

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор  
Т.А. Хагуров  
подпись  
« 27 » 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.01 МЕМБРАННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ И МЕМБРАННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ**

Направление подготовки	04.04.01 Химия
Направленность (профиль)	Электрохимия
Форма обучения	очная
Квалификация	магистр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры).

Программу составила:

Н.А. Кононенко, проф. каф. физ. химии,  
д-р хим. наук, проф.



Рабочая программа дисциплины Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений утверждена на заседании кафедры физической химии  
протокол № 9 «20» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой  
физической химии

Заболоцкий В.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии  
и высоких технологий  
протокол № 7 «25» апреля 2022 г.

Председатель УМК факультета

Беспалов А.В.



Рецензенты:

Филиппов А.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры высшей математики  
Российского государственного университета нефти и газа им. И.М.Губкина

Цюпко Т.Г., д-р хим. наук, профессор кафедры аналитической химии ФГБОУ  
ВО «КубГУ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» состоит в формировании у студентов знаний в области мембранной электрохимии с учетом фундаментальных законов классической электрохимии и науки о полимерных материалах.

### 1.2 Задачи дисциплины

В задачи учебной дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» входит:

- сформировать у студентов знания об основах электрохимии и физикохимии полимерных материалов;
- сформировать знания об экспериментальных методах получения и модифицирования современных мембранных материалов;
- развить умения пользоваться экспериментальными методами исследования электрохимических характеристик мембранных систем;
- сформировать навыки самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. Изучение дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» должно предшествовать изучению таких дисциплин, как «Современные методы исследования в электрохимии». При освоении данной дисциплины студенты должны иметь знания по физической химии и электрохимии, умение работать с химической посудой и реактивами. В рамках данной дисциплины у студентов формируются знания, умения и навыки, которые обеспечат формирование компетенций, необходимых для успешной научно-исследовательской работы в выбранной области химии.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук</b>	
ИПК-1.1. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.	Знает особенности электрохимического поведения мембран.
	Умеет экспериментально определить электрохимические характеристики ионообменных мембран.
	Владеет основными понятиями и терминологией в области мембранной электрохимии.
ИПК-1.2. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии.	Знает методы исследования ионообменных мембран.
	Умеет использовать современное физико-химическое оборудование для исследования структуры и свойств мембранных материалов
	Владеет представлениями о явлениях переноса в мембранных системах.

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-3. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках</b>	
ИПК-3.1. Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике исследования в выбранной области химии.	Знает требования к мембранам различного целевого назначения.
	Умеет проводить критический анализ результатов экспериментальных исследований структуры и свойств мембран.
	Владеет способностью обобщать результаты информационного поиска по структуре и свойствам ионообменных мембран.
ИПК-3.2. Оценивает перспективы практического применения результатов НИР и НИОКР и продолжения работ в электрохимии или смежных науках.	Знает области применения мембранных материалов.
	Умеет интерпретировать полученные экспериментальные результаты и формулировать заключения и выводы с использованием литературных данных.
	Владеет навыками по результатам экспериментальных исследований оценивать перспективы практического использования мембран в электрохимических процессах.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			1	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>				
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		<b>68</b>	<b>68</b>	
занятия лекционного типа		18	18	
лабораторные занятия		50	50	
практические занятия		-	-	
семинарские занятия		-	-	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)				
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>85</b>	<b>85</b>	
Оформление лабораторных работ		30	30	
Самостоятельное изучение теоретического материала		30	30	
Подготовка к текущему контролю		25	25	
<b>Контроль:</b>				
Подготовка к экзамену		26,7	26,7	
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>68,3</b>	<b>68,3</b>	
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 1 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Классификация и синтез мембран	12	2	-	-	10
2.	Области применения синтетических ионообменных мембран	26	4	-	12	10
3.	Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран	44	4	-	20	20
4.	Модифицирование мембран	28	2	-	6	20
5.	Поляризационные явления в электромембранной системе	25	4	-	6	15
6.	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	18	2	-	6	10
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>		153	18	-	50	85
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3				
Подготовка к текущему контролю		26,7				
Общая трудоемкость по дисциплине		180				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

### 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Классификация и синтез мембран	Классификация ионообменных мембран. Синтез мембран и их структура. Модели структурной организации мембран. Механизм мембранного действия	устный опрос
2.	Области применения синтетических ионообменных мембран	Процессы разделения веществ: микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, газоразделение, первапорация, диализ и электродиализ.	устный опрос
3.	Области применения синтетических ионообменных мембран	Мембраны в качестве искусственных органов, сепараторов топливных элементах и электролизерах, как твердые электролиты и катализаторы.	устный опрос ЛР1
4.	Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран	Физико-механические свойства мембран: плотность, геометрические размеры в сухом и набухшем состоянии, прочность на разрыв.	устный опрос, ЛР2
5.	Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран	Электротранспортные свойства: мембранный потенциал; число переноса ионов; электропроводность ионообменных мембран; диффузионная и электроосмотическая проницаемость.	устный опрос, ЛР3
6.	Модифицирование мембран	Методы модифицирования мембран: механический, химический, электрохимический. Модифицирование мембран органическими компонентами. Получение и свойства гибридных мембран.	устный опрос, ЛР4
7.	Поляризационные явления в электромембранной системе	Концентрационная поляризация в электромембранной системе. Основные уравнения для предельного тока. Анализ вольтамперной кривой.	ЛР5
8.	Поляризационные явления в	Сопряженные явления концентрационной поляризации.	Тест №1

	электромембранной системе		
9.	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	Уравнения линейной неравновесной термодинамики для взаимосвязи потоков ионов и растворителя с градиентами действующих сил. Теория обобщенной проводимости гетерогенных систем. Взаимосвязь электропроводности и диффузионной проницаемости мембран. Характеристика мембран с помощью набора модельных параметров.	устный опрос, ЛР6

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия / лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Области применения синтетических ионообменных мембран	Электродиализное обессоливание и концентрирование растворов электролитов	ЛР1
2.	Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран	Определение удельной электропроводности ионообменных мембран на переменном и постоянном токе.	ЛР2
3.	Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран	Определение чисел переноса ионов потенциометрическим и электроаналитическим методом	ЛР3
4.	Модифицирование мембран	Определение диффузионной и электроосмотической проницаемости модифицированных мембран.	ЛР4
5.	Поляризационные явления в электромембранной системе	Измерение вольтамперных характеристик модифицированных ионообменных мембран	ЛР5 Тест №1
6.	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	Определение транспортно-структурных параметров мембран из концентрационных зависимостей их удельной электропроводности и диффузионной проницаемости	ЛР6

Защита лабораторной работы (ЛР), контрольная работа (КР).

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Оформление лабораторных работ	1. Мембранная электрохимия: учебное пособие для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01 / [Н. А. Кононенко, О. А. Демина, Н. В. Лоза и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2017. - 290 с.
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	1. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Наука, 2013. - 611 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1</a> 2. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009.

		3. Hoek E.M.V., Tarabara V.V. Encyclopedia of membrane science and technology (in 3 volumes). NJ.: Wiley. – 2013
3	Подготовка к текущему контролю	1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. - 89 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование технологий проблемного обучения, выполнение студентами лабораторных работ в малых группах, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проблемная лекция, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме вопросов для устного опроса, тестовых работ, контрольных работ, контрольных вопросов к лабораторным работам, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету и экзамену.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация

1	ИПК-1.1. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.	Знает особенности электрохимического поведения мембран.	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 1, 23, 24
		Умеет экспериментально определить электрохимические характеристики ионообменных мембран.	Лабораторная работа	-
		Владеет основными понятиями и терминологией в области мембранной электрохимии.	Лабораторная работа Тест	Вопрос на экзамене 1, 6
2	ИПК-1.2. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии.	Знает методы исследования ионообменных мембран.	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 8-18
		Умеет использовать современное физико-химическое оборудование для исследования структуры и свойств мембранных материалов	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 3-5
		Владеет представлениями о явлениях переноса в мембранных системах.	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 28, 29
3	ИПК-3.1. Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике исследования в выбранной области химии.	Знает требования к мембранам различного целевого назначения.	Лабораторная работа Тест	Вопрос на экзамене 6, 7
		Умеет проводить критический анализ результатов экспериментальных исследований структуры и свойств мембран.	Лабораторная работа	-
		Владеет способностью обобщать результаты информационного поиска по структуре и свойствам ионообменных мембран.	Лабораторная работа	-
4	ИПК-3.2. Оценивает перспективы практического применения результатов НИР и НИОКР и продолжения работ в электрохимии или смежных науках.	Знает области применения мембранных материалов.	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 7, 19
		Умеет интерпретировать полученные экспериментальные результаты и формулировать заключения и выводы с использованием литературных данных.	Лабораторная работа	-
		Владеет навыками по результатам экспериментальных исследований оценивать перспективы практического использования мембран в электрохимических процессах.	Лабораторная работа	Вопрос на экзамене 7

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Вопросы к устному опросу по теме 1 «Классификация и синтез мембран»**

1. Какие классификации мембран вы знаете?
2. Какие реакции используются при синтезе мембран?
3. Как получить пористые мембраны?
4. Чем отличаются ионообменные мембраны от ультрафильтрационных и обратноосмотических мембран?
5. Какое целевое назначение ионообменных мембран?

**Вопросы к устному опросу по теме 2 «Области применения синтетических ионообменных мембран»**

1. Какие процессы разделения веществ вы знаете?
2. Чем отличается ультрафильтрация от обратного осмоса?
3. Для каких целей используется электродиализ?
4. Какие требования предъявляются к мембранам, используемым в процессах мембранного электролиза?
5. В каких электрохимических системах применяются ионообменные мембраны?

**Вопросы к устному опросу по теме 3 «Экспериментальные методы изучения свойств ионообменных мембран»**

1. Какие физико-механические свойства мембран вы знаете?
2. Какие методы измерения сопротивления мембран используются при определении их электропроводности?
3. Какие характеристики диффузионной проницаемости мембран вы знаете?
4. Каким методом определяют электроосмотическую проницаемость мембран?
5. Как измерить число переноса ионов?

**Вопросы к устному опросу по теме 4 «Модифицирование мембран»**

1. Какие методы модифицирования мембран вы знаете?
2. Какова классификация модифицирующих компонентов?
3. Какие свойства приобретают мембраны после модифицирования?
4. Как получить гибридные мембраны?
5. В каких электрохимических системах применяются модифицированные мембраны?

**Тест по теме 5 «Поляризационные явления в электромембранной системе»**

1. Причиной возникновения предельного состояния в электромембранной системе является:  
*разные числа переноса ионов в растворе и мембране*  
*разная концентрация раствора по обе стороны мембраны*
2. Причиной возрастания тока выше предельного в электромембранной системе является:  
*селективность мембраны*  
*сопротивление мембраны*  
*каталитическое действие функциональных групп*
3. Как изменяется предельный ток с увеличением концентрации раствора в электромембранной системе?  
*увеличивается*  
*уменьшается*  
*не изменяется*

4. Толщина диффузионного слоя зависит от:  
*обменной емкости мембраны*  
*гидродинамического режима в системе*  
*температуры раствора*
5. Для расчета величины предельного тока используется уравнение:  
*Фика*  
*Пирса*  
*Нернста*

#### **Вопросы к устному опросу по теме 6 «Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран»**

1. Какие силы действуют в электромембранной системе?
2. Почему используется концепция структурной неоднородности полимерных ионообменных мембран?
3. В чем физический смысл параметров теории обобщенной проводимости гетерогенных систем применительно к ионообменным мембранам?
4. Какими уравнениями описывается взаимосвязь электропроводности и диффузионной проницаемости мембран?
5. Какие модельные параметры используются для характеристики мембран?

#### **Контрольные вопросы к лабораторным работам**

##### *Лабораторная работа №1*

1. Какие требования предъявляются к мембранам для электродиализа?
2. Чем электродиализ отличается от мембранного электролиза?
3. Какие мембраны используются в топливных элементах?
4. Как оценить эффективность электромембранного процесса?

##### *Лабораторная работа №2-4*

1. Как определить удельную электропроводность мембраны?
2. Какие диффузионные характеристики мембран вы знаете?
3. Какие существуют методы определения электроосмотической проницаемости мембран?
4. Как измеряют числа переноса ионов в растворе и в мембране?

##### *Лабораторная работа №5*

1. Что такое концентрационная поляризация в мембранной системе?
2. Запишите уравнение Пирса для предельного диффузионного тока.
3. Чем отличаются поляризационные кривые электродной и электромембранной системы?
4. Какие сопряженные эффекты концентрационной поляризации проявляются в электромембранной системе?

##### *Лабораторная работа №6*

1. Какие внешние и внутренние силы действуют в электромембранной системе?
2. Как оценить плотность потока ионов в структурно-неоднородной ионообменной мембране?
3. Как рассчитать коэффициент диффузии в мембране по данным ее электропроводности?
4. Какие модельные параметры используются для характеристики мембран?

**Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

### **1. Список вопросов для подготовки к экзамену**

1. Ионообменные мембраны. Классификация и целевое назначение
2. Способы получения мембран
3. Структурная организация мембран
4. Физические методы исследования структуры ионообменных мембран
5. Состояние ионов и воды в мембранах
6. Мембранные процессы разделения веществ.
7. Области применения мембран.
8. Физико-механические свойства мембран и методы их определения
9. Механизм доннановской сорбции электролита и формирование мембранного потенциала.
10. Мембранный потенциал и методы его измерения.
11. Селективность мембран и способы ее оценки.
12. Расчет чисел переноса методом ЭДС.
13. Электромиграционные и эффективные числа переноса.
14. Диффузия неэлектролитов и электролитов.
15. Экспериментальное определение диффузионных характеристик мембран.
16. Электропроводность мембран и влияющие на нее факторы.
17. Экспериментальные методы определения электропроводности на постоянном и переменном токах.
18. Перенос воды через мембрану. Осмос и электроосмос.
19. Проблема концентрирования электролитов.
20. Методы модифицирования мембран.
21. Классификация модификаторов.
22. Композитные мембраны с ион-электронным механизмом проводимости.
23. Поляризационные явления в электромембранной системе.
24. Вольтамперные характеристики мембранной системы.
25. Предельное состояние.
26. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации.
27. Сверхпредельное состояние. Диссоциация воды. Нарушение электронейтральности.
28. Теоретическое описание электромембранных явлений. Уравнения линейной неравновесной термодинамики.
29. Концепция структурной неоднородности ионообменных мембран.
30. Характеризация мембран с помощью набора транспортно-структурных параметров.

### **3. Пример билета к экзамену**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

Кафедра физической химии

Направление подготовки 04.04.01 - Химия

20\_\_ - 20\_\_ уч. год

Дисциплина «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений»

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.**

1. Поляризационные явления в электромембранной системе.
2. Особенности структуры перфторированных мембран.
3. Экспериментальные методы определения чисел переноса ионов в ионообменных мембранах.

Заведующий кафедрой физической химии \_\_\_\_\_

В.И. Заболоцкий

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Студент свободно владеет теоретическим материалом, знает классификацию мембран, способы их получения и методы исследования, владеет теоретическими представлениями о процессах переноса в ионообменных мембранах.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Студент хорошо владеет теоретическим материалом, знает методы исследования мембран и имеет представление о процессах переноса в мембранных системах, способен справиться с ответом при незначительной помощи со стороны преподавателя.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Студент знает терминологию, классификацию мембран, однако плохо разбирается в мембранной электрохимии, с трудом справляется с ответами на вопросы при существенной помощи со стороны преподавателя.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Студент не способен охарактеризовать электромембранную систему даже с помощью преподавателя и плохо владеет теоретическим материалом (наблюдаются существенные ошибки при обсуждении базовых понятий).

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Краснодар, КубГУ, 2017. 290 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). <https://e.lanbook.com/book/58166#authors>
3. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Наука, 2013. 611 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=468334&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1)
4. Hoek E.M.V., Tarabara V.V. Encyclopedia of membrane science and technology (in 3 volumes). NJ.: Wiley. – 2013.

### **5.2. Периодическая литература**

1. Успехи химии - российский научный журнал, публикующий обзорные статьи по актуальным проблемам химии и смежных наук.

2. Электрохимия – один из крупнейших российских научных журналов, отражающих основные достижения в области электрохимии, публикующий работы, посвященные актуальным вопросам электрохимии.

3. Мембраны и мембранные технологии - российский научный журнал, публикующий статьи по основным проблемам получения и исследования мембран и развития важнейших направлений мембранных технологий.

4. Журнал физической химии – один из крупнейших российских научных журналов, отражающих основные направления развития химии, публикующий работы, посвященные актуальным общим вопросам химии и проблемам, возникающим на стыке различных разделов химии, а также на границах химии и смежных с ней наук.

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

#### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

#### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
13. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

#### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
5. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>.

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

##### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий [http://mschool.kubsu.ru](http://mschool.kubsu.ru;);
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

##### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное изучение дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» требует от студентов регулярного посещения лекций, выполнения тестовых проверочных работ, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

##### При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал дословно.

##### При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

- 1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;
- 2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

#### Выполнение лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются обучающимися в малых группах (обычно 2-3 человека). В начале курса проводится инструктаж по технике безопасности работы в химической лаборатории и составляется график выполнения лабораторных работ. Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

- 1) подготовительный этап (самостоятельная работа студентов);
- 2) получение допуска к выполнению экспериментальной части лабораторной работы (контактная работа с преподавателем каждой малой группы);
- 3) выполнение экспериментальной части лабораторной работы под контролем преподавателя;
- 4) анализ полученных результатов, формулировка вывода и подготовка к защите лабораторной работы (может выполняться как самостоятельная работа студента дома, или под контролем преподавателя в течение времени, выделенного на лабораторные работы или в ходе иной контактной работы с преподавателем);
- 5) защита лабораторной работы (контактная работа с преподавателем).

После выполнения всех этих этапов лабораторная работа считается выполненной.

#### Подготовительный этап

Перед занятием обучающимся необходимо подготовиться к выполнению лабораторной работы. Теоретическая подготовка необходима для проведения эксперимента и должна проводиться обучающимися в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к лабораторной работе. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета в лабораторном журнале со следующим порядком записей:

Название работы.

Цель работы.

Оборудование.

Ход работы, который в том числе включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а также расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин.

#### Получение допуска к выполнению экспериментальной части лабораторной работы

Приступая к лабораторным работам, необходимо получить у лаборанта приборы, требуемые для выполнения работы. Разобраться в назначении материалов, химической посуды, приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными. Получить допуск к выполнению лабораторной работы у преподавателя. Допуск студенты получают в результате устного опроса преподавателем о порядке выполнения эксперимента, предусмотренного данной лабораторной работой.

#### Выполнение экспериментальной части лабораторной работы под контролем преподавателя

Затем обучающиеся выполняют экспериментальный этап лабораторной работы, в ходе которого записываются все измеренные величины с обязательным указанием их размерности в лабораторный журнал. **Не допускается использование черновиков для записи экспериментальных данных, запись карандашом и иные способы, дающие возможность корректировки полученных результатов.** В случае, если в методических указаниях к лабораторной работе предложены таблицы или шаблон для записи

экспериментальных данных, то заполняются эти таблицы или шаблон. В ином случае запись экспериментальных данных делается студентом в произвольной форме.

По окончании выполнения эксперимента студенты должны привести свое рабочее место в порядок и вымыть используемую химическую посуду. После этого рабочее место сдается преподавателю или лаборанту и в лабораторный журнал студента ставится отметка о выполнении экспериментальной части лабораторной работы с обязательным указанием даты ее выполнения.

#### **Анализ полученных результатов и формулировка выводов**

Может выполняться как самостоятельная работа студента дома, или под контролем преподавателя в течение времени, выделенного на лабораторные работы или в ходе иной контактной работы с преподавателем. Студенты должны выполнить все необходимые расчеты согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ. В лабораторном журнале приводятся все необходимые расчеты с указанием размерностей полученных величин, а также все графики и рисунки в соответствии с требованиями лабораторного практикума.

В случае, если в ходе лабораторной работы имеет место протекание химических реакций, все они должны быть записаны в лабораторном журнале в молекулярном, полном ионном и сокращенном ионном виде.

Далее на основании полученных результатов студенты должны сформулировать и записать вывод, который должен быть согласован с заявленными целями и/или задачами лабораторной работы. Вывод должен содержать необходимую количественную информацию.

При подготовке к защите лабораторной работы необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы, которые имеются после каждой лабораторной работы. Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса(ов) излучающихся в ходе работы. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, правильные ответы.

#### **Защита лабораторной работы**

Защита лабораторных работ происходит в виде собеседования с преподавателем по лабораторной работе с обязательной проверкой преподавателем лабораторного журнала студента. Для успешной защиты лабораторной работы студент должен предоставить лабораторный журнал, оформленный в соответствии с установленными требованиями, включая наличие отметки о выполнении экспериментальной части работы. В ходе устной беседы с преподавателем студент должен продемонстрировать знание целей и задач выполненной работы, законов, которые лежат в основе наблюдаемых в ходе работы явлений, продемонстрировать умение анализировать полученную информацию и делать на ее основе выводы. В этом случае в лабораторном журнале на соответствующей работе ставится пометка «зачтено», роспись преподавателя, принявшего работу, и дата защиты работы. После этого лабораторная работа считается выполненной. Допускается защита лабораторных работ индивидуально или в составе малых групп обучающихся, совместно выполнявших данную работу.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

### 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ (ауд. 345С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор). Оборудование: специализированная лабораторная мебель (столы, стулья, шкафы для реактивов и оборудования, вытяжные шкафы), средства пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, химическая посуда и оборудование, сушильный шкаф, весы лабораторные – 1 шт, весы аналитические – 2 шт, термостат воздушный – 1 шт, иономер-рН-метр – 3 шт, мешалки магнитные – 3 шт., измеритель иммитанса E7-21 – 4 шт, источник тока импульсный Б5-50 – 3 шт, кондуктометр – 1 шт, мультиметры универсальные настольные – 5 шт; потенциостат AUTOLAB PGSTAT302; ПК-3 шт., химические реактивы.	Microsoft Windows; Microsoft Office

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-	Microsoft Windows; Microsoft Office

	коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (400с, 401с, 431с, 329с)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows; Microsoft Office