

Министерство образования и науки Российской Федерации
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕМБРАННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Допущено Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 04.00.00 Химия в качестве учебного пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01

Краснодар
2017

УДК 544.6.076.342(076.5)

ББК 24.57(075)

М 125

Рецензенты:

Доктор химических наук, профессор

В.И. Васильева

Доктор химических наук, главный научный сотрудник

Ю.М. Вольфкович

М 125 Мембранная электрохимия: учеб. пособие / Н.А. Кононенко, О.А. Демина, Н.В. Лоза, И.В. Фалина, С.А. Шкирская. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2017. – 290 с.: ил. – 500 экз.

ISBN 978-5-8209-1298-6

Предлагаемое издание включает краткий обзор физико-химических и электротранспортных свойств ионообменных мембран, а также цикл лабораторных работ по определению этих характеристик. Издание подготовлено коллективом преподавателей кафедры физической химии Кубанского государственного университета, которые в течение ряда лет вели занятия по спецкурсам в рамках научного направления кафедры «Теоретические основы и прикладные аспекты электромембранных процессов». Разделы пособия содержат теоретическую часть, описание методик выполнения лабораторных работ, указания по обработке полученных результатов и вопросы для самопроверки. Приведены словарь терминов и рекомендуемая литература, включающая современные монографии в области мембранной электрохимии, нормативные документы, регламентирующие методы исследования ионообменных смол и мембран.

Адресуется студентам факультета химии и высоких технологий, обучающимся в рамках бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по направлениям подготовки «Химия», «Химические науки» и «Техносферная безопасность».

УДК 544.6.076.342(076.5)

ББК 24.57(075)

ISBN 978-5-8209-1298-6

© Кубанский государственный университет, 2017

©Кононенко Н.А. и др., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРА ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН	7
1.1. Классификация ионообменных мембран и их получение.....	7
1.2. Эффекты гидратации в ионообменных мембранах.....	15
1.3. Структура ионообменных мембран и методы ее исследования..	20
1.4. Методические указания к выполнению лабораторных работ....	33
Работа 1. Химическое кондиционирование ионообменных мембран.....	33
Работа 2. Определение обменной емкости ионитов.....	41
Работа 3. Определение обменной емкости и константы ионизации ионообменной мембраны методом потенциометрического титрования.....	48
Работа 4. Определение плотности ионообменных материалов... ..	56
Работа 5. Определение влагосодержания и гидратной емкости ионообменных мембран.....	62
Работа 6. Определение изменения линейных размеров мембран при их набухании.....	65
Работа 7. Изучение необменной сорбции электролита ионообменной мембраной.....	67
Работа 8. Определение кажущейся константы равновесия в системе ионообменная мембрана-раствор электролита.....	73
Работа 9. Определение коэффициентов диффузии электролитов в растворе с помощью системы мембрана-раствор.....	77
Работа 10. Изучение скорости ионного обмена в системе ион-полимер – раствор электролита.....	82
Работа 11. Измерение порометрических кривых синтетических мембран методом контактной эталонной порометрии.....	86
Работа 12. Определение радиуса пор в трековой мембране.....	93
Работа 13. Расчет параметров композиционной структуры гетерогенных мембран.....	96
Вопросы для самопроверки.....	100
2. ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН.....	101
2.1. Удельная электропроводность.....	107
2.2. Диффузионная проницаемость.....	110
2.3. Электроосмотическая проницаемость.....	114
2.4. Селективность.....	117
2.5. Теоретическая оценка электротранспортных характеристик мембран.....	121

2.6. Методические указания к выполнению лабораторных работ.....	140
Работа 14. Определение удельной электропроводности мембран.....	140
Работа 15. Определение координат точки изоэлектропроводности ионообменных материалов методом U-образной трубки	148
Работа 16. Определение величины диффузионного потока через мембрану и интегрального коэффициента диффузионной проницаемости.....	151
Работа 17. Определение транспортно-структурных параметров мембран из концентрационных зависимостей удельной электропроводности и диффузионной проницаемости.....	156
Работа 18. Определение коэффициентов диффузии противоионов в мембранах из данных по удельной электропроводности.....	159
Работа 19. Измерение электроосмотической проницаемости ионообменных мембран.....	163
Работа 20. Определение чисел переноса ионов в мембране.....	167
Работа 21. Определение электромиграционных чисел переноса ионов в мембране.....	175
Вопросы для самопроверки.....	178
3. ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	179
3.1. Концентрационная поляризация в электромембранных системах.....	179
3.2. Электродиализ.....	187
3.3. Мембранный электролиз.....	190
3.4. Методические указания к выполнению лабораторных работ....	193
Работа 22. Измерение вольтамперных характеристик электро-мембранной системы.....	193
Работа 23. Электродиализ модельных растворов.....	202
Работа 24. Электромембранное разделение органо-минеральной смеси.....	209
Работа 25. Проведение реакции двойного обмена методом электролиза.....	211
Работа 26. Умягчение воды методом мембранного электролиза	214
Вопросы для самопроверки.....	218
4. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН.....	219
4.1. Методы модифицирования и модификаторы.....	220
4.2. Бислойные мембраны с асимметричными транспортными характеристиками.....	229
4.3. Методические указания к выполнению лабораторных работ....	233
Работа 27. Модифицирование мембран полианилином.....	233

Работа 28. Получение композитов на основе ионообменных мембран и полианилина в условиях электрического поля.....	240
Работа 29. Модифицирование мембран дисперсией платины.....	246
Работа 30. Измерение электрохимических характеристик мембранно-электродного блока топливного элемента с протонопроводящей мембраной.....	252
Вопросы для самопроверки.....	263
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	264
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	267
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	273
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	274