

Obsah

Předmluva	9
1 Základy termodynamiky	11
1.1 Předmět zkoumání termodynamiky	11
1.1.1 Úvodní úvahy	11
1.1.2 Teplo a teplota	12
1.1.3 Vymezení termodynamiky	13
1.1.4 Termodynamika a ostatní vědy	14
1.2 Základní pojmy termodynamiky	14
1.2.1 Termodynamický systém a jeho stav	15
1.2.2 Množství látky; mol	16
1.2.3 Částice	18
1.2.4 Stěna	18
1.2.5 Stav systému; termodynamický děj	19
1.2.6 Typy stavových proměnných	20
2 První zákon termodynamiky; teplo	25
2.1 Základní idea	25
2.2 Práce	26
2.2.1 Práce v mechanice	26
2.2.2 Práce u systému tvořeného plynem	27
2.2.3 Práce při zobecněných souřadnicích a silách	29
2.3 Teplo	30
2.3.1 Energie	30
2.3.2 Teplo	30
2.4 Formulace prvního zákona termodynamiky	31

3	Postuláty termodynamiky; teplota	33
3.1	Rovnovážný stav	33
3.2	První postulát termodynamiky	34
3.2.1	↔ Relaxace	35
3.3	Druhý postulát termodynamiky	35
3.3.1	Teplota; empirická teplota	35
3.3.2	Druhý postulát — nultý zákon termodynamiky	37
3.3.3	↔ Axiomatika	38
4	Důsledky zavedení teploty	39
4.1	Stavová rovnice	39
4.1.1	Stavová rovnice termická a kalorická	39
4.1.2	Ideální plyn	40
4.1.3	Van der Waalsův plyn	44
4.1.4	Jiné modely	51
4.2	Měření teploty	57
4.2.1	Rtuťový teploměr	57
4.2.2	Plynový teploměr	58
4.2.3	Odporové teploměry	58
4.2.4	Termoelektrické články — termočlánky	59
4.2.5	Bimetalické teploměry	60
4.2.6	Pyrometry	60
4.2.7	Jiné metody	61
4.2.8	Teplotní stupnice ITS 90	61
4.3	Některé materiálové veličiny	63
4.3.1	Tepelná kapacita	63
4.3.2	Měrná tepelná kapacita (měrné teplo)	64
4.3.3	Latentní teplo (skupenské, výparné, . . . teplo)	65
4.3.4	Teplotní roztažnost	66
4.3.5	Teplotní rozpínavost	67
4.3.6	Stlačitelnost	67
4.3.7	Tepelná vodivost, přenos tepla	68
4.4	Kalorimetrie	69
4.4.1	Kalorimetr	69
4.4.2	Kalorimetrická rovnice	69
4.5	Jednoduchý systém	71
4.5.1	Základní idea	71

4.5.2	Izochorický děj ($V = \text{konst}$)	73
4.5.3	Izobarický děj ($p = \text{konst}$); entalpie	74
4.5.4	Izotermický děj ($T = \text{konst}$)	76
4.5.5	Adiabatický děj ($Q = 0$)	77
4.5.6	Polytropický děj ($C = \text{konst}$)	78
4.5.7	Obecné děje	80
4.5.8	Joulův-Thomsonův pokus	82
4.6	Systémy s více proměnnými	85
5	Druhý zákon termodynamiky	87
5.1	Základní idea	87
5.2	Termodynamické stroje	88
5.2.1	Cyklický stroj	88
5.2.2	Idea tepelného motoru	89
5.2.3	Idea chladničky	90
5.2.4	Idea tepelné pumpy	90
5.2.5	Nevratné stroje	91
5.3	Druhý zákon termodynamiky	92
5.4	Carnotův cyklus	94
5.5	Účinnost termodynamických strojů	96
5.6	Účinnost Carnotova stroje	98
5.6.1	Účinnost vratného stroje	98
5.6.2	Účinnost nevratného stroje	99
5.7	Termodynamická teplota	99
5.8	Entropie	101
5.8.1	Clausiova rovnost a nerovnost	101
5.8.2	Zavedení entropie	102
5.8.3	„Spojené zákony termodynamické“	103
5.8.4	Souvislost kalorické a termické stavové rovnice	104
5.8.5	Entropie konkrétních soustav	104
5.9	Termodynamické potenciály	106
5.9.1	Magický čtverec	107
5.9.2	Gibbsovy-Helmholtzovy rovnice	108
5.10	Podmínky rovnováhy	109
5.10.1	Přechod izolovaného systému k rovnováze	109
5.10.2	Podmínky rovnováhy uvnitř systému	110

6	Třetí zákon termodynamiky	111
6.1	Základní idea	111
6.2	Formulace třetího zákona termodynamiky	111
6.2.1	Nedosažitelnost absolutní nuly	113
7	Otevřené systémy	115
7.1	Základní idea	115
7.1.1	Základní pojmy	115
7.1.2	Změna množství systému	117
7.2	Chemický potenciál	118
7.3	Ideální plyn. Gibbsův paradox	119
7.3.1	Entropie ideálního plynu	119
7.3.2	Chemický potenciál ideálního plynu	122
7.4	Grandkanonický potenciál Ω	122
7.5	Zákon působících hmot (Guldbergův-Waageův zákon)	123
8	Fázové přechody	129
8.1	Základní idea	129
8.2	Fázový diagram jednosložkového systému	129
8.3	Rovnováha v heterogenním systému.	133
8.4	Gibbsovo fázové pravidlo	134
8.5	Typy fázových přechodů	135
8.6	Fázové přechody 1. druhu	136
8.6.1	Charakteristika	136
8.6.2	Clausiova-Clapeyronova rovnice	137
8.6.3	Přehřátí a podchlazení	138
8.7	Fázové přechody 2. druhu	139
8.7.1	Charakteristika	139
8.7.2	Ehrenfestovy rovnice	139
8.8	Jiné fázové přechody	140
9	Molekulová fyzika	141
9.1	Základní představy	141
9.1.1	Molekulová fyzika versus statistická fyzika	141
9.1.2	Mikroskopické složení látky	144
9.2	Trojí skupenství látky	144
9.2.1	Model pevné látky	144

9.2.2	Model kapaliny	145
9.2.3	Model plynu	145
10	Molekulárně kinetická teorie plynu	147
10.1	Konkrétní makroskopické veličiny	147
10.1.1	Objem, počet molů	147
10.1.2	Vnitřní energie	147
10.1.3	Tlak, ekvipartiční teorém	149
10.1.4	Další rozbor ekvipartičního teorému	151
10.1.5	Boltzmannovo rozdělení	153
10.1.6	Maxwellovo rozdělení	154
10.1.7	Experimentální ověření Maxwellova rozdělení	158
10.2	Brownův pohyb	159
10.3	↔Problémy modelu ideálního plynu	162
A	Etymologie některých slov cizího původu	165
A.1	Obecně	165
A.2	Slova cizího původu, termíny	166
A.3	Slovníček latinských a řeckých slov	168
B	Funkce více proměnných	171
B.1	Parciální derivace: symbol $\partial/\partial t$	171
B.2	Značení parciálních derivací	174
B.3	Derivace inverzní funkce	176
B.4	Derivace implicitní funkce	176
B.5	Úpravy termodynamických vzorců	177
C	Totální diferenciál; některé integrály	179
C.1	Totální diferenciál	179
C.1.1	Totální diferenciál nezávislé proměnné	179
C.1.2	Totální diferenciál funkce jedné proměnné	179
C.1.3	Totální diferenciál funkce více proměnných	180
C.2	Pfaffova forma	181
C.3	Geometrická představa integrability Pfaffovy formy	181
C.4	Integrace totálního diferenciálu	183
C.5	Některé statistické integrály	187
C.5.1	Integrál $\int_0^\infty e^{-x^2} dx$	187
C.5.2	Integrály $J_{2n} = \int_0^\infty x^{2n} e^{-x^2} dx$	187

C.5.3	Integrály $J_{2n+1} = \int_0^\infty x^{2n+1} e^{-x^2} dx$	188
D	Rejstřík osob	189
E	Jazyk a terminologie	193
E.1	Stlačit? Zahřát?	193
E.2	První zákon nebo první věta termodynamiky?	194
E.3	Změna teploty o jednotku	194
E.4	Tepelná nebo teplotní?	195
E.5	Strach před teplem	196
E.6	Vliv ideologie na terminologii: hmota	196
E.7	Hustý med	196
E.8	Pevná látka nebo tuhá látka?	197
E.9	Koeficient, součinitel, činitel	197
F	Rozbor činnosti některých strojů	199
F.1	Porovnávací cyklus	199
F.2	Parní stroj: nejjednodušší schéma	200
F.3	Realistický parní stroj	201
F.4	Výbušný motor (čtyřtákní benzínový)	202
F.5	Vznětový motor (Dieselův, naftový)	204
F.6	Stroje s lázněmi konečné tepelné kapacity	205
G	Různé	207
G.1	Subjektivní pocit teploty	207
G.2	Přehled stavových rovnic některých modelů	208
G.2.1	Ideální plyn	208
G.2.2	Záření (černého tělesa)	208
G.3	Pokusy ve škole	209
G.4	Některé číselné hodnoty	210
G.4.1	Základní fyzikální konstanty	210
G.4.2	Tabulky termomechanických hodnot (podle [10])	210
	Literatura	213
	Rejstřík	215