

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.В.05 МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки	04.03.01 Химия
Направленность (профиль)	Физическая химия
Форма обучения	очная
Квалификация	бакалавр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ** разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 04.03.01 Физическая химия

Программу составили:

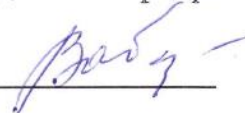
Никоненко В.В., профессор кафедры
физической химии д-р хим. наук, профессор



Мареев С.А., доцент кафедры физической химии,
канд. хим. наук, доцент



Рабочая программа дисциплины **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ** 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:

М.Х. Уртенов, заведующий кафедрой прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», д-р физ-мат. наук, профессор

И.Ю. Казов, руководитель аналитической лаборатории ООО «Эир-Лаб»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов представлений об основных законах, лежащих в основе моделирования физико-химических систем и процессов, а также математических приёмах, используемых в химии и физике.

При практическом проведении физико-химических расчетов большую помощь оказывает применение в учебном процессе компьютеров, использование компьютерных программ для типичных физико-химических расчетов. Это способствует формированию современного специалиста-бакалавра химии.

1.2 Задачи дисциплины

- дать представление о математических методах исследования природных законов, о математическом моделировании как первой ступени создания теории в той или иной области науки;
- ознакомить с основными законами, выраженными уравнениями в области моделирования явлений переноса;
- сформировать представление об основных подходах к моделированию и обучить навыкам решения такого рода задач.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Моделирование физико-химических систем и процессов» относится к части, формируемой участниками образовательного процесса, Блока 1 учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 4 курсе. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Изучению дисциплины «Моделирование физико-химических систем и процессов» должно предшествовать изучение таких дисциплин, как «Физическая химия» и «Химическая технология». При освоении данной дисциплины слушатели должны иметь знания по общей, неорганической, физической химии, умение работать с химической посудой и реактивами. Дисциплина «Моделирование физико-химических систем и процессов» является предшествующей при изучении дисциплин: «Физико-химия поверхности и наночастиц», «Планирование и организация эксперимента».

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 на формирование следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен использовать современные теоретические представления химической науки для анализа экспериментальных данных	
ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности	Знает профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, принципы математического моделирования и компьютерной обработки данных Умеет осуществлять поиск и использовать профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	Владеет профессиональным программным обеспечением для сбора, обработки и передачи информации и современными средствами вычислительной техники и информационно-коммуникационными технологиями для математического моделирования физико-химических систем и процессов, основными подходами к моделированию физико-химических систем и процессов для решения практических задач в научно-исследовательской и профессиональной деятельности, математическим моделированием и компьютерной обработкой результатов научных экспериментов
ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений	Знает терминологическую базу для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений
	Умеет интерпретировать результаты моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений
	Владеет терминологической базой для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений

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

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

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Форма обучения
		очная
Контактная работа, в том числе:		7 семестр (часы)
Аудиторные занятия (всего):	68	68
Занятия лекционного типа	34	34
Лабораторные занятия	34	34
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:	35,8	35,8
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка докладов, рефератов, презентаций)	15	15
Подготовка к сдаче лабораторных работ	10	10
Подготовка к текущему контролю	10,8	10,8
Контроль:		
Подготовка к экзамену	-	-
Общая трудоёмкость	час.	108
	в том числе контактная работа	72,2
	зач. ед	3

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 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	Математическое моделирование как метод научного исследования	29	10	-	10	9
2	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского	25	8	-	8	9
3	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье)	24	8	-	8	8
4	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов.	25,8	8	-	8	9,8
	<i>Итого по разделам дисциплинам:</i>	103,8	34	-	34	35,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	-	-	-	-
	Подготовка к контролю	-	-	-	-	-
	Общая трудоемкость по дисциплине	108	-	-	-	-

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	Математическое моделирование как метод научного исследования	Понятия: математика, математическое моделирование, численный анализ, аналитическое исследование, теория	УО
2	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского	Классическая термодинамика и термодинамика неравновесных процессов. Обоснование уравнений Онзагера, схема вывода уравнений Кедем-Качальского. Сопряжение явлений переноса в мембранных системах	УО
3	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье)	Линейные законы из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского. Расчет скоростей простейших неравновесных процессов, используя законы Ома, Фика, Дарси, Фурье	РЗ
4	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов	Освоение программных продуктов: «Микрогетерогенная модель» и «ЭлДиал». Расчет скорости диффузии и электромиграционного переноса через мембраны. Расчет скорости электродиализа	КР

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

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1	Математическое моделирование как метод научного исследования	1. Расчет скорости фильтрования и переноса тепла	ЛР
2	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского	2. Расчет скорости диффузии и электромиграции	ЛР
3	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье)	3. Вывод линейных законов Ома, Фика, Дарси, Фурье из уравнений Онзагера. Закон Гесса и Кедем-Качальского 4. Обработка экспериментальных данных с помощью микрогетерогенной модели	ЛР

4	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов.	5. Обработка экспериментальных данных с помощью модели «ЭлДиал» 6. Расчет скорости диффузии и электромиграционного переноса через мембраны. Расчет скорости электродиализа	ЛР
---	---	---	----

Устный опрос (УО), решение задач (РЗ), контрольная работа (КР), защита лабораторной работы (ЛР).

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка докладов, рефератов, презентаций)	Кудинов И.В., Кудинов В.А., Еремин А.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. М.: Лань. 2015. http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1175 Гумеров А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов. М.: Лань. 2014. http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=32&pl1_id=1040 Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ.
2	Подготовка к сдаче лабораторных работ	Методические рекомендации по подготовке рефератов и самостоятельной работе.
3	Подготовка к текущему контролю	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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

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

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование 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 «*Моделирование физико-химических систем и процессов*».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме заданий для самостоятельного решения, задач для решения в аудитории, контрольных работ, контрольных вопросов к лабораторным работам, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений	Знает профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации Умеет осуществлять поиск и использовать профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов Знает терминологическую базу для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений	УО, ЛР	Вопрос на зачете 1-2
2	ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в	Знает профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для	УО, ЛР	Вопрос на зачете 3,4,6-11.

	<p>своей профессиональной деятельности</p> <p>ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений</p>	<p>математического моделирования физико-химических систем и процессов, принципы математического моделирования и компьютерной обработки данных</p> <p>Умеет осуществлять поиск и использовать профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий</p> <p>Знает терминологическую базу для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p>		
3	<p>ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности</p> <p>ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений</p>	<p>Знает профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, принципы математического моделирования и компьютерной обработки данных</p> <p>Умеет осуществлять поиск и использовать профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов</p> <p>Владеет профессиональным программным обеспечением для сбора, обработки и передачи информации и современными средствами вычислительной техники и информационно-коммуникационными технологиями для математического моделирования физико-химических систем и процессов</p> <p>Знает терминологическую базу для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p> <p>Умеет интерпретировать результаты моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p>	РЗ, ЛР	Вопрос на зачете 5,14,15,16,18-20.

4	<p>ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности</p> <p>ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений</p>	<p>Знает профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, принципы математического моделирования и компьютерной обработки данных</p> <p>Умеет осуществлять поиск и использовать профессиональное программное обеспечение для сбора, обработки и передачи информации, и современные средства вычислительной техники и информационно-коммуникационные технологии для математического моделирования физико-химических систем и процессов, получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий</p> <p>Владеет профессиональным программным обеспечением для сбора, обработки и передачи информации и современными средствами вычислительной техники и информационно-коммуникационными технологиями для математического моделирования физико-химических систем и процессов, основными подходами к моделированию физико-химических систем и процессов для решения практических задач в научно-исследовательской и профессиональной деятельности, математическим моделированием и компьютерной обработкой результатов научных экспериментов</p> <p>Знает терминологическую базу для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p> <p>Умеет интерпретировать результаты моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p> <p>Владеет терминологической базой для интерпретации результатов моделирования физико-химических систем и процессов на основе современных теоретических представлений</p>	КР, ЛР	Вопрос на зачете 12,13,17,21-25
---	--	--	--------	------------------------------------

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 устного опроса по теме «Математическое моделирование как метод научного исследования»

- 1 Как классифицируются физико-химические системы и процессы переноса?
- 2 Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
- 3 Какие основные законы сохранения существуют?

- 4 Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
- 5 Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
- 6 В чем особенность уравнения баланса количества движения?
- 7 Как звучит закон Фика?
- 8 Как звучит закон Ома?
- 9 Как звучит закон Фурье?

Вопросы для устного опроса по теме «Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского»

- 1 Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
- 2 Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
- 3 В чем заключается условие равновесия?
- 4 Какие существуют основные элементы ТНП?
- 5 Что из себя представляет уравнения Онзагера?
- 6 Какова формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса в уравнении Кедем-Качальского?
- 7 Каким образом возможно осуществить вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси из уравнения Кедем-Качальского?
- 8 В чем основная идея баромембранных процессов?
- 9 Какие уравнения переноса вытекают из уравнений Кедем-Качальского?

Пример задачи по теме «Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье)»

Задача 1. Теплообмен

Человек оказался за бортом судна $t(в)=14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найдите, на сколько градусов понизится t° его тела за 10 мин, если энергетика дыхания возрастёт в 3,5 раза, при этом в нормальном состоянии скорость превращения энергии 72 ккал/час. Принять коэффициент теплопроводности $\alpha=0,06\text{ кДж}/(\text{м}^2\cdot\text{К}\cdot\text{с})$; теплоемкость тела: $C=0,86\text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, площадь поверхности тела $1,8\text{ м}^2$. Масса тела 70 кг.

Задача 2. Выведение продуктов метаболизма

Работу почек оценивают по концентрации креатинина в крови. Нормальная концентрация креатинина в крови $C_{кр}=10\text{ мг}/\text{л}$. Гематокрит крови $H=0.4$ (объемная доля эритроцитов в крови). Концентрация креатинина в тканевой и внутриклеточной жидкости примерно такая же, как и в плазме крови. Креатинин выводится вместе с мочой, $V_m=2,4\text{ л}/\text{сут}$. Определить скорость производства креатинина G (мг/час), общую массу креатинина в организме M (мг).

Контрольная работа по теме «Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов»

1.1. В плоском канале электродиализатора скорость течения раствора 1,6 см/с, расстояние между мембранами 0,8 мм. Рассчитать падение давления и объемную скорость раствора в канале шириной 40 см. Построить концентрационный профиль и найти степень обессоливания раствора в сечении на расстоянии 40 см от входа в канал. Рассчитать расход электроэнергии, необходимой для получения 1 м³ обессоленной воды; учесть вклады, приходящиеся, собственно, на электродиализ и на работу насоса. Принять, что основным компонентом раствора является NaCl ($D=1,6\cdot 10^{-5}\text{ см}^2/\text{с}$, $\nu=10^{-2}\text{ см}^2/\text{с}$, $c^0=0,02\text{ моль}/\text{л}$); числа переноса противоионов через анионо- и катионообменную мембраны принять 0,95, КПД насоса 0,6. Расход электроэнергии в расчете на 1 час работы аппарата (в Вт×час) равен:

на ЭД : $A_{ED}=I U$, где I – сила тока в А, а U – напряжение на всем аппарате в В,

на перекачку : $A_{ромп}=\Delta p W/\eta_p$, где Δp – падение давления в Н/м², W – объемная

скорость в м³/час, а η_p – КПД насоса.

1.2. Определить минимальную длину канала обессоливания электродиализатора, на котором достигается степень обессоливания 50 %, если:

- числа переноса = 0,98;
- межмембранное расстояние = 0,45 мм;
- скорость течения раствора 3,2 см/с;

Считать, что в растворе имеется только натрий-хлор.

1.3. Дан электродиализный аппарат, содержащий 100 парных камер.

Межмембранное расстояние = 0,5 мм.

Длина канала 60 см.

Размер мембраны 60 на 40 см.

Определить производительность аппарата, при которой степень обессоливания достигается равной 60 %. Нужно найти скорость работы аппарата.

1.4. Требуется спроектировать электродиализный аппарат, который бы обеспечивал 80% обессоливания раствора хлорида натрия.

Размер мембран 60 на 40.

Расстояние между мембранами = 0,4 мм.

Аппарат должен иметь производительность 2 м³/час.

Найти число парных камер в аппарате.

1.5. Требуется спроектировать электродиализный аппарат, который бы обеспечивал 80% обессоливания раствора хлорида натрия. Известно, что при скорости течения жидкости 2 см/с на каждые 10 см длины канала концентрация убывает на 20%.

Ширина мембран 40 см.

Расстояние между мембранами = 0,4 мм.

Аппарат должен иметь производительность 2 м³/час.

Найти длину канала обессоливания и число парных камер в аппарате.

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

Список вопросов для подготовки к зачету

К зачету допускаются студенты, выполнившие все контрольные и лабораторные работы.

Вопросы к зачету

- 1 Диффузия в условиях наложенного электрического поля. Уравнение Нернста-Планка.
- 2 Выражение плотности потока ионов через градиент электрохимического потенциала. Условие равновесия.
- 3 Элементы ТНП. Уравнения Онзагера.
- 4 Уравнения Кедем-Качальского. Формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса.
- 5 Уравнения Кедем-Качальского. Вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси.
- 6 Уравнения Кедем-Качальского. Многообразие явлений переноса в мембранных системах.
- 7 Баромембранные процессы. Уравнения переноса, вытекающие из уравнений Кедем-Качальского.
- 8 Классификация баромембранных процессов. Механизм разделения в обратном осмосе и в других баромембранных процессах.
- 9 Параметры, определяющие качество разделения в баромембранных процессах

- (фактор задержки, коэффициент экстракции). Уравнения баланса.
- 10 Математическое описание осмоса и обратного осмоса.
 - 11 Зависимость фактора задержки R от давления в обратном осмосе.
 - 12 Диффузионные процессы в гемодиализаторе. Расчет площади мембраны, необходимой для одного сеанса очистки крови.
 - 13 Расчет обратноосмотического процесса обессоливания морской воды.
 - 14 Электромембранные процессы. Схема электродиализа.
 - 15 Электродиализ. Уравнения переноса (уравнение переноса ионов Кедем-Качальского. Уравнение Нернста-Планка. Вывод из уравнений Онзагера. Связь с уравнениями Кедем-Качальского.)
 - 16 Одномерная модель ЭД. Концентрационная поляризация при электродиализе.
 - 17 Расчет скачка потенциала в мембранной системе.
 - 18 Конвективная диффузия при электродиализе. Двумерная модель. Формулировка задачи.
 - 19 Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Преобразование уравнений.
 - 20 Вывод уравнения конвективной диффузии в частных производных. Уравнение Нернста-Планка и уравнение материального баланса.
 - 21 Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Граничные условия.
 - 22 Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Переход к безразмерным переменным.
 - 23 Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Решение краевой задачи.
 - 24 Распределение концентрации и плотности тока в ЭД. Вольтамперная характеристика.
 - 25 Конвективно-диффузионная модель ЭД. Предельный ток и диффузионный слой.

Критерии оценивания результатов обучения

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 результатов 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 результатов 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 оценки 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 оценки 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»**.

Критерии оценки по промежуточной аттестации в форме зачёта

Оценки **«зачтено»** заслуживает студент, обнаруживший знание основного программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «зачтено» выставляется студентам, допустившим погрешности не принципиального характера в ответе на зачете и при выполнении заданий;

Оценка **«не зачтено»** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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 зачете;

– 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 Кудинов И.В., Кудинов В.А., Еремин А.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. М.: Лань. 2015.
http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1175

2 Гумеров А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов. М.: Лань. 2014.
http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=32&pl1_id=1040

3 Мулдер М. Введение в мембранную технологию [Текст]: [учебное пособие] / М. Мулдер; пер. с англ. А. Ю. Алентьева, Г. П. Ямпольской; под ред. В. П. Дубяги. - М.: Мир, 1999. - 513 с.: ил. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5030031146.

4 Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Ф. Маликов. — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2010. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5169>.

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
- 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 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.uceba.com/>;
- 10 Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/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/>

7 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. 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.

Самостоятельная работа студентов – это ученая, научно-исследовательская и общественно-значимая деятельность студентов, направленная на развитие компетенций, которая осуществляется без непосредственного участия преподавателя, хотя и направляется им.

Процесс изучения дисциплины «Моделирование физико-химических систем и процессов» 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 «Моделирование физико-химических систем и процессов».

2. Выполнение и защита лабораторных работ, подготовка к аудиторным занятиям и выполнение заданий разного типа и уровня сложности, подготовка к дискуссионным вопросам, изучение отдельных тем (вопросов) дисциплины в соответствии с учебно-тематическим планом, подготовка и написание рефератов, докладов и других письменных работ, устных сообщений на заданные темы, выполнение домашних заданий разнообразного характера, подбор и изучение литературных источников; проведение расчетов и др.; выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы, подготовка к участию в конференциях и др.

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

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

Входной контроль осуществляется преподавателем в виде проверки и актуализации знаний студентов по соответствующей теме.

Выходной контроль осуществляется преподавателем проверкой качества и полноты выполнения задания.

Процесс организации самостоятельной работы студента включает в себя следующие этапы:

- подготовительный: определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения;

- основной: реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы;

- заключительный: оценка значимости и анализа результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда.

Формы контроля самостоятельной работы – устный опрос, реферат, доклад на практических занятиях, тестирование, выполнение практических заданий, публикации в научных изданиях.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

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

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

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

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

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

Лабораторные занятия – составная часть учебного процесса, групповая форма учебных занятий, направленная на развитие самостоятельности учащихся и приобретение умений и навыков, позволяющая привить практические навыки для самостоятельной работы с научной литературой, развить профессиональную компетентность, проверить на практике полученные теоретические знания.

Поскольку активность студента на лабораторных занятиях является предметом внутрисеместрового контроля его продвижения в освоении курса, подготовка к таким занятиям требует от студента ответственного отношения.

При подготовке к занятию студенты в первую очередь должны использовать материал лекций и соответствующих литературных источников. Самоконтроль качества подготовки к каждому занятию студенты осуществляют, проверяя свои знания и отвечая на вопросы для самопроверки по соответствующей теме.

Типовой план лабораторных занятий:

1. Изложение преподавателем темы занятия, его целей и задач.
2. Выдача преподавателем задания студентам (вопросов), необходимые пояснения.
3. Выполнение задания студентами под наблюдением преподавателя. Обсуждение результатов. Резюме преподавателя.
4. Общее подведение итогов занятия преподавателем и выдача домашнего задания.

Контрольная работа выполняется 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.

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждого 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.

Подготовка реферата и доклада по нему с мультимедийной презентацией.

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 реферата 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.

Реферат – письменная работа, содержащая краткое изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе нескольких первоисточников, выполняемая студентом в течение длительного срока (около месяца). Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Доклад (устное сообщение) по реферату представляет собой краткое (5-7 мин) изложение сути выполненной работы, сопровождающееся компьютерной презентацией. Последняя должна включать не более 12-15 слайдов.

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

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7 Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (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. 105а, 332с)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office COMSOL COMSOL Multiphysics
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория органической химии (ауд. 105а)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор), доска-экран универсальная, короткофокусный интерактивный проектор	Microsoft Windows; Microsoft Office
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. 140, 329с, 401с.)	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