

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

Хагуров Т.А.

« 27 » 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.О.10 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
ЭЛЕКТРОМАССОПЕРЕНОСА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ  
СИСТЕМАХ**

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

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАССОПЕРЕНОСА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.04.01 Электрохимия (уровень магистратуры)

Программу составили:

Никоненко В.В., профессор кафедры  
физической химии д-р хим. наук, профессор



---

Рабочая программа дисциплины МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАССОПЕРЕНОСА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ утверждена на заседании кафедры физической химии  
протокол № 9 «20» апреля 2022 г.  
Заведующий кафедрой 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:

Н.А. Мельник, заместитель руководителя Отраслевого учебно-методического центра охраны труда работников агропромышленного комплекса Краснодарского края КРИА ДПО ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, канд. хим. наук

М.Е. Соколов, руководитель НОЦ «ДССН"-ЦКП ФГБОУ ВО «КубГУ», канд. хим. наук

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины является развитие у обучающихся компетенций, относящихся к пониманию физико-химических основ явлений переноса в электрохимических, прежде всего мембранных, системах, подходов и способов математического моделирования и оптимизации.

### 1.2 Задачи дисциплины (модуля)

- Изучить физико-химические основы поведения сложных электрохимических систем на примере мембран и мембранных модулей.
- Изучить и получить практические навыки работы с иерархической системой математических моделей, описывающих электрохимическое поведение мембран и мембранных модулей на разных пространственных уровнях. Освоить программные продукты, реализующие систему математических моделей.
- Провести математическое описание различных явлений переноса: электропроводности и диффузии электролита как функции параметров структуры мембраны; скорости массопереноса в ЭД ячейках. Провести сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.
- Провести численную оптимизацию работы ЭД аппаратов.

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

Дисциплина Б1.О.10 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» относится к обязательной части Блока 1 учебного плана направления подготовки 04.04.01 Химия, направленность (профиль) «Электрохимия». В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Изучению дисциплины Б1.О.10 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» должно предшествовать изучение таких дисциплин, как «Явления на межфазных границах», «Термодинамика и кинетика электродных процессов». Параллельно с освоением дисциплины Б1.О.10 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» должно проходить изучение дисциплины «Мембранные технологии в решении экологических проблем».

### 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 достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</b>	
ИОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно их интерпретирует	Знает методы критического анализа результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, теоретические основы физической химии, явлений переноса в электрохимических системах, способы математического моделирования
	Умеет анализировать, корректно их интерпретировать и проводить математическое описание различных явлений переноса
	Владет теорией и навыками анализа и интерпретации результатов практической и теоретической работы в области физической химии и в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ИОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	Знает цели собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук
	Умеет формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук
	Владеет навыками сравнительного анализа и профессиональным терминологическим аппаратом для формулирования заключения и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук
<b>ОПК-3 Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности</b>	
ИОПК-3.1. Использует современные ИТ- технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля	Знает современные ИТ- технологии для сбора, анализа и представления информации избранной области работ
	Умеет сравнивать полученные результаты с экспериментальными данными
	Владеет навыками работ с современными ИТ- технологиями для сбора, анализа и представления информации в избранной области работ
ИОПК-3.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности	Знает теоретические основы физико-химических явлений переноса в электрохимических системах, подходы и способы математического моделирования в физической химии
	Умеет работать с математическими моделями, описывающими электрохимическое поведение мембран
	Владеет программными продуктами, реализующими систему математических моделей
ИОПК-3.3. Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием	Знает современные вычислительные методы для обработки данных эксперимента, моделирования свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием.
	Умеет обрабатывать данные эксперимента, моделировать свойства веществ и материалов, а также процессов с их участием с помощью современных вычислительных методов
	Владеет навыками математической обработки данных эксперимента, математического описания свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием

## 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	Форма обучения
		очная
		2 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	80	80
Занятия лекционного типа	32	32
Лабораторные занятия	48	48
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
<b>Иная контактная работа:</b>		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>73</b>	<b>73</b>
Проработка учебного (теоретического) материала	30	30
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	20	20
Подготовка реферата	10	10

Вид учебной работы	Всего часов	Форма обучения
		очная
Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ	13	2 семестр (часы)
<b>Контроль:</b>		
Подготовка к экзамену	26,7	26,7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>80</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые во 2 семестре (очная форма обучения):

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Всего	Количество часов			
			Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны	24	4	-	6	14
2	Микрогетерогенная модель.	32	8	-	10	14
3	Конвективно-диффузионная модель	32	8	-	10	14
4	Приложение теории подобия к электромембранным процессам	29	6	-	8	15
5	Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды	36	6	-	14	16
	<i>Итого по разделам дисциплинам:</i>	153	32	-	48	73
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	-	-	-	-
	Подготовка к 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	2	3	4
1	Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны	Основные свойства и функции мембран. Виды мембранных процессов. Мембрана как нанопористая пленка. Структура мембран. Изменение структуры при набухании. Представления Дрейфюса и Гирке. Современные модели структуры (Кройер, Жебель). Подходы к моделированию связи «структура-свойства»	КР
2	Микрогетерогенная модель	Микрогетерогенная модель. Формулировка модели. Сорбция электролита. Электропроводность и диффузионная проницаемость. Решение прямой и обратной задач; нахождение параметров модели из экспериментальных данных	УО
3	Конвективно-диффузионная модель	Одномерная модель электродиффузии бинарного электролита в мембранной системе. Ламинарное течение жидкости между двумя параллельными пластинами. Решение уравнения Навье-Стокса и профиль скорости в канале между двумя параллельными пластинами. Конвективно-диффузионная модель. Распределение концентрации и	УО, КР, РЗ

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
		плотности тока. Вольтамперная характеристика. Расчет толщины диффузионного слоя. Сравнение расчета с экспериментальными данными. Недостатки модели. Двумерная конвективно-диффузионная модель. Математическая формулировка задачи	
4	Приложение теории подобия к электромембранным процессам	Приложение теории подобия к электромембранным процессам. Числа Рейнольдса, Шмидта, Шервуда, Прандтля. Вид зависимости Sh-Re. Роль сепаратора-турбулизатора	УО
5	Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды	Расчет ЭД аппаратов для обессоливания и концентрирования. Подходы к оптимизации ЭД процесса. Использование конвективно-диффузионная модели: выбор геометрических (межмембранное расстояние, форма сепаратора) и гидродинамических (скорость протока раствора) параметров при минимизации себестоимости продукта. Расчет каскадов ЭД аппаратов. Оптимизация электрических и гидродинамических параметров на основе экспериментальных данных для пилотных установок	Р

Написание реферата (Р), устный опрос (УО), контрольная работа (КР), решение задач (РЗ).

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

#### Лабораторные занятия

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны	Сравнение экономической эффективности различных процессов обессоливания	ЛР
2	Микрогетерогенная модель	Программа MGM, реализующая микрогетерогенную модель. Расчет сорбции электролита.	ЛР
3	Конвективно-диффузионная модель	Микрогетерогенная модель. Решение прямой задачи расчета зависимости удельной электропроводности, диффузионной проницаемости и чисел переноса от концентрации электролита. Решение обратной задачи: нахождение параметров микрогетерогенной модели по экспериментальным данным.  Расчет и оптимизация каскадов ЭД аппаратов. Работа с экспертной системой «Электродиализ-менеджер»	ЛР
4	Приложение теории подобия к электромембранным процессам	Решение одномерных задач электродиффузии электролита через мембрану.  Совместное использование программ ELDIAL и MGM. Оптимизация параметров ЭД аппаратов и гидродинамических параметров.	ЛР
5	Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды	Решение уравнения Навье-Стокса и профиль скорости в канале между двумя параллельными пластинами.  Пакет программ ELDIAL - «Электродиализ». Конвективно-диффузионная модель. Расчет электродиализаторов для обессоливания и концентрирования. Расчет электродиализаторов с сетчатыми прокладками и с профилированными мембранами. Использование подходов теории подобия и экспериментальных данных	ЛР

Защита лабораторной работы (ЛР).

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Интеллект. – 2008. 423 с. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. М.: Лань. 2014. <a href="http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&amp;pl1_id=1019">http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&amp;pl1_id=1019</a>
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	Методические указания по организации самостоятельной работы. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Методические указания по написанию рефератов. Утверждены кафедрой
3	Подготовка реферата	физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г.
4	Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 10 от 13.03.2018 г. 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.

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.

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

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, лабораторные занятия, 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 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме устного опроса, обсуждения дискуссионных вопросов, контрольных работ, рефератов, задач и индивидуальных заданий студентов и промежуточной аттестации в форме вопросов к 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	ИОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно их интерпретирует	<p>Знает методы критического анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, теоретические основы физической химии, явлений переноса в электрохимических системах, способы математического моделирования</p> <p>Умеет анализировать, корректно их интерпретировать и проводить математическое описание различных явлений переноса</p> <p>Владет теорией и навыками анализа и интерпретации результатов практической и теоретической работы в области физической химии и в профессиональной деятельности</p>	КР	Вопрос на экзамене 1-3
2	ИОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	<p>Знает цели собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук умеет формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p> <p>Владет навыками сравнительного анализа и профессиональным терминологическим аппаратом для формулирования заключения и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	УО	Вопрос на экзамене 4,5,7
3	ИОПК-3.1. Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе и представлении	Знает современные ИТ- технологии для сбора, анализа и представления информации избранной области работ	УО, КР, РЗ	Вопрос на экзамене 6,8-10



	информации химического профиля	<p>Умеет сравнивать полученные результаты с экспериментальными данными</p> <p>Владеет навыками работ с современными ИТ-технологиями для сбора, анализа и представления информации в избранной области работ</p>		
4	ИОПК-3.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности	<p>Знает теоретические основы физико-химических явлений переноса в электрохимических системах, подходы и способы математического моделирования в физической химии</p> <p>Умеет работать с математическими моделями, описывающими электрохимическое поведение мембран</p> <p>Владеет программными продуктами, реализующими систему математических моделей</p>	УО	Вопрос на экзамене 11,12
5	ИОПК-3.3. Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием	<p>Знает современные вычислительные методы для обработки данных эксперимента, моделирования свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием</p> <p>Умеет обрабатывать данные эксперимента, моделировать свойства веществ и материалов, а также процессов с их участием с помощью современных вычислительных методов</p> <p>Владеет навыками математической обработки данных эксперимента, математического описания свойств веществ и материалов, а также процессов с их участием</p>	Р	Вопрос на экзамене 13-15

**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 для контрольной работы по теме «Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны»**

- 1 Виды мембранных процессов.
- 2 Какие мембранные процессы подходят для каких диапазонов концентраций очищаемых растворов?
- 3 Структура внешних межфазных границ ионообменных мембран.
- 4 Какова внутренняя структура ионообменных мембран?
- 5 Строение мембран. Внутреннее разделение мембран по фазам.
- 6 Структура внутренних межфазных границ ионообменных мембран.
- 7 Двойной электрический слой (ДЭС). Модели строения двойного электрического слоя.
- 8 Распределение пор мембраны по радиусам. Микро-, мезо- и макропоры.
- 9 Чем отличаются мембраны, используемые в баромембранных процессах, от мембран, используемых в электромембранных процессах?

- 10 Фазовая неоднородность мембран на микроуровне. Изменения структуры мембран при набухании. Перколяция.
- 11 Представления Дрейфюса и Гирке о структуре мембран. Кластерно-канальная модель Гирке.
- 12 Модели Кройера и Жебеля

#### **Вопросы для устного опроса по теме «Микрогетерогенная модель»**

- 1 Микрогетерогенная модель. Основные положения и уравнения.
- 2 Применение микрогетерогенной модели.
- 3 Точка изоэлектропроводности. Определение точки изоэлектропроводности из данных электропроводности мембран.
- 4 Расчет доли гелевой и межгелевой фазы из данных электропроводности.
- 5 Параметр Гнусина и его определение из данных диффузионной проницаемости.

#### **Вопросы для устного опроса и контрольной работы по теме «Конвективно-диффузионная модель»**

- 1 Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
- 2 Какие основные законы сохранения существуют?
- 3 Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
- 4 Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
- 5 В чем особенность уравнения баланса количества движения?
- 6 В чем основное отличие процесса диффузии в условиях наложенного электрического поля и без?
- 7 Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
- 8 Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
- 9 В чем заключается условие равновесия?
- 10 Чем ламинарное течение жидкости отличается от турбулентного? По каким параметрам можно определить, является ли течение ламинарным или турбулентным?
- 11 Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
- 12 Что такое диффузионный пограничный слой? Гидродинамический пограничный слой? Как они соотносятся между собой?
- 13 Понятие о диффузионном слое: слой Нернста, полная толщина диффузионного слоя, гидродинамический погранслой.
- 14 Чему равна скорость течения жидкости в ядре потока? У стенки трубы или плоской пластинки?
- 15 Какие слагаемые входят в уравнение Нернста-Планка?
- 16 В чем преимущества использования двумерной модели? В чем недостатки?
- 17 Как математически записывается уравнение Нернста-Планка для двумерного случая?
- 18 Какие граничные условия применяются для двумерной конвективно-диффузионной модели?

#### **Примеры задач для контрольной работы по теме «Конвективно-диффузионная модель»**

##### **Вариант 1**

Задача. Найти оптимальное напряжение и себестоимость воды, получаемой при ЭД раствора NaCl с концентрацией 0,01 моль/л. Принять, что скорость течения раствора 1,6 см/с, коэффициент диффузии соли  $D_{NaCl} = 1,6 \times 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/с. Стоимость мембран 1000 руб./м<sup>2</sup>. Стоимость эл. энергии равна 2 руб. за кВт×час. Затратами электроэнергии на перекачку раствора пренебречь. Число рабочих часов в году 5840, стоимость оборудования без стоимости мембран 200 000 рублей. Производительность установки 1 м<sup>3</sup>/ч по дилюату

и 0,2 м<sup>3</sup>/ч по концентрату. Ширина рабочей части мембраны (=ширина камеры обессоливания) 40 см, расстояние между соседними мембранами h=0,5 мм. Степень обессоливания 0,8. Максимальное число лет эксплуатации 12 лет. Предусмотреть замену мембраны каждые 4 года.

### **Вариант 2**

Задача. Найти оптимальное напряжение и себестоимость воды, получаемой при ЭД раствора NaCl с концентрацией 0,01 моль/л. Принять, что скорость течения раствора 1,6 см/с, коэффициент диффузии соли  $D_{NaCl}=1,6 \times 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/с. Стоимость мембран 1000 руб./м<sup>2</sup>. Стоимость эл. энергии равна 2 руб. за кВт×час. Затратами электроэнергии на перекачку раствора пренебречь. Число рабочих часов в году 5840, стоимость оборудования без стоимости мембран 200 000 рублей. Производительность установки 1 м<sup>3</sup>/ч по дилуату и 0,2 м<sup>3</sup>/ч по концентрату. Ширина рабочей части мембраны (=ширина камеры обессоливания) 40 см, расстояние между соседними мембранами h=0,5 мм. Степень обессоливания 0,8. Максимальное число лет эксплуатации 12 лет. Предусмотреть замену мембраны каждые 4 года.

### **Вопросы для устного опроса по теме «Приложение теории подобия к электромембранным процессам»**

- 1 Что такое критерии подобия? Какие критерии подобия вы знаете?
- 2 Из каких геометрических параметров выводятся числа Рейнольдса, Шмидта, Шервуда, Прандтля? С какими физическими процессами они связаны?
- 3 Вид зависимости Sh-Re.
- 4 Какова роль сепаратора-турбулизатора в мембранной системе? В чем его положительное влияние? Отрицательное? В каких случаях целесообразно применять сепаратор-турбулизатор, а в каких – иное наполнение канала?

### **Примерные темы рефератов по разделу «Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды»**

- 1 Влияние межмембранного расстояния на эффективность ЭД процесса.
- 2 Наиболее широко используемые в процессе ЭД сепараторы. Их параметры, влияние на эффективность ЭД процесса.
- 3 Гидродинамический режим ЭД модулей, используемых при обессоливании растворов в допредельных и сверхпредельных токовых режимах.
- 4 Гидродинамический режим ЭД модулей, используемых в электродиализном концентрировании.
- 5 Влияние стоимости электроэнергии на конечную стоимость воды, очищенной электродиализом.
- 6 Выход по дистилляту в процессах обратного осмоса и электродиализа.
- 7 Мембраны, используемые в промышленных электродиализных аппаратах: МК-40, МА-40, МА-41, СМХ, АМХ, СМН, АМН. Их достоинства и недостатки.
- 8 Расчет стоимости сопутствующего оборудования, используемого при электродиализе.

### **Зачтено-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)**

#### **Вопросы для подготовки к экзамену:**

- 1 Классификация энергоресурсов.
- 2 Энергия, энергетика, энергосбережение, энергетические ресурсы (основные термины и определения).
- 3 Энергетические ресурсы. Основные термины и понятия. Традиционные и нетрадиционные ресурсы.
- 4 Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы.
- 5 Ресурсная обеспеченность мировой энергетики и перспективы ее развития.

- 6 Состояние и функции состояния. Процессы и их условия. Первый и второй законы термодинамики.
- 7 Закон сохранения энергии, изменение энтропии системы и окружающей среды.
- 8 Эксергетический баланс. Физическая эксергия. Эксергия смешения. Количество и качество теплоты. Химическая эксергия.
- 9 Классификация и виды топлив. Происхождение, способы добычи и применение различных видов топлив. Основные современные виды и характеристика топлив.
- 10 Нефтехимия и катализ. Анализ фракционного состава нефти и модельных смесей углеводородов.
- 11 Классификация сорбентов для очистки окружающей среды от углеводородных загрязнений.
- 12 Принципы и основные направления построения безотходных химико-технологических производств.
- 13 Классификация полимеров. Синтез полимеров: реакции полимеризации и поликонденсации.
- 14 Нетрадиционная энергетика и ее характеристика: ветроэнергетика, геотермальная энергетика, солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика, энергия морей и океанов.
- 15 Классификация, виды и основные характеристики топливных элементов.
- 16 Фильтрующие элементы и сорбенты. Классификация сорбентов. Методы получения и применение сорбентов.
- 17 Электромембранные процессы. Диализ, электродиализ, ионный обмен.
- 18 Баромембранные процессы. Осмос обратный осмос и мембраны для обратного осмоса.
- 19 Общие вопросы управления энергосбережением на предприятиях. Энергетический менеджмент.

**Пример экзаменационного билета:**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Кубанский государственный университет»**

Химия

Электрохимия

Кафедра физической химии

**Дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация процессов  
электромассопереноса в электрохимических системах»**

**Экзаменационный билет № 1**

1. Классификация энергоресурсов.
2. Закон сохранения энергии, изменение энтропии системы и окружающей среды.
3. Электромембранные процессы. Диализ, электродиализ, ионный обмен.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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 как основные, так и специфические синтетические методы, а также механизмы основных реакций) и способен самостоятельно решить экзаменационную задачу
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 базовые синтетические методы и имеет представление о механизмах основных синтетически важных реакций, способен справиться с экзаменационной задачей 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 базовые синтетические методы, однако плохо разбирается в специфических методах и механизмах основных реакций, с трудом справляется с экзаменационной задачей 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 решить экзаменационную задачу даже с помощью преподавателя и плохо владеет теоретическим материалом (наблюдаются существенные ошибки при обсуждении базовых синтетических методов)

### Критерии оценивания результатов устного опроса.

Оценка «*отлично*» ставится, если студент полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Оценка «*хорошо*» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

Оценка «*удовлетворительно*» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «*неудовлетворительно*» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

### Критерии оценивания контрольных работ

Контрольная работа проводится в письменной форме.

Оценка «*отлично*» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета.

Оценка «*хорошо*», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.

Оценка **«удовлетворительно»**, если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок, или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух-трех негрубых ошибок, или одной негрубой ошибки и трех недочетов, или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов, плохо знает текст произведения, допускает искажение фактов.

Оценка **«неудовлетворительно»**, если студент допустил число ошибок и недочетов, превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3», или если правильно выполнил менее половины работы.

### **Критерии оценивания лабораторных работ**

**«5»** (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

**«4»** (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

**«3»** (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

**«2»** (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

### **Критерии оценивания результатов лабораторного занятия с решением задач**

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы. Студент даёт неверную оценку ситуации, неправильно выбирает алгоритм действий.

### **Критерии оценивания рефератов**

Оценка **«отлично»** ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка **«хорошо»** ставится, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы, или реферат не представлен.

### **Критерии оценивания презентации**

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если:

- презентация соответствует теме самостоятельной работы;
- оформлен титульный слайд с заголовком (тема, цели, план и т.п.);
- сформулированная тема ясно изложена и структурирована;
- использованы графические изображения (фотографии, картинки и т.п.), соответствующие теме;
- выдержан стиль, цветовая гамма, использована анимация, звук; работа оформлена и предоставлена в установленный срок.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если:

- презентация соответствует теме самостоятельной работы; оформлен титульный слайд с заголовком (тема, цели, план и т.п.);
- сформулированная тема ясно изложена и структурирована;
- использованы графические изображения (фотографии, картинки и т.п.), соответствующие теме;
- работа оформлена и предоставлена в установленный срок.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена или содержит материал не по вопросу.

Во всех остальных случаях работа оценивается на **«удовлетворительно»**.

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 Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Интеллект. – 2008. 423 с.
- 2 Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. М.: Лань. 2014. [http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=64&pl1\\_id=1019](http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1019)
- 3 Данилов, В.Г. Математическое моделирование эмиссии из катодов малых размеров [Электронный ресурс] / В.Г. Данилов, В.Ю. Руднев, Р.К. Гайдуков, В.И. Кретов. — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2014. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63225>.
- 4 Коваленко, А.В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Коваленко, А.М. Узденова, М.Х. Уртенев, В.В. Никоненко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93695>.

### **5.2 Периодическая литература**

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. Журнал «Мембраны и мембранные технологии»
4. Журнал «Физическая химия»

### **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. Scopus <http://www.scopus.com/>
2. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
3. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
6. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
7. База данных CSD Кембриджского центра кристаллографических данных (CCDC) <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>
8. Springer Journals: <https://link.springer.com/>
9. Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals: <https://www.nature.com/>
11. Springer Nature Protocols and Methods: <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials: <http://materials.springer.com/>



13. Nano Database: <https://nano.nature.com/>
14. Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>
15. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
16. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы:**

Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки).

### **Ресурсы свободного доступа:**

- 1 КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;
- 2 Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
- 3 Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
- 4 Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
- 5 Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
- 6 Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
- 7 Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
- 8 Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
- 9 Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
- 10 Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

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

- 1 Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
- 2 Электронная библиотека трудов ученых КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
- 3 Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
- 4 База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://infoneeds.kubsu.ru/>
- 5 Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
- 6 Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

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

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля

подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде устного опроса или письменных проверочных работ.

При подготовке к семинару студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает в конце семинара, выставляя в рабочий журнал текущие оценки. Студент имеет право ознакомиться с ними.

#### Общие рекомендации

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Имеется электронная версия лекций по данной дисциплине.

Основной формой обучения студентов является самостоятельная работа над учебным материалом. Процесс изучения дисциплины “Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах” состоит из следующих этапов:

1. Проработка теоретического материала по рекомендованному учебнику и конспектам лекций, предоставленных преподавателем в электронном виде. В случае недоступности данного пособия необходимо обратиться к списку литературы, приведенного в рабочей программе дисциплины “Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах”.

2. Выполнение и защита самостоятельных и лабораторных работ.

3. Подготовка и представление перед однокурсниками презентаций на заданную тему.

4. Сдачи экзамена в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя).

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждой практической занятия преподавателем проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущей темы. Критерии оценки: – правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

- полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

- сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

- логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

- использование дополнительного материала (обязательное условие);

- рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов).

Развернутый ответ студента должен представлять собой связанное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Презентации на заданную тему выполняются в программе Power Point. Она должна состоять из 5-8 слайдов и содержать основные определения, фактический иллюстрированный материал, выводы и список использованных источников.

Материал для сообщения необходимо искать в книгах, журналах и интернет-источниках, опубликованных в последние 3 года.

Доклад, сопровождающий презентации, должен занимать 7-10 минут.

И доклад, и презентации предварительно присылаются преподавателю по электронной почте на проверку.

Самостоятельные работы выполняются каждым студентом на отдельных листках. Не допускается использование любых средств коммуникации (ноутбуки, мобильные телефоны с выходом в интернет и пр.

Допускается использование рабочих тетрадей, в которых законспектированы наиболее важные с точки зрения каждого из студентов моменты, выделенные при самостоятельной проработке каждой из тем.

Лабораторная работа выполняется студентом в составе группы, подгруппы или индивидуально. Все вычисления желательно проводить во время занятия. При недостаточном количестве времени их можно выполнять в часы самостоятельной работы с обязательным представлением результатов преподавателю на последующих занятиях или консультациях.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы. После завершения выполнения лабораторных работ производится их защита.

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 (ауд. 332с)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 328с, 334с, 416с)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория органической химии (ауд. 334С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор)	Microsoft Windows; Microsoft Office COMSOL
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.	

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)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>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)</p>	Microsoft Windows; Microsoft Office
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 329с, 400с, 431с)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>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)</p>	Microsoft Windows; Microsoft Office

**Пример оформления титульного листа реферата**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»

Реферат  
по дисциплине

**Математическое моделирование и оптимизация процессов  
электропереноса в электрохимических системах**

(Тема реферата)

**Выполнил:** \_\_\_\_\_

(Фамилия И.О.)

студент \_\_\_\_\_ курса, спец. \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_

**Преподаватель:** \_\_\_\_\_

(Фамилия И.О.)

Оценка: \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_

**Краснодар 20\_**