

## مفهوم الحرارة: مقارنة تاريخية وإبستمولوجية

زهرة داودي<sup>1</sup>، سيد علي ريان<sup>2</sup>، جعفر جبالي<sup>3</sup>

<sup>1</sup> أستاذة بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - zohra.douadi@g.ens-

kouba.dz

<sup>2</sup> أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - sidali.rayane@g.ens-kouba.dz

<sup>3</sup> أستاذ بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - djaffar.djabali@g.ens-kouba.dz

### مقدمة

عرف الإنسان الحرارة منذ القدم، فكانت تستعمل في الطهي والتدفئة كما كانت تنتج في عمليات الاحتراق المختلفة، وابتدع الإنسان طرقاً لتسخين الأجسام وكذلك لتبريدها. غير أنه مع الثورة الصناعية اتضح أن حرارة الاحتراق يمكن أن تعطي عملاً، أما الاقتناع بأن الحرارة شكلٌ من أشكال الطاقة فلم يتحقق إلا في حوالي منتصف القرن 19م. سنسلط الضوء في هذا المقال على مفهوم الحرارة من منظور تاريخي وإبستمولوجي، متابعة كيفية تطور مفهوم الحرارة عبر العصور المختلفة، انطلاقاً من نظريتي الفلوجيستون والكالوريك إلى غاية دحضهما واستبدالهما بنظرية الطاقة وانحفاظها. ومن ثمّ الوقوف على الصعوبات والعقبات التي واجهت العلماء والمفكرين والتي أبطأت التّقدم وأثّرت على مسار التاريخ.

### أولاً: المقارنة التاريخية

#### 1. نظرية الفلوجيستون

اعتقد الفلاسفة الإغريق الأوائل أنّ جميع المواد تتكوّن من التراب والماء والهواء والنار، أو ما يسمّى نظرية العناصر الأربعة. وبالرغم من محدودية هذه النظرية إلا أنها بقيت مهيمنة على عقول البشر حوالي ألفي عام. [6] اعتمد بيشر Becher (1667) ثم ستال Stahl (1703) نظرية الفلوجيستون لشرح اثنتين من أبرز الظواهر: الاحتراق والتكلس. فقد اقترح ستال وجود الفلوجيستون phlogiston (تعني كلمة phlog لهب) كمادة عنصرية يتم طردها من المواد عن طريق تعريضها للحرارة. [9] وكتب ستال: "لقد حكمت بأنه لا يمكن إعطاء اسم لهذه المادة أكثر ملاءمة من اسم القابلية للاشتعال... لهذا السبب أعطيتها الاسم الإغريقي الفلوجيستون، وهو ما يعني القابل للاشتعال." [13]

#### 2. دحض نظرية الفلوجيستون

نشأ لافوازييه Lavoisier في نموذج الفلوجيستون، لكنه لاحظ بعد ذلك معطيات متضاربة. وكانت اللحظة الحاسمة في تحوّل لافوازييه تلقّيه مطبوعة سابقة لمنشور بريستلي Priestley حول اكتشافه للهواء بدون الفلوجيستون سنة 1774. أدرك لافوازييه الحقيقة: ينتج الاحتراق والتكلس من اتحاد جسمين فقط، وتحديدًا "الهواء بدون الفلوجيستون" لبريستلي (أو "هواء النار" لـ شيل Scheele)، والذي أطلق عليه لافوازييه في البداية اسم "الهواء الحيوي" ثم أطلق عليه فيما بعد اسم "الأكسجين"، وإما "الكربون" في حالة الاحتراق أو "المعدن" في حالة التكليس. [9] في سنة 1783 قدّم لافوازييه إلى الأكاديمية مذكرة بعنوان "تأملات بشأن الفلوجيستون"، ونادى: "الفلوجيستون غير موجود." [6]

### 3. النظرية المادية (نظرية الكالوريك)

ترتبط هذه النظرية السخونة بمادة معينة (النار لدى القدماء)، حيث كان يُنظر إلى النار ذاتها على أنها مادة. وُجد هذا التصور عند: [لوكريتيوس](#) Lucretius، [جيلبرت](#) Gilbert، [جاليليو](#) Galileo، [جاسندي](#) Gassendi، [بويل](#) Boyle. [13] فتصوّر جاسندي الحرارة والبرودة نوعين مختلفين من المادة، واعتبر أن ذرات البرد رباعية السطوح وعندما تخترق سائلاً يتجمد هذا السائل بطريقة ما. [11] في حدود 1720، شهدت النظرية المادية تطوراً من قِبَل خريستيان ولف Wolf الذي شبه الحرارة بالمائع. تستقر الحرارة في المسام المختلفة التي تخترق مادة الأجسام، ويمكن اكتشافها عندما تنتقل فقط. [7] وقد احتضن لافوازييه هذه المادة المائعة، واعتبرها مادة الحرارة وأطلق عليها اسم "كالوريك" caloric (تعني كلمة calor الحرارة)، يمكنها التدفق من جسم أكثر سخونة إلى جسم أكثر برودة وبالتالي تسخّنه. [9] وصف لافوازييه هذا المائع بأنه عديم الوزن مثل الفلوجيستون، وضمّه إلى قائمة عناصره في بحثه في الكيمياء الذي نشره سنة 1784 بعنوان "الأطروحة الأولية للكيمياء". ووصفه كما يلي: "مائع مرن، تتنافر جزيئاته بقوة مع بعضها البعض، تنجذب جزيئات الكالوريك إلى جزيئات المادة العادية. الكالوريك لا يمكن خلقه أو تدميره". [13] كما قدّم [كليجورن](#) Cleghorn الفرضيات التالية:

- الكالوريك عبارة عن مائع مرن، تتنافر جسيماته بقوة، وتنجذب جزيئاته بجزيئات المادة العادية بدرجات مختلفة؛
- الكالوريك غير قابل للتدمير ولا يمكن خلقه؛
- الكالوريك إما محسوس أو كامن؛
- الكالوريك له وزن.

استنبطت هذه الفرضيات لتفسير بعض الظواهر المرصودة، كالتمدّد والانكماش أثناء التسخين والتبريد، والتغيرات في السعة الحرارية النوعية، والقياسات المسعرية، والحرارة الكامنة، وزيادة وزن بعض المعادن عند تسخينها في الهواء. [10]

### 4. النظرية الديناميكية (النظرية الحركية)

تصوّر [أفلاطون](#) Plato الحرارة على شكل نار، ككيان متميز عن درجة الحرارة. [7] وفي القرن 17م عزى [بيكون](#) Bacon السخونة إلى الحركة الداخلية في المادة، حيث كانت تجاربه مبنية على الاحتكاك بين الأجسام، وفسر السخونة الناتجة عن هذا الاحتكاك على أنها نوع من الحركة. كما وُجد هذا التصور أيضاً عند [كيبلي](#) Kepler، و [ديكارت](#) Descartes، و [بويل](#)، و [هيوجنز](#) Huygens. [13] من المؤكد أن أحد مصادر المفهوم الحركي (الميكانيكي) هو الحصول على الحرارة عن طريق صدمات وحركات. ويشرح بيكون (1620) ذلك كما يلي: "تنتج الحرارة أو تظهر فجأة في تلك الأجسام التي لم تتلقاها بالطريقة العادية عبر التواصل مع الأجسام الأخرى. لكن السبب الوحيد لإنتاجها هو قوة أو صدمة ميكانيكية أو عنف ميكانيكي... التأثير الأكثر شيوعاً، وربما حتى الوحيد للقوة أو الصدمة الميكانيكية على الجسم هو إنتاج نوع من الحركة التي تؤثر على الجسم". [7]

### 5. ظهور مفهوم السعة الحرارية والحرارة الكامنة

بحلول عام 1765، كان [جوزيف بلاك](#) Joseph Black قد أجرى العديد من التجارب التي تتضمن موازنة درجة الحرارة بين المواد المختلفة والماء، وأثبت أن للمواد المختلفة ساعات حرارية مختلفة. بفعل ذلك نجح بلاك في

التمييز بين درجة الحرارة والسعة الحرارية. كان هذا اكتشافاً رائعاً لأن بلاك طَوَّر منهجاً لقياس السعة الحرارية كميًا ( $Q = m \times C \times \Delta T$ ) في ظل نموذج الكالوريك الخاطئ. [9]

في مجموعة من التجارب التي يمكن القول إنها أسَّست علم القياسات المسعرية، قام بلاك بقياس الحرارة الكامنة لانصهار الجليد (139 Btu/lb)، والحرارة الكامنة لتبخير الماء (850 Btu/lb)، وهما قريبتان من قيمتهما المعروفتين حالياً. وبذلك توصل أيضاً إلى التمييز بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة، حيث تقاس هذه الأخيرة بمقياس الحرارة. أطلق بلاك على كمية الحرارة التي يمتصها الجليد أثناء عملية الانصهار "الحرارة الكامنة" (Latent heat)، وهو مصطلح لا يزال قائماً حتى يومنا هذا. [11] ووصفه: "ما يمكن استعادته ويظل مخفياً دون التسبب في حدوث تغيير في درجة الحرارة، على عكس الحرارة المحسوسة التي يمكن متابعتها بتطورها بواسطة مقياس الحرارة." [13]

### 6. أول تحدٍ لنظرية الكالوريك

لم تستحوذ نظرية الكالوريك أبداً على تفكير **طومسون** Thomson (الكونت رمفورد Count Rumford)؛ لقد شكَّك فيها في وقت مبكر عندما شاهد في عام 1789 عملية تصنيع المدافع في ترسانة ميونيخ. نظراً لأن الأسطوانة النحاسية الجديدة كانت تُحفر لتشكيل برميل المدفع، لاحظ رمفورد أن البرميل والرفائق المعدنية أصبحت جميعها ساخنة جداً. لتفسير ذلك شرع رمفورد في إجراء واحدة من أكثر التجارب الأسطورية في تاريخ الفيزياء. فقد استخدم أداة ثقب ثقيلة عن قصد تمَّ ضغطها بشدة على قاع تجويف الأسطوانة. وعندما تمَّ تدوير الأسطوانة بجهود حصانين يمשיان، ارتفعت درجة حرارة المدفع النحاسي. لإظهار هذه النتيجة للناس قام رمفورد بتغليف البرميل بصندوق مملوء بالماء ثم انتظر، وبعد فترة بدأ الماء يغلي. في هذه اللحظة وقف الجمهور الذي تجمَّع لملاحظة التجربة مذهولاً ومندمهاً نظراً لعدم وجود نار تسببت في غليان الماء. لم يكن هناك شيء يحدث حقاً بخلاف فرك قطعتين من المعدن معاً ثم يغلي الماء.

كيف يحدث هذا؟ بالنسبة للكالوريين كانت الحرارة تنتج عن طريق عصر الكالوريك من المعدن، لكن بالنسبة لرمفورد هذا غير صحيح؛ فكيف يمكن للكالوريك أن تُعصر باستمرار من الجسم بلا نهاية؟ الشيء الوحيد المنطقي حسبه هو أن الحركة ولدت الحرارة "الحرارة هي مجرد القوة الحية للذرات المكونة لجميع الأجسام المادية". [9]

### 7. العلاقة السببية: حرارة - عمل

في أوائل القرن 19م، كانت المحركات البخارية منتشرة إلى حدِّ ما، لكن المبادئ الفيزيائية الأساسية التي تحكم تشغيلها ظلت غامضة. نجح **سادى كارنو** Sadi Carnot في تفسير كفاءة المحرك البخاري. [12] نشر كارنو كتاباً سنة 1824 بعنوان "تأملات حول القوة المحركة للنار والآلات القادرة على تطوير هذه القوة"، وهو بحث حول الحرارة والقوة والطاقة وكفاءة المحرك. أوجزت هذا العمل العلاقات النشطة الأساسية بين محرك كارنو ودورة كارنو والقوة. [8] حيث تبني أن الحرارة هي مائع مثل الماء، واستعمل مبدأ الكالوريك في وضع نظرية علمية للحرارة. صرَّح كارنو إن "العمل الذي نحصل عليه من آلة حرارية يعتمد على كمية الكالوريك والفرق في درجة الحرارة بين مصدر الحرارة والمكثف، مثل الارتفاع الذي يسقط منه الماء لإدارة الطاحونة المائية". [6]

### 8. الحساب النظري للمكافئ الميكانيكي للحرارة

توصَّل **ماير** Mayer إلى حساب المكافئ الميكانيكي للحرارة نظرياً بالاعتماد على الحسابات الرياضية كما يلي: بدءاً من تسخين غاز مثالي عند حجم ثابت، يمكن تحديد السعة الحرارية عند حجم ثابت  $C_v$ . ثم نفترض أنه سُحج

للنظام بالتمدد مع ثبات الضغط. عندما يتم تسخينه هذه المرة لتحقيق نفس مقدار  $dT$ ، فسيتطلب إضافة المزيد من الحرارة نظرًا لأنه سيتعين تحويل بعض الحرارة إلى عمل التمدد. يكون مقدار الحرارة الكلية:

$$Q_p = Q_v + PdV \quad (dT \text{ لتحقيق نفس مقدار } dT)$$

$$C_p dT = C_v dT + PdV$$

$$C_p dT - C_v dT = PdV$$

$$(C_p - C_v) = P (dV/dT)$$

$$PV = nRT \quad ; \quad V = nRT/P \quad ; \quad dV/dT = nR/P \quad ; \quad p (dV/dT) = p (nR/P) = nR$$

باعتبار قيم  $C$  على أساس السعة الحرارية النوعية يكون: (غاز مثالي)  $(C_p - C_v) = R$

في هذا الحساب، يحدد ثابت الغاز ( $R$ ) كمية الحرارة المطلوبة للقيام بمقدار معين من العمل، وبالتالي يحتوي ضمنه على المكافئ الميكانيكي للحرارة. وجد ماير أن 1 وحدة حرارية بريطانية (Btu) تساوي 665 قدم-رطل من العمل، أي حوالي (85%) من القيمة المقبولة عمومًا. وقد نجح ماير في نشر أبحاثه سنة 1842. [9]

### 9. الإثبات التجريبي للمكافئ الميكانيكي للحرارة

قدّم **جول** Joule نتائجه في مؤتمر علمي في كورك بأيرلندا عام 1843. بناءً على قياساته، قدّر أن سقوط وزن 838 رطلاً عبر قدم واحدة سيرفع رطلاً واحدًا من الماء درجة فهرنهايت واحدة. لقد شعر بوجود نسبة تبادل دقيقة بين العمل والحرارة. وأدرك أن أفضل طريقة لالتقاطها وعرضها على العالم كانت من خلال استخدام إعداد تجريبي نهائي بسيط، لذا استبدل المحرك الكهربائي بأجهزة بسيطة متمثلة في وزن ساقط متصل بخيط إلى مجداف دوار داخل مسعر حمام مائي. وتوصل جول إلى الرقم النهائي عام 1849، سقوط 772 رطلاً يرفع رطلاً واحدًا من الماء درجة فهرنهايت واحدة. يُستخدم رقم مختلف (1 كالوري = 4,18 جول) لتحويل الطاقة الحرارية إلى نفس وحدات الطاقة كالعامل الميكانيكي، وسُميت هذه الوحدات بطبيعة الحال على شرف جول. [9]

### 10. المبدأ الأول للديناميكا الحرارية

مهّد عمل الرواد وخاصة جول وماير الأرضية للأكاديميين والفيزيائيين أمثال **طومسون** Thomson (لورد كالفن Lord Kelvin) و**كلوزيوس** Clausius و**رانكين** Rankine وفون هيرمن هيلمهولتز Helmholtz لبناء الهيكل الرياضي للطاقة. حيث تمسك هيلمهولتز بهذه النتائج واستخدمها لدعم بحثه الشهير عام 1847 حول انحفاظ الطاقة. في حين قام كلوزيوس بإضفاء الطابع الرسمي عليها عام 1850 في تعبيره الرياضي عن القانون الأول للديناميكا الحرارية الذي ربط الطاقة والحرارة والعمل ( $\Delta U = Q - W$ ). [9] تمّ التعرف على متغير الحالة المهم جدًا لأول مرة وتم الإشارة إليه بـ "U" بواسطة كلوزيوس عام 1850. تم الاعتراف به أيضًا بشكل مستقل عام 1850 من قبل رانكين، الذي أشار إليه أيضًا بـ "U"؛ وفي عام 1851 بواسطة كلفن الذي أطلق عليه اسم "الطاقة الميكانيكية". في عام 1865 بدأ كلوزيوس في تسمية دالة حالته بـ "الطاقة". وفي عام 1882 أطلق عليها هيلمهولتز اسم "الطاقة الداخلية". [8]

### ثانياً: المقارنة الإبستمولوجية

قدّمت نظرية الفلوجيستون تفسيراً للاحتراق، بوجود مادة تنطلق من المواد التي تحترق أو المعادن عند تكليسها. ولأن الدخان واللهب يرتفعان فوق النار فإن ذلك الاستنتاج لم يكن غير منطقي. [6] فعلى الرغم من افتقار نظرية الفلوجيستون إلى الأدلة التجريبية إلا أنها قدّمت تفسيراً، وفي غياب أي شيء أفضل، بقيت على قيد الحياة لما يقرب من مائة عام. أو بالأحرى نجت لسوء الحظ لأن الاعتقاد بوجود الفلوجيستون - وهو نموذج خاطئ- خلق الكثير من

الغموض لدى العلماء في منتصف القرن 18م، وأخّر بشكل كبير المعرفة والتقدم العلمي وضلّ الكيميائيين في العديد من المسائل.

لم يكن لافوازييه بحاجة إلى الفلوجيستون لتفسير أيّ من التفاعلات. فقد سلك نفس طريق جاليليو الذي لم يشكّك في المعطيات التي كانت تتناقض مع النموذج اليوناني القديم للحركة، بل شكّك في النموذج وبذلك غير اتجاه العلم. وكذلك لاحظ لافوازييه تعارض المعطيات العلمية مع نظرية الفلوجيستون؛ لقد صدّق المعطيات وكذّب النموذج. وسرعان ما قضى على الفلوجيستون وانتقل لإنشاء عصر الكيمياء الحديث حيث لم يصبح فيه للفلوجيستون أي دور. [9]

يعود الفضل للنظرية المادية في بناء المفهوم الكمي للحرارة وإقامة العلاقات والقوانين، من خلال الانتقال من الكيفي الوصفي إلى الكمي التجريبي. يُعدّ هذا في حد ذاته انتصاراً مبدئياً للنظرية المادية، كما أنها كانت هي الأنسب من الناحية التاريخية والتربوية للتمييز بين الحرارة ودرجة الحرارة دون الحاجة إلى معرفة – يومها – أي شيء عن الطبيعة الحقيقية للحرارة. [7] تبقى النظرية المادية حالياً فعالة بالنسبة للمسائل المتعلقة بالتوصيل الحراري، حيث اعتمدها فورييه Fourier في معالجته النظرية لانتشار الحرارة في الجسم الصلب. وينص قانونه: "يتناسب تدفق الحرارة بين جسمين مع تدرج درجة الحرارة بين هذين الجسمين" [13].

كان بلاك مناصراً لنموذج الكالوريك لكن لم يجعله عائقاً في تجاربه وتفسيراته. وبحلول عام 1765 كان بلاك قد أجرى العديد من التجارب وأثبت بذلك أن المواد المختلفة لها ساعات حرارية مختلفة. وهو اكتشاف يتعارض مع نظرية الكالوريك التي تنص على أن إجمالي الكالوريك يتم تحديده فقط من خلال درجة الحرارة. وهذا نجح بلاك في التمييز بين درجة الحرارة والسعة الحرارية. وبدأ - دون علم - في وضع أساس مفهوم الطاقة. والجدير بالاهتمام أن عدم توافق النتائج التي توصل إليها بلاك مع نظرية الكالوريك لم يدفعه إلى أية رغبة علنية في قلب النظرية، مما يُظهر مدى صعوبة التخلي عن النموذج القديم وإيجاد نظرية بديلة. [9]

لسوء الحظ وقف لافوازييه مع النظرية الخاطئة والتي تتضمن الكالوريك، بالنسبة له الكالوريك هو الذي يسبّب تغيرات في الحرارة أثناء انتقالها بين الأجسام. وبما أن الكالوريك عنصر فلا يمكن خلقه ولا تدميره؛ يجب حفظه. من المحتمل أن تكون فلسفته السابقة فيما يتعلق بانحفاظ الكتلة قد قادتته إلى هذا الاستنتاج. أدى رفع لافوازييه للكالوريك إلى انتكاسة كبيرة لاكتشاف الطاقة وانحفاظها. كما أن مفهوم الكالوريك لم يكن بالضرورة هو المشكلة، كان الأهم من ذلك هو مفهوم الانحفاظ.

اندمج مفهوم الكالوريك والحرارة في النهاية في مفهوم الكمية المحفوظة، وكان هذا أساساً هو الذي أعاق التقدم وأثر على مسار التاريخ. ينطوي اكتشاف الطاقة وانحفاظها بالضرورة على زوال الفلوجيستون والكالوريك. وبينما كان لافوازييه يقضي على الفلوجيستون فقد روج للكالوريك، ممّا أثار للأسف على عمل العديد من العلماء اللاحقين، بما في ذلك كارنو الذي بنى تحليله للمحرك البخاري على فكرة انحفاظ الكالوريك الخاطئة. [9]

نظراً للأدلة المتراكمة ضد الكالوريك، كان الفيزيائيون مستعدين للتخلي عن الكالوريك وتبني نظرية بديلة (أخيراً!!)، وهي الطاقة مع حلول 1840. والجدير بالذكر أن الضربة القاضية النهائية الحاسمة للكالوريك حدثت كنتيجة لعمل كارنو، بالرغم من أن هذا الأخير لم يشرع أصلاً في تحدي الكالوريك. بدلاً من ذلك نشر عملاً هائلاً في حد ذاته، كان من شأنه أن يؤسس بدايات الديناميكا الحرارية باستثناء فرضية أساسية واحدة خاطئة المتمثلة في انحفاظ الكالوريك.

أدى تغيير كلوزيوس الذي يبدو بسيطاً وعميقاً جداً لهذه الفرضية إلى انحفاظ الطاقة مع القضاء على الكالوريك في نفس الوقت وإلى الأبد، من خلال شرح محرك كارنو من حيث الطاقة بدلاً من الكالوريك: "تدخل الطاقة

إلى المحرك من الفرن الساخن ويتم تحويل بعضها إلى عمل، والباقي يغادر المحرك من خلال المكثف البارد. مجموع الطاقة الخارجة والعمل المنجز يجب أن يساوي الطاقة الداخلة". بمعنى آخر، وفق كلوزيوس بين كارنو وجول من خلال تحويل الحديد من انحفاظ الكالوريك إلى انحفاظ الطاقة، وتوحيد كل من الحرارة والعمل كشكلين مختلفين من الكمية المحفوظة تسمى الطاقة. وبذلك تمّ إزالة الغموض والالتباس. [9]

إنّ توظيف آليات الميكانيك (مفاهيم ونماذج) في مجال الظواهر الحرارية شكّل عائقاً أمام تطور مفهوم الحرارة. هذه المماثلات كثيرة في أعمال علماء مرموقين مثل ديكارت، كيبلي، هيوجنز، [لايبنيز](#) Leibniz وغيرهم، الذين حاولوا وصف وتفسير الظواهر الحرارية بواسطة نماذج ميكانيكية (النموذج الطاقوي للحرارة). [5]

إن فهم تاريخ الطاقة مرتبط بفهم تاريخ دراسة الغازات، فقد اعتمد كل من كارنو و [كلايرون](#) Clapeyron وطومسن وكلوزيوس على معادلة الحالة للغاز المثالي في توجيه تحليلهم للمحرك البخاري. كما أعطت العلاقة بين  $P$  و  $V$  و  $T$  لمحة عن العلاقة بين العمل والحرارة التي أصبحت أساساً للنظرية الميكانيكية للحرارة وما تلاها من نظرية الطاقة وانحفاظها. كما يُعدُّ أيضاً الاختلاف بين السعة الحرارية عند ضغط ثابت ( $C_p$ ) والسعة الحرارية عند حجم ثابت ( $C_v$ ) أحد المكونات الحاسمة لحساب ماير للمكافئ الميكانيكي للحرارة. [9]

يتجلى العائق الإبستمولوجي الذي تبلور من خلال ما سبق في كون المعرفة العلمية الأولى يمكن أن تشكل عائقاً في وجه تقدم وتطور العلم. وتتمثل في التجربة الحسية، فما تقدّمه الحواس يفرض على العقل التصديق الكلي ويلغي دوره في التفكير والنقد [4]، والتجربة الأولى لا تقدم الصورة الصحيحة للظواهر ولا حتى وصف الظواهر المنتظمة بدقة. [1] لذلك ينادي باشلار Bachelard بضرورة هدم المعارف السابقة لكونها خاطئة وناجئة عن التجارب الإنسانية الأولى التي تخفي مختلف المكبوتات، ويكون ذلك بإجراء الامتحان وإضفاء الصيغة العقلانية عليها. [3]

إن تاريخ العلوم هو تاريخ للقطائع الإبستمولوجية، قطائع منهجية على مستوى التصورات وعلى مستوى المناهج. وهي قطائع من داخل العلم لا من خارجه، فالعلم يتباطأ في مرات ويتسارع في مرات أخرى، وذلك عند وجود عوائق وقطعية بين مرحلة وأخرى. [2]

## خاتمة

تكشف لنا المقاربة التاريخية والإبستمولوجية لمفهوم الحرارة بأن العلوم والنظريات العلمية لا تبنى عن طريق توالي وتسلسل الأحداث وتراكمها، بل عن طريق إعادة تنظيم هذه الأحداث من خلال القطيعة الإبستمولوجية التي من خلالها يتم تجاوز مختلف العقبات والصعوبات المصادفة. وهي تُعدُّ قفزات ثورية كبرى وفترات انتقال نوعية تحدث في تاريخ العلم، ويفضلها تتحقق القطيعة بين المعرفة العلمية والمعرفة العامية من خلال بناء نظريات علمية جديدة ليست استمراراً لتلك المعتقدات والنظريات الموجودة من قبل. وبالتالي فتاريخ العلوم هو تاريخ فصل بين معارف قديمة لم تعد قادرة على تفسير المستجدات العلمية ومعارف حديثة أدق وأشمل.

## المراجع

- [1] باشلار، غاستون، تكوين العقل العلمي، ترجمة خليل أحمد خليل، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 1983.
- [2] جابر، مليكة، إسهام الإبستمولوجيا في تعليمية علم الاجتماع، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، (8)، الجزائر، ص. 390-405، 2012.

- [3] حميدي، لخضر، المفاهيم الإبستمولوجية الأساسية في فلسفة "غاستون باشلار"، مجلة العلوم الاجتماعية والإنسانية، 10 (2)، الجزائر، ص. 485-469، 2020.
- [4] زريوق، ليليا، المنهج ومسألة القطيعة الإبستمولوجية عند غاستون باشلار، مجلة آفاق للعلوم، 6 (1)، الجزائر، ص. 336-329، 2021.
- [5] عليلات، محمد؛ العلوي، محمد، ديداكتيك العلوم الفيزيائية، فيزيكا (Physica)، مجلة جمعية مدرسي العلوم الفيزيائية (بشراكة مع المركز الأكاديمي للتوثيق والنشيط والإنتاج التربوي)، (2)، تادلا-أزيلال، المغرب، ص. 9-2، 2002.
- [6] كوب، كاتي؛ جولد وايت، هارولد، إبداعات النار: تاريخ الكيمياء المثير من السيمياء إلى العصر الذري، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، عالم المعرفة، 266، الكويت، 2001.
- [7] Agabra, J., Echanges thermiques, Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales, (2), p. 1-41, 1986.
- [8] Derksen, B., Thermodynamics everything you need to know, z-lib.org
- [9] Hanlon, R.T., Block by Block: The historical and theoretical foundations of thermodynamics, Oxford University Press, 2020.
- [10] Hatsopoulos, G.N & Keenan, J. H., Principles of General Thermodynamics, Wiley, 1965.
- [11] Müller, I., A History of Thermodynamics, The Doctrine of Energy and Entropy, Springer, 2007.
- [12] Sénéchal, D., Histoire des sciences, Notes de cours (PHQ-399), Université de Sherbrooke, Faculté des sciences, Québec, 2001.
- [13] Zimmermann, M. L., Concept de chaleur: contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisation dans un processus d'apprentissage, Thèse de doctorat, Université de Genève, 1990.

