

SPIS TREŚCI

Od autora	11
1. Obliczanie stężeń w procesach przekazywania masy.	13
1.1. Wyrażanie stężeń składników w fazie gazowej.	13
1.1.1. Zestawienie równań na przeliczanie jednostek stężeń	15
1.2. Wyrażanie stężeń składników w fazie ciekłej.	16
1.3. Przykłady	18
2. Podstawy procesów dyfuzyjnych	25
2.1. Dyfuzja molekularna (cząsteczkowa)	28
2.1.1. Dyfuzja molekularna dwukierunkowa....	28
2.1.2. Dyfuzja jednokierunkowa	32
2.1.3. Zestawienie równań dyfuzji	35
2.2. Dyfuzja burzliwa. Wnikanie masy	35
2.3. Przenikanie masy	38
2.3.1. Wpływ rozpuszczalności gazów na współ- czynnik przenikania masy	43
2.3.1.1. Współczynnik przenikania ma- sy dla gazów dobrze rozpusz- czalnych	45
2.3.1.2. Współczynnik przenikania ma- sy dla gazów słabo rozpusz- czalnych	47
2.3.1.3. Współczynnik przenikania ma- sy dla gazów średnio rozpusz- czalnych	48
2.4. Współczynnik dyfuzji	49
2.4.1. Współczynnik dyfuzji dla gazów	49
2.4.2. Współczynnik dyfuzji w cieczy	51
2.5. Współczynniki wnikania masy	53

2.5. Współczynniki wnikania masy	53
2.5.1. Niektóre szczegółowe równania wnikania masy	55
2.6. Przykłady	57
3. Destylacja	65
3.1. Wiadomości wstępne	65
3.2. Roztwory dwuskładnikowe - własności	65
3.2.1. Roztwory dwuskładnikowe o nieograniczonej rozpuszczalności	66
3.2.1.1. Roztwory doskonałe	66
1. Prawo Raoult'a	67
2. Lotność	68
3. Lotność względna	70
3.2.2. Roztwory rzeczywiste	71
3.3. Graficzne wyznaczanie równowagi roztworów dwuskładnikowych	72
3.3.1. Reguła faz Gibbsa	72
3.3.2. Określenie składu cieczy na wykresie $p = f(x)$ i $t = f(x)$	73
3.3.3. Określanie składu pary znajdującej się w równowadze z roztworem	75
3.3.4. Określanie składu cieczy i oparów w równowadze na wykresach $p = f(x,y)$ i $t = f(x,y)$	77
3.3.5. Określanie składu cieczy i pary w równowadze na wykresie $y = f(x)$	79
3.3.6. Typowe krzywe równowagi dla roztworów dwuskładnikowych	81
3.4. Metody destylacji	83
3.4.1. Destylacja prosta	84
3.4.1.1. Przebieg procesu destylacji prostej i jego interpretacja na wykresie $t = f(x,y)$ dla $p = \text{const}$	84
3.4.1.2. Bilans masowy destylacji prostej	85
3.4.1.3. Szczególne przypadki bilansu masowego	87

3.4.2. Kondensacja prosta (różniczkowa)	90
3.4.2.1. Przebieg procesu kondensacji prostej i jego interpretacja na wykresie $t = f(x,y)$ dla $p = \text{const}$	90
3.4.2.2. Bilans masowy kondensacji pro- stej	91
3.4.3. Destylacja równowagowa	92
3.4.3.1. Przebieg procesu destylacji równowagowej i jego interpre- tacja na wykresie $t = f(x,y)$ dla $p = \text{const}$	92
3.4.3.2. Bilans masowy destylacji rów- nowagowej	94
3.4.4. Kondensacja równowagowa	95
3.4.4.1. Przebieg procesu kondensacji równowagowej i jego interpre- tacja na wykresie $t = f(x,y)$ przy $p = \text{const}$	95
3.4.4.2. Bilans masowy kondensacji rów- nowagowej	96
3.4.5. Szeregowe połączenie procesu destyla- cji i kondensacji równowagowej	97
3.5. Przykłady	98
4. Rektyfikacja	131
4.1. Pojęcia podstawowe	131
4.2. Proces rektyfikacji ciągłej w kolumnach pół- kowych	134
4.2.1. Bilans masowy kolumny rektyfikacyjnej.	134
4.2.1.1. Liczba powrotu	136
4.2.2. Bilans cieplny kolumny rektyfikacyjnej o działaniu ciągłym	136
4.2.3. Rektyfikacja w górnej części kolumny..	141
4.2.3.1. Pojęcie półki teoretycznej...	141
4.2.3.2. Bilans masowy dowolnej (n-tej) półki teoretycznej górnej czę- ści kolumny	141

4.2.3.3. Bilans cieplny dowolnej (n-tej) półki teoretycznej górnej części kolumny	143
4.2.3.4. Graficzna interpretacja równania bilansu masowego	145
4.2.3.5. Punkt przecięcia górnej linii operacyjnej z przekątną wykresu jednostkowego $y=f(x)$ - Równowaga na pierwszej półce.	146
4.2.3.6. Równanie górnej linii operacyjnej. Bilans masowy górnej części kolumny rektyfikacyjnej	147
1. Wykreślanie górnej linii operacyjnej	
4.2.3.7. Liczba półek teoretycznych w górnej części kolumny	151
4.2.3.8. Równanie górnej linii operacyjnej z uwzględnieniem liczby powrotu R	152
1. Wpływ liczby powrotu na ilość półek teoretycznych w górnej części kolumny ..	153
4.2.4. Rektyfikacja w dolnej części kolumny..	157
4.2.4.1. Równanie dolnej linii operacyjnej. Bilans masowy dolnej części kolumny	157
1. Wykreślanie dolnej linii operacyjnej	158
4.2.5. Liczba półek teoretycznych w całej kolumnie rektyfikacyjnej	160
4.2.6. Półka zasilana surówką	162
4.2.6.1. Bilans masowy półki zasilanej	162
4.2.6.2. Bilans cieplny półki zasilanej	163
4.2.6.3. Wpływ stanu cieplnego surówki na przyrost względny e i bilans masowy kolumny	165

4.2.6.4. Wpływ stanu cieplnego surówki na liczbę pólek teoretycznych kolumny. Równanie linii e	168
1. Położenie linii e na wykresie $y = f(x)$ w zależności od stanu cieplnego surówki	170
4.2.7. Podsumowanie zagadnień, dotyczących obliczenia ilości pólek teoretycznych w kolumnie rektyfikacyjnej	172
4.2.8. Sprawność półki. Liczba pólek rzeczywistych	174
4.2.8.1. Sprawność ogólna (przeciętna) pólek rzeczywistych	175
4.2.8.2. Sprawność lokalna	175
4.3. Przykłady	178
5. Absorpcja	212
5.1. Wiadomości wstępne	212
5.1.1. Sposoby wyrażania stężeń gazu i cieczy w procesach absorpcyjnych	213
5.2. Równowaga absorpcyjna	214
5.3. Proces absorpcji w wieżach z wypełnieniem i wieżach półkowych	216
5.3.1. Wielkości podstawowe	216
5.3.2. Statyka procesu absorpcji w wieży z wypełnieniem	219
5.3.2.1. Bilans masowy wieży z wypełnieniem przy przeciwnym przepływie fazy gazowej i ciekłej	219
1. Równanie linii operacyjnej	220
2. Minimalny stosunek $\frac{L}{G_1}$...	221
3. Położenie linii operacyjnej	223
5.3.2.2. Bilans masowy wieży z wypełnieniem przy współprądowym przepływie fazy gazowej i ciekłej	226

1. Równanie linii operacyjnej	227
2. Minimalny stosunek $\frac{L}{G_1}$...	228
5.3.3. Kinetyka procesu absorpcji w wieży z wypełnieniem	229
5.3.3.1. Obliczanie wysokości wypełnienia w kolumnach z wypełnieniem	229
5.3.3.2. Wysokość wypełnienia kolumny dla gazów dobrze rozpuszczalnych	234
5.3.3.3. Wysokość wypełnienia kolumny dla gazów słabo rozpuszczalnych	236
5.3.3.4. Wysokość wypełnienia kolumny dla gazów średnio rozpuszczalnych	238
5.3.3.5. Współczynniki wnikania masy w wieżach z wypełnieniem	241
1. Współczynniki wnikania masy dla fazy gazowej	241
2. Współczynniki wnikania masy dla fazy ciekłej	243
5.3.3.6. Stopień użyteczności powierzchni wypełnienia φ	244
5.3.4. Statyka procesu absorpcji w wieży półkowej. Liczba półek teoretycznych	246
5.3.5. Kinetyka procesu absorpcji w wieżach półkowych	249
5.4. Przykłady	250
6. Ekstrakcja (krótka charakterystyka)	293
6.1. Wiadomości wstępne	293
6.2. Wyrażanie stężeń w procesie ekstrakcji	295
6.3. Równowaga ekstrakcyjna	297
6.4. Sposoby prowadzenia ekstrakcji	298
6.4.1. Ekstrakcja jednostopniowa okresowa ...	299
6.4.2. Ekstrakcja wielostopniowa współprądowa ciągła	301

6.4.3. Ekstrakcja wielostopniowa przeciwprowadowa ciągła	305
6.5. Przykłady	309
7. Suszarnictwo	317
7.1. Wiadomości wstępne	317
7.2. Wiadomości podstawowe o powietrzu wilgotnym..	317
7.2.1. Wilgotność względna powietrza wilgotnego φ	318
7.2.2. Wilgotność bezwzględna wagowa (stosunek masowy) pary wodnej w powietrzu - W	321
7.2.3. Entalpia powietrza wilgotnego I_{pw} ...	324
7.2.4. Wykres powietrza wilgotnego (I_{pw} - W lub I_{pw} - d) Ramzina-Molliera	326
7.2.5. Doświadczalne wyznaczanie wilgotności powietrza. Podstawy psychrometrii	328
7.3. Określanie zawartości wilgoci w materiale wilgotnym poddanym suszeniu	332
7.3.1. Wilgotność materiału - u	332
7.3.2. Zawartość wilgoci - U (wilgotność właściwa, wilgotność bezwzględna)	333
7.3.3. Związek między wilgotnością materiału u i zawartością wilgoci U	333
7.4. Statyka procesu suszenia	333
7.4.1. Bilans masowy suszenia	333
7.4.1.1. Związki między początkowymi i końcowymi parametrami suszarki o działaniu ciągłym...	333
1. Związek między natężeniami przepływu wilgotnego materiału u wlotu i wylotu suszarki	334
2. Ilość usuwanej wilgoci z materiału wilgotnego w czasie procesu suszenia	336
7.4.1.2. Równanie bilansu masowego ...	336
7.4.2. Bilans cieplny suszenia	338

7.4.2.1. Suszarka teoretyczna. Zapotrzebowanie ciepła w suszarce teoretycznej	342
7.4.2.2. Suszarka rzeczywista	345
7.5. Kinetyka procesu suszenia	348
7.5.1. Rodzaje wiązań wilgoci	348
7.5.2. Mechanizm suszenia	349
7.5.3. Rodzaje materiałów poddawanych suszeniu	352
7.5.4. Wpływ czasu suszenia τ na zmianę zawartości wilgoci U w materiale suszonym i prędkość suszenia v	352
7.5.5. Obliczanie czasu pierwszego okresu suszenia	356
7.5.6. Obliczanie czasu drugiego okresu suszenia	358
7.6. Przykłady	360
8. Tablice, wykresy	378