

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Макрокинетика химических процессов»**

Направление подготовки _____ **28.03.02 Наноинженерия**

Профиль подготовки – **«Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»**

Квалификация **«бакалавр»**

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Москва 2021

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП, д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Макрокинетика химических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, общей и неорганической химии, органической химии и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины: научить студентов методам анализа и моделирования химических процессов, обеспечивающих резкое сокращение сроков проведения научно-технических исследований при одновременном увеличении их надежности; способам создания новых производств и интенсификации действующих.

При изучении дисциплины студенты приобретают практические навыки построения кинетических моделей сложных гетерогенно-каталитических реакций; моделей зерна катализатора и моделей каталитических реакторов, а также осваивают аналитические и численные методы решения уравнений математических моделей и проверку их адекватности экспериментальным данным. В рамках данной дисциплины предусматривается, что студенты приобретают знания о современном реакторном оборудовании производств синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака, формальдегида, бутиловых спиртов, причем особое внимание уделяется совмещенным процессам.

Задачи дисциплины:

- формирование опыта и навыков построения кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций;
- освоение основных методов оценки неизвестных параметров кинетических моделей и проверки их адекватности экспериментальным данным;
- формирование опыта и навыков анализа процессов массо-, теплопереноса в зерне гетерогенного катализатора, построения моделей зерна катализатора для гранул различных форм, расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для различных реакций и реагентов;
- освоение методик построения моделей тепло- и массопереноса в газожидкостных системах и расчета величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции;
- формирование опыта и навыков построения моделей реакторов с одно- и многофазными химическими процессами;
- приобретение практических навыков расчета конструктивных параметров химических реакторов с однофазными и многофазными потоками, определение ресурсо-, энергосберегающих режимов их эксплуатации;
- проведение практических работ с применением современных средств вычислительной техники.

Дисциплина «Макрокинетика химических процессов» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавра преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряженных с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.</p> <p>ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).</p> <p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p>

<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	---	---	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные принципы системного анализа химических процессов,
- основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов,
- математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих,
- основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах,
- способы интенсификации промышленных химических процессов,
- основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.

Уметь:

- провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства,
- вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов,
- осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей,
- выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции,
- анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов,
- произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту,
- определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.

Владеть:

- информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова,
- методами анализа и моделирования химических процессов,
- способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента,
- основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов,
- методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации,
- основными способами интенсификации промышленных процессов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,44	16	12
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
Вид итогового контроля:	Зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1 семестр						
	Введение. Системный анализ реакторных процессов. Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Закономерности протекания сложной химической реакции в гомогенных и гетерогенных физико-химических системах. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов.	0,5	0,5	-	-	-
1.	Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.	30	2	4	4	20
1.1	Определение механизма многостадийной химической реакции. Стехиометрический анализ реагирующей химической системы.	6,5	0,5	0,5	0,5	5
1.2	Меры завершенности реакций. Химические варианты и инварианты. Основная система кинетических уравнений.	7	0,5	0,5	1	5
1.3	Типы моделей кинетики химических	6	0,5	-	0,5	5

	реакций. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей.					
1.4	Построение кинетических моделей гетерогенно-каталитических реакций со сложным механизмом протекания.	10,5	0,5	3	2	5
2.	Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.	23	4	5	4	10
2.1	Области протекания каталитических реакций в системах газ - твердое. Экспериментальные методы определения областей протекания реакций.	3	0,5	1	0,5	1
2.2	Процессы переноса массы в зерне катализатора (молекулярная, кнудсеновская, поверхностная диффузия). Пуазейлевский, стефановский потоки. Процессы переноса тепла в зерне катализатора. Нестационарные и стационарные режимы работы зерна.	3	0,5	1	0,5	1
2.3	Математические модели гранул катализаторов различной формы – квазигомогенные, капиллярные, глобулярные, бидисперсные.	3	0,5	1	0,5	1
2.4	Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических и неизотермических процессов. Единственность и множественность стационарных состояний работы зерна. Основные способы интенсификации его работы.	4	0,5	1	0,5	2
2.5	Оценка внешнего и внутреннего факторов эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности для неключевых веществ и независимых реакций.	3	0,5	1	0,5	1
2.6	Анализ процессов тепло- и массопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость. Гидродинамика газожидкофазных систем. Пограничные слои при движении газового пузыря в жидкости. Газовые пузыри в стоковом потоке жидкости, при умеренных и больших числах Рейнольдса. Тепло- массоперенос на границах раздела газ-жидкость.	2	0,5	-	0,5	1
2.7	Модели массо- теплопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость (пленочная, Хигби, Данквертса). Рас-	5	1	-	1	3

	чет величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции. Оценка величин скоростей массопереноса при различных гидродинамических режимах движения фаз.					
3	Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.	22	4	4	4	10
3.1	Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.	5	1	1	1	2
3.2	Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.	4	0,5	1	0,5	2
3.3	Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.	4	1	-	1	2
3.4	Алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов (явный и полунеявный методы Рунге-Кутты, метод ортогональных коллокаций).	5	1	1	1	2
3.5	Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации.	4	0,5	1	0,5	2
4	Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.	18	3	2	3	10
4.1	Полочные реакторы со стационар-	2,5	0,5	1	-	1

	ными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.					
4.2	Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака.	2	0,5	-	0,5	1
4.3	Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида.	2,5	0,5	1	-	1
4.4	Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида.	2	0,5	-	0,5	1
4.5	Реакторы с трехфазными потоками. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора.	5	-	-	1	4
4.6	Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров.	2,5	0,5	-	1	1
4.7	Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.	1,5	0,5	-	-	1
5	Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.	14	2	1	1	10
5.1	Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.	3	0,5	-	0,5	2
5.2	Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.	3	0,5	0,5	-	2
5.3	Конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.	5	0,5	-	0,5	4

5.4	Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.	3	0,5	0,5	-	2
	Заключение.	0,5	0,5	-	-	-
	Всего	108	16	16	16	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Системный анализ реакторных процессов. Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Закономерности протекания сложной химической реакции в гомогенных и гетерогенных физико-химических системах. Основные подходы к построению кинетических моделей, моделей зерна катализатора и каталитического реактора и к решению проблемы моделирования одно- и многофазных химических процессов. Структурная и параметрическая идентификация моделей. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно, двух и трехфазные химические системы и процессы. Гидродинамика однофазных и многофазных потоков. Основные закономерности протекания процессов переноса тепла и массы в многофазных системах при протекании в них или на поверхности раздела их фаз химических реакций.

Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.

1.1. Определение механизма многостадийной химической реакции. Стехиометрический анализ реагирующей химической системы. Структурная и стехиометрическая матрицы. Независимые химические реакции. Стехиометрическое правило Гиббса. Базисные решения основной стехиометрической системы уравнений. Методика расчета независимых реакций.

1.2. Меры завершенности реакций. Химические варианты и инварианты. Основная система кинетических уравнений.

1.3. Типы моделей кинетики химических реакций. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. Медленные и быстрые стадии механизма химической реакции.

1.4. Построение кинетических моделей гетерогенно-каталитических реакций со сложным механизмом протекания. Методы Боденштейна и Хориути. Принцип квазистационарности Боденштейна - Семенова. Боденштейновские и небоденштейновские вещества. Стехиометрические числа, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути. Кинетические модели многостадийных химических реакций и их основные свойства.

Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.

2.1. Области протекания каталитических реакций в системах газ - твердое – внешне-диффузионная, внутридиффузионная, кинетическая. Экспериментальные методы определения областей протекания реакций.

2.2. Процессы переноса массы в зерне катализатора (молекулярная, кнудсеновская, поверхностная диффузия). Пуазейлевский, стефановский потоки. Процессы переноса тепла в зерне катализатора. Нестационарные и стационарные режимы работы зерна.

2.3. Математические модели гранул катализаторов различной формы – квазигомогенные, капиллярные, глобулярные, бидисперсные.

2.4. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических и неизотермических процессов. Единственность и множественность стационарных состояний работы зерна. Основные способы интенсификации его работы.

2.5. Оценка внешнего и внутреннего факторов эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности для неключевых веществ и независимых реакций.

2.6. Анализ процессов тепло- и массопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость. Гидродинамика газожидкофазных систем. Пограничные слои при движении газового пузыря в жидкости. Газовые пузыри в стоковом потоке жидкости, при умеренных и больших числах Рейнольдса. Тепло- массоперенос на границах раздела газ-жидкость.

2.7. Модели массо- теплопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость (пленочная, Хигби, Данквертса). Расчет величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции. Оценка величин скоростей массопереноса при различных гидродинамических режимах движения фаз.

Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.

3.1. Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.

3.2. Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.

3.3. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.

3.4. Алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов (явный и полуявный методы Рунге-Кутты, метод ортогональных коллокаций).

3.5. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации.

Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.

4.1. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.

4.2. Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака.

4.3. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида.

4.4. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида.

4.5. Реакторы с трехфазными потоками. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора.

4.6. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров.

4.7. Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.

Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.

5.1. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.

5.2. Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.

5.3. Новые высокоэффективные каталитические системы конверсии метана в синтез-газ, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива.

5.4. Конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.

5.5. Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.

Заключение. Заключительная лекция по подведению итогов дисциплины.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1.	Основные принципы системного анализа химических процессов	+				
2.	Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов.	+	+	+		
3.	Математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих.			+		
4.	Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах.					+
5.	Способы интенсификации промышленных химических процессов.					+
6.	Основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.				+	+
	Уметь:					
7.	Провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства.					+
8.	Вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов.	+				
9.	Осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей.	+		+		
10.	Выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего ком-		+			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	
	понента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции.						
11.	Анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов.			+			
12.	Произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту.			+			
13.	Определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.				+	+	
Владеть:							
14.	Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова.			+	+		
15.	Методами анализа и моделирования химических процессов.	+	+	+			
16.	Способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента.		+				
17.	Основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов.			+			
18.	Методами расчета для заданного химического процесса конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.			+	+	+	
19.	Основными способами интенсификации промышленных процессов.						
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
20.	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+	+	+
ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).		+	+	+	+	+	
ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.		+	+	+	+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
21.	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	1.1-1.3	<p>Практическое занятие 1</p> <p><i>Стехиометрический анализ реагирующей химической системы.</i></p> <p>Для заданной системы реагентов выбрать структурные виды, построить матрицу структурных коэффициентов и матрицу стехиометрических коэффициентов. Рассчитать возможные системы независимых реакций. Показать, что они удовлетворяют закону сохранения массы и условиям электронейтральности.</p> <p><i>Построение уравнений химических инвариантов для заданной основной системы кинетических уравнений и решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями численными методами.</i></p> <p>Для заданной последовательности элементарных химических реакций записать основную систему кинетических уравнений (ОСУ). Построить уравнения химических инвариантов по структурной и стехиометрической матрицам. Для заданных значений кинетических констант и начальных условий решить основную систему кинетических уравнений методом Рунге-Кутты. Показать, что уравнения химических инвариантов не противоречат полученному численному решению ОСУ.</p>	2
2.	1.4	<p>Практическое занятие 2</p> <p><i>Построение кинетических моделей сложных многомаришрутных химических реакций.</i></p> <p>Для заданной последовательности элементарных стадий построить кинетические модели по методу Боденштейна. Сравнить с моделью, полученной по методу Хориути на лабораторной работе 1. Показать эквивалентность – по прогнозирующим возможностям – двух построенных моделей.</p>	2

3.	2.1-2.5	Практическое занятие 3 <i>Построение модели зерна катализатора и расчет факторов эффективности его работы.</i> Для заданной системы итоговых уравнений по маршрутам для сферического зерна катализатора получить уравнения диффузионной стехиометрии для граничных условий Дирихле и Неймана. Вычислить внешние и внутренние факторы эффективности для независимых и ключевых веществ.	2
4.	2.6-2.7	Практическое занятие 4 <i>Двухфазные системы газ-жидкость.</i> Для заданной системы переходящих компонентов и системы химических реакций рассчитать величины межфазовых потоков и коэффициенты ускорения абсорбции вследствие химической реакции для независимых ключевых веществ по пленочной модели, модели Хигби, модели Данквертса.	3
5.	3.1-3.2, 3.4-3.5	Практическое занятие 5 <i>Анализ и моделирование процессов в однофазных химических реакторах с радиальным направлением потока реагентов.</i> Квазигомогенные модели каталитических реакторов. Решение уравнений моделей.	2
6.	3.1-3.2, 3.4-3.5 5.2-5.4	Практическое занятие 6 <i>Анализ и моделирование процессов в однофазных химических реакторах с аксиальным направлением потока реагентов.</i> Квазигомогенные однопараметрические модели. Решение уравнений моделей.	3
7.	3.3, 3.4-3.5 4.1-4.2	Практическое занятие 7 <i>Анализ и моделирование процессов в многофазных химических реакторах.</i> Гетерогенные модели каталитических реакторов. Решение уравнений моделей.	2
		ИТОГО	16

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Макрокинетика химических процессов», а также способствует приобретению практических навыков анализа результатов экспериментов, построения и решения уравнений кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций, моделей систем газ-жидкость, моделей каталитических реакторов, проверке их адекватности экспериментальным данным, а также расчету конструкций аппаратов, обеспечивающих интенсивные режимы их промышленной эксплуатации.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 15 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.1-1.4	<i>Построение кинетической модели</i> для заданного механизма сложной многомаршрутной химической реакции с использовани-	4

		ем метода <i>Хориути. Раздел 1</i>	
2	2.6-2.7	<i>Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ-жидкость. Раздел 2.</i> Для заданной системы переходящих компонентов и системы химических реакций рассчитать величины межфазовых потоков и коэффициенты ускорения адсорбции вследствие химической реакции для независимых ключевых веществ по пленочной модели/или модели Хигби или модели Данквертса.	4
3	3.1-3.5 4.1-4.7 5.1-5.4	<i>Моделирование химических процессов в однофазных и многофазных реакторах. Разделы 3-5.</i> Задан проточный изотермический реактор с охлаждаемой теплоносителем стенкой, в котором протекает реакция получения простых эфиров. Задана кинетическая модель и ее кинетические константы, а также тепловой эффект реакции. Задан фактор эффективности работы зерна катализатора. Рассчитать длину каталитического реактора, на котором достигается требуемая конверсия исходного метанола. Задан секционный реактор гидрирования альдегидов в бутиловые спирты на никель-хромовом катализаторе. Задана кинетическая модель реакции гидрирования и ее кинетические константы. Заданы факторы эффективности для ключевых веществ. Задано мольное отношение водород: альдегиды (1 : 4). Задано содержание альдегидов в исходном сырье (30 % масс.), мольное отношение н-масляный альдегид: и-масляный альдегид (5 : 1). В промышленном реакторе реализован нисходящий газожидкостной поток. Определить объем катализатора в реакторе, число секций в реакторе, режим эксплуатации реактора, объемную скорость потока, обеспечивающую заданную производительность реактора по целевым продуктам – бутиловым спиртам. Задан секционный реактор алкилирования бензола этиленом на цеолитном катализаторе типа Y. Задана кинетическая модель этой реакции и ее кинетические константы, а также тепловой эффект реакции. Модель реактора однопараметрическая диффузионная модель с аксиальным перемешиванием потока. Рассчитать объем катализатора в реакционных секциях, число секций реактора, состав исходного сырья и режим эксплуатации реактора, обеспечивающим заданную производительность реактора по целевому продукту (этилбензолу) при условии, что количество побочных веществ (полиэтилбензолов) не должно превышать 3% масс.	8
		ИТОГО	16

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению практических работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,

–использование тестов промежуточного контроля знаний междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) для проверки знаний по отдельным разделам дисциплины,

– подготовку к сдаче зачета и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка _45_ баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка _15_ баллов) и устного опроса на зачете (40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

РАЗДЕЛ 1.

Контрольная работа №1. Решение задач по разделу 1 дисциплины – построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций. Для заданного стадийного механизма реакции вывести с использованием метода Боденштейна или Хориути соответствующую ему кинетическую модель. Определить уравнения итоговых реакций по маршрутам, ключевые вещества и записать уравнения химических инвариантов для небоденштейновских веществ.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка –15 баллов.

РАЗДЕЛ 2.

Контрольная работа №2. Решение задач по разделу 2 дисциплины – моделирование процесса в зерне катализатора. Для заданной модели зерна катализатора в котором протекает химическая реакция, вывести уравнения диффузионной стехиометрии, определяющие зависимости концентраций независимых веществ от концентраций ключевых веществ. Выразить факторы эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и итоговых реакций по маршрутам через факторы эффективности для ключевых веществ.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка –15 баллов.

РАЗДЕЛЫ 3-5.

Контрольная работа №3. Решение типовых задач по разделам 3-5 дисциплины – моделирование химических процессов в однофазных и многофазных реакторах.

Решить заданную систему уравнений модели реактора, в котором протекает химическая реакция с известной кинетической моделью. Определить уравнения реакторных инвариантов. Построить профиль концентраций реагентов и определить производительность процесса по целевому продукту.

Контрольная работа № 3 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **10 баллами**, задание № 2 – **5 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 3 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка – 15 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1. Решение типовых задач по построению кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

Вариант 1

Задание 1

Представлен стадийный механизм реакции паровой конверсии метанола:

1. $\text{CH}_3\text{OH} + \Theta \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH} \cdot \Theta$
2. $\text{CH}_3\text{OH} \cdot \Theta + 5 \Theta + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 6\text{H} \cdot \Theta + \text{CO}_2$ (лимитирующая)
3. $2\text{H} \cdot \Theta \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\Theta$



Для заданного стадийного механизма реакции вывести с использованием метода *Боденштейна* соответствующую ему кинетическую модель. Указать число индивидуальных констант и число комплексов констант, подлежащих оценке.

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по построению моделей зерна катализатора, выводу уравнений диффузионной стехиометрии и уравнений инвариантов для расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и реакций по маршрутам по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

Вариант 1.

В каталитическом реакторе протекают следующие химические реакции:

- (1) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$
- (2) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- (3) $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{CO} + 4\text{H}_2$

Записать уравнения *квазигомогенной* модели зерна катализатора с *граничными условиями Дирихле*. Определить количество ключевых и неключевых веществ. Вывести уравнения диффузионной стехиометрии (инвариантных соотношений для расчета концентраций неключевых веществ и температуры как функций концентраций ключевых веществ). Записать соотношения для расчета факторов эффективности работы зерна катализатора для всех

веществ и химических реакций. Выразить факторы эффективности работы зерна катализатора для неключевых веществ и реакций по маршрутам через факторы эффективности для ключевых веществ.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач по разделу моделирование химических процессов в однофазных и многофазных каталитических реакторах по дисциплине «Макрокинетика химических процессов».

Вариант 1.

Задание 1. (10 баллов)

В каталитическом реакторе протекает реакция диспропорционирования толуола: $2C_6H_5CH_3 = C_6H_6 + C_6H_4(CH_3)_2$. Реактор заполнен сферическим, цеолитным катализатором.

Упрощенная кинетическая модель реакции имеет вид: $W = kc_{\text{тол}}^2$,

где W – скорость химической реакции [моль/л·с]. Причем при $T=450$ °С, $k=0.071$ л·моль⁻¹·с⁻¹. Реактор адиабатический *односекционный*.

Модель адиабатического реактора:

$$-u \frac{d c_{\text{тол}}}{dl} = k_m S (c_{\text{тол}} - c_{\text{тол}}^{\text{пов}})$$

$$k_m S (c_{\text{тол}} - c_{\text{тол}}^{\text{пов}}) = 2\eta \cdot W (c_{\text{тол}}^{\text{пов}})$$

Начальные условия:

$$l=0 \quad c_{\text{тол}}(0) = 0.01 \text{ моль/л}, \quad c_{\text{бенз}}(0) = 0, \quad c_{\text{ксил}}(0) = 0$$

Численные значения параметров модели: $S=82.5$ дм²/дм³, $k_m = 1.5 \cdot 10^{-3}$ дм/с. Диаметр реактора 0.5 м, длина каталитического слоя 5 м, температура в реакционной зоне 450 °С, линейная скорость потока при нормальных условиях $u = 0.5$ м/с, давление в реакторе 1.0 МПа. Фактор эффективности работы зерна катализатора $\eta=0.9$.

Вывести уравнения реакторных инвариантов. Рассчитать *профили концентраций реагентов по длине реактора и производительность работы реактора* в кг/ч по бензолу.

Задание 2. (5 баллов)

В каталитическом проточном реакторе протекают следующие химические реакции:

1. $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$
2. $CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$
3. $CO + H_2O = CO_2 + H_2$

Записать уравнения *гетерогенной двухфазной одномерной модели реактора идеального вытеснения с радиальным направлением потока реагентов*, в котором протекают реакции (1)-(3). Определить количество ключевых и неключевых веществ. Вывести уравнения реакторных инвариантов.

8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Лабораторная работа №1

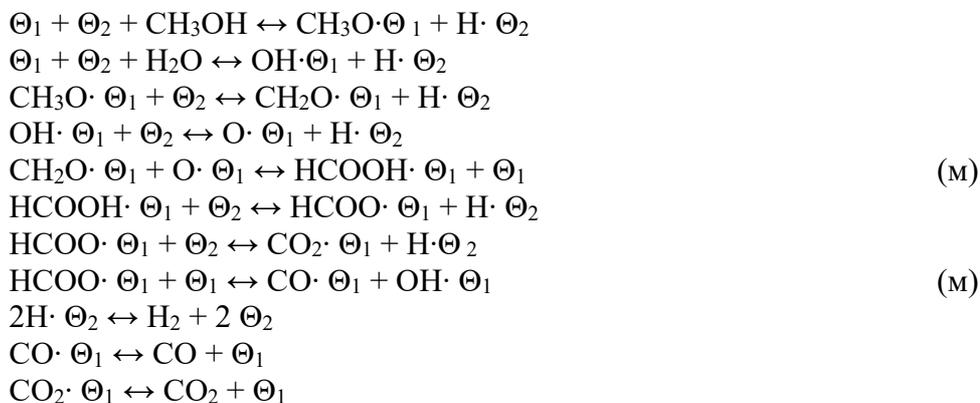
Построение кинетической модели с использованием метода Хориути.

Лабораторная работа № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу 1.

Рассмотреть метод Хориути, основные понятия и определения: стехиометрические числа Хориути, матрица стехиометрических чисел Хориути, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути.

Вариант 1

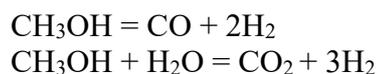
Задан стадийный механизм реакции паровой конверсии метанола и обратной реакции паровой конверсии оксида углерода (RWGS) на двух типах активных центров катализатора, предложенный Patel:



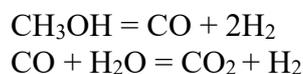
Задание:

По методу Хориути показать, что количество возможных маршрутов протекания реакции равно двум. Рассмотреть три различных набора стехиометрических чисел Хориути, дающие разные итоговые уравнения реакций по маршрутам для заданного механизма реакции.

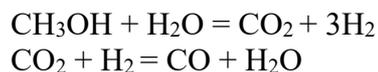
№1.



№ 2.



№ 3.



Построить кинетическую модель реакции паровой конверсии метанола с использованием метода Хориути для третьего набора стехиометрических чисел Хориути по следующей схеме:

I.) Разбить стехиометрическую матрицу B разбить на две подматрицы $B = [B_{nb} | B_b]$.

II) Записать основную систему кинетических уравнений:

$$\frac{dC_{nb}}{dt} = B_{nb}^T \cdot W \quad \text{и} \quad \frac{dC_b}{dt} = B_b^T \cdot W$$

III) Определить ранг матрицы стехиометрических коэффициентов для боденштейновских веществ $r(B_b)$.

IV) Определить число химических инвариантов для боденштейновских веществ

V) Найти матрицу стехиометрических чисел Хориути, решая систему линейных алгебраических уравнений: $B_b^T \cdot \nu = 0$.

VI) Рассчитать элементы матрицы стехиометрических коэффициентов итоговых реакций по маршрутам: $B_f^T = B_{nb}^T \cdot \nu$.

VII) Определить ранг матрицы B_f , число ключевых небоденштейновских веществ и независимых итоговых реакций по маршрутам.

VIII) Определить число химических инвариантов для небоденштейновских веществ:
 $n_{инв, nb} = N_{nb} - r(B_f)$

IX) Определить вектор скоростей итоговых реакций по маршрутам $\vec{r}^{(p)}$.

X) Выразить концентрации беденштейновских веществ через концентрации небоденштейновских веществ:
 $c_b = \Psi\{c_{nb, k}\}$

XI) Выразить скорости итоговых реакций по маршрутам через скорости медленных стадий механизма химической реакции:
 $\vec{r}^{(p)} = f(\vec{W}_{rls})$

XII) Записать основную систему кинетических уравнений для ключевых небоденштейновских веществ и уравнения химических инвариантов для небоденштейновских веществ
 $\frac{dc_{nb}}{dt} = B_f \cdot \vec{r}(c_{nb}, \Psi\{c_{nb, k}\}, k)$

XIII) Указать число индивидуальных констант и число комплексов констант, подлежащих оценке.

Выводы по работе.

Лабораторная работа №2

Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ- жидкость

Лабораторная работа № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу 2.

Рассмотреть математические модели - пленочную, Хигби и Данквертса при условии отсутствия химической реакции в жидкой фазе и при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции. Численные методы решения уравнений моделей (конечно-разностные и ортогональных коллокаций).

Вариант 1.

В газожидкостной системе происходит абсорбция компонента А в жидком растворителе В. Для расчета скорости абсорбции газа А использовать модель Данквертса. Функция распределения возраста элементов в пограничном слое жидкости имеет вид: $\psi = s \cdot \exp(-st)$

Модель процесса абсорбции:

$$\frac{\partial c_A}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2}$$

Начальные условия: $t = 0 \quad x > 0 \quad c_A(x, 0) = 0,01 \text{ моль/см}^3$

Граничные условия:

$t > 0 \quad x = 0 \quad c_A(0, t) = c_A^* = 0,08 \text{ моль/см}^3.$

$x \rightarrow \infty \quad c_A \rightarrow 0,01 \text{ моль/см}^3.$

Параметры модели: $D_L = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}.$

Средняя скорость абсорбции $V_{cp} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/см}^3 \cdot \text{сек}.$

Оценить параметр s модели Данквертса, при условии, что средняя скорость абсорбции определяется по уравнению:

$$V_{cp} = \int_0^{\infty} \sqrt{\frac{D_L}{\pi t}} (c_A - c_{A\infty}) \psi(t) dt$$

где $\psi(t)dt$ – доля общей поверхности, занимаемая элементами возраста от t до $t+dt$.

Показать, что функция распределения возраста элементов $\psi = s \cdot \exp(-st)$ удовлетворяет условию нормировки:

$$\int_0^{\infty} \psi(t) dt = 1$$

Выводы по работе.

Лабораторная работа № 3.

Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.

Лабораторная работа № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделам 3-5.

Рассмотреть конструкции каталитических реакторов в производствах диметилового эфира из метанола и из синтез-газа, способы интенсификации промышленных химических процессов получения диметилового эфира. Привести алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов: полуявный метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод ортогональных коллокаций.

Вариант 1.

Моделирование процесса в каталитическом реакторе синтеза диметилового эфира из метанола.

В трубчатом реакторе при атмосферном давлении и температуре 550 К протекает реакция синтеза диметилового эфира из метанола на катализаторе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (фактор эффективности работы зерна катализатора принять равным 1):



Уравнение скорости реакции синтеза диметилового эфира и кинетические параметры модели представлены следующими уравнениями (полученные Берцик и Левек):

$$r_M(T^b, C_i^b) = \frac{k_S K_M^2 (C_M^2 - C_W C_E / K)}{(1 + 2\sqrt{K_M C_M} + K_W C_W)^4} \quad (1)$$

$$k_S = 5.35 \cdot 10^{13} \exp(-17280/T) \quad (2)$$

$$K_M = 5.39 \cdot 10^{-4} \exp(8487/T) \quad (3)$$

$$K_W = 8.47 \cdot 10^{-2} \exp(5070/T) \quad (4)$$

Необходимые данные для расчета зависимости константы равновесия химической реакции от температуры взять из справочника Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. «Свойства газов и жидкостей»:

$$c_{p,i} = (A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3) \cdot 4,1868, \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \quad (5)$$

$$\Delta H_u(T) = \sum_{i=1}^N \mathcal{G}_i \cdot \Delta H_{298,i} + \sum_{i=1}^N \int_{298}^T \mathcal{G}_i \cdot c_{p,i} dT \quad (6)$$

$$\Delta S_u(T) = \sum_{i=1}^N \mathcal{G}_i \cdot \Delta S_{298,i} + \sum_{i=1}^N \int_{298}^T \mathcal{G}_i \cdot c_{p,i} \frac{dT}{T} \quad (7)$$

$$\Delta G_u(T) = \Delta H_u(T) - T \cdot \Delta S_u(T) \quad (8)$$

$$K_u^e(T) = \exp\left(\frac{-\Delta G_u(T)}{R \cdot T}\right) \quad (9)$$

Задание:

- Записать уравнение квазигомогенной модели каталитического реактора синтеза диметилового эфира из метанола (РИВ).
- Определить число ключевых веществ и построить уравнения реакторных инвариантов.
- Записать алгоритм решения уравнений модели каталитического реактора.
- Построить графики зависимости концентрации метанола и температуры от длины каталитического слоя реактора.
- Определить при какой длине каталитического слоя достигается степень превращения метанола 80%.

Выводы по работе.

8.3. Составление отчётов по лабораторным работам для текущего контроля освоения дисциплины

По результатам выполнения каждой из трех лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

Составление отчётов по лабораторным работам предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу соответствующих разделов.

Максимальная оценка за выполнение и защиту каждого отчёта – **5 баллов** (за 3 отчёта – **15 баллов**).

Лабораторная работа №1.

Построение кинетической модели с использованием метода Хориути.

Составление отчёта по лабораторной работе № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела 1. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе №1 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.7.

Оформление отчета по лабораторной работе №1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть метод Хориути, основные понятия и определения: стехиометрические числа Хориути, матрица стехиометрических чисел Хориути, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути.

5. Практическая часть.

Построить для заданного механизма сложной многомаршрутной химической реакции кинетическую модель с использованием метода Хориути.

6. Выводы по работе.
7. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

Лабораторная работа № 2.

Моделирование химических процессов в двухфазных системах газ- жидкость.

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела 2. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе № 2 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 2.1-2.7

Оформление отчета по лабораторной работе №2 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть.

Рассмотреть математические модели - пленочную, Хигби и Данквертса при условии отсутствия химической реакции в жидкой фазе и при протекании химической реакции в

жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции. Численные методы решения уравнений моделей (конечно-разностные и ортогональных коллокаций).

5. Практическая часть.

Моделирование процесса в системах газ-жидкость. Рассчитать коэффициент ускорения абсорбции при протекании химической реакции в жидкой фазе.

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

Лабораторная работа №3.

Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.

Составление отчёта по лабораторной работе № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическим материалам разделов 3-5. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **5 баллов**.

Подготовка к лабораторной работе № 3 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 3.1-3.5, 4.1, 5.1-5.3

Оформление отчета по лабораторной работе № 3 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть.

Рассмотреть конструкции каталитических реакторов в производствах диметилового эфира из метанола и из синтез-газа, способы интенсификации промышленных химических процессов получения диметилового эфира. Привести алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов: полуявный метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод ортогональных коллокаций.

5. Практическая часть.

Моделирование режимов работы каталитических реакторов со стационарными слоями катализатора.

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

8.4. Вопросы для контроля освоения дисциплины (зачёт, 5 семестр)

Максимальное количество баллов за зачёт в форме устного опроса по теоретическим разделам дисциплины – **40 баллов**. Опрос включает два теоретических вопроса из разных тем, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – **20 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Системный анализ реакторных процессов. Основные этапы и задачи исследования реакторных процессов. (20 баллов)
2. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно-, двух- и трехфазные химические системы и процессы. (20 баллов)
3. Значение и роль кинетических исследований при моделировании промышленного каталитического процесса. (20 баллов)

4. Основные понятия стехиометрического анализа химических реагирующих систем: структурные и молекулярные виды, матрицы структурных коэффициентов, матрицы стехиометрических коэффициентов. Их свойства. (20 баллов)
5. Стехиометрический анализ химически реагирующих систем. Сложные, стехиометрически простые, элементарные химические реакции как элементы линейных векторных пространств. (20 баллов)
6. Равновесные химические реакции. Прямая и обратная задачи химических равновесий. (20 баллов)
7. Использование независимых химических реакций при расчете равновесных составов сложных реагирующих химических систем. Принципы выбора оптимальной совокупности независимых реакций. (20 баллов)
8. Матричная запись закона сохранения массы и условий электронейтральности реагирующей химической системы. Стехиометрическое правило Гиббса. Построение матрицы стадийного механизма химической реакции. (20 баллов)
9. Химическое сродство реакции. Определение направления протекания химических реакций по значениям их констант равновесия для заданных величин термодинамических переменных и исходных концентраций реагентов. (20 баллов)
10. Определение меры завершенности химической реакции. Векторные концентрационные и молярные меры завершенности химических реакций. Установление функциональной зависимости мер завершенности химических реакций от концентраций реагентов. Интегральные уравнения изменения концентраций реагентов в пространстве и во времени как функции концентраций ключевых веществ. (20 баллов)
11. Принцип детального равновесия. Закон действующих масс. Формулировка закона действующих масс для элементарных гомогенных газовых, элементарных жидкофазных реакций, для элементарных реакций газов и жидкостей на твердых поверхностях. Константы равновесия элементарных реакций, константы скорости прямой и обратной элементарной реакции, их зависимость от термодинамических переменных. (20 баллов)
12. Основная система кинетических уравнений, ее свойства. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. (20 баллов)
13. Химические инварианты, определение и свойства. Оценка общего числа химических инвариантов. (20 баллов)
14. Построение уравнений химических инвариантов по структурной матрице. (20 баллов)
15. Построение уравнений химических инвариантов по стехиометрической матрице. (20 баллов)
16. Нестационарная, квазистационарная и стационарная области протекания химических реакций. (20 баллов)
17. Построение кинетической модели сложной многостадийной химической реакции с использованием метода Боденштейна. (20 баллов)
18. Определение боденштейновских и небоденштейновских веществ. Расчет их концентраций для различного времени протекания реакции. (20 баллов)
19. Стехиометрическая определенность химических реагирующих систем. Построение уравнений химических инвариантов для *боденштейновских* и веществ. (20 баллов)
20. Стехиометрическая определенность химических реагирующих систем. Построение уравнений химических инвариантов для *небоденштейновских* веществ. (20 баллов)
21. Построение кинетической модели сложной многостадийной химической реакции с использованием метода Хориути. (20 баллов)
22. Стехиометрические числа Хориути. Правило Хориути. Определение максимального числа линейно независимых векторов стехиометрических чисел Хориути. Матрица стехиометрических чисел Хориути. (20 баллов)

23. Построение стехиометрической матрицы итоговых реакций по маршрутам по методу Хориути. Расчет вектора скоростей итоговых реакций по маршрутам, выведенных по методу Хориути. (20 баллов)
24. Структурная и параметрическая идентификация моделей. (20 баллов)
25. Области протекания гетерогенно-каталитических процессов и экспериментальные способы их определения. (20 баллов)
26. Квазигомогенная модель зерна катализатора. Граничные условия Дирихле. (20 баллов)
27. Квазигомогенная модель зерна катализатора. Граничные условия Неймана. (20 баллов)
28. Бидисперсная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
29. Глобулярная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
30. Капиллярная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. (20 баллов)
31. Потоки реагентов в зерне катализатора. Молекулярная диффузия, зависимость коэффициентов молекулярной диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
32. Потоки реагентов в зерне катализатора. Кнудсеновская и поверхностная диффузия. Зависимость коэффициентов кнудсеновской и поверхностной диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
33. Потоки реагентов в зерне катализатора. Пуазейлевский поток. Зависимость коэффициентов пуазейлевской диффузии от термодинамических переменных. (20 баллов)
34. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических процессов. (20 баллов)
35. Уравнения диффузионной стехиометрии для неизотермических процессов. (20 баллов)
36. Фактор эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. (20 баллов)
37. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности неключевых веществ и независимых химических реакций (20 баллов)
38. Основные закономерности протекания процессов переноса тепла и массы в многофазных системах при протекании в них или на поверхности раздела фаз химических реакций. (20 баллов)
39. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Пленочная модель при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
40. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Пленочная модель при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)
41. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Хигби при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
42. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Хигби при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)
43. Расчет коэффициента ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие протекания химической реакции в жидкой фазе в системах газ-жидкость. (20 баллов)
44. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Данквертса при отсутствии химической реакции в жидкой фазе. (20 баллов)
45. Массоперенос на границе раздела фаз газ-жидкость. Модель Данквертса при протекании химической реакции в жидкой фазе. Коэффициент ускорения абсорбции реагентов вследствие химической реакции. Методы его оценки. (20 баллов)
46. Контактно-каталитические реакции. Квазигомогенные модели. Области применения подобных моделей. (20 баллов)
47. Контактно-каталитические реакции. Многофазные модели. Области применения подобных моделей. (20 баллов)

48. Уравнения реакторной стехиометрии квазигомогенных адиабатических реакторов. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
49. Уравнения реакторной стехиометрии квазигомогенных политропических реакторов. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
50. Квазигомогенная диффузионная модель с продольным перемешиванием потока. (20 баллов)
51. Квазигомогенная диффузионная модель с радиальным перемешиванием потока (20 баллов).
52. Квазигомогенная диффузионная модель с продольным и радиальным перемешиванием потока. (20 баллов)
53. Основные типы двухфазных, гетерогенных моделей. Методы их решения. (20 баллов)
54. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения трехфазных потоков. (20 баллов)
55. Перепад давления в трехфазных системах. (20 баллов)
56. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. (20 баллов)
57. Трехфазные модели реакторов со стационарными слоями катализаторов и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. (20 баллов)
58. Трехфазные модели реакторов с суспендированным слоем катализатора и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. (20 баллов)
59. Основные принципы расчета однофазных реакторов. (20 баллов)
60. Основные принципы расчета многофазных реакторов. (20 баллов)
61. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. (20 баллов)
62. Математические методы решения уравнений моделей реакторов. (20 баллов)
63. Принципы построения кинетических и реакторных моделей по результатам лабораторного и стендового эксперимента. (20 баллов)
64. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации. (20 баллов)
65. Конструкции каталитических реакторов в производстве синтез-газа. Комбинированные автотермические риформеры метана. (20 баллов)
66. Шахтные реакторы в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации (20 баллов)
67. Трубчатые печи в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации. Остаточное содержание метана в продуктовом потоке синтез-газа. (20 баллов)
68. Двухступенчатая паровая конверсия метана. Использование реакторов-теплообменников в производстве синтез-газа. (20 баллов)
69. Одноступенчатая паровая конверсия метана. Конструкции каталитических реакторов получения синтеза-газа. (20 баллов)
70. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
71. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции реакторов, используемые теплоносители и режимы эксплуатации. (20 баллов)
72. Адиабатические сферические реакторы в производстве метанола, режимы эксплуатации. (20 баллов)
73. Радиальные реакторы синтеза метанола. Направление потока реагентов, используемые теплоносители, режимы эксплуатации. (20 баллов)
74. Горизонтальные колонны синтеза метанола. Преимущество конструкции. Режимы эксплуатации. (20 баллов)
75. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве диметилового эфира из метанола. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
76. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве бутиловых спиртов. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)

77. Реакторы с радиальными слоями катализатора в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
78. Реакторы паровой конверсии оксида углерода с радиальными и аксиальными слоями катализатора в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
79. Реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
80. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве формальдегида. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
81. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
82. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
83. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
84. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
85. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
86. Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности. (20 баллов)
87. Конструкции однофазных и многофазных реакторов в нефтепереработке. Примеры. (20 баллов)
88. Конструкции однофазных и многофазных реакторов в газопереработке. Примеры. (20 баллов)
89. Основные типы промышленных высокоэффективных каталитических реакторов. (20 баллов)
90. Новые конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. (20 баллов)
91. Способы интенсификации промышленных химических процессов. (20 баллов)
92. Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах. (20 баллов)
93. Интенсификация работы каталитических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе. (20 баллов)
94. Основные крупнотоннажные промышленные процессы нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)
95. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. Писаренко Е.В. Кинетика и макрокинетика химических процессов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. 132 с.
2. Писаренко В.Н., Писаренко Е.В. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. –72 с.
3. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. –60 с.

Б) Дополнительная литература.

4. Е.В. Писаренко, В.Н. Писаренко, Л.С.Гордеев, Е.А. Дмитриев. Анализ и моделирование контактно-каталитических процессов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. –120 с.
5. Писаренко Е.В. Промышленные каталитические процессы. Структуры и свойства твердых катализаторов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 136 с.
6. И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. Современный катализ и химическая кинетика. – Долгопрудный : Издательский дом «Интеллект», 2010. –510 с.
7. Д. А. Франк-Каменецкий Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infra-m.ru/live/price.asp?id=608229> (дата обращения: 16.06.2020).
8. В.Н. Писаренко, Т.Б. Жукова, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1983. – 64 с.
9. Т.Б. Жукова, В.Н. Писаренко, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. Явления переноса. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1985. – 48 с.
10. Т. Б. Жукова, В. Н. Писаренко, В.В. Кафаров. Моделирование и расчёт промышленных реакторов со стационарным слоем катализатора и двухфазным газо-жидкостным потоком. Итоги науки и техники. Сер. Процессы и аппараты химической технологии. – М: ВИНТИ, 1985. Т 13. с.3-85.
11. Ч. Н. Саттерфилд. Массопередача в гетерогенном катализе. М.: «Химия», 1976. – 240 с.
12. Р. Арис. Анализ процессов в химических реакторах. Л.: «Химия», 1967. – 328 с.
13. О.В. Крылов Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов. М.: «Академкнига», 2004 . – 679 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (50 задач), задания к самостоятельным работам (50 задач).

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. – банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
2. – банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
3. – банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
4. – банк вариантов лабораторной работы № 1– 25;
5. – банк вариантов лабораторной работы № 2– 25;
6. – банк вариантов лабораторной работы № 3– 25;
7. – банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины – 50;
8. – демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
9. – предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в

Интернет для проведения практических и лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.	Знает: Основные принципы системного анализа химических процессов, основные методы построения кинетической модели. Умеет: Вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов, осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических моделей. Владеет: Методами анализа и моделирования химических процессов.	Оценка за контрольную работу № 1 (наивысший балл 15). Оценка за лабораторную работу № 1 по разделу 1 (наивысший балл 5). Оценка на зачете.

<p>Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.</p>	<p>Знает: Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость.</p> <p>Умеет: Выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции.</p> <p>Владеет: Методами анализа и моделирования химических процессов, способами расчета макрокинетических констант модели по результатам промышленного эксперимента</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка за лабораторную работу № 2 по разделу 2 (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка на зачете.</p>
<p>Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.</p>	<p>Знает: Основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов, математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих.</p> <p>Умеет: Осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей, анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов, произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту.</p> <p>Владеет: Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова, методами анализа и моделирования химических процессов, основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов, методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.</p>	<p>Оценка на зачете.</p>
<p>Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.</p>	<p>Знает: Основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.</p> <p>Умеет: Определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.</p> <p>Владеет: Информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова, методами расчета – для</p>	<p>Оценка на зачете.</p>

	заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.	
Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.	<p>Знает: Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах, основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов, способы интенсификации промышленных химических процессов.</p> <p>Умеет: Провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства, определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.</p> <p>Владеет: Методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 5).</p> <p>Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 3-5 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка на зачете.</p>

15. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к РПД
по дисциплине «Макрокинетика химических процессов»
основной образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация - бакалавр

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Материаловедение наноматериалов и наносистем»

Направление подготовки – 28.03.02 Наноинженерия

Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов В.А. Налетовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, программа бакалавриата «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, химии.

Цель дисциплины – овладение теоретическими основами фундаментальных свойств материалов, включая материалы нанометрового диапазона.

Задачи дисциплины:

- изучение классификации объектов наномира по размерности;
- изучение междисциплинарного характера науки о наноматериалах;
- изучение роли размерных эффектов в аномальности свойств;
- изучение квантового ограничения и эффекта туннелирования;
- изучение поверхностных свойств нанообъектов;
- изучение оптических и магнитных свойств нанообъектов;
- изучение процессов самоорганизации и самосборки;
- изучение типов нанообъектов и наносистем.

Дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» преподается в 4 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.</p>	<p>ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в наноинженерии.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое</p>
			<p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p>	
			<p>ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.</p>	
			<p>ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанообъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.</p>	
<p>ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов.</p>				

			<p>ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.</p>	<p>сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	---	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные понятия и характеристики материалов и наноматериалов;
- теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов (размерный эффект, квантовое ограничение, эффект туннелирования)

Уметь:

- использовать основные понятия и определения дисциплины при формировании углублённых знаний в сфере нанотехнологий;
- обосновывать специфические свойства нанобъектов (поверхностные свойства, оптические свойства, магнитные свойства).

Владеть:

- классификацией материалов и наноматериалов, знаниями об областях их применения.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	32	24
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Самостоятельная работа	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6	29,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Классификация наноматериалов и наносистем	5	-	2	-	-	-	-	-	3
2.	Раздел 2. Теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов и наносистем	41	-	8	-	16	-	-	-	17
3.	Раздел 3. Основные типы наноматериалов и наносистем	26	-	6	-	-	-	-	-	20
	ИТОГО	72	-	16	-	16	-	-	-	40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение.

Предмет и методы изучаемой дисциплины. Междисциплинарный характер науки о материалах и наноматериалах. Описание основных разделов дисциплины. Правила рейтинговой системы.

Раздел 1. Классификация наноматериалов и наносистем.

Классификация наноматериалов и наносистем. Историческая справка. Области использования наноматериалов. Основные понятия и определения. Классификация наноматериалов и наноструктур по размерности. Особенности нанообъектов различной размерности.

Раздел 2. Теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов и наносистем.

Теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов и наносистем. Размерный эффект. Квантовое ограничение. Эффект туннелирования. Поверхностные свойства. Термодинамика поверхности. Абсорбция, адгезия, катализ. Особенности оптических свойств. Особенности магнитных свойств. Самоорганизация и самосборка.

Раздел 3. Основные типы наноматериалов и наносистем.

Основные типы наноматериалов и наносистем. Объекты различной размерности на основе углерода: фуллерены, нанотрубки, графен, фуллериты. Неорганические наноматериалы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать: (перечень из п.2)				
1	– основные понятия и характеристики материалов и наноматериалов;		+		
2	– теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов (размерный эффект, квантовое ограничение, эффект туннелирования).			+	+
	Уметь: (перечень из п.2)				
3	– использовать основные понятия и определения дисциплины при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии;		+	+	+
4	– обосновывать специфические свойства нанобъектов (поверхностные свойства, оптические свойства, магнитные свойства).		+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)				
5	– классификацией материалов и наноматериалов, знаниями об областях их применения.				
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
6	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в nanoинженерии.	+	+	+
7	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.	+	+	+

8	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.		+	+
9	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства nanoобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.		+	+
10	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов.		+	+
11	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	– ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области nanoинженерии.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	2	Квантовые ограничения	8
2	2	Измерение фрактальной размерности наноструктуры	8

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов,
- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к практическим занятиям;
- доработку расчётных модулей, разрабатываемых на практических занятиях;
- выполнение реферативно-аналитической работы;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из написания реферативно-аналитической работы (максимальная оценка 30 баллов), выполнения 2 практических занятий (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Работа включает себя выполнение литературного обзора по одной из следующих тематик:

- Классификация объектов нанохимии.
- Основные типы нанообъектов и наносистем.
- Фуллерены. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Углеродные нанотрубки. История открытия, способы получения, свойства, применение.

- Объекты супрамолекулярной химии. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Неорганические наноматериалы. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Вискеры. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Манганиты. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Высокотемпературные сверхпроводники. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Фотонные кристаллы. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Биокерамика. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Алмазоиды. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Газовые гидраты. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Кластеры в газах. История открытия, способы получения, свойства, применение.
- Катализаторы в наночастицах. Виды, свойства, применения.
- Нанополимеры (основные примеры). Виды, свойства, применения.

8.2. Примеры вариантов практических заданий

Для текущего контроля выполнение 2 взаимосвязанных заданий:

- Практическое задание №1. Квантовые ограничения;
Практическое задание №2. Измерение фрактальной размерности наноструктуры;

Практическое задание №1. Квантовые ограничения.

Пример варианта 1 (10 баллов)

Требуется выполнить:

Описать классификацию нанообъектов по геометрической размерности. Понятие 1D, 2D и 3D структуры. Понятие плотности электронных состояний.

Привести основные формулы для вычисления значений разрешенных уровней энергии и плотности электронных состояний для выбранного 1D/2D/3D объект в потенциальной яме с бесконечной высотой стенок.

Рассчитать и построить график зависимости плотности состояний электронов от энергии и энергетическую диаграмму в k -пространстве для 2D объекта (квантовой пленки) толщиной 15 нм для $n=1..4$ при эффективной массе электрона $0,05 m_0$, где m_0 – масса покоя электрона ($9.10938356 \cdot 10^{-31}$ кг).

Результаты вычислений представить в графической форме.

Практическое задание №2. Измерение фрактальной размерности наноструктуры.

Пример варианта 1 (20 баллов)

Исходные данные:



В качестве объекта выберем структуру фрактальных агрегатов, полученных с помощью математической модели диффузионной агрегации частиц (DLA).

Исходные данные включают таблицу координат (X,Y) частиц.

Требуется выполнить:

- 1) Дать определение понятию фрактальной размерности;
- 2) Описать метод определения фрактальной размерности геометрическим методом (box counting method) и привести основной алгоритм;
- 3) Реализовать с помощью программы Excel определение фрактальной размерности агрегатов геометрических методом (box counting method);
- 4) На основании исходных данных определить фрактальную размерность агрегата.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины
(4 семестр – зачет с оценкой).**

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса; 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. История развития наноматериалов и нанотехнологий.
2. Классификация наноматериалов.
3. Роль наноматериалов и нанотехнологий в современном мире.
4. Перспективы развития nanoиндустрии на ближайшие 10 лет.
5. Влияние размерных эффектов на свойства наноматериалов.
6. Понятие квантового ограничения.
7. Понятие эффекта туннелирования
8. Особенности физико-химических свойств наноматериалов.
9. Магнитные свойства наноматериалов.
10. Оптические свойства наноструктурных материалов.
11. Применение наноматериалов в медицине
12. Области применения углеродных наноматериалов.
13. Источники энергии на основе наноматериалов.
14. Использование наноматериалов в машиностроении и автомобильной промышленности.
15. Наноматериалы как средство защиты от опасных и вредных факторов.
16. Самоорганизация и самосборка наноматериалов.
17. Углеродные нанотрубки: свойства, методы получения и области применения.
18. Фуллерен: свойства, методы получения и области применения
19. Графен: свойства, методы получения и области применения
20. Альтернативные диэлектрики
21. Вискеры: свойства, методы получения и области применения
22. Высокотемпературные сверхпроводники
23. Биокерамика
24. Кластеры в газах

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой (4 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (4 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Материаловедение наноматериалов и наносистем*» проводится в 4 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1,2

и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой:

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП Министерство науки и высшего образования РФ
Глебов М.Б. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.03.02 Наноинженерия
Программа бакалавриата –
«__» ____ 20__ г. «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСИСТЕМ

БИЛЕТ № 1

1. История развития наноматериалов и нанотехнологий. (максимальная оценка – 20 баллов).
2. Источники энергии на основе наноматериалов. (максимальная оценка – 20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Верещагина Я.А. Физическая химия наноматериалов. Учеб. Пособие. Казань: КГТУ, 2016. 117 с.

Б) Дополнительная литература:

2. Верещагина Я.А. Инновационные технологии. Введение в нанотехнологии. Учеб. Пособие. Казань: КГТУ, 2009. 115 с.
3. Князев А.В., Кузнецова Н.Ю. Нанохимия. Основы Учеб. пособия. Н. Новгород.: НГУ им. Н.И. Лобачевского. 2010. 102 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Инструкции по технике безопасности в компьютерном классе.

Научно-технические журналы по тематике вычислительного эксперимента:

- Журнал «Российские нанотехнологии». ISSN: 1992-7223.
- Журнал «Жидкие кристаллы и их практическое использование». ISSN: 1991-3966.
- Журнал «Микроэлектроника». ISSN: 0544-1269.
- Журнал «Нано- и микросистемная техника». ISSN: 1831-8586.

- Журнал «Наноиндустрия». ISSN: 1993-8578.
- Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика ». ISSN: 2220-8054.
- Журнал «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование». ISSN: 2224-8412.
- Журнал «Нанотехника». ISSN: 1816-4498.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 14;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 32;
- банк вариантов практических занятий;
- предоставленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010);

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- групповой чат в Skype, индивидуальные чаты в Gmail социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Zoom или Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Материаловедение наноматериалов и наносистем*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Для выполнения практических работ №1 и №2 требуется компьютерный класс, насчитывающий не менее 14 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Классификация наноматериалов и наносистем.</p>	<p><i>Знает:</i> – основные понятия и характеристики материалов и наноматериалов;</p> <p><i>Умеет:</i> – формулировать задачи вычислительного эксперимента в области наноинженерии;</p> <p><i>Владеет:</i> классификацией материалов и наноматериалов, знаниями об областях их применения.</p>	<p>Оценка за зачет с оценкой (4 семестр)</p>
<p>Раздел 2. Теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов и наносистем.</p>	<p><i>Знает:</i> – теоретические аспекты специфических свойств наноматериалов (размерный эффект, квантовое ограничение, эффект туннелирования).</p> <p><i>Умеет:</i> – использовать основные понятия и определения дисциплины при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии; – обосновывать специфические свойства нанообъектов (поверхностные свойства, оптические свойства, магнитные свойства);</p> <p><i>Владеет:</i> классификацией материалов и наноматериалов, знаниями об областях их применения.</p>	<p>Оценка за практические занятия Оценка за зачет с оценкой (4 семестр)</p>

<p>Раздел 3. Основные типы наноматериалов и наносистем.</p>	<p><i>Знает:</i> – основные понятия и характеристики материалов и наноматериалов;</p> <p><i>Умеет:</i> – обосновывать специфические свойства нанообъектов (поверхностные свойства, оптические свойства, магнитные свойства);</p> <p><i>Владеет:</i> – классификацией материалов и наноматериалов, знаниями об областях их применения.</p>	<p>Оценка за выполнение реферативно-аналитической работы Оценка за зачет с оценкой (4 семестр)</p>
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Материаловедение наноматериалов и наносистем»
основной образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия»
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»**

Форма обучения: Очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы вычислительной математики в задачах нанотехнологий»
Направление подготовки 28.03.02 Нанотехнологии**

**Профиль подготовки –
"Нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологий"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Методы вычислительной математики в задачах наноинженерии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики и общей химии.

Цель дисциплины – изучение возможностей табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики при решении типовых задач моделирования процессов химической технологии и наноинженерии.

Задачи дисциплины:

- изучение особенностей реализации в Excel методов численного решения различных математических задач;
- выработка навыков оценки точности решения, полученного с помощью численных методов;
- формирование навыков разработки расчётных модулей для реализации методов вычислительной математики;
- формирование навыков математического моделирования процессов в реакторах идеального смешения.

Дисциплина «Методы вычислительной математики в задачах наноинженерии» преподаётся в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области нанотехнологий.</p> <p>ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области нанотехнологий.</p> <p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p> <p>ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента.</p> <p>ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанобъектов и процессов с их участием.</p> <p>ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов новым свойствам техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- возможности табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики;
- принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологий.

Уметь:

- строить автоматизированные расчётные модули в Excel для численного решения математических задач;
- оценивать погрешности численных методов;
- использовать численные методы для решения задач из области химической технологии и нанотехнологий;
- строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологий.

Владеть:

- навыками работы в Excel с целью реализации автоматизированных расчётных модулей;
- методами численного решения математических задач и задач из области химической технологии и нанотехнологий;
- навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологий;
- навыками поиска констант математических моделей.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лабораторные работы (ЛР)	1,33	48	36
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов		
		Всего	ЛЗ	СР
1.	Раздел 1. Табличный процессор Microsoft Excel как инструмент для реализации методов вычислительной математики	45	21	24
1.1	Общие сведения о табличном процессоре Microsoft Excel	10	6	4
1.2	Численный расчёт производных первого порядка	7	3	4
1.3	Вычисление определённых интегралов численными методами	7	3	4
1.4	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений	7	3	4
1.5	Реализация в Excel основных матричных операций	7	3	4
1.6	Обработка экспериментальных данных в Excel	7	3	4

2.	Раздел 2. Расчёт процессов в реакторах идеального смешения	28	12	16
2.1	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) 1-го порядка и их систем	14	6	8
2.2	Моделирование и расчёт реактора идеального смешения	14	6	8
3.	Раздел 3. Определение параметров математических моделей	35	15	20
3.1	Основные принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологий	9	3	6
3.2	Решение задач оптимизации с помощью Excel	13	6	7
3.3	Практика определения констант математических моделей	13	6	7
	ИТОГО	108	48	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Табличный процессор Microsoft Excel как инструмент для реализации методов вычислительной математики.

1.1. Общие сведения о табличном процессоре Microsoft Excel.

Общий вид рабочего листа Microsoft Excel и элементы управления. Тип и формат данных. Вычисления с числами и ячейками. Редактирование математических действий с помощью командной строки. Задание автоматизированной числовой оси. Стандартные функции в Excel. Навигация по листу большого объёма. Выделение и копирование ячеек и формул. Расчёт функций на заданном интервале и построение графиков функций. Расчёт кусочно-заданных функций. Условное форматирование и поиск с его помощью экстремумов периодических функций.

1.2. Численный расчёт производных первого порядка.

Анализ понятия производной первого порядка с позиции вычислительной математики. Численный расчёт производной первого порядка. Оценка ошибки численного дифференцирования. Разработка расчётных модулей.

1.3. Вычисление определённых интегралов численными методами.

Анализ понятия определённого интеграла с позиции вычислительной математики. Вычисление определённых интегралов численными методами (прямоугольников, трапеций, парабол). Оценка ошибки численного интегрирования. Разработка расчётных модулей. Базовые представления о задачах химической технологии и нанотехнологий, сводящихся к нахождению определённого интеграла.

1.4. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений.

Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений. Условия окончания вычислений. Локализация корней графическим методом. Метод половинного деления. Метод пропорциональных частей. Метод локализации корня с итерационным масштабированием интервала. Разработка автоматизированных расчётных модулей в Excel.

1.5. Реализация в Excel основных матричных операций.

Понятие матрицы. Типы матриц. Сложение матриц. Умножение матрицы на число. Умножение матрицы на матрицу. Транспонирование. Обратная матрица. Вычисление определителя квадратной матрицы. Особенности реализации матричных операций в Excel.

Решение систем линейных алгебраических уравнений методом обратной матрицы.

1.6. Обработка экспериментальных данных в Excel.

Примеры экспериментальных данных. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Система линейных уравнений для расчёта коэффициентов аппроксимирующего полинома. Матричная форма решения задачи аппроксимации методом наименьших квадратов. Реализация метода в Excel. Автоматизированная обработка экспериментальных данных в Excel. Подбор и проверка линии тренда. Необходимость масштабирования экспериментальных данных для получения качественной линии тренда.

Раздел 2. Расчёт процессов в реакторах идеального смешения.

2.1. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) 1-го порядка и их систем.

ОДУ 1-го порядка. Интегрирование ОДУ 1-го порядка. Необходимость задания начальных и граничных условий. Постановка и решение задачи Коши. Явный и неявный методы Эйлера. Метод Рунге–Кутты 2-го порядка. Накопление ошибки при численном решении дифференциальных уравнений. Особенности решения систем дифференциальных уравнений. Построение расчётных модулей в Excel для численного решения систем ОДУ 1-го порядка. Настройка параметров расчёта с целью минимизации погрешностей.

2.2. Моделирование и расчёт реактора идеального смешения.

Понятие реактора идеального смешения. Типы реакторов идеального смешения. Описание реактора идеального смешения с помощью системы ОДУ 1-го порядка. Базовые представления о химической кинетике. Реализация сложных кинетических схем в периодических реакторах идеального смешения. Разработка расчётных модулей в Excel, обеспечивающих автоматизированное достижение стационарных состояний в проточных реакторах. Разработка автоматизированного модуля в Excel для расчёта реактора с подпиткой.

Раздел 3. Определение параметров математических моделей.

3.1. Основные принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологий.

Графическое сравнение расчётных и экспериментальных данных. Необходимость использования математического критерия для сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными (на примере реализации в Excel модели роста культуры микроорганизмов). Критерий рассогласования между расчётными и экспериментальными значениями и его зависимость от значений параметров математической модели. Неоднозначность выбора критерия рассогласования. Автоматизированный расчёт критерия рассогласования в Excel. Основные принципы организации рабочего листа Excel при разработке сложных расчётных модулей.

3.2. Решение задач оптимизации с помощью Excel.

Использование методов оптимизации для поиска значений констант математических моделей. Постановка задачи оптимизации. Понятие поверхности отклика. Глобальные и локальные оптимумы, овраги. Одномерная и многомерная оптимизация. Метод поочередного изменения переменных. Методы понижения размерности задачи оптимизации. Поиск уравнений корреляции между константами математической модели с помощью методов аппроксимации.

3.3. Практика определения констант математических моделей.

Использование изученных методов оптимизации для подбора констант математических моделей процессов химической технологии. Расчёт многостадийной химической реакции: анализ механизма на основе экспериментальных данных, разработка математической модели и её декомпозиция, разработка расчётного модуля, подбор констант. Расчёт процесса биоразложения никотина: анализ процесса на основе экспериментальных данных, разработка математической модели и её декомпозиция, разработка расчётного модуля, подбор констант.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы		
		1	2	3
	Знать:			
1	возможности табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики	+	+	+
2	принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологий		+	+
	Уметь:			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Разделы			
			1	2	3	
3	строить автоматизированные расчётные модули в Excel для численного решения математических задач		+	+	+	
4	оценивать погрешности численных методов		+	+		
5	использовать численные методы для решения задач из области химической технологии и нанотехнологий			+	+	
6	строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологий			+	+	
Владеть:						
10	навыками работы в Excel с целью реализации автоматизированных расчётных модулей		+	+	+	
11	методами численного решения математических задач и задач из области химической технологии и нанотехнологий		+	+	+	
12	навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологий			+	+	
13	навыками поиска констант математических моделей				+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
14	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчётных работ в области нанотехнологий	+	+	+	
		ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчётных работ в области нанотехнологий	+	+	+	
		ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике			+	+
		ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента			+	+
		ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанобъектов и процессов с их участием			+	+
		ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем				+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе и связаны с реализацией методов вычислительной математики на компьютерах.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.1	Основные принципы работы в табличном процессоре Microsoft Excel.	6
2	1.2	Методы численного расчёта производных 1-го порядка.	3
3	1.3	Методы численного расчёта определённых интегралов.	3
4	1.4	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений.	3
5	1.5	Реализация в Excel основных матричных операций. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом обратной матрицы.	3
6	1.6	Метод наименьших квадратов. Автоматизированная обработка экспериментальных данных в Excel.	3
7	2.1	Численные методы решения ОДУ 1-го порядка на примере расчёта одностадийной химической реакции. Накопление ошибки при численном решении дифференциальных уравнений.	3
8	2.1, 2.2	Построение расчётных модулей в Excel для численного решения систем ОДУ 1-го порядка на примере расчёта сложных кинетических схем в периодических реакторах идеального смешения.	6
9	2.2	Исследование процессов в реакторах идеального смешения путём постановки вычислительного эксперимента.	3
10	3.1	Основные принципы организации рабочего листа Excel при разработке сложных расчётных модулей. Необходимость использования математического критерия для сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными (на примере модели роста культуры микроорганизмов). Автоматизированный расчёт критерия рассогласования.	3
11	3.2	Одномерная оптимизация: поиск константы математической модели.	3
12	3.2	Методы понижения размерности задачи многомерной оптимизации: поиск уравнений корреляции между константами математической модели с помощью методов аппроксимации.	3
13	3.3	Расчёт многостадийной химической реакции на основе разработанной математической модели: построение расчётного модуля, подбор констант.	3
14	3.3	Расчёт процесса биоразложения никотина на основе разработанной математической модели: построение расчётного модуля, подбор констант.	3

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к контрольным работам;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный во

время занятий, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 2 контрольных работ (максимальная оценка – 38 баллов: 20 баллов за контрольную работу № 1 и 18 баллов за контрольную работу № 2), 3 комплексных заданий (максимальная оценка – 22 балла) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Рабочей программой дисциплины предусмотрено **2 контрольные работы**.

Контрольная работа № 1

Тема: «Реализация методов вычислительной математики в Excel».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 1. Максимальная оценка – **20 баллов**.

Контрольная работа № 1 состоит из **5 заданий**. Задания № 1, 4 оцениваются **3 баллами**, задание № 2 – **4 баллами**, задания № 3, 5 – **5 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 2 акад. часов.

Контрольная работа № 1 предусматривает выполнение численных расчётов на компьютерах, поэтому должна проводиться в компьютерном классе. Каждому студенту должен быть предоставлен индивидуальный компьютер для выполнения контрольной работы.

Результатом проведения контрольной работы № 1 является файл Excel, содержащий расчёты каждого задания на отдельном рабочем листе.

Оформление студентами предварительных математических выкладок на бумаге не является обязательным.

Пример варианта контрольной работы № 1 (20 баллов)

Задание 1 (3 балла). Выполнить численный расчёт производной заданной функции

$$y = x^3 - 6x^2 + 11x - 6$$

на отрезке $[0; 4]$ с шагом $\Delta x = 0.02$ с помощью:

- правой конечной разности,
- левой конечной разности.

$$\int_1^2 y \, dx$$

Задание 2 (4 балла). Выполнить численный расчёт определённого интеграла $\int_1^2 y \, dx$ (где y –

функция из задания № 1) с шагом $\Delta x = 0.01$ с помощью:

- метода правых прямоугольников,
- метода трапеций.

Выполнить аналитическое интегрирование и определить абсолютную погрешность для каждого численного метода.

Задание 3 (5 баллов). Определить 2 наименьших положительных корня заданного уравнения с точностью 10^{-6} с помощью метода итерационного масштабирования интервала:

$$\sin(2x) + \sin(3x) - \sin(5x) = 0.$$

Задание 4 (3 балла). Решить систему уравнений методом обратной матрицы:

$$\begin{cases} x + 2y + 3z = 14 \\ 2x + 3y + 4z = 20 \\ 3x + 4y + z = 14 \end{cases}$$

Задание 5 (5 баллов). С помощью метода наименьших квадратов аппроксимировать полиномом второго порядка результаты экспериментальных исследований (x – независимая переменная, y – измеряемая величина):

x	0	3	5	7	9	11	13	16
y	15	7	4	4	6	11	18	33

Выполнить проверку результата аппроксимации путём построения линии тренда.

Контрольная работа № 2

Тема: «**Расчёт процессов в реакторах идеального смешения**».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 2. Максимальная оценка – **18 баллов**.

Контрольная работа № 2 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **6 баллами**, задание № 2 – **12 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 2 – не более 2 акад. часов.

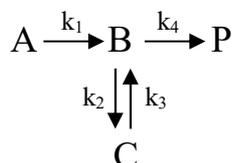
Контрольная работа № 2 предусматривает выполнение численных расчётов на компьютерах, поэтому должна проводиться в компьютерном классе. Каждому студенту должен быть предоставлен индивидуальный компьютер для выполнения контрольной работы.

Результатом проведения контрольной работы № 2 являются:

- вывод уравнений математической модели реактора на бумаге,
- файл Excel с расчётом построенной математической модели.

Пример варианта контрольной работы № 2 (18 баллов)

В периодическом реакторе идеального смешения протекают реакции по схеме:



Задание 1 (6 баллов). Построить математическую модель процесса. Используя явный метод Эйлера, вывести формулы для численного расчёта концентраций веществ А, В, С, Р.

Задание 2 (12 баллов). Построить модуль в Excel для расчёта математической модели, полученной в задании 1. Показать графически динамику изменения концентраций всех веществ. Для осуществления расчёта принять, что промежуточные вещества и продукт реакции изначально в реакторе отсутствуют. Начальная концентрация вещества А равна 20 моль/л. Значения констант элементарных стадий процесса:

$$k_1 = 15 \text{ ч}^{-1}, k_2 = 10 \text{ ч}^{-1}, k_3 = 3 \text{ ч}^{-1}, k_4 = 6 \text{ ч}^{-1}.$$

Расчёт вести до момента, когда концентрация исходного реагента не будет превышать 0.1% от начального значения. Значение Δt выбрать самостоятельно таким образом, чтобы не было заметных проявлений накопления расчётной ошибки.

8.2. Комплексные задания для текущего контроля освоения дисциплины

Поскольку для контроля освоения материала разделов № 1 и № 2 предусмотрено проведение контрольных работ, выполнение обучающимися заданий по материалу этих разделов на лабораторных занятиях дополнительно в баллах не оценивается.

Задания по материалу раздела № 3 представляют собой достаточно сложные и развёрнутые расчётные задачи, построенные на основе научно-исследовательских работ студентов факультета ЦиТХИн. Они являются примером математического моделирования

реальных процессов химической технологии и биотехнологии. Каждая из этих задач подразумевает анализ условий протекания рассматриваемого процесса и полученных экспериментальных данных, вывод уравнений математической модели, вывод формул для численного расчёта математической модели, создание расчётного модуля, поиск констант модели, построение графиков для сравнения расчётных и экспериментальных данных.

Анализ теоретического материала и вывод формул для выполнения заданий раздела № 3 осуществляется в первой трети занятия. Разработка расчётного модуля и поиск констант модели – в оставшуюся часть занятия, что предусматривает выполнение этой части заданий студентами индивидуально. Таким образом, **задания раздела № 3 носят комплексный характер**, и их выполнение может служить оценочным средством для контроля освоения материала раздела. Дополнительной контрольной работы по материалу раздела № 3 рабочей программой дисциплины не предусмотрено.

В разделе № 3 предусмотрено выполнение 3 комплексных заданий. Максимальная оценка за все задания – **22 балла**.

Комплексное задание № 1 (8 баллов)

Тема: «**Изучение простейших методов оптимизации на примере моделирования процесса роста культуры микроорганизмов**».

Рассматривается процесс роста культуры микроорганизмов в ферментёре периодического типа. Математическая модель процесса имеет вид:

– уравнение, описывающее рост биомассы

$$\frac{dx}{dt} = \mu x - \beta x^2,$$

– уравнение, описывающее потребление лимитирующего субстрата

$$\frac{ds}{dt} = -\frac{\mu x}{Y},$$

– удельная скорость роста культуры

$$\mu = \frac{\mu_0 s}{k_s + s},$$

где β – константа отмирания; Y – выход биомассы по субстрату; μ_0 – максимальная удельная скорость роста культуры; k_s – константа насыщения.

В результате экспериментального исследования процесса получены следующие данные:

t	0.0	1.0	2.0	2.7	3.5	4.1	4.7
x	0.01	0.02	0.1	0.3	0.6	1.4	2.4
s	10.0	9.9	9.8	9.5	8.8	7.7	6.0
t	5.2	5.9	6.5	7.0	7.5	8.5	10.0
x	3.8	5.0	5.7	5.8	5.7	5.8	5.6
s	4.0	1.3	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0

1. Используя явный метод Эйлера, вывести формулы для численного расчёта математической модели.

2. Определить значение Y из экспериментальных данных:

$$Y = x_{\max}/s_0.$$

3. Проанализировать структуру разрабатываемого модуля для расчёта математической модели процесса; проследить взаимосвязи между итерациями, учитывая наличие в модели алгебраического уравнения.

4. Построить модуль в Excel для расчёта математической модели процесса. Шаг по времени для расчёта процесса задать: $\Delta t = 0.01$. Начальные условия взять из экспериментальных данных. Константы:

– $\beta = 0.001$;

– μ_0 задать произвольно в интервале от 2 до 3;

– для связи μ_0 и k_s использовать формулу:

$$k_s = 7.5 \mu_0 - 8.56.$$

5. Выполнить графическое сравнение расчётных и экспериментальных данных.

6. Провести вычислительный эксперимент, варьируя μ_0 в интервале от 2 до 3, с целью анализа изменения положения расчётных кривых относительно экспериментальных точек. Сделать выводы о возможности определения оптимального значения μ_0 только на основе визуального сравнения расчётных и экспериментальных данных без использования математического критерия.

7. Дополнить расчётный модуль блоком автоматизированного вычисления критерия рассогласования R.

8. Найти решение одномерной оптимизационной задачи: определить μ_0 исходя из требования минимума R.

9. Перейти к постановке двумерной оптимизационной задачи: определение 2 констант модели – μ_0 и k_s (формула взаимосвязи между этими константами, применявшаяся при решении одномерной оптимизационной задачи, больше не используется; природу этой формулы ещё предстоит изучить). Для значений $\mu_0 = 2; 2.2; 2.4; 2.6; 2.8; 3$ подобрать k_s с точностью до 0.1 таким образом, чтобы в каждом случае значение R было минимально возможным.

10. Построить график, отражающий корреляцию между константами $k_s = f(\mu_0)$, соответствующую уравнению оврага поверхности $R = F(\mu_0; k_s)$. Аппроксимировать построенную графическую зависимость с помощью линии тренда. Сравнить полученное уравнение с формулой, заданной в п.4.

11. С использованием уточнённого уравнения корреляции $k_s = f(\mu_0)$ повторно найти решение одномерной оптимизационной задачи: определить μ_0 исходя из требования минимума R.

Комплексное задание № 2 (7 баллов)

Тема: «Изучение способов понижения размерности задачи оптимизации на примере моделирования многостадийной химической реакции».

Рассматривается процесс протекания химической реакции $A \rightarrow P$ в реакторе периодического типа. В результате экспериментального исследования процесса получены следующие данные:

t	0	1	2	3	4	5	6
C_A	12.0	8.0	5.5	4.0	2.5	2.0	1.0
C_P	0.0	1.0	2.0	4.0	5.0	6.0	6.5
t	7	8	10	12	14	16	
C_A	0.75	0.5	0.3	0.1	0.05	0.0	
C_P	7.0	7.5	7.7	7.8	7.9	8.0	

1. На основе анализа экспериментальных данных показать, что рассматриваемая химическая реакция может быть описана с помощью схемы:



Примерный план анализа механизма данной реакции:

- показать, что в схеме реакции присутствует хотя бы одно промежуточное вещество, т.е. что рассматриваемая реакция является многостадийной;
- проанализировать целесообразность учёта в схеме реакции более одного промежуточного вещества;
- показать, что стадия превращения исходного реагента A в промежуточное вещество X является необратимой;
- показать, что стадия превращения промежуточного вещества X в конечный продукт P является обратимой.

2. Вывести уравнения математической модели.

3. Используя явный метод Эйлера, вывести формулы для численного расчёта математической модели.

4. Провести декомпозицию полученной математической модели – представить задачу поиска 3 кинетических констант в виде композиции двух более простых подзадач: подзадачи №

1 поиска константы первой стадии реакции на основе экспериментальных данных по концентрации вещества А (одномерная оптимизационная задача) и подзадачи № 2 поиска двух констант, соответствующих второй стадии реакции, на основе экспериментальных данных по концентрации вещества Р (двумерная оптимизационная задача).

5. Построить модуль в Excel для расчёта математической модели процесса. Шаг по времени для расчёта процесса выбрать самостоятельно путём предварительного тестирования расчёта. Начальные условия взять из экспериментальных данных. Принять, что промежуточное вещество Х изначально в реакторе отсутствует. Задать в модуле расчёт двух критериев рассогласования R_A и R_P с использованием автоматизированных меток экспериментальных точек на расчётной кривой.

6. Найти решение одномерной оптимизационной подзадачи № 1: определить константу первой стадии реакции исходя из требования минимума критерия R_A .

7. Найти решение двумерной оптимизационной подзадачи № 2: определить константы второй стадии реакции исходя из требования минимума критерия R_P . При решении данной подзадачи использовать: а) метод поочерёдного изменения переменных, б) метод понижения размерности задачи оптимизации (в данном случае, до одномерной оптимизационной задачи) путём вывода уравнения корреляции между искомыми константами с помощью методов аппроксимации.

8. Провести композицию решённых подзадач: выполнить графическое сравнение расчётных и экспериментальных данных.

Комплексное задание № 3 (7 баллов)

Тема: «**Моделирование процесса по экспериментальным данным, полученным от разных начальных условий, на примере процесса биоразложения никотина**».

Рассматривается процесс разложения никотина в водной среде, протекающий за счёт метаболической активности клеток рода *Ochrobactrum*. Продукты разложения никотина используются клетками в качестве субстрата. При этом сам никотин полностью ингибирует рост клеток, т.е. увеличение биомассы наблюдается только после исчерпания никотина в среде.

В результате экспериментального исследования процесса получены следующие данные от разных начальных условий по концентрации никотина (прочерк означает отсутствие экспериментальных данных для соответствующего момента времени):

t, ч	0	0.5	1	1.5	2	3	4	6	8	10
s, мг/мл	1	0.90	–	0.41	0.23	0.00	0.00	–	–	–
s, мг/мл	2	1.78	1.54	–	1.01	0.42	0.14	0.00	–	–
s, мг/мл	4	–	3.63	–	3.49	–	2.69	–	0.70	0.00

1. Провести декомпозицию изучаемого процесса, основываясь на том, что его составляющие (разложение никотина и рост клеток) разделены во времени. Ввести в рассмотрение в качестве элемента, связующего подзадачи, некую совокупность метаболитов z, накапливающихся в системе в ходе первой стадии процесса (непосредственно, разложения никотина) и использующихся после исчерпания никотина в качестве субстратов для роста клеток (т.е. в ходе второй стадии процесса).

2. Записать уравнения математической модели первой стадии процесса, описывающие ферментативное преобразование никотина s в пул промежуточных метаболитов z с учётом субстратного ингибирования. Основываясь на результатах п.1, принять, что биомасса в ходе всей первой стадии процесса остаётся постоянной.

3. Используя явный метод Эйлера, вывести формулы для численного расчёта математической модели первой стадии процесса.

4. Построить модуль в Excel для расчёта математической модели первой стадии процесса. Шаг по времени для расчёта задать: $\Delta t = 0.01$. Начальные условия по никотину взять из экспериментальных данных. Принять, что промежуточные метаболиты z изначально в среде отсутствуют. Для расчёта задать: концентрацию биомассы $x = 0.0255$ мг/мл, максимальную удельную скорость биоразложения никотина $\mu_0 = 85.1$ ч⁻¹.

Учесть в модуле автоматизированное распознавание момента окончания первой стадии процесса с помощью обрыва временной оси либо условного форматирования; максимально

допустимую концентрацию никотина, при которой может начаться рост клеток, принять равной 0.005 мг/мл.

Задать в модуле расчёт критерия рассогласования R .

5. Найти решение двумерной оптимизационной задачи: определить константу насыщения k_s и константу ингибирования k_i исходя из требования минимума критерия рассогласования R . При решении использовать метод понижения размерности задачи оптимизации (в данном случае, до одномерной оптимизационной задачи) путём вывода уравнения корреляции между искомыми константами с помощью методов аппроксимации.

6. Перейдя к трёхмерной оптимизационной задаче, уточнить заданное значение μ_0 и значения констант, найденные в п.5, с помощью метода поочерёдного изменения переменных.

7. Выполнить графическое сравнение расчётных и экспериментальных данных.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой, 3 семестр)

Билет содержит один контрольный вопрос и две расчётные задачи, для численной реализации которых требуется EXCEL. Таким образом, для проведения зачёта необходимо наличие компьютерного класса с предустановленным программным обеспечением. Максимальная оценка за контрольный вопрос – 10 баллов. Максимальная оценка за численное решение первой расчётной задачи – 10 баллов. Максимальная оценка за численное решение второй расчётной задачи – 20 баллов.

Список контрольных вопросов:

1. Методы численного расчёта производных первого порядка.
2. Вычисление определённых интегралов методом прямоугольников.
3. Вычисление определённых интегралов методом трапеций.
4. Вычисление определённых интегралов методом парабол.
5. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Локализация корней. Метод половинного деления.
6. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Локализация корней. Метод пропорциональных частей.
7. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Метод локализации корня с итерационным масштабированием интервала.
8. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом обратной матрицы.
9. Метод наименьших квадратов. Система линейных уравнений для расчёта коэффициентов аппроксимирующего полинома.
10. Численные методы решения ОДУ 1-го порядка: явный и неявный методы Эйлера.
11. Численные методы решения ОДУ 1-го порядка: метод Рунге–Кутты 2-го порядка.
12. Особенности численного решения систем ОДУ 1-го порядка.
13. Постановка и решение задачи Коши. Необходимость задания начального условия.
14. Понятие реактора идеального смешения. Принципы составления системы ОДУ 1-го порядка для описания химических реакций в реакторе идеального смешения.
15. Периодические и проточные реактора идеального смешения. Расчёт проточных реакторов. Стационарные состояния в проточных реакторах.
16. Понятие периодического реактора с подпиткой. Расчёт реактора. Параметры, с помощью которых можно управлять процессом.
17. Моделирование процесса роста культуры микроорганизмов в ферментёре. Математическая модель процесса. Влияние ингибиторов на процесс роста культуры микроорганизмов.
18. Основные принципы разработки расчётных модулей для моделирования процессов химической технологии. Графическое сравнение расчётных и экспериментальных данных. Необходимость использования математического критерия для сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными.

19. Критерий рассогласования между расчётными и экспериментальными значениями. Неоднозначность выбора критерия рассогласования. Автоматизированный расчёт критерия рассогласования.
20. Постановка задачи оптимизации. Критерий оптимизации. Поверхность отклика. Глобальные и локальные оптимумы, овраги. Классификация методов оптимизации.
21. Одномерная и многомерная оптимизация. Алгоритмы одномерной оптимизации.
22. Многомерная оптимизация. Метод поочерёдного изменения переменных.
23. Многомерная оптимизация. Методы понижения размерности задачи оптимизации.
24. Методика поиска уравнений корреляции между константами математической модели с помощью методов аппроксимации.

В качестве первой расчётной задачи берётся любое задание из контрольной работы № 1 (примеры приведены в разделе 8.1). Вторая расчётная задача формулируется по типу комплексных заданий на моделирование (примеры приведены в разделе 8.2).

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине «Методы вычислительной математики в задачах наноинженерии» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Для проведения зачёта необходимо наличие компьютерного класса с предустановленным программным обеспечением. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3 вопросов. Вопросы, являющиеся расчётными задачами, должны относиться к разным разделам дисциплины: одна задача (задание № 2) должна соответствовать материалу раздела 1, вторая задача (задание № 3) – материалу разделов 2 или 3.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.
«__» ____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.03.02 Наноинженерия
Профиль " Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"

МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ В ЗАДАЧАХ НАНОИНЖЕНЕРИИ

БИЛЕТ № 1

1. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. Локализация корней. Метод половинного деления (максимальная оценка – 4 балла).
2. Решить систему уравнений в Excel методом обратной матрицы:

$$\begin{cases} 2x + 3y + 4z = 20 \\ 3x + 4y + z = 14 \end{cases}$$

(максимальная оценка – 10 баллов).

3. В периодическом реакторе идеального смешения протекает химическая реакция $A \rightarrow P$. В результате экспериментального исследования процесса получены следующие данные:

t, мин	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C_A , моль/л	5.00	3.50	2.30	1.60	1.10	0.75	0.50	0.35	0.25	0.15

– Вывести уравнения математической модели.

- Используя явный метод Эйлера, вывести формулы для численного расчёта математической модели.
- Построить модуль в Excel для расчёта математической модели процесса. Шаг по времени для расчёта процесса выбрать самостоятельно путём предварительного тестирования расчёта. Начальные условия взять из экспериментальных данных. Принять, что продукт реакции Р изначально в реакторе отсутствует. Задать в модуле расчёт критерия рассогласования R.
- Найти решение одномерной оптимизационной задачи: определить константу реакции исходя из требования минимума критерия R.
(максимальная оценка – 20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Дударов С.П., Папаев П.Л. Использование численных методов в табличном процессоре Microsoft Excel. Лабораторный практикум : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 115 с.
2. Обработка результатов исследований с применением многофункционального табличного редактора : методические указания / сост. Э.А. Шакина. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. 60 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 224 с.
2. Дударов С.П., Шайкин А.Н., Егоров А.Ф. Вычислительные методы обработки экспериментальных данных : учеб.-метод. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005. 52 с.
3. Кознов А.В., Ветохин В.Н., Бояринов А.И. Применение методов вычислительной математики в задачах химической технологии. Лабораторный практикум. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 47 с.
4. Дударов С.П. Программирование и численные методы в задачах химической технологии. Лабораторный практикум : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. 107 с.
5. Практикум по вычислительной математике : практикум / сост. В.Н. Калинин [и др.]; ред. Т.Н. Гартман. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. 67 с.
6. Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г., Юмашев А.Б. Основы кинетического моделирования и обработки экспериментальных данных : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 84 с.
7. Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г., Юмашев А.Б. Химическая кинетика гомогенных реакций : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. 76 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика». ISSN: 0137-0782.
- Журнал «Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика». ISSN: 2305-9052.
- Журнал «Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии». ISSN: 1726-3522.
- Журнал «Сибирский журнал вычислительной математики». ISSN: 1560-7526.
- Журнал «Успехи в химии и химической технологии». ISSN: 1506-2017.
- Журнал «Applied Numerical Mathematics». ISSN: 0168-9274.
- Журнал «East-West Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 0928-0200.

- Журнал «Journal of Numerical Mathematics». ISSN: 1570-2820.
- Журнал «Numerical Linear Algebra with Applications». ISSN: 1070-5325.
- Журнал «Numerical Mathematics: Theory, Methods and Applications». ISSN: 1004-8979.
- Журнал «Numerical Algebra, Control and Optimization». ISSN: 2155-3289.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- иллюстративный материал к теоретической части заданий;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 15 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения лабораторных занятий; также желательно наличие электронных средств демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран).

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к теоретической части заданий.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Табличный процессор Microsoft Excel как инструмент для реализации методов вычислительной математики.	Знает: возможности табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики. Умеет: строить автоматизированные расчётные модули в Excel для численного решения математических задач; оценивать погрешности численных методов. Владеет: навыками работы в Excel с целью реализации автоматизированных расчётных модулей; методами численного решения математических задач и задач из области химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за контрольную работу № 1 (наивысший балл – 20). Оценка на зачёте.
Раздел 2. Расчёт процессов в реакторах идеального смешения.	Знает: возможности табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики; принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологии. Умеет: строить автоматизированные расчётные модули в Excel для численного решения	Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл – 18). Оценка на зачёте.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>математических задач; оценивать погрешности численных методов; использовать численные методы для решения задач из области химической технологии и нанотехнологии; строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологии.</p> <p>Владеет: навыками работы в Excel с целью реализации автоматизированных расчётных модулей; методами численного решения математических задач и задач из области химической технологии и нанотехнологии; навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологии.</p>	
<p>Раздел 3. Определение параметров математических моделей.</p>	<p>Знает: возможности табличного процессора Microsoft Excel как инструмента для реализации методов вычислительной математики; принципы разработки расчётных модулей в Excel для моделирования процессов химической технологии и нанотехнологии.</p> <p>Умеет: строить автоматизированные расчётные модули в Excel для численного решения математических задач; использовать численные методы для решения задач из области химической технологии и нанотехнологии; строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологии.</p> <p>Владеет: навыками работы в Excel с целью реализации автоматизированных расчётных модулей; методами численного решения математических задач и задач из области химической технологии и нанотехнологии; навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии и нанотехнологии; навыками поиска констант математических моделей.</p>	<p>Оценка за комплексные задания по материалу раздела (наивысший балл – 22).</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением

Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

«Методы вычислительной математики в задачах нанотехнологии»

основной образовательной программы

28.03.02 Нанотехнологии

Профиль «Нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы диагностики и испытание изделий в наноинженерии»
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия**

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Методы диагностики и испытание изделий в наноинженерии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, информационных технологий, вычислительной математики, материаловедения наноматериалов и наносистем.

Цель дисциплины – приобретение базовых представлений о методах диагностики и испытаний изделий, получаемых с использованием нанотехнологий.

Задачи дисциплины:

- изучение основ методов эллипсометрии, электронной микроскопии, спектроскопии для исследования профиля поверхности, кристаллографических характеристик и элементного состава твёрдых тел;
- ознакомление с устройством и принципом действия оборудования для диагностики наноструктурированных материалов;
- изучение основных видов испытаний изделий наноиндустрии;
- формирование навыков обработки результатов экспериментальных исследований;
- формирование навыков оценки точности и достоверности полученных результатов.

Дисциплина «Методы диагностики и испытание изделий в наноинженерии» преподаётся в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.</p>	<p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p> <p>ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.</p> <p>ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в nanoинженерии.</p> <p>ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.	параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	<p>ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии.</p> <p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основы электронно-зондовых методов анализа;
- основы эллипсометрии;
- основы теории испытаний;
- основные методы испытаний изделий наноиндустрии;
- требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов.

Уметь:

- анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов;
- обрабатывать результаты экспериментальных исследований;
- использовать основные понятия и определения при формировании углублённых знаний в сфере нанотехнологий.

Владеть:

- методиками определения осреднённых характеристик наноматериалов;
- методикой определения толщины наноплёнки по спектру пропускания;
- методикой определения показателя преломления и толщины наноплёнки по результатам эллипсометрических измерений;
- методикой определения удельной поверхности наноматериала по изотерме адсорбции;
- навыками работы с российскими стандартами в области изделий наноиндустрии.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	0,56	20	15
Лекции	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,56	20	15
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек	в т.ч. в форме пр. подг.	ЛЗ	в т.ч. в форме пр. подг.	СР
1	Раздел 1. Электронно-зондовые методы анализа	38	6	6	–	12	6	20
1.1	Общие представления об электронно-зондовых методах анализа	3	–	1	–	–	–	2
1.2	Электронная микроскопия	16	–	2	–	6	–	8
1.3	Дифракционный анализ (рентгенография и электронография)	3	–	1	–	–	–	2
1.4	Спектральный анализ	16	6	2	–	6	6	8
2	Раздел 2. Эллипсометрия	41	14	7	–	14	14	20
2.1	Общие сведения об эллипсометрии	2	–	1	–	–	–	1
2.2	Физические основы эллипсометрии	17	6	3	–	6	6	8
2.3	Методы решения обратной задачи эллипсометрии	17	8	1	–	8	8	8
2.4	Оптические схемы эллипсометров	5	–	2	–	–	–	3
3	Раздел 3. Методы испытаний изделий наноиндустрии	29	–	3	–	6	–	20
3.1	Основы теории испытаний	5	–	1	–	–	–	4
3.2	Государственные стандарты в области изделий наноиндустрии	9	–	1	–	–	–	8
3.3	Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ	15	–	1	–	6	–	8
	ИТОГО	108	20	16	–	32	20	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Электронно-зондовые методы анализа.

1.1. Общие представления об электронно-зондовых методах анализа.

Назначения и цели методов. Классификация методов. Применение электроннозондовых методов в нанотехнологиях.

1.2. Электронная микроскопия.

Основные понятия. Виды электронной микроскопии. Схемы электронных микроскопов.

1.3. Дифракционный анализ (рентгенография и электронография).

1.4. Спектральный анализ.

Рентгеновская спектроскопия. Оже-спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Люминесцентный анализ. Радиоспектроскопия.

Раздел 2. Эллипсометрия.

2.1. Общие сведения об эллипсометрии.

Назначения и достоинства эллипсометрии. Применение эллипсометрии в нанотехнологиях: наноэлектронике, материаловедении и др. Краткая справка об истории развития метода.

2.2. Физические основы эллипсометрии.

Плоская электромагнитная волна и её распространение в среде. Отражение плоской электромагнитной волны от исследуемой поверхности. Основное уравнение эллипсометрии. Прямая и обратная задачи эллипсометрии. Основные оптические модели отражающей структуры. Однородная полубесконечная среда. Однослойная модель. Многослойная модель и оптически неоднородный слой. Композиционные среды.

2.3. Методы решения обратной задачи эллипсометрии.

Графо-аналитический метод. Численное решение. Определение большого числа неизвестных параметров и их корреляция. Решение обратной задачи эллипсометрии для неоднородных слоев.

2.4. Оптические схемы эллипсометров.

Методы измерения эллипсометрических параметров. Оптические элементы эллипсометров: поляризаторы, фазосдвигающие устройства. Преобразования поляризации при прохождении через оптические элементы. Модели эллипсометров.

Раздел 3. Методы испытаний изделий наноиндустрии.

3.1. Основы теории испытаний.

Основные понятия теории испытаний: испытания, объект испытаний, макет для испытаний, условия испытаний, программа испытаний, аттестация методики испытаний, испытательное оборудование, результат испытаний, точность и воспроизводимость результатов испытаний. Виды и цели испытаний. Классификация испытаний. Исследовательские, контрольные, сертификационные и эксплуатационные испытания. Основные этапы подготовки и проведения испытаний. Оценка результатов испытаний. Внешние воздействующие факторы при проведении испытаний. Аттестация испытательного оборудования. Испытательные лаборатории.

3.2. Государственные стандарты в области изделий наноиндустрии.

Общая структура ГОСТов на наноматериалы. Технические требования, предъявляемые к различным наноматериалам: нанотрубкам, нанопорошкам, нанокомпозитам и т.д. Наиболее распространенные методы, применяемые для определения характеристик нанообъектов согласно ГОСТ. Правила отбора и подготовки проб и образцов для испытаний. Требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов.

3.3. Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ.

Определение удельной поверхности наноматериалов методом Брунауэра, Эммета и Теллера (БЭТ) по изотерме адсорбции газа: сущность метода, необходимое оборудование, методика проведения испытания, методика обработки результатов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы			
		1	2	3	
	Знать:				
1	основы электронно-зондовых методов анализа	+			
2	основы эллипсометрии		+		
3	основы теории испытаний			+	
4	основные методы испытаний изделий наноиндустрии			+	
5	требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов			+	
	Уметь:				
6	анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов	+	+	+	
7	обрабатывать результаты экспериментальных исследований	+	+	+	
8	использовать основные понятия и определения при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии	+	+	+	
	Владеть:				
9	методиками определения осредненных характеристик наноматериалов	+			
10	методикой определения толщины наноплёнки по спектру пропускания	+			
11	методикой определения показателя преломления и толщины наноплёнки по результатам эллипсометрических измерений		+		
12	методикой определения удельной поверхности наноматериала по изотерме адсорбции			+	
13	навыками работы с российскими стандартами в области изделий наноиндустрии			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
14	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии	ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики	+	+	+
		ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами	+	+	+
		ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в наноинженерии	+	+	+
		ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов	+	+	+
		ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Разделы		
			1	2	3
15	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области нанотехнологий	+	+	+
		ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе и связаны с получением навыков обработки результатов измерений в нанотехнологии и определением на их основе ключевых характеристик диагностируемых наноматериалов и наноструктур.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.2	Анализ электронных фотографий наноструктур. Определение осредненных характеристик системы.	6
2	1.4	Определение толщины наноплёнки по спектру пропускания.	6
3	2.2	Методология построения номограмм $\Delta - \Psi$ и подготовка к работе с ними.	6
	2.3	Определение показателя преломления и толщины наноплёнки графо-аналитическим методом.	8
4	3.3	Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ.	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и лабораторных занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к лабораторным работам;
- составление отчётов по лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий в виде тестов на проверку усвоения теоретического материала дисциплины;
- подготовку к защите домашних заданий;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая

при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный во время занятий, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 4 лабораторных работ (максимальная оценка – 30 баллов: по 6 баллов за лабораторные работы № 1, 2, 4 и 12 баллов за лабораторную работу № 3), 4 домашних заданий в виде тестов и их защиты (максимальная оценка – 30 баллов: по 6 баллов за домашние задания № 1, 2, 4 и 12 баллов за домашнее задание № 3) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

8.1. Темы и примеры заданий для лабораторных работ

Задание № 1

Тема: «Анализ электронных фотографий наноструктур. Определение осредненных характеристик системы».

Исходные данные: фотографии наноструктур, выполненные с помощью электронной микроскопии.

Требуется: провести анализ размеров частиц наноматериалов и на его основе построить кривую распределения частиц по размерам, а также определить средний линейный размер наносистемы, среднюю поверхность наносистемы и средний объём наносистемы.

Задание № 2

Тема: «Определение толщины наноплёнки по спектру пропускания».

Исходные данные:

1) спектр пропускания исследуемой наноплёнки: график зависимости $T = f(\lambda)$, где T – пропускание, %; λ – длина волны, нм;

2) показатель преломления среды (воздуха): $n_0 = 1$;

3) показатель преломления материала подложки: n_1 .

Требуется определить толщину наноплёнки на основе заданных согласно варианту осцилляций спектра.

Задание № 3

Тема: «Методология построения номограмм $\Delta - \Psi$ и подготовка к работе с ними. Определение показателя преломления и толщины наноплёнки графо-аналитическим методом».

Исходные данные:

1) показатель преломления среды (воздуха): $n_0 = 1$;

2) показатели преломления и поглощения материала подложки: n_2, k_2 ;

3) длина световой волны: λ , нм;

4) угол падения света: φ ;

5) сетка значений толщины плёнки и показателя преломления для построения номограммы $\Delta - \Psi$, где Ψ и Δ – возможные показания эллипсометра.

Требуется:

1) по заданной сетке значений толщины плёнки и показателя преломления получить значения эллипсометрических параметров Ψ и Δ и с их помощью построить номограммы $\Delta - \Psi$

при постоянном значении толщины плёнки и при постоянном значении показателя преломления.

2) по заданным значениям Ψ и Δ , полученным в результате экспериментального исследования наноплёнки, определить её толщину и показатель преломления, используя построенные номограммы.

Задание № 4

Тема: «Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ».

Исходные данные: изотерма адсорбции пористого наноструктурированного материала.

Требуется:

На основе предлагаемых экспериментальных данных построить график БЭТ, рассчитать удельную поверхность исследуемого пористого наноструктурированного материала и сделать вывод о соответствии данного материала требованиям ГОСТ.

8.2. Темы и примеры домашних заданий в виде тестов

Домашние задания предлагаются в виде тестов. Выполненный дома тест необходимо защитить во время аудиторных занятий (на лабораторных занятиях). Во время защиты теста студент должен обосновать свой выбор ответа по каждому вопросу.

Домашнее задание № 1

Тема: «Электронная микроскопия».

Вариант № 1:

1) Соотнесите вид электронного микроскопа и природу взаимодействия зонда с образцом:

- | | |
|---------|--|
| 1.СЭМ | А) детектируется туннельный ток |
| 2.СТМ | Б) детектируется электромагнитное излучение |
| 3.ССМ | В) детектируется ток вторичных и отраженных электронов |
| 4.СОМБП | Г) детектируется силовое взаимодействие |

1	2	3	4

2) $\lambda = 0,0388/V^{1/2}$ Для нахождения чего применяется данная формула?

- Длины волны протонов
- Длины волны фотонов
- Длины волны нейтронов
- Длины волны электронов
- Длины волны античастиц

3) В каких режимах, в зависимости от характера движения зонда над поверхностью, может работать сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)? (Возможны несколько вариантов ответов)

- Режим переменной высоты
- Режим постоянной высоты
- Режим переменного туннельного тока
- Режим постоянного туннельного тока
- Режим постоянного сканирования
- Режим постоянного движения зонда

4) Что составляет физическую основу сканирующей туннельной микроскопии?

- Явление отражения световых волн от поверхности материала

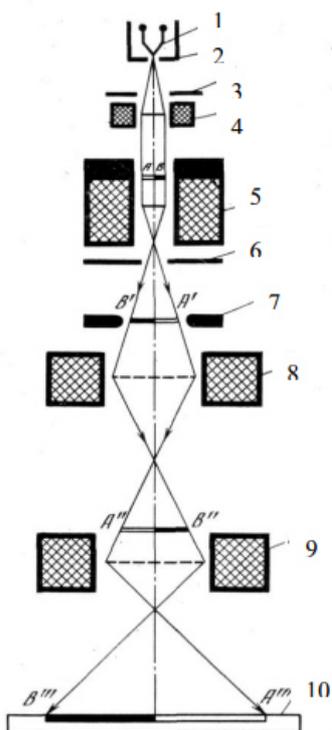
- b) Явления, определяемые туннелированием электронов в зазоре между атомарно острым зондом и поверхностью анализируемого образца
- c) Явление излучения вторичных электронов или квантов света поверхностью, облучаемой пучком электронов
- d) Явление, при котором атомы, возбужденные потоком электронов, образуют туннели, усиливающие проникновение пучка электронов к молекуле

5) Что лежит в основе СЗМ-техники?

- a) детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном отдалении
- b) детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном сближении
- c) детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном наложении друг на друга

6) На схеме просвечивающего электронного микроскопа под номером четыре изображено:

- a) Анод
- b) Конденсорная линза
- c) Проекционная линза
- d) Экран
- e) Промежуточная линза



Домашнее задание № 2

Тема: «Спектральный анализ».

Вариант № 1:

1. В чем заключается сложность изучения молекулярных спектров?
 - a) в большом количестве молекул

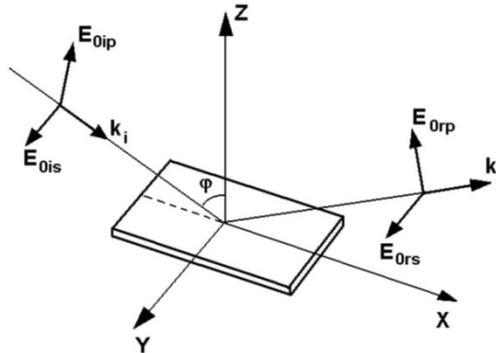
- b) во множестве внутренних движений в молекуле (движение электронов + колебание движение ядер около положения равновесия + вращательное движение молекулы как целого)
- c) они не сложнее атомных спектров
- d) из-за неустойчивости молекул
- e) в том, что молекулярные спектры испускания, поглощения и комбинационного рассеяния света принадлежат свободным или слабо связанным между собой молекулам
2. Какие методы относятся к молекулярной спектроскопии?
- a) рентгеновская спектроскопия, ЯМР, мессбауэровская спектроскопия
- b) ультрафиолетовая, атомно-абсорбционная и фотоэлектронная спектроскопии
- c) атомная флуоресценция, оптическая спектроскопия, ЭПР
- d) только гамма-, альфа- и бета-спектроскопии
- e) атомно-абсорбционная, атомно-эмиссионная спектроскопии и атомная флуоресценция
3. Как, согласно закону Бугера-Ламберта-Бера, можно представить показатель поглощения для раствора?
- a) $k = C * a$
- b) $k = C * \chi$
- c) $k = b * \chi$
- d) $k = R * \chi$
4. На использовании какого эффекта основан метод мессбауэровской спектроскопии, предназначенный для изучения взаимодействия ядра с электрическим и магнитным полями, создаваемыми его окружением?
- a) эффекта Доплера
- b) прямого пьезоэффекта
- c) эффекта Мессбауэра
- d) обратного пьезоэффекта
5. Какую группу волн не используют в спектроскопии?
- a) гамма-лучи
- b) радиоволны
- c) ИК
- d) УФ
- e) Рентгеновское излучение
6. Что позволяет использовать люминесцентный анализ для контроля чистоты веществ?
- a) визуальное детектирование
- b) большая интенсивность света
- c) очень высокая чувствительность
- d) способность исследования химических связей
- e) определение толщины слоя

Домашнее задание № 3

Тема: «Эллипсометрия».

Вариант № 1:

1. На какие составляющие раскладывается вектор амплитуды электрического поля E_{0i} ?



- А) E_{0ip} и E_{0is} Б) k_i и E_{0rs}
 В) k_i и E_{0is} Г) E_{0rs} и E_{0is}

2. Вставьте в текст пропущенные слова.

Спектральный диапазон, в котором проводятся исследования эллипсометрическим методом, равен _____ нм, что соответствует энергии фотона _____ эВ. Эллипсометрия пропускания применяется, когда необходимо проанализировать _____. Отражательная эллипсометрия применяется, когда _____ необходимо проанализировать _____.

3. Какие из утверждений являются верными для обратной задачи эллипсометрии? (Возможно несколько вариантов ответа)

- А) для решения задачи можно использовать численные методы
 Б) нельзя представить аналитически
 В) решение всегда однозначно
 Г) редко можно представить аналитически
 Д) для решения задачи используется однослойная модель
 Е) для решения задачи используется многослойная модель
 Ж) всегда можно представить аналитически
 З) решение практически всегда неоднозначно
 И) для решения используется уравнение: $tg\Psi * e^{i\Delta} = f(x_1, x_2, \dots, x_N, \lambda, \phi, n_0)$
 К) для решения задачи можно использовать графо - аналитический метод

4. Установите соответствие между величиной и её названием/значением:

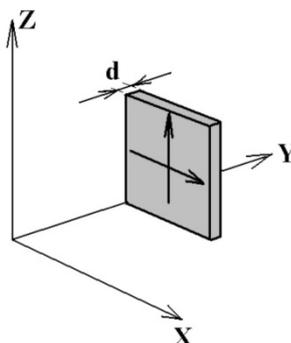
- А) $tg \Psi$ 1) комплексный показатель преломления среды
 Б) ρ 2) комплексный эллипсометрический параметр
 В) N 3) разность между фазовыми скачками волн при отражении
 4) отношение амплитуд коэффициентов отражения для р- и s- волн

А	Б	В

5. Как выглядит соотношение Снелла?

- А) $R_s = \frac{E_{0rs}}{E_{0is}}$ Б) $\varphi_1 = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi / N_1^2}$
 В) $\delta = 2\pi \frac{d}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \varphi}$ В) $tg\Psi * e^{i\Delta} = f(x_1, x_2, \dots, x_N, \lambda, \phi, n_0)$

6. Какие утверждения являются неверными для компенсаторов? (Возможно несколько вариантов ответа)



А) фазовый сдвиг равен $\pi/4$

Б) относительный сдвиг фаз выражается формулой: $\delta_c = \frac{2\pi(n_o - n_e)d}{\lambda}$

В) длина поляризованной волны равна $\lambda/2$

Г) если $n_o > n_e$, то направление вдоль оси x называют быстрой осью, а перпендикулярное к нему направление оси z – медленной осью

Д) фазовый сдвиг не зависит от длины волны

Е) длина поляризованной волны равна $\lambda/4$

И) фазовый сдвиг равен $\pi/2$

К) если $n_o < n_e$, то направление вдоль оси x называют быстрой осью, а перпендикулярное к нему направление оси z – медленной осью

Л) относительный сдвиг фаз выражается формулой: $\delta_c = \frac{2\pi(n_o + n_e)d}{\lambda}$

М) фазовый сдвиг зависит от длины волны

Домашнее задание № 4

Тема: «Государственные стандарты в области изделий наноиндустрии».

Вариант № 1:

1) Какого размера в любом направлении должны быть гранулы нанокompозитного материала в соответствии с ГОСТ?

- 2-7 мм
- 3-6 мм
- 2-6 мм
- 2-5 мм

2) Соотнесите понятие и его определение:

- Наночастица
- Нановолокно
- Аэрозоль

А) Нанообъект, линейные размеры которого по трем измерениям близки длине волны электрона в материале данного нанообъекта и внутри которого потенциальная энергия электрона ниже, чем за его пределами, при этом движение электрона ограничено во всех трех измерениях.

Б) Дисперсная система, состоящая из твердых или жидких частиц, взвешенных в газе.

В) Нанообъект, линейные размеры которого по всем трем измерениям находятся в нанодиапазоне.

Г) Нанообъект, линейные размеры которого по двум измерениям находятся в нанодиапазоне, а по третьему измерению значительно больше.

1	
2	
3	

3) При определении какого показателя толщина образцов должна быть $2,0 \pm 0,2$ мм?

- a) Определение температуры размягчения по Вика
- b) Определение объемного сопротивления
- c) Определение водопоглощения
- d) Определение плотности

4) На этикетке, наклеенной на каждую единицу упаковки, указывают: (возможны несколько вариантов ответа)

- a) дату изготовления;
- b) способ изготовления;
- c) количество единиц в упаковке;
- d) массу нетто, брутто, кг;
- e) наименование и контакты транспортной организации;
- f) наименование и адрес организации-изготовителя;
- g) наименование продукции и марка.

5) Какие методы определения химических характеристик поверхности нанобъектов наиболее распространены в соответствии с ГОСТ? (возможно несколько вариантов ответа)

- a) масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ)
- b) масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)
- c) динамическое рассеяние света (ДРС)
- d) рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)
- e) атомно-силовая микроскопия (АСМ)
- f) анализ траекторий движения частиц (АТДЧ)
- g) спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектроскопия)

6) Оцените результат проведения испытания нанокompозитного материала, если в ходе его проведения было установлено, что массовая доля летучих веществ равна 0,01%.

- a) материал прошёл испытание;
- b) материал не прошёл испытание.

7) Какие действия предусматривает ГОСТ с материалом, не прошедшим испытание?

8.3. Перечень контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

1. Назначения и цели электронно-зондовых методов анализа. Классификация. Применение в задачах нанотехнологии.
2. Основные понятия электронной микроскопии. Классификация методов электронной микроскопии.
3. Просвечивающая электронная микроскопия.
4. Автоэлектронная и автоионная микроскопия.
5. Зондовая микроскопия.

6. Сканирующая электронная микроскопия.
7. Сканирующая туннельная микроскопия.
8. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.
9. Дифракционный анализ. Рентгенография.
10. Дифракционный анализ. Электронография.
11. Спектральный анализ. Основные понятия. Классификация.
12. Рентгеновская спектроскопия.
13. Оже-спектроскопия.
14. Инфракрасная спектроскопия.
15. Люминесцентный анализ.
16. Радиоспектроскопия.
17. Назначение и достоинства эллипсометрии. Применение эллипсометрии в нанотехнологиях.
18. Плоская электромагнитная волна, и её распространение в среде. Отражение плоской электромагнитной волны от исследуемой поверхности.
19. Основное уравнение эллипсометрии. Прямая и обратная задачи эллипсометрии.
20. Основные оптические модели отражающей структуры. Однородная полубесконечная среда.
21. Основные оптические модели отражающей структуры. Однослойная модель.
22. Основные оптические модели отражающей структуры. Многослойная модель.
23. Графо-аналитический метод решения обратной задачи эллипсометрии.
24. Численное решение обратной задачи эллипсометрии.
25. Решение обратной задачи эллипсометрии для неоднородных слоев.
26. Оптические схемы эллипсометров.
27. Оптические элементы эллипсометров: поляризаторы.
28. Оптические элементы эллипсометров: фазосдвигающие устройства.
29. Преобразования поляризации при прохождении через оптические элементы.
30. Основные понятия теории испытаний: испытания, объект испытаний, макет для испытаний, условия испытаний, программа испытаний, испытательное оборудование.
31. Результат испытаний. Точность, достоверность и воспроизводимость результатов испытаний.
32. Виды и цели испытаний. Типы классификации испытаний.
33. Цели и задачи исследовательских, контрольных, сертификационных и эксплуатационных испытаний.
34. Испытания готовой продукции.
35. Классификация испытаний по месту проведения и по продолжительности.
36. Классификация испытаний по видам внешних воздействий.
37. Классификация испытаний по видам результатов воздействий.
38. Классификация испытаний по определяемым характеристикам объекта.
39. Основные этапы подготовки и проведения испытаний.
40. Аттестация испытательного оборудования. Цели и виды аттестации.
41. Первичная аттестация испытательного оборудования.
42. Периодическая аттестация испытательного оборудования.
43. Повторная аттестация испытательного оборудования.
44. Внешние воздействующие факторы. Основные понятия.
45. Внешние воздействующие факторы. Общая классификация.
46. Класс механических внешних воздействующих факторов.
47. Класс климатических внешних воздействующих факторов.
48. Класс биологических внешних воздействующих факторов.
49. Класс радиационных внешних воздействующих факторов.
50. Класс внешних воздействующих факторов электромагнитных полей.
51. Класс внешних воздействующих факторов специальных сред.
52. Класс термических внешних воздействующих факторов.
53. Испытательные лаборатории. Аттестация и аккредитация лабораторий. Межлабораторные сравнительные испытания.

54. Государственные стандарты в области изделий наноиндустрии. Общая структура ГОСТов на наноматериалы.
55. Технические требования, предъявляемые к различным наноматериалам: нанотрубкам, нанопорошкам, нанокомпозитам и т.д.
56. Наиболее распространенные методы, применяемые для определения характеристик нанообъектов согласно ГОСТ.
57. Правила отбора и подготовки проб и образцов для испытаний.
58. Требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов.
59. Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ по изотерме адсорбции газа: сущность метода, методика обработки результатов.
60. Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ по изотерме адсорбции газа: необходимое оборудование, методика проведения испытания.

8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине «Методы диагностики и испытание изделий в наноинженерии» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

<p>"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.03.02 Наноинженерия</p>
<p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Профиль " Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"</p>

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ИСПЫТАНИЕ ИЗДЕЛИЙ В НАНОИНЖЕНЕРИИ

БИЛЕТ № 1

1. Основные понятия электронной микроскопии. Классификация методов электронной микроскопии.
2. Оптические элементы эллипсометров: фазосдвигающие устройства.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Гаврилова Н.Н., Назаров В.В., Яровая О.В. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 51 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Демидова Л.А., Денисюк А.П. Электронно-микроскопические исследования энергонасыщенных материалов : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013, 155 с.

2. Липатьева Т.О., Лотарев С.В., Сигаев В.Н. Зондовая нанолaborатория "ИНТЕГРА Спектра". Спектроскопия комбинационного рассеяния. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 30 с.

3. Дударов С.П., Папаев П.Л. Использование численных методов в табличном процессоре Microsoft Excel. Лабораторный практикум : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 115 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Заводская лаборатория. Диагностика материалов». ISSN: 1028-6861.
- Журнал «Наноматериалы и наноструктуры - XXI век». ISSN: 2225-0999.
- Журнал «Нанотехнологии: наука и производство». ISSN: 2306-0581.
- Журнал «Журнал прикладной спектроскопии». ISSN: 0514-7506.
- Журнал «Химическая физика и мезоскопия». ISSN: 1727-0227.
- Журнал «Российские нанотехнологии». ISSN: 1992-7223.
- Журнал «Acta Microscopica». ISSN: 0798-4545.
- Журнал «Journal of Crystallographic and Spectroscopic Research». ISSN: 0277-8068.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для лабораторных работ;
- демонстрационные расчётные модули по лабораторным работам;
- фотографии наноматериалов, выполненные с помощью электронной микроскопии;
- образцы спектров пропускания наноплёнок;
- примеры номограмм $\Delta - \Psi$;
- образцы изотерм адсорбции наноструктурированных материалов;
- банк домашних заданий в виде тестов (30 вариантов по каждому домашнему заданию);
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

– групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематическая группа в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Discord.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 20 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по лабораторным работам.

Фотографии наноматериалов, выполненные с помощью электронной микроскопии.

Образцы спектров пропускания наноплёнок. Образцы номограмм $\Delta - \Psi$.

Образцы изотерм адсорбции наноструктурированных материалов.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Электронно-зондовые методы анализа.	<u>Знает</u> основы электронно-зондовых методов анализа. <u>Умеет</u> анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанобъектов; обрабатывать результаты экспериментальных исследований; использовать	Оценка за лабораторные работы № 1 и № 2. Оценка за домашние задания № 1 и № 2. Оценка на зачёте.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>основные понятия и определения при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии.</p> <p><u>Владеет</u> методиками определения осредненных характеристик наноматериалов; методикой определения толщины наноплёнки по спектру пропускания.</p>	
<p>Раздел 2. Эллипсометрия.</p>	<p><u>Знает</u> основы эллипсометрии.</p> <p><u>Умеет</u> анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов; обрабатывать результаты экспериментальных исследований; использовать основные понятия и определения при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии.</p> <p><u>Владеет</u> методикой определения показателя преломления и толщины наноплёнки по результатам эллипсометрических измерений.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 3.</p> <p>Оценка за домашнее задание № 3.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>
<p>Раздел 3. Методы испытаний изделий наноиндустрии.</p>	<p><u>Знает</u> основы теории испытаний; основные методы испытаний изделий наноиндустрии; требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов.</p> <p><u>Умеет</u> анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов; обрабатывать результаты экспериментальных исследований; использовать основные понятия и определения при формировании углублённых знаний в сфере наноинженерии.</p> <p><u>Владеет</u> методикой определения удельной поверхности наноматериала по изотерме адсорбции; навыками работы с российскими стандартами в области изделий наноиндустрии.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 4.</p> <p>Оценка за домашнее задание № 4.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

«Методы диагностики и испытание изделий в наноинженерии»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств
наноматериалов»**

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»**

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 25 » мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена: д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов Н.В. Меньшутиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для направления подготовки **28.03.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой **Кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»** относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающийся имеет теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, ведения в направления и аналогичных дисциплин.

Цель дисциплины **«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»** – изучение математических и компьютерных подходов к прогнозированию свойств наноматериалов.

Задачи дисциплины:

- изучение современных информационных технологий, применяемых в химической, нефтехимической, фармацевтической отраслях промышленности;
- приобретение базовых теоретических знаний и навыков в области проектирования, математического и компьютерного моделирования.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- получения студентами знаний о способах прогнозирования свойств наноматериалов;
- изучение основ проектирования современных информационных и интеллектуальных систем и их использования;
- осваивание создания информационных приложений в рамках выполнения лабораторных работ;
- изучение системного программного обеспечения, библиотеки и конструкции инструментальных средств разработки.

Дисциплина **«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение **следующих компетенций и индикаторов их достижения:**

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Исследовательская деятельность	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий.
Владение информационными технологиями	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации.
Проектирование объектов, систем и процессов	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии.	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем. ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями. ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии.

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основы моделирования с помощью клеточных автоматов;
- подход для определения свойств новых материалов на основе установления количественной взаимосвязи между структурой и свойствами;
- применение механики гетерогенных сред для моделирования тепло- и массопереноса в пористых средах.

Уметь:

- строить клеточно-автоматную 2D модель для поля 100x100 клеток;
- строить простейшую QSAR модель, отражающую взаимосвязь одного свойства от молекулярной структуры материала.

Владеть:

- навыками использования готовых пакетов программ Nanostruct для генерации структуры пористых тел.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	43
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№	Наименование раздела	Акад. часов				
		Всего	Лекции	ЛР	ПЗ	СР
	Введение	1	1	–	–	–
1	Раздел 1. Моделирование структуры и свойств материала	77	5	20	12	40
1.1	Основные определения и понятия.	4,5	0,5	–	–	4
1.2	Моделирование структуры и молекул классическими подходами.	19	1	4	2	12
1.3	QSAR- метод.	24	2	4	6	12
1.4	Клеточно-автоматное моделирование.	29,5	1,5	12	4	12
2	Раздел 2. Методы обработки информации	14	4	–	–	10
2.1	Методы обработки и хранения данных.	7	2	–	–	5
2.2	Интеллектуальный анализ данных.	7	2	–	–	5
3	Раздел 3. Моделирование динамических процессов (тепло-и массопереноса) в наноструктурах с использованием пакета Fluent	52	6	12	4	30
3.1	Введение в вычислительную гидродинамику.	12	2	–	–	10
3.2	Программные пакеты для моделирования тепло-и массопереноса (ASPEN).	40	4	12	4	20
	ИТОГО	144	16	32	16	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы изучаемой дисциплины. Цели и задачи курса. Описание основных разделов курса. Структура курса и правила рейтинговой системы. Введение в предметную область. Основные понятия, определения, терминология.

Раздел 1. Моделирование структуры и свойств материала.

1.1 Основные определения и понятия. Многоуровневая структура изучения новых материалов. Квантовая химия и молекулярная динамика. Метод Монте-Карло. Тенденции развития наномоделирования. Отечественные и зарубежные программные пакеты.

1.2 Моделирование структуры и молекул классическими подходами. Ознакомление с классическими подходами к описанию молекул и структур новых веществ: квантовая механика, молекулярное моделирование, конформационный анализ, метод Монте-Карло, методы 3D QSAR, виртуальный скрининг и докинг.

1.3 QSAR-метод. Задачи метода. Дескрипторы: топологические, структурные, липофильности и другие. Создание моделей и алгоритмы их построения. Программа PASS (цели, принцип работы). Методы обработки и хранения данных. Интеллектуальный анализ данных.

1.4 Клеточно-автоматное моделирование. История возникновения. Изучение современных методов компьютерного моделирования структуры и свойств наноматериала с использованием 2D и 3D клеточных автоматов. Изучение алгоритмов “слабо-перекрывающихся сфер”, DLA, MultiDLA для генерации структур на наноуровне как пористых тел, так и функциональных и композиционных материалов. Знакомство и работа с программой Nanostruct.

Раздел 2. Методы обработки информации.

2.1 Методы обработки и хранения данных. БД – как компьютерные хранилища информации. Рассмотрение принципов и примеров построения баз данных: иерархические, сетевые, реляционные. Таблицы, сущности, взаимосвязи. Компьютерные среды для построения БД. Особенности картографических, текстовых БД. Алгоритмы поиска в них информации. Примеры БД для поиска информации в области химической технологии (Science Direct, Dechema, БД ВИНТИ и другие).

2.2 Интеллектуальный анализ данных. Структура интеллектуального анализа данных (ИАД, в английской терминологии Data Mining). ИАД как процесс аналитического исследования больших массивов информации с целью выявления определенных закономерностей и систематических взаимосвязей между переменными, которые затем можно применить к новым совокупностям данных. Автоматизированная обработка и обобщение накопленных сведений, превращение их в информацию и знания. Характеристика, область применения каждого метода ИАД. Автоматизированные системы для предприятий.

Раздел 3. Моделирование динамических процессов (тепло-и массопереноса) в наноструктурах с использованием пакета Fluent.

3.1 Введение в вычислительную гидродинамику. Основные понятия и законы.

3.2 Программные пакеты для моделирования тепло-и массопереноса (ASPEN). Пакеты ANSYS как пример коммерческих пакетов для проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств. Состав пакетов ANSYS. Fluent – как один из пакетов ANSYS. Примеры задач моделирования динамических процессов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<i>Знать:</i>				
1	основы моделирования с помощью клеточных автоматов	+			
2	подход для определения свойств новых материалов на основе установления количественной взаимосвязи между структурой и свойствами	+	+		
3	применение механики гетерогенных сред для моделирования тепло- и массопереноса в пористых средах.			+	
	<i>Уметь:</i>				
6	строить клеточно-автоматную 2D модель для поля 100x100 клеток;	+	+		
7	строить простейшую QSAR модель, отражающую взаимосвязь одного свойства от молекулярной структуры материала.	+		+	
	<i>Владеть:</i>				
8	навыками использования готовых пакетов программ Nanostruct для генерации структуры пористых тел	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
9	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами.	+		
10	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с	+	+	+

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
		использованием современных компьютерных технологий.			
11	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации.	+	+	+
12	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем.	+	+	+
13	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями.	+		+
14	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	1	Молекулярная динамика. Основные теоретические положения. Примеры применения (2 часа)	2
2	1	Теория клеточных автоматов (КА). Типы и методы КА. Алгоритмы и примеры применения(6 часов)	6
3	1	QSAR-метод. Теория и примеры применения (4 часов)	4
4	3	Моделирование процессов тепло- и массообмена в нано- и микрообъёмах (4 часа)	4

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»*, а также дает знания о использовании современных пакетов прикладных программ, моделировании структуры и свойств методами молекулярной динамики, клеточно-автоматным подходом, процессов масса- и теплопереноса..

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Молекулярная динамика. Основные теоретические положения. Примеры применения	4
2	1	Генерация структуры пористых тел (композиционных, функциональных материалов). Моделирование процесса адсорбции и пиролиза	12
3	1	QSAR-метод. Теория и примеры применения	4
4	2	Моделирование процессов тепло- и массообмена в нано- и микрообъёмах	12

7.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно- библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 балла) и итогового контроля в форме *зачёта с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Для текущего контроля не предусмотрено реферативно-аналитической работы по дисциплине *«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»*.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-2 составляет по 10 баллов за каждую.

Раздел 1. Пример контрольной работы №1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Выражение свойств через структурные характеристики молекулы (QSPR, QSAR).
2. Компьютерное моделирование структуры и свойств материала на основании клеточных автоматов.
3. Огрублённые модели, мультимасштабное моделирование.
4. Компьютерные программы для моделирования молекул и их свойств.

Вопрос 1.2

1. Класс и объект.
2. Компьютерные программы для моделирования молекул и их свойств.
3. Работа с файлами, потоки.
4. Тенденции развития моделирования программных продуктов.

Раздел 2. Пример контрольной работы №2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос на 10 баллов.

Вопрос 2.1

1. Тенденции моделирования.
2. Родительские и дочерние отношения (таблицы). Отношение многое ко многому.
3. Типы автоматизированных систем.
4. Стратегии поддержания ссылочной целостности. Стратегия SET DEFAULT.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Дать определение понятия «система» («модель», «данные», «База данных», «граф», «линейная регрессия», «нейронная сеть», «кластеризация», «классификация»).
2. Многоуровневая структура изучения новых материалов. Уровни иерархии.
3. Компьютерные программы для разработки моделирования и анализа наноустройств и нанотехники.
4. Компьютерные программы для моделирования молекул и их свойств.
5. Моделирование структуры наноматериалов на основании классических подходов (квантовая химия, молекулярная динамика, метод Монте-Карло).
6. Огрублённые модели, мультимасштабное моделирование.
7. Выражение свойств через структурные характеристики молекулы (QSPR, QSAR).
8. Дать характеристику дескрипторам разных уровней.
9. Компьютерное моделирование структуры и свойств материала на основании клеточных автоматов.
10. Клеточно-автоматные модели генерации структуры аэрогелей.
11. Методы интеллектуального анализа данных.
12. Принципы обработки данных.
13. CFD: определение, для чего используется, принципы, этапы моделирования.
14. Приведите определение математического моделирования и его основную цель.
15. Системы автоматизированного проектирования, их составные части.
16. Автоматизированные системы управления технологическими процессами, принципы работы.
17. Основные программные продукты автоматизированных систем управления.
18. Типы автоматизированных систем.
19. Планирование и управление предприятием (ERP).
20. Планирование производства (MRP2).
21. Производственная исполнительная система (MES).
22. Система LIMS управление лабораторными исследованиями.
23. Система АСУ-ТП (SCADA).
24. Декомпозиция.
25. Класс и объект.
26. Наследование, полиморфизм, инкапсуляция.
27. Иерархия.
28. Пространство имён.
29. Абстрактный класс.
30. Виртуальные методы. Статические классы.

31. Создание объектов.
32. Методы.
33. Строки.
34. Условия.
35. Массивы, перечисления.
36. Циклы.
37. Рекурсия.
38. Статические классы.
39. Работа с файлами, потоки.
40. Тенденции развития моделирования программных продуктов.
41. Что такое «множество», при каких условиях совокупность данных можно назвать множеством?
42. Что такое «домен», его свойства?
43. Что такое «простой, составной, первичный, альтернативный потенциальный ключ»?
44. Обзор информационных программных продуктов.
45. Для чего служат потенциальные ключи, правило целостности сущностей?
46. Методы интеллектуального анализа данных.
47. Основные операции над множествами: объединение, пересечение, вычитание.
48. Что такое «атрибут отношения», «степень отношения», «мощность отношения»?
49. Типы связей «один к одному», «один ко многим», «много ко многим».
50. Что такое «декартово произведение множеств», «степень декартового произведения»?
51. Дать определение понятиям: «реляционная база данных», «схема реляционной базы данных».

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (3 семестр).

Зачёт с оценкой по дисциплине «*Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю»
зав. кафедрой

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

_____ М.Б.Глебов
(Подпись) (И.О. Фамилия)

Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

«_» _____ 20__ г.

Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
Направление подготовки бакалавров 28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»

Дисциплина «Методы и инструментальные средства
прогнозирования свойств наноматериалов»

Билет № 1

1. Моделирование структуры наноматериалов на основании классических подходов (квантовая химия, молекулярная динамика, метод Монте-Карло).
2. CFD: определение, для чего используется, принципы, этапы моделирования..
3. Виртуальные методы. Статические классы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Н.В. Меньшутина, А.В. Матасов. Современные информационные системы хранения данных, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 308 с.
2. А.В. Матасов, Н.В. Меньшутина, О.В. Сидоркин. Системы автоматизированной поддержки принятия решений в задачах химической технологии, экологии и фармацевтики: учеб. Пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 168 с.
3. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В., Гордиенко М.Г., Гусева Е.В., Троянкин А.Ю. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.2. – М.: Издательство БИНОМ, 2013 – 480 с.

Б. Дополнительная литература

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
2. Хельтге Х.-Д., Зиппль В., Роньян Д., Фолькерс Г. Молекулярное моделирование. Теория и практика. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 318 с.
3. Nendza M. Structure-Activity Relationships in Environmental Sciences. – Chapman & Hall: London. – 1998.
4. Колнооченко А.В. Моделирование структур аэрогелей и массопереноса в них с применением высокопроизводительных вычислений. Диссертация. М., 2013 – 156 с.
5. Лекции по спецкурсу «Молекулярное моделирование и QSAR» [Электронный ресурс] URL: <http://qsar.chem.msu.ru/ru/obrazov/36-present>
6. Гуриков П. А. Информационно-аналитический комплекс в области химии и технологии сверхкритических флюидов. Диссертация. М., 2010 – 180 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ.

Научно-технические журналы:

- Ж. Программные продукты и системы. ISSN 0236-235X (Print). ISSN 2311-2735(Online).
- Ж. Автоматизация в промышленности. ISSN 1819-5962 (Print)
- Ж. Современные технологии автоматизации. ISSN 0206-975X (Print).
- Ж. Химико-фармацевтический журнал. ISSN 0023-1134 (Print).
- Ж. Аналитика. ISSN 2227-572X (Print).
- Ж. Фармация и фармакология. ISSN 2307-9266 (Print). ISSN 2413-2241(Online).
- Ж. Journal of Pharmaceutical Research International. ISSN 2456-9119 (Print). ISSN 2231-2919 (Online).
- Ж. Pharmaceutical Chemistry Journal. ISSN 0091-150X (Print). ISSN 1573-9031 (Online).
- Ж. Российские нанотехнологии. ISSN 1992-7223 (Print) ISSN 1992-4068 (Online).
- Ж. Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век. ISSN 2225-0980 (Print).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс] <http://www.nanojournal.ru>
- Наномир — интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс] <http://www.miracle-uni.ru>
- Ж. Nature Nanotechnology. 1748-3387 (Print) and 1748-3395 (Online).
- Ж. Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093 (Print).
- Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Каталог программных продуктов и СУБД компании ANSYS. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cae-expert.ru/> (дата обращения: 01.04.2021).
2. Каталог программных продуктов и СУБД компании Oracle. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oracle.com/ru/index.html> (дата обращения: 01.04.2021).

Сайты на актуальные компании производителей программных продуктов оборудования ежегодно обновляются.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf;
- банк вариантов контрольных работ – 50;
- банк вариантов лабораторных работ – 50;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50;

– предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося бакалавриата.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лабораторные занятия по дисциплине проходят в лабораториях Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий, оборудованных современным оборудованием, в том числе: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/

биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis A5g500 (Польша), многофункциональное устройство.

11.2 Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине *«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muctr.ru>.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	16	Бессрочно
3	Microsoft SQL Server - Standard 2008	Контракт № 168-167А/2008, Microsoft Open License Номер лицензии 45026144	2	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Моделирование структуры и свойств материала	<i>Знает:</i> основы моделирования с помощью клеточных автоматов; подход для определения свойств новых материалов на основе установления количественной взаимосвязи между структурой и свойствами. <i>Умеет:</i> строить клеточно-автоматную 2D модель для поля 100x100 клеток; строить простейшую QSAR модель, отражающую взаимосвязь одного свойства от молекулярной структуры материала. <i>Владеет:</i> навыками использования готовых пакетов программ Nanostruct для генерации структуры пористых тел.	Оценка за лабораторные работы №1,2,3 Оценка за контрольную работу №1. Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 2. Методы обработки информации	<i>Знает:</i> подход для определения свойств новых материалов на основе установления количественной взаимосвязи между структурой и свойствами. <i>Умеет:</i> строить клеточно-автоматную 2D модель для поля 100x100 клеток. <i>Владеет:</i> навыками использования готовых пакетов программ Nanostruct для генерации структуры пористых тел.	Оценка за контрольную работу №2. Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 3. Моделирование	<i>Знает:</i> применение механики гетерогенных сред для моделирования тепло- и	Оценка за лабораторную

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
динамических процессов (тепло-и массопереноса) в наноструктурах с использованием пакета Fluent	массопереноса в пористых средах. <i>Умеет:</i> строить простейшую QSAR модель, отражающую взаимосвязь одного свойства от молекулярной структуры материала. <i>Владеет:</i> о навыками использования готовых пакетов программ Nanostruct для генерации структуры пористых тел.	работу №4. Оценка на зачёте с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы и инструментальные средства прогнозирования свойств наноматериалов»
основной образовательной программы
направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы кибернетики в наноинженерии»
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация «бакалавр»**

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров
(Подпись)

Москва 2021 г.

Программа составлена доцентом, к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов Гусевой Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Методы кибернетики в наноинженерии» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, и рассчитана на изучение в 7 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по математике, теории вероятности и математической статистике и аналогичным дисциплинам других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины «Методы кибернетики в наноинженерии» - изложить методологию и алгоритмы оптимизации процессов в задачах для наноинженерии и экспериментальных исследований, интерпретации полученных результатов оптимизации и обучить студентов навыкам практической работы по оптимизации сложных нанопроцессов, методам обработки экспериментальных данных и планирования экстремальных экспериментов.

Задачи дисциплины:

- изучение основных принципов и методов оптимизации наноинженерных процессов и систем;
- изучение различных видов критериев оптимальности;
- изучение классификаций наноинженерных технологических процессов, удобных для решения задач оптимизации;
- изучение типовых задач оптимизации нанотехнологических производств;
- изучение математико-статистических основ планирования и обработки эксперимента;
- изучение процесса проведения корреляционного анализа результатов экспериментов;
- изучение процесса проведения регрессионного анализа результатов экспериментов;
- изучение основ составления планов экстремальных экспериментов.

Дисциплина «Методы кибернетики в наноинженерии» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Методы кибернетики в наноинженерии» на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий. УК-2.3 Владеет навыками выбора метода оптимизации сложных процессов в рамках поставленной цели.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Профиль “Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии”				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной</p>

				защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств

				<p>наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

знать:

- методы оптимизации в наноинженерии;
- современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов;
- планы эксперимента для решения задач оптимизации;

уметь:

- выбрать метод оптимизации, адекватный постановке задачи;
- выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий;
- выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации;

владеть:

- методами оптимизации в наноинженерии и оптимизации экспериментальных исследований в области наноинженерии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Самостоятельная работа	3,22	116	87
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	3,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		115,6	86,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация			
Подготовка к экзамену.			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения.

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
1.	Раздел 1. Методы статистического анализа процессов	19	-	3	-	4	-	-	-	18
1.1	Основные характеристики СВ. Равномерное и нормальное распределения. Свойства математического ожидания и дисперсии. Задача об абсолютном отклонении. Генеральная совокупность и случайная выборка	6	-	1	-	2	-	-	-	5
1.2	Генеральная совокупность и случайная выборка. Метод максимального правдоподобия. Оценки.	4	-	0,5	-	0,5	-	-	-	4
1.3	Классификация ошибок измерения. Определение дисперсии по текущим измерениям.	5	-	1	-	1	-	-	-	5
1.4	Доверительные интервалы и доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка однородности результатов измерений.	4	-	0,5	-	0,5	-	-	-	4
2.	Раздел 2. Методы корреляционного и регрессионного анализов	28	-	5	-	5	-	-	-	24

2.1	Метод корреляционного анализа. Коэффициенты корреляции.	8	-	1	-	1	-	-	-	8
2.2	Приближенная регрессия. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ.	10	-	2	-	2	-	-	-	8
2.3	Метод множественной корреляции	10	-	2	-	2	-	-	-	8
3.	Раздел 3. Методы планирования эксперимента.	40	-	10	-	12	-	-	-	24
3.1	Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент	9	-	2	-	3	-	-	-	6
3.2	Дробный факторный эксперимент	8	-	2	-	2	-	-	-	5
3.3	Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика	6	-	2	-	2	-	-	-	3
3.4	Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона. Ортогональные планы второго порядка	9	-	2	-	3	-	-	-	5
3.5	Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера	8	-	2	-	2	-	-	-	5
4.	Раздел 4. Особенности оптимизации процессов химической технологии	6	-	2	-	-	-	-	-	10
4.1	Классификация процессов химической технологии. Характеристика параметров систем, математические модели и их роль в решении задач оптимизации	3	-	1	-	-	-	-	-	5
4.2	Экономическая эффективность технологических процессов. Виды критериев оптимальности	3	-	1	-	-	-	-	-	5
5.	Аналитические методы оптимизации	24	-	5	-	5	-	-	-	20

5.1	Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе	13	-	3		3	-	-	-	10
5.2	Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа	11	-	2		2	-	-	-	10
6.	Раздел 6. Методы математического программирования	26	-	6		6	-	-	-	20
6.1	Метод геометрического программирования	8	-	2		2	-	-	-	6
6.2	Метод линейного программирования	8	-	2		2	-	-	-	6
6.3	Метод динамического программирования	10	-	2		2	-	-	-	8
	Заключение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	180	-	32	-	32	-	-	-	116
	Зачет с оценкой	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	180								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные характеристики случайных величин. Определение параметров функции распределения.

1.1 Основные характеристики СВ. Свойства математического ожидания и дисперсии. Равномерное и нормальное распределения. Задача об абсолютном отклонении.

Случайное явление, случайное событие, случайная величина. Непрерывные и дискретные случайные величины. Аксиомы теории вероятности А.Н Колмогорова. Вероятностный ряд. Функция и плотность распределения. Моменты распределения. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Равномерное и нормальное распределение. Квантили. Функция Лапласа. Задача об абсолютном отклонении.

1.2. Генеральная совокупность и случайная выборка. Метод максимального правдоподобия. Оценки.

Генеральная совокупность и случайная выборка. Выборочная функция распределения. Теорема Гливенко. Оценки. Требования к ним. Метод максимального правдоподобия. Оценки математического ожидания и дисперсии.

1.3. Классификация ошибок измерения. Определение дисперсии по текущим измерениям.

Классификация ошибок измерения. Закон сложения ошибок. Ошибки косвенных измерений. Определение дисперсии по текущим измерениям (дисперсии воспроизводимости).

1.4. Доверительные интервалы и доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка однородности результатов измерений.

Доверительные интервалы, доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка статистических гипотез. Оценки математического ожидания и дисперсии нормально распределенной случайной величины. Сравнение нескольких дисперсий. Критерии Бартлетта и Кохрена. Проверка однородности результатов измерений.

Раздел 2. Методы корреляционного и регрессионного анализов.

2.1 Метод корреляционного анализа. Коэффициенты корреляции.

Метод корреляционного анализа. Стохастическая связь. Выборочный коэффициент корреляции. Коэффициенты частной корреляции.

2.2 Приближенная регрессия. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ.

Приближенная регрессия. Использование метода наименьших квадратов для регрессии. Линейная регрессия от одного параметра. Описание регрессионного анализа.

2.3. Метод множественной корреляции.

Метод множественной корреляции. Проведение регрессионного анализа в матричной форме.

Раздел 3. Методы планирования эксперимента.

3.1 Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент.

Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент. (уровни, факторы, факторное пространство, параметры оптимизации). Несмешанные и смешанные оценки.

3.2. Дробный факторный эксперимент.

Описание дробного факторного эксперимента. Понятия генерирующего соотношения и определяющего контраста. Разрешающая способность дробной реплики.

3.3. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика.

Метод крутого восхождения по поверхности отклика. Интервал варьирования. Эффективность метода крутого восхождения.

3.4. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона. Ортогональные планы второго порядка.

Описание области, близкой к экстремуму. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, их структура. Центральный композиционный план второго порядка. «Звездное» плечо. Ортогональные планы второго порядка.

3.5. Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера.

Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера. Эквидистантные точки. Расчет величины «звездного» плеча.

Раздел 4. Особенности оптимизации процессов химической технологии.

4.1 Классификация процессов химической технологии. Характеристика параметров систем, математические модели и их роль в решении задач оптимизации.

Классификация процессов химической технологии исходя из временных и пространственных признаков. Характеристика параметров систем. Математические модели и их роль в решении задач оптимизации. Классификация математических моделей. Модели статические, динамические, с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами.

4.2. Экономическая эффективность технологических процессов. Виды критериев оптимальности.

Экономическая эффективность технологических процессов. Показатели эффективности элементов химико-технологической системы. Виды критериев оптимальности: в виде функционала, аддитивный, в виде линейной функции от управляющих параметров. Экономические критерии. Выбор управляющих переменных при оптимизации.

Раздел 5. Аналитические методы оптимизации.

5.1. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.

Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной и многих переменных. Оптимизация равновесных экзотермических реакций, оптимизация многосекционного адиабатического реактора. Селективность и ее исследование для выбора оптимальных условий проведения реакций.

5.2. Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа.

Понятие условного экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Оптимальное распределение потоков сырья между параллельно работающими аппаратами. Оптимизация многостадийных процессов.

Раздел 6. Методы математического программирования.

6.1. Метод геометрического программирования.

Геометрическое программирование, вывод общих соотношений. Общая схема решения задач методом геометрического программирования. Двойственная функция. Расчет оптимального цикла периодической фильтрации.

6.2. Метод линейного программирования.

Математическая формулировка метода линейного программирования. Геометрическое представление. Симплекс-метод Данцига.

6.3. Метод динамического программирования.

Динамическое программирование. Принцип Р. Беллмана. Метод динамического программирования сверху и метод динамического программирования снизу. Математическая формулировка принципа оптимальности. Общая схема решения задач методом динамического программирования.

Заключение.

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований для постановки и обработки экспериментов, оптимизации химико-технологических процессов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
Знать:							
1	– методы оптимизации в наноинженерии;				+	+	+
2	– современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов;	+	+	+			
3	– планы эксперимента для решения задач оптимизации			+			
Уметь:							
4	– выбрать метод оптимизации, адекватный постановке задачи;				+	+	+
5	– выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий;		+	+	+	+	+
	– выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации.			+			
Владеть:							
6	– методами оптимизации в наноинженерии и оптимизации экспериментальных исследований в наноинженерии	+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>							
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК					
7	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий		+	+	+	+
8		УК-2.3 Владеет навыками выбора метода оптимизации сложных процессов в рамках поставленной цели			+	+	+

	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК						
9	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности	ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики)	+	+			+	+
10		ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса		+	+	+	+	+
11	– ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3. Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия. Примерные темы практических занятий по дисциплине (32 акад. ч.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Примерные темы практических занятий	Часы
1-2	1	Характеристики случайных величин. Математическое ожидание и дисперсия. Задача об абсолютном отклонении. Метод максимального правдоподобия.	2,5
2-3	1	Определение дисперсии по текущим измерениям. Доверительные интервалы и доверительная вероятность.	1,5
3-5	2	Метод корреляционного анализа. Коэффициенты корреляции. Приближенная регрессия. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ. Множественная корреляция.	5
6-7	3	Полный факторный эксперимент	3
7-9	3	Дробный факторный эксперимент. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика	4
10-11	3	Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона. Ортогональные планы второго порядка. Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера	5
11-13	5	Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе. Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа	5
13-16	6	Методы геометрического программирования, линейного программирования, динамического программирования	6

6.2. Лабораторные занятия. Примерные темы лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает: например, рассмотрение практических примеров планирования экспериментов, приведенных в литературе.

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины.

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (5 семестр) (по одной контрольной работе по 1-3 разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 1.1. Случайная величина X имеет нормальное распределение с математическим ожиданием $m_x = 50$ и средним квадратичным отклонением $\sigma = 20$. Найти вероятность того, что случайная величина X отклонится от своего математического ожидания по абсолютной величине не больше, чем на $\delta = 4$.

Вопрос 1.2. Случайная величина X (число появлений события A в m независимых испытаниях) имеет закон распределения в виде:

$$f(x) = AC\sigma e^{-5\sigma x}$$

где A , C – константы, σ – неизвестный параметр распределения, $i=1, n$, x - число появлений события в i -ом опыте ($i=1, 2, \dots, n$).

Найти методом максимального правдоподобия по выборке $1, 2, \dots, N$ точечную оценку неизвестного параметра σ распределения.

Вопрос 1.3. Оценить ошибку определения плотности вещества, используя следующие результаты измерений: масса 420,2 г, ошибка измерения массы 0,22 г, объем 50,15 см³, ошибка измерения объема 0,12 см³.

Вопрос 1.4.

В тигеле проводили испарение жидкости с целью получения сухого остатка вещества A . Результаты представлены в таблице. Рассчитать дисперсию воспроизводимости и ошибку измерений сухого остатка.

Номер опыта	Номер пробы				
	1	2	3	4	5
1	1.2	2.3	2.9	1.0	2
2	1.25	3	2.8	2.3	
3	1.8		2.7		

Вопрос 1.5. Были получены измерения концентрации в растворе вещества А, равные, 2.25, 2.50, 3.5, 2.8 г/л. Определить доверительный интервал для оценки истинного значения концентрации, если уровень значимости равен 0.5, объем выборки $n = 25$ и генеральное среднее квадратичное отклонение равно 1.05.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 1 вопрос, 20 баллов за вопрос.

Определить зависимость содержания Fe, % (y), в кристаллах медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ от содержания FeSO_4 , г/л (x), в маточном растворе. Каждый опыт повторяется 2 раза.

Номер опыта	x	y	
1	50	0,65	0,84
2	60	0,96	0,84
3	70	0,93	1,2
4	85	1,33	1,47
5	100	1,75	1,86
6	105	2,32	2,48

Выполнить: 1) оценить однородность дисперсий; 2) определить дисперсию воспроизводимости; 3) выбрать вид функциональной зависимости $y = f(x)$, считая ее линейной; 4) найти коэффициенты уравнения регрессии методом МНК; 5) провести регрессионный анализ результатов. Уровень значимости равен 0,05.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 1 вопрос, 20 баллов за вопрос.

Полный факторный эксперимент 2^2 , приведен в таблице, использовался для изучения зависимости соотношения между водной и общей формами P_2O_5 (y, %) от температуры процесса аммонизации (z_1 , °C) и содержания воды в спиртовой фазе (z_2 , %) при получении монокальцийфосфата кислотным разложением фосфатов с применением жидкостной экстракции. Каждый опыт повторен 2 раза.

1) построить матрицу планирования в кодированных величинах, 2) оценить однородность дисперсий, 3) записать уравнение регрессии, исходя из условия, что учитываются только линейные эффекты, 4) провести регрессионный анализ.

Номер опыта	z_1	z_2	y	
1	80	11,34	83,1	85,2
2	20	9,75	60,6	62,5
3	80	9,75	71,8	73,9
4	20	11,34	83,7	81,9

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1-6 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов, вопрос 3.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения

дисциплины (7 семестр – зачёт с оценкой).

1. Случайное явление, случайное событие, случайная величина. Непрерывные и дискретные случайные величины.
2. Аксиомы теории вероятности А.Н Колмогорова. Вероятностный ряд.
3. Функция и плотность распределения.
4. Моменты распределения.
5. Математическое ожидание случайной величины. Ее свойства.
6. Дисперсия случайной величины. Ее свойства.
7. Квантили.
8. Функция Лапласа. Задача об абсолютном отклонении.
9. Равномерное и нормальное распределения.
10. Генеральная совокупность и случайная выборка. Выборочная функция распределения.
11. Метод максимального правдоподобия. Теорема Гливенко.
12. Оценки математического ожидания и дисперсии.
13. Классификация ошибок измерения. Закон сложения ошибок.
14. Классификация ошибок измерения. Ошибки косвенных измерений.
15. Классификация ошибок измерения. Определение дисперсии воспроизводимости по текущим измерениям.
16. Доверительные интервалы, доверительная вероятность.
17. Статистические гипотезы. Проверка статистических гипотез.
18. Оценки математического ожидания нормально распределенной случайной величины.
19. Оценки дисперсии нормально распределенной случайной величины.
20. Сравнение нескольких дисперсий. Проверка однородности результатов измерений. Критерий Бартлетта.
21. Сравнение нескольких дисперсий. Проверка однородности результатов измерений. Критерий Кохрена.
22. Метод корреляционного анализа. Стохастическая связь. Выборочный коэффициент корреляции. Коэффициенты частной корреляции.
23. Метод корреляционного анализа. Стохастическая связь. Коэффициенты частной корреляции.
24. Приближенная регрессия. Использование метода наименьших квадратов для регрессии. Линейная регрессия от одного параметра. Описание регрессионного анализа.
25. Метод множественной корреляции. Проведение регрессионного анализа в матричной форме.
26. Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент (уровни, факторы, факторное пространство, параметры оптимизации). Несмешанные и смешанные оценки.
27. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.
28. Описание дробного факторного эксперимента. Понятия генерирующего соотношения и определяющего контраста. Разрешающая способность дробной реплики.
29. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика. Интервал варьирования. Эффектность метода крутого восхождения.
30. Описание области, близкой к экстремуму. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, их структура.
31. Центральные композиционные планы второго порядка.
32. Ортогональные планы второго порядка. «Звездное» плечо».
33. Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера. Эквидистантные точки. Расчет величины «звездного» плеча.

34. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $\hat{Y}=b_0+b_1x$. Алгоритм регрессионного анализа для случая отдельной выборки объема m повторных опытов в одной точке .
35. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $\hat{Y}=b_0+b_1x$. Алгоритм регрессионного анализа для случая отдельной выборки объема s с разным m повторных опытов в одной точке .
36. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $\hat{Y}=b_0+b_1x$. Алгоритм регрессионного анализа для случая отдельной выборки с дополнительными опытами m в одной точке .
37. Построить ортогональный план второго порядка для $k=5$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).
38. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).
39. Построить ортогональный план второго порядка для $k=4$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).
40. Построить ортогональный план второго порядка для $k=4$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен либо 2, либо 3 раза).
41. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (Отдельная серия опытов 3 раза).
42. Крутое восхождение по поверхности отклика.
43. Построить план эксперимента 2^2 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.
44. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен либо 2, либо 3 раза.
45. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае отдельной серии опытов 4 раза.
46. Построить план эксперимента 2^4 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.
47. Построить план эксперимента 2^4 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае отдельной серии опытов 4 раза.
48. Числовые характеристики законов распределения. Свойства математического ожидания и дисперсии. Оценки для математического ожидания и дисперсии нормально распределенной случайной величины.
49. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Построение доверительного интервала для математического ожидания нормально распределенной случайной величины.
50. Построить дробную реплику 2^{4-1} . Провести регрессионный анализ линейного уравнения регрессии в случае отдельной выборки из четырех параллельных опытов для определения дисперсии воспроизводимости.
51. Коэффициент корреляции. Построение доверительного интервала для коэффициента корреляции.
52. Построить дробную реплику 2^{3-1} . Провести регрессионный анализ линейного уравнения регрессии в случае отдельной выборки из трех параллельных опытов для определения дисперсии воспроизводимости.
53. Построить дробную реплику 2^{5-2} . Провести регрессионный анализ линейного уравнения регрессии в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.

54. Построить дробную реплику 2^{5-1} . Провести регрессионный анализ линейного уравнения регрессии в случае, когда каждый опыт повторен либо 2, либо 3 раза.
55. Определение дисперсии воспроизводимости по текущим измерениям. Проверка гипотезы об однородности дисперсии.
56. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (в центре плана проведено 4 опыта для определения дисперсии воспроизводимости).
57. Метод максимального правдоподобия. Пример.
58. Построить ортогональный план второго порядка для $k=4$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 2 раза).
59. Построить ортогональный план второго порядка для $k=5$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (в центре плана проведено 3 опыта для определения дисперсии воспроизводимости).
60. Регрессионный анализ линейного уравнения (пассивный эксперимент; каждый опыт повторен 3 раза).
61. Понятие корреляционного анализа. Вычисление коэффициентов частной корреляции.
62. Метод наименьших квадратов составления уравнения линейной регрессии от одного параметра. Описание регрессионного анализа для случая разного числа параллельных опытов.
63. Регрессионный анализ в матричной форме.
64. Основные понятия теории планирования эксперимента. Уровни, факторы, факторное пространство, параметры оптимизации.
65. Дробный факторный эксперимент. Необходимость его использования. Понятия генерирующего соотношения и определяющего контраста.
66. Структура композиционных планов 2-го порядка Бокса-Уилсона.
67. Классификация процессов химической технологии исходя из временных и пространственных признаков. Характеристика параметров систем.
68. Математические модели и их роль в решении задач оптимизации. Классификация математических моделей. Модели статические, динамические, с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами.
69. Экономическая эффективность технологических процессов. Показатели эффективности элементов химико-технологической системы. Виды критериев оптимальности: в виде функционала, аддитивный, в виде линейной функции от управляющих параметров.
70. Экономические критерии. Выбор управляющих переменных при оптимизации.
71. Классификация методов оптимизации, основанных на классическом математическом анализе.
72. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной и многих переменных.
73. Оптимизация многосекционного адиабатического реактора.
74. Селективность и ее исследование для выбора оптимальных условий проведения реакций.
75. Понятие условного экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
76. Оптимальное распределение потоков сырья между параллельно работающими аппаратами.
77. Оптимизация многостадийных процессов.
78. Классификация методов математического программирования.
79. Геометрическое программирование, вывод общих соотношений. Общая схема решения задач методом геометрического программирования. Двойственная функция.

80. Геометрическое программирование. Расчет оптимального цикла периодической фильтрации.
81. Математическая формулировка метода линейного программирования. Геометрическое представление.
82. Математическая формулировка метода линейного программирования. Симплекс-метод Данцига.
83. Метод динамического программирования. Принцип Р. Беллмана.
84. Метод динамического программирования сверху и метод динамического программирования снизу. Математическая формулировка принципа оптимальности.
85. Особенности оптимизации процессов химической технологии.
86. Характеристика параметров систем, математические модели и их роль в решении задач оптимизации.
87. Распределение потока сырья по трем аппаратам идеального перемешивания с реакцией последовательного типа $A \rightarrow P \rightarrow S$.
88. Необходимые и достаточные условия экстремума функции одной переменной.
89. Экономическая эффективность технологических процессов. Виды критериев оптимальности.
90. Алгоритм расчета оптимального температурного профиля в аппарате идеального вытеснения с обратимой реакцией.
91. Постановка задачи и вывод соотношений метода множителей Лагранжа.
92. Динамическое программирование. Общая схема решения задач методом динамического программирования.
93. Задача оптимизации каскада аппаратов идеального перемешивания с реакцией $A \rightarrow P$ методом динамического программирования.
94. Вывод соотношений для оптимального распределения потоков сырья по параллельно работающим аппаратам.
95. Оптимизация равновесных экзотермических реакций.
96. Математическая формулировка задачи линейного программирования. Геометрическое представление задачи линейного программирования, симплекс – метод Данцига.
97. Метод динамического программирования. Метод динамического программирования сверху и метод динамического программирования снизу.
98. Общая схема решения задач методом геометрического программирования. Понятие двойственной функции.
99. Виды критериев оптимальности: в виде функционала, аддитивный, в виде линейной функции от управляющих параметров.
100. Общая классификация методов оптимизации.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (7 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Методы кибернетики в нанотехнологиях» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по 1-6 разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2-х вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой

<p align="center"><i>«Утверждаю»</i></p> <p align="center">зав. кафедрой КХТП (Должность, наименование кафедры)</p> <p align="center">_____ М.Б. Глебов (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p align="center">«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	28.03.02 Наноинженерия Профиль – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Дисциплина «Методы кибернетики в наноинженерии»	
Билет № 1	
<p>1. Общая классификация методов оптимизации.</p> <p>2. Регрессионный анализ линейного уравнения $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k$ (пассивный эксперимент; каждый опыт повторен 3 раза).</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Ахназарова С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. – М. : Высшая школа, 1985, - 327 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: http://www.studmed.ru/ahnazarova-sl-kafarov-vv-metody-optimizacii-eksperimenta-v-himicheskoy-tehnologii_ab54b5cc745.html (дата обращения: 10.03.2021).
2. Гордиенко М. Г. Измерения. Статистическая обработка результатов пассивного и активного экспериментов в биотехнологии [Текст]: учебное пособие / М. Г. Гордиенко, Баурин Д.В., Кареткин Б.А., Шакир И.В., Панфилов В.И. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 105 с.
3. Бояринов А.И. Методы оптимизации в химической технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / Бояринов А.И., Кафаров В.В. - М. : Химия, 1969, - 563 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: http://www.studmed.ru/boyarinov-ai-kafarov-vv-metody-optimizacii-v-himicheskoy-tehnologii_6f1086be169.html (дата обращения: 10.03.2021).

Б) Дополнительная литература:

1. Ахназарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Текст] : учебное пособие для вузов / С.Л. Ахназарова , В.В. Кафаров. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1985. - 327 с.
2. Шайкин А. Н. Практические основы линейной оптимизации [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Шайкин ; ред. А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. - 144 с.
3. Ахназарова С.Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / Ахназарова С.Л., Гордеев Л.С. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003, - 76 с.
4. Бояринов А. И. Моделирование и основы оптимизации химико-технологических процессов [Текст] : текст лекций / А. И. Бояринов. - М. : [б. и.], 1980. - 48 с.
5. Бояринов А. И. Лабораторные работы по моделированию и основам оптимизации [Текст]: учебное пособие для вузов / Ред. А.И. Бояринов, Ч.1: Принципы математического моделирования химико-технологических процессов / Бояринов А.И., Гартман Т.Н., Гулаев

В.М., Логинов В.Я. и др. - М. : МХТИ, 1979. - 51 с.

6. Бояринов А. И. Лабораторные работы по моделированию и основам оптимизации [Текст] : учебное пособие для вузов/ Ред. А.И. Бояринов. Ч.2 : Экспериментальная оптимизация. Математическое моделирование и оптимизация массообменных процессов / Бояринов А. И., Гартман Т.Н., Логинов В.Я., Тамбовцев И.И. - М. : МХТИ, 1980. - 44 с.

7. Бояринов А.И. Лабораторные работы по моделированию и основам оптимизации [Текст]: учебное пособие для вузов / Бояринов А.И., Гартман Т.Н., Железнов В.И., Логинов В.Я., Суздаевич В.В., ред. А. И. Бояринов. Ч.3 : Реакторные и теплообменные процессы : методические указания. - М. : МХТИ, 1981. - 41 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Инструкции по технике безопасности в компьютерном классе.

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- Журнал «ТРИЗ» и другие.

Интернет-ресурсы

1. Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО» (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.tefos.ru (дата обращения: 10.03.2021).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 10.03.2021).
3. Каталог оборудования компании Glatt. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.glatt.com/ru/kompanija/> (дата обращения: 10.03.2021).
4. Каталог оборудования компании Büchi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.buchi.com/ru-ru> (дата обращения: 10.03.2021).

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 474);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100);

- 2 компьютерных класса на 16 и 10 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы кибернетики в нанотехнологии» проводятся в форме лекций и практических занятий, а также самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре Кибернетики химико-технологических процессов для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 16 и 10 компьютерами. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием.

Кафедра обладает программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Методы кибернетики в нанотехнологии» доступны учебные материалы, размещенные на сайте кафедры <http://kxtp.muctr.ru>. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре Кибернетики ХТП имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре Кибернетики ХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	16	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Методы статистического анализа процессов	<i>Знает:</i> современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов; <i>Владеет</i> методами оптимизации в наноинженерии и оптимизации экспериментальных исследований в наноинженерии	Контрольная работа 1. Зачет с оценкой.
Раздел 2. Методы корреляционного и регрессионного анализов	<i>Знает:</i> современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов; <i>Умеет:</i> выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий;	Контрольная работа 2. Зачет с оценкой.

	<i>Владеет</i> методами оптимизации в нанотехнологии и оптимизации экспериментальных исследований в нанотехнологии	
Раздел 3. Методы планирования эксперимента	<i>Знает:</i> - современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов; - планы эксперимента для решения задач оптимизации; <i>Умеет:</i> - выбирать соответствующую постановку задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий; - выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации; <i>Владеет:</i> методами оптимизации в нанотехнологии и оптимизации экспериментальных исследований в нанотехнологии	Контрольная работа 3. Зачет с оценкой.
Раздел 4. Особенности оптимизации процессов химической технологии	<i>Знает:</i> - методы оптимизации в нанотехнологии; <i>Умеет:</i> - выбрать метод оптимизации, адекватный постановке задачи; - выбрать соответствующую постановку задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий; <i>Владеет:</i> методами оптимизации в нанотехнологии и оптимизации экспериментальных исследований в нанотехнологии	Зачет с оценкой.
Раздел 5. Аналитические методы оптимизации	<i>Знает:</i> - методы оптимизации в нанотехнологии; <i>Умеет:</i> - выбрать метод оптимизации, адекватный постановке задачи; - выбрать соответствующую постановку задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий; <i>Владеет:</i> методами оптимизации в нанотехнологии и оптимизации экспериментальных исследований в нанотехнологии	Зачет с оценкой.
Раздел 6. Методы математического программирования	<i>Знает:</i> - методы оптимизации в нанотехнологии;	Зачет с оценкой.

	<p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - выбрать метод оптимизации, адекватный постановке задачи; - выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий; <p><i>Владеет:</i> методами оптимизации в наноинженерии и оптимизации экспериментальных исследований в наноинженерии</p>	
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы кибернетики в наноинженерии»
основной образовательной программы – программа бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Метрология и нанометрология»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»**

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«_____» _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов Гордиенко М.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г, протокол №8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия профиля «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «Метрология и нанометрология» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, является обязательной дисциплиной и рассчитана на изучение в 5 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области наноинженерия, физика, математическая статистика, материаловедение.

Цель дисциплины – формирование у студентов представления об основных принципах и понятиях метрологии и стандартизации, Российском и международном законодательстве в данной отрасли, методах проведения технических измерений, стандартах системы менеджмента качества и анализа рисков. Отдельно студенты знакомятся с существующими международными и российскими стандартами в области нанотехнологий, используемыми техническими средствами измерений.

Основные задачи дисциплины:

- формирования понятийного аппарата в областях метрологии, стандартизации;
- ознакомления с национальной и международной системами регулирования и унификации стандартов;
- ознакомления с основными положениями метрологии;
- ознакомления с основными международными стандартами серий ИСО 9001 и ИСО 31000, а также национальными стандартами в области нанотехнологий;
- формирования лексики в области нанотехнологий и умения ее применять в зависимости от характеристик нанообъектов;
- изучения принципов работы рекомендованных технических средств для определения характеристик нанообъектов.

Дисциплина «Метрология и нанометрология» в соответствии с рабочим учебным планом подготовки бакалавров читается в 5 семестре и заканчивается зачетом с оценкой. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплина «Метрология и нанометрология» направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных	ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
	знаний, методов математического анализа и моделирования.	
Исследовательская деятельность	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента
Владение нормативной документацией, правовая ответственность	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил.	ОПК-6.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов и изделий из них ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями ОПК-6.3 Владеет навыками участия в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Проектирование объектов, систем и процессов	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- понятийный аппарат, основные принципы и назначение метрологии;
- сущность, задачи стандартизации и ее составляющие;
- аппарат государственного и международного регулирования в области

метрологии и стандартизации;

- методы технических измерений, виды средств измерений, понятия эталонов и стандартов, шкал и точности измерений;
- основные положения стандартов серии ИСО 9001 и ИСО 31000;
- российские и международные стандарты в области нанотехнологий;
- приборно-аналитическую базу, рекомендованную для использования при проведении измерений наноматериалов;

Уметь:

- работать с российскими и международными базами данных стандартов;
- составлять проекты программ и методик измерений, стандартов;
- оценивать объем требуемой выборки, проводить оценку наличия выбросов в выборках разного объема;
- выбирать шкалы измерений, оценивать точность измерений;
- классифицировать виды наноматериалов в соответствии с международным стандартом;
- выбирать средства измерений для оценки параметров наноматериалов;

Владеть:

- понятийным аппаратом в области метрологии, в том числе нанометрологии, стандартизации и технических измерений;
- навыками работы с российскими и международными стандартами.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,67	24	18
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,67	24	18
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академических часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	–	–	–
1	Раздел 1. Метрология	31,9	3,5	3,5	5	19,9
1.1	Сущность и назначение метрологии	4,9	0,5	0,5	–	3,9
1.2	Испытания продукции. Виды испытаний	10,5	1	1	2,5	6
1.3	Основы метрологического обеспечения. Шкалы,	10,5	1	1	2,5	6

№ п/п	Раздел дисциплины	Академических часов				
		Всего	Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
	точность измерений, стандарты и эталоны					
1.4	Аккредитация лабораторий. Метрологический контроль и надзор	6	1	1	–	4
2	Раздел 2. Стандартизация	31,9	3,5	3,5	5	19,9
2.1	Цели и задачи стандартизации	2,9	0,5	0,5	–	1,9
2.2	Национальная и международные системы стандартизации. Взаимодействие	14,5	1,5	1,5	2,5	9
2.3	Информационное обеспечение в области стандартизации	14,5	1,5	1,5	2,5	9
3	Раздел 3. Основные международные стандарты качества ИСО	39,5	8	4,5	7	20
3.1	ИСО 9001. «Системы менеджмента качества». История развития стандарта и основные положения	19,75	4	2,25	3,5	10
3.2	ИСО 31000, 31010 «Менеджмент риска». Принципы, структура и процесс управления рисками, методы оценки рисков	19,75	4	2,25	3,5	10
4	Раздел 4. Стандарты в области нанотехнологий и рекомендуемые средства измерений	39,5	8	4,5	7	20
4.1	Обзор национальных стандартов в области нанотехнологий	9	2	1	1	5
4.2	Изучение ГОСТ ISO/TS 80004-1–2014 «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения», ГОСТ ISO/TS 27687–2014 «Нанотехнологии. Термины и определения нанообъектов. Наночастица, нановолокно и нанопластина», ГОСТ ISO/TS 80004-3–2014 «Нанотехнологии. Часть 3.	10,5	2	1,5	2	5

№ п/п	Раздел дисциплины	Академических часов				
		Всего	Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
	Нанообъекты углеродные. Термины и определения», ГОСТ Р 56085-2014/ISO/TS 80004-4:2011 «Нанотехнологии. Часть 4. Материалы наноструктурированные. Термины и определения», ГОСТ ISO/TS 80004-5–2014 «Нанотехнологии. Часть 5. Нано-/био-интерфейс. Термины и определения»					
4.3	ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанообъектов»	10	2	1	2	5
4.4	Изучение принципов работы аналитического оборудования, рекомендованного для определения характеристик промышленных нанообъектов	10	2	1	2	5
	Заключение	0,5	0,5	–	–	–
	Всего часов:	144	24	16	24	79,6

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение.

Во введении рассматривается общая структура курса, цели и задачи.

Раздел 1. Метрология

В рамках данного модуля рассматривается сущность и назначение метрологии, даются понятия испытания продукции и виды испытаний в соответствии с современным законодательством, понятие измерений при проведении испытаний, их эффективности и используемых средствах измерений, основы метрологического обеспечения, общие правила аккредитации метрологических служб в РФ, метрологический контроль и надзор.

Раздел 2. Стандартизация.

В рамках данного модуля рассматривается сущность стандартизации и ее задачи, рассматриваются национальная и международная системы стандартизации, органы и службы стандартизации, информационное обеспечение в области стандартизации.

Раздел 3. Основные международные стандарты качества ИСО

В рамках данного модуля обучаемые знакомятся с историей появления и развития, а также содержанием двух основных международных стандартов серии ИСО – стандартом менеджмента качества и стандартом анализа рисков.

Раздел 4. Стандарты в области нанотехнологий и рекомендуемые средства измерений

В рамках данного модуля обучаемые знакомятся с действующими на территории РФ стандартами в области нанотехнологий, а также знакомятся с принципами работы средств измерений, рекомендуемые стандартом ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 1205:2011 в качестве основных средств измерений характеристик различных наноматериалов.

Заключение.

Дается обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований, испытаний объектов различной природы, в том числе и нанообъектов (классификация, выбор средств измерений, разработка методик получения, программ и методик испытаний, выбор методик измерения, подготовка нормативной документации).

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	понятийный аппарат, основные принципы и назначение метрологии	+			
2	сущность, задачи стандартизации и ее составляющие		+		
3	аппарат государственного и международного регулирования в области метрологии и стандартизации	+	+	+	
4	методы технических измерений, виды средств измерений, понятия эталонов и стандартов, шкал и точности измерений	+	+	+	+
5	российские и международные стандарты в области нанотехнологий			+	+
6	приборно-аналитическую базу, рекомендованную для использования при проведении измерений наноматериалов				+
	Уметь:				
7	работать с российскими и международными базами данных стандартов			+	+
8	составлять проекты программ и методик измерений, стандартов	+	+		
9	оценивать объем требуемой выборки, проводить оценку наличия выбросов в выборках разного объема	+			
10	выбирать шкалы измерений, оценивать точность измерений	+			
11	классифицировать виды наноматериалов в соответствии с международным стандартом				+
12	выбирать средства измерений для оценки параметров наноматериалов				+
	Владеть:				
13	понятийным аппаратом в области метрологии, в том числе нанометрологии, стандартизации и технических измерений	+	+	+	+
14	навыками работы с российскими и международными стандартами			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
15	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.	ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и инженерных знаний в профессиональной деятельности	+	+	+	+
16	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами.	+	+	+	+
17		ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	+	+	+	+
18		ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий	+	+	+	+
19		ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента	+	+		+
20	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил.	ОПК-6.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов и изделий из них.	+	+	+	+
21		ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	+	+	+	+
22		ОПК-6.3 Владеет навыками участия в разработке	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
		технической документации, связанной с профессиональной деятельностью				
23	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий.	ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями	+	+	+	+
24		ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий
1.	1	Измерения: прямые и косвенные. Точность измерений. Воспроизводимость.
2.	1	Доверительный интервал и доверительная вероятность. Закон сложения ошибок.
3	2	Основные разделы российских и международных стандартов
4	2	Порядок рассмотрения и утверждения российских национальных документов
5	3	Рассмотрение системы регистрации документов на предприятии
6	3	Разбор некоторых методов анализа риска на типовых примерах
7	4	Системные и случайные ошибки. Снижение системной ошибки при работе на современном оборудовании
8	4	Понятие градуирования и калибровки. Использование математических моделей при обработке экспериментальных данных

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Метрология и нанометрология», а также дает знания о связи между изученными разделами дисциплины; позволяет получить навык разработки нормативной документации предприятия, практического применения знаний.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 48 баллов (максимально по 6 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№ п/п	№ модуля дисциплины	Темы лабораторных работ

1	1	Принятие решения о наличии грубой ошибки с применением критериев Шовине, Романовского, 3-сигма. Построение дифференциальной и интегральной характеристик. Статистическая оценка
2	2	Работа с выборками случайных величин разного объема. Структура национальных стандартов, основные разделы. Разработка прототипа национального стандарта на примере «Измерение высоты здания с помощью барометра»
3	1-4	Посещение Центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева. Знакомство с приборно-аналитической базой с рассмотрением используемых методов калибровки приборов, моделей для анализа данных, периодичности и методов верификации оборудования, пределы применимости
4	4	Классификация нанообъектов в соответствии с серией ГОСТ-ов, содержащей термины и определения
5	4	Метод азотной порометрии. Обработка кривых сорбции-десорбции азота, определение удельной площади поверхности, среднего размера пор, объема пор и объема микропор. Метод ИК-спектроскопии, качественная и количественная оценка. Идентификация спектров
6	3-4	Изучение структуры документа «Лабораторный регламент». Разработка прототипа отдельных глав документа на выданном примере получения нанообъектов в лабораторных условиях
7	3-4	Изучение структуры документа «Программа и методики испытаний». Разработка прототипа документа на предыдущем примере с учетом положений ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанообъектов»
8	3	Применение методов анализа рисков на учебных примерах из области нанотехнологических производств

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой и лабораторного практикума по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 12 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 48 балла) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине «Метрология и нанометрология» не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных работ

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы (по одной контрольной работе разделам 1-3). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 12 баллов, по 4 балла за каждую.

Раздел 1. Пример контрольной работы № 1.

Задание 1

Результаты определения остаточного влагосодержания для 5-ти образцов приведены в долях в табл. 1. Определить ошибку метода по текущим измерениям.

Таблица 1

Результаты измерений

Номер повторного опыта	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
1	0,035	0,028	0,032	0,025	0,021
2	0,036	0,028	0,029	0,026	0,020
3	0,033	0,027	0,031	0,024	0,022
4	0,035	-	0,030	0,024	-

Задание 2

Оценить ошибку определения линейной скорости движения газа в трубопроводе v , пользуясь следующими результатами измерений: количество газа $G=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (ошибка измерения $s_G=10 \text{ м}^3/\text{ч}$), сечение трубопровода $F=0,1 \text{ м}^2$ (ошибка измерения $s_F=1 \text{ см}^2$). Линейную скорость рассматривать как результат косвенного измерения: $v=G/F$.

Задание 3

В результате входного контроля были получены следующие значения содержания целевого компонента в сырье: 15,7; 16,6; 15,75; 15,72; 15,65; 15,8; 15,79. Необходимо определить, является ли значение 16,6 грубой ошибкой.

Задание 4

По данным 7 измерений некоторой величины найдены средняя результатов измерений, равная 30 и выборочная дисперсия, равная 36. Найдите границы, в которых с надежностью 0,96 заключено истинное значение измеряемой величины.

Задание 5

Требуется оценить дисперсию для нормально распределенной генеральной совокупности, оценка которой по выборке объема 16 оказалась равна 67,8. Доверительную вероятность взять на уровне 90%.

Раздел 2. Пример контрольной работы № 2.

Задание 1

В течение какого срока осуществляется депозитарное хранение отмененных, утративших силу и подлежащих передаче на государственное хранение документов, перечисленных в статье 3 ФЗ о стандартизации.

Задание 2

Система менеджмента качества требует разработки и внедрения следующих обязательных процедур (отметить нужное):

- процедура управления записями о качестве
- процедура переобучения и повышения квалификации персонала
- процедура управления документацией
- процедура оценки поставщика
- процедура управления несоответствующей продукцией
- процедура проведения предупреждающих мероприятий
- процедура проведения корректирующих мероприятий
- процедура утилизации отходов предприятия
- процедура назначения на руководящие должности
- процедура проведения внутренних аудитов
- процедура актуализации и пересмотра утвержденных документов

Задание 3

Расставьте этапы развития стандарта менеджмента качества

Этап	Характеристика
	оценка затрат на несоответствие качества, введение понятия «цена несоответствия»
	риск-ориентированное мышление
	всеохватывающее и непрерывное обучение персонала
	смещение акцента на обеспечение качества в процессе его производства
	внедрение концепции «тотального контроля качества»
	усиление влияния общественного мнения, вопросов защиты окружающей среды
	появление понятия «Средства обеспечения»
	требования к качеству изделий задаются в виде полей допусков
	ресурсы для мониторинга и измерений
	качество продукции – является первостепенной задачей предприятия
	сертификация продукции третьей стороной
	внедрение статистических методов управления качеством
	внедрение концепции «тотального менеджмента качества»
	включение в понятие «среда» влияние правительства, регуляторных органов, общественных организаций и т.д.
	контроль качества осуществляется в виде входного и выходного контроля
	ориентация на постоянное улучшение качества
	создание специальных административных подразделений, занимающихся комплексным управлением качеством
	ввод должности инженер по качеству
	определение контрольных точек для мониторинга и измерений результатов деятельности
	прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки

Задание 4

На какие виды документов по стандартизации распространяется действие ФЗ о стандартизации?

Задание 5

Расставьте в таблице:

1 – Федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации

2 – Федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации

3 – Технический комитет по стандартизации

	принимает участие в разработке международных стандартов, региональных стандартов, межгосударственных стандартов в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации
	осуществляет подготовку предложений о формировании государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации и представляет их в федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере стандартизации
	определяет стратегические и приоритетные направления развития национальной системы стандартизации
	участвует в подготовке предложений о формировании государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации
	организует формирование, ведение и опубликование перечня национальных стандартов и информационно-технических справочников, ссылки на которые содержатся в нормативных правовых актах
	устанавливает порядок размещения уведомления о разработке проекта национального стандарта и уведомления о завершении публичного обсуждения проекта национального стандарта
	организует работы по стандартизации в национальной системе стандартизации, международной стандартизации и региональной стандартизации, а также по межгосударственной стандартизации
	разрабатывает государственную политику Российской Федерации в сфере стандартизации, представляет в Правительство Российской Федерации соответствующие предложения, по которым требуются решения Правительства Российской Федерации
	устанавливает порядок применения знака национальной системы стандартизации
	вводит в действие межгосударственные стандарты, отменяет действие межгосударственных стандартов и приостанавливает действие межгосударственных стандартов

Раздел 3. Пример контрольной работы № 3.

Задание 1.

Дайте развернутый ответ в форме ЭССЭ на следующий вопрос: Какие общие положения Вы можете выделить после изучения ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества» и ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем». Приведите от 3 до 5 примеров. Поясните свою точку зрения.

Задание 2.

Дать развернутый ответ на вопросы:

- Что такое риск? Какие методы оценки рисков вы знаете?
- Какие критерии необходимо учитывать при выборе метода анализа рисков?

Задание 3.

Обучаемым случайным образом раздаются варианты, в которых указано аналитическое оборудование. Необходимо объяснить принцип работы оборудования.

Задание 4.

Для приведенного описания целей анализа и начальных данных подберите 1 или несколько методов оценки риска, которые могут быть использованы на Ваш взгляд. Обоснуйте выбор.

- А Стадия жизненного цикла системы: стадия эксплуатации технологического процесса
Имеющиеся в распоряжении данные: данные о технологическом процессе, его работе, средствах управления и экспертные оценки по проблеме
Основная задача: оценка эффективности средств управления и составление перечня неадекватных средств управления
- Б Стадия жизненного цикла системы: стадия эксплуатации технологического процесса (мониторинг критических параметров и возможных опасностей)
Имеющиеся в распоряжении данные: технологическая карта или блок-схема процесса, информация об опасностях, которые могут повлиять на качество, безопасность или надежность процесса и конечной продукции, данные о способах их контроля
Основная задача: управление риском физического, химического или биологического загрязнения производимой продукции
- В Стадия жизненного цикла системы: эксплуатация и техническое обслуживание технологического процесса
Имеющиеся в распоряжении данные: результаты экспертизы рассматриваемого нежелательного события, опыт участников рабочей группы, ранее разработанные модели, использованные в предыдущих исследованиях
Основная задача: идентификация возможных причин нежелательного события или проблемы
- Г Стадия жизненного цикла системы: эксплуатация и техническое обслуживание технологической системы
Имеющиеся в распоряжении данные: данные об основных изменениях за прошлые 50 лет в технологиях, предпочтениях потребителей, социальных отношениях и т. д; группа специалистов, обладающих пониманием характера исследуемых изменений (например, возможных достижений в технологиях).
Основная задача: разработка стратегии развития предприятия путем рассмотрения возможных событий в будущем и исследования их значимости и последствий прогнозирования возможных угроз и их развития в долгосрочной перспективе
- Д Стадия жизненного цикла системы: начальная стадия проектирования нового технологического процесса
Имеющиеся в распоряжении данные: команда специалистов, обладающих знанием организации, системы, процесса или методов, которые необходимо оценить; данные о реализации и функционирования разрабатываемой технологии отсутствуют в доступных источниках знаний
Основная задача: идентификация риска применения новой технологии
- Е Стадия жизненного цикла системы: эксплуатация и техническое обслуживание технологического процесса
Имеющиеся в распоряжении данные: все объективные данные об отказах и/или потерях
Основная задача: анализ потерь, составляющих основную долю ущерба, направленный на предотвращение их повторного возникновения
- Ж Стадия жизненного цикла системы: проектирование технологического процесса (стадия детализации конструкции, когда полная схема намеченного процесса уже разработана, однако еще можно внести необходимые изменения)
Имеющиеся в распоряжении данные: текущая информация об исследуемом процессе (чертежи, перечень требований, схемы управления процессом, схемы размещения оборудования), цели и функциональные требования к проекту.
Основная задача: детальный анализ технологического процесса с целью

обнаружения, какие отклонения от намеченного исполнения могут произойти, что может быть причиной возможных отклонений и какова вероятность их последствий

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой)

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1-4 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

- 1 Сущность и назначение метрологии.
- 2 Испытания продукции. Виды испытаний.
- 3 Измерения. Виды измерений.
- 4 Основы метрологического обеспечения.
- 5 Шкалы, точность измерений, стандарты и эталоны.
- 6 Статистические методы обработки данных для нормально распределенных случайных величин.
- 7 Робастные методы обработки данных.
- 8 Непараметрические методы обработки данных.
- 9 Оценивание параметров случайных процессов.
- 10 Обработка данных при прямых измерениях с однократными наблюдениями.
- 11 Обработка данных при прямых измерениях с многократными наблюдениями.
- 12 Обработка нескольких групп результатов наблюдений.
- 13 Обработка данных при косвенных измерениях с однократными наблюдениями.
- 14 Обработка данных при косвенных измерениях с многократными наблюдениями.
- 15 Постановка задач обработки данных при совместных измерениях. Условия применения метода наименьших квадратов.
- 16 Построение линейных и нелинейных зависимостей методом наименьших квадратов.
- 17 Конфлюентные методы обработки данных при совместных измерениях.
- 18 Робастные методы построения зависимостей.
- 19 Обработка данных при совокупных измерениях.
- 20 Аккредитация лабораторий.
- 21 Метрологический контроль и надзор.
- 22 Цели и задачи стандартизации.
- 23 Национальная и международные системы стандартизации. Взаимодействие.
- 24 Информационное обеспечение в области стандартизации.
- 25 Основные международные стандарты качества ИСО.
- 26 ИСО 9001. «Системы менеджмента качества». История развития стандарта.
- 27 ИСО 9001. «Системы менеджмента качества». Основные положения.
- 28 ИСО 31000. «Менеджмент риска». Принципы, структура и процесс управления рисками.
- 29 ИСО 31000. «Менеджмент риска». Классификация методов оценки рисков.
- 30 Стандарты в области нанотехнологий.
- 31 Средства измерений для нанотехнологий.
- 32 Классификация нанообъектов в соответствии с ISO/TS 80004-1–2014.
- 33 Классификация наноструктурированных материалов в соответствии с ISO/TS 80004-1–2014.
- 34 Перечень характеристик наночастиц, определяемых в промышленности независимо от области применения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанообъектов»).

35 Перечень характеристик нановолокон, определяемых в промышленности независимо от области применения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

36 Перечень характеристик нанопластин, определяемых в промышленности независимо от области применения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

37 Дополнительные характеристики промышленных нанобъектов (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

38 Рекомендуемые методы определения среднего размера и гранулометрического состава промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

39 Рекомендуемые методы определения среднего размера и распределения по размерам первичных кристаллических частиц с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

40 Рекомендуемые методы определения степени агрегации или агломерации промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

41 Рекомендуемые методы определения удельной площади поверхности и пористости промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

42 Рекомендуемые методы исследования кристаллической структуры, степени кристалличности и кристаллографической анизотропии промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

43 Рекомендуемые методы определения дисперсности в жидкой среде, в твердых матрицах промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

44 Рекомендуемые методы определения химической чистоты промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

45 Рекомендуемые методы определения плотности и текучести порошков промышленных нанобъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанобъектов»).

46 Микроскопические методы, используемые при исследовании характеристик промышленных нанобъектов.

47 Пробоподготовка. Влияние загрязнений на характеристики промышленных нанобъектов и меры по снижению влияния этих воздействий.

48 Структура документа «Программа и методика испытаний».

49 Структура документа «Лабораторный регламент». Химическая схема производства, технологическая схема производства, аппаратурная схема производства, спецификация оборудования.

50 Структура документа «Лабораторный регламент». Изложение технологического процесса и материальный баланс.

51 Структура документа «Лабораторный регламент». Характеристики готового продукта, характеристики сырья, вспомогательных материалов и полупродуктов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для вид контроля из УП (5 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Метрология и нанометрология» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по разделам всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю»</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____ (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</p>
	<p>28.03.02 Наноинженерия</p>
	<p>Профиль – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»</p>
	<p>Метрология и нанометрология</p>
<p>Билет № 1</p> <p>1. Конфлюентные методы обработки данных при совместных измерениях.</p> <p>2. Рекомендуемые методы определения дисперсности в жидкой среде, в твердых матрицах промышленных нанообъектов с использованием стандартного оборудования и принцип измерения (ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 «Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанообъектов»). Оборудование, принципы измерения, математические модели.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.2. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия [Текст]: учебник / И. М. Лифиц. - 9-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт ; М. : Высшее образование, 2009. - 315 с. : ил. - (Основы наук). - Библиогр.: с. 313-315. - ISBN 978-5-9916-0166-5 (Изд-во Юрайт). - ISBN 978-5-9692-0520-8
2. Полякова, Л. В. Общая теория измерений [Текст] : учебное пособие / Л. В. Полякова, В. М. Аристов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 43 с. : ил. - ISBN 978-5-7237-1089-4
3. Полякова, Л. В. Методы и средства измерений [Текст] : учебное пособие / Л. В. Полякова, В. М. Аристов, Р. В. Графушин. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 59 с. : ил. ; 3,49 усл. печ.л. - Библиогр.: с. 58. - 100 экз. - ISBN 978-5-7237-1362-8
4. ГОСТ Р 55723-2013/ISO/TS 12805:2011 Нанотехнологии. Руководство по определению характеристик промышленных нанообъектов

5. ГОСТ ISO/TS 80004-1–2014 «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения»
 6. ГОСТ ISO/TS 27687–2014 «Нанотехнологии. Термины и определения нанобъектов. Наночастица, нановолокно и нанопластина»
 7. ГОСТ ISO/TS 80004-3–2014 «Нанотехнологии. Часть 3. Нанобъекты углеродные. Термины и определения»
 8. ГОСТ Р 56085-2014/ISO/TS 80004-4:2011 «Нанотехнологии. Часть 4. Материалы наноструктурированные. Термины и определения»
 9. ГОСТ ISO/TS 80004-5–2014 «Нанотехнологии. Часть 5. Нано-/био-интерфейс. Термины и определения»
 10. ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения
 11. ГОСТ Р 52806-2007 Менеджмент рисков проектов. Общие положения
 12. ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов
 13. ISO 9001-2009 Системы менеджмента качества. Требования
- Б) Дополнительная литература:
1. Эл. ресурс: Электронный фонд правовой и нормативной документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document>. Дата обращения 16 марта 2021 г.

9.3. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Ж. Приборы. ISSN 2071-7865 (Печ.)
- Ж. Мир измерений. ISSN 1813-8667 (Печ.)
- Ж. Стандартные образцы. ISSN 2077-1177 (Печ.)
- Ж. Измерительная техника. ISSN 0368-1025 (Печ.)
- Ж. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. ISSN 1028-6861 (Печ.)
- Ж. Законодательная и прикладная метрология. ISSN 0889-575X (Печ.)

Интернет-ресурс:

- Эл. ресурс: Электронный фонд правовой и нормативной документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document>.

9.4. Средства обеспечения освоения дисциплины.

Учебно-методические материалы на сайте кафедры кибернетики химико-технологических процессов. При проведении расчетов и оформлении отчетов в рамках лабораторных работ используется пакет Microsoft Office, лицензированная версия которого установлена на персональных компьютерах РХТУ им. Д.И. Менделеева. В рамках лабораторных работ используется оборудование Центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на доступ к групповым чатам (WhatsApp), к вебинарам или онлайн-конференции (webinar.ru, zoom.us), к каналам, содержащим видео-презентации (youtube.ru).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с рабочим планом занятия по дисциплине «Метрология и нанометрология» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 48 компьютерами из которых 37 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет, составляет 33. Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 16 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и Центр коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева, оборудованный современным оборудованием, в том числе: определение элементного состава композиций органического происхождения, включая определение, содержания серы на уровне макро- и микроконцентраций CHNS/O анализатор Thermo Flash 2000; определение химической чистоты исходных компонентов для синтеза Масс-спектрометр индуктивно-связанной плазмы XSeries II ICP-MS катализаторов; определение состава синтезированных композиций атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией Квант-Z.ЭТА; гонтоль чистоты органических жидкостей, определение состава смесей органических веществ Выходной канал газовой хроматограф Trace 1310 с ПИД детектором и др.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 13.4.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Метрология и нанометрология» доступны учебные материалы. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по выполнению работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов. Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре Кибернетики ХТП имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части; кафедральные библиотеки электронных изданий по дисциплинам вариативной части; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muctr.ru>.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License	10	Бессрочно

		Номер лицензии 47837477		
3	Антивирус Kaspersky Endpoint Security	Контракт № 28-35ЭА/2020, Лицензия антивируса (продление на 1 год)	10	26.06.2021

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Метрология	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понятийный аппарат, основные принципы и назначение метрологии – аппарат государственного и международного регулирования в области метрологии – понятия эталонов и стандартов, шкал и точности измерений <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составлять проекты программ и методик измерений, стандартов – выбирать шкалы измерений, оценивать точность измерений <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понятийным аппаратом в области метрологии, в том числе нанометрологии – навыками работы с российскими и международными стандартами 	<p>Письменная промежуточная аттестация:</p> <p>контрольная работа № 1 (максимальная оценка 4 балла).</p> <p>Лабораторные работы №№ 1,2 (максимальная оценка за работу 6 баллов);</p>
Раздел 2. Стандартизация	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сущность, задачи стандартизации и ее составляющие – аппарат государственного и международного регулирования в области стандартизации <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составлять проекты программ и методик измерений, стандартов <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понятийным аппаратом в области стандартизации – навыками работы с российскими и международными стандартами 	<p>Письменная промежуточная аттестация:</p> <p>контрольная работа № 1 (максимальная оценка 4 балла).</p> <p>Лабораторные работы №№ 3,4 (максимальная оценка за работу 6 баллов)</p>
Раздел 3. Основные международные стандарты качества ИСО	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные положения стандартов серии ИСО 9001 и ИСО 31000 <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать с российскими и международными базами данных стандартов <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с российскими и 	<p>Письменная промежуточная аттестация:</p> <p>контрольная работа №2 (максимальная оценка за работу 4 балла).</p> <p>Лабораторные работы №№ 5,6 (максимальная оценка за работу 6</p>

	международными стандартами	баллов).
Раздел 4. Стандарты в области нанотехнологий и рекомендуемые средства измерений	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы технических измерений, виды средств измерений; – российские и международные стандарты в области нанотехнологий – приборно-аналитическую базу, рекомендованную для использования при проведении измерений наноматериалов <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать с российскими и международными базами данных стандартов – классифицировать виды наноматериалов в соответствии с международным стандартом – выбирать средства измерений для оценки параметров наноматериалов <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понятийным аппаратом в области технических измерений – навыками работы с российскими и международными стандартами 	<p>Письменная промежуточная аттестация:</p> <p>контрольная работа №3 (максимальная оценка за работу 4 балла).</p> <p>Лабораторные работы №№ 7,8 (максимальная оценка за работу 6 баллов).</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Метрология и нанометрология»
основной образовательной программы**

28.03.02 Наноинженерия
Профиль подготовки –
«Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация «бакалавр»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

Министерство науки и образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

«Утверждаю»
Проректор по учебной работе

_____ С. Н. Филатов
« ____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация «бакалавр»

Рассмотрено и одобрено
На заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« ____ » _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021 г.

Программа составлена д.т.н., профессором, заведующим кафедрой кибернетики ХТП
М.Б.Глебовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - по направлению подготовки **28.03.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» относится к вариативной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, общей и неорганической химии, физической химии, коллоидной химии, физико-химических основ нанотехнологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, введения в наноинженерию.

Цель дисциплины - формирование у студентов базовых знаний по составлению математических моделей нанопроцессов и наносистем, их исследованию методом математического моделирования, проведению компьютерного эксперимента, прогнозированию свойств при создании новых наноматериалов.

Задачи дисциплины - освоение теоретической базы по математическому описанию нанопроцессов, освоение приемов и методов моделирования (методы Монте-Карло, молекулярной динамики и т.д.), получение практических навыков проведения моделирования на семинарских занятиях.

Дисциплина «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство; Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.</p> <p>ПК-2 Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной</p>	<p>ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области нанотехнологий.</p> <p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.</p> <p>ПК-2.3 Владеет методами</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая</p>

		<p>деятельности.</p> <p>ПК-3. Способен применять расчётнотеоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p> <p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётнотеоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p> <p>ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанообъектов и процессов с их участием</p> <p>ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем.</p>	<p>функция</p> <p>А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p> <p>А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	---	---	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

знать:

- понятия о потенциалах и силах взаимодействия в молекулярных и наносистемах; собственной энергии частицы, находящейся в среде; термодинамической средней величины; энтропии и температуры системы; конфигурационного пространства;
- методы статистической механики; Монте-Карло, молекулярной динамики для моделирования наносистем;
- теоретические основы моделей квантовых наносистем;
- примеры использования численных моделей в задачах нанотехнологий; примеры моделирования наносистем в фармацевтике и биотехнологии.

уметь:

- проводить анализ сил взаимодействия в молекулярных и наносистемах при построении модели;
- решать задачи моделирования свойств и структуры наноматериалов и наносистем;
- применять методы статистической механики, Монте-Карло и молекулярной динамики;
- применять методики термодинамического осреднения для оценки макросвойств наносистем;
- сравнивать результаты реальных экспериментальных исследований с результатами численного эксперимента и делать выводы.

владеть:

- методами статистической механики, Монте-Карло и молекулярной динамики;
- способами термодинамического осреднения для оценки макросвойств наносистем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах	В астр. часах
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа - : аудиторные занятия	1,33	48	36
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Самостоятельная работа (СР):	1,67	60	45
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,67	60	45
Подготовка и сдача экзамена	1,00	36	
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Введение	1	1			
	Раздел 1. Компьютерное моделирование нанопроцессов и наносистем	18	4	2		12
1.1	Математическое моделирование наносистем	8	2			6
1.2	Методы статистической механики для оценки макропараметров наносистем	10	2	2		6
	Раздел 2. Квантово-механические модели наносистем	36	8	4		24
2.1	Основные понятия и математический аппарат квантовой механики	10	2	2		6
2.2	Модели квантовых наносистем	10	2	2		6
2.3	Описание квантовых наносистем с учетом возмущающих воздействий	8	2			6
2.4	Многочастичные квантовые наносистемы	8	2			6
	Раздел 3. Вычислительный метод Монте-Карло в задачах наноинженерии	14	4	4		6
3.1	Моделирование методом Монте-Карло	10	2	2		6
3.2	Квантовые методы Монте-Карло для изучения наноструктур	10	2	2		6
	Раздел 4. Моделирование наносистем методом молекулярной динамики	12	4	2		6
4.1	Основы метода молекулярной динамики	8	2			6
4.2	Вычисление макроскопических параметров системы усреднением по времени	10	2	2		6

	Раздел 5. Применения компьютерного моделирования наносистем для фармацевтики, полимерных материалов, биотехнологии и нанoeлектроники	26	10	4		12
5.1	Моделирование наносистем в фармацевтике и биотехнологии	12	2	2		8
5.2	Модели сплошной среды для изучения наносистем	8	2			6
5.3	Модели сплошной среды для описания образования наноструктур	8	2			6
5.4	Моделирование нанопроцессов на поверхности	10	2			8
5.5	Примеры использования численных моделей в задачах нанотехнологий	12	2	2		8
	Заключение	1	1			
	Всего часов:	108	32	16		60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы дисциплины «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии». Описание основных разделов курса. Структура курса и правила рейтинговой системы.

Раздел 1. Компьютерное моделирование нанопроцессов и наносистем.

1.1. Математическое моделирование наносистем.

Особенности моделирования. Компьютерное моделирование свойств веществ. Соотношение аналитической теории и компьютерного эксперимента. Роль сил взаимодействия наночастиц при компьютерном моделировании. Классификация полуклассических и квантово-механических моделей. Нанохимия и нанобиология.

1.2. Методы статистической механики для оценки макропараметров наносистем.

Описание движения ансамбля наночастиц с позиций статистической механики. Классификация взаимодействий. Энергия взаимодействия молекул в свободном пространстве и в средах. Энтропия, температура и свободная энергия Гельмгольца. Термодинамическое среднее величины. Эргодичность системы многих частиц. Канонический ансамбль частиц. Распределение Больцмана.

Раздел 2. Квантово-механические модели наносистем.

2.1. Основные понятия и математический аппарат квантовой механики. Операторы в квантовой механике. Волновая функция и ее свойства. Свойства одноэлектронных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Средний радиус орбитали электрона в атоме водорода. Наиболее вероятный радиус орбиты электрона в атоме водорода в основном состоянии.

2.2. Модели квантовых наносистем.

Уравнение Шредингера. Точные решения уравнения Шредингера для модельных потенциалов. Свободная частица. Потенциальные ямы. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннелирование. Электрон в периодическом силовом поле. Кристаллы.

2.3. Описание квантовых наносистем с учетом возмущающих воздействий.

Теория возмущений. Стационарные и нестационарные возмущения. Теория сканирующего туннельного микроскопа. Квантовые точки. Промышленные применения квантовых точек.

2.4. Многочастичные квантовые наносистемы.

Вычислительные квантовые модели «из первых принципов». Точное решение уравнения Шредингера для атома водорода. Атомные орбитали как базисные функции приближенных решений. Вычисление средних величин.

Раздел 3. Вычислительный метод Монте-Карло в задачах нанотехнологии.

3.1. Моделирование методом Монте-Карло.

Моделирование систем с фиксированным числом частиц в заданном объеме с фиксированной температурой. Основные положения метода. Метод Метрополиса. Базовый алгоритм Монте-Карло. Периодические граничные условия. Обрезка потенциалов. Инициализация расчета методом Монте-Карло. Пробные шаги смещения.

3.2. Квантовые методы Монте-Карло для изучения наноструктур.

Вариационный метод Монте-Карло на основе алгоритма Метрополиса выборки по значимости. Диффузионный метод Монте-Карло для наносистем. Генетический алгоритм. Оценка сходимости алгоритма.

Раздел 4. Моделирование наносистем методом молекулярной динамики.

4.1. Основы метода молекулярной динамики.

Сходство моделирования методом молекулярной динамики с реальным экспериментом. Суть метода и алгоритм расчета. Инициализация. Расчет сил. Алгоритм Верле для интегрирования уравнений движения. Неустойчивость по Ляпунову. Применение метода молекулярной динамики для описания процесса диффузии. Молекулярная динамика на основе теории функционала плотности для задач вычислительной биологии.

4.2. Вычисление макроскопических параметров системы усреднением по времени.

Метод молекулярной динамики для вычисления макроскопических, термодинамических параметров системы: вириальное уравнение состояния. Молекулярная динамика для моделирования системы макромолекул.

Раздел 5. Применения компьютерного моделирования наносистем для фармацевтики, полимерных материалов, биотехнологии и нанотехнологии.

5.1. Моделирование наносистем в фармацевтике и биотехнологии.

Дизайн лекарств. Использование молекулярной динамики со связями для моделирования систем макромолекул. Биологические наноматериалы. Строительные блоки и наноструктуры. Полипептидные нанопроволоки и белковые наночастицы. ДНК как сдублированная нанопроволока. Генетический код и синтез белка.

5.2. Модели сплошной среды для изучения наносистем.

Модель сплошной среды для процесса диффузия – реакция. Фазовые переходы. Кинетика роста нанокластеров.

5.3. Модели сплошной среды для описания образования наноструктур.

Механизм образования наноструктур. Супрамолекулярные системы. Модели нанокластеров. Молекулярная самосборка.

5.4. Моделирование нанопроцессов на поверхности.

Нанообъекты на поверхности. Моделирование наноразмерных кластеров на поверхности кремния. Миграция атомов и химические реакции.

5.5. Примеры использования численных моделей в задачах нанотехнологий.

Пакеты программ на основе моделей «из первых принципов» и их возможности для задач нанотехнологий. Нанопамять, наноматериалы и использование методов «из первых принципов» для их изучения. Определение примесей и дефектов в нанокристаллическом алмазе. Формирование роста гибридных углеродных наноматериалов.

Заключение. Роль математического моделирования в развитии нанотехнологий.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
Знать:						
понятия о потенциалах и силах взаимодействия в молекулярных и наносистемах; собственной энергии частицы, находящейся в среде; термодинамической средней величины; энтропии и температуры системы; конфигурационного пространства;		+				
методы статистической механики; Монте-Карло, молекулярной динамики для моделирования наносистем;		+		+	+	
теоретические основы моделей квантовых наносистем;			+			
примеры использования численных моделей в задачах нанотехнологий; примеры моделирования наносистем в фармацевтике и биотехнологии.						+
Уметь:						
проводить анализ сил взаимодействия в молекулярных и наносистемах при построении модели;		+				
решать задачи моделирования свойств и структуры наноматериалов и наносистем;						+
применять методы статистической механики, Монте-Карло и молекулярной динамики;				+	+	
применять методики термодинамического осреднения для оценки макросвойств наносистем;			+			
сравнивать результаты реальных экспериментальных исследований с результатами численного эксперимента и делать выводы.						+
Владеть:						
методами статистической механики, Монте-Карло и молекулярной динамики;		+		+	+	
способами термодинамического осреднения для оценки макросвойств наносистем.		+				
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:						
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности;	+	+	+	+	+

	УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие;	+			+	+
	УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.	+			+	
Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.	ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области нанотехнологий.			+		+
ПК-2 Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+			+
	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.				+	+
ПК-3. Способен применять расчётнотеоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётнотеоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	+	+	+	+	+
	ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанобъектов и процессов с их участием	+	+	+	+	+
	ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем.		+			

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося бакалавриата в объеме 16 академических часов (2 академических часа раздел 1; 4 академических часа раздел 2; 4 академических часа раздел 3; 2 академических часа раздел 4; 4 академических часа раздел 5).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий
1.	1.2	Распределение Больцмана. Среднее значение энергии системы при температуре T.
2.	2.1	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме.
3	2.2	Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннелирование.
4	3.1	Базовый алгоритм вычислительного метода Монте-Карло.
5	3.2	Метод Монте-Карло на основе алгоритма Метрополиса.
6	4.2	Основной алгоритм метода молекулярной динамики.
7	5.1	Использование молекулярной динамики со связями для моделирования систем макромолекул.
8	5.5	Пакеты программ на основе моделей «из первых принципов» и их возможности для задач нанотехнологий.
ИТОГ	16	

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 60 часов в семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к практическим занятиям и к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

Контрольная работа №1. Потенциала Леннард-Джонса - 5.

Контрольная работа №2. Собственные состояния системы частиц - 10.

Контрольная работа №3. Статистическое определение энтропии - 5.

Контрольная работа №4. Уравнение Шредингера. Свободная квантовая частица - 10.

Контрольная работа №5. Уравнение Шредингера. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками - 10.

Контрольная работа №6. Прохождение квантовой частицей потенциального барьера - 10.

Контрольная работа №7. Моделирование водородно подобных атомов - 10.

Экзамен по теоретическому материалу – 40 баллов.

8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины
Для текущего контроля предусмотрено 7 контрольных работ. Тематика контрольных работ следующая:

Контрольная работа № 1

Максимальная оценка 5 баллов

«Потенциала Леннард-Джонса»

Используя зависимость потенциала Леннард-Джонса $W(r)$ от расстояния между атомами (молекулами) r , нарисовать примерный ход графика зависимости силы взаимодействия F двух атомов (молекул) в зависимости от расстояния между ними r .

Контрольная работа № 2

Максимальная оценка 10 баллов

«Собственные состояния системы частиц»

Во сколько раз увеличится число доступных конфигураций при расширении на 0,001% 10 м³ воздуха при постоянной температуре, находящегося при давлении 1,0 атм и температуре 300 К ?

Уравнение состояния: $PV = nRT$.

При изотермическом расширении газа в пустоту

$\Delta S = nR \ln(V_2 / V_1)$, т.к. $T dS = dU + P dV$ и $PV = nRT$.

$S = k_B \ln \Omega$; $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; $R = 8,31$ Дж/(моль К);

1 атм = 105 Па .

Контрольная работа № 3

Максимальная оценка 5 баллов

«Статистическое определение энтропии»

Рассмотрим систему A , состоящую из подсистем A_1 и A_2 , для которых $\Omega_1 = 10^{20}$ и $\Omega_2 = 10^{22}$.

Чему равно число конфигураций в объединенной системе? Вычислить также энтропии S , S_1 , S_2

Контрольная работа № 4

Максимальная оценка 10 баллов

«Уравнение Шредингера. Свободная квантовая частица»

Имеется проводник со свободной квантовой частицей (электроном) длиной λ .
Найти вероятность P нахождения частицы (электрона) на отрезке $[0; \Delta x]$.

Контрольная работа № 5

Максимальная оценка 10 баллов

«Уравнение Шредингера. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками»

Оценить значения первых двух энергетических уровней электрона в потенциальной яме размером 1 \AA с бесконечно высокими стенками.

Контрольная работа № 6

Максимальная оценка 10 баллов

«Прохождение квантовой частицей потенциального барьера»

Используя полученные решения для волновой функции Ψ при прохождении квантовой частицей потенциального барьера в областях I, II и III

$$\Psi_{I,III} = A_{I,III} \cdot \exp(ikx) + B_{I,III} \cdot \exp(-ikx)$$

$$\Psi_{II} = A_{II} \cdot \exp(\beta x) + B_{II} \cdot \exp(-\beta x)$$

$\Psi_I(0) = \Psi_{II}(0)$
и условия сшивки решений на границах областей I, II, III

$$\Psi_I'(0) = \Psi_{II}'(0)$$

$$\Psi_{II}(a) = \Psi_{III}(a)$$

$$\Psi_{II}'(a) = \Psi_{III}'(a),$$

получить соотношения между коэффициентами A_i и B_i .

Контрольная работа № 7

Максимальная оценка 10 баллов

«Моделирование водородно подобных атомов»

Рассчитать дисперсию радиуса орбитали электрона в атоме водорода в основном состоянии $1s$.

8.2. Экзаменационные задания

8.2.1. Перечень теоретических вопросов

1. Соотношение теоретического и компьютерного прогнозирования свойств веществ и материалов.
2. Математические модели и этапы математического моделирования.
3. Методы установления адекватности математических моделей.
4. Нейросетевое моделирование. Этапы разработки нейросетевой модели. Обучение на основе обратного распространения ошибок.
5. Классификация взаимодействий. Молекулярные и поверхностные силы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Связь потенциала взаимодействия с силой взаимодействия. Парный потенциал Леннарда-Джонса.
6. Взаимодействие молекул в газовой и жидкой средах. Влияние растворителя. Явление сольватации. Воздействие молекул растворителя на свойства растворенных молекул. Энергия, затрачиваемая на образование полости при растворении молекул.
7. Связь собственной энергии растворенной молекулы μ^i с парным потенциалом $W(r)$ в газовой и жидкой средах.
8. Роль статистической механики в моделировании наносистем. Статистическое определение энтропии и температуры системы частиц.
9. Энергетическое распределение Больцмана. Среднее значение энергии системы $\langle E \rangle$ при температуре T .
10. Эргодичность системы многих частиц.
11. Модели квантовых наносистем. Гипотеза Луи де Бройля о корпускулярно-волновом характере движения частиц. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция $\Psi(r, t)$ и ее физический смысл. Вычисление средних значений через волновую функцию.
12. Основные операторы квантовой механики. Оператор полной энергии \hat{E} , потенциальной энергии \hat{U} , кинетической энергии (K с крышкой), импульса (p с крышкой), оператор Гамильтона \hat{H} . Правило вывода соотношений между квантовыми операторами.
13. Уравнение Шредингера. Ограничения, налагаемые на волновую функцию $\Psi(r, t)$. Стационарное уравнение Шредингера и его общее решение: собственные функции и собственные значения энергии E . Решение уравнения Шредингера в случае движения свободной частицы вдоль оси X .
14. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Граничные условия. Энергетический спектр.
15. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннелирование. Решение уравнения Шредингера для областей до, после и внутри потенциального барьера. Коэффициент прохождения частицы через барьер и его зависимость от высоты и ширины барьера. Принцип и схема работы сканирующего туннельного микроскопа.
16. Моделирование водородно подобных атомов (H, D, T, He^+). Потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром. Описание движения электрона на основе стационарного уравнения Шредингера. Спектр энергий электрона в области $E < 0$.
17. Квантование волновой функции $\Psi(r, \theta, \varphi)$ электрона в атоме водорода. Главное квантовое число n ; орбитальное квантовое число l и магнитное квантовое число m . Спиновое квантовое число m_s .
18. Кратность вырождения различных энергетических уровней в атоме водорода. Средний радиус орбитали электрона в атоме водорода.
19. Метод Монте-Карло. Вычисление определенного интеграла методом Монте-Карло. Геометрическая интерпретация метода Монте-Карло для численного интегрирования функций.
20. Вычисление макросвойств наносистемы как термодинамические средние величины. Невозможность прямого вычисления конфигурационных интегралов. Метод Метрополиса (выборка по значимости) и его графическая интерпретация.

21. Базовый алгоритм Монте-Карло (модификация Метрополиса). Граничные условия. Инициализация расчета. Пробные смещения.
22. Сходство моделирования наносистемы методом молекулярной динамики и реального эксперимента. Алгоритм моделирования по методу молекулярной динамики. Задание начальных значений параметров и положения частиц (инициализация).
23. Расчет сил, действующих на каждую частицу в наносистеме. Периодические граничные условия. Обрезка потенциала.
24. Интегрирование уравнений движения частиц наносистемы на основе закона Ньютона (алгоритм Верле).
25. Применение метода молекулярной динамики для моделирования процесса диффузии.
26. Установление адекватности на основе критериев рассогласования.
27. Принципы функционирования нейронных сетей.
28. Схема создания нейронной сети.
29. Классификация нейронных сетей.
30. Функция активации и ее свойства.
31. Моделирование свойств эргодичных систем многих частиц методами Монте-Карло и молекулярной динамики.
32. Связь параметров уравнения Ван-дер-Ваальса с молекулярной структурой.
33. Пример применения метода Монте-Карло для вычисления определенного интеграла.
34. Квантовая частица во внешнем параболическом поле сил.
35. Соотношение Эйнштейна для оценки коэффициента диффузии.
36. Соотношения Грина-Кубо для оценки коэффициентов переноса.
37. Автокорреляционная функция и ее свойства.
38. Собственная энергия растворенной молекулы в газовой и жидкой средах.
39. Уравнение Шредингера в сферической системе координат.
40. Решение уравнения Шредингера для основного состояния электрона в атоме водорода в области $E < 0$.
41. Квантование волновой функции $\Psi(r, \theta, \varphi)$.
42. Кратность вырождения различных энергетических уровней.
43. Средний радиус орбитали электрона в атоме водорода.
44. Дисперсия радиуса орбитали электрона в атоме водорода в основном состоянии $1s$.
45. Многоэлектронные атомы. Метод Хартри-Фока.
46. Основные понятия и математический аппарат квантовой механики.
47. Стационарное уравнение Шредингера.
48. Решение уравнения Шредингера в случае движения свободной частицы вдоль оси X .
49. Энергетический интервал между двумя соседними уровнями. Влияние размера ямы l .
50. Роль статистической механики в моделировании наносистем.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.2.2. Образцы экзаменационных билетов

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

*Министерство науки и высшего
образования РФ*
**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева**
Кафедра кибернетики ХТП
28.03.02 Наноинженерия
**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №1

1. Соотношение теоретического и компьютерного прогнозирования свойств веществ и материалов. (10 баллов)
2. Применение метода молекулярной динамики для моделирования процесса диффузии. (30 баллов)

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

*Министерство науки и высшего
образования РФ*
**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева**
Кафедра кибернетики ХТП
28.03.02 Наноинженерия
**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №2

по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»

1. Математические модели и этапы математического моделирования. (10 баллов)
2. Интегрирование уравнений движения частиц наносистемы на основе закона Ньютона (алгоритм Верле). (30 баллов)

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

*Министерство науки и высшего
образования РФ*

**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики ХТП**

28.03.02 Наноинженерия

**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №3

по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»

1. Методы установления адекватности математических моделей. (20 баллов)
2. Расчет сил, действующих на каждую частицу в наносистеме. Периодические граничные условия. Обрезка потенциала. (20 баллов)

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

*Министерство науки и высшего
образования РФ*

**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики ХТП**

28.03.02 Наноинженерия

**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №4

по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»

1. Нейросетевое моделирование. Этапы разработки нейросетевой модели. Обучение на основе обратного распространения ошибок. (20 баллов)
2. Сходство моделирования наносистемы методом молекулярной динамики и реального эксперимента. Алгоритм моделирования по методу молекулярной динамики. Задание начальных значений параметров и положения частиц (инициализация). (20 баллов)

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

**Министерство науки и высшего
образования РФ**

**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева**

Кафедра кибернетики ХТП

28.03.02 Наноинженерия

**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №5

по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»

1. Классификация взаимодействий. Молекулярные и поверхностные силы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Связь потенциала взаимодействия с силой взаимодействия. Парный потенциал Леннард-Джонса. (20 баллов)

2. Базовый алгоритм Монте-Карло (модификация Метрополиса). Граничные условия. Инициализация расчета. Пробные смещения. (20 баллов)

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой кибернетики ХТП

_____ М.Б. Глебов

« _____ » _____ 2021 г.

**Министерство науки и высшего
образования РФ**

**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева**

Кафедра кибернетики ХТП

28.03.02 Наноинженерия

**Моделирование нанопроцессов в
химической технологии, фармацевтике
и биотехнологии**

Билет №6

по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии»

1. Взаимодействие молекул в газовой и жидкой средах. Влияние растворителя. Явление сольватации. Воздействие молекул растворителя на свойства растворенных молекул. Энергия, затрачиваемая на образование полости при растворении молекул. (20 баллов)

2. Вычисление макросвойств наносистемы как термодинамические средние величины. Невозможность прямого вычисления конфигурационных интегралов. Метод Метрополиса (выборка по значимости) и его графическая интерпретация. (20 баллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Попов А.М. Вычислительные нанотехнологии. М.: КНОРУС, 2014. - 309 с.
2. Джейкоб Израелашвили. Межмолекулярные и поверхностные силы. М.: Научный мир, 2011. – 456 с.
3. Френкель Д, Смит Б. Принципы компьютерного моделирования молекулярных систем: от алгоритмов к приложениям. М.: Научный мир, 2013. – 578 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Ибрагимов И. М., Ковшов А. Н., Назаров Ю. Ф. Основы компьютерного моделирования наносистем: Учебное пособие. - СПб.: Издательство. Лань., 2010. - 384 С.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- Журнал «ТРИЗ» и другие.

Учебно-методические материалы на сайте кафедры.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные классы на 16 посадочных мест с возможностью подключения к сети Интернет.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре имеются 32 ПК, 8 принтеров, сканер, проектор и ксерокс, которые используются для подготовки учебно-методических материалов и пособий. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 10 персональных компьютеров с выходом в сеть Интернет.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 13.4.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии» доступны учебные материалы, размещенные на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения практических работ.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	20	Бессрочно
2	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Компьютерное моделирование нанопроцессов и наносистем	<p>Знает:</p> <p>Особенности моделирования. Компьютерное моделирование свойств веществ. Классификацию полуклассических и квантово-механических моделей. Методы статистической механики для оценки макропараметров наносистем.</p> <p>Умеет:</p> <p>Определять силы взаимодействия частиц при заданном потенциале взаимодействия. Применять распределение Больцмана.</p> <p>Владеет:</p> <p>Описанием движения ансамбля наночастиц с позиций статистической механики. Классификацией взаимодействий. Понятиями энергии взаимодействия молекул в свободном пространстве и в средах; энтропии; температуры; определениями термодинамической средней величины и эргодичности системы многих частиц.</p>	Письменная промежуточная аттестация, оценивается в баллах (наивысший балл -5)

<p>Раздел 2. Квантово-механические модели наносистем</p>	<p>Знает: Основные понятия и математический аппарат квантовой механики. Модели квантовых наносистем. Многочастичные квантовые наносистемы.</p> <p>Умеет: Определять кратность вырождения энергетических уровней; средний радиус орбитали электрона в атоме водорода; наиболее вероятный радиус орбиты электрона в атоме водорода в основном состоянии. Находить точные решения уравнения Шредингера для модельных потенциалов: в случае свободной частицы, потенциальной ямы, прохождения частицы через потенциальный барьер.</p> <p>Владеет: Теорией сканирующего туннельного микроскопа, теорией квантовых точек. Методами вычисления средних величин квантовых наносистем.</p>	<p>Письменная промежуточная аттестация, оценивается в баллах (наивысший балл -20)</p>
<p>Раздел 3. Вычислительный метод Монте-Карло в задачах наноинженерии</p>	<p>Знает: Моделирование методом Монте-Карло. Основные положения метода. Метод Метрополиса. Квантовые методы Монте-Карло для изучения наноструктур.</p> <p>Умеет: Моделировать системы с фиксированным числом частиц в заданном объеме с фиксированной температурой. Задавать периодические граничные условия. Осуществлять обрезку потенциалов. Проводить инициализацию расчета методом Монте-Карло. Делать пробные шаги смещения.</p> <p>Владеет: Вариационным методом Монте-Карло на основе алгоритма Метрополиса выборки по значимости. Генетическим алгоритмом.</p>	<p>Письменная промежуточная аттестация, оценивается в баллах (наивысший балл -15)</p>
<p>Раздел 4. Моделирование наносистем методом молекулярной динамики</p>	<p>Знает: Основы метода молекулярной динамики. Вычисление макроскопических параметров системы усреднением по времени.</p> <p>Умеет: Проводить инициализацию метода. Рассчитывать силы взаимодействия. Оценивать неустойчивость интегрирования уравнений движения по</p>	<p>Письменная промежуточная аттестация, оценивается в баллах (наивысший балл -10)</p>

	<p>Ляпунову.</p> <p>Владеет:</p> <p>Алгоритмом Верле для интегрирования уравнений движения. Применением метода молекулярной динамики для описания процесса диффузии.</p>	
<p>Раздел 5.</p> <p>Применения компьютерного моделирования наносистем для фармацевтики, полимерных материалов, биотехнологии и нанoeлектроники</p>	<p>Знает:</p> <p>Использование молекулярной динамики со связями для моделирования систем макромолекул. Биологические наноматериалы. Строительные блоки и наноструктуры. Механизм образования наноструктур. Нанообъекты на поверхности. Пакеты программ на основе моделей «из первых принципов» и их возможности для задач нанотехнологий.</p> <p>Умеет:</p> <p>Использовать метод молекулярной динамики со связями для моделирования систем макромолекул.</p> <p>Владеет:</p> <p>Принципами моделирования наносистем в фармацевтике и биотехнологии.</p>	<p>Письменная промежуточная аттестация, оценивается в баллах (наивысший балл -10)</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к РПД
по дисциплине «Моделирование нанопроцессов в химической технологии,
фармацевтике и биотехнологии»
основной образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация - бакалавр

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Наноинженерия в биотехнологии»
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация «бакалавр»**

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров
(Подпись)

Москва 2021 г.

Программа составлена доцентом, к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов Гусевой Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Наноинженерия в биотехнологии» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, и рассчитана на изучение в 8 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области органической, коллоидной химии, физико-химическим основам нанотехнологии, основам биотехнологии и аналогичным дисциплинам других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины «Наноинженерия в биотехнологии» - изучение основных наноинженерных структур и принципов их организации, применяющихся в биотехнологии, ознакомление с природными наномашинами и наномоторами, принципами самоорганизации и самосборки как природных биологических структур, так и био- и наноматериалов, основными моделями математической биофизики и программными пакетами для моделирования бионаноструктур.

Задачи дисциплины:

- изучение основных биогенных молекул;
- изучение базовых моделей математической биофизики;
- изучение иерархии при построении природных бионаноструктур;
- ознакомление с программными пакетами для моделирования бионаноструктур.

Дисциплина «Наноинженерия в биотехнологии» преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Методы кибернетики в наноинженерии» на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов,</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.</p> <p>ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).</p> <p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
заготовок деталей и изделий на их основе			аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов новым свойствам техническому заданию (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования				наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

знать:

- особенности строения биогенных молекул;
- классификации основных моделей математической биофизики;
- виды взаимодействий в молекулах;
- эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин;
- основные программные средства для моделирования бионаноструктур;

уметь:

- анализировать структуру биологических молекул;
- подбирать кинетические зависимости на основании базовых моделей математической биофизики;
- определять принципы самоассемблирования для ряда биологических структур;
- анализировать структуру некоторых белков;
- описывать работу некоторых бионаномашин;

владеть:

- навыками расчета на основании моделей математической биофизики;
- навыками отнесения вещества к классу биогенных молекул по структурной формуле;
- навыками поиска информации по структуре биогенных молекул.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		79,6	59,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация			
Подготовка к экзамену.			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
1.	Раздел 1. Строение биогенных молекул	32	-	8	-	-	-	8	-	16
1.1	Вода. Углеводы. Аминокислоты. Белки. Липиды	19	-	4	-	-	-	5	-	10
1.2	Нуклеиновые кислоты.	7	-	2	-	-	-	2	-	3
1.3	Вирусы.	6	-	2	-	-	-	1	-	3
2.	Раздел 2. Базовые модели математической биофизики	32	-	8	-	-	-	8	-	16
2.1	Модели неограниченного и ограниченного роста.	7	-	1	-	-	-	2	-	4
2.2	Модели с ограничением по субстрату.	9	-	3	-	-	-	2	-	4
2.3	Конкуренция, отбор, модели на основе конкурентных соотношений.	9	-	3	-	-	-	2	-	4
2.4	Модель проточной культуры микроорганизмов	7	-	1	-	-	-	2	-	4
3.	Раздел 3. Создание природных бионаноструктур	33	-	8	-	-	-	9	-	16
3.1	Иерархические стратегии создания природных биоструктур.	10	-	2	-	-	-	2	-	6
3.2	Формирование стабильных структур при белковом фолдинге.	9	-	2	-	-	-	3	-	4
3.3	Самосборка природных биологических структур.	7	-	2	-	-	-	2	-	3

3.4	Применение бионаноматериалов	7	-	2	-	-	-	2	-	3
4.	Раздел 4. Бионаномашинны	21	-	5	-	-	-	-	-	16
5.	Раздел 5. Программные пакеты для моделирования бионаноструктур. Понятие биоинформатики	25	-	2	-	-	-	7	-	16
	Заключение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	144	-	32	-	-	-	32	-	80
	Зачет с оценкой									
	ИТОГО	180								

Введение.

Основные понятия и определения. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии. Размеры биологических наноструктур.

1. Раздел 1. Строение биогенных молекул.

1.1 Вода. Углеводы. Аминокислоты. Белки.

Вода. Углеводы: моносахариды и полисахариды, изоформы углеводов, хиральность молекул, пектины, примеры природных полисахаридов. Аминокислоты: строение аминокислот, классификация. Белки: первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры белков, пептидные связи, конформации вторичных структур, примеры и функции белков.

1.2. Нуклеиновые кислоты. Липиды.

Строение ДНК и РНК. Нуклеотиды. Уровни компактизации ДНК. Функции РНК: информационная, рибосомная, транспортная. Микро-РНК. Липиды: строение молекул, фосфолипиды и гликолипиды. Использование в клетке.

1.3. Вирусы.

Вирусы. Специфичность вирусов. Строение вирусного капсида. Литический и нелитический пути роста вирусов.

2. Раздел. Базовые модели математической биофизики.

2.1. Модели неограниченного и ограниченного роста.

Модели неограниченного и ограниченного роста. Автокатализ, уравнение Ферхюльста.

2.2. Модели с ограничением по субстрату.

Модели с ограничением по субстрату. Модели Моно, Моно-Иерусалимского, Михаэлиса-Ментена и др.

2.3. Конкуренция, отбор, модели на основе конкурентных соотношений.

Конкуренция, отбор, модели на основе конкурентных соотношений. Логистические уравнения. Триггер Жакоба и Моно. Классические модели Вольтерра. Модели взаимодействия видов.

2.4. Модель проточной культуры микроорганизмов.

Модель проточной культуры микроорганизмов. Хемостат.

3. Раздел 3. Создание природных бионаноструктур.

3.1. Иерархические стратегии создания природных биоструктур.

Иерархические стратегии создания природных биоструктур. Последовательный ковалентный синтез, ковалентная полимеризация, самосборка, самоассемблирование. Виды взаимодействий в молекулах. Ковалентные и нековалентные взаимодействия.

3.2. Формирование стабильных структур при белковом фолдинге.

Уровни структурной организации белков. Принципы фолдинга: принцип позитивного дизайна, принцип негативного дизайна, убиквитирование.

3.3. Самосборка природных биологических структур.

Молекулярная самосборка природных биологических наноструктур. Молекулярные и химические основы взаимодействия компонентов биологических наносборок. Возникновение биологической активности в результате самосборки. Принцип молекулярного узнавания при формировании структуры биомолекул. Организация бактериальных S-слоев. Самоорганизация вирусов, фосфолипидных мембран. Ионные каналы: селективные нанопоры. Технологии рекомбинантных ДНК. Антитела как молекулярные сенсоры узнавания.

3.4. Применение бионаноматериалов.

Пептиды. Наноконтейнеры для доставки лекарств. «Мягкая» литография в биотехнологии. Лаборатория-на-чипе. Нанобионика и живые системы как прототипы нанотехнологий, понятие биомиметики.

4. Раздел 4. Бионаномашинны.

Бионаномашин. Подходы к созданию бионаномашин. Примеры природных наномашин. Эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин. Примеры природных наномашин. Энергетика бионаномашин. Понятие бионаномоторов. Биологические нанодвигатели: жгутики и реснички.

5. Раздел 5. Программные пакеты для моделирования бионаноструктур. Понятие биоинформатики.

Обзор программных средств для моделирования бионаноструктур. Методы молекулярной динамики. Клеточно-автоматный подход. Понятие биоинформатики.

Заключение.

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований в области использования наноинженерных подходов для биотехнологии.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раз дел 1	Раз дел 2	Раз дел 3	Раз дел 4	Раз дел 5
	Знать:					
1	особенности строения биогенных молекул	+				
2	классификации основных моделей математической биофизики		+			
3	виды взаимодействий в молекулах			+		
4	эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин				+	
5	основные программные средства для моделирования бионаноструктур					+
	Уметь:					
6	анализировать структуру биологических молекул	+				
7	подбирать кинетические зависимости на основании базовых моделей математической биофизики		+			
8	определять принципы самоассемблирования для ряда биологических структур			+		
9	анализировать структуру некоторых белков			+		+
10	описывать работу некоторых бионаномашин				+	
	Владеть:					
11	навыками отнесения вещества к классу биогенных молекул по структурной формуле	+		+		
12	навыками расчета на основании моделей математической биофизики		+			
13	навыками для описания работы некоторых бионаномашин				+	
14	навыками поиска информации по структуре биогенных молекул					+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				

15	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общетехнических дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+	+	+
16		ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).	+	+	+		+
17		ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса		+	+	+	+
18	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике		+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Лабораторные занятия. Примерные темы лабораторных занятий по дисциплине (32 акад. ч.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1, 3	Знакомство с сайтом Национального центра биологической информации (The National Center for Biotechnology Information). Строение биогенных молекул.	8
2	2	Расчет кинетики роста клеток по базовым кинетическим моделям в Excel: 2) модели неограниченного и ограниченного роста, модели с ограничением по субстрату, 3) модели на основе конкурентных соотношений.	8
3	3, 5	Знакомство с базой данных RCSB Protein Data Bank (открытый доступ в интернете)	8
4	4, 5	Разбор вариантов записей структуры белков с точки зрения подходов биоинформатики. Примеры использования клеточно-автоматного подхода.	8

6.2. Практические занятия. Примерные темы практических занятий по дисциплине (32 акад. ч.).

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает: например, рассмотрение практических примеров планирования экспериментов, приведенных в литературе.

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 10 баллов), реферативно-аналитической работы (18 баллов), за выполнение лабораторных работ (максимальная оценка по 3 балла) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Особенности строения биогенных молекул. Аминокислоты.
 2. Особенности строения биогенных молекул. Белки.
 3. Особенности строения биогенных молекул. Нуклеиновые кислоты.
 4. Особенности строения биогенных молекул. Классификация и структуры углеводов.
 5. Особенности строения биогенных молекул. Строение и функции липидов.
 6. Бионаномашины.
 7. Вирусы.
 8. Молекулярная самосборка природных биологических наноструктур.
- Примеры.
9. Самосборка биоматериалов и наноматериалов. Примеры.
 10. Применение бионаноматериалов. Примеры.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины.

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (8 семестр) (по одной контрольной работе по 1-5 разделам). Максимальная оценка за контрольные работы

составляет 10 баллов за каждую.

Раздел 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 1.1. Привести основные группы биоорганических соединений и их характерные размеры.

Вопрос 1.2. Углеводы, основные моносахариды, классификация, примеры, структура, функции. Основные полисахариды. Примеры из природы.

Вопрос 1.3. Основные аминокислоты. Классификация, примеры, функции.

Вопрос 1.4. Белки. Структуры белков, примеры, функции.

Вопрос 1.5. Фолдинг белков. Особенности.

Раздел 2-3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 2.1. Модели с ограничением по субстрату.

Вопрос 2.2. Модель проточной культуры микроорганизмов.

Вопрос 2.3. Иерархические стратегии построения бионаноструктур.

Вопрос 2.4. Описать примеры самособирающихся структур из живого мира.

Вопрос 2.5. Привести основные уравнения и их описание для базовых моделей математической биофизики.

Раздел 3-5. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 2.1. Виды взаимодействий в молекуле: ковалентные и нековалентные. Их описание. Примеры с конкретными биологическими соединениями.

Вопрос 2.2. Принципы самоассемблирования. Принципы конструирования. Виды симметрии.

Вопрос 2.3. Бионаномшины. Примеры, описание.

Вопрос 2.4. Кратко привести и описать назначение программных пакетов для моделирования бионаноструктур

Вопрос 2.5. Иерархические стратегии построения бионаноструктур.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1-5 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачёт с оценкой).

1. Понятие бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.
2. Привести основные классы биоорганических соединений и их размеры как бионаноструктур.
3. Классификация видов взаимодействий в молекуле.
4. Особенности ковалентной связи. Примеры.
5. Нековалентные взаимодействия. Водородная связь. Примеры.
6. Особенности электростатических (или ионных) взаимодействий. Примеры.
7. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Примеры.
8. Гидрофобные взаимодействия. Примеры.

9. Особенности строения биогенных молекул. Вода.
10. Строение и классификация углеводов.
11. Биологические полисахариды. Особенности строения. Простые и сложные углеводы. Применение.
12. Особенности строения аминокислот. Классификация. Применение.
13. неполярные аминокислоты. Функции.
14. Ароматические аминокислоты. Функции.
15. Полярные незаряженные аминокислоты. Функции.
16. Отрицательно заряженные и положительно заряженные аминокислоты. Гистидин. Функции.
17. Особенности образования белков. Пептидная связь. Структуры белков. Первичная структура белка.
18. Виды вторичных структур белков. Конформации.
19. Третичная структура белков. Примеры.
20. Четвертичная структура белков. Функции четвертичной структуры белка. Примеры.
21. Фолдинг белков. Понятие убиквитирования.
22. Строение азотистых оснований для ДНК и РНК.
23. Структура химических связей в молекуле. Фосфородиэфирная связь. Правило Э.Чаргаффа.
24. Структура дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Нуклеотиды. Комплементарность.
25. Конформация ДНК. Уровни компактизации ДНК.
26. Стэкинг при образовании ДНК.
27. Основные функции ДНК.
28. Структура молекулы РНК.
29. Виды РНК. Функции.
30. Особенности строения биогенных молекул. Классификация и структуры углеводов.
31. Строение и функции липидов. Примеры.
32. Вирусы. Специфичность вирусов. Строение вирусного капсида.
33. Классификация вирусов. Морфология вирусов. Примеры.
34. Способы размножения вирусов.
35. Иерархичность в создании природных бионаноструктур. Виды иерархических стратегий для ассемблирования.
36. Иерархичность в создании природных бионаноструктур. Последовательный ковалентный синтез. Примеры.
37. Иерархичность в создании природных бионаноструктур. Ковалентная полимеризация. Примеры.
38. Иерархичность в создании природных бионаноструктур. Самоорганизующийся синтез или самосборка. Примеры.
39. Иерархичность в создании природных бионаноструктур. Самоассемблирование. Примеры.
40. Понятие бионаномашин. Эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин. Примеры природных наномашин.
41. Молекулярная самосборка природных биологических наноструктур. Примеры.
42. Самосборка биоматериалов и наноматериалов. Примеры.
43. Применение бионаноматериалов. Примеры.
44. Базовые модели математической биофизики.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (8 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Наноинженерия в биотехнологии» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по 1-5 разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2-х вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой

<p>«Утверждаю» зав. кафедрой КХТП (Должность, наименование кафедры)</p> <p>М.Б. Глебов (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра кибернетики химико-технологических процессов</p>
	<p>28.03.02 Наноинженерия Профиль – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»</p>
<p>Дисциплина «Наноинженерия в биотехнологии»</p>	
<p>Билет № 1</p>	
<p>1. Понятие бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.</p> <p>2. Особенности электростатических (или ионных) взаимодействий. Примеры.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Луценко Н. Г. Начала биохимии [Текст] : в 2 ч. : Учебное пособие / Н. Г. Луценко, С. В. Калёнов, А. В. Белодед. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - ISBN 978-5-7237-0922-5. Ч.1 : Курс лекций. - 2011. - 156 с.
2. Луценко Н. Г. Начала биохимии [Текст] : в 2 ч. : Учебное пособие / Н. Г. Луценко, С. В. Калёнов, А. В. Белодед. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - ISBN 978-5-7237-0922-5. Ч.2 : Информационные материалы к лекциям. - 2011. - 103 с.
3. Основы биохимии. Статическая биохимия [Текст] : учебное пособие / О. Д. Лопина [и др.]. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 172 с. : ил. - Библиогр.: с. 172.
4. Газит Э. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития. – М.: Научный мир, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.studmed.ru/gazit-e-nanobiotehnologiya-neobyatnye-perspektivy-razvitiya_8ef2b83c43d.html (дата обращения: 15.04.2021).

Б) Дополнительная литература:

1. Эмануэль Н. М. Химическая и биологическая кинетика/ Н. М. Эмануэль, И. В. Березин, С. Д. Варфоломеев. - М. : Изд-во МГУ, 1983. - 295 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - 3.40 р.
2. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. – М. : Лесн. пром-ть, 1979, 344 с.
3. Огурцов А.Н. Введение в биофизику. Физические основы биотехнологии: учебное пособие/ А.Н. Огурцов. – Х. : НТУ «ХПИ», 2008. – 320 с.
4. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.). Ижевск: Изд-во РХД, 2011. 560 с.
5. Биофизика: учебник / А.Б. Рубин. М.: КНОРУС, 2016. 190 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Инструкции по технике безопасности в компьютерном классе.

Научно-технические журналы:

- «Нанотехнологии: разработка, применение – XX1 век», ISSN – 2225-0980;
- «Наноинженерия», ISSN – 2223-4586;
- «Биотехнология», ISSN 0234-2758 (Print); 2500-2341 (Online)
- «Математическая биология и биоинформатика», ISSN 1994-6538
- «Biotechnology and Bioengineering», ISSN:1097-0290 (Online)
- «Biochemical Engineering Journal» ISSN 1369-703X
- «Journal of Bioscience and Bioengineering» ISSN 1389-1723.

Интернет-ресурсы

1. Информационный портал RusNanoNet. Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.04.2021).
3. Protein Data Bank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rcsb.org/> (дата обращения: 15.04.2021)
4. Программный пакет Molecule Viewer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moleculeviewer.lifesciences.autodesk.com/> (дата обращения: 15.04.2021)

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия», «Фармтек» и другие.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 14, (общее число слайдов – 502);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);
- аудитории кафедры со столами и стульями;
- 2 компьютерных класса на 16 и 10 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПОЛНЕНИЯ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Наноинженерия в биотехнологии» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре Кибернетики химико-технологических процессов для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 16 и 10 компьютерами. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием.

Кафедра обладает программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Наноинженерия в биотехнологии» доступны учебные материалы, размещенные на сайте кафедры <http://kxtp.muctr.ru>. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре Кибернетики ХТП имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре Кибернетики ХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	16	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Строение биогенных молекул	<i>Знает:</i> особенности строения биогенных молекул; <i>Умеет:</i> анализировать структуру биологических молекул; <i>Владеет:</i> навыками отнесения вещества к классу биогенных молекул по структурной формуле	Контрольная работа 1. Лабораторная работа 1. Зачет с оценкой.
Раздел 2. Базовые модели математической биофизики	<i>Знает:</i> классификации основных моделей математической биофизики; <i>Умеет:</i> подбирать кинетические зависимости на основании базовых моделей математической биофизики; <i>Владеет:</i> навыками расчета на основании моделей математической биофизики.	Контрольная работа 2 Лабораторная работа 2. Зачет с оценкой.
Раздел 3. Создание природных бионаноструктур	<i>Знает:</i> виды взаимодействий в молекулах; <i>Умеет:</i> определять принципы самоассемблирования для ряда биологических структур; <i>Владеет:</i> навыками отнесения вещества к классу биогенных молекул по структурной формуле.	Контрольная работа 3. Лабораторная работа 3. Зачет с оценкой.
Раздел 4. Бионаномашинны	<i>Знает:</i> эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин; <i>Умеет</i> описывать работу	Контрольная работа 3. Зачет с оценкой.

	некоторых бионаномашин <i>Владеет:</i> навыками для описания работы некоторых бионаномашин.	
Раздел 5. Программные пакеты для моделирования бионаноструктур. Понятие биоинформатики	<i>Знает:</i> основные программные средства для моделирования бионаноструктур; <i>Умеет:</i> анализировать структуру некоторых белков; <i>Владеет:</i> навыками поиска информации по структуре биогенных молекул.	Контрольная работа 3. Лабораторная работа 4. Зачет с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Наноинженерия в биотехнологии»
основной образовательной программы – программа бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
профиль подготовки – «Наноинженерия в химии, фармацевтике и биотехнологии»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов Н.В. Меньшутиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для направления подготовки **28.03.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой **Кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающийся имеет теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, ведения в направления и аналогичных дисциплин.

Цель дисциплины «Наноинженерия в фармацевтических технологиях» – изучение классических и инновационных (с использованием наноинженерии) фармацевтических технологий, изучение способов получения и требований к наночастицам как средству доставки лекарственных веществ и как новых форм лекарственных препаратов.

Задачи дисциплины:

- изучение классификации и свойств твёрдых, мягких, жидких и газообразных лекарственных форм;
- приобретение базовых теоретических знаний и навыков в области получения и исследования лекарственных форм.

Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- понимания тенденций создания новых лекарственных препаратов в виде твердых, мягких, жидких и газообразных лекарственных форм;
- изучения классического оборудования, используемого в фармацевтических процессах и инновационных методов диагностики;
- ознакомления с правилами организации производства и контроля качества лекарственных средств и системами водо- и воздухоподготовки.

Дисциплина **«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний,	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами. ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации,	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе			методами определения технологических показателей процесса.	сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций,	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 №

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования				611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- классические фармацевтические технологии и оборудование;
- нанотехнологии и оборудование для фармацевтики.

Уметь:

- описать работу оборудования;
- рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы.

Владеть:

- методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения;
- методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоёмкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Лабораторные занятия (ЛР)	0,89	32	24
Самостоятельная работа (СР):	2,22	116	87
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,22	116	87
Вид итогового контроля:			
Экзамен	1	36	27
Подготовка к экзамену	1	35,6	26,7
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,4	0,3

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,1	0,1	–	–
1.	Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм	23,9	3,9	–	20
1.1	Системы классификации лекарственных средств, лекарственных форм, вспомогательных веществ. Требования, предъявляемые к вспомогательным веществам, и их влияние на эффективность и качество лекарственных препаратов	11,15	1,15	–	10
1.2	Бизнес-модели производства и их организация. Перспективы и принципы развития технологии производства лекарственных средств	9	2	–	7
1.3	Основы биофармации	3,75	0,75	–	3
2.	Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	60	10	24	26
2.1	Порошки как лекарственная форма. Технологии и оборудование для производства порошков. Технологические свойства	14	1	8	5

№	Наименование раздела	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	порошкообразных лекарственных препаратов				
2.2	Таблетки как лекарственная форма. Основные требования, предъявляемые к таблеткам. Вспомогательные вещества и наполнители	7	2	–	5
2.3	Технологическая схема процесса таблетирования. Стадии процесса таблетирования и таблеточные машины	14,5	1,5	8	5
2.4	Основные стадии и механизм процессов сухого и влажного гранулирования. Оборудование для гранулирования и сравнение различных типов	5	2	–	3
2.5	Покрытие таблеток оболочками. Типовое оборудование для нанесения покрытий	12	1	8	3
2.6	Фасовка, упаковка и маркировка таблеток. Применяемое оборудование	4	1	–	3
2.7	Капсулы и капсулированные лекарства. Технологическая схема производства	3,5	1,5	–	2
3.	Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	37	8	4	25

№	Наименование раздела	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
3.1	Мази. Стадии технологического процесса производства мазей. Применяемое оборудование	7	2	–	5
3.2	Суппозитории. Способы получения и технологическое оборудование для производства суппозиторий	6,5	1,5	–	5
3.3	Эмульсии. Агрегативная устойчивость эмульсии и механизм эмульгирования. Способы приготовления эмульсий. ПАВ в лекарственных средствах	10	1	4	5
3.4	Суспензии. Свойства и условия стабильности суспензий. Методы приготовления суспензий	7	2	–	5
3.5	Классификация аэрозолей и виды аэрозольных систем. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм и технологическая линия наполнения аэрозольных баллонов	6,5	1,5	–	5
4.	Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки	34	5	4	25
4.1	Требования к качеству воды и воздуха, используемых на фармацевтических предприятиях	6	1	–	5

№	Наименование раздела	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4.2	Требования по обеспечению производственных помещений чистым воздухом, оборудование для очистки воздуха	12	2	–	10
4.3	Классификация типов воды для фармацевтических нужд, основные способы очистки воды и примеры соответствующего оборудования	16	2	4	10
5.	Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях	24,9	4,9	–	20
5.1	Методы контроля сырья, процессов, готовых лекарственных форм. Нормы, предъявляемые к качеству лекарственных препаратов. Группы показателей качества и аналитическое оборудование для оценки качества	11,5	1,5	–	10
5.2	Микрофлюидика. Основные понятия и микрофлюидные аналитические системы	6,9	1,9	–	5
5.3	Характеристики основных правил GMP. Положения GMP-стандартов и основные требования, предъявляемые к фармацевтическому производству	6,5	1,5	–	5
	Заключение	0,1	0,1	–	–

№	Наименование раздела	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	ИТОГО	180	32	32	116
	Экзамен	36			
	ИТОГО	216			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы изучаемой дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Описание основных разделов дисциплины. Структура дисциплины и правила рейтинговой системы.

Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм

1.1 Системы классификации лекарственных средств, лекарственных форм, вспомогательных веществ. Требования, предъявляемые к вспомогательным веществам, и их влияние на эффективность и качество лекарственных препаратов. Классификация лекарственных средств, дозы лекарственных средств. Системы классификация лекарственных форм. Системы классификации вспомогательных веществ. Требования, предъявляемые к вспомогательным веществам, и влияние вспомогательных веществ на эффективность и качество лекарственных препаратов. Системы доставки лекарственных средств.

1.2 Бизнес-модели производства и их организация. Перспективы и принципы развития технологии производства лекарственных средств. Организация бизнес-модели производства. Новые перспективы и принципы развития технологии производства лекарственных средств.

1.3 Основы биофармации. Основы биофармации. Фармацевтические факторы, влияющие на терапевтическую эффективность. Элементы фармакокинетики. Биологическая доступность лекарственных веществ. Несовместимость лекарственных средств.

Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства

2.1 Порошки как лекарственная форма. Технологии и оборудование для производства порошков. Технологические свойства порошкообразных лекарственных препаратов. Порошки как лекарственная форма. Технологические операции производства. Оборудование для производства. Особенности производства порошков. Технологические свойства порошкообразных лекарственных препаратов.

2.2 Таблетки как лекарственная форма. Основные требования, предъявляемые к таблеткам. Вспомогательные вещества и наполнители. Определение и характеристика таблеток. Положительные качества и недостатки таблеток как лекарственной формы. Классы таблеток. Основные требования, предъявляемые к таблеткам. Вспомогательные вещества и наполнители.

2.3 Технологическая схема процесса таблетирования. Стадии процесса таблетирования и таблеточные машины. Основные стадии процесса производства. Технологическая схема процесса таблетирования. Стадии процесса таблетирования и таблеточные машины.

2.4 Основные стадии и механизм процессов сухого и влажного гранулирования. Оборудование для гранулирования и сравнение различных типов. Основные стадии процессов сухого и влажного гранулирования. Механизмы влажной грануляции. Оборудование для гранулирования – грануляторы, сравнение их типов. Общие принципы совмещенных процессов. Гранулирование и сушка в псевдооживленном слое. Гранулирование и сушка распылением. Совмещение экструзии, сферилизации и сушки. Преимущества и недостатки совмещенных процессов.

2.5 Покрытие таблеток оболочками. Типовое оборудование для нанесения покрытий. Цели нанесения покрытий. Виды покрытий. Совместимость покрытия и активного вещества. Классификация вспомогательных веществ для покрытий. Описание процессов. Типовое оборудование для нанесения различных видов покрытий.

2.6 Фасовка, упаковка и маркировка таблеток. Применяемое оборудование. Фасовка, упаковка и маркировка таблеток. Обзор фасовочного оборудования.

2.7 Капсулы и капсулированные лекарства. Технологическая схема производства. Капсулы и капсулированные лекарства. Технологическая схема производства капсул разными способами. Защита и покрытие капсул. Испытание и хранение.

Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства

3.1 Мази. Стадии технологического процесса производства мазей. Применяемое оборудование. Классификация мазевых основ, основные требования. Классификация мазей. Стадии технологического процесса производства мазей. Применяемое оборудование. Стандартизация мазей. Фасовка и упаковка.

3.2 Суппозитории. Способы получения и технологическое оборудование для производства суппозиторий. Характеристика основ и вспомогательных веществ. Способы получения суппозиторий. Технологическое оборудование для их производства. Перспективы развития суппозиторных лекарственных форм.

3.3 Эмульсии. Агрегативная устойчивость эмульсии и механизм эмульгирования. Способы приготовления эмульсий. ПАВ в лекарственных средствах. Группы. Агрегативная устойчивость эмульсии и механизм эмульгирования. Способы приготовления эмульсий. ПАВ в лекарственных средствах.

3.4 Суспензии. Свойства и условия стабильности суспензий. Методы приготовления суспензий. Свойства и условия стабильности суспензий. Методы приготовления суспензий. Стандартизация эмульсий и суспензий.

3.5 Классификация аэрозолей и виды аэрозольных систем. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм и технологическая линия наполнения аэрозольных баллонов. Характеристика и классификация аэрозолей. Преимущества и недостатки. Схема устройства аэрозольной упаковки. Классификация пропеллентов. Виды аэрозольных систем. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм. Технологическая линия наполнения аэрозольных баллонов. Контроль качества, стандартизация и условия хранения препаратов в аэрозольных упаковках.

Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки

4.1 Требования к качеству воды и воздуха, используемых на фармацевтических предприятиях. Цели и задачи водо- и воздухоподготовки.

4.2 Требования по обеспечению производственных помещений чистым воздухом, оборудование для очистки воздуха. Требования к качеству воздуха, используемого на фармацевтических предприятиях. Требования по обеспечению производственных помещений чистым воздухом, оборудование для очистки воздуха.

4.3 Классификация типов воды для фармацевтических нужд, основные способы очистки воды и примеры соответствующего оборудования. Требования к качеству воды, используемой на фармацевтических предприятиях. Классификация типов воды для фармацевтических нужд, основные способы очистки воды и примеры соответствующего оборудования. Технологические схемы. Перспективные направления в получении воды требуемого качества на фармацевтическом предприятии.

Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях

5.1 Методы контроля сырья, процессов, готовых лекарственных форм. Нормы, предъявляемые к качеству лекарственных препаратов. Группы показателей качества и аналитическое оборудование для оценки качества. Методы контроля сырья, процессов, готовых лекарственных форм. Нормы, предъявляемые к качеству лекарственных препаратов. Группы показателей качества. Применяемое аналитическое оборудование

5.2 Микрофлюидика. Основные понятия и микрофлюидные аналитические системы. Основные понятия и определения. Нанофлюидика как раздел микрофлюидики. Микрофлюидные аналитические системы. Классификация. Преимущества.

Микрофлюидные чипы. Детектирование в микрофлюидных чипах. Эмбриология на чипе. Принцип действия и конструкция устройств.

5.3 Характеристики основных правил GMP. Положения GMP-стандартов и основные требования, предъявляемые к фармацевтическому производству. Характеристики основных правил GMP («Good Manufacturing Practice» - Надлежащая производственная практика) и их классификации. Положения GMP-стандартов и основные определения, используемые в процессе фармацевтического производства. Основные требования GMP, предъявляемые к зданиям и помещениям, персоналу и спецодежде, к технологическому процессу, оборудованию, конструкциям и размещению оборудования.

Заключение. Подведение итогов дисциплины

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	<i>Знать:</i>					
1	классические фармацевтические технологии и оборудование		+	+	+	+
2	нанотехнологии и оборудование для фармацевтики	+	+	+	+	+
	<i>Уметь:</i>					
3	описать работу оборудования	+	+	+	+	+
4	рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы		+	+		
	<i>Владеть:</i>					
5	методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения	+	+			+
6	методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ		+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
7	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.		+	+	+
8	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с	ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты		+	+	+

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).					
9	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	+	+	+	+	+
10	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.		+	+		

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Практические занятия по дисциплине «*Наноинженерия в фармацевтических технологиях*» не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Наноинженерия в фармацевтических технологиях*», а также дает знания об инновационных технологиях и их применениях в промышленности.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 10 баллов за лабораторные работы №1-3 и по 5 баллов за лабораторные работы № 4-5). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2.1	Получение твёрдых лекарственных форм. Проверка на растворение и механическую прочность	8
2	2.3	Сублимационная сушка	8
3	2.5	Распылительная сушка. Сушка в псевдооживленном слое	8
4	3.3	Биореакторы, их типы и принцип действия	4
5	4.3	Водоподготовка	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно- библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 балла) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Для текущего контроля не предусмотрено реферативно-аналитической работы по дисциплине «*Наноинженерия в фармацевтических технологиях*».

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по разделам 1-2 и 4). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 10 баллов за каждую.

Разделы 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе №1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Классификация вспомогательных веществ в зависимости от влияния на физико-химические характеристики и фармакокинетику.
2. Распылительная сушка для получения порошковых композиций: стадии, теоретические основы, технологическая схема, применяемое оборудование.
3. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование.
4. Что такое фармацевтическое и лекарственное средство, лекарственная форма, лекарственный препарат?
5. Наноразмерные системы доставки лекарственных средств, их характеристики.
6. Алгоритм «открытия» новых лекарственных веществ.
7. Что такое фармакокинетика? Как влияет размер частиц?
8. Основные типы оборудования для нанесения покрытий.
9. Перечислить аналитическое оборудование, оценивающее качество таблетки.
10. Основные типы таблеточных прессов.

Вопрос 1.2

1. Таблетка "А" является противовоспалительным препаратом и применяется для детей. В качестве активного вещества в таблетке используется меглюмина акридонат, занимающий X% от всей массы таблетки. Какие вспомогательные вещества нужно добавить в таблетку и в каком количестве, учитывая, что масса одной таблетки "А" составляет Y мг. Укажите для чего нужны, приведённые вами, вспомогательные вещества? (Значения X и Y соответствуют варианту)
2. Таблетка активированного угля, массой X мг, содержит Y мг активного вещества. Что следует добавить в качестве вспомогательных веществ? Какое процентное содержание активного вещества и вспомогательных веществ в таблетке? Для чего нужны, приведенные вами, вспомогательные вещества? (Значения X и Y соответствуют варианту)

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе №2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
2. Классификация типов воды для фармацевтических целей.
3. Какие статьи приведены в Американской, Европейской и Российской Фармакопеях?
4. Что такое «вода для инъекций», как и для чего ей получают?
5. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
6. Что такое «вода высокоочищенная», как и для чего ей получают?
7. Что такое «вода питьевая», как и для чего ей получают?
8. Что такое «вода умягчённая», как и для чего ей получают?
9. Что такое «чистый пар», как и для чего ей получают?
10. Вода в производстве активного вещества.

Вопрос 1.2

1. Технология получения X. Описать стадии водоподготовки, технологию получения, стадии розлива и упаковки/маркировки. Определить класс чистоты помещений для отдельных операций. (X соответствует варианту)
2. Предложить и обосновать состав X. Описать полностью технологию и оборудование для каждой стадии. Выбрать таблеточные прессы. Обосновать выбранную производительность. Определить классы чистоты помещений. (X соответствует варианту)

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Классификация твердых лекарственных форм.
2. Классификация лекарственных средств, вспомогательных веществ, лекарственных форм.
3. Определение фармакокинетики и фармакодинамики.
4. Алгоритм «открытия» новых лекарственных веществ.
5. Стадии подготовки сырья для производства таблеток.
6. Виды смесителей. Привести факторы, от которых зависят скорость и степень перемешивания.
7. От каких факторов зависит степень и скорость смешивания?
8. От каких параметров зависит точность дозирования?
9. Сита, их назначение и конструкции.
10. Сухая и влажная грануляция. Применяемое оборудование.
11. Какова функция гранулирующей жидкости при осуществлении процесса влажной грануляции и механизм ее действия?
12. На что влияют вспомогательные вещества?
13. Каков механизм действия разрыхляющих веществ?
14. Таблеточные прессы, их разновидности.
15. Как влияет применение высокого давления при прессовании и чем его можно компенсировать?
16. Классификация порошков, способы их получения.
17. Установки для фильтрации и стерилизации воздуха.

18. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
19. Классы помещений, примеры.
20. Типы сушек, применяемых в фармацевтическом производстве. Основное оборудование.
21. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.
22. Распылительная сушка для получения порошковых композиций: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.
23. Оборудование для нанесения покрытий на таблетки, пеллеты, гранулы.
24. Что такое пеллетирование обкатыванием?
25. Как осуществляется процесс опудривания гранулята?
26. Капсулы, оборудование для изготовления капсул.
27. Классификация мягких лекарственных форм.
28. Основное оборудование для выпуска и фасовки мягких лекарственных форм.
29. Технологии и оборудование для получения суппозиториев.
30. Классификация жидких лекарственных форм.
31. Технологии и оборудование для получения жидких лекарственных форм.
32. Газообразные лекарственные формы. Преимущества и недостатки.
33. Технологии и оборудование для получения газообразных лекарственных форм.
34. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества твердых лекарственных форм.
35. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества мягких лекарственных форм.
36. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества газообразных лекарственных форм.
37. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества жидких лекарственных форм.
38. Микрофлюидные технологии. Использование в фармацевтике. Принцип работы оборудования.
39. Основные положения системы обеспечения качества лекарственных средств.
40. Надлежащая лабораторная практика (GLP).
41. Надлежащая клиническая практика (GCP).
42. Надлежащая производственная практика (GMP).
43. Надлежащая практика хранения (GSP).
44. Надлежащая практика дистрибуции (GDP).
45. Надлежащая аптечная практика (GPP).
46. Виды контроля качества лекарственных средств на промышленных предприятиях.
47. Государственные стандарты качества лекарственных средств.
48. Биодоступность лекарственных средств, биоэквивалентность.
49. Методы исследования лекарственных средств.
50. Аналитические методы исследования лекарственных средств.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билетов для экзамена (7 семестр)

Экзамен по дисциплине «*Наноинженерия в фармацевтических технологиях*» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«*Утверждаю*»
зав. кафедрой

*Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации*

_____ М.Б. Глебов
(Подпись) (И.О. Фамилия)

**Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева**

«__» _____ 20__ г.

**Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»
Дисциплина «Наноинженерия в фармацевтических
технологиях»**

Билет № 1

1. Классификация лекарственных средств, вспомогательных веществ, лекарственных форм.
2. Какова функция гранулирующей жидкости при осуществлении процесса влажной грануляции и механизм ее действия?
3. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.1. – М.: Издательство БИНОМ, 2012– 328 с.
2. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В., Гордиенко М.Г., Гусева Е.В., Троянкин А.Ю. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.2. – М.: Издательство БИНОМ, 2013 – 480 с.

Б. Дополнительная литература

1. Мишина Ю.В., Меньшутина Н.В. Технологии и оборудование для производства твердых лекарственных форм (Часть 1): учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
2. Мишина Ю.В., Меньшутина Н.В. Технологии и оборудование для производства твердых лекарственных форм (Часть 2): учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 152 с.
3. Алвес С.В., Меньшутина Н.В. Промышленное производство мягких лекарственных форм: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 220 с.

4. Гусева Е.В., Меньшутина Н.В. Системы подготовки воздуха и воды на фармацевтических предприятиях: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 116 с.

5. Гордиенко М.Г., Меньшутина Н.В. Контроль качества на фармацевтических предприятиях, аналитическое оборудование: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 92 с.

6. Гусева Е.В., Троянkin А.Ю., Меньшутина Н.В. Организация чистых помещений. Применение изоляторных технологий: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 56 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Фармация» ISSN 0367-3014 (Print).
- Журнал «Химико-фармацевтический журнал». ISSN 0023-1134 (Print).
- Журнал «Аналитика» ISSN 2227-572X (Print).
- Журнал «Фармация и фармакология» ISSN 2307-9266 (Print). ISSN 2413-2241(Online).
- Journal of Pharmaceutical Research International ISSN 2456-9119 (Print). ISSN 2231-2919 (Online).
- Pharmaceutical Chemistry Journal ISSN 0091-150X (Print). ISSN 1573-9031 (Online).
- Журнал «Российские нанотехнологии» ISSN 1992-7223 (Print) ISSN 1992-4068 (Online).
- Журнал «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век». ISSN 2225-0980 (Print).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс] <http://www.nanojournal.ru>
- Наномир — интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс] <http://www.miracle-uni.ru>
- Журнал «Nature Nanotechnology» 1748-3387 (Print) and 1748-3395 (Online).
- Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093 (Print).
- Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Каталог оборудования компании Glatt. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.glatt.com/ru/kompanija/> (дата обращения: 15.04.2021).

2. Каталог оборудования компании Büchi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.buchi.com/ru-ru> (дата обращения: 15.04.2021).

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf;
- банк вариантов контрольных работ – 50;
- банк вариантов лабораторных работ – 50;
- банк билетов для экзамена – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»* проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося бакалавриата.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лабораторные занятия по дисциплине проходят в лабораториях Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий, оборудованных современным оборудованием, в том числе: лабораторная установка для грануляции и

покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis A5g500 (Польша), многофункциональное устройство.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muctr.ru>.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	16	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм	<i>Знает:</i> нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения	Оценка на экзамене.
Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования; рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения; методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ	Оценка за лабораторные работы №1, 2, 3. Оценка за контрольную работу №1. Оценка на экзамене.
Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования; рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы. <i>Владеет:</i> методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.	Оценка за лабораторную работу №4. Оценка на экзамене.
Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования.	Оценка за лабораторную работу №5. Оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<i>Владеет:</i> методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.	контрольную работу №2. Оценка на экзамене.
Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения.	Оценка на экзамене.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Наноинженерия в фармацевтических технологиях»
основной образовательной программы
28.03.02 «Наноинженерия»
профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы»

Направление подготовки – 28.03.02 Наноинженерия

Профиль подготовки –

"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021 г.

Программа составлена:
д.т.н., доцентом, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов
Е.В. Писаренко,

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение трех семестров.

Дисциплина «Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, общей и неорганической химии, органической химии, макрокинетики химических процессов и др.

Цель дисциплины – изучение физико-химической сущности проведения процессов на нанокатализаторах, способов направленного подбора с заданными характеристиками нанокатализаторов и освоение технологий создания высокорентабельных нанокаталитических процессов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с физической сущностью каталитического действия нанокатализаторов, основными типами нанокатализаторов и методами их приготовления,
- изучение структуры и физико-химических свойств нанокатализаторов,
- изучение методов планирования непрерывного химического эксперимента и осуществления на его основе направленного подбора нанокатализаторов,
- изучение технологий получения нанокатализаторов различными методами и экспериментальных методов диагностики при изучении наноразмерных структур.

Дисциплина «Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы» преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.</p>	<p>ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в наноинженерии.</p> <p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p> <p>ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанообъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.</p> <p>ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых</p>

				<p>полимерных наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.</p> <p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально- методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств нано-материалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные типы нанокатализаторов, их классификацию и основные физико-химические свойства;
- методы приготовления нанокатализаторов различных типов;
- основные методы направленного подбора нанокатализаторов;
- основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.

Уметь:

- анализировать и собирать научную литературу с целью установления основных тенденций развития химической nanoиндустрии и разработки перспективных нанокатализаторов;
- проводить планирование непрерывного химического эксперимента и осуществлять направленный подбор на основе его результатов нанокатализаторов;
- определять основные компоненты нанокатализаторов и способы их приготовления, обеспечивающие увеличение показателей работы каталитических реакторов по активности и селективности;
- объяснить физико-химический смысл повышения производительности процесса при эксплуатации нового нанокатализатора;
- проводить анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможностей их промышленного использования.

Владеть:

- основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции;
- способами установления типа активного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций;
- методами оценки коэффициентов диффузии реагентов в микрогрануле катализатора, констант равновесия адсорбции и констант скоростей адсорбции, кинетических констант химических реакций;
- методами планирования непрерывного динамического эксперимента, дискриминации моделей, проверки адекватности моделей для заданного нанокатализатора и заданной каталитической реакции.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки	0,75	27	20,25
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,75	27	20,25
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	ПЗ	в т.ч. в форме пр. подг.	СР
	Введение. Нанокатализ: основные понятия и представления. Размерные эффекты в катализе. Исследования, проводимые в области нанокатализа. Методы получения наночастиц. Примеры промышленного использования нанокатализаторов.	0.5	–	0.5	–	–	–
1.	Раздел 1. Химическая термодинамика, адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химической реакции на нанокатализаторах.	22	6	6	6	6	10
1.1	Адсорбция и кинетика многомаршрутных химических реакций на нанокатализаторах.	7	2	3	2	2	2
1.2	Методы оценки неизвестных параметров моделей адсорбции и кинетических моделей химических реакций на нанокатализаторах по результатам адсорбционных и кинетических экспериментов.	9	2	2	2	2	5
1.3	Проверка адекватности и дискриминация моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции.	6	2	1	2	2	3
2	Раздел 2. Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов.	20	5	5	5	5	10
2.1	Сверхнасыщенные планы экспериментов при направленном подборе нанокатализаторов с регулярной кристаллической структурой.	13	5	3	5	5	5
2.2	Примеры синтеза нанокатализаторов для процессов получения высокочистого этилена, алкилирования бензола пропиленом, изомеризации алканов и алкенов, изомеризации алкилбензолов.	7	–	2	–	–	5
3	Раздел 3. Цеолитные катализаторы с активными наночестрами, их структура и свойства.	20	5	5	5	5	10
3.1	Классификация цеолитов. Бренстедовские и Льюисовские активные центры каркаса цеолитов. Физико-химические свойства цеолитных катализаторов с активными наночестрами. Силикатный и кремнезольный способы производства кристаллических алюмосиликатных гетерогенных нанокатализаторов.	10	2	3	2	2	5

3.2	Низкокремнистые, высококремнистые, ультравысококремнистые цеолиты. Формирование геометрической структуры и состава моно-, би- и поликомпонентов активных наночентров цеолитных катализаторов.	5	2	1	2	2	2
3.3	Методы организации совмещенных химических реакций, обеспечивающих увеличение производительности и селективности каталитических процессов.	5	1	1	1	1	3
4	Раздел 4. Мезоструктурные алюмосиликатные материалы.	19	–	4	5	–	10
4.1	Приготовление мезоструктурных алюмосиликатных материалов типа МСМ-5, МСМ-41, МСМ-48.	9	–	2	2	–	5
4.2	Магнитно-электрические способы получения микро-однорядной структуры кристаллов цеолитов. Организация внерешетчатых активных центров на внешней поверхности цеолитов, би- и полифункциональных активных центров на внутренней поверхности цеолитов.	10	–	2	3	–	5
5	Раздел 5. Полиметаллические нанокатализаторы. Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии.	18	4	4	4	4	10
5.1	Приготовление полиметаллических нанокатализаторов методами порошковой металлургии.	10	2	3	2	2	5
5.2	Восстановление и активация катализаторов, полученных методами порошковой металлургии.	8	2	1	2	2	5
6	Раздел 6. Полиметаллические нанесенные нанокатализаторы.	18	4	4	4	4	10
6.1	Приготовление полиметаллических нанесенных нанокатализаторов.	8	1	2	1	1	5
6.2	Примеры использования полиметаллических нанесенных нанокатализаторов при проведении каталитических реакций селективного гидрирования органических соединений.	5	1	1	1	1	3
6.3	Приготовление нанокатализаторов методом многослойного осаждения реагентов на поверхности	5	2	1	2	2	2
7	Раздел 7. Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.	26	3	3	3	3	20
7.1	Анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможности их промышленного использования.	13	2	1	2	2	10
7.2	Каталитические процессы селективного гидрирования ацетилен в этан-этиленовой фракции и метилацетилен в пропан-пропиленовой фракции пирогаза.	13	1	2	1	1	10
	Заключение	0.5	–	0.5	–	–	–
	Всего	144	27	32	32	27	80

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Введение.

Нанокатализ: основные понятия и представления. Каталитические свойства наночастиц. Размерные эффекты в катализе. Исследования, проводимые в области нанокатализа. Методы получения наночастиц. Примеры промышленного использования нанокатализаторов.

Раздел 1. Адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химической реакции на нанокатализаторах.

1.1. Адсорбция и кинетика многомаршрутных химических реакций на нанокатализаторах.

Физико-химические свойства наночастиц адсорбентов и катализаторов. Адсорбция многокомпонентных реакционных систем. Кинетика многомаршрутных химических реакций на нанокатализаторах. Основные способы построения кинетических моделей. Установки проведения лабораторного кинетического эксперимента с различной гидродинамикой потока в реакторе, обеспечивающие получение констант с заданной точностью.

1.2. Методы оценки неизвестных параметров моделей адсорбции и кинетических моделей химических реакций на нанокатализаторах по результатам адсорбционных и кинетических экспериментов.

По результатам динамического адсорбционного эксперимента оценка энергетической неоднородности поверхности катализатора, коэффициентов диффузии реагентов в микрогрануле катализатора, констант равновесия адсорбции и констант скоростей адсорбции. Установление кинетической модели адсорбции или модели изотермы адсорбции. По результатам кинетических экспериментов оценка констант кинетических моделей с высокой точностью.

1.3. Проверка адекватности и дискриминация моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции.

Раздел 2. Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов.

2.1. Сверхнасыщенные планы экспериментов при направленном подборе нанокатализаторов с регулярной кристаллической структурой.

2.2. Примеры синтеза нанокатализаторов для процессов получения высокочистого этилена, алкилирования бензола пропиленом, изомеризации алканов и алкенов, изомеризации алкилбензолов.

Раздел 3. Цеолитные катализаторы с активными наночастицами, их структура и свойства.

3.1. Классификация цеолитов. Химические процессы формирования внутренней поверхности цеолитов и высокоактивных моно- и полифункциональных нанокаталитических кластеров в них. Физико-химические свойства цеолитных катализаторов с активными наночастицами. Силикатный и кремнезольный способы производства кристаллических алюмосиликатных гетерогенных нанокатализаторов.

3.2. Низкокремнистые, высококремнистые, ультравысококремнистые цеолиты. Формирование геометрической структуры и состава моно-, би- и поликомпонентов активных наночастиц цеолитных катализаторов на их внутренней поверхности.

3.3. Методы организации совмещенных химических реакций, обеспечивающих увеличение производительности и селективности каталитических процессов.

Раздел 4. Мезоструктурные алюмосиликатные материалы.

4.1. Приготовление мезоструктурных алюмосиликатных материалов.

4.2. Магнитно-электрические способы получения микро-однорядной структуры кристаллов цеолитов и организация внещелочных активных центров на внешней поверхности цеолитов, а также би- и полифункциональных активных центров на внутренней поверхности цеолитов.

Раздел 5. Полиметаллические нанокатализаторы. Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии.

5.1. Приготовление полиметаллических нанокатализаторов методами порошковой металлургии.

5.2. Восстановление и активация катализаторов, полученных методами порошковой металлургии.

Раздел 6. Полиметаллические нанесенные катализаторы.

6.1. Приготовление полиметаллических нанесенных нанокатализаторов.

6.2. Примеры использования полиметаллических нанесенных нанокатализаторов при проведении каталитических реакций селективного гидрирования органических соединений.

6.3. Приготовление нанокатализаторов методом многослойного осаждения реагентов на поверхности.

Раздел 7. Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.

7.1. Анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможности их промышленного использования.

7.2. Каталитические процессы селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой фракции и метилацетилена в пропан-пропиленовой фракции пирогаза.

Заключение.

Подведение итогов дисциплины.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	Знать:							
1.	Основные типы нанокатализаторов, их классификацию и основные физико-химические свойства	+						
2.	Основные методы направленного подбора нанокатализаторов		+	+				
3.	Методы приготовления нанокатализаторов различных типов			+	+	+	+	
4.	Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов							+
	Уметь:							
5.	Анализировать и собирать научную литературу с целью установления основных тенденций развития химической nanoиндустрии и разработки перспективных нанокатализаторов	+		+				
6.	Проводить планирование непрерывного химического эксперимента и осуществлять направленный подбор на основе его результатов нанокатализаторов		+					
7.	Определять основные компоненты нанокатализаторов и основные способы их приготовления, обеспечивающие увеличение показателей работы каталитических реакторов по активности и селективности					+	+	
8.	Объяснить физико-химический смысл повышения производительности процесса при эксплуатации нового нанокатализатора				+			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
9.	Проводить анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможностей их промышленного использования							+
	Владеть:							
17.	Основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции			+	+	+	+	
18.	Способами установления типа активного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций			+	+	+	+	+
19.	Методами планирования непрерывного динамического эксперимента, дискриминации моделей, проверки адекватности моделей для заданного нанокатализатора и заданной каталитической реакции		+					
20.	Методами оценки коэффициентов диффузии реагентов в микрогрануле катализатора, констант равновесия адсорбции и констант скоростей адсорбции, кинетических констант химических реакций	+						
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:								
21.	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.	ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в наноинженерии.	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанообъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.	+	+	+	+	+	+
22.	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряженных с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	+	+	+	+	+	+	+
23.	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	+	+					+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1-1.2	Практическое занятие 1. <i>Химическая термодинамика, адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химических реакций на нанокатализаторах.</i> Модели кинетики адсорбции на одно- и многоцентровых адсорбентах. Модели кинетики химической реакции исчерпывающего гидрирования этилена. Оценка параметров адсорбционной модели (константы скорости адсорбции, константы адсорбционно-десорбционного равновесия) для экспериментов, проводимых в проточно-циркуляционных реакторах на нанокатализаторах. Оценка параметров кинетической модели заданной реакции (например, гидрирования этилена) в проточном реакторе для Pd-содержащих нанокатализаторов. Результаты и аргументация выводов.	6
2	1.3	Практическое занятие 2. <i>Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов.</i> Формулируются основы стратегии получения нанокатализаторов с использованием построения сверхнасыщенных планов эксперимента. Анализируются два варианта стратегии: 1).распознавания образов, и 2).регрессионного анализа. Задаются варьируемые факторы при направленном подборе состава нанокатализатора, интервалы варьирования и центральная точка варьирования факторов. Известна матрица сверхнасыщенного	5

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
		плана эксперимента и результаты каталитических экспериментов. Требуется определить состав нанокатализатора, перспективного для промышленного использования.	
3	2.1-2.2	<p>Практическое занятие 3.</p> <p><i>Цеолитные катализаторы с активными наноконпонентами, их структура и свойства, метод приготовления.</i></p> <p>Анализируются характеристики и свойства низкокремнистых, высококремнистых и ультравысококремнистых цеолитов. Для цеолитов типа X и Y приводится стартовый план эксперимента, составленный из 16 опытов, проведенных в проточном каталитическом реакторе при протекании в нем реакции гидроизомеризации n-пентана на бифункциональном катализаторе гидрирования.</p> <p><i>Исследование влияния различных факторов, отвечающих за механическую прочность гранулы цеолитсодержащего катализатора.</i> Заданы варьируемые факторы, используемые при приготовлении катализатора с наноконцентрами, интервалы варьирования факторов и центральная точка варьирования факторов. Задана матрица планирования эксперимента. Приведены результаты экспериментов, в которых отклик 1 характеризует предельные условия на раздавливание таблетки, приложенное по оси цилиндрической гранулы, а отклик 2 характеризует предельное усилие на раздавливание гранулы, приложенное по образующей цилиндра. Требуется разработать методику приготовления цеолитсодержащего катализатора, обеспечивающего требуемые показатели прочности.</p>	5
4	4.1-4.2	<p>Практическое занятие 4.</p> <p><i>Мезоструктурные алюмосиликатные материалы типа MCM-5, MCM-41, MCM-48.</i></p> <p>Анализ основных технологических операций приготовления мезоструктурных алюмосиликатных материалов типа MCM-5, MCM-41, MCM-48. Характеризация образцов катализаторов (инструментальные методы анализа). Определение активности и селективности мезоструктурных алюмосиликатных катализаторов при проведении каталитических реакций гидрирования, алкилирования, диспропорционирования и изомеризации</p>	5
5	5.1-5.2	<p>Практическое занятие 5.</p> <p><i>Полиметаллические нанокатализаторы. Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии.</i> Анализ основных технологических операций приготовления нанокатализаторов методами порошковой металлургии. Характеризация образцов катализаторов (инструментальные методы анализа). Определение активности и селективности полиметаллических нанокатализаторов, полученных методами порошковой металлургии при проведении каталитических реакций гидрирования, алкилирования, изомеризации, диспропорционирования.</p>	4
6	6.1-6.3	<p>Практическое занятие 6.</p> <p><i>Полиметаллические нанесенные нанокатализаторы.</i> Анализ основных технологических операций приготовления нанесенных нанокатализаторов и нанокатализаторов, полученных многослойным осаждением реагентов. Характеризация образцов</p>	4

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
		катализаторов (инструментальные методы анализа). Определение активности и селективности полиметаллических нанесенных нанокатализаторов при проведении каталитических реакций селективного гидрирования органических соединений и реакций алкилирования.	
7	7.1-7.2	Практическое занятие 7. <i>Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.</i> Моделирование режимов работы нанокаталитических систем в каталитических реакторах на примерах каталитических процессов селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой фракции и метилацетилена в пропан-пропиленовой фракции пирогаза.	3
	ИТОГО		32

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 80 ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, WebofScience, ChemicalAbstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

РАЗДЕЛЫ 1-2.

Контрольная работа №1. Решение задач по разделам 1-2 дисциплины – «Химическая термодинамика, адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химических реакций на нанокатализаторах», «Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов». Контрольная работа № 1 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 5 баллами, задание № 2 – 15 баллами.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛЫ 3-4.

Контрольная работа №2. Решение задач по разделам 3-4 дисциплины – «Цеолитные катализаторы с активными наночестрами», «Мезоструктурные алюмосиликатные материалы МСМ-5, МСМ-41, МСМ-48». Контрольная работа № 2 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 15 баллами, задание № 2 – 5 баллами.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 2 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛЫ 5-7.

Контрольная работа №3. Решение задач по разделам 5-7 дисциплины – «Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии», «Приготовление полиметаллических нанесенных катализаторов», «Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов». Контрольная работа № 3 состоит из 2 заданий. Задание № 1 оценивается 5 баллами, задание № 2 – 15 баллами.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 3 – не более 2 акад. часов.

Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа №1 Решение типовых заданий на тему «Химическая термодинамика, адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химических реакций на нанокатализаторах», «Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов» по разделам 1-2 дисциплины.

Вариант 1

Задание 1.1 (5 баллов)

Планирование прецизионных динамических экспериментов в проточно-циркуляционных реакторах при оценке параметров адсорбционных моделей: коэффициента диффузии (D), константы адсорбционно-десорбционного равновесия (K), константы скорости реакции (k). Модификации конструкций адсорбционных аппаратов для увеличения информативности адсорбционных экспериментов.

Задание 1.2 (15 баллов)

Рассмотреть метод случайного баланса для направленного подбора нанокатализаторов с использованием сверхнасыщенных планов эксперимента. Проанализировать два варианта стратегии: 1) распознавания образов, и 2) регрессионного анализа.

Исследовать влияние различных катионов металлов и их комбинаций на активность цеолитсодержащего катализатора в реакции диспропорционирования толуола в бензол и изомерные ксилолы. Проанализировать влияние следующих катионов металлов: Ca, Cd, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Mg, Cu, Zn, Al, Ce с использованием метода случайного баланса при реализации различных вариантов ветвящейся стратегии.

Заданы варьируемые одинарные факторы №1-12, при направленном подборе состава цеолитсодержащего катализатора диспропорционирования толуола, интервалы варьирования и центральная точка варьирования факторов (табл.1). Задана матрица сверхнасыщенного плана эксперимента(табл. 2) и результаты каталитических экспериментов (табл.3).

Всего выбрано для испытаний 78 факторов с учетом 12 одинарных факторов и 66 парных факторов (MgCe, FeNi, и т.д). Поставлено 32 каталитических эксперимента.

Требуется установить доминирующие факторы, влияющие на активность и селективность работы катализатора из общей совокупности 78 факторов.

Таблица 1. Варьируемые одинарные факторы №1-12 при направленном подборе состава цеолитсодержащего катализатора, интервалы варьирования и центральная точка варьирования факторов.

Варьируемые факторы	Номер фактора	Интервал варьирования*, % об.	Центральная точка экспериментирования, % об.
Кальций (Ca)	№1	10,0	10,0
Кадмий (Cd)	№2	10,0	10,0
Хром (Cr)	№3	3,0	3,0
Марганец (Mn)	№4	4,0	4,0
Железо (Fe)	№5	2,5	2,5
Кобальт (Co)	№6	5,0	5,0
Никель (Ni)	№7	5,0	5,0
Магний (Mg)	№8	10,0	10,0
Медь (Cu)	№9	2,5	2,5
Цинк (Zn)	№10	10,0	10,0
Алюминий (Al)	№11	5,0	5,0
Церий (Ce)	№12	10,0	10,0

*Интервал варьирования катиона соответствует концентрации соли катиона в исходном растворе, которая позволила бы при теоретическом 100 % обмене заместить 20% поверхностного водорода цеолита НУ на данный катион

Таблица 2. Матрица сверхнасыщенного плана эксперимента.

Опыты	Факторы (влияние различных катионов металлов на активность цеолитсодержащего катализатора в реакции диспропорционирования толуола в бензол и изомерные ксилолы)											
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12
1	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-
2	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
3	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+
4	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+
5	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-

6	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+
7	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-
8	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+
9	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-
10	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
11	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
12	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
13	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-
14	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+
15	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-
16	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+
17	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+
18	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-
19	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
20	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
21	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
22	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
23	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
24	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-
25	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
26	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+
27	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-
28	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
29	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
30	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+
31	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+
32	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-

Таблица 3. Результаты испытаний каталитической активности 32 образцов цеолитных катализаторов при различных температурах проведения реакции диспропорционирования толуола.

Опыты	Состав реакционной смеси на выходе из каталитического реактора, % масс.											
	о-ксилол			м-ксилол и п-ксилол			толуол			бензол		
$T, ^\circ C$	400	450	500	400	450	500	400	450	500	400	450	500
1	87,7	48,7	56,8	4,3	29,4	17,9	5,2	14,6	18,7	0,1	0,6	1,4
2	44,7	31,4	28,7	22,4	31,2	27,5	18,3	24,9	29,5	1,2	0,8	2,8
3	47,2	26,4	21,5	26,9	38,8	32,7	20,5	28,7	33,4	0,4	0,8	3,0
4	56,8	25,0	19,8	20,6	36,3	35,1	16,0	24,3	34,7	0,1	0,8	1,8
5	68,8	54,2	40,4	11,8	20,3	24,0	13,6	14,7	26,2	0,4	0,6	2,3
6	55,7	36,5	31,9	16,9	29,0	24,3	19,0	19,8	32,5	0,5	1,1	4,1
7	43,5	26,0	15,5	21,1	41,8	31,5	23,5	21,7	38,6	0,9	0,4	3,9
8	72,5	24,3	26,9	10,6	31,9	28,3	11,0	28,4	31,3	0	1,9	2,9
9	70,4	36,2	26,7	11,8	31,4	29,7	11,9	20,6	31,7	0,2	0,7	2,6

10	86,5	69,1	40,5	9,3	26,8	43,0	2,9	2,3	9,3	0	0	0
11	90,7	67,8	46,0	7,2	27,5	40,5	1,7	2,6	6,8	0	0	0
12	80,3	53,7	29,6	12,7	38,5	46,6	4,6	4,2	12,8	0	0	0
13	83,2	52,1	42,5	6,8	23,6	24,9	6,1	13,2	20,0	0	0	1,0
14	57,9	37,5	35,8	18,3	28,8	24,3	12,9	19,2	25,2	0,2	0,4	1,8
15	73,8	60,9	42,2	11,3	19,0	21,9	10,8	12,0	24,8	0	0,2	1,9
16	62,8	42,3	30,8	14,0	26,0	28,3	13,0	17,2	24,4	0,5	1,1	1,9
17	76,9	50,0	37,9	8,0	25,7	25,1	7,8	12,1	21,6	0,2	0,4	2,0
18	95,6	51,8	63,2	2,7	21,8	14,4	3,1	15,8	15,0	0,1	0,6	1,0
19	70,4	52,8	41,1	11,8	23,9	27,4	10,3	13,6	18,3	0,3	0,4	0,9
20	66,1	45,2	32,4	13,4	26,8	27,3	12,4	18,2	28,0	0,2	0,5	2,0
21	70,4	57,5	41,4	12,2	21,6	25,5	10,5	13,6	21,3	0,3	0,3	1,4
22	47,2	34,6	24,0	22,6	30,5	39,6	19,0	21,5	30,4	0,9	1,2	3,0
23	96,2	52,0	77,4	2,9	20,2	9,1	0,6	16,1	8,7	0,0	0,8	0,5
24	77,3	40,4	36,9	8,4	30,2	26,4	8,4	15,2	22,0	0,2	0,7	1,6
25	90,3	44,4	59,3	3,4	23,5	15,8	3,1	17,9	16,0	0,8	1,0	1,3
26	70,1	32,3	34,9	11,8	29,4	25,0	10,7	17,9	27,9	0,3	0,7	1,5
27	73,3	67,2	46,0	10,3	14,7	21,4	10,5	10,7	21,3	0,3	0,6	2,1
28	75,6	52,8	38,6	9,0	23,7	25,8	9,1	12,3	21,1	0,2	0,4	1,1
29	82,9	77,8	61,5	6,8	11,8	16,9	7,2	6,8	12,7	0,1	0,1	0,8
30	71,6	48,2	38,3	10,7	27,6	25,1	10,7	13,7	22,7	0,3	0,5	2,3
31	62,6	44,6	30,0	14,3	26,5	29,5	14,1	15,4	24,5	0,5	0,8	1,5
32	74,7	49,4	47,3	9,5	22,1	19,8	9,1	15,4	21,4	0,4	1,0	2,4

Определить состав цеолитсодержащего катализатора, перспективного для промышленного использования. Ответ обосновать.

Контрольная работа №2

Решение типовых заданий на тему «Цеолитные катализаторы с активными наночестрами», «Мезоструктурные алюмосиликатные материалы типа MCM-5, MCM-41, MCM-48» по разделам 3-4 дисциплины.

Вариант 1.

Задание 2.1. (15 баллов)

Проанализировать широкую классификацию цеолитных катализаторов с различной поровой структурой, которые способствуют избирательному проведению реакций конверсии линейных молекул (алканов), ароматических углеводородов, разветвленных изоалкановых и изоолефиновых углеводородов.

Исследовать влияние 8-ми различных факторов, приведенных в табл. 1, отвечающих за механическую прочность гранулы цеолитсодержащего катализатора.

Заданы варьируемые факторы №1-8, используемые при приготовлении катализатора диспропорционирования толуола, интервалы варьирования факторов и центральная точка варьирования факторов (табл.1). Задана матрица планирования эксперимента, полученная путем смешения случайным образом двух полуреплик типа 2^{6-1} с определяющим контрастом $I=X_1X_2X_3X_4X_5X_6$ (табл. 2). Отклик А (табл.2) характеризует предельные условия на раздавливание таблетки, приложенное по оси цилиндрической гранулы, отклик Б (табл. 2) характеризует предельное усилие на раздавливание гранулы, приложенное по образующей цилиндра.

Таблица 1. Варьируемые факторы №1-8 при направленном подборе цеолитсодержащего катализатора, интервалы варьирования и центральная точка варьирования факторов.

Варьируемые факторы	Номер фактора	Интервал варьирования факторов	Центральная точка экспериментирования
Содержание связующего компонента в каталитической пасте, % масс.	№1	2,5	27,5
Содержание воды в пасте, % масс.	№2	2,5	47,5
Число вальцеваний пасты	№3	2,5	7,5
Продолжительность сушки гранул катализатора на воздухе, час	№4	6,0	18
Продолжительность сушки в сушильном шкафу, час	№5	1,5	4,5
Температура в сушильном шкафу, °С	№6	30,0	150,0
Время подъема температуры в муфельной печи до температуры прокаливания, час	№7	1,5	4,5
Продолжительность прокаливания, час	№8	2,5	7,5

Таблица 2. Матрица плана эксперимента и результаты опытов.

Номер фактора	Факторы								Отклики	
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	А кг/мм ²	Б кг/мм
1	+	-	-	+	+	+	-	+	0,55	0,58
2	+	-	-	-	+	-	+	-	0,42	0,75
3	+	-	-	-	-	-	+	-	0,45	0,71
4	-	+	-	+	-	+	+	-	0,26	0,59
5	+	+	+	-	-	+	-	-	0,35	0,58
6	-	-	+	-	-	+	+	+	0,50	0,57
7	-	+	-	+	+	-	+	+	0,30	0,60
8	-	-	-	+	-	+	+	-	0,52	0,70
9	-	+	+	+	+	+	+	+	0,50	0,59
10	+	+	+	+	+	+	+	+	0,34	0,75
11	+	-	+	+	-	-	-	-	0,38	0,53
12	-	+	+	-	-	-	+	-	0,30	0,74
13	-	-	-	-	+	-	-	+	0,38	0,55
14	+	+	-	+	+	-	+	-	0,28	0,58
15	+	-	+	-	+	+	-	+	0,50	0,80
16	-	-	+	+	-	+	+	+	0,29	0,48
17	+	-	-	+	-	-	+	+	0,33	0,68
18	-	+	-	-	+	-	-	-	0,29	0,62
19	-	-	+	+	+	+	-	-	0,32	0,52
20	-	-	+	-	+	+	-	+	0,34	0,44
21	+	+	+	+	-	+	-	-	0,33	0,68
22	-	+	+	+	-	+	+	+	0,27	0,50
23	+	+	-	-	-	-	-	-	0,32	0,64
24	+	+	-	+	-	-	-	+	0,39	0,52
25	+	+	-	-	+	+	+	+	0,27	0,51
26	-	-	-	+	+	-	+	-	0,34	0,59
27	-	+	+	-	+	+	-	-	0,34	0,61
28	-	-	-	-	-	-	-	+	0,50	0,80
29	+	-	+	-	-	-	-	-	0,40	0,60
30	-	+	-	-	-	-	+	-	0,30	0,55

31	+	-	+	+	+	+	-	+	0,46	0,54
32	+	+	+	-	+	+	+	+	0,38	0,62

Использовать метод регрессионного анализа для выявления эффектов факторов, способствующих получению гранул цилиндрического цеолитсодержащего катализатора с прочностными характеристиками, допускающими его применение в промышленности.

Задание 2.2. (5 баллов)

Рассмотреть примеры использования узкопористых цеолитов в реакциях изомеризации н-алканов, а также мезопористых алюмосиликатных катализаторов типа MCM-5, MCM-41, MCM-48 в реакциях изомеризации циклических алканов. Показать, что катализаторы ZSM-5 и ZSM-11 являются эффективными катализаторами получения низших олефинов (этилена, пропилена, бутилена), а также моторных топлив из эфиров и низших спиртов. Привести основные характеристики эксплуатации перечисленных выше каталитических систем.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач на тему «Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии», «Приготовление полиметаллических нанесенных катализаторов», «Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов» по разделам 5-7 дисциплины.

Вариант 1.

Задание 3.1. (5 баллов)

Рассмотреть использование методов *порошковой металлургии* при проведении реакций гидроизомеризации н-пентана на цеолите типа Ni-MCM-41, содержащего наночастицы никеля.

Пояснить физико-химический смысл процедуры порошковой металлургии. Какие промышленные аппараты используются при его применении?

Какой механизм реакции гидроизомеризации н-пентана будет реализовываться на этом катализаторе?

Рассмотреть влияние водорода на процесс гидроизомеризации н-пентана.

Какое отношение Si/Al предпочтительно при проведении этой реакции при T=300 °C и давлении 3МПа?

Рассмотреть основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления катализатора.

Задание 3.2. (15 баллов)

Нанокатализатор *NiAlMoCu*, эффективный в реакции гидрирования ненасыщенных углеводородов, активирован 20 % калиевой щелочью и водородом. Состав сырья, подаваемого в реактор гидрирования ацетилен, содержащегося в этан-этиленовой фракции газов пиролиза: 0.8 % об. ацетилен, 2% об. водорода, 80 % об. этилена, остальное - этан. Объемная скорость подачи сырья 2000 ч⁻¹, давление в реакторе 30 атм. Задана кинетическая модель очистки этан-этиленовой фракции газов пиролиза от ацетиленовых углеводородов:

$$R_{\text{ац}}^{\text{В}} = -\frac{K_{(1)}K_{(2)}k_3C_{\text{В}}C_{\text{ац}}}{(1+K_{\text{р1}}C_{\text{ац}})^2}, \quad R_{\text{этилен}}^{\text{В}} = -R_{\text{ац}}^{\text{В}} - \frac{K_{(2)}K_{(4)}^{-1}k_5C_{\text{В}}C_{\text{этилен}}}{(1+K_{\text{р1}}C_{\text{ац}})^2}$$

Заданы численные значения кинетических констант модели при различных температурах проведения процесса:

при температуре 60 °C: $K_{(1)}K_{(2)}k_3 = 7.5$ [л/(моль·ч)], $K_{(2)}K_{(4)}^{-1}k_5 = 1.85 \cdot 10^{-1}$ [л/(моль·ч)], $K_{\text{р1}} = 120$ [л/(моль)]; при температуре 100 °C: $K_{(1)}K_{(2)}k_3 = 3773.3$ [л/(моль·ч)], $K_{(2)}K_{(4)}^{-1}k_5 = 2.75 \cdot 10^{-1}$, [л/(моль·ч)], $K_{\text{р1}} = 102$ [л/(моль)].

При каких значениях температур и длине каталитического слоя в реакторе концентрация ацетилен на выходе из реактора будет менее 1 ppm?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой, 8 семестр)

Максимальное количество баллов на зачете с оценкой по теоретическим разделам дисциплины – 40 баллов. Опрос включает два теоретических вопроса из разных тем, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – **20 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Нанокатализ, размерные эффекты в катализе.
2. Исследования, проводимые в области нанокатализа. Примеры промышленного использования нанокатализаторов.
3. Нанокатализ в химии и химической технологии. Основные способы получения наночастиц различного строения.
4. Катализ наночастицами в реакциях гидрирования, окисления, изомеризации, в реакциях Фишера-Тропша. Примеры.
5. Известные типы нанокатализаторов, их каталитическая активность и селективность. Пояснить в чем заключается отличие нанокатализаторов от обычных катализаторов.
6. Сверхнасыщенные планы экспериментов при направленном подборе нанокатализаторов.
7. Способы направленного подбора нанокатализаторов.
8. Способы выделения доминирующих эффектов факторов (наночастиц активных центров катализатора) в реакциях окисления орто-ксилола и изомеризации пара-ксилола.
9. Методы оценки параметров моделей адсорбции на нанокатализаторах по результатам адсорбционных экспериментов.
10. Модификации конструкций адсорбционных аппаратов для увеличения информативности адсорбционных экспериментов.
11. Методы оценки параметров кинетических моделей химических реакций на нанокатализаторах по результатам кинетических экспериментов.
12. Проверка адекватности моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции с использованием F-критерия.
13. Проверка адекватности моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции с использованием T₄-критерия.
14. Проверка адекватности моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции с использованием критерия Бартлетта.
15. Дискриминация моделей для заданного нанокатализатора и каталитической реакции.
16. Классификация цеолитов. Топология каркаса цеолитов. Первичные и вторичные структуры. Силикатный модуль. Низкокремнистые, высококремнистые и ультравысококремнистые цеолиты.
17. Узкопористые, среднепористые и крупнопористые цеолиты. Размеры пор цеолитов типа FAU, MOR, MFI, BEA. Пористая структура цеолитов: псевдоодномерная, двухмерная, трехмерная. Примеры.
18. Бренstedовская и льюисовская кислотность цеолитов. Правило Левенштейна.
19. Цеолиты типа морденита (MOR). Структура элементарной ячейки, размеры пор, система каналов. Места локализации катионов в структуре цеолита.
20. Цеолиты типа фожазита (FAU). Структура элементарной ячейки, размеры пор, система каналов. Места локализации катионов в структуре цеолита.
21. Цеолиты типа бета (BEA). Структура элементарной ячейки, размеры пор, система каналов. Места локализации катионов в структуре цеолита.
22. Цеолиты типа MFI. Структура элементарной ячейки, размеры пор, система каналов. Эффективность катализаторов MFI в реакциях ароматизации.

23. Термическая стабильность цеолитов. Методы модифицирования цеолитов. Постсинтетическое модифицирование и модифицирование в процессе синтеза.
24. Зависимость концентрации кислотных центров алюмосиликатных катализаторов от их состава. Влияние температуры активации катализатора на его каталитическую активность.
25. ИК-спектроскопия адсорбированных оснований для определения кислотности поверхности цеолитов.
26. Силикатный способ производства кристаллических алюмосиликатных гетерогенных нанокатализаторов.
27. Кремнезольный способ производства кристаллических алюмосиликатных гетерогенных нанокатализаторов.
28. Приготовление мезоструктурных алюмосиликатных материалов типа МСМ-5, МСМ-41, МСМ-48.
29. Магнитно-электрические способы получения микро-однорядной структуры кристаллов цеолитов и организация внещелетчатых активных центров на внешней поверхности цеолитов, а также би- и полифункциональных активных центров на внутренней поверхности цеолитов.
30. Приготовление нанокатализаторов методом многослойного осаждения реагентов на поверхности. Основные технологические операции.
31. Приготовление полиметаллических нанесенных нанокатализаторов. Основные технологические операции.
32. Использование полиметаллических нанесенных нанокатализаторов при проведении каталитических реакций селективного гидрирования органических соединений.
33. Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии. Основные технологические операции. Восстановление и активация наночастиц катализаторов, полученных методами порошковой металлургии.
34. Организация совмещенных химических реакций, обеспечивающих увеличение производительности и селективности каталитических процессов.
35. Примеры катализа химических реакций наночастицами металлов и их соединений: каталитический процесс селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой фракции пирогаза.
36. Примеры катализа химических реакций наночастицами металлов и их соединений: каталитический процесс селективного гидрирования метилацетилена в пропан-пропиленовой фракции пирогаза.
37. Примеры катализа химических реакций наночастицами металлов и их соединений: каталитический процесс алкилирования бензола пропиленом.
38. Примеры катализа химических реакций наночастицами металлов и их соединений: каталитические процессы изомеризации алканов и алкенов.
39. Примеры катализа химических реакций наночастицами металлов и их соединений: каталитический процесс изомеризации алкилбензолов.
40. Анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможности их промышленного использования.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

"Утверждаю"
зав. кафедрой
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

«НАНОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ»

БИЛЕТ № 16

1. Известные типы нанокатализаторов, их каталитическая активность и селективность. Пояснить в чем заключается отличие нанокатализаторов от обычных катализаторов. (20 баллов)
2. Постсинтетическое модифицирование цеолитов и модифицирование в процессе синтеза. (20 баллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

1. Е.В. Писаренко, В.Н. Писаренко. Гетерогенный катализ и каталитические процессы. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. 104 с.
2. Е.В. Писаренко Кинетика и макрокинетика химических процессов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. 132 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст] : учебное пособие / В. В. Старостин. 2-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 431 с.
2. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы [Текст] : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. 2-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 365 с.
3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. [Текст] / А. И. Гусев. М. : "Физматлит", 2009. 414 с.
4. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы [Текст] : учебное пособие / Э. Г. Раков. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 477 с.
5. Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. Физические и химические основы нанотехнологий. М. : Физматлит, 2008. 456 с.
6. В. М. Анищик, В. Е. Борисенко, С. А. Жданок, Н. К. Толочко, В. М. Федосюк. Наноматериалы и нанотехнологии. Минск: Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Chemical Engineering Transactions», ISSN 1974-9791;
- «Российские нанотехнологии», ISSN(печатной версии) 1992-7223 ISSN (онлайновой версии) 1992-4068;
- «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век».ISSN(печатной версии) 2225-0980;
- «NatureNanotechnology». ISSN(печатной версии) – 1748-3387, ISSN (онлайновой версии) – 1748-3395;
- «Nanotoday». ISSN (печатной версии) – 1748-0132, ISSN (онлайновой версии) – 1748-0132.
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN– 2305-7971;
- «Наноиндустрия», ISSN– 1993-8578;
- «Нанотехника», ISSN –1816-4409

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (50 задач), задания к самостоятельным работам (50 задач).

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины – 50;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения практических и лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Химическая термодинамика, адсорбция многокомпонентных систем и кинетика химической реакции на нанокатализаторах.	<p>Знает: Основные типы нанокатализаторов, их классификацию и основные физико-химические свойства.</p> <p>Умеет: Использовать физико-химическую терминологию в области нанокатализаторов и нанопроцессов.</p> <p>Владеет: Методами оценки коэффициентов диффузии реагентов в микрогрануле катализатора, констант равновесия адсорбции и констант скоростей адсорбции, кинетических констант химических реакций.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1 по разделам 1-2 (наивысший балл 20).</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>
Раздел 2. Планирование непрерывного химического эксперимента и способы направленного подбора нанокатализаторов.	<p>Знает: Основные методы направленного подбора нанокатализаторов.</p> <p>Умеет: Проводить планирование непрерывного химического эксперимента и осуществлять направленный подбор на основе его результатов нанокатализаторов.</p> <p>Владеет: Методами планирования непрерывного динамического эксперимента, дискриминации моделей, проверки адекватности моделей для заданного нанокатализатора и заданной каталитической реакции.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1 по разделам 1-2 (наивысший балл 20).</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>
Раздел 3. Цеолитные катализаторы с активными наноцентрами, их структура и свойства.	<p>Знает: Классификацию цеолитов – по цеолитному модулю (отношение Si/Al) , размеру и строению каналов и полостей цеолитов, типу катионов в каналах цеолитов, основные методы направленного подбора нанокатализаторов, силикатный и кремнезольный способы производства кристаллических алюмосиликатных гетерогенных нанокатализаторов, методы организации в структуре нанокатализаторов совмещенных химических реакций, обеспечивающих увеличение производительности и селективности каталитических процессов.</p> <p>Умеет: Анализировать и собирать научную литературу с целью установления основных тенденций развития химической nanoиндустрии и разработки перспективных нанокатализаторов.</p> <p>Владеет: Способами установления типа nanoактивного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций, основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 по разделам 3-4 (наивысший балл 20).</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>
Раздел 4. Мезоструктурные алюмосиликатные материалы.	<p>Знает: Методы формирования геометрической структуры и состава моно-, би- и поликомпонентов активных наночастиц цеолитных катализаторов на его внутренней поверхности.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 по разделам 3-4</p>

	<p>Умеет: Объяснить физико-химический смысл повышения производительности процесса при эксплуатации нового нанокатализатора.</p> <p>Владеет: Способами установления типа nanoактивного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций, основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции.</p>	(наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 5. Полиметаллические нанокатализаторы. Приготовление нанокатализаторов методами порошковой металлургии.	<p>Знает: Методы приготовления полиметаллических нанокатализаторов методами порошковой металлургии.</p> <p>Умеет: Определять основные компоненты нанокатализаторов и основные способы их приготовления, обеспечивающие увеличение показателей работы каталитических реакторов по активности и селективности.</p> <p>Владеет: Способами установления типа nanoактивного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций, основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции.</p>	Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 5-7 (наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 6. Полиметаллические нанесенные нанокатализаторы.	<p>Знает: Методы приготовления полиметаллических нанесенных катализаторов, основные методы приготовления катализаторов с наноструктурными активными центрами вследствие многослойного осаждения реагентов на поверхности катализаторов.</p> <p>Умеет: Определять основные компоненты нанокатализаторов и основные способы их приготовления, обеспечивающие увеличение показателей работы каталитических реакторов по активности и селективности.</p> <p>Владеет: Способами установления типа nanoактивного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций, основными приемами и методами выбора определенного способа приготовления нанокатализатора для заданной химической реакции.</p>	Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 5-7 (наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 7. Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.	<p>Знает: Основные режимы эксплуатации, регенерации и восстановления нанокатализаторов.</p> <p>Умеет: Проводить анализ результатов длительной эксплуатации нанокатализаторов и возможностей их промышленного использования.</p> <p>Владеет: Способами установления типа nanoактивного центра и возможности протекания на нем определенных химических реакций.</p>	Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 5-7 (наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

«Нанокаталитические процессы и нанокатализаторы»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы надежности технических систем в наноинженерии»**

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **кибернетики химико-технологических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Основы надежности технических систем в наноинженерии»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является обязательной вариативной дисциплиной учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, теории вероятности и математической статистики, вычислительной математики, методов вычислительной математики в задачах наноинженерии и др.

Цель дисциплины – формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков использования современных математических методов, моделей, информационных и программных средств для решения задач анализа и исследования надежности технических систем.

Задачи дисциплины:

– обучение теоретическим знаниям и практическим навыкам использования различных методов определения единичных и комплексных показателей надежности восстанавливаемых и восстанавливаемых систем;

– обучение практическим умениям обработки экспериментальных данных испытаний на надежность элементов и изделий из материалов и наноматериалов;

– обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам использования современных вероятностно-статистических, логико-вероятностных моделей, методов и комплексов программных средств для анализа и расчета функциональной и структурной надежности элементов, изделий, оборудования и сложных технических систем;

– обучение теоретическим основам исследования надежности элементов и изделий на основе механических, физических и химических процессов;

– обучение теоретическим основам и практическим навыкам исследования причин и природы возникновения отказов в элементах, изделиях и сложных технических системах с использованием различных методов: дерева неисправностей, дерева отказов, логико-графических моделей и др.;

– обучение навыкам решения практических задач анализа надежности резервированных структур с различными видами резервирования;

– обучение теоретическим знаниям и практическим умениям исследования и моделирования состояний систем с использованием марковских случайных процессов.

Дисциплина **«Основы надежности технических систем в наноинженерии»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.</p>	<p>ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в nanoинженерии.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе				<p>наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>изделий на их основе;</p>	<p>профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – б)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные понятия надежности технических систем, природу отказов в сложных технических системах;
- методы, модели и комплексы программных средств для анализа и расчета требований эксплуатационной надежности сложных технических систем;
- методы получения показателей надежности;
- особенности проведения испытаний микро- и наноизделий (систем) и обработки экспериментальных данных;
- временные показатели надежности технических систем;
- единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами;
- взаимосвязь между единичными показателями надежности (безотказности);
- показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности;
- некоторые методы и модели исследования надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов;
- особенности моделирования коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах;
- методы анализа надежности простых и сложных технических систем;
- логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем и методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов и дерева отказов.

Уметь:

- определять единичные показатели надежности невосстанавливаемых систем по статистическим данным и с использованием различных законов распределения случайных величин, проводить расчеты надежности изделий, оборудования для реализации технологии изготовления микро- и наносистем;
- проводить обработку экспериментальных данных ускоренных испытаний, приводящих к отказам в микро- и наносистемах, с использованием химических и физических процессов и механических нагрузок;
- строить структурные схемы расчета надежности систем;
- проводить анализ надежности резервированных систем с различными видами резервирования;
- проводить исследование надежности мостовых и других сложных структур методом «путей» и «сечений»;
- строить деревья отказов для микро- и наносистем и других физических и химических технических систем.

Владеть:

- способами использования комплексов программных средств, расчетов эксплуатационной надежности изделий, оборудования и технических систем;
- навыками разработки алгоритмов исследования элементной и функциональной надежности изделий, объектов и технических систем;
- навыками решения задач на определение показателей надежности последовательно-параллельных и мостовых структур с использованием теорем теории вероятности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

		Академ. часов								
№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. Работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	2	-	0.5	-	-	-	-	-	1.5
1.	Раздел 1. Методы исследования надежности технических систем: показатели надежности нанопроизведений и наномашин.	17.5	-	5	-	2	-	-	-	10.5
1.1	Основные понятия и определения дисциплины:	3.5	-	1	-	-	-	-	-	2.5
1.2	Нормативная база в области надежности технических систем.	3.5	-	1	-	-	-	-	-	2.5
1.3	Методы получения показателей надежности	3	-	1	-	-	-	-	-	2
1.4	Методы анализа отказов сложных технических систем	5	-	1	-	2	-	-	-	2
1.5	Временные показатели надежности технических систем	2.5	-	1	-	-	-	-	-	1.5
2.	Раздел 2. Математические основы анализа надежности элементов и изделий технических систем.	23	-	4	-	8	-	-	-	11
2.1	Единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами	9	-	2	-	3	-	-	-	4

2.2	Показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности	6	-	-	-	3	-	-	-	3
2.3	Модели надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов	4	-	1	-	1	-	-	-	2
2.4	Моделирование коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах	4	-	1	-	1	-	-	-	2
3.	Раздел 3. Методы анализа надежности простых и сложных технических систем.	65.5	-	6.5	-	22	-	-	-	37
3.1	Структурные схемы анализа надежности систем	9	-	1	-	2	-	-	-	6
3.2	Резервирование как способ повышения надежности	13.5	-	1.5	-	4	-	-	-	8
3.3	Методы анализа надежности систем, основанные на применении теорем теории вероятностей для последовательных, параллельных и мостовых структур	13	-	1	-	6	-	-	-	6
3.4	Логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем:	10	-	1	-	2	-	-	-	7
3.5	Методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов:	20	-	2	-	8	-	-	-	10
	ИТОГО	108	-	16	-	32	-	-	-	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение.

Цели и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк развития теории надежности. Предмет и объекты надежности технических систем.

Раздел 1. Методы исследования надежности технических систем: показатели надежности наноизделий и наномашин.

1.1. Основные понятия и определения дисциплины: объект (изделие), система, элемент. Классификация состояний технической системы. Отказ – как ключевое понятие теории надежности. Природа отказов, физика отказов, типы отказов, особенности их возникновения в микро- и наносистемах, дефекты и повреждения. Классификация отказов.

1.2. Нормативная база в области надежности технических систем. Понятия надежности, безотказности, готовности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости технических систем на всех стадиях жизненного цикла.

1.3. Методы получения показателей надежности: единичные и комплексные. Показатели надежности технических систем: экспериментальные и расчетные методы. Особенности проведения испытаний микро- и наноизделий (систем) и обработки экспериментальных данных: использование тестовых структур, ускоренные испытания, серийные испытания.

1.4. Методы анализа отказов сложных технических систем: анализ видов, критичности и последствий отказов; методы деревьев отказов и причинно-следственного анализа, диаграммы причин и последствий, логико-графические модели.

1.5. Временные показатели надежности технических систем. Понятия восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. Понятия: ресурс, назначенный ресурс, остаточный ресурс, срок службы. Нарботка на отказ и до отказа.

Раздел 2. Математические основы анализа надежности элементов и изделий технических систем.

2.1. Единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами: вероятности отказов и безотказной работы; среднее время наработки на отказ (до отказа), интенсивность отказа, плотность наработки на отказ. Взаимосвязь между единичными показателями надежности (безотказности). Параметр потока отказов и его свойства.

2.2. Показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности: интенсивности восстановления, коэффициенты готовности, вынужденного простоя, технического использования.

2.3. Модели надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов: нагрузка-прочность на основе механических испытаний; использование механизмов, ускоряющих протекание физических и химических процессов при повышенных температурах. Модель Эйринга для диагностики ранних отказов.

2.4. Моделирование коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах. Структурные дефекты в твердых телах.

Раздел 3. Методы анализа надежности простых и сложных технических систем.

3.1. Структурные схемы анализа надежности систем: элементный и функциональный расчет надежности.

3.2. Резервирование как способ повышения надежности: понятия нагруженного, ненагруженного и облегченного резерва, виды резервирования (с постоянным включением, замещением, скользящий, с дробной кратностью, логические), особенности резервирования восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем.

3.3. Методы анализа надежности систем, основанные на применении теорем теории вероятностей для последовательных, параллельных и мостовых структур. Метод минимальных путей и сечений.

3.4. Логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем: примеры их практического использования для исследования надежности различных структур.

3.5. Методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов: основные понятия теории марковских случайных процессов, графы смены состояний для восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. Запись систем обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования состояний системы. Определение вероятности безотказной работы, коэффициента готовности, среднего времени наработки до первого отказа с использованием марковских методов. Примеры практического использования.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	- основные понятия надежности технических систем, природу отказов в сложных технических системах;	+		
2	– методы, модели и комплексы программных средств для анализа и расчета требований эксплуатационной надежности сложных технических систем;		+	+
3	– методы получения показателей надежности;	+		
4	– особенности проведения испытаний микро- и наноизделий (систем) и обработки экспериментальных данных;	+		
5	– временные показатели надежности технических систем;	+		
6	- единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами;		+	+
7	– взаимосвязь между единичными показателями надежности (безотказности);		+	
8	- показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности;		+	
9	- некоторые методы и модели исследования надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов;		+	
10	– особенности моделирования коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах;		+	
11	- методы анализа надежности простых и сложных технических систем;			+
12	- логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем и методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов и дерева отказов.	+		+
	Уметь:			
13	– определять единичные показатели надежности невосстанавливаемых систем по статистическим данным и с использованием различных законов распределения случайных величин, проводить расчеты надежности изделий, оборудования для реализации технологии изготовления микро- и наносистем;		+	
14	-проводить обработку экспериментальных данных ускоренных испытаний, приводящих к отказам в микро- и наносистемах, с использованием химических и физических процессов и механических нагрузок;		+	

15	– строить структурные схемы расчета надежности систем;				+
16	– проводить анализ надежности резервированных систем с различными видами резервирования;				+
17	-проводить исследование надежности мостовых и других сложных структур методом «путей» и «сечений»;				+
18	- строить деревья отказов для микро- и наносистем и других физических и химических технических систем.		+		
Владеть:					
19	-способами использования комплексов программных средств, расчетов эксплуатационной надежности изделий, оборудования и технических систем;		+		+
20	-навыками разработки алгоритмов исследования элементной и функциональной надежности изделий, объектов и технических систем;				+
21	– навыками решения задач на определение показателей надежности последовательно-параллельных и мостовых структур с использованием теорем теории вероятности.				+
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
22	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности;	+	+	+
23		УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие;	+	+	+
24		УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.	+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			

25	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.	ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в наноинженерии.	+	+	
26	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.		+	+
27		ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№ раздела (подраздела) дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1 (1.4)	Практическое занятие 1. Построение деревьев отказов на примерах наиболее характерных отказов микро-, нано- и других технических систем	2
2	2 (2.1)	Практическое занятие 2. Решение примеров по определению единичных показателей надежности невосстанавливаемых систем по статистическим данным и с использованием различных законов распределения случайных величин	3
3	2 (2.2)	Практическое занятие 3. Решение примеров по определению показателей ремонтпригодности, долговечности и комплексных показателей надежности технических систем	3
4	2 (2.3, 2.4)	Практическое занятие 4. Рассмотрение примеров обработки экспериментальных данных ускоренных испытаний, приводящих к отказам в микро- и наносистемах с использованием химических и физических процессов и механических нагрузок, в том числе коррозионной	2
5	3 (3.1)	Практическое занятие 5. Построение структурных схем и разработка алгоритмов исследования элементной и функциональной надежности изделий, объектов и технических систем	2
6	3 (3.2)	Практическое занятие 6. Решение задач анализа надежности резервированных систем с различными видами резервирования	2
7	3 (3.2)	Практическое занятие 7. Исследование надежности резервированных невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем с использованием универсального программного обеспечения	2
8	3 (3.3)	Практическое занятие 8. Решение задач на определение показателей надежности последовательно-параллельных и мостовых структур с использованием теорем теории вероятности	2
9	3 (3.3)	Практическое занятие 9. Исследование надежности мостовых и других сложных структур методом «путей» и «сечений»	2
10	3 (3.3)	Практическое занятие 10. Исследование надежности последовательно-параллельных структур с использованием универсального программного обеспечения	2
11	3 (3.4)	Практическое занятие 11. Решение задач на использование логико-вероятностного метода для параллельных и комбинированных структур различной сложности	2
12	3 (3.5)	Практическое занятие 12. Решение задач на использование марковских случайных процессов для анализа состояний технических систем: построение графов состояний; запись систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Определение показателей надежности для резервированных структур с различной кратностью	4
13	3 (3.5)	Практическое занятие 13. Расчет примеров исследования надежности сложных технических систем Марковским методом.	4
	ИТОГО		32

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума по дисциплине «*Основы надежности технических систем в нанотехнологиях*» согласно учебному плану не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к тестам промежуточного контроля освоения дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (6 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 4 контрольных работ (максимальная оценка от 5 до 8 баллов), 4 тестов промежуточного контроля (максимальная оценка от 7 до 9 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

- 1) Тест промежуточного контроля 1 по теме “Основные понятия и определения дисциплины” – **8 баллов**;
- 2) Тест промежуточного контроля 2 по теме “Временные, единичные и комплексные показатели надежности” – **9 баллов**;
- 3) Контрольная работа 1 по теме “Методы анализа отказов” (деревья отказов, логико-графические модели и др.) – **6 баллов**;
- 4) Тест промежуточного контроля 3 по теме “Резервирование” – **9 баллов**;
- 5) Контрольная работа 2 по теме “Резервирование” – **8 баллов**;
- 6) Контрольная работа 3 по теме “Расчет последовательно-параллельных структур” – **5 баллов**;
- 7) Тест промежуточного контроля 4 по теме “Определение надежности последовательно-параллельных и комбинированных структур” – **7 баллов**;
- 8) Контрольная работа 4 на тему “Расчет надежности мостовых структур различными методами” – **8 баллов**;

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (одна контрольная работа по разделу 1 и 3 контрольные работы – по разделу 3) и 4 теста промежуточного

контроля (по одному по разделам 1 и 2, два – по разделу 3). Максимальная оценка за контрольные работы 1-4 (6 семестр) составляет 27 баллов (от 5 до 8 баллов за каждую). Максимальная оценка за тесты промежуточного контроля освоения дисциплины (6 семестр) составляет 33 балла, (от 7 до 9 баллов за каждый тест).

8.1 Примеры тестовых заданий и контрольных работ

Примеры банка вопросов для теста промежуточного контроля 1 по теме “Основные понятия и определения дисциплины»

Вопрос 1.1

Сопоставьте определения:

1	Ресурсный отказ	А	Отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта
2	Независимый отказ	Б	Отказ, обусловленный другими отказами
3	Зависимый отказ	В	Множественно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера
4	Внезапный отказ	Г	Отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния
5	Постепенный отказ	Д	Отказ, характеризующийся скачкообразным переходом объекта в неработоспособное состояние
6	Перебегающий отказ	Е	Отказ, не обусловленный другими отказами

Вопрос 1.2

Сопоставьте определения:

1	Явный отказ	А	Отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования
2	Скрытый отказ	Б	Отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии
3	Конструктивный отказ	В	Отказ, возникший по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации
4	Производственный отказ	Г	Отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке объекта к применению или в процессе его применения
5	Эксплуатационный отказ	Д	Отказ, обусловленный естественными процессами старения, износа, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации
6	Деградиационный отказ	Е	Отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики

Вопрос 1.3

Какие разделы математики используются для формализованного описания в теории надежности?

1. Дифференциальные уравнения в частных производных;
2. Линейная алгебра;
3. Алгебра логики;
4. Теория вероятностей;
5. Прикладная математическая статистика;
6. Теория случайных процессов;
7. Теория массового обслуживания;
8. Теория графов;

Вопрос 1.4

Какие основные источники воздействий должны рассматриваться в процессе эксплуатации технической системы?

1. Внутренние источники энергии, связанные с хранением технической системы;
2. Действие энергии окружающей среды, включая человека, исполняющего функции оператора или ремонтника;
3. Внутренние источники энергии, связанные как с рабочими процессами, протекающими в технической системе, так и с работой отдельных элементов системы;
4. Потенциальная энергия, которая накоплена в материалах и деталях узлов системы в процессе их изготовления (внутренние напряжения в отливке, монтажные напряжения);

Вопрос 1.5

Каковы проявления основных видов энергии, влияющих на работоспособность технического объекта? Сопоставьте определения:

1	Механическая энергия	А	Действует на систему и её части при колебаниях температуры окружающей среды, при осуществлении рабочего процесса
2	Тепловая энергия	Б	Проявляется в виде радиоволн, пронизывающих все пространство вокруг объекта, может оказывать влияние на работу электронной аппаратуры
3	Химическая энергия	В	Проявляется в нарушении работоспособности системы под воздействием микроорганизмов, которые разрушают некоторые виды пластмасс и металлов
4	Электромагнитная энергия	Г	Передается по всем элементам системы в процессе работы, воздействуя на систему в виде статических или динамических нагрузок от взаимодействия с внешней средой
5	Биологические факторы	Д	Проявляется при работе объектов в условиях агрессивных сред, вызывающих процессы коррозии, приводящие к разрушению отдельных элементов и узлов системы

Вопрос 1.6

Сопоставьте определения:

1	Повреждение материала изделия	А	Каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным документацией
2	Дефект	Б	Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния материала изделия при сохранении работоспособного состояния

Вопрос 1.7

Что из ниже перечисленного является результатом технологического процесса, а что результатом воздействия при эксплуатации?

1. Технологический процесс
 2. Результат воздействия при эксплуатации
- А. повреждение материала изделия
Б. дефект

Вопрос 1.8

Как классифицируют физические законы, используемые для исследования изменения свойств материалов, изделий и т.п., характеризующих физическую природу надежности технических систем?

1. Законы состояния и законы старения;
2. Законы повреждения и законы разрушения;
3. Законы трансформации и законы деформации;

*Примеры банка вопросов для теста промежуточного контроля « по теме
«Временные, единичные и комплексные показатели надежности»*

Вопрос 2.1.

Сопоставьте определения:

1	Время восстановления	А	Наработка объекта между двумя следующими друг за другом отказами
2	Наработка	Б	Наработка объекта от начала эксплуатации или от момента его восстановления до отказа
3	Наработка между отказами	В	Время, затрачиваемое непосредственно на выполнение операций по восстановлению объекта
4	Наработка до отказа	Г	Продолжительность или объем работы объекта

Вопрос 2.2.

Сопоставьте определения:

1	Среднее время восстановления	А	Вероятность того, что время (до) восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение
2	Интенсивность восстановления	Б	Математическое ожидание времени восстановления
3	Вероятность восстановления	В	Условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенная для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено

Вопрос 2.3.

Сопоставьте определения, характеризующие различные состояния объекта:

1	Исправное	А	Состояние объекта, в котором он способен выполнять
---	-----------	---	--

			требуемые функции
2	Работоспособное	Б	Состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным документации на него
3	Неисправное	В	Состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно
4	Неработоспособное	Г	Состояние объекта, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в документации на него
5	Предельное состояние	Д	Состояние объекта, в котором он не способен выполнять хотя бы одну требуемую функцию по причинам, зависящим от него или из-за профилактического технического обслуживания

Вопрос 2.4.

Перечислите виды надежности сложных технических систем:

1. программно-технических средств;
2. структурно-функциональная;
3. режимно-функциональная;
4. структурная;
5. человеко-машинной системы;
6. эксплуатационная;
7. функциональная;
8. аппаратурно-техническая;
9. аппаратурная;

Вопрос 2.5.

Какие из перечисленных ниже показателей надежности, определенных по статистическим данным:

- а) предполагают замену вышедших из строя элементов;
- б) не предполагают замену вышедших их строя элементов.
 1. интенсивность отказов;
 2. параметр потока отказов;
 3. частота отказов.

Вопрос 2.6.

Выберите условие, при котором справедливо, что параметр потока отказов $\omega(t)$ равен интенсивности отказов $\lambda(t)$:

1. при $\lambda(t) > \omega(t) > f(t)$;
2. при $\lambda(t) \neq \text{const}$;
3. при $\lambda(t) = \text{const}$;
4. при $\omega(t) > \lambda(t) > f(t)$;

Вопрос 2.7.

Выберите соотношение для определения среднего числа исправно работающих элементов на интервале времени Δt :

$$\text{а) } \bar{t}_{\text{ср}i} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$$

$$\text{б) } N_{\text{ср}i} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$$

$$\text{в) } \bar{T}_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=0}^{N_0} t_n}{N_0}$$

Вопрос 2.8.

Для каких периодов эксплуатации характерны следующие функции интенсивности отказов:

$$\text{а) } \lambda(t) = \text{const}$$

$$\text{б) } \lambda(t) \neq \text{const}, \lambda(t_1) < \lambda(t_0)$$

$$\text{в) } \lambda(t) \neq \text{const}, \lambda(t_2) < \lambda(t \rightarrow \infty)$$

1. период износовых отказов;
2. период нормальной эксплуатации;
3. период ранних отказов.

Вопрос 2.9.

Сопоставьте выражения перечисленным ниже показателям надежности:

1	Статистический параметр потока отказов	А	$\bar{\lambda}(t) = n(\Delta t) / (N_{\text{ср}} \cdot \Delta t)$
2	Интенсивность отказов по статистическим данным	Б	$\bar{f}(t) = n(\Delta t) / N_0 \cdot \Delta t$
3	Частота отказов по статистическим данным	В	$\bar{w}(t) = n(\Delta t) / N \cdot \Delta t$

Вопрос 2.10.

Какие отличия используются при определении показателей надежности по статистическим данным для:

а) восстанавливаемых систем

б) невосстанавливаемых систем

1. поставленные на испытания изделия не ремонтируются;
2. поставленные на испытания изделия утилизируются по достижении отказа;
3. поставленные на испытания изделия ремонтируются;
4. на испытания могут ставиться изделия по мере их отказов, в том числе находящиеся до этого в резерве на складе;
5. поставленные на испытания изделия не заменяются новыми;
6. на испытания могут ставиться изделия по мере их выхода из строя в любой момент времени;
7. поставленные на испытание изделия заменяются на вышедшие из строя новыми;

*Пример банка вопросов для теста промежуточного контроля 3 по теме
“Резервирование”*

Вопрос 3.1.

В каком состоянии может находиться резервный элемент, подключенный к основному в режиме замещения:

1. в нагруженном;
2. в облегченном;
3. в «простое»;
4. в работоспособном;
5. в перегруженном;
6. в ненагруженном.

Вопрос 3.2. Дайте правильное определение:

Ненагруженный резерв – это:

- А) Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в ненагруженном режиме до начала выполнения ими функций основного элемента
- Б) Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в менее нагруженном режиме, чем основной элемент до начала выполнения ими функций основного элемента
- В) Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в режиме основного элемента
- Г) Элемент объекта, предназначенный для выполнения функций основного элемента в случае отказа последнего
- Д) Элемент объекта, необходимый для выполнения требуемых функций без использования резерва

Вопрос 3.3. Дайте правильное определение:

Постоянное резервирование – это:

- А) Резервирование, при котором функции основного элемента передаются резервному только при отказе основного элемента
- Б) Резервирование, при котором резервируются отдельные элементы объекта или их группы
- В) Резервирование, при котором используется нагруженный резерв, и при отказе любого элемента в резервированной группе выполнение объектом требуемых функций обеспечивается оставшимися элементами без переключений
- Г) Сочетание различных видов резервирования в одном и том же объекте
- Д) Резервирование, при котором восстановление отказавших основных элементов и/или резервных технически возможно без нарушения работоспособности объекта в целом и предусмотрено эксплуатационной документацией

Вопрос 3.4. Дайте правильное определение:

Резервный элемент – это:

- А) Совокупность дополнительных средств и/или возможностей, используемых для резервирования
- Б) Элемент объекта, необходимый для выполнения требуемых функций без использования резерва
- В) Элемент объекта, предназначенный для выполнения функций основного элемента в случае отказа последнего

- Г) Сочетание различных видов резервирования в одном и том же объекте
- Д) Элемент объекта, предназначенный для подключения исправного резервного элемента объекта вместо отказавшего основного элемента

Вопрос 3.5. Дайте правильное определение:

Кратность резерва – это:

- А) Отношение числа основных элементов к числу резервных элементов, выраженное несокращенной дробью
- Б) Отношение числа основных элементов к числу резервных элементов, выраженное сокращенной дробью
- В) Отношение числа резервных элементов к числу основных элементов, выраженное сокращенной дробью
- Г) Отношение числа резервных элементов к числу основных элементов, выраженное несокращенной дробью
- Д) Отношение единицы к числу основных элементов, выраженное несокращенной дробью

Вопрос 3.6. Дайте правильное определение:

Мажоритарное резервирование – это:

- А) Резервирование, при котором в нагруженном режиме находится нечетное количество не менее трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства элементов.
- Б) Резервирование, при котором в ненагруженном режиме находится нечетное количество не менее трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства элементов.
- В) Резервирование, при котором в нагруженном режиме находится четное количество не менее двух однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства элементов.
- Г) Резервирование, при котором в облегченном режиме находится нечетное количество не менее трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства элементов.
- Д) Резервирование, при котором в нагруженном режиме находится нечетное количество не более трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства элементов.

Вопрос 3.7.

Какая из резервированных структур, содержащих резервные элементы с одинаковой вероятностью отказа более надежна:

1. с отдельным замещением с постоянным подключением;
2. с общим замещением с постоянным подключением.

Вопрос 3.8

Для каких систем с резервированием не допускаются расчетные соотношения на основе вероятности безотказной работы (ВБР):

- а) систем с нагруженным резервом
- б) систем с ненагруженным резервом
- в) систем с постоянным резервированием
- г) систем с облегченным резервом
- д) систем, в которых порядок возникновения отказов независимый

Пример банка вопросов теста промежуточного контроля 4 по теме “Определение надежности последовательно-параллельных и комбинированных структур”

Вопрос 4.1.

Выберите правильные выражения для определения вероятности безотказной работы с мостовым соединением, содержащим 5-ый элемент в качестве мостового:

- 1) методом «путей и сечений»
- 2) методом разложения по базовому элементу

$$а) \prod_{k=1}^K \left(1 - \prod_{i \in K} q_{ik} \right) \leq P_c \leq 1 - \prod_{j=1}^J \left(1 - \prod_{i \in J} q_{ij} \right)$$

$$б) P_c = \left[1 - (1 - p_i)^{2i} \right] \left[1 - (1 - p_j)^{2j} \right]$$

$$в) P_c = P_5 (P_1 + P_2 - P_1 P_2) (P_3 + P_4 - P_3 P_4) + q_5 (P_1 P_3 + P_2 P_4 - P_1 P_2 P_3 P_4)$$

$$г) P_c = (1 - P_5) (P_1 + P_2 - P_1 P_2) (P_3 + P_4 - P_3 P_4) + P_5 (P_1 P_3 + P_2 P_4 - P_1 P_2 P_3 P_4)$$

$$д) P_c = \frac{(2 - p_i)^2}{(2 - p_i^2)}$$

$$е) \prod_{j=1}^J \left(1 - \prod_{i \in J} q_{ij} \right) \leq P_c \leq 1 - \prod_{k=1}^K \left(1 - \prod_{i \in K} q_{ik} \right)$$

Вопрос 4.2

Какая из формул используется при расчете вероятности безотказной работы системы с постоянным подключением и общим резервированием:

- а) $P_c = (2P_i - P_i^2)^2$
- б) $P_c = (P_i - P_i^2)^2$
- в) $P_c = P_i^2 (2 - P_i)^2$
- г) $P_c = (P_i - 2P_i^2)^2$
- д) $P_c = P_i^2 (2 - P_i^2)$

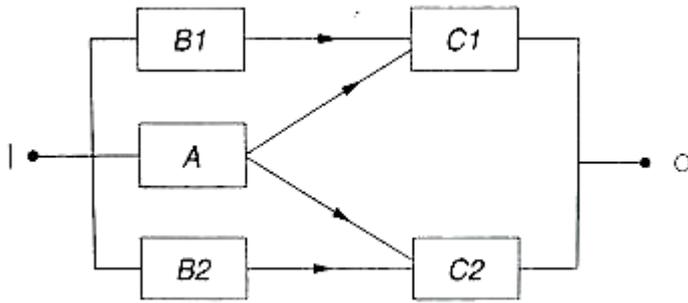
Вопрос 4.3

Вероятность безотказной работы системы с параллельным соединением элементов для случая, когда отказы в системе могут происходить совместно, определяется как:

- а) $P_c = \prod_{i=1}^n P_i(t)$
- б) $P_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i(t))$
- в) $P_c = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_i + \dots + P_n) - (P_1 P_2 + P_1 P_3 + \dots + P_1 P_i + \dots + P_1 P_n + \dots + P_{n-1} P_n) + (P_1 P_2 P_3 + P_1 P_2 P_i + \dots + P_i P_{n-1} P_n) - \dots \pm (P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n)$
- г) $P_c = \sum_{i=1}^n P_i(t)$
- д) $P_c = 1 - \sum_{i=1}^n (1 - P_i(t))$

Вопрос 4.4

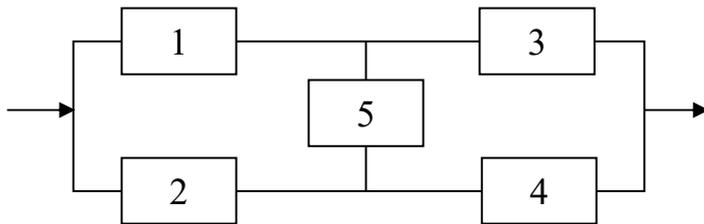
Какие элементы должны работать, что бы система находилась в работоспособном состоянии:



- а) B1 и C2;
- б) C1 и C2;
- в) B1, A и B2;
- г) B1 и C1;
- д) A и C2.

Вопрос 4.5

Работоспособности каких элементов недостаточно для работоспособности системы:



- а) 1 и 2
- б) 1 и 3
- в) 2 и 4
- г) 1, 5, 3
- д) 2, 5, 4

Вопрос 4.6

Какое допущение принимается при исследовании мостовой структуры методом разложения по базовому элементу:

- а) базовый элемент абсолютно работоспособен, и мостовая связь полностью замыкается
- б) базовый элемент абсолютно работоспособен, и мостовая связь полностью размыкается
- в) базовый элемент абсолютно работоспособен, и мостовая связь не меняется
- г) базовый элемент абсолютно работоспособен и заменяет мостовой элемент
- д) базовый элемент абсолютно работоспособен и резервирует мостовой элемент

Вопрос 4.7

Какая теорема используется при исследовании надежности мостовой структуры методом разложения по базовому элементу:

- а) сложения вероятностей случайных несовместных событий
- б) сложения вероятностей случайных совместных событий
- в) умножения вероятностей случайных совместных событий
- г) умножения вероятностей случайных несовместных событий
- д) дискриминации несовместных случайных событий

На основе банка тестовых заданий по каждой теме формируются тесты самоконтроля для самостоятельной подготовки к выполнению тестов промежуточного

контроля и 8 тестов промежуточного контроля знаний (по 2 на каждую тему), включающих от 8-10 вопросов (тесты 1 и 2) до 20 вопросов (тесты 3 и 4). На выполнение тестов промежуточного контроля отводится одна попытка и ограничение по времени от 30 до 45 минут в зависимости от трудоемкости теста.

Далее приводятся задания контрольных работ.

Пример задания на контрольную работу 1 на тему «Методы анализа отказов технических систем»

Построить диаграмму причин и последствий неисправности аккумуляторной батареи.

Причинами *неисправности аккумуляторной батареи* в процессе эксплуатации могут стать: *ухудшение рабочих характеристик, прочие виды неисправностей (отказы входных или выходных цепей, предохранителя, трансформатора), утечки.*

Ухудшение рабочих характеристик может стать причиной *снижения выходной мощности аккумуляторной батареи.*

Прочие виды неисправностей (отказы входных или выходных цепей, предохранителя, трансформатора) могут привести к *отказу аккумуляторной батареи.*

Утечки могут стать причиной *нанесения ущерба оборудованию или человеку из-за утечек аккумуляторной батареи.*

Причинами *неисправности аккумуляторной батареи* на стадии производства могут быть *нарушения процессов сборки и пайки.*

Пример задания на контрольную работу 2 на тему “Резервирование”

1. Определить вероятность безотказной работы системы, включающей четыре элемента на интервале времени 1500 часов в следующих случаях:

а) Система имеет нагруженный резерв. Все элементы начинают работать одновременно. Вероятность безотказной работы элементов подчиняется экспоненциальному закону. Интенсивности отказов всех элементов $\lambda_i=0.0003 \text{ ч}^{-1}$.

б) Система имеет ненагруженный резерв, элементы работают в следующем режиме:

$0 \leq t < 250 \text{ ч}$ - первый;

$255 \leq t < 500 \text{ ч}$ - второй;

$525 \leq t < 900 \text{ ч}$ - третий;

$910 \leq t < 1500 \text{ ч}$
- четвертый.

Вероятность безотказной работы элементов подчиняется экспоненциальному закону. Интенсивности отказов всех элементов одинаковы и равны $0,0003 \text{ ч}^{-1}$.

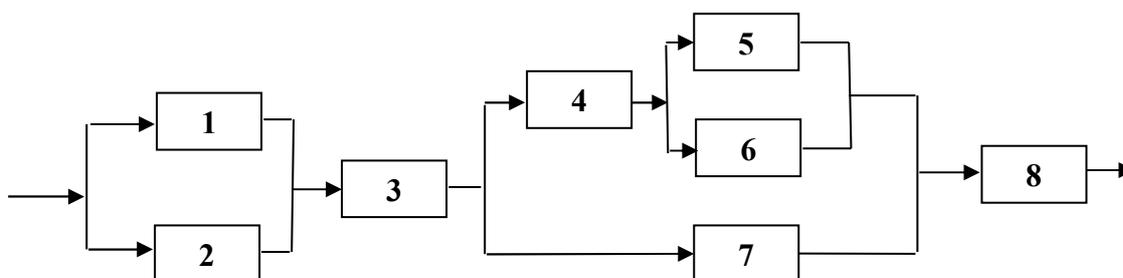
в) Система имеет облегченный резерв, при этом элементы первый и четвертый работают при пониженной нагрузке 0,9 от номинальной с интенсивностью $\lambda_i=0.000027 \text{ ч}^{-1}$. Элементы начинают работать одновременно. Третий элемент отказывает через 240 ч, второй – через 400 ч, первый – через 850 ч., четвертый – 1350 ч.

г) Сравнить надежности четырех систем.

д) Провести расчет п. в) для условия восстанавливаемой системы. Время восстановления при отказе любого элемента 25 часов. Сравнить полученное значение с предыдущими расчетами.

Пример задания на контрольную работу №3 на тему «Расчет показателей надёжности систем с последовательно-параллельной структурой»

- Используя структурные методы исследования надежности, определить вероятность безотказной работы системы, в течение 5000 часов, если интенсивности отказов при экспоненциальном распределении для элементов, расположенных параллельно равны $\lambda_i = 0,003 \text{ ч}^{-1}$ ($i = 1, 2, 5, 6$), а для остальных элементов равны $\lambda_i = 0,0003 \text{ ч}^{-1}$.
Предполагается, что все элементы системы начинают работать одновременно.

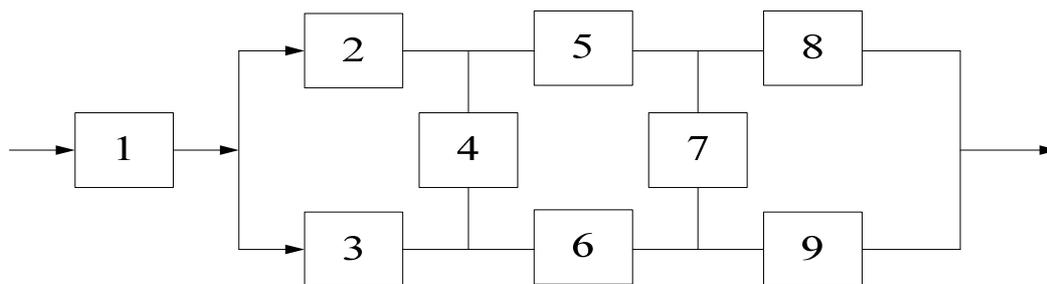


- Построить график зависимости изменения во времени вероятности безотказной работы системы на интервале от 0 до 5000 ч с шагом 500 часов.
- Сравнить результаты ручного и машинного расчета.
- Определите значения плотностей распределения безотказной работы для параллельных и остальных элементов системы на интервале от 0 до 5000 ч с шагом 500 часов. По полученным результатам построить график.
- Из рассматриваемой комбинированной системы убрать 1-й и 7-й элементы. Для полученной системы построить график зависимости вероятности безотказной работы от времени на интервале от 0 до 5000 ч с шагом 500 часов.
- К рассматриваемой в п.1 системе присоединить последовательно 9-й элемент с интенсивностью отказа $\lambda_9 = 0,0001 \text{ ч}^{-1}$. Для полученной системы построить график зависимости вероятности безотказной работы от времени на интервале от 0 до 5000 ч с шагом 500 часов.
- Сравнить полученные в пунктах 2, 5, 6 результаты.

Пример задания на контрольную работу 4 на тему “Расчет надежности мостовых структур различными методами”

- Используя метод разложения сложной структуры по базовому элементу, изобразите все промежуточные и окончательную структуру и запишите расчетные выражения в общем виде. Найдите вероятность безотказной работы (ВБР) системы.
Заданы следующие вероятности отказов элементов.

$$\begin{aligned}
 q_1 &= 0,1; \\
 q_2 &= q_3 = 0,01; \\
 q_4 &= 0,05; \\
 q_5 &= q_6 = 0,2; \\
 q_7 &= 0,15; \\
 q_8 &= q_9 = 0,02
 \end{aligned}$$



2) Используя метод «путей и сечений»:

- а) обосновать выбор необходимого и достаточного количества «путей и сечений»;
- б) записать выражения для определения вероятности безотказной работы системы через выбранные «пути и сечения»;
- в) по заданию преподавателя (после проверки п.а) и б)) провести расчет вероятности безотказной работы системы

3) Используя логико-вероятностный метод, представить фрагмент таблицы истинности для следующих случаев:

- А) все элементы работоспособны и любые 8 элементов работоспособны;
- Б) любые 5 элементов работоспособны и любые 4 элемента работоспособны;
- В) задание конкретизируется преподавателем в зависимости выполнения п. А) и Б)

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр, зачет с оценкой)

8.3.1. Перечень теоретических вопросов

1. Классификация состояний технической системы. Взаимосвязи между состояниями. Отказ – как ключевое понятие теории надежности. Классификация отказов.
2. Природа отказов, физика отказов, типы отказов, особенности их возникновения в микро- и наносистемах.
3. Понятия надежности, безотказности, готовности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости технических систем.
4. Методы анализа отказов сложных технических систем: деревья отказов (деревя неисправностей), причин и последствий, логико-графические методы.
5. Методы анализа видов, последствий и критичности отказов, методы анализа опасностей и работоспособности технических систем.
6. Единичные и комплексные показатели надежности технических систем. Привести примеры.
7. Экспериментальные и расчетные методы получения показателей надежности.
8. Особенности проведения испытаний микро- и наноизделий (систем) и обработки экспериментальных данных: использование тестовых структур, ускоренные испытания, серийные испытания.
9. Понятия восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. Привести примеры.
10. Понятия: ресурс, назначенный ресурс, остаточный ресурс, срок службы. Нарботка на отказ и до отказа.
11. Единичные показатели надежности невосстанавливаемых систем и их определение вероятностными методами: вероятности отказов и безотказной работы; среднее время наработки до отказа, интенсивность отказа, плотность наработки до отказа.
12. Единичные показатели надежности восстанавливаемых систем и их определение вероятностными методами: вероятности отказов и безотказной работы;

среднее время наработки на отказ, интенсивность отказа, плотность наработки на отказ.

13. Взаимосвязь между единичными показателями надежности.

14. Параметр потока отказов и его свойства.

15. Показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности: интенсивности восстановления, коэффициенты готовности, вынужденного простоя, технического использования.

16. Модели надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов

17. Моделирование коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах.

18. Структурные схемы анализа надежности систем: элементный и функциональный расчет надежности.

19. Резервирование как способ повышения надежности: виды резервирования (с постоянным включением, замещением, скользящий, с дробной кратностью).

20. Особенности резервирования восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. Привести примеры.

21. Методы анализа надежности систем, основанные на применении теорем теории вероятностей для последовательных и параллельных структур.

22. Методы исследования надёжности мостовых структур.

23. Логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем: примеры их практического использования для исследования надежности различных структур.

24. Методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов: основные понятия теории марковских случайных процессов, графы смены состояний для восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем.

25. Запись систем обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования состояний системы с использованием марковских случайных процессов. Привести примеры для невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем.

26. Определение вероятности безотказной работы, коэффициента готовности среднего времени наработки до первого отказа с использованием марковских методов.

27. Метод минимальных путей и сечений для исследования мостовых структур.

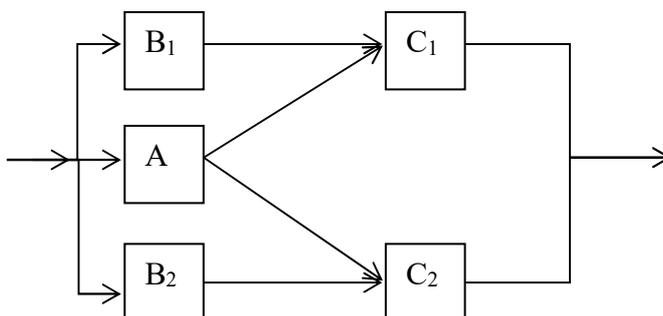
28. Единичные показатели надежности невосстанавливаемых систем и их определение статистическими методами: вероятности отказов и безотказной работы; среднее время наработки до отказа, интенсивность отказа, плотность наработки до отказа.

29. Единичные показатели надежности восстанавливаемых систем и их определение статистическими методами: вероятности отказов и безотказной работы; среднее время наработки на отказ, интенсивность отказа, плотность наработки на отказ.

30. Определение показателей надежности мостовых структур методом разложения по базовому элементу.

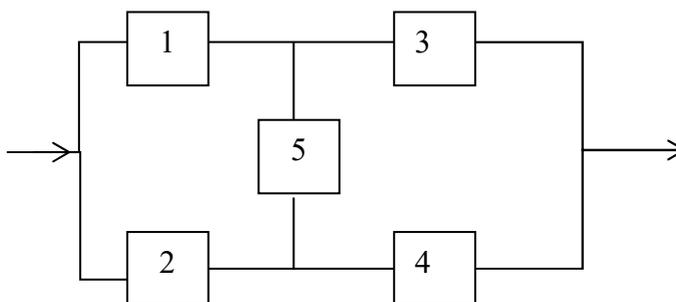
8.2.2. Примеры практических заданий для зачета с оценкой

Задание 1. Используя логико-вероятностный метод, запишите логическое выражение для определения вероятности отказа. Определите вероятность отказа системы, изображённой на рисунке



- при следующих исходных данных
- а) $P_{B1}=P_{B2}=0,9$; $P_A=0,99$; $p_{c1}=p_{c2}=0,7$
- б) $P_{B1}=P_{B2}=0,99$; $P_A=0,75$; $p_{c1}=p_{c2}=0,95$
- Сравните между собой результаты п. а) и б).

Задание 2. 1) Используя логико-вероятностный метод, запишите логическое выражение для определения вероятности безотказной работы и определите вероятность безотказной работы мостовой структуры



- при следующих исходных данных
- $P_1=P_2=0,8$;
- $P_3=P_4=0,9$
- $P_5=0,75$

2) Сравните полученное значение с решением данной задачи методом разложения по базовому элементу при возможном возникновении совместных отказов.

Задание 3. Определите коэффициенты готовности системы методом исследования вероятности безотказной работы восстанавливаемой системы из пяти элементов с резервированием для моментов времени $t_1=1850$ ч; $t_2=2000$ ч; $t_3=2450$ ч; $t_4=3050$ ч; $t_5=3250$ ч. Первый элемент отказывает через 1800 часов, второй через 2400 часов, третий через 3000 часов, четвертый через 3200 часов. Интенсивности восстановлений после отказов любого из элементов равны $0,01$ час⁻¹. Исследование провести для следующих режимов работы:

- а) все элементы работали в нагруженном резерве с одинаковыми интенсивностями отказов $0,002$ час⁻¹;
- б) интенсивности отказов элементов определить по фактическому первому выходу их из строя при условии соблюдения динамики отказов.

Задание 4. С использованием Марковских случайных процессов определите коэффициенты готовности системы из четырех элементов для моментов времени $t_1=1850$ ч; $t_2=2000$ ч; $t_3=2450$ ч; $t_4=3050$ ч; $t_5=3250$ ч, если известно, что все элементы работали в нагруженном резерве с одинаковыми интенсивностями отказов $0,002$ час⁻¹. Первый элемент отказывает через 1800 часов, второй через 2400 часов, третий через 3000 часов, четвертый через 3200 часов. Интенсивности восстановлений после отказов любого из насосов равны $0,01$ час⁻¹.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр).

Зачет по дисциплине «*Основы надежности технических систем в нанотехнологии*» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам, и одного практического задания.

<p>«<i>Утверждаю</i>» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры)</p> <p>Глебов М.Б. (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Министерство образования и науки РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра компьютерно-интегрированных систем в химической технологии 28.03.02 Нанотехнологии Профиль «Нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии» Дисциплина «Основы надежности технических систем в нанотехнологии»</p>
<p style="text-align: center;">Билет № 1</p> <p>1. Классификация состояний технической системы. Отказ – как ключевое понятие теории надежности (10 баллов).</p> <p>2. Запись систем обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования состояний системы с использованием марковских случайных процессов. Привести примеры для невозстанавливаемых и восстанавливаемых систем (14 баллов).</p> <p>3. Практическое задание: анализ надежности комбинированных структур логико-вероятностным методом (16 баллов).</p> <pre>graph LR; 1 --> 2; 2 --> 3; 3 --> 4; 3 --> 5; 3 --> 6; 4 --> 7; 5 --> 8; 6 --> 8; 7 --> 9; 8 --> 9;</pre> <p>Определить вероятность безотказной работы при следующих исходных данных: $P_1 = P_2 = P_3 = 0,98$; $P_4 = P_5 = 0,95$; $P_6 = 0,99$; $P_7 = P_8 = 0,94$; $P_9 = 0,85$</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Методическое и программное обеспечение для оценки надёжности и безопасности функционирования химико-технологического оборудования: научное издание / Т. Н. Швецова-Шиловская, В. Б. Кондратьев, В. Г. Горский, А. Ф. Егоров, О. В. Полехина, Т. В. Громова, Т. В. Гамзина, А. А. Афанасьева, Т. В. Савицкая, Д. И. Назаренко, Д. Е. Иванов, М. А. Викентьева – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 372 с.

Б. Дополнительная литература

1. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Грун Г., Нойманн В. Обеспечение и методы оптимизации надежности химических и нефтеперерабатывающих производств. – М.: Химия, 1987. – 272 с.

2. Акимов В.А., Лапин В.Л. и др. Надежность технических систем и техногенный риск. – М.: ЗАО ФИД «Деловой Экспресс», 2002. – 368 с.
3. Шубин В.С., Рюмин Ю.А. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. – М.: Колосс, 2006. – 359 с.
4. Чулков Н.А., Деренюк А.Н. Надежность технических систем и техногенных рисков. – Томск: Томский политехнический университет, 2012. – 150 с.
5. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. Изд. 2-е, испр. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 256 с.
6. Ложкин В. Л., Мостовова Н.А. Основы теории надежности: учеб. пособие для вузов. – М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2003. – 116 с.
7. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – СПб.: «БХВ-ПЕТЕРБУРГ», 2006. – 704 с.
8. Петросян Е.Р. Менеджмент рисков. – М.: Инновационный фонд «РОСИСПЫТАНИЯ», 2009. – 540 с.
9. Ч.Рул мл., Ф.Оуэнс. Нанотехнологии. – М: Техносфера, 2006. – 336 с.
10. Развитие системы применения информационных технологий в образовании. Основы измерений в нанотехнологиях из МГТУ // Серия изданий «Научно-образовательный и научно-исследовательский материал МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2011.
11. Основы надежности микро- и наносистем. Курс лекций. Электронный ресурс. www.rfe.by/elib/education/download/psnovy/nadejnosty. Электронный каталог факультета радиофизики и компьютерных технологий. Белорусское республиканское общественное объединение радиофизиков. Белорусский государственный университет (дата обращения 12.04.2021).
12. Палюх Б.В., Федченко С.Л., Котов С.Л. Оценка вероятностных характеристик случайных процессов при испытаниях информационных систем: учеб. пособие / 1-е изд. Тверь : ТГТУ, 2009. – 104 с.
13. Можаяев А. С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем. Уч. пос. Л.: ВМА, 1988. — 68с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Научно-технические журналы:
 - «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
 - «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
 - «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
 - «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
 - «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
 - «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
 - «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
 - «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
 - «Надежность» ISSN (печатной версии) – 1729-2646, ISSN (онлайновой версии) – 2500-3909;
 - «Прикладная информатика», ISSN 1993-8313;
 - «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
 - «ТРИЗ»;
 - «Информатика и системы управления», ISSN 1814-2400;
 - «Chemical Engineering Transactions», ISSN 1974-9791;
 - «Reliability Engineering & System Safety», ISSN – 0951-8320;
 - «Computers & Chemical Engineering», ISSN – 0098-1354;

- «Российские нанотехнологии», ISSN (печатной версии) 1992-7223 ISSN (онлайновой версии) 1992-4068;
- «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век». ISSN (печатной версии) 2225-0980;
- «Nature Nanotechnology». ISSN (печатной версии) – 1748-3387, ISSN (онлайновой версии) – 1748-3395;
- «Nanotoday». ISSN (печатной версии) – 1748-0132, ISSN (онлайновой версии) – 1748-0132.
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN – 2305-7971;
- “Наноиндустрия”, ISSN – 1993-8578;
- «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование», ISSN– 2224-8412
- «Нанотехника», ISSN –1816-4409

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Интернет - ресурсы:

- Междисциплинарная автоматизированная система обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cis.muotr.ru/alk> – Загл. с экрана (Дата обращения 29.03.2021).
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access.
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science.
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов.
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека.
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России.
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета.
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов.
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам.
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.
- <http://docs.cntd.ru/document/1200136419> - ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения
- <http://docs.cntd.ru/document/1200039946> - ГОСТ Р 51901.14-2005 (МЭК 61078:1991) Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности
- <http://docs.cntd.ru/document/1200041677> - ГОСТ Р 51901.15-2005 (МЭК 61165:1995) Менеджмент риска. Применение марковских методов
- <http://docs.cntd.ru/document/1200041155> - ГОСТ Р 51901.16-2005 (МЭК 61164:1995) Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки
- Информационный портал RusNanoNet. Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 16.03.2021).
- Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.03.2021).
- <http://www.rusnano.com/> [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 16.03.2021).
- <http://www.nanometer.ru> [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 16.03.2021).

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 182);

– банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 205), реализованные в системе дистанционного обучения Moodle (<http://cis.muctr.ru/alk/question/edit.php?courseid=33>) (общее число типовых вопросов, включая расчетные вопросы генерируются в системе случайным образом после настройки соответствующих шаблонов), используется при реализации дисциплины полностью с использованием дистанционных образовательных технологий и электронных средств обучения;

- При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:
- доступ к групповым чатам WhatsApp, к вебинарам (zoom.us), онлайн-конференции в Skype. При обучении по разделу 1 широко используются электронно-образовательные ресурсы и средства взаимодействия (новостной форум, обмен сообщениями) в LMS Moodle.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 718 245 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы. Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Основы надежности технических систем в нанотехнологиях*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине в 6 семестре имеется 2 компьютерных класса с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплинам имеются: многофункциональная лаборатория компьютерно-интегрированных систем в химической технологии, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 10 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером. Кафедры обладают стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплины на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

При изучении дисциплины доступны учебные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/>. Доступны комплексы практических работ, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с стандартным программным обеспечением.

Доступны тестовые задания для самоконтроля знаний и тесты промежуточного контроля по модулям с ограничением по времени и по количеству попыток, реализован глоссарий основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов при выполнении практических работ и организации самостоятельной работы студентов.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные

учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины «Основы надежности технических систем в нанотехнологии».

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы; банки тестовых заданий для самоконтроля, итогового контроля знаний по дисциплине представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	36	бессрочная
3	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
4	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Методы исследования надежности технических систем: показатели надежности наноизделий и наномашин.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> основные понятия надежности технических систем, природу отказов в сложных технических системах; – методы получения показателей надежности; – особенности проведения испытаний микро- и наноизделий (систем) и обработки экспериментальных данных; – временные показатели надежности технических систем; – логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем и методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов и дерева отказов. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – строить деревья отказов для микро- и наносистем и других физических и химических технических систем. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> способами использования комплексов программных средств, расчетов эксплуатационной надежности изделий, оборудования и технических систем; 	<p>Оценка за контрольную работу №1 (6 семестр). Оценка за тест промежуточного контроля 1 (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр)</p>
<p>Раздел 2. Математические основы анализа надежности элементов и изделий технических систем.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методы, модели и комплексы программных средств для анализа и расчета требований эксплуатационной надежности сложных технических систем; – единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами; – взаимосвязь между единичными показателями надежности (безотказности); – показатели ремонтпригодности, долговечности, комплексные показатели надежности; – некоторые методы и модели исследования надежности элементов на основе механических, физических и химических процессов; – особенности моделирования коррозионных отказов и диффузионных процессов в твердых телах; <p><i>Умеет:</i></p>	<p>Оценка за тест промежуточного контроля №2 (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр)</p>

	<p>определять единичные показатели надежности невосстанавливаемых систем по статистическим данным и с использованием различных законов распределения случайных величин, проводить расчеты надежности изделий, оборудования для реализации технологии изготовления микро- и наносистем;</p> <p>– проводить обработку экспериментальных данных ускоренных испытаний, приводящих к отказам в микро- и наносистемах, с использованием химических и физических процессов и механических нагрузок;</p>	
<p>Раздел 3. Методы анализа надежности простых и сложных технических систем.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>– методы, модели и комплексы программных средств для анализа и расчета требований эксплуатационной надежности сложных технических систем;</p> <p>– единичные показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем и их определение вероятностными и статистическими методами;</p> <p>– методы анализа надежности простых и сложных технических систем;</p> <p>– логико-вероятностные методы анализа надежности сложных технических систем и методы анализа надежности систем с использованием марковских случайных процессов и дерева отказов.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– строить структурные схемы расчета надежности систем;</p> <p>– проводить анализ надежности резервированных систем с различными видами резервирования;</p> <p>– проводить исследование надежности мостовых и других сложных структур методом «путей» и «сечений»;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>способами использования комплексов программных средств, расчетов эксплуатационной надежности изделий, оборудования и технических систем;</p> <p>– навыками разработки алгоритмов исследования элементной и функциональной надежности изделий, объектов и технических систем;</p> <p>– навыками решения задач на определение показателей надежности последовательно-параллельных и мостовых структур с использованием теорем теории вероятности.</p>	<p>Оценка за контрольные работы №2-4 (6 семестр)</p> <p>Оценка за тесты промежуточного контроля 3-4 (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр)</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы надежности технических систем в нанотехнологиях»**

**основной образовательной программы
28.03.02 Нанотехнология
«Нанотехнология для химии, фармацевтики и биотехнологии»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы управления в наноинженерии»

Направление подготовки – 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена старшим преподавателем кафедры кибернетики химико-технологических процессов
Лукьяновым В.Л.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» (ФГОС ВО), профиля «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП). Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Системы управления в наноинженерии» относится к части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку, полученную в ходе изучения дисциплин образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»: «Математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и промышленная электроника», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии».

Цель дисциплины – ознакомление обучающихся со структурой, основными свойствами и классификацией систем автоматического управления процессами на макро-, микро- и наноуровне, изучение методов анализа и синтеза таких систем.

Основные задачи дисциплины, решение которых обеспечивает достижение цели:

- изучение основ теории автоматического управления;
- формирование навыков математического описания систем автоматического регулирования (АСР);
- формирование навыков анализа и синтеза одно- и многоконтурных АСР;
- изучение способов управления процессами, проводимых с использованием наноматериалов и/или нанотехнологий.

Дисциплина «Системы управления в наноинженерии» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий.

Профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.</p> <p>ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемому методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).</p> <p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основы теории управления;
- методы и средства контроля основных параметров объектов управления на макро-, микро- и наноуровне;
- классификацию систем автоматического управления, их основные элементы и принципы построения;
- основные законы управления;
- особенности управления процессами на наноуровне;
- способы нанесения управляющих воздействий на наноразмерные объекты.

Уметь:

- экспериментально и аналитически определять статические и динамические характеристики объектов управления, в том числе, на наноуровне;
- выбирать рациональную структуру системы управления;
- анализировать автоматические системы регулирования с точки зрения их устойчивости и основных показателей качества регулирования.

Владеть:

- методами управления химико-технологическими процессами и методами регулирования параметров объектов управления;
- методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления;
- методами расчета одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования;
- средствами моделирования систем управления.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Лабораторные занятия	0,44	16	12
Практические занятия	0,44	16	12
Самостоятельная работа:	2,67	96	72
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,67	96	72
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами	38	4	4	6	24
1.1.	Введение	4	0,5	0,5	–	3
1.2.	Иерархическая структура систем управления химическими предприятиями	4	0,5	0,5	–	3
1.3.	Классификация систем управления ХТП	4	0,5	0,5	–	3
1.4.	Качество, быстродействие и устойчивость систем автоматического регулирования (АСР)	4	0,5	0,5	–	3
1.5.	Этапы анализа и синтеза АСР	4	0,5	0,5	–	3
1.6.	Позиционные АСР	11	1	1	6	3
1.7.	Проблема наблюдаемости и управляемости процессов на наноуровне	7	0,5	0,5	–	6
2.	Раздел 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания	36	4	4	4	24
2.1.	Статические и динамические характеристики элементов АСР	5	0,5	0,5	1	3
2.2.	Типовые звенья АСР	9	1	1	1	6
2.3.	Преобразование Лапласа. Передаточные функции элементарных звеньев АСР	5	0,5	0,5	1	3
2.4.	Частотные характеристики элементарных звеньев АСР	8	1	1	–	6
2.5.	Типовые законы регулирования	9	1	1	1	6
3.	Раздел 3. Анализ работы одноконтурной АСР	20	2	2	4	12
3.1.	Устойчивость АСР	8	1	1	–	6
3.2.	Расчет параметров настройки регулятора в одноконтурной АСР	12	1	1	4	6
4.	Раздел 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов	18	2	2	2	12
4.1.	Каскадные системы автоматического регулирования	9	1	1	1	6
4.2.	Комбинированные и связанные системы автоматического регулирования.	9	1	1	1	6
5.	Раздел 5. Управление процессами на наноуровне	32	4	4	–	24

5.1.	Особенности получения характеристик наноразмерных объектов управления.	8	1	1	–	6
5.2.	Способы нанесения управляющих воздействий.	8	1	1	–	6
5.3.	Классификация исполнительных устройств	4	0,5	0,5	–	3
5.4.	Примеры управления процессами на наноуровне	12	1,5	1,5	–	9
	ИТОГО	144	16	16	16	96
	Экзамен	36	–	–	–	35,6
	ИТОГО	180	16	16	16	131,6

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами.

1.1. Введение.

Цель и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк создания автоматических систем регулирования. Основные термины и определения. Правила построения структурных схем автоматических систем регулирования (АСР).

1.2. Иерархическая структура систем управления химическими предприятиями.

Локальные АСР. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Автоматизированные системы управления предприятием (АСУП).

1.3. Классификация систем управления ХТП:

по принципу регулирования, по функциональному признаку, по энергетическому признаку.

1.4. Качество, быстродействие и устойчивость систем автоматического регулирования (АСР).

Понятие и критерии качества регулирования. Понятия быстродействия и устойчивости АСР.

1.5. Этапы анализа и синтеза АСР.

1.6. Позиционные АСР.

Законы двух- и трехпозиционного регулирования. Особенности оценки качества регулирования в позиционных АСР. Способы повышения качества регулирования в позиционных АСР.

1.7. Проблема наблюдаемости и управляемости процессов на наноуровне.

Примеры объектов управления в нанотехнологии. Существующие методы и основные трудности при измерении физических величин. Способы управляющего воздействия на объект.

Раздел 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания.

2.1. Статические и динамические характеристики элементов АСР.

Понятие характеристик. Статические и динамические свойства объектов регулирования. Каналы объекта регулирования. Расчетные и экспериментальные методы получения характеристик.

2.2. Типовые звенья АСР.

Элементарные звенья: пропорциональное, инерционное, интегрирующее, дифференцирующее, колебательное, звено запаздывания. Некоторые неэлементарные звенья.

2.3. Преобразование Лапласа. Передаточные функции элементарных звеньев АСР.

Прямое и обратное преобразование Ласпласа, таблица преобразований, примеры использования для решения задач. Определение передаточной функции, методы расчета. Выражения передаточных функций основных звеньев.

2.4. Частотные характеристики элементарных звеньев АСР.

Понятие частотных характеристик: обыкновенных и расширенных. Экспериментальные и расчетные методы получения. Элементы частотного анализа.

2.5. Типовые законы регулирования.

Элементарные звенья как основа построения линейных регуляторов. ПИД-закон регулирования и его частные случаи. Параметры настройки регуляторов.

Раздел 3. Анализ работы одноконтурной АСР.

3.1. Устойчивость АСР.

Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной системы. Критерии устойчивости: Рауса – Гурвица, Михайлова, Найквиста – Михайлова.

3.2. Расчет параметров настройки регулятора в одноконтурной АСР.

Влияние параметров настройки на качество регулирования в одноконтурной АСР. Расчет по приближенным формулам. Метод незатухающих колебаний. Метод расширенных частотных характеристик. Пример: одноконтурная АСР уровня жидкости в емкости.

Раздел 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов.

4.1. Каскадные системы автоматического регулирования.

Структурная схема каскадной АСР, основной и вспомогательный контуры регулирования. Методы расчета. Пример: каскадная АСР теплообменника при обогреве паром.

4.2. Комбинированные и связанные системы автоматического регулирования.

Структурная схема комбинированной АСР, замкнутый и разомкнутый контуры регулирования. Условие абсолютной инвариантности. Расчет комбинированной АСР. Примеры компенсации возмущений. Связанные АСР на примере АСР концентрации и уровня в жидкостном реакторе. Структурная схема, компенсация внутренних перекрестных связей объекта регулирования.

Раздел 5. Управление процессами на наноуровне.

5.1. Особенности получения характеристик наноразмерных объектов управления.

Экспериментальные методы. Расчетные методы.

5.2. Способы нанесения управляющих воздействий.

5.3. Классификация исполнительных устройств.

5.4. Примеры управления процессами на наноуровне.

Нанопозиционирование, зондовое манипулирование, процессы самосборки, нанофлюидные каналы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
Знать:						
– основы теории управления;		+	+	+	+	
– методы и средства контроля основных параметров объектов управления на макро-, микро- и наноуровне;		+				+
– классификацию систем автоматического управления, их основные элементы и принципы построения;		+	+	+	+	
– основные законы управления;		+	+		+	
– особенности управления процессами на наноуровне;		+				+
– способы нанесения управляющих воздействий на наноразмерные объекты.		+				+
Уметь:						
– экспериментально и аналитически определять статические и динамические характеристики объектов управления, в том числе, на наноуровне;		+	+			+
– выбирать рациональную структуру системы управления;		+	+	+	+	+
– анализировать автоматические системы регулирования с точки зрения их устойчивости и основных показателей качества регулирования.		+		+	+	+
Владеть:						
– методами управления химико-технологическими процессами и методами регулирования технологических параметров;		+	+	+	+	+
– методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления;		+	+	+	+	+
– методами расчета одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования;				+	+	
– средствами моделирования систем управления.			+	+		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции:						
Универсальные компетенции	Индикаторы достижения:					
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий.	+	+	+	+	+
Профессиональные компетенции:	Индикаторы достижения:					
ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).	+	+	+	+	+
	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Основные понятия и определения теории управления	2
2	1	Позиционное регулирование	1
3	2	Математическое описание линейных динамических систем	1
4	2	Типовые звенья	1
5	3	Устойчивость АСР	2
6	3	Расчет одноконтурных АСР	2
7	4	Многоконтурные АСР	2
8	5	Характеристики наноразмерных объектов управления.	2
9	5	Управление процессами на наноуровне	3

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Системы управления в нанотехнологии», а также способствует отработке навыков и умений работы с реальным объектом управления.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 35 баллов (максимально 15 баллов работу № 1 и 20 баллов за работу № 2).

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1, 2	Исследование АСР с позиционным регулятором. Оценка качества процесса регулирования (6 акад. часов).	6
2	1, 3, 4	Расчет, исследование и моделирование одно- и многоконтурных АСР. Оценка качества процесса регулирования (6 акад. часов).	10

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и лабораторных занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- выполнение домашних заданий;
- подготовку к сдаче экзамена.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение домашних заданий (максимальная оценка 25 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 35 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Темы и примеры домашних заданий

Предусмотрено 2 домашних задания.

Домашнее задание № 1. Тема: «Математическое описание линейных АСР». Домашнее задание № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по модулям № 1, 2. Максимальная оценка – **10 баллов**.

Домашнее задание № 1 состоит из 1 задачи.

Пример варианта домашнего задания № 1 (10 баллов)

Задача.

Дифференциальное уравнение автоматической системы:

$$\frac{d^3 x_{обл.х}(t)}{dt^3} + 10 \frac{d^2 x_{обл.х}(t)}{dt^2} + 24 \frac{dx_{обл.х}(t)}{dt} = 6 \frac{dx_{ав}(t)}{dt} + 3x_{ав}(t).$$

Найти передаточную функцию, представить ее в виде соединения элементарных звеньев. Нарисовать структурную блок-схему данной системы. Как называются элементарные звенья, из которых она состоит, как называются и чему равны параметры этих звеньев? Определить, обладает ли данная система свойством самовыравнивания и колебательными свойствами.

Домашнее задание № 2. Тема: «Устойчивость АСР и расчет регулятора методом расширенных частотных характеристик».

Домашнее задание № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по модулям № 3, 4 и 5. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Домашнее задание № 2 состоит из 2 задач. Задача 1 оценивается **7 баллами**, задача 2 — **8 баллами**.

Пример варианта домашнего задания № 2

Задача 1 (7 баллов).

Система описывается характеристическим уравнением:

$$(0,004p^4 + 0,35p^3 + 4,2p^2 + 30p + 330) \cdot y = 0$$

Определить, устойчива ли она, используя критерий Михайлова

Задача 2 (8 баллов).

Рассчитать методом расширенных частотных характеристик (РЧХ) П-регулятор для одно-контурной АСР, если задана степень затухания $\psi = 0,75$, а передаточная функция объекта

$$\text{регулирования равна } W(p) = \frac{18}{(300p + 1)p} e^{-40p}.$$

8.2. Оценочные средства для лабораторных работ

По итогам выполнения каждой лабораторной работы проводится контрольное занятие, призванное оценить (в баллах):

1. Качество выполнения лабораторной работы (максимальная оценка – **8 баллов** для лабораторной работы № 1 и **10 баллов** для лабораторной работы № 2).

2. Степень освоения обучающимся материалов дисциплины, рассматриваемых в рамках данной лабораторной работы (максимальная оценка – **7 баллов** для лабораторной работы № 1 и по **10 баллов** для лабораторной работы № 2).

Итоговая оценка за каждую лабораторную работу выставляется как сумма оценок за п. 1 и п. 2. Максимальная итоговая оценка для лабораторной работы № 1 составляет **15 баллов**, для лабораторной работы № 2 – **20 баллов**.

К контрольному занятию обучающийся должен подготовить отчет (в печатной форме) о выполнении лабораторной работы, в который должны входить: описание объекта управления, полученные экспериментальные и расчетные данные, выводы. К отчету следует приложить электронные документы, полученные в ходе выполнения работы.

Критериями оценки качества выполнения лабораторной работы являются:

- полнота и наглядность описания объекта управления, представления экспериментальных данных;
- правильность и точность выполненных расчетов;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленных учебных задач;
- правильность и логичность сделанных выводов.

На контрольных занятиях проводится устный опрос, в ходе которого обучаемый отвечает на вопросы из перечня контрольных вопросов (пп. 8.2.1 и 8.2.2). Критериями оценки ответа являются:

- правильность ответа;
- полнота и глубина ответа;
- осознанность ответа;
- логика изложения материала.

8.2.1. Перечень контрольных вопросов к лабораторной работе № 1

1. Устройство и принцип действия лабораторной установки, что является объектом управления.
2. Перечислить средства измерения, используемые в работе, какое устройство выполняет функцию автоматического регулятора на данной установке?
3. Что является целью управления?
4. Что является регулируемой(ми) величиной(ами), регулирующим(ми) воздействием(ями), каким возмущениям подвержена(ы) регулируемая(ые) величина(ы)?
5. Что такое статическая характеристика?
6. Сформулировать критерии качества регулирования для позиционных АСР.
7. Законы позиционного регулирования в форме математического выражения и графика статической характеристики регулятора.
8. Влияние кратности притока, запаздывания и гистерезиса на качество регулирования.
9. Достоинства и недостатки позиционных регуляторов.
10. Способы повышения качества регулирования в позиционных АСР.

8.2.2. Перечень контрольных вопросов к лабораторной работе № 2

1. Устройство и принцип действия лабораторной установки, что является объектом управления.
2. Перечислить средства измерения, используемые в работе, какое устройство выполняет функцию автоматического регулятора на данной установке?
3. Что является целью управления?
4. Что является регулируемой(ми) величиной(ами), регулирующим(ми) воздействием(ями), каким возмущениям подвержена(ы) регулируемая(ые) величина(ы)?
5. Что такое динамическая характеристика, кривая разгона?
6. Сформулировать критерии качества регулирования для АСР данной лабораторной работы.

7. Что такое аппроксимация? Суть метода(ов) аппроксимации кривых разгона, использовавшегося (ихся) в данной работе.
8. Преобразование Лапласа, передаточная функция (определения).
9. Каналы объекта управления, чему равны их передаточные функции?
10. П-, ПИ- и ПИД-регуляторы: их временные характеристики, передаточные функции, параметры настройки.
11. Суть метода(ов) определения параметров настройки регуляторов, использовавшегося (ихся) в данной работе.
12. Способы повышения качества регулирования в линейных АСР.
13. Метод расчета комбинированной АСР.
14. Методы расчета каскадных АСР.
15. Метод расчета связанной АСР.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

1. Основные определения теории автоматического регулирования.
2. Классификация АСР.
3. Статические и динамические характеристики, кривые разгона, основные динамические свойства элементов АСР.
4. Двух- и трехпозиционный регуляторы.
5. Двухпозиционное регулирование и кратность притока.
6. Критерии качества позиционного регулирования.
7. Запоздывание и гистерезис в позиционных АСР. Их влияние на качество регулирования.
8. Линейные системы: дифференциальные уравнения, уравнение статической характеристики, характеристическое уравнение.
9. Преобразование Лапласа и его свойства. Передаточные функции.
10. Блок-схемы АСР. Соединение элементов АСР: последовательное, параллельное, с обратной связью.
11. Декомпозиция передаточных функций. Пропорциональное элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
12. Инерционное элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
13. Интегрирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
14. Дифференцирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
15. Элементарное звено запаздывания: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
16. Процессы регулирования в линейных АСР, критерии качества регулирования.
17. Основные законы регулирования (П-, И-, ПИ- ПД-, ПИД-).
18. Одноконтурные АСР. Расчет регуляторов методом Циглера-Никольса.
19. Каскадные АСР и методы их расчета.
20. Комбинированные АСР и их расчет.
21. Связанные АСР.
22. Амплитудно-фазовые характеристики.

23.Расширенные частотные характеристики.

24.Метод расширенных частотных характеристик.

25.Устойчивость АСР. Необходимое и достаточное условие устойчивости.

Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.

26.Устойчивость АСР. Необходимое и достаточное условие устойчивости.

Критерий устойчивости Михайлова.

27.Устойчивость АСР. Необходимое и достаточное условие устойчивости.

Критерий устойчивости Найквиста-Михайлова.

28.Классификация и особенности объектов управления в наноинженерии.

29.Классификация исполнительных устройств для управления наноразмерными объектами.

30.Управление потоком, приводимом в движение перепадом давлений в нанофлюидном канале.

31.Управление электроосмотическим потоком в нанофлюидном канале.

32.Управление механическим перемещением на нанометровые расстояния (нанопозиционирование).

33.Управление процессом зондового манипулирования.

34.Управление процессом самосборки.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для экзамена

Экзамен по дисциплине «Системы управления в наноинженерии» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов.

Пример билета для экзамена:

<i>«Утверждаю»</i> Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры) Глебов М.Б (Подпись) (Фамилия И. О.) «__» _____ 20__ г.	Министерство образования и науки РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
	Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Билет № 1

1. Интегрирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.
2. Комбинированные АСР и их расчет.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Дубровский И. И., Лукьянов В. Л. Системы управления химико-технологическими процессами: лабораторный практикум: учеб. пособие. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 64 с

2. Дубровский И. И., Лукьянов В. Л. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами: учеб.

пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 212 с.

3. Дубровский И.И., Лукьянов В.Л., Магергут В.З. Теория и практика применения позиционных законов регулирования в химической технологии. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 191 с.

4. Моделирование систем автоматического управления с использованием программной среды MATLAB/Simulink. Лабораторный практикум: учеб. пособие / П. Г. Михайлова, А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 76 с.

5. Многоконтурные автоматические системы регулирования. Лабораторный практикум: учеб. пособие / В. Л. Лукьянов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. – 80 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. – М. : Академкнига, 2007. – 696 с.

2. Перов В.Л. Основы теории автоматического регулирования химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1970. – 352 с.

3. Элементы теории управления химико-технологическими процессами и системами [Текст] : конспект лекций / РХТУ им. Д.И. Менделеева ; сост.: В. П. Плюто, И. И. Дубровский. – М. : РХТУ. Издат. центр, 2004. – 146 с.

4. W. Sparreboom, A van den Berg, J.C.T.Eijkkel. Transport in nanofluidic systems: a review of theory and applications//New Journals Of Physics. 2010.№ 12. P.2-23.

5. R.Findeisen, M.A.Grover, C.Wagner, M.Maiworm, R.Temirov, F.S.Tautz, M.V.Salapaka, S.Salapaka, R.D.Braatz, S.O.R.Moheimani. Control on a Molecular Scale: a Perspective//American Control Conference (ACC). July 6-8, 2016. Boston, MA, USA. P. 3069-3082.

9.2.Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Проблемы управления». ISSN 1819-3161.
- Журнал «Автоматизация в промышленности». ISSN: 1819-5962.
- Журнал «Информатика и системы управления». ISSN: 1814-2400.
- Журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы». ISSN: 2070-0814.
- Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации»). ISSN: 0206-975X.
- Журнал «Journal of Process Control». ISSN: 0959-1524.
- Журнал «Computers and Chemical Engineering». ISSN: 0098-1354.
- Журнал «IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE». ISSN: 0272-1708.
- Журнал «IEEJ Journal of Industry Applications». ISSN: 2187-1094.
- Журнал «INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING». ISSN: 2234-7593.
- Журнал «IEEE Transactions on Nanotechnology». ISSN: 1536-125X.
- Журнал «Microfluidics and Nanofluidics». ISSN: 1613-4982.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк вариантов домашних заданий № 1 – 50;
- банк вариантов домашних заданий № 2 – 50;
- банк билетов для экзамена – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе и лабораториях – Microsoft Windows, Microsoft Office, Simulink.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер

со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью. Компьютерный класс, насчитывающий не менее 15 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет и лаборатория с лабораторными установками, оснащенными программируемыми логическими контроллерами, микропроцессорными измерителями-регуляторами и персональными компьютерами для проведения лабораторных занятий.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Имеются учебные пособия по дисциплине, плакаты с примерами схем систем управления различными химико-технологическими процессами, электронные учебно-наглядные пособия по дисциплине в форме компьютерных презентаций.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется программное обеспечение:

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основы теории управления; – методы и средства контроля основных параметров объектов управления на макро-, микро- и наноуровне; – классификацию систем автоматического управления, их основные элементы и принципы построения; <p><i>Умеет:</i></p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 1 и № 2.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>– анализировать автоматические системы регулирования с точки зрения их устойчивости и основных показателей качества регулирования.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления</p>	
<p>Раздел 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>– основы теории управления;</p> <p>– основные законы управления;</p> <p>– особенности управления процессами на наноуровне;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– экспериментально и аналитически определять статические и динамические характеристики объектов управления, в том числе, на наноуровне;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления;</p> <p>– средствами моделирования систем управления.</p>	<p>Оценка за лабораторную работу № 1.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
<p>Раздел 3. Анализ работы одноконтурной АСР</p>	<p><i>Умеет:</i></p> <p>– выбирать рациональную структуру системы управления;</p> <p>– анализировать автоматические системы регулирования с точки зрения их устойчивости и основных показателей качества регулирования.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– методами управления химико-технологическими процессами и методами регулирования параметров объектов управления;</p> <p>– методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления;</p> <p>– методами расчета одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования</p>	<p>Оценка за домашнее задание № 1.</p> <p>Оценка за лабораторную работу № 1 и № 2.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
<p>Раздел 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов</p>	<p><i>Умеет:</i></p> <p>– выбирать рациональную структуру системы управления;</p> <p>– анализировать автоматические системы регулирования с точки зрения их устойчивости и</p>	<p>Оценка за домашнее задание № 2.</p> <p>Оценка за лабораторную работу № 2.</p>

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>основных показателей качества регулирования.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления; – методами расчета одноконтурных и многоконтурных автоматических систем регулирования 	Оценка на экзамене.
<p>Раздел 5. Управление процессами на наноуровне</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методы и средства контроля основных параметров объектов управления на макро-, микро- и наноуровне; – особенности управления процессами на наноуровне; – способы нанесения управляющих воздействий на наноразмерные объекты. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – экспериментально и аналитически определять статические и динамические характеристики объектов управления, в том числе, на наноуровне; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа химико-технологического процесса как объекта управления 	Оценка на экзамене.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями

здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД
«Системы управления в нанотехнологиях»
основной образовательной программы

28.03.02 Нанотехнология
Профиль «Нанотехнология для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« ____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория информации для наноинженерии»

Направление подготовки Наноинженерия

**Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»**

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« ____ » _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов Гордиенко М.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г, протокол №8.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия профиля «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «Теория информации для наноинженерии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является дисциплиной по выбору. Рассчитана на изучение в 6 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математической статистики, физики, информатики.

Цель дисциплины – обучить студентов способам численной оценки количества дискретной и непрерывной информации, ее хранения, преобразования и передачи.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами основных положений теории информации;
- освоение студентами методов дискретизации непрерывной информации; систем передачи информации и таких их характеристик, как скорость и надежность передачи сигнала, пропускная способность, шумоподавление;
- освоение студентами базовых алгоритмов кодирования информации и основ ее сжатия и хранения; освоение основных положений теории защиты информации.

Дисциплина «Теория информации для наноинженерии» в соответствии с рабочим учебным планом подготовки магистров читается в 6 семестре и завершается зачетом с оценкой. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2 КОМПЕТЕНЦИИ БАКАЛАВРА В ОБЛАСТИ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований,</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.</p>	<p>ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>				<p>Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций,	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 №

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования				611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)

После изучения курса теория информации для nanoинженерии студент должен:

знать:

- вероятностный подход к оценке количества дискретной и непрерывной информации;
- энтропийный подход к измерению средней информации и свободы выбора в сообщениях;
- методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные;
- особенности систем передачи информации и критерии их качества;
- алгоритмы кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования;
- понятие модуляции, способы модуляции и шумоподавления;
- алгоритмы сжатия информации;
- основы теории защиты информации;

уметь:

- рассчитывать количество информации, энтропию системы;
- преобразовывать непрерывные сигналы в дискретные;
- численно рассчитывать пропускную способность канала и скорость передачи информации;

владеть:

- способами и приемами кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования;
- приемами сжатия информации, ее защиты.

3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№	Раздел дисциплины			Часов
---	-------------------	--	--	-------

п/п		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	–	–	–
1	Раздел 1. Понятие непрерывной и дискретной информации и математический аппарат для ее описания, оценки и преобразования	45	6	24	6	27
1.1	Дискретная информация	15	2	8	2	9
1.2	Непрерывная информация	15	2	8	2	9
1.3	Методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные	15	2	8	2	9
2	Раздел 2. Системы передачи информации, кодирование, модуляция и шумоподавление	36	5,5	8	6	27
2.1	Системы передачи информации	10	1	4	1	8
2.2	Кодирование информации	16	3,5	–	4	11
2.3	Модуляция и подавление шумов	10	1	4	1	8
3	Раздел 3. Методы сжатия информации. Изучение основ теории защиты информации	26,5	4	–	4	26
3.1	Обзор методов сжатия изображений, аудиосигналов и видео	14,5	2	–	2	14
3.2	Основы теории защиты информации	12	2	–	2	12
	Всего часов	144	16	32	16	80

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Теория информации как учебная дисциплина. Виды информации.

Раздел 1. Понятие непрерывной и дискретной информации и математический аппарат для ее описания, оценки и преобразования.

Дискретная информация. Вероятностный подход к математическому определению дискретной информации экспоненциальный закон количества сообщений; коды с вероятностным ограничением, языки (взаимные связи между символами, понятие эргодического сообщения); энтропия дискретной информации (теорема Шеннона); избыточность информации; шум и отрицательная информация.

Непрерывная информация. Математическое определение непрерывной информации, теорема отсчетов во временном представлении (теорема Котельникова); теорема отсчетов в частотном представлении; преобразование связей во времени в связи по частоте; распределение вероятностей для непрерывных величин; эргодические ансамбли функций; когерентность, энтропия непрерывных распределений.

Методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные. Методы дискретизации посредством выборок; равномерная дискретизация; дискретизация по критерию наибольшего отклонения; адаптивная дискретизация; квантование сигналов.

Раздел 2. Системы передачи информации, кодирование, модуляция и шумоподавление.

Системы передачи информации. Системы передачи информации; общие определения; скорость передачи дискретной информации и пропускная способность канала; подавление шумов и надежность; передача информации непрерывными сигналами по каналам с

ограниченной полосой частот; скорость передачи информации; случайный шум; законы суперпозиции для случайного шума; классификация помех и искажений; предсказание, сглаживание, фильтрация; критерии качества систем передачи информации)

Кодирование информации. Кодирование информации при передаче по дискретному каналу без помех – алгоритмы сжатия информации (простейшие алгоритмы сжатия информации (арифметическое кодирование); адаптивные алгоритмы сжатия (кодирование Хаффмена); адаптивное арифметическое кодирование; подстановочные или словарно ориентированные алгоритмы сжатия информации (методы Лемпела-Зива). Помехозащитное кодирование: коды с обнаружением ошибок и корректирующие коды (блочные и непрерывные)

Модуляция и подавление шумов. Основные понятия, ограничения, накладываемые на систему; амплитудная модуляция с двумя боковыми полосами; амплитудная модуляция с одной боковой полосой; частотная модуляция; кодово-импульсная модуляция; помехоустойчивость систем.

Раздел 3. Методы сжатия информации. Изучение основ теории защиты информации:

Обзор методов сжатия изображений, аудиосигналов и видео

Основы теории защиты информации. Криптография; криптосистема без передачи ключей; криптосистема с открытым ключом; электронная подпись и стандарт шифрования данных.

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	вероятностный подход к оценке количества дискретной и непрерывной информации	+		
2	энтропийный подход к измерению средней информации и свободы выбора в сообщениях	+		
3	методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные	+		
4	особенности систем передачи информации и критерии их качества		+	
5	алгоритмы кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования		+	
6	понятие модуляции, способы модуляции и шумоподавления		+	
7	алгоритмы сжатия информации		+	+
8	основы теории защиты информации			+
	Уметь:			
9	рассчитывать количество информации, энтропию системы	+		
10	преобразовывать непрерывные сигналы в дискретные	+		
11	численно рассчитывать пропускную способность канала и скорость передачи информации		+	
	Владеть:			
12	способами и приемами кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования		+	
13	приемами сжатия информации, ее защиты		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		

14	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки	+	+	+
15	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии	ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области nanoинженерии	+	+	+
16	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области nanoинженерии	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	Темы
1	Энтропия дискретной информации. Шум и отрицательная информация
2	Энтропия непрерывного распределения. Изменение энтропии при преобразовании координат
3	Дискретизация и восстановление сигнала: решение практических задач
4	Скорость передачи информации. Пропускная способность канала связи.
5	Методы кодирования: коды Шеннона-Фано, Хаффмана, префиксное кодирование при неизвестной статистике сообщений
6	Методы кодирования: коды, для обнаружения ошибок; корректирующие

	коды
7	Методы кодирования: коды для сжатия изображений
8	Методы кодирования: криптографические коды

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Теория информации для наноинженерии», а также дает практические навыки основ программирования при решении инженерных задач в области обработки дискретной информации и непрерывных сигналов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 24 балла (максимально по 3 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Закон больших чисел	4
2	1	Языки, как коды с вероятностным ограничением	4
3	1	Равномерная дискретизация и восстановление непрерывного сигнала, ограниченного по частоте	4
4	1	Равномерная дискретизация и восстановление непрерывного сигнала по критерию наибольшего отклонения	4
5	1	Адаптивная дискретизация и восстановление непрерывного сигнала по критерию наибольшего отклонения	4
6	1	Квантование непрерывного сигнала по уровню	4
7	2	Фильтрация сигнала	4
8	2	Модуляция сигнала	4

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала и подготовку к выполнению лабораторных работ по разделам дисциплины;
- выполнение трех домашних работ;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, изучение международных и российских научных публикаций по теме дисциплины;

подготовку к сдаче зачета с оценкой (6 семестр) и лабораторного практикума (6 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8 ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 15 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 24 балла), домашних работ (максимальная оценка 21 балл) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2 Примеры контрольных и домашних работ для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (охватывает темы всех разделов) и 3 домашних работы (по темам второго и третьего раздела). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 15 баллов за каждую. Максимальная оценка за домашние работы составляет 21 балл, по 7 баллов за каждую работу.

Раздел 1. Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 4 задания, по 1 баллу за задания 1-2,4 и 2 балла за задание 3.

Задание 1

Известно, что в ящике лежат 20 шаров. Из них 10 – черных, 5 – белых, 4 – желтых и 1 – красный. Какое количество информации несут сообщения о том, что из ящика случайным образом достали черный шар, белый шар, желтый шар, красный шар? Как вероятность события связана с информативностью сообщения об этом событии?

Задание 2

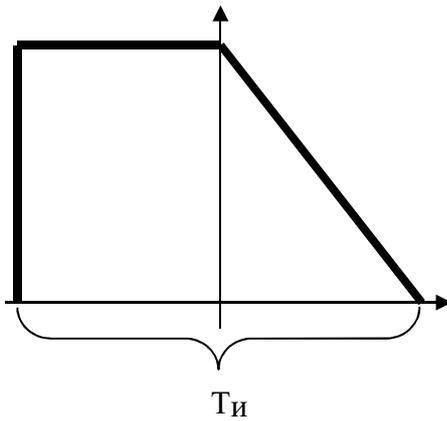
Для двух независимых дискретных случайных величин X и Y известны их распределения:

X	0	1	3	4		Y	-2	2
p(X_i)	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$		p(Y_i)	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$

Найти распределение дискретной случайной величины $Z=X+Y$. Определить энтропии $H(X)$, $H(Y)$, $H(Z)$.

Задание 3

Для импульса, представленного на рис. ниже, рассчитать шаг дискретизации Δt при условии, что длительность импульса составляет величину $T_{и}$, амплитуда равна A , а максимальная частота – $W = \frac{2\pi}{T_{и}}$. Найти значения восстановленного сигнала, отобразить графически.



Задание 4

Выразите в общем виде изменение энтропии непрерывного сигнала $H(x, y, z)$ при преобразовании прямоугольных координат x, y, z (поворот прямоугольных координат на угол φ):

$$\begin{cases} x' = x \cos \varphi + y \sin \varphi \\ y' = -x \sin \varphi + y \cos \varphi \\ z' = z \end{cases}$$

Раздел 1-2. Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий, по 1 баллу за задание.

Задание 1

В табл., представленную ниже, требуется вписать способы дискретизации и восстановления сигнала (указать вид и степень многочлена), условие/ограничение на шаг.

Графическое пояснение			
Способ дискретизации			
Вид многочлена			
Степень многочлена			
Условие или ограничение на шаг			

Задание 2

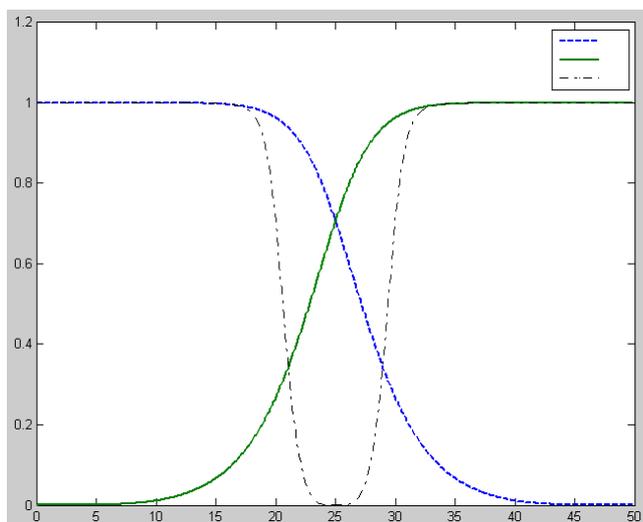
Для сигнала $G(t) = \sin(2\pi t + 4\pi)$ определить шаг равномерной дискретизации при условии использования интерполяционного многочлена Лагранжа нулевого порядка. Максимально допустимое отклонение принять равным $\varepsilon_0 = 0.5$. Графически отобразить исходный и восстановленный сигналы для первых пяти отсчетов.

Задание 3

Провести квантование сигнала $G(t) = \sin(2\pi t + 4\pi)$ по нижнему уровню квантования на диапазоне $t = [0 10]$ и отобразить графически. Число уровней квантования принять равным 5.

Задание 4

На рисунке представлен результат действия на сигнал фильтра. Определить вид фильтра, указать типы фильтра (верхних частот, нижних частот и т.д.), написать амплитудно-частотную характеристику.



Задание 5

Алфавит содержит два символа a,b. В кодёр поступают последовательности из 5 символов, которые после кодирования передаются в канал связи. Из канала связи принята кодовая комбинация 0101001 в префиксном коде с неизвестной статистикой сообщений. Требуется декодировать данную кодовую комбинацию, если известно, что длина префикса составляет 3 разряда.

Раздел 2-3. Примеры заданий к контрольной работе № 3.

Контрольная работа содержит 5 заданий, по 1 баллу за задание.

Задание 1

Определить, верно ли передано сообщение Variant4b, закодированное кодом ASCII путем побитового сложения символов исходной комбинации.

Задание 2

Построить диаграмму состояния кодера и кодовую решетку для систематического сверточного кода, заданного порождающим многочленом, $g_2(x) = 1 + x + x^2$, при условии $k=1, v=2$.

Задание 3

Пусть получена последовательность 10110010110, содержащая одиночную ошибку. Необходимо исправить ошибку и записать исходное сообщение, при условии, что оно было закодировано линейным кодом Хаффмана (11,7). Используемые опознаватели представлены в таблице.

Примеры опознавателей для кодов, предназначенных исправлять единичные ошибки

Номер разрядов	Опознаватель	Номер разрядов	Опознаватель	Номер разрядов	Опознаватель
1	00001	7	00111	13	01101
2	00010	8	01000	14	01110
3	00011	9	01001	15	01111
4	00100	10	01010	16	10000
5	00101	11	01011		
6	00110	12	01100		

Задание 4

При помощи SP-сети провести шифрование первого символа своей фамилии в соответствии с таблицей кодовых эквивалентов (использовать 6 бит в двоичной системе

исчисления). В качестве функции расширения использовать P-блок вида:

№ разряда	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Подстановка	3	0	0	2	2	5	3	4	1

Принять размерность S-блоков 3×2 ; $a = x_0, b = x_2x_1$; вид нелинейных преобразований:

$$\begin{aligned} \text{блок 1} & \begin{cases} y_1 = x_1^3 \oplus x_0 \\ y_0 = x_2 \oplus x_0 \oplus (x_2 \otimes x_1) \end{cases} \\ \text{блок 2} & \begin{cases} y_1 = x_2^2 \oplus x_0 \\ y_0 = x_2 \oplus (x_2 \otimes x_1) \oplus (x_2 \otimes x_0) \end{cases} \\ \text{блок 1} & \begin{cases} y_1 = x_1^3 \oplus x_0 \\ y_0 = x_2 \oplus x_0 \oplus (x_2 \otimes x_1) \end{cases} \end{aligned}$$

В качестве P-блока принять прямой P-блок вида:

№ разряда	5	4	3	2	1	0
Подстановка	5	0	3	1	4	2

Количество раундов принять равным 1.

Задание 5

При помощи SP-сети провести шифрование собственных инициалов в соответствии с таблицей кодовых эквивалентов (использовать 6 бит в двоичной системе исчисления).

Буква	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К
Цифра	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Буква	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х
Цифра	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Буква	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	пробел
Цифра	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33

В качестве ключа использовать $K = [1, 4]$, в качестве функции преобразования – циклический сдвиг. Принять число раундов равным 2.

Раздел 2. Примеры заданий к домашней работе № 1.

Домашняя работа содержит 3 задания, по 1 баллу за первое задание и по 2 балла за второе и третье задания.

1. Для алфавита из 10 символов x_1, \dots, x_{10} построить код по методике Шеннона-Фано. Вероятности появления символов приведены в таблице. Рассчитать характеристики кода.

Символ	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
$p(x_i)$	0,05	0,03	0,08	0,3	0,21	0,04	0,05	0,02	0,15	0,07

2. Для алфавита, состоящего из символов x_1 и x_2 с вероятностями их появления $p(x_1) = 0,21$ $p(x_2) = 0,79$, составить код при кодировании группами по 4 и 5 символов, используя метод Хаффмана. Рассчитать характеристики кодов.

3. Для алфавита, состоящего из символов x_1 и x_2 построить префиксный код;

вероятности появления символов неизвестны. Кодировать группами по 3 и 5 символов.

Раздел 2. Примеры заданий к домашней работе № 2.

Домашняя работа содержит 5 заданий, по 1 баллу за задание.

1. Определить проверочный символ при кодировании собственного имени кодом ASCII путем побитового сложения символов исходной комбинации. Определить, верно ли передано сообщение Variant4b, закодированное кодом ASCII путем побитового сложения символов исходной комбинации.
2. Код содержит 10 цифровых символов, 26 буквенных и пробел. Определить проверочный символ при кодировании собственного имени, в английском написании, и приведенного через пробел года рождения (например, Anton 1985), с применением буквенно-цифрового кода. Определить правильность сообщения ABCD 5A, закодированного буквенно-цифровым кодом.
3. Исправить ошибки в переданной последовательности, при условии, что кодирование производилось БЧХ кодом (7,15), способным исправлять ошибки кратности 2: 101011110100101
4. Исправить ошибки в переданной последовательности 11 01 11 10 00 11 01 10 01 11 00 11, при условии, что кодирование проводилось несистематическим сверточным кодом, заданным порождающими многочленами: $g_1(x) = 1 + x + x^2$, $g_2(x) = 1 + x^2$.
5. Дана скороговорка: «Всех скороговорок не перескороговоришь, не перевыскороговоришь». Закодировать данную последовательность символов, исключив пробелы и знаки препинания, в соответствии с алгоритмом LZ77 при условии, что буфер поиска составляет 9 символов и уже заполнен; буфер просмотра – 5.

Раздел 3. Примеры заданий к домашней работе № 3.

Домашняя работа содержит 3 задания, по 2 балла за задания 1 и 3; по 1 баллу за задание 2.

1. Сообщение «НИКТО НЕ ОБНИМЕТ НЕОБЪЯТНОГО» было закодировано кодом Виженера с неким ключом. Полученный в результате кодирования шифр-текст представляет собой следующий набор символов: «ЭЩЮВЩМРХОБХШЧПХАС_РЭДЗНГ_ЩТС». Найти ключ и провести кодирование исходного сообщения шифром с автоключом, используя найденный ключ и открытый текст.

Примечание: Таблица цифровых эквивалентов дополнена двумя символами «.» – 34 и «,» – 35

2. Провести кодирование собственной фамилии, используя ключ Тритемиуса (метод полиалфавитной замены) и шифр Плейфера (метод полигамной замены)
3. Записать открытый текст «Контрольная работа» в числовом эквиваленте. Используя следующую последовательность псевдослучайных чисел (гамму) провести шифрование открытого текста. Записать полученную криптограмму в двоичном и десятичном коде.

«32-10-9-19-2-31-25-4-29-6-10-22-27-9-16»

8.3 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой)

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса: 1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

- 1 Понятие дискретной информации. Вероятностный подход к математическому определению дискретной информации
- 2 Коды с вероятностным ограничением. Языки
- 3 Энтропия дискретной информации

- 4 Избыточность информации. Шум и отрицательная информация
 - 5 Понятие непрерывной информации. Математическое определение непрерывной информации
 - 6 Распределение вероятностей для непрерывных величин. Эргодические ансамбли функций. Когерентность
 - 7 Энтропия непрерывных распределений
 - 8 Преобразование непрерывных сигналов в дискретные. Общая постановка задачи дискретизации
 - 9 Теорема отсчетов во временном представлении
 - 10 Теорема отсчетов в частотном представлении
 - 11 Преобразование отсчетных значений во времени в отсчетные значения по частоте и обратное преобразование
 - 12 Дискретизация по критерию наибольшего отклонения
 - 13 Адаптивная дискретизация
 - 14 Квантование сигналов
 - 15 Системы передачи информации. Общие определения
 - 16 Скорость передачи дискретной информации и пропускная способность канала.
- Подавление шумов и надежность
- 17 Фильтрация. Классификация фильтров
 - 18 Модуляция сигналов. Классификация методов модуляции
 - 19 Кодирование информации при передаче по дискретному каналу без помех
 - 20 Код Шеннона-Фано
 - 21 Код Хаффмана
 - 22 Префиксное кодирование при неизвестной статистике сообщений
 - 23 Помехозащитное кодирование
 - 24 Коды с обнаружением ошибок
 - 25 Корректирующие коды
 - 26 Линейные коды
 - 27 Циклические коды
 - 28 БЧХ-коды
 - 29 Итеративные коды
 - 30 Сверточные коды
 - 31 Кодирование серий последовательностей
 - 32 Алгоритм Лемпеля-Зива
 - 33 Алгоритм LZSS
 - 34 Алгоритм LZ78
 - 35 Алгоритм LZW
 - 36 Метод дифференциального кодирования
 - 37 Алгоритм усеченного блочного кодирования
 - 38 Стандарты сжатия JPEG

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр)

«Утверждаю» Министерство науки и высшего образования РФ
зав. кафедрой КХТП Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Глебов М.Б. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.03.02 Наноинженерия
«__» ____ 20__ г. Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"

«ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАНОИНЖЕНЕРИИ» БИЛЕТ №1

- 1 Коды с вероятностным ограничением. Языки
- 2 Помехозащитное кодирование
- 3 На вход модулятора поступает следующая последовательность 1 0 1 0 0 0 1 1. Отобразить графически вид сигнала на выходе из модулятора, при условии, что используется:
а – импульсная амплитудная модуляция
б – широтно-импульсная модуляция
в – импульсная частотная модуляция

«Утверждаю» Министерство науки и высшего образования РФ
зав. кафедрой КХТП Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Глебов М.Б. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.03.02 Наноинженерия
«__» ____ 20__ г. Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"

«ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАНОИНЖЕНЕРИИ» БИЛЕТ №2

- 1 Понятие дискретной информации. Вероятностный подход к математическому определению дискретной информации
- 2 Квантование сигналов
- 3 Выразите в общем виде изменение энтропии непрерывного сигнала $H(x, y, z)$ при преобразовании прямоугольных координат x, y, z (поворот прямоугольных координат на угол φ):

$$\begin{cases} x' = x \cos \varphi + y \sin \varphi \\ y' = -x \sin \varphi + y \cos \varphi \\ z' = z \end{cases}$$

Для линейного кода (15,11), исправляющего одиночные ошибки, построить правила построения, реализующиеся в процессе кодирования.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Теория информации / М.Г. Гордиенко, А.В. Матасов, Н.В. Меньшутина – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 288 с. ISBN978-5-7237-1036-8
2. Теория информации: лабораторный практикум / М.Г. Гордиенко – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 47 с. ISBN 978-5-7237-1170-9

Б) Дополнительная литература:

1. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера. 2004. – 368 с.
2. М. Вернер. Основы кодирования. М.: Техносфера. 2004. – 288 с.
3. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. М.: Техносфера. 2005. – 319 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
 - Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Научно-технические журналы:
- Ж. «РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» ISSN 0033-8494
 - Ж. «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ» ISSN 2071-8632
 - Ж. «ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ. СЕРИЯ: ПРИКЛАДНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ МАТЕМАТИКА»
 - Ж. «СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА» ISSN 1996-0506
 - Ж. «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ISSN 1684-6400

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Программное обеспечение:

- Пакет прикладных программ Octave (свободно распространяемое ПО);
- Пакет прикладных программ MATLAB (лицензия РХТУ);
- ПО Excel из пакета Microsoft Office (лицензия РХТУ).

2. Электронные конспекты лекций, теоретические положения и примеры выполнения лабораторных работ, задания по лабораторным работам.

Подготовлены варианты заданий для выполнения лабораторных работ, направленных на приобретение студентами навыков по рабочей дисциплине «Теория информации для nanoинженерии».

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на доступ к групповым чатам (WhatsApp), к вебинарам или онлайн-конференции (webinar.ru, zoom.us), к каналам, содержащим видео-презентации (youtube.ru).

10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д. И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку всем направлениям деятельности университета, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры обучающегося.

Структура и состав библиотечного фонда соответствуют требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения, утвержденного приказом Минобразования и науки от 27.04.2000 № 1246. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по всем

дисциплинам основной образовательной программы и гарантирует возможность качественного освоения магистрантами программы дисциплины «Компьютерные системы проектирования и управления химическими производствами», преподаваемой по магистерской программе «Кибернетика химико-технологических процессов» по направлению 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Фонд учебной и учебно-методической литературы укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета 50 экз. на каждые 100 обучающихся, а для дисциплин вариативной части образовательной программы – 1 экз. на одного обучающегося.

Фонд дополнительной литературы включает помимо учебной литературы официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания.

Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу аспирантов в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе.

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 48 компьютерами из которых 37 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет, составляет 33. Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 16 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, на которых установлено требуемое для выполнения лабораторных работ программное обеспечение.

11.2 Учебно-наглядные пособия.

По дисциплине «Теория информации для нанотехнологий» доступны учебные материалы. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по выполнению работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов. Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре Кибернетики ХТП имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части; кафедральные библиотеки электронных изданий по дисциплинам вариативной части; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Понятие непрерывной и дискретной информации и математический аппарат для ее описания, оценки и преобразования	Знает: вероятностный подход к оценке количества дискретной и непрерывной информации; энтропийный подход к измерению средней информации и свободы выбора в сообщениях; методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные Умеет: рассчитывать количество информации, энтропию системы; преобразовывать непрерывные сигналы в дискретные	Оценка за лабораторные работы №№2-4 Оценка за контрольную работу №1 Оценка на зачете
Раздел 2. Системы передачи информации	Знает: особенности систем передачи информации и критерии их качества; понятие модуляции, способы модуляции и шумоподавления; алгоритмы кодирования при передаче по дискретному каналу без	Оценка за лабораторную работу №5-8 Оценка за контрольную

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>помех и помехозащитного кодирования; алгоритмы сжатия информации</p> <p>Владеет: способами и приемами кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования; приемами сжатия информации, ее защиты</p> <p>Умеет: численно рассчитывать пропускную способность канала и скорость передачи информации;</p>	<p>работу №2</p> <p>Оценка за домашние работы №№1-2</p> <p>Оценка на зачете</p>
<p>Раздел 3. Методы сжатия информации. Изучение основ теории защиты информации</p>	<p>Знает: основы теории защиты информации</p> <p>Владеет: приемами сжатия информации, ее защиты</p>	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за домашнюю работу №3</p> <p>Оценка на зачете</p>

13 Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Теория информации для наноинженерии»
основной образовательной программы**

28.03.02 Наноинженерия

Профиль подготовки –

«Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Технологические системы в нанотехнологии»
Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация «бакалавр»**

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров
(Подпись)

Москва 2021 г.

Программа составлена доцентом, к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов Гусевой Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Методы кибернетики в наноинженерии» относится к обязательной части учебного плана и рассчитана на изучение в 6 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по физико-химическим основам нанотехнологии, методам диагностики и испытания изделий в нанотехнологиях, материаловедению наноматериалов и наносистем и аналогичным дисциплинам других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины «Технологические системы в нанотехнологии» - формирование знаний о методах получения различных наноразмерных/наноструктурированных материалов, освоение основ организации и проведения технологических процессов производств наноматериалов, изучения отраслей промышленности, ориентированных на выпуск продукции с применением наноматериалов.

Основными задачами в процессе изучения дисциплины являются:

- изучение основных классификаций нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, несоразмерных элементов и объектов, наносистем;
- изучение основных механических методов получения нано и наноструктурированных материалов;
- изучение основных физических методов получения нано и наноструктурированных материалов;
- изучение основных химических методов получения нано и наноструктурированных материалов;
- изучение основных биологических методов получения нано и наноструктурированных материалов.

Дисциплина «Технологические системы в нанотехнологии» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Технологические системы в нанотехнологии» на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и инженерных знаний в профессиональной деятельности
Эффективность и безопасность технических решений	ОПК-5 - Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.1 Знает основы технологий получения различных наноматериалов ОПК-5.2 Умеет оценивать технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности ОПК-5.3 Владеет навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

знать:

- свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;
- основные классификации способов получения различных наноразмерных и наноструктурированных материалов;
- основы технологий получения различных наноматериалов;
- устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;

уметь:

- проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий;
- подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/ наноструктурированных материалов;

владеть:

- навыками по построению технологических процессов производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов;
- навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)		59,6	44,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация			
Подготовка к экзамену.			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения.

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
1.	Раздел 1. Основы получения нано- и наноструктурированных материалов	7	-	2	-	2	-	-	-	3
1.1	Классификации дисперсных систем. Классификация методов получения наноматериалов	2	-	0,5	-	0,5	-	-	-	1
1.2	Физико-химические и термодинамические основы получения нано- и наноструктурированных материалов по принципам «снизу-вверх» и «сверху-вниз»	5	-	1,5	-	1,5	-	-	-	2
2.	Раздел 2. Механические методы получения наноматериалов	27	-	8	-	4	-	-	-	15
2.1	Методы механического измельчения	7	-	2	-	1	-	-	-	4
2.2	Механохимический способ	5,5	-	1	-	0,5	-	-	-	4
2.3	Методы интенсивной пластической деформации	8	-	3	-	1	-	-	-	4

2.4	Методы получения наноматериалов с использованием механического воздействия различных сред	6,5		2		1,5				3
3.	Раздел 3. Физические методы получения наноматериалов	27	-	8	-	4	-	-	-	15
3.1	Методы распыления (диспергирование)	7	-	3	-	1	-	-	-	3
3.2	Методы испарения–конденсации	6	-	2	-	1	-	-	-	3
3.3	Вакуум–сублимационная технология	4,5	-	1		0,5	-	-	-	3
3.4	Электрический взрыв проводников	6	-	1		1	-	-	-	4
3.5	Методы превращений в твёрдом состоянии	3,5	-	1		0,5	-	-	-	2
4.	Раздел 4. Химические методы получения наноматериалов	29	-	9	-	4	-	-	-	16
4.1	Чисто химические методы получения наноматериалов, классификация. Методы с помощью химических реакций. Электрохимические методы	14	-	4		2				8
4.2	Физико-химические методы	15	-	5	-	2	-	-	-	8
5.	Биологические методы получения наноматериалов	17	-	4		2	-	-	-	11
	Заключение	0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	108	-	32	-	16	-	-	-	60
	Зачет с оценкой	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИТОГО	108								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение.

Понятие и основные классификации нано и наноструктурированных материалов.

1. Модуль 1. Основы получения нано- и наноструктурированных материалов.

1.1. Классификации дисперсных систем. Классификация методов получения наноматериалов.

1.2. Физико-химические и термодинамические основы получения нано- и наноструктурированных материалов по принципам «снизу-вверх» и «сверху-вниз».

2. Модуль 2. Механические методы получения наноматериалов.

2.1. Методы механического измельчения.

Методы механического измельчения: шаровые, планетарные, вибрационные, вихревые, гироскопические, струйные мельницы, аттриторы.

2.2. Механохимический способ.

Механохимический способ. Механическая активация. Дислокационный механизм пластической деформации. Монокристаллы, поликристаллы. Малоугловые и большеугловые границы зерен.

2.3. Методы интенсивной пластической деформации.

Методы интенсивной пластической деформации. Кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование (РКУ–прессование), метод всестороннейковки, равноканальная угловая вытяжка (РКУ–вытяжка), метод «песочных часов», метод интенсивного трения скольжением.

2.4. Методы получения наноматериалов с использованием механического воздействия различных сред.

Методы получения наноматериалов с использованием механического воздействия различных сред: кавитационно–гидродинамический, вибрационный, метод ударной волны, измельчение ультразвуком, детонационный синтез. Получение наноалмазов в промышленности.

3. Модуль 3. Физические методы получения наноматериалов.

3.1. Методы распыления (диспергирование).

Методы распыления (диспергирование). Распыление расплавов. Классификация способов получения металлических порошков распылением расплавов. Распыление струей газа или жидкости. Схемы подачи жидкого металла в распылительную форсунку. Центробежное распыление. Распыление растворов. Физические основы распыления. Число Вебера.

3.2. Методы испарения–конденсации.

Методы испарения–конденсации. Классификация методов испарения-конденсации. Тигельное и безтигельное испарение. Нагрев плазмой, лазером, индукционный.

3.3. Вакуум–сублимационная технология.

Вакуум–сублимационная технология. Стадии процесса. Способы замораживания исходного раствора. Испарительное замораживание.

3.4. Электрический взрыв проводников.

Электрический взрыв проводников. Описание процесса, схема установки. Классификация способов получения нанопорошков методом электровзрыва проводников по скорости ввода энергии.

3.5. Методы превращений в твёрдом состоянии.

Методы превращений в твёрдом состоянии. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. Облучение сплавов высокоэнергетическими частицами. Спиннингование.

4. Модуль 4. Химические методы получения наноматериалов.

4.1. Чисто химические методы получения наноматериалов, классификация.

4.1.1. Методы с помощью химических реакций. Метод осаждения и соосаждения. Метод гетерофазного взаимодействия. Метод восстановления. Металлотермия. Методы золь-гель синтеза, стадии. Метод газофазных химических реакций. Термическая диссоциация или пиролиз. Методы окисления.

4.1.2. Электрохимические методы. Электроосаждение металлов. Электрофлотационное осаждение. Электрохимический синтез из расплава.

4.2. Физико-химические методы.

Физико-химические методы. Способ испарительного терморазложения. Применение лазера. Применение рентгеновского и γ -излучения. Метод электродугового разряда. Синтез наноматериалов в химическом пламени смеси газов. Плазменный способ. Плазмохимический газофазный синтез с использованием лазерного излучения (получение фуллеренов).

5. Модуль 5. Биологические методы получения наноматериалов.

Биологические методы получения наноматериалов из ряда биологических объектов. Ферритины и связанные с ними белки, содержащие железо. Магнетотактические бактерии. Псевдозубы некоторых моллюсков. Извлечение некоторых металлов из природных соединений при помощи микроорганизмов. Получение наноматериалов при выращивании различных микроорганизмов, водорослей, растений.

Заключение.

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований в области получения нано и наноструктурированных материалов различными методами.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1	– свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;	+	+	+	+	+
2	– основные классификации способов получения различных наноразмерных и наноструктурированных материалов;	+				
3	– основы технологий получения различных наноматериалов;		+	+	+	+
4	– устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем		+	+	+	+
	Уметь:					
5	– проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий;		+	+	+	+
6	– подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/ наноструктурированных материалов		+	+	+	+
	Владеть:					
7	– навыками по построению технологических процессов производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов;		+	+	+	+
8	– навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов		+	+	+	+
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК				
9	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач				
		+	+	+	+	+

10	математического анализа и моделирования	ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений		+	+	+	+
11		ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности	+	+	+	+	+
12		ОПК-5.1 Знает основы технологий получения различных наноматериалов	+	+	+	+	+
13	ОПК-5 - Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.2 Умеет оценивать технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности		+	+	+	+
14		ОПК-5.3 Владеет навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов		+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия. Примерные темы практических занятий по дисциплине (16 акад. ч.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Примерные темы практических занятий	Часы
1-2	2	Основные конструкции оборудования, используемые в методах механического измельчения. Особенности механохимии.	3
2	2	Метод детонационного синтеза (получение наноалмазов в промышленности)	1
3-4	3	Оборудование и особенности методов распыления расплавов и испарения-конденсации	3
4	3	Электрический взрыв проводников	1
5	3	Особенности методов испарения-конденсации	2
6	4	Особенности электрохимических способов получения наноматериалов	2
7	4	Газофазный синтез наноматериалов	2
8	5	Особенности получения наночастиц в микроорганизмах	2

6.2. Лабораторные занятия. Примерные темы лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает: например, рассмотрение практических примеров планирования экспериментов, приведенных в литературе.

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 14 баллов), реферативно-аналитической работы (18 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Основные классификации нано и наноструктурированных материалов.
2. Классификации дисперсных систем.
3. Основы получения нано- и наноструктурированных материалов по принципу «снизу-вверх».
4. Основы получения нано- и наноструктурированных материалов по принципу «сверху-вниз».
5. Шаровые мельницы для получения нанопорошков.
6. Планетарные мельницы для получения нанопорошков.
7. Вибрационные мельницы для получения нанопорошков.
8. Вихревые мельницы для получения нанопорошков.
9. Гироскопические мельницы для получения нанопорошков.
10. Струйные мельницы для получения нанопорошков.
11. Особенности устройства аттриторов.
12. Особенности образования и разрушения кристаллов при получении наноматериалов.
13. Особенности механохимии.
14. Методы интенсивной пластической деформации.
15. Методы получения наноматериалов с участием ударной волны.
16. Технические наноалмазы.
17. Распыление расплавов.
18. Методы испарения–конденсации.
19. Вакуум–сублимационная технология.
20. Электрический взрыв проводников.
21. Кристаллизация из аморфного состояния.
22. Химические реакции для получения наноматериалов.
23. Особенности электрохимических способов получения наноматериалов.
24. Использование плазмы разной температуры для получения наноматериалов.
25. Получение фуллеренов.
26. Получение объемных наноматериалов.
27. Получение наноматериалов в различных микроорганизмах.
28. Получение наноматериалов в различных растениях.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины.

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (6 семестр) (по одной контрольной работе по 1-5 разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 14 баллов за каждую.

Раздел 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 7 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 1.1. Что такое наноматериалы? Общее определение. Их основные черты.

Вопрос 1.2. Классификация наноматериалов по степени структурной сложности.

Вопрос 1.3. Описать, в общем, способ получения наноматериалов «снизу».

Вопрос 1.4. Привести классификацию методов получения наноматериалов (примеры - названия).

Вопрос 1.5. Описать принцип действия шаровой мельницы.

Вопрос 1.6. Описать механохимический способ получения наноматериалов.

Примеры.

Вопрос 1.7. Описать метод кручения под высоким давлением.

Раздел 2-3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 7 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 2.1. Метод распыления расплавов. Описание. Классификация способов получения металлических порошков распылением расплавов. Распыление струей газа. Описание. Примеры.

Вопрос 2.2. Классификация наноматериалов по степени структурной сложности.

Вопрос 2.3. Описать, в общем, способ получения наноматериалов «снизу».

Вопрос 2.4. Привести классификацию методов получения наноматериалов (примеры - названия).

Вопрос 2.5. Описать принцип действия шаровой мельницы.

Вопрос 2.6. Описать механохимический способ получения наноматериалов. Примеры.

Вопрос 2.7. Описать метод кручения под высоким давлением.

Раздел 4-5. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 7 вопросов, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 3.1. Классификация химических методов получения наноматериалов.

Вопрос 3.2. Классификация методов получения наноматериалов с помощью химических реакций. Метод осаждения, соосаждения, осаждение в эмульсиях. Описание, примеры.

Вопрос 3.3. Методы восстановления. Описание, примеры. Преимущества, недостатки.

Вопрос 3.4. Метод газофазных химических реакций. Описание двух типов реакций с примерами. Записать реакцию синтеза TiB_2 . Описание 2х типов установок. Преимущества, недостатки.

Вопрос 3.5. Описать метод получения наносажи.

Вопрос 3.6. Описать методы получения наноматериалов с использованием электрического тока. Примеры.

Вопрос 3.7. Классификация биологических методов получения наноматериалов. Описать на выбор один из методов.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1-5 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов, вопрос 3.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачёт с оценкой).

1. Основные классификации нано и наноструктурированных материалов.
2. Классификации дисперсных систем.
3. Термодинамика получения нано- и наноструктурированных материалов по принципу «снизу-вверх».
4. Основы получения нано- и наноструктурированных материалов по принципу «сверху-вниз».
5. Классификация механических способов получения. Шаровые мельницы для получения нанопорошков.

6. Классификация механических способов получения. Планетарные мельницы для получения нанопорошков.
7. Классификация механических способов получения. Вибрационные мельницы для получения нанопорошков.
8. Классификация механических способов получения. Вихревые мельницы для получения нанопорошков.
9. Классификация механических способов получения. Гироскопические мельницы для получения нанопорошков.
10. Классификация механических способов получения. Струйные мельницы для получения нанопорошков.
11. Классификация механических способов получения. Особенности устройства атриторов.
12. Особенности образования и разрушения кристаллов при получении наноматериалов.
13. Классификация механических способов получения. Особенности механохимии.
14. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода кручения под высоким давлением. Преимущества, недостатки.
15. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода равноканального углового прессования. Преимущества, недостатки.
16. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода всесторонней ковки. Особенности. Преимущества, недостатки.
17. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода равноканальной угловой вытяжки. Преимущества, недостатки.
18. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода «песочных часов». Преимущества, недостатки.
19. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода интенсивного трения скольжением. Преимущества, недостатки.
20. Методы получения наноматериалов с использованием механического воздействия различных сред. Кавитационно–гидродинамический метод.
21. Методы получения наноматериалов с участием ударной волны.
22. Технические наноалмазы.
23. Распыление расплавов. Описать метод использования газовой струи. Преимущества, недостатки.
24. Методы испарения–конденсации.
25. Электрический взрыв проводников.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (6 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по 1-5 разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3-х вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой

<p style="text-align: center;"><i>«Утверждаю»</i></p> <p style="text-align: center;">зав. кафедрой КХТП (Должность, наименование кафедры)</p> <p style="text-align: center;">М.Б. Глебов (Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	28.03.02 Наноинженерия
	Профиль – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Дисциплина «Технологические системы в нанотехнологии»	
Билет № 1	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные классификации нано и наноструктурированных материалов. 2. Классификация методов интенсивной пластической деформации. Описание метода интенсивного трения скольжением. Преимущества, недостатки. 3. Распыление расплавов. Описать метод использования газовой струи. Преимущества, недостатки. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Шабанова, Н. А. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем [Текст] / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
2. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий. Учебное пособие. – Екатеринбург: УГУ, 2015. – 136 с.[Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://docplayer.ru/36971765-Materialy-i-metody-nanotehnologiy.html> (дата обращения: 15.02.2018).

Б) Дополнительная литература:

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст] : учебное пособие / В. В. Старостин. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
2. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы [Текст] : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
3. Г-965 Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. [Текст] / А. И. Гусев. - М. : "Физматлит", 2009. - 414 с.
4. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы [Текст] : учебное пособие / Э. Г. Раков. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 477 с.
5. Юртов, Е. В. Процессы получения наночастиц и наноматериалов [Текст] : учебно-методический комплекс / Е. В. Юртов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. - 152 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Инструкции по технике безопасности в компьютерном классе.

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;

- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век», ISSN – 2225-0980;
- «Наноинженерия», ISSN – 2223-4586;
- «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223 (Print)
- «Nanotechnology», Online ISSN: 1361-6528, Print ISSN: 0957-4484

Интернет-ресурсы

1. Информационный портал RusNanoNet. Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.02.2018).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.02.2018).
3. <http://www.rusnano.com/> [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.02.2018).
4. <http://www.nanometer.ru> [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.02.2018).

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия», «Фармтек» и другие.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 14, (общее число слайдов – 514);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);
- аудитории кафедры со столами и стульями;
- 2 компьютерных класса на 16 и 10 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и

информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологиях» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре Кибернетики ХТП имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, multifunctional устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре Кибернетики ХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense, Номер лицензии 47837477	16	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы получения наночастиц и наноструктурированных	<i>Знает:</i> свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких	Контрольная работа 1. Реферативно-аналитическая работа. Зачет с оценкой.

материалов	и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем; основные классификации способов получения различных наноразмерных и наноструктурированных материалов	
Раздел 2. Механические методы получения наноматериалов	<p><i>Знает:</i> свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем; основы технологий получения различных наноматериалов; устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;</p> <p><i>Умеет:</i> проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий; подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/ наноструктурированных материалов;</p> <p><i>Владеет:</i> навыками по построению технологических процессов производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов; навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/ наноструктурированных материалов.</p>	Контрольная работа 1 Реферативно-аналитическая работа. Зачет с оценкой.
Раздел 3. Физические методы получения наноматериалов	<p><i>Знает:</i> свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем; основы технологий получения различных наноматериалов;</p>	Контрольная работа 2. Реферативно-аналитическая работа. Зачет с оценкой.

	<p>устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;</p> <p><i>Умеет:</i> проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий;</p> <p>подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/наноструктурированных материалов;</p> <p><i>Владеет:</i> навыками по построению технологических процессов производства наноразмерных/наноструктурированных материалов;</p> <p>навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов</p>	
<p>Раздел 4. Химические методы получения наноматериалов</p>	<p><i>Знает:</i> свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;</p> <p>основы технологий получения различных наноматериалов;</p> <p>устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем;</p> <p><i>Умеет</i> проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий;</p> <p>подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/наноструктурированных материалов;</p> <p><i>Владеет:</i> навыками по построению</p>	<p>Контрольная работа 3. Реферативно-аналитическая работа. Зачет с оценкой.</p>

	технологических процессов производства наноразмерных/наноструктурированных материалов; навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов	
Раздел 5. Биологические методы получения наноматериалов	<i>Знает:</i> свойства и области применения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем; основы технологий получения различных наноматериалов; устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсных порошковых, фуллереновых, наноструктурных твердых, жидких и гель-образных материалов, наноразмерных элементов и объектов, наносистем; <i>Умеет:</i> проводить анализ особенностей нанопродуктов и нанотехнологий; подбирать и составлять схемы технологического оборудования для получения наноразмерных/наноструктурированных материалов; <i>Владеет:</i> навыками по построению технологических процессов производства наноразмерных/наноструктурированных материалов; навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов.	Контрольная работа 3. Реферативно-аналитическая работа. Зачет с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по

образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технологические системы в нанотехнологии»
основной образовательной программы – программа бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » ____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико-химические основы нанотехнологии»

Направление подготовки _____ **28.03.02 Наноинженерия**

Профиль подготовки – **«Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»**

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Москва 2021

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП, д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» (ФГОС ВО), рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, физики, общей и неорганической химии, органической химии и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины: изучение природы и свойств наноматериалов, физико-химической сущности наноразмерных эффектов и рассмотрение технологий получения наноматериалов для создания высокоэффективных промышленных процессов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с физической сущностью эффектов квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов,
- изучение структуры и физико-химических свойств твердого тела, зонной теории твердого тела, основных физико-химических характеристик нанокластеров и нанокристаллов, процессов самосборки и самоорганизации,
- ознакомление студентов с особенностями равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенностями переноса в низкоразмерных структурах,
- изучение механизмов роста тонких пленок Франка-ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова, физико-химической сущности реконструкции и релаксации поверхностей, кинетики процессов в наносистемах;
- изучение технологий получения наноматериалов различными методами и экспериментальных методов диагностики при изучении наноразмерных структур.

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологии» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии.</p>	<p>ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в наноинженерии.</p> <p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p> <p>ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.</p> <p>ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.</p> <p>ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области наноинженерии.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н.</p>

				Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов, векторное и тензорное исчисление физико-химических полей;
- экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур;
- основы зонной теории твердого тела, модели структур и связей в нанокристаллах;
- физическую сущность эффектов квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов;
- кинетику процессов в наносистемах;
- зависимость свойств наноматериалов от размера структуры;
- основные физико-химические характеристики нанокластеров и нанокристаллов;
- физические механизмы явлений переноса в полупроводниковых наноматериалах;
- особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах;
- механизмы роста тонких пленок;
- физико-химическую сущность реконструкции и релаксации поверхностей и зависимости их скоростей от свойств твердого тела и характеристик реакционной среды;
- определения самосборки и самоорганизации и примеры их использования при формировании поверхности наноматериалов;

Уметь:

- выбирать оптимальную стратегию проведения исследований при решении задач наноинженерии;
- использовать тензорный анализ для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов;
- использовать распределение Ферми-Дирака для расчета концентраций носителей заряда в полупроводниковых наноматериалах;
- строить кинетические модели процессов, протекающих в наносистемах;
- проводить расчет величин скоростей поверхностной и полевой диффузии при изучении наноматериалов и их каталитических свойств;
- использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах;

Владеть:

- современной терминологией в области наноматериалов;
- методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии;
- математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями;
- методами решения уравнений кинетических моделей процессов, протекающих в наносистемах;
- методами расчета величин скоростей поверхностной и полевой диффузии;
- практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,44	16	12
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,22	80	60
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1 семестр						
	Введение Физическая химия наносистем. Основные понятия и представления. Классификация наноматериалов. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой.	0,5	0,5	-	-	-
1	Раздел 1. Квантовая химия нанопроцессов.	18	4	3	1	10
1.1.	Наноструктурные материалы. Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Квантовые интерференционные эффекты. Туннельные и спиновые эффекты.	8,5	2	1	0,5	5
1.2.	Универсальная баллистическая проводимость. Средняя длина свободного пробега электрона и длина волны Ферми в металлических и полупроводниковых наноматериалах. Длина	4,5	1	1	0,5	2

	спиновой релаксации.					
1.3.	Волновое уравнение Шредингера. Двойственность природы излучения. Соотношение неопределенностей. Свойства квантово-механических операций и функций. Момент импульса и операторы спина.	5	1	1	-	3
2	Раздел 2. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов.	14	2	1	1	10
2.1.	Векторное и тензорное исчисление физико-химических полей. Смешанное векторно-скалярное произведение трех векторов. Годограф вектора. Расхождение вектора, его аналитическое выражение. Вихрь вектора. Его составляющие.	7	1	0,5	0,5	5
2.2.	Тензорное исчисление и использование тензоров для определения массы электрона или движущихся элементарных частиц в электрических и магнитных полях, для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов. Тензорный эллипсоид. Главные оси и главные значения тензора.	7	1	0,5	0,5	5
3	Раздел 3. Нанокластеры и нанокристаллы.	18	4	2	2	10
3.1.	Кристаллическое пространство. Кристаллические решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов, узловых плоскостей. Обратная решетка. Точечная симметрия твердых тел. Матричный метод описания операций симметрии. Решетки Браве. Индексы Миллера.	10	2	2	1	5
3.2.	Модели энергетических зон диэлектриков, полупроводников, металлов. Носители зарядов в полупроводниках. Равновесные состояния в полупроводниках. Плотность заполнения уровней. Собственные и примесные полупроводники.	4,5	1	-	0,5	3
3.3.	Явления переноса зарядов в условиях стационарной неравновесности. Неравновесные процессы в полупроводниках. Поверхностные процессы. Состояния Тамма и Шокли.	3,5	1	-	0,5	2
4	Раздел 4. Методы формирования наноразмерных тонких пленок. Механизмы роста тонких пленок:	20	4	2	4	10

	Франка-ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова.					
4.1.	Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях тонких пленок: адсорбция и десорбция. Реконструкция и релаксация поверхностей.	10	2	1	2	5
4.2.	Поверхностная диффузия. Законы Фика. Анизотропия поверхностной диффузии. Атомные механизмы поверхностной диффузии.	10	2	1	2	5
5	Раздел 5. Самосборка и самоорганизация. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Спонтанная кристаллизация. Атомная инженерия.	16	4	2	-	10
5.1.	Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Амфифильные вещества. Пленки Y-, X- и Z-типа. Вертикальное и горизонтальное осаждение.	6	1	-	-	5
5.2.	Спонтанная кристаллизация. Изменение свободной энергии кристаллического зародыша в зависимости от его радиуса. Создание квантовых проволок самоорганизацией в процессе эпитаксиального роста на vicинальной поверхности.	5	1	2	-	2
5.3.	Атомная инженерия. Параллельные и последовательные процессы переноса атомов. Полевая диффузия.	5	2	-	-	3
6	Раздел 6. Кинетика процессов в наносистемах. Гомо- и гетероэпитаксия.	21	4	2	5	10
6.1.	Гомоэпитаксия – кинетические эффекты. Внутрислойный и межслойный массоперенос. Барьер Эрлиха-Швобеля. Коэффициент прохождения. Механизмы роста при гомоэпитаксии.	11	2	1	3	5
6.2.	Гетероэпитаксия. Кристаллографические плоскости и направления. Несответствия решеток. Дислокации несоответствия. Псевдоморфный и релаксированный рост.	10	2	1	2	5
	Раздел 7. Технологии получения нанопленок, нанопроволок, квантовых точек.	18	4	2	2	10
7.1.	Метод химического осаждения из газовой фазы CVD и его модификации. Основные типы химических реакций. Кинетика CVD. Аппаратурное оформление процесса.	10	2	1	2	5

7.2.	Молекулярно-лучевая эпитаксия. Аппаратурное оформление. Электронно-лучевая литография для получения квантовых проволок и точек.	8	2	1	-	5
8	Раздел 8. Наноструктуры и их использование в электронных устройствах.	8	2	1	-	5
8.1.	Выпрямляющие нанодиоды. Одноэлектронные транзисторы с наноразмерными проводящими каналами. Полевые транзисторы на металлических и полупроводниковых нанотрубках.	5	1	1	-	3
8.2.	Молекулярные наноструктуры и их использование при создании молекулярных переключателей.	3	1	-	-	2
9.	Раздел 9. Экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур.	10	3	1	1	5
9.1.	Просвечивающая электронная микроскопия ПЭМ. Сканирующая зондовая микроскопия. Склерометрия и наноиндентирование.	3,5	1	-	0,5	2
9.2.	Спектральный анализ (Оже-спектроскопия, ИК-спектроскопия, Ядерный магнитный резонанс ЯМР, электронный магнитный резонанс ЭМР, радиоспектроскопия).	6,5	2	1	0,5	3
	Заключение.	0,5	0,5	-	-	-
	Экзамен	36				
	Всего	180	32	16	16	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Физическая химия наносистем. Основные понятия и представления. Классификация наноматериалов. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой.

Раздел 1. Квантовая химия нанопроцессов.

1.1. Наноструктурные материалы. Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Квантовые интерференционные эффекты. Туннельные и спиновые эффекты.

1.2. Универсальная баллистическая проводимость. Средняя длина свободного пробега электрона и длина волны Ферми в металлических и полупроводниковых наноматериалах. Длина спиновой релаксации.

1.3. Волновое уравнение Шредингера. Двойственность природы излучения. Волновая природа электрона. Соотношение неопределенностей. Свойства квантово-механических операций и функций. Момент импульса и операторы спина. Спин электрона. Собственные функции многоэлектронных систем. Принцип Паули.

Раздел 2. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов.

2.1. Векторное и тензорное исчисление физико-химических полей. Смешанное векторно-скалярное произведение трех векторов. Годограф вектора. Расхождение вектора, его аналитическое выражение. Вихрь вектора. Его составляющие.

2.2. Тензорное исчисление и использование тензоров для определения массы электрона или движущихся элементарных частиц в электрических и магнитных полях, для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов. Тензорный эллипсоид. Главные оси и главные значения тензора.

Раздел 3. Нанокластеры и нанокристаллы.

3.1. Кристаллическое пространство. Кристаллические решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов, узловых плоскостей. Обратная решетка. Точечная симметрия твердых тел. Матричный метод описания операций симметрии. Решетки Браве. Индексы Миллера.

3.2. Модели энергетических зон диэлектриков, полупроводников, металлов. Носители зарядов в полупроводниках. Равновесные состояния в полупроводниках. Плотность заполнения уровней. Функция распределения Ферми- Дирака. Концентрация носителей заряда в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники.

3.3. Явления переноса зарядов в условиях стационарной неравновесности. Неравновесные процессы в полупроводниках. Поверхностные процессы. Состояния Тамма и Шокли. Уравнения моделей, отражающих явления в полупроводниках – плотность тока, непрерывность, напряжение электрического поля. Зоны Бриллюэна.

Раздел 4. Методы формирования наноразмерных тонких пленок. Механизмы роста тонких пленок: Франка-ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова.

4.1. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях тонких пленок: адсорбция и десорбция. Реконструкция и релаксация поверхностей.

4.2. Поверхностная диффузия. Законы Фика. Анизотропия поверхностной диффузии. Атомные механизмы поверхностной диффузии.

Раздел 5. Самосборка и самоорганизация. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Спонтанная кристаллизация. Атомная инженерия.

5.1. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Амфифильные вещества. Пленки Y-, X- и Z-типа. Вертикальное и горизонтальное осаждение.

5.2. Спонтанная кристаллизация. Изменение свободной энергии кристаллического зародыша в зависимости от его радиуса. Создание квантовых проволок самоорганизацией в процессе эпитаксиального роста на вицинальной поверхности.

5.3. Атомная инженерия. Использование сканирующей туннельной микроскопии для направленного манипулирования атомами на поверхности твердого тела. Параллельные и последовательные процессы переноса атомов. Полевая диффузия.

Раздел 6. Кинетика процессов в наносистемах. Гомо- и гетероэпитаксия.

6.1. Гомоэпитаксия – кинетические эффекты. Внутрислойный и межслойный массоперенос. Барьер Эрлиха-Швобеля. Коэффициент прохождения (эффективность межслойного массопереноса). Механизмы роста при гомоэпитаксии. Рост за счет движения ступеней, послойный и многослойный рост.

6.2. Гетероэпитаксия. Кристаллографические плоскости и направления. Несоответствия решеток. Дислокации несоответствия (релаксация напряжений на границе пленка-подложка). Расстояния между дислокациями. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии. Критическая толщина пленки. Псевдоморфный и релаксированный рост.

Раздел 7. Технологии получения нанопленок, нанопроволок, квантовых точек.

7.1. Метод химического осаждения из газовой фазы CVD и его модификации (APCVD, LPCVD, UHVCVD при атмосферном, низком давлении и сверхвысоком вакууме, MOCVD, и др.). Основные типы химических реакций: разложение галогенидов металлов, гидридов, карбониллов, металлорганических соединений, реакции окисления, обмена, восстановления. Кинетика CVD. Аппаратурное оформление процесса.

7.2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки метода. Электронно-лучевая литография для получения квантовых проволок и точек.

Раздел 8. Наноструктуры и их использование в электронных устройствах.

8.1. Углеродные нанотрубки. Формирование локтевых соединений между нанотрубками типа «кресло» и «зигзаг» и возникновение гетероперехода металл-полупроводник. Использование углеродных нанотрубок при создании выпрямляющих нанодиодов. Одноэлектронные транзисторы с наноразмерными проводящими каналами. Полевые транзисторы на металлических и полупроводниковых нанотрубках. Зависимость проводимости цепи нанотранзистора от потенциала затвора. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку.

8.2. Молекулярные наноструктуры (супрамолекулярные ассоциаты, биомолекулы и биомолекулярные комплексы, мицеллы и липосомы) и их использование при создании молекулярных переключателей.

Раздел 9. Экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур.

9.1. Просвечивающая электронная микроскопия ПЭМ. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) (Сканирующая туннельная микроскопия СТМ, Атомно-силовая микроскопия АСМ). Склерометрия и наноиндентирование.

9.2. Спектральный анализ (Оже-спектроскопия, ИК-спектроскопия, Ядерный магнитный резонанс ЯМР, электронный магнитный резонанс ЭМР, радиоспектроскопия).

Заключение. Обзорная заключительная лекция.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9
	Знать:									
1.	Физическую сущность эффектов квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов	+							+	
2.	Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов, векторное и тензорное исчисление физико-химических полей		+							
3.	Экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур									+
4.	Основы зонной теории твердого тела, модели структур и связей в нанокристаллах			+						

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции									
		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9
5.	Кинетику процессов в наносистемах						+	+		
6.	Зависимость свойств наноматериалов от размера структуры				+					
7.	Основные физико-химические характеристики нанокластеров и нанокристаллов			+						
8.	Физические механизмы явлений переноса в полупроводниковых наноматериалах			+						
9.	Особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах			+						
10.	Механизмы роста тонких пленок				+					
11.	Физико-химическую сущность реконструкции и релаксации поверхностей и зависимости их скоростей от свойств твердого тела и характеристик реакционной среды				+					
12.	Определения самосборки и самоорганизации и примеры их использовании при формировании поверхности наноматериалов					+				
	Уметь:									
13.	Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии									+
14.	Использовать тензорный анализ для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов		+							
15.	Использовать распределение Ферми-Дирака для расчета концентраций носителей заряда в полупроводниковых наноматериалах			+						
16.	Строить кинетические модели процессов, протекающих в наносистемах						+	+		
17.	Проводить расчет величин скоростей поверхностной и полевой диффузии при изучении наноматериалов и их каталитических свойств					+				
18.	Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах	+			+				+	
	Владеть:									
19.	Современной терминологией в области наноматериалов								+	+
20.	Методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии					+		+		
21.	Математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями	+								

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9
22.	Методами решения уравнений кинетических моделей процессов, протекающих в наносистемах						+			
23.	Методами расчета величин скоростей поверхностной и полевой диффузии				+					
24.	Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине		+	+						
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:										
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК								
25.	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в nanoинженерии.	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства nanoобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области nanoинженерии.	+	+	+	+	+	+	+	+
26.	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств nanoобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1-1.3	Волновое уравнение Шредингера. Волновые функции Блоха. Модель Кронига-Пенни	3
2	2.1-2.2	Тензорное и векторное исчисление. Аффинные ортогональные тензоры. Главные оси и главные значения тензора. Определение главного направления тензора. Сопряженные тензоры, симметричные и антисимметричные тензоры. Разложение тензора. Инварианты тензора. Тензорный эллипсоид.	1
3	3.1.-3.3	Матричный метод описания операций симметрии. Решетки Браве. Определение индексов Миллера для плоскостей и направлений в кристалле.	2
4	4.1.-4.2.	Механизмы роста тонких пленок. Поверхностная диффузия. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях: адсорбция и десорбция.	2
5	5.2	Спонтанная кристаллизация.	2
6	6.1.-6.2.	Гомоэпитаксия и гетероэпитаксия. Барьер Эрлиха-Швобеля. Расчет коэффициентов прохождения.	2
7	7.1-7.2	Кинетика процесса химического осаждения из пара. Кинетические кривые осаждения кремния из различных прекурсоров.	2
8	8.1.	Полевые транзисторы на металлических и полупроводниковых нанотрубках.	1
9	9.	Спектральный анализ. Рентгеновские и спектроскопические обозначения. Методы Оже-спектроскопии и ИК-спектроскопии. Физические основы методов. Глубина выхода Оже-электронов. Оже-переходы и переходы Костера-Кронига. Методы численного анализа для обработки Оже-спектров. Основные области ИК-спектра. Типы колебаний и правило отбора в ИК-спектроскопии. Анализ ИК-спектров.	1
		ИТОГО	16

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии», а также способствует приобретению теоретических и практических навыков использования знаний точечной симметрии твердых тел, матричных методов описания операций симметрии для расчета индексов плоскостей и направлений в нанокристаллах, построения обратной решетки и зон Бриллюэна, приобретению теоретических и практических навыков использования знаний кинетики реакций химического осаждения веществ из газовой фазы для построения кинетических моделей процессов CVD, анализа экспериментальных данных и проверки адекватности построенных моделей результатам эксперимента.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 15 баллов (максимально 7 баллов за лабораторную работу №1 и 8 баллов за лабора-

торную работу № 2). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1.	2.1-2.2. 3.1-3.3	Кристаллографические плоскости и направления. Определение индексов Миллера. Построение обратной решетки и зон Брюллиэна. (4 акад. часа).	4
2.	4.1-4.2 6.1-6.2 7.1-7.2 9.1-9.2	Изучение кинетики реакции химического осаждения из пара. Построение кинетической модели процесса. Определение области протекания реакции. (12 акад. часов).	12
		ИТОГО	16

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению практических работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,
- использование тестов промежуточного контроля знаний для проверки знаний по отдельным разделам дисциплины,
- подготовку к сдаче экзамена и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимую для изучения дисциплины, студентам бакалавриата лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 45 баллов), лабораторных работ (максимальная оценка 15 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Контрольные работы выполняются в часы, выделенные учебным планом на практические занятия. Предусмотрено **3 контрольные работы**.

РАЗДЕЛЫ 1-3.

Контрольная работа №1 Решение типовых заданий по разделам 1-3 «Квантовая химия нанопроцессов», «Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов», «Нанокластеры и нанокристаллы» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам № 1-3. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Контрольная работа № 1 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **5 баллами**, задание № 2 – **10 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 2 акад. часов.

РАЗДЕЛЫ 4-6.

Контрольная работа №2

Решение типовых заданий по разделам 4-6 «Методы формирования наноразмерных тонких пленок», «Самосборка и самоорганизация», «Кинетика процессов в наносистемах» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам № 4-6. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Контрольная работа № 2 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **8 баллами**, задание № 2 – **7 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 2 – не более 2 акад. часов.

РАЗДЕЛЫ 7-9.

Контрольная работа №3

Решение типовых заданий по разделам 7-9 «Технологии получения наноматериалов», «Наноструктуры и их использование в электронных устройствах», «Экспериментальные методы при изучении наноструктур» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Контрольная работа № 3 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам № 7-9. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Контрольная работа № 3 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **8 баллами**, задание № 2 – **7 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 3 – не более 2 акад. часов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1. Решение типовых заданий по разделам 1-3 «Квантовая химия нанопроцессов», «Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов», «Нанокластеры и нанокристаллы» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Вариант 1

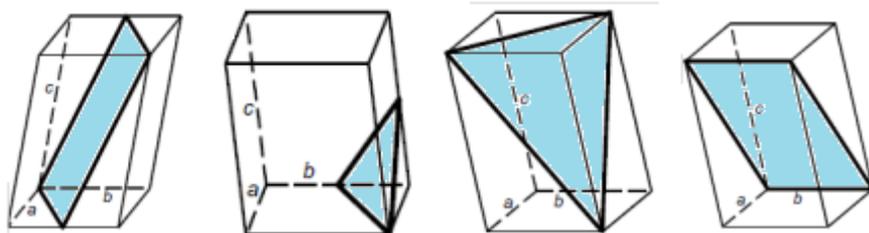
Задание 1.1 (5 баллов).

Пояснить сущность эффекта баллистического транспорта носителей заряда и эффекта квантового ограничения.

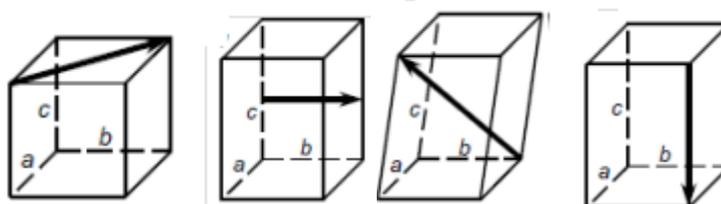
Задание 1.2(10 баллов).

Кристаллы и Кристаллическое пространство. Кристаллические решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов, узловых плоскостей. Точечная симметрия твердых тел. Матричный метод описания операций симметрии. Индексы Миллера.

Определите индексы плоскостей:



Определите индексы направлений:



Нарисуйте плоскости: (001) $(11\bar{2})$ $(1\bar{1}1)$

Контрольная работа №2 Решение типовых заданий по разделам 4-6 «Методы формирования наноразмерных тонких пленок», «Самосборка и самоорганизация», «Кинетика процессов в наносистемах» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Вариант 1.

Задание 2.1.

Гомоэпитаксия. Роль внутрислойного и межслойного массопереноса. Барьер Эрлиха-Швобеля. Коэффициент прохождения (эффективность межслойного массопереноса) (8 баллов).

Задание 2.2.

Создание квантовых проволок самоорганизацией в процессе эпитаксиального роста на вицинальных поверхностях (7 баллов).

Контрольная работа №3 Решение типовых задач по разделам 7-9 «Технологии получения наноматериалов», «Наноструктуры и их использование в электронных устройствах», «Экспериментальные методы при изучении наноструктур» дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии».

Вариант 1.

Задание 3.1.

Метод химического газофазного осаждения – Chemical Vapour Deposition и его модификации (APCVD, LPCVD, UHVCVD при атмосферном, низком давлении и сверхвысоком вакуу-

ме, MOCVD, и др.). Основные типы химических реакций, используемые прекурсоры. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки метода (8 баллов).

Задание 3.2.

ИК-спектроскопия адсорбированных оснований для определения кислотности поверхности алюмосиликатов. Релеевское и комбинационное рассеяние света. Пояснить. Основные области инфракрасного спектра. Характеристические частоты. Физические основы метода ИК спектроскопии. Гармонические и ангармонические колебания. Модели гармонического и ангармонического осциллятора. Кривые потенциальной энергии и уровни колебательной энергии. Разрешенные переходы. Симметрия молекул и правило отбора в ИК-спектроскопии. (7 баллов).

8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Лабораторная работа №1. Кристаллографические плоскости и направления. Определение индексов Миллера. Построение обратной решетки и зон Бриллюэна. (Максимальная оценка –7 баллов.)

Подготовка к лабораторной работе №1 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.2, 2.1-2.2. 3.1-3.3

Оформление отчета по лабораторной работе №1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть. Привести классификацию наноматериалов. Рассмотреть энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой. Баллистический транспорт носителей заряда в наноструктурах. Нанокристаллы. Рассмотреть основные положения теории групп и матричный метод описания операций симметрии. Кристаллографические точечные группы симметрии. Международные обозначения точечных групп. Пространственная симметрия кристаллических структур. Решетки Браве. Зависимость свойств наноматериалов от размера структуры. Тензорное исчисление и использование тензоров для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов.

5. Практическая часть. Определить индексы Миллера для заданных плоскостей и направлений в кристалле. Построить обратную решетку и первую зону Бриллюэна.

7. Выводы по работе.
8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

Лабораторная работа №2. Изучение кинетики реакции химического газофазного осаждения. Построение кинетической модели процесса. Определение области протекания реакции. (Максимальная оценка –8 баллов.)

Подготовка к лабораторной работе №2 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 4.1-4.2, 6.1-6.2, 7.1-7.2, 9.1-9.2

Оформление отчета по лабораторной работе №2 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Цель работы, задание.
4. Теоретическая часть. Рассмотреть метод химического газофазного осаждения и его модификации (APCVD, LPCVD, UHVCVD при атмосферном, низком давлении и сверхвысо-

ком вакууме, MOCVD, и др.). Привести численные методы решения уравнений кинетики химического газофазного осаждения и методы оценки неизвестных кинетических констант моделей по экспериментальным данным. Рассмотреть экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур.

5. Практическая часть. Построить кинетическую модель процесса химического газофазного осаждения CVD и на основании экспериментальных данных оценить неизвестные параметры модели. Рассчитать элементы дисперсионно-ковариационной матрицы оценок параметров модели. Показать адекватность модели экспериментальным данным.

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

К защите представить отчёт в печатной форме и в электронном виде в формате PDF.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 5 семестр)

1. Классификация наноматериалов по структурным признакам: наночастицы (нанокластеры, нанокристаллы, нанотрубки, мицеллы, липосомы, биомолекулы, фуллерены) и наноструктурные материалы (консолидированные наноматериалы). Характерные особенности наноматериалов. (20 баллов)
2. Определения нанопроцессов и наночастиц. Области их применения в промышленности – микро- и наноэлектронике, биологии и медицине. (20 баллов)
3. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D структур (квантовые пленки) в сравнении с трехмерной структурой. (20 баллов)
4. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 1D структур (квантовые проволоки) в сравнении с трехмерной структурой. (20 баллов)
5. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 0D структур (квантовые точки) в сравнении с трехмерной структурой. (20 баллов)
6. Эффект квантового ограничения в наноструктурах. (20 баллов)
7. Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Баллистический транспорт носителей заряда. (20 баллов)
8. Туннельные эффекты в наноструктурах. Эффекты одноэлектронного и резонансного туннелирования. (20 баллов)
9. Спиновые эффекты в наноструктурах. Плотности состояний электронов с различными спинами в ферромагнитном и немагнитном материале и обмен электронами между ними. Гигантское магнитосопротивление и туннельное магнитосопротивление. (20 баллов)
10. Квантовые интерференционные эффекты в наноструктурах. (20 баллов)
11. Баллистический транспорт носителей заряда. Универсальная баллистическая проводимость. (20 баллов)
12. Средняя длина свободного пробега электрона и длина волны Ферми в металлических и полупроводниковых наноматериалах. Длина спиновой релаксации. (20 баллов)
13. Характерные особенности наноматериалов. Появление нетрадиционных видов симметрии структуры и особых видов сопряжения границ раздела фаз. Примеры. (20 баллов)
14. Характерные особенности наноматериалов. Роль процессов самоорганизации в структурообразовании. Примеры. (20 баллов)
15. Характерные особенности наноматериалов. Высокая активность и каталитическая избирательность наночастиц и их ансамблей. Примеры. (20 баллов)
16. Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Понижение температуры фазовых превращений, повышение электрического сопротивления. Примеры. (20 баллов)
17. Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Аномально высокие значения коэффициентов диффузии, увеличение коэрцивной силы, проявление сверхпластичности при высоких температурах. Примеры. (20 баллов)

18. Векторное и тензорное исчисление физико-химических полей. Смешанное векторно-скалярное произведение трех векторов. Годограф вектора. Расхождение вектора, его аналитическое выражение. Вихрь вектора. Его составляющие. (20 баллов)
19. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов. Понятие тензора. Тензорный эллипсоид. (20 баллов)
20. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов. Главные оси и главные значения тензора. Инварианты тензора. (20 баллов)
21. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов. Аффинные ортогональные тензоры. Сопряженные тензоры. Симметричные и антисимметричные тензоры. Сложение и умножение тензоров. Разложение тензоров. Представление тензора в виде суммы трех диад. (20 баллов)
22. Использование тензоров для определения массы электрона или движущихся элементарных частиц в электрических и магнитных полях. (20 баллов)
23. Использование тензоров для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов. (20 баллов)
24. Квантовая химия нанопроцессов. Волновое уравнение Шредингера. Двойственность природы излучения. (20 баллов)
25. Квантовая химия нанопроцессов. Волновая природа электрона. Соотношение неопределенностей. (20 баллов)
26. Свойства квантово-механических операций и функций. Момент импульса и операторы спина. Спин электрона. (20 баллов)
27. Упорядоченные (магические) и неупорядоченные нанокластеры. (20 баллов)
28. Магические (упорядоченные) нанокластеры. Устойчивость магических нанокластеров. Магические числа. (20 баллов)
29. Магические (упорядоченные) нанокластеры. Кристаллографическая симметрия нанокластеров. Оси симметрии нанокластеров. (20 баллов)
30. Лигандные и безлигандные металлические нанокластеры. (20 баллов)
31. Большие и малые углеродные нанокластеры. Устойчивость углеродных нанокластеров. Магические числа. (20 баллов)
32. Кристаллы и нанокристаллы. Кристаллическое пространство. Кристаллические решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов, узловых плоскостей. Точечная симметрия твердых тел. (20 баллов)
33. Нанокристаллы. Кристаллические структуры с плотнейшими упаковками атомов. Размерные эффекты. Зависимость температуры плавления от размеров нанокристаллов. (20 баллов)
34. Элементы симметрии кристаллов: ось симметрии, плоскость симметрии, зеркально-поворотная ось, центр инверсии. Кристаллографические системы (7 сингоний). Решетки Браве. (20 баллов)
35. Символические обозначения плоскостей и направлений в кристалле. Расчетные уравнения аналитической геометрии кристаллического пространства. Матричный метод описания операций симметрии. Расчет индексов Миллера. (20 баллов)
36. Углеродные нанотрубки: однослойные и многослойные. Модели «Пергамента», «Матрешки», «Папье-Маше». Физические свойства углеродных нанотрубок. (20 баллов)
37. Хиральные и ахиральные нанотрубки типа «кресло» и «зиг-заг». Цилиндрическая и винтовая симметрия углеродных нанотрубок. (20 баллов)
38. Описание структуры нанотрубок. Базисные векторы. Индексы хиральности УНТ. Определение диаметра и хирального угла УНТ. (20 баллов)
39. Дефекты строения нанотрубок. Формирование локтевых соединений между нанотрубками типа «кресло» и «зигзаг» и возникновение гетероперехода металл-полупроводник. (20 баллов)
40. Углеродные нановолокна (УНВ). Морфологические разновидности УНТ и УНВ. (20 баллов)

41. Эпитаксиальный рост нанопленок. Стадии процесса роста пленок: образование зародышей и островковой структуры; срастание и коалесценция островков; образование каналов; образование непрерывной пленки. Пояснить.(20 баллов)
42. Послойный механизм роста наноразмерных тонких пленок (рост Франка-Ван дер Мерве).(20 баллов)
43. Островковый рост наноразмерных тонких пленок (рост Вольмера-Вебера).(20 баллов)
44. Методы формирования наноразмерных тонких пленок. Режим роста Странского-Крастанова. Пояснить как происходит изменение во времени полной энергии эпитаксиальной структуры.(20 баллов)
45. Создание квантовых проволок эпитаксиальным осаждением в режиме Франка-Ван дер Мерве на вицинальных поверхностях. Примеры.(20 баллов)
46. Создание квантовых точек эпитаксиальным осаждением в режиме Странского-Крастанова. Примеры.(20 баллов)
47. Создание квантовых точек. Электронно-лучевая литография. Методы для наномасштабного позиционирования мест зарождения островков.(20 баллов)
48. Гомоэпитаксия. Внутрислойный и межслойный массоперенос. (20 баллов)
49. Гомоэпитаксия. Барьер Эрлиха-Швобеля. Коэффициент прохождения (эффективность межслойного массопереноса). (20 баллов)
50. Гомоэпитаксия. Механизмы роста при гомоэпитаксии. (20 баллов)
51. Гетероэпитаксия. Кристаллографические плоскости и направления. Несоответствия решеток. Дислокации несоответствия (релаксация напряжений на границе пленка-подложка). Расстояния между дислокациями. (20 баллов)
52. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии. Критическая толщина пленки. *Псевдоморфный* рост. (20 баллов)
53. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии. Критическая толщина пленки. *Релаксированный* рост. (20 баллов)
54. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях тонких пленок: адсорбция и десорбция. (20 баллов)
55. Реконструкция и релаксация поверхностей наноструктур.(20 баллов)
56. Поверхностная диффузия. Законы Фика. Анизотропия поверхностной диффузии. Атомные механизмы поверхностной диффузии.(20 баллов)
57. Процессы *самосборки* наноструктур. Примеры.(20 баллов)
58. Самоорганизация наноструктур. Примеры.(20 баллов)
59. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт (пример самосборки). Амфифильные вещества. Пленки Y-, X- и Z-типа. Вертикальное и горизонтальное осаждение. (20 баллов)
60. Спонтанная кристаллизация. Изменение свободной энергии кристаллического зародыша в зависимости от его радиуса. (20 баллов)
61. Атомная инженерия. Использование сканирующей туннельной микроскопии для направленного манипулирования атомами на поверхности твердого тела. *Параллельные* процессы переноса атомов.(20 баллов)
62. Атомная инженерия. Использование сканирующей туннельной микроскопии для направленного манипулирования атомами на поверхности твердого тела. *Перпендикулярные* процессы переноса атомов.(20 баллов)
63. Полевая диффузия адсорбированных на поверхности атомов. (20 баллов)
64. Использование углеродных нанотрубок при создании выпрямляющих нанодиодов и полевых транзисторов. (20 баллов)
65. Электропроводность нанотрубок. Хиральные и ахиральные нанотрубки. (20 баллов)
66. Энергетические зоны металлов, полупроводников и диэлектриков. Уровень Ферми. Зависимость уровня Ферми от температуры. (20 баллов)
67. Собственные и примесные полупроводники. Примеры. Положение Уровня Ферми. *Донорные* примеси. Распределение электронов по энергетическим уровням для полупроводника с *донорными* примесями. (20 баллов)

68. Собственные и примесные полупроводники. Положение Уровня Ферми. *Акцепторные примеси*. Распределение электронов по энергетическим уровням для полупроводника с *акцепторными* примесями.(20 баллов)
69. Влияние донорных и акцепторных примесей на электропроводность полупроводников различного типа. (20 баллов)
70. Сравнить хемосорбцию кислорода на полупроводниках различного типа. Представить энергетические диаграммы границы раздела газ –полупроводник.(20 баллов)
71. Хемосорбция акцепторных молекул на полупроводнике n-типа. Энергетическая диаграмма границы раздела газ –полупроводник n – типа проводимости. Примеры.(20 баллов)
72. Хемосорбция донорных молекул на полупроводнике p-типа. Энергетическая диаграмма границы раздела газ –полупроводник p – типа проводимости.(20 баллов)
73. Хемосорбция акцепторных молекул на полупроводнике p-типа. Энергетическая диаграмма границы раздела газ –полупроводник p – типа проводимости.(20 баллов)
74. Зонная теория твердых тел. Схема образования энергетической зоны кристалла. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Гибридные зоны.(20 баллов)
75. Носители зарядов в полупроводниках. Зависимость уровня Ферми от температуры. Плотность заполнения уровней. (20 баллов)
76. Свойство распределения Ферми. Концентрация носителей заряда в полупроводниках.(20 баллов)
77. Использование углеродных нанотрубок при создании выпрямляющих нанодиодов. Принцип работы нанодиода и его вольт-амперная характеристика.(20 баллов)
78. Полевые транзисторы на металлических нанотрубках. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку.(20 баллов)
79. Одноэлектронные транзисторы с наноразмерными проводящими каналами. (20 баллов)
80. Полевые транзисторы на полупроводниковых нанотрубках. Принцип работы.(20 баллов)
81. Молекулярные наноструктуры и их использование в электронных устройствах. Молекулярные переключатели (принцип действия).(20 баллов)
82. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Просвечивающая электронная микроскопия ПЭМ. Физические основы метода. (20 баллов)
83. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Сканирующая туннельная микроскопия СТМ. Физические основы метода. (20 баллов)
84. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Атомно-силовая микроскопия АСМ. Физические основы метода.(20 баллов)
85. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Склерометрия и наноиндентирование.(20 баллов)
86. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Ядерный магнитный резонанс ЯМР. Физические основы метода. (20 баллов)
87. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Электронный магнитный резонанс ЭМР. Физические основы метода.(20 баллов)
88. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Радиоспектроскопия. Физические основы метода. (20 баллов)
89. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Электронная Оже-спектроскопия (ЭОС). Физические основы Оже-процесса. Оже-переходы и переход Костера-Кронига. Глубина выхода Оже-электронов. (20 баллов)
90. Методы численного анализа для обработки Оже-спектров. (20 баллов)
91. Экспериментальные методы исследования наноструктур. ИК-спектроскопия адсорбированных оснований для определения кислотности поверхности алюмосиликатов. Основные области инфракрасного спектра. Характеристические частоты. (20 баллов)
92. Физические основы метода ИК спектроскопии. Гармонические и ангармонические колебания. Модели гармонического и ангармонического осциллятора. Кривые потенциальной энергии и уровни колебательной энергии. Разрешенные переходы. (20 баллов)

93. ИК-спектроскопия. Типы колебаний. Симметрия молекул и правило отбора в ИК-спектроскопии.(20 баллов)
94. Производные углеродных нанотрубок. (эндоэдральные, экзоэдральные, интеркалированные нанотубулярные сростки и гетеронанотрубки). Перспективы применения.(20 баллов)
95. Метод химического газофазного осаждения – CVD и его модификации (APCVD, LPCVD, UHVCVD при атмосферном, низком давлении и сверхвысоком вакууме, MOCVD, и др.). (20 баллов)
96. Метод химического газофазного осаждения CVD. Основные типы химических реакций: разложение галогенидов металлов, гидридов, карбониллов, металлоорганических соединений, реакции окисления, обмена, восстановления.(20 баллов)
97. Метод химического газофазного осаждения CVD.Области протекания химических реакций.(20 баллов)
98. Химическое газофазное осаждение (CVD). Аппаратурное оформление процесса. Достоинства и недостатки метода.(20 баллов)
99. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки метода.(20 баллов)
- 100.Кинетика реакций химического газофазного осаждения CVD. Основные стадии процесса химического газофазного осаждения. Лимитирующие стадии процесса. Кинетическая и диффузионная область протекания процесса.(20 баллов)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример экзаменационного билета

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме экзамена, который включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Ответы на экзаменационные вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый вопрос – 20 баллов. Если обучаемый в процессе выполнения заданий набрал менее 20 баллов, экзамен по данной дисциплине считается не сданным.

"Утверждаю"
зав. кафедрой
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российский химико-технологический университет им.

Д.И.Менделеева
28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ

БИЛЕТ № 50

1. Гомоэпитаксия. Внутрислойный и межслойный массоперенос. (20 баллов)
2. Химическое газофазное осаждение тонких пленок (CVD). Аппаратурное оформление процесса. Достоинства и недостатки метода. (20 баллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. Е.В. Юртов. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. - 152 с.
2. В. В. Старостин. Материалы и методы нанотехнологий–М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с
3. Е. В. Писаренко Кинетика и макрокинетика химических процессов. –М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 132 с

Б) Дополнительная литература.

1. Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. Физические и химические основы нанотехнологий.. – М. :Физматлит, 2008, -456 с.
2. В.М. Анищик, В. Е. Борисенко, С. А. Жданок, Н. К. Толочко, В. М. Федосюк..Наноматериалы и нанотехнологии .–Минск: Изд. центр БГУ, 2008. - 375 с
3. А. И.Гусев.Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М. : "Физматлит", 2009. - 414 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN–1992-7223;
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN– 2305-7971;
- «Наноиндустрия», ISSN– 1993-8578;
- «Наноструктуры.Математическая физика и моделирование»,ISSN– 2224-8412;
- «Нанотехника», ISSN –1816-4409;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Средства обеспечения освоения дисциплины.

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (50 задач), задания к самостоятельным работам (50 задач).

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. – банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
2. – банк вариантов контрольной работы № 2 – 50;
3. – банк вариантов контрольной работы № 3 – 50;
4. – банк вариантов лабораторной работы № 1 – 25;
5. – банк вариантов лабораторной работы № 2 – 25;
6. – банк билетов для экзамена– 50;
7. – демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
8. – предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, MicrosoftOffice 2010).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 10 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, MicrosoftExcel) и выходом в Интернет для проведения практических и лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине.

Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Квантовая химия нанопроцессов.	Знает: Физическую сущность эффектов квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов. Умеет: Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах. Владеет: Современной терминологией в области наноматериалов, математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями	Оценка на экзамене.
Раздел 2. Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов.	Знает: Математические основы теории физико-химических свойств наноматериалов, векторное и тензорное исчисление физико-химических полей Умеет: Использовать тензорный анализ для определения поляризуемости и механических свойств наноматериалов Владеет: Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине	Оценка на экзамене.
Раздел 3. Нанокласте-	Знает: Основы зонной теории твердого тела, модели	Оценка за

ры и нанокристаллы.	<p>структур и связей в нанокристаллах, основные физико-химические характеристики нанокластеров и нанокристаллов, физические механизмы явлений переноса в полупроводниковых наноматериалах, особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах.</p> <p>Умеет: Использовать распределение Ферми-Дирака для расчета концентраций носителей заряда в полупроводниковых наноматериалах.</p> <p>Владеет: Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.</p>	<p>контрольную работу № 1 по разделам 1-3 (наивысший балл 15).</p> <p>Оценка за лабораторную работу №1 по разделам 1-3 (наивысший балл 7).</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
Раздел 4. Методы формирования наноразмерных тонких пленок. Механизмы роста тонких пленок: Франка-Ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова.	<p>Знает: Зависимость свойств наноматериалов от размера структуры, механизмы роста тонких пленок, физико-химическую сущность реконструкции и релаксации поверхностей и зависимости их скоростей от свойств твердого тела и характеристик реакционной среды.</p> <p>Умеет: Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах.</p> <p>Владеет: Методами расчета величин скоростей поверхностной и полевой диффузии.</p>	Оценка на экзамене.
Раздел 5. Самосборка и самоорганизация. Пленки Лэнгмюра-Спонтанная кристаллизация. Атомная инженерия.	<p>Знает: Определения самосборки и самоорганизации и примеры их использовании при формировании поверхности наноматериалов.</p> <p>Умеет: Проводить расчет величин скоростей поверхностной и полевой диффузии при изучении наноматериалов и их каталитических свойств.</p> <p>Владеет: Методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии.</p>	Оценка на экзамене.
Раздел 6. Кинетика процессов в наносистемах. Гомо- и гетероэпитаксия.	<p>Знает: Кинетику процессов в наносистемах.</p> <p>Умеет: Строить кинетические модели процессов, протекающих в наносистемах.</p> <p>Владеет: Методами решения уравнений кинетических моделей процессов, протекающих в наносистемах.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 по разделам 4-6. (наивысший балл 15)</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
Раздел 7. Технологии получения нанопленок, нанопроволок, квантовых точек.	<p>Знает: Технологии получения наноматериалов различными методами.</p> <p>Умеет: Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах.</p> <p>Владеет: Методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии.</p>	Оценка на экзамене.
Раздел 8. Наноструктуры и их использо-	<p>Знает: Физическую сущность эффектов квантового ограничения, баллистического транспорта носите-</p>	Оценка на экзамене.

вание в электронных устройствах.	лей заряда, туннельного и спинового эффектов. Умеет: Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах. Владеет: Современной терминологией в области наноматериалов.	
Раздел 9. Экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур.	Знает: Экспериментальные методы физической химии при изучении наноразмерных структур. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанотехнологии. Владеет: Современной терминологией в области наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 3 по разделам 7-9. Оценка за лабораторную работу №2 по разделам 4,6-7,9 (наивысший балл 8) Оценка на экзамене.

15. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к РПД
по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»
основной образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия
Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация - бакалавр

Номер измени я/ дополнен ия	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Процессы и аппараты для получения аэрогелей»**

**Направление подготовки – 28.03.02 Наноинженерия
Профиль подготовки – «Наноинженерия для химии, фармацевтики и
биотехнологии»**

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«_____» _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н, с.н.с. МУНЦ трансфера фармацевтических и биотехнологий РХТУ им. Д.И. Менделеева, Д.Д. Ловской.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «16» апреля 2021 г., протокол №8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для направления подготовки бакалавров 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Процессы и аппараты для получения аэрогелей» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блоку ФТД. Факультативные дисциплины учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки бакалавров.

Цель дисциплины «Процессы и аппараты для получения аэрогелей» – изучение основных процессов и аппаратов для получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе, которые могут быть использованы во многих отраслях современной промышленности.

Задачи дисциплины:

- изучение различных типов аэрогелей, их характеристик и областей применения; изучение сверхкритического состояния вещества и свойств сверхкритических флюидов;
- изучение процесса сверхкритической сушки для получения аэрогелей и ознакомление с аппаратами, которые используются для проведения процесса сверхкритической сушки;
- теоретическое и практическое изучение процессов получения аэрогелей различного типа и состава;
- изучение процесса сверхкритической адсорбции для получения композиций на основе аэрогелей и ознакомление с аппаратами, которые используются для проведения процесса сверхкритической адсорбции.

Дисциплина «Процессы и аппараты для получения аэрогелей» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплин направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов,</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами. ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
заготовок деталей и изделий на их основе				наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>(научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>			<p>разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные типы, характеристики и свойства аэрогелей, а также аналитические методы их исследования;
- свойства сверхкритических флюидов и области их применения;
- основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки;
- основы процессов получения аэрогелей различного типа и состава;
- основы процессов получения композиций на основе аэрогелей и аналитические методы их исследования;
- основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической адсорбции.

Уметь:

- выбирать параметры проведения процессов получения аэрогелей различного типа и состава;
- использовать современные аналитические методы для исследования свойств и характеристик аэрогелей;
- выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической сушки;
- выбирать параметры проведения процессов получения композиций на основе аэрогелей;
- выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической адсорбции.

Владеть:

- основами процессов получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе;
- современными аналитическими методами исследования свойств и характеристик аэрогелей;
- современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,3	48	36
Лекции (Лек)	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,44	16	12
Самостоятельная работа (СР):	1,7	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
Вид контроля:	Зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	ПЗ	ЛЗ	СР
1	Раздел 1. Аэрогели. Основные термины и определения. Сверхкритическое состояние вещества. Процесс сверхкритической сушки.	46	6	5	5	30
1.1	Аэрогели. Основные термины и определения	16	2	2	2	10
1.2	Сверхкритическое состояние вещества	12	2	—	—	10
1.3	Процесс сверхкритической сушки	18	2	3	3	10
2	Раздел 2. Процессы получения аэрогелей различного типа и состава	31	4	6	6	15
2.1	Процессы и аппараты для получения аэрогелей различного типа	15,5	2	3	3	7,5
2.2	Влияние параметров получения на структуру и свойства материала. Исследование структуры и свойств аэрогелей	15,5	2	3	3	7,5
3	Раздел 3. Процессы получения композиций на основе аэрогелей	31	6	5	5	15
3.1	Способы внедрения различных веществ в аэрогели	7	2	—	—	5
3.2	Сверхкритическая адсорбция	11	2	2	2	5
3.3	Современное оборудование и методы аналитических исследований композиций на основе аэрогелей	13	2	3	3	5
	ИТОГО:	108	16	16	16	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Аэрогели. Основные термины и определения. Сверхкритическое состояние вещества. Процесс сверхкритической сушки.

1.1 Аэрогели. Основные термины и определения. Определение понятия «аэрогель». Основные типы аэрогелей. Неорганические аэрогели. Органические аэрогели. Гибридные аэрогели. Области применения аэрогелей в современной промышленности. Аэрогели как изоляционные материалы. Сорбенты на основе аэрогелей. Аэрогели в качестве систем доставки лекарств. Аэрогели для использования в медицине. Другие области использования аэрогелей. Примеры использования аэрогелей в современной промышленности.

1.2 Сверхкритическое состояние вещества. Что такое сверхкритическое состояние вещества. Фазовые диаграммы. Критическая точка. Свойства сверхкритических флюидов. Вещества, применяемые в качестве сверхкритических растворителей. Примеры использования сверхкритических флюидов. Сверхкритическая экстракция, сверхкритическая хроматография, сверхкритическая сушка и адсорбция.

1.3 Процесс сверхкритической сушки. Основные стадии процесса сверхкритической сушки. Параметры проведения процесса сверхкритической сушки. Аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки. Промышленное оборудование для получения аэрогелей.

Раздел 2. Процессы и аппараты для получения аэрогелей различного типа и состава.

2.1 Процессы и аппараты для получения неорганических аэрогелей на основе металлов и их оксидов. Золь-гель технология. Процессы и аппараты для получения аэрогелей на основе полисахаридов (альгинаты, хитозан, крахмал, пектин). Процессы получения аэрогелей на основе белков (молочный, яичный, шелковый и др.).

2.2 Различные способы проведения стадии гелеобразования в ходе процесса получения аэрогелей. Способы проведения стадии замены растворителя. Современное аналитическое оборудование, методы исследования свойств и характеристик аэрогелей.

Раздел 3. Процессы и аппараты для получения композиций на основе аэрогелей.

3.1 Способы внедрения различных веществ в аэрогели. Внедрение веществ на стадии гелеобразования. Внедрение веществ на стадии замены растворителя. Внедрение веществ с использованием сверхкритической адсорбции.

3.2 Требования, предъявляемые к веществам, которые могут быть использованы для сверхкритической адсорбции. Факторы, влияющие на величину массовой загрузки веществ в аэрогель. Аморфизация активных веществ с использованием сверхкритической адсорбции.

3.3 Современное оборудование и методы аналитических исследований композиций на основе аэрогелей. Примеры и использования композиций на основе аэрогелей.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<i>Знать:</i>			
1	основные типы, характеристики и свойства аэрогелей, а также аналитические методы их исследования	+	+	
2	свойства сверхкритических флюидов и области их применения	+		
3	основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки	+	+	
4	основы процессов получения аэрогелей различного типа и состава		+	
5	основы процессов получения композиций на основе аэрогелей и аналитические методы их исследования			+
6	основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической адсорбции	+		+
	<i>Уметь:</i>			
7	выбирать параметры проведения процессов получения аэрогелей различного типа и состава	+	+	
8	использовать современные аналитические методы для исследования свойств и характеристик аэрогелей		+	
9	выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической сушки	+	+	
10	выбирать параметры проведения процессов получения композиций на основе аэрогелей			+
11	выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической адсорбции	+		+
	<i>Владеть:</i>			
12	основами процессов получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе		+	+
13	современными аналитическими методами исследования свойств и характеристик аэрогелей		+	+
14	современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе	+	+	+
<i>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>				

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
15	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общетехнических дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+
16	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общетехнических дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).	+	+	+
17	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общетехнических дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
18	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.	ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанобъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	1	Исследование существующих и потенциальных применений аэрогелей в современной промышленности	2
2		Изучение аппаратов различной конструкции и объема для получения аэрогелей	3
3	2	Изучение структурированных композиционных и функциональных наноматериалов на основе аэрогелей	3
4		Изучение способов аналитических исследований аэрогелей различной природы	3
5	3	Изучение способов получения композиций на основе аэрогелей для использования их в различных отраслях промышленности	2
6		Проведение аналитических исследований различных композиций на основе аэрогелей	3

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Процессы и аппараты для получения аэрогелей», а также дает знания в области практического создания аэрогелей, приобретение навыков решения ряда практических задач в области сверхкритических технологий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 18 баллов (максимально по 3 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
1	1	Исследование существующих и потенциальных применений аэрогелей в современной промышленности	2
2		Изучение аппаратов различной конструкции и объема для получения аэрогелей	3
3	2	Изучение структурированных композиционных и функциональных наноматериалов на основе аэрогелей	3
4		Изучение способов аналитических исследований аэрогелей различной природы	3
5	3	Изучение способов получения композиций на основе аэрогелей для использования их в различных отраслях промышленности	2
6		Проведение аналитических исследований различных композиций на основе аэрогелей	3

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферат по курсу выполняется в 7 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 15 баллов.

1. Современное состояние науки в области получения и применения аэрогелей.
2. Основные типы аэрогелей, способы их получения, структурные характеристики и потенциальные области применения.
3. Сверхкритические флюиды – свойства и области применения.
4. Аппараты для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов.
5. Способы получения и области применения неорганических аэрогелей.
6. Способы получения и области применения органических аэрогелей.
7. Способы получения и области применения гибридных аэрогелей.
8. Совмещенные процессы для получения аэрогелей.
9. Способы получения функциональных и композиционных материалов на основе аэрогелей и сферы их дальнейшего использования.
10. Сверхкритическая адсорбция. Особенности процесса и аппараты для его проведения.
11. Аэрогели как системы доставки лекарственных средств: современное состояние науки.
12. Аэрогели для использования в медицине: особенности получения, хранения и стерилизации.
13. Аэрогели для использования в качестве изоляционных материалов.
14. Аморфизация активных веществ с использованием сверхкритических технологий.

15. Современное оборудование и методы аналитических исследований аэрогелей различной природы и композиций на их основе.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрены 3 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 15 баллов и составляет по 5 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры заданий к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 5 баллов. Контрольная работа содержит 2 задания по 2,5 балла за задание.

Контрольная работа № 1. Основные типы аэрогелей и использование сверхкритических технологий для их получения.

Задание 1. Привести основные типы аэрогелей, указать их характеристики и особенности.

Задание 2. Что такое сверхкритический флюид? Привести примеры с указанием свойств.

Раздел 2. Примеры заданий к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 5 баллов. Контрольная работа содержит 2 задания по 2,5 балла за задание.

Контрольная работа № 2. Процессы и аппараты для получения аэрогелей различной природы.

Задание 1. Способы получения неорганических аэрогелей.

Задание 2. Начертить эскиз аппарата для получения аэрогелей, основные параметры ведения процесса.

Раздел 3. Примеры заданий к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 5 баллов. Контрольная работа содержит 2 задания по 2,5 балла за задание.

Контрольная работа № 3. Процессы и аппараты для получения композиционных и функциональных материалов на основе аэрогелей.

Задание 1. Способы получения различных композиций на основе аэрогелей.

Задание 2. Привести примеры аналитического оборудования и методов для изучения свойств и характеристик аэрогелей и композиций на их основе.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачёт)

Максимальное количество баллов за зачёт – 40 баллов. Билет для зачёта содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, 2 вопрос – 15 баллов, 3 вопрос – 15 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачёт)

Билет для зачёта содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, 2 вопрос – 15 баллов, 3 вопрос – 15 баллов.

1. Дать определение понятию «аэрогель». Перечислить основные типы аэрогелей.

2. Области применения аэрогелей в современной промышленности. Примеры использования аэрогелей.

3. Что такое сверхкритическое состояние вещества. Критические параметры вещества.

4. Фазовые диаграммы. Критическая точка. Свойства сверхкритических флюидов.

5. Фазовая диаграмма диоксида углерода. Координаты тройной точки и точки перехода в сверхкритическое состояние.

6. Фазовая диаграмма диоксида углерода. Физический смысл линий на фазовой диаграмме. Критическое давление, критическая температура.
 7. Вещества, применяемые в качестве сверхкритических растворителей. Примеры использования сверхкритических флюидов.
 8. Сверхкритическая экстракция, сверхкритическая хроматография, сверхкритическая сушка и адсорбция. Примеры использования данных процессов.
 9. Процесс сверхкритической сушки. Основные стадии процесса сверхкритической сушки. Параметры проведения процесса сверхкритической сушки.
 10. Сравнение конвективной сушки и сверхкритической сушки. Основные преимущества сверхкритической сушки.
 11. Достоинства и недостатки способов проведения сверхкритической сушки.
 12. Контрольно-измерительные приборы и автоматика (КИПиА) в технологической схеме сверхкритической сушки.
 13. Какие контрольно-измерительные приборы и автоматику (КИПиА) можно использовать в технологической схеме сверхкритической сушки.
 14. Привести примеры аппаратов для проведения процесса сверхкритической сушки (лабораторные и промышленные).
 15. Процессы и аппараты для получения неорганических аэрогелей на основе металлов и их оксидов.
 16. Процессы и аппараты для получения аэрогелей на основе полисахаридов.
 17. Процессы получения аэрогелей на основе белков.
 18. Гибридные аэрогели. Способы получения.
 19. Методы получения органических аэрогелей в виде монолитов и частиц.
 20. Каково влияние структуры на свойства аэрогелей.
 21. Описать различные способы проведения стадии гелеобразования в ходе процесса получения аэрогелей. Способы проведения стадии замены растворителя.
 22. Современное аналитическое оборудование, методы исследования свойств и характеристик аэрогелей.
 23. Области применения, свойства и особенности гибридных аэрогелей.
 24. Области применения, свойства и особенности неорганических аэрогелей.
 25. Области применения, свойства и особенности органических аэрогелей.
 26. Привести аналитическое оборудование для анализа свойств аэрогелей.
- Влияние структуры на свойства аэрогелей.
27. Методы получения органических аэрогелей в виде монолитов и частиц.
- Применение аэрогелей в медицине и фармацевтике.
28. Зависимость сверхкритической адсорбции от температуры и давления.
 29. Вещества, используемые в качестве сверхкритических флюидов для процесса адсорбции. Их характеристики.
 30. Методы получения гибридных аэрогелей в виде монолитов и частиц.
 31. Использование аэрогелей в качестве теплоизоляционных материалов.
 32. Применение аэрогелей в медицине и фармацевтике.
 33. Описать способы внедрения различных веществ в аэрогели и указать их особенности.
 34. Перечислить требования, предъявляемые к веществам, которые могут быть использованы для сверхкритической адсорбции. Указать факторы, влияющие на величину массовой загрузки веществ в аэрогель. Аморфизация активных веществ с использованием сверхкритической адсорбции.
 35. Объяснить процесс сверхкритической адсорбции. Показать схему движения потоков в реакторе.
 36. Требования, предъявляемые к адсорбенту (пористому материалу) и к адсорбтиву при проведении сверхкритической адсорбции.

37. Преимущества использования сверхкритических флюидов для внедрения веществ в пористые материалы.
38. Преимущества использования сверхкритической адсорбции для создания композиций аэрогель-АФИ.
39. Влияния расхода сверхкритического растворителя на этапы сушки.
40. Высокотемпературная сверхкритическая сушка.
41. Методы определения качества высушенного аэрогеля.
42. Способ организации процесса сверхкритической сушки (периодический, непрерывный).
43. Периодический способ организации процесса сверхкритической сушки.
44. Непрерывный способ организации процесса сверхкритической сушки.
45. Аппаратурное оформление сверхкритической сушки. Основные узлы.
46. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической сушки.
47. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической адсорбции.
48. Перечислить современное оборудование и методы аналитических исследований композиций на основе аэрогелей.
49. Привести примеры использования различных композиций на основе аэрогелей.
50. Какие контрольно-измерительные приборы и автоматику (КИПиА) можно использовать в технологической схеме сверхкритической сушки.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билета для устного опроса для зачёта (7 семестр)

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачёта, который складывается из баллов за практические занятия (максимум 12 баллов), лабораторных занятий (максимум 18 баллов), реферативно-аналитическую работу (максимум 15 баллов) и устный опрос (максимум 40 баллов). Устный опрос по дисциплине «Процессы и аппараты для получения аэрогелей» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для устного опроса состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для устного опроса:

Билет № 1

1. Что такое сверхкритическое состояние вещества. Критические параметры вещества.
2. Преимущества использования сверхкритической адсорбции для создания композиций на основе аэрогелей.
3. Перечислить современное оборудование и методы аналитических исследований композиций на основе аэрогелей.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Меньшутина Н.В., Смирнова И.В., Гуриков П.А. Аэрогели - новые наноструктурированные материалы: получение, свойства и биомедицинское применение: учебное пособие. –М.: РХТУ им. Менделеева, 2012. – 59 с.

2. Меньшутина Н.В., Матасов А.В. Современные информационные системы хранения, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей: учебное пособие. - М.: РХТУ им. Менделеева, 2011. – 308 с.

Б. Дополнительная литература

1. Меньшутина Н.В. Наочастицы и наноструктурированные материалы для фармацевтики – Калуга: Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2008. – 192 с.
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М: Трансфера. – 2005. – 336 с.
3. Рит М. Наноконструирование в науке и технике. Введение в мир нанорасчёта.- Москва- Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2005. – 160 с.
4. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2004. – 240 с.
5. Jelinek R. Nanoparticles. – Berlin: de Gruyter, 2015. – 283 p.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- Ж. Наноиндустрия. ISSN 1993-8578 (Print).
- Ж. Российские нанотехнологии. ISSN 1992-7223 (Print) ISSN 1992-4068 (Online).
- Ж. Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век. ISSN 2225-0980 (Print).
- Ж. Российские нанотехнологии. ISSN (print): 1992-7223, ISSN (online): 1993-4068.
- Ж. Наноиндустрия. ISSN 1992-4178 (Print) ISSN 1992-4186 (Online).
- Ж. Нанотехника. ISSN 1816-4498.
- Нанометр. Информационный бюллетень ФНМ. Факультет наук о материалах, МГУ им. М.В. Ломоносова. [Электронный ресурс] www.fnm.msu.ru, www.nanometer.ru
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс] <http://www.nanojournal.ru>
- Нано Дайджест. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс] <http://nanodigest.ru>
- [Наномир](http://www.miracle-uni.ru) – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс] <http://www.miracle-uni.ru>
- Ж. Nature Nanotechnology. 1748-3387 (print) and 1748-3395 (online).
- Ж. Nanotoday. ISSN (printed): 1748-0132. [Online]. ISSN, 1748-0132
- Ж. Nanotechnology. ISSN 0957-4484 (Print) ISSN 1361-6528 (Online)
- Ж. Journal of Nanoparticle Research. ISSN: 1388-0764. E-ISSN: 1572-896X.
- Ж. Journal of Experimental Nanoscience. Print ISSN: 1745-8080 Online ISSN: 1745-8099.
- Ж. Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093
- Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 15;
- конспекты лекций в формате *.pdf – 15;
- банк тем реферативно-аналитической работы – 15;
- банк вариантов контрольных работ – 50;
- банк вариантов лабораторных работ – 50;
- банк билетов для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт) – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с рабочим планом занятия по дисциплине «Процессы и аппарата для получения» проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий, самостоятельной работы студента.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 48 компьютерами из которых 37 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет, 33. Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая

6 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и учебно-научные лаборатории Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий, оборудованных современным оборудованием, в том числе: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), компьютер для высокопроизводительных параллельных вычислений с использованием GPU (6-Core Intel Core i7, 64 GB DDR4 SDRAM, 2x NVIDIA GeForce GTX 1080), компьютер для высокопроизводительных параллельных вычислений с использованием CPU, состоящий из шасси с блейд-серверами HP BladeSystem c7000 Enclosure (16x HP ProLiant BL460c Xeon E5345 QuadCore) с установленным лицензионным продуктом Ansys Fluent 17. многофункциональное устройство.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.4.

11.2 Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Процессы и аппараты для получения аэрогелей» доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы практических и лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием.

При необходимости продолжается также использование в учебном процессе и для самостоятельной подготовки студентов ранее разработанных информационно-образовательных ресурсов кафедры КХТП, компьютерные конспекты лекций; видеуроки для проведения лабораторных занятий, направленных на приобретение навыков работы с оборудованием; комплексы лабораторных работ; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия по дисциплинам базовой и вариативной части; кафедральные библиотеки электронных изданий по дисциплинам вариативной части; электронные презентации к разделам лекционных

курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для бакалавров, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khtp.muctr.ru>.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Аэрогели. Основные термины и определения. Сверхкритическое состояние вещества. Процесс сверхкритической сушки.	<i>Знает:</i> основные типы, характеристики и свойства аэрогелей, а также аналитические методы их исследования; свойства сверхкритических флюидов и области их применения; основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки; основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической адсорбции. <i>Умеет:</i> выбирать параметры проведения процессов получения аэрогелей различного типа и состава; выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической сушки; выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической адсорбции. <i>Владеет:</i> современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе.	Оценка за реферативно-аналитическую работу. Оценка за работу на практических занятиях № 1-2. Оценка за работу на лабораторных занятиях № 1-2. Оценка за выполнение контрольной работы № 1. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Процессы получения аэрогелей различного типа и состава	<i>Знает:</i> основные типы, характеристики и свойства аэрогелей, а также аналитические методы их исследования; основные процессы и аппараты для проведения процесса	Оценка за работу на практических занятиях № 3-4. Оценка за работу на лабораторных занятиях № 3-4.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>сверхкритической сушки; основы процессов получения аэрогелей различного типа и состава.</p> <p><i>Умеет:</i> выбирать параметры проведения процессов получения аэрогелей различного типа и состава; использовать современные аналитические методы для исследования свойств и характеристик аэрогелей; выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической сушки.</p> <p><i>Владеет:</i> основами процессов получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе; современными аналитическими методами исследования свойств и характеристик аэрогелей; современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе.</p>	<p>Оценка за выполнение контрольной работы № 2.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>
<p>Раздел 3. Процессы получения композиций на основе аэрогелей</p>	<p><i>Знает:</i> основы процессов получения композиций на основе аэрогелей и аналитические методы их исследования; основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической адсорбции.</p> <p><i>Умеет:</i> выбирать параметры проведения процессов получения композиций на основе аэрогелей; выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической адсорбции.</p> <p><i>Владеет:</i> основами процессов получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе; современными аналитическими методами исследования свойств и характеристик аэрогелей; современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе.</p>	<p>Оценка за работу на практических занятиях № 5-6.</p> <p>Оценка за работу на лабораторных занятиях № 5-6.</p> <p>Оценка за выполнение контрольной работы № 3.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Процессы и аппараты для получения аэрогелей»
основной образовательной программы
28.03.02 Наноинженерия
Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
Квалификация – бакалавр**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, информатики, процессов и аппаратов химической технологии.

Цель дисциплины – изучить теоретические основы и сформировать у студентов навыки численного решения дифференциальных уравнений, на основе которых строятся математические модели процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Основные задачи дисциплины:

- изучение типов основных дифференциальных уравнений, входящих в математические модели химико-технологических процессов (ХТП);
- изучение численных методов решения дифференциальных уравнений;
- формирование понимания основных принципов работы численных методов;
- формирование навыков разработки расчётных модулей для численного решения различных дифференциальных уравнений;
- выработка навыков оценки точности решения, полученного с помощью численных методов.

Дисциплина «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов» преподаётся в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области наноинженерии.</p> <p>ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии.</p> <p>ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике.</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению;
- основные положения теории разностных схем;
- правила составления различных разностных схем.

Уметь:

- правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений;
- записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения;
- выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем;
- разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем;
- оценивать точность полученных результатов.

Владеть:

- методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП;
- практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	2,22	80	60
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,78	64	48
Контактная самостоятельная работа	1,78	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		63,6	47,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	ПЗ	ЛЗ	СР
1.	Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП	11	2	2	2	5
1.1	Классификация дифференциальных уравнений. Начальные и граничные условия	3	0,5	0,5	1	1
1.2	Приведение уравнений математических моделей ХТП к безразмерному виду	3	0,5	0,5	–	2
1.3	Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП	5	1	1	1	2
2.	Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения	46	10	3	14	19

2.1	Аппроксимация уравнения модели идеального вытеснения	7	2	1	–	4
2.2	Устойчивость разностных схем	8	3	1	–	4
2.3	Разностные схемы «явный уголок» и «неявный уголок»	12,5	2	0,5	6	4
2.4	Разностные схемы «подкова», «z-схема» и «кабаре»	12,5	2	0,5	6	4
2.5	Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП	6	1	–	2	3
3.	Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели	40	12	3	10	15
3.1	Аппроксимация уравнения диффузионной модели	5,5	2	0,5	–	3
3.2	Явная разностная схема	7,5	2	0,5	2	3
3.3	Неявная разностная схема	12,5	4	0,5	4	4
3.4	Разностная схема Кранка–Николсона	8,5	2	0,5	4	2
3.5	Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора	6	2	1	–	3
4.	Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных	25	6	5	–	14
4.1	Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа	12	3	2	–	7
4.2	Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка	6	2	1	–	3
4.3	Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности	7	1	2	–	4
5.	Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы	22	2	3	6	11
5.1	Решение одномерных стационарных задач	16	1	2	6	7
5.2	Решение многомерных стационарных задач	6	1	1	–	4
	ИТОГО	144	32	16	32	64

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Структура дисциплины и правила рейтинговой системы.

Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.

1.1. Классификация дифференциальных уравнений. Начальные и граничные условия.

Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий. Конкретные примеры уравнений математических моделей ХТП с позиции их классификации.

Связь классификации дифференциальных уравнений математических моделей ХТП с аналогичными задачами в нанотехнологии. Примеры уравнений математических моделей нанопроцессов и наносистем с позиции их классификации (описание суспензий с наночастицами, баланс числа наночастиц и нанокластеров в процессах кристаллизации, описание процессов на нанокатализаторах и т.д.).

1.2. Приведение уравнений математических моделей ХТП к безразмерному виду.

Необходимость приведения дифференциальной задачи к безразмерному виду. Методика приведения к безразмерному виду уравнений математических моделей ХТП на конкретных примерах.

1.3. Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП.

Понятие тестовой задачи. Цели использования тестовой задачи. Методика составления тестовой задачи. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи.

Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения

2.1. Аппроксимация уравнения модели идеального вытеснения.

Методика преобразования дифференциальной задачи в разностную. Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия порядка аппроксимации и ошибки аппроксимации. Методика оценки ошибки аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия разностной сетки, разностной схемы и разностного шаблона. Явные и неявные разностные схемы. Методика определения порядка аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация начальных и граничных условий.

2.2. Устойчивость разностных схем.

Понятие устойчивости разностных схем. Методика анализа устойчивости разностных схем (метод гармоник). Анализ устойчивости явных и неявных разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка (уравнения модели идеального вытеснения). Правило выбора конечной разности для аппроксимации производной по координате в зависимости от знака коэффициента при этой производной. Принцип замороженных коэффициентов для уравнений с непостоянными коэффициентами при производных.

2.3. Разностные схемы «явный уголок» и «неявный уголок».

Методика записи схем. Характеристики схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Демонстрация и анализ причин накопления расчётной ошибки в схеме «явный уголок». Методика оценки точности численного решения, полученного с помощью устойчивой схемы.

2.4. Разностные схемы «подкова», «z-схема» и «кабаре».

Методика записи схем. Характеристики и особенности схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Анализ причин ситуаций, в которых схема «подкова» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «неявный уголок». Анализ причин ситуаций, в которых схема «z-схема» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «подкова».

2.5. Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП.

Примеры составления тестовых задач. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи. Методика выявления факторов, влияющих на точность численного решения тестовой задачи. Влияние наличия информации об истинном решении дифференциального уравнения на интерпретацию результатов численного решения, полученных с помощью различных разностных схем. Методика выбора оптимальной схемы для численного решения модели идеального вытеснения, описывающей реальный химико-технологический процесс.

Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели.

3.1. Аппроксимация уравнения диффузионной модели.

Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Оценка ошибки аппроксимации производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие одномерные дифференциальные уравнения параболического типа (уравнения диффузионной модели).

3.2. Явная разностная схема.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного

решения схемы. Демонстрация влияния выбора шага по времени на накопление расчётной ошибки в данной разностной схеме.

3.3. Неявная разностная схема.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Метод прогонки (метод численного решения неявной разностной схемы). Математические преобразования, необходимые для решения неявной схемы методом прогонки. Условие сходимости прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Блок-схема для программной реализации метода прогонки. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для численного решения неявной схемы методом прогонки.

3.4. Разностная схема Кранка–Николсона.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Численное решение схемы Кранка–Николсона методом прогонки. Анализ причин ситуаций, в которых схема Кранка–Николсона не позволяет получить более точного решения по сравнению с неявной схемой.

3.5. Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора.

Влияние наличия производной 1-го порядка по координате на методику записи и характеристики разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа. Разностные схемы с аппроксимацией первой производной по координате центральной конечной разностью (характеристика схем, изменение вида прогоночных коэффициентов и доказательство выполнения условия сходимости прогонки для неявной схемы).

Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных.

4.1. Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа.

Примеры химико-технологических процессов, описываемых многомерными дифференциальными уравнениями. Разностная сетка для двумерных и трёхмерных задач. Явная разностная схема: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения. Неявная разностная схема: методика записи, характеристики, доказательство невозможности численного решения без дополнительных преобразований. Метод дробных шагов для численного решения неявной схемы. Разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.2. Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.

Явные разностные схемы, исследование их устойчивости и методика решения. Неявные разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.3. Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности.

Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первые производные по координатам. Составление разностных схем на основе метода дробных шагов для многомерных дифференциальных уравнений, содержащих определённый набор производных 1-го и 2-го порядка по координатам x , y , z ; выбор граничных условий, необходимых для численного решения таких уравнений. Построение алгоритмов для решения многомерных задач диффузии и теплопроводности с учётом конвективных явлений.

Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы.

5.1. Решение одномерных стационарных задач.

Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) 2-го порядка. Метод

установления – преобразование стационарной задачи в нестационарную. Оценка целесообразности использования разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа, совместно с методом установления. Методика оценки момента окончания расчётов. Методика построения расчётного модуля в EXCEL и блок-схема для программной реализации метода установления совместно с неявной разностной схемой.

5.2. Решение многомерных стационарных задач.

Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно с явной разностной схемой, схемой расщепления, схемой предиктор-корректор. Построение алгоритмов для решения задач расчёта стационарных концентрационных и тепловых профилей в проточных трубчатых реакторах.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы				
		1	2	3	4	5
	Знать:					
1	основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению	+	+	+	+	+
2	основные положения теории разностных схем		+	+	+	
3	правила составления различных разностных схем		+	+	+	+
	Уметь:					
4	правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений		+	+	+	+
5	записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения		+	+	+	+
6	выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем		+	+	+	+
7	разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем		+	+		+
8	оценивать точность полученных результатов		+	+		+
	Владеть:					
9	методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП		+	+	+	+
10	практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач		+	+		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
11	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности	ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса			+	+
					+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Разделы				
			1	2	3	4	5
12	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области наноинженерии		+	+	+	+
		ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии		+	+		+
		ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике		+	+		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1 – 1.3	Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.	2
2	2.1	Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Методика определения порядка аппроксимации конечных разностей. Явные и неявные разностные схемы. Порядок аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация граничных условий.	1
3	2.2	Спектральный метод исследования устойчивости разностных схем.	1
4	2.3, 2.4	Методика записи разностных схем, аппроксимирующих уравнение модели идеального вытеснения, и преобразования, необходимые для их численного решения.	1
5	3.1 – 3.4	Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие уравнение диффузионной модели, и исследование их устойчивости.	1
6	3.3, 3.4	Метод прогонки.	1
7	3.5	Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора.	1
8	4.1	Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа.	2
9	4.2	Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.	1
10	4.3	Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности.	2
11	5.1	Решение одномерных стационарных задач.	2
12	5.2	Решение многомерных стационарных задач.	1

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов», а также дает знания и способствует выработке навыков разработки модулей для решения сложных расчётных задач.

Темы лабораторных работ и разделы, которые они охватывают:

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.1, 1.3	Общие представления о построении расчётных модулей в EXCEL для численного решения дифференциальных уравнений: задание осей переменных, задание начальных и граничных условий, выделение расчётной области, методика набора расчётных формул в EXCEL, методика расчёта погрешности численного решения тестовой задачи.	2
2	2.3 – 2.5	Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем: построение расчётных модулей в EXCEL; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем и различных значений шагов разбиения по переменным; выявление факторов, влияющих на точность численного решения.	14
3	3.2 – 3.4	Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем: построение расчётных модулей в EXCEL; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем и различных значений Δt ; выявление факторов, влияющих на точность численного решения конкретной дифференциальной задачи.	10
4	3.5, 5.1	Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса: преобразование стационарной задачи в нестационарную, построение расчётных модулей в EXCEL с учётом оценки точности установления стационарного состояния; оценка точности полученных численных решений; сравнение результатов, полученных с помощью различных разностных схем.	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям посредством вывода тестовых уравнений согласно индивидуальному заданию и разработки заготовок в EXCEL для последующей реализации численных методов;
- составление отчётов по лабораторным работам, включающих необходимый теоретический материал, методику построения расчётных модулей, результаты численного расчёта (в виде таблиц с погрешностями) и их анализ;
- подготовку к защите отчётов по лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 2 контрольных работ (максимальная оценка – 15 баллов: 7 баллов за контрольную работу № 1 и 8 баллов за контрольную работу № 2), 3 циклов лабораторных работ (максимальная оценка – 27 баллов: 12 баллов за 1-й цикл, 9 баллов – за 2-й цикл и 6 баллов – за 3-й цикл), за составление и защиту отчётов по циклам лабораторных работ (максимальная оценка – 18 баллов: по 6 баллов за выполнение и защиту каждого отчёта) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

8.1. Темы и примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Контрольные работы выполняются в часы, выделенные учебным планом на практические занятия. Предусмотрено **2 контрольные работы**.

Контрольная работа № 1

Тема: «**Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП**».

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 1. Максимальная оценка – **7 баллов**.

Контрольная работа № 1 состоит из **3 заданий**. Задание № 1 оценивается **3 баллами**, задание № 2 – **2 баллами**, задание № 3 – **2 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 1 – не более 1 акад. часа.

Пример варианта контрольной работы № 1 (7 баллов)

Задание 1 (3 балла). Для тестовой функции (ТФ):

$$u = t e^x$$

вывести дифференциальное уравнение в частных производных 2-го порядка параболического типа, истинным решением которого является заданная ТФ. Объяснить, на основе каких критериев полученное дифференциальное уравнение относится к требуемому типу.

Задание 2 (2 балла). Для полученного в задании 1 дифференциального уравнения составить необходимый набор начальных и граничных условий на основе заданной ТФ.

Задание 3 (2 балла). Привести уравнение математической модели ХТП

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - kc$$

к безразмерному виду и определить недостающие характерные величины процесса, если известно: $c_0 = 35$ г/л, $t_k = 20$ ч, $L_x = 8$ м, $L_y = 4$ м. Обозначения: c – концентрация химического реагента в аппарате; t – время; x – координата по длине аппарата; y – координата по ширине аппарата; k – константа химической реакции; D_x – коэффициент диффузии в направлении оси x ;

D_y – коэффициент диффузии в направлении оси y ; c_0 – начальная концентрация химического реагента в аппарате; t_k – время протекания процесса; L_x – длина аппарата; L_y – ширина аппарата.

Контрольная работа № 2

Тема: «Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных».

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 4. Максимальная оценка – **8 баллов**.

Контрольная работа № 2 состоит из **2 заданий**, каждое из которых оценивается **4 баллами**.

Рекомендуемая продолжительность выполнения заданий контрольной работы № 2 – не более 2 акад. часов.

Шаблон контрольной работы № 2 (8 баллов)

В отличие от традиционного представления контрольной работы, когда в каждом варианте полностью прописаны все задания, в данной контрольной работе задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон задания 1 (4 балла). Для заданного шаблона двумерного дифференциального уравнения параболического типа:

$$= \sigma_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sigma_2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + f \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x = 0, y) = \psi_1(t, y) \\ u(t, x = 1, y) = \varphi_2(t, y) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x, y = 1) = \psi_2(t, x) \\ u(t = 0, x, y) = \xi(x, y) \end{array} \right.$$

сформировать индивидуальное задание, подставив коэффициенты $v_1, v_2, \sigma_1, \sigma_2$ и функцию f согласно выбранным предварительно вариантам. Для полученного уравнения выбрать необходимые начальные и граничные условия и записать требуемую разностную схему (схему расщепления или предиктор-корректор) согласно выбранному варианту. Указать порядок аппроксимации схемы. Для каждой подсхемы определить метод решения и записать рекуррентное соотношение.

Шаблон задания 2 (4 балла). Для заданного шаблона трёхмерного дифференциального уравнения параболического типа:

$$= \sigma_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \sigma_2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \sigma_3 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x = 1, y, z) = yz \\ u(t, x, y = 0, z) = 0 \\ u(t, x, y = 1, z) = xz \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u(t, x, y, z = 1) = xy \\ u(t = 0, x, y, z) = 0 \end{array} \right.$$

сформировать индивидуальное задание, подставив коэффициенты $v_1, v_2, v_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ согласно выбранному варианту. Для полученного уравнения выбрать необходимые начальные и граничные условия и записать разностную схему, отличную от схемы в задании 1 (если в задании 1 требовалось записать схему расщепления, то в задании 2 требуется записать схему предиктор-корректор и наоборот). Указать порядок аппроксимации схемы. Для каждой подсхемы определить метод решения и записать рекуррентное соотношение.

8.2. Темы и примеры заданий для лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Лабораторные работы по дисциплине выполняются в компьютерном классе. Предусмотрено **10 заданий** для лабораторных занятий, первое из которых является ознакомительным с базовыми возможностями EXCEL, требуемыми для реализации численных методов в рамках материала дисциплины, а остальные 9 заданий объединены тематически в **3 основных цикла лабораторных работ**.

По результатам выполнения каждого из 3 циклов лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Также в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу, предусмотрены следующие виды работ, непосредственно связанных с выполнением лабораторных работ в компьютерном классе:

- подготовка к лабораторным занятиям посредством вывода тестовых уравнений согласно индивидуальному заданию и разработка заготовок в EXCEL для последующей реализации численных методов;

- доработка расчётных модулей, построенных во время лабораторных занятий в компьютерном классе;

- выполнение работы по исправлению ошибок в расчётных модулях, построенных во время лабораторных занятий в компьютерном классе.

Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

Ознакомительная лабораторная работа (задание 1)

Тема: «**Общие представления о построении расчётных модулей в EXCEL для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных**».

Ознакомительная лабораторная работа подразумевает, что вся группа студентов выполняет одно тренировочное задание под руководством преподавателя, целью которого является научить студентов грамотно распланировать рабочий лист EXCEL для разработки расчётного модуля в рамках материала дисциплины.

Выполнение ознакомительной лабораторной работы подразумевает следующую последовательность действий:

- правильное расположение на рабочем листе EXCEL осей переменных x и t с заданным шагом по каждой из них,

- заполнение ячеек, предназначенных для начальных и граничных условий,

- заполнение расчётной области,

- создание таблицы с истинными значениями тестовой функции,

- расчёт таблицы погрешностей численного решения тестовой задачи и расчёт усреднённой погрешности для численного метода.

Ознакомительная лабораторная работа необходима для последующего выполнения расчётных заданий, **в баллах не оценивается** и в суммарном рейтинге по дисциплине не учитывается.

Цикл лабораторных работ № 1 (задания 2–5)

Тема: «**Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем**».

Цикл лабораторных работ № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу № 2. Максимальная оценка за выполнение – **12 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 1 состоит из **4 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

Шаблон цикла лабораторных работ № 1 (12 баллов)

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно

согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения модели идеального вытеснения:

$$k_1 \frac{\partial u}{\partial t} + k_2 \frac{\partial u}{\partial x} = \varphi(t, x)$$

Интервалы задания переменных:

$$x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1].$$

Общий вид начальных и граничных условий:

$$u(t=0, x) = \xi(x), \quad u(t, x=0) = \psi_1(t), \quad u(t, x=1) = \psi_2(t).$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

$$\begin{aligned} \text{а) } \Delta t = 0.1, h = 0.1; \quad \text{б) } \Delta t = 0.01, h = 0.1; \\ \text{в) } \Delta t = 0.1, h = 0.01; \quad \text{г) } \Delta t = 0.01, h = 0.01. \end{aligned}$$

Для формирования окончательного вида уравнения и начальных и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов k_1 и k_2 и функции $u(t, x)$ определить функции $\varphi(t, x)$, $\xi(x)$ и $\psi_1(t)$ либо $\psi_2(t)$ (в зависимости от знака k_2).

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

Задание 2 (3 балла). Разностной схемы «явный уголок»;

Задание 3 (3 балла). Разностной схемы «неявный уголок»;

Задание 4 (3 балла). Разностной схемы «подкова»;

Задание 5 (3 балла). Разностной схемы «z-схема».

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^M |u_j^{(расч)} - u_j^{(ист)}|$$

Цикл лабораторных работ № 2 (задания 6–8)

Тема: «**Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем**».

Цикл лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделу № 3. Максимальная оценка за выполнение – **9 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 2 состоит из **3 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

Шаблон цикла лабораторных работ № 2 (9 баллов)

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения диффузионной модели:

$$k_1 \frac{\partial u}{\partial t} = k_2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varphi(t, x)$$

Интервалы задания переменных:

$$x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1].$$

Общий вид начальных и граничных условий:

$$u(t=0, x) = \xi(x), \quad u(t, x=0) = \psi_1(t), \quad u(t, x=1) = \psi_2(t).$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

$$\text{а) } \Delta t = 0.1, h = 0.1; \quad \text{б) } \Delta t = 0.001, h = 0.1.$$

Для формирования окончательного вида уравнения и начальных и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов k_1 и k_2 и функции $u(t, x)$ определить функции $\varphi(t, x)$, $\xi(x)$, $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$.

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

- Задание 6** (3 балла). Явной разностной схемы;
Задание 7 (3 балла). Неявной разностной схемы;
Задание 8 (3 балла). Разностной схемы Кранка–Николсона.

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

Цикл лабораторных работ № 3 (задания 9,10)

Тема: «Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса».

Цикл лабораторных работ № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по разделам № 3 и № 5. Максимальная оценка за выполнение – **6 баллов**.

Цикл лабораторных работ № 3 состоит из **2 заданий**, выполнение каждого из которых оценивается **3 баллами**.

Шаблон цикла лабораторных работ № 3 (6 баллов)

В отличие от традиционного представления заданий для лабораторных работ, когда в каждом варианте полностью прописаны все исходные данные, в данном случае задаются только шаблоны формул, а конкретные задания студенты должны сформировать самостоятельно согласно выбранным предварительно вариантам. Целью такого подхода является существенное увеличение количества вариантов и практически полное исключение их повторяемости.

Шаблон дифференциального уравнения, описывающего одномерный стационарный диффузионный процесс:

$$v \frac{du}{dx} + \sigma \frac{d^2u}{dx^2} + \varphi(x) = 0$$

Интервал задания переменной:

$$x \in [0, 1].$$

Общий вид граничных условий:

$$u(x=0) = \psi_1, \quad u(x=1) = \psi_2.$$

Значения шагов разбиения по переменным для выполнения расчётов:

$$\Delta t = 0.1, \quad h = 0.1.$$

Для формирования окончательного вида уравнения и граничных условий необходимо согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов v и σ и функции $u(x)$ определить функцию $\varphi(x)$ и константы ψ_1 и ψ_2 .

Используя метод установления, преобразовать полученное ОДУ в уравнение параболического типа (соблюдая при этом правила группировки производных). Для полученного уравнения задать начальное условие.

Выполнить расчёты полученного уравнения с помощью:

Задание 9 (3 балла). Неявной разностной схемы с аппроксимацией du/dx левой или правой конечной разностью (выбор согласно соответствующему правилу);

Задание 10 (3 балла). Неявной разностной схемы с аппроксимацией du/dx центральной конечной разностью.

Установление стационарного состояния (окончание расчётов по временным итерациям) отслеживать по формуле:

$$\sqrt{h \sum_j (u_j^{n+1} - u_j^n)^2} \leq \varepsilon.$$

Порядок ε выбрать самостоятельно в интервале $[-4, -7]$.

Для каждого задания определить суммарную абсолютную погрешность по формуле:

8.3. Составление отчётов по лабораторным работам для текущего контроля освоения дисциплины

По результатам выполнения каждого из 3 циклов лабораторных работ составляется отчёт, написание которого предусмотрено в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Защита отчётов по лабораторным работам предусмотрена во время аудиторных занятий.

Составление отчётов по лабораторным работам предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу соответствующих разделов. Максимальная оценка за выполнение и защиту каждого отчёта – **6 баллов** (за 3 отчёта – **18 баллов**).

Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 1 (6 баллов)

Тема: «**Численное решение уравнения модели идеального вытеснения с помощью различных разностных схем**».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 1 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела № 2. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение начального и граничного условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов k_1 и k_2 и функции $u(t, x)$.

2. Теоретический материал к **заданию 2**: расчёт с помощью разностной схемы «явный уголок»:

- 2.1) записать разностную схему «явный уголок»,
- 2.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 2.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 2.4) кратко описать методику решения схемы,
- 2.5) вывести расчётную формулу,
- 2.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,
- 2.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения Δt и h и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений Δt и h .

3. Теоретический материал к **заданию 3**: расчёт с помощью разностной схемы «неявный уголок»:

- 3.1) записать разностную схему «неявный уголок»,
- 3.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 3.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 3.4) кратко описать методику решения схемы,
- 3.5) вывести расчётную формулу,
- 3.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,
- 3.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения Δt и h и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений Δt и h .

4. Теоретический материал к **заданию 4**: расчёт с помощью разностной схемы «подкова»:

- 4.1) записать разностную схему «подкова»,
- 4.2) указать порядок аппроксимации схемы,
- 4.3) указать тип устойчивости схемы,
- 4.4) кратко описать методику решения схемы,
- 4.5) вывести расчётную формулу,
- 4.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,

4.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения Δt и h и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений Δt и h .

5. Теоретический материал к **заданию 5**: расчёт с помощью разностной схемы «z-схема»:

5.1) записать разностную схему «z-схема»,

5.2) указать порядок аппроксимации и тип устойчивости схемы,

5.3) кратко описать методику решения схемы и возникающие при этом сложности,

5.4) вывести основную расчётную формулу,

5.5) записать разностную схему «подкова» для определения значений на незаданной границе и вывести расчётную формулу,

5.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,

5.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значения Δt и h , а также использование для определения значений на незаданной границе схемы «подкова» на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений Δt и h .

6. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем при одинаковых значениях Δt и h : описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных схем. Выбрать оптимальный метод численного решения данной дифференциальной задачи, позволяющий добиться наиболее точных результатов при наименьших затратах на организацию и выполнение расчётов.

Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 2 (6 баллов)

Тема: «**Численное решение уравнения диффузионной модели с помощью различных разностных схем**».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 2 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу раздела № 3. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение начального и граничных условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов k_1 и k_2 и функции $u(t, x)$.

2. Теоретический материал к **заданию 6**: расчёт с помощью явной разностной схемы:

2.1) записать явную разностную схему,

2.2) определить порядок аппроксимации схемы,

2.3) провести исследование устойчивости схемы,

2.4) кратко описать методику решения схемы,

2.5) вывести расчётную формулу,

2.6) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,

2.7) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение Δt и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо схождения результатов, полученных с использованием разных значений Δt .

3. Теоретический материал к **заданию 7**: расчёт с помощью неявной разностной схемы:

3.1) записать неявную разностную схему,

3.2) определить порядок аппроксимации схемы,

3.3) провести исследование устойчивости схемы,

3.4) кратко описать методику решения схемы,

3.5) вывести прогоночные коэффициенты,

3.6) проверить сходимость прогонки,

3.7) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,

3.8) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение Δt и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений Δt .

4. Теоретический материал к заданию 8: расчёт с помощью разностной схемы Кранка–Николсона:

- 4.1) записать разностную схему Кранка–Николсона,
- 4.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 4.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 4.4) кратко описать методику решения схемы,
- 4.5) вывести прогоночные коэффициенты,
- 4.6) проверить сходимость прогонки,
- 4.7) привести результаты расчётов в виде таблицы со значениями δ ,
- 4.8) провести сравнение и анализ полученных результатов – описать, как влияют значение Δt и тип устойчивости схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных значений Δt .

5. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем при одинаковых значениях Δt : описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных схем. Выбрать оптимальный метод численного решения данной дифференциальной задачи, позволяющий добиться наиболее точных результатов при наименьших затратах на организацию и выполнение расчётов.

Примерный план отчёта по циклу лабораторных работ № 3 (6 баллов)

Тема: «Численное решение одномерного стационарного диффузионного процесса».

Составление отчёта по циклу лабораторных работ № 3 предусматривает закрепление знаний, умений и навыков по теоретическому материалу разделов № 3 и № 5. Максимальная оценка за выполнение и защиту – **6 баллов**.

1. Формирование индивидуального варианта задания: вывод дифференциального уравнения и получение граничных условий согласно выбранным предварительно вариантам значений коэффициентов ν и σ и функции $u(x)$.

2. Доказательство невозможности численного решения полученного уравнения с помощью метода прогонки напрямую.

3. Преобразование с помощью метода установления ОДУ в уравнение параболического типа; запись начального условия и порядка ε (точности установления стационарного состояния), заданных самостоятельно при выполнении лабораторной работы.

4. Теоретический материал к заданию 9: расчёт с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией du/dx левой или правой конечной разностью:

- 4.1) записать требуемую разностную схему (выбор конечной разности для аппроксимации du/dx обосновать с помощью соответствующего правила),
- 4.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 4.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 4.4) кратко описать методику решения схемы,
- 4.5) вывести прогоночные коэффициенты,
- 4.6) проверить сходимость прогонки,
- 4.7) привести результаты расчётов в виде значения δ ,

5. Теоретический материал к заданию 10: расчёт с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией du/dx центральной конечной разностью:

- 5.1) записать требуемую разностную схему,
- 5.2) определить порядок аппроксимации схемы,
- 5.3) провести исследование устойчивости схемы,
- 5.4) кратко описать методику решения схемы,

5.5) вывести прогоночные коэффициенты,

5.6) проверить сходимость прогонки (допускается использование численных значений прогоночных коэффициентов, полученных при выполнении лабораторной работы),

5.7) привести результаты расчётов в виде значения δ ,

6. Провести сравнение и анализ результатов, полученных с использованием разных схем: описать, как влияет выбор схемы на точность расчётов, и указать причины различия либо сходства результатов, полученных с использованием разных схем. Также сравнить число итераций, требуемых каждой из схем для установления стационарного состояния (при выбранном начальном условии и ϵ).

8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой, 6 семестр)

1. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий.
2. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Конкретные примеры уравнений математических моделей ХТП с позиции их классификации и краткая характеристика методов их численного решения.
3. Методика приведения к безразмерному виду уравнений математических моделей ХТП.
4. Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи. Методика выявления факторов, влияющих на точность численного решения тестовой задачи.
5. Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия порядка аппроксимации и ошибки аппроксимации. Методика оценки ошибки аппроксимации производной 1-го порядка.
6. Понятия разностной сетки, разностной схемы и разностного шаблона. Явные и неявные разностные схемы. Методика определения порядка аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация начальных и граничных условий.
7. Понятие устойчивости разностных схем. Методика анализа устойчивости разностных схем (метод гармоник). Анализ устойчивости явных и неявных разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Правило выбора конечной разности для аппроксимации производной по координате.
8. Разностная схема «явный уголок». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
9. Разностная схема «неявный уголок». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
10. Разностная схема «подкова». Методика записи схемы. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин ситуаций, в которых схема «подкова» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «неявный уголок».
11. Разностная схема «z-схема». Методика записи схемы. Характеристики и особенности схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин ситуаций, в которых схема «z-схема» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «подкова».

12. Разностная схема «кабаре». Методика записи схемы. Характеристики и особенности схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Анализ причин накопления расчётной ошибки в схеме.
13. Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП. Влияние наличия информации об истинном решении дифференциального уравнения на интерпретацию результатов численного решения, полученных с помощью различных разностных схем. Методика выбора оптимальной схемы для численного решения модели идеального вытеснения.
14. Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Оценка ошибки аппроксимации производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие одномерные дифференциальные уравнения параболического типа (уравнения диффузионной модели).
15. Явная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы.
16. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Метод прогонки. Математические преобразования, необходимые для решения неявной схемы методом прогонки. Условие сходимости прогонки. Алгоритм решения метода прогонки.
17. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Характеристики схемы. Метод прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Блок-схема для программной реализации метода прогонки.
18. Неявная разностная схема, аппроксимирующая одномерное дифференциальное уравнение параболического типа. Методика записи схемы. Характеристики схемы. Метод прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для численного решения неявной схемы методом прогонки.
19. Разностная схема Кранка–Николсона. Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Численное решение схемы Кранка–Николсона методом прогонки. Анализ причин ситуаций, в которых схема Кранка–Николсона не позволяет получить более точного решения по сравнению с неявной схемой.
20. Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора. Влияние наличия производной 1-го порядка по координате на методику записи и характеристики разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа.
21. Решение одномерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первую производную по координате, с помощью неявной разностной схемы с аппроксимацией первой производной по координате центральной конечной разностью. Характеристики схемы. Методика численного решения схемы. Исследование сходимости прогонки.
22. Примеры химико-технологических процессов, описываемых многомерными дифференциальными уравнениями. Разностная сетка для двумерных и трёхмерных дифференциальных уравнений параболического типа. Явная разностная схема: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
23. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей двумерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема расщепления: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.

24. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей двумерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема предиктор-корректор: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
25. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей трёхмерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема расщепления: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
26. Метод дробных шагов для численного решения неявной разностной схемы, аппроксимирующей трёхмерное дифференциальное уравнение параболического типа. Схема предиктор-корректор: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
27. Явные разностные схемы для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, исследование устойчивости, блок-схема для программной реализации численного решения.
28. Явные разностные схемы для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, исследование устойчивости, блок-схема для программной реализации численного решения.
29. Схема расщепления для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
30. Схема расщепления для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
31. Схема предиктор-корректор для численного решения двумерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
32. Схема предиктор-корректор для численного решения трёхмерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения.
33. Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первые производные по координатам. Составление разностных схем на основе метода дробных шагов для многомерных дифференциальных уравнений, содержащих определённый набор производных 1-го и 2-го порядка по координатам x , y , z ; выбор граничных условий, необходимых для численного решения таких уравнений. Привести примеры.
34. Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих ОДУ 2-го порядка. Обоснование выбора метода решения в зависимости от типа свободного члена уравнения.
35. Метод установления для преобразования одномерной стационарной задачи в нестационарную. Оценка целесообразности использования разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа, совместно с методом установления. Методика оценки момента окончания расчётов. Методика построения расчётного модуля в EXCEL и блок-схема для программной реализации метода установления совместно с неявной разностной схемой.
36. Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно с явной разностной схемой. Методика оценки момента окончания расчётов. Блок-схема для программной реализации метода.
37. Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно со схемой расщепления. Методика оценки момента окончания расчётов. Блок-схема для программной реализации метода.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.5. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачёта с оценкой, который включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет содержит один теоретический контрольный вопрос (из списка п. 8.4) и одну расчётную задачу (по типу заданий для лабораторных работ), для численной реализации которой требуется EXCEL. Таким образом, для проведения зачёта необходимо наличие компьютерного класса с предустановленным программным обеспечением. Вопросы билета должны относиться к разным разделам дисциплины. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый вопрос – 20 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю"	Министерство науки и высшего образования РФ
Зав. каф. КХТП	Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Глебов М.Б.	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	28.03.02 Наноинженерия
«__» ____ 20__ г.	Профиль "Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

БИЛЕТ № 1

1. Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий (максимальная оценка – 20 баллов).

2. Для уравнения

$$2 \frac{\partial u}{\partial t} = 7 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{2x}{e^t}, \quad x \in [0, 1], \quad t \in [0, 1],$$

$$u(t=0, x) = x, \quad u(t, x=0) = 0, \quad u(t, x=1) = 1/e^t$$

записать неявную разностную схему; выполнить математические преобразования, необходимые для решения схемы методом прогонки; построить расчётный модуль в EXCEL при $\Delta t = 0.01$ и $h = 0.1$; выполнить оценку точности полученного решения, если истинное решение дифференциального уравнения описывается функцией $u = x/e^t$ (максимальная оценка – 20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии: учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 220 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/chislennyye-metody-resheniya-uravneniy-matematicheskoy-fiziki-i-himii-454210> (дата обращения: 15.04.2021).

2. Скичко А.С., Кольцова Э.М. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. 56 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Кольцова Э.М., Скичко А.С., Женса А.В. Численные методы решения уравнений математической физики и химии. Сборник задач. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 40 с.

2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики : учебное пособие для студ. ун-тов. 4-е изд., испр. М.: Наука, 1972. 735 с.

3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1984. 150 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Numerical Methods for Partial Differential Equations». ISSN: 0749-159X.
- Журнал «Calculus of Variations and Partial Differential Equations». ISSN: 0944-2669.
- Журнал «Успехи в химии и химической технологии». ISSN: 1506-2017.
- Журнал «Дифференциальные уравнения». ISSN: 0374-0641.
- Журнал «Вестник Тульского государственного университета. Серия: Дифференциальные уравнения и прикладные задачи». ISSN: 2410-8251.
- Журнал «Advances in Differential Equations». ISSN: 1079-9389.
- Журнал «Differential Equations». ISSN: 0012-2661.
- Журнал «Journal of Differential Equations». ISSN: 0022-0396.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерный класс на 14 посадочных мест с предустановленным программным обеспечением (Windows 7, Microsoft Office 2010) и возможностью подключения к сети Интернет;
- конспекты лекций в формате *.pdf – 8;
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 50;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 12500;
- банк вариантов циклов лабораторных работ и связанной с ними контролируемой самостоятельной работы (написание отчётов по циклам лабораторных работ) – 900;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка заменяется следующим разделом:

- групповой чат в ЭИОС, индивидуальные чаты и тематическая группа в социальной сети <http://vk.com/>, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в Discord.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс, насчитывающий не менее 14 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет для проведения лабораторных занятий.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебные пособия по дисциплине. Электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса. Инструкции по формированию индивидуальных заданий лабораторных работ из шаблонов.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к практическим и лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; раздаточный материал к разделам дисциплины; справочные материалы.

На кафедре КХТП используются электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	10	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	10	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.</p>	<p>Знает: основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1 (наивысший балл – 7). Оценка на зачёте.</p>
<p>Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения.</p>	<p>Знает: основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. Умеет: правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов. Владеет: методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 1 (наивысший балл – 12). Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 1 (наивысший балл – 6). Оценка на зачёте.</p>
<p>Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели.</p>	<p>Знает: основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. Умеет: правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов. Владеет: методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 2 (наивысший балл – 9). Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 2 (наивысший балл – 6). Оценка на зачёте.</p>
<p>Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в</p>	<p>Знает: основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; основные положения теории разностных схем; правила составления различных разностных схем. Умеет: правильно выбирать метод численного</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл – 8). Оценка на зачёте.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
частных производных.	<p>решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем.</p> <p>Владеет: методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП.</p>	
<p>Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы.</p>	<p>Знает: основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению; правила составления различных разностных схем.</p> <p>Умеет: правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений; записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения; выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем; разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем; оценивать точность полученных результатов.</p> <p>Владеет: методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП; практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.</p>	<p>Оценка за цикл лабораторных работ № 3 (наивысший балл – 6).</p> <p>Оценка за отчёт по циклу лабораторных работ № 3 (наивысший балл – 6).</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

**«Численные методы решения уравнений математических моделей
химико-технологических процессов»**

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

«Утверждаю»
Проректор по учебной работе
_____ С. Н. Филатов
« ____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической
технологии, фармацевтики и биотехнологии»**

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Квалификация «бакалавр»

Рассмотрено и одобрено
На заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« ____ » _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021 г.

Программа составлена профессором, заведующим кафедрой Кибернетики химико-технологических процессов М.Б. Глебовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - по направлению подготовки **28.03.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии» относится к вариативной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, общей и неорганической химии, физической химии, коллоидной химии, физико-химических основ нанотехнологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, введения в наноинженерию, является обязательной дисциплиной и рассчитана на изучение в 7 семестре.

Цель дисциплины – обучение студентов на конкретных примерах практическому использованию метода математического моделирования, включая постановку физико-химического эксперимента, обработку результатов эксперимента, составление математических описаний, запись алгоритмов решения возникающих задач и реализация их на ЭВМ.

Задачи дисциплины:

дать основные знания по использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в изучении химических производств;
научить применять методы математического анализа и моделирования химико-технологических процессов и систем;
научить теоретическим и практическим методам и приемам исследованиям совмещенных систем;
научить принципам построения основных моделей, методов и алгоритмов решения задач моделирования;
научить решать типовые задачи моделирования химико-технологических систем;
научить использовать специализированное программное обеспечение для решения задач моделирования химико-технологических процессов.

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих профессиональных компетенций и индикаторов их достижения: (ПК): *ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3*

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский и инновационный тип задач профессиональной деятельности				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство; Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2 Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения наноинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.</p>	<p>ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами. ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

Знать:

определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей; этапы математического моделирования; взаимосвязь физического и математического моделирования; математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации, алгоритмы расчета вышеуказанных процессов.

Уметь:

поставить и провести физико-химический эксперимент, решать задачи составления математического описания, выбирать метод решения сформулированной системы уравнений, устанавливать адекватность математической модели объекту исследования, решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов.

Владеть:

методикой проведения физико-химического эксперимента, аналитическим, эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания; методами идентификации параметров математических моделей; алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах	В астр. часах
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа - аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лабораторные работы (ЛР)	1,78	64	48
Самостоятельная работа :	2,22	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,22	79,6	59,7
Контактная самостоятельная работа		0,4	0,3
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Прак. Зан.	Лаб. рабо-ты	Сам. работа
	Введение	1		1	-
1	Модуль 1. Исследование свойств объектов физико-химическим экспериментом и математическим моделированием	7		1	6
1.1	Ознакомление с экспериментальными установками для проведения физико-химического эксперимента.	3		1	2
1.2	Математическое моделирование как основа системного анализа процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, методологии разработки энерго- и ресурсосберегающих производств. Классификация математических моделей, взаимосвязь математических и физических моделей.	2		-	2
1.3	Структура математического описания процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Уравнения, отображающие основные законы сохранения массы, энергии и импульса, условия равновесия. Допущения и ограничения.	2		-	2
2	Модуль 2. Метод математического моделирования при изучении химико-технологических процессов.	18		12	6
2.1	Этапы математического моделирования. Блочный принцип разработки математических моделей.	4		-	2
2.2	Критерии установления адекватности моделей объектам химической и нефтехимической технологии, биотехнологии.	4		-	2
2.3	Методы идентификации параметров математических моделей.	10		12	2
3	Модуль 3. Экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах.	18		6	12
3.1	Экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах. Внутренние и внешние функции распределения потоков по времени пребывания.	14		6	8

3.2	Метод моментов для определения точечных оценок параметров моделей структуры потоков.	2		-	2
3.3	Определение начальных моментов плотности распределения через передаточную функцию объекта.	2		-	2
4	Модуль 4. Математические модели структуры потоков в аппаратах.	44		20	24
4.1	Модели идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, ячеечная с обратными потоками.	36		20	16
4.2	Комбинированные модели, учитывающие наличие в аппаратах застойных зон, потоков байпасирования и рециркуляции.	8		-	8
5	Модуль 5. Экспериментальное исследование и разработка математических моделей процессов: абсорбции, экстракции, сушки твердых веществ, многокомпонентной ректификации, массовой кристаллизации из растворов, теплообмена.	56		24	32
5.1	Конкретные примеры исследования процессов в аппаратах периодического и непрерывного действия.	55		23	32
5.2	ЗаклЮчение. Соотношение физического и математического моделирования.	1		1	
	ИТОГО	144		64	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Современные тенденции развития химической технологии в России и за рубежом. Цели и задачи дисциплины. Основные понятия и определения.

Модуль 1. Исследование свойств объектов физико-химическим экспериментом и математическим моделированием.

1.1. Ознакомление с экспериментальными установками для проведения физико-химического эксперимента.

1.2. Математическое моделирование как основа системного анализа процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, методологии разработки энерго- и ресурсосберегающих производств. Классификация математических моделей, взаимосвязь математических и физических моделей.

1.3. Структура математического описания процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Уравнения, отображающие основные законы сохранения массы, энергии и импульса, условия равновесия. Допущения и ограничения.

Модуль 2. Метод математического моделирования при изучении химико-технологических процессов.

2.1. Этапы математического моделирования. Блочный принцип разработки математических моделей.

2.2. Критерии установления адекватности моделей объектам химической и нефтехимической технологии, биотехнологии.

2.3. Методы идентификации параметров математических моделей.

Модуль 3. Экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах.

3.1. Экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах. Внутренние и внешние функции распределения потоков по времени пребывания.

3.2. Метод моментов для определения точечных оценок параметров моделей структуры потоков.

3.3. Определение начальных моментов плотности распределения через передаточную функцию объекта.

Модуль 4. Математические модели структуры потоков в аппаратах.

4.1. Модели идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, ячеечная с обратными потоками.

4.2. Комбинированные модели, учитывающие наличие в аппаратах застойных зон, потоков байпасирования и рециркуляции.

Модуль 5. Экспериментальное исследование и разработка математических моделей процессов: абсорбции, экстракции, сушки твердых веществ, многокомпонентной ректификации, массовой кристаллизации из растворов, теплообмена.

5.1. Конкретные примеры исследования процессов в аппаратах периодического и непрерывного действия.

5.2. Заключение. Соотношение физического и математического моделирования.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1	определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей	+	+	+		
2	этапы математического моделирования; взаимосвязь физического и математического моделирования		+			
3	взаимосвязь физического и математического моделирования	+	+	+		
4	математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации		+	+	+	
5	алгоритмы расчета процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации			+	+	+
	Уметь:					
7	поставить и провести физико-химический эксперимент		+			
8	решать задачи составления математического описания	+	+	+	+	
9	выбирать метод решения сформулированной системы уравнений	+	+	+	+	+
10	устанавливать адекватность математической модели объекту исследования				+	
11	решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов					
	Владеть:					
12	методикой проведения физико-химического эксперимента	+	+	+	+	
13	эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания		+	+	+	+
14	методами идентификации параметров математических моделей					
15	алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи					

Профессиональные компетенции (ПК):						
ПК-2 Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения нанотехнологий согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами.	+	+	+	+	+
	ПК-2.2. Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики).	+	+	+	+	+
	ПК-2.3. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены учебным планом

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии» выполняется в соответствии с Учебным планом и занимает 64 акад. ч. Лабораторные работы охватывают все модули дисциплины. В практикум входит 11 работ, примерно по 4 академических часа на каждую работу. Выполнение лабораторного практикума способствует приобретению практических навыков составления математических моделей химико-технологических процессов. А также - практических навыков использования математических моделей химико-технологических процессов для исследования поведения объекта в различных условиях функционирования. Оценка каждой лабораторной работы в зависимости от ее сложности лежит в диапазоне от 5 до 12 баллов.

Примеры лабораторных работ и модули, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	5	Лабораторная работа №1. Исследование кинетики процесса сушки	4
2	2	Лабораторная работа №2. Моделирование периодической ректификации водно-этанольной смеси в тарельчатой колонне.	4
3	5	Лабораторная работа №3. Исследование кинетики массовой кристаллизации сернокислово калия из водного раствора	8
4	5	Лабораторная работа №4. Экспериментальное исследование и моделирование теплообмена в теплообменнике типа «Труба в трубе»	4
5	1	Лабораторная работа №5. Исследование фазового равновесия в бинарной системе этанол-вода	4
6	1	Лабораторная работа №6. Фазовое равновесие в многокомпонентных смесях.	4
7	3	Лабораторная работа №7. Моделирование процесса биохимической очистки в промышленном аэротенке.	8
8	2	Лабораторная работа №8. Оценка эффективности работы колпачковой тарелки ректификационной колонны.	4
9	4	Лабораторная работа №9. Оценка максимального выхода целевого продукта в проточном реакторе для заданной схемы последовательно параллельных реакций.	4
10	2	Исследование экстракционного разделения жидких смесей	4
11	2	Исследование абсорбционного удаления хлора из воздушной смеси.	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 80 ч в семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- подготовку к выполнению лабораторных работ в виде предварительных опросов;
- подготовку к сдаче зачета и лабораторного практикума по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

Примерный перечень тем домашних заданий для самостоятельного выполнения студентами

1. Исследование структуры потоков в аппаратах колонного типа - 5 баллов.
2. Оценка целесообразности применения модели для описания структуры потока в аппарате - 5 баллов .
3. Расчет моментов экспериментальных функций отклика на стандартные возмущения через передаточную функцию - 5 баллов.
4. Оценка параметров моделей структуры потоков в аппаратах с использованием метода установившегося состояния - 5 баллов.
5. Формулировка и решение уравнений динамики изменения концентрации индикатора в выходном потоке аппарата, описываемом комбинированной моделью заданного вида - 7 баллов.
6. Определение динамики изменения концентрации индикатора на выходе из аппарата, структура потоков в котором описывается комбинированной моделью, для синусоидального (ступенчатого) входного возмущения - 7 баллов.

7. Расчет равновесия в бинарных смесях с учетом неидеальности компонентов жидкой фазы - 5 баллов.

8. Определение расхода абсорбента для улавливания заданного количества загрязняющих веществ в потоке воздуха - 7 баллов.

9. Определение расхода экстрагента, необходимого для извлечения загрязняющих веществ с заданной степенью из сточных вод - 9 баллов.

8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины.

Контрольная работа № 1

Максимальная оценка 5 баллов

по теме «Абсорбция»

Определить направление переноса ацетилена и движущую силу переноса (в начальный момент времени, в мольных долях) в системе атмосферный воздух – вода – ацетилен при температуре 25 °С, если в воздухе содержится $y=14\%$ объемных ацетилена, а в воде содержится $x=0,29 \cdot 10^{-3}$ кг ацетилена на 1 кг воды. Атмосферное давление составляет 765 мм рт. ст. Константа Генри K равна: $1,01 \cdot 10^6$ мм рт. ст.

Контрольная работа № 2

Максимальная оценка 5 баллов

по теме «Фазовые равновесия»

На лабораторной установке изучалось парожидкостное равновесие в системе ацетон-вода при температуре кипения смеси равной 61 °С. Состав жидкой фазы равнялся $X_{ад} = 0,308$ мол. доли. Необходимо вычислить состав паровой фазы и давление паровой смеси с точностью 10%. Расчеты вести с использованием уравнения Вильсона. Параметры уравнения Вильсона взять из лабораторного практикума.

Контрольная работа № 3

Максимальная оценка 5 баллов

по теме «Установление адекватности модели»

На производстве 3 смены рабочих выпускали сверхплановую продукцию

Смена	1	2	3
Количество сверхплановой продукции (в условных единицах)	3	7	5

Можно ли считать расхождения между количеством сверхплановой продукции по сменам случайными?

Контрольная работа № 4

Максимальная оценка 5 баллов

по теме «Исследование структуры потоков»

Вычислить размерные начальные и центральные моменты 1, 2 и 3 порядков и дисперсию по функции отулика на импульсное возмущение для аппарата, структура потоков в котором описывается ячеечной моделью ($N=3$). Объем аппарата 3 м³ а объемная скорость потока через аппарат – 2 м³/час.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Дудоров А.А., Глебов М.Б. Лабораторный практикум по моделированию основных процессов химической технологии. Учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. – 84 с.
2. Глебов М.Б., Дудоров А.А. Математическое моделирование массообменных процессов. Учеб. пособие, - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 191 с.
3. Комиссаров Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии (части III, IV) / Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. – М.: Химия, 2011, - 1230 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/174347/> (дата обращения: 20.11.2012).
2. Кафаров В.В. Основы массопередачи / В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1979. – 439 с.
3. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1984. – 370 с.
4. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Т.1. Основы стратегии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
5. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Т.4. Процессы массовой кристаллизации из растворов и газовой фазы / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э.М. Кольцова. – М.: Наука, 1983. – 310 с.
6. Шестопапов В.В. Математические модели ХТП и систем. Курс лекций. Ч.1 / В.В. Шестопапов. – М.: МХТИ, 1977. – 48 с.
7. Комиссаров Ю.А. Химико-технологические процессы. Теория и эксперимент / Ю. А. Комиссаров, М.Б. Глебов, Л.С. Гордеев, Д.П. Вент – М.: Химия, 1999. – 360 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, размещенные на сайте Междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) (<http://cis.muctr.ru/alk>)

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- Журнал «ТРИЗ» и другие.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО» (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.tefos.ru (дата обращения: 16.04.2021).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 16.04.2021).
3. Официальный дистрибьютор высокотехнологичного оборудования химических процессов от ведущих производителей Китая компания АККО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.akiko.ru (дата обращения: 16.04.2021) и другие.

Сайты на актуальные компании производителей и дистрибьюторов лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины: 2 компьютерных класса на 16 и 10 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и

биотехнологии» проводятся в форме лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре Кибернетики химико-технологических процессов для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 16 и 10 компьютерами. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием.

Кафедра обладает программным обеспечением, приведенным в разделе 13.4.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» доступны учебные материалы, размещенные на сайте кафедры <http://kxtp.muctr.ru>. Реализованы лекции по учебным модулям в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения практических работ.

Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре Кибернетики ХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013	20	Бессрочно
2	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Модуль 1. Исследование свойств	<i>Знает:</i> структуру математического описания процессов химической	Контрольная работа. Домашние задания.

<p>объектов физико-химическим экспериментом и математическим моделированием</p>	<p>технологии, этапы математического моделирования, выбор метода решения, установление адекватности модели по объекту, основные понятия нейросетевого моделирования; <i>Умеет:</i> строить математическое описание исходя из блочного принципа построения моделей, выбирать метод решения и строить алгоритмы расчета; <i>Владеет:</i> эмпирическим, аналитическим и эмпирико-аналитическими подходами к построению математического описания, статистическими методами установления адекватности моделей, способами построения алгоритмов расчета.</p>	<p>Зачет.</p>
<p>Модуль 2. Метод математического моделирования при изучении химико-технологических процессов</p>	<p><i>Знает:</i> методы идентификации параметров математических моделей: метод моментов и метод максимального правдоподобия; <i>Умеет:</i> формулировать задачу поиска неизвестных параметров модели и выбирать метод идентификации параметров; <i>Владеет:</i> методикой реализации методов поиска неизвестных параметров.</p>	<p>Контрольная работа. Домашние задания. Зачет.</p>
<p>Модуль 3. Экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах</p>	<p><i>Знает:</i> эмпирические методы установления структуры потоков, представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций, связь моментов распределения частиц потока по времени пребывания с передаточной функцией; <i>Умеет:</i> оценивать моменты распределения частиц потока по времени пребывания через эмпирические функции отклика на стандартные возмущения; <i>Владеет:</i> моделями структуры потоков в аппаратах.</p>	<p>Контрольная работа. Домашние задания. Зачет.</p>
<p>Модуль 4. Математические модели структуры потоков в аппаратах</p>	<p><i>Знает:</i> постановку задач и расчет равновесий в системе жидкость – газ, жидкость – пар, постановку задач и расчет равновесий в системе жидкость – жидкость <i>Умеет:</i> строить алгоритмы расчета двухфазных равновесий жидкость-пар (газ) и жидкость-</p>	<p>Контрольная работа. Домашние задания. Зачет.</p>

	жидкость в различных постановках; <i>Владеет:</i> методикой расчета двухфазных равновесий в реальных системах.	
Модуль 5. Экспериментальное исследование и разработка математических моделей процессов: абсорбции, экстракции, сушки твердых веществ, многокомпонентной ректификации, массовой кристаллизации из растворов, теплообмена	Знает: многокомпонентный массоперенос в однофазной среде, модели массопереноса в двухфазных средах; модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции, модели и алгоритмы расчета процесса многокомпонентной ректификации, модели и алгоритмы расчета процесса экстракции, модели и алгоритмы расчета процесса адсорбции, модели и алгоритмы расчета процесса сушки, модели и алгоритмы расчета процесса массовой кристаллизации из растворов; <i>Умеет:</i> рассчитывать потоки в двухфазных многокомпонентных системах; реализовывать алгоритмы расчета в форме моделирующих компьютерных программ; <i>Владеет:</i> методикой расчета массопереноса в двухфазных многокомпонентных системах; методикой расчета указанных процессов в проверочной и проектной постановках задачи	Контрольная работа. Домашние задания. Зачет.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РПД

«Экспериментальные методы исследования и моделирование процессов химической технологии, фармацевтики и биотехнологии»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«Производственная практика: научно-исследовательская работа»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б2 «Практика» учебного плана. Программа рассчитана на проведение практики в 7 семестре обучения.

Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, неорганической, органической, физической и коллоидной химии, биотехнологии, физико-химических основ нанотехнологии, математического моделирования нанопроцессов, метрологии и нанометрологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, численных методов решения прикладных задач в наноинженерии и др.

Цель практики – формирование универсальных и профессиональных компетенций для осуществления научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия посредством планирования и осуществления экспериментальной деятельности.

Задачами практики являются:

- приобретение навыков планирования и выполнения научно-исследовательской работы в области наноинженерии;
- обработка, интерпретация и представление научных результатов;
- подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы.

Способ проведения практики: **стационарная**.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики при подготовке бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		<p>решения поставленной задачи.</p> <p>УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи.</p> <p>УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатка.</p>
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий.
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	<p>УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.</p> <p>УК-4.3 Знает пассивную и активную лексику, в том числе, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для решения стандартных коммуникативных задач.</p> <p>УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках.</p> <p>УК-4.5 Умеет работать с оригинальной литературой по специальности со словарем.</p> <p>УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.</p>
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье-сбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.	<p>УК-6.3 Умеет планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.</p> <p>УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач.</p> <p>УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков.</p>

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.3 Умеет обеспечивать безопасные и/или комфортные условия труда на рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты. УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.</p>	<p>ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в нанотехнологии.</p> <p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p> <p>ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.</p> <p>ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.</p> <p>ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе			методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в нанотехнологии. ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов. ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области нанотехнологии.	наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – участие в составе	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряженных с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами. ПК-2.2 Умеет проводить	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе	основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	(химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов,	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области наноинженерии. ПК-3.2 Знает технические	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии. ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике. ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента. ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанообъектов и процессов с их участием. ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем.</p>	<p>разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

Знать:

- порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;
- основные разновидности наноматериалов и их свойства;
- области применения наноматериалов в химии, фармацевтике и биотехнологии;
- методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов;
- теоретические основы и методы математического моделирования нанопроцессов и наносистем.

Уметь:

- осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;
- работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты;
- применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных.

Владеть:

- навыками организации и выполнения научно-исследовательских работ;
- навыками решения поставленных задач;
- навыками изучения научно-технической информации, как отечественной, так и зарубежной.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 7 семестре на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления 28.03.02 Наноинженерия. Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	3,11	112	84
в том числе в форме практической подготовки:	3,11	112	84
Практические занятия (ПЗ):	3,11	112	84
в том числе в форме практической подготовки:	3,11	112	84
Самостоятельная работа	2,89	104	78
в том числе в форме практической подготовки:	2,89	104	78
Контактная самостоятельная работа	2,89	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		103,6	77,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

4.1. Разделы практики и виды занятий

Раздел	Наименование раздела	Академ. часов		
		Всего	ПЗ	СР
1	Обзор литературы по теме исследования	78	28	50
1.1	Выбор темы исследования	9	4	5
1.2	Составление аналитического литературного обзора	69	24	45
2	Выполнение научных исследований	110	70	40
2.1	Постановка цели и задач исследования	17	7	10
2.2	Планирование и выполнение научных исследований	93	63	30
3	Представление результатов научных исследований	28	14	14
3.1	Подведение итогов научной работы	11	7	4
3.2	Оформление результатов исследований	17	7	10
	ИТОГО	216	112	104

4.2 Содержание разделов практики

Раздел 1. Обзор литературы по теме исследования.

1.1. Выбор темы исследования.

1.2. Составление аналитического литературного обзора.

Обоснование актуальности темы. Поиск и проработка научной литературы из всех доступных источников за определенный (согласованный с руководителем) период времени. Анализ найденной информации и составление литературного обзора по теме научной работы.

Раздел 2. Выполнение научных исследований.

2.1. Постановка цели и задач исследования.

Формулирование цели исследования (какой результат предполагается получить) и постановка задачи исследования (что делать – теоретически и экспериментально). Изучение экспериментальных установок для проведения исследований. Отработка методик исследований и определения погрешностей экспериментальных данных.

2.2. Планирование и выполнение научных исследований.

Планирование и проведение эксперимента (лабораторного, вычислительного). Определение характеристик объектов исследования. Приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением для проведения компьютерных вычислительных экспериментов по теме работы. Сопоставление полученных результатов с данными из научных источников, объяснение закономерностей, обнаруженных в процессе исследования. Выявление новизны результатов.

Раздел 3. Представление результатов научных исследований.

2.1. Подведение итогов научной работы.

Анализ и интерпретация полученных результатов. Систематизация материала. Формулирование выводов и заключений. Формулировка рекомендаций к использованию на практике результатов, полученных в ходе исследования.

2.2. Оформление результатов исследований.

Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к написанию и представлению отчета. Подготовка и оформление отчета к итоговой аттестации.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
<i>Знать:</i>					
1	порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области		+		
2	основные разновидности наноматериалов и их свойства	+			
3	области применения наноматериалов в химии, фармацевтике и биотехнологии	+			
4	методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов	+	+		
5	теоретические основы и методы математического моделирования нанопроцессов и наносистем	+	+		
<i>Уметь:</i>					
6	осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий	+	+	+	
7	работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты		+	+	
8	применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных		+	+	
<i>Владеть:</i>					
9	навыками организации и выполнения научно-исследовательских работ		+		
10	навыками решения поставленных задач	+	+	+	
11	навыками изучения научно-технической информации, как отечественной, так и зарубежной	+	+		
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
12	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности	+		
		УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие		+	
		УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	+	+	+
		УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи		+	
		УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки		+	

№	В результате прохождения практики студент должен		Разделы		
			1	2	3
13	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий.		+	
14	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности	+		
		УК-4.3 Знает пассивную и активную лексику, в том числе, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для решения стандартных коммуникативных задач	+	+	
		УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках	+		
		УК-4.5 Умеет работать с оригинальной литературой по специальности со словарем	+		
		УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности	+		+
15	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.3 Умеет планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	+	+	
		УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач	+	+	+
		УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков	+	+	
16	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности	+	+	
		УК-8.3 Умеет обеспечивать безопасные и/или комфортные условия труда на		+	

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
	жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты			
		УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности		+	
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
17	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии	ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в nanoинженерии	+		
		ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики	+	+	
		ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами	+	+	
		ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства nanoобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств	+	+	+
		ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств nanoобъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в nanoинженерии	+	+	
		ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов	+		
		ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области nanoинженерии	+	+	+
18	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых с областями применения nanoинженерии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами	+		
		ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики)		+	
		ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса		+	

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
19	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области наноинженерии	+	+	
		ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии	+	+	
		ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике			+
		ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента			+
		ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанообъектов и процессов с их участием			+
		ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем			+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия предусмотрено проведение практических занятий по практике в объёме 112 акад. часов (84 астр. часа) в 7 семестре.

Практические занятия состоят в выполнении обучающимися научно-исследовательской работы по индивидуальной тематике. Практические занятия проводятся в форме индивидуальных консультаций с научным руководителем и направлены на приобретение навыков применения теоретических знаний в научно-исследовательской работе. Примерный перечень тем научно-исследовательских работ приведен в разделе 8.1 настоящей программы.

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

На практику учебным планом выделено 104 акад. часа (78 астрон. часов) самостоятельной работы в 7 семестре.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Комплект оценочных средств по практике предназначен для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы, в том числе рабочей программы практики. А также для оценивания результатов обучения: знаний, умений, владений и уровня приобретенных компетенций.

Комплект оценочных средств включает:

– оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в форме устного опроса, позволяющего оценивать и диагностировать знание фактического материала, умение правильно использовать специальные термины и понятия, планировать и выполнять научное исследование;

– оценочные средства для проведения итогового контроля в форме зачета с оценкой.

8.1. Примерный перечень тем научно-исследовательских работ

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направления 28.03.02.

2. Исследование и моделирование процессов получения капель в микрофлюидных реакторах.

3. Получение и исследование кремнийорганических и органических аэрогелей и построение регрессионных моделей.

4. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.

5. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.

6. Исследование кинетики синтеза углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом метана.

7. Получение субмикронных частиц ибупрофена с использованием технологии быстрого расширения сверхкритического флюида.

8. Исследование процесса получения аэрогелей на основе хитозана для использования их в качестве медицинских изделий.

9. Разработка лабораторного способа получения аэрогелей на основе хитозана в форме частиц для дальнейшего масштабирования.

10. Моделирование процесса получения металлсодержащего полимерного нанокompозита на основе метилметакрилата.

11. Сравнение сверхкритической и лиофильной сушки для получения биоматериалов на основе хитозана.

12. Анализ и моделирование процесса получения металлсодержащего нанокompозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.

13. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.

14. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.

15. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитах типа MFI.

16. Моделирование процессов роста клеток млекопитающих в лаборатории на чипе.

17. Разработка методики получения медицинских матриц, содержащих агрегаты наночастиц гидроксиапатита.

18. Исследование процессов получения наноразмерных и субмикронных частиц

путём быстрого расширения растворов веществ в сверхкритическом диоксиде углерода.

19. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.

20. Изучение структурных и теплофизических характеристик аэрогелей в зависимости от параметров процесса гелеобразования.

21. Совмещение процессов замены растворителя и сверхкритической сушки в одном аппарате для получения наноструктурированных аэрогелей.

22. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы РМ 100.

23. Исследование технологии 3D печати гелевыми материалами с внедренными углеродными нанотрубками.

24. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

25. Исследование гибридных наноструктурированных материалов на основе биополимерных аэрогелей.

26. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитах.

27. Исследование структуры и свойств наноматериалов «аэрогель – тканевая подложка».

8.2. Примеры вопросов для текущего контроля освоения практики

Текущий контроль освоения практики проводится в форме устных опросов по теме научно-исследовательской работы. Предусмотрено 3 контрольных опроса. Максимальная оценка за каждый контрольный опрос – 20 баллов.

Контрольный опрос № 1.

Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры вопросов для контрольного опроса:

- специфика области научных знаний выбранной темы исследования,
- современная терминология в области темы исследования,
- основные достижения науки и производства по теме исследования,
- актуальность выполняемой работы,
- формулирование цели исследования, постановка задач исследования,
- представление программы научного исследования,
- предполагаемые научные и практические результаты исследования.

Контрольный опрос № 2.

Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры вопросов для контрольного опроса:

- контроль выполнения программы научно-исследовательской работы,
- анализ аналитического обзора по теме исследования,
- обоснование выбора и характеристика предлагаемых методов исследования,
- постановка и планирование эксперимента,
- проведение эксперимента (лабораторного и вычислительного),
- определение характеристик объектов исследования,
- оценка погрешностей экспериментальных данных,
- анализ и интерпретация промежуточных результатов.

Контрольный опрос № 3.

Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры вопросов для контрольного опроса:

- анализ и интерпретация полученных результатов,
- графическое представление полученных результатов,

- сопоставление полученных результатов с данными из научных источников,
- объяснение закономерностей, обнаруженных в процессе исследования,
- выявление новизны результатов,
- систематизация материала, формулирование выводов и заключений,
- формулировка рекомендаций к использованию на практике результатов, полученных в ходе исследования,
- соответствие содержания отчета программе исследования,
- качество оформления отчета,
- содержание презентации научно-исследовательской работы.

8.3. Итоговый контроль освоения практики (зачёт с оценкой)

Результаты научно-исследовательской работы оформляются обучающимся в виде отчета, презентации и представляются в форме устного доклада. Итоговый контроль освоения практики включает представление отчета по научно-исследовательской работе, устный доклад, презентацию результатов научного исследования и ответы на вопросы по теме работы.

Перечень вопросов для итогового контроля:

1. Обоснование актуальности темы научно-исследовательской работы.
2. Формулировка научной новизны и практической значимости результатов научно-исследовательской работы.
3. История становления и развития объекта исследования научно-исследовательской работы.
4. Основные физико-химические свойства объекта исследования научно-исследовательской работы и современные методики их измерения (исследования, диагностики).
5. Основные нормативные требования к объекту исследования научно-исследовательской работы, современные методики диагностики и испытаний.
6. Основные правила техники безопасности при работе с объектом исследования научно-исследовательской работы.
7. Современные методы получения, хранения и исследования свойств объекта исследования научно-исследовательской работы.
8. Оборудование, необходимое для получения объекта исследования научно-исследовательской работы.
9. Программное обеспечение, используемое для изучения и моделирования свойств и характеристик объекта исследования научно-исследовательской работы.
10. Современное состояние исследований в мировом научном сообществе в отношении объекта исследования научно-исследовательской работы; перспективы дальнейшего развития научных исследований.
11. Формулировка цели и план научных исследований в рамках практики в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
12. Выбор методов исследования (диагностики свойств, испытания технических характеристик на соответствия нормативным требованиям) объекта исследования научно-исследовательской работы в рамках практики.
13. Методика проведения экспериментов в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
14. Основные результаты выполнения научно-исследовательской работы.
15. Методы анализа и обработки экспериментальных исследований.
16. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.
17. Типовая структура научной публикации; методология поиска необходимой

информации в научной статье.

18. Формы апробации результатов научно-исследовательских работ.

19. Актуальные современные направления научных исследований в области нанотехнологий.

20. Требования к организации научно-исследовательских работ с использованием программного обеспечения; основные виды программного обеспечения, используемого для исследований и моделирования в нанотехнологии.

21. Общие принципы организации проведения экспериментов и испытаний в нанотехнологии.

22. Требования к оформлению результатов научно-исследовательских работ.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

«Утверждаю» Зав. каф. КХТП _____ Глебов М.Б. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.03.02 Нанотехнологии Профиль «Нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии» «Производственная практика: научно-исследовательская работа»
Билет № 1	
1. Методы анализа и обработки экспериментальных исследований.	
2. Основные правила техники безопасности при работе с объектом исследования научно-исследовательской работы.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ [Текст] : методические указания / сост.: В. М. Аристов, С. Г. Комарова, Х. А. Невмятулина. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 36 с.

Б. Дополнительная литература

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 28 с.

2. Охрана интеллектуальной собственности: учебное пособие / Е.А. Василенко, Т.В. Мещерякова, Д.А. Бобров, В.А. Желтов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. 104 с.
3. Информационные системы: учебник для студентов учреждений высшего образования / С.А. Жданов, М.Л. Соболева, А.С. Алфимова. М.: Прометей, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990626447.html> (дата обращения: 15.04.2021).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN (печатной версии): 1992-7223, ISSN (онлайновой версии): 1992-4068.
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN: 2305-7971.
- «Наноиндустрия», ISSN: 1993-8578.
- «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование», ISSN: 2224-8412.
- «Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век», ISSN: 2225-0980.
- «Нанотехнологии: наука и производство», ISSN: 2306-0581.
- «Нанотехника», ISSN: 1816-4409.
- «Nanotechnology», ISSN (Online): 1361-6528, ISSN (Print): 0957-4484.
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии): 0236-235X, ISSN (онлайновой версии): 2311-2735.
- «Интеллектуальные системы. Теория и приложения», ISSN: 2411-4448.
- «Стандарты и качество», ISSN: 0038-9692.
- «Контроль качества продукции», ISSN: 2541-9900.
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN: 2073-0004.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Официальный сайт «РХТУ им. Д.И. Менделеева» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Подразделения. Факультет информационных технологий и управления. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.muctr.ru/univsubs/infacol/fvt/faculties/f2/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ckr-rg.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр Трансфера фармацевтических и биотехнологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-pharmcenter.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (Дата обращения: 15.04.2021).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

– Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.04.2021).

– Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку обеспечивает информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания ИБЦ использует технологию электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом занятия по практике проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра КХТП располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена:

- 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2,
- 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1,
- 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920,
- 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н,
- 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ,
- 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС,

- 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101,
- 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101,
- 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера CyBro2,
- 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150.

Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, азротенком.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой Луммарк, газоанализатором ГИАМ-310-02-2-2, газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

На кафедре КХТП имеется проектор для демонстрации аудиовизуального материала на лекциях, научных семинарах и конференциях.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для организации самостоятельной работы обучающихся и подготовки отчета по практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, представленные в разделе 9.2. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в лабораториях кафедры; учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП имеются электронные образовательные ресурсы: специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного

назначения.

Информация о подготовке отчетов по практике и особенностях проведения зачётов с оценкой по практике размещена в ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Обзор литературы по теме исследования	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные разновидности наноматериалов и их свойства; – области применения наноматериалов в химии, фармацевтике и биотехнологии; – методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов; – теоретические основы и методы математического моделирования нанопроцессов и наносистем. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками решения поставленных задач; – навыками изучения научно-технической информации, как отечественной, так и зарубежной. 	<p>Оценка за контрольный опрос № 1.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>
Раздел 2. Выполнение научных исследований	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области; – методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов; – теоретические основы и методы 	<p>Оценка за контрольный опрос № 2.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>математического моделирования нанопроцессов и наносистем.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий; – работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты; – применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками организации и выполнения научно-исследовательских работ; – навыками решения поставленных задач; – навыками изучения научно-технической информации, как отечественной, так и зарубежной. 	
<p>Раздел 3. Представление результатов научных исследований</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий; – работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты; – применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками решения поставленных задач. 	<p>Оценка за контрольный опрос № 3.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.11.2020, протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.11.2020 № 117 ОД;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПРАКТИКИ

«Производственная практика: научно-исследовательская работа»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«Производственная практика: преддипломная практика»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б2 «Практика» учебного плана и рассчитана на проведение практики в 8 семестре обучения (4 курс). Программа предполагает, что обучающиеся освоили все дисциплины и иные другие практики, предусмотренные учебным планом, и имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, неорганической, органической, физической и коллоидной химии, биотехнологии, физико-химических основ нанотехнологии, математического моделирования нанопроцессов, метрологии и нанометрологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, методов оптимизации и планирования эксперимента, систем управления в наноинженерии, численных методов решения прикладных задач в наноинженерии и др.

Цель практики – подготовка материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Задачами практики являются:

– окончательное формирование у обучающихся профессиональных компетенций, связанных с выполнением научно-исследовательских и расчетно-практических задач в области наноматериалов, нанопроцессов и нанотехнологий для химии, фармацевтики и биотехнологии;

– освоение нормативной документации изделий наноиндустрии по теме выпускной квалификационной работы;

– знакомство с организацией технологического процесса, исследуемого в выпускной квалификационной работе;

– освоение программного обеспечения для моделирования нанопроцессов и наносистем по теме выпускной квалификационной работы;

– обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы;

– закрепление навыков самостоятельной работы при решении конкретных научно-исследовательских и инновационных задач в профессиональной деятельности;

– формирование комплексного представления о специфике деятельности выпускника по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия.

Способ проведения практики: **стационарная**.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Прохождение практики при подготовке бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия профиля «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи. УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатка.
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий. УК-2.3 Владеет навыками выбора метода оптимизации сложных процессов в рамках поставленной цели.
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности. УК-4.3 Знает пассивную и активную лексику, в том числе, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для решения стандартных коммуникативных задач. УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках. УК-4.5 Умеет работать с оригинальной литературой по специальности со словарем. УК-4.8 Владеет навыками речевой деятельности применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи. УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье-сбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.	УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач. УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков.
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.9 Владеет навыками рационализации профессиональной деятельности с целью обеспечения безопасности и защиты окружающей среды.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
<p>– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач;</p> <p>– участие в составе коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и</p>	<p>– основные разновидности наноматериалов;</p> <p>– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;</p> <p>– наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.</p>	<p>ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в нанотехнологии.</p> <p>ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики.</p> <p>ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.</p> <p>ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства нанобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств.</p> <p>ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/01.6. Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных</p>

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе			методов диагностики для исследования свойств нанообъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в нанотехнологии. ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов. ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области нанотехнологии.	наноструктурированных пленок. В/02.6. Составление спецификации новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению поставленных задач; – участие в составе	– методы исследований, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряженных с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами. ПК-2.2 Умеет проводить	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/03.6. Подбор технологических параметров

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
коллектива в выполнении научных исследований, выполнение экспериментов с использованием типовых методик с составлением методик проведенных исследований, проведение испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе	основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии	(химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности.	экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики). ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса.	процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.044 «Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 № 447н. Обобщенная трудовая функция В: Экспериментально-методическое сопровождение научно-технической разработки и испытаний новых полимерных наноструктурированных пленок. В/03.6. Организация контроля качества сырья, основных и вспомогательных материалов и новых полимерных наноструктурированных пленок (уровень квалификации – 6)
– проведение информационного поиска по отдельным объектам исследований применительно к решению	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов,	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области наноинженерии. ПК-3.2 Знает технические	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. Обобщенная трудовая функция А: Лабораторно-аналитическое сопровождение

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>поставленных задач; – сбор научно-технической информации по теме исследования (научно-техническая литература, патенты) для составления обзоров, отчетов, научных публикаций, участие в подготовке отчетов и публикаций по теме исследования</p>	<p>заготовок деталей и изделий на их основе; – наноматериалы и нанотехнологии для химии, фармацевтики и биотехнологии</p>	<p>участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии. ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике. ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента. ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанообъектов и процессов с их участием. ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем.</p>	<p>разработки наноструктурированных композиционных материалов. А/05.6. Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>

В результате прохождения практики обучающийся должен:

Знать:

- современные научные концепции в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;
- методы исследования наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;
- основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления;
- методы анализа нанотехнологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;
- технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии;
- современные нормативные документы по контролю качества продукции предприятий наноиндустрии и безопасного ведения технологических процессов.

Уметь:

- работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств наноматериалов, параметров нанотехнологических процессов и характеристик нанотехнологического оборудования;
- оформлять результаты научно-практических исследований;
- использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике;
- проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента.

Владеть:

- навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы;
- навыками исследования структуры и свойств наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;
- навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов;
- навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 8 семестре. Итоговый контроль прохождения практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	9	324	243
Самостоятельная работа	9	324	243
в том числе в форме практической подготовки:	9	324	243
Контактная самостоятельная работа	9	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		323,6	242,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

4.1. Разделы практики

Разделы	Наименование раздела практики	Самостоятельная работа, часов
Раздел 1	Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы	108
Раздел 2	Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы	180
Раздел 3	Систематизация материала, подготовка отчета	36
	Всего часов	324

4.2 Содержание разделов практики

Подготовка материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Раздел 1. Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы.

Тематика преддипломной практики студентов бакалавриата определяется тематикой их выпускной квалификационной работы. Преддипломная практика проходит в лабораториях и компьютерных классах на выпускающей кафедре КХТП и других научных лабораториях, технологических подразделениях, информационных центрах РХТУ им. Д. И. Менделеева. Студенты знакомятся с научной работой кафедры и в отдельных случаях привлекаются в качестве исполнителей к решению отдельных задач в рамках выполняемых НИР и грантов, осваивают методы экспериментального исследования, компьютерного моделирования, оптимизации, управления нанопроцессами и наносистемами; приобретают навыки поиска и подготовки информации, в том числе с использованием специализированных баз данных, для проведения расчетов по тематике выпускной квалификационной работы, участвуют в обработке результатов исследования.

Раздел 2. Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы.

Во время прохождения преддипломной практики студенты собирают материалы по тематике выпускной квалификационной работы, анализируют их, намечают основные направления и задачи работы, вырабатывают методологию решения этих задач.

Тематика индивидуального задания может быть связана: с экспериментальными исследованиями структуры и свойств наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, а также процессов их получения; с теоретическим анализом нанотехнологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления; с постановкой и проведением вычислительных экспериментов, направленных на изучение нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике и т.д.

Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.

Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к написанию и представлению отчета.

Подготовка отчета включает описание и систематизацию результатов, полученных в ходе выполнения индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы		
		1	2	3
<i>Знать:</i>				
1	современные научные концепции в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии	+		
2	методы исследования наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии	+		
3	основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления	+		
4	методы анализа нанотехнологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления	+	+	
5	технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии	+	+	
6	современные нормативные документы по контролю качества продукции предприятий nanoиндустрии и безопасного ведения технологических процессов	+		
<i>Уметь:</i>				
7	работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств наноматериалов, параметров нанотехнологических процессов и характеристик нанотехнологического оборудования	+		
8	оформлять результаты научно-практических исследований			+
9	использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике		+	
10	проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента		+	
<i>Владеть:</i>				
11	навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы	+		
12	навыками исследования структуры и свойств наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии	+	+	
13	навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов	+	+	
14	навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов		+	+
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
15	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном	+	+

№	В результате прохождения практики студент должен		Разделы		
			1	2	3
	синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности			
		УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие	+	+	
		УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	+	+	+
		УК-1.4 Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи		+	
		УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки		+	
16	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Умеет выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий		+	
		УК-2.3 Владеет навыками выбора метода оптимизации сложных процессов в рамках поставленной цели		+	
17	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности	+		+
		УК-4.3 Знает пассивную и активную лексику, в том числе, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для решения стандартных коммуникативных задач	+		
		УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках	+	+	+
		УК-4.5 Умеет работать с оригинальной литературой по специальности со словарем	+	+	+
		УК-4.8 Владеет навыками речевой деятельности применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи			+
		УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности	+		+
18	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать	УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач	+	+	+

№	В результате прохождения практики студент должен		Разделы		
			1	2	3
	траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков	+	+	
19	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности	+		
		УК-8.9 Владеет навыками рационализации профессиональной деятельности с целью обеспечения безопасности и защиты окружающей среды		+	
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
20	ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии	ПК-1.1 Знает основные понятия, определения, классификации, используемые в nanoинженерии	+		
		ПК-1.2 Знает основные характеристики наноматериалов и наноструктур, методы их исследования и диагностики	+		
		ПК-1.3 Знает основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами	+		
		ПК-1.4 Умеет грамотно обосновывать специфические свойства nanoобъектов, правильно выбирать методики исследования их структуры и свойств	+	+	
		ПК-1.5 Умеет анализировать возможности применения методов диагностики для исследования свойств nanoобъектов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований в nanoинженерии	+	+	
		ПК-1.6 Владеет навыками выбора средств измерений для оценки параметров наноматериалов	+		
		ПК-1.7 Владеет навыками поиска, анализа и систематизации информации в области nanoинженерии	+	+	+
21	ПК-2. Владеет основами фундаментальных знаний естественнонаучных и инженерных дисциплин, сопряжённых	ПК-2.1 Знает типовые процессы химической технологии, биотехнологии и фармацевтики, соответствующие аппараты и методы их расчета, а также научные основы методов управления процессами	+		

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
	с областями применения нанотехнологии согласно реализуемому профилю подготовки (химия, биотехнология, фармацевтика), и способен их использовать в профессиональной деятельности	ПК-2.2 Умеет проводить экспериментальные исследования по предлагаемым методикам, анализировать и обрабатывать результаты экспериментов (в различных областях химии, биотехнологии и фармацевтики)		+	
		ПК-2.3 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, биореакторах и аппаратах фармации, методами определения технологических показателей процесса		+	
22	ПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ПК-3.1 Знает типовые численные методы решения математических задач и умеет их применять при проведении расчетных работ в области нанотехнологии	+	+	
		ПК-3.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области нанотехнологии	+	+	
		ПК-3.3 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения и модификации свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике		+	
		ПК-3.4 Умеет проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента		+	
		ПК-3.5 Владеет навыками составления математического описания нанообъектов и процессов с их участием		+	
		ПК-3.6 Владеет методами идентификации параметров математических моделей наносистем		+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 Нанотехнология, профиль «Нанотехнология для химии, фармацевтики и биотехнологии» проведение практических и лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Регламент практики определяется и устанавливается в соответствии с учебным планом и темой государственной итоговой аттестации обучающегося.

Основу содержания самостоятельной работы обучающегося при прохождении практики в случае выполнения выпускной квалификационной работы в виде НИР составляет освоение методов, приемов, технологий анализа и систематизации научно-технической информации, разработка планов и программ проведения научных исследований и выполнение исследований по теме выпускной квалификационной работы с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится.

При прохождении практики обучающийся должен использовать совокупность форм и методов самостоятельной работы:

- посещение семинаров кафедры (проблемной лаборатории, научной группы);
- изучение методик анализа и систематизации научно-технической информации, разработки планов и программ проведения научных исследований;
- посещение предприятий nanoиндустрии, выставок;
- самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Итоговая оценка по практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 60 баллов) и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

8.1. Требования к отчету о прохождении практики

Отчет о прохождении практики выполняется студентом во время прохождения практики в соответствии с календарным учебным графиком учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия профиля «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии».

Отчет о прохождении практики должен содержать следующие основные разделы:

- титульный лист с наименованием вида практики и названия научно-исследовательской организации или производственного предприятия – места прохождения практики;
- содержание (наименование всех текстовых разделов отчета);
- результаты выполнения обучающимся программы выпускной квалификационной работы в процессе прохождения практики:
 - цель и задачи научной работы;
 - анализ информации, полученной из различных информационных источников, по теме итоговой квалификационной работы;
 - сведения о материалах и оборудовании, использованных при выполнении экспериментальной работы (при наличии) во время прохождения практики;
 - полученные результаты и их обсуждение;
 - графический материал, предусмотренный планом выпускной квалификационной работы;
 - основные выводы по результатам работы, выполненной во время прохождения практики;
 - список использованных литературных источников;

Отчет о прохождении практики выполняется с помощью персонального компьютера на листах формата А4, поля – стандартные, шрифт – Times New Roman, 12, через 1,5 интервала. Таблицы и рисунки выполняются в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Текстовый материал необходимо иллюстрировать рисунками и фотографиями, выполненными во время прохождения практики или полученными из сети Интернет.

Страницы отчета нумеруют арабскими цифрами со сквозной нумерацией по всему тексту; титульный лист включают в общую нумерацию страниц отчета, но номер страницы на титульном листе не проставляют.

Ссылки на использованные источники располагают в тексте в порядке их появления и нумеруют арабскими цифрами без точки в квадратных скобках, например, [1]; [3-5]. Библиографические ссылки оформляют в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

8.2. Примерная тематика отчетов по практике

Тематика отчетов по практике должна соответствовать тематике выпускной квалификационной работы (ВКР).

Примерная тематика отчетов по практике при выполнении ВКР в виде НИР:

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направления 28.03.02.
2. Исследование и моделирование процессов получения капель в микрофлюидных реакторах.
3. Получение и исследование кремнийорганических и органических аэрогелей и построение регрессионных моделей.
4. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.
5. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.
6. Исследование кинетики синтеза углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом метана.
7. Получение субмикронных частиц ибупрофена с использованием технологии быстрого расширения сверхкритического флюида.
8. Исследование процесса получения аэрогелей на основе хитозана для использования их в качестве медицинских изделий.
9. Разработка лабораторного способа получения аэрогелей на основе хитозана в форме частиц для дальнейшего масштабирования.
10. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.
11. Моделирование процесса получения металлсодержащего полимерного нанокompозита на основе метилметакрилата.
12. Сравнение сверхкритической и лиофильной сушки для получения биоматериалов на основе хитозана.
13. Анализ и моделирование процесса получения металлсодержащего нанокompозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.
14. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.
15. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитах типа MFI.
16. Моделирование процессов роста клеток млекопитающих в лаборатории на чипе.
17. Разработка методики получения медицинских матриксов, содержащих агрегаты наночастиц гидроксиапатита.
18. Исследование процессов получения наноразмерных и субмикронных частиц путём быстрого расширения растворов веществ в сверхкритическом диоксиде углерода.
19. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.
20. Изучение структурных и теплофизических характеристик аэрогелей в зависимости от параметров процесса гелеобразования.
21. Совмещение процессов замены растворителя и сверхкритической сушки в одном аппарате для получения наноструктурированных аэрогелей.
22. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы PM 100.
23. Исследование технологии 3D печати гелевыми материалами с внедренными углеродными нанотрубками.
24. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на

нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

25. Исследование гибридных наноструктурированных материалов на основе биополимерных аэрогелей.

26. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитах.

27. Исследование структуры и свойств наноматериалов «аэрогель – тканевая подложка».

Конкретное содержание индивидуального задания по практике в рамках подготовки материалов для ВКР может включать следующие составляющие:

1) сбор, систематизацию и анализ научной литературы по тематике ВКР с использованием отечественных и зарубежных библиотечных систем и баз данных;

2) развитие практического исследования по изучению объекта научно-исследовательской работы в зависимости от целей ВКР, систематизацию результатов в виде раздела в отчет по практике;

3) проведение лабораторных или практических экспериментов с использованием современных методик и технических средств по тематике ВКР;

4) проведение компьютерных экспериментов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения по тематике ВКР;

5) освоение новых программных модулей, комплексов программных средств по тематике ВКР;

6) подготовку доклада по результатам выполненных исследований и иллюстративного материала в форме постера или презентации для представления на ежегодной конференции обучающихся факультета цифровых технологий и химического инжиниринга (ЦиТХИн);

7) подготовку научной статьи по результатам выполненных исследований для публикации в материалах ежегодного Международного конгресса молодых ученых по химии и химической технологии (МКХТ) или другом научном издании;

8) участие в научных мероприятиях от кафедры, факультета и университета (выставки, семинары, конференции, научные доклады и т.п.).

8.3. Примеры вопросов для итогового контроля освоения практики (зачёт с оценкой)

1. Обоснование актуальности темы ВКР.

2. Предполагаемая новизна и практическая значимость результатов ВКР.

3. История становления и развития объекта исследования ВКР.

4. Основные области применения объекта исследования ВКР.

5. Основные физико-химические свойства объекта исследования ВКР и современные методики их измерения (исследования, диагностики).

6. Основные нормативные требования к объекту исследования ВКР, современные методики диагностики и испытаний.

7. Основные правила техники безопасности при работе с объектом исследования ВКР.

8. Современные методы получения, хранения и исследования свойств объекта исследования ВКР.

9. Оборудование, необходимое для получения объекта исследования ВКР.

10. Особенности обработки экспериментальных данных при диагностике параметров объекта исследования ВКР.

11. Современные научные подходы к моделированию объекта исследования ВКР.

12. Программное обеспечение, используемое для изучения и моделирования свойств и характеристик объекта исследования ВКР.

13. Современное состояние исследований в мировом научном сообществе в отношении объекта исследования ВКР; перспективы дальнейшего развития научных исследований.

14. Особенности сертификации объекта исследования ВКР как продукции наноиндустрии.

15. Формулировка цели и план научных исследований в рамках практики согласно индивидуальному заданию.

16. Выбор методов исследования (диагностики свойств, испытания технических характеристик на соответствия нормативным требованиям) объекта исследования ВКР в рамках практики согласно индивидуальному заданию.

17. Методика проведения экспериментов согласно индивидуальному заданию.

18. Основные результаты выполнения индивидуального задания.

19. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.

20. Типовая структура научной публикации; методология поиска необходимой информации в научной статье.

21. Требования к оформлению выпускных квалификационных работ.

22. Актуальные современные направления научных исследований в области наноинженерии.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

<i>«Утверждаю»</i> Зав. каф. КХТП _____ <u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.03.02 Наноинженерия Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» «Производственная практика: преддипломная практика»
Билет № 1	
1. Основные физико-химические свойства объекта исследования ВКР и современные методики их измерения (исследования, диагностики). 2. Методика проведения экспериментов согласно индивидуальному заданию.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ [Текст] : методические указания / сост.: В. М. Аристов, С. Г. Комарова, Х. А. Невмятулина. М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 35 с.

Б. Дополнительная литература

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 28 с.

2. Информационные системы: учебник для студентов учреждений высшего образования / С.А. Жданов, М.Л. Соболева, А.С. Алфимова. М.: Прометей, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990626447.html> (дата обращения: 15.04.2021).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN (печатной версии): 1992-7223, ISSN (онлайновой версии): 1992-4068.
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN: 2305-7971.
- «Наноиндустрия», ISSN: 1993-8578.
- «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование», ISSN: 2224-8412.
- «Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век», ISSN: 2225-0980.
- «Нанотехнологии: наука и производство», ISSN: 2306-0581.
- «Нанотехника», ISSN: 1816-4409.
- «Nanotechnology», ISSN (Online): 1361-6528, ISSN (Print): 0957-4484.
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии): 0236-235X, ISSN (онлайновой версии): 2311-2735.
- «Интеллектуальные системы. Теория и приложения», ISSN: 2411-4448.
- «Стандарты и качество», ISSN: 0038-9692.
- «Контроль качества продукции», ISSN: 2541-9900.
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN: 2073-0004.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Официальный сайт «РХТУ им. Д.И. Менделеева» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Подразделения. Факультет ЦиТХИн. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.muctr.ru/univsubs/infacol/fvt/faculties/f2/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scr-rg.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр Трансфера фармацевтических и биотехнологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-pharmcenter.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку обеспечивает информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по практике.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания ИБЦ использует технологию электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом практика проводится в форме самостоятельной работы обучающегося, как правило, на кафедре, осуществляющей подготовку обучающегося, и включает освоение программы практики с использованием материально-технической базы кафедры.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра КХТП располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и

лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена:

- 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2,
- 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1,
- 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920,
- 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н,
- 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ,
- 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-PiC,
- 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101,
- 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101,
- 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуBro2,
- 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150.

Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой Луммарк, газоанализатором ГИАМ-310-02-2-2, газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

На кафедре КХТП имеется проектор для демонстрации аудиовизуального материала на лекциях, научных семинарах и конференциях.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для организации самостоятельной работы обучающихся и подготовки отчета по практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, представленные в разделе 9.2. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в лабораториях кафедры; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП имеются электронные образовательные ресурсы: специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения.

Информация о подготовке отчета по практике и особенностях проведения зачёта с оценкой по практике размещена в ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы.	Знает: <ul style="list-style-type: none">– современные научные концепции в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;– методы исследования наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;– основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления;– методы анализа нанотехнологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;– технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области нанотехнологии;– современные нормативные документы по контролю качества продукции предприятий	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>наноиндустрии и безопасного ведения технологических процессов.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств наноматериалов, параметров нанотехнологических процессов и характеристик нанотехнологического оборудования. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы; – навыками исследования структуры и свойств наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии; – навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов. 	
<p>Раздел 2. Выполнение индивидуального задания по теме выпускной квалификационной работы.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы анализа нанотехнологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления; – технические и программные средства реализации информационных технологий при проведении расчетных работ в области наноинженерии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств нанообъектов и процессов с их участием в химии, биотехнологии и фармацевтике; – проводить исследование наносистем путем постановки вычислительного эксперимента. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками исследования структуры и свойств наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии; – навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов; – навыками систематизации, обработки и 	<p>Оценка за отчет по практике.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	обобщения результатов компьютерных экспериментов.	
Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.	Умеет: – оформлять результаты научно-практических исследований. Владеет: – навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.11.2020, протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.11.2020 № 117 ОД;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПРАКТИКИ

«Производственная практика: преддипломная практика»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

« ____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**«Производственная практика: практика по получению
профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности»**

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к обязательной части учебного плана блока Б2 «Практика» и рассчитана на прохождение обучающимися в 6 семестре (3 курс) обучения.

Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, материаловедения наноматериалов и наносистем, нанометрологии, методов и инструментальных средств прогнозирования свойств наноматериалов, неорганической, органической, физической химии, биотехнологии, физико-химических основ нанотехнологии, методов математического моделирования нанопроцессов и др.

Цель практики – получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики; практическое изучение технологических процессов производства различных видов наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, а также методов и особенностей управления производственными процессами получения различных видов наноматериалов.

Задачами практики являются:

- формирование у обучающихся компетенций, связанных с целостным представлением об основных технологических процессах получения инновационной продукции наноиндустрии для химии, фармацевтики и биотехнологии;
- ознакомление с нормативной документацией изделий наноиндустрии;
- ознакомление с организацией и структурой предприятий по производству изделий наноиндустрии;
- ознакомление с научными основами и регламентом технологических процессов производства изделий наноиндустрии;
- ознакомление с техническими средствами для контроля качества изделий наноиндустрии;
- ознакомление с методиками проведения диагностики, испытаний и обработки данных в наноинженерии;
- развитие навыков самостоятельной работы при решении конкретных научно-исследовательских и инновационных задач в профессиональной деятельности;
- обобщение и систематизация данных по программе практики.

Способ проведения практики: **стационарная**.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.
Командная работа и лидерство	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.	УК-3.3 Умеет взаимодействовать с другими членами команды, в том числе участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом.
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности. УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках. УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье-сбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.	УК-6.3 Умеет планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития. УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач. УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков.
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.3 Умеет обеспечивать безопасные и/или комфортные условия труда на рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты. УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
	природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности.

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач. ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений. ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и инженерных знаний в профессиональной деятельности.
Исследовательская деятельность	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.1 Знает основные методы статистической обработки экспериментальных данных. ОПК-3.2 Знает основные правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований и измерений. ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий. ОПК-3.5 Владеет экспериментальными методами определения физико-химических свойств соединений, материалов и сред. ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента. ОПК-3.7 Владеет навыками работы с широким кругом физических приборов и оборудования.

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Владение информационными технологиями	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-4.1 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы информационной безопасности. ОПК-4.2 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера. ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации.
Эффективность и безопасность технических решений	ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии.	ОПК-5.1 Знает основы технологий получения различных наноматериалов. ОПК-5.2 Умеет оценивать технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности. ОПК-5.3 Владеет навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов.
Владение нормативной документацией, правовая ответственность	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил.	ОПК-6.2 Умеет работать с технической и справочной литературой, нормативными документами при выполнении исследовательских работ в области наноинженерии. ОПК-6.3 Владеет навыками участия в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
Проектирование объектов, систем и процессов	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии.	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем. ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями. ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии.

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

Знать:

- технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в производстве наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;
- основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;
- основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии;
- правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия.

Уметь:

- проводить анализ процессов производства наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, технологического оборудования для осуществления этих процессов, технологических систем в nanoиндустрии как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;
- применять на практике теоретические знания в области методов диагностики и испытания наноматериалов, нанометрологии, математического моделирования нанопроцессов и пр.;
- анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии.

Владеть:

- методами подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;
- методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;
- способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 6 семестре. Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	3	108	81
Самостоятельная работа	3	108	81
в том числе в форме практической подготовки:	3	108	81
Контактная самостоятельная работа	3	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		107,6	80,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

4.1. Разделы практики

Разделы	Наименование раздела практики	Самостоятельная работа, часов
Раздел 1	Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики.	36
Раздел 2	Практическое изучение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях наноиндустрии на основе изучения технологических регламентов производств. Выполнение индивидуального задания.	54
Раздел 3	Систематизация материала, подготовка отчета.	18
	Всего часов	108

4.2 Содержание разделов практики

Раздел 1. Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики.

Ознакомление с технологией производства осуществляется в виде экскурсий на предприятия (организации) соответствующего профиля, а также путем изучения технологических и технических документов, предоставляемых организациями – местами производственной практики. При посещении предприятия (организации) и ознакомления с деятельностью объекта исследования обучающийся должен собрать материал, необходимый для подготовки отчета по практике.

Отчет по практике включает:

- историческую справку о предприятии;
- номенклатуру выпускаемой продукции;
- виды и нормы расхода сырьевых материалов;
- описание основных технологических процессов производства;
- методы контроля технологических параметров процессов;
- мероприятия по устранению отклонений (нарушений) режимных параметров работы оборудования и технологических процессов;
- методы безопасного ведения технологических процессов;
- характеристики источников выбросов, сбросов и образования отходов на предприятии;
- методы и средства защиты от вредных негативных факторов на предприятии;
- описание средств автоматизации и управления производством и характеристики технических и др.

Раздел 2. Практическое изучение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях наноиндустрии на основе изучения технологических регламентов производств. Выполнение индивидуального задания.

Практическое освоение технологических процессов на конкретном предприятии обучающийся осуществляет в соответствии с индивидуальным заданием по практике, которое включает:

- изучение ассортимента выпускаемой продукции, их видов и марок;
- требования ГОСТ Р и другой нормативной документации к качеству выпускаемой продукции;
- изучение сырьевых материалов и методов входного контроля качества;

- методы и методики проведения испытаний и контроля качества продукции и различных видов ее опасностей;
- изучение параметров технологического процесса, предусмотренных в регламенте, и методов его контроля;
- подробное описание вида и типа оборудования для осуществления конкретного технологического процесса;
- изучение методов контроля и диагностики неисправностей и отказов оборудования, контрольно-измерительных приборов и др.;
- действия обслуживающего персонала при чрезвычайных ситуациях на основе изучения технологических регламентов и планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- изучение функциональных возможностей специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования, оптимизации, проектирования и управления нанопроцессами и наносистемами и приобретение практических навыков работы с использованием одного или нескольких программных средств.

При выполнении индивидуального задания студент должен собрать материалы по структуре предприятия, методам управления, системе сбыта готовой продукции, методам контроля и управления качеством окружающей среды на предприятии, возможным технологическим нарушениям и отклонениям и др.

Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.

Обобщение и систематизация данных по структуре, технологии производства, применяемому оборудованию, выпускаемой предприятием продукции, методам и формам контроля продукции. Поиск и сбор недостающих данных для расчетов с использованием специализированного программного обеспечения. Подготовка и написание отчета по практике. Подготовка и написание отчета по выполнению индивидуального задания.

Закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися при изучении программы бакалавриата.

Развитие у обучающихся навыков научно-исследовательской деятельности.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы		
		1	2	3
	<i>Знать:</i>			
1	технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в производстве наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии	+	+	+
2	основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции		+	
3	основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии		+	+
4	правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия	+	+	
	<i>Уметь:</i>			
5	проводить анализ процессов производства наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, технологического оборудования для осуществления этих процессов, технологических систем в nanoиндустрии как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления		+	+

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
6	применять на практике теоретические знания в области методов диагностики и испытания наноматериалов, нанометрологии, математического моделирования нанопроцессов и пр.		+		
7	анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии		+		
<i>Владеть:</i>					
8	методами подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами		+		
9	методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения		+		
10	способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом		+		
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие универсальные и общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
11	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности	+	+	+
		УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	+	+	+
		УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки		+	+
12	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.3 Умеет взаимодействовать с другими членами команды, в том числе участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом	+		
13	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.2 Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности	+	+	+
		УК-4.4 Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках	+	+	+
		УК-4.9 Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности			+

№	В результате прохождения практики студент должен		Разделы		
			1	2	3
14	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.3 Умеет планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		+	+
		УК-6.4 Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач		+	
		УК-6.6 Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков	+	+	+
15	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности	+		
		УК-8.3 Умеет обеспечивать безопасные и/или комфортные условия труда на рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты	+		
		УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности	+	+	
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
16	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач		+	+
		ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений		+	+
		ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности		+	+
17	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1 Знает основные методы статистической обработки экспериментальных данных		+	
		ОПК-3.2 Знает основные правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований и измерений		+	
		ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами			+
		ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в			+

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы			
		1	2	3	
		том числе с использованием современных компьютерных технологий			
		ОПК-3.5 Владеет экспериментальными методами определения физико-химических свойств соединений, материалов и сред		+	
		ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента		+	
		ОПК-3.7 Владеет навыками работы с широким кругом физических приборов и оборудования		+	
18	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы информационной безопасности	+	+	+
		ОПК-4.2 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера			+
		ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации			+
19	ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.1 Знает основы технологий получения различных наноматериалов	+	+	
		ОПК-5.2 Умеет оценивать технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности		+	+
		ОПК-5.3 Владеет навыками по предварительному подбору оборудования для производства наноразмерных/наноструктурированных материалов		+	
20	ОПК-6. Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	ОПК-6.2 Умеет работать с технической и справочной литературой, нормативными документами при выполнении исследовательских работ в области наноинженерии	+	+	+
		ОПК-6.3 Владеет навыками участия в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью		+	
21	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем		+	
		ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями			+

№	В результате прохождения практики студент должен	Разделы		
		1	2	3
	ОПК-7.3 Владеет навыками использования нормативной и технологической документации для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии		+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» проведение практических и лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой практики предусмотрена самостоятельная работа обучающегося на предприятии или в научно-исследовательской, проектно-конструкторской, инжиниринговой и других организациях наноинженерного или смежного профиля под руководством руководителя практики.

К прохождению практики на территории предприятия (организации) допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, внутреннему распорядку предприятия (организации) и прослушавшие лекции о структуре завода и организации производственного процесса. Регламент практики определяется и устанавливается в соответствии с учебным планом.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Итоговая оценка по практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 40 баллов), отчета о выполнении индивидуального задания (максимальная оценка за отчет о выполнении индивидуального задания – 20 баллов) и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

8.1. Требования к отчету о прохождении практики

Отчет о прохождении практики выполняется студентом во время прохождения практики в соответствии с календарным учебным графиком учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии».

Отчет должен содержать следующие основные структурные элементы:

- титульный лист с наименованием вида практики и названия предприятия – места прохождения практики;
- задание на практику;
- содержание (наименование всех текстовых разделов отчета);
- цель и задачи практики;
- краткая историческая справка о предприятии – месте прохождения практики;
- ассортимент и объемы продукции, производимой предприятием, с указанием нормативных документов и сертификатов на выпускаемую продукцию;

- структура предприятия, основные производственные цеха и отделы;
- технологическая схема процесса производства основного продукта с указанием основного оборудования, применяемого для осуществления того или иного технологического процесса, при возможности – с указанием параметров работы основного технологического оборудования;
- технологический контроль, контроль качества выпускаемой продукции с указанием нормативных документов, по которым производится контроль качества продукции и информационно-программных средств с использованием которых проводится контроль;
- сведения об источниках выбросов, сбросов, образования отходов и мероприятия по защите окружающей среды, осуществляемые предприятием;
- мероприятия по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии на предприятии;
- результаты выполнения индивидуального задания;
- список источников информации для подготовки отчета.

Отчет о прохождении практики выполняется с помощью персонального компьютера на листах формата А4, поля – стандартные, шрифт – Times New Roman, 12, через 1,5 интервала. Желательно иллюстрировать текстовый материал рисунками и фотографиями, выполненными во время прохождения практики или полученными из сети Интернет.

Объем отчета не должен превышать 50 стр.

8.2. Примерная тематика индивидуальных заданий

Индивидуальное задание выполняется обучающимся самостоятельно на основе сбора дополнительной информации во время прохождения практики, а также информации, полученной из других источников, например, сети Интернет.

Индивидуальное задание направлено на углубленное изучение обучающимся тех или иных вопросов, связанных с деятельностью предприятия (организации, подразделения, отдела – места прохождения практики), технологических процессов, оборудования для их осуществления, технологических параметров процессов производства, контроля качества производимой продукции, источников производственной опасности и загрязнения окружающей среды и т.п.

Отчет о выполнении индивидуального задания должен выполняться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отчету о прохождении практики. Отчет о выполнении индивидуального задания должен включать текст, необходимые рисунки, формулы, схемы и фотографии, описания интерфейсов и руководств пользователей, протоколы расчетов.

Примерная тематика индивидуальных заданий представлена ниже.

1. Сбор, систематизация и анализ научной литературы по тематике практики с использованием отечественных библиотечных систем и баз данных.
2. Сбор, систематизация и анализ научной литературы по тематике практики с использованием международных баз цитирования.
3. Сбор, систематизация и анализ технической и справочной литературы, нормативных документов по тематике практики.
4. Изучение объекта практического исследования как объекта моделирования, управления, проектирования, реконструкции, модернизации, оптимизации в зависимости от целей работы, систематизация результатов в виде раздела в отчет практики.
5. Изучение объекта практического исследования как источника промышленной и экологической опасности в зависимости от целей научно-исследовательской работы, систематизация результатов в виде раздела в отчет практики.
6. Проведение лабораторных или практических экспериментов с использованием современных методик и технических средств по тематике практики.

7. Проведение компьютерных экспериментов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения по тематике практики.

8. Освоение новых программных модулей, комплексов программных средств по тематике практики.

9. Тестирование программных комплексов, баз данных, разрабатываемых в рамках учебной и научно-исследовательской работы кафедр, предприятий, организаций. Составление или изучение руководств пользователей по работе с программными комплексами или базами данных, протоколов тестирования программного обеспечения.

10. Разработка докладов по материалам практического исследования и иллюстративного материала в форме постера.

11. Разработка доклада по материалам практического исследования и иллюстративного материала в форме презентации.

8.3. Примеры вопросов для итогового контроля освоения практики (зачёт с оценкой)

1. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта моделирования.

2. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта управления.

3. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта проектирования.

4. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта реконструкции.

5. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта модернизации.

6. Расскажите основные этапы исследования производственного объекта как объекта оптимизации.

7. Расскажите основные этапы анализа предприятия nanoиндустрии как источника промышленной опасности.

8. Расскажите основные этапы анализа предприятия nanoиндустрии как источника экологической опасности.

9. Расскажите основные этапы анализа предприятия nanoиндустрии как объекта ресурсосбережения.

10. Расскажите о структуре технологического регламента производства наноматериалов на предприятии.

11. Расскажите об основных источниках информации о свойствах химических веществ, полупродуктов, продуктов, используемых в технологии производства.

12. Расскажите о требованиях, предъявляемых к контролю качества продукции.

13. Приведите примеры использования универсального и специализированного программного обеспечения для составления материальных балансов непрерывных и периодических нанотехнологических процессов и систем.

14. Приведите примеры организации контроля и управления технологическим процессом.

15. Какие требования, обеспечивающие экологическую безопасность, включают в технологический регламент?

16. Приведите примеры нормативных и нормативно-методических документов, регламентирующих деятельность промышленного предприятия.

17. Расскажите о средствах индивидуальной защиты работников предприятий nanoиндустрии.

18. Перечислите основные технологические параметры теплообменных процессов, которые подлежат контролю и управлению.

19. Перечислите основные технологические параметры массообменных процессов, которые подлежат контролю и управлению.

20. Перечислите основные требования к контролю качества продукции предприятий наноиндустрии.

21. Приведите примеры специализированных баз данных и других информационных источников при проектировании предприятий наноиндустрии.

22. Расскажите о способах обезвреживания отходов на предприятиях.

23. Расскажите о действиях производственного персонала при возникновении аварийных ситуаций.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

<i>«Утверждаю»</i> Зав. каф. КХТП _____ <u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.03.02 Наноинженерия Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности»
Билет № 1	
1. Расскажите основные этапы анализа предприятия наноиндустрии как источника экологической опасности.	
2. Приведите примеры нормативных и нормативно-методических документов, регламентирующих деятельность промышленного предприятия.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ [Текст] : методические указания / сост.: В. М. Аристов, С. Г. Комарова, Х. А. Невмятулина. М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 35 с.

Б. Дополнительная литература

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 28 с.
2. Меньшутина Н.В. Наночастицы и наноструктурированные материалы для фармацевтики. Калуга: Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2008. - 192 с.
3. Информационные системы: учебник для студентов учреждений высшего образования / С.А. Жданов, М.Л. Соболева, А.С. Алфимова. М.: Прометей, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990626447.html> (дата обращения: 15.04.2021).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN (печатной версии): 1992-7223, ISSN (онлайновой версии): 1992-4068.
- «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN: 2305-7971.
- «Наноиндустрия», ISSN: 1993-8578.
- «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование», ISSN: 2224-8412.
- «Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век», ISSN: 2225-0980.
- «Нанотехнологии: наука и производство», ISSN: 2306-0581.
- «Нанотехника», ISSN: 1816-4409.
- «Nanotechnology», ISSN (Online): 1361-6528, ISSN (Print): 0957-4484.
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии): 0236-235X, ISSN (онлайновой версии): 2311-2735.
- «Интеллектуальные системы. Теория и приложения», ISSN: 2411-4448.
- «Стандарты и качество», ISSN: 0038-9692.
- «Контроль качества продукции», ISSN: 2541-9900.
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN: 2073-0004.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Официальный сайт «Центр Трансфера фармацевтических и биотехнологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-pharmcenter.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку обеспечивает информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации и ведения образовательного процесса по практике.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания ИБЦ использует технологию электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом практика проводится в форме самостоятельной работы студента с использованием материально-технической базы Предприятия и Университета.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра КХТП располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена:

- 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2,
- 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1,
- 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920,
- 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н,
- 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ,
- 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-PiC,
- 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101,
- 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101,

- 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера CyBro2,
- 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150.

Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушики, химическим реактором, мембранной установкой, азротенком.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой Луммарк, газоанализатором ГИАМ-310-02-2-2, газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

На кафедре КХТП имеется проектор для демонстрации аудиовизуального материала на лекциях, научных семинарах и конференциях.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для организации самостоятельной работы обучающихся и подготовки отчета по практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, представленные в разделе 9.2. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в лабораториях кафедры; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП имеются электронные образовательные ресурсы: специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения.

Информация о подготовке отчета по практике и особенностях проведения зачёта с оценкой по практике размещена в ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Ознакомление с технологией производства и местом производственной практики.	Знает: – технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в производстве наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии; – правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия.	Оценка за отчет о прохождении практики.
Раздел 2. Практическое изучение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях nanoиндустрии на основе изучения технологических регламентов производств. Выполнение индивидуального задания.	Знает: – технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в производстве наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии; – основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; – основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии; – правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия. Умеет: – проводить анализ процессов производства наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, технологического оборудования для осуществления этих процессов, технологических систем в nanoиндустрии как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления; – применять на практике теоретические знания в области методов диагностики и испытания наноматериалов,	Оценка за отчет о прохождении практики. Оценка за отчет о выполнении индивидуального задания.

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>нанометрологии, математического моделирования нанопроцессов и пр.;</p> <p>– анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии.</p> <p>Владеет:</p> <p>– методами подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;</p> <p>– методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;</p> <p>– способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	
<p>Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.</p>	<p>Знает:</p> <p>– технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в производстве наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии;</p> <p>– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии.</p> <p>Умеет:</p> <p>– проводить анализ процессов производства наноматериалов для химии, фармацевтики и биотехнологии, технологического оборудования для осуществления этих процессов, технологических систем в nanoиндустрии как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления.</p>	<p>Оценка за итоговый опрос. Оценка за зачет по практике.</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ

им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.11.2020, протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.11.2020 № 117 ОД;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПРАКТИКИ
«Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и
опыта профессиональной деятельности»
основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия
 Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«Учебная практика: ознакомительная практика»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль подготовки –
"Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии"**

Квалификация – «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25» мая 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов А.С. Скичко.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практик кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к обязательной части учебного плана блока Б2 «Практика» и рассчитана на проведение практики в 4 семестре обучения.

Цель практики – получение студентами общих представлений о наноинженерии для химии, фармацевтики и биотехнологии, знакомство с основными видами деятельности учебных и научных подразделений университета, а также получение первичных профессиональных умений и навыков путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики.

Задачами практики являются:

– приобретение обучающимися первичных знаний в области изучения и исследования объектов будущей профессиональной деятельности – основных разновидностей наноматериалов, методов исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;

– ознакомление с наноматериалами и нанотехнологиями для химии, фармацевтики и биотехнологии;

– ознакомление с научной деятельностью лабораторий, кафедр и подразделений РХТУ.

Способ проведения практики: **стационарная**.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа практики может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Проведение практики способствует формированию следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности. УК-8.8 Владеет понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности.

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач. ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений. ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности.
Исследовательская деятельность	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-3.1 Знает основные методы статистической обработки экспериментальных данных. ОПК-3.2 Знает основные правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований и измерений. ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий.

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента.
Владение информационными технологиями	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-4.1 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы информационной безопасности. ОПК-4.2 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера. ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации.
Проектирование объектов, систем и процессов	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии.	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем. ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями.

В результате прохождения практики студент бакалавриата должен:

Знать:

- особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ;
- основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования;
- основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления;
- основные математические методы обработки экспериментальных данных.

Уметь:

- проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований;
- применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения.

Владеть:

- навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных;
- навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика организуется в 4 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления 28.03.02 Наноинженерия. Контроль

освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	3	108	81
Самостоятельная работа	3	108	81
в том числе в форме практической подготовки:	3	108	81
Контактная самостоятельная работа	3	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		107,6	80,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений факультета цифровых технологий и химического инжиниринга и университета, центра коллективного пользования, международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий и других мест проведения практики (история, основные этапы развития, выполняемые функции и т.п.).

Посещение лабораторий центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева, посещение международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий.

Ознакомление с функциональным назначением, принципами работы лабораторного оборудования, установок и аналитических приборов и высокопроизводительного сверхмощного компьютера (производительностью 4 TFlops) для компьютерного моделирования.

Посещение лабораторий кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП). Ознакомление с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии. Ознакомление с помощью ЭИОС с учебно-методическими разработками кафедры КХТП для направления 28.03.02 Наноинженерия.

Ознакомление с компьютерным моделированием, которое используется для учебного процесса и научных исследований на кафедре КХТП, с автоматизацией научных исследований, с автоматизированной обработкой данных в лабораториях, с современными системами автоматизированного, электронного и дистанционного обучения на кафедре КХТП.

Подготовка отчета о прохождении учебной практики.

4.1. Разделы практики

Разделы	Наименование раздела практики	Самостоятельная работа, часов
Раздел 1	Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений факультета цифровых технологий и химического инжиниринга и университета	36
Раздел 2	Ознакомление с лабораториями подразделений. Ознакомление с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии.	54
Раздел 3	Систематизация материала, подготовка отчета.	18
	Всего часов	108

4.2 Содержание разделов практики

Раздел 1. Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений факультета цифровых технологий и химического инжиниринга (ЦиТХИн) и университета.

Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений кафедр факультета ЦиТХИн, центра коллективного пользования, международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий и других мест проведения практики.

Раздел 2. Ознакомление с лабораториями подразделений. Ознакомление с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии.

2.1. Посещение лабораторий центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева: электронной микроскопии (ЭМ), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС), молекулярной оптической спектроскопии (МОС).

2.2. Посещение международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий. Ознакомление с функциональным назначением, принципами работы лабораторного оборудования, установок и аналитических приборов и высокопроизводительного сверхмощного компьютера (производительностью 4 TFlops) для компьютерного моделирования.

2.3. Посещение кафедры кибернетики химико-технологических процессов:

– лаборатории моделирования химико-технологических процессов, оснащенной установками типовых химико-технологических процессов (теплообменных, массообменных, реакционных);

– лаборатории управления химико-технологическими процессами и системами, оснащенной современными системами цифрового управления;

– химической лаборатории, оснащенной химическими столами, вытяжными шкафами, оборудованием и приборами для проведения химических экспериментов.

2.4. Ознакомление с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии. Ознакомление с помощью открытых баз данных и информационных систем с основными публикациями сотрудников кафедры КХТП в области наноинженерии за последние 5-7 лет. Ознакомление с помощью ЭИОС с наиболее актуальными и интересными выпускными квалификационными работами студентов, обучавшихся ранее на направлении 28.03.02 Наноинженерия. Ознакомление с помощью ЭИОС с учебно-методическими разработками кафедры КХТП для направления 28.03.02 Наноинженерия.

Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.

Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к написанию и представлению отчета.

Подготовка отчета включает описание и систематизацию результатов, полученных при посещении подразделений и ознакомлении с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Разделы		
		1	2	3
	<i>Знать:</i>			
1	особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ	+		

№	В результате прохождения практики студент должен:		Разделы		
			1	2	3
2	основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования		+	+	
3	основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления			+	
4	основные математические методы обработки экспериментальных данных			+	+
<i>Уметь:</i>					
5	проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований		+	+	+
6	применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения			+	+
<i>Владеть:</i>					
7	навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных			+	+
8	навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов				+
В результате прохождения практики студент должен приобрести следующие универсальные и общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
9	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности	+	+	+
		УК-1.3 Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	+	+	+
		УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки		+	+
10	УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.2 Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности		+	+
		УК-8.4 Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности		+	
		УК-8.8 Владеет понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности	+	+	+
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			

№	В результате прохождения практики студент должен:	Разделы			
		1	2	3	
11	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.4 Умеет использовать физические и химические законы, справочные данные и количественные соотношения для решения профессиональных задач		+	+
		ОПК-1.5 Умеет определять характер процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений		+	
		ОПК-1.7 Владеет навыками использования естественнонаучных и общинженерных знаний в профессиональной деятельности		+	+
12	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1 Знает основные методы статистической обработки экспериментальных данных		+	+
		ОПК-3.2 Знает основные правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований и измерений		+	
		ОПК-3.3 Умеет проводить анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами			+
		ОПК-3.4 Умеет представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий			+
		ОПК-3.6 Владеет методами проведения измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента		+	
13	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы информационной безопасности			+
		ОПК-4.2 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера			+
		ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, систематизации и представлении информации	+	+	+
14	ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий	ОПК-7.1 Знает способы и компьютерные средства для моделирования и проектирования наноматериалов, нанопроцессов и наносистем		+	
		ОПК-7.2 Умеет составлять отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям в соответствии с устанавливаемыми требованиями			+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 Наноинженерия, профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» проведение практических и лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления знаний по практике и предусматривает:

- этапы ознакомления с учебной и научной деятельностью кафедры КХТП факультета ЦиТХИн, центра коллективного пользования, Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий и других мест проведения практики;
- этап ознакомления с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии, а также с учебно-методическими разработками кафедры КХТП для направления 28.03.02 Наноинженерия с использованием информационных технологий, включая ЭИОС.

Ознакомление осуществляется в виде экскурсий в указанные подразделения, прослушивания и конспектирования обзорных лекций и самостоятельного изучения материалов на сайтах подразделений (лабораторного оборудования, установок и т.п.), а также открытых баз данных, информационных систем и ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева.

При посещении лабораторий и подразделений и ознакомления с их деятельностью обучающийся должен собрать материал, необходимый для подготовки отчета по практике.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Итоговая оценка по практике (зачет с оценкой, максимальная оценка – 100 баллов) выставляется студенту по итогам написания отчета о прохождении практики (максимальная оценка за отчет о прохождении практики – 60 баллов) и итогового опроса студента (максимальная оценка за итоговый опрос – 40 баллов).

8.1. Вопросы для итогового контроля освоения практики (зачёт с оценкой)

1. История становления и развития факультета ЦиТХИн, кафедр факультета и основные направления их учебной и научной деятельности.
2. История становления и развития кафедры КХТП и основные направления учебной и научной деятельности кафедры.
3. Направления научной деятельности, наиболее востребованные на современном рынке труда.
4. Аппаратный состав лаборатории международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических технологий.
5. Лабораторное оборудование и установки лаборатории моделирования химико-технологических процессов (теплообменные, массообменные, реакционные).
6. Лабораторное оборудование и установки лаборатории управления химико-технологическими процессами и системами, оснащенной современными системами цифрового управления.
7. Лабораторное оборудование, установки и приборы химической лаборатории кафедры кибернетики химико-технологических процессов для проведения химических

экспериментов.

8. Лаборатория электронной микроскопии центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

9. Лаборатория атомно-абсорбционной спектроскопии центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

10. Лаборатория молекулярной оптической спектроскопии центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11. Аналитические исследования, проводимые в центре коллективного пользования.

12. Методы сбора и обработки экспериментальных данных. Привести примеры.

13. Компьютерное моделирование, используемое для учебного процесса и научных исследованиях, проводимых на кафедре КХТП.

14. Примеры автоматизации научных исследований и автоматизированной обработки данных в лабораториях и подразделениях – местах экскурсий.

15. Использование современных систем автоматизированного и дистанционного обучения на кафедре КХТП, факультете ЦиТХИи и в университете.

16. Актуальные современные научно-исследовательские задачи в наноинженерии.

17. Основные направления научной деятельности кафедры КХТП в области наноинженерии.

18. Основные направления лабораторных исследований кафедры КХТП в области наноинженерии.

19. Примеры использования методов математического моделирования в наноинженерии.

20. Примеры научных разработок и внедрений в области наноинженерии, выполненных при участии сотрудников кафедры КХТП.

21. Примеры наноструктурированных материалов, их основные свойства и области применения.

22. Основные методы диагностики материалов в наноинженерии.

23. Структура ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева, информация, доступная на ЭИОС, организация учебного процесса с помощью ЭИОС.

24. Основные учебно-методические документы, разработанные на кафедре КХТП для реализации обучения по направлению 28.03.02 Наноинженерия.

25. Примеры баз данных и информационных систем для поиска информации, востребованной при решении научных задач в наноинженерии.

26. Специализированное программное обеспечение, используемое на кафедре КХТП для решения задач наноинженерии.

27. Примеры использования наноинженерии в химии и химической технологии.

28. Примеры использования наноинженерии в фармацевтике.

29. Примеры использования наноинженерии в биотехнологии.

30. Примеры процессов химической технологии, для которых используются нанокатализаторы.

31. Методы вычислительной математики, используемые при решении задач в наноинженерии.

32. Расскажите о личных приоритетах при выборе в будущем научной работы в рамках освоения программы бакалавриата по направлению 28.03.02 Наноинженерия.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.2. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

«Утверждаю» Зав. каф. КХТП _____ <u>Глебов М.Б.</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.03.02 Наноинженерия Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии» «Учебная практика: ознакомительная практика»
Билет № 1	
1. История становления и развития кафедры КХТП и основные направления учебной и научной деятельности кафедры.	
2. Примеры использования наноинженерии в химии и химической технологии.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ [Текст] : методические указания / сост.: В. М. Аристов, С. Г. Комарова, Х. А. Невмятулина. М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 35 с.

Б. Дополнительная литература

1. Филиппова Е.Б., Савицкая Т.В. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите выпускных квалификационных работ студентов факультета информационных технологий и управления. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 28 с.

2. Информационные системы: учебник для студентов учреждений высшего образования / С.А. Жданов, М.Л. Соболева, А.С. Алфимова. М.: Прометей, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990626447.html> (дата обращения: 15.04.2021).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

– «Российские нанотехнологии», ISSN (печатной версии): 1992-7223, ISSN (онлайновой версии): 1992-4068.

– «Наносистемы: физика, химия, математика», ISSN: 2305-7971.

– «Наноиндустрия», ISSN: 1993-8578.

– «Наноструктуры. Математическая физика и моделирование», ISSN: 2224-8412.

– «Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век», ISSN: 2225-0980.

– «Нанотехнологии: наука и производство», ISSN: 2306-0581.

- «Нанотехника», ISSN: 1816-4409.
- «Nanotechnology», ISSN (Online): 1361-6528, ISSN (Print): 0957-4484.
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии): 0236-235X, ISSN (онлайновой версии): 2311-2735.
- «Интеллектуальные системы. Теория и приложения», ISSN: 2411-4448.
- «Стандарты и качество», ISSN: 0038-9692.
- «Контроль качества продукции», ISSN: 2541-9900.
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN: 2073-0004.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Официальный сайт «РХТУ им. Д.И. Менделеева» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Подразделения. Факультет ЦиТХИн. Кафедра кибернетики химико-технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.muctr.ru/univsubs/infacol/fvt/faculties/f2/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Центр Трансфера фармацевтических и биотехнологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-pharmcenter.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 15.04.2021).
- Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 15.04.2021).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку обеспечивает информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации и ведения образовательного процесса по практике.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания ИБЦ использует технологию электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

В соответствии с учебным планом занятия по практике проводятся в форме самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра КХТП располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена:

- 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2,
- 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1,
- 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920,
- 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н,
- 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ,
- 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС,
- 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101,
- 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101,
- 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуBro2,
- 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150,
- 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150.

Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой Луммарк, газоанализатором ГИАМ-310-02-2-2, газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре КХТП имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные DVD-проигрывателями, USB-портами, принтерами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; цифровой фотоаппарат; копирующие аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

На кафедре КХТП имеется проектор для демонстрации аудиовизуального материала на лекциях, научных семинарах и конференциях.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для организации самостоятельной работы обучающихся и подготовки отчета по практике доступны информационно-образовательные и информационно-справочные материалы, представленные в разделе 9.2. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в лабораториях кафедры; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КХТП имеются электронные образовательные ресурсы: специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения.

Информация о подготовке отчета по практике и особенностях проведения зачёта с оценкой по практике размещена в ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений факультета цифровых технологий и химического инжиниринга и университета.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ; – основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований. 	<p>Оценка за отчет по практике.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>
<p>Раздел 2. Ознакомление с лабораториями подразделений. Ознакомление с перспективными научными разработками кафедры КХТП в области наноинженерии.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования; – основные технологические параметры нанотехнологических процессов, способы их контроля и управления; – основные математические методы обработки экспериментальных данных. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований; – применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных. 	<p>Оценка за отчет по практике.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>
<p>Раздел 3. Систематизация материала, подготовка отчета.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные математические методы обработки экспериментальных данных. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований; – применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с 	<p>Оценка за отчет по практике.</p> <p>Оценка при сдаче зачета с оценкой.</p>

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения. Владеет: – навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных; – навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Положением о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.11.2020, протокол № 4, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.11.2020 № 117 ОД;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПРАКТИКИ

«Учебная практика: ознакомительная практика»

основной образовательной программы

28.03.02 Наноинженерия

Профиль «Наноинженерия для химии, фармацевтики и биотехнологии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ С.Н. Филатов

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Русский язык и культура речи»

Направление подготовки 28.03.02

Наноинженерия

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

«_____» _____ 2021 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена:

канд.фил.наук, доцентом Л.И.Судаковой;

ст. преподавателем кафедры русского языка О.Ф. Будко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры русского языка
«_12_» __мая_____ 2021__ г., протокол №_9_

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки **28.03.02 «Нанонженерия»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой русского языка РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина *«Русский язык и культура речи»* относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений (факультативам).

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую языковую подготовку.

Цель дисциплины – повышение общей и профессиональной культуры речи студента и формирование практической потребности в саморазвитии и совершенствовании личности.

Задачи дисциплины:

- совершенствование языковой личности (языковой, коммуникативной и общекультурной компетенций);
- овладение литературными нормами современного русского языка;
- формирование речевой культуры в сфере учебно-научной деятельности;
- овладение деловым этикетом и навыками профессионального общения;
- развитие интереса к родному языку;
- формирование практической потребности в саморазвитии и совершенствовании личности.

Дисциплина *«Русский язык и культура речи»* преподается во 2 семестре.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории(группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Коммуникация	УК- 4 Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	– Владеет навыками публичного выступления, самопрезентации на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4.1); – Проводит дискуссии в профессиональной деятельности (УК-4.2); – Владеет навыками ведения деловой переписки (УК-4.3).

После изучения дисциплины бакалавр должен

Знать:

- функции языка как средства формирования и трансляции мысли;
- специфику устной и письменной речи;

- специфику и жанры научного стиля речи;
- языковые особенности представления результатов научных исследований;
- специфику жанров официально-делового стиля;
- нормы литературного языка;
- особенности подготовки текстов разных видов публичного выступления;

Уметь:

- трансформировать письменный текст в устную форму речи;
- выделять структурные единицы текста;
- составлять личные и служебные документы в соответствии с нормативными требованиями;
- находить в тексте речевые ошибки и устранять их;
- выступать публично с разными коммуникативными намерениями;

Владеть:

- культурой научной и деловой речи в письменной и устной форме;
- основами эффективной коммуникации в учебной и профессиональной деятельности (навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа:	0,89	32	24
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия	0,44	16	12
Самостоятельная работа:	1,11	40	30
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,11	39,8	29,85
Контактная самостоятельная работа		0,2	0,15
Вид итогового контроля:	Зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	ВСЕГО	Лекции	Практика	СР
1.	Раздел 1. Введение в предмет	16	5	3	8
1.1.	Русский язык и культура речи как предмет, как составляющая жизненного и профессионального успеха	5	2	1	2
1.2.	Компоненты ситуации общения и успешность коммуникации	6	2	1	3
1.3.	Многообразие языковых средств. Отбор языковых средств, обеспечивающих эффективную коммуникацию в определенной ситуации	5	1	1	3
2.	Раздел 2. Культура научной речи и деловой речи	23	6	5	12
2.1.	Лингвистика научного текста	6	2	1	3
2.2.	Оформление научной работы	5	1	1	3
2.3.	Особенности официально-делового стиля. Письменные формы деловой	5	1	1	3

	речи				
2.4.	Устные формы деловой речи	7	2	2	3
3.	Раздел 3. Нормативный аспект культуры речи	12	1	3	8
3.1.	Определение нормативности и вариантности. Орфоэпические нормы русского литературного языка	3	1		2
3.2.	Лексические нормы РЛЯ, причины их нарушения	3		1	2
3.3.	Грамматические нормы РЛЯ, случаи их нарушения	3		1	2
3.4.	Орфографические и пунктуационные нормы РЛЯ	3		1	2
4.	Раздел 4. Правила подготовки публичной речи	21	4	5	12
4.1.	Правила подготовки публичного выступления – монолога	13	2	3	8
4.2.	Основы полемического мастерства	8	2	2	4
	Всего	72	16	16	40

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в предмет

1.1. Русский язык и культура речи как предмет, как составляющая жизненного и профессионального успеха. Задачи и место курса в подготовке бакалавра, специалиста и магистранта. Проблема престижа и практической востребованности речевой культуры в наше время. Основные понятия курса: язык, речь, речевая ситуация, культура речи и её составляющие: языковые нормы, функциональные стили и речевой этикет; структура национального языка: литературный язык и нелитературные разновидности (жаргонизмы, диалектизмы, просторечие).

1.2. Компоненты ситуации общения и успешность коммуникации Понятия *общение* и *речевая ситуация*. Модель коммуникации по Р.О. Якобсону. Модель Якобсона в общей структуре деятельности людей – профессиональной и общественной. Цели общения (коммуникативные цели). Что значит «достигнуть коммуникативной цели»? Различия в **коммуникативной** и **языковой** компетенции носителей языка. Позиция отправителя текста (говорящего или пишущего) и получателя текста (слушателя или читателя). Задачи участников общения. Цель общения: получение и передача необходимой информации. Взаимодействие, сотрудничество, конфликт отправителя и получателя текста. Полное и неполное понимание текста. Неспособность говорящего решить языковыми средствами поставленную задачу – наилучшим образом выразить свою мысль и неспособность получателя текста декодировать текст. Речевые ошибки и коммуникативные неудачи, возможные их причины. Коммуникативная компетенция носителя РЯ – умение строить и воспринимать устные и письменные тексты разных жанров в различных ситуациях общения, тем самым достигать своих целей, не нарушая принципов культуры, морали, коммуникативной комфортности. Языковая компетенция носителя РЯ – знание и соблюдение орфографических, орфоэпических, грамматических норм, знание значений и правил употребления слов.

1.3. Многообразие языковых средств. Отбор языковых средств, обеспечивающих эффективную коммуникацию в определенной ситуации. Типы речевых ситуаций и функциональные разновидности современного русского языка. Официальные и неофициальные ситуации общения. Подготовленная и спонтанная речь. Формы речи (письменная и устная) и их специфика. Характер соотношения письменного и устного ряда речевых проявлений. Монолог и диалог (полилог). Функциональные стили (научный, официально-деловой, публицистический). Разговорная речь. Язык художественной литературы.

Раздел 2. Культура научной речи и деловой речи

2.1. Лингвистика научного текста. Особенности научного стиля речи. Термины, особенности научной терминологии. Разновидности научного стиля (собственно-научный, учебно-научный, научно-информационный, научно-публицистический). Специфика использования элементов различных языковых уровней (лексического, морфологического, синтаксического) в научной речи.

2.2. Оформление научной работы. Организация научного текста. Рубрикация текста: главы, разделы, названия отдельных частей. Оформление библиографии, цитат, сносок. Список использованной литературы (алфавитный, структурный). Включение источников на иностранных языках, включение словарей, справочников, ссылки на электронный документ.

Виды компрессии научного текста: конспект, план, тезисы, виды рефератов. Жанры устной научной речи. Краткая характеристика реферативного сообщения, лекции и доклада.

2.3. Особенности официально-делового стиля. Письменные формы деловой речи. Официально-деловой стиль речи, его лексико-грамматические особенности, речевые клише; его разновидности (подстили) и сферы функционирования (административная, правовая, дипломатическая), жанровое разнообразие. Новые явления в официально-деловом стиле. Строгость норм письменной формы делового общения. Жанры письменной деловой коммуникации. Канцелярский документ как особый тип текста и его языковые особенности: унификация языка и текста документа, языковые формулы официальных документов; интернациональные свойства русской официально-деловой письменной речи. Документы личного пользования (заявление, расписка, доверенность, ходатайство, автобиография, резюме). Служебная корреспонденция (деловое письмо и его виды, инструкция). Структура документа; правила составления документов; подготовка информационных и аналитических обзоров и дайджестов. Речевой этикет в деловой переписке.

2.4. Устные формы деловой речи. Особенности устной деловой речи (сочетание элементов профессионального, делового и разговорного языков). Деловой речевой этикет и национальные особенности русского речевого этикета. Принцип вежливости Дж. Лича. Постулаты сотрудничества П.Д. Грайса и Р. Лакоф. Законы коммуникации и правила убеждения. Факторы, снижающие эффективность делового общения. Жанровые разновидности устной деловой речи (деловая беседа, презентация, переговоры, совещание, деловой разговор по телефону), их структурные и коммуникативные особенности. Основы межкультурной коммуникации в деловом общении.

Раздел 3. Нормативный аспект культуры речи

3.1. Определение нормативности и вариантности. Орфоэпические нормы русского литературного языка. Языковая норма, её роль в становлении и функционировании русского литературного языка. Определение понятий кодификация и фактор социального престижа. Понятие вариантности языковой нормы. Правильность и мастерство речи. Разновидности языковых норм. Произносительные нормы РЯ (орфоэпия). Основные правила произношения заимствованных слов, правила произнесения согласных звуков. Особенности русского ударения. Орфоэпические словари и справочники: словарь под ред. Р.И. Аванесова, новый орфоэпический словарь под ред. М.Л. Каленчук.

3.2. Лексические нормы РЛЯ, причины их нарушения. Значение слова и лексическая сочетаемость. Точность речи: правильность выбора слова из ряда единиц, близких ему по значению или по форме (синонимы, паронимы, омофоны). Функционально-смысловая принадлежность слова. Уместность использования слова в той или иной коммуникативной ситуации. Иноязычные слова в современной русской речи. Распространенные лексические ошибки: плеоназм и тавтология. Русская фразеология и выразительность речи.

3.3. Грамматические нормы РЛЯ, случаи их нарушения. Особенности русского словообразования. Строгое соблюдение морфологических норм современного русского языка. Трудные случаи употребления имен существительных. Изменения, происходящие в употреблении числительных. Синтаксические нормы: трудные случаи именного и глагольного управления. Согласование подлежащего и сказуемого в формах числа. Употребление деепричастных оборотов.

3.4. Орфографические и пунктуационные нормы РЛЯ. Орфографические и пунктуационные нормы, актуальные для делового письма: правописание приставок, суффиксов и окончаний разных частей речи, предлогов, частиц, употребление прописных букв, употребление знаков препинания в простом и сложном предложениях.

Раздел 4. Правила подготовки публичного выступления.

4.1. Правила подготовки публичного выступления – монолога. Особенности публицистического стиля речи. Риторический идеал современного человека. Понятие устного публичного выступления, его виды и общие требования к подготовке публичного выступления

в зависимости от цели выступления: информационное (и рекламное) выступление, протольно-этикетное и правила подготовки поздравительных и приветственных речей. Особенности аргументирующей (убеждающей) речи, виды убеждающей речи. Выбор аргументов в зависимости от типа аудитории Основные этапы работы над речью. Изобретение содержания речи. Смысловые модели и способы их применения в выступлении. Расположение содержания речи. Вступление и заключение как композиционные части выступления. Словесное выражение содержания. Языковые средства выразительности как способ эффективного воздействия на слушателей. Оратор и аудитория: основы мастерства публичного произнесения речи. Роль техники речи в процессе работы над выступлением..

4.2. Основы полемического мастерства. Роль публичных дискуссий в современном обществе. Понятие спора, его цели и виды. Понятие аргументации как процесса доказательства и совокупности системы аргументов и правила аргументации. Основные стратегии и тактики спора. Подготовка к дискуссии и правила участия в ней.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
Знать:				
- функции языка как средства формирования и трансляции мысли;	+	+	+	+
- специфику устной и письменной речи;	+	+		+
- языковые особенности представления результатов научных исследований;		+		+
- нормы литературного языка;		+		+
- особенности подготовки текстов разных видов публичного выступления;	+			+
Уметь:				
- трансформировать письменный текст в устную форму речи;	+	+		
- выделять структурные единицы научного текста;		+		+
- составлять личные и служебные документы в соответствии с нормативными требованиями;		+	+	
- находить речевые ошибки и устранять их в тексте;	+	+	+	+
- выступать публично с разными коммуникативными намерениями.	+	+		+
Владеть:				
- культурой научной и деловой речи в письменной и устной форме;	+	+		+
- основами эффективной коммуникации в учебной и профессиональной деятельности (навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии).	+	+	+	+
Код наименования УК	Код индикатора достижения УК			

УК- 4 Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).	УК-4.1 – Владеет навыками публичного выступления, самопрезентации на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	+	+		+
	УК-4.2 – Проводит дискуссии в профессиональной деятельности	+	+		+
	УК-4.3 – Владеет навыками ведения деловой переписки	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№раздела дисциплины	Практические занятия	Часы
1.	Введение в предмет	Практическое занятие 1. Обсуждение темы «Прошлое, настоящее и будущее русского языка». Практическое занятие 2. Создание письменных текстов разных стилей речи. Практическое занятие 3. Трансформация письменного текста в устную форму и наоборот.	3
2.	Культура научной речи и деловой речи	Практическое занятие 4. Анализ языковых особенностей научного текста. Составление конспекта статьи по специальности и изложение содержания статьи (по плану, ключевым словам). Практическое занятие 5. Составление аннотации, реферата по заданной научной статье. Практическое занятие 6. Выступление с реферативным сообщением (защита рефератов). Практическое занятие 7. Составление заявления, автобиографии и резюме, объяснительной записки, доверенности. Практическое занятие 8. Деловая игра «Собеседование с работодателем».	5
3.	Нормативный аспект культуры речи	Практическое занятие 9. Орфографическое тестирование. Миниконтрольные работы по видам норм. Практическое занятие 10. «Толкование терминов по специальности». Миниконтрольные работы по видам норм.	3
4.	Правила подготовки публичного выступления	Практическое занятие 11. Правила составления публичной речи. Структура публичного выступления (роль вступления и заключения,	5

	<p>приемы привлечения и поддержания внимания аудитории).</p> <p>Практическое занятие 12. Выступление с подготовленной дома публичной речью разных жанров и последующим её анализом.</p> <p>Практическое занятие 13. Правила ведения дискуссии. Анализ телепередач дискуссионного характера.</p> <p>Практическое занятие 14. Правила проведения дебатов.</p> <p>Практическое занятие 15. Проведение обсуждения заранее заданной темы.</p>	
--	--	--

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета* по дисциплине.
- подготовку к интерактивным формам проведения занятий;
- участие во внеаудиторных мероприятиях РХТУ им. И. Менделеева, совершенствующих речевую культуру студентов (конкурс ораторов, олимпиада по русскому языку, научная студенческая конференция, поэтические уроки).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

1. Место русского языка среди других языков мира.
2. Будущее русского языка.
3. Может ли изменение отношения к родному языку стать национальной идеей русского народа?
4. Законы коммуникации.
5. Речевые идеалы современного молодого человека.
6. Категория вежливости – основное понятие речевого этикета.
7. Заинтересовано ли российское общество в образованных профессионалах?
8. Какое место занимает понятие «интеллигентность» в сознании современного молодого человека?
9. О необходимости сохранения языковой нормы.
10. Значение риторики в деятельности современного специалиста.
11. Специфика русского коммуникативного поведения.
12. Слушание как вид речевой деятельности.
13. Приемы эффективного слушания.
14. Национальные особенности русского речевого этикета.

15. Риторика: история и современность.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины.

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов (по 15 баллов за каждую). 40 баллов (по 10 б. на каждый раздел) отводится на оценивание самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям.

Раздел 1. Введение в предмет.

- 1) Что такое культура речи?
- 2) Какое место занимает русский язык в системе языков мира?
- 3) Каковы основные тенденции, влияющие на современное состояние русского языка?
- 4) Что такое язык? Речь? Литературный язык? Нелитературные разновидности речи?
- 5) В чем специфика устной и письменной речи?
- 6) Каковы правила трансформации речи из одной формы в другую?
- 7) Что лежит в основе разделения литературного языка на стили речи?
- 8) Как можно связать понятие речевой ситуации и коммуникативной модели по Р.О. Якобсону.
- 9) Каковы составные части языковой личности?
- 10) Типы речевых культур.
- 11) Виды речевой деятельности.
- 12) Что входит в понятие текста?

1. 1. Контрольная работа по теме *Введение*

Максимальная оценка 15 баллов (1- 6 баллов + 2- 4 балла + 3-5 балла).

1. Определите форму, вид, стиль речи в такой речевой ситуации: *вы пришли в банк открыть вклад.* Напишите текст-описание *Проблема, которая у вас возникла*

2. Прочитайте текст, трансформируйте устный текст в письменную форму речи.
– Я была... / Соловьёва Надежда Георгиевна // Работала рыбачкой всю войну // 16-ти небыло ещё мне // Я прошла всю калмыцкую степь / с лопатой // Окопы копали / траншеи копали / всякое // Что заставляли нас / то мы и делали // На нас даже охотились немцы / ды-ды-ды-ды / в окопах / в этих / в блиндажах // Какие-то дрессирующие пули / что ли? // Как их называется? // Такие кубины //

3. Прочитайте текст, сформулируйте основную мысль текста. На основе содержания текста придумайте свою мысль и создайте рассуждение.

Но я не об этом хотел с тобой говорить, а о болезни, которая поразила твоё и предыдущее поколение, которое уже учится в университетах. Я говорю о потере памяти. Это правда, что если ты захочешь узнать, кто такой Карл Великий или где находится Куала-Лумпур, то ты сможешь нажать на кнопку и тотчас узнать все из Интернета. Делай это, когда тебе нужно, но, получив справку, старайся запомнить её содержание, чтобы не искать вторично, когда эти знания тебе понадобятся в школе, например. Плохо то, что понимание того, что компьютер может в любой момент ответить на твой вопрос, отбивает у тебя желание запоминать информацию. Память *подобна* мускулам твоих ног. Если ты её перестанешь упражнять, то она станет дряблой, и ты (будем говорить без обиняков) превратишься в идиота. (Эко Умберто "Дорогой внук, учи наизусть..." («ХиЖ», 2014, №12)

1.2. Контрольная работа

Максимальная оценка 15 баллов (5 баллов за 1 задание и 10 – за ответы на вопросы 2-5)

1. Трансформируйте письменный текст (какой стиль?.....) в устную форму разговорного стиля.

Важнейшее значение книг Д.Карнеги заключается в том, что Д.Карнеги учит людей задумываться над своим общением, совершенствовать свое общение и показывает, что совершенствование навыков и приемов общения с людьми в зрелом возрасте на основе принципа толерантности и интереса к собеседнику не только возможно, но и приводит к успеху в делах и улучшению взаимоотношений с окружающими».

2. *Отметьте, к какому типу нелитературной речи относятся выделенные слова:*

- 1) Просторечие
- 2) Диалекты
- 3) Жаргон

3. *Отметьте особенность устной речи:*

- 1) создание во времени
- 2) спонтанность создания
- 3) высокая степень нормированности
- 4) присутствие адресата в момент речи
- 5) стяженность и неполнота

3. *Определите стиль и тип речи данного отрывка:*

Я делаю это потому, что для восприятия красоты окружающего человек сам должен быть душевно красив, глубок, стоять на правильных жизненных позициях. Попробуйте держать бинокль в дрожащих руках – ничего не увидите» (Д. С. Лихачев).

- 1) Официально-деловой, повествование
- 2) Научный, повествование
- 3) Научный, описание
- 4) Публицистический, рассуждение

4. *Определите стиль речи данного отрывка:*

Рефераты пишутся по наиболее актуальным темам. В них на основе тщательного анализа и обобщения научного материала сопоставляются различные взгляды авторов и определяются собственные позиции студента с изложением соответствующих аргументов.

- 1) Официально-деловой
- 2) Научный
- 3) Научный
- 4) Публицистический

5. *Определите ряд правильных определений характеристики данного текста:*

Происходящие в современном обществе изменения обуславливают необходимость модернизации образования в направлении развития личности учащегося, раскрытия его внутреннего потенциала, подготовке к активной жизненной позиции.

- 1) Устная речь, научный стиль
- 2) Письменная речь, разговорный стиль.
- 3) Письменная речь, публицистический стиль.
- 4) Письменная речь, научный стиль

Раздел 2. Культура научной и деловой речи

- 1) Чем объясняется специфика научного языка
- 2) Какова структура научного текста?
- 3) Каковы жанры первичных и вторичных научных текстов?
- 4) Виды компрессии научного текста.
- 5) Правила создания аннотации. Речевые стандарты для составления аннотации.
- 6) Правила составления реферата. Реферативные конструкции.
- 7) Чем различаются письменная и устная формы научного стиля на примере статьи и доклада, реферативного сообщения?
- 8) Каковы стилевые черты и языковые особенности жанров официально-делового стиля
- 9) Что такое документ? Реквизит?
- 10) Каковы общие требования к составлению частных документов?
- 11) Расскажите о правилах структурирования и оформления частных деловых документов.
- 12) Что такое речевой этикет? Каковы функции речевого этикета в деловом общении?

- 13) Какое общение можно назвать эффективным?

2.1. Контрольная работа по научному стилю речи

Максимальная оценка 15 баллов (контрольная работа состоит из 2 частей: блиц-опрос из 5 вопросов по 1 баллу за ответ и 10 баллов за выполнение заданий 2-4).

1. Блиц-опрос:

- 1) Перечислите основные характерные черты научного стиля речи: Какой научный стиль речи?
- 2) Что такое первичный текст?
- 3) Назовите три жанра вторичного текста
- 4) По какому признаку классифицируются разновидности научного стиля речи?
- 5) Чем реферат отличается от реферативного сообщения?

2. Выберите (из предложенных в скобках) термин, соответствующий дефиниции. Определите науку. Отметьте номер ошибочно составленной формулировки.

- 1) Химические реакции, протекающие с выделением теплоты (гипертермические, экзотермические, эзотерические, эндотермические, экзотермические).
- 2) Выпускается много бумажных денег или количество товаров, которые продаются населению, уменьшается (обесценивание, девальвация, деструктуризация, инфляция, диссипация).
- 3) Доход с капитала, имущества или земли, не требующий от получателя предпринимательской деятельности (прибыль, рента, пошлина, заработок).
- 4) Сведения об условиях жизни и о начале и развитии заболевания, сообщаемые больным врачу (диагноз, анамнез, стеноз).
- 5) Научный труд, углубленно разрабатывающий одну тему, один круг вопросов (статья, монолог, монография, мониторинг)

3. Сократите данную информацию до тезиса.

Даже у самых смелых эволюционистов прошлого не хватало воображения, чтобы представить себе беспредельность развития мира, например, дарвинист Э. Геккель, утверждавший принцип развития на уровне живых организмов, нисколько не сомневался, что Вселенная вечна и неизменна, и эта точка зрения до сих пор находит сторонников в астрономии, хотя все более широкое признание получает эволюционная космология.

4. Из предложений составьте текст и докажите его принадлежность к определенному подстилю речи. Составьте план текста.

1. Ориентация на тесты с выбором ответов развивает у учащихся и студентов примитивизм мышления, формирует особое примитивное "тестовое мышление".
2. Такие тесты можно выполнить, просто угадав.
3. Но можно ответить "сообразив".
4. В любом случае, результат тестирования в крайне малой степени отражает собственно знания.
5. Он скорее отражает сообразительность, «нахватанность», поверхностное знакомство с предметом.
6. Такими тестами мы отвращаем детей от творческого мышления, от необходимости получить систематическое, углубленное знание. (И.А.Стерни).

2.2. Контрольная работа по грамотности деловой речи

Максимальная оценка 15 баллов (30 правильных ответов; кол-во правильных ответов умножить на 0,5).

1. Составьте по 2 словосочетания с каждым из слов:

миграция, иерархия, регламентированность.

2. Выпишите слова и словосочетания, употребляющиеся только в официально-деловом языке:

иметь место, один-единешенек, констатировать, терем, придумать фэнси, заявка на участие, заводище, факсик, распорядок дня, меланхоличный, делопроизводство, обусловить, денежки,

получить командировку, составить документ, напишите свои хотелки, произвести наезд, наше решение.

3. *Дайте названия документам по следующим определениям:*

- официальное сообщение причины, повлекшей проступок – ?.....
- удостоверяющий получение чего-либо– ?.....;
- запись всего происшедшего на собрании, допросе– ?.....;
- удостоверяющий какой-нибудь факт– ?.....;

4. *Поставьте в форму мн.ч. следующие слова:*

договор, пропуск, бухгалтер, полис, ректор, инженер, шофер, вексель, сорт, директор.

5. *Найдите пары слов, одинаковые по значению:*

Аннулировать, интеграция, администрирование, девальвация, управление, корректировка валютного курса, уничтожать, объединение

6. *Отредактируйте предложения с точки зрения удобства его восприятия:*

1. Чтобы получить с должников необходимые в сущности для снабжения их же самих средства, жилищное агентство проводит постоянную работу по взысканию задолженностей через суд.
2. Основную часть финансирования производственных работ, выполненных подрядным способом, было осуществлено также Муниципальным образованием г.Зеленогорска.
3. Если процесс банкротства строительной фирмы «Виадук» доведут до логического конца, большинство этих людей потеряют надежду получить собственные деньги или обещанную жилплощадь.
4. Работникам было предложено написать отзыв на работу фирмы и характеристику на руководителя.

2.4. Выступление с реферативным сообщением по научной статье, самостоятельно выбранной из рекомендуемых преподавателем изданий.

Максимальная оценка 15 баллов (оценивается научность стиля, содержательность и логичность изложения).

2.5. Деловая игра «Научная конференция» по теме «Язык делового общения».

Максимальная оценка каждого выступающего, ведущего, эксперта - 15 баллов (критерии оценки: **научность изложения** - точность, логичность, отсутствие разговорных конструкций, использование терминов, общенаучной лексики, логичное построение полных предложений; **содержание речи** - соответствие теме выступления (нет лишнего материала), цель и выполнение цели, новая интересная информация; **устная форма**– с опорой на текст, без опоры на текст).

Цель деловой игры: получить информацию об особенностях делового языка, получить навыки публичного выступления с сообщениями, использовать метод активного обучения друг друга (наглядность в форме презентации или на доске приветствуется).

Раздел 3. Нормы литературного языка

- 1) Дайте определение языковой норме. Виды норм литературного языка.
- 2) Почему произносительные нормы считаются «слабым звеном» литературного языка?
- 3) Как произносятся заимствованные слова и аббревиатуры.
- 4) Какие виды лексических ошибок? Как зависит нарушение правил словоупотребления от коммуникативной ситуации?
- 5) Словообразовательные элементы в процессе русификации иноязычных слов.
- 6) Трудные случаи изменения имен существительных.
- 7) Чем различаются правила изменения количественных и порядковых числительных?
- 8) Для чего в русском языке нужно знать род несклоняемых имен существительных?
- 9) Какие существуют правила употребления имен существительных множественного числа в формах И.п. и Р.п. имен существительного.
- 10) Объясните правила именного и глагольного управления.
- 11) Как изменяются фамилии «нерусского» происхождения?
- 12) Как согласуются географические названия?

- 13) От чего зависит выбор формы сказуемого?
14) Главное условие употребления деепричастного оборота?

3.1. Контрольная работа

Максимальная оценка 15 баллов (количество правильных ответов разделить на 4).

1. Укажите определение языковой нормы. Это...

- 1) Единообразное употребление знаков языка.
- 2) Коммуникативные качества речи.
- 3) Владение правилами поведения, принятого в обществе.
- 4) Совокупность языковых средств.

2. В каких рядах слов ударение во всех словах падает на последний слог?

- 1) Нефтепровод, занята, алкоголь, бронировать (дверь).
- 2) Каталог, мастерски, духовник, договор.
- 3) Квартал, столяр, включенный, аналог, ломота.
- 4) Черпать, торты, озвучение, клала, заговор, свекла,

3. Выберите ряды слов, в которых согласный перед Е произносятся мягко:

- 1) Турне, ателье, корректный, фанера, форель.
- 2) Интеграция, лотерея, мотель, пресса, купе.
- 3) Демагог, текст, консервы, дебет, кредо.
- 4) Тезис, орхидея, портмоне, тире, соплеменник.

5) Шинель, игротека, террор, декада, депозит.

4. Отметьте ряды глаголов, ударение в которых падает на последний слог:

- 1) Принудить, черпать, уведомить, ходатайствовать.
- 2) Звонить, убыстрить, усугубить, облегчить.
- 3) Пломбировать, взбодрить, избаловать, маркировать.
- 4) Закупорить, бронировать (билет), плесневеть.

5. Отметьте слова, в которых нужно писать букву Ё:

- 1) Афера
- 2) Бытие
- 3) Дареный
- 4) Включенный
- 5) Изобретший
- 6) Приемник

6. Отметьте номера предложений, в которых неправильно употреблено слово:

- 1) Мы попали в драматическую ситуацию.
- 2) Вот уже сутки техника простаивает.
- 3) Представляем слово следующему оратору.
- 4) Прошу всех оплатить за проезд!
- 5) Превосходство ума над силой.
- 6) Наши расчеты обоснованы математическими методами.
- 7) Рабочий был уволен за прогул без уважительной причины.

7. Отметьте ряд слов женского рода:

- 1) Мозоль, диван-кровать, виски, пони, резюме,
- 2) ГИБДД, салями, кольраби, бра, шампунь
- 3) Тапка, туфля, салями, Миссури, вуаль

8. Отметьте ряды слов, которые в форме И.п. мн.ч. имеют окончания -И - Ы:

- 1) Ректор, бухгалтер, автор, редактор, приговор
- 2) Сторож, жемчуг, паспорт, профессор, корпус завода
- 3) Ордер, флюгер, череп, инструктор, слесарь
- 4) Подписать счет, пропуск, повесить образ, вексель
- 5) Вступить в орден, торт, шофер, принтер

9. Отметьте ряд слов, в которых все имена существительные имеют в форме род.п.мн.ч. окончание -ОВ:

- 1) Килограммы, полотенца, армяне, туфли, заморозки
- 2) Макароны, валенки, чулки, рельс, щупальца
- 3) Монголы, джинсы, гектары, помидоры, носки.

10. Отметьте номера предложений, в которых используется глагол в форме единственного числа:

- 1) Экзамены сдал..... 61 человек.
- 2) В зале несколько столов заняты...компьютерами .

- 3) 38 попугаев стал... героями известного мультфильма.
 4) Под расписку выдан.... 10000 рублей.
 5) 13 студентов прошл.... повторное тестирование.
 6) Часть студентов рассел.....сь по местам.
11. *Отметьте, какое правило употребления слов нарушено в высказывании Маяковский любил и гордился своей страной:*
 1) Речевая избыточность 2) Речевая недостаточность 3) Неправильное значение слова
12. *Выделите предложения, в которых глаголы и прилагательные стоят в форме рода:*
 1) На плечи молодой женщина был... накинута.... пушист.... боа.
 2) ООО «Сатурн» разослал.... по фирмам инструкции.
 3) «Юманите» обратил...сь к французским коммунистам с призывом принять участие в выборах.
 4) Цены на колумбиск.... кофе понизились.
 4) У него сильн.....голосище.
13. *Найдите случаи неправильного употребления числительного:*
 1) На занятиях не было обоих сестер.
 2) Парохода ждали только четыре женщины.
 3) Трое работниц не могла выйти на работу.
 4) Трое медвежат весело лазали по поваленному дереву.
 5) На триста второй странице была опечатка.
 6) Он остался с пятьсот сорока семью рублями.
14. *Выберите предложения, в которых фамилии изменяются:*
 1) В произведениях (Жюль Верн) затрагиваются немногие социальные проблемы.
 2) Перу профессора (Петр Черных) принадлежит ряд интересных работ.
 3) Роман (Генрих и Томас Манн) напечатали в последнем выпуске журнала.
 4) Похождения (Казанова) послужили сюжетом для кинофильма.
 5) (Мария Алексеевич) выбрали народным депутатом.
15. *Определите предложение, в которых правильно используются формы имени прилагательного:*
 1) Ученик был способен к математике.
 2) Его называли самым умнейшим человеком в колледже.
 3) Первый ученик отвечал более бойчее, чем второй.
 4) Подробный ответ бессмыслен.
 5) Небо сегодня голубое и полно удивительной прозрачности.
16. *Выделите ряды слов, в которых во всех словах – ЧН- произносится как – ШН-:*
 1) Никитична, очечник, нарочно, конечно, шапочное знакомство
- 2) сердечный друг, шуточный тост, взяточник, будничный, коричневый
 3) лавочник, яичница, скучно, старая перечница (пренеб. о женщине)
 4) закадычный, войлочный, точечный, булавоочная, горячечный
17. *Отметьте пары слов, не являющихся синонимами:*
 1) Ходатайство – прошение 2) Учтивый – деликатный. 3) Библиофил - книголюб
 4) Мораторий -запрет 5) Ратификация - происхождение
18. *Отметьте, с чем связаны речевые ошибки, допущенные во всех предложениях: Студент попал в комическую ситуацию. На девочку одели костюм «снежинки. Он закончил университет в 1995 году.*
 1) Нарушение правил сочетаемости слов. 2) Смешивание паронимов.
 3) Выбор правильного падежа 4) Инверсия.
19. *Отметьте предложения, в которых соблюдены правила выбора нужного падежа:*
 1) Он уделял внимание всем подробностям дела.
 2) Учебные занятия проходят согласно расписанию.
 3) Была высказана критика о том, как обслуживают в библиотеке.
 4) Об этом мы познакомим вас позже.

5) По окончании работы все должны были собраться в зале.

6) Отметить различие одного предмета от другого.

20. *Отметьте предложения, в которых нарушены правила употребления деепричастий:*

- 1) Как приятно знать, что, придя домой после школы, котенок встретит меня радостным мяуканьем.
- 2) Забегая вперед, скажу, что всё закончилось благополучно
- 3) Старик, присмотревшись к подходящему человеку, узнал в нем соседа.
- 4) Рассмотрев функциональные характеристики структур муниципалитета, предлагается следующее.

21. *Отметьте пример нарушения связи согласования:*

- 1) Я родился в городе Воронеже.
- 2) Турагентство располагается на улице Арбате.
- 3) Вице–спикер Иванова предложила отложить решение вопроса на месяц.
- 4) И.И Иванов руководит предприятием, регулярно выполняющий план.
- 5) Доедете до станции метро Нагорная.

22. *Выделите ряд фразеологизмов, имеющих значение «обмануть»:*

- 1) Обвести вокруг пальца, втереть очки, взять на пушку.
- 2) Два сапога пара, бить баклуши, точить лясы.
- 3) Семи пядей во лбу, пасть духом, намылить шею.

23. *Выделите слова-историзмы (названия, ушедших из быта предметов):*

- 1) кокошник 2) отрок 3) чело 4) оброк 5) волость 6) царь 7) зеркало
- 8) паспорт 9) глад.

24. *Какое правило словоупотребления нарушено в данных предложениях:*

Ввиду холода в помещении делаем только срочные переломы.

Приобрести эти знания задача не простая, и требуются серьезные усилия и трудолюбие.

- 1) Неточное значение слова.
- 2) Использование паронимов.
- 3) Речевая недостаточность.
- 4) Речевая избыточность.

25. *Назовите самые подвижные нормы литературного языка:*

1) Орфоэпические 2) Синтаксические 3) Словообразовательные

26. *Найдите слово, имеющее такое определение: **Чрезвычайные обстоятельства, освобождающие от выполнения обязательств по договору:***

- 1) Протекционизм
- 2) Форс–мажор
- 3) Парафирование
- 4) Лоббирование

27. *Найдите определение слову **конформизм:***

- 1) – умонастроение, уровень общ сознания
- 2) – отсрочка исполнения обязательств
- 3) - пассивное принятие господствующего мнения

28. *Выберите, каким способом толкуется значение слова Коррупцию можно определить как взяточничество:*

- 1) Этимологический
- 2) Логический
- 3) Описательный
- 4) Синонимический

29. *Что не является признаками хорошей речи, которые обеспечивают эффективность общения и гармоничное взаимодействие его участников:*

- 1) Уместность
- 2) Богатство
- 3) Чистота
- 4) Выразительность

- 5) Научность
- 6) Диалогичность

Раздел 4. Правила публичного выступления

- 1) Какую речь можно назвать публичным выступлением?
- 2) От чего зависит разновидность публичных выступлений?
- 3) Какие этапы подготовки к публичной речи существуют со времен античности?
- 4) Какова роль вступления и заключения в публичном выступлении?
- 5) Какие выразительные средства речи воздействуют на слушателя?
- 6) В чем заключаются особенности протоколно-этикетной речи?
- 7) Каковы правила подготовки поздравительно-приветственного выступления?
- 8) Каковы особенности информационной речи?
- 9) На чем основывается деление убеждающей речи на разновидности?
- 10) Какие существуют формы разрешения разногласий?
- 11) Правила ведения дискуссии.
- 12) Какие существуют разновидности вопросов и как на них нужно отвечать?

4.1. Выступление с убеждающей речью по заранее выбранной теме, подготовленной дома.

Максимальная оценка 15 баллов (критерии оценки: структура, содержательность мысли, устность, аргументированность, убежденность).

Оценка **публичной речи** формируются на основе соблюдения следующих **требований**:

1. Четко сформулирован тезис, который доказывается.
2. Подобраны не менее 3 аргументов, доказывающих истинность тезиса.
3. Эффективное вступление и заключение.
4. Используются приемы привлечения внимания, приемы удержания внимания аудитории.
5. Используются средства выразительности.
6. Соблюдение регламента (5 минут).

Примерная тематика публичных выступлений.

1. Высшее образование и личное благополучие?
2. Политика и честность?
3. Богатство материальное или духовное - цель современного общества?
4. Возможно ли объединить человечество одним языком?
5. Почему в России быстро приходит в негодность инфраструктура?
6. Риторика – искусство искать истину или искусство обманывать?
7. Мат в речи изменяет жизнь людей?
8. Доступно о сложном научном знании?
9. Вранье становится нормой?
10. Каким должен быть преподаватель вуза?
11. «После хлеба самое важное для народа – школа» Ж.Дантон.
12. «Только тот учитель и будет действовать плодотворно на всю массу учеников, который сам силен в науке, ею обладает и её любит» Д.И.Менделеев.
13. «Русский ум всего ярче проявляется в глупостях» В.О.Ключевский.
14. «Нет правды в человеке, который не в состоянии контролировать свой язык» М.Ганди.

4.2. Проведение дискуссии // дебатов.

Максимальная оценка 15 баллов (критерии оценки: активность, четкость формулировок и аргументов, этикетное речевое поведение, умение отвечать на вопросы).

Инструкция к проведению дискуссии по заданной теме:

1. Подготовка к дискуссии: Разделиться на группы (по 4 человека). Каждая группа выбирает одну тему, по которой каждый участник готовит свой тезис и 2 аргумента.

2. Ведение дискуссии:

Один выступает – второй задает вопрос, выясняющий позицию первого:

- *Правильно ли я вас понял, что*;

- *Вы действительно думаете, что....*
- *Ваше убеждение состоит в том, что... = повторить главную мысль первого).*

Второй выступает со своим мнением и аргументами, третий задает вопрос, выясняющий позицию второго.

Третий выступает

Четвертый ...и т.д.

3. Экспертное жюри выбирает важные аргументы и определяет, чья позиция была самой убедительной.

4.3. Контрольная работа

Максимальная оценка 15 баллов

1. *Преобразуйте научную информацию в публицистическую:*

Тезисы - кратко сформулированные положения доклада, научной статьи. Тезисы бывают оригинальными, когда автор сжато отражает основное содержание собственного доклада, и вторичными, когда составляются на основе первичного текста другого автора. Каждый тезис чаще представляет собой отдельный абзац. Тезисы в отличие от плана раскрывают решение рассматриваемых вопросов. Развитие темы излагается логично: формально с помощью вводных слов, оппозиционных фраз, глаголов движения, действия, состояния и графически, когда каждый тезис нумеруется. По стилю изложения тезисы бывают глагольного строя и номинативного строя.

2. *Перечислите этапы подготовки конкретного публичного выступления.*

3. *Перечислите цели публичных выступлений.*

4. *Определите и напишите вид публичной речи по высказыванию:*

Милый, дорогой мой телефончик, что бы я делал без тебя, моего верного помощника и надежного посредника! А помнишь, как не хотел я покупать тебя, когда продавец очень активно советовал мне выбрать именно тебя? Твой строгий черный вид не вселял тогда в меня радость, открытость клавиатуры рождала опасение постоянной отключки... А сейчас!... _____

Назовите выразительные средства, используемые в тексте?

5. *Запишите предложение, используя прием округления цифр:*

Эти мероприятия собрали более 150 тысяч посетителей, в том числе на центральной площадке – в Фундаментальной библиотеке и в 1-м учебном корпусе МГУ - около 60 тысяч.

6. *Перестройте предложение, используя прием образной конкретизации.*

Горожане довольны работой транспорта.

8. *Повторите мысль в другой словесной форме: Хочешь добиться успеха в жизни – учись!*

9. *Отметьте правильные утверждения:*

1) Беседа эффективна в небольшой аудитории.

2) Речь с оценкой государственных заслуг юбиляра – развлекательное выступление.

3) Сообщение – краткое неподготовленное выступление.

4) Индуктивный способ изложения информации лучше использовать в неподготовленной аудитории.

4) Выразительные средства речи упрощают восприятие информации.

5) Тропы – это общие смысловые схемы речи.

6) Лучшая форма подготовки речи – это заучивание наизусть.

7) Важную информацию надо располагать в конце фразы.

10. *Назовите 3 приема привлечения внимания аудитории.*

11. *Какие риторические фигуры и тропы используются в этом высказывании:*

Верить нужно в вечные ценности – любовь, дружбу, в Бога. Верить нужно в «иную жизнь», в то, что есть другая дорога, которая приведет к новой, лучшей жизни.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Итоговый контроль можно использовать при оценке знаний в процессе перевода из другого вуза, для добора баллов. Максимальное количество баллов 20 (5 баллов за каждый вопрос).

Контроль состоит из 4 вопросов (по одному из каждого раздела), на которые студент может дать ответ письменно или устно. Например,

1. Рассказать о современном состоянии русского языка.
2. Перечислить виды компрессии научного текста.
3. Привести примеры нарушения орфоэпических норм.
4. Назвать приемы привлечения внимания в начале публичного выступления

Раздел 1. Введение

1. Культура речи как составляющая жизненного успеха человека.
2. История становления русского языка.
3. Современное состояние русского языка.
4. Язык и речь. Понятие национального языка. Литературный язык и нелитературные разновидности речи.
5. Охарактеризуйте функции языка как средства формирования и трансляции мысли.
6. Расскажите о специфике устной и письменной речи.
7. Правила трансформации речи из одной формы в другую.
8. Функциональные стили литературного языка.
9. Базовое понятие общения: речевая ситуация.
10. Модель коммуникации по Р.О. Якобсону. Влияние различных факторов (адресата, офиц./неофиц. ситуации общения) на успех коммуникации.
11. Понятие языковой личности. Уровни языковой личности.
12. Типы речевых культур.
13. Виды речевой деятельности.
14. Текст как единица речи. Функционально-смысловые типы текстов.
15. Речевой этикет.

Раздел 2.

1. Объясните специфику научного языка.
2. Структура научного текста.
3. Расскажите об особенностях построения научных текстов разных жанров.
4. Виды компрессии научного текста.
5. Правила создания аннотации. Речевые стандарты для составления аннотации.
6. Правила составления реферата. Реферативные конструкции.
7. Объясните различия между письменной и устной формой научного стиля на примере статьи и доклада, реферативного сообщения.
8. Стилиевые черты и языковые особенности жанров официально-делового стиля.
9. Дайте определение документа и реквизита. Виды документов.
10. Общие требования к составлению частных деловых документов.
11. Расскажите о правилах структурирования и оформления частных деловых документов.

Раздел 3.

1. Дайте определение языковой норме. Виды норм литературного языка.
2. Произносительные нормы русского языка. Специфика русского ударения.
3. Произношение заимствованных слов и аббревиатур.
4. Нарушение правил словоупотребления и лексической сочетаемости в зависимости от коммуникативной ситуации. Виды лексических ошибок.
5. Словообразовательные элементы в процессе русификации иноязычных слов.
6. Трудные случаи изменения имен существительных.
7. Различия в изменении количественных и порядковых числительных.
8. Род несклоняемых имен существительных.
9. Правила употребления имен существительных множественного числа в формах И.п. и Р.п. имен существительного.
10. Объясните правила именного и глагольного управления.
11. Изменения фамилий «нерусского» происхождения.
12. Нормы согласования географических названий.
13. Выбор формы сказуемого в зависимости от подлежащего.
14. Употребления деепричастного оборота.

Раздел 4.

1. Виды и жанры публичных выступлений.
2. Особенности протокольно-этикетной речи.
3. Правила подготовки поздравительно-приветственного выступления.
4. Особенности похвального слова.
5. Особенности создания информационной речи.
6. Приемы построения эффективной публичной речи.
7. Особенности убеждающей речи, её разновидности.
8. Правила аргументации в убеждении публики.
9. Выбор аргументов в зависимости от типа аудитории.
10. Роль публичных дискуссий в современном обществе.
11. Понятие спора, его цели и виды.
12. Основные стратегии и тактики спора.
13. Правила проведения дебатов.
14. Виды вопросов к выступающему.
15. Стратегия ответов на вопрос.

8.4. Итоговый тест.

Максимальная оценка 20 баллов (дополнительно для добора баллов).

1. Укажите неверные утверждения

- Культура речи – это ... 1) владение нормами устного и письменного литературного языка; 2) система знаков и способов их соединения; 3) умение четко и ясно выражать свои мысли; 4) умение использовать знаки языка в соответствии с ситуацией.

2. Укажите верные утверждения

- Речь – это... 1) конкретное говорение в звуковой или письменной форме 2) система знаков, средство общения 3) функционирование языка 4) построение из знаков языка конкретных высказываний.

3. Укажите верное утверждение

Уместная речь – это речь ...

- 14) в которой соблюдены все нормы
- 15) соответствующая целям, условиям и задачам общения
- 16) последовательная, аргументированная
- 17) без слов-паразитов.

4. Укажите, какое качество речи нарушено в высказывании

Я очень люблю Иркутск! Да и как мне его не любить, ведь сам-то я тамбовский.

- 1) логичность
- 2) чистота
- 3) богатство
- 4) уместность.

5. Определите тип ошибки в предложении «Он привык беречь каждую минуту времени»

- 1) смешение паронимов
- 2) употребление слова в несвойственном ему значении
- 3) плеоназм (многословие)
- 4) нарушение лексической сочетаемости.

6. Укажите, в каких в каких случаях оба варианта правильны.

- 1) Ты куда (ложишь/кладёшь) книги?
- 2) Дорога (длиной/длиною) в жизнь
- 3) Телефон (звОнит/звонИт)
- 4) Новый (компью[т`е]р/(компью[тэ]р)

7. Каким словарем следует воспользоваться, чтобы выбрать верный вариант.

Благодаря успеху или благодаря успеха.

- 1). Орфоэпическим 2). Фразеологическим 3). Словарем управления 4) Толковым

8. Укажите неверные высказывания:

- 1) Орфоэпическая норма определяет ударение.
- 2) Орфоэпическая норма определяет употребление падежных форм.
- 3) Орфоэпическая норма определяет вариант написания.
- 4) Орфоэпия – наука о произношении звуков

9. Укажите глаголы, в которых указано правильное ударение:

- 1) пломбировать 2) премировать 3) звонить 4) ходатайствовать.
10. Укажите слова, в которых ударение играет смысловоразличительную роль:
- 1) броня 2) квартал 3) мышление 4) домовая
11. Укажите неверные высказывания.
- 1) Лексическая норма определяет выбор формы слова.
 - 2) Лексическая норма определяет выбор слова.
 - 3) При выборе слова следует учитывать не только значение слова, но и его сочетаемость.
 - 4) Лексической ошибкой может быть как многословие, так и речевая недостаточность.
12. Укажите предложение, где нарушена лексическая сочетаемость.
- 1) Большую роль имеет хороший аттестат.
 - 2) Их связывала многолетняя крепкая дружба.
 - 3) На научном семинаре автор изложил главную суть этой книги.
 - 4) Коржаков, заклятый друг Ельцина, написал книгу.
13. Укажите предложения с искажёнными фразеологизмами.
- 1) В политике нельзя торопиться, иначе можно нарубить дрова.
 - 2) Многие коммерческие банки вылетели в трубу после финансового кризиса.
 - 3) Что тут греха скрывать, деньги, посланные по почте, идут долго.
 - 4) Ему досталась львиная часть дохода.
14. Укажите неверные высказывания.
- 1) Морфологическая норма определяет словоупотребление.
 - 2) Морфологическая норма определяет использование форм слова.
 - 3) Морфологическая норма зафиксирована в орфоэпическом словаре
 - 4) Морфологическая норма определяет выбор окончаний
15. Укажите существительные, которые относятся к женскому роду.
- 1) шампунь 2) тюль 3) мозоль 4) аэрозоль
16. Укажите предложения с ошибкой в употреблении числительных.
- 1) Пятеро подруг договорились о встрече.
 - 2) Прибыл поезд с двухстамивосьмидесятью экскурсантами.
 - 3) Их первая встреча состоялась в две тысячи четвертом году.
 - 4) Их первая встреча состоялась в двухтысячном четвёртом году.
17. Укажите неверные высказывания.
- 1) Синтаксическая норма регламентирует построение предложений.
 - 2) Синтаксическая норма регламентирует словоупотребление.
 - 3) Выбор правильного падежа и предлога – это область синтаксической нормы.
 - 4) Синтаксическая норма регламентирует произношение
18. Укажите словосочетания, в которых допущены ошибки.
- 1) Иммунитет на грипп
 - 2) Вопреки здравому смыслу
 - 3) Заведующий кафедры
 - 4) Дефицит на топливо
19. Укажите предложения, в которых неправильно употреблен деепричастный оборот.
- Открыв сборник произведений, меня сразу заинтересовал рассказ.
- 1) Расставив знаки препинания неправильно, предложение может потерять смысл.
 - 2) Люди молчали, задумчиво опустив головы.
 - 3) Открыв сборник, я заинтересовался этим рассказом.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература.

А. Основная литература

1. Введенская Л.А., Павлова Л.Г., Кашаева Е.А. Русский язык. Культура речи. Русский язык и культура речи – учебник. – Изд-во «Феникс». Серия Высшее образование. – 2018 – 539 с.
2. 2018 – 539 с.
3. Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник-практикум. М.: Флинта; Наука. – 2018.-315с.
4. 3. Стернин И.А. Практическая риторика: Учебное пособие для студ. высш. учеб.заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2016. - 272 с. Эл ресурс: http://sterninia.ru/files/757/4_Izbrannye_nauchnye_publicacii/Rechevoe_vozdejstvie/Prakticheskaia%20ritorika.pdf

Б. Дополнительная справочная литература

1. Михальская А.К. Риторика. – Изд-во: ИНФРА-М. Серия: Высшее образование. Бакалавриат. – 2019. – 480с.
2. Крысин Л. П. Иллюстрированный толковый словарь иноязычных слов. – М.: Эксмо, 2013.
3. 2013.
4. Кузин Ф.А. Культура делового общения: Практическое пособие.- 6-е изд., перераб.и доп.- М.: Ось-89, 2010. – 320с.:ил. Эл ресурс .Режим доступа <https://studfile.net/preview/7086316/>
5. Резниченко И.Л. Орфоэпический словарь русского языка. Произношение. Ударение. – М.: Астрель: АСТ, 2016. – 1182 с.
6. Розенталь Д.Э. Справочник по русскому языку. Практическая стилистика. – Москва, 2016.
7. М.: Астрель: АСТ, 2016. – 1182 с.
8. Розенталь Д.Э. Справочник по русскому языку. Практическая стилистика. – Москва, 2016.
9. 2016.
10. Розенталь Д.Э., Теленкова М.А. Словарь трудностей русского языка. – 6-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2018. – 832с.
11. Формановская Н. И. Русский речевой этикет: нормативный социокультурный контекст. – М.: Рус. яз., – 2016. – 160с.
12. контекст. – М.: Рус. яз., – 2016. – 160с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям
- Методические рекомендации к подготовке деловой игры, публичному выступлению, проведению дискуссии

Рекомендованные научные журналы:

- «Химия и жизнь» ISSN 0130-5972.
- «Наука и жизнь» ISSN печатной версии 0028-1263. Режим доступ <https://www.nkj.ru/>

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Грамматика русского языка- электронная версия Академической грамматики русского языка, составленной Академией наук СССР (Институт русского языка) - [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://rusgram.narod.ru>
- Грамота.ру - справочно-информационный интернет-портал «Русский язык» -
 - [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.gramota.ru>
- Национальный корпус русского языка – информационно-справочная система, содержащая миллионы текстов на русском языке - [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.ruscorpora.ru>
- Русский язык: говорим и пишем правильно - ресурс о культуре письменной и устной речи - <http://www.grammar.ru>

- Словари.Ру - ресурс, содержащий обширную коллекцию онлайн-словарей русского языка -[Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.slovari.ru>

Видеоматериалы

<http://old.tvkultura.ru/theme.html?id=31402&cid=11846> – лекция акад. А.А. Зализняка о берестяных грамотах

<http://old.tvkultura.ru/theme.html?id=31442&cid=11846> – лекция проф. Ю.Е. Прохорова о русском языке в поликультурном пространстве

<http://old.tvkultura.ru/theme.html?id=33802&cid=11846> – лекция проф. С.Г. Тер-Минасовой «Язык – творец человека»

http://4brain.ru/oratorskoe-iskusstvo/_video-primer-prezentacii-v-lifte.php

<https://lenta.ru/articles/2015/06/07/language/> Владимир Пахомов. Кофе на пути к среднему роду.

<https://www.youtube.com/watch?v=1Zl-XXZtwetw> Технология проведения дебатов

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций и практических занятий – 24 (общее число слайдов – 280);
- банк тестовых заданий для текущего и итогового контроля освоения дисциплины;
- разработанные сценарии интерактивных практических занятий (деловые игры: «Научная конференция», «Работодатель выбирает», «Дискуссия о языковой норме»); занятий по устному контролю («Конкурс ораторов», «Дебаты», Дискуссии на злободневные темы).

Создан Электронный курс-онлайн «Русский язык и культура речи»:

- компьютерные презентации интерактивных лекций
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения

<https://moodle.muctr.ru/course/view.php?id=234>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Русский язык и культура речи*» проводятся в форме семинаров и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения практических занятий оборудована электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Рабочая тетрадь по русскому языку и культуре речи (автор Будко О.Ф.).

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD.
проектор.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине.

- Будко О.Ф. Русский язык и культура речи (рабочая тетрадь) 2010 г. Электронный ресурс https://lib.muctr.ru/digital_library_book/1100
- Будко, О. Ф. Основы риторики для юристов [Электронный ресурс] : Справочник : Практикум : Учебное пособие 2014. [https://lib.muctr.ru/digital_library_book/1445\](https://lib.muctr.ru/digital_library_book/1445/)
- Электронный курс-онлайн «Русский язык и культура речи» (авторы Л.И. Судакова, О.Ф.Будко): <https://moodle.muctr.ru/course/view.php?id=234>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах	бессрочная
3.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020 Контракт № не определен, проводится закупочная процедура	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
4.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в предмет	<i>Знает</i> функции языка как средства формирования мысли; специфику устной и письменной речи. <i>Умеет</i> различать типы текста и стили речи. <i>Владеет</i> навыком трансформации письменного текста в устную форму речи.	Оценка за самостоятельную подготовку к практическим занятиям 10 баллов Оценка за контрольную работу №1 15 баллов
Раздел 2. Культура научной и деловой речи	<i>Знает</i> стилевые черты и языковые особенности жанров научного и официально-делового стилей речи. <i>Умеет</i> выделять структурные единицы научного текста; составлять личные документы в соответствии с нормативными требованиями. <i>Владеет</i> культурой научной и деловой речи в письменной и устной форме.	Оценка за самостоятельную подготовку к практическим занятиям 10 баллов Оценка за контрольную работу №2: 15 баллов
Раздел 3. Нормативный аспект культуры речи	<i>Знает</i> основные нормы литературного языка. <i>Умеет</i> отличать кодифицированную речь от некодифицированной, находить речевые ошибки и устранять их в тексте.	Оценка за самостоятельную подготовку к практическим занятиям 10 баллов Оценка
	<i>Владеет</i> навыками грамотного письма на государственном русском языке.	за контрольную работу №3

		15 баллов
Раздел 4. Правила подготовки публичного выступления	<i>Знает</i> структурные единицы риторического текста и правила подготовки публичной речи. <i>Умеет</i> подготовить устное публичное выступление. <i>Владеет</i> навыками аргументации в публичной речи и приемами привлечения внимания аудитории.	Оценка за самостоятельную подготовку к практическим занятиям 10 баллов Оценка за контрольную работу №4 (2 семестр) 15 баллов

13.ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Русский язык и культура речи»

28.03.02 «Наноинженерия»

«Основная образовательная программа высшего образования

-программа бакалавриата»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № от « » 20.. г.
		протокол заседания Ученого совета № от « » 20.. г.
		протокол заседания Ученого совета № от « » 20-.. г.
		протокол заседания Ученого совета № от « » 20.. г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: *Иванов Александр Сергеевич*
Ведущий специалист, Отдел
управления качеством
образовательной деятельности

Подписан: 28:11:2024 20:08:17