

Rodica Luca

ÎNVĂȚĂM FIZICA **rezolvând probleme**

Ediția a V-a

POLIROM
2019

CUPRINS

<i>Sugestii pentru elevi</i>	7
------------------------------------	---

Capitolul I

FENOMENE MECANICE	9
I.1. Lungimea	9
I.2. Aria	13
I.3. Volumul	18
I.4. Durata	22
I.5. Masa. Densitatea	24
I.6. Forța	29
I.7. Greutatea corpurilor	38
I.8. Deformarea elastică. Forța elastică	40
I.9. Forța de frecare	45
I.10. Viteza. Mișcarea rectilinie uniformă	50
I.11. Echilibrul mecanic al corpurilor	66
I.12. Lucrul mecanic. Puterea mecanică. Randamentul	91
I.13. Energia mecanică	105
I.14. Mecanica fluidelor	118

Capitolul II

PROCESE TERMODINAMICE	137
II.1. Încălzirea – răcirea. Temperatura	137
II.2. Căldura. Calorimetria	143
II.3. Transformarea lucrului mecanic în căldură	151
II.4. Schimbul de energie prin lucru mecanic și căldură (extindere)	153
II.5. Combustibili. Instalații de încălzire. Motoare termice	154
II.6. Transformările de stare de agregare	157

Capitolul III

FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE	165
III.1. Electrizarea corpurilor	165
III.2. Interacțiunea corpurilor electrizate	167
III.3. Câmpul electrostatic. Intensitatea câmpului electrostatic (extindere)	180
III.4. Lucrul mecanic, tensiunea electrică, potențialul electric	186

III.5. Circuitul electric. Intensitatea curentului electric	192
III.6. Tensiunea electrică. Rezistența electrică. Legea lui Ohm pe o porțiune de circuit	197
III.7. Legea lui Ohm pe întregul circuit	199
III.8. Energia electrică. Puterea electrică. Legea lui Joule	201
III.9. Randamentul unui circuit electric	204
III.10. Rețele electrice	206
III.11. Caracteristica intensitate-tensiune a unui rezistor	223
III.12. Gruparea generatoarelor	229
III.13. Câmpul magnetic	236
III.14. Interacțiuni magnetice	238
III.15. Inducția electromagnetică	241
Capitolul IV	
FENOMENE OPTICE	245
IV.1. Propagarea luminii	245
IV.2. Reflexia luminii. Oglinda plană	248
IV.3. Oglinzi sferice	250
IV.4. Refracția luminii și legile ei	255
IV.5. Lama cu fețe plan-paralele	258
IV.6. Prisma optică	262
IV.7. Lentile	265
RĂSPUNSURI	273
ANEXE	363
Tabelul 1. Densitățile unor substanțe la temperatura camerei	363
Tabelul 2. Căldurile specifice ale unor substanțe	363
Tabelul 3. Puterea calorică a unor combustibili	364
Tabelul 4. a. Călduri latente de vaporizare la temperatura de fierbere b. Călduri latente de topire la temperatura de topire	364
Tabelul 5. Valorile raportului $k_{\text{vid}}/k_{\text{aer la 0}^\circ\text{C}}$ (permitivitatea relativă) pentru unele substanțe	365
Tabelul 6. Rezistivitățile unor substanțe	365
Tabelul 7. Indicii de refracție absoluți ai unor substanțe	365
Tabelul 8. Valorile sinusului și ale tangentei pentru unghiurile $0^\circ \div 90^\circ$	366
Bibliografie selectivă	367

II.6. Transformările de stare de agregare

- **II.6.1.** Câtă căldură este necesară pentru a topi 100 g de gheață aflată la 0°C ? Dar pentru a transforma 100 g gheață aflată la temperatura $-20,0^{\circ}\text{C}$ în apă la 0°C ?
- **II.6.2.** Câtă căldură cedează 200 g de vapori de apă, aflați la 100°C , prin trecerea lor în stare lichidă, la temperatura de 20°C ?
- **II.6.3.** Câtă căldură trebuie consumată pentru ca 6,0 kg de gheață, aflată la temperatura de -30°C , să fie transformată în vapori de apă la temperatura de 100°C ? Desenați diagrama calorimetrică pentru procesele termice la care participă sistemul dat.
- **II.6.4.** Un kilogram de gheață luat la temperatura de -50°C primește căldura $Q = 520 \text{ kJ}$. Construiți graficul care arată cum variază în timp temperatura. Viteza de furnizare a căldurii este constantă.
- **II.6.5.** Un kilogram de apă este încălzit astfel încât temperatura se modifică în timp conform graficului din figura II.6.5. Calculați căldura absorbită de apă în intervalul $0 \text{ min} \div 20 \text{ min}$.

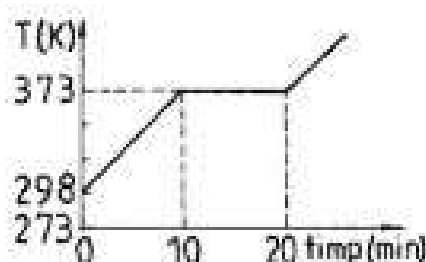


Fig. II.6.5

- **II.6.6.** Ce cantitate de alcool aflat la temperatura de 78°C trebuie să se condenseze pentru a obține căldura necesară pentru a topi : a. $m_1 = 3 \text{ kg}$ cupru aflat la temperatura $\theta_1 = 1083^{\circ}\text{C}$; b. $m_2 = 2 \text{ kg}$ cupru aflat la temperatura $\theta_2 = 20^{\circ}\text{C}$. Se neglijează pierderile de căldură.
- **II.6.7.** Într-o cantitate de apă cu masa m_1 și temperatura θ_1 este introdusă o bucată de gheață cu masa m_2 și temperatura $\theta_2 < 0^{\circ}\text{C}$. Dacă valorile mărimilor $m_1, m_2, \theta_1, \theta_2$ sunt oarecare, caracterizați starea finală ($\theta_{\text{echilibru}}, m_{\text{gheață}}, m_{\text{apă}}$) și precizați prin ce procese termice se ajunge la starea de echilibru termic. Se neglijează pierderile de căldură.

Date: $m_1, \theta_1, m_2, \theta_2$.

Cerințe: $\theta_{\text{echilibru}}, m_{\text{gheață}}, m_{\text{apă}}$.

Rezolvare

Analiză

- deoarece corpurile aduse în contact termic – apa și gheața – au stări termice diferite, între ele are loc un schimb de căldură până la realizarea stării de echilibru termic, caracterizată de temperatura θ ; cum $\theta_1 > \theta_2$, înseamnă că :
 - apa cedează căldură ;
 - gheața primește căldură ;

- schimbul de căldură este însoțit de următoarele *fenomene termice* :
 - apa - răcire, solidificare ;
 - gheața - încălzire, topire ;
- în *starea finală*, sistemul se poate găsi în una dintre următoarele situații :

Tabelul II.6.7

Starea	inițială		finală		
	apa (m_1, θ_1)	gheața (m_2, θ_2)	θ	masa apei	masa gheții
Fenomenele		încălzirea apei obținute	$>0^\circ\text{C}$	m_1+m_2	-
		topire totală	0°C	m_1+m_2	-
		topire parțială	0°C	$m_1+\Delta m$	$m_2-\Delta m$
	răcire	încălzire	0°C	m_1	m_2
	solidificare parțială	încălzire	0°C	$m_1-\Delta m'$	$m_2+\Delta m'$
	solidificare totală	încălzire	0°C	-	m_1+m_2
	răcirea gheții obținute	încălzire	$<0^\circ\text{C}$	-	m_1+m_2

- apa la $\theta \geq 0^\circ\text{C}$;
- apa și gheață, $\theta = 0^\circ\text{C}$;
- gheață la $\theta \leq 0^\circ\text{C}$.

Caracteristicile stării finale și fenomenele termice sunt redate în tabelul II.6.7.

- *diagramele calorimetrice* în coordonate Q, θ , din figura II.6.7 a-g ilustrează atât starea finală, cât și fenomenele fizice corespunzătoare ; ele au fost trasate pentru cazurile în care se neglijează pierderile de căldură.

Semnificația fizică a segmentelor din diagrame este următoarea :

- în starea finală sistemul conține apă :
 - figura II.6.7 a, CM - răcirea apei până la $\theta = 0^\circ\text{C}$, KL - încălzirea gheții până la 0°C , LM - topirea întregii cantități de gheață ;
 - figura II.6.7 b, CM - răcirea apei până la $\theta > 0^\circ\text{C}$, KL - încălzirea gheții până la 0°C , LN - topirea întregii cantități de gheață, NM - încălzirea apei obținute prin topirea gheții până la temperatura $\theta > 0^\circ\text{C}$;
- în starea finală sistemul conține un amestec de apă și gheață, $\theta = 0^\circ\text{C}$:

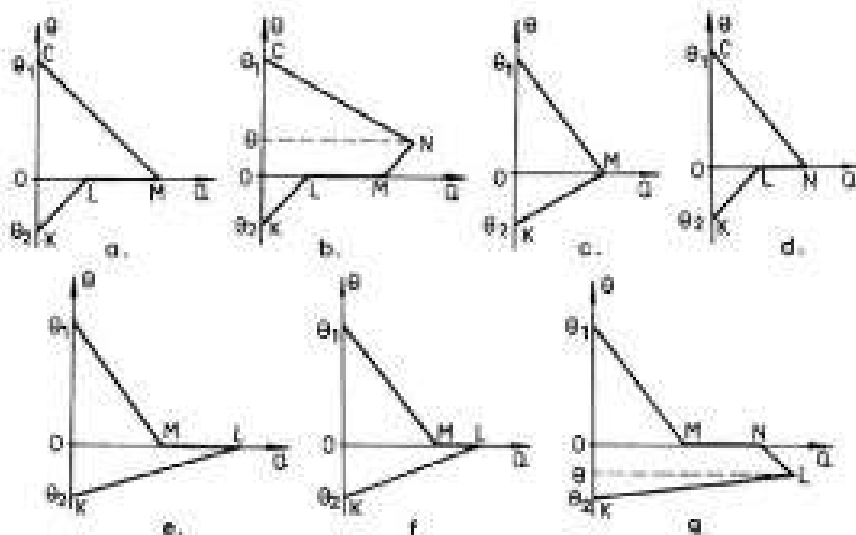


Fig. II.6.7

- figura II.6.7 c, CM - răcirea apei până la 0°C , KM - încălzirea gheții până la 0°C ;
- figura II.6.7 d, CM - răcirea apei până la 0°C , KL - încălzirea gheții până la 0°C , LM - topirea unei părți din gheață;
- figura II.6.7 e, CM - răcirea apei până la 0°C , ML - înghețarea unei părți din apă, KL - încălzirea gheții până la 0°C ;
- c. în starea finală sistemul conține gheață:
 - figura II.6.7 f, CM - răcirea apei până la $\theta = 0^{\circ}\text{C}$, ML - înghețarea întregii cantități de apă, KL - încălzirea gheții până la $\theta = 0^{\circ}\text{C}$;
 - figura II.6.7 g, CM - răcirea apei până la 0°C , MN - solidificarea întregii cantități de apă, NL - răcirea gheții obținute din solidificarea apei până la $\theta < 0^{\circ}\text{C}$, KL - încălzirea gheții până la $\theta < 0^{\circ}\text{C}$.

- **II.6.8.** Într-un vas din aluminiu cu masa $m_1 = 100\text{ g}$ se află $m_2 = 410\text{ g}$ apă la temperatura $\theta_1 = 24^{\circ}\text{C}$. Să se afle: **a.** temperatura de echilibru atunci când în vas se introduce o bucată de gheață cu masa $m_3 = 100\text{ g}$ și temperatura $\theta_3 = 0^{\circ}\text{C}$; **b.** cât devine această temperatură, dacă bucata de gheață are $m'_3 = 150\text{ g}$ și $\theta'_3 = 0^{\circ}\text{C}$. Se neglijează pierderile de energie.

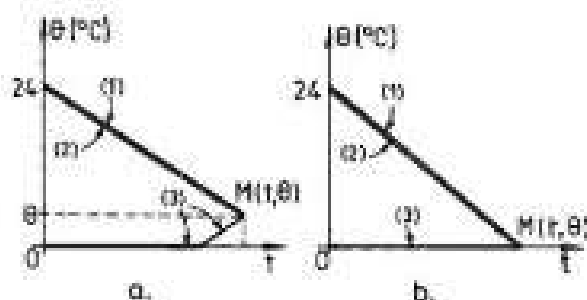


Fig. II.6.8

Date: $m_1, m_2, \theta_1, m_3, \theta_3, m'_3, \theta'_3, c_1, c_2, \lambda_1$.

Cerințe: **a.** θ ; **b.** θ' .

Rezolvare

- *fenomene fizice* - prin punerea în contact termic a unor corpuri cu temperaturi diferite are loc un schimb de căldură până la realizarea echilibrului termic; pentru starea de echilibru a sistemului există trei posibilități:

posibilități		A	B	C
temperatura de echilibru		$\theta > 0^{\circ}\text{C}$	$\theta = 0^{\circ}\text{C}$	$\theta = 0^{\circ}\text{C}$
fenomene fizice	gheața	topire încălzire	topire integrală	topire parțială
	vasul apa	răcire răcire	răcire răcire	răcire răcire

- *se identifică varianta posibilă astfel:*
 - se presupune $\theta = 0^{\circ}\text{C}$;
 - se calculează căldura cedată de vas și de apă, dacă s-ar răci până la 0°C

$$Q_{\text{ced}} = (m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta - \theta_1) = -43364,4\text{ J};$$

- se calculează căldura necesară topirii întregii cantități de gheață
 $Q_{\text{nec}} = m_3 \lambda_1 = 33500 \text{ J}$;
 - se compară Q_{ced} cu Q_{nec} : se observă că $|Q_{\text{ced}}| > Q_{\text{nec}}$, de unde rezultă că gheața se topește integral, iar apa obținută se încălzește, deci $\theta > 0^\circ\text{C}$;
 - se realizează diagrama calorimetrică (fig. II.6.8 a)
 - se aplică ecuația calorimetrică și se calculează temperatura de echilibru θ :
 $|Q_{\text{ced}}| = Q_{\text{pr}} \Rightarrow (m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta_1 - \theta) = m_3(\lambda_1 + c_2(\theta - \theta_2)) \Rightarrow$

$$\theta = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2)\theta_1 + m_3(\theta_2 c_2 - \lambda_1)}{m_1 c_1 + (m_2 + m_3)c_2} = 4,4^\circ\text{C}$$

Se procedează în mod asemănător și când $m'_3 = 150 \text{ g}$, $\theta'_3 = 0^\circ\text{C}$.
 - se identifică varianta posibilă:
 - se presupune $\theta' = 0^\circ\text{C}$;
 - $Q_{\text{ced}} = (m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta - \theta_1) = -43364,4 \text{ J}$;
 - $Q'_{\text{nec}} = m'_3 \lambda_1 = 50250 \text{ J}$;
 - se compară Q_{ced} cu Q'_{nec} : se observă că $|Q_{\text{ced}}| < Q'_{\text{nec}}$, deci gheața se topește parțial și $\theta' = 0^\circ\text{C}$
 - se realizează diagrama calorimetrică (fig. II.6.8 b);
 - se aplică ecuația calorimetrică și se calculează masa gheții topite:

$$|Q'_{\text{ced}}| = Q'_{\text{pr}} \Rightarrow (m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta_1 - \theta') = m'_3 \lambda_1$$

$$m'_3 = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta_1 - \theta')}{\lambda_1} = 129 \text{ g}.$$
- II.6.9. Într-un vas cu apă de capacitate calorică totală $C = 1,5 \text{ kJ/K}$, aflat la temperatura $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, se introduce gheață cu masa $m_2 = 56 \text{ g}$, la temperatura $\theta_2 = -8^\circ\text{C}$. Ce valoare are temperatura după realizarea echilibrului termic?
- II.6.10. Pentru a răci un pahar cu apă având masa $m = 0,2 \text{ kg}$, de la $\theta_1 = 23^\circ\text{C}$ până la $\theta = 8^\circ\text{C}$, în apă se introduce o bucată de gheață ce are temperatura $\theta_2 = -3^\circ\text{C}$. Cât este masa bucății de gheață? Se neglijează căldura absorbită de pahar.
- II.6.11. Într-un vas de capacitate calorică neglijabilă se află cantitatea m_1 de apă la temperatura $\theta_1 = 40^\circ\text{C}$. În vas se introduce o bucată de gheață cu masa m_2 la temperatura $\theta_2 = -20^\circ\text{C}$. Cunoscând temperatura de topire a gheții $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$, se cere să se determine raportul m_1/m_2 în două variante, astfel încât temperatura finală de echilibru să fie $\theta_n = 10^\circ\text{C}$ pentru o situație, iar pentru cealaltă situație, $\theta_n = -10^\circ\text{C}$.
- II.6.12. Câtă apă la $\theta_1 = 40^\circ\text{C}$ trebuie turnată peste o bucată de gheață de masă $m_2 = 300 \text{ g}$, aflată la temperatura $\theta_2 = -10^\circ\text{C}$, pentru ca temperatura de echilibru să fie $\theta = 0^\circ\text{C}$? (Toată masa de gheață se topește.)
- II.6.13. Într-un vas calorimetric de capacitate calorică neglijabilă se află $m_1 = 3 \text{ kg}$ de gheață la temperatura $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$. Se toarnă în vas $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ de apă la temperatura $\theta_2 = 10^\circ\text{C}$. Ce masă de gheață va fi în vas la echilibru?
- II.6.14. Într-un calorimetru se află $m_1 = 1 \text{ kg}$ de apă la temperatura $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$. Se introduce în apă gheață la temperatura $\theta_2 = -20^\circ\text{C}$. După un timp oarecare, în

calorimetru rămâne numai apă la temperatura $\theta = 20^\circ\text{C}$. Calculați masa de gheață introdusă în calorimetru. Se neglijează capacitatea calorică a calorimetrului.

- **II.6.15.** În figura II.6.15 sunt date graficele care ilustrează schimbul de căldură pentru cazul când o bucată de gheață la θ_1 este introdusă într-un calorimetru ce conține apă la temperatura θ_2 . Cerințe : **a.** precizarea semnificației fizice a fiecărui segment de dreaptă din grafic ; **b.** care este semnificația segmentelor de pe axa OQ ; **c.** să se stabilească cum se modifică graficul, dacă gheața are temperatura inițială egală cu 0°C ; **d.** cum se poate stabili dacă au avut loc pierderi de energie.

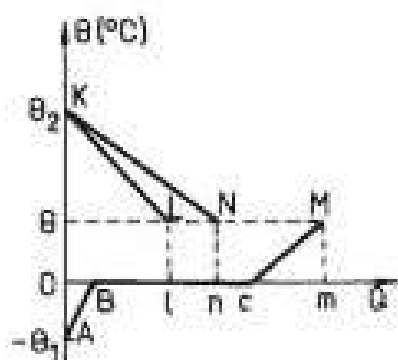


Fig. II.6.15

- **II.6.16.** Într-un vas ce conține $m_1 = 500$ g apă la temperatura $\theta = 15^\circ\text{C}$ se introduce zăpadă umedă, de masă $m_2 = 50$ g. Temperatura apei din vas se modifică cu $\Delta\theta = 5^\circ\text{C}$. Câtă apă a fost în zăpadă ? Se neglijează pierderile de căldură.
- **II.6.17.** Într-un calorimetru se află gheață. Determinați capacitatea calorică a calorimetrului, dacă pentru încălzirea lui și a conținutului acestuia de la 270 K la 272 K este necesară căldura $Q_1 = 2,1$ kJ, iar de la 272 K la 274 K, este necesară căldura $Q_2 = 69,7$ kJ.
- **II.6.18.** Într-un vas de cupru încălzit până la $\theta_1 = 350^\circ\text{C}$ se introduce $m_2 = 600$ g gheață la temperatura $\theta_2 = -10^\circ\text{C}$. În final, în vas se obține un amestec de apă și gheață cu masa $m' = 550$ g. Aflați masa vasului.
- **II.6.19.** Într-un vas se află un amestec de apă și gheață cu masa totală $m = 10$ kg. Ce cantitate de apă a fost în amestec, dacă prin adăugarea a $V = 2$ l de apă cu $\theta = 80^\circ\text{C}$ se obține în final o temperatură $\theta_2 = 10^\circ\text{C}$?
- **II.6.20.** Un vas de cupru cu masa $m_1 = 0,5$ kg conține cantitatea $m_2 = 2$ kg de apă la temperatura $\theta_1 = 50^\circ\text{C}$. În vas se introduce un bloc de gheață cu masa $m_3 = 0,5$ kg și temperatura $\theta_3 = -4^\circ\text{C}$. Care va fi temperatura finală a amestecului, dacă se neglijează orice pierdere de căldură ?
- **II.6.21.** Într-un vas se află $m_1 = 1$ kg apă la temperatura $T_0 = 273$ K. Se introduce în vas o bucată de gheață având masa $m_2 = 10$ g și temperatura de 0°C și o bilă de fier cu masa $m_3 = 500$ g, aflată la temperatura $T_3 = 373$ K. Să se determine temperatura finală de echilibru, dacă se neglijează căldura absorbită de vas.

- **II.6.22.** Graficele din figura II.6.22 reprezintă procesele termice ce au loc când vapori de apă la temperatura $\theta_2 > 100^\circ\text{C}$ sunt introduși într-un calorimetru ce conține apă la temperatura θ_1 . a. Arătați semnificația fizică a fiecărui segment din grafic. b. Ce reprezintă segmentele de pe axa OQ? c. Neglijând pierderile de căldură, scrieți ecuația calorimetrică prin intermediul segmentelor de pe axa OQ.

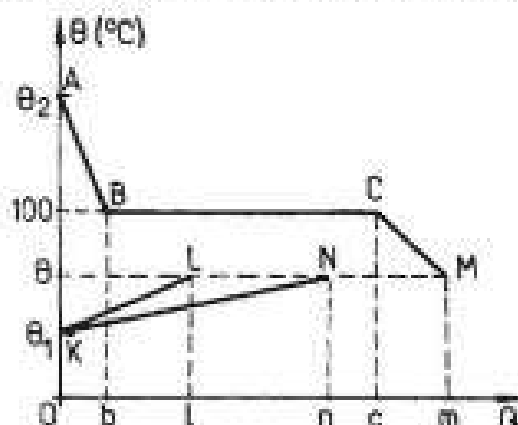


Fig. II.6.22

- **II.6.23.** Într-o cantitate de apă având temperatura $\theta_1 = 10^\circ\text{C}$ se introduc vapori de apă la temperatura $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$. Să se calculeze raportul dintre masa vaporilor și masa totală a apei din vas, în momentul în care temperatura ei este $\theta = 50^\circ\text{C}$.
- **II.6.24.** Într-un vas ce conține $m_1 = 4,6\text{ kg}$ apă la temperatura $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ se aruncă o bucată de oțel cu masa $m_2 = 10\text{ kg}$, încălzită la temperatura $\theta_2 = 500^\circ\text{C}$. Apa se încălzește până la temperatura $\theta_3 = 100^\circ\text{C}$ și o parte din ea se evaporă. Să se afle cantitatea de apă transformată în vapori ($c_2 = 460\text{ J/kg}\cdot\text{K}$).
- **II.6.25.** Într-o cantitate de apă aflată la temperatura $\theta = 90^\circ\text{C}$ se aruncă o cantitate egală de pilitură de platină incandescentă. Să se afle temperatura inițială a platinei, dacă se știe că după terminarea fierberii nivelul apei este același. Se neglijează variația densității cu temperatura.
- **II.6.26.** Într-un calorimetru ce conține $0,25\text{ kg}$ apă la temperatura $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$ se introduc vapori de apă la temperatura $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$, cu masa $m_2 = 0,01\text{ kg}$. Ce temperatură se stabilește în calorimetru, dacă acesta are capacitatea calorică $C = 1000\text{ J/K}$?
- **II.6.27.** Într-un vas de cupru izolat adiabatic, cu masa $m_1 = 2\text{ kg}$, se află $m_2 = 1\text{ kg}$ de gheață la temperatura $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$. Ce cantitate de vapori de apă trebuie introdusă în vas pentru ca în final acesta să conțină numai apă la temperatura $\theta = 0^\circ\text{C}$?
- **II.6.28.** Un amestec alcătuit din $m_1 = 5,0\text{ kg}$ gheață și $m_2 = 15\text{ kg}$ apă, aflat la temperatura $\theta = 0^\circ\text{C}$, trebuie încălzit până la $\theta_1 = 80^\circ\text{C}$ cu ajutorul vaporilor de apă aflați la temperatura $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$. Determinați cantitatea de vapori necesară.
- **II.6.29.** Pentru topirea unei cantități $m = 15\text{ kg}$ de oțel s-a consumat căldura $Q = 24 \cdot 10^6\text{ J}$. Să se afle randamentul sobei, dacă temperatura inițială a oțelului a fost $\theta = 20^\circ\text{C}$. Se dă: $\theta_1 = 1300^\circ\text{C}$, temperatura de topire a oțelului.