МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙФЕДЕРАЦИИ
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.
«25» мая 2021 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 2021

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 составил:
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 № 11 «20» мая 2021 г.
Заведующий кафедрой Заболоцкий В.И _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий
протокол № 7 «24» мая 2021 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
ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	
ИОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно их интерпретирует.	знает методы критического анализ 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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	владеет теорией и навыками анализа и интерпретации результатов практической и теоретической работы в области физической химии и в профессиональной деятельности
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
ОПК-3 Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности	
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)
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего):	72	72
Занятия лекционного типа	32	32
Лабораторные занятия	48	48
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Иная контактная работа:		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:	**73**	**73**

Вид учебной работы		Всего часов	Форма обучения
			очная
			2 семестр (часы)
Проработка учебного (теоретического) материала		30	30
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		20	20
Подготовка реферата		10	10
Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ		13	13
Контроль:			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоемкость	**час.**	**180**	**180**
	в том числе контактная работа	**72,3**	**72,3**
	зач. ед	**5**	**5**

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)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
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
	Итого по разделам дисциплинам:	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	УО, КР, РЗ

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
		скорости в канале между двумя параллельными пластинами. Конвективно-диффузионная модель. Распределение концентрации и 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
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	ЛР

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1		2	3
		мембранами. Использование подходов теории подобия и экспериментальных данных.	

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. http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1019 Методические указания по организации самостоятельной работы. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Методические указания по написанию рефератов. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г. 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
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	
3	Подготовка реферата	
4	Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ	

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.	знает методы критического анализ 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 владеет теорией и навыками анализа и интерпретации результатов практической и теоретической работы в области физической химии и в профессиональной деятельности	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.	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-	УО	Вопрос на экзамене 4,5,7

		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		
3	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	УО, КР, РЗ	Вопрос на экзамене 6,8-10
4	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	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.	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	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 строя.
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=1.6×10-5 см2/с. Стоимость мембран 1000 руб./м2. 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 м3/ч по дилюату и 0.2 м3/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 DNaCl=1.6×10-5 см2/с. Стоимость мембран 1000 руб./м2. 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 м3/ч по дилюату и 0.2 м3/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, нот 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 «не удовлетворительно» 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
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. Уртенов, В.В. Никоненко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 228 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93695.

5.2 Периодическая литература

– Журнал «Мембраны и мембранные технологии»

– 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
3. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» 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
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/
14. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» http://www.consultant.ru
15. Портал открытых данных Российской Федерации https://data.gov.ru
16. База данных Научной электронный библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/
17. База данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН http://www2.viniti.ru/
18. Базы данных в сфере интеллектуальной собственности, включая патентные базы данных www.rusnano.com
19. Базы данных и аналитические публикации «Университетская информационная система РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru/
20. «Лекториум ТВ» - видеолекции ведущих лекторов России https://www.lektorium.tv
21. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ http://212.192.128.113/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронныйкаталог
22. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» http://www.rucont.ru
23. Среда модульного динамического обучения http://moodle.kubsu.ru
24. Российская государственная библиотека. http://www.rsl.ru
25. Российская мембранная сеть Russian membrane network www.rusmembrane.net/
26. Электронные учебники кафедры Мембранной Технологии Российского Химико-Технологического Университета им. Д.И. Менделеева, http://membrane.msk.ru/index.php?pageID=77

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;
4. Электронный архив документов КубГУ http://docspace.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 практического 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)	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
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 329с, 400с, 431с)	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

Приложение 1.

Пример оформления титульного листа реферата

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

Реферат
по дисциплине
Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах

(Тема реферата)

Выполнил: _____
(Фамилия И.О.)
студент_____ курса, спец._____
группа_____
Подпись:_____

Преподаватель:_____
(Фамилия И.О.)

Оценка:_____ Дата_____
Подпись:_____

Краснодар 20_