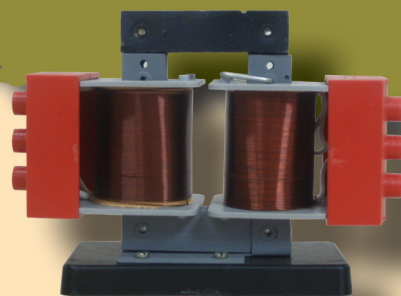


Ministerul Educației și Cercetării

# Fizică

Manual pentru clasa a X-a



Octavian Rusu  
Livia Dinică  
Adrian Galbură

**CORINT**

## Cuprins

<b>Capitolul 1. Elemente de termodinamică .....</b>	<b>7</b>
1.1. Noțiuni termodinamice de bază .....	8
Evaluare .....	14
1.2. Principiul I al termodinamicii .....	17
Evaluare .....	24
1.3. Calorimetrie .....	26
Evaluare .....	30
1.4. Aplicarea primului principiu al termodinamicii la transformările gazului ideal .....	32
Evaluare .....	37
1.5. Transformări de stare de agregare .....	39
Evaluare .....	47
1.6. Motoare termice.....	50
Evaluare .....	53
1.7. Principiul al II-lea al termodinamicii* .....	56
Evaluare .....	61
Răspunsuri la problemele capitolului 1 .....	62
Test de evaluare sumativă (model bacalaureat) .....	63
<b>Capitolul 2. Producerea și utilizarea curentului electric continuu .....</b>	<b>65</b>
2.1. Curentul electric .....	66
Evaluare .....	69
2.2. Legea lui Ohm .....	70
Evaluare .....	73
2.3. Legile lui Kirchhoff .....	75
Evaluare .....	77
2.4. Gruparea rezistoarelor și generatoarelor electrice .....	79
Evaluare .....	89
2.5. Energia și puterea electrică .....	91
Evaluare .....	93
2.6. Efectele curentului electric. Noțiuni necesare în studierea capitolului 3 .....	95
Memorator de legi importante și relații utile .....	102
Răspunsuri la problemele capitolului 2 .....	102
Test de evaluare sumativă (model bacalaureat) .....	103

---

<b>Capitolul 3. Producerea și utilizarea curentului electric alternativ .....</b>	<b>105</b>
3.1. Curentul alternativ .....	106
Evaluare .....	111
3.2. Elemente de circuit .....	112
Evaluare .....	122
3.3. Energia și puterea în circuitele de curent alternativ .....	123
Evaluare .....	126
3.4. Transformatorul electric .....	127
Evaluare .....	130
3.5. Motoare electrice .....	131
Evaluare .....	138
3.6. Aparate electrocasnice .....	140
Evaluare .....	145
Răspunsuri la problemele capitolului 3 .....	148
Test de evaluare sumativă (model bacalaureat) .....	149
<b>Bibliografie .....</b>	<b>152</b>

## Prefață

Autorii au ținut spre un manual optim structurat pentru elevii din clasa a X-a, cu nivel scăzut de dificultate și care respectă integral și uniform conținuturile cerute de noua programă de fizică, pentru 2-3 ore pe săptămână, realizând o bună corelare a conținuturilor și sarcinilor de învățare la toate capitolele.

Din rapoartele de evaluare ale referenților științifici reiese că manualul este foarte accesibil elevilor și atrăgător, adecvat particularităților de vârstă. Conținuturile sunt prezentate accesibil, cu o creștere progresivă a gradului de dificultate. Aplicațiile în tehnică și în viața de zi cu zi sunt frecvent întâlnite.

Textul este redactat într-un stil atrăgător, titlurile și subtitlurile sunt evidente, capitolele și paginile numerotate vizibil, ideile principale clar marcate. Definițiile, demonstrațiile și explicațiile sunt clare, modelările grafice și fotografiile fac trimiteri la fenomenele analizate sau amintite în text, sunt suficiente ca număr și bine echilibrate cu textul. Testele și problemele au o creștere progresivă a dificultății, fiind foarte utile elevilor de nivel mediu. La fiecare temă, informațiile stârnesc interesul și motivează învățarea. În tratarea temei se obține echilibrul optim între accesibilitate, rigurozitate științifică și prezentarea informațiilor privind descoperirile fizicii și aplicațiile lor tehnico-științifice.

Sunt notate cu asterisc conținuturile suplimentare (curriculum-ul diferențiat pe profiluri) și conținuturile facultative (a căror parcurgere este decisă de profesor în funcție de nivelul și nevoile elevilor, în cadrul orelor alocate în curriculum-ul la decizia școlii). Acest manual stimulează bunul simț științific, imaginația și inventivitatea elevului. Concepția didactică este modernă. Sunt folosite metode didactice atractive și eficiente (scheme și modelări grafice pe calculator, analogii, demonstrații teoretice sau experimentale simple, dar intuitive) și reveniri asupra noțiunilor nou-introduse sau dificile. Recapitularea unor noțiuni de electromagnetism din gimnaziu este necesară și a fost, așadar, introdusă la sfârșitul capitolului al doilea (**Noțiuni necesare în studierea capitolului 3**). Definițiile, noțiunile noi și simbolurile mărimilor fizice sunt scrise cu alte caractere, pentru a rămâne în memoria vizuală, în sprijinul elevilor cu ritmuri proprii de învățare mai scăzute.

Abordarea fenomenelor fizice prin exemple sugestive, destul de cunoscute de elevi, dezvoltă gândirea și creativitatea tehnică. Aplicațiile, exemplele concludente și tipurile de probleme rezolvate sunt bine alese și suficiente. La fiecare temă există un număr satisfăcător de întrebări, probleme, teste de autoevaluare diferite (fixare, recapitulare) cu dificultate gradată. Acestea stimulează activitatea individuală. Problemele propuse au grad mediu de dificultate. La sugestia profesorului, ordinea lor poate fi schimbată. Fiecare capitol are teste recapitulative, concepute după modelul celor date la bacalaureat și la concursurile de admitere în învățământul superior și un memorator de legi importante.

Experimentele descrise sunt opționale în condițiile unei dotări necorespunzătoare a laboratorului școlar sau a lipsei timpului fizic pentru realizarea lor.

Considerăm că am realizat un echilibru optim între accesibilitate, analiză corectă cu limbaj științific adecvat, exemple concludente, informarea elevilor privind descoperirile din fizică și aplicațiile tehnico-științifice ale acestora. A fost utilizată o gamă largă de instrumente de stimulare a elevului prin segmentele: observații, lecturi pentru curioși, experimente, aplicații, tabele, scheme, probleme rezolvate,

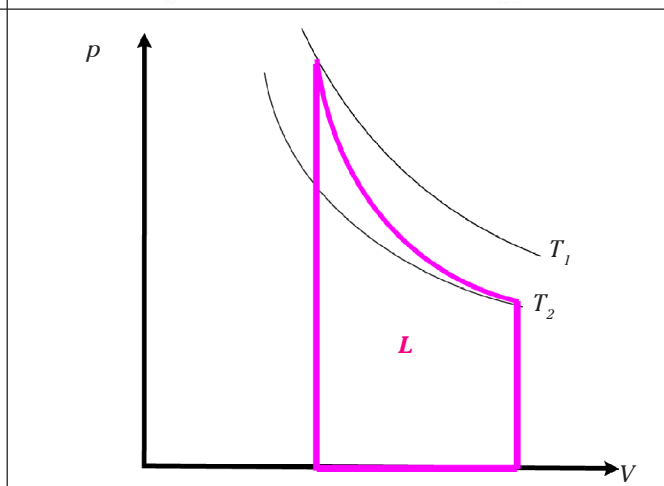
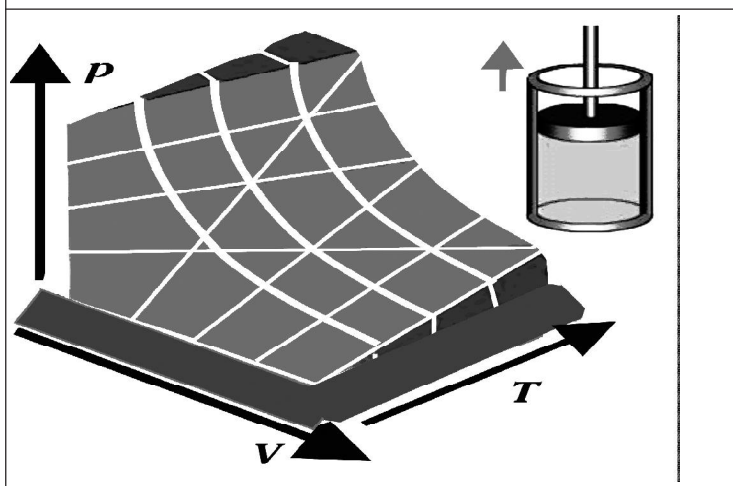
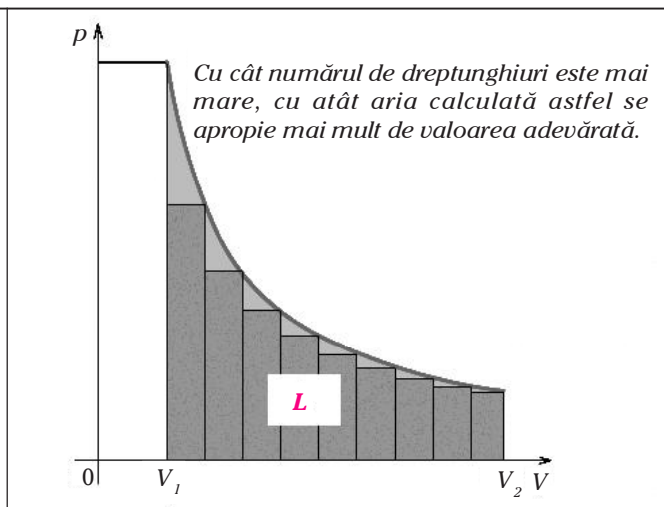
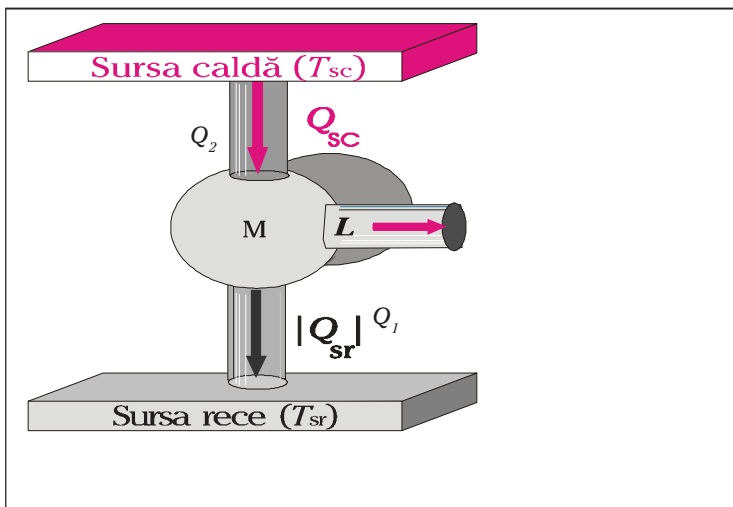
probleme propuse cu răspunsuri multiple, teste de recunoaștere a afirmațiilor adevărate și false, exerciții de completare a locurilor libere cu termenii corecți într-un text dat, mărimi și unități, teste de autoevaluare.

Manualul urmărește abordarea didactică a unor probleme ale fizicii prin exemple sugestive din viața cotidiană și ilustrație adecvată. Manualul respectă rigurozitatea științifică, rămânând, totuși, accesibil oricărui elev.

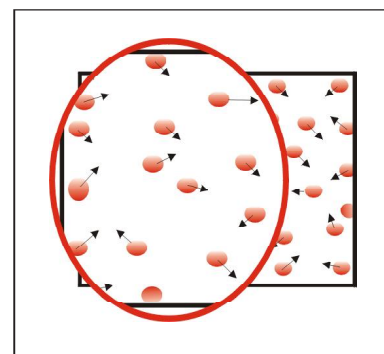
Reflectând pe deplin și o bogată experiență didactică și de autori de carte școlară, manualul este elaborat într-o manieră modernă, flexibilă, apelând la metode eficiente și atractive pentru o învățare activă. Utilizarea lui va avea o contribuție importantă în pregătirea elevilor la Fizică.

Vă dorim succes cu acest manual!

Autorii



„Presiunea unui gaz asupra pereților care-l înconjoară nu se poate explica decât prin mișcarea celor mai mici părți ale sale. Trebuie să admitem că moleculele unei substanțe în stare de agregare gazoasă plutesc în spațiu. Fiecare-și face drumul lin în linie dreaptă până ce se lovește fie de altă moleculă, fie de un perete, și de aici, răsare îndărăt, în altă direcție ca un glonte elastic.“

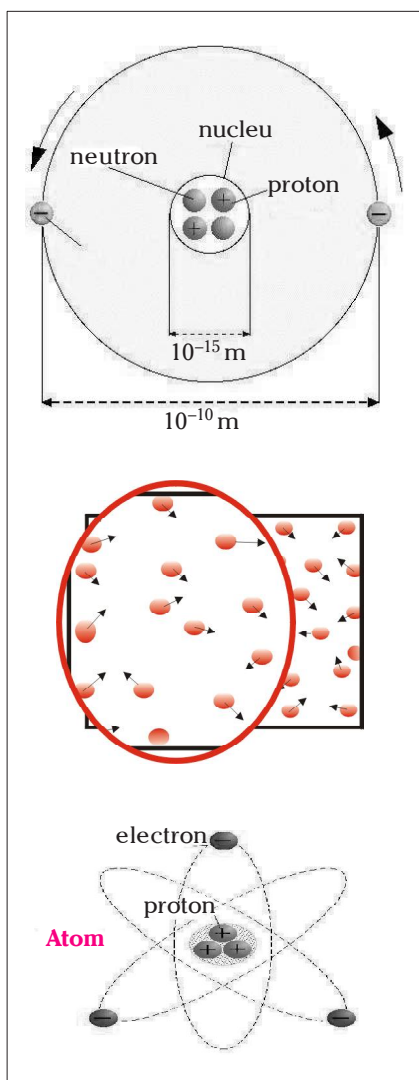


după Mihai Eminescu  
Caietul manuscris nr2270, fila 142

## 1.1. Noțiuni termodinamice de bază

„Materia trebuie să aibă părți ultime din care se compune, părți reale, care nu se mai pot subîmpărți decât ideal, subîmpărțiri care se confundă cu însăși facultatea noastră de a împărți, dar de care natura nu se mai poate servi; ea ce compune și descompune are nevoie de ultime particule certe, reale.”

după Mihai Eminescu, *Fragmentarium*



☐ Toate corpurile sunt constituite din atomi și atomi asociați în molecule, indiferent de starea lor de agregare. Pentru reprezentarea acestora sunt folosite modele grafice.

### 1.1.1. Recapitularea noțiunilor de chimie: mărimile caracteristice structurii discrete a substanței (masă moleculară, masă moleculară relativă, masă molară, volum molar, numărul lui Avogadro)

Substanțele au structură corpusculară (vezi ☐). Nevoia de a modela structura substanțelor este determinată de imposibilitatea observării lor. Așa cum știm, nimeni nu a văzut un atom cu constituenții săi. Moleculele (mono- sau poliatomice) au structură (electroni, protoni). John Dalton a formulat următoarele ipoteze:

- atomii unui element chimic sunt identici;
- gazele din atmosferă sunt alcătuite din atomi diferiți (oxigen, azot, hidrogen etc.);
- între atomi există spațiu de mișcare, lipsit de substanță (vidul interatomic);
- atomii se combină pentru a forma compuși chimici.

Moleculele pot fi descrise de un model teoretic, cu următoarele proprietăți:

- au formă aproximativ sferică și sunt identice la o aceeași substanță;
- sunt neutre electric și ciocnirile se consideră elastice.

**Masa moleculară** este masa moleculei unui element chimic.

**Masa moleculară relativă a unei molecule** reprezintă numărul care arată de câte ori este mai mare masa unei molecule decât a 12-a parte din masa izotopului de carbon,  $^{12}_6\text{C}$ , numită *unitate atomică de masă*:

$$1 u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g.}$$

Masa moleculară relativă ( $M_r$ ) a unei molecule poliatomice este egală cu suma maselor relative ale atomilor componenți. Masa atomică relativă ( $A_r$ ) este egală cu raportul dintre masa atomului considerat și unitatea atomică de masă.

**Un mol de substanță** reprezintă cantitatea de substanță a cărei masă, exprimată în grame, este numeric egală cu masa moleculară relativă a substanței considerate. Dacă masa este exprimată în kilograme, atunci este vorba de un **kmol** de substanță ( $1 \text{ kmol} = 10^3 \text{ moli}$ ). Masa unui **mol** sau masa molară (exprimată în g/mol sau kg/mol) o vom nota cu  $\mu$ .

**Unitatea fundamentală „mol”** este cantitatea de substanță a unui sistem care conține un număr de molecule:

$$N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ molecule/mol.}$$

Numărul de molecule  $N_A$  dintr-un mol de substanță se numește **numărul lui Avogadro**.

Se verifică relația:

$$N_A = \frac{1}{u} = \frac{1}{1,66 \times 10^{-24}} = 6,023 \times 10^{23} \text{ (molecule/mol)}.$$

**Volumul molar**  $V_\mu$  reprezintă volumul ocupat de un mol de substanță. În aceleași condiții de presiune și temperatură, toate gazele ocupă același volum molar. În condiții normale de presiune și temperatură ( $p_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  și  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ), toate gazele au volumul molar:

$$V_{\mu_0} = 22,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol} = 22,41 \text{ m}^3/\text{kmol}.$$

Cantitatea de substanță a unui sistem se exprimă prin **numărul de moli** ( $\nu$ ). Dacă notăm cu  $N$  numărul de entități elementare (molecule, atomi, ioni, nuclee) conținute în  $\nu$  moli de substanță, rezultă:

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_\mu},$$

unde:  $m$  – masa de substanță;  $V$  – volumul ocupat;  $V_\mu$  – volumul unui mol,  $\mu$  – masa molară.

### 1.1.2. Sistem termodinamic, parametri de stare, starea unui sistem termodinamic, proces termodinamic, echilibru termodinamic

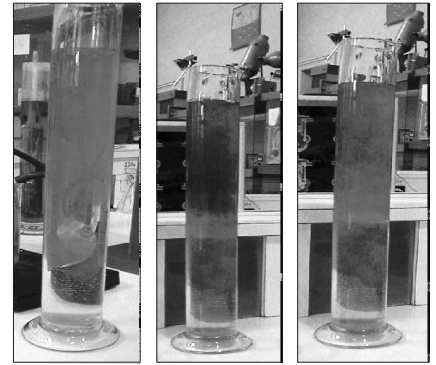
Ai sesizat că roțile se încălzesc după frânări repetate, piesele metalice se dilată dacă se încălzesc etc. Asemenea fenomene se numesc **fenomene termice**.

Prin **sistem termodinamic** se înțelege un corp (sau un ansamblu de corpuri macroscopice), delimitat de mediul exterior printr-o suprafață reală sau imaginară. Exemple de sisteme termodinamice: un gaz închis într-un cilindru cu piston, amestecul de apă cu gheață dintr-un vas etc.

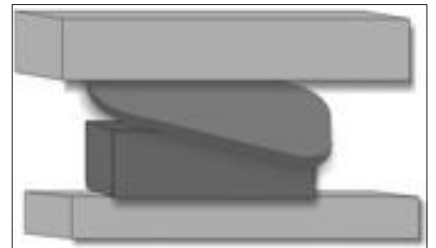
Răspândirea mirosului specific al unei substanțe într-o încăpere se poate explica prin difuzie (pătrunderea moleculelor acelei substanțe printre moleculele de aer). Difuzia se constată și la lichide și la solide (vezi [2], [3]). Gazele difuzează mai repede decât lichidele. Difuzia se produce mai repede la încălzire. Forțele de atracție intermoleculare sunt slabe și se manifestă efectiv până la distanțe de ordinul  $10^{-9}$  -  $10^{-8}$  m, iar diametrele moleculelor sunt de ordinul  $10^{-10}$  -  $10^{-9}$  m ( $1\text{Å} = 10^{-10}$  m). La distanțe intermoleculare mai mari (ca în cazul gazelor), aceste forțe devin atât de mici încât nu mai pot păstra forma sau volumul corpului.

**Agitația termică** reprezintă mișcarea permanentă și dezordonată a moleculelor în toate direcțiile (vezi [4]).

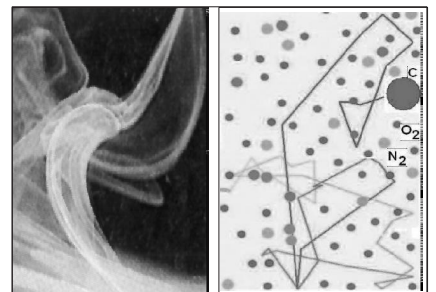
**Temperatura** unui corp este măsura intensității agitației moleculelor sale. Denumirea *agitație termică* sugerează creșterea agitației dezordonate a moleculelor la mărirea temperaturii și invers.



[2] Fenomenul de întrepătrundere a moleculelor a două substanțe, numit difuzie, se poate pune în evidență și la lichide.

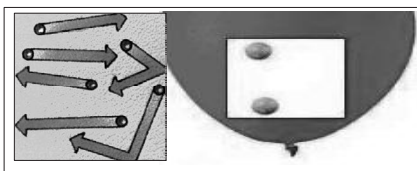


[3] Difuzia se constată și la solide: două metale presate la cald se dezlipesc greu în urma răcirii.

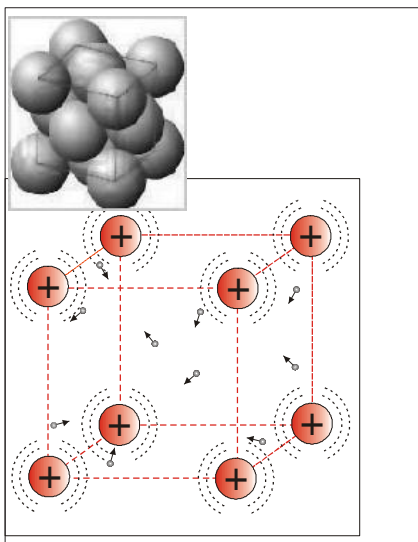


[4] Fumul nu se ridică perfect vertical. Acesta se ridică o dată cu aerul cald prin straturi mai reci, până când se răspândește în straturi orizontale. Fiecare particulă de carbon are mișcare haotică, numită mișcare browniană. Moleculele de aer ciocnesc permanent, din toate părțile și cu totul neregulat, particulele de carbon în suspensie și le transmit impulsuri diferite.

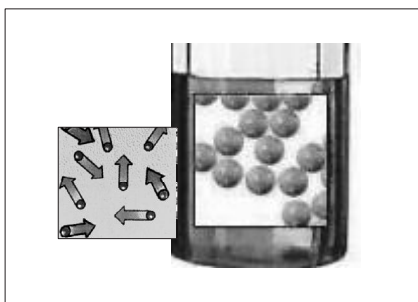




5 În cazul unui gaz, moleculele se deplasează liber și ciocnesc suprafața unui perete solid.



6 Un model grafic al unui corp solid cu structură cristalină presupune ioni (considerați sfere) care oscilează permanent în jurul pozițiilor de echilibru.



7 La lichide, mișcările moleculelor sunt compuse din mișcări de oscilație (ca la solide) și de translație (ca la gaze).

Moleculele oricărui corp se află în mișcare permanentă: de translație la gaze (vezi 5) sau de oscilație în jurul poziției de echilibru la solide și lichide (vezi 6,7).

**Starea unui sistem termodinamic** la un moment dat este determinată de mulțimea proprietăților sistemului. Mărimile fizice măsurabile asociate proprietăților unui sistem termodinamic se numesc **parametri de stare**. Dacă parametrii de stare au valori diferite în interiorul sistemului, acesta se află în stare de neechilibru și evoluează spre o stare de echilibru, în care ajunge după un interval de timp. La comprimarea sau destinderea bruscă a unui gaz dintr-un cilindru cu piston mobil, după succesiunea de stări de neechilibru, sistemul ajunge după un timp (de relaxare) într-o stare de echilibru termodinamic.

**Starea de echilibru a unui sistem termodinamic** este caracterizată de parametri constanți în timp în toate punctele sistemului. **Starea de neechilibru a unui sistem termodinamic** este caracterizată de parametri variabili în timp.

Trecerea sistemului dintr-o stare în altă stare, în urma unor interacțiuni cu mediul exterior, se numește **proces termodinamic** sau **transformare de stare**.

Sistemele termodinamice pot fi:

- ◆ **izolate** (nu schimbă nici energie și nici substanță cu mediul exterior);
- ◆ **închise** (schimbă doar energie, nu și substanță, cu mediul exterior);
- ◆ **deschise** (schimbă și energie, și substanță cu mediul exterior).

Schimbările de energie între un sistem și mediul exterior lui se pot face prin lucru mecanic și prin căldură. Sistemul considerat poate să se încălzească sau să se răcească numai prin schimb de energie sub formă de căldură (când lucrul mecanic este nul).

**Căldura** este o mărime care măsoară transferul de energie (prin conducție, convecție și radiație termică) de la un corp aflat într-o stare de încălzire, la alt corp, aflat într-o stare de încălzire inferioară. Dacă pui mâna pe pereții unui vas cu apă încălzită, căldura ajunge la mână prin conducție. Ai constatat că radiația termică a caloriferelor depinde de temperatura acestora.

**Termodinamica** studiază doar fenomenologic procesele termice. Pornind de la relații empirice (obținute experimental), termodinamica formulează principii fundamentale și legi valabile pentru comportarea sistemelor la trecerea dintr-o stare de echilibru în alta. În legile sale intervin mărimile macroscopice măsurabile direct (presiunea, volumul, masa, temperatura). Termodinamica nu folosește modele de structură moleculară.

**Teoria cinetico-moleculară** explică procesele termice și proprietățile sistemelor termodinamice prin studiul pe modele de structură moleculară.

### Procese termodinamice

◆ **Procesele cvasistatice** se desfășoară lent, parametri de stare corespunzători stărilor intermediare (considerate stări de echilibru) pot fi determinați (vezi [8]). Procesele cvasistatice sunt **reversibile** atunci când stările intermediare de echilibru sunt aceleași în ambele sensuri ale evoluției între stările 1 și 2 (vezi [9]). Întâlnim și procese cvasistatice ireversibile: ruginirea, îmbătrânirea materialelor. Majoritatea proceselor din natură sunt ireversibile (nu se produc de la sine în sens opus). Ai observat vreun proces de difuzie desfășurat în sens invers?

◆ **Procesele nestatice** se desfășoară rapid, dintr-o stare inițială de echilibru într-o stare finală de echilibru. Aprinderea benzinei în cilindrul unui motor este proces ireversibil nestic. Parametri stărilor intermediare nu se pot determina și reprezenta grafic, deoarece nu sunt stări de echilibru.

◆ Procesul este **ciclic** dacă sistemul termodinamic evoluează printr-o serie de stări și se întoarce în starea inițială prin alte stări intermediare (starea finală a sistemului coincide cu starea inițială). Procesele ciclice pot fi cvasistatice sau nestatice.

◆ Procesul este **adiabatic** dacă se desfășoară fără schimb de căldură cu exteriorul ( $Q = 0$ ). Schimbul de căldură este neglijabil în comprimări sau destinderi rapide sau poate fi practic eliminat de învelișurile adiabatic (pereți dubli termoizolatori și reflectanți, între care se produce vid, ca la vasul de termos).

Dacă un parametru de stare rămâne constant în timpul procesului considerat, atunci procesele termodinamice se numesc:

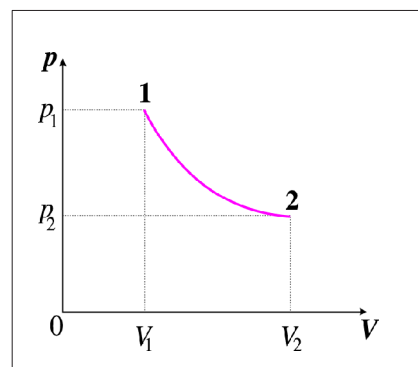
- ◆ **izoterme**, dacă temperatura rămâne constantă ( $t = \text{const.}$ );
- ◆ **izocore**, dacă volumul rămâne constant ( $V = \text{const.}$ );
- ◆ **izobare**, dacă presiunea rămâne constantă ( $p = \text{const.}$ ).

**Starea de echilibru pentru gaze este descrisă complet de valorile parametrilor: presiunea  $p$ , volumul  $V$ , temperatura  $t$ .** Nu toți parametri de stare care descriu diferite proprietăți ale unui sistem termodinamic au valori independente. Prin folosirea unor relații cunoscute se poate exprima un parametru de stare în funcție de alți parametri independenți (mărimi măsurabile care pot avea diverse valori: presiunea  $p$ , volumul  $V$ , masa  $m$ , temperatura  $t$ ).

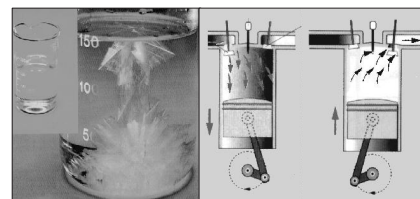
Expresia matematică, ce descrie relația între parametri de stare printr-o funcție de forma  $p = f(V, t)$ , se numește **ecuație termică de stare**.

Presiunea  $p$  este mărimea fizică scalară numeric egală cu raportul dintre mărimea forței  $F$ , care apasă perpendicular și uniform pe o suprafață a unui mediu material, și aria  $S$  a acestei suprafețe:

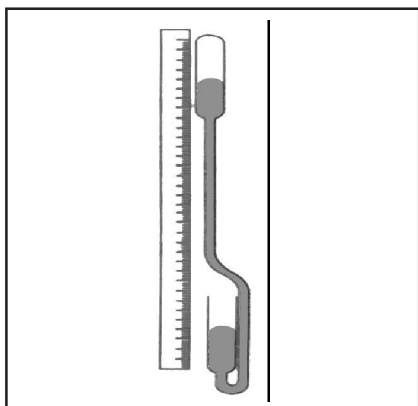
$$p = \frac{F}{S}$$



[8] Un proces cvasistatic se poate reprezenta grafic prin curbă continuă (în coordonate  $p$  și  $V$ , numite coordonate Clapeyron).



[9] Topirea gheții sau înghețarea apei dintr-un vas și absorbția sau evacuarea lentă a aerului dintr-un cilindru cu piston etanș sunt procese reversibile cvasistatice.



❶❷ **Presiunea atmosferică normală**  $p_0$  este presiunea atmosferei care echilibrează presiunea hidrostatică a unei coloane de mercur, cu înălțimea  $h = 0,76$  m, aflată la nivelul mării:

$$p_0 = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{col Hg}} = \\ = 13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = \\ = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa},$$

unde  $\rho_{\text{Hg}} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$  este densitatea mercurului.

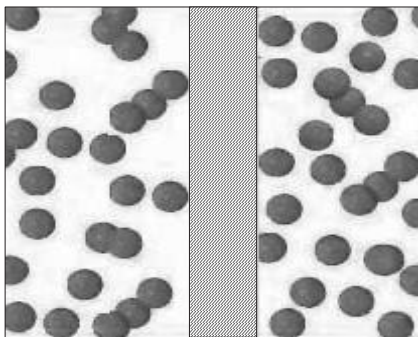
Unități tolerate pentru măsurarea presiunii:

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(atmosfera fizică);

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mm col. Hg} = 133,3 \text{ Pa}$$

(corespunde presiunii exercitate de o coloană de mercur cu înălțimea  $h' = 1$  mm, deci  $p_0 = 760$  torr).



❸ Un cilindru orizontal care conține aer este închis la ambele capete și despărțit printr-un piston mobil în două compartimente. Echilibrul se realizează când presiunile sunt egale. În cazul în care cele două compartimente au temperaturi diferite și pistonul este metalic, se observă deplasarea acestuia (presiunile vor fi egale în cursul procesului, dar diferite de valoarea inițială).

Unitatea de măsură pentru presiune se numește **pascal**:

$$[p]_{\text{s.I.}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}.$$

Presiunea atmosferică este presiunea exercitată de atmosferă pe suprafața corpurilor, indiferent de orientarea suprafeței (vezi ❶).

Un gaz este **omogen**, dacă proprietățile sale sunt aceleași în fiecare punct, și **izotrop**, dacă nu există direcție privilegiată pentru proprietățile acestuia.

### 1.1.3. Contact mecanic și contact termic

Interacțiunea unui sistem cu mediul exterior produce o transformare, deci o modificare a parametrilor de stare.

Între două sisteme termodinamice se poate realiza:

- ◆ **contact mecanic**, atunci când schimbul de energie dintre sisteme se face prin lucrul mecanic efectuat de forțele dintr-un sistem asupra celuilalt;
- ◆ **contact termic**, atunci când schimbul de energie dintre sistemele izolate de exterior se face numai prin căldură, nefiind posibil schimbul de energie prin lucru mecanic.

Dacă două sisteme sunt în contact termic și între acestea nu se face transfer de energie prin căldură, atunci sunt în stare de echilibru termic. Știi că atunci când aduci în contact două corpuri (unul cald și altul rece), acestea ajung, după un interval de timp, în echilibru termic când nu mai schimbă căldură între ele. În afara echilibrului mecanic este necesar și echilibrul termic (vezi ❸). Starea de încălzire a unui sistem termodinamic depinde de mișcarea de agitație a moleculelor sale. Senzația fiziologică de temperatură nu este măsurabilă. Deoarece nu ne putem baza pe simțul tactil în ordonarea corpurilor după starea de încălzire, este nevoie să definim temperatura ca un parametru intern care măsoară gradul de încălzire a unui sistem.

### 1.1.4. Principiul zero al termodinamicii

Dacă două sisteme termodinamice sunt în echilibru termic cu al treilea sistem termodinamic, atunci sunt și ele în echilibru termic.

Această concluzie experimentală are rang de principiu, numit **principiul zero al termodinamicii** sau **principiul tranzitivității echilibrului termic**.

Proprietatea de tranzitivitate a stărilor de echilibru termic rezultată din experimente se generalizează ca principiu al tranzitivității echilibrului termic: dacă sistemul 1 (gheața, de exemplu) este în echilibru cu sistemul 2 (apa, de exemplu) și acesta este în echilibru cu sistemul 3 (termometrul), atunci sistemele 1 și 3 sunt în echilibru termic.

Corpurile care ajung la echilibru termic, în urma contactului termic, au aceeași temperatură. Corpul cald cedează căldură corpului rece, deci temperatura corpului cald scade până când se realizează echilibrul termic.

Temperatura atribuită unui sistem (un corp sau mai multe corpuri aflate în contact termic cu un termometru), prin stabilirea convențională a unei scări de temperatură, se numește **temperatură empirică**. Temperatura empirică este o mărime ce caracterizează starea de încălzire la echilibru termic.

Determinarea temperaturii se bazează pe principiul echilibrului termic: termometrul și sistemul (a cărui temperatură o măsurăm), aduse în contact termic și izolate de exterior, ajung, după un interval de timp, la echilibru termic, atunci când nu mai schimbă energie sub formă de căldură. Temperatura indicată de termometru coincide cu cea a sistemului considerat. Pentru o măsurare cu o eroare cât mai mică, trebuie ca echilibrul termic să se realizeze cu schimb de căldură cât mai redus.

**i** Temperatura indicată de termometru este temperatura de echilibru și nu cea inițială a corpului.

### 1.1.5. Părțile componente ale unui termometru și funcționarea acestuia

Mărimea fizică folosită pentru măsurarea temperaturii se numește **mărime termometrică**. Corpul termometric folosit pentru măsurarea temperaturii poate fi mercur, alcool, termocuplu, semiconductoare etc. (vezi **12**).

Etalonarea unui termometru se bazează, de obicei, pe alegerea a două stări fizice reproductibile, cărora li se atribuie, prin convenție, două temperaturi de reper, între care se ordonează intervalul de temperaturi (vezi **13**). Dilatarea termică este procesul de creștere a dimensiunilor unui corp sub acțiunea căldurii.

Un grad Celsius reprezintă modificarea de temperatură care corespunde unei sutimi din dilatarea lichidului în tubul capilar al termometrului, atunci când rezervorul acestuia se mută din gheața pură care se topește în vaporii apei pure care fierbe, la presiune normală.

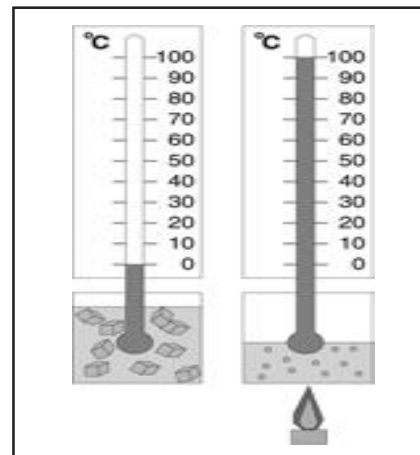
**Termometrul cu coloană de lichid** utilizează: mercur, toluen, alcool etilic. Lungimea  $L$  a coloanei de lichid crește liniar cu temperatura  $t$ , după relația cunoscută din gimnaziu:

$$L = L_0(1 + \alpha t),$$

unde  $L_0$  — lungimea coloanei de lichid la  $0^\circ\text{C}$ , iar  $\alpha$  — coeficientul de dilatare liniară al lichidului.



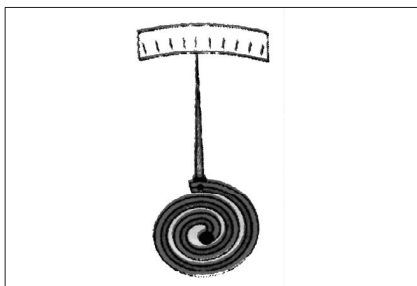
**12** Măsurarea temperaturii la echilibru termic se bazează pe corespondența dintre valorile măsurate ale unei mărimi fizice (lungimea unei coloane de lichid, rezistența electrică a unui rezistor, presiunea exercitată de un gaz la volum constant etc.) și starea de încălzire, printr-o scară de temperaturi convențional aleasă.



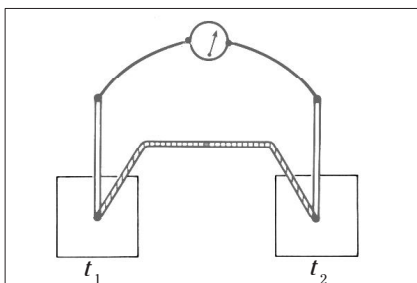
**13** *Scara Celsius* este o scară convențională centigradată, cu temperaturi de reper reproductibile:

— se atribuie, prin convenție, valoarea  $0^\circ\text{C}$  temperaturii ce corespunde stării de echilibru termic între apa pură și gheața care se topește, la presiune atmosferică normală. Se introduce rezervorul termometrului în amestecul gheață-apă și se marchează diviziunea zero la nivelul lichidului din tubul capilar, când acesta devine staționar;

— se atribuie, prin convenție, valoarea  $100^\circ\text{C}$  temperaturii ce corespunde stării de echilibru termic între apa pură și vaporii de apă obținuți prin fierbere la presiunea atmosferică normală. Se introduce rezervorul în vaporii apei care fierbe și marcăm  $100^\circ\text{C}$ . Intervalul dintre cele două repere are  $100^\circ\text{C}$ .



**14 a. Termometrul metalic** utilizează o lamă bimetalică (alamă și oțel) ale cărei componente se dilată diferit la încălzire. Curbarea lamei cu temperatura produce mișcarea unui ac indicator în fața unei scale gradate.



**14 b. Termometrul cu termocuplu** utilizează mărimea tensiunii, măsurată de un milivoltmetru, care apare între sudurile a două metale diferite, când una dintre suduri este la o temperatură mai ridicată decât cealaltă.



**14 c. Termometrele cu dispozitive electronice** utilizează sonde cu semiconductori care își modifică rezistența electrică la încălzire. Curentul care trece prin acestea este măsurat de un miliampermetru cu scala gradată în unități de temperatură.

În tehnică se folosesc alte tipuri de termometre (vezi 14 a, b, c).

Schimbul de energie sub formă de căldură între termometru și sistemul considerat se face la suprafața de contact, prin ciocnirile dintre moleculele lor, deci fără schimb de energie sub formă de lucru mecanic.

Dacă între sistem și termometru, aflate în contact, nu mai are loc un schimb de căldură, atunci ele au ajuns în starea de echilibru termic și temperatura termometrului nu se mai modifică.

**Scara Kelvin**, adoptată în S.I., are fixat punctul zero al scalei la temperatura  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Temperatura absolută  $T_0 = 0 \text{ K}$  ar corespunde stării în care ar înceta mișcarea de agitație termică a moleculelor. Temperatura  $T$  calculată față de zero absolut se numește **temperatură termodinamică** (sau absolută), este mărime fizică fundamentală în S.I. Unitatea de măsură **K (kelvinul)** are aceeași mărime ca și gradul de pe scara Celsius, deci:

$$1 \text{ K} = 1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ grad} \quad \text{și} \quad T (\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273,15.$$

**Scara Fahrenheit** are aceleași stări de referință ca și scara Celsius, dar li s-au atribuit temperaturile  $t_1 = 32^{\circ}\text{F}$  și, respectiv,  $t_2 = 212^{\circ}\text{F}$ :

$$t_F(^{\circ}\text{F}) = 32 + 1,8t (^{\circ}\text{C}).$$

**Termostatul** este un sistem termodinamic a cărui temperatură nu se modifică în urma realizării contactului termic cu un sistem termodinamic.

### ⓘ Clasificări ale parametrilor de stare

**I.** Parametrii care pot avea valori arbitrare se numesc **parametri independenți** (volumul și presiunea unui gaz, de exemplu), iar parametrii care au valori dependente de valorile parametrilor independenți, determinabile cu anumite relații matematice, se numesc **parametri dependenți** (densitatea unui gaz, de exemplu).

**II.** Parametrii care nu depind de dimensiunile sistemului se numesc **intensivi** (presiunea, temperatura, de exemplu), iar parametrii care depind de dimensiunile sistemului se numesc **extensivi** (masa, volumul, de exemplu).


**III.** Se definesc parametri care depind de poziție (volumul, de exemplu) și parametri care depind de forțe (presiunea, de exemplu).

### Retine!

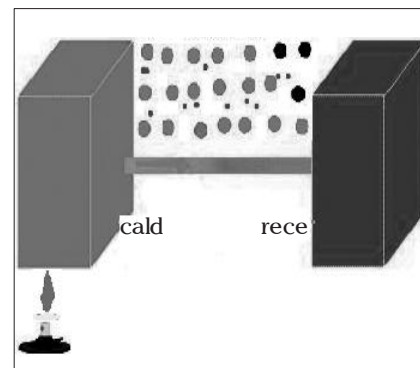
Putem spune că schimbul de energie încetează atunci când temperaturile corpurilor devin egale sau când sistemul a ajuns la echilibru termic. Măsurarea temperaturii unui corp sau a unui sistem de corpuri se face prin contact termic cu un termometru, dacă se realizează echilibru termic. Moleculele constitutive ale corpurilor considerate și ale corpului termometric se ciocnesc între ele și transferă energia de la corpul sau corpurile cu energie cinetică medie mai mare la corpul sau corpurile din sistem cu energie cinetică mai mică, până când energia cinetică medie a moleculelor ajunge la aceeași valoare (la echilibru termic).

## Evaluare

### TEST 1

 Copiază în caiet următoarele afirmații și răspunde cu A, dacă afirmația respectivă este adevărată, sau cu F, dacă este falsă:

1. Căldura măsoară energia transmisă de la un corp cald la unul rece, cu care este pus în contact.
2. Agitația termică reprezintă mișcarea permanentă și ordonată a moleculelor.
3. Intensitatea agitației termice nu depinde de starea de încălzire a sistemului considerat.
4. La încălzirea unui corp se intensifică agitația termică dezordonată a moleculelor.
5. Numărul lui Avogadro reprezintă cantitatea de gaze diferite, aflate în aceleași condiții de temperatură și presiune.
6. Conform legii lui Avogadro, cantități egale de gaze diferite, aflate în aceleași condiții de temperatură și presiune, au același număr de molecule.
7. Numărul lui Avogadro reprezintă numărul de molecule dintr-un mol de substanță.
8. Orice transformare cvasistatică este reversibilă.
9. Moleculele de aer ciocnesc permanent, omnidirecțional, dar neregulat particulele aflate în suspensie.

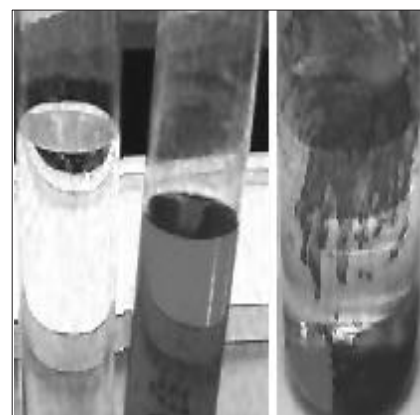


15

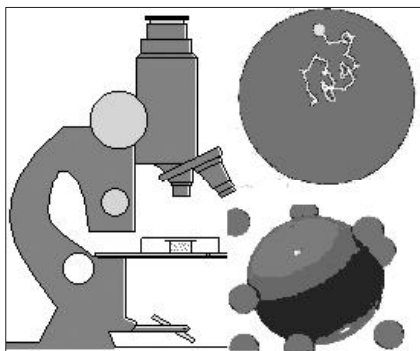
### TEST 2

La următoarele afirmații răspunde cu A, dacă afirmația respectivă este adevărată, sau cu F, dacă este falsă:

1. Dacă un corp cald este adus în contact cu un alt corp, mai rece, atunci transferul de temperatură se face de la sine, de la corpul cald spre cel rece (vezi 15).
2. Procesele nestatice se desfășoară lent.
3. Procesele nestatice se desfășoară rapid.
4. Difuzia se desfășoară lent la temperaturi mici (vezi 16).
5. Dacă parametrii de stare au valori diferite în interiorul sistemului, atunci acesta se află în stare de echilibru termodinamic.
6. Sistemele termodinamice izolate nu schimbă substanță cu exteriorul.
7. Sistemele termodinamice închise nu schimbă energie cu exteriorul.
8. Sistemele termodinamice izolate nu schimbă energie cu exteriorul.
9. Sistemele termodinamice deschise schimbă numai energie cu exteriorul.




16



17

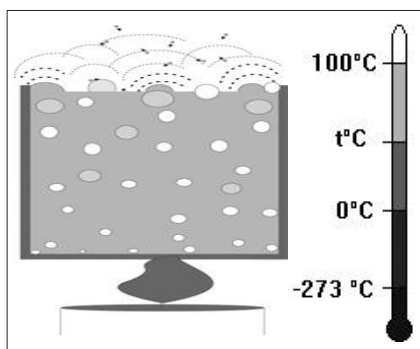
**TEST 3**

 *Copiază textul în caiet și completează spațiile libere cu termenii potriviți:*

Mișcarea browniană este observată în orice fluid și este cu atât mai intensă, cu cât particulele în suspensie sunt mai mici, cu cât lichidul este mai puțin vâcos și cu cât temperatura este mai ... .

Dacă o particulă în suspensie este mare, moleculele care o ciocnesc din toate părțile în număr mare își compensează reciproc ... și mișcarea browniană nu se observă experimental. Dacă particula este foarte mică, impulsurile forțelor nu se mai ... reciproc (vezi 17). Uneori, o față a particulei în suspensie este ciocnită de un număr mai mare de molecule decât fața opusă, ceea ce face ca particula să ... .

În cazul solidelor și al lichidelor, moleculele se atrag atât de puternic, încât aceste corpuri își păstrează ... propriu. Solidele își păstrează și ... proprie. În stare gazoasă, forțele de atracție dintre molecule sunt cu mult mai mici decât la solide și lichide, astfel încât gazele ocupă în întregime ... pe care îl au la dispoziție.

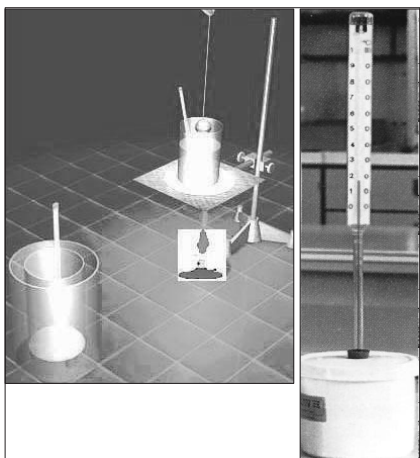


18

**PROBLEME**

 *Caută răspunsul corect la problemele următoare:*

- Un termometru greșit etalonat indică o temperatură de  $-6$  grade când este introdus într-un amestec de apă și gheață curată la presiune atmosferică normală și, respectiv, o temperatură de  $109$  grade când rezervorul termometrului este ținut în vaporii apei pure care fierbe la presiune normală (vezi 18). Temperatura reală pentru indicația de  $40$  de grade a acestui termometru este:
  - $32^{\circ}\text{C}$ ;
  - $35^{\circ}\text{C}$ ;
  - $40^{\circ}\text{C}$ ;
  - $46^{\circ}\text{C}$ .
- Dacă introduci în apa dintr-un vas un corp mai cald din exterior și citești imediat indicația termometrului, poți afirma că aceasta este temperatura de echilibru termic a sistemului? (vezi 19)
- Toți parametrii de stare variază în transformarea:
  - izotermă a gazului ideal;
  - izocoră a gazului ideal;
  - generală a gazului ideal;
  - izobară a gazului ideal.
- Principiul zero al termodinamicii (numit și al tranzitivității echilibrului termic) introduce o mărime de stare numită:
  - energie internă;
  - temperatură absolută;
  - temperatura empirică;
  - temperatura relativă.
- Un sistem termodinamic este închis dacă:
  - nu schimbă energie cu exteriorul;
  - schimbă cu exteriorul masă și energie;
  - schimbă cu exteriorul numai energie;
  - este izolat de exterior.



19