فيزياء

دراسة مقارنة
بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة

د. مهدي بن بتقه

المدرسة العليا للأساتذة القبة

تاريخ الارسال: 11 ديسمبر 2020/ تاريخ القبول: 19 ماي 2021

الملخّص (Abstract)

يهدف هذا البحث إلى دراسة مقارنة بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة، والتّعرف على التّطوّر العلمي والعلمياتي (الإبستيمولوجي) لهذين المفهومين وارتباط مفهوم الحرارة بتطوّر التّطبيقات الفيزيائيّة والتّقنيّة لمفهوم درجة الحرارة حيث سيتم التّطرق في المقام الأوّل إلى النّظريّة الماديّة (الفلوجستيك والكالوريك) والنّظريّة الحركيّة التي ظهرت مع ظهور الفيزياء الحراريّة؛ حيث تم تناول مفهوم الحرارة كشكل من أشكال الطّاقة، ومفهوم درجة الحرارة كمقياس للاضطراب الحراري وحركة الجزيئات داخل المادّة. وفي الجزء الثاني نهتم بالمشاكل التّعليميّة التي يطرحها مفهوما الحرارة ودرجة الحرارة من المنظور الفيزيائي، ولكن مع الأخذ بعين الاعتبار مختلف مكونات مجال الظواهر الحراريّة الأساسيّة والتّطبيقيّة.

الكلمات المفتاحيّة: التّطوّر العلمي العلمياتي مفهوم الحرارة، مفهوم درجة الحرارة

Une étude comparative des deux concepts chaleur et température

Résumé:

L'objectif de cette recherche est d'étudier la comparaison entre les deux concepts ; chaleur et température et d'identifier le développement scientifique et épistémologique de ces deux concepts et la relation du concept chaleur avec le développement des applications physiques et techniques du concept température, en abordant premièrement la théorie de la matière (phlogistique et calorique) et la théorie cinétique

apparues avec l'apparition de la physique thermique, où le concept chaleur a été traité comme une forme d'énergie des molécules dans la matière. Dans la deuxième partie, nous nous intéressons aux problèmes didactiques posés par les concepts chaleur et température du point de vue physique, mais en tenant compte des différentes composantes du domaine des phénomènes thermiques fondamentaux et appliqués.

Mots clés : Développement scientifique et épistémologique, chaleur, température

Eine vergleichende Studie der Konzepte von Wärme und Temperatur

Zusammenfassung:

Das Ziel dieser Studie ist es, einen Vergleich zwischen den Konzepten von Wärme und Temperatur zu untersuchen und die Erkenntnistheoretisch-wissenschaftliche Entwicklung dieser beiden Konzepte sowie die Verknüpfung des Konzepts der Wärme mit der Entwicklung der physikalischen und technischen Anwendungen des Temperaturkonzepts zu identifizieren. Es wird in erster Linie zur physikalischen Theorie (phlogistisch und kalorisch) und kinetischen Theorie, die mit dem Aufkommen der thermischen Physik aufkam, Wo das Konzept der Wärme als Energieform angesprochen wurde und das Konzept der Temperatur als Maß für thermische Turbulenzen und die Bewegung von Teilchen innerhalb der Materie. Im zweiten Teil beschäftigen wir uns mit den didaktischen Problemen, die die Konzepte von Wärme und Temperatur aus physikalischer Sicht aufwerfen, jedoch unter Berücksichtigung der verschiedenen Komponenten des Feldes grundlegender und angewandter thermischer Phänomene.

Schlüsselwörter: Erkenntnistheoretische wissenschaftliche Entwicklung, Wärme, Temperatur.

A comparative Study of the two concepts heat and temperature

Summary:

The objective of this research is to study the comparison between the two concepts; heat and temperature and to identify the scientific and epistemological development of these two concepts and the relationship of the concept of heat with the development of physical and technical applications of the concept of temperature, by first approaching the theory of matter (phlogiston and caloric) and the kinetic theory which appeared with the advent of thermal physics, where the concept of heat was treated as a form of energy of molecules in matter. In the second part, we are interested in the didactic problems posed by the

domain of fundamental and applied thermal phenomena.

Keywords: Scientific and epistemological development, heat, temperature

المدخل (Introduction)

نريد في هذا البحث أن نتطرق إلى دراسة مقارنة بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة والتّعرف على التّطوّر العلمي والعلميّاتي (الإبستيمولوجي) لهذين المفهومين وارتباط مفهوم الحرارة بتطوّر التّطبيقات الفيزيائيّة والتّقنيّة لمفهوم درجة الحرارة، كما نتناول الصعوبات ذات المظهر الفيزيائي والتّعليمي، التي رافقت بناء مفهوم الحرارة على وجه الخصوص على أمل، أن يساعدنا هذا على فهم أفضل للوضع المزدوج لمفهوم الحرارة بمظهريه الكالوري والطّاقوي ولا يمكن اختزال مفهوم الحرارة في الصراع الموجود بين النّظريات الماديّة والنّظريات الميكانيكيّة. لذلك يبدو لنا في البدايّة، أنه لابد من التّمييز بين المفاهيم الآتيّة: الحرارة ودرجة الحرارة، وكميّة الحرارة والنّظريّة الميكانيكيّة، التي لم تكن فعّالة للوصول إلى معرفة معامل التّكافؤ بين الحرارة والعمل، نظرا لعدم تمكن هذه النّظريات، والدّعم التّجريبي في تلك المرحلة التي أُعلن فيها القانون الأوّل للديناميكا الحراريّة، على الوصف الكيفي والكمّي للتفاعلات على المستوى المجهري (جول **Joule** 1843-1850) على الرّغم من أن تأسيس هذه النّظريّة في هذه المرحلة كان ضروريا وما سنتعرض إليه في هذه الدّراسة ليس هو تاريخ بناء مفهوم الحرارة والمفاهيم ذات الصلة بها؛ ولكن نريد فقط، أن نبيّن المراحل التي مرّ بها هذا المفهوم والدّور

concepts of heat and temperature from a physical point of view, but taking into account the different components of the

الأساسي للنّظريّتين، الماديّة والحركيّة للحرارة، في هذه المراحل.

1. تطوّر مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة

1.1. النّظريّة الماديّة والنّظريّة الحركيّة للحرارة:

يوجد عند معظم العلماء منذ القدم الفرق بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة، ولكنهم لم يتحدثوا على الإطلاق، بأنّ لكلّ منها صفة خاصة بها إلا أن أرسطو حاول أن يربط العناصر الأساسيّة بما يقابلها في الكون، وعلى هذا الأساس بنى تصوّره حول الكون فَنَسَبَ الحرارة إلى النّار والأرض إلى الجفاف، والماء إلى البرودة، والهواء إلى الرّطوبة وقدّم المادّة بأنها عبارة عن عنصر شفاف ورقيق ولقد دقق في تعريف العناصر الأربعة والبحث في مفهومها وعلاقتها بالعناصر الأربعة (الحرارة والبرودة والرّطوبة والجفاف) وتعتبر بالنّسبة إليه جميع المواد، خلائط بنسب متفاوتة من هذه العناصر الأربعة، وبالتّالي السّاخنة والباردة.

قال أرسطو، كما ذكرت أقابرا جاكلين (Agabra, Jacqueline) "المادّة لها أربع صفات أساسيّة ومتعاكسة: البرودة والسّخونة، والرّطوبة والجفاف واستخلص أربعة أزواج من الصفات الممكنة واستثنى في ذلك، الأزواج المتعاكسة والتي تُكَوِّن العناصر الأربعة: النّار، الماء، الأرض، الهواء؛ بحيث يناسب كل عنصر مزدوجة:

-النار:الحرارة-الجفاف؛

-الماء:البرودة-الرّطوبة؛

-الأرض: البرودة ـ الجفاف؛

- الهواء: الرّطوبة ـ الحرارة." (أقابرا، 1985، ص. 2).

لكن مع وجود التّمييز بين صفات المادّة والمادّة في حد ذاتها؛ حيث تعتبر الحرارة والبرودة صفتين متعاكستين للمادة وليست درجة "الحرارة"، ولا حتى ماديّة، وعند لوكريس (Lucrèce)، فهو يتحدث عن مادتين متمايزتين الحرارة الآتيّة من الشّمس والبرودة الآتيّة من الأنهار.

ابتداء من القرن السّابع الميلادي ازدهرت العلوم مع ظهور الحضارة الإسلاميّة التي ألمّت بكل العلوم التي سبقتها وأخذت منها أقوم ما فيها من العلوم وأعادت صياغتها ونشرها، وقد أسهم العلماء المسلمين في هذه الفترة في تعريف العناصر الأربعة وعلاقتها بالطّبائع الأربعة، خاصة إذا علمنا أن هذه الفترة كانت بمثابة النّهضة العلميّة الحقيقيّة التي جمعت بين العلوم الفكريّة والعقائديّة والعلوم الطّبيعيّة بتجاربها وبحوثها المخبريّة مع ظهور "نشأة المنهج التّجريبي مع الحسن ابن الهيثم وعبد الرّحمن ألخازني" (فيلير، Willer، 1990، ص. 65).

فمثلا ورد مفهوم الحرارة والبرودة في "كتاب التّعريفات" للجرجاني كما يلي:

- الحرارة: "كيفيّة من شأنها تفريق المختلفات وجمع المتشاكلات" (الجرجاني، 1985، ص. 96)؛

- البرودة: "كيفيّة من شأنها تفريق المتشاكلات وجمع المختلفات" (الجرجاني، 1985، ص. 51).

بما أن الحرارة والبرودة، لهما طابع مادي، فلابد إذن أن ينسب إليهما (يرفق بهما) مفهوم الثقل واستمرت فكرة خلط هاتين المادتين إلى القرن الثامن عشر XVIII[e].

قد سبق لأفلاطون أن تصوّر الحرارة، على شكل نار، ككيان منفصل عن درجة الحرارة كما ذكر ذلك زيمرمان (Zimmerman, M.-L) "إن النّار التي تنطلق من نفسها، لا هي حارقة ولا مضيئة، تخترق الجسم تضع الجسيمات في حركة، وتفصلها عن بعضها البعض، وإذا تمت إزالة النّار، يبرد الجسم والهواء الذي يحل محل النّار، يضغط مرة أخرى على الجسيمات، ويرافق التّسخين التّمدد". (زيمرمان 1990، ص. 29).

تطوّرت النّظريات الميكانيكيّة للحرارة بالتّوازي مع النّظريّة الماديّة، وتعايشت معها لفترة طويلة، حتى ظهور النّظريّة الحركيّة لبولتزمان (Ludwig Eduard Boltzmann, 1844-1906) وأتباعه في حوالي 1870م. وقد بدا للبعض من خلال تاريخ الحرارة وكأنها معركة بين النّظريتين؛ حيث كانت فيها النّظريّة الماديّة خاطئة، وخرجت في الأخير شبه منهزمة. وعلى هذا الأساس أصر هالبفاكس (Halbwachs) على أن هذه "النّظريات في حد ذاتها بسيطة وخاطئة، لأنها في الحقيقة ليست على نفس المستوى؛ كما أنها لا تتكلم على نفس الشّيء" (أقابرا، 1985، ص. 3).

تتضمن النّظريّة الماديّة، مادة تتعلق بالكمّية أو القيمة وهي محفوظة ومضافة، وتوحي أنها، تحمل معها مفهوم "كميّة الحرارة" في التّبادلات الحراريّة وبالتّالي تسمح ببناء المفهوم عمليا، وتكوين العلاقات.

ومن النّاحيّة التّاريخيّة، وبدون شك أيضا حتى من النّاحيّة التّربويّة، لربما، كان هذا هو الأنسب لبناء الفكرة حول الفرق والتّمييز بين الحرارة ودرجة الحرارة، حتى وإن كان هذا يومها ليس بحاجة إلى معرفة أي شيء عن الطّبيعة الحقيقيّة للحرارة.

لقد قدم هالبفاكس (Halbwachs) تحليلا لهذا البناء التّاريخي، الذي كان مرجعا لكثير من الباحثين في تاريخ الحرارة أو حتى في تعليميّة العلوم الفيزيائيّة. ولذلك مازال إلى يومنا هذا، يُنْظَر إلى الحرارة دوما بمظهريها المزدوج: الكالوري والطّاقوي.

1- المظهر الكالوري، الذي يعتمد على المقاربة التّجريبيّة والتي تتجه على العموم نحو القياسات كما تبحث بصراحة أو لا عن الكمّية (القيمة) المحفوظة.

2- المظهر الطّاقوي، الذي يكون أكثر عرضة للبحث عن أسباب جديدة، في إطار النّمذجة، التي نحاول من خلالها تحقيق نتائج التّجربة.

وقد ترتب على ما سبق وجود توجهين أساسين يتمثل الأوّل في أصحاب النّظريّة الماديّة، ويتمثل الثاني في أصحاب النّظريّة الميكانيكيّة أو الحركيّة كما تسمى عند البعض.

1.1.1. النّظريّة الماديّة:

هي النّظريّة التي تَرْجِع إلى العصور القديمة، كما ذكرنا من قبل (أرسطو، لوكريس، أفلاطون) ثم ظهرت في القرن السّابع عشر، وكان من أهم أتباعها (جيلبرت/ Gilbert)؛ (غاليلي/ Galilée)؛ (غاساندي/ Gassendi)؛ (بويل/ Boyle)؛ حيث تلقت المحتوى العملي من نظريّة فلوجيستون في حدود 1720م من طرف (لافوازييه/ Lavoisier)، (بيشر/Becher) و(شتال/ Stahl) عند تطبيقها على التّفاعلات الكيميائيّة، وفي هذه السّنة أيضا شهدت هذه النّظريّة، أي نظريّة (الكالوري/ le calorique) تطوّرا من طرف (فولف/ Wolf). وفي بدايّة القرن الثامن عشر، كان يُنْظَرُ إلى الحرارة، على أنها مائع يوفر إطارا مفاهيميا لتفسير كل الحقائق التّجريبيّة المعروفة في ذلك الوقت، وحتى تسخين قطعة المعدن بالطّرْق كانت تُفَسَّر انطلاقا من هذه النّظريّة: "الطّرْق يسبب تدفق السّعرات الحراريّة من مسام المعدن، كما يتدفق الماء من قطعة الإسفنج التي من المقرر أن تخضع لنفس المعاملة (المعالجة)" (أقابرا 1985، ص 3).

حسب نظريّة الكالوري السّائدة آنذاك فقد كان للمعدن الصلب غير المجوف مقدرة أكبر على استيعاب التّدفق (السّيل) الحراري الغامض أكثر من البرودة النّاتجة عن تجويف المعدن نفسه.

بالرّغم من تطوّر المحرار في القرن الثامن عشر بصفة دقيقة بما فيه الكفايّة، إلا أنه ما زال يُعْتَقَد أن المحرار يحدد كل ما نريده، وكل ما نحتاج إلى معرفته عن الحرارة، وبعبارة أخرى، فإن الحرارة ليست في علاقة مع الجسم الذي تتطوّر فيه، ويكفي وسيط/ عامل واحد لتحديد مميّزاتها. لم يكن عندنا إلا كلمة واحدة "كالور(حرارة)" لوصف وتحديد كل خصائص ظاهرة معقّدة.

2.1.1. النّظريات الحركيّة (الميكانيكيّة):

تسعى هذه النّظريات إلى تفسير السّخونة والبرودة كحالات حراريّة للمادّة، ويتم تحديد هذه الحالات الحراريّة إلى حالات ميكانيكيّة حركيّة أو اهتزازيّة على المستوى المجهري، وظهرت لأول مرة وكأنها نظريّة درجة الحرارة؛ كما ظهرت في المذكرة المشتركة بين (لافوازييه /Lavoisier) و(لابلاس/ La Place)كوجهة نظر طاقويّة، وأن الحرارة تعين كميّة الحرارة أو هي كميّة الحرارة؛ حيث كان الأوّل (لافوازييه) مع نظريّة الكالوريك (الحراريّة)، رغم أنه اعتبرها دوما مائعا، والثاني (لابلاس) مع النّظريّة الحركيّة وكتبا يومها كما ذكر (روسمردوك/ Rosmorduc)"مهما يكن على كل حال، لا يمكننا إلا

تكوين هاتين النّظريتين عن طبيعة الحرارة، وكما يجب علينا أن نعترف بالمبادئ المشتركة بينهما" (روسمردوك، 1987 ص. 136).

لقد تطوّرت النّظريّة الميكانيكيّة كثيرا وبالخصوص في عصر النّهضة، وقد وصف (هالبفاكس Halbwachs, 1980) هذه المرحلة في مقاله "تاريخ الحرارة"، بنوع من التّفصيل؛ حيث تكلم عن أهم أتباع هذه النّظريّة، منهم: باكون كيبلير ديكارت، هيقانز... وكان هذا ابتداء من القرن السّابع عشر؛ حيث أَرْجَع(باكون/Bacon) السّخونة إلى الحركة الدّاخليّة في المادّة؛ حيث كانت تجاربه مبنيّة على الاحتكاك بين الأجسام، وبالتّالي فسّر الحرارة النّاتجة عن هذا الاحتكاك، على أنها نوع من الحركة وقد وُجِد هذا التصوّر أيضا عند (كيبلير /Kepler) و(ديكارت/Descartes) و(هيقانز /Huygens). وكتب ديكارت حول الحرارة، كما ذكرت ذلك (أقابرا /Agabra)، يقول "إثارة أجزاء صغيرة من أجسام الأرض هي التي تسمى بالحرارة (مهما . تكن إثارتها من قبل أشعة الشّمس أو أي سبب آخر) وعندما تكون أكبر من المعتاد، يمكن أن تحرك أعصاب يدنا بما فيه الكفايّة لكي نحس؛ لأن مصطلح الحرارة يرتبط باللمس" (أقابرا، 1985 ص. 4).

كما ذُكِرَ عند (أقابرا /Agabra) ، فإن هالبفاكس يرى هنا نظريّة درجة الحرارة بدلا من نظريّة الحرارة وهذا قد لا يبدو واضحا، ويضيف، من جانبنا، نعتقد أنها نظريّة "حرارة الإحساس" التي تتعلق بالطّبع بدرجة الحرارة، وكذلك بالعديد من المقادير (الكمّيات) الفيزيائيّة الأخرى، **"درجة الحرارة ما هي إلا واحدة فقط من المتغيّرات المعقدة"** ولذلك فالإحساس لا يمكن أن يوفّر، حتى تحديد درجات حرارة بسيطة، عند التّعامل مع الأجسام من موادّ وكتل مختلفة. وبالتّالي صيغة نظريّة ديكارت **توحي بعدم التّمايز بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة**. وعليه فإنّ النّظريات الميكانيكيّة، لا تزال عاجزة عن ترك المجال الكيفي الوصفي، على الرّغم من أنها كانت الاعتقاد السّائد في الأوساط العلميّة باستمرار في القرن الثامن عشر.

2.1. الانتقال من الكيفي الوصفي إلى الكمّي:

إن الانتقال **من الكيف الوصفي إلى الكمّي** حسب ما ورد عند (أقابرا /Agabra) هو الذي سمح ببناء المفاهيم كميا، ونحن ندرك أخيرا أن التّبريد السّريع للكرات، على سبيل المثال، لا يعتمد فقط على درجة الحرارة والسّطح الخارجي للكرات، كما ادعى من قبل نيوتن، ولكن تتعلق أيضا بالمادّة المكونة لها؛ كما أدركنا أخيرا أن كميّة المادّة السّاخنة يجب أن تتدخل دون أن نجزم ما إذا كان هذا يعني حجمها أو كتلتها، وهكذا انطلاقا من أفكار بسيطة التّركيب عن درجة الحرارة والكتلة يمكن **التّمييز بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة.**

في عام 1747، أدرج (ريتشمان/ Ritchmann) الجداء: الكتلة في(x) قيمة درجة الحرارة، كقياس "احتياطي الكالوري (السّعرات الحراريّة)" الذي يحتوي عليه الجسم؛ حيث يتفق مع مبدأ الجمع الذي يستند على مبدأ عدم تَلَفِيّة الحرارة (مبدأ الانحفاظ).

على الرّغم، من أن الظاهرة الكاملة للتبادل الحراري، لم تكن بعد مفهومة بشكل واضح، حتى يتمكن العلماء يومها من توضيح الدّور المحدد للمادة

ولذلك بين (لمبرت/ Lambert) بوضوح بأن "جسمين متساويي الكتلة، ولكن من مادتين مختلفين، يتأثران بشكل مختلف لنفس الكمّية من الحرارة." وفيما بعد وضع بلاك (Black, 1760) مفهوم الحرارة النّوعيّة: وأقر بأن "الزئبق لديه أقل سعة للمواد الحراريّة (الكالوري) من الماء، ويحتاج إلى كميّة أقل من الحرارة لرفع درجة حرارة بعدد متساو من الدّرجات"، أما فيما يتعلق بالمفهوم الحالي للحرارة في التّغيرات الحالة، فهي تمثل صعوبات كبيرة؛ حيث، كيف يمكن أن نتصوّر، بأن الارتفاع في درجات الحرارة يتوقف في اللحظة التي تكون فيها الحرارة أكثر إثارة؟

كما يرجع الفضل أيضا، إلى (بلاك/ Black, Joseph) في إدخال مفهوم الحرارة الكامنة، وهذا يعتبر تحدي لكل الأفكار التي كانت لدى جميع الفيزيائيين في ذلك الوقت. وكتب (بلاك /Black) حسب (روسمردوك /Rosmorduc, Jean)، عن ظاهرة الانصهار، يقول: "يحدث الانصهار على العموم، عن طريق امتصاص كميّة صغيرة من الحرارة من جسم صلب بعد أن تم تسخينه إلى درجة الانصهار والرّجوع إلى الحالة السّائلة يحدث بنقصان طفيف جدا في كميّة الحرارة، بعد أن تم تبريد هذا الجسم بنفس الدّرجة... وكان يُعْتَقَد أن هذه الإضافة الصغيرة للحرارة، خلال عمليّة الانصهار كانت ضروريّة لإحداث ارتفاع طفيف في درجات الحرارة المشار إليها في ترمومتر موضوع في السّائل النّاتج..." (روسمردوك 1987 ص. 270).

وجد (بلاك /Black) "في وقت لاحق أسبابا لرفض هذا الرّأي، الذي يتناقض مع العديد من الحقائق الملحوظة، عند النّظر فيها بعنايّة"، وقد تم تكوين هذا الرّأي، من رصد دقيق للحقائق والظواهر على النّحو التّالي: "عند انصهار الجليد أو مادة أخرى يُعْتَقَد أنه تحصّل على كميّة كبيرة من الحرارة، التي لا يمكن تصوّرها فورا إلا عن طريق ارتفاع درجة حرارة المحرار، أي أن هناك كميّة كبيرة من الحرارة تخترق المادّة في هذه الحالة، من دون أن تجعلها على ما يبدو أكثر سخونة، عما يمكن أن نلاحظها باستعمال هذه الأداة (المحرار). يجب أن تُعْطَى هذه الحرارة إلى المادّة للوصول بها إلى الحالة السّائلة، ونؤكد بأن إضافة الحرارة هي السّبب الرّئيسي والفوري للإسالة النّاتجة."

إن واحدة من الحجج التي لفتت انتباه بلاك، هي الذوبان التّدريجي والبطيء جدا للجليد: "إذا كانت إضافة صغيرة جدا من الحرارة النّاتجة من الهواء في فصل الرّبيع كافيّة لتخفيض(تقليص) الكمّيات الكبيرة من الثلوج والجليد التي تشكلت من خلال فصل الشّتاء إلى مياه، وعندئذ يمكن للانصهار أن يحدث في بضع دقائق، وهذا يؤدي في كل مرة إلى حدوث فيضانات كارثيّة."، والجدير بالملاحظة هنا أن هذه النّتيجة البسيطة، لم يُنْظَر إليها في الحين من قِبَلِ جميع العلماء في ذلك الوقت.

من أجل توضيح وتحديد المفاهيم، قام بلاك بقياس كميّة الحرارة التي تم امتصاصها أثناء ذوبان الجليد، باستعمال طريقة الخلائط (المزج)، أو بالعكس كميّة الحرارة المنتشرة (المفقودة) من التّجمد من خلال دراسة ظاهرة الانصهار الفائق، إن تساوي هاتين الكمّيتين ينتهي بتشكيل/بتأسيس نظام التّشغيل بأكمله: الكمّية الكبيرة من الحرارة الممتصة

في عمليّة الانصهار لم تُدَمَّر، ولكنها تبقى مخفيّة وكامنة ويمكن استرجاعها تماما عند تجميد السّائل.

3.1. مزايا وعيوب النّظريّة الماديّة:

تجدر الإشارة هنا، إلى أن جميع تجارب بلاك وجميع القياسات المِسْعَرِيّة تتفق تماما مع النّظريّة الماديّة، رغم ذلك كانت عدة نقاط يومها محل تساؤلات وانشغالات البعض. وإذا فكرنا بشكل طبيعي على أن الحرارة هي مائع، ولكن لسوء الحظ ليس للحرارة كل الخصائص، وبالخصوص تلك المتعلقة بالعطالة: وترتب عن هذا فَشَل المحاولات لتسليط الضوء على ثقل السّعرات الحراريّة، وعدم وجود الظواهر الاهتزازيّة قبل الوصول إلى حالة مستقرة كما هو الحال بالنّسبة لغاز أو "الموائع الكهربائيّة" التي تمت دراستها قبل بضع سنوات.

مع ذلك، فإن القيمة العمليّة للنّظريّة الماديّة تكمن في المذكرة، التي قدمها لافوازييه (Lavoisier) ولابلاس (Laplace) على الحرارة في 1784م؛ وعرضا فيها النّموذجين الميكانيكيين ورفضا أن يُخْتَار أحدهما وقالا: "ربما كلاهما صحيحين"، والعرض الذي قدماه حول النّظريّة الميكانيكيّة يمثل تقدما كبيرا فيما يتعلق بالمظهر الطّاقوي للحرارة.

بينما يعتبر الفيزيائيون الآخرون الحرارة نتيجة لاهتزازات غير محسوسة لجزيئات المادّة فقط والفراغات الموجودة بين الجزيئات تسمح لها بالاهتزاز في كل الاتجاهات. وهذه الحركة غير المرئيّة هي الحرارة وبناء على مبدأ انحفاظ القوة الدّافعة (الزخم/كميّة الحركة)، يمكننا التّعبير عن الحرارة بهذا المعنى: الحرارة هي القوة الدّافعة/الحيّة لهذه الاهتزازات، أي مجموع جداءات كتلة كل جزيء في مربع السّرعة.

4.1. من الكالوري إلى الطّاقة:

من المؤكّد، أن أحد مصادر مفهوم الحرارة الميكانيكيّة يكمن في الحصول على الحرارة من التّصادمات.

والحركة؛ ولقد وضَّح فرانسيس باكون في عام (1620) م كما ذكرت أقابرا(Agabra) أن " في كل هذه الأمثلة، تنتج الحرارة أو تظهر فجأة في الأجسام والتي لم يتلقّها، أي لم يحصل عليها بالطّرق العاديّة من خلال الاتصال مع الأجسام الأخرى، ولكن السّبب الوحيد لإنتاجها، قد يكون الاحتكاك الميكانيكي أو صدمة ميكانيكيّة أم عنف ميكانيكي، ولكن الأكثر شيوعا ربما، التّأثير الوحيد النّاتج عن القوة أو صدمة ميكانيكيّة على جسم، هذا هو الذي يسبب بطريقة أو بأخرى حركة هذا الجسم" (أقابرا، 1985 ص. 5).

كنا قد رأينا، بأنه يمكننا أن نفسر هذه الظواهر كيفيا ووصفيا بالنّظريّة الماديّة. وبالمثل، فإن (سادي كارنو /Sadi Carnot) في "تأملاته في القوة المحركة للنّار" في عام (1824) م استند في البدايّة على هذه النّظريّة.

لكن يجب أن نلاحظ هنا، أنه إذا حصلنا على العمل من الحرارة والعكس بالعكس، فإن هذه الحقائق ليست كافيّة للتصريح أو القول بأن الحرارة هي مقدار طاقوي أو كما يقال إنها "الشّكل المتردي للطاقة" (la forme dègradée d'énergie).

في إطار النّظريّة الماديّة، الحرارة، ليست عملا مكافئا، وإذا ما اعتمد على وجهة نظر النّظريّة الماديّة الحرارة هي مائع، والعمل هو مقدار(كميّة) مجردة يساوي جداء القوة في (x) الانتقال، هذان المقدران بينهما علاقة مشتركة، تتمثل في السّببيّة العكسيّة.

مرة أخرى، المقاربة الوصفيّة الكيفيّة تعطي بشكل سريع جدا مبررا لهذه النّظريات.

2. مجال الظواهر الحراريّة:

لقد شهدت الحضارة الإنسانيّة تقدما وتطوّرا ملحوظين عبر التّاريخ وخاصة في الميدان العلمي، حيث بدأ الإنسان بالتّفكير والتّدبر على شكل إبداء أراء فلسفيّة، أعقبتها بعد ذلك بناء مفاهيم ونظريات مبنيّة أساسا على حقائق علميّة، ومن خلال هذا التّطوّر الحضاري خاض العلماء في عدة مسائل علميّة، من بينها المفاهيم الأساسيّة في مجال الظواهر الحراريّة.

يُعتبر مجال الظواهر الحراريّة من أهم فروع الفيزياء وكما تسمى أحيانا **بعلم الحرارة**، وانطلاقا من هذه التّسميّة، يمكن أن يفهم، بأن علم الحرارة يهتم بوصف وتفسير الظواهر الحراريّة مع إبراز العلاقات التي تبين حالة الجسم ما إذا كان ساخنا أو باردا أي من حيث السّخونة (الحرارة) أو البرودة كما أن علم الحرارة مهم لفهم الظواهر الطّبيعيّة والأجهزة التّقنيّة والآلات المختلفة في الحياة العمليّة.

كما ينبغي الاهتمام بفرع الحرارة في دروس الفيزياء لفهم الحياة على كوكب الأرض، الذي نعيش عليه والذي يحتاج إلى وجود التيار الحراري الآتي من الشّمس حيث تحدد عن طريقه تغيرات حالة الطّقس والجو وكذا التّحولات الطّبيعيّة لحالة المادّة كتغيرات حالة الماء الفيزيائيّة في الطّبيعة التي تحدث على الكرة الأرضيّة بسبب هذا التيار الحراري. وكما توجد أيضا آلات في الحياة العمليّة تشتغل باستعمال قوانين علم الحرارة مثل محرك السّيارة والتّربينات البخاريّة كما في محطات توليد الكهرباء والمضخات الحراريّة وفي الثلاجات.

كما أن الاستهلاك غير المفيد على شكل حرارة وكذا الوقايّة منها في المنازل يمكن وصفه وتفسيره كميا عن طريق(بواسطة) علم الحرارة، وفي مجال الكيمياء تلعب الحرارة أيضا دورا مهما في حدوث التّفاعلات الكيميائيّة، ولكن لا يمكننا معالجة مفاهيم مجال الظواهر الحراريّة بدون أن نشير إلى صيغته الأوّلى المعروفة بالتّحريك الحراري أو الدّيناميكا الحراريّة أو الفيزياء الحراريّة.

مبدئيا يمكننا أن نميز بين التّحريك الحراري ومجال الظواهر الحراريّة في الفيزياء، لأن التّحريك الحراري المعروف بصيغته العلميّة في اللغة اللاتينيّة بـ: Thermodynamique يشتمل في الأصل على الظواهر الحراريّة، هذا المصطلح يتكون من كلمتين الأوّلى Thermo وتعني بالعربيّة حرارة والثانيّة dynamique وتعني بالعربيّة التّحريك أو القوة عند البعض، ومن هنا يمكن القول أن مجال الظواهر الحراريّة بمفاهيمه الأساسيّة مثل الحرارة ودرجة الحرارة...الخ يرتكز على "المقاربة الوصفيّة للظواهر أو نهج تقصي الظاهرة الحراريّة (Phénoménologique Approche)" (عدنان مصطفى، 1988 ص 8).

كما أشار إلى هذا أيضا آستاس ريشار إيمانويل وبيلو فرانسين (Eastes, R-E.; Pellaud, F, 2003) في مقالهما "نزع تصوّر العلم أو فضائل المقاربة الوصفيّة" والمقصود هنا بنزع تصوّر العلم، هو كيف يمكن تفسير الظواهر العلميّة، عندما يصعب معالجتها من وجهة نظر العلم، أي من المنظور العلمي البحت، وذلك لأسباب تعليميّة منهجيّة، وهنا نحتاج بالفعل إلى مقاربة أوليّة " تسمح بالانتقال إلى التصوّر العلمي للظواهر، قد تظهر أهميّة هذه المقاربة في كيفيّة الانتقال إلى المقاربة المفاهيميّة Approche)

(conceptuelle) لتدريس العلوم" (ريشار؛ فرانسين 2003، ص. 119).

قد نجد بعض الأمثلة في هذا الاتجاه في منهاج مرحلة التّعليم المتوسط، مثل المقاربة الأوّليّة لتدريس الطّاقة في السّنة الثالثة من مرحلة التّعليم المتوسط، حيث اعتمد المنهاج، كمدخل إلى السّلسة الطّاقويّة على معالجة السّلسة الوظيفة كمقاربة أوليّة والتي "تعني استعمال ترميز خاص وألفاظ معينة وبيانات محددة تقرب الفهم وتسهل الدّراسة للسلسة الطّاقويّة" (الوثيقة المرافقة لمناهج التّعليم المتوسط 2013، ص. 338).

أكد هذا التّوجه أيضا (جيورج جوب/ Job Georg) في كتابه "**العرض الجديد للديناميكا الحراريّة"** الذي نشره في عام (1972) وأعيد نشره في طبعة جديدة في 2004، حيث قسّم محتوى الكتاب إلى أربعة محاور أساسيّة: مجال الظواهر الحراريّة والدّيناميكا الحراريّة العامة، والدّيناميكا الحراريّة الكيميائيّة والدّيناميكا الحراريّة والأنثروبيا.

لقد اهتم المحور الأوّل "مجال الظواهر الحراريّة" الذي هو موضوع دراستنا، بالدّراسة الوصفيّة كمقاربة أوليّة لمعالجة الظواهر الحراريّة المدعمة بالتّجارب الكيفيّة وتم التّطرق في هذا المحور إلى المفاهيم: الحرارة ودرجة الحرارة وتغيير درجة الحرارة وتحديدها والمميزات التي تتغير بتغيرها (الحجم الطّول) وثبات درجة الحرارة (التّحولات الفيزيائيّة للمادة) ونقل الحرارة وتوظيف مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة في وصف وتفسير بعض الظواهر الحراريّة.

عالج المحور الثاني " الدّيناميكا الحراريّة العامة": قواعد حساب حاصل القسمة التّفاضليّة أمثلة بسيطة على اقتران ميكانيكي حراري، الجسم تحت ضغط من جميع الجهات، المصطلحات التّقليديّة طرق الحساب المعتادة...، كما عالج المحور الثالث "الدّيناميكا الحراريّة الكيميائيّة": كميّة المادّة، الجهد (الكمون) الكيميائي، تحويلات المادّة، الحد من القوانين لتخفيف كبير، تأثيرات المجالات الخارجيّة... وأخيرا تناول المحور الرّابع "الدّيناميكا الحراريّة والأنثروبيا": مثال ميكانيكي، مقاربة (نظريّة) أوسغير (Onsager)، أمثلة أخرى...

كما أن إبراهيم شريف في كتابه "الحرارة والدّيناميكا الحراريّة" (1963) قام أيضا بتقسيمه إلى جزأين الجزء الأوّل سماه علم الحرارة ويتناول مجال الظواهر الحراريّة وأدرج ضمن هذا الجزء مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة والتّرمومترات، ويتناول الجزء الثاني الدّيناميكا الحراريّة وأدرج فيه قوانين الدّيناميكا الحراريّة (القانون الأوّل والثاني والثالث) والعلاقات والقوانين والمعادلات الخاصة بالدّيناميكا الحراريّة رغم أن هذا الكتاب موجه لطلبة كليّة الهندسة بجامعة الإسكندريّة.

3. المشاكل التّعليميّة لمفهومي الحرارة ودرجة الحرارة:

نريد من خلال هذه الدّراسة، أن نهتم بالمشاكل العلمياتيّة التي تطرحها بعض المفاهيم، مثل مفهومي **الحرارة ودرجة الحرارة**، والتي يتم تدريسها في العلوم الفيزيائيّة، وذلك انطلاقا من اهتمامات الفيزيائيين في علم الفيزياء، ولكن مع الأخذ بعين الاعتبار المتطلبات

والشّروط المختلفة التي يفرضها النّظام التّربوي مع التّركيز بشكل خاص على التّلميذ.

قالت (زيمرمان /Zimmermann, 1990) في هذا السّياق أن "البحوث في تعليميّة العلوم الفيزيائيّة، هي بالدّرجة الأوّلى، من مهام الفيزياء وبالتّالي فالفيزيائيون هم الذين لهم الصلاحيّة فقط في اتخاذ القرارات المتعلقة بمحتوى التّعليم. ولكن يجب عليهم الأخذ بعين الاعتبار مختلف مكونات الفيزياء الأساسيّة والتّطبيقيّة، ونظرياتها المعرفاتيّة وكذلك متطلبات النّظام التّربوي (المدارس والتّلاميذ والمعلمين وأولياء التّلاميذ...) " (زيمرمان، 1990، ص. 36).

كتب أيضا هالبفاكس (Halbwachs, 1974) يقول: "... إنه حقا من الضروري التّمييز بعنايّة بين هدف الفيزياء - فيزياء الفيزيائيين- والهدف من تدريس الفيزياء أو دروس الفيزياء؛ حتى وإن لم تكن هنا الحاجة لتحديد هذا، ولكن لا بد أن نشير في البدايّة إلى موضوع التّعليم والتّلميذ، وتدريس الفيزياء ليس مناسبة مقدسة يُحْتَفَل بها، ولا مبادرة المبتدئ للتعرف على أسرار الكون، ولكن يجب أن يأخذ هدفه من واقع التّلميذ كما هو فيه. وهذا يعني أن المشكلة تنقسم إلى قسمين:

- الدّوافع النّفسيّة للتلميذ، والمشاكل الفيزيائيّة التي تشكل انشغالاته وتساؤلاته عندما كان طفلا.

- أهداف تدريس الفيزياء كملمح له عندما يكون راشدا في المستقبل.

هـــذان المظهـــران يُكَوِنـــان فيزيـــاء التّلميـــذ" (هالبفاكس، 1974، ص. 22).

قد نتفق مع هذا الرّأي، لأن دروس الفيزياء تتناول على وجه الخصوص مظهرين أساسيين يتمثل الأوّل في المظهر العلمي، ويتمثل الثاني في المظهر التّعليمي المنهجي.

المقصود بالمظهر العلمي، الفيزياء المحضة التي تهتم بطرح أسئلة على الطّبيعة لاستكشاف فرضيات ونظريات ومفاهيم وقوانين ومبادئ فيزيائيّة من جهة ووصف وتفسير وتعليل الظواهر الطّبيعيّة بمساعدة هذه المفاهيم والقوانين والمبادئ من جهة أخرى. وترتكز طريقة العمل فيها على التّجريب والنّمذجة.

أما المظهر التّعليمي المنهجي فيتمثل في درس الفيزياء، الذي يظهر في نتائج الفيزياء نفسها، على شكل فرضيات ومفاهيم ونظريات وقوانين ومبادئ فيزيائيّة، تعالج في عمليّة التّعليم التّعلم وهي(الفيزياء) بهذه العمليّة تُعْتَبَر مادة تعليميّة مثلها مثل بقيّة المواد التّعليميّة الأخرى، التي تضمنها المدرسة لتكوين الفرد تكوينا علميا فيزيائيا، ليكون عنصرا نافعا في المجتمع.

لكن ينبغي لدرس الفيزياء ألّا يقتصر فقط على معالجة الظواهر الطّبيعيّة والحوادث الفيزيائيّة في عمليّة التّعليم والتّعلم فحسب، بل ينبغي له أيضا أن يعمل على إكساب التّلميذ المعرفة العلميّة الفيزيائيّة الضروريّة للحياة اليوميّة تمكنه من مواصلة الدّراسة، أو التّوجه إلى التّكوين المهني والتّمهين فيصبح تقنيا أو كهربائيا أو ميكانيكيا...الخ.

1.3. المعنى الفيزيائي لكل من مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة:

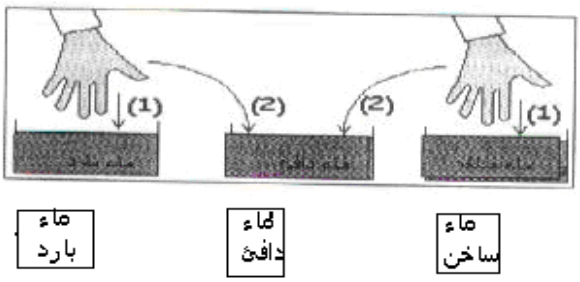
تجدر الإشارة هنا إلى المعنى الفيزيائي لكل من مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة، حيث تُعْتَبَر درجة الحرارة في الفيزياء متغيراً يميز حالة نظام (مقدار الحالة الذي يُعَرِّف فقط الحالة اللحظيّة للنّظام) إنها لا تعتمد على الحالات الماضيّة ولا على تاريخ النّظام لأن هذه النّظُم تفترض أن أجزاء النّظام هي في كل

لحظة في حالة "التّوازن" فيما بينها؛ في حين تمت صياغة معنى الحرارة كنمط تحويل الطّاقة. وبالتّالي تُعْتَبَر كميّة الحرارة التي تقاس بالمسعريّة كقياس لكميّة الطّاقة المحولة من نظام إلى نظام آخر، بينما في اللغة اليوميّة لا يُعْطَى معنى الحرارة بهذا المعنى، بل يُعَبَرُ عنه في كثير من الأحيان بدرجة الحرارة؛ كما يُعَبَرُ أيضا عن درجة الحرارة بالحرارة لأننا كثيرا ما نتكلم في الحياة اليوميّة، عن مفهوم الحرارة؛ ولكن نقصد به: التّسخين أو التّبريد أو السّخونة بدلا من الحرارة أو درجة الحرارة؛ كما تجدر الإشارة أيضا، إلى مبدأ التّوازن الحراري، الذي يمكن التّعبير عنه على النّحو التّالي: الأجسام التي تكون في حالة الاتصال أو قريبة من بعضها، بعد مرور فترة زمنيّة كافيّة، تكون لها نفس درجة الحرارة.

سوف نتعرف في هذه المقاربة المعرفاتيّة على ظاهرة الإحساس أثناء اللمس، وذلك لتسليط الضوء على الفرق الذي نشعر به عند لمس مواد مختلفة.

وحتى نتمكن من وصف وتفسير هذه الظاهرة، يجب علينا أولا الرّجوع إلى الصفة الفسيولوجيّة لحاسة اللمس، حتى نستطيع، أن نعرف بأن جسم الإنسان هو أيضا جسم له درجة حرارة ثابتة، عاليّة عموما مقارنة مع درجة حرارة المحيط، وعليه يمكن القول في المستوى الأوّل من التّفسير، أن أي جسم قد يكون موصلا أفضل من جسم آخر، وانتقال الحرارة من جسم الإنسان إلى أي جسم في الحقيقة أمر هام في بدايّة الأمر، لأن الجسم يبدو وكأنه بارد.

في محاولة لتقديم وصف وتفسير الظواهر المتعلقة بحاسة اللمس في مجال الحرارة، سوف نأخذ كمثال التّجربة التّقليديّة المتداولة في كتب الفيزياء الجامعيّة والمدرسيّة: شخص يضع يده اليمنى في الماء البارد لبعض اللحظات، ويده اليسرى في الماء السّاخن، ثم يضع في نفس الوقت كلتا يديه في الماء الدّافئ. كيف يمكن وصف الأحاسيس المختلفة.



الشّكل: يوضح تجربة لوصف الإحساس بالحرارة

لتقديم تفسير بسيط للظاهرة، نحاول أن نصف ما يحدث على مستوى أصابع اليد، لأن المشكلة فسيولوجيّة، وبالتّالي سطح أصابع اليد فقط، هو الذي يخضع للتوازن، وسنحاول توضيح ذلك في الحالات التّاليّة.

الحالة الأولى: الإحساس بالبرودة، أصابع اليد وضعت في الماء البارد، وبالتّالي هناك تدفق للحرارة من الدّاخل إلى الخارج والإحساس بالبرد، وبعد لحظات قليلة، على السّطح، تأخذ أصابع اليد درجة حرارة الخارج.

الحالة الثانيّة: الإحساس بالسّخونة، يتم وضع أصابع اليد في الماء السّاخن، وبالتّالي هناك تدفق الحرارة من الخارج إلى الدّاخل والإحساس بالسّخونة وبعد لحظات قليلة، على السّطح تأخذ أصابع اليد درجة الحرارة الخارج، ثم يتم وضع أصابع كلتا اليدين في نفس الوقت في الماء الدّافئ.

الحالة الثالثة: الماء يبدو ساخنا، أصابع اليد اليمنى سوف تكون موجودة في الماء الدّافئ، الذي لديه درجة حرارة أعلى من درجة حرارة سطح جلد أصابع اليد، وبالتّالي فإن الماء يبدو ساخنا.

الحالة الرّابعة: الماء يبدو باردا، أصابع اليد اليسرى في الماء الدّافئ، ولكن له درجة حرارة أقل من درجة حرارة سطح جلد أصابع اليد، وهكذا يبدو باردا.

يمكننا أن نقول بأن أصابع اليد هي أدوات غير دقيقة، لأننا لا نستطيع تفسير المعلومات التي قدمتها لنا، ولا يمكننا بواسطتها تحديد درجة حرارة الجسم أي أن حاسة اللمس عاجزة عن تقدير درجة السّخونة أو البرودة تقديرا كميا أي عدديا، فالإنسان لا يستطيع أن يتحمل لمس الأجسام الباردة والسّاخنة جدا.

لمعالجة مفهومي **الحرارة ودرجة الحرارة** في درس الفيزياء ينبغي التّركيز على المقاربة الماديّة، أي على المقاربة العيانيّة؛ حيث قيمة درجة الحرارة تتحدد عن طريق القراءة على المحرار؛ كما سنعتبر درجة الحرارة بأنها مقدار حالة للنّظام، أما بالنّسبة للحرارة فأنها شكل من أشكال الطّاقة.

1.1.3. مفهوم الحرارة:

تُعد الحرارة، شكلا من أشكال الطّاقة، وبالتّالي إدراج مفهوم الحرارة في درس الفيزياء في مرحلة التّعليم المتوسط مثلا، يعد تحضيرا لمعالجة مفهوم الطّاقة في المستويات الأعلى مستقبلا حيث سيتم التّعرض إلى مفهوم الطّاقة بنوع من التّفصيل.

إن الحقيقة الهامة، "أن الجسم لا يحتوي الحرارة مطلقا، ولكن الحرارة تعرف كحرارة فقط عندما تتدفق من الجسم السّاخن إلى الجسم البارد"، كانت دافعا للبحث عن مقدار فيزيائي مكافئ للتعبير عن الحرارة على أنها شكل من أشكال الطّاقة في حالة عبور أو انتقال أو تدفق وهي ظاهرة حدوديّة ووقتيّة فمثلا عند تلامس جسم ساخن مع جسم بارد، فإن الحرارة ستتدفق من الجسم السّاخن إلى الجسم البارد وهذا التّدفق يستمر إلى أن يحدث التّوازن الحراري، أي أن هذا التّدفق لا يستمر أبدا، بل يتوقف عندما يحدث التّوازن الحراري بين الجسمين.

إن هذا المقدار الفيزيائي المكافئ، هو طاقة على شكل حرارة أو (الحرارة على شكل طاقة)، حيث يشكل استعماله نوعا من الصعوبة التّعليميّة المنهجيّة في الدّرس، ليس فقط عند المتعلمين، بل حتى عند بعض الأساتذة. وهذا له علاقة بتطوّر مفهوم الحرارة من النّاحيّة العلمياتيّة (الإبستيمولوجيّة) حيث مر هذا المفهوم بعدة نظريات: نظريّة ذبذبة الجزيئات ونظريّة الكالوريك وفي الأخير نظريّة الطّاقة، التي أعطت تصوّرا علميا عن الحرارة، وذلك ابتداء من سنة 1840 من طرف العالم جول (Joule)، حيث "بدأ في عمل تجارب تثبت أن الحرارة ما هي إلا شكل من أشكال الطّاقة، وأنه إذا تولدت حرارة فإن ذلك يكون بقدر العمل المبذول في توليدها وأن الطّاقة في جميع صورها لا تفقد ولكنها تختفي لتظهر على صورة أخرى. (إبراهيم شريف، 1963، ص. 5).

على العموم ليس من الخطأ، عندما نقول أننا أعطينا أو منحنا جسما حرارة، بدلا من أن نقول أعطيناه طاقة، لأن التّعبيرين في كلتا الحالتين صحيحان، ما دمنا قبلنا، بأن الحرارة هي شكل من أشكال الطّاقة إلا أنه ينبغي، تفادي العبارة الآتيّة: تقديم/منح الحرارة لجسم، بنفس مصدر الحرارة يؤدي إلى زيادة كميّة حرارة هذا الجسم، وهذا هو الذي يشكل الالتّباس بين الحرارة ككميّة قابلة للقياس أو كميّة سعويّة ودرجة الحرارة كمقدار كيفي/ شدي من جهة وبين الحرارة كشكل من أشكال الطّاقة من جهة أخرى، لذلك ينبغي أن يتعامل المقلمون بنوع من الحذر مع هذه العبارات في درس الفيزياء، لأنه قد يكون مفهوم الحرارة في هذه الحالة لا يعكس المعنى، الذي يحمله التّلاميذ معهم إلى الدّرس.

كما أن هذه العمليّة لا تؤدي إلى زيادة درجة حرارة جسم فقط، بل أحيانا إلى نقصانها أيضا أي أن هذا لا يعني، بأن الجسم إما أن يحتوي كثيرا أو قليلا من الحرارة، وهذا الذي يشكل الالتّباس أيضا بين الحرارة ككميّة قياس أو مقدار سِعَوِي والحرارة كشكل من أشكال الطّاقة، كما يمكن الإشارة إلى ظاهرة انتشار (انتقال) الحرارة بعدة طرق (بالتّوصيل، بالحمل بالإشعاع).

في الأخير لا بد من الإشارة إلى بعض الملاحظات التي ستؤدي إلى إزالة الالتّباس مستقبلا في مرحلة التّعليم الثانوي أو في التّعليم الجامعي بين المفهومين "**الحرارة والطّاقة**":

- تمثل الحرارة سبيلا لتحويل أو نقل الطّاقة، ولا تمثل طاقة ولا شكلا من أشكالها، رغم تقديرها بنفس الوحدة التي تقدر بها الطّاقة أي الجول؛
- لا وجود لمبدأ انحفاظ الحرارة، ولكن يوجد مبدأ انحفاظ الطّاقة؛
- هناك فرق بين الطّاقة الحراريّة (وهي طاقة حركيّة مجهريه) والحرارة نفسها؛
- الحرارة لا تبرز إلا من خلال انتقالها من جسم إلى جسم آخر؛
- يمكن لجسم أن يعطي حرارة أو يستقبل حرارة ولكن لا يمكن أن تكون له حرارة.

إن الحرارة كمقدار فيزيائي أيضا، هي السّبب في تغيير درجة حرارة الجسم، أي أن الحرارة مقدار يمكن قياسه، وبالتّالي هذا المقدار، لا يمكن أن يكون إلا "كميّة الحرارة"، وحتى نؤكد فكرة التّمييز بين الحرارة ودرجة الحرارة، يجب علينا أن لا نركز فقط على التّجارب، التي يتم فيها تسخين الأجسام، على نفس مصدر للحرارة، مثلا التّسخين بموقد غازي، بل يجب علينا إجراء تجارب مختلفة لنبين، بأنه يمكن تسخين الأجسام بمصادر حرارة مختلفة، مثل التّسخين بمكعب حديدي ساخن أو بالسّوائل السّاخنة أو بضوء الشّمس... وعندئذ يمكننا أن نبين بأن "الحرارة" التي تم توفيرها، بهذه المصادر المختلفة تؤدي إلى تغيير الحالة الحراريّة للجسم، التي تظهر في تغيير درجة حرارة هذا الجسم، وقيمتها.

فمثلا تسخين وعاء كبير، فيه كميّة كبيرة من الماء، إلى درجة الغليان، يحتاج إلى الكثير من الحرارة وبالتّالي ينبغي وضع زر آلة الطّبخ في رقم 3، حتى نستطيع توفير الحرارة لفترة طويلة، لكي يصل الماء إلى درجة الغليان، حيث نتعرّض إلى علاقة كميّة الحرارة بكميّة المادّة (الماء) والتّغير في درجة الحرارة إلى درجة الغليان, وإلى نوع المادّة وطبيعتها.

كما يمكننا أيضا التّعرض إلى نشاطات أخرى مثل الاحتكاك الذي يؤدي في العديد من الوضعيات إلى التّسخين، أي ظهور الحرارة، على سبيل المثال الاحتكاك بين كفتي اليدين يسخن اليدين، وبالتّالي فهو يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الكفتين، وعند عمليّة الثقب بالمثقب اليدوي أو الآلي أو عمليّة النّشر بالمنشار...، يتولد الاحتكاك ولكن غالبا ما يؤدي إلى تسخين غير مرغوب فيه حيث يؤدي إلى إتلاف الأداة، أو حرق ورقة بعدسة لامة أو مرآة مقعرة بحرارة (بضوء) الشّمس.

إن الاحتكاك يمكن أن لا يؤدي فقط إلى ارتفاع درجة الحرارة، بل أيضا إلى تحويل الطّاقة الميكانيكيّة إلى طاقة حراريّة، وتوضح النّشاطات السّابقة العلاقة بين أخذ الحرارة من الجسم وارتفاع درجة حرارة هذا الجسم، أي العلاقة السّببيّة بين الحرارة ودرجة الحرارة، وهذا قد يسمح بالتّمييز بين المفهومين، وانطلاقا من هذه النّشاطات، ينبغي إيجاد مقدار فيزيائي، يناسب المصطلح المتداول في الحياة اليوميّة للتعبير عن مفهوم الحرارة، ككميّة يمكن قيّاسها، نستعملها لوصف وتفسير الظواهر فيزيائيا أي على أنها **شيئا ما** يحتويه جسم أكثر من جسم آخر، كما يظهر ذلك في التّجارب الآتيّة:

1-زجاجة مملوءة بماء ساخن وزجاجة أخرى مماثلة لها مملوءة بماء بارد، يمكننا القول بأن الزجاجة المملوءة بماء ساخن تحتوي **شيئا ما** أكثر من الزجاجة المملوءة بماء بارد.

2-زجاجة كبيرة فيها ماء ساخن تحتوي على **شيء ما** أكثر من زجاجة صغيرة فيها ماء ساخن بنفس السّخونة، أي أن الماء السّاخن في الزجاجتين له نفس درجة الحرارة.

في الحقيقة، إن التّمكن من استعمال مقدار فيزيائي للتعبير عن **الشّيء**، الذي تحتويه كل من الزجاجتين، كان معروفا ووارداً منذ القرن الثامن عشر، حيث أن هذا المقدار الفيزيائي، الذي يعبر عن هذا **الشّيء**، أُطلق عليه "الحرارة" ككميّة سِعَويّة أو كمقدار فيزيائي يمكن قياسه، وهذا أدى إلى حقيقة علميّة هامة: وهي، أن الجسم لا يحتوي الحرارة مطلقا، ولكن الحرارة تعرف كحرارة فقط عندما تتدفق من الجسم السّاخن إلى الجسم البارد.

إن وجود العلاقة السّببيّة بين التّغير في درجة الحرارة والحرارة بفعل تأثير الحرارة، يعني منح الحرارة للجسم أو فقد هذا الجسم للحرارة، وهذا يعني ارتفاع في درجة حرارة الجسم، عند منح هذا الجسم حرارة وفق التّسلسل المنطقي: بالتّسخين ⟵إعطاء/منح الحرارة للجسم⟵ ارتفاع درجة حرارة هذا الجسم. وانخفاض درجة الحرارة، عند فقد هذا الجسم للحرارة، وفق التّسلسل المنطقي: بالتّبريد⟵ يفقد الجسم حرارة⟵ انخفاض درجة حرارة هذا الجسم.

يظهر من هذه العلاقة السّببيّة من جهة اكتساب الحرارة من جسم وارتفاع درجة حرارته ومن جهة أخرى فقد الجسم للحرارة وانخفاض درجة حرارته يمكننا أن نعتمد هذه الفكرة كمقاربة أوليّة للتمييز بين المفهومين، الحرارة ودرجة الحرارة، حيث تبرز هذه المقاربة أهميّة الحرارة في تغيرات الحالة للمادة أي بالإضافة إلى كون الحرارة هي سبب لتغيير درجة حرارة الجسم فهي أيضا سبب في تغيرات الحالة للمادة.

يمكن الاشارة أيضا إلى الحرارة على أنها مادة وذلك عند مقارنتها بالبخار والهواء السّاخن أو الدّافئ عندما نقول مثلا "الحرارة هي الهواء السّاخن." و"الحرارة هي

بخار الماء" و"الحرارة تعطيها مصادر الحرارة، مثل الموقد والنّار"، إن مثل هذه العبارات كثيرا ما نجدها في الحياة اليوميّة، وهي تؤدي إلى الغموض بين المعنيين الفيزيائيين لمفهومي الحرارة ودرجة الحرارة، وهذا يتفق، مع ما ذهب إليه بعض الفيزيائيين عبر التّاريخ؛ حينما أعطوا أيضا الطّبيعة الماديّة لمصطلحي السّخونة والبرودة.

في الأخير يمكن الإشارة إلى مفهوم **"الحرارة الكامنة"**، وهي باختصار، الحرارة التي تستخدم في عمليّة تحويل حالة المادّة من حالة إلى أخرى، مثلا من الحالة السّائلة إلى الغازيّة عند درجة غليان (نقطة غليان) ثابتة، بالرّغم من استمرار منح الحرارة للسائل، وتعنى كلمة كامن باللغة اللاتينيّة (latent) أي مختبئ ، وتعنى أن الحرارة التي تضاف لا تؤدي إلى زيادة درجة حرارة السّائل.

2.1.3. مفهوم درجة الحرارة:

إن درجة الحرارة كمقاربة أوليّة، هي مقدار فيزيائي يشير إلى مدى سخونة أو برودة جسم، لأن هذا هو المحتوى المعرفي الفيزيائي الوارد خاصة في الكتب المدرسيّة، حيث يمكن تحديده أو تعيينه بالمحرار ويقدر بدرجة مئويّة ويرمز لها بالرّمز °م؛ °C.

نحن في حاجة إلى المحرار (ميزان الحرارة التّرمومتر) لتعيين وتحديد درجة حرارة الجسم أي المحرار ويبقى السّؤال المطروح، هو كيفيّة تحديد درجة حرارة الجسم بالمحرار، لأن حاسة اللمس غير كافيّة لتحديد درجة حرارة هذا الجسم بسبب التّباين عند الإنسان في الإحساس بالسّخونة أو بالبرودة لذلك نحتاج إلى أداة تسمح بتحديد وتعيين درجة حرارة جسم بمقياس درجة الحرارة وبسلم معين مثل الدّرجة المئويّة.

لا يمكن تحديد درجة حرارة جسم بالمحرار، إلا عندما يكون المحرار في حالة تماس مع هذا الجسم وفي حالة توازن حراري معه، وقد يكون التّطرق إلى مفهوم درجة الحرارة بهذه المقاربة، دون الإشارة إلى العلاقة الموجودة بينها وبين الحرارة، هو أحد المؤشرات في عدم التّمييز بين المفهومين، لذلك يجب الاهتمام بهذه العلاقة: الحرارة، هي السّبب في تغيير درجة حرارة الجسم، وهي (درجة الحرارة) مقدار فيزيائي يمكن تحديده كما أشرنا من قبل.

تجدر الإشارة هنا بأن الدّرجة المئويّة ليست ترجمة للعبارة اللاتينيّة (Grad Celsius °C، غراد سيلزيوس) لأن الدّرجة المئويّة في الواقع تُعَبِّر عن تقسيمات المسافة بين درجتي ذوبان الثلج (الجليد) وغليان الماء إلى درجات متساويّة، والمعروفة باسم سلم سينتيجراد (Centigrade Scale) و(Celsius) اختير كوحدة لدرجة الحرارة نسبة إلى عالم الفلك السّويدي Anders Celsius. وهناك وحدات أخرى لتعيين درجة الحرارة: الكلفن (Kelvin) وهو السّلم المعتمد من قبل المنظومة العالميّة (النّظام الدّولي للوحدات) SI وهو سلم كثير الاستعمال في الميادين العلميّة والفهرنهيت (Fahrenheit) وهو السّلم المعتمد في الولايات المتحدة الأمريكيّة.

كثيرا ما تستعمل درجة الحرارة كمرادف للحرارة في اللغة المتداولة (اليوميّة)، مثلا درجة الحرارة عدد يعبر عن قياس الحرارة، أو درجة الحرارة، هي مقدار عددي يعبر عن ارتفاع أو انخفاض الحرارة، في حين نتحدث في حقيقة الأمر عن ارتفاع أو انخفاض درجة

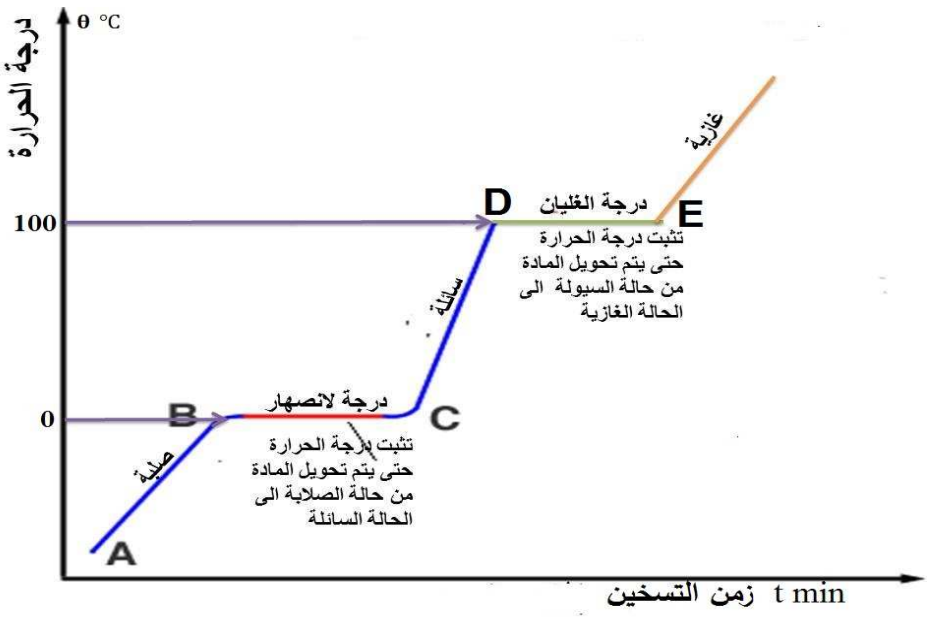
حرارة الجسم، وليس عن ارتفاع أو انخفاض الحرارة من الواضح هنا بأن مفهوم الحرارة استخدم مرادفا لمفهوم درجة الحرارة.

كما يمكن وصف دور الحرارة وسلوك درجة الحرارة في التّحولات الفيزيائيّة للمواد، التي تحدث عند درجات حرارة مختلفة، مثلا أثناء غليان الماء النّقي، يلاحظ ما يلي:

- الارتفاع المؤقت في درجة الحرارة، ولا يوجد أي تغيير في حالة الماء، حتى تصل درجة الحرارة إلى 100°C درجة مئويّة.

- درجة الحرارة تبقى ثابتة عند 100°C درجة مئويّة (درجة الغليان)، تحت الضغط الجوي النّظامي حتى يتحول كل الماء إلى بخار على الرّغم من المنح/التّقديم المستمر للحرارة.

يمكن تمثيل تغير درجة حرارة الماء النّقي، على سبيل المثال، خلال الزمن على المنحنى البياني أدناه الذي يوضح التّحول الفيزيائي للماء، يصف تغيرات درجة الحرارة عندما يتحول الماء من الحالة الصلبة (جليد) إلى الحالة السّائلة وإلى الحالة الغازيّة، حيث نجد على هذا المنحنى كل البيانات المتعلقة بهذا التّحول.



ينبغي الاهتمام بهذا التّأثير المزدوج للحرارة في الدّرس، **كمقاربة تعليميّة منهجيّة لمعالجة المفاهيم** في مجال الظواهر الحراريّة، لفهمها، لذا ينبغي التّركيز في درس العلوم الفيزيائيّة على ارتفاع درجة الحرارة

دون تغيرات حالة المادّة من جهة، وعلى ثبات درجة الحرارة مع تغيير حالة المادّة من جهة ثانيّة وبالتّالي لابد من إبراز هذا التّأثير المزدوج للحرارة على مختلف ظواهر تغيير الحالة الفيزيائيّة للمادة: **التّغير في درجة الحرارة من جهة، وثبات درجة الحرارة مع تغيير الحالة الفيزيائيّة للمادة من جهة ثانيّة**.

تجدر الإشارة هنا إلى مصطلحات التّبخر والبخر والغليان، ظاهرة الغليان هي تحول حالة المادّة من السّائلة إلى الغازيّة عند درجة حرارة ثابتة، وظاهرة التّبخر، تعني تحول حالة المادّة من السّائلة إلى الغازيّة، بينما ظاهرة البخر، هي العمليّة التي يتم فيها التّحول الفيزيائي للمادة من الحالة السّائلة إلى الحالة الغازيّة عند درجة حرارة أقل من درجة الغليان لهذه المادّة.

قد لا يظهر الفرق بين التّبخر والبخر لاستعمال المصطلحين بنفس المعنى عند الكثيرين، لأنه يصعب عليهم التّركيز على العلاقة بين بخار الماء ودرجة حرارة الماء السّائل أثناء الغليان ولا يمكنهم تفسير ذلك بتكوين فقاعات داخل السّائل، وغلي الماء وانطلاق البخار وتناقص كميّة الماء، لأن الماء تحول من الحالة السّائلة إلى الحالة الغازيّة (بخار)، مع الملاحظة، بأنه، على الرّغم من استمرار تقديم الحرارة للماء تبقى درجة حرارته ثابتة وتسمى بنقطة غليان الماء أو درجة غليان الماء.

يمكن ربط مفهوم درجة حرارة الجسم بحركة الجزيئات (الجسيمات) المكونة للجسم، عند وصف مفهوم درجة الحرارة، لأن معنى مفهوم درجة الحرارة لا يكون واضحا إلا بتوظيف حركة الجزيئات، كما نجد ذلك في كتب الفيزياء، حيث تشير إلى مفهوم درجة حرارة جسم، بأنها مؤشر على مدى حركيّة جزيئاته أو ذراته، حيث يمكن رياضياً إيجاد معادلة تربط بين الطّاقة الحركيّة للجزيئات أو ذرات جسم ما ودرجة حرارته مقدرة بالكلفان (Kelvin).

ينطلق غيونسولي (Giancoli) من أجل التّمييز بوضوح بين درجة الحرارة والحرارة، باستخدام النّظريّة الحركيّة للجزيئات، حيث يقول "درجة الحرارة بالكلفان (Kelvin) هي مقياس لمتوسط الطّاقة الحركيّة للجزيئات، في حين الحرارة تتعلق بنقل الطّاقة من نظام إلى آخر بسبب الفرق في درجة الحرارة" (غيونسولي، 2006، ص. 655).

4. الخلاصة (Conclusion)

لقد تعرضنا في هذا البحث إلى اهتمام العلماء بالمراحل المتتاليّة التي مر بها مفهوما الحرارة ودرجة الحرارة عبر التّاريخ، بدءاً بالمعني الفلسفي والميتافيزيقي، حيث كان مفهوم الحرارة من ضمن العناصر الأربعة المكونة للطبيعة (للكون)، وذلك قبل عدة قرون من ظهور الفيزياء الحديثة.

كما يتميز هذا البحث بمظهريه العلمي الفيزيائي والتّعليمي لتطوّر مفهوم الحرارة وارتباطه بالتّطوّر التّطبيقي لمفهوم درجة الحرارة، حيث تعرضنا في المظهر الأوّل، إلى النّظريّة الماديّة (الفلوجستيك والكالوريك) والنّظريّة الحركيّة التي ظهرت مع ظهور الفيزياء الحراريّة أو علم التّحريك الحراري؛ حيث تم تناول مفهوم الحرارة كشكل من أشكال الطّاقة ومفهوم درجة الحرارة كمقياس للاضطراب الحراري وحركة الجزيئات داخل المادّة.

أما في المظهر الثاني، فإننا أردنا من خلاله، أن نهتم بالمشاكل التّعليميّة التي طرحها مفهوما الحرارة ودرجة الحرارة من المنظور الفيزيائي، ولكن مع الأخذ بعين الاعتبار مختلف مكونات الفيزياء الأساسيّة والتّطبيقيّة، وكذلك المتطلبات والشّروط المختلفة التي يفرضها النّظام التّربوي مع التّركيز بشكل خاص على المتعلّم.

إن الصعوبة في التّمييز بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة يرجع إلى استعمال المصطلحين في اللغة المتداولة في الحياة اليوميّة بنفس المعنى، حيث نجد مصطلح الحرارة مقرونا بدرجة، للتعبير عن مفهوم درجة الحرارة، بينما نعبّر عن مفهوم الحرارة بمصطلح الحرارة. وبالرّغم من هذا الالتّباس من النّاحيّة اللغويّة، إلا أنه، يوجد فرق كبير بين الحرارة ودرجة الحرارة من النّاحيّة العلميّة، كما توضح ذلك كتب الفيزياء الجامعيّة والمدرسيّة.

المراجع (References)

1- إبراهيم، شريف (1963): الحرارة والدّيناميكا الحراريّة الدّار القوميّة للطباعة والنّشر فرع الإسكندريّة مصر.

2- الجرجاني، علي بن محمد الشّريف (1985): كتاب التّعريفات، طبعة جديدة، مكتبة لبنان، بيروت.

3- عدنان، مصطفى (1988): الفيزياء الحراريّة. ديوان المطبوعات الجامعيّة، بن عكنون، الجزائر.

4- وزارة التّربيّة الوطنيّة (2013): الوثيقة المرافقة لمناهج التّعليم المتوسط، اللجنة الوطنيّة للمناهج مديريّة التّعليم الأساسي، الرّياضيات، علوم الطّبيعة والحياة، العلوم الفيزيائيّة والتّكنولوجيا، الوثيقة المرافقة لمنهاج مادة العلوم الفيزيائيّة والتّكنولوجيا.

5- Agabra, Jacqueline (1985) :A travers l'histoire des sciences : Ou comment est-on passe de la chaleur sensible à la chaleur considérée comme un mode de transfert de l'énergie. Rapports de Recherche. n°3. 1NRP.

6- Eastes, R-E.; Pellaud, F. (2003) : Comment déconceptualiser les sciences?, ou les vertus de l'approche phénoménologique. In A. Giordan ; J.-L. Martinand ; D. Raichvarg (éds.), Actes des XXV_{es} Journées Internationales sur l'Education Scientifique. S. ;113-120.

7- Giancoli, Douglas C. (2006): Physik, Aus Amerikanischen von Micaele Krieger-Hauwede et al., Pearson Education Deutschland, München. S. 651-683.

8- Job, Georg (2004): Neudarstellung der Wärmelehre - Die Entropie als Wärme. Neue Auflage Akademische Verlagsgesellschaft, Verlag, Frankfurt am Main, Germany.

9- Halbwachs, Francis, (1974) : La pensée physique chez les enfants et le savant. Neuchâtel, le Griffon.

10-Halbwachs, Francis, (1980) : Histoire de la chaleur**.** Paris. CUIDE n° 17.Sept.

11- Rosmorduc, J. (1987): Histoire de la Physique, Tome 1, La formation de la physique classique. Technique et Documentation Lavoisier, Paris ; France.

12- Willer, Jörg (1990): Physik und Menschliche Bildung. Eine Geschichte der Physik und ihres Unterrichts. Verlag, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt Deutschland.

13-Zimmermann-Asta Ricardo, Marie-Louise (1990): Concept *de chaleur:* contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisations dans un processus d'apprentissage. Thèse de doctorat: Univ. Genève, no. FPSE 172.