

	str.
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 Stavý 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 izobarickém ději	17
2.4 Stavové veličiny při izochorickém ději	18
2.5 Stavové veličiny při obecném 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 Izobarický děj	40
5.3 Izochorický děj	42
5.4 Adiabatický děj	43
5.5 Polytropický děj	45
5.6 Porovnání dějů	48
6. ZÁKLADY TEPELNÝCH CYKLŮ	50
6.1 První zákon termodynamiky pro cykly	50
6.2 Termická účinnost	51
6.3 Carnotův cyklus	52
6.4 Obrácený Carnotův cyklus	55
6.5 Nevratný Carnotův cyklus	56
7. DRUHÝ ZÁKON TERMODYNAMIKY	56
7.1 Druhý zákon termodynamiky pro cykly	58

	str.	
7.2	Entropie	60
7.3	Druhý zákon termodynamiky pro děje	62
7.4	Význam entropie	63
7.5	T-s diagram ideálního plynu	64
7.5.1	Průběhy vratných termodynamických dějů v T-s diagramu ideálního plynu	64
7.5.2	Význam ploch v T-s diagramu	66
7.5.3	Zobrazení měrných tepelných kapacit v T-s diagramu	67
7.5.4	Zobrazení Carnotova cyklu v T-s diagramu	68
7.6	Nevratné děje	69
7.6.1	Vznik tepla třením	69
7.6.2	Přenos tepla při konečném rozdílu teplot	70
7.6.3	Difúze plynů	70
7.6.4	Vyrovňání konečných rozdílů tlaků	71
7.6.5	Škrceci plynů a par	73
7.7	Volná energie a volná entalpie	76
8.	EXERGIE A ANERGIE	77
9.	TŘETÍ TERMODYNA M I K Á Z Á K O N	79
II.	T E R M O D Y N A M I K A P A R	81
10.	TERMODYNA M I K A P A R Č I S T Ě L Á T K Y	81
10.1	Plyny a páry	81
10.2	Stavové rovnice reálných plynů	82
10.2.1	Rovnice viriální	83
10.2.2	Van der Waalsova rovnice	83
10.2.3	Redukovaná van der Waalsova rovnice	86
10.3	Fázové rovnováhy a fázové přechody	88
10.4	Vypařování a kondenzace	91
10.5	Fázový diagram	93
10.6	Energetické veličiny reálných plynů	95
10.6.1	Energetické veličiny jednofázové soustavy	95
10.6.1.1	Energetické veličiny syté kapaliny	96
10.6.1.2	Energetické veličiny syté páry	99
10.6.1.3	Energetické veličiny přehřáté páry	100
10.6.2	Stavové a energetické veličiny mokré páry	101
10.7	Diagramy p-v a p-v-T	103
10.8	Entropické diagramy T-s a i-s	105
10.9	Clausiova - Clapeyronova rovnice	107
10.10	Tabulky kapaliny a páry	110
10.11	Termodynamické děje v parách	111
10.11.1	Izochorický děj $v = \text{konst.}$	112
10.11.2	Izobarický děj $p = \text{konst.}$	114
10.11.3	Izotermický děj $T = \text{konst.}$	116
10.11.4	Adiabatický děj $dq = 0$	117
10.11.5	Děj při stálé entalpii $i = \text{konst.}$	119
11.	TERMODYNA M I K A S M Ě S I P L Y N Ů A P A R - V L H K Ý V Z D U C H	120
11.1	Základní vlastnosti vlhkého vzduchu	120
11.2	Vyjádření vlhkosti vzduchu	122
11.3	Entalpie vlhkého vzduchu	124

	str.	
11.4	i-x diagram vlhkého vzduchu	125
11.5	Izobarické změny stavu vlhkého vzduchu	129
11.5.1	Ohřev a ochlazování vlhkého vzduchu	129
11.5.2	Míšení dvou proudů vlhkého vzduchu	131
11.5.3	Vlhčení vzduchu	134
11.5.4	Adiabatické odpařování vody a teplota mokrého teploměru	135
III.	TERMODYNAMIKA PROUDĚNÍ	138
12.	TEPELNÉ DĚJE PŘI PROUDĚNÍ PLYNŮ A PAR	138
12.1	Úvod	138
12.2	Základní pojmy	138
12.3	Rovnice kontinuity (zákon o zachování hmotnosti)	139
12.4	Energetická rovnice (zákon zachování energie)	140
12.5	Pohybová rovnice (zákon o zachování hybnosti)	141
12.6	Klidové a statické stavové veličiny	143
12.7	Měření rychlosti proudění a průtoku	145
13.	ADIABATICKÉ PROUDĚNÍ PLYNŮ A PAR V DÝZÁCH	145
13.1	Charakter změny průtočného průřezu	145
13.2	Kritický průřez	146
13.3	Průtočný průřez trysky	147
13.4	Nevratné adiabatické proudění v tryskách a difuzorech	148
13.5	Hmotnostní tok ideálního plynu konvergentní tryskou	149
13.6	Konvergentně-divergentní (Lavalova) tryska	152
13.7	Adiabatický tlakový ráz	154
13.8	Proudění Lavalovou tryskou v podmínkách vzniku tlakového rázu	156
13.9	Proudění par tryskami	157
13.10	Základní návrh trysek	158
IV.	OBĚHY TEPELNÝCH STROJŮ	161
14.	TEPELNÉ OBĚHY	161
14.1	Tepelné oběhy plynové	
14.1.1	Lencirův cyklus	164
14.1.2	Cyklus výbušného motoru (Otto)	165
14.1.3	Tepelný oběh rovnotlakého motoru (Diesel)	167
14.1.4	Smišený cyklus dle Sabata	168
14.1.5	Analýza porovnávacích oběhů	169
14.1.6	Porovnávací oběhy plynových turbín	172
14.1.7	Reakční tepelné motory	174
14.2	Tepelné oběhy parní	177
14.2.1	Rankine-Clausiovův parostrojní oběh	177
14.2.2	Technika chlazení	180
14.2.3	Tepelná čerpadla	182
14.2.4	Technika hlubokých teplot	183
14.3	Moderní energetické zdroje	186
14.3.1	Jaderná technika	186
14.3.2	Systémy přímé přeměny energie	188
14.4	Kompresory	190

	str.
V. CHEMICKÁ TERMODYNAMIKA	195
15. VÝMĚNA ENERGIÍ PŘI CHEMICKÝCH REAKCÍCH	195
15.1 Úvod	195
15.2 Aplikace prvního zákona termodynamiky na chemické reakce	195
15.3 Zákon konstantního součtu energií	198
15.4 Závislost reakčních tepel na teplotě	199
15.5 Neúplnost chemických reakcí. Reakce přímé a vratné	202
16. SPALOVÁNÍ	202
16.1 Průběh spalování	202
16.2 Spotřeba vzduchu a množství spalin při dokonalém spalování	204
16.2.1 Složení paliva je vyjádřeno hmotnostními zlomky	204
16.2.2 Složení paliva je vyjádřeno molovými (objemovými) zlomky	207
16.3 Adiabatická spalná teplota	208
16.4 Nedokonalé spalování	209
VI. PŘENOS TEPLA	210
17. ZÁKLADY PŘENOSU TEPLA - NÁVAZNOST NA TERMODYNAMIKU	210
17.1 Vedení tepla	210
17.2 Konvekce	211
17.3 Záření	212
17.4 Požadavky na zachování energie	213
17.4.1 Zachování energie pro kontrolní objem	213
17.4.2 Zachování energie na povrchu - povrchová bilance	214
18. PŘENOS TEPLA VEDEním	215
18.1 Úvod - Fourierův zákon	215
18.2 Tepelná vodivost	216
18.3 Zjednodušená diferenciální rovnice energie	218
18.4 Časově ustálené - stacionární - 1D vedení tepla	220
18.4.1 Jednoduchá a složená rovinná stěna nekonečně rozlehlá	221
18.4.2 Jednoduchá a složená válcová stěna nekonečně dlouhá	224
18.4.3 Stěna kulové nádoby	227
19. PŘENOS TEPLA KONVEKcí	227
19.1 Základní pojmy a vztahy	227
19.2 Mezní vrstvy	228
19.2.1 Hydrodynamická (rychlostní) mezní vrstva	228
19.2.2 Tepelná mezní vrstva	229
19.2.3 Laminární a turbulentní mezní vrstva	230
19.3 Diferenciální rovnice pro konvektivní přenos tepla	231
19.3.1 Rovnice kontinuity a rovnice pohybové	232
19.3.2 Rovnice energie	233
19.3.3 Přibližné diferenciální rovnice mezních vrstev	234
19.4 Základní kriteria podobnosti a jejich odvození	236
19.5 Odvození kritériální rovnice	238
19.6 Přenos tepla při nucené konvekci v potrubí	240
19.7 Přenos tepla při přirozené konvekci	242

19.7.1	Popis přirozené konvekce pomocí soustavy diferenciálních rovnic	243
19.7.2	Podobnostní kritéria	244
19.8	Přehled inženýrských formulí pro určení Nusseltova kritéria pro konvektivní přenos tepla	245
19.8.1	Nucená konvekce na obtékaném rovinném nebo slabě zakřiveném povrchu	245
19.8.2	Nucená konvekce v trubce kruhového průřezu	246
19.8.3	Přirozená konvekce	247
20.	PŘENOS TEPLA ZÁŘENÍM	248
20.1	Úvod. Stefan - Boltzmannův zákon	248
20.2	Fyzikální vlastnosti radičního přenosu tepla	249
20.3	Úhlový součinitel. Přenos tepla mezi černými povrchy	253
20.4	Přenos tepla zářením mezi šedými povrchy	255
20.4.1	Nekonečně rozlehlé rovinné paralelní povrchy	257
20.4.2	Nekonečně dlouhé soustředné válce	257
20.4.3	Jeden povrch obklopen mnohem větším druhým povrchem	258
20.5	Radiační stínění	258
21.	TEPELNÉ VÝMĚNÍKY	259
21.1	Typy tepelných výměníků	259
21.2	Součinitel prostupu tepla	260
21.3	Analýza přenosu tepla v tepelném výměníku	262
21.3.1	Rovnice tepelné bilance	262
21.3.2	Střední logaritmický teplotní spád	263
	Tabulky	265
	Literatura	278
	Obsah	280