

Temperatura

Cuprins

1. Ce este temperatura. Principiul zero al temperaturii. 1
2. Măsurarea temperaturii..... 2
3. Dilatarea termică 4

1. Ce este temperatura. Principiul zero al temperaturii.

Temperatura este deseori asociată cu senzațiile de cald și rece pe care le avem atunci când atingem diferite corpuri. Acest mod de a privi temperatura este unul subiectiv dar oferă o posibilitate practică de vedea cum putem defini și măsura temperatura.

Să considerăm un exemplu foarte simplu, două sisteme termodinamice (să spunem două gaze) aflate în contact în două incinte perfect izolate de mediul exterior însă care pot schimba energie între ele (Fig.1). Este posibil ca cele două sisteme să schimbe energie până ajung la o stare în care acest schimb de energie nu se mai produce. Spunem că s-a realizat echilibrul termic. Sau este posibil ca schimbul de energie să nu se producă și atunci sistemele s-au aflat de la bun început în echilibrul termic.

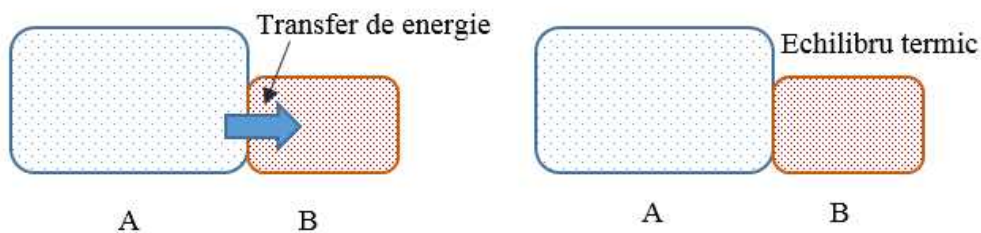


Figura 1

Considerând trei sisteme termodinamice A, B, C, relația de echilibru termic între stări are următoarea proprietate, numită tranzitivitatea echilibrului termic (Fig.2):

Dacă A este în echilibru termic cu B și A este în echilibru termic cu C atunci B este în echilibru termic cu C.

Această proprietate se mai numește și **principiul zero al termodinamicii** și permite introducerea temperaturii ca parametru de stare care caracterizează stările de echilibru ale sistemelor termodinamice. Dacă avem mai multe sisteme termodinamice și ele se află în echilibru termic (adică nu schimbă energie între ele) atunci spunem că au aceeași temperatură.

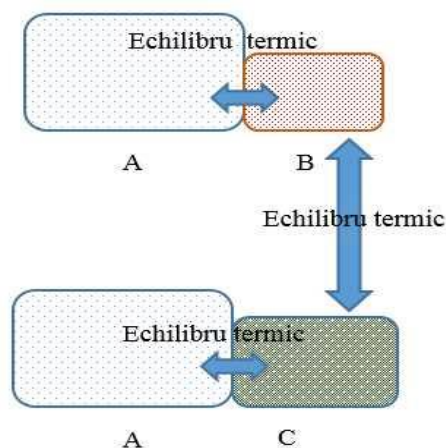


Figura 2

Interpretarea cinetico-moleculară a temperaturii

Pe de altă parte privind lucrurile din punct de vedere al structurii interne atomo-moleculare a substanței știm că atomii sau moleculele substanțelor se află într-o mișcare continuă și dezordonată numită mișcare de agitație termică indiferent de starea de agregare. Între *energia cinetică medie a mișcării de translație a unei molecule* considerată punct material și temperatură există următoarea relație:

$$\langle \varepsilon_{ctranslație} \rangle = \frac{3}{2} kT$$

unde $k = 1,38 \cdot 10^{-23} J/K$ reprezintă constanta lui Boltzmann iar T reprezintă temperatura.

Această relație arată că între energia cinetică a mișcării de translație a moleculelor substanțelor și temperatură există o legătură, dacă crește temperatura atunci crește și energia cinetică a moleculelor iar dacă scade temperatura scade și energia cinetică a mișcării de translație a moleculelor.

Prin urmare putem considera că temperatura este o mărime fizică care reprezintă o măsură a mișcării de agitație termică a moleculelor substanțelor.

2. Măsurarea temperaturii.

Măsurarea temperaturii se face cu termometrul. Indiferent de tipul termometrului, funcționarea acestuia se bazează pe modificarea proprietăților unor substanțe (cum ar fi modificarea volumului unui lichid sau solid, modificarea presiunii unui gaz menținut la volum constant, modificarea rezistenței electrice a unui conductor, modificarea culorii unui corp, etc) atunci când temperatura variază.

Cel mai comun tip de termometru este cel care folosește un lichid și proprietatea acestuia de a se dilata (volumul crește) atunci când crește temperatura sau a se contracta (volumul scade) când scade temperatura. Orice termometru înainte de a fi utilizat trebuie calibrat, adică trebuie stabilită o corelație între mărimea care se modifică (lungimea unei coloane de lichid) și variația temperaturii. Atfel spus trebuie stabilită o *scară de temperatură*. Cele mai utilizate scări de temperatură folosesc ca repere stările termodinamice ale apei la presiunea atmosferică normală ($p_0 = 1.01325 \cdot 10^5 N/m^2$):

- Temperatura de topire a gheții
- Temperatura de fierbere a apei

În figura 3 este reprezentată comparativ scara de temperatură Celsius (centigradă) și scara de temperatură Fahrenheit.

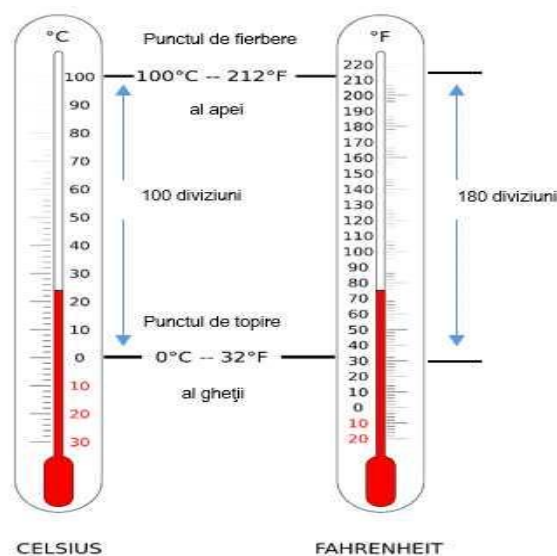


Figura 3

Relațiile de conversie între scările Celsius și Fahrenheit sunt următoarele:

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32$$

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

Scara de temperatură absolută

În general în cazul termometrelor cu lichid temperatura măsurată depinde de proprietățile lichidului și de condițiile de presiune ale mediului exterior. Cele două puncte de reper în definirea scărilor de temperatură Celsius și Fahrenheit depind de punctul de topire al gheții și punctul de fierbere ale apei la presiunea atmosferică normală. De aceea se pune problema definirii unei scări de temperatură și a unui termometru a cărui indicații să fie independente de aceste variabile.

O asemenea scară de temperatură este **scara de temperatura absolută** care este definită în funcție de punctul triplu al apei. Punctul triplu al unei substanțe este acea stare termodinamică unică în care cele trei faze solidă lichidă și gazoasă ale unei substanțe coexistă în echilibru. În cazul apei această stare termodinamică (Fig.4) este posibilă dacă presiunea exterioară este de aproximativ 610 Pa iar temperatura este de 0,01 °Celsius. Acestei stări i se atribuie în scara de temperatură absolută numită și scara Kelvin valoarea de 273.16 K.

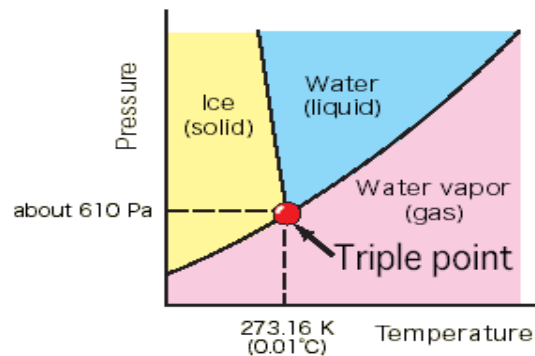


Figura 4

Așa cum se observă și din figura 4 presiunea de 610 Pa este cea mai joasă presiune la care apa se mai poate afla în stare lichidă. Dacă presiunea scade sub această valoare atunci apa se poate găsi în stare solidă sau gazoasă, trecerea de la starea solidă se face direct la starea gazoasă prin sublimare.

1 Kelvin reprezintă $\frac{1}{273,16}$ din temperatura punctului triplu al apei căruia i se atribuie prin convenție valoarea termodinamică de 273,16 K.

Folosind ca definiție doar punctul triplu al apei scara Kelvin este o scară de temperatură care se definește în funcție de un singur punct fix – punctul triplu al apei.

Relația între scările de temperatură Celsius, Fahrenheit și Kelvin este ilustrată în fig.5 .

	K	C	F
Water boils	373	100°	212°
	↑ 100 K	↑ 100 C°	↑ 180 F°
Water freezes	273	0°	32°
CO ₂ solidifies	195	-78°	-109°
Oxygen liquefies	90	-183°	-298°
Absolute zero	0	-273°	-460°

Figura 5

Scara Kelvin mai este numită scara de temperatură absolută iar punctul său de 0, $T = 0\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$ este numit zero absolut. La 0 K molecule care compun un sistem termodinamic au cea mai mică energie posibilă, însă datorita unor efecte cuantice mișcarea moleculelor nu încetează complet.

$$T(K) = t^{\circ}\text{C} + 273,15$$

3. Dilatarea termică

Dilatarea termică este unul dintre cele mai importante efecte care se produc atunci când temperatura unui corp sau sistem crește. Prin dilatare înțelegem modificarea volumului unui corp odată cu creșterea temperaturii.

Dilatarea liniară se produce în cazul în care avem sisteme cum ar fi fire metalice, coloane de lichid foarte subțiri, etc, în cazul cărora lungimea este mult mai mare decât celelalte două dimensiuni (Fig.6). În aceste situații relația dintre lungimea inițială l_0 a unui fir, lungimea finală l este dată de relația:

$$l = l_0(1 + \alpha\Delta T)$$

Unde α este un coeficient care se numește coeficient de dilatare liniară, $[\alpha]_{SI} = \text{K}^{-1}$

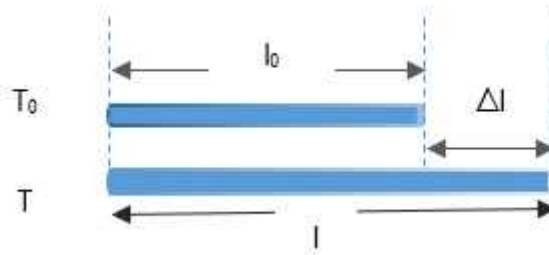


Figura 6

În cele mai multe situații însă vorbim de dilatare în volum (Fig.7). În acest caz volumul unui corp a cărui temperatură crește de la T_0 la T se modifică conform relației:

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T)$$

unde γ se numește coeficient de dilatare în volum, iar V_0 reprezintă volumul inițial iar V volumul final.

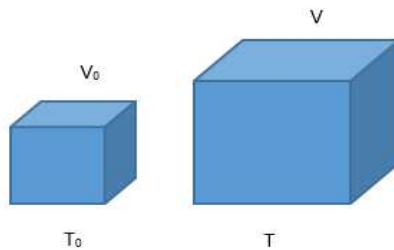


Figura 7

Anomalia dilatării termice a apei

Volumul lichidelor crește în general cu creșterea temperaturii iar coeficienții de dilatare în volum sunt cam de 10 ori mai mari decât în cazul solidelor. Totuși există o excepție. Apa în intervalul de temperatură $(0,4^{\circ}\text{C})$ își micșorează volumul în loc să își crească volumul. Cel mai mic volum este atins la $3,98^{\circ}\text{C}$ ceea ce înseamnă că la această temperatură apa are cea mai mare densitate.

Prin topire densitatea apei crește, gheața având o densitate mai mică decât a apei. În Fig. 8 este reprezentată variația densității apei cu temperatura atât în situația când se află în stare solidă cât și lichidă. Această comportare a apei se datorează modului în care se asociază moleculele de apă atunci când se modifică temperatura.

Comparație între densitatea apei și a gheții

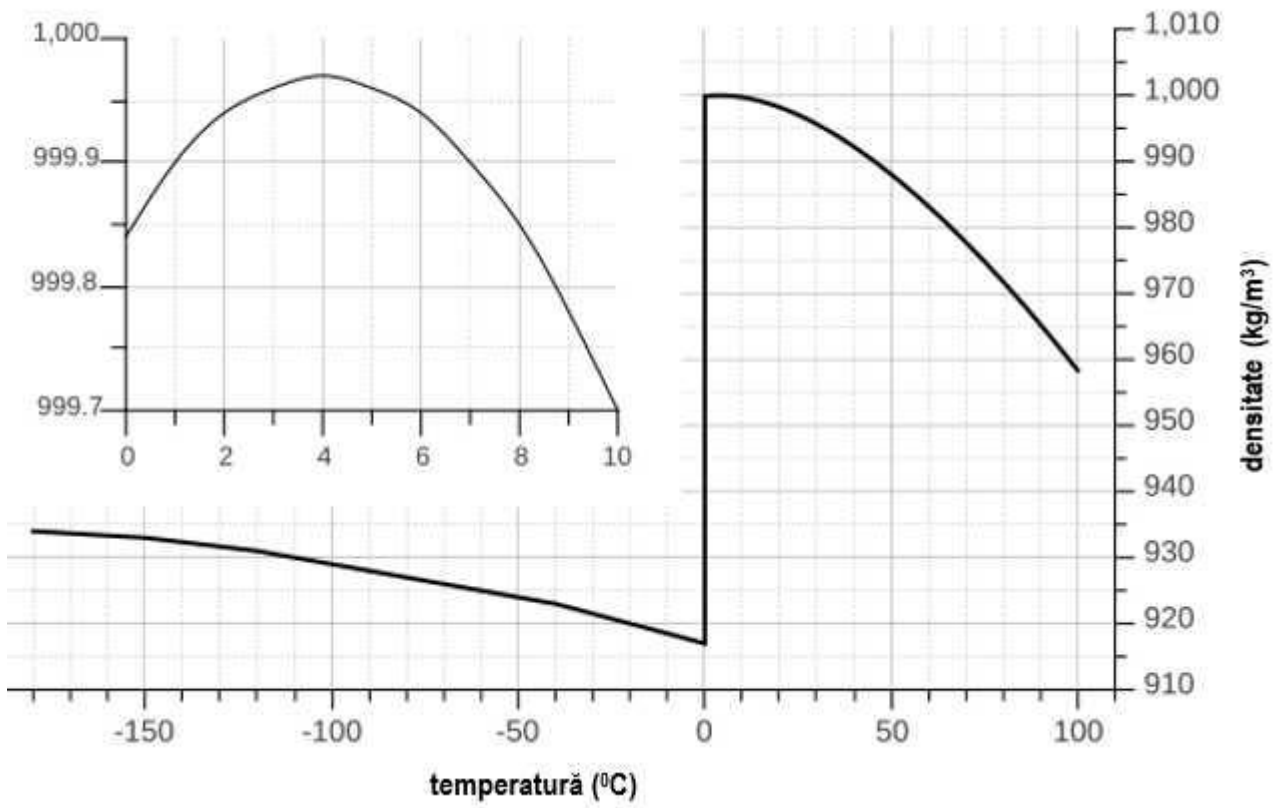


Figura 8