دراسات
ISSN: 2090 – 0449 Online
ISI International Scientific Indexing, [8140].
AIF Arab Impact Factor for Arabic Scientific Journals, [1.3].

تأثير الحرارة على حالات المادة عند العلماء العرب والمسلمين بين القرنين التاسع والتاسع عشر الميلادي

د. سائر بصمه جي
دكتوراه في تاريخ العلوم الأساسية
باحث في تاريخ العلوم العربية
حلب – الجمهورية العربية السورية

مُلَخّص

يحاول في هذا البحث أن يكمل العمل في مجال تاريخ علم الحرارة، لكن من جانب إسهامات العلماء العرب والمسلمين في البحث في كيفية تأثير الحرارة على مختلف حالات المادة. وقد لاحظ القدماء آثار الحرارة على المادة بأشكالها الثلاث، وحاولوا الاستفادة منها حينًا وتجنبها حينًا آخر. ويعتقد أنه منذ ما يقرب من مليون إلى خمسمائة ألف سنة، تعلم الإنسان البدائي كيف يستعمل النار، ويبدو أنه عرف عملية الغليان. وربما يكون سحرة المصريين القدماء قد استخدموا في حيلهم الخادعة في الأفاعي المُتلوّية فكرة تمدد معدن الزئبق (أو غيره من المعادن) لدى تعرضه لأشعة الشمس، فيخيل للناس أن هذه الحبال المحشوّة بتلك المادة أو الزئبق أفاعٍ تتلوى وتملأ الوادي فوق بعضها بعضًا. يسعى هذا البحث للكشف عن جهود الفلاسفة والعلماء اليونانيين ومقارنة أعمالهم بجهود العلماء العرب والمسلمين، في محاولتهم تفسير آثار الحرارة على مختلف حالات المادة. ولقد وجدنا من خلال هذا البحث أن العلماء العرب والمسلمين قد صاغوا تعريفات أكثر دقة ووضوح لمفهوم الحرارة من اليونانيين، كما أنهم درسوا مختلف الحالات التي تؤثر فيها الحرارة على المادة وتحولها من طور لآخر، وقام بعضهم باعتماد النظريات اليونانية في تفسيرها، في حين أن البعض الآخر خرج عن طروحات الفكر الأرسطي في تفسيرها وقدم رؤًى جديدة، نرى أنها تستحق أن تأخذ مكانتها في تاريخ علم الحرارة.

بيانات الدراسة:

تاريخ استلام البحث: ٠١ يوليو ٢٠٢٠
تاريخ قبـول النشـر: ٠٧ أغسطس ٢٠٢٠

كلمات مفتاحية:

اليونانيون؛ تاريخ العلم؛ الحرارة؛ البرودة؛ حالات المادة؛ الجسم الصلب

معرِّف الوثيقة الرقمي:

DOI 10.21608/KAN.2020.184902

الاستشهاد المرجعي بالدراسة:

سائر بصمه جي. "تأثير الحرارة على حالات المادة عند العلماء العرب والمسلمين بين القرنين التاسع والتاسع عشر الميلادي".- دورية كان التاريخية.- السنة الثالثة عشرة- العدد التاسع والأربعون؛ سبتمبر ٢٠٢٠. ص ٩٤ – ١١٠.

Corresponding author: saerbasmaji@gmail.com
Official website: http://www.kanhistorique.org
Twitter: http://twitter.com/kanhistorique
Facebook Page: https://www.facebook.com/historicalkan
Facebook Group: https://www.facebook.com/groups/kanhistorique
Egyptian Knowledge Bank: https://kan.journals.ekb.eg
Editor In Chief: mr.ashraf.salih@gmail.com
Inquiries: info@kanhistorique.org

Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

نُشرت هذه الدراسة في دّوريةُ كَان التَّارِيْخية للأغراض العلمية والبحثية فقط، وغير مسموح بإعادة النسخ والنشر والتوزيع لأغراض تجارية أو ربحية.

مُقدِّمَةٌ

تـؤثر الحـرارة عـلى مختلـف حـالات المـادة بثلاثـة أشـكال: (الأول) قـد تغير مـن حالـة المـادة بحيث تجعـل المـادة الصلبة تنصـهر، والسـائل يتبخـر، وإذا انخفضـت تجعـل البخـار يتكـاثف لسائل والسائل يتجمد. (الثاني) ترفع من درجة حرارة الجسم، فـإذا كـان لـدينا جسـم معـدني وقمنـا بتعريضـه للحـرارة فإنـه يسخن. (الثالث) تمدد الجسم بحيث تزيد من حجمه، أي أنه يزيد من حيز الفراغ الذي كان يشغله سابقًا عندما كان باردًا. وعندما تتغير حالة المادة وفق إحدى الحالات السابقة فإنه يتم امتصاص الحرارة الكامنة (latent heat) أو توليدها دون حدوث أي تغير في درجـة الحـرارة، ويقصـد بالحـرارة الكامنـة كميـة الحـرارة الـتي تمتصها أو تطلقها المادة التي تتغير حالتها عند درجة حرارة ثابتة، كما هو الحال في التبخر مثلاً[١].

وقد لاحظ القدماء آثار الحرارة على المادة بأشكالها الثلاث، وحاولوا الاستفادة منها حينًا وتجنبها حينًا آخر. ويعتقد أنه منذ مـا يقـرب مـن مليـون إلى خمسـمائة ألـف سـنة، تعلـم الإنسـان البـدائي كيـف يسـتعمل النـار، ويبـدو أنـه عـرف عمليـة الغليـان – وهـي عمليـة معقـدة تقنيًـا بالنسـبة لـه-مـن خـلال غمـر أحجـار تسـخّن بالنـار في حفـرٍ أرضـية مصـفوفة بالأحجـار. فـالحفرة كانـت بمثابـة الوعـاء الـذي يسـتوعب المـاء، والحجـارة السـاخنة بمثابـة المصـدر الحـراري[٢]. وربمـا يكـون سـحرة المصـريين القـدماء قـد اسـتخدموا في حيلهم الخادعـة في الأفـاعي المُتلوّيـة فكـرة تمـدد معـدن الزئبـق (أو غـيره مـن المعـادن) لـدى تعرضـه لأشـعة الشمس، فيخيل للناس أن هذه الحبال المحشوّة بتلك المادة أو الزئبق أفاعٍ تتلوى وتملأ الوادي فوق بعضها بعضًا[٣]. وهي الخدع السحرية التي جاء ذكرها في القرآن الكريم بقوله تعالى: ﴿قالُوا يا مُوسى إِمَّا أَنْ تُلْقِيَ وَإِمَّا أَنْ نَكُونَ أَوَّلَ مَنْ أَلْقى قالَ بَلْ أَلْقُوا فَإِذا حِبالُهُمْ وَعِصِيُّهُمْ يُخَيَّلُ إِلَيْهِ مِنْ سِحْرِهِمْ أَنَّها تَسْعى﴾[٤].

نعرّف اليوم الحرارة بأنها شكل من أشكال الطاقة المنتقلة عبر حدود المنظومة، وذلك نتيجةً لوجود فروقات في درجة الحرارة عبر الحدود[٥]. **ولكن ما هو مفهوم الحرارة بالنسبة للعلماء والفلاسفة السابقين للعلماء العرب؟**

لقد التفت اليونانيون إلى مفهوم الحرارة منذ القرن السادس قبل الميلاد، فالكرة النارية المحيطة بكرة الهواء أصلها من الحرارة، كما اعتقد بذلك كل من أنكسمندار(القرن ٦ ق.م)[٦] وبارمنيدس (القرن ٥ ق.م)[٧]، ثم قال أفلاطون (القرن ٤ ق.م) باندماج الحرارة واليبوسة لتشكيل النار[٨]، وقد لحق به أرسطو (القرن ٤ ق.م) الذي أرسى فكرة العناصر الأربع والعنصر الخامس (الأثير)[٩]، وانتقد تفسيرات الذريين للحرارة، وأنه يمكن تعريف الحرارة انطلاقًا من نظريته في القوة والفعل، فقال بأنها التي تجمع ما بين الجواهر المتجانسة، لأن التفريق الذي يقال عن النار أنها تفعله، إنما هو في حقيقته تركيب الأشياء التي هي من نوعٍ واحد، ما دام الذي يحصل هو أن النار تخرج الجواهر القريبة وتنقيها، والبرودة ضد ذلك تجمع وتركب على السواء الأشياء المتجانسة وغير المتجانسة[١٠]. لكن لوكريتوس (القرن ١ ق.م) الروماني لم يتفق مع أرسطو، واعتبر أن الحرارة تحل في الجسم الحار وتنفصل عن الجسم البارد كالروح والجسد[١١].

التعريف الذي صمد وتمّ اعتماده من قبل فريق من العلماء العرب في النهاية هو تعريف أرسطو للحرارة بأنها تجمع الأجزاء المتجانسة مع بعضها في المادة وتفرّق المتشاكلات. بالمقابل سنجد فريقًا آخر سيخرج على هذا التعريف الأرسطي ويقدم تعريفات جديدة. فقد بدأت دراسة ظاهرة الحرارة من الناحية العلمية عند العرب والمسلمين منذ القرن (٣هـ/٩م)، إذْ قدّم لنا جابر بن حيان (توفي ٢٠٠هـ/٨١٥م) تعريفه للحرارة ولعلم الحرارة، وهو أول تعريف موثّق تمكّنا من العثور عليه. إذْ قال بأن الحرارة هي " غليان الهيولى، وهي حركتها في الجهات كلها"[١٢]، وعرّف علم الحرارة بأنه "هو العلم بجوهرها وأثرها وما تأثرت منه إذا كان علمًا بها على التفصيل، فأما إذا كان علمًا بها على الجملة فهو العلم بأثرها الخاصّ بها"[١٣].

وعندما نقول إنه وضع "تعريفًا لعلم" فهذا يعني أنه قام بعملية تحديد لمعنى هذا العلم، وأنه بات لهذا العلم قواعد محددة مضبوطة يمكن تعلّمها وممارستها في أي مكان وزمان. ولم نجد للأسف من العلماء العرب اللاحقين من أخذ بتعريف جابر سوى إخوان الصفا (القرن ٤هـ/ ١٠م)[١٤].

أما بقية العلماء فبعضهم تأثر بتعريف أرسطو للحرارة مثل الكندي (توفي ٢٥٦هـ/٨٧٠م)[١٥]، وابن سينا (توفي 428هـ/١٠٣٦م)[١٦]، وسيف الدين الآمدي (توفي ٦٣١هـ/١٢٣٣م)[١٧]، ونصير الدين الطوسي (توفي -٦٧٢هـ/١٢٧٤م)[١٨]، وابن كمونة (توفي ٦٨٣هـ/ ١٢٨٥م)[١٩]، وسعد الدين التفتازاني (توفي ٧٩٣هـ/١٣٩٠م)[٢٠]، والأحمد نكري (توفي في القرن ١٢هـ/١٨م)[٢١]. وبعضهم حاول شرح الظاهرة بطريقته الخاصة بشكل مستقل عن التأثر بأرسطو مثل أبو هاشم الجُبَّائي (توفي 321هـ /٩٣٣م) الذي كرر فكرة لوكريتوس، والفارابي (توفي 339هـ/٩٥٠م) الذي قال إن الحرارة " المبدأ الأول الذي هذا الجسم المركّب به فعله"،

فهو يعتبر أن الجسم المركّب، مثل جسم الإنسان، لا يمكنه أن يقوم بعمله دون وجود الحرارة[٢٢].

أما ابن ملكا البغدادي (توفي ٥٦٠هـ/١١٦٥م) فقد قال إن الحرارة "حالة بسيطة مدركة بحس اللمس معروفة عند المدرك والمسمى من المدركات الأُوَل التي لا تحتاج أن تُعرف بغيرها في حدّ ولا رسم"[٢٣]. وعرّف فخر الدين الرازي (توفي ٦٠٦هـ/١٢٠٩م) الحرارة بقوله: إن "الحرارة جزء من الحار، والحار جوهر، فالحرارة جزء الجوهر، وجزء الجوهر جوهر، فالحرارة بالنسبة إلى الحار من حيث هو حار جوهر، لكنها بالنسبة إلى الجسم القابل لها عرض فهي جوهر وعرض بالنسبة إلى الأمرين"[٢٤]. وبذلك يحاول الإمام التوفيق بين الرأيين القائلين بأن الحرارة إما أنها مكتسبة أو أنها داخلية في الجسم نفسه.

وآخر تعريف طالعنا عليه عضد الدين الإيجي (توفي ٧٣٥هـ/١٣٥٥م) الذي لم يتفق مع ابن سينا وأي شخص يقول بقوله، وبالتالي عدم اتفاقه مع الطرح الأرسطي، في تعريف الحرارة "وذلك أن الحرارة فيها قوة مصعّدة، فإذا أثرت الحرارة في جسم مركّب من أجزاء مختلفة باللطافة والكثافة ينفعل اللطيف منه أسرع فيتبادر إلى الصعود الألطف فالألطف دون الكثيف فيلزم بسببه تفريق المختلفات ثم الأجزاء تجتمع بالطبع فإن الجنسية علة الضم والحرارة معدة للاجتماع فنسب إليها"[٢٥]. إذًا فقد حاول الفريق العربي الثاني أن يبرز رأيه الناقد وشخصيته العلمية من جوانب أخرى لم يتطرق إليها التعريف الأرسطي للظاهرة الحرارية. على العموم، إن وضع تعريف لمفهوم الحرارة سيجعل أي عالم يبحث في ظاهرة تأثير الحرارة على المواد أن يرتكز على هذا التعريف ليصل إلى تفسير مقنع يتسق مع تعريفه.

أولاً: اليونانيون

ناقش بعض اليونانيين كيفية تأثير الحرارة على حالات المادة، فقد ذكر أناكسايمانس (نحو ٥٨٥-٥٢٥ ق.م) Anaximenes[٢٦]، حيث إنه ربط عملية تحولات المادة بالخفة والتكثيف التي ترتبط بدورها بتحولات الحرارة والبرودة؛ فالهواء عندما يتمدد أو يتكثف يظهر بأشكالٍ متنوعة[٢٧]. وطرح الرواقيون (القرن ٤ ق.م) Stoicism مفهوم التوتر لدى تحول المادة من حالة لأخرى، ويحدث التوتر في النار أو الهواء أو الماء بسبب ظهور حركتين إحداهما نحو المركز والأخرى نحو المحيط[٢٨].

وقد أشار أرسطو (القرن ٤ ق.م) Aristotle إلى ظاهراتي الغليان والتجمد كظاهرتين متقابلتين، واكتفى بالعموميات المعهودة عنه في شرحهما وتفسيرهما[٢٩]. أما فيلون البيزنطي (القرن ٣ ق.م) Philo of Byzantium فقد تناول فيلون في كتابه (في الحيل الروحانية وميخانيقا الماء) تجربةً (أسماها حيلةً) أثبت بواسطتها أن الهواء يتمدد بالحرارة ويتقلص بالبرودة؛ فمع أن الهواء عنصر لكنه يتمدد بوجود كيفية الحرارة[٣٠].

وقد أدرك أبولونيوس التياني (القرن ام) Apollonius of Tyana أو بلينوس الحكيم مفهوم تمدد الهواء بعد فيلون بحوالي ٤٠٠ سنة، وذلك من خلال التجربة الآتية "والدليل على هرب الريح من الحرارة أنك لو ملأت جرابًا هواء، ثم ثقبت طرفيه، ثم أوقدت نارًا مما يلي الطرفين لتدافع الهواء من الجراب حتى يخرج من الحيّز الذي لا يلي النار، ولا يخرج من الحيز الذي يلي النار شيء منه ولا يستقبل الحرارة، لأن الغالب على طبيعة الرطوبة والرطوبة <أن> تهرب من الحرارة، والحرارة تقهر الرطوبة إذا امتزجت بها فتصيّرها بخارًا، ثم يصير ذلك البخار ريحًا"[٣١].

وهكذا فإنه ثمة فرق واضح بين آراء الفلاسفة اليونانيين السابقين على أرسطو وبين اللاحقين عليه، فقد كان السابقين عليه يقدمون رؤى بعيدة عن الواقع الفيزيائي، ولذلك لم يكتب لنظرياتهم البقاء، كما هو حال آراء اللاحقين على أرسطو التي كانت أقرب لتوصيف ما يحدث لدى تأثير الحرارة على مختلف حالات المادة.

ثانيًا: العلماء العرب والمسلمين

يرى فيدمان أن العلماء العرب توصلوا إلى اكتشاف مجموعة من الطرائق لحساب الأوزان النوعية، رغبةً في تحسين القيم القديمة. ولم يخصوا الأجسام الصلبة فقط في تجاربهم، وإنما السائلة أيضًا، وأثبتوا أن السوائل تصبح أخف مع ارتفاع درجة الحرارة[٣٢]. وسنجد أنه كثيرًا ما يستخدم لدى العلماء العرب مصطلح "الاستحالة" كما كان يطلق عليه، أو التحول من طور إلى آخر في المادة، فالانتقال من الطور الغازي إلى السائل يكون بتكاثف بخار الماء على سطح مخروط موضوع داخل الثلج، طبعًا كان يقصد ببخار الماء في ذلك العصر (الهواء)[٣٣]. كما أنهم عرفوا تمدد الأجسام الناجم عن زيادة الحرارة والتقلص الناجم عن البرودة.

٢/١-جابر بن حيان (القرن ٣هـ/ ٩م)

لاحظ جابر أن درجة الغليان في حامض الخليك أدنى من درجة غليان الماء، وذلك عندما كان يقوم بتقطير الخل للحصول على حامض الخليك المركز[٣٤]. كما وجد أن الحرارة عندما تدخل في

المادة فإنها تزيد في طولها إذا كانت جامدة، وترفعها للأعلى إذا كانت غازية، ويحدث العكس مع البرودة، في حين أن الرطوبة توسع المادة عرضًا وتكون اليبوسة في الأشياء الدقيقة والرفيعة، يقول في ذلك: "وأيضًا فينبغي أن تعلم أن الطول كله والأخذ إلى الأعالي من قسم الحرارة، وأن القصر والعكس بمقابلة تلك الحدود للبرودة، وأن الأخذ عرضًا للرطوبة، وهي تكون في الأشياء الغليظة المنبسطة، والأشياء الدقيقة النحيفة لليبوسة لا غير"[٣٥].

ويرى الباحث فؤاد جميعان أن العرب فطنوا إلى أن الحرارة تؤثر على كثافة المواد، لكنهم لم يفطنوا إلى أن لها تأثيرًا على حجم الأشياء[٣٦]. ولكن رأيه هذا كان مجانبًا للصواب، فقد أشار جابر بن حيان في (كتاب أرض الحجر) عندما كان يناقش قوله تعالى﴿ وَتَرَى الْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاء اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنبَتَتْ مِن كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ﴾[٣٧]. إلى أن العلماء يرون في معنى "ربَت" أي زاد حجمها فانتفخت وعلت بسبب هطول الماء على تربتها، ثم ينتقل جابر لمناقشة العلاقة بين الحرارة والبرودة وتأثير كل منهما على حالة المادة بطريقة علمية في هذا التفسير :"قالوا فأما الوزن إلى النقصان أقرب وعليه الثقل والبرد والتلزز والاجتماع والحركة إلى المركز ... وعلة الخفيف عكس هذه كلها وما عملت في الحرارة فبعيدٌ أن يزيد وزنه وإنْ زاد جرمه ... يزيد مساحته وينقص وزنه لفقده التلزز والتحليل الذي هو من علّة الخفيف فقد بطل أن تكون زيادة وزن هذه الأرض بتمديد الحرارة وسخونتها. قالوا والعلة في زيادة وزنها هو عكس هذا بعينه وذلك أنها إذا دُبّرَت بالنار فإن النار تحلّ بالحرارة منها وتجذبها إلى نفسها وتفرّق بينها وبين أجزاء البرودة، إذْ من شأن النار التفرقة بين الأجزاء المختلفة والجمع بين الأجزاء المتشابهة، فإذا فرقه ... بحرارةٍ واللطف الذي هو علة الخفة بقي منها الحارّ والبارد الذي هو علة الثقل مزاد الوزن"[٣٨]. و" من شأن الحرارة إبادة الرطوبة والتعدي بها"[٣٩]. سواء كانت هذه الحرارة كيفية داخلية أم خارجية مسلطة على المادة من مصدر حراري.

أما اليبوسة أو الجفاف المرتبط بالحرارة فتنقسم من حيث أثرها إلى قسمين:" يبس محسوس يسمى ظاهرًا، ويبس بالقوة ويسمى باطنًا. وكذلك الحرارة والبرودة والرطوبة فإنها تنقسم هذين القسمين بأعينهما"[٤٠]. بمعنى تظهر خاصية اليبوسة، وغيرها من الطبائع، بشكل محسوس الأثر (بالفعل) أو تكون خفية (بالقوة) لا تظهر إلا بوجود ما يدفعها للظهور.

٢/٢-الكندي (القرن ٣هـ/ ٩م)

أدرك الكندي القاعدة العامة بأن الأجسام تتقلص بتأثير البرودة فتأخذ حيزًا مكانيًا أقل، وتتمدد بالحرارة فتأخذ حيزًا مكانيًا أكبر الأمر الذي يجعل الهواء يزاح من أمام المتمدد. قال الكندي: "وكل جسم برد انقبض واحتاج إلى مكان أصغر من مكانه قبل برده، وكل جسم حميَ انبسط واحتاج إلى مكان أعظم من مكانه قبل حميه؛ فسال الهواء من جهة الموضع المنبسط الحارّ إلى جهة الموضع المنقبض البارد"[٤١].

٣/٢-الفارابي (القرن ٤هـ/ ١٠م)

الجسم الساخن عند الفارابي هو " ما خالطه جسم حار، فيتبدد في خلاله الأول فيسخن جملة المجتمع منهما بمنزلة ما يسخن الماء متى صُب فيه ماء حار، أو أن يحدث فيه سخونةً من غير أن يُركّب إليه أو يخالطه جسم حار"[٤٢]. وبخصوص الحدود القصوى التي تكون عليها المادة حسب زيادة أو نقصان الحرارة فيها، فإن " الجسم البالغ في الحرارة بطبعه هو النار، والبالغ في البرودة هو الماء، والبالغ في الميعان هو الهواء، والبالغ في الجمود هو الأرض"[٤٣]. بمعنى أننا أقصى درجة لكيفية الحرارة نجدها في النار، ولذلك فإن النار قادرة على تسخين أي جسم يسلط عليها.

٤/٢-أبو الحسن المسعودي (القرن ٤هـ/١٠م)

لاحظ أبو الحسن المسعودي (توفي ٣٤٦هـ/ ٩٥٧م) تمدد الأجسام الطولي بتأثير الحرارة الخارجية، وقد عمم هذه القاعدة على كل الأجسام فقال: " وأن الأجسام إذا حُميت احتاجت إلى مواضع أوسع من المواضع التي كانت فيها فما تحدثه الحرارة من تباعد نهاياتها عن مركزها، وأنها إذا بردت صارت بضد ذلك لأن البرد يفعل تقارب نهايات الأجسام من مركزها فتحتاج إلى مواضع أصغر من مواضعها"[٤٤]. ويدلنا هذا النص العلمي الدقيق على وجود ممارسة تجريبية وليس مجرّد تخمين نظري؛ فعندما نقول "عمم" فهذا يعني أنه قد لاحظ تكرار الظاهرة على أكثر من مادة وفي مختلف الأزمنة والأمكنة. والمسعودي معروف بدقة ملاحظته ومناقشته للمسائل العلمية، فقد قدم لنا واحدة من أحد أفضل المناقشات المتعلقة بأسباب ظاهرة المد والجزر بعد دراستها ومعاينتها[٤٥]، فلا غرو أن يقدم لنا واحدة من أحد أفضل التفاسير العلمية لتأثير الحرارة على الأجسام.

٥/٢-إخوان الصفا (القرن ٤هـ/١٠م)

المادة الوحيدة التي لا تتأثر بحرارة أو برودة -حسب إخوان الصفا-هي الفلك، وذلك لأن طبيعته "طبيعة خامسة إنما

يعنون أن الأجسام الفلكية لا تقبل الكون والفساد والتغير والاستحالة والزيادة والنقصان، كما تقبلها الأجسام التي تحت فلك القمر"[٤٦]. ومن صفات الأجسام الفلكية "أنها ليست حارة ولا باردة ولا رطبة ولا يابسة ولا ثقيلة ولا خفيفة، ولا يستحيل بعضها إلى بعض فيكون منها شيء آخر، ولا يزيد في مقاديرها ولا ينقص"[٤٧]. ويفسرون سبب قولهم هذا لأنه "من أجل أن الحرارة إنما تعرض للأجسام السيالة المتحللة عند الحركة، لأن أجزاءها تفارق مجاورتها بعضها بعضًا، وتتبدل بالغليان الذي هو الحرارة. ولما كانت الأجسام الفلكية متماسكة الأجزاء من شدة اليبس، لم تفارق مجاورة أجزائها بعضها بعضًا، فلا يعرض لها الغليان الذي هو الحرارة. وأما البرودة فإنها تعرض للأجسام عند سكونها، والأجسام الفلكية دائمة الحركات والدوران، فلا تسكن فتبرد"[٤٨].

ويميز إخوان الصفا بين اليبوسة (الجفاف) الناجم عن الحرارة والآخر الناجم عن البرودة بقولهم: "واعلم يا أخي بأن اليبوسة نوعان: إحداهما تابعة للحرارة وهي فاضلة، والأخرى تابعة للبرودة وهي رذلة. وذلك أن اليبوسة التابعة للحرارة هضمة نضجة، والتي تتبع البرودة فِجّة غير نضجة. ومثال ذلك يبوسة الياقوت والبلور وأشباهُها؛ فإنها قد أنضجتها بالطبخ حرارة المعدن، فهي لا تستحيل ولا تتغير. وأما التي هي تابعة للبرودة مثال يبوسة الثلج والجليد والملح وغيرها، فإنها لما كانت فجة غير نضجة صارت رذلة مستحيلة متغيرة"[٤٩].

٦/٢-ابن سينا (القرن ٥هـ/١١م)

يعتبر الباحث عمر فرّوخ أن ابن سينا لم يصب عندما جعل من الحرارة والبرودة خاصيتين مستقلتين، إلا أنه كان على حقّ في قوله إنّ الحرارة تتسبب بتخلخل وخفة الأجسام الكثيفة، كما أن البرودة تقوم بتكثيف الأجسام[٥٠]. فقد لاحظ ابن سينا تأثير الحرارة في عملية تكاثف قطرات الماء خارج كأس النحاس يوجد فيه جليد، ونفى أن يكون سبب ذلك هو الرشح، ويقدم على ذلك أمثلة عديدة واقعية، مثل أن يحدث التكاثف داخل الكأس إذا كان الجليد في الخارج، ولا تحدث حالة التكاثف إذا وضع الكأس داخل ماء مغلي.

يقول ابن سينا: "وأنت قد تضع الجمد في كوز صُفْرٍ فتجد في خارجه من الماء المجتمع على سطحه كالقطرِ شيئًا له قدر صالح، ولا يمكن أن ينسب ذلك إلى الرشح لأنه ربما كان ذلك حيث لا يماسه الجمد وكان فوق مكانه ثم لا تجد مثله إذا كان الماء حارًا والكوز مملوء - ثم قد يجتمع مثل ذلك داخل الكوز حيث لا يماسه الجمد وليس ذلك رشحًا البتة، وقد يدفن القدح في جمد محفورًا حفرًا مهندمًا عليه ويشد رأسه فيجتمع فيه ماء كثير وإن وضع في الماء الحار الذي يغلي مدة وشد رأسه لم يجتمع فيه شيء وإذا بطل أن يكون على سبيل الرشح"[٥١].

والتفسير الرئيس لذلك –حسب ابن سينا واعتمادًا على تعريف أرسطو للحرارة-هو استحالة الهواء المجاور للكأس أو بخار الماء الموجود في الهواء إلى ما يماثله في طبع البرودة وهو الماء، لذلك يستبعد ابن سينا تمامًا أن يكون قد حدث رشح من الماء الموجود داخل الكأس إلى خارجه.

قال ابن سينا: "فلا يخلو إما أن يكون على سبيل أن ما يجاور القدح أو الكوز وهو الهواء قد استحال ماء أو أن المياه المنبثة في الهواء انجذبت إلى مشاكلها في البرودة وهذا القسم الثاني محال وذلك أنه ليس في طبيعة الماء أن يتحرك إلا على سبيل الاستقامة إلى السفل - ولو كان يجوز أن يتحرك كيف اتفق لكانت القطرات إذا خلى عنها عند مستنقع ماء عظيم كثير بارد أو عند مجمع جمد كثير أن تميل إليه عن جهتها المستقلة - فإذًا ليس على سبيل الرشح ولا على سبيل الانجذاب فيبقى أن يكون على سبيل استحالة الهواء ماء فتكون إذًا المادة مشتركة فيستحيل الماء أيضًا عند التبخير هواء ثم الهواء قد يستحيل عند التحريك الشديد محرقًا"[٥٢].

ثم يعمم ابن سينا ظاهرة تكاثف قطرات الماء أنها يمكن أن تحدث على أي سطح بارد، وأن سببها هو تحوّل الهواء إلى ماء. مثله في ذلك مثل النار التي تُصنع بسبب النفخ أو تحوّل المياه إلى حجارةٍ صلبة، يقول في ذلك: " قد يبرد الإناء بالجمد فيركبه ندى من الهواء، كلما التقطته مُدَّ إلى أي حدّ شئت ولا يكون ليس إلا في موضع الرشح. ولا يكون عن الماء الحارّ، وهو ألطف وأقبل للرشح، فهو إذن هواء استحال ماء، وكذلك قد يكون صحو في قمم الجبال، فيضرب الصِّر[٥٣]، هواها فيجمد سحابًا لم ينسق إليها من موضع آخر، ولا انعقد من بخار متصعد، ثم يُرى ذلك السحاب يهبط ثلجًا، ثم يضحي ثم يعود. وقد تخلق النار بالنفاخات من غير نار. وقد تحلّ الأجسام الصلبة الحجرية، مياهًا سيالةً، كما قد تجمد مياه جارية تشرب، حجارةً صلدةً"[٥٤].

ويوسع ابن سينا ما طرحه أرسطو بشأن أثر الحرارة على المادة فقال: " الحرارة ليست تفرّق المختلفات؛ بل قد تفرّق المتشاكلة، كما تفعل بالماء، فإنها تفرّقه تصعيدًا. وأيضًا فإن النار قد تجمع المختلفة. فإنها تزيد بياض البيض وصفرتها تلازمًا، ثم بالحقيقة ولا أحد الفعلين لها فعل أول، وذلك لأن فعلها الأول تسييل الجامد من الرطوبات بالبرد وتحليله، ثم

تصعيده وتبخيره"[٥٥]. وحاول أن يوضح عملية الاجتماع الذي تحدثه الحرارة بقوله:" إن الحرارة تفعل في الأجسام البسيطة وتفعل في الأجسام المركبة؛ والجسم الواحد البسيط يجتمع، فيستحيل أن يقال إن النار تجمعه؛ لأن قولنا كذا يجمع كذا معناه أن يجمع ما ليس بمجتمع"[٥٦].

ويبدو أن ابن سينا لاحظ تجريبيًا تمدد الماء في وعاء محكم الإغلاق كان قد وضعه في فرن لمدة من الزمن، يقول ابن سينا:" وقد عاينت قمقمة صغيرة شددنا رأسها بعد ملئها بالماء ووضعناها في أتون فما لبثنا حتى انشقت وخرج كل ما كان فيها نارًا. ومن المعلوم أن الماء الذي كان فيها لم يمازج بأجزائه المتفرقة شيئًا آخر حدث منه تغير، لأن النار لم تكن في القمقمة أولاً، ولا دخلت ثانيًا لعدم المنفذ في القمقمة. فمن المعلوم أن استحالتها كانت على سبيل التغير في ذاتها الهوائية والنارية لا على سبيل تفرق الأجزاء"[٥٧].

إن ما لاحظه ابن سينا في هذه التجربة هو التمدد الحجمي للماء، وهو ما أسماه "بالتغير في ذاتها" فقد تمدد الوعاء لدرجة أكبر من حجم الوعاء فأدى ذلك لانفجارها وخروج الماء والبخار المتولد نتيجة عملية التسخين. وبذلك برهن ابن سينا من حيث يدري أو لا يدري على عدم دقة تعريف أرسطو للحرارة، بأنها سبب تجمع الأشياء المتشابهة في جواهرها ومادتها، وتفريق الأشياء المختلفة في جوهرها ومادتها. وفي الوقت نفسه أثبت صحة تعريف جابر بن حيان بأن الحرارة هي ما يسبب غليان المادة وتحرّكها في كل الاتجاهات. ونحن لا نشك أبدًا بأن ما رآه ابن سينا هو تحطم الوعاء في كافة الاتجاهات وليس بجهة محددة.

مرةً أخرى لاحظ ابن سينا ظاهرة التمدد الحجمي أيضًا التي تظهر في الماء الموضوع في وعاء، وقد حاول تفسير ما حدث اعتمادًا على المبدأ الأرسطي أنّ "الطبيعة تكره الخلاء" مفندًا كل الأفكار الأخرى التي قد تخطر ببال أحدهم، ليصل إلى نتيجة مفادها أن ما حدث هو تمدد الماء داخل الوعاء في كل الاتجاهات، هذا التمدد احتاج لمكان أكبر مما هو فيه فجعل الوعاء يتصدع.

قال ابن سينا: " وينبغي أن تعلم أن هذه الأجسام تقبل التكاثف والتخلخل بأن يصير جسم أصغر مما كان من غير وصل جزء عنه أو أكبر مما كان من غير وصل جزء به، وذلك بيّن من القارورة تمص فتكب على الماء فيدخلها الماء: فإما أن يكون وقع الخلاء وهو محال، وإما أن يكون الجسم الكائن فيها قد خلخله القسر الحامل إياه على تخليه المكان ثم كثفه برد الماء أو تكاثف بطبعه فرجع إلى حجمه الطبيعي عند زوال السبب المخلخل إياه خارجًا عن طبعه. وهذه الأزقاق والأواني التي تتصدع عند غليان ما فيها أو تسخينه إما من طبعه وإما من نار توقد عليه لا يخلو إما أن يكون ذلك الانصداع لأجل حركة تعرض لما فيها مكانية قوية من تلقائه - أو الحركة تعرض لها من محرك دافع أو لحركة لها من باب الكم بتخلخل وانبساط لا يسع مثله سطح الوعاء والقسم الأول محال لأن تلك الحركة إما أن تكون فيها إلى جهة واحدة أو إلى الجهات كلها فإن كانت إلى جهة واحدة فإن نقل الإناء وحمله ربما كان أسهل من صدعه فيجب أن تنقل الإناء وتحمله في أكثر الأمر لا أن تصدعه وإن كانت إلى جهات مختلفة فيلزم من ذلك أن تكون طبيعة متشابهة يعرض فيها أن تتحرك حركات بالطبع مختلفة وهذا محال وإن كان إنما يتحرك مثلاً لدافع مثل ما يظن أن النار تدخل الماء المغلي فيصير أكبر حجمًا فينصدع الإناء فلا يخلو إما أن يدخل ثقبًا خالية وإما أن لا يدخل ثقبًا خاليًا بل يحدث ثقبًا ومنافذ فيه وحال أن لا يدخل ثقبًا خاليًا فإن الخلاء ممتنع - وأيضًا إذا امتلأت الثقب الخالية لم يجب أن يزداد حجم الجسم كله بل وجب أن يكون على ما هو عليه وأما القسم الثاني فلا يخلو إما أن يزيد في الحجم مع مماسة سطح الجسم الذي فيه قبل النفوذ في ثقب مستحدثة فيه أو بعد أن يثقب ويدخل وكلا القسمين باطل - أما مع المماسة فإن نفس المماسة لا توجب زيادة حجم الشيء نعم ربما كان المماس يدفع ويضغط بقوته إلى جهة واحدة مخالفة لجهة حركته ومضطرة إليها - ولا يجب من ذلك أن ينصدع ما يحتوي على المدفوع بل ينتقل على ما بينا على أنه كثيرًا ما يعرض ذلك لا بسبب نار واصلة من خارج بل لأن المحوي يسخن من تلقاء نفسه ومحال أن يقال إن الانصداع واقع بزيادة الحجم بسبب المخالطة من النافذ الثاقب فنقول إن هذا القسم أيضًا محال لأنه لا يخلو إما أن تكون الزيادة في الحجم آن الانصداع أو يكون الحجم قد زاد قبله وكلا القسمين محال - أما الأول فلأن كل آن يكون فيه نافذًا يمكن أن يفرض قبله آن آخر كان فيه نافذًا لأن النفوذ مجاورة السطوح بالحركة ويكون له مسافة ما وتلك المسافة منقسمة وفي بعضها قد كان نافذًا أيضًا فقد كان الحجم زائدًا قبل أن صدع وهذا محال لوجهين أحدهما لأن الإناء الذي ملأه شيء لا يسع فيه مالئ أكثر منه حتى يثقبه إلى أن يشقه والثاني لأن الحجم إذا صار أكبر كان يشق لأنه أكبر فيجب أن يكون قد شق قبل أن شق - اللهم إلا أن يقال إنه دخل شيء وخرج شيء مثله فيكون الحجم لم يزدد إلى وقت الشق ثم ترجع المسألة من

رأس في القدر الذي إذا دخل فيه شيء لم يخرج مثله فقد بطل أن تكون الحركة الصادعة من جهة حركة انتقالية تعرض لما في الاناء من تلقائه وبطل أن يكون لدفع يعرض من دافع وليس يجوز أن تكون إلى جهة واحدة فينتقل الاناء قبل أن يشفه فقد بقي أنه إنما يعرض لانبساطه فيشق بالدفع القوي والتمديد فيكون قد ازداد حجم جسم لا بمداخلة جسم آخر - إما وهو باق بعد على صورته في كليته وإما أن بعض أجزائه استحال إلى صورة أخرى تقتضي كمًا أكبر - وإما أن جميعه استحال إلى صورة تقتضي مقدارًا أكبر"[٥٨].

ويبدو من النص الذي سنقدمه أن ابن سينا حاول جاهدًا وبطريقة منطقية أن يفسّر سبب حدوث التمدد الحجمي للماء، وما هو الشيء الذي أضافته عملية التسخين للماء وجعله يتوسع بهذا الشكل. لكنه، وفي إطار نظرية أرسطو، لم يتمكن من تقديم التفسير الحقيقي لهذا التمدد.

يقول ابن سينا: "وينبغي أن تعلم أن الحرارة التي <هي> من قوى البسائط إذا صادفت مادة مختلطة من رطب ويابس حللت الرطب الذي فيها فازداد الجسم قبولا لحد الرطب حتى إذا أبانته عنه بالتبخير اجتمع فيه اليابس وصلب فيحصل عنها في أول الأمر لين فإذا لان ولاقى البارد ذلك الجسم كثفه فصار تكثيفه أشد مما كان أولاً إذا اليابس فيه الآن أكثر مما كان، ثم إذا فنيت الرطوبة بأسرها بقي يابسًا لا اجتماع له لأن الاجتماع إنما كان بالنداوة وقد تبخرت، وربما سخنت الحرارة من الشيء ظاهره فتبرد باطنه بالتعاقب الجاري بين الطبائع المتضادة وليس معنى هذا التعاقب أن الحرارة والبرودة تنتقل وتتحرك من جزء إلى جزء ولا أنها تشعر بضدها فتهزم عنه - بل إذا استولى ضد على ظاهر الشيء غصبت القوة المسخنة التي فيه أو المبردة بعض المادة المطيفة به المنفعلة عنه فبقي المنفعل أقل مما كان وإذا قل المنفعل اشتد فيه الفعل وقوي وظهر ثم إذا سلمت المادة له كلها انتشر التأثير في الكل فضعف فإذا اتفق أن كان في شيء واحد قوة مسخنة ومبردة فأيهما غلب على الظاهر قوى فعل ضده في الباطن إلا أن يغلب فيغصب جميع المادة ظاهرها وباطنها - وقد يفعل الحقن ضد فعل التبخير مثل إن الحرارة إذا بخرت الجوهر المسخن في الباطن ضعفت الحرارة الباطنة وإن البرودة إذا حقنت الجوهر المسخن في الباطن قويت الحرارة الباطنة، ولذلك توجد الأجواف في الصيف أبرد والبرودة ربما خلخلت الشيء بالعرض فتقوى الحرارة في باطن الجسم بالاحتقان ثم تستولي البرودة على المادة أخيرًا والبرودة تفعل في جميع ما قلناه ضد فعل الحرارة فيصلب المركب من يابس ورطب أولاً فيمكن حينئذ أن يعرض ما قلنا من تقوى الحرارة باطنًا ويمكن أن لا يعرض فيزول التصليب البتة بل لا يزال يشتد - وهذه الكيفيات إذا اجتمعت في المركب فعل بعضها في بعض فحصل من المركب مزاج مخالف لكيفيات البسائط فتكون البسائط فيه لا على ما هي على حد البساطة المفردة عن التركيب بل تكون صورها الذاتية محفوظة غير فاسدة لأن فسادها إلى أضدادها دفعة وأضدادها أيضًا بسيطة وعناصر لا مركبات وكيف لا تكون فيه ثابتة والشيء المركب إنما هو مركب عن أجزاء فيه مختلفة وإلا كان بسيطًا ولا يقبل الأشد والأضعف وأما كيفياتها ولواحقها فتكون قد توسطت ونقصت عما كانت فيه من حد الصرافة والسورة للبساطة"[٥٩].

مع قوة الحقيقة التجريبية التي عاينها ابن سينا بنفسه، نراه يعود لنظرية العناصر الأربعة واستحالتها في كتابه (النجاة)، التي تتلخص في أن لكل عنصر من هذه العناصر طبيعتين فللنار الحرارة واليبوسة، وللهواء الحرارة والرطوبة، وللماء البرودة والرطوبة، وللأرض البرودة واليبوسة، وليست البرودة عدم الحرارة، بل تعد موجودة بالذات، وتعتبر كل من الحرارة والبرودة مؤثرة ذات أثر محسوس في الأجسام، حيث إن الحرارة تمدد الأجسام، والبرودة بالعكس تقلصها[٦٠]. ويرى بأن "الحرارة تعين كلاً من اليبوسة والرطوبة على فعله. فالرطب الحار أشد تحليلاً لما يحل به. واليبوسة الحارة أشد عقدًا لما يعقد بها"[٦١]. كما أن "الحرارة فاعلة إذا فعلت بالطبع؛ وتفعل إما إحالةً وإما تحريكًا، وأعني بالإحالة جميع ما سوى المكانية والوضعية مما هو في الطيف أو الكم نحوه"[٦٢]. ويفسّر ابن سينا عملية التبخير على أنها " تحريك الأجزاء الرطبة متحللةً من شيء رطب إلى فوق، بما يفاد من مبدأ ذلك بالتسخين"[٦٣].

وهكذا فقد حاول ابن سينا هنا أن يدمج أو يوفّق بين المفهوم الأرسطي (تجميع أو تفريق) للحرارة ومفهوم جابر للحرارة (غليان وحركة)، لكن هذا الدمج فيه اضطراب لن يساعده على بناء نظرية متماسكة مع بعضها داخليًا. فالتجميع أو التفريق يشيران ضمنيًا إلى وجود الحركة، لكن غير محددة الاتجاه، أما في تعريف جابر فإن الحركة في كل الاتجاهات تعقب عملية الغليان.

أخيرًا فقد ناقش ابن سينا أيضًا عملية انصهار المواد، وكيف أن قدرة النار على الصهر تزداد بزيادة المواد القابلة للاحتراق مثل الكبريت والزرنيخ والأملاح. قال ابن سينا: " النار في قوتها أن تسيّل أكثر الأجسام حتى الرماد والطلق والنورة والملح والحديد

تسييل إذابة، وخصوصًا إذا عِينت بما يزيدها اشتعالاً كالكبريت والزرنيخ والأملاح الحادة"[٦٤].

٢/٧-البيروني (القرن ٥هـ/١١م)

برع البيروني في صناعة الآلات الرصدية، وله إسطرلاب رائع قمنا بإعادة صنعه حديثًا ووضعه في متحف تاريخ الطب والعلوم في حلب. وقد بلغت دقة ملاحظة البيروني أنه لاحظ تمدد الآلات الرصدية المعدنية وغيرها بسبب تعرضها لحرارة الشمس نهارًا وتقلصها ببرودة الليل[٦٥]، ونبه البيروني إلى إمكانية حدوث الخطأ في الرصد والقياس بسبب تمدد آلات القياس بالحرارة وتقلصها بالبرودة، كما أنه أشار إلى عملية الاستطالة التي قد تحدث للجسم نتيجة الثقل المؤثر عليه. ومن أجل تفادي الأخطاء في قياس طول السنة يجب أن يرصد وقت حلول الشمس هذه النقطة المعينة مرتين بينهما عدد كبير من السنين. وقد أحب أن ينبه العاملين في هذا المجال فقال:" وعلى هذا عملوا كما عملنا نحن، وإن كان عملنا للتوطيد؛ ولا بد من وقوع التساهل في أمثال هذا الرصد بسبب صغر الآلات إذا قيست إلى عظم ما يقاس بها، وبسبب التغييرات التي وقوعها ضروري في الأشياء الطبيعية، لازم إياها لا يفارقها، كالامتداد العارض في الحلقات من نقلها إذا أفرط في تعظيمها حتى يستطيل له ويعرض. أما الاستطالة ففي السمك إذا علّقت، وأما الانبطاح ففي العرض إذا نصبت، وبسبب ما يلحقها من أمثال ذلك عند تغير الكيفيات في المواد. وقد كان المأمون تولى نصب عمود من حديد أدى أذرعه على عشر بدير مران من دمشق، وسواه في صدر النهار ثم قاسه بالمساء فوجده متغيرًا عن نصبته قِدرِ طول شعيرة بتأثير برودة الليل فيه، وآيسه ذلك عن إدراك مقدار السنة بالحقيقة"[٦٦]. ووجد البيروني أن" الحرارة تمنع السائل عن أن يتكثف، والبرد في خلاف جهة الضوء لجمعه"[٦٧].

إضافةً لما سبق فقد حدثت بين البيروني وابن سينا سلسلة مراسلات علمية[٦٨]، الهدف منها معرفة الرأي الأرسطي الذي يمثله ابن سينا مقابل الرأي غير الأرسطي الذي يمثله البيروني. لن نخوض في كل مسائل المراسلات وإنما سنركز على المسائل الحرارية منها ذات الصلة بموضوع البحث. ورد عن البيروني في المسألة العاشرة سؤاله: "استحالات الأشياء بعضها إلى بعض، أهو على سبيل التجاوز والتداخل أم على سبيل التغير؟ ولنمثل بالهواء والماء. فإن الماء إذا استحال إلى الهوائية أيصير هواءً بالدقيقة أم يتفرق فيه أجزاؤه حتى يغيب عن حس البصر، فلا يرى الأجزاء المتبددة؟"[٦٩].

فكان جواب ابن سينا أن ما يسميه البيروني "استحالة" هو مجرد تغيّر صورة المادة لكن الطبع يبقى نفسه، والدليل على ذلك هو الماء المحتجز داخل وعاء محكم الإغلاق فهو يتمدد حجميًا عندما يتعرض للتسخين فسبب هذا التمدد هو تحول بعض أجزاء المادء إلى هواء، وقد أشار ابن سينا إلى استحالة كل من العناصر الأربعة إلى غيره في كتاب "الإشارات"، فبعد أن ذكر أمثلة عليها استخرج حكمًا نهائيًا بأن "هذه الأربعة قابلة للاستحالة بعضها إلى بعض فلها هيولى مشتركة"[٧٠].

قال ابن سينا في جوابه على البيروني: إنّ " استحالات الأشياء بعضها إلى بعض ليست كما مثلت من استحالة الماء إلى الهواء، بأن نضع أجزاءه تتفرق في الهواء حتى يغيب عن الحس، بل ذلك لخلع هيولى الماء صورة المائية وملابستها صورة الهوائية. ومن أراد أن يعرف ذلك على الاستيفاء، فلينظر في تفسير المفسرين لكتاب "الكون والفساد"، وكتاب "الآثار العلوية"، والمقالة الثالثة من "كتاب السماء". ولكني أبين ذلك بطرف ما بينوه وأورد مثالاً استقرائيًا مما أثبتوا به قولهم. فأقول: إنَّ زيادة الأجسام في كميتها كماء ملأنا به قمقمة وشددنا رأسها وأسخناها إسخانًا شديدًا. فشقَّت القمقمة لطلبها مكانًا أوسع من مكانها لزيادتها في أقطارها بتحوَّل أجزاء مائها هواء، فأما أن يكون لتخلل الخلاء في أجزاء مائها، وإما أن لا يكون سبب التغير تفرق الأجزاء. لكن الخلاء محال وجوده، فمن الضرورة أن القسم الثاني حق، وهو أنه ليس سبب التغير تفرق الأجزاء، وإنما هو قبول الهيولى لصورة ثانية. فإن قيل: القمقمة يدخلها هواء أو شيء آخر ويزيد في كمية الجملة قلنا: هذا محال لأن المملوء لا يمكن أن يدخل فيه جسم آخر، إلاَّ بعد خروج الجسم الأول. والماء ليس يخرج من القمقمة المشدودة الرأس لعدم المنفذ، وقد عاينت قمقمة صغيرة شددنا رأسها ووضعناها في أتون، فما لبثنا حتى انشقت، وخرج كل ما كان فيها نارًا. ومن المعلوم أن الماء الذي كان فيها لم يمازج بأجزائه المتفرقة شيئًا آخر، حدث منه تغير لأن النار لم تكن في القمقمة أولاً ولا دخلت ثانيًا لعدم المنفذ في القمقمة فمن المعلوم أنَّ استحالتها كانت على سبيل التغير في ذاتها إلى الهوائية والنارية لا على سبيل تفرق الأجزاء، فقد أوردت مثالاً يؤيد قول أرسطو طاليس في الكون والتغير من جزئيات الطبيعة، واكتفيت به، فإن بسطه كثير المؤونة، وهذا الفصل قد يجيء فيه اعتراضات كثيرة، فإن تبينت شيئًا منها فيجب أن تمنّ عليَّ بمعاودة السؤال لأشرحه لك إن شاء الله"[٧١].

لكن البيروني اعتراض على هذا الجواب، محاولاً التوضيح أن الحالة التي سأل عنها تتم في وسط مفتوح بينما ابن سينا أجابه عن حالة تتم في وسط مغلق، ومع ذلك أراد البيروني أن يفسّر له حقيقة مثال القمقمة وفق نظريته وهي بأن التمدد يشمل الوعاء والماء وليس الماء فقط، وطالبه بالبرهان على أنه عندما يزيد حجم جسم بسبب التسخين فإنه سيجعل جسم آخر يتناقص حجمه، بحيث لا يظهر خلاء. قال البيروني: " القائل بأن الاستحالة هو تفريق جزئيات الشيء في جزئيات الآخر ليس يقول بأنّ الجسم يطلبُ مكانًا أوسع إذا سخن، بل يقول إنَّ الأجزاء النارية تداخل ذلك الجسم من منافذه ومسامه فتزيد فيها أجزاء نارية، فتزيد كميته لاجتماع الجسمين .وإنَّ القمقمة إذا سخنت تدخل في مسامها أجزاء نارية تمددها فتنشق. والدليل على ذلك أنَّا لم نجد ما خلى صورة المائية ولبس صورة الهوائية إلاَّ إذا تكاثف واجتمع خلع تلك الصورة. فلو كان الماء يصير هواء بالحقيقة لما عاد ماء عند التكاثف، ولما كان هواء، فالعود إلى المائية أحقّ من غيره، وأيضًا فيلزمك أن تبرهن على أنه إذا سخن جسم فتزيد أقطاره أنه يعود في العالم جسم مثله، فتنقص أقطاره مثل الذي زاد ذلك دفعة حتى لا يخلو مكان من متمكن. وإلا فإلى أين تتدافع تلك الزيادة؟ "[٧٢].

لكن ابن سينا لم يقدم برهانه كما وعد بل كلف تلميذه أبو سعيد أحمد بن علي المعصومي للجواب عنه، نافيًا صحة كلام البيروني في تمدد الوعاء، ومؤكدًا صحة كلامه في تحول الماء إلى هواء والعكس صحيح، فكان من المعصومي أن ردّ قائلاً: "وأما إنكارك استحالة العناصر بعضها إلى بعض، وادّعاؤك أن القمقمة المحماة إنما تنشقّ إذا كانت مشدودة الرأس لدخول أجزاء النار فيها فباطل، لأنه لا يخلو إما أن يدخل النار والماء فيه وهذا محال لاستحالة حصول جسمين في مكان واحد، أو يخرج من الماء بقدر ما يدخل من النار، فلا يوجب إذن انشقاق القمقمة، وعلى أنه كيف يجتمع أجزاء النار مع الماء في موضع واحد مع كونها ضدًا له من غير أن يفسد أقواهما الأضعف، ليت شعري؟ وعلى أنه أحالك في هذه المسألة على مواضع لو تصفحتها حصلت على برد اليقين منها. وأما قولك بأنَّا لم نر ماء قطّ خلى صورة المائية إلاَّ إذا تكاثف عاد ماء، فإنَّ أحدًا لم يخالفك في هذا، وهل الاستحالة إلا كما ذكرت؟ وليس أحد يقول: إن الجرم إذا استحال لم يمكنه أن يعود إلى ما كان عليه. ففي الذي أوردته زيادة تأكيد في أنّ الأجرام تقبل الاستحالة أبدًا. وأما انقباض الجرم لانفشاش جرم آخر فمشاهد لأنّ الجرم إذا سخن وانفشّ ضغط ما قرب منه، وحفه من الأجرام كما ترى في البخار الصاعد، وكذلك في الحمّامات ترى البخار تنفشّ منه الحرارة فيضغط البخارات المتقدمة له ويكثفها على السقف، ويحولها ماء، ولهذا يظهر عليه شبه العرق وعلى أن عدم الخلاء وثبوت استحالات الأشياء يوجب ذلك ضرورة وإنْ لم نشاهده"[٧٣].

حوارية جميلة بين قامتين علميتين كبيرتين كان الهدف منها هو استجلاء الحقيقة وفهم ما يحدث في مسألة التمدد الحجمي الناجم عن الحرارة، والذي يحسم لصالح البيروني الذي كان يفكّر علميًا خارج الصندوق وبعيدًا عن التقليد الأرسطي.

٨/٢-أبو رشيد النيسابوري (القرن ٥هـ/١١م)

يرى أبو رشيد النيسابوري (توفي نحو ٤٤٠هـ/١٠٤٨م) أن الحرارة والبرودة " لا يدركهما أحدنا إلا بمحل الحياة"[٧٤]. بمعنى أنهما ظاهرتان حسيتان، والحس يستلزم أن يكون الجسم حيًا ليدرك محسوسه. وقد ردّ النيسابوري على من ذكر عدم تحوّل بخار الماء إلى ماء عند ملامسته لسطح بارد، بأن كلامهم غير صحيح، فقد " ذكر في عيون المسائل[٧٥] أن الهواء يستحيل ماءً وتشبيهه ببخار القدر إذا لاقى الطبق، وعند شيوخنا أن الهواء الذي ذكرته لا يصح بل يكون ذلك البخار هواء تجاوره أجزاء رطبة فيها مائية فلذلك إذا لاقى بخارُ القدر الطبق ظهر ما في البخار من أجزاء الماء على الطبق لا لأن الهواء قد استحال ماءً. <و> الذي يدل على فساد ما ذكره أن الهواء لو كان يستحيل ماءً لكان لا يخلو من أحد أمرين: إما أن يكون من فعل الله بالعادة، أو يكون ذلك موجبًا عن مجاورة الأجزاء المائية له، ولا يجوز أن يقال إنه من فعل الله بالعادة ابتداءً لأنه كان يجب أن لا تستمر الحال فيه على طريقة واحدة، ولا يجوز أن يقال إنه يتولد عن مجاورة الماء له لأن المجاورة لا جهة لها فتولد في غير محلها وبعد فليس بأن تكون مجاورة الهواء للماء مقتضية لأن يستحيل الهواء إلى طبع الماء أولى من أن يقتضي أن يستحيل الماء هواء، على أنه كان يجب إذا لاقى الهواء الماء الذي في البخار أن يستحيل ماء، وقد علمنا أن ذلك لا يجب وقد يقضينا الكلام في هذا الجنس في كتاب النقض على أصحاب الطبائع"[٧٦].

والفكرة التي أشار إليها النيسابوري تستحق النظر فيها؛ فقد ميز أولاً بين بخار الماء والهواء، وأن كل منهم كيان فيزيائي مستقل عن الآخر، ولذلك فإن ما يتكاثف ويتحول إلى ماء على الأسطح الباردة حتمًا هو بخار الماء وليس الهواء.

٩/٢-مؤيد الدين الطغرائي (القرن ٦هـ/١٢م)

ارتكز الكيميائي مؤيد الدين الطغرائي (توفي ٥١٣هـ / ١١١٩م) على تعريف أرسطو للحرارة، ثم بحث في أثرها في المعالجة الكيميائية للمواد، فالحطب الذي تسلط عليه النار تجتمع الأجزاء المتماثلة فيه مع بعضها وتنتقل لمرحلة أخرى، إما تصعد أو تترسب.

قال الطغرائي:" اعلم أن قوى البسائط المبحوث عنها والمحتاج إليها أربعة: الحرارة والبرودة والرطوبة واليبوسة؛ فالحرارة سواء كانت هي المعلومة أو الموجودة بالتدبير عبارة عن كيفية من شأنها تفريق المختلفات وجمع المؤتلفات، فإنها إذا سلكت على جسمٍ مركب من جسدين بارد ورطب وبارد ويابس مثلاً، فإنها لا تزال تجمع أجزاء كل واحدٍ منهما حتى يتم، ثم تميز أحدهما عن الآخر، فتجد البارد الرطب وحده والبارد اليابس وحده وكذا تفعل في كل مختلفين ومتضادين، وأما المؤتلفات فكمثل أجزاء الحار اليابس الدقيقة المتفرقة في جرمِ الشيء المركب منه ومن غيره، أي المتبددة في أقطاره ومساحة جرمه فإنها عند إحساسها بالحرارة وتسليطها على المركب لا تزال تجتمع وتنضم مع بعضها بعضًا إلى أن تستكمل كلها وتستخلص من الجسم الذي هي فيه وتصعد إن كانت قابلة للصعود، وتركد إن كانت قابلة للركود وهكذا إذا كان الأمر على مثل إلى أن يتبقى من المركب الذي سلطت عليه الحرارة أرضه وجسده وأتفاله باقية وحده غير مشوبة بشيء من غيره، مثال ذلك: أن الحطب الذي سلطت عليه النار العنصرية لا يزال تجتمع فيه الأجزاء المتماثلة بعضها من بعض من مساحة جرمه طولاً وعرضًا وتجتمع جملةً وتصعد أدخنة حاملةً لأرواحه إلى أن لا يبقى فيه شيء مما هو قابل للصعود حتى يخرج منه فيبقى جسده وتفله أرضًا ميتةً لا روح فيها أبدًا وهو الرماد، فهذا معنى كون الحرارة تفرّق المختلفات وتجمع المؤتلفات"[٧٧].

ويميز الطغرائي بين تحول المادة إلى مادة أخرى كفعل فيزيائي (استحالة)، وبين تحلل المادة وفسادها كفعل كيميائي فيقول: "اعلم أن الاستحالة غير الكون والفساد والفرق بينهما أن الاستحالة حركة في الكيف مع بقاء الصورة النوعية بعينها، مثاله حركة الماء عند التسخين من البرودة إلى الحرارة فهذا الجسم المائي الذي تحرّك من البرودة الذاتية إلى الحرارة العرضية باقٍ بعينه مع زوال كيفيته وهي البرودة. ويفرّق بينهما من وجه آخر هو أن الجسم المستحيل في كيفيته لا تزول كيفيته رأسًا، وبالحقيقة، بل إنما تستر بحسب قوة الضدّ الوارد عليها فتهرب البرودة مثلاً من النار إلى باطن الجسم وتبقى الحرارة إلى حين تغلب عليها البرودة الذاتية فتكسرها وتخرجها من محلها وتحل البرودة في جسدها كما كانت، وأما لو كانت الكيفيات تزول رأسًا في الاستحالات لما عادت أبدًا"[٧٨].

ثم ينبه إلى أن ما تفعله الحرارة هو تحليل الجسم إلى الأجزاء التي يتركب منها، لكن لهذا التحليل حدود، إذْ لا يمكن للحرارة أن تحليل الأجسام البسيطة وإنما فقط تحلل الأجسام المركّبة من عناصر عديدة. ومع وجود تناقض بين كلامه وكلام أرسطو في تعريف قدرة الحرارة، إلا أنه يحاول أن يتجنب الحديث في ذلك، فماذا لو أن المركب كان من عناصر متماثلة وليست مختلفة، عندها فإن الحرارة ستعمل على تفريق المتماثلات وليس تجميعها. التناقض نفسه سبق وأن شعر به ابن سينا لكنه كابر وحاول الدفاع عنه، حتى يتجنب الكثير من الانتقادات التي يمكن أن تواجه منظومته الفكرية والفلسفية برمتها.

"قد علمت مع غاية البيان مما ذكرناه في ذلك أن أول شيء يحدث في المركّب من الحرارة هو التحليل، إذْ ليس معنى للتحليل إلا تفصيل المركب إلى أجزائه التي يتركب منها وتفرقها، واستبان أيضًا مما ذكر أن التحليل لا يكون ولا يمكن أن يكون بشيء سوى الحرارة، واستبان أيضًا بالضرورة أنه لا يمكن أن يكون التحليل في غير المركبات فلا يمكن التحليل في البسائط لأنها ليست ذوات أجسام لها أجزاء أولية تتركب منها، فلذلك لا يكون التحليل في صناعتنا هذه إلا في أول التدبير والحجر باقٍ على تركيبه ثم في أول القسم الثاني من التدبير يحتاج أيضًا إلى تحليله لأنه يكون هناك قد جمعت إليه أجزاؤه وبسائطه التي أخذت منه"[٧٩].

يشكر للطغرائي انتباهه إلى وجود علاقة بين الزمن والحرارة في أثناء تأثيرها على المادة، خصوصًا لدى تقطير أي مادة، وقد وجد أن هذه العلاقة عكسية حيث إنّ " ما تفعله الحرارة الهائلة في الزمن القصير، تفعله الحرارة الضعيفة في الزمن الطويل. ومن ضوابط الحكمة في هذا الباب أنّ الحرارة الضعيفة تفعل في الزمن الطويل ما لا تفعله الحرارة الكبيرة في الزمن اليسير"[٨٠].

١٠/٢-القاضي الساوي (القرن ٦هـ/١٢م)

شرح القاضي زين الدين عمر بن سهلان الساوي()مقولة "المُلك" من المقولات العشر لأرسطو[٨١]، والتي تعني وجود هيئة حاصلة للشيء مقارنةً بما يحيط به، وتنتقل هذه الهيئة بانتقاله. ثم ضرب عليها أمثلةً من تأثير الحرارة على الأجسام، وكيف أنّ هذا التأثير مؤقت وليس دائم، وعلى هذا فإن المصدر الحراري يقوم بدور الفاعل ما دام يسخّن جسم ويؤثر في حالته لكن دون أن يتحول إلى جسمٍ آخر. مثلاً يتملك الماء حالة

التسخين عندما نضع على موقد، فالنار هي الفاعل والماء هو المفعول به.

قال القاضي الساوي: "وأما الملك فهو نسبة الجسم إلى حاصر له أو لبعضه منتقل بانتقاله كالتسلح والتقمص والتنعل والتختم. فمنه جزئي كهذا التسلح، ومنه كلي كالتسلح، ومنه ذاتي كحال الهرة عند إهابها، ومنه عرض كحال الإنسان عند قميصه. وأما أن يفعل فهو تأثير الجوهر في غيره أثرًا غير قار الذات فحاله ما دام يؤثر هي أن يفعل، وذلك مثل التسخين ما دام يُسخّن، والقطع ما دام يقطع، والتبريد ما دام يبرد. وأما أن ينفعل فهو تأثر الشيء من غيره ما دام في التأثر كالتسخن والتبرد والتقطع، وإنما اختير لهما أن يفعل وأن ينفعل دون الفعل والانفعال قد يقالان للحاصل المستكمل القار الذات الذي انقطعت الحركة عنده، كما إذا قطع شيئًا ووقفت حركته فيقال هذا القطع منه، وكذلك يُقال في هذا الثوب احتراق بعد استقراره وحصوله، وقد يقالان حينما يقطع هذا ويحترق ذاك"[٨٢].

٢/١١-هبة الله بن ملكا البغدادي (القرن ٦هـ/١٢م)

وضع ابن ملكا تفسيره لظاهرة تصدع القارورة التي تتعرض للحرارة، وقد وجد أن سبب ذلك هو التمدد الحراري الحجمي وليس ظهور الخلاء. إذْ حاول أصحاب الخلاء من اليونانيين أن يثبتوا وجود الخلاء بوساطة ظاهرة (النماء) في الأجسام النامية، والتي تحدث نتيجة دخول جزيئات الغذاء بين أجزاء الجسم، إذْ لابد أن يكون لهذه الجزيئات فراغات تنفذ من خلالها وتستقر في ثناياها، فيحصل النمو[٨٣]. وقد رد أرسطو عليهم قائلاً: " يمكن أن ينمّى الجسم ليس من قبل أن شيئًا داخله فقط، بل قد ينمّى بالاستحالة أيضًا. مثال ذلك كون الهواء في الماء .. وقد يجب أن يكون الجسم كله خلاء إذا كان بأسره ينمى، وكان النماء إنما يكون بتوسط الخلاء"[٨٤]. أي أنه لا يشترط لحدوث النمو وجود جزيئات خلائية تتداخل مع جزيئات الغذاء، وثمة أمر آخر وهو أن النمو يشمل كامل الجسم وفي كل الاتجاهات. وقد طرح المشاؤون مثالاً يؤيد ما ذهبوا إليه: إذا كان لدينا قارورةً فيها ماء فإنها تتصدع إذا ما سخّن هذا الماء سخونةً شديدة، لأن الحرارة تجعله يستحيل إلى بخار داخل الماء فيزيد حجمه ولا يبقى أي له أي فراغ مما يسبب بتصدع القارورة[٨٥].

هنا وجه أبو البركات نقده لما طرحه المشاؤون، ومن بينهم ابن سينا، حول زيادة حجم القارورة وتصدعها، فهو يرى أن صعود الماء بعد تسخينه هو سبب التصدع، لأن الماء لا يصعد دفعةً واحدة وإنما بشكل تدريجي من المركز إلى المحيط، ويكون هناك بعض الأجزاء الثابتة، فيحدث بين الصاعد والثابت تجاذب هو سبب التصدع في القارورة، وليس الزيادة في حجم الماء[٨٦].

٢/١٢-ابن رشد (القرن ٦هـ/ ١٢م)

يعتبر ابن رشد أن الحرارة تغير من حالة الجسم حسب ما يتهيأ له أن يتغير إليه، مثل الطعام الذي يتغير بعد هضمه في معدة الإنسان بتأثير الحرارة عليه، يقول: " كل حرارة تغير الشيء الواحد إلى ما في طبعها أن تغيره، كما أن كل غذاء يتغير عن الحرارة الواحدة إلى ما في طبعه أن يتغير"[٨٧]. وقد لاحظ ابن رشد أن التبخر يزداد مع زيادة مساحة السطح الذي يوضع عليه الماء أمام أشعة الشمس الحارة، " وقد يقول قائل ما بال الزيادة التي تكون في البحار من الأنهار لا تظهر في البحار إذا كانت مستقرة المياه، فنقول: إن السبب في ذلك عرض البحر وسعته وانتشار الماء الواقع فيه مع التحلل الذي يكون في جميع أجزاء البحر من حرّ الشمس. ومثال ذلك: لو أنّ أحدًا أخذ قدحًا مليئًا من ماء ثم صبّه في موضع مستوٍ واسع حتى لا يكون لذلك الماء في ذلك الموضع يسير يجف على الفور بخلاف ما كان يعرض له إذا كان مجموعًا في القدح"[٨٨]. وهذا النص فيه تحديد مبكر لأحد العوامل المؤثرة في سرعة التبخر، أما بقية العوامل فهي درجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح ونوعية الماء والضغط الجوي.

ويعرّفنا ابن رشد بإحدى الحالات التي تؤثر فيها الحرارة على الرطوبة الكامنة في الجسم وهي حالة الشيّ. بأنها "المبالغة في الحرارة واليبس. والأشياء المشوية الحرارة الظاهرة فيها أقوى من الباطنة، والنضيجة الحرارة الباطنة فيها أقوى من الحرارة الظاهرة. والأشياء إنما يعرض لها الاشتواء من قبل علتين: إحداهما: يبس هيولاها، والثانية: شدة الحرارة مثلما يعرض للأشياء اليابسة الهيولى إذا دنت من النار. وعدم الاشتواء يعرض لعلتين: إحداهما: قلة الحرارة الواردة عليه من خارج، أعني الغريبة. والثانية كثرة المائية المخالطة للشيء المنفعل"[٨٩]. أي أن ابن رشد ميّز بين حالة الأجسام التي تتعرض للشوي وتلك التي تتعرض للطبخ، ويحدث شيّ للجسم بسبب جفاف مادته وشدة الحرارة التي يتعرض لها من النار، ويمكن ألا يحدث اشتواء للجسم بسبب ضعف الحرارة التي يتعرض لها الجسم وكثرة الرطوبة المائية التي بداخله.

٢/١٣-فخر الدين الرازي (القرن ٧هـ/ ١٣م)

يرى الإمام الرازي (توفي ٦٠٦هـ/١٢٠٩م) في كتابه (المباحث المشرقية) أن " الجسم يسخن فيزداد حجمه من غير انضمام شيء إليه ولا وقوع خلاء بين أجزائه لاستحالة الخلاء، ويبرد فيصغر حجمه من غير انتقاص شيء من أجزائه أو زوال خلاء كان قبل ذلك، وذلك الجسم في حد جسميته محفوظ والجسم المحفوظ مغاير لهذه الأمور المتبدلة"[٩٠]. بمعنى إذا زاد حجم الجسم بتأثير الحرارة أو نقص بتأثير البرودة فإن كتلة الجسم ومادته تبقى محفوظة دون تغيير، وهي فكرة كان ابن سينا قد طرحها من قبل.

ويبدو من كلام الإمام أنه يتبنى الرأي الأرسطي المتعلق بتأثير الحرارة على المادة، فهي تلطف وترقق وتخلخل وتكاثف المادة التي تدخلها. قال الإمام الرازي: " التلطيف والترقيق فهي مفيدة للتخلخل الذي من باب الكيف ومن حيث إنها تجمع بين المتشاكلات وتفرق بين المختلفات فهي مفيدة للتكاثف الذي من باب الوضع الذي هو عبارة عن اجتماع الأجزاء الوحدانية بالطبع وخروج الجسم الغريب عما بينها. (واعلم) أن قولنا تجمع المتشاكلات معناه أنها تجمع ما ليس بمجتمع والبسيط مجتمع الأجزاء فاذا هذا الجمع والتفريق غير معتبر بالقياس إليه بل بالقياس إلى جسم فيه مختلفات مجتمعة وهذا هو المركب"[٩١].

٢/١٤-ابن كمونة (القرن ٧هـ/١٣م)

يرى سعد بن منصور بن كمونة (توفي ٦٨٣هـ/١٢٨٤م) أن سبب حدوث التحول في طور المادة من حالةٍ إلى أخرى يكون إما بتعريض الجسم للحرارة أو بسبب الحركة، وقوله بالحركة يعتبر سبب جديد لاستحالة المواد من شكل لآخر، كما هو الحال في الماء الذي نقوم بخضّه. يقول ابن كمونة في ذلك: " أما الاستحالة فسببها فيما تعلم، وإن احتمل غيره مما لا تعلمه، وهو مجاورة أو مماسة أو مقابلة أو حركة. (كما) يتسخن الماء مثلاً بمجاورة النار، أو بمماستها، أو بمقابلة الشمس. أو بتحريكه بالخضخضة، وليس تسخينه، لأن أجزاء نارية فشت فيه، وإلا لكان تسخن ما في كوز خزف أسرع من تسخن ما في قمقمة نحاس، على نسبة قبولهما ومسامهما"[٩٢].

٢/١٥-ابن العبري (القرن ٧هـ/ ١٣م)

تناول أبو الفرج بن العبري (توفي ٦٨٥هـ/١٢٨٦م) في (مقالة مختصرة في النفس البشرية)[٩٣] أقسام الحركة وقد أشار إشارةً مهمة إلى أن التكاثف يترافق معه انخفاض في الحرارة، أو بمعنى آخر يتناسب تكاثف المادة عكسًا مع انخفاض درجة الحرارة. قال ابن العبري: " اعلم أن أقسام الحركة أربعة يقع منها اثنان في مقولة (الكم) وذلك مثل الحركة الواقعة في الجسم النامي من جهة الزيادة فيعظم مقداره مع التدرج وكذا من جهة النقصان يصغر مقداره بالتدرج ... وإن كانت الحرارة إلى النقصان فهو التكاثف ... "[٩٤].

٢/١٦-عضد الدين الإيجي (القرن ٨ هـ/ ١٤م)

كان الإيجي يدرك وجود بعض المواد التي تفعل الحرارة فيها فعلها، مثل النشادر حيث تغلب العناصر اللطيفة العناصر الثقيلة فتسبب الحرارة تفريقها، وإذا غلبت العناصر الكثيفة في المادة لم تتأثر بالحرارة مثل مادة الطلق. يقول الإيجي في ذلك: "وليس عدم الفعل لوجود العائق دليلاً على أن النار ليست فيها قوة التفريق وإن غلب اللطيف جدًا فيصعد ويستصحب الكثيف لقلته كالنوشادر، أو لا فتفيده تليينًا كما في الحديد وإن غلب الكثيف جدًا لم يتأثر كالطلق. تنبيه الفعل الأول لها التصعيد والجمع والتفريق لا زمان له، ولذلك قال ابن سينا في الحدود إنها كيفية فعلية محركة لما تكون فيه إلى فوق لإحداثها الخفة فيحدث عنه أن تفرق المختلفات وتجمع المتماثلات وتحدث تخلخلاً من باب الكيف وتكاثفًا من باب الوضع لتحليله الكثيف وتصعيده اللطيف، وربما يورد عليه أنه قد تفرق المتماثلات كإجراء الماء وتصعدها بالتبخير فقد تجمع المختلفات كصفرة البيض وبياضه، ويجاب بأن فعلها في الماء إحالة له إلى الهواء لا تفريق وفي البيض إحالة في القوام لا جمع وستفرقه عن قريب"[٩٥].

ويجزم الإيجي قاطعًا بوجود فرق بين طبيعة الماء وطبيعة النار، ونتيجةً لذلك يختلف أثر كل منهما على المادة التي يؤثران عليها، فيقول: " أنا لما رأينا الماء يوجب البرودة والنار توجب السخونة قطعنا بأن طبيعة النار غير طبيعة الماء ضرورة، أي قطعًا يقينيًا لا شبهة فيه. فقد استدللنا باختلاف الأثر وتعدده على اختلاف المؤثر وتعدده، فلولا أنه مركوز في العقول أن اختلاف الأثر وتعدده لا يكون إلا باختلاف المؤثر وتعدده لما كان الأمر كذلك، فظهر أنه كلما تعدد المعلول تعددت العلة وينعكس بعكس النقيض إلى قولنا كلما اتحدت العلة اتحد المعلول وهو المطلوب"[٩٦].

٢/١٧-التفتازاني (القرن ٨هـ/ ١٤م)

بقي التفتازاني مثل كل المشائين يفسّر أثر الحرارة بتحويل الماء إلى هواء والهواء إلى نار ولم يضف أي جديد في هذا الموضوع: " ما يتأثر عن الحرارة فإن كان بسيطًا استحال أولاً في الكيف ثم أفضى به ذلك إلى انقلاب الجوهر فيصير الماء هواء،

والهواء نارًا، وربما يلزمه تفريق المتشاكلات بأن يميز الأجزاء الهوائية من الماء، ويتبعها ما يخالطها من الأجزاء الصغار المائية، وإن كان مركبًا فإن لم يشتد التحام بسائطه ولا خفاء في أن الألطف أقبل للصعود لزم تفريق الأجزاء المختلفة وتبعه انضمام كل إلى ما يشاكله بمقتضى الطبيعة، وهو معنى جمع المتشاكلات، وإن اشتد التحام البسائط، فإن كان اللطيف والكثيف قريبين من الاعتدال حدثت من الحرارة القوية حركة دورية لأنهما كلما مال اللطيف إلى التصّعد جذبه الكثيف إلى الانحدار، وإلا فإن كان الغالب هو اللطيف يُصَعَّد بالكلية كالنوشادر، وإن كان هو الكثيف فإن لم يكن غالبًا جدًا حدث تسييل كما في الرصاص، أو تليين كما في الحديد، وإن غالبًا جدًا كما في الطلق حدث مجرد سخونة، واحتيج في تليينه إلى الاستعانة بأعمال أخر، وعدم حصول التصعد، أو التفرّق بناءً على المانع، لا ينافي كون خاصتها التصعّد، وتفريق المختلفات وجمع المتشاكلات"[٩٧].

٢/١٨-حسين الميبدي (القرن ٩هـ/ ١٥م)

ميّز حسين بن معين الدين الميبدي (٨٩٠هـ/ ١٤٨٥م) في شرحه على كتاب (هداية الحكمة) لأثير الدين مفضل بن عمر الأبهري (توفي ٦٦٣هـ/ ١٢٦٤م) بين ثلاث حالات تؤثر فيها الحرارة على حالة المادة:

- الأولى: تحول الماء بوجود الحرارة إلى بخار.
- الثانية: تحول الهواء إلى نار، كما هو الحال في كور الحدادين.
- الثالثة: تحول النار إلى هواء، كما هو الحال في مصباح الزيت.

قال حسين الميبدي: " والماء أيضًا ينقلب هواء بالحر الشديد، كما يشاهد في الثياب المبلولة المطروحة في الشمس وعند غليان القدر، وكذا الهواء ينقلب نارًا كما في كور الحدادين، إذا سدت المنافذ التي تدخل فيها الهواء الجديد وألح في النفخ. والنار أيضًا يقلب هواء كما في المصباح فإن ما ينفصل عن شعلته ولو بقيت له نار لرؤيت ولأحرقت سقف الخيمة فإذن انقلب هواء، وأيضًا الكائنة في كور الحدادين ينطفئ وتصير هواءً"[٩٨].

٢/١٩-الأحمد نكري (القرن ١٢هـ/ ١٨م)

مع أن الأحمد نكري ميز اصطلاحيًا في كتابه (دستور العلماء) بين "التغيير: من باب التفعيل؛ إحداث شيء لم يكن قبله". و"التغيّر: من باب التفعّل؛ انتقال الشيء من حالة إلى حالة أخرى"[٩٩]. إلا أننا لا نجده يطبّق هذا التمييز عندما حاول أن يشرح آراء السابقين في حالة الدخان، فقد عرّف الدخان بأنه: "أجزاء نارية تخالطها أجزاء صغار أرضية تلطفت بالحرارة لا تمايز بينهما في الحس لغاية الصغر. وقولهم: أجزاء يشمل البخار وجميع البسائط والمركبات. وبقولهم: نارية يخرج البخار وباقي البسائط ومجموع المركبات. وبقولهم: تخالطها أجزاء صغار أرضية يخرج النار البسيطة لأنه لا مخالطة فيها أصلاً. وبقولهم: لا تمايز بينهما في الحس يخرج النار المجاورة لوجه الأرض فإن بينهما مخالطة في الجملة لكنهما متمايزان في الحس"[١٠٠].

٢/٢٠-محمد فضل الحق (القرن ١٣هـ/ ١٩م)

محمد فضل الحق من علماء خير آباد في الهند (توفي ١٢٧٨ هـ/١٨٦١م) مع أن عمله نشر في القرن التاسع عشر إلا أنه بقي يناقش أفكار ابن سينا والإمام فخر الدين الرازي، وليس ما طرحه الغرب من أفكار ونظريات ومعالجات رياضياتية. فقد عالج في كتابه (الهدية السعيدية في الحكمة الطبيعية) العلاقة بين كثافة الجسم وحرارته فقال:" وأما أن الأرض باردة فلأنها كثيفة وما ذلك إلا لأجل البرودة، فهي أبرد من الماء لأنها أكثف منه وإن كان الإحساس ببرودة الماء أشد لفرط وصوله إلى المسام ونفوذه في الأعضاء، كما أن النار أسخن من النحاس المذاب مع أن الاحساس بحرارة النحاس المذاب أشد فإن اليد إذا مرّت على النار بسرعة سلمت وإن مرت على النحاس المذاب احترقت"[١٠١]. ويفسّر سبب تحول النار لهواء " فلأن النار المنفصلة عن شعلة السراج لو بقيت نارًا لزيت ولأحرقت الخيمة والسقف فهي تنقلب هواء، وكذا النار الكائنة في كور الحدادين إذا خمدت تصير هواء. وأما عكسه فكما في كور الحدادين إذا سدت منافذ الهواء الجديد وألحّ في النفخ في الكير والقول بأنه يجوز أن يتسخّن الهواء تسخنا شديدًا يعمل عمل النار كما أن السموم تنضج الأبدان وتحرقها مكابرةً تكذبها المشاهدة"[١٠٢].

٢/٢٠-عربي مجهول (القرن ؟)

لاحظ عالم عربي مجهول في كتابه (عن النفي والإيجاب في تصحيح الحكمة[١٠٣]) أيضًا في أثناء تجاربه ضرورة عدم سكب الماء البارد على الزجاج الحار حتى لا ينكسر بسبب الانكماش المفاجئ، فقال في إحدى تجاربه:" تبني لك كانون على علو ذراع وثلث وتدع عليه طاجن[١٠٤] مبخّش عدة بخوش وتملأه سحالة دقيق القمح مبسوسة بالماء، وفي الطاجن بخش لتصب منه الماء من خارج إذا نقص، ويكون الماء حارًا والحذر من الماء البارد لئلا يتكسّر الزجاجة"[١٠٥].

خَاتِمَةٌ

لقد وجدنا من خلال هذا البحث أن العلماء العرب والمسلمين قد صاغوا تعريفات أكثر دقة ووضوح لمفهوم الحرارة من اليونانيين، كما أنهم درسوا مختلف الحالات التي تؤثر فيها الحرارة على المادة وتحولها من طور لآخر، وقام بعضهم باعتماد النظريات اليونانية في تفسيرها، في حين أن البعض الآخر خرج عن طروحات الفكر الأرسطي في تفسيرها وقدم رؤىً جديدة، نرى أنها تستحق أن تأخذ مكانتها في تاريخ علم الحرارة. خصوصًا وإذا علمنا أن دراسة تأثير الحرارة على حالات المادة لم يبدأ عند الأوربيين إلا منذ القرن السابع عشر الميلادي، حيث إن النظرية الذرية بدأت تشق طريقها في أوساط المجتمع العلمي. ووجد الكثير من العلماء أنه يمكن الاعتماد عليها في تفسير ما يحدث عندما تتعرض المواد للحرارة.

ويبدو أن أول من حاول تفسير تمدد الأجسام بالحرارة هو فرنسيس بيكون (١٥٦١-١٦٢٦م) F. Bacon[١٠٦]، ثم لحق به بيير غاسندي (١٥٩٢-١٦٥٥م) P.Gassendi، وقد ادعت الموسوعة البريطانية على موقعها في الشابكة (الانترنت) أن روبرت هوك (١٦٣٥–١٧٠٣م) R. Hooke أول شخص يعلن عن تمدد الأجسام[١٠٧]، وهو إجحاف بحق كل العلماء السابقين له ومن كل الحضارات، حتى الأوربيين أنفسهم. وقد تمكن الفيزيائي الألماني يوهان غوتليب ليدنفروست (١٧١٥-١٧٩٤م) J. G. Leidenfrost من تفسير ظاهرة تحبحب كرات الماء الساقطة على سطح ساخن[١٠٨]، أما هنري كافندش (١٧٣١-١٨١٠م) H. Cavendish فقد حاول تفسير تأثيرات الحرارة اعتمادًا على ما يحدث بين الذرات من تجاذب وتنافر وفق المفهوم النيوتوني[١٠٩]، وأخيرًا قدم الفيزيائي الفرنسي لويس جوزيف غي-لوساك (١٧٧٨-١٨٥٠م) L. J. Gay-Lussac عرضًا دقيقًا للقانون الخطي للتمدد الحراري للغازات، وعلى التوازي توصل جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤م) J.Dalton أن كل السوائل المرنة تحت الضغط نفسه تتمدد بصورة متساوية بالحرارة[١١٠].

الاحالات المرجعية:

(١) دبس، محمد، **معجم أكاديميا للمصطلحات العلمية والتقنية**، دار أكاديميا، بيروت، ١٩٩٣م. ص٢٧٧، ٣٣٨.
(٢) كوفمان، كاثي، **الطبخ في الحضارات القديمة**، ترجمة: سعيد الغانمي، ط١، مشروع كلمة، هيئة أبو ظبي للسياحة والثقافة، أبو ظبي، ٢٠١٢م، ص٣٥.
(٣) الزحيلي، وهبة، **التفسير المنير**، ج١٦، ط٢، دار الفكر المعاصر، دمشق، ١٤١٨ هـ/ ١٩٩٧م. ص ٢٤٣.
(٤) سورة طه الآيتين: ٥٦-٦٦.
(٥) دولتل، جسي وهيل، فرانسيس، **ديناميات الحرارة للمهندسين**، ترجمة: صالح نجم ومأمون الأطرقجي وفائق حمد، جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٨م. ص ٦٩.
(٦) كرم، يوسف، **تاريخ الفلسفة اليونانية**، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، ١٩٣٦م، ص ١٥.
(٧) عطيتو، حربي عباس، **الفلسفة القديمة**، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، (د.ت.)، ص ١٥٨.
(٨) بدوي، عبد الرحمن، **الأفلاطونية المحدثة عند العرب**، أفلاطون: الروابيع، ط٢، وكالة المطبوعات، الكويت، ١٩٧٧م، ص ٢٠٥.
(٩) بدوي، عبد الرحمن، **شروح على أرسطو مفقودة في اليونانية (ورسائل أخرى)**، دار المشرق، بيروت، ١٩٧١م. ص ١٦٣.
(١٠) الدمرداش، أحمد سعيد، **علم الفيزيقا عند العرب**، بحث منشور ضمن **موسوعة الحضارة العربية الإسلامية**، ط١، ج١، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٩٥م، ص ٣٧٣.
11 Cajori, Florian, On the History of Caloric, Isis, Vol. 4, No. 3 (Apr., 1922), Chicago Uni. p. 483.
(١٢) جابر بن حيان، **مختار رسائل جابر بن حيان**، عني بتصحيحها ونشرها: بول كراوس، مطبعة الخانجي، القاهرة، ١٩٣٥م. ص ٤٧٤.
(١٣) جابر بن حيان، **مختار رسائل جابر بن حيان**، ص ١٠٤.
(١٤) إخوان الصفا، **رسائل إخوان الصفا**، ج٣، ص ٣٨٦.
(١٥) الأعسم، عبد الأمير، **المصطلح الفلسفي عند العرب**، ط٣، دار كيوان دمشق، دار التنوير بيروت، ٢٠٠٩م. ص ١٩٦.
(١٦) المرجع السابق نفسه، ص ٢٥٦.
(١٧) الآمدي، سيف الدين، **كتاب المبين في شرح معاني ألفاظ الحكماء والمتكلمين**، تحقيق: حسن محمود الشافعي، ط٢، مكتبة وهبة، القاهرة، ١٩٩٣م، ص٩٩.
(١٨) الطوسي، نصير الدين، **كشف المراد في شرح تجريد الاعتقاد**، شرح: جمال الدين الحسن بن يوسف بن علي بن المطهر المشتهر بالعلامة الحلي، تحقيق: آية الله حسن زاده الآملي، منشورات مؤسسة الأعلمي للمطبوعات، بيروت، ١٩٩٦م. ص ٣١١.
(١٩) ابن كمونة، **الجديد في الحكمة**، تحقيق: حميد مرعيد الكبيسي، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٢م، ص٣٤٧-٣٤٨.

(٢٠) التفتازاني، سعد الدين، **شرح المقاصد في علم الكلام**، ج٢، تحقيق: عب الرحمن عميرة، عالم الكتب، ط٢، بيروت،١٩٩٨م، ص ٢٢٩-٢٣٠.

(٢١) الأحمد نكري، عبد النبي بن عبد الرسول، **دستور العلماء**، ج٢، ط١، عرب عباراته الفارسية: حسن هاني فحص، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠٠٠، ص ٢٠.

(٢٢) آل ياسين جعفر، **الفارابي في حدوده ورسومه**، عالم الكتب، ط١، بيروت، ١٩٨٥م. ص ٢٠٨.

(٢٣) أبو البركات البغدادي، **المعتبر في الحكمة**، ط١، ج٢، حيدر آباد، ١٣٥٨هـ. ص 197.

(٢٤) الرازي، فخر الدين، **المباحث المشرقية في علم الإلهيات والطبيعيات**، ج١، منشورات بيدار- قم، الطبعة: الثانية، ١٩٩٠م. ص ١٦١-١٦٢.

(٢٥) المرجع السابق نفسه، ص ٥٩١.

(٢٦) سارتون، جورج، **تاريخ العلم**، ج١، ترجمة: لفيف من العلماء، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٥٧م، ص ٢١٠.

(٢٧) المرجع السابق نفسه، ص ٢١٠.

(٢٨) مطر، أميرة حلمي، **الفلسفة اليونانية**، دار قباء، القاهرة، ١٩٩٨م، ص٣٨٠.

(٢٩) أرسطو، **الكون والفساد**، ترجمة: أحمد لطفي السيد، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، القاهرة، ٢٠١٤م، ص٢٠٠.

(٣٠) شوقي، جلال، **أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية**، ط١، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، ١٩٩٥. ص ٤٨.

(٣١) بلينوس الحكيم، **سر الخليقة وصنعة الطبيعة**، تحقيق: أورسولا وإيسر، معهد التراث العلمي العربي، جامعة حلب، حلب، ١٩٧٩م، ص ١٩٧.

(٣٢) فيدمان، إيلهارد، بحث ضمن مجموعة مقالات في **تاريخ العلوم العربية والإسلامية**، مجلدا، جمع وإعداد: دوروتيه جيركه وديتر بيشوف، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، فرانكفورت، ١٩٨٤م، حيث عنوان البحث: Wiedemann, Eilhard, Über die Naturwissenschaften bei den Arabern ,1890, p98.

(٣٣) الدمرداش، أحمد سعيد، **علم الفيزيقا عند العرب**، ص ٣٧٧.

(٣٤) محمد، محمود الحاج قاسم، **الموجز لما أضافه العرب في الطب والعلوم المتعلقة به**، مطبعة الإرشاد، بغداد، ١٩٧٤م. ص ٧٢.

(٣٥) جابر بن حيان، **مختار رسائل جابر بن حيان**، ص ٤٥٢.

(٣٦) ميزان الحكمة، **الخازني**، حققه وعلق عليه: فؤاد جميعان، شركة فن الطباعة، القاهرة، ص ٩٨.

(٣٧) سورة الحج، الآية: ٥.

(٣٨) بيرثيلو، **هذه رسائل مهمة في العلوم الكيمياوية والصنعية لجابر بن حيان وغيره من الحكماء والفلاسفة**، باريس، المطبعة الدولية، ١٨٩٣م، ص ٢٠٣.

(٣٩) جابر بن حيان، **مصنفات في علم الكيمياء**، ج١، تحقيق: أرك يحيى هولميارد، باريس، مطبعة فول غاتينيه، ١٩٢٨م. ص ٢٩.

(٤٠) المرجع السابق نفسه، ص ٣١.

(٤١) الكندي، **رسائل الكندي**، ج٢، ص ٧١.

(٤٢) آل ياسين جعفر، **الفارابي في حدوده ورسومه**، عالم الكتب، ط١، بيروت، ١٩٨٥م. ص 279.

(٤٣) المرجع السابق نفسه، ص ٣٤٢.

(٤٤) المسعودي، أبو الحسن علي بن الحسين بن علي، **التنبيه والأشراف**، ج٧، تحقيق: م.ي. دي. خويه، إعادة طبعة ليدن، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، فرانكفورت، ١٩٩٢م. ص ١١-١٢.

(٤٥) انظر: المسعودي، **مروج الذهب ومعادن الجوهر**، ج١، ط١، اعتنى به وراجعه: كما حسن مرعي، المكتبة العصرية، صيدا-بيروت، ٢٠٠٥م، ص ٨٩-٩٢.

(٤٦) إخوان الصفا، **رسائل إخوان الصفا**، ج٢، ص ٤٦.

(٤٧) المرجع السابق نفسه، ص ٤٦.

(٤٨) المرجع السابق نفسه، ص ٤٨.

(٤٩) المرجع السابق نفسه، ج٣، ص ٥٤-٥٥.

(٥٠) فروخ، عمر، **بحوث ومقارنات في تاريخ العلم وتاريخ الفلسفة في الإسلام**، ط١، دار الطليعة، بيروت، ١٩٨٦م. ص ٩٦.

(٥١) ابن سينا، **النجاة**، ص ١٨٤.

(٥٢) المرجع السابق نفسه، ص ١٨٤.

(٥٣) البرد الشديد.

(٥٤) ابن سينا، **الإشارات والتنبيهات**، ص ٣١٠-٣١١.

(٥٥) ابن سينا، **الشفاء**، تحقيق: محمود سالم، دار الكاتب العربي، القاهرة، ١٩٦٩م. ص ١٦٠.

(٥٦) المرجع السابق نفسه، ص ١٦٨.

(٥٧) ابن سينا، **أجوبة مسائل سأل عنها أبو ريحان البيروني**، ضمن مجموعة رسائل ابن سينا، ج٢، مطبعة إبراهيم خروز، إستنبول، ١٩٥٣م. ص٢٩.

(٥٨) ابن سينا، **النجاة**، ص ١٨٦-١٨٨.

(٥٩) المرجع السابق نفسه، ص ١٨٨-١٨٩.

(٦٠) الدمرداش، أحمد سعيد، **علم الفيزيقا عند العرب**، ص ٣٧٧.

(٦١) ابن سينا، **الشفاء**، ص ٢٣٦.

(٦٢) ابن سينا، **كتاب المباحثات**، مستل من كتاب أرسطو عند العرب، تحقيق: عبد الرحمن بدوي، ط٢، وكالة المطبوعات، الكويت، ١٩٧٨م، ص ١٤١.

(٦٣) ابن سينا، الشفاء، **الطبيعيات، النفس**، تحقيق: جورج قنواتي وسعيد زايد، الهيئة العامة المصرية للكتاب، القاهرة، ١٩٧٥م. ص ٢٢٩.

(٦٤) ابن سينا، الشفاء، **الكون والفساد**، تحقيق: محمود سالم، دار الكاتب العربي، القاهرة، ١٩٦٩م. ص ١٦٩.

(٦٥) الشحات، علي أحمد، **أبو الريحان البيروني**، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦٨. ص ٢٠٠.

(٦٦) البيروني، أبو الريحان، **القانون المسعودي في الهيئة والنجوم**، مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، حيدر أباد الدكن بالهند، ١٣٧٣هـ/١٩٥٤م. ص١٦٦.

(٦٧) البيروني، أبو الريحان، **رسائل البيروني**، ط١، الهند، حيدر آباد الدكن، مطبعة مجلس المعارف العثمانية، ١٩٤٨م. ص ١٧.

(٦٨) أشار البيروني إلى هذه المراسلات في كتابه (**الآثار الباقية عن القرون الخالية**) طبعة ليبزيغ، ١٨٧٨، ص ٢٥٧.

(٦٩) اليافي، عبد الكريم، **حوار البيروني وابن سينا**، ط١، دار الفكر، دمشق، ٢٠٠٢م، ص ٥٦.

(٧٠) ابن سينا، **الإشارات والتنبيهات**، ج٢، تحقيق: سليمان دنيا، ص ٢٩٨.

(٧١) اليافي، عبد الكريم، **حوار البيروني وابن سينا**، ص ٥٧-٥٨.

(٧٢) المرجع السابق نفسه، ص ٧٠-٧١.

(٧٣) المرجع السابق نفسه، ص ٨٥.

(٧٤) النيسابوري، أبو رشيد، **ديوان الأصول**، تحقيق: محمّد عبد الهادي أبو ريدة، نشر المؤسسة المصرية العامة، القاهرة، (د.ت). ص ٥٩٨.

(٧٥) لم نستطع معرفة من مؤلف هذا الكتاب، إذْ يوجد الكثير من المؤلفات التي تحمل العنوان نفسه.

(٧٦) النيسابوري، أبو رشيد، **كتاب المسائل في الخلاف بين البصريين والبغداديين (الكلام في الجواهر)**، تحرير: آرثر بيرما، ليدن، ١٩٠٢م، ص ٣٧-٣٨.

(٧٧) الطغرائي، **مخطوطة مفاتيح الرحمة وأسرار الحكمة**، نسخة مكتبة الكونغرس، ص ٥٦و-٥٦ظ.

(٧٨) الطغرائي، **مخطوطة مفاتيح الرحمة وأسرار الحكمة**، ص ٣٦و.

(٧٩) المرجع السابق نفسه، ج١، ص ٥٦ظ.

(٨٠) المرجع السابق نفسه، ج٢، ص ٩٣و.

(٨١) "لقد درس أرسطو مظاهر المعرفة التي توصل إليها عصره، فوجدها تقوم على عشرة أسس، منها ينطلق الفكر المستقيم في اتجاهه نحو التعميم، وعليها يبنى، فجمعها وشرحها شرحًا مبدئيًا وسماها المقولات وهي: ١- الجوهر، ٢ – الكم، ٣ – الكيف، ٤ – الإضافة، ٥ – الأين، ٦ – المتى، ٧ – الوضع، ٨ – الملك، ٩ – الفعل، ١٠ – الانفعال. وما زال الفلاسفة، منذ ذلك اليوم، لا يملون شرحها وعرضها في كساء جديد، وتعلق بها الفلاسفة المسلمون – وخصوصًا بعد القرن الخامس الهجري – تعلقا شديدًا، وجعلوها أصلاً من أصول المنطق الصوري، لا غنى عنه، وتوصل المتأخرون منهم في شرحها إلى مستوى عال جدًا من الفهم، على قدر ما تسمح به مستويات المعرفة العلمية التي حصلوا عليها، وربما كان الشرح المنسوب للبليدي، خيرها وأدقها بلا نزاع". عن مجلة دعوة الحق، العدد ١٣٦، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية المشور السعيد، الرباط.

(٨٢) الساوي، **البصائر النصيرية في علم المنطق**، ص ٧٢، ط١، دار الفكر اللبناني، بيروت، ١٩٩٣.

(٨٣) الطيب، أحمد، الجانب النقدي في فلسفة أبي البركات البغدادي، ط١، دار الشروق، القاهرة، ٢٠٠٤م. ص ١٨٥.

(٨٤) أرسطو، **الطبيعة**، ج١، ترجمة: إسحاق بين حنين، ص ٣٥٣.

(٨٥) الطيب، أحمد، **الجانب النقدي في فلسفة أبي البركات البغدادي**، ص ١٨٥.

(٨٦)المرجع السابق نفسه، ص ١٨٦.

(٨٧) ابن رشد، **رسائل ابن رشد الطبية**، تحقيق: جورج قنواتي وسعيد زايد، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧م. ص ٣٦٦.

(٨٨) ابن رشد، **تلخيص الآثار العلوية**، تحقيق: جمال الدين العلوي، ط١، دار الغرب الإسلامي، بيروت، ١٩٩٤م، ص ٨٨.

(٨٩) المرجع السابق نفسه، ص ١٨٤-١٨٥.

(٩٠) الرازي، فخر الدين، **المباحث المشرقية في علم الإلهيات والطبيعيات**، ج١، منشورات بيدار- قم، الطبعة: الثانية، ١٩٩٠م. ص ١٧٣.

(٩١) المرجع السابق نفسه، ص ٢٦٩.

(٩٢) ابن كمونة، **الجديد في الحكمة**، تحقيق: حميد مرعيد الكبيسي، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٢م، ص ٣٥٠.

(٩٣) نشر هذه المقالة وعلق عليها الأب لويس شيخو اليسوعي في مجلة المشرق (١:٥٠٦) بتحقيقها على نسخة واحدة، ثم أعاد نشرها في كتابه مقالات فلسفية لمشاهير فلاسفة العرب.

(٩٤) شيخو، لويس، **مقالات فلسفية لمشاهير فلاسفة العرب**، دار العرب، القاهرة، ط٣، ١٩٨٥، ص٨٤

(٩٥) الإيجي، عضد الدين، كتاب **المواقف في علم الكلام**، تحقيق: عبد الرحمن عميرة ط١، ج١، دار الجيل، بيروت، ١٩٩٧م، ص ٥٩١.

(٩٦) المرجع السابق نفسه، ص٤٣٤

(٩٧) التفتازاني، سعد الدين، شرح المقاصد في علم الكلام، ج٢، تحقيق: عب الرحمن عميرة، عالم الكتب، ط٢، بيروت،١٩٩٨م، ص ٢٣١.

(٩٨) الميبدي، حسين بن معين الدين، **قاضي مير على الهداية**، مطبعة الحاج حسين أفندي، إستنبول، ١٣١٣هـ، ص ٦٣.

(٩٩) الأحمد نكري، **عبد النبي بن عبد الرسول**، ج١، ط١، عرب عباراته الفارسية: حسن هاني فحص، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠٠٠، ص ٢٢٤.

(١٠٠) المرجع السابق نفسه، ص ٧١.

(١٠١) فضل الحق، محمد، **الهدية السعيدية في الحكمة الطبيعية**، مطبعة مجلة المنار، القاهرة، ١٣٢٢هـ. ص ٧٦.

(١٠٢) المرجع السابق نفسه، ص ٨٧.

(١٠٣) ورد في التعريف بهذه المخطوطة" تحوي هذه الرسالة على معلومات عن مواضيع متنوعة، بما فيها الخيمياء وعلم الأعداد وعلم المعادن والسحر. وتبدأ باستشهادات من كشف الأسرار وهتك الأستار، وهو عمل مشهور من القرن الثامن (القرن الثاني الهجري) يُنسب إلى جابر (ابن حيان). ويبدو أن عملا كاملا قد كُتب في الحواشي. ويذكر النص أسماء مراجع ثقة مثل جالينوس وزيسموس وهرمز وديموقراطس والشيخ أبو العباس أحمد البوني والغزالي. وقد تعرضت أجزاء من المخطوطة للتلطيخ والتلف". عن: موقع https://www.wdl.org/ar/item/2870

(١٠٤) الطاجن هو طبق فخاري يستخدم بكثرة في المطبخ المغربي لأغارض الطبخ.

(١٠٥) **التحولات المرغوبة**، أو، **عن النفي والإيجاب في تصحيح الحكمة**، دار الكتب والوثائق القومية المصرية، مخطوطة رقم (١٣ كيمياء)، ص ٢٥و.

(١٠٦) بيكون، فرنسيس، **الأورجانون الجديد**، ترجمة: عادل مصطفى، رؤية للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠١٣م، ص ١٨٩.

(107) *See*: https://www.britannica.com/biography/Robert-Hooke.

(١٠٨) فوربس، ر.ج.، و ديكستر، إ.ج.، **تاريخ العلم والتكنولوجيا**، ط٢، ترجمة: أسامة أمين الخولي، ج2، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٢م. ص ٤٨.

(109) McCormmach, Russell, Henry Cavendish on The theory of heat, ISIS, Vol.79, No.1 (Mar. 1988), Chicago Uni., p.54.

(110) Hunt, F.V. Origins in acoustics, Yale University Press, 1978, p157.