

Úlohy na cvičenie

1. Pracovný stroj pri $n = 1\,200$ ot/min je brzdený vodnou brzdou, pričom moment trenia $D = 500$ kpm. Brzde sa privádza za hodinu 8 m^3 vody 10°C teplej. Akú teplotu má odtiekajúca voda, keď sa celý výkon brzdy využíva na ohrievanie vody? ($76,6^\circ\text{C}$)

2. Zmes plynov sa skladá z vodíka, metánu a kyslíčnika uhoľnatého. Vypočítajte molárne a hmotnostné percentové čísla zložiek, keď ich parciálne tlaky v zmesi sú $0,7$ at, 2 at, $1,3$ at! ($17,5\%$, 50% , $32,5\%$; 2% , 46% , 52%)

3. V zvislom valci s piestom výšky l_0 a prierezu q je plyn pod tlakom p_0 . Aká veľká práca sa vykoná pri zmenšení výšky plynom vyplneného priestoru na $l_0/10$ pri stálej teplote? ($2,3 p_0 q l_0$)

4. Dve grammolekuly dusíka boli stlačené izotermicky z tlaku p_0 na p_1 . Aké množstvo tepla odovzdal pritom plyn termostatu? [$Q = 2RT_0(\ln p_1 - \ln p_2)$]

5. Aký má byť výsledný tlak pri adiabetickej kompresii vzduchu, ak začiatočný tlak je $p_1 = 1$ at, začiatočná teplota $t_1 = 20^\circ\text{C}$ a výsledná teplota má byť $t_2 = 300^\circ\text{C}$? ($p_2 = 10,5$ at)

6. Aký veľký musí byť výkon stroja, ktorý má odoberať veľkému množstvu vody stálej teploty $t_1 = 17^\circ\text{C}$ teplo $Q_1 = 10$ kcal za sekundu a dodávať ho tepelnému radiátoru teploty $t_2 = 46^\circ\text{C}$. Ake množstvo tepla Q_2 sa vcelku odovzdá teplejšiemu zásobníku? ($N = 4,184$ kW, $Q_2 = 11$ kcal/s)

7. Aká je zmena entropie pri zmiešaní 10 g vody teploty $t_1 = 100^\circ\text{C}$ a 20 g vody teploty $t_2 = 15^\circ\text{C}$? ($\Delta S = 0,22$ cal/grad)

8. Pri akej teplote sa topí ľad pod tlakom 10 at, keď latentné teplo topenia ľadu je 80 cal/g, merný objem ľadu $v_1 = 1,09$ cm³/g a merný objem vody $v_2 = 1$ cm³/g? ($t = -0,075^\circ\text{C}$)

13. SÚSTAVY LÁTOK S JEDNOU ZLOŽKOU

13.1. Tri skupenstvá látok. Zo skúsenosti vieme, že vlastnosti látok sú závislé od ich teploty a od tlaku, ktorému sú vystavené. Zmena teploty pri zvolenom tlaku môže mať za následok, že sa zmení aj skupenstvo látky. Pri zväčšovaní teploty za konštantného tlaku pevná látka mení sa (*topením*) obyčajne najprv na kvapalinu, z ktorej po ďalšom zvyšovaní teploty vzniká (*varom*) látka plynného skupenstva, jej para. Význačnou vlastnosťou chemicky čistých látok je, že za daného tlaku ich topenie a pri priaznivých podmienkach aj var nastávajú pri celkom určitých teplotách, ktoré sa nazývajú *teplota (bod) topenia* a *teplota (bod) varu*. Niektoré pevné látky, najmä pri ohrievaní za zníženého tlaku, menia však svoje skupenstvo pri určitej teplote bezprostredne na plynné; hovoríme, že nastáva ich *sublimácia*, a teplota, pri ktorej k tomu dochádza, volá sa *teplota (bod) sublimácie*.

V tabuľke 13.1 sú uvedené teploty a skupenské teplá topenia (za tlaku

Tabuľka 13.1

Teploty a skupenské teplá topenia niektorých látok

Látka	Teplota topenia [°C]	Skup. teplo topenia [cal/g]	Látka	Teplota topenia [°C]	Skup. teplo topenia [cal/g]
Ortuť	—38,9	2,8	Olovo	327	5,4
Voda	0,0	79,7	Zinok	419,4	27
Benzén	5,5	30,1	Magnézium	650	46,5
Salol	42,0	19,5	Hliník	658	94
Fosfor biely	44,2	5	Striebro	960,5	26,0
Naftalín	80,0	35,6	Zlato	1 063	15,9
Cín	231,9	14,0	Meď	1 083	42
Bizmut	271	13,0	Nikel	1 451	58
Kadmium	320,9	13,7	Platina	1 764	27

Tabuľka 13.2

Teploty, skupenské a molekulové teplá varu niektorých látok

Látka	Teplota varu [°C]	Skupenské teplo varu [cal/g]	Molekulové teplo varu [cal]
Hélium	—268,9	6,0	24
Vodík	—252,8	108,0	219
Dusík	—195,7	47,6	1 340
Kyslík	—183,0	50,9	1 630
Amoniak	—33,5	327,1	5 560
Éter	+34,6	83,9	6 220
Alkohol	78,5	204,0	9 550
Benzén	80,2	94,4	7 350
Voda	100,0	539,5	9 710
Ortuť	357,0	67,8	14 100
Olovo	1 747,8	(206)	42 700

760 torrov) niektorých čistých látok, v *tabuľke 13.2* teploty a skupenské a molekulové teplá varu niektorých látok tiež za tlaku 760 torrov.

Skupenské teplo varu, ponímané ako skupenské teplo vyparovania za rovnováhy kvapaliny s jej nasýtenou parou, nie je však veličina stála, ale je závislá od teploty. Možno ho vypočítať pomocou rovnice Clausiovej a Clapeyronovej

(vzorec 12.17.6). S rastúcou teplotou sa zmenšuje a pri tzv. kritickej teplote (čl. 13.4) sa rovná nule. Trouton objavil, že molekulové teplo vyparovania L za tlaku 760 torrov je úmerné absolútnej teplote varu kvapaliny za tohto tlaku,

$$L = Ml = kT \quad (1)$$

pričom konštanta úmernosti v tomto vzťahu (*Troutonovo pravidlo*) je $k \approx 21$ cal/deg. V *tabuľke 13.2* uvedené teploty a príslušné molekulové teploty varu sú v dobrej zhode s týmto pravidlom.

Pri ochladzovaní látok nastávajú skupenské premeny v opačnom poriadku; pri ochladzovaní pár dochádza ich kondenzáciou najprv k tvorbe kvapaliny, ktorá sa po ďalšom znížení teploty tuhnutím mení na látku pevnú. Pary vzniknuté sublimáciou pri ich ochladzovaní za nezmeneného tlaku kondenzáciou sa však menia priamo na látku pevnú.

13.2. Fázové diagramy. Podľa Gibbsovho pravidla fáz jedno skupenstvo určitej látky predstavuje sústavu, ktorá má dva stupne voľnosti ($v = k + 2 - f = 1 + 2 - 1 = 2$), čo značí, že teplotu a tlak zvoleného skupenstva možno v určitom rozsahu meniť bez toho, že by nastala premena tohto skupenstva na iné. Keď však teplotu pri zvolenom tlaku (alebo tlak pri zvolenej teplote) zmeníme dostatočne, premena skupenstva — ako už vieme — nastane. Jej rýchlosť (keď nejde o vyparovanie do voľného ovzdušia) závisí hlavne od rýchlosti dodávania (pri premene na skupenstvo vyššie), alebo odoberania (pri premene na skupenstvo nižšie) latentného tepla skupenskej premeny. Pretože pri premene skupenstva sú v rovnováhe už dve fázy tej istej látky, podľa Gibbsovho fázového pravidla chemicky čistá látka pri zmene svojho skupenstva predstavuje sústavu, ktorej stupeň voľnosti je len $v = k + 2 - f = 1 + 2 - 2 = 1$. Táto okolnosť sa prakticky prejavuje v tom, že teplota skupenskej premeny chemicky čistej látky nie je špecifická látková konštanta, tlakom je ale už jednoznačne určená (a naopak).

Rovnica Clapeyronova (12.17.6) vyjadruje závislosť teploty skupenských premien látok od tlaku v tvare diferenciálnom. Diagram, ktorý vyjadruje tieto závislosti graficky, nazýva sa *fázovým diagramom*. Obr. 13.1 predstavuje fázový diagram vody. Krivka OA (tzv. *krivka vyparovania*) vyjadruje v tomto diagrame závislosť napätia tzv. *nasýtených* vodných pár od teploty, čiže závislosť tlaku od teploty, za ktorého sú vodné pary pri danej teplote v rovnováhe s kvapalnou vodou. Pri vode mierne vľavo naklonená krivka OB (tzv. *krivka tuhnutia*) sa vzťahuje na rovnováhu medzi vodou a ľadom, a krivka OC (*krivka sublimácie*) na rovnováhu medzi ľadom a vodnými parami.

Pretože každý bod na krivke OA svojimi súradnicami určuje teplotu a tlak, pri ktorých sú vodné pary v rovnováhe s kvapalnou vodou, a každý bod na