

Úvod	3
1 STAVOVÉ CHOVÁNÍ LÁTEK V PLYNNÉM A KAPALNÉM STAVU	8
1.1 Stavové proměnné a základní veličiny	8
1.1.1 Složení systému a vyjadřování koncentrace	10
1.2 Stavová rovnice ideálního plynu	12
1.2.1 Molekulární výklad stavové rovnice ideálního plynu	16
1.2.2 Daltonův a Amagatův zákon	18
1.3 Stavové chování reálných plynů (čistých)	19
1.3.1 Mezimolekulární síly	21
1.3.2 Van der Waalsova stavová rovnice	23
1.3.3 Další stavové rovnice	25
1.3.4 Kondensace plynů a kritický bod	27
1.3.5 Stavová rovnice a kritický bod	31
1.3.6 Výpočet objemu ze stavové rovnice	34
1.3.7 Teorém korespondujících stavů	36
1.4 Směsi reálných plynů	39
1.4.1 Daltonův a Amagatův zákon (ideální směs)	39
1.4.2 Použití stavových rovnic u plyných směsí	41
1.4.3 Pseudokritické veličiny	41
1.5 Stavové chování kapalin	42
1.5.1 Objem nasycené kapaliny	42
1.5.2 Empirické vztahy pro objem nasycené kapaliny	43
2 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE TERMODYNAMIKY	44
2.1 Pojetí disciplíny	44
2.2 Základní pojmy a definice	44
2.2.1 Systém (soustava)	44
2.2.2 Vlastnosti a stav systému	45
2.2.3 Termodynamický děj a termodynamická rovnováha	46
2.3 Základní matematické prostředky	46
2.4 Stručný popis hlavních vět termodynamiky	48
2.5 Teplota	48
3 CHEMICKÁ ENERGETIKA	50
3.1 Úvod	50
3.1.1 Práce	50
3.1.2 Objemová práce	51
3.1.3 Teplo	54
3.2 Vnitřní energie	55
3.3 I. věta termodynamická	56
3.3.1 Matematická formulace I. věty termodynamické	56
3.3.2 Děje, při nichž teplo a práce jsou nezávislé na cestě	56
3.4 Entalpie	57
3.5 Molární tepelné kapacity	58
3.5.1 Definice za stálého objemu a tlaku	58
3.5.2 Závislost tepelných kapacit látek na teplotě	59
3.5.3 Závislost molárních tepelných kapacit na tlaku	60
3.5.4 Rozdíl molárních tepelných kapacit za stálého objemu a tlaku ...	60

3.6	Aplikace I. věty termodynamické na ideální plyn	62
3.6.1	Závislost vnitřní energie ideálního plynu na objemu	62
3.6.2	Závislost entalpie ideálního plynu na tlaku	63
3.6.3	Rozdíl molárních tepelných kapacit ideálního plynu za stálého tlaku a objemu	64
3.6.4	Izotermní expanse ideálního plynu	64
3.6.5	Adiabatická expanse ideálního plynu	65
3.6.6	Poissonovy rovnice	65
4	TERMOCHEMICKÉ ZÁKONY	68
4.1	Úvod	68
4.2	Stechiometrie chemické reakce	68
4.3	Druhy reakčních tepel	69
4.3.1	Slučovací tepla (ΔH_{sl}^0)	70
4.3.2	Spalná tepla (ΔH_{sp}^0)	70
4.3.3	Entalpické změny při fázových přeměnách	70
4.3.4	Tabelace dat	70
4.4	Hessův zákon	72
4.5	Kirchhoffův zákon	73
4.6	Adiabatická reakční teplota	74
5	ENTROPIE, HELMHOLTZOVA A GIBBSOVA ENERGIE	76
5.1	II. věta termodynamická	76
5.1.1	Samovolné děje	76
5.1.2	Carnotův cyklus	77
5.1.3	Tepelné stroje	78
5.1.4	Entropie	83
5.1.5	Molekulární podstata entropie	87
5.2	Aplikace entropie	90
5.2.1	Výpočty entropie při vratných dějích	90
5.2.2	Změny entropie při nevratných dějích	93
5.2.3	Užitečná práce; Helmholtzova a Gibbsova energie	98
5.2.4	Maxwellovy relace	101
5.2.5	Termodynamické stavové rovnice	103
5.2.6	Joule - Thomsonův (Joule - Kelvinův) efekt	104
5.2.7	Podmínky termodynamické rovnováhy	108
5.3	III. věta termodynamická	114
5.3.1	Formulace III. věty; Nernstův tepelný teorém	114
5.3.2	Planckova formulace III. věty	115
5.3.3	Formulace Lewise a Randalla	115
5.3.4	Nedosažitelnost absolutní nuly	115
5.3.5	Absolutní entropie, typické výpočty	117
5.3.6	Zdánlivé odchylky od III. věty	120
6	FÁZOVÉ ROVNOVÁHY V JEDNOSLOŽKOVÝCH SOUSTAVÁCH	122
6.1	Úvod	122
6.2	Charakteristika fázových rovnováh	122
6.2.1	Kriteria rovnováhy	122
6.2.2	Clapeyronova rovnice	124
6.2.3	Fázový diagram jednosložkové soustavy	125
6.2.4	Rovnováha kapalina-pára (l-g)	128
6.2.5	Závislost tlaku nasycených par pevných látek na teplotě (g-s) ..	129

6.2.6	Rovnováha kapalina - pevná látka (ℓ -s)	129
6.2.7	Rovnováha pevná látka - pevná látka ($s^{(\alpha)}$ - $s^{(\beta)}$)	130
6.2.8	Koexistenční křivky a trojný bod	131
6.3	Experimentální stanovení fázových rovnováh	131
6.4	Analytické vyjádření rovnovážných dat a odhady	135
6.4.1	Tlak nasycených par kapalin	135
6.4.2	Výparné teplo kapalin	137
6.5	Fugacita	137
6.5.1	Definice	137
6.5.2	Závislost fugacity na stavových proměnných	139
6.5.3	Výpočet fugacity	139
6.5.4	Fugacita jako kritérium rovnováhy	141
7	FÁZOVÉ ROVNOVÁHY VÍCESLOŽKOVÝCH SOUSTAV	143
7.1	Parciální molární veličiny	143
7.1.1	Termodynamická definice parciálních molárních veličin	146
7.1.2	Určování parciálních molárních objemů z experimentálních dat u binárních systémů	147
7.1.3	Tepelné efekty při směřování a rozpouštění látek	149
7.1.4	Výpočet parciálních molárních entalpií	154
7.1.5	Gibbsova-Duhemova rovnice	157
7.2	Směšovací a dodatkové veličiny (ideální směs)	159
7.2.1	Parciální molární Gibbsova energie - chemický potenciál	160
7.2.2	Gibbsova energie v plynných směsích a fugacita složky	162
7.2.3	Aktivita a aktivitní koeficient	164
7.2.4	Intenzivní kritérium rovnováhy	166
7.2.5	Gibbsův fázový zákon	170
7.3	Rovnováha kapalina-pára	171
7.3.1	Grafické vyjádření rovnováhy kapalina-pára u binárních systémů	172
7.3.2	Pákové pravidlo	177
7.3.3	Kvantitativní termodynamický popis rovnováhy kapalina-pára	178
7.3.4	Rovnováha kapalina-pára u ideální směsi - spojený Raoultův a Daltonův zákon	180
7.3.5	Rovnováha kapalina-pára u neideální kapalně směsi	182
7.3.6	Korelace rovnovážných dat u reálných systémů	186
7.3.7	Praktické provádění destilace a rektifikace	187
7.4	Rozpustnost plynů v kapalinách	191
7.4.1	Henryho zákon	191
7.4.2	Vyjadřování rozpustnosti plynů	193
7.4.3	Veličiny ovlivňující rozpustnost plynu	195
7.4.4	Vliv chemické reakce mezi plynem a rozpouštědlem	196
7.5	Rovnováha kapalina-kapalina	197
7.5.1	Grafické vyjádření rovnováhy kapalina-kapalina v binárních systémech	198
7.5.2	Rovnováha mezi kapalnými fázemi a fází parní	202
7.5.3	Kvantitativní termodynamický popis rovnováhy kapalina-ka- palina v binárních systémech	205
7.5.4	Tlak par nad heterogenním systémem - přehánění s vodní parou ..	207
7.5.5	Rovnováha kapalina-kapalina v ternárních systémech	207
7.5.6	Grafické vyjadřování složení v tříslučkových diagramech	208

7.5.7	Základní typy rovnovážných diagramů v ternárních systémech	209	210
7.5.8	Nernstův rozdělovací zákon	213	213
7.6	Rovnováha kapalina - tuhá látka	215	215
7.6.1	Systém jehož složky se neomezeně mísí v kapalně a jsou zcela nemísitelné v tuhé fázi (případ Aa)	216	215
7.6.2	Experimentální stanovení rovnováhy mezi kapalnou a tuhou fází ..	218	218
7.6.3	Kvantitativní popis rozpustnostní křivky	219	219
7.6.4	Další typy fázových diagramů kapalina - tuhá látka	222	222
7.6.5	Složky, které mezi sebou chemicky reagují (případ Ae)	227	227
7.6.6	Složky v kapalně fázi omezeně mísitelné (případ B)	230	230
7.6.7	Složky jsou zcela nemísitelné v kapalně i tuhé fázi (případ C) ..	231	231
7.6.8	Fázové diagramy kapalina - tuhá látka v ternárních systémech ..	231	231
7.6.9	Další varianty ternárních systémů	233	233
7.7	Koligativní vlastnosti	236	236
7.7.1	Snížení tenze par rozpouštědla	236	236
7.7.2	Ebulioskopie	237	237
7.7.3	Kryoskopie	240	240
7.7.4	Osmotický tlak	240	240
Dodatek I		243	243