

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 13.07.2023 17:12:09
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«23» июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
ВВЕДЕНИЕ В МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология
Направленность программы бакалавриата
Функциональная гальванотехника

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
Заочная

Факультет **Химии веществ и материалов**
Кафедра Технологии электрохимических производств

Санкт-Петербург
2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		Доцент Д. В. Агафонов

Рабочая программа дисциплины «Введение в мембранные технологии» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 04.04.2023 № 2

Заведующий кафедрой

Доцент Д.В. Агафонов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 18.05. 2023 № 9

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия	08
4.4.2. Лабораторные занятия	08
4.5. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	13
10.1. Информационные технологии	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<p>ПК-5 Способен использовать на практике представления о строении, свойствах и областях применения современных материалов в сфере электрохимических и химических производств</p>	<p>ПК-5.2 Способность прогнозировать свойства веществ и материалов в зависимости от химического строения и определять области их возможного применения</p>	<p>Знать: структуру и свойства ионообменных мембран (ЗН-1) области их возможного применения (ЗН-2)</p> <p>Уметь: прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения (У-1) определять области их возможного применения (У-2)</p> <p>Владеть: критериями оценки пригодности применения мембранного материала в конкретном процессе (Н-1)</p>
--	---	--

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

. Дисциплина «Введение в мембранные технологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата. Изучается – на 5 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физическая химия», «Органическая химия», «Теоретическая электрохимия», «Общая и неорганическая химия».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/144
Контактная работа с преподавателем:	14
занятия лекционного типа	6
занятия семинарского типа, в т.ч.	8
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	8
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	121
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр 2
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (9)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Мембранное материаловедение	1	1		23	ПК-5
2	Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах	1	2		24	ПК-5
3	Движение ионов и воды в электрическом поле	1	1		24	ПК-5
4	Диффузия в ионных проводниках	1	2		24	ПК-5
5	Основные направления использования мембранных технологий	2	2		26	ПК-5

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Мембранное материаловедение. Классификация полимеров. Синтез полимеров. Классификация мембран. Получение гомогенных, гетерогенных и трековых мембран. Физико-химические свойства синтетических мембран. Методы исследования структурных характеристик.	1	Лекция – дискуссия
2	Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах. Классификация материалов по типу проводимости. Основные понятия. Поток вещества. Условие электронейтральности. Уравнение материального баланса. Внешние силы в ионных проводниках. Фрикционная модель взаимодействия потоков. Развитие сил трения и их количественная оценка. Законы Ома и Фарадея применительно к ионным проводникам. Термодинамика неравновесных процессов для описания явлений переноса в ионных проводниках.	1	Лекция – дискуссия
3	Движение ионов и воды в электрическом поле. Удельная и эквивалентная электропроводность, числа переноса ионов. Электроосмотический перенос воды.	1	Лекция – дискуссия
4	Диффузия в ионных проводниках. Законы Фика. Самодиффузия ионов. Уравнение Нернста-Эйнштейна.	1	Лекция – дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Электрическая сила диффузии. Диффузионный потенциал.		
5	Основные направления использования мембранных технологий. Электродиализное концентрирование, обессоливание и разделение. Обратный электродиализ. Электролиз. Топливные элементы. Сенсорные устройства. Мембраны для баромембранных методов очистки и разделения веществ	2	Лекция – дискуссия

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		Всего	(в том числе практическая подготовка)	
1	Мембранное материаловедение	1		Разбор конкретных ситуаций
2	Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах	2		Разбор конкретных ситуаций
3	Движение ионов и воды в электрическом поле	1		Разбор конкретных ситуаций
4	Диффузия в ионных проводниках	2		Разбор конкретных ситуаций
5	Основные направления использования мембранных технологий	2		Разбор конкретных ситуаций

4.3.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

4.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Мембранное материаловедение	23	Кр №1
2	Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах	24	Кр №1
3	Движение ионов и воды в электрическом поле	24	Кр №1
4	Диффузия в ионных проводниках	24	Кр №1
5	Основные направления использования мембранных технологий	26	Кр №2

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (заданиями) (для проверки знаний).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамен:

Вариант № 1

1. Синтез ионообменных материалов.
2. Диффузионная проницаемость мембран. Теоретическая и практическая важность, измерение диффузионной проницаемости.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) печатные издания

1. Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки «Химическая технология» / А. Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.И. Тимонов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Студент, 2013. - 496 с. – ISBN 978-5-4363-0047-4
2. Салем, Р.Р. Теоретическая электрохимия: Начала теории / Р. Р. Салем. - 2-е изд. - Москва : Вузовская книга, 2006. - 326 с. – ISBN 5-9502-0229-5
3. Шишкина, С.В. Лабораторный практикум по теоретической электрохимии : учебное пособие для вузов / С. В. Шишкина, Л. И. Ковязина - 2-е изд., перераб. и доп. - Киров : ВятГУ, 2008. - 245 с. : ил. – ISBN 5-230-07354-3
4. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебник по направ. 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия» / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 2-е изд., испр. и перераб. - Москва : Химия, 2008. - 670 с. : – ISBN 978-598109-064-6 («Химия»)

б) электронные издания

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока : учебное пособие по основным образовательным программам высшего образования уровня магистратура и специалитет / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 132 с. – ISBN 978-5-8114-2121-3 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.tti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru
3. Российская национальная библиотека - www.nlr.ru

4. Библиотека Академии наук - www.ras.ru
5. Библиотека по естественным наукам РАН - www.benran.ru
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - www.viniti.ru
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - www.gpntb.ru
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - elibrary.ru
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - webofknowledge.com
10. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
11. Интернет-портал мир гальваники <http://galvanicworld.com>
12. Гальванические покрытия <http://www.galvan.ru/?q=node/63>
13. Практические пособия по гальванике <http://www.galvanicworld.com/practicals/>
14. Химические источники тока <http://www.powerinfo.ru>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>
 электронный учебник «Управление качеством»
http://studme.org/1455042310874/menedzhment/upravlenie_kachestvom
www.metso.ru; www.siemens.ru;
 электронно-библиотечные системы:
 «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
 «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Введение в мембранные технологии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;
 СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1. Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы компании «НПО Техноконт»;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel);

P.I.D. – expert станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, версия 2.05 (демо-версия).

10.3. Информационные справочные системы

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.

<http://cyberleninka.ru/about> – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»

<http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.

<http://apps.webofknowledge.com/> - мультидисциплинарная реферативно-библиографическая база данных Института научной информации США (Institute for Scientific Information, ISI), представленная на платформе Web of Knowledge компании Thompson Reuters.

<http://минобрнауки.рф> – Министерство образования и науки Российской Федерац

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Введение в мембранные технологии»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен использовать на практике представления о строении, свойствах и областях применения современных материалов в сфере электрохимических и химических производств	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.2 Способность прогнозировать свойства веществ и материалов в зависимости от химического строения и определять области их возможного применения	Знает структуру и свойства ионообменных мембран (ЗН-1) области их возможного применения (ЗН-2) Умеет прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения (У-1) определять области их возможного применения (У-2) Владеет критериями оценки пригодности применения мембранного материала в конкретном процессе (Н-1)	Правильные ответы на вопросы	Знает классификацию ионообменных материалов	Умеет проводить исследование свойств ионообменных материалов;	Владеет современными методиками для изучения свойств ионообменных материалов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. Критерии оценивания – «**удовлетворительно**», «**хорошо**» и «**отлично**» приведены в таблице 2.

Оценка «**не удовлетворительно**» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

3.1. Типовые вопросы к экзамену

1. История развития ионного обмена.
2. Основные понятия и термины химии ионообменных процессов.
3. Синтез ионообменных материалов.
4. Изготовление ионообменных мембран.
5. Классификация мембранных процессов.
6. Структура сухих ионитов.
7. Обменная емкость. Определение СОЕ, РОЕ.
8. Набухание. Факторы, влияющие на набухание. Определение набухания и влагоемкости.
9. Структура набухших ионитов. Состояние воды в ионитах.
10. Адсорбция неэлектролитов и слабых электролитов.
11. Адсорбция сильных электролитов. Потенциал Доннана.
12. Ионообменное равновесие. Константа обмена. Изотерма обмена. Коэффициент разделения.
13. Термодинамика неравновесных процессов. Уравнение Кедем-Качальского. Практические транспортные коэффициенты.
14. Транспорт частиц в ионообменных мембранах. Уравнение Нернста-Планка.
15. Электропроводность ионообменных мембран. Структурный аспект.
16. Факторы, влияющие на величину электропроводности ионообменных мембран.
17. Измерение электропроводности мембран.
18. Диффузионная проницаемость мембран. Теоретическая и практическая важность, измерение диффузионной проницаемости.
19. Осмотическая проницаемость мембран. Теоретическая и практическая важность, измерение осмотической проницаемости.
20. Электроосмотическая проницаемость. Число переноса воды. Определение электроосмотической проницаемости.
21. Мембранный потенциал. Потенциометрический метод измерения чисел переноса.
22. Электромиграционные числа переноса.
23. Концентрационная поляризация мембранных систем. Предельный ток вольтамперной характеристики.
24. Причины возникновения «запредельного» тока.
25. Влияние конвекции на процесс электродиализа.
26. Деминаерализация (обессоливание) воды.
27. Электродиализное концентрирование. Оценка транспортных коэффициентов.
28. Применение биполярных и модифицированных мембран. Синтез солей в мембранных аппаратах.
29. Мембраны в хлорном электролизе.
30. Электродиализное разделение смесей в биотехнологии.

3.2. Типовые задания для контрольной работы

Контрольная работа № 1

1. На *H*-катионитовый фильтр поступают СВ гальванического цеха, прошедшие предварительно реагентную очистку и отстаивание. Средняя концентрация катионов в СВ, мг/л: Na^+ - 110; K^+ - 3, NH_4^+ - 6; Ca^{2+} - 15; Mg^{2+} - 10; Al^{3+} - 2; Zn^{2+} - 2; Ni^{2+} - 1; Cu^{2+} - 1,5. Среднечасовой поток СВ $v_{СВ} = 14,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, время работы фильтра до регенерации $t =$

32 ч, суммарная концентрация катионов после сорбции $C_{\text{вых}} = 1,2$ мг-экв/л (г-экв/м³). Фильтр загружен катионитом с динамической обменной ёмкостью $E_{\delta} = 800$, г-экв/м³.

Требуется: 1) определить необходимую загрузку катионита в фильтре (м³) и подобрать фильтр из табл. 2.3; 2) с учётом выбранного фильтра рассчитать линейную скорость фильтрации; 3) с учётом загрузки ионита в выбранном фильтре рассчитать расход соляной кислоты на регенерацию катионита.

2. На ОН-анионитовый фильтр поступают СВ гальванического цеха, прошедшие предварительно реагентную очистку, отстаивание и сорбцию катионов. Средняя концентрация анионов в СВ, мг/л: Cl^- - 40; NO_3^- - 180, SO_4^{2-} - 140; F^- - 5. Среднечасовой поток СВ $v_{\text{СВ}} = 25$ м³/ч, время работы фильтра до регенерации $t = 32$ ч, суммарная концентрация анионов после сорбции $C_{\text{вых}} = 1,2$ мг-экв/л (г-экв/м³). Фильтр загружен анионитом с динамической обменной ёмкостью $E_{\delta} = 900$, г-экв/м³.

Требуется: 1) определить необходимую загрузку анионита в фильтре (м³) и подобрать фильтр из табл. 2.1 (приняв, что типовые размеры катионитовых и анионитовых фильтров совпадают); 2) с учётом выбранного фильтра рассчитать линейную скорость фильтрации; 3) с учётом загрузки ионита в выбранном фильтре рассчитать расход 100 %-ного гидроксида натрия на регенерацию анионита (регенерация анионита производится 4 %-ным раствором гидроксида натрия в количестве 2,5 экв на 1 экв рабочей обменной емкости).

3. Вода с содержанием 0,5 % поваренной соли должна быть обработана для доведения концентрации до 0,03 %, производительность установки 25 м³/ч. Мембрана имеет задержание 97 % (содержание соли 5000 млн–1 при перепаде давлений $\Delta P = 15$ бар) и коэффициент проницаемости по воде 3 л/м²·ч·бар. Для одноступенчатой системы рассчитайте поверхность мембраны и расход электроэнергии для давления в процессе 30 бар.

Контрольная работа №2

1. Укажите области применения мембранных технологий, а также их преимущества перед традиционными технологиями очистки.

2. Какие свойства мембран положены в основу их классификаций? Приведите три классификации мембран.

3. Механизмы массопереноса через мембраны - диффузия.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов