



# Spis treści

<b>Wykaz ważniejszych oznaczeń</b> .....	9
<b>1. Wprowadzenie do dyfuzyjnego ruchu masy</b> .....	13
<b>2. Współczynnik dyfuzji. Dyfuzja ustalona</b> .....	17
2.1. Średnia molowa i masowa prędkość płynu .....	17
2.2. Dyfuzja ustalona. Prawo Ficka .....	19
2.3. Szczególne przypadki dyfuzji ustalonej .....	21
2.3.1. Dyfuzja równomolowa, przeciwkierunkowa .....	21
2.3.2. Dyfuzja przeciwkierunkowa, nierównomolowa .....	23
2.3.3. Dyfuzja składnika A przez składnik inertywny B .....	24
2.4. Współczynniki dyfuzji .....	26
2.4.1. Współczynniki dyfuzji w fazie gazowej .....	26
2.4.2. Współczynniki dyfuzji w fazie ciekłej .....	32
2.4.3. Współczynnik dyfuzji w ciałach porowatych .....	35
<b>3. Różniczkowy bilans masy</b> .....	39
3.1. Różniczkowy bilans masy dla układu dwuskładnikowego .....	39
3.2. Rozwiązania różniczkowego bilansu masy .....	43
3.2.1. Nieustalona dyfuzja w fazie gazowej .....	43
3.2.2. Wnikanie masy podczas spływu cieczy po ścianie pionowej ruchem laminarnym .....	47

3.2.3. Szybkość rozpuszczania ciała stałego podczas laminarnego spływu cieczy . . . .	50
3.2.4. Wnikanie masy od płyty płaskiej przy stabilizującym się rozkładzie prędkości . .	52
3.2.5. Dyfuzja nieustalona do wnętrza kuli (pęcherzyka) . . . . .	54
3.2.6. Jednokierunkowa dyfuzja z chwilowego źródła masy . . . . .	55
<b>4. Ruch masy przy turbulentnym przepływie płynów . . . . .</b>	<b>59</b>
4.1. Wprowadzenie . . . . .	59
4.2. Różniczkowy bilans masy w ruchu turbulentnym . . . . .	59
4.3. Modele procesu wnikania masy. Współczynnik wnikania masy . . . . .	63
4.4. Kryteria podobieństwa w procesach wnikania masy . . . . .	70
4.5. Współczynnik przenikania masy . . . . .	71
<b>5. Procesy i operacje wymiany masy . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>6. Absorpcja fizyczna gazów . . . . .</b>	<b>85</b>
6.1. Wprowadzenie . . . . .	85
6.2. Krótka charakterystyka podstawowych aparatów absorpcyjnych . . . . .	87
6.3. Równowaga absorpcyjna. Rozpuszczalność gazu w cieczy jednoskładnikowej . . . . .	96
6.4. Bilanse masy aparatów . . . . .	102
6.4.1. Bilanse masy absorberów przeciwpędowych . . . . .	102
6.4.2. Bilanse masy absorberów współpędowych . . . . .	107
6.4.3. Bilans masy dla różniczkowej objętości kolumny z przeciwpędowym przepływem faz. . . . .	109
6.4.4. Różniczkowy bilans masy dla współpędowej kolumny absorpcyjnej . . . . .	118
6.4.5. Bilans masy dla aparatów barbożowych . . . . .	120
6.4.6. Bilanse masy dla przypadku idealnego wymieszania obu faz. . . . .	123
6.5. Kolumny półkowe . . . . .	124
6.5.1. Bilans masy dla całej kolumny . . . . .	124
6.5.2. Półka teoretyczna. . . . .	127
6.5.3. Sprawność kolumny . . . . .	130
6.5.4. Sprawność półki Murphree'go. . . . .	132
6.5.5. Sprawność lokalna półki . . . . .	133
6.6. Bilanse masy w procesach absorpcji czystych gazów . . . . .	136
6.7. Efekty cieplne w absorpcji . . . . .	137
6.8. Desorpcja (odpędzanie) gazów . . . . .	138

<b>7. Nawilżanie gazów, wykraplanie par</b> .....	141
7.1. Wprowadzenie .....	141
7.2. Parametry powietrza wilgotnego .....	141
7.3. Proste operacje kontaktu powietrze-woda .....	146
7.4. Przypadek ogólny operacji woda-powietrze. ....	153
<b>8. Destylacja i rektyfikacja</b> .....	161
8.1. Wprowadzenie .....	161
8.2. Równowaga destylacyjna .....	163
8.2.1. Równowaga fazowa dla mieszanin o nieograniczonej rozpuszczalności. ....	163
8.2.2. Równowaga ciecz-para dla roztworów o ograniczonej rozpuszczalności i dla cieczy praktycznie nierozpuszczających się. ....	171
8.3. Destylacja. ....	173
8.4. Rektyfikacja ciągła .....	178
8.4.1. Wprowadzenie .....	178
8.4.2. Bilans masy i ciepła jednostki rektyfikacyjnej. ....	180
8.4.3. Bilanse molowe dla górnej i dolnej części kolumny rektyfikacyjnej. ....	181
8.4.4. Stan cieplny surówki .....	184
8.4.5. Bilans materiałowy półki teoretycznej. Obliczenia kolumn półkowych. ....	186
8.5. Rektyfikacja w kolumnach wypełnionych .....	192
8.6. Rektyfikacja okresowa .....	193
8.7. Podsumowanie. ....	194
8.7.1. Rektyfikacja mieszanin wieloskładnikowych. ....	195
8.7.2. Destylacja ekstrakcyjna .....	196
8.7.3. Destylacja azeotropowa. ....	198
<b>9. Adsorpcja</b> .....	201
9.1. Wprowadzenie .....	201
9.2. Równowaga adsorpcyjna. ....	205
9.3. Kinetyka procesu adsorpcji .....	213
9.4. Bilansowanie adsorberów .....	217
9.4.1. Adsorber okresowy .....	217
9.4.2. Adsorber półprzepływowy (półokresowy). ....	220
9.4.3. Adsorber przepływowy z przeciwnym przepływem faz .....	223

9.5. Procesy desorpcji . . . . .	225
<b>10. Suszenie . . . . .</b>	<b>227</b>
10.1. Wprowadzenie . . . . .	227
10.2. Charakterystyka suszarek . . . . .	228
10.3. Równowaga suszarnicza . . . . .	231
10.4. Mechanizm i kinetyka procesu suszenia . . . . .	235
10.5. Bilans masowy suszarek . . . . .	243
<b>11. Procesy membranowe . . . . .</b>	<b>249</b>
11.1. Wstęp – podstawowe pojęcia . . . . .	249
11.2. Klasyfikacja procesów membranowych . . . . .	252
11.3. Charakterystyka ciśnieniowych procesów membranowych. . . . .	258
11.3.1. Mikro- i ultrafiltracja. . . . .	259
11.3.2. Odwrócona osmoza (RO). . . . .	263
11.3.3. Nanofiltracja (NF). . . . .	266
11.4. Dyfuzyjne procesy membranowe. . . . .	266
11.4.1. Dializa . . . . .	266
11.4.2. Perwaporacja . . . . .	268
11.5. Inne procesy membranowe – destylacja membranowa. . . . .	269
<b>Zakończenie . . . . .</b>	<b>271</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>275</b>