

Spis treści

1. Podstawowe pojęcia i definicje	7
1.1. Morfologia membran	9
1.2. Permeacja substancji przez membranę	10
1.3. Opór transportu masy przez membrany	11
1.4. Moduły membranowe	14
1.5. Zalety procesów separacji membranowej	16
2. Mikrofiltracja	19
2.1. Podstawy procesu mikrofiltracji	19
2.2. Transport masy w mikrofiltracji	22
2.3. Membrany stosowane w MF	23
2.4. Zastosowania MF	23
3. Ultrafiltracja	25
3.1. Istota ultrafiltracji (UF)	25
3.2. Membrany w ultrafiltracji	25
3.3. Transport masy w ultrafiltracji	26
3.4. Prowadzenie procesu UF	27
3.5. Zastosowania ultrafiltracji	28
ĆWICZENIE 1	32
4. Nanofiltracja	34
4.1. Istota procesu NF	34
4.2. Membrany w nanofiltracji	36
4.3. Transport masy w nanofiltracji	39
4.4. Zastosowanie nanofiltracji	40
4.4.1. Zatężanie antybiotyków	41
4.4.2. Odsalanie serwatki	41
4.4.3. Nanofiltracja w technologii wody	42
ĆWICZENIE 2	43
5. Odwrócona osmoza	45
5.1. Istota procesu	45
5.2. Membrany w odwróconej osmozie	46
5.3. Mechanizm transportu masy przez membranę RO	47

5.4. Czynniki ograniczające transport masy w RO	49
5.5. Czynniki wpływające na efektywność separacji membranowej RO	51
5.6. Zastosowanie odwróconej osmozy	52
5.6.1. Oczyszczanie odcieków ze składowisk odpadów	53
5.6.2. Oczyszczanie ścieków promieniotwórczych	54
ĆWICZENIE 3	56
6. Dializa	57
6.1. Dializa klasyczna	57
6.1.1. Podstawy procesu	57
6.1.2. Membrany stosowane w dializie	58
6.1.3. Transport masy w procesie dializy klasycznej	58
6.1.4. Zastosowania dializy	59
6.1.4.1. Usuwanie alkoholu z piwa	59
6.1.4.2. Zastosowania dializy w medycynie	60
ĆWICZENIE 4	62
6.2. Dializa dyfuzyjna	63
6.2.1. Podstawy fizykochemiczne procesu	63
6.2.2. Równowaga Donnana	64
6.2.3. Mechanizm transportu Grotthussa	65
6.2.4. Odpadowy kwas solny z ocynkowni ogniowych	68
ĆWICZENIE 5	68
7. Elektrodializa	71
7.1. Elektrodializa klasyczna (ED)	71
7.1.1. Membrany w ED	73
7.1.2. Elektrodializa odwracalna	74
7.1.3. Zastosowanie procesu ED	75
7.2. Elektrodializa bipolarna (EDBM)	77
7.2.1. Membrany bipolarne	77
7.2.2. Mechanizm działania membran bipolarnych	79
7.2.3. Zastosowania elektrodializy bipolarnej EDBM	81
7.2.3.1. Elektrodialityczna konwersja soli do kwasów i wodorotlenków	83
7.2.3.2. Konwersja karboksylanów do kwasów i wodorotlenków ..	84
7.2.3.3. Konwersja salicylanu sodu	85
7.2.3.4. Konwersja mleczanu sodu	85
7.2.3.5. Oczyszczanie gazów odlotowych	86
7.2.3.6. Elektrodialityczne rozdzielanie aminokwasów	87
7.2.3.7. Odkwaszanie soków cytrusowych	88
7.2.3.8. Synteza alkoholanów	90
ĆWICZENIE 6	91

8. Membrany kationowymiennne w ogniach paliowych	96
8.1. Podstawy teoretyczne procesu	96
8.1.1. Elektroliza wody	96
8.1.2. Membrana kationitowa Nafion	96
8.1.3. Mechanizm transportu Grotthussa	96
8.2. Elektroda trójfazowa	97
8.3. Sprawność energetyczna ogniach paliowych	99
8.4. Rodzaje ogniach paliowych	100
8.5. Ogniwo metanolowe	101
ĆWICZENIE 7	102
9. Destylacja membranowa	105
9.1. Podstawy teoretyczne procesu	105
9.1.1. Destylacja jako proces jednostkowy	105
9.1.2. Mechanizm transportu	105
9.1.3. Warunek niezwilżalności membrany	107
9.2. Selektywność procesu	109
9.3. Efektywność cieplna procesu	109
9.3.1. Rodzaje destylacji membranowej	109
9.3.2. Przewodnictwo cieplne a transport pary	110
ĆWICZENIE 8	112
10. Perwaporacja	116
10.1. Charakterystyka procesu perwaporacji (PV)	116
10.2. Warianty procesu perwaporacji	118
10.3. Membrany stosowane w PV	119
10.4. Zastosowanie perwaporacji	120
11. Separacja gazów i permeacja par cieczy organicznych	125
11.1. Separacja gazów	125
11.1.1. Membrany stosowane do separacji gazów	125
11.1.2. Przemysłowe zastosowanie procesów separacji gazów	128
11.2. Permeacja par	131
ĆWICZENIE 9	134
12. Reaktory membranowe	136
ĆWICZENIE 10	139
13. Ekstrakcja fenolu w modułach membranowych z włókien kapilarnych (Hollow Fiber)	143
13.1. Podstawy teoretyczne procesu	143
13.2. Opis transportu przez membranę	145

13.3. Ekstrakcja fenolu	146
ĆWICZENIE 11	148
14. Zadania	151
14.1. Wyznaczanie oporu membrany oraz oporu polaryzacyjnego dla membrany ultrafiltracyjnej	151
14.2. Dyfuzja trójskładnikowej mieszaniny gazów przez porowatą membranę	153
14.3. Usuwanie mocznika z wodnego roztworu zawierającego inertne białko z zastosowaniem dializy	155
14.4. Ultrafiltracja – rozdział wody i białek	157
Bibliografia	159