

NATURA CĂLDURII ȘI LUPTA ÎMPOTRIVA CONCEPTULUI METAFIZIC DE FLUID IMPONDERABIL

Iulia LEVIȚCHI, Octavian LISNIC

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Se prezintă principalele teze speculative ale teoriei calorice și ipotezei corpusculare, care au dominat fizica căldurii până la mijlocul secolului al XIX-lea, și se analizează cauzele, care au condus la supremația teoriei calorice în explicarea fenomenelor termice, electrice și magnetice. Se arată contribuțiile lui Lavoisier și Lomonosov în lupta împotriva concepției materiale a căldurii și se apreciază rolul experimentelor lui Rumford și Davy în infirmarea teoriei fluidului caloric.

Cuvinte cheie: căldură, teorie, caloric, fluid, corpusculă, mișcare.

1. Introducere. Formularea problemei

Încă în trecutul îndepărtat au existat numeroase speculații în legătură cu natura fizică a căldurii. Această noțiune era vădit legată de viața de toate zilele, dar mai ales de focul folosit pentru încălzire și gătitul hranei. Filozofii ionieni, de exemplu, considerau căldura și frigul drept cauzele evoluției universului, căldura provocând dilatarea și evaporarea, în timp ce frigul înghețarea și întărirea. Pentru elaborarea meteorologiei sale, Aristotel a inventat doctrina calităților, bazată pe patru proprietăți: cald, rece, umed și uscat. Ele aveau facultatea de a se combina între ele și forma cele patru elemente canonice: focul, apa, aerul și pământul. Cu toate că doctrina lui Aristotel nu are nimic comun cu realitatea de astăzi, totuși ea a „rămas întipărită mii de ani în gândirea umană, jucând un rol important în medicină, unde fenomenele de răceală și febră păreau s-o confirme” [1]. Se consideră că anume aceste probleme conjugate cu realitatea lumii înconjurătoare au și trezit interesul față de fizica căldurii.

O problemă de interes teoretic și practic, prin aplicațiile în numeroase domenii tehnice și prin implicațiile în cercetarea științifică, este, în opinia noastră, natura căldurii și lupta împotriva conceptului metafizic de fluid imponderabil. Este căldura o substanță fluidă invizibilă sau o formă de mișcare? Iată problemele la care ne vom strădui să dăm un răspuns științific adecvat.

2. Teoria calorică

Studiile experimentale ale fenomenelor termice, întreprinse după inventarea termometrului în anul 1592 de către Galileo Galilei, nu puteau să nu-i conducă pe cercetători la întrebarea: ce este căldura? Și, într-adevăr, într-o serie de lucrări cu caracter filozofic și naturalist, apărute în secolele XVII-XVIII, găsim multiple încercări de a răspunde la această întrebare. Învățații de atunci tălmăceau diferit natura căldurii, dar spre sfârșitul secolului al XVII-lea s-au evidențiat clar două concepții antagoniste și anume *concepția materială* și *concepția corpusculară*. După cum este ușor de observat, aceste concepții au apărut în acea perioadă, când nivelul general de dezvoltare a științei era încă foarte jos. Științele naturii se găseau încă în faza embrionară de dezvoltare și acest lucru nu putea să nu se resfrângă asupra studiilor cu privire la natura căldurii. Atât concepția corpusculară, cât și concepția materială, erau de fapt două teorii metafizice, care aveau să joace un rol mare în apariția și dezvoltarea fizicii și chimiei în cadrul general al științelor naturii.

Potrivit concepției materiale, căldura era imaginată ca o substanță fluidă invizibilă, fără miros și fără gust, dar ușor penetrantă în corpuri, în stare de cauzalitate cu toate fenomenele termice din natură [2]. Caloricul avea toate proprietățile unui fluid, inclusiv pe aceea de conservare, în afară de ponderabilitate. Fenomenele de încălzire și răcire a corpurilor erau puse pe seama variației fluxului caloric, creșterea lui provocând încălzire, iar diminuarea răcire. Indiferent de natura proceselor termice, cantitatea caloricului în corp este constantă. Această concepție a primit numele de *teoria fluidului caloric* sau simplu *teoria calorică*, datorită lui Lavoisier. El a demonstrat că teoria calorică era în deplină concordanță cu ideea sa de generare a căldurii prin combinații chimice. Dar nici cu realizările de atunci în domeniul structurii materiei nu era în contradicție, deoarece ideea că căldura este o substanță materială însemna, în mod firesc, că aceasta este compusă dintr-un anumit tip de particule. Astăzi este tentant să facem o comparație între modelul corpuscular al fluidului caloric și modelul fluidului gazos imaginat de Newton.

Prima expunere sistematică a teoriei calorice a fost dată de fizicianul și filozoful german *Christian Wolff* (1679-1754) în lucrarea „*Experimenta physik oder allerhand nützliche Versuche, dadurch zü genauer*

Erkenntnis der Natur und Kunst der Weg gebahnet wird („Experimente fizice sau tot felul de experimente utile, pregătindu-se astfel calea spre o cunoaștere exactă a naturii și a artei”), editată în anul 1721 la Halle, pe atunci Regatul Prusiei [3]. În această lucrare, învățatul german examinează nu numai probleme de fizică, ci expune și filozofia sa, de altfel foarte apropiată de filozofia lui Leibniz. Cartea lui Wolff era larg cunoscută în Apus și se bucura de mare popularitate printre oamenii de știință de atunci. El vorbea evaziv despre proprietățile și natura căldurii, pe care o considera drept o substanță deosebită, capabilă să treacă dintr-un corp în altul, în anumite condiții. Dar nu numai căldura era imaginată ca un fluid. De pe poziții metafizice el explica și alte fenomene fizice, cum sunt, de exemplu, fenomenele electrice și magnetice. În susținerea teoriei calorice, Wolff a adus o serie de argumente, pe care li-a folosit la explicarea fenomenelor de destindere a corpurilor la încălzire, de eliminare a căldurii la frecare etc. Dar cea mai mare divergență se iscase în jurul problemei ponderabilității fluidului caloric. Între timp, Robert Boyle stabilise pe cale experimentală că metalele aduse la starea de incandescență adaugă în greutate, ceea ce ar fi însemnat că caloricul este un fluid ponderabil. Dar această afirmație se afla în contradicție cu alte rezultate cunoscute. De aceea unii învățați au înclinat spre ideea că atunci când se produce încălzirea metalelor, „sulful din foc” pătrunde în pori. Ulterior confuzia a fost soluționată în favoarea existenței unui caloric imponderabil.

Multe fenomene termice care se studiau pe vremea ceea își găseau explicația prin prisma teoriei calorice și nu ale teoriei corpusculare. Astfel, încă din vremuri străvechi era cunoscută aplicarea oglinzelor concave pentru focalizarea razelor solare. În unele tratate apărute în Evul mediu se vorbește chiar despre posibilitatea reflectării „razelor reci” cu ajutorul acestor oglinzi. Academicienii florentini au fost primii oameni de știință, care au demonstrat experimental această posibilitate [4]. Pentru aceasta, ei au luat o bucată de gheață, pe care au plasat-o la o distanță suficient de mare de oglinda concavă, iar în centrul focal al oglinzii au fixat un termoscop. Temperatura mediului exterior se măsoară cu un alt termoscop, care indică o temperatură mai înaltă decât termoscopul plasat în centrul focal al oglinzii. Nivelul lichidului din acest termoscop urca din nou, atunci când între termoscop și oglindă se monta un paravan. Rezultatul obținut vorbea de la sine că cauza răcirii nu este efectul direct al gheții, ci mai degrabă efectul „razelor reci”, care au fost focalizate de oglindă. Prin metode asemănătoare academicienii florentini au studiat radiația termică a corpurilor încălzite. Rezultatele experimentale aveau o explicație cât se poate de simplă: fenomenele termice se produc din cauza concentrării fluidului caloric, transferat de raze de la corpul încălzit la oglindă.

Teoria căldurii materiale a condus, în cele din urmă, la concluzia că căldura nu poate să apară și nici să dispară, ci poate să se distribuie numai între diferite corpuri. Este o concluzie, care se regăsește astăzi în enunțul primului principiu al termodinamicii. Primele lucrări, în care s-a studiat cum căldura se distribuie între corpurile încălzite și aflate în contact, au apărut în anii 20-30 ai secolului al XVIII-lea. Aceste studii au servit drept bază științifică pentru introducerea conceptului de căldură specifică și diferențierea noțiunilor de temperatură și de cantitate de căldură.

O altă teorie științifică legată tangențial de problema naturii căldurii a fost *doctrina flogisticului*, care susținea că corpurile care ard conțin o substanță pe care o pierd în timpul arderii [1]. Ideea unei asemenea substanțe, care, în esență, avea același rol ca sulful la arabi, a reînviat datorită medicilor și chimiștilor germani *Iohann Joachim Becker* (1635-1682) și *Georg Ernst Stahl* (1659-1734). Flogisticul era imaginat de ei ca o substanță fluidă invizibilă, fără miros și fără gust, imponderabilă și ușor penetrantă în corpuri. După Becker și discipolul său Stahl, corpurile care conțineau mult flogistic ardeau bine și, dimpotrivă, cele deflogistificate nu ardeau. Chiar de la început s-au ridicat obiecții serioase împotriva acestei teorii. Se arăta că flogisticul nu este o substanță materială, ci ceva necunoscut care nu posedă masă. Cu toate acestea, ideile principale ale acestei teorii au fost infiltrate în teoria calorică a lui Lavoisier.

3. Căldura ca formă de mișcare a particulelor

În paralel, mai exista, însă, și o concepție tradițională, cu totul diferită și mult mai veche, potrivit căreia căldura este o formă a mișcării și nicidecum o substanță materială [1]. Din timpuri străvechi, căldura a fost asociată cu mișcarea aerului și a vaporilor. Chiar și atunci când ideea unei substanțe calorice era dominantă, a existat un alt curent de gândire, în care căldura corpului era asociată cu mișcarea particulelor constitutive. Acest lucru devine evident abia în secolul al XVII-lea, cu toate că afirmații de acest gen fuseser făcute și mai înainte. Printre promotorii ipotezei corpusculare întâlnim nume notorii ale științei și filozofiei mondiale din secolele XVII-XVIII, ca René Descartes și Christiaan Huygens în Franța, Galileo Galilei în Italia, Robert Boyle, Robert Hooke și Isaac Newton în Anglia, Daniel Bernoulli în Elveția, Mihail Lomonosov în Rusia.

Ipoteza corpusculară a căldurii a fost formulată de fizicianul englez *Robert Hooke* (1635-1703), considerat de contemporanii săi drept un cercetător pasionat, care în multe privințe îl depășea chiar pe Boyle, învățătorul și patronul său. Acest lucru i-a determinat pe unii istoriografi ai științei să înainteze și să susțină

teza, precum că unele descoperiri ale lui Boyle au fost prezise de Hooke. Astfel, istoricianul englez Robert Gunther a sugerat ideea că Hooke, colaborând și efectuând observații împreună cu Boyle, a descris aspectul matematic al legii Boyle-Mariotte. Viziunile sale asupra naturii căldurii Hooke li-a prezentat în numeroase lecții, pe care le ținea în cadrul Societății Regale din Londra, dar cel mai detaliat li-a expus în lucrarea sa fundamentală „*Micrographia*”, publicată în anul 1665 la Londra. Pentru a ne convinge de cele spuse, vom reproduce doar un singur citat din cartea lui [5]: „*Căldura este nu altceva decât o oscilație rapidă și puternică a particulelor corpului. Dacă aceste particule ar fi întratâta departe una de alta, ca să se miște ușor pe toate direcțiile, atunci corpul ar devine lichid*”. Prin utmare, Hooke avea o viziune corectă asupra naturii căldurii; cauza producerii căldurii fiind mișcarea mecanică a particulelor corpului. Pe poziții asemănătoare se situau Isaac Newton și Christiaan Huygens. Ambii cercetători considerau căldura și lumina ca pe un rezultat al mișcării de oscilație a particulelor constitutive.

4. Lupta împotriva conceptului metafizic de fluid imponderabil

Pe la mijlocul secolului al XVII-lea, în literatura științifică, apar primele obiecții îndreptate la început împotriva teoriei flogisticului, iar mai târziu împotriva teoriei calorice. Conceptul metafizic de fluid imponderabil este pus sub semnul întrebării. După cum era de așteptat, lupta s-a dat între cele două doctrine antagoniste asupra naturii căldurii și anume ipoteza corpusculară și teoria calorică. Primul care a început lupta împotriva concepției metafizice de fluide imponderabile a fost René Descartes. În susținerea ipotezei corpusculare s-au ridicat Mihail Vasilievici Lomonosov (1711-1765) și marele chimist francez Antoine-Laurent de Lavoisier (1748-1794). În lucrarea „*Размышление о причине теплоты и стужи*” („*Reflecție asupra cauzei căldurii și răcelei*”) Lomonosov scria între anii 1741-1743 [6]: „*Astfel, noi am demonstrat a priori și am confirmat a posteriori că cauza căldurii este mișcarea interioară de rotație a materiei legate; să trecem acum la examinarea ideilor sugerate de majoritatea oamenilor de știință contemporani cu privire la căldură. Astăzi cauza căldurii este atribuită unei materii speciale, pe care majoritatea o numesc calorică... Această idee s-a înrădăcinat atât de adânc în mințile multora că peste tot în operele de fizică poți citi despre pătrunderea în porii corpurilor a sus numitei materii calorice... De aceea este de obligațiunea noastră să supunem verificării această ipoteză*”. El a dezmințit consecvent afirmațiile speculative ale adeptilor teoriei calorice și a explicat de pe pozițiile ipotezei corpusculare multe fenomene termice, considerate drept bază experimentală a acestei teorii.

Lupta împotriva teoriei flogisticului a arderii și coroziunii a fost continuată de Lavoisier. El a reușit să demonstreze, în anul 1777, că numai oxigenul asigură arderea și că tot această substanță provoacă coroziunea [7]. Aceste două descoperiri veneau în contradicție cu teoria flogisticului, pe care el vehement a atacat-o, răsturnând toate argumentele vechilor concepții despre ardere și coroziune. În locul teoriei existente a arderii, marele chimist francez a creat o nouă teorie, în care arderea este considerată proces de oxidare și nu o substanță materială. Dacă am face o privire asupra teoriei flogisticului prin prisma succesei sale nemijlocite – teoria arderii ca proces de oxidare, – am fi înclinați s-o considerăm absurdă. În realitate, însă, lucrurile stau diametral opus. La timpul respectiv, teoria flogisticului a fost o teorie foarte prețioasă. Datorită ei au fost explicate un număr mare de fenomene chimice. Ea s-a dovedit a fi o bună bază de lucru pentru cei mai mari chimiști de la mijlocul secolului al XVIII-lea și mulți dintre ei i-au rămas credincioși până la sfârșit.

Analizând fenomene termice cunoscute, Lavoisier și Laplace nu s-au pronunțat deschis în favoarea uneia din cele două puncte de vedere asupra naturii căldurii, deoarece, pentru ei, ambele teorii erau corecte. Atât Lavoisier, cât și Laplace, considerau că teoria calorică explică satisfăcător multe fenomene. Presupunerea că căldura corpului poate fi conservată a jucat un rol important în dezvoltarea calorimetriei. Pe baza acestei idei ei stabilesc experimental relația de bază a calorimetriei [8]

$$Q = mc(T_f - T_i), \quad (1)$$

unde: m este masa substanței, c – căldura specifică, iar T_i și T_f – temperatura inițială, respectiv finală.

Cu ajutorul acestei relații, dar și al calorimetrului, ei determină căldura specifică a multor substanțe.

În același timp, Lavoisier și Laplace cautau să găsească o explicație mai plauzibilă ipotezei corpusculare. În vestita lor lucrare „*Mémoire sur la chaleur*” („*Memoriu asupra căldurii*”) [7], ei susțineau că căldura este mai degrabă rezultatul mișcării moleculelor constitutive ale substanței. Drept fundament al ipotezei corpusculare a căldurii ei considerau principiul conservării forțelor vii („*vis viva*”), deoarece „*căldura este forța vie, provenită în urma mișcării neobservate a moleculelor de gaz*” [8].

5. Experiențele lui Rumford și Davy. Aprecierea lor istorică

Cu toate că teoria calorică a căldurii devenise dominantă în secolul al XVIII-lea, totuși nu de pe pozițiile acestei teorii avea să se explice mai târziu producerea căldurii prin frecare. După cum se știe, această idee a fost demonstrată pentru prima oară de fizicianul american *Benjamin Thompson* (conte de Rumford al Sfântului Imperiu roman) (1753-1814), în anul 1798 [9]. Interesându-se mai îndeaproape de fenomenele termice, el a observat, iar apoi a și măsurat, căldura ce se degajă în timpul sfredelirii țevelor de tun. Arătând că dintr-o cantitate limitată de material se poate obține o cantitate nelimitată de căldură, Rumford a infirmat de fapt teoria căldurii materiale. Prin rezultatele experimentale obținute, el a fost la un pas de descoperirea principiului de echivalență a căldurii și lucrului mecanic.

De obicei, în istoria fizicii experimentele lui Rumford se analizează împreună cu cele ale fizicianului și chimistului englez *Humphrey Davy* (1778-1829) [10]. Preluând ideile lui Rumford, Davy a efectuat în 1799 mai multe experimente, în care căldura a fost produsă prin frecare. El a sugerat ideea că cauza eliminării căldurii nu poate fi o substanță materială. După Davy, natura fizică a căldurii este indisolubil legată de mișcarea oscilatorie continuă a particulelor corpurilor solide, ale căror viteză și amplitudine cresc pe măsură ce corpul se încălzește.

Trebuie menționat faptul că lucrările lui Rumford și Davy, recunoscute în prezent ca fiind primele obiecții serioase împotriva teoriei calorice, nu au fost considerate la acel moment din mai multe motive. În primul rând, experimentele lor nu au fost argumentate prin relații adecvate de calcul. Prea puțin se știa despre natura conversiei energiei termice în lucru mecanic, pentru a elabora o nouă teorie a căldurii. În al doilea rând, fizica căldurii, care abia începuse să se dezvolte, era dominată de concepția metafizică a fluidelor imponderabile. La acel moment, nu existau dovezi convingătoare pentru a considera experimentele celor doi ca pe niște experimente decisive în lupta împotriva teoriei materiale a căldurii, așa cum s-a vehiculat nu o dată în istoriografia fizicii. Cu toate că primele infirmări experimentale ale acestei teorii apăruse mult mai înainte, abia la mijlocul secolului al XIX-lea, teoria căldurii materiale a fost definitiv răsturnată, cedând locul unei noi teorii energetice, bazată pe principiul de echivalență a căldurii și lucrului mecanic.

Concluzii

1. În trecutul nu prea îndepărtat, fizica căldurii era dominată de conceptul metafizic de *caloric*. Caloricul avea toate proprietățile unui mediu fluid și cuprindea noțiunile distincte astăzi de *energie termică* și *căldură*. Teoria fluidului caloric a lăsat în urmă un șir de noțiuni incorecte, larg folosite în limbajul curent, ca *căldura specifică*, *cantitatea de căldură*, *căldura latentă de vaporizare* etc. Nu este deloc întâmplătoare nici aplicarea simbolului *H*, folosit în hidraulică pentru desemnarea înălțimii de cădere a unei ape (în germană, *Höhe*), pentru notarea diferenței de entalpii din cadrul transformărilor energetice. Cu toate lacunele sale, teoria căldurii materiale a condus la fundamentarea primului principiu al termodinamicii.

2. Lupta împotriva conceptului metafizic de fluid imponderabil s-a încheiat cu răsturnarea definitivă a teoriei materiale a căldurii și cu victoria conceptului mecanic asupra naturii căldurii, teorie care este admisă și astăzi, cu unele amendamente și completări, și formează ceea ce numim teoria cinetică a căldurii.

Bibliografie:

1. Bernal, J. D., Știința în istoria societății. București: Editura Politică, 1964. – 1001 p.
2. Psillos, S., A philosophical study of the transition from the caloric theory of heat to thermodynamics: Resisting the pessimistic meta-induction. In *Studies in History and Philosophy of Science*, 1994, vol. 25, no. 2., pp. 159-190.
3. Wolff, Ch., *Experimenta physik oder allerhand nützliche Versuche, dadurch zü genauer Erkenntnis der Natur und Kunst der Weg gebahnet wird*. Halle, 1721.
4. *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*. Firenze, Per Giuseppe Cocchini all'Insegnadella Stella, 1666, pp. 171-195.
5. Hooke R., *The posthumous Works of Robert Hooke, containing Cutlerian lectures, and other Discourses*. London: Richard Waller, 1705, p. 205.
6. Ломоносов, М. В., *Полное собрание сочинений*. М.-Л., 1950, т. I, II.
7. Lavoisier, A.-L., *Réflexions sur le phlogistique, pour servir de développement à la théorie de la combustion et de la calcination, publiée en 1777*. Dans le *Mémoire de l'Académie des Sciences*. Paris: Académie des Sciences, 1783, pp. 506-538.