

ÚVOD	3
I. Z Á K L A D Y T E R M O D Y N A M I K Y	4
1. ZÁKLADNÍ POJMY	4
1.1 Termodynamická soustava	4
1.2 Energie, teplo, práce	5
1.3 Stavy látek	5
1.4 Stavové veličiny	6
1.5 Termodynamické děje	13
2. STAVOVÁ ROVNICE IDEÁLNÍHO PLYNU	15
2.1 Avogadrův zákon	16
2.2 Stavové veličiny při izotermickém ději	16
2.3 Stavové veličiny při izobariickém ději	17
2.4 Stavové veličiny při izochorickém ději	18
2.5 Stavové veličiny při obooném ději	19
2.6 Plynová konstanta	21
2.7 Základní tvary stavové rovnice	21
3. SMĚSI IDEÁLNÍCH PLYNŮ	22
3.1 Stavové veličiny směsi plynů	23
3.2 Určující veličiny směsi plynů	24
3.3 Vlastnosti směsi plynů	25
3.4 Přepočty určujících veličin směsi plynů	27
4. PRVNÍ ZÁKON TERMODYNAMIKY	28
4.1 První forma prvního zákona termodynamiky	28
4.2 Objemová práce	29
4.3 Vnitřní energie	30
4.4 Tepelné kapacity	31
4.5 Druhá forma prvního zákona termodynamiky	33
4.6 Technická práce	34
4.7 Entalpie	34
4.8 První zákon termodynamiky pro otevřenou termodynamickou soustavu	36
5. VRATNÉ DĚJE IDEÁLNÍCH PLYNŮ	38
5.1 Izotermický děj	39
5.2 Izobariický děj	40
5.3 Izochorický děj	42
5.4 Adiabatický děj	43
5.5 Polytropický děj	45
5.6 Porovnání dějů	48
6. DRUHÝ ZÁKON TERMODYNAMIKY	50
6.1 Tepelný cyklus (oběh) a jeho termická účinnost	50
6.2 Carnotův cyklus	51
6.3 Vlastnosti vratných a nevratných cyklů	53
6.4 Entropie	54
6.4.1 Princip růstu entropie uzavřené izolované soustavy	55
6.5 T - s diagramy	56
6.6 Vratné změny stavu ideálního plynu v diagramu T - s	57
6.6.1 Izochorická změna (obr. 6.8)	57

	str.
6.6.2 Izobariická změna (obr. 6.9)	58
6.6.3 Izotermická změna (obr. 6.10)	59
6.6.4 Adiabatická změna (obr. 6.11)	59
6.6.5 Polytropická změna (obr. 6.12)	60
6.6.6 Carnotův oběh (obr. 6.13)	61
6.7 Děje nevratné	61
6.7.1 Proudění dýzami	62
6.7.2 Přestup tepla v izolované termodynamické soustavě	63
6.7.3 Difuze (obr. 6.21)	66
6.7.4 Mísení plynů	67
6.7.5 Škracení plynů a par	68
7. EXERGIE A ENERGIE	69
8. VOLNÁ ENERGIE A VOLNÁ ENTALPIE	70
9. TŘETÍ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON	72
II. TERMODYNAMIKA PAR	74
10. TERMODYNAMIKA PAR ČISTÉ LÁTKY	74
10.1 Plyny a páry	74
10.2 Stavové rovnice reálných plynů	75
10.2.1 Rovnice viriální	76
10.2.2 Van der Waalsova rovnice	76
10.2.3 Redukovaná van der Waalsova rovnice	79
10.3 Fázové rovnováhy a fázové přechody	81
10.4 Vypařování a kondenzace	84
10.5 Fázový diagram	86
10.6 Energetické veličiny reálných plynů	88
10.6.1 Energetické veličiny jednofázové soustavy	88
10.6.1.1 Energetické veličiny syté kapaliny	89
10.6.1.2 Energetické veličiny syté páry	92
10.6.1.3 Energetické veličiny přehřáté páry	93
10.6.2 Stavové a energetické veličiny mokré páry	94
10.7 Diagramy p-v a p-v-T	96
10.8 Entropické diagramy T-s a i-s	98
10.9 Clausiova-Clapeyronova rovnice	100
10.10 Tabulky kapaliny a páry	103
10.11 Termodynamické děje v parách	104
10.11.1 Izochorický děj $v = \text{konst.}$	105
10.11.2 Izobarický děj $p = \text{konst.}$	107
10.11.3 Izotermický děj $T = \text{konst.}$	109
10.11.4 Adiabatický děj $dq = \text{konst.}$	110
10.11.5 Děj při stálé entalpii $i = \text{konst.}$	112
11. TERMODYNAMIKA SMĚSI PLYNŮ A PAR - VLNKÝ VZDUCH	
11.1 Základní vlastnosti vlhkého vzduchu	113
11.2 Vyjádření vlhkosti vzduchu	115
11.3 Entalpie vlhkého vzduchu	117
11.4 i-x diagram vlhkého vzduchu	118
11.5 Izobariické změny stavu vlhkého vzduchu	122
11.5.1 Ohřev a ochlazování stavu vlhkého vzduchu	122

11.5.2 Míšení dvou proudů vlhkého vzduchu	str. 124
11.5.3 Vlhčení vzduchu	127
11.5.4 Adiabatické odpařování vody a teplota mokrého teploměru	127
III. T E R M O D Y N A M I K A P R O U D Ě N Í	131
12. TEPELNÉ DĚJE PŘI PROUDĚNÍ PLYNŮ A PAR	131
12.1 Úvod	131
12.2 Základní pojmy	131
12.3 Rovnice kontinuity (zákon o zachování hmotnosti)	132
12.4 Energetické rovnice (zákon zachování energie)	133
12.5 Pohybová rovnice (zákon o zachování hybnosti)	134
12.6 Klidové a statické veličiny	136
12.7 Měření rychlosti proudění a průtoku	138
13. ADIABATICKÉ PROUDĚNÍ PLYNŮ A PAR V DÍZÁCH	138
13.1 Charakter změny průtočného průřezu	138
13.2 Kritický průřez	139
13.3 Průtočný průřez trysky	140
13.4 Nevratné adiabatické proudění v tryskách a difuzorech	141
13.5 Hmotnostní tok ideálního plynu konvergentní tryskou	142
13.6 Konvergentně-divergentní (Lavalova) tryska	145
13.7 Adiabatický tlakový ráz	147
13.8 Proudění Lavalovou tryskou v podmínkách vzniku tlakového rázu	149
13.9 Proudění par tryskami	150
IV. O B Ě H Y T E P E L N Ý C H S T R O J Ů	151
14. TEPELNÉ OBĚHY	151
14.1 Tepelné oběhy plynové	152
14.1.1 Lencirův cyklus	154
14.1.2 Cyklus výbušného motoru (Otto)	155
14.1.3 Tepelný oběh rovnotlakého motoru (Diesel)	157
14.1.4 Smíšený cyklus dle Sabata	158
14.1.5 Analýza porovnávacích oběhů	159
14.1.6 Porovnávací oběhy plynových turbín	162
14.1.7 Reakční tepelné motory	164
14.2 Tepelné oběhy parní	167
14.2.1 Rankine-Clausiov parostrojní oběh	167
14.2.2 Technika ohlazení	170
14.2.3 Tepelná čerpadla	172
14.2.4 Technika hlubokých teplot	173
14.3 Moderní energetické zdroje	176
14.3.1 Jaderná technika	176
14.3.2 Systémy přímé přeměny energie	178
14.4 Kompresory	180
V. C H E M I C K Á T E R M O D Y N A M I K A	186
15. VÝMĚNA ENERGIÍ PŘI CHEMICKÝCH REAKCÍCH, TERMODYNAMICKÁ A CHEMICKÁ ROVNOVÁHA	186
15.1 Úvod	186

	str.
15.2 Aplikace prvního zákona termodynamiky na chemické reakce	186
15.3 Zákon konstantního součtu energií	189
15.4 Závislost reakčních tepel na teplotě	190
15.5 Neúplnost chemických reakcí. Reakce přímé a vratné	193
15.6 Obecné podmínky termodynamické rovnováhy	193
15.7 Rovnováha směsi ideálních plynů při chemické reakci	195
16. SPALOVÁNÍ	200
16.1 Průběh spalování	200
16.2 Spotřeba vzduchu a množství spalin při dokonalém spalování	202
16.2.1 Složení paliva je vyjádřeno hmotnostními zlomky	202
16.2.2 Složení paliva je vyjádřeno molovými (objemovými) zlomky	203
16.3 Adiabatická spalná teplota	206
16.4 Nedokonalé spalování	207
VI. PŘENOS TEPLA	208
17. ÚVOD	208
18. PŘENOS TEPLA VEDENÍM	210
18.1 Úvod. Fourierův zákon	210
18.2 Tepelná vodivost	212
18.3 Zjednodušená diferenciální rovnice energie	213
18.4 Časově ustálené 1D vedení tepla	216
18.4.1 Jednoduchá a složená rovinná stěna nekonečně rozlehlá	216
18.4.2 Jednoduchá a složená válcová stěna nekonečně dlouhá	219
18.4.3 Stěna kulové nádoby	222
18.5 Časově neustálené - nestacionární - 1D vedení tepla	222
18.6 Numerické řešení úloh vedení tepla	229
18.6.1 Úvod. Taylorův rozvoj	229
18.6.2 Metoda kontrolních objemů. 1D stacionární vedení tepla	230
18.6.3 Metoda řešení soustavy diskretizačních rovnic	235
18.6.4 1D nestacionární vedení tepla	237
18.6.5 Vícerozměrné vedení tepla	240
19. PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ	241
19.1 Úvod. Newtonův zákon	241
19.2 Základy konvekce	243
19.3 Nucená konvekce	245
19.3.1 Laminární mezní vrstva na rovině desce	245
19.3.2 Tepelná mezní vrstva na rovině desce	247
19.4 Odvození kritériálních rovnic pro určení součinitele přestupu tepla	249
19.5 Přirozená - volná konvekce	253
19.6 Laminární proudění v trubce - nucená konvekce	254
19.7 Inženýrské kritériální rovnice	256
20. PŘENOS TEPLA ZÁŘENÍM	258
20.1 Úvod. Stefan-Boltzmannův zákon	258
20.2 Fyzikální vlastnosti zářivého přenosu tepla	259
20.3 Úhlový součinitel. Přenos tepla mezi černými povrchy	263

	str.
20.4 Přenos tepla zářením mezi šedými povrchy	265
20.4.1 Nekonečně rozlehlé rovinné paralelní povrchy	268
20.4.2 Nekonečně dlouhé soustředné válce	268
20.4.3 Jeden povrch obklopen mnohem větším druhým povrchem . . .	268
20.5 Radiační stínění	269
21. TEPELNÉ VÝMĚNÍKY	270
21.1 Úvod	270
21.2 Součinitel prostupu tepla	270
21.3 Typy tepelných výměníků	272
21.4 Střední logaritmiický teplotní spád	274
Tabulky	278
Literatura	291
Obsah	293