

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 02.06.2022 18:08:17  
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  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОХИМИЯ ИОНИТОВ**

Направление подготовки  
**18.03.01 Химическая технология**  
Направленность программы бакалавриата  
**Прикладная электрохимия**

Квалификация  
**бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

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 «Электрохимия ионитов» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2021 № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой

Доцент Д.В. Агафонов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2021 № \_\_\_\_

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><b>ПК-1</b> Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p><b>ПК-1.4</b> Готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> ионообменные мембраны, поток через мембрану, концентрационные профили в мембране (ЗН-1) <b>Уметь:</b> разрабатывать широкий спектр электрохимических систем с использованием катионоселективных и анионоселективных мембран (У-1) <b>Владеть:</b> методами конструирования мембранных электролизёров (Н-1) основными законами естественно-научных дисциплин и обладать способностью применять их в процессе последующего освоения специальности (Н-2)</p>
	<p><b>ПК-1.7</b> готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности</p>	<p><b>Знать:</b> основы типовых технологий производства современных ионообменных материалов; структуру и свойства ионообменных мембран (ЗН-2) области их возможного применения (ЗН-3) <b>Уметь:</b> использовать современные методики для определения свойств ионообменных материалов (У-2) прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения (У-3) определять области их возможного применения (У-4) <b>Владеть:</b> основными законами естественно-научных дисциплин и обладать способностью применять их в процессе последующего освоения специальности (Н-3)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.02.01) и изучается на 4 курсе в 8 семестрах.

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
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>78</b>
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	36 (18)
курсовое проектирование (КР или КП)	12
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>66</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет, КР

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Мембранное материаловедение	4	-	9	12	ПК-1.4
2	Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах	6	-	-	12	ПК-1.4
3	Движение ионов и воды в электрическом поле	4	-	9	12	ПК-1.4
4	Диффузия в ионных проводниках	4	-	9	12	ПК-1.4
5	Основные направления использования мембранных технологий	6	-	9	18	ПК-1.7

### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Мембранное материаловедение.</b> Классификация полимеров. Синтез полимеров. Классификация мембран. Получение гомогенных, гетерогенных и трековых мембран. Физико-химические свойства синтетических мембран. Методы исследования структурных характеристик.	4	Лекция – дискуссия
2	<b>Поток вещества. Многообразие явлений переноса в мембранных материалах.</b> 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.	6	Лекция – дискуссия
3	<b>Движение ионов и воды в электрическом поле.</b> Удельная и эквивалентная электропроводность, числа переноса ионов. Электроосмотический перенос воды.	4	Лекция – дискуссия
4	<b>Диффузия в ионных проводниках.</b> Законы Фика. Самодиффузия ионов. Уравнение Нернста-Эйнштейна.	4	Лекция – дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Электрическая сила диффузии. Диффузионный потенциал.		
5	<b>Основные направления использования мембранных технологий.</b> Электродиализное концентрирование, обессоливание и разделение. Обратный электродиализ. Электролиз. Топливные элементы. Сенсорные устройства. Мембраны для баромембранных методов очистки и разделения веществ	6	Лекция – дискуссия

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

##### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		Всего	в том числе практическая подготовка)	
1	Определение COE, POE	4	3	Защита отчета
1	Определение набухания и влагоемкости	4	3	Защита отчета
3	Определение удельной электропроводности ионообменных	6	3	Защита отчета
4	Определение величины диффузионного потока электролита через ионообменную мембрану	6	3	Защита отчета
4	Измерение электроосмотической проницаемости ионообменных мембран	8	3	Защита отчета
5	Измерение вольтамперных характеристик электромембранной системы	8	3	Защита отчета

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	История развития ионного обмена. Основные понятия и термины химии ионообменных процессов. Классификация мембран. Получение гомогенных, гетерогенных и трековых мембран. Синтез ионообменных материалов. Физико-химические свойства синтетических мембран. Методы исследования структурных характеристик. Методы подготовки мембран. Классификация мембранных процессов. Структура сухих ионитов. Обменная емкость. Определение COE, POE. Набухание. Факторы, влияющие на набухание. Определение набухания и влагоемкости. Структура набухших ионитов. Состояние воды в ионитах.	12	Опрос
2	Классификация материалов по типу проводимости. Основные понятия. Поток вещества. Условие	12	Опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	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. Адсорбция неэлектролитов и слабых электролитов. Адсорбция сильных электролитов. Потенциал Доннана. Ионообменное равновесие. Константа обмена. Изотерма обмена. Коэффициент разделения. Термодинамика неравновесных процессов. Уравнение Кедем-Качальского. Практические транспортные коэффициенты. Транспорт частиц в ионообменных мембранах. Уравнение Нернста-Планка.		
3	Мембранный потенциал. Потенциометрический метод измерения чисел переноса. Электромиграционные числа переноса. Концентрационная поляризация мембранных систем. Предельный ток вольтамперной характеристики. Причины возникновения «запредельного» тока. Влияние конвекции на процесс электродиализа.	12	Опрос
4	Диффузионная проницаемость мембран. Теоретическая и практическая важность, измерение диффузионной проницаемости. Осмотическая проницаемость мембран. Теоретическая и практическая важность, измерение осмотической проницаемости. Электроосмотическая проницаемость. Число переноса воды. Определение электроосмотической проницаемости	12	Опрос
5	Баромембранные методы очистки и разделения веществ. Основные электромембранные процессы и мембраны, которые в них используются. Принцип действия электродиализного концентрирования. Особенности мембранного электролиза. Деминерализация (обессоливание) воды. Электродиализное концентрирование. Оценка транспортных коэффициентов. Применение биполярных и модифицированных мембран. Синтез солей в мембранных аппаратах. Мембраны в хлорном электролизе. Электродиализное разделение смесей в биотехнологии	18	Опрос

### 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 зачета и защиты курсовой работы.

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

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

Пример варианта вопросов на зачет:

### **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.lti-gti.ru>

2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)

3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.ras.ru](http://www.ras.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - [webofknowledge.com](http://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](http://studme.org/1455042310874/menedzhment/upravlenie_kachestvom)  
[www.metso.ru](http://www.metso.ru); [www.siemens.ru](http://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 «Электрохимия ионитов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

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 УКДВ. 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  
«Электрохимия ионитов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	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)
<b>ПК-1.4</b> готовностью проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов	Знает ионообменные мембраны, поток через мембрану, концентрационные профили в мембране (ЗН-1) Умеет разрабатывать широкий спектр электрохимических систем с использованием катиноселективных и аниноселективных мембран (У-1) Владеет методами конструирования мембранных электролизёров (Н-1) основными законами естественно-научных дисциплин и обладать способностью применять их в процессе последующего освоения специальности (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №1-25	Знает классификацию ионообменных материалов	Умеет проводить исследование свойств ионообменных материалов;	Владеет современными методиками для изучения свойств ионообменных материалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.7</b> готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности	Знает основы типовых технологий производства современных ионообменных материалов; структуру и свойства ионообменных мембран (ЗН-2) области их возможного применения (ЗН-3) Умеет использовать современные методики для определения свойств ионообменных материалов (У-2) прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения (У-3) определять области их возможного применения (У-4) Владеет основными законами естественно-научных дисциплин и обладать способностью применять их в процессе последующего освоения специальности (Н-3)	Правильные ответы на вопросы № 26-30 Защита курсовой работы	Знает свойства мембранных материалов; Умеет прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения; Владеет навыками определения свойств мембранных материалов	Знает основные законы переноса вещества в мембранах; Умеет прогнозировать процессы переноса вещества от химического строения мембранного материала; Владеет навыками определения переноса в мембранных материалов	Знает свойства мембранных материалов; Умеет прогнозировать свойства мембранных материалов в зависимости от химического строения; Владеет навыками определения свойств мембранных материалов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме зачета. 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.**

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 COE, POE.
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. Деминерализация (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.

### **Темы для курсовой работы**

1. Баромембранные процессы.
2. Микрофильтрация. Мембраны для микрофильтрации. Промышленное применение микрофильтрации.
3. Микрофильтрация: параметры и применение.
4. Ультрафильтрация. Мембраны для ультрафильтрации. Промышленное применение ультрафильтрации.
5. Ультрафильтрация: параметры и применение.
6. Обратный осмос. Мембраны для обратного осмоса. Промышленное применение обратного осмоса.

7. Обратный осмос: параметры и применение.
8. Пьезодиализ: параметр и применение.
9. Газоразделение. Пористые и непористые мембраны. Применение газоразделения.
10. Газоразделение: параметры и применение.
11. Первапорация. Мембраны для первапорационных процессов. Промышленное применение микрофльтрации.
12. Первапорация: параметры и применение.
13. Диализ. Мембраны для диализа. Промышленное применение диализа.
14. Диализ: параметры и применение.
15. Электродиализ. Мембраны для электродиализа. Промышленное применение электродиализа.
16. Электродиализ: параметры и применение.

**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 СПб

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