

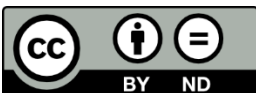
Căldura și temperatura

Nicolae Sfetcu

31.01.2018

Nicolae Sfetcu, "Căldura și temperatura", URL = <https://www.setthings.com/ro/e-books/caldura-si-temperatura/>

Email: nicolae@sfetcu.com



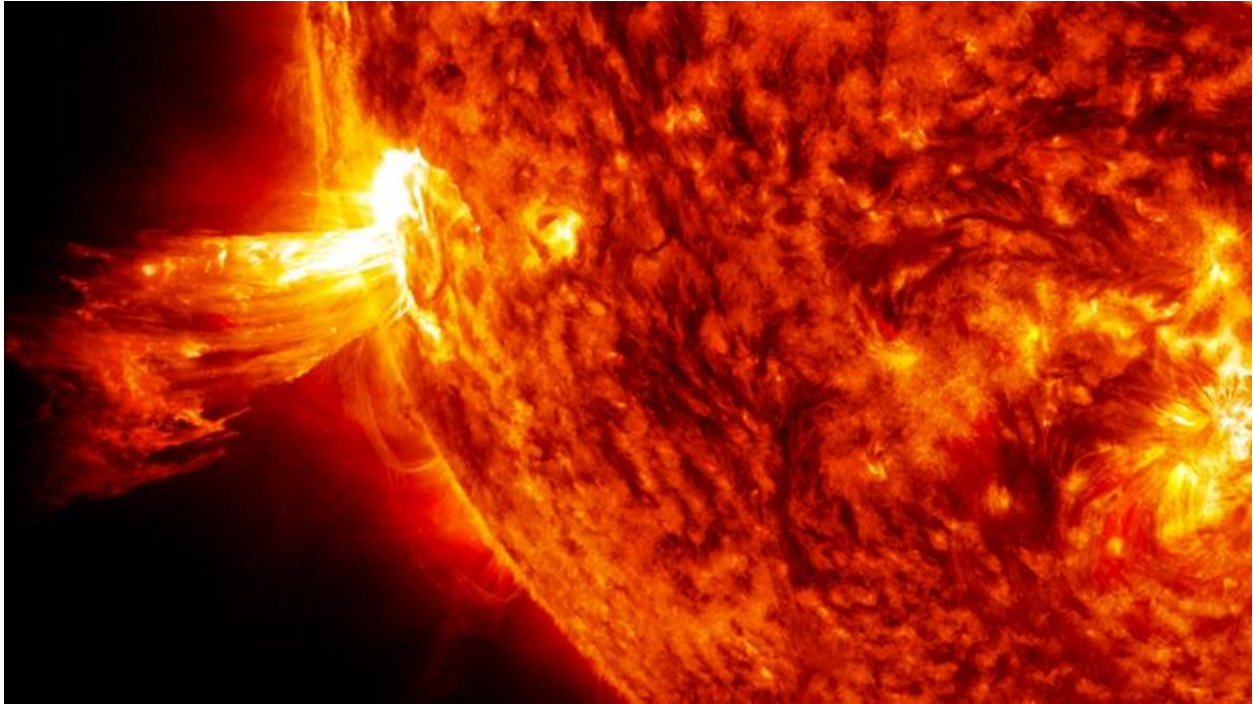
Acest articol este licențiat Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pentru a vedea o copie a acestei licențe, vizitați <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>.

Text online: <https://www.setthings.com/ro/caldura-si-temperatura/>

Extras din:

Sfetcu, Nicolae, "*Căldura - Termodinamica fenomenologică*", pg 1-10, MultiMedia Publishing (2018), ISBN 978-606-9016-09-1, URL = <https://www.setthings.com/ro/e-books/caldura-termodinamica-fenomenologica/>

Căldura



Unele dintre radiațiile termice ale Soarelui lovesc și încălzesc Pământul. Comparativ cu Soarele, Pământul are o temperatură mult mai scăzută și astfel trimite radiații termice mult mai puțin înapoi la Soare.

Înainte de definiția matematică riguroasă a căldurii pe baza hârtiei Carathéodory din 1909, istoric, căldura, temperatura și echilibrul termic au fost prezentate în manualele termodinamice ca noțiuni primare comune. Carathéodory a prezentat lucrarea sa din 1909 astfel: "Propunerea ca disciplina termodinamicii să poată fi justificată fără a recurge la nicio ipoteză care nu poate fi verificată experimental trebuie privită ca fiind una dintre cele mai notabile rezultate ale cercetării în termodinamică care a fost realizată în ultimul secol." Referindu-se la "punctul de vedere adoptat de majoritatea autorilor activi în ultimii cincizeci de ani", Carathéodory a scris: "Există o cantitate fizică denumită căldură care nu este identică cu cantitățile mecanice (masă, forță, presiune etc.) și ale căror variații pot fi determinate prin măsurători calorimetrice." James Serrin introduce o descriere a teoriei termodinamicii astfel: "În următoarea secțiune, vom folosi noțiunile clasice de

căldură, de *lucru mecanic* și de *fierbințeală* ca elemente primitive, ... Căldura este o primitivă adecvată și naturală pentru termodinamică, a fost deja acceptată de Carnot. Validitatea sa continuă ca element primar al structurii termodinamice se datorează faptului că ea sintetizează un concept fizic esențial, precum și utilizarea sa reușită în lucrarea recentă de unificare a diferitelor teorii constitutive". Acest tip tradițional de prezentare a bazei termodinamicii include idei care pot fi rezumate prin afirmația că transferul de căldură se datorează pur și simplu unei neuniformități spațiale a temperaturii și se face prin conducție și radiație, de la corpuri mai calde la cele mai reci. Se sugerează uneori că această prezentare tradițională se bazează în mod necesar pe "raționamentul circular"; împotriva acestei propuneri se află dezvoltarea matematică riguros logică a teoriei prezentate de Truesdell și Bharatha (1977).

Această abordare alternativă a definiției cantității de energie transferată sub formă de căldură diferă în structură logică de cea a Carathéodory, relatată exact mai sus.

Această abordare alternativă admite calorimetria ca modalitate primară sau directă de a măsura cantitatea de energie transferată sub formă de căldură. Se bazează pe temperatură ca unul dintre conceptele sale primitive și se utilizează în calorimetrie. Se presupune că există suficiente procese fizice pentru a permite măsurarea diferențelor în energiile interne. Astfel de procese nu se limitează la transferurile adiabatice de energie ca muncă. Acestea includ calorimetria, care este cea mai frecventă modalitate practică de a găsi diferențe energetice interne. Temperatura necesară poate fi fie termodinamică empirică, fie absolută.

În schimb, modul Carathéodory relatat exact mai sus nu utilizează calorimetria sau temperatura în definiția primară a cantității de energie transferată sub formă de căldură. Modul Carathéodory privește calorimetria doar ca modalitate secundară sau indirectă de măsurare a cantității de energie transferată sub formă de căldură. Modul Carathéodory privește cantitatea de

energie transferată sub formă de căldură într-un proces ca în primul rând sau direct definită ca o cantitate reziduală. Se calculează din diferența dintre energiile interne ale stărilor inițiale și finale ale sistemului și din activitatea efectivă efectuată de sistem în timpul procesului. Această diferență energetică internă se presupune că a fost măsurată în avans prin procese de transfer pur adiabatic de energie ca lucru mecanic, procese care iau sistemul între

stările inițiale și cele finale. Prin modul Carathéodory se presupune, așa cum se știe din experiment, că există, de fapt fizic, suficiente astfel de procese adiabatic, astfel încât nu este nevoie să se recurgă la calorimetrie pentru măsurarea cantității de energie transferată sub formă de căldură. Această presupunere este esențială, dar nu este explicit menționată nici ca o lege a termodinamicii, nici ca o axiomă a modului Carathéodory. De fapt, existența fizică reală a unor astfel de procese adiabatic este, într-adevăr, în cea mai mare parte, o supoziție, iar procesele presupuse în majoritatea cazurilor nu au fost verificate empiric.

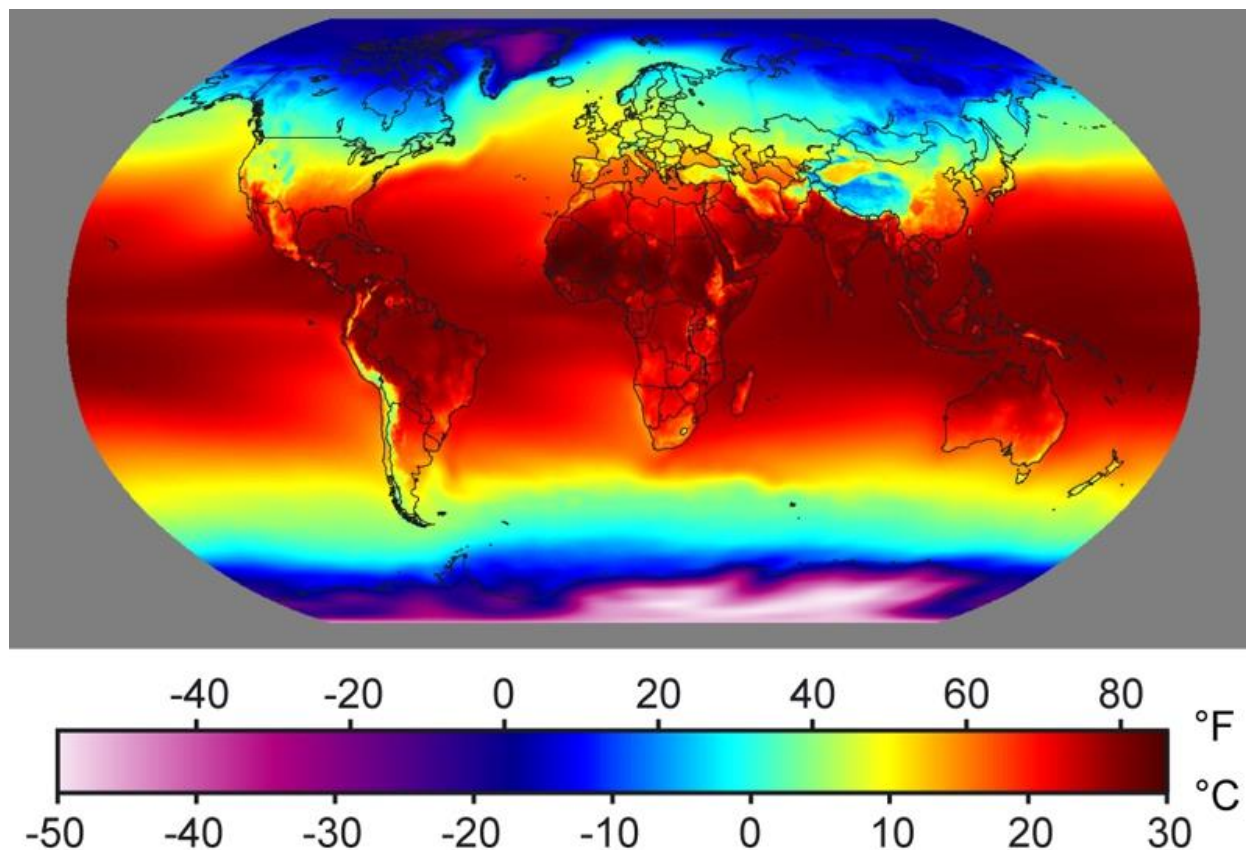
Deoarece căldura (ca și lucrul mecanic) reprezintă o cantitate de energie transferată între două corpuri prin anumite procese, niciun corp "nu are" o anumită cantitate de căldură (la fel cum un corp în sine nu are "lucru mecanic"); în schimb, un corp are într-adevăr proprietăți (funcții de stare), cum ar fi temperatura și energia internă. Astfel, energia schimbată sub formă de căldură în timpul unui proces dat schimbă energia (internă) a fiecărui corp cu valori egale și opuse. Semnul cantității de căldură poate indica direcția transferului, de exemplu de la sistemul A la sistemul B; semnul minus indică faptul că energia curge în direcția opusă.

Deși căldura curge spontan de la un corp fierbinte la unul mai rece, este posibil să se construiască o pompă de căldură sau un sistem de răcire care să funcționeze pentru a crește diferența de temperatură între două sisteme. În schimb, un motor termic reduce o diferență de temperatură existentă pentru a lucra pe un alt sistem.

Căldura este o consecință a mișcării microscopice a particulelor (energia cinetică a atomilor și moleculelor). Atunci când căldura este transferată între două obiecte sau sisteme, energia obiectului sau a particulelor sistemului crește. În timp ce acest lucru are loc, aranjamentul dintre particule devine din ce în ce mai dezordonat. Cu alte cuvinte, căldura este legată de conceptul de entropie.

Din punct de vedere istoric, au fost utilizate numeroase unități energetice pentru măsurarea căldurii. Unitatea bazată pe standarde din Sistemul Internațional de Unități (SI) este Joule (J). Căldura este măsurată prin efectul acesteia asupra stărilor corpurilor în interacțiune, de exemplu, prin cantitatea de gheață topită sau prin schimbarea temperaturii. Cuantificarea căldurii prin schimbarea temperaturii unui corp se numește calorimetrie și este utilizată pe scară largă în practică. În calorimetrie, căldura sensibilă este definită în raport cu o anumită variabilă de stare aleasă a sistemului, cum ar fi presiunea sau volumul. Căldura sensibilă determină o schimbare a temperaturii sistemului, lăsând neschimbată variabila de stare aleasă. Transferul de căldură care are loc la o temperatură constantă a sistemului, dar schimbă variabila de stare, este numită căldură latentă în raport cu variabila. Pentru modificările infinitezimale, transferul total de căldură total este atunci suma căldurii latente și sensibile.

Temperatura



Temperatura medie anuală în lume, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Annual_Average_Temperature_Map.jpg

În fizică, temperatura este proprietatea fizică a unui sistem care stă la baza noțiunilor comune de "fierbinte" și "rece". În general, materialul cu temperatura mai ridicată este declarat a fi mai cald.

Formal, temperatura este acea proprietate care reglementează transferul de energie termică, sau căldură, între un sistem și altul. Când două sisteme sunt la aceeași temperatură, acestea sunt în *echilibru termic* și niciun transfer de căldură nu se va produce. Când există o diferență de temperatură, căldura va tinde să treacă de la sistemul cu temperatură mai ridicată la sistemul cu temperatură mai joasă, până când echilibrul termic este din nou stabilit. Acest transfer de căldură se poate produce prin conducție, convecție sau radiație. Proprietățile formale ale temperaturii sunt

studiate în termodinamică. Temperatura joacă, de asemenea, un rol important în aproape toate domeniile științei, inclusiv fizică, chimie, și biologie.

Temperatura este legată de cantitatea de energie termică sau de căldură dintr-un sistem. Deoarece se adaugă mai multă căldură cu cât temperatura crește, în mod similar o scădere a temperaturii corespunde unei pierderi de căldură din sistem. La scară microscopică această căldură corespunde mișcării haotice a atomilor și moleculelor din sistem. Astfel, o creștere a temperaturii corespunde unei creșteri a vitezei de deplasare a atomilor din sistem.

Multe proprietăți fizice ale materialelor, inclusiv faza (gaz, lichid sau solid), densitatea, solubilitatea, presiunea de vapori, și conductivitatea electrică, depind de temperatură. Temperatura joacă, de asemenea, un rol important în determinarea vitezei și măsurii în care apar reacțiile chimice. Acesta este unul din motivele pentru care corpul uman are mai multe mecanisme pentru menținerea temperaturii la 37°C , deoarece temperaturi cu numai câteva grade mai mari pot conduce la reacții dăunătoare cu consecințe grave. Temperatura controlează, de asemenea, tipul și cantitatea de radiații termice emisă de o suprafață. O aplicație a acestui efect este becul incandescent, în care un filament de tungsten este încălzit electric la o temperatură la care sunt emise cantități semnificative de lumină vizibilă.

Temperatura este o proprietate intrinsecă a unui sistem, ceea ce înseamnă că aceasta nu depinde de dimensiunea sistemului sau cantitatea de material din sistem. Alte proprietăți intrinseci includ presiunea și densitatea. Prin contrast, masa și volumul sunt proprietăți extrinseci, și depind de cantitatea de material în sistem.

Definiții

Pe baza principiului zero

În timp ce majoritatea oamenilor au o înțelegere de bază a conceptului de temperatură, definiția formală este destul de complicată. Înainte de a ajunge la o definiție oficială, să luăm în considerare conceptul de echilibru termic. În cazul în care două sisteme închise cu volume fixe sunt aduse împreună, astfel încât să fie în contact termic, pot avea loc modificări în proprietățile celor două sisteme. Aceste schimbări se datorează transferului de căldură între sisteme. Atunci când se ajunge la o stare în care nu apar modificări ulterioare, sistemele sunt în echilibru termic.

O bază pentru definirea temperaturii poate fi obținută din principiul zero a termodinamicii, care prevede că dacă două sisteme, A și B, sunt în echilibru termic, și un al treilea sistem C este în echilibru termic cu sistemul A atunci sistemele B și C vor fi, de asemenea, în echilibru termic. Acesta este un fapt empiric, pe baza observării, și nu teorie. Deoarece A, B, și C sunt în echilibru termic, este rezonabil să spunem că fiecare dintre aceste sisteme partajează o valoare comună a unor proprietăți. Numim această proprietate temperatură.

În general, nu este convenabil să plasăm oricare două sisteme arbitrare în contact termic pentru a vedea dacă acestea sunt în echilibru termic și, astfel, au aceeași temperatură. Prin urmare, este util să se stabilească o scară de temperatură în funcție de proprietățile unui anumit sistem de referință. Apoi, un dispozitiv de măsurare poate fi calibrat în funcție de proprietățile sistemului de referință și utilizat pentru a măsura temperatura altor sisteme. Un astfel de sistem de referință este o cantitate fixă de gaz. Legea lui Boyle indică faptul că produsul presiunii și a volumului ($P \times V$) al unui gaz este direct proporțional cu temperatura. Acest lucru poate fi exprimat prin legea gazului ideal ca:

$$PV = nRT \quad (1)$$

unde T este temperatura, n este cantitatea de gaz (numărul de moli) și R este constanta gazului ideal. Astfel, se poate defini o scală pentru temperatură pe bază de presiunea și volumul gazului corespunzătoare temperaturii. În practică, un astfel de **termometru cu gaz** nu este foarte convenabil, dar pot fi calibrate alte instrumente de măsurare la această scară.

Ecuția indică faptul că pentru un volum fix de gaz, presiunea crește cu creșterea temperaturii. Presiunea este doar o măsură a forței aplicate de gaz pe pereții recipientului și este legată de energia sistemului. Astfel, se poate observa că o creștere a temperaturii corespunde unei creșteri a energiei termice a sistemului. Când două sisteme de temperatură diferite sunt puse în contact termic, temperatura sistemului mai fierbinte scade, ceea ce indică faptul că căldura părăsește acest sistem, în timp ce sistemul mai rece câștigă căldură și crește temperatura. Astfel căldură circulă întotdeauna dintr-o regiune de temperatură ridicată într-o regiune de temperatură mai scăzută și este diferența de temperatură care conduce transferul de căldură între cele două sisteme.

Pe baza celui de al doilea principiu

Temperatura în secțiunea anterioară a fost definită pe baza principiului zero al termodinamicii. Este de asemenea posibil să se definească temperatura pe baza celui de al doilea principiu al termodinamicii, care se ocupă cu *entropia*. Entropia este o măsură a dezordinii într-un sistem. Al doilea principiu prevede că orice proces va duce la o schimbare sau o creștere netă a entropiei universului. Acest lucru poate fi înțeles în termeni de probabilitate. Luați în considerare o serie de aruncări de monede. Un sistem perfect ordonat ar fi unul în care fiecare ban va cădea fie ban fie marcă. Pentru orice număr de aruncări de monede, există doar o singură combinație de rezultate corespunzătoare acestei situații. Pe de altă parte, există mai multe combinații care pot duce la sisteme dezordonate sau mixte, unde unele monezi sunt ban și altele sunt marcă. Pe măsură

ce numărul de monede aruncate crește, numărul de combinații corespunzătoare sistemului imperfect crește. Pentru un număr foarte mare de aruncări de monede, numărul de combinații corespunzătoare de ~ 50% ban și ~ 50% marcă domină, și obținerea unui rezultat semnificativ diferit de cel de 50/50 devine extrem de improbabil. Astfel, sistemul progresa în mod natural la o stare de dezordine sau entropie maximă.

Unități de temperatură

Unitatea de bază a temperaturii în Sistemul Internațional de Unități este *kelvin* (K). Un Kelvin este definit formal ca $1/273,16$ din temperatura punctului triplu al apei (punctul în care apa, gheața și vaporii de apă sunt în echilibru). Temperatura de 0 K este numită *zero absolut*, și corespunde punctului în care moleculele și atomii au cea mai mică posibil energie termică. O unitate importantă de temperatură în fizica teoretică este *temperatura Planck* ($1,4 \times 10^{32}$ K).

Pentru aplicațiile de zi cu zi, este adesea convenabil să se folosească *scara Celsius* (anterior scala centigrad), în care 0 °C corespunde temperaturii la care apa îngheață și 100 °C corespunde punctului de fierbere a apei la nivelul mării. În această scală o diferență de temperatură de 1 grad este la fel ca o diferență de temperatură de 1 K, astfel încât scara este în mod esențial aceeași cu *scara Kelvin*, dar compensată cu temperatura la care apa îngheață (273,15 K). Astfel următoarea ecuație poate fi folosită pentru a converti Celsius la Kelvin.

$$T(K) = T(C) + 273.15$$

În Statele Unite, *scara Fahrenheit* este utilizată pe scară largă. Pe această scară punctul de îngheț al apei corespunde cu 32 °F și punctul de fierbere la 212 °F. Următoarea formulă poate fi utilizată pentru a converti între Fahrenheit și Celsius:

$$T(C) = 5/9 \times (T(F) - 32)$$

Alte scale de temperatură includ Rankine și Reaumur.

Măsurarea temperaturii

Multe metode au fost dezvoltate pentru măsurarea temperaturii. Cele mai multe dintre acestea se bazează pe măsurarea unei proprietăți fizice a unui material în lucru care variază cu temperatura. Una dintre cele mai uzuale dispozitive de măsurare a temperaturii este **termometrul de sticlă**. Acesta constă dintr-un tub de sticlă umplut cu mercur sau un alt lichid, care acționează ca fluid de lucru. Creșterile de temperatură determină lichidul să se extindă, astfel încât temperatura poate fi determinată prin măsurarea volumului fluidului. Aceste termometre sunt de obicei calibrate, astfel încât se poate citi temperatura pur și simplu prin observarea nivelului fluidului în termometru. Un alt tip de termometru care nu este într-adevăr utilizat mult în practică, dar este important din punct de vedere teoretic, este **termometrul cu gaz**.



Un termometru tipic în grade Celsius care măsoară o temperatură a zilei de iarnă de -17°C

Alte importante dispozitive pentru măsurarea temperaturii includ:

- termocuple
- termistori
- termometre rezistente la temperatură
- pirometre
- alte tipuri de termometre

Trebuie să fiți atenți atunci când se măsoară temperatura pentru a se asigura că temperatura instrumentului de măsurare (termometru, termocuplu, etc) este într-adevăr aceeași temperatură ca și materialul care este măsurat. Anumite condiții termice ale instrumentului de măsurare pot

provoca un gradient de temperatură, astfel încât temperatura măsurată este diferită de temperatura reală a sistemului. În acest caz, temperatura măsurată va varia nu numai cu temperatura sistemului, dar și cu proprietățile de transfer termic ale sistemului. Un caz extrem al acestui efect dă naștere la factorul de vânt rece, unde temperatura se simte mai rece în condiții de vânt decât în condiții de calm, chiar dacă temperatura este aceeași. Ceea ce se întâmplă este că vântul crește rata de transfer termic din organism, rezultând o reducere mai mare a temperaturii corpului pentru aceeași temperatură ambiantă.

Temperatura în gaze

Pentru un gaz ideal monoatomic temperatura este legată de mișcarea de translație sau viteza medie a atomilor. Teoria cinetică a gazelor utilizează mecanica statistică pentru a corela această mișcare de energia cinetică medie a atomilor și moleculelor din sistem. Pentru acest caz, 11.300 grade Celsius corespund la o energie cinetică medie a unui electron. La temperatura camerei (300 grade Kelvin), de exemplu, energia medie a moleculelor de aer este de $300/11300$ eV, sau 0,0273 electronvolți. Aceasta energie medie este independentă de masa particulelor, care pare contraintuitiv pentru mulți oameni. Cu toate că temperatura este legată de energia cinetică medie a particulelor într-un gaz, fiecare particulă are o energie proprie, care poate sau nu poate corespunde mediei. Într-un gaz distribuția energiei (și astfel vitezele) particulelor corespunde distribuției Boltzmann.

Un electron este o unitate foarte mică de energie, de ordinul a 1.6×10^{-19} jouli.