً معرض ليلقى حتفه بطريقة أسرع من احتمال غرقه في غواصة قد تغرق في كل بضعة آلاف من الغواصات

وهكذا نغادر جميعاً منازلنا في الصباح بشيء من التفاؤل يملأنا ثقة أننا سنلتقي بأطفالنا في المساء، ولو أن بين مئات الألوف الذين يخرجون كل صباح من مدينة القاهرة يوجد دائماً وكل يوم واحد أو اثنان يُصاب بحادث يحرمه من هذا الاجتماع

(١) ريشنباخ Reichenback الأتوم والكون في مجموعة فلاماريون باريز

إنّ فهمنا للطبيعة انقلب رأساً على عقب بهذه الفلسفة الجديدة التي أدخلها بولتزمان، فلأول مرة دخل في العلوم الطبيعية قانون إحصائي مبني على مجموع الحوادث الفردية واحتمال حدوثها بدل القوانين القديمة التي كانت لا تستند على هذا النوع من التفكير

من هنا بدأ مجال جديد في جميع المسائل؛ ومن هنا تغلغلت فكرة بولتزمان في النواحي الأخرى للعلوم الطبيعية. ولا شك أنني عند ما فكرت يوماً أن أحصل على حالة الماء المشبع بالطمي من دراسة فوتو كهربائية[1] للماء الحامل للطمي كنت متشبعاً بنوع من التفكير الأحصائي لبولتزمان، على رغم أن كل العوامل كانت تؤول بنا إلى الابتعاد عن الطرق النيفولومترية[2] وهكذا رغم العوامل المنفرة استعملت الطرق الضوئية بنجاح لمعرفة كمية ما بالنيل من طمي ووضعت مع العالم بيروه أخيراً أساساً لمعرفة كمية الطمي عن بعد وبدون الالتجاء لاستعمال الأسلاك الكهربائية[3] على أن هذا النجاح مرتبط بوجود متوسط عام لملايين الجسيمات من طمي النيل، متوسط يدل على كمية هذا الطمي ونوعه

وهكذا باتت العلوم كلها مسرحاً لنتائج الإحصاءات الفردية وحساب الاحتمالات، والذين يستطيعون اليوم أن يتتبعوا «الكوانتا» وما أحرزته من نجاح ويفهمونها كما فهمها «بلانك» يدركون أن التقدم الإنساني آتٍ من هذه الناحية الجديدة الخاصة بالاحتمال والمصادفة والتي يظل اسم بولتزمان علماً فيها

ونختم هذا البحث الخاص بالجزيء بأن نذكر للقارئ أن النظرية السينيتيكية قد ساعدت جدياً على فكرة الجزيء وأفهمتنا كنهه وطبيعته بدرجة بلغت الآن اليقين، بحيث أن ترك السينيتيكية يجعلنا عاجزين عن تفسير أحد قوانين الطبيعة وهو قانون بقاء الطاقة وعدم فنائها، ونكرر للقارئ أن السينيتيكية ساعدت أمثال بولتزمان على تفسير بعض مظاهر الكون مما جعلهم يتوصلون إلى نوع جديد من التفكير الطبيعي بات أساساً لمعظم معارفنا (البقية في ذيل الصفحة التالية)

(١) هذا البحث نشرته بمحاضر المجمع العلمي الفرنسي في يونية سنة ١٩٣٥

(٢) راجع كتابي «الأجسام العالقة في مياه الأنهار» الطابع جوتيه فيلار. باريز سنة ١٩٣٥

(٣) هذا البحث نشرته مع بيروه وكيل مصلحة الطبيعيات بفرنسا في محاضر المجمع العلمي الفرنسي في مايو سنة ١٩٣٨