

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ	11
<hr/>	
1 ÚVOD	19
<hr/>	
2 TEORIE TRANSPORTU LÁTEK V MEMBRÁNÁCH	25
<hr/>	
2.1 Difuze látek	25
2.1.1 Propustnost homogenních membrán	28
2.1.2 Difuze jedné nízkomolekulární látky homogenní membránou	30
2.1.3 Difuze směsí nízkomolekulárních látek homogenní membránou	35
2.1.4 Maxwellova–Stefanova teorie	36
2.1.5 Anomální difuze	39
2.2 Rovnovážná sorpce	39
2.2.1 Klasifikace sorpčních izoterem	40
2.2.2 Sorpce v kaučukovitých polymerech	42
2.2.3 Sorpce ve sklovitých polymerech	45
2.2.4 Model UNIQUAC	47
<hr/>	
3 MEMBRÁNOVÉ MATERIÁLY PRO SEPARACI PLYNŮ A PAR	55
<hr/>	
3.1 Úvod	55
3.2 Acetát celulosy	59
3.3 Polyimidy	60
3.4 Polysulfony	65
3.5 Polysiloxany	67
3.6 Další materiály pro přípravu membrán	69
<hr/>	
4 EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ TRANSPORTNÍCH PARAMETRŮ PLYNŮ A PAR	75
<hr/>	
4.1 Stanovení koeficientu propustnosti	75
4.1.1 Integrované metody	77
4.1.2 Diferenciální metody	83
4.2 Stanovení sorpčního koeficientu	85
4.2.1 Gravimetrické metody	86
4.2.2 Koncentrační metody	88
4.3 Stanovení difuzního koeficientu	91
4.3.1 Analytické řešení difuzních rovnic	91
4.3.2 Numerické řešení difuzních rovnic	99
4.3.3 Metody přímého stanovení difuzního koeficientu	100

5 PRŮMYSLOVÉ APLIKACE DĚLENÍ PLYNŮ A PAR	103
5.1 Membrány a membránové moduly v průmyslových aplikacích	103
5.1.1 Polymerní membránové materiály	104
5.1.2 Separační vlastnosti polymerních membránových materiálů	106
5.1.3 Komerčně dostupné membrány	107
5.1.4 Anorganické membránové materiály	108
5.1.5 Heterogenní membránové materiály	109
5.1.6 Struktura membrán a jejich výroba	109
5.1.7 Membránové moduly	110
5.2 Průmyslové dělení směsí plynů	111
5.2.1 Separace vodíku	111
5.2.2 Separace helia	115
5.2.3 Separace vzduchu	116
5.2.4 Separace oxidu uhličitého	118
5.3 Průmyslová separace vodních par a par organických látek	122
5.3.1 Separace vodních par	125
5.3.2 Separace par organických látek	126
6 BIOPLYN	133
6.1 Původ a složení bioplynu	133
6.2 Využití bioplynu	134
6.3 Odstranění oxidu uhličitého	135
6.3.1 Fyzikální absorpce	135
6.3.2 Chemická absorpce	136
6.3.3 Kryogenní destilace	137
6.3.4 Adsorpce	137
6.3.5 Membránové separace (MSP)	138
6.4 Odstranění sulfanu	141
6.4.1 Procesy využívající oxidaci H_2S na síru	141
6.4.2 Adsorpce	142
6.4.3 Membránové separace	143
6.4.4 Biologické procesy	143
6.5 Odstraňování siloxanů	144
6.5.1 Adsorpce	144
6.5.2 Absorpce	145
6.5.3 Kryogenní kondenzace	145
6.5.4 Membránové separace	145
6.6 Odstraňování amoniaku	145
6.6.1 Absorpce	145
6.6.2 Membránové separace	146
6.7 Aplikace a technologie	146

7	PERVAPORACE	153
7.1	Teoretická část	154
7.2	Struktura membrány při separačním procesu	154
7.2.1	Vliv teploty	155
7.3	Příklady pervaporace v praxi	155
7.4	Perspektivy a trendy	156
8	MEMBRÁNOVÁ DESTILACE	161
8.1	Úvod	161
8.2	Konstrukce membránových modulů	161
8.3	Membrány	162
8.3.1	Charakterizace membrán	162
8.3.2	Materiál membrán	163
8.4	Přenos tepla	163
8.5	Přenos hmoty	165
8.5.1	Tlak nasycených par	165
8.5.2	Permeabilita membrán	166
8.5.3	Koncentrační polarizace	166
8.6	Provozní parametry	166
8.6.1	Teplota	166
8.6.2	Koncentrace nástríku	166
8.6.3	Rychlost proudění	167
8.6.4	Zanášení membrán	167
8.7	Aplikace	167
8.7.1	Laboratorní testy	167
8.7.2	Poloprovozní aplikace	168
8.7.3	Membránová destilace – krystalizace	168
8.8	Závěr	169
AI	TEORETICKÉ PRINCIPY	173
AI.1	Základní pojmy a definice	173
AI.1.1	Stav termodynamického systému	174
AI.2	Bilanční rovnice	175
AI.2.1	Bilance hmotnosti a látkového množství	176
AI.2.2	Definice difuzních toků a lokálních rychlostí konvekce	178
AI.2.3	Bilance entropie	181
AI.3	Základy lineární nevrátné termodynamiky	182
AII	TRANSPORT PORÉZNÍMI MEMBRÁNAMI – APLIKACE NA DUTÁ VLÁKNA	185
AII.1	Obecný popis transportu v porézních materiálech	185
AII.2	Aplikace dutých vláken	187

AIII TRANSPORT V DUTÝCH VLÁKNECH	189
AIII.1 Transport v dutém válci	189
AIII.1.1 Dostředivý tok	190
AIII.1.2 Odstředivý tok	193
AIII.1.3 Srovnání transportu v ploše, válci a kouli	194
AIV NAVRHOVÁNÍ TECHNOLOGIÍ MEMBRÁNOVÉ SEPARACE PLYNŮ	197
AIV.1 Návrh koncepce technologického řešení	197
AIV.2 Návrh membránového procesu	198
AIV.2.1 Výběr vhodného membránového modulu	198
AIV.2.2 Specifikace konfigurace membránového procesu	202
REJSTRÍK	205