

Cum să
reusești
fără să
TOCEȘTI
la fizică!

Fenomene termice,
electrice și optice

Capitolul I • FENOMENE TERMICE

I.1. Agitația termică. Difuzia. Echilibrul termic.

Temperatura.....9

I.2. Dilatarea.....18

I.3. Căldura. Coeficienți calorici. Noțiuni de calorimetrie...25

I.4. Stări de agregare. Transformări de stare.....43

Capitolul II • FENOMENE ELECTRICE

II.1. Electrizarea corpurilor. Sarcina electrică.....79

II.2. Legea lui Coulomb.....83

II.3. Curentul electric continuu.....89

II.3.1. Tensiunea electrică. Intensitatea curentului electric.....89

II.3.2. Rezistența electrică. Legile lui Ohm.....97

II.3.3. Gruparea rezistoarelor.....109

II.3.4. Legile lui Kirchhoff.....119

II.3.5. Gruparea generatoarelor.....125

II.3.6. Energia și puterea electrică.....129

Capitolul III • FENOMENE OPTICE

III.1. Reflexia și refracția luminii.....147

III.1.1. Reflexia.....147

III.1.2. Refracția.....160

III.2. Lentile.....169



REȚINE

I.1. Agitația termică. Difuzia. Echilibrul termic. Temperatura

Agitația termică este mișcarea haotică și permanentă în care se găsesc atomii și moleculele substanțelor, indiferent de starea de agregare. **Mișcarea este cu atât mai intensă cu cât temperatura este mai mare.**

Difuzia și mișcarea browniană sunt consecințe ale agitației termice.

Temperatura empirică este o mărime fizică scalară, necesară și suficientă pentru a caracteriza echilibrul termic.

Corpurile aflate în echilibru termic au, prin convenție, aceeași temperatură.

Dispozitivul cu care se măsoară temperatura se numește termometru.

Termometrul are un corp termometric, caracterizat de o mărime fizică ce variază cu temperatura; această variație este de preferat

să fie liniară, deoarece o variație liniară asigură ca unui anume grad de încălzire să îi corespundă o unică valoare a temperaturii.

Pentru a stabili unitatea de măsură pentru temperatură avem nevoie de o scară de temperatură, deci trebuie să stabilim o corespondență între gradul de încălzire și valoarea măsurată a mărimii fizice ce caracterizează corpul termometric.

Unitatea de măsură pentru temperatură în Sistemul Internațional de unități se numește kelvin:

$$[T]_{SI} = K$$

Temperatura poate fi exprimată și în alte unități de măsură, de exemplu gradul Celsius:

$$[t] = ^\circ C$$

Legătura dintre un grad Celsius și un grad Kelvin este: $t = T - T_0$, unde $T_0 = 273,15 \text{ K}$ (în aplicații, vom considera $T_0 = 273 \text{ K}$; corespunzător: $t_0 = 0^\circ C$).

Variația de temperatură exprimată în grade Celsius este egală cu variația de temperatură exprimată în grade Kelvin: $\Delta t = \Delta T$.

APLICĂ



1. În cursul unui proces de încălzire, temperatura absolută a aerului dintr-o butelie închisă se triplează. Știind că temperatura inițială a gazului era $t = 27^\circ C$, calculează:

a) valoarea temperaturii inițiale exprimată în unități din Sistemul Internațional;

- b)** temperatura finală exprimată în grade Celsius;
c) cu cât s-a modificat temperatura? (exprimă rezultatul obținut atât în grade Celsius, cât și în kelvini);
d) de câte ori s-a modificat temperatura exprimată în grade Celsius?;
e) variația relativă a temperaturii în cursul procesului de încălzire. Calculează această variație raportată la temperatura inițială exprimată atât în grade Celsius, cât și în kelvini.

Rezolvare:

- a)** Transformăm temperatura din grade Celsius în Kelvin:

$$\left. \begin{array}{l} t = T - T_0 \Rightarrow T = t + T_0 \\ T_0 = 273 \text{ K} \end{array} \right\} \Rightarrow T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

- b)** Dacă temperatura absolută a gazului se triplează, putem scrie: $T_f = 3T$

$$\text{Dar: } \left. \begin{array}{l} t_f = T_f - T_0 \\ T_f = 3T \end{array} \right\} \Rightarrow t_f = 3T - T_0 = 3 \cdot 300 - 273 = 627 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- c)** Să calculăm variația de temperatură în grade Celsius:

$$\Delta t = t_f - t = 627 - 27 = 600^\circ\text{C}$$

Calculăm variația de temperatură în kelvini:

$$\Delta T = T_f - T = 900 - 300 = 600 \text{ K}$$

Observăm că, așa cum am învățat deja: $\Delta t = \Delta T$.

- d)** Calculăm raportul temperaturilor dintre starea finală și cea inițială:

$$\frac{t_f}{t} = \frac{627}{27} = 23,22$$

Observație: $\Delta t = \Delta T$, dar $\frac{t_f}{t} \neq \frac{T_f}{T}$

e) Variația relativă a temperaturii absolute:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{T_f - T}{T} = \frac{900 - 300}{300} = 2 = 200\%$$

Variația relativă a temperaturii raportată la temperatura exprimată în grade Celsius:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{t_f - t}{t} = \frac{627 - 27}{27} = \frac{600}{27} = 22,22 = 2222\%$$



2. Temperatura minimă înregistrată în România în iarna anului 2019 a fost cu $f = 14\%$ mai mică decât valoarea maximă ($T = 283 \text{ K}$) înregistrată în aceeași iarnă. Calculează:

- a) valoarea temperaturii minime exprimată în grade Celsius;
- b) variația de temperatură între cea mai caldă și cea mai rece zi din iarna anului 2019.

Rezolvare:

a) Calculăm temperatura minimă exprimată în kelvini:

$$T_{\min} = T_{\max} - fT_{\max} = T_{\max}(1 - f)$$

$$T_{\min} = 283 \left(1 - \frac{14}{100} \right) \cong 243,4 \text{ K}$$

Temperatura exprimată în grade Celsius:

$$\left. \begin{array}{l} t_{\min} = T_{\min} - T_0 \\ T_{\min} = 243,4 \text{ K} \\ T_0 = 273 \text{ K} \end{array} \right\} \Rightarrow t_{\min} = 243,4 - 273 = -29,6^\circ \text{C}$$

b) Să calculăm ΔT :

$$\left. \begin{aligned} \Delta T &= T_{\max} - T_{\min} \\ T_{\min} &= T_{\max}(1-f) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta T = T_{\max} - T_{\max}(1-f)$$

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\max} + fT_{\max} \Rightarrow \Delta T = fT_{\max} = \frac{14}{100} \cdot 283 = 39,6 \text{ K}$$

Deoarece: $\Delta t = \Delta T \Rightarrow \Delta t = 39,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



3. Se măsoară temperatura cu un termometru greșit etalonat și se constată că acesta indică **- 10 grade** când este introdus într-un amestec de apă și gheață și **120 de grade** când este introdus în vaporii apei care fierbe la presiune normală.

a) Ce valoare va indica termometrul când temperatura reală este **10 grade Celsius**?

b) Care este temperatura reală când termometrul greșit etalonat indică **3 grade**?

Rezolvare:

Metoda 1:

a) Legătura dintre temperaturile exprimate în grade greșit măsurate și grade Celsius poate fi exprimată ușor, ținând cont de faptul că a măsura temperatura înseamnă de fapt să stabilim o corespondență între gradul de încălzire și lungimea măsurată a coloanei de lichid. În ambele cazuri, lungimea coloanei de lichid variază liniar cu temperatura, deci și între cele două indicații vom avea o dependență liniară.

$x(t) = a \cdot t[^\circ\text{C}] + b$, unde x reprezintă temperatura exprimată în grade greșite, $^\circ\text{g}$.

$$\left. \begin{aligned} -10 &= 0 \cdot a + b \Rightarrow b = -10 \\ 120 &= 100 \cdot a - 10 \Rightarrow a = \frac{130}{100} = 1,3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow x = 1,3 \cdot t[^\circ\text{C}] - 10$$

$$x(10^\circ\text{C}) = 1,3 \cdot 10 - 10 = 3^\circ\text{g}$$

b)

$$x[^\circ\text{g}] = 1,3 \cdot t[^\circ\text{C}] - 10 \Rightarrow x[^\circ\text{g}] + 10 = 1,3 \cdot t[^\circ\text{C}] \Rightarrow t[^\circ\text{C}] = \frac{x[^\circ\text{g}] + 10}{1,3} = \frac{3 + 10}{1,3} = 10^\circ\text{C}$$

Metoda 2:

a) La 130 de diviziuni în grade greșite corespund 100 de diviziuni în $^\circ\text{C}$, deci la o diviziune în grade greșite corespund 1,3 diviziuni în $^\circ\text{C}$.

$$N[^\circ\text{g}] = 10 \cdot 1,3 = 13$$

Cum măsurarea începe de la -10°g , temperatura indicată va fi:

$$x[^\circ\text{g}] = -10 + 13 = 3^\circ\text{g}$$

b) Punctul **b** se rezolvă analog.



4. Pe scara Fahrenheit, cele două repere ale scării sunt punctul de îngheț al unui

amestec salin format din apă pură, gheață și clorură de amoniu (0°F) și temperatura corpului uman (96°F). În acest caz, temperatura de îngheț a apei pure are valoarea de 32°F , iar temperatura la care fierbe apa pură la presiune

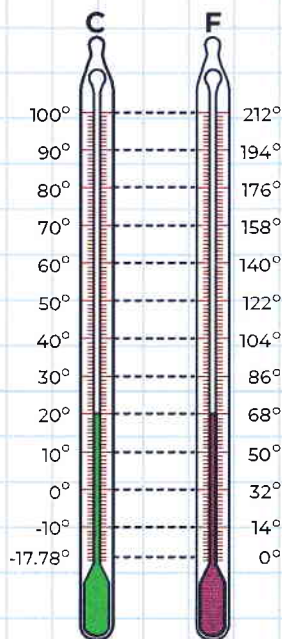


Fig. I.1

atmosferică normală are valoarea de **212°F**. Cele două repere sunt separate de **180** de diviziuni, numite grade Fahrenheit.

- Care este relația între un grad Celsius și un grad Fahrenheit?
- Care este relația de transformare a unei temperaturi din grade Fahrenheit în grade Celsius?
- La ce temperatură indicația a două termometre etalonate în grade Celsius și în grade Fahrenheit va fi aceeași?

Rezolvare:

- Lungimea aceleiași coloane de lichid este divizată în **180 grade Fahrenheit** și **respectiv 100 grade Celsius**, deci putem scrie:

$$1 \text{ diviziune } [^{\circ}\text{C}] = 1,8 \text{ diviziuni } [^{\circ}\text{F}]$$

$$x[^{\circ}\text{F}] = a \cdot t[^{\circ}\text{C}] + b$$

b)

$$\left. \begin{array}{l} 32 = 0 \cdot a + b \Rightarrow b = 32 \\ 212 = 100 \cdot a + 32 \Rightarrow a = \frac{212 - 32}{100} = 1,8 \end{array} \right\} \Rightarrow x(t) = 1,8 \cdot t + 32$$

$$x - 32 = 1,8t \Rightarrow t(x) = \frac{x - 32}{1,8}$$

- $x(t) = t \Rightarrow 1,8t + 32 = t \Rightarrow 0,8t = -32 \Rightarrow t = -40^{\circ}\text{C}$

EXERSEAZĂ

Observație: În toate problemele următoare se va considera $T_0 = 273 \text{ K}$.



1.1. În diagrama din figura de mai jos sunt marcate temperaturile din luna octombrie 2018:

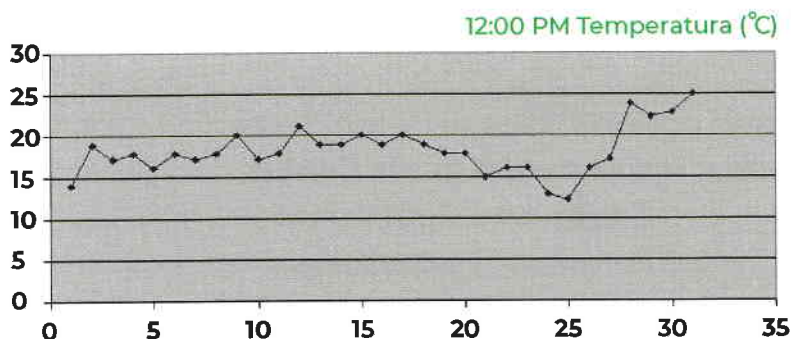


Fig. 1.2

Răspunde la următoarele întrebări:

- Identifică zilele în care temperatura înregistrată a fost $T = 293 \text{ K}$.
- Precizează care a fost cea mai caldă și cea mai rece zi a lunii; estimează temperatura minimă înregistrată în luna octombrie a anului 2018 și calculează variația maximă de temperatură înregistrată în luna respectivă.
- Calculează de câte ori a fost mai mare temperatura maximă (exprimată în grade Celsius) față de temperatura înregistrată pe 17 octombrie.

d) Știind că pe **1 octombrie** temperatura înregistrată la ora **12:00 p.m.** a fost $t_1 = 13,9^{\circ}\text{C}$ și că temperatura medie înregistrată (la aceeași oră) în această lună a anului a fost $t_{\text{med}} = 18,2^{\circ}\text{C}$, calculează variația relativă a temperaturii pe **1 octombrie** față de temperatura medie înregistrată.

e) Calculează cu cât la sută a fost mai mică temperatura (în grade Kelvin) înregistrată pe **21 octombrie** față de temperatura medie a acestei luni.

Răspunsuri: a) 9, 15 și 17 octombrie; b) 25, respectiv 31 octombrie; c) 1,25; d) $-0,24$; e) $-0,18\%$.



1.2. Oimiakon este o localitate aflată în lacuția, aflată la **350 km** de Cercul Polar de Nord. Aici s-a înregistrat în 1926 o valoare a temperaturii $T_1 = 201,8 \text{ K}$. Unul dintre cele mai fierbinți locuri de pe Terra este El Azizia. În această localitate din Libia, la nivelul solului temperatura poate depăși, în anumite zile, $t_2 = 66,2^{\circ}\text{C}$. În România, temperaturile extreme înregistrate au fost $t_3 = -38,5^{\circ}\text{C}$ (în localitatea Bod, județul Brașov, pe 25 ianuarie 1942) și $t_4 = 44,5^{\circ}\text{C}$ (în localitatea Ion Sion, județul Brăila, pe 10 august 1951).

a) Exprimă valorile temperaturilor menționate în text în unități din Sistemul Internațional.

b) Calculează de câte ori este mai mică temperatura minimă în kelvini înregistrată în România față de cea mai mică temperatură precizată în text.

c) Calculează cu cât este mai mare temperatura în grade Celsius precizată în text ca fiind înregistrată în El Azizia față de temperatura maximă înregistrată în România.

Răspunsuri: a) 339,2 K, 234,5 K, 317,5 K; b) 1,16; c) 21,7 K.



I.3. Transformă în unități din Sistemul Internațional următoarele temperaturi: **0°F , 273°C , 300 K , 32°C , 500°C .**

Răspunsuri: $255,37\text{ K}$; 546 K ; 300 K ; 27 K ; 773 K .



I.4. Ordonează crescător următoarele temperaturi: **60°F , 21°C , 350 K , 0°C , 600 K .**

Răspunsuri: 0°C (273 K); 60°F ($288,7\text{ K}$); 21°C (294 K); 350 K ; 600 K .



I.5. Două temperaturi diferite sunt măsurate pe două scări de temperatură. Pe prima scară de temperatură se înregistrează valorile t_1 și t_2 , iar pe cea de a doua – t'_1 și t'_2 . Care este relația matematică ce permite trecerea de la o scară de temperatură la cealaltă?

Răspuns: $t = at' + b$, $a = \frac{t_2 - t_1}{t'_2 - t'_1}$, $b = \frac{t_1(t'_1 - t'_2) - t'_1(t_1 - t_2)}{t'_1 - t'_2} = \frac{t_1 t'_2 - t_2 t'_1}{t'_2 - t'_1}$

REȚINE



I.2. Dilatarea

Dilatarea, respectiv contractarea, sunt fenomenele de variație a dimensiunilor unui corp odată cu temperatura. Dacă dimensiunile corpului cresc, corpul s-a dilatat. Dacă dimensiunile corpului scad, corpul s-a contractat.